

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 196**

51 Int. Cl.:

F03D 9/25 (2006.01)

G06F 30/00 (2010.01)

G06F 119/06 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2019** **E 19166163 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024** **EP 3578809**

54 Título: **Optimización de la disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica**

30 Prioridad:

07.06.2018 DE 102018113633

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

30.09.2024

73 Titular/es:

RWE OFFSHORE WIND GMBH (100.0%)

RWE Platz 4

45141 Essen, DE

72 Inventor/es:

BARTMINN, DANIEL y

ZIPFEL, BERNADETTE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 980 196 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

Optimización de la disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica

5 Campo

Los ejemplos de formas de realización de la invención se refieren a la determinación de una disposición optimizada de una pluralidad de instalaciones de energía eólica que en particular están comprendidas en un parque eólico, por ejemplo un parque eólico marino.

10

Antecedentes

En particular para los parques eólicos que comprenden una pluralidad de instalaciones de energía eólica, actualmente es una práctica común disponer la pluralidad de instalaciones de energía eólica de tal manera que el rendimiento del viento y, asociado a ello, la cantidad de energía eléctrica generada por la pluralidad de instalaciones de energía eólica mejoren en comparación con una disposición arbitraria de las instalaciones de energía eólica.

Esencialmente se tiene que el llamado perfil del viento crece cuando aumenta la altura y, por lo tanto, se puede recoger más viento, lo que significa que se puede generar más energía eléctrica en comparación con el posicionamiento de una turbina eólica a menor altura. La altura a la que es posicionada una turbina eólica de una instalación de energía eólica también se denomina altura del buje.

Una disposición eficiente de parques eólicos marinos y/o terrestres tiene como objetivo particular reducir los costes CAPEX ("Capital Expenditure", Costes de inversión) y maximizar el rendimiento de energía. Si las instalaciones de energía eólica de un parque eólico están todas configuradas de forma diferente en sus estructuras, en particular la fabricación de los elementos y también el montaje de la respectiva instalación de energía eólica son complicados, ya que las instalaciones de energía eólica son cada vez más complejas.

Por ejemplo en las instalaciones de energía eólica marinas se utilizan turbinas eólicas cuya altura de buje está optimizada para que la punta de la pala pueda pasar con suficiente holgura sobre la instalación de una plataforma de acceso principal que está situada por encima de la llamada ola de 50 años.

La desventaja de utilizar alturas de buje elevadas en instalaciones de energía eólica es que el rendimiento de energía adicional a estas mayores alturas, que puede generar ingresos adicionales por una mayor cantidad de energía eléctrica, normalmente no puede cubrir los mayores costes estructurales (por ejemplo, torre más alta, cimentación más estable) de las instalaciones de energía eólica que son necesarios para la implementación de alturas de buje elevadas.

El documento EP 2 463 794 A1 describe un procedimiento para la producción de un diseño para un conjunto de estructuras de cimentación, comprendiendo el conjunto de estructuras de cimentación una pluralidad de estructuras de cimentación individuales, comprendiendo el procedimiento: especificar uno o varios criterios de diseño para el conjunto de estructuras de cimentación; generar una pluralidad de diseños para el conjunto de estructuras de cimentación, de modo que cada diseño cumpla los criterios de diseño y cada diseño comprenda una disposición para cada cimentación individual; calcular los costes de cada diseño de la pluralidad de diseños; y seleccionar un diseño de la pluralidad de diseños basándose al menos en los costes calculados. Alternativamente, el procedimiento calcula un suministro de energía de los medios generadores de energía que están instalados en o dentro de las estructuras de cada uno de los varios diseños y selecciona uno de los varios diseños basándose al menos en el suministro de energía calculado. Por el análisis de varios diseños potenciales pueden ser optimizados los costes y/o la producción de energía en función de las limitaciones de diseño.

El documento US 2010/138201 A1 describe un diseño y una configuración de turbinas eólicas en una instalación de energía eólica que contiene la identificación de limitaciones de una ubicación y la definición de al menos una región en la ubicación para el emplazamiento de una pluralidad de turbinas eólicas. Es determinado el estado del viento en la región en la ubicación. El estado real del viento en las diversas ubicaciones posibles de las turbinas eólicas dentro de la ubicación es determinado modelando el estado del viento con efectos de estela en las respectivas ubicaciones de las turbinas eólicas, donde los efectos de estela resultan del emplazamiento acumulativo de otras turbinas eólicas en diferentes ubicaciones en la región. Luego se selecciona la configuración y la ubicación individual de la turbina eólica dentro de la región dependiendo de las condiciones reales del viento que prevalecen en cada ubicación de las turbinas eólicas para optimizar la potencia suministrada por cada turbina eólica. La selección de la configuración de la turbina comprende la selección de una altura de buje de la turbina que minimice la pérdida por efecto estela de cada turbina eólica dependiendo de las condiciones reales del viento previstas para la ubicación de la turbina.

Resumen de algunos ejemplos de formas de realización de la Invención

Sería deseable que en general el rendimiento adicional fuera mayor que los costes por el mayor esfuerzo para la optimización de la disposición y los mayores costes por diferentes requisitos de fabricación, que se derivan en

particular de desviaciones en la altura del buje y que son mayores que una diferencia de altura de buje de 1 a 2 m con respecto a la superficie del mar como superficie de referencia.

Según un primer aspecto de la invención a modo de ejemplo se da a conocer un procedimiento para optimizar la disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica, que comprende lo siguiente:

- detectar informaciones geoespaciales indicativas de una o varias condiciones sobre una superficie en la que se va a disponer una pluralidad de instalaciones de energía eólica, comprendiendo las informaciones geoespaciales al menos una información del estado del viento, siendo determinadas las informaciones geoespaciales en el marco de una batimetría que representa elevaciones o depresiones naturales dentro de la superficie;
- determinar informaciones de posición de disposición indicativas de lugares dentro de la superficie en los que se puede disponer una instalación de energía eólica respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica;
- determinar informaciones de pérdida por efecto estela indicativas de efectos estela por sombra mutua de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, siendo determinadas las informaciones de pérdida por efecto estela al menos parcialmente basándose en las informaciones geoespaciales y las informaciones de posición de disposición;
- determinar información estructural indicativa de uno o varios elementos estructurales para una instalación de energía eólica, en donde un elemento estructural respectivo caracteriza un elemento de una instalación de energía eólica, siendo la instalación de energía eólica adecuada para su uso en la superficie, siendo determinada la información estructural basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales, las informaciones de posición de disposición y las informaciones de pérdida por efecto estela; y
- determinar una disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie, en la que es determinada una altura de buje de una turbina eólica respectiva comprendida en la pluralidad de instalaciones de energía eólica maximizando la cantidad de energía eléctrica generada por las respectivas turbinas eólicas de la pluralidad de instalaciones de energía eólica con base en la información del estado del viento y maximizando los elementos estructurales utilizados uniformemente que están comprendidos por la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se describe un dispositivo que está configurado o comprende medios correspondientes para realizar y/o controlar un procedimiento según el primer aspecto. Los dispositivos del procedimiento según el primer aspecto son o comprenden en particular uno o varios dispositivos según el segundo aspecto.

De acuerdo con el segundo aspecto de la invención se describe también un dispositivo alternativo, que comprende al menos un procesador y al menos una memoria con código de programa informático, en el que la al menos una memoria y el código de programa informático están configurados para con por lo menos un procesador realizar y/o controlar al menos un procedimiento según el primer aspecto. Se debe entender por procesador por ejemplo una unidad de control, un microprocesador, una unidad de microcontrol tal como un microcontrolador, un procesador de señal digital (DSP), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o una matriz de puertas programables en campo (FPGA).

Por ejemplo, un dispositivo comprende además medios para almacenar información, tal como una memoria de programa y/o una memoria de trabajo. Por ejemplo, un dispositivo según la invención comprende además medios para recibir y/o enviar informaciones a través de una red tal como una interfaz de red. Por ejemplo, los dispositivos según la invención están conectados y/o pueden ser conectados entre sí a través de una o varias redes.

Un ejemplo de dispositivo según el segundo aspecto es o comprende, por ejemplo, una instalación de procesamiento de datos que está configurada en cuanto a software y/o hardware para poder llevar a cabo los respectivos pasos de un ejemplo de procedimiento según el segundo aspecto. Ejemplos de una instalación de procesamiento de datos son: un ordenador, un ordenador de escritorio, un servidor, un cliente ligero y/o un ordenador portátil (aparato móvil), tal como un ordenador laptop, una tableta, un accesorio tecnológico pizable, un asistente digital personal o un teléfono inteligente.

Los distintos pasos del procedimiento según el primer aspecto (por ejemplo, la detección de las informaciones geoespaciales) se pueden llevar a cabo con un dispositivo sensor que también presenta al menos un elemento sensor o sensores. Del mismo modo, las etapas individuales del procedimiento (por ejemplo determinar las informaciones de posición de disposición, las informaciones de pérdida por efecto estela, la (al menos una) información estructural y/o la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica), que por ejemplo no necesariamente tiene que ser realizada con el dispositivo sensor, pueden ser realizadas mediante otro dispositivo que en particular esté conectado a través de un sistema de comunicación con el dispositivo que presenta al menos un elemento sensor o sensor(es).

Pueden estar previstos otros dispositivos, por ejemplo un servidor y/o por ejemplo una parte o un componente de una llamada nube informática, que proporciona dinámicamente recursos de procesamiento de datos para diferentes usuarios en un sistema de comunicación. Por nube informática se entiende, en particular, una infraestructura de procesamiento de datos según la definición del "National Institute for Standards and Technology" (NIST) para el término inglés "cloud computing". Un ejemplo de nube informática es la plataforma Microsoft Windows Azure.

De acuerdo con el segundo aspecto de la invención se describe también un programa informático que comprende instrucciones de programa que hacen que un procesador realice y/o controle un procedimiento según el primer aspecto cuando el programa informático se ejecuta en el procesador. Un ejemplo de programa según la invención puede estar almacenado en o sobre un medio de almacenamiento legible por ordenador que contenga uno o varios programas.

De acuerdo con el segundo aspecto de la invención también se describe un medio de almacenamiento legible por ordenador que contiene un programa informático según el segundo aspecto. Un medio de almacenamiento legible por ordenador puede estar realizado por ejemplo como medio de almacenamiento magnético, eléctrico, electromagnético, óptico y/o de otro tipo. Tal medio de almacenamiento legible por ordenador es preferiblemente tangible (es decir, "se puede tocar"), por ejemplo está realizado como un dispositivo de soporte de datos. Tal dispositivo de soporte de datos es por ejemplo portátil o está instalado permanentemente en un dispositivo. Ejemplos de tal dispositivo de soporte de datos son memorias volátiles o no volátiles de acceso aleatorio (RAM), tales como memoria flash NOR o de acceso secuencial tal como memoria flash NAND y/o memoria de acceso de solo lectura (ROM) o acceso de lectura/escritura. Por legible por ordenador debe entenderse, por ejemplo, que el medio de almacenamiento puede ser leído y/o escrito por un ordenador o una instalación de procesamiento de datos, por ejemplo por un procesador.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención se describe también un sistema que comprende uno o varios dispositivos que juntos realizan un procedimiento según el primer aspecto.

A continuación se describen con más detalle ejemplos de características y ejemplos de realizaciones según todos los aspectos:

Una o varias condiciones de la superficie en la que se va a disponer la pluralidad de instalaciones de energía eólica son, por ejemplo, elevaciones y/o depresiones de la superficie (también denominada topografía). Por ejemplo, si se trata de una superficie en la que se va a disponer un parque eólico marino, las elevaciones y/o depresiones de la superficie corresponden, por ejemplo, a las del fondo marino (lo que también se denomina batimetría).

Las informaciones geoespaciales comprenden o representan por ejemplo una información del estado del viento, información del estado de las olas (por ejemplo, ola de 50 años), una información geotécnica (por ejemplo, composición del suelo), una información de la profundidad del agua (por ejemplo, batimetría), una información meteoceánica (por ejemplo, ola con viento), una información topográfica (por ejemplo, localización y distancia de las turbinas de las instalaciones de energía eólica), o una combinación de ellas, que están vinculadas a coordenadas (espaciales) de la superficie. Las coordenadas espaciales de la superficie son, por ejemplo, coordenadas tridimensionales que pueden ser representadas por una información de posición de disposición. La información sobre el estado del viento es indicativa por ejemplo de una fuerza del viento y opcionalmente de una dirección del viento que prevalece normalmente sobre o en la zona de la superficie. Se trata, por ejemplo, de una fuerza media del viento y, opcionalmente de una dirección media del viento, que fue detectada (por ejemplo medida) por ejemplo dentro de un mes (por ejemplo, el último mes), medio año, año, por nombrar solo algunos ejemplos no limitativos. Las informaciones geoespaciales también pueden estar vinculadas, por ejemplo, a una indicación de hora y/o fecha, de modo que la información del estado del viento sea por ejemplo indicativa de un valor de fuerza del viento que existió en el pasado en la indicación de hora y/o fecha.

Las informaciones geoespaciales son detectadas, por ejemplo, de forma que las informaciones geoespaciales son medidas mediante un dispositivo sensor que, por ejemplo, está comprendido o puede ser conectado al dispositivo que realiza y/o controla el procedimiento según el primer aspecto de la invención. Un dispositivo sensor de este tipo comprende, por ejemplo, uno o varios sensores para detectar (por ejemplo, medir) una o varias informaciones sobre el estado del viento. Por ejemplo, el dispositivo sensor para la detección es posicionado cerca o dentro de la superficie en la que se va a disponer la pluralidad de instalaciones de energía eólica. A continuación puede realizarse por ejemplo la detección de la información geoespacial que comprende por ejemplo la información del estado del viento, mediante el dispositivo sensor.

Las informaciones geoespaciales que comprenden por ejemplo al menos una información geotécnica, pueden ser determinadas por ejemplo en el marco de una denominada batimetría. En el sentido de la presente invención, una batimetría de este tipo es, por ejemplo, una medición de una configuración topográfica de cauces de agua, fondos marinos y/o fondos de lagos. Una batimetría puede determinarse, por ejemplo, utilizando como dispositivo sensor por ejemplo una ecosonda (por ejemplo, una ecosonda multihaz) y/o un sensor de radar (por ejemplo, un satélite de radar). En el marco de una batimetría de este tipo se determinan en particular uno o varios datos de profundidad. Para determinar este uno o varios datos de profundidad se utiliza por ejemplo un punto de referencia (por ejemplo uniforme), por ejemplo el nivel cero de altitud. El dato de profundidad o los varios datos de profundidad determinado(s) pueden estar representados o comprendidos por las informaciones geoespaciales o al menos formar parte de ellas.

Las informaciones de posición de disposición comprenden o representan en cada caso por ejemplo pares de coordenadas, por ejemplo en forma de coordenadas x e y, y/o indicaciones de longitud y latitud. Las informaciones de posición de disposición, por ejemplo, representan en cada caso localizaciones o lugares que se sitúan dentro de la superficie y en los que se puede disponer una cimentación para una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Por ejemplo, el número de informaciones de posición de disposición, siendo cada una de estas informaciones de posición de disposición indicativa por ejemplo de exactamente un lugar o localización en donde se puede disponer potencialmente una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, es determinado por el número de instalaciones de energía eólica que en última instancia van a estar comprendidas en el parque eólico. Se entiende que se pueden determinar más informaciones de posición de disposición que el número de instalaciones de energía eólica que finalmente van a estar comprendidas en el parque eólico. En particular, se puede determinar una información de posición de disposición para cada lugar o localización dentro de la superficie en donde puede ser dispuesta una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. La determinación de las informaciones de posición de disposición se lleva a cabo, por ejemplo, basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales que fueron determinadas por ejemplo en el marco de una batimetría. La determinación puede ser por ejemplo un cálculo realizado por ejemplo por un procesador que procesa las informaciones geoespaciales.

Los efectos de sombra de viento, que están representados por las informaciones de pérdida por efecto estela, pueden ser causados por ejemplo por el sombreado mutuo de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en una o varias direcciones determinadas del viento por un "sombreado" aerodinámico mutuo. En el sentido de la invención, estas también se denominan pérdidas por efecto estela. Por ejemplo, en relación con una determinada dirección y/o fuerza del viento, que está representada por ejemplo por la información sobre el estado del viento, al menos dos instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica están situadas directamente una detrás de otra, de modo que la instalación de energía eólica trasera en relación con la dirección determinada del viento, puede recoger (significativamente) menos viento que la instalación de energía eólica delantera. En el sentido de la invención se entiende por esto un sombreado mutuo de las instalaciones de energía eólica. Se entiende que tal sombreado también puede tener lugar parcialmente cuando, por ejemplo, la instalación de energía eólica trasera no está dispuesta directamente detrás de la instalación de energía eólica delantera, sino que la instalación de energía eólica trasera es solo en parte o parcialmente sombreada por la instalación de energía eólica delantera por ejemplo con respecto a la dirección del viento representada por la información del estado del viento. Se entiende además que las sombras de este tipo también pueden afectar a más de una instalación de energía eólica situada detrás de una instalación de energía eólica delantera.

La determinación de la información estructural indicativa de uno o varios elementos estructurales para una instalación de energía eólica se lleva a cabo, por ejemplo, seleccionando el uno o los varios elementos estructurales de una pluralidad de elementos estructurales potenciales para la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Un elemento estructural respectivo caracteriza un elemento que debería o debe estar comprendido por cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. A estos pertenecen, por ejemplo, una cimentación con la que es dispuesta (por ejemplo, anclada) la respectiva instalación de energía eólica en el suelo (por ejemplo en el fondo del mar, en el caso de una instalación de energía eólica marina), una torre que está sujeta mediante la cimentación y en cuyo extremo opuesto a la cimentación puede disponerse una turbina eólica, una turbina eólica que comprende un generador, así como una o varias palas de rotor, por citar solo algunos ejemplos no limitativos.

A continuación se realiza por ejemplo la determinación (por ejemplo, iterativa) de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie, siendo determinada una altura de buje de una turbina eólica respectiva comprendida en la pluralidad de instalaciones de energía eólica maximizando una cantidad de energía eléctrica generada por las respectivas turbinas eólicas de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y maximizando uno o varios elementos estructurales uniformes que están comprendidos por una respectiva instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Por lo tanto, las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica pueden presentar en cada caso diferentes alturas de buje, que pueden ser determinadas individualmente para cada instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica según las indicaciones anteriores.

La determinación (por ejemplo iterativa) se lleva a cabo, por ejemplo, maximizando los elementos estructurales uniformes, por ejemplo seleccionando una torre (por ejemplo, caracterizada por su altura y diámetro). A continuación se realiza por ejemplo una primera disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en los posibles lugares o localizaciones representados por la una o las varias informaciones de posición de disposición, en donde puede ser dispuesta una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Para esta primera disposición, en la que las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica tienen por ejemplo diferentes alturas de buje debido a elevaciones y/o depresiones del fondo marino (en el caso de un parque eólico marino), por ejemplo con base en la información del estado del viento (comprendida en las informaciones geoespaciales) es determinada para cada instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica al menos una información de pérdida por efecto estela. A continuación por ejemplo se reduce o aumenta la altura del buje de al menos una instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica,

por ejemplo suponiendo que la torre seleccionada esté dispuesta (por ejemplo, anclada) a mayor o menor profundidad en el fondo del mar. Se realiza por ejemplo una nueva determinación de informaciones de pérdida por efecto estela para cada instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Por ejemplo, mediante una comparación del resultado de la primera realización con el de la segunda realización se puede determinar si la cantidad de energía eléctrica ha mejorado o no con respecto al primer resultado.

A continuación se puede realizar una nueva modificación de la altura del buje y realizar de nuevo la determinación del modo descrito anteriormente.

Alternativa o adicionalmente, por ejemplo en al menos una instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica se puede realizar una modificación de la cimentación, lo que da como resultado una altura de buje modificada de la respectiva instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Por ejemplo por una realización (por ejemplo iterativa) de la determinación de la disposición puede ser simulada una pluralidad de variantes de las instalaciones de energía eólica comprendidas en el parque eólico, que son seleccionadas del parque eólico basándose al menos parcialmente en las condiciones representadas según las informaciones geoespaciales, como por ejemplo los parámetros ambientales de la superficie o similares, del parque eólico. Por consiguiente, la determinación puede realizarse finalmente teniendo en cuenta parámetros marco predefinidos o determinados según reglas predefinidas, de tal manera que se minimicen las pérdidas mutuas por efecto estela (sombra(s) mutua(s) de las instalaciones de energía eólica) y al mismo tiempo se maximicen los elementos estructurales uniformes que se utilizan en la pluralidad de instalaciones de energía eólica del parque eólico.

La determinación de una disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie puede comprender entre otras cosas por ejemplo para optimizar el rendimiento de energía eléctrica, variar distancias de la turbina eólica (por ejemplo, desplazar el lugar o localización en donde se van a disponer una o varias (todas) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica) que existen entre las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Esta variación de las distancias puede realizarse por ejemplo hasta que se tenga el resultado óptimo de la minimización de las pérdidas por efecto estela (mediante una determinación de informaciones de pérdida por efecto estela correspondientes) que se producen por un sombreado aerodinámico mutuo de las instalaciones de energía eólica y/o una disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (por ejemplo, un emplazamiento hábil en subsuelos particularmente estables (por ejemplo, fondos marinos no blandos)).

Por lo tanto, aumentar selectivamente la altura de cada buje puede conducir a un mayor rendimiento de energía. Si, según el procedimiento del primer aspecto de la invención, también se maximiza la cantidad de elementos uniformes que están comprendidos por las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, a pesar del aumento de las alturas de los bujes individuales (y el aumento asociado de costes de fabricación y/o montaje) puede ser determinado por ejemplo un resultado económicamente razonable, es decir, ventajoso.

La disposición determinada de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie es representada por ejemplo por una información de resultados. Esta información de resultados comprende o representa por ejemplo al menos los lugares o localizaciones seleccionadas (por ejemplo, a través de una pluralidad de informaciones de posición de disposición) en donde se va a disponer la pluralidad de instalaciones de energía eólica, así como además los respectivos elementos (por ejemplo, a través de una pluralidad de informaciones estructurales), que debe presentar una instalación de energía eólica en el lugar o localización correspondiente, como por ejemplo altura de la torre, diámetro de la torre y/o tipo de cimentación. Opcionalmente, por ejemplo, se puede emitir la información del resultado o se puede provocar su salida. Además, por ejemplo, se puede determinar (por ejemplo, generar) un plan para la fabricación y/o el montaje de las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, por ejemplo con base en la información de resultados.

De la manera explicada anteriormente puede ser determinada por tanto, en particular de forma iterativa, una disposición óptima de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie.

Debido a que cada instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica utiliza elementos (estructurales) lo más uniformes posibles, por ejemplo los costes de fabricación y/o de montaje de la pluralidad de instalaciones de energía eólica se reducen en comparación con una pluralidad de instalaciones de energía eólica de un parque eólico (marino), en el que la mayoría, en particular todas las instalaciones de energía eólica, tienen o comprenden, respectivamente, diferentes elementos (estructurales) (por ejemplo, alturas y diámetros de torre, así como cimentaciones diferentes).

En el sentido de la invención, el mayor número posible de elementos (estructurales) uniformes de las instalaciones de energía eólica del parque eólico también puede significar que entre la pluralidad de instalaciones de energía eólica solo sea uniforme la torre de las respectivas instalaciones de energía eólica, y en todas o en varias instalaciones de energía eólica se pueden utilizar diferentes cimentaciones para la disposición de la torre, por citar solo un ejemplo no limitativo. El caso óptimo sería, por ejemplo, que todas las instalaciones de energía eólica fueran idénticas y que las diferentes alturas de buje de las instalaciones de energía eólica necesarias para minimizar las pérdidas por efecto estela solo se logaran mediante un emplazamiento optimizado de las instalaciones de energía eólica basándose en

las irregularidades naturales del fondo marino y/o teniendo en cuenta diferentes rigideces del terreno. Una variación sería, por ejemplo, adaptar la cimentación de una instalación de energía eólica respectiva a la rigidez del terreno, por ejemplo a la textura o estratificación del fondo marino en el lugar de anclaje de la cimentación.

5 Basándose, al menos en parte, en la disposición determinada de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie, se puede generar por ejemplo un plan de construcción concreto para un parque eólico (por ejemplo, marino), por ejemplo basado al menos parcialmente en la información de resultados opcional. Alternativamente, la construcción del parque eólico (por ejemplo, marino) se puede iniciar (por ejemplo, directamente) basándose al menos en parte en la disposición determinada de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie. Además, por ejemplo
10 basándose en la disposición determinada de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie, se pueden determinar uno o varios planes de fabricación para producir la instalación respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, de modo que, por ejemplo, se pueda conseguir una producción de las respectivas instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

15 Una altura mínima del buje de una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica se puede determinar, por ejemplo, mediante la siguiente ecuación:

Altura del buje = LAT (Lowest Astronomical Tide, cero hidrográfico) + HSWL50 (máximo nivel de marea medido sobre LAT) + altura de ola de 50 años + espacio libre + opcional : profundidad de la plataforma de acceso principal + opcional: altura de la grúa de plataforma + opcional: distancia del brazo de la grúa a la punta de la pala del rotor + opcional : reserva de seguridad + diámetro del rotor/2
20

HSWL 50 representa el máximo nivel de marea (medido) que ha ocurrido en los últimos 50 años. Por ejemplo, puede tener en cuenta un hundimiento de la instalación de energía eólica durante su vida útil (en inglés: settlement over life time), por ejemplo por un asentamiento del suelo. La altura de la ola de 50 años representa la altura de la cresta de ola más alta que probablemente se espere (una vez) en 50 años. El espacio libre representa el espacio entre la cresta de la ola y el lado inferior de la plataforma. En el caso en que una grúa de plataforma esté comprendida por una instalación de energía eólica, se tiene en cuenta el espacio libre necesario para esta y, opcionalmente, para el brazo comprendido por la grúa de plataforma (por ejemplo, durante el funcionamiento de la grúa de plataforma). La reserva de seguridad puede estar entre 0,5 m y 3 m.
25
30

El procedimiento según la invención de acuerdo con el primer aspecto de la invención permite optimizar la disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica, teniendo en cuenta la respectiva altura del buje óptima para cada instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. La determinación de la disposición también se puede realizar, por ejemplo, de tal manera que siempre se elija la altura de buje respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica lo más baja posible, en particular para mantener bajos los costes de fabricación y/o montaje.
35

En el sentido de la invención, dos instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica presentan en particular una diferencia entre dos alturas de buje de aproximadamente 10 a 50 m, preferiblemente de 15 a 45 m, de 20 a 40 m, de 25 a 35 m, en particular preferiblemente a partir de 20 m o 30 m.
40

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, el procedimiento comprende además:

– determinar información sobre el viento estándar indicativa del caso en que todas las instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica sobre la superficie tengan una altura de buje idéntica,
45

siendo determinadas las informaciones de pérdida por efecto estela basándose además, al menos en parte, en la información de viento estándar.

50 La información sobre viento estándar puede servir, por ejemplo, como valor comparativo para poder determinar qué rendimiento (por ejemplo, absoluto o porcentual) se puede conseguir por una disposición de las respectivas turbinas eólicas a diferentes alturas de sus bujes, en comparación con una disposición de las turbinas eólicas cuyos bujes están todos dispuestos a idéntica altura.

55 Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie se realiza además minimizando la influencia mutua de las instalaciones de energía eólica.

60 Como ya se ha explicado anteriormente, la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie se puede realizar minimizando la influencia mutua de las instalaciones de energía eólica. Por ejemplo, la optimización se puede realizar en tres dimensiones (3D), en particular con el objetivo de utilizar tantos elementos estructurales uniformes como sea posible (en el caso óptimo: todos) (por ejemplo, diámetro de la torre o del pilote, longitud de la torre o del pilote, cimentación, por citar solo algunos ejemplos no limitativos) de las respectivas instalaciones de energía eólica comprendidas en el parque eólico. De esta manera es posible conseguir efectos en serie en la fabricación y también en el montaje de los elementos (estructurales) de las respectivas instalaciones de energía eólica del parque eólico.
65

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie se realiza además minimizando la altura absoluta del buje de la respectiva instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

En general, la determinación de la disposición se puede realizar bajo la condición general de que cuanto más alto esté dispuesto el buje de una instalación de energía eólica, mayores serán los costes para estas instalaciones de energía eólica. Los costes aumentan en particular exponencialmente con alturas de buje mayores. Por consiguiente, según la invención, en particular para minimizar los costes iniciales para la fabricación y el montaje de las respectivas instalaciones de energía eólica, la determinación de la disposición se realiza minimizando las alturas (absolutas) respectivas de los bujes de las instalaciones de energía eólica que van a estar comprendidas en el parque eólico.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie también se lleva a cabo maximizando uno o varios elementos estructurales idénticos de la respectiva instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la superficie.

En general, la determinación de la disposición se puede realizar bajo la condición general de que cuantos más elementos (estructurales) uniformes estén comprendidos en las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica del parque eólico, menores serán los costes para estas instalaciones de energía eólica. De esta manera, por ejemplo, en particular para minimizar los costes iniciales para la fabricación y el montaje de las respectivas instalaciones de energía eólica, la determinación de la disposición se puede realizar maximizando los elementos (estructurales) uniformes de las respectivas instalaciones de energía eólica del parque eólico.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, el uno o varios elementos estructurales idénticos de las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica son principalmente una torre idéntica y/o una base idéntica de las respectivas instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Por regla general, una torre de una instalación de energía eólica es más barata que una base, especialmente en términos de fabricación y materiales. Por tanto, es posible reducir los costes mediante torres lo más idénticas (y opcionalmente) lo más largas posible. Las bases idénticas permiten el uso de cimentaciones idénticas para la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Por torre idéntica en el sentido de la invención se entiende, en particular, la longitud o altura de la torre y/o el diámetro de la torre que está comprendida en una instalación de energía eólica respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Para implementar diferentes alturas (absolutas) de buje de las respectivas instalaciones de energía eólica que en ocasiones se pretende conseguir, una torre de la misma longitud puede ser anclada, por ejemplo, a mayor o menor profundidad (por ejemplo, en el fondo del mar).

Para conseguir la rigidez necesaria en instalaciones de energía eólica con una altura de buje elevada, por ejemplo alternativa o adicionalmente la torre respectiva o la base asociada pueden reforzarse por el interior, por ejemplo con un relleno con hormigón o similar, por citar solo un ejemplo no limitativo.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, el uno o varios elementos estructurales idénticos de las respectivas instalaciones de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica es, en segundo lugar, una cimentación idéntica de las respectivas instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Por una cimentación idéntica en el sentido de la invención se entiende, en particular, una cimentación que cubra el mayor número posible de casos de aplicación que se producen en el parque eólico. Las respectivas cimentaciones presentan, por ejemplo, un punto de sujeción para alojar la torre de una respectiva instalación de energía eólica. Además, cada una de las cimentaciones correspondientes presenta, por ejemplo, una sección de anclaje para el anclaje, por ejemplo en el fondo del mar.

En cuanto a la cimentación idéntica puede tratarse por ejemplo de una denominada cimentación monopilote o alternativa o adicionalmente de una cimentación jacket.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, al menos una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica es una instalación de energía eólica sin plataforma de trabajo externa.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, al menos una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica es una instalación de energía eólica con una cimentación monopilote, comprendiendo la cimentación monopilote un manguito, envolviendo el manguito la cimentación monopilote y estando además al menos parcialmente incrustado en el fondo marino. Esto también se conoce como monopilote con collar en el contexto del tema en cuestión.

Además, por ejemplo, se puede modificar una cimentación monopilote mediante un manguito que rodea a la torre de la respectiva instalación de energía eólica. Un manguito de este tipo presenta por ejemplo un diámetro que es mayor que el del monopilote de la respectiva instalación de energía eólica. Después del montaje, el manguito se encuentra en particular directamente apoyado sobre el fondo del mar, de modo que se aumenta la rigidez de la respectiva instalación de energía eólica.

Esto permite, en particular, utilizar, por ejemplo, una cimentación monopilote como cimentación idéntica para las instalaciones de energía eólica. Para adaptar cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica a los parámetros ambientales a veces requeridos (por ejemplo, del fondo marino), por ejemplo, si es necesario, una o varias de la pluralidad de instalaciones de energía eólica pueden estar provistas de una cimentación que comprenda un manguito.

Por lo tanto, las respectivas cimentaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica son idénticas y, para adaptar las necesidades de las respectivas instalaciones de energía eólica, por ejemplo a las localizaciones o lugares de levantamiento de las instalaciones de energía eólica, se puede utilizar un manguito de este tipo en caso necesario.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, al menos una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica es una instalación de energía eólica con una cimentación jacket.

Una cimentación jacket puede, por ejemplo, implementar diferentes alturas de buje con una estructura (casi) idéntica, si por ejemplo no fuera posible el uso de elevaciones o depresiones naturales, por ejemplo del fondo marino. Esto puede ser posible, por ejemplo, adaptando las cimentaciones jacket de las respectivas instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica a las particularidades de las localizaciones o lugares de levantamiento previstos, por una variación de la altura que sobresale de la respectiva cimentación jacket.

Se pueden tener en cuenta por ejemplo diferentes alturas que sobresalen de la cimentación jacket (en el suelo). Entonces todas las cimentaciones jacket serían uniformes, pero se necesitarían, por ejemplo, diferentes alturas de pilotes o longitudes de torre para poder implementar diferentes alturas de buje para las respectivas instalaciones de energía eólica en el parque eólico.

Por ejemplo, si todos los elementos (estructurales) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica están configurados de manera uniforme, entonces su rigidez general es uniforme.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, una torre respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica tiene un diámetro esencialmente idéntico.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, al menos una instalación de energía eólica de la pluralidad de instalaciones de energía eólica tiene protección contra la socavación.

El uso de protección contra la socavación depende por ejemplo de la naturaleza del suelo (por ejemplo, granularidad).

Por consiguiente, en algunas ubicaciones se puede utilizar protección contra la socavación, pero en otros no. La protección contra la socavación contrarresta el riesgo de que se ensanche el agujero en el que está insertada una sección de anclaje de una torre. Esto puede deberse, por ejemplo, a la naturaleza del suelo, como por ejemplo la granularidad (finura de grano) del suelo (por ejemplo la distribución de la curva granulométrica proporciona información al respecto (por ejemplo, de 0,002 cm a aproximadamente 20 cm). La protección contra la socavación evita entonces que la sección de anclaje se separe del fondo (marino).

Cuando se produce socavación se forma un agujero o el agujero alrededor de la sección de anclaje se agranda, reduciéndose así la rigidez de la cimentación. Si, por ejemplo, basándose en la distribución de la curva granulométrica resulta que el suelo del parque de energía eólica tiene esencialmente la misma granularidad, o incluso idéntica, el parque eólico se puede optimizar por ejemplo de tal manera que la protección contra la socavación se utilice sólo en cimentaciones de instalaciones de energía eólica con una altura de buje mayor.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención también se pueden tener en cuenta pasillos para helicópteros (también llamados espacio aéreo). Por ejemplo, las turbinas cercanas al pasillo para helicópteros se eligen para que sean bastante bajas y las alturas de buje mayores se utilizan en los lugares que no están en contacto con el pasillo para helicópteros o dentro del mismo.

Según un ejemplo de forma de realización de todos los aspectos de la invención, también por ejemplo escalonando la altura se pueden prever pasillos de paso para pájaros, de modo que estos puedan volar, por ejemplo bajo las palas del rotor, sin daños colaterales.

5 La determinación de la disposición puede realizarse en particular según una o varias de las condiciones mencionadas a continuación con el fin de minimizar las pérdidas por efecto estela y maximizar la cantidad de energía eléctrica generada por las respectivas instalaciones de energía eólica comprendidas en el parque eólico:

- 10 – en localizaciones con mayor profundidad de agua se reduce la altura del buje, por ejemplo omitiendo la plataforma de trabajo o utilizando rotores más pequeños (con acceso interno);
- la altura del buje aumenta en localizaciones con poca profundidad del agua;
- en localizaciones con una altura de buje más elevada, el punto de sujeción de la estructura cerca del suelo se desplaza más en dirección al buje, por ejemplo utilizando construcciones de manguitos (los llamados monopolotes de collar, monopolotes laminados)
- 15 – el pilote es reforzado por dentro, por ejemplo rellenándolo con lechada, arena y/o hormigón;
- se utiliza un relleno de protección contra la socavación de mayor espesor que eventualmente es reforzado adicionalmente con hormigón submarino en las proximidades del pilote;
- en localizaciones con mayor rigidez del suelo se emplea preferiblemente una altura de buje mayor; y
- 20 – en localizaciones con menor rigidez del suelo se emplea preferiblemente una altura de buje menor de la instalación de energía eólica.

También debe entenderse que los ejemplos de realización de la presente invención descritos anteriormente en esta memoria se dan a conocer en todas las combinaciones entre sí. En particular, debe entenderse que se dan a conocer ejemplos de realizaciones con respecto a los diferentes aspectos.

25 En particular, la descripción anterior o siguiente de los pasos del procedimiento según formas de realización preferidas de un procedimiento también dan a conocer medios correspondientes para la realización de los pasos de procedimiento por formas de realización preferidas de un dispositivo. Asimismo, mediante la divulgación de medios de un dispositivo para la realización de un paso del procedimiento, también se da a conocer el paso de procedimiento correspondiente.

30 Otros ejemplos de realizaciones ventajosas de la invención se desprenden de la siguiente descripción detallada de algunos ejemplos de formas de realización de la presente invención, en particular en relación con las figuras. Sin embargo, las figuras tienen únicamente fines ilustrativos y no sirve para la determinación del alcance de protección de la invención. Las figuras no son fieles a escala y simplemente reproducen con ejemplos el concepto general de la presente invención. En particular, las características que están contenidas en las figuras no deben considerarse de ninguna manera como componente necesario de la presente invención.

Breve descripción de las figuras

40 Muestran:

- 45 La Figura 1: una representación esquemática de un ejemplo de forma de realización de un sistema según la presente invención;
- la Figura 2: un diagrama de flujo de un ejemplo de forma de realización de un procedimiento según la presente invención;
- la Figura 3: una representación esquemática de una forma de realización de un dispositivo según la presente invención; y
- 50 la Figura 4: un ejemplo de un resultado de una optimización de la disposición realizada para una pluralidad de instalaciones de energía eólica que fue determinada por ejemplo mediante un ejemplo de forma de realización de un procedimiento según la presente invención.

Descripción detallada de algunos ejemplos de formas de realización de la Invención

55 La Figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de forma de realización de un sistema 100 según la presente invención. El sistema 100 comprende un dispositivo 110 (por ejemplo, un servidor), una base de datos 120 opcional que está operativamente conectada al dispositivo 110 o comprendida por este, una pluralidad de instalaciones de energía eólica, en el presente caso tres instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3, y un dispositivo 150 (por ejemplo, un dispositivo de medición o un dispositivo sensor).

60 Las tres instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3 y el dispositivo 150 están dispuestos dentro de la superficie 140. La superficie 140 representa esquemáticamente en la Figura 1 una zona, dentro de la cual se va a realizar la disposición de las instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3, de modo que según la disposición de las instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3 dentro de la superficie 140 la cantidad de energía eléctrica generada por las

instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3 se maximice. La superficie 140 es por ejemplo una zona marina (por ejemplo, un fondo marino) en donde se va a erigir un parque eólico marino.

El dispositivo 150 comprende por ejemplo uno o varios sensores, por ejemplo un sensor de viento, un sensor de ecosonda y/o un sensor de radar, de modo que mediante el dispositivo 150 puedan ser detectadas (por ejemplo medidas) o determinadas por ejemplo informaciones geoespaciales. Por medio del dispositivo 150 o del uno o los varios sensores comprendidos por el dispositivo 150 se puede determinar por ejemplo la batimetría que representa por ejemplo elevaciones o depresiones (naturales) dentro de la superficie 140, de modo que posteriormente por ejemplo las correspondientes informaciones geoespaciales pueden representar esto o las informaciones correspondientes que reflejen las elevaciones o depresiones dentro de la superficie 140 puedan estar comprendidas en ellas.

La flecha ancha que apunta desde el dispositivo 110 a la superficie 140 indica esquemáticamente en la Figura 1 que por ejemplo mediante el dispositivo 110 según la realización y/o control de un ejemplo de forma de realización de un procedimiento según la invención ha sido determinada una disposición (optimizada) para la pluralidad de instalaciones de energía eólica, por ejemplo las instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3 dentro de la superficie.

Ejemplos de realización según todos los aspectos de la invención hacen posible, por ejemplo, utilizar influencias naturales (por ejemplo, geotécnicas) de la superficie prevista (por ejemplo, la superficie 140) para poder conseguir una disposición optimizada de las instalaciones de energía eólica según la presente invención. La determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (por ejemplo, las instalaciones de energía eólica 130-1 a 130-3) se realiza por ejemplo según las directrices que se indican a continuación:

En las localizaciones dentro de la superficie de mayor profundidad del agua se utiliza o se selecciona una altura de buje menor en relación al nivel cero de altitud (alternativamente: nivel del mar). Para ello se puede prescindir, por ejemplo, de una plataforma de trabajo que en ocasiones está comprendida en este tipo de instalaciones de energía eólica y que se encuentra fuera de la torre, para poder disponer también en depresiones dentro de la superficie (por ejemplo la superficie 140) una instalación de energía eólica con una altura de buje menor, por citar solo un ejemplo no limitativo.

Además, en el marco de la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica dentro de la superficie, también se tienen en cuenta por ejemplo las directrices mencionadas a continuación:

En localizaciones dentro de la superficie con menores profundidades de agua, sin embargo, se consigue una mayor altura del buje con respecto al nivel cero de altitud (alternativamente: nivel del mar) con elementos (estructurales) idénticos (alternativamente: similares, en caso de que se tengan que realizar ligeras variaciones en las estructuras debido por ejemplo a requisitos geotécnicos) comprendidos por las respectivas instalaciones de energía eólica.

La Figura 2 representa un diagrama de flujo 200 de un ejemplo de forma de realización de un procedimiento que puede ser ejecutado en el contexto de la presente invención. El procedimiento es realizado y/o controlado por ejemplo por el dispositivo 110 y/o 150 según la Figura 1, pudiendo el dispositivo 110 y/o el dispositivo 150 según la Figura 1 estar realizados, respectivamente, por ejemplo como dispositivo 300 según la Figura 3.

En un primer paso 201 se realiza una detección de informaciones geoespaciales. La detección se lleva a cabo, por ejemplo, de modo que el dispositivo 110 recibe las informaciones geoespaciales, por ejemplo del dispositivo 150. Además, las informaciones geoespaciales pueden ser detectadas, por ejemplo por el dispositivo 150, determinando un sensor que está comprendido por el dispositivo 150 o conectado a este las informaciones geoespaciales, por ejemplo basándose en valores medidos (por ejemplo, mediante un sensor de viento, un sensor de ecosonda y/o un sensor de radar, por nombrar solo algunos ejemplos no limitativos). Después de que el dispositivo 150 haya detectado las informaciones geoespaciales, estas pueden ser enviadas opcionalmente al dispositivo 110 en el caso de que por ejemplo los otros pasos de procedimiento 202 a 205 y opcionalmente el paso 206 no sean todos realizados y/o controlados por el dispositivo 150, sino que al menos una parte de los pasos 202 a 205 y opcionalmente el paso 206 sean realizados y/o controlados por el dispositivo 110.

En un segundo paso 202 se realiza la determinación (por ejemplo el cálculo) de las informaciones de posición de disposición basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales detectadas en el paso 201. La determinación puede ser realizada y/o controlada por el dispositivo 110 o el dispositivo 150, o mediante ambos dispositivos 110 y 150 juntos.

En un tercer paso 203 se realiza la determinación (por ejemplo el cálculo) de la información de pérdida por efecto estela basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales y las informaciones de disposición detectadas en los pasos 201 y 202. La determinación puede ser realizada y/o controlada por el dispositivo 110 o el dispositivo 150, o mediante ambos dispositivos 110 y 150 juntos.

En un cuarto paso 204 se realiza la determinación (por ejemplo el cálculo) de (al menos) una información estructural basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales detectadas en los pasos 201, 202 y 203, las

informaciones de disposición, así como las informaciones de pérdida por efecto estela. La determinación puede ser realizada y/o controlada por el dispositivo 110 o el dispositivo 150, o por ambos dispositivos 110 y 150 juntos.

5 En un quinto paso 205 se realiza la determinación (por ejemplo, el cálculo) de una disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica. La determinación puede ser realizada y/o controlada por el dispositivo 110 o el dispositivo 150, o por ambos dispositivos 110 y 150 juntos.

10 En un sexto paso 206 opcional, se emite o se hace que se emita información de resultados. La información de resultados es emitida por ejemplo a otro dispositivo del sistema 100 según la Figura 1 (no representado en la Figura 1), que por ejemplo basándose al menos parcialmente en la información de resultados, determina o genera uno o varios planos para la fabricación y/o el montaje de las respectivas instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica del parque eólico. Se entiende que antes de la emisión o la orden de emisión de información de resultados, esta es creada o generada por ejemplo basándose en la disposición determinada de la pluralidad de instalaciones de energía eólica de una superficie (por ejemplo la superficie 140 según la Figura 1), de modo que la información del
15 resultados represente o comprenda un resultado de la disposición determinada en el paso 205.

20 Los pasos 201, 202, 203 y/o 204 se pueden realizar cada uno varias veces para implementar una realización y/o control iterativo del procedimiento según la presente invención. Esto está representado esquemáticamente en el diagrama de flujo 200 mediante la flecha 207, que lleva a los pasos 201, 202, 203 y 204 y está representada con líneas discontinuas.

25 Por ejemplo, después de la realización y/o el control del paso 205, los pasos 201, 202, 203 y 204 pueden volver a ser realizados y/o controlados una o varias veces. Esto está representado mediante la flecha discontinua 207a en el diagrama de flujo 200.

Alternativa o adicionalmente, por ejemplo después de la realización y/o el control del paso 205, los pasos 202, 203 y 204 pueden ser realizados y/o controlados nuevamente una o varias veces. Esto está representado mediante la flecha 207b de líneas discontinuas en el diagrama de flujo 200.

30 Alternativa o adicionalmente, por ejemplo después de la realización y/o el control del paso 205, los pasos 203 y 204 pueden ser realizados y/o controlados nuevamente una o varias veces. Esto está representado mediante la flecha 207c de líneas discontinuas en el diagrama de flujo 200.

35 Alternativa o adicionalmente, por ejemplo después de la realización y/o el control del paso 205, el paso 204 puede ser realizado y/o controlado de nuevo una o varias veces. Esto está representado mediante la flecha 207d con líneas discontinuas en el diagrama de flujo 200.

40 Se entiende que, por ejemplo, incluso después de la realización y/o el control del paso 205, cualquier combinación de los pasos 201, 202, 203 y 204 puede ser realizada y/o controlada nuevamente una o varias veces, por ejemplo los pasos 201, 203 y 204 o los pasos 201 y 204, por nombrar solo algunos ejemplos no limitativos.

La Figura 3 muestra una representación esquemática de un ejemplo de forma de realización de un dispositivo 300 que puede usarse en el contexto de la presente invención.

45 El dispositivo 300 puede representar por ejemplo el dispositivo 110 según la Figura 1, y entonces, por ejemplo realizar el procedimiento del diagrama de flujo 200 de la Figura 2. El dispositivo 300 puede por ejemplo representar el dispositivo 150 según la Figura 1, y entonces por ejemplo realizar el procedimiento del diagrama de flujo 200 de la Figura 2.

50 En el caso de que tanto el dispositivo 150 según la Figura 1 como el dispositivo 110 según la Figura 1 representen, respectivamente, un dispositivo según el dispositivo 300 de la Figura 3, estos pueden estar comprendidos juntos por un ejemplo de forma de realización de un sistema 100 de la Figura 1, y entonces por ejemplo realizar juntos el procedimiento del diagrama de flujo 200 de la Figura 2.

55 El dispositivo 300 también puede estar comprendido por ejemplo por una instalación de energía eólica respectiva, por ejemplo una instalación de energía eólica 130-1 a 130-3 según la Figura 1, y entonces, por ejemplo, realizar el procedimiento del diagrama de flujo 200 de la Figura 2.

60 El dispositivo 300 comprende un procesador 310 con memoria de trabajo 320 asociada y memoria de programa 330. El procesador 310, ejecuta por ejemplo instrucciones de programa que están almacenadas en la memoria de programa 330. Las instrucciones de programa realizan y/o controlan el procedimiento según el primer aspecto de la invención. Para ello, la memoria de programa 330 contiene un programa informático según un aspecto a modo de ejemplo de la invención y representa un producto de programa informático para su almacenamiento. El dispositivo 300 representa un ejemplo de un dispositivo según el segundo aspecto de la invención.

65

La memoria de programa 330 puede ser, por ejemplo, una memoria persistente, tal como por ejemplo una memoria de solo lectura (ROM). La memoria de programa puede, por ejemplo, estar conectada de forma fija al procesador 310, pero alternativamente también puede estar conectada de forma separable al procesador 310, por ejemplo como una tarjeta de memoria, disquete o medio de soporte de datos óptico (por ejemplo un CD, DVD o Blu-Ray). En la memoria de programa 330, o en una memoria separada pueden estar almacenadas otras informaciones.

La memoria de trabajo 320 se utiliza, por ejemplo, para almacenar resultados temporales mientras se procesan las instrucciones del programa. Se trata, por ejemplo, de una memoria volátil, como por ejemplo una memoria de acceso aleatorio (RAM).

El procesador 310 está además conectado por ejemplo a una interfaz de comunicación 340, con la que por ejemplo es posible un intercambio de información con otros dispositivos (véanse las flechas en la Figura 1).

El dispositivo 300 también puede contener otros componentes. En caso de que el dispositivo 300 represente el dispositivo 110 y/o 150 según la Figura 1, entonces están presentes por ejemplo unos medios de detección para detectar informaciones geoespaciales. Los medios de detección están configurados, por ejemplo, para detectar informaciones de un sensor de viento, de un sensor de ecosonda, de un sensor de radar, por citar solo algunos ejemplos no limitativos, de modo que con ellos sea posible la detección de informaciones geoespaciales. Además, estos están por ejemplo conectados operativamente con el procesador 310. El sensor de viento, el sensor de ecosonda y/o el sensor de radar pueden considerarse, por ejemplo, como sensor(es) 350 según la Figura 3.

En caso de que el dispositivo 300 represente el dispositivo 110 y/o 150 según la Figura 1, existen por ejemplo además medios de determinación para determinar informaciones de posición de disposición, de informaciones de pérdida por efecto estela, de (al menos) una información estructural, y/o de una información de resultados por citar solo algunos ejemplos no limitativos, estando configurados los medios de determinación por ejemplo como una unidad estructural y/o funcional y estando por ejemplo comprendidos por el procesador 310 o estando conectados operativamente a este.

La Figura 4 muestra un ejemplo de un resultado de una optimización de la disposición para una pluralidad de instalaciones de energía eólica que fue determinada por ejemplo mediante un ejemplo de forma de realización de un procedimiento según la presente invención.

Las zonas de la Figura 4 mostradas a través de la línea cerrada caracterizan, respectivamente, una superficie 440-1 y 440-2, dentro de la cual se va a realizar la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica 430.

Las instalaciones de energía eólica 430 están representadas esquemáticamente en la Figura 4 por medio de un círculo, estando los círculos respectivos provistos de un signo "+" o un signo "-". Los puntos que están provistos de un signo "+" representan esquemáticamente instalaciones de energía eólica con una altura de buje mayor en comparación con aquellos puntos que están dotados de un signo "-". Según la leyenda indicada en la Figura 4 las instalaciones de energía eólica que están representadas esquemáticamente con un punto provisto de un signo "+" presentan una altura de buje de 128 m sobre el nivel cero de altitud. Las instalaciones de energía eólica que están representadas esquemáticamente mediante un punto dotado del signo "-" tienen una altura de buje de 110 m sobre el nivel cero de altitud.

Además, por encima de cada punto que en cada caso representa esquemáticamente una instalación de energía eólica del parque eólico existe un número que se sitúa entre cero y dos. Este número caracteriza el rendimiento adicional porcentual de la respectiva instalación de energía eólica en comparación con el promedio de todas las instalaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica representadas en el parque eólico según la Figura 4. El promedio es definido por ejemplo como valor de referencia mediante el número "1". Por ejemplo, la instalación de energía eólica de la Figura 4, que está provista del número de referencia 430, tiene un rendimiento adicional que es un 2,5 % mayor que el promedio de todas las instalaciones de energía eólica comprendidas en el parque eólico. Esto está representado por el número "1,025".

Se debe entender que los ejemplos de realización de la presente invención descritos en esta memoria y las características y propiedades opcionales enumeradas en relación a ellos se dan a conocer en todas las combinaciones entre sí. En particular, la descripción de una característica comprendida por un ejemplo de realización - a menos que se indique explícitamente lo contrario - no debe entenderse en el presente caso en el sentido de que la característica es imprescindible o esencial para la función del ejemplo de realización. La secuencia de los pasos de procedimiento descritos en esta memoria en los diagramas de flujo individuales no es obligatoria; son concebibles secuencias alternativas de los pasos de procedimiento. Los pasos de procedimiento pueden ser implementados de varias maneras, por lo que es concebible la implementación en software (a través de instrucciones de programa), hardware o una combinación de ambos para implementar los pasos del procedimiento.

Términos como "comprenden", "presentan", "incluyen", "contienen" y similares utilizados en las reivindicaciones no excluyen otros elementos o pasos. La expresión "al menos parcialmente" incluye tanto el caso "parcialmente" como el caso "completamente". La expresión "y/o" debe entenderse que da a conocer tanto la alternativa como la combinación, es decir, "A y/o B" significa "(A) o (B) o (A y B)". El uso del artículo indeterminado no excluye el plural. Un solo dispositivo

puede realizar las funciones de varias unidades o dispositivos mencionados en las reivindicaciones. Los símbolos de referencia indicados en las reivindicaciones no deben considerarse como restricciones de los medios y pasos utilizados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para optimizar la disposición de una pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), que comprende:

- detectar informaciones geoespaciales indicativas de una o varias condiciones de una superficie (140) en la que se va a disponer una pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), comprendiendo las informaciones geoespaciales al menos una información del estado del viento, las informaciones geoespaciales son determinadas en el marco de una batimetría que representa elevaciones o depresiones naturales dentro de la superficie (140);
- determinar informaciones de posición de disposición indicativas de ubicaciones dentro de la superficie (140) en las que puede ser dispuesta una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), siendo realizada la determinación de las informaciones de posición de disposición basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales;
- determinar informaciones de pérdida por efecto estela indicativas de efectos de sombra de viento debido a la sombra mutua de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), siendo determinadas las informaciones de pérdida por efecto estela al menos parcialmente basándose en las informaciones geoespaciales y las informaciones de posición de disposición;
- determinar información estructural indicativa de uno o varios elementos estructurales para una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), en donde cada elemento estructural caracteriza un elemento de una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), siendo la instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) adecuada para su uso en la superficie (140), y la información estructural es determinada basándose al menos parcialmente en las informaciones geoespaciales, las informaciones de posición de disposición e información de pérdida por efecto estela; y
- determinar una disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) en la superficie (140), en donde es determinada una altura de buje de una respectiva instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) maximizando una cantidad de energía eléctrica generada por las respectivas turbinas eólicas de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) basándose en la información del estado del viento y maximizando los elementos estructurales usados uniformemente que están comprendidos por una instalación respectiva de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3), y en donde la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) en la superficie (140) se realiza además minimizando la altura absoluta del buje de la respectiva instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

- determinar una información de viento estándar indicativa para el caso de que todas las instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) en la superficie (140) presenten una altura de buje idéntica, siendo determinadas las informaciones de pérdida por efecto estela además, al menos parcialmente, con base en la información de viento estándar.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) sobre la superficie (140) se realiza además minimizando la influencia mutua de las instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación de la disposición de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) en la superficie (140) se realiza además maximizando uno o varios elementos estructurales idénticos de la respectiva instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) en la superficie (140).

5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que el uno o los varios elementos estructurales idénticos de la respectiva instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) son principalmente una torre idéntica y/o una base idéntica de la respectiva instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que el uno o los varios elementos estructurales idénticos de la respectiva instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) son secundariamente una cimentación idéntica de la respectiva instalación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3).

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) es una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) sin plataforma de trabajo externa.

- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) es una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) con una cimentación monopilote, en el que la cimentación monopilote comprende un manguito, de modo que el manguito rodea a la cimentación monopilote y que además está al menos parcialmente incrustado en el fondo marino.
- 10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) es una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) con una cimentación jacket.
- 15 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las respectivas torres de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) tienen esencialmente un diámetro idéntico.
- 20 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una instalación de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (130-1, 130-2, 130-3) presenta una protección frente a la socavación.
- 25 12. Dispositivo (110, 300) configurado para la realización y/o el control del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11 o que comprende medios respectivos para la realización y/o el control de los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 30 13. Sistema (100) que comprende uno o varios dispositivos (110, 300) que están configurados para la realización y/o el control del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12 o que presenta medios para la realización y/o control de los pasos del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.
14. Programa informático que comprende instrucciones de programa que hacen que un procesador (310) realice y/o controle el procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11 cuando el programa informático es ejecutado por el procesador (310).

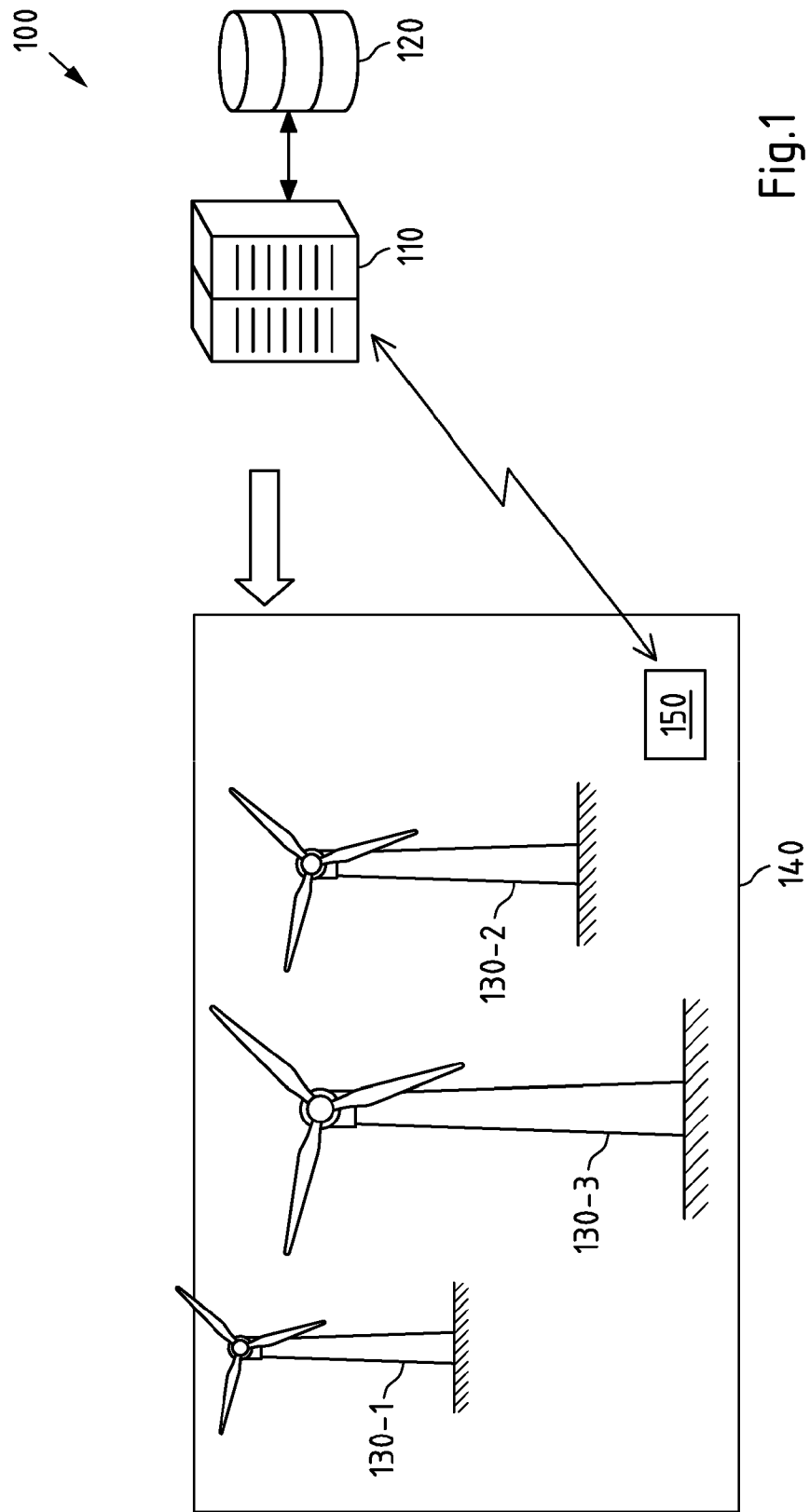


Fig.1

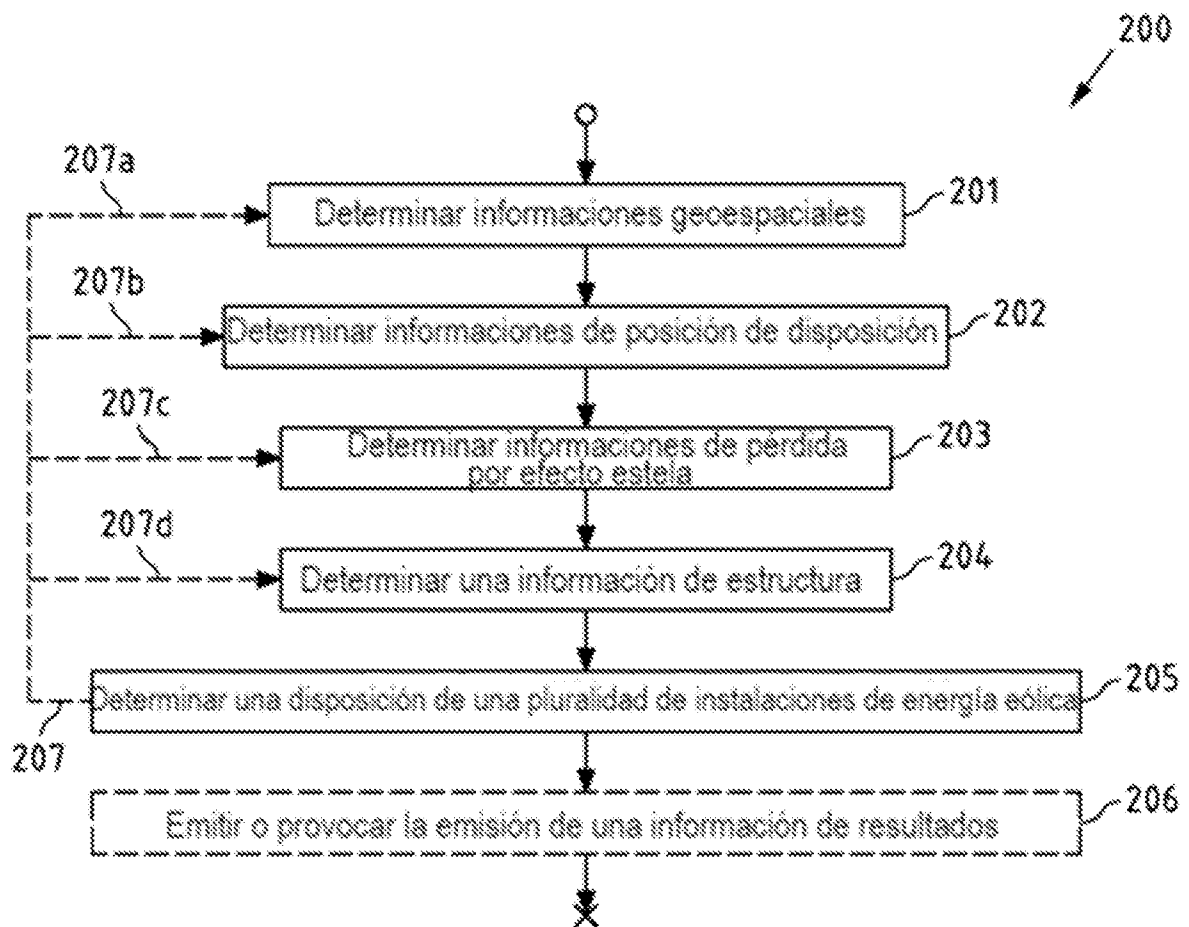


Fig.2

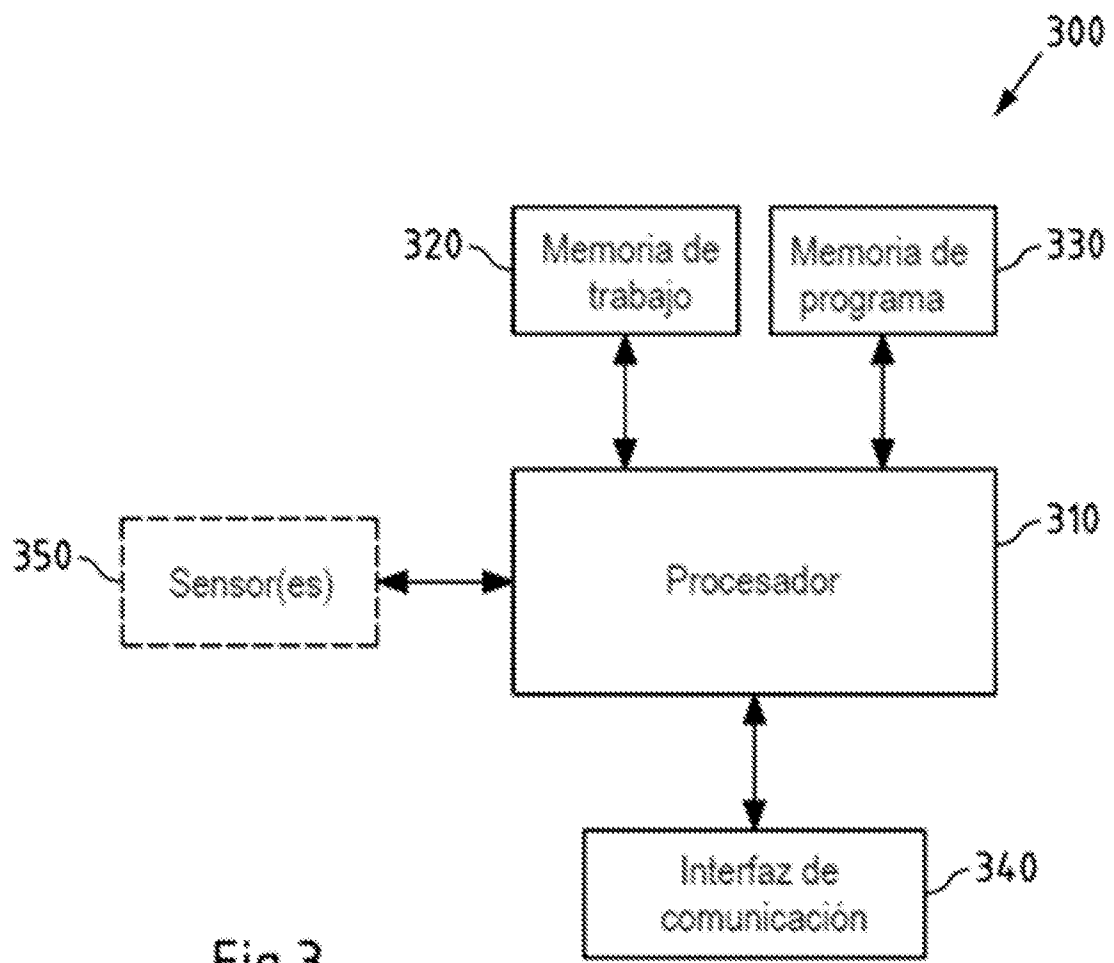


Fig.3

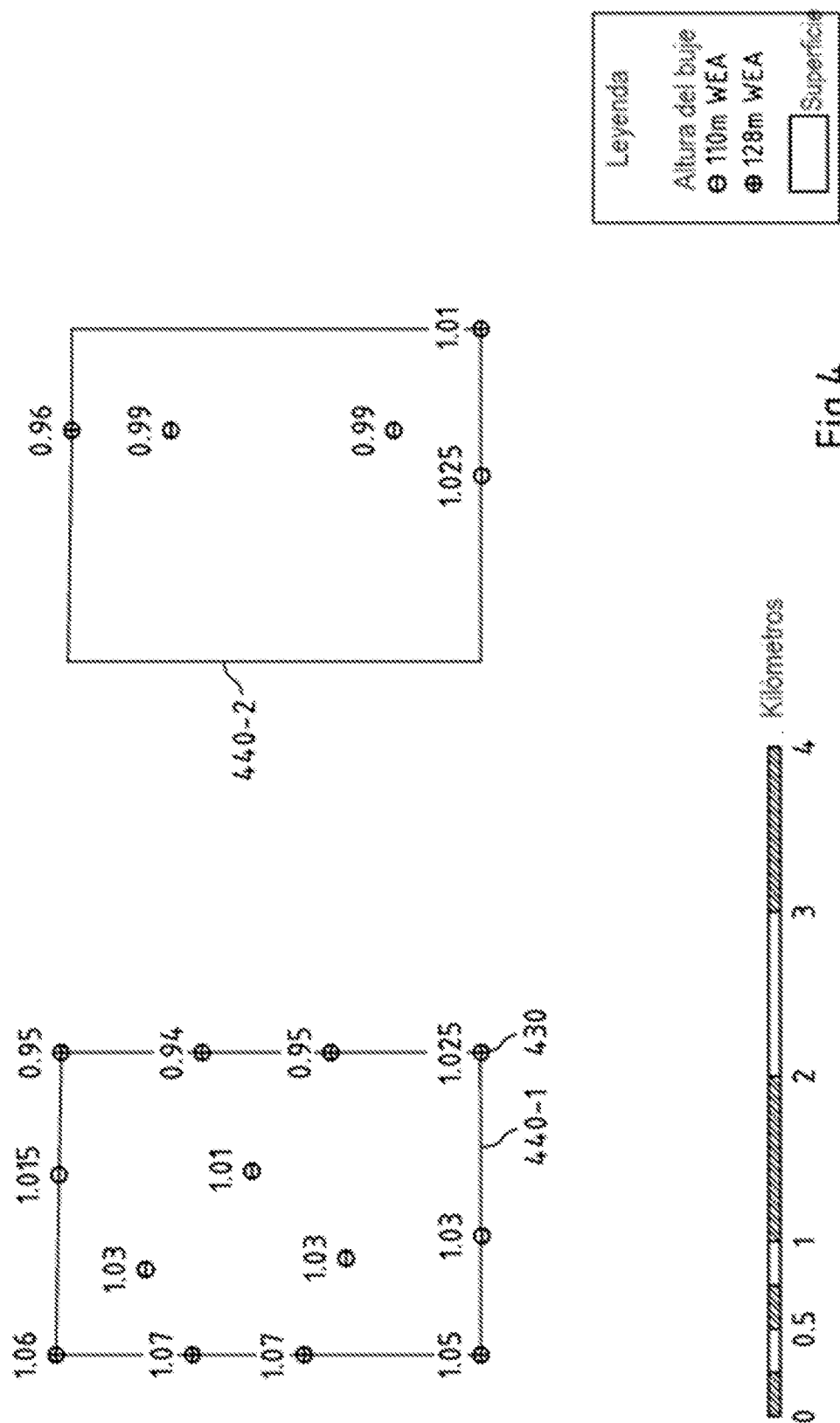


Fig.4