

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000023411
Data Deposito	10/09/2021
Data Pubblicazione	10/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	12	M	1	107

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	01	D	53	84

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	01	M	8	0662

Titolo

METODO E APPARATO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA BIOMASSA ORGANICA
--

METODO E APPARATO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA BIOMASSA ORGANICA

DESCRIZIONE

Il presente trovato si riferisce in generale al settore tecnico della produzione di energia elettrica ed in particolare si riferisce ad un metodo ed un apparato per la produzione di energia elettrica a partire da biomassa organica. Ancora più in particolare, il presente trovato riguarda un apparato e un metodo per la produzione di energia elettrica da biogas, ottenuto ad esempio attraverso un digestore anaerobico.

Al giorno d'oggi l'interesse verso le materie di scarto nelle aziende è molto elevato. Tali materie di scarto rappresentano spesso un problema per le imprese, dato che spesso non vengono riutilizzate ed il loro smaltimento rappresenta una spesa.

Negli ultimi anni si sta quindi cercando di valutare come tali materie di scarto possano essere utilizzate o riciclate, eventualmente anche per rappresentare una voce di profitto per le aziende, oltre a diminuire l'impatto ambientale. Ciò vale anche per gli scarti di tipo organico.

Nel settore della produzione di energia elettrica è infatti noto utilizzare scarti organici per la produzione di biogas prima e di energia poi. Infatti, a causa dell'elevata quantità di rifiuti organici prodotti, il potenziale energetico del biogas è oggi tenuto fortemente in considerazione.

La tecnica nota prevede tradizionalmente di trattare gli scarti organici in un digestore anaerobico per la produzione di biogas il quale poi è utilizzato in un motore a combustione interna per la produzione di energia elettrica.

Tale tecnologia nota è tuttavia caratterizzata da diversi svantaggi. Innanzitutto, il rendimento di tale tecnologie note è piuttosto contenuto. In altre parole, la resa energetica degli impianti configurati per la produzione di energia da biogas ottenuto, ad esempio, attraverso un digestore anaerobico non risulta ottimale. Nel dettaglio, in tali tecnologie note, non solo la resa di produzione di energia elettrica risulta bassa, ma vi sono elevate quantità di energia termica che vengono prodotte e non utilizzate. Conseguentemente, anche dal punto di vista dell'energia termica, il rendimento di tali tecnologie risulta molto contenuto.

Il presente trovato parte quindi dalla posizione del problema tecnico di fornire un apparato ed un metodo che consentano di andare incontro alle necessità sopra menzionate con riferimento alla tecnica nota, e di superare i suddetti inconvenienti e/o che consenta di

conseguire ulteriori vantaggi.

Ciò è ottenuto mediante un apparato ed un metodo secondo le rispettive rivendicazioni indipendenti. Caratteristiche secondarie del presente trovato sono definite nelle corrispondenti rivendicazioni dipendenti.

5 Nel dettaglio, il presente trovato ha come oggetto un apparato di produzione di energia elettrica da biomassa organica. Tale apparato comprende una unità di produzione di biogas, la quale è configurata per produrre biogas da biomassa organica e preferibilmente comprende un digestore anaerobico. L'apparato comprende ulteriormente una unità di
10 trattamento del biogas prodotto dall'unità di produzione di biogas, che è configurata per una purificazione di tale biogas. In altre parole, tale purificazione di biogas prevede, o comprende, la diminuzione e/o la rimozione di impurità del biogas. Tali impurità comprendono acido solfidrico. Altre impurità possono comprendere componenti solforati come solfuro di dietile o dimetile, ossigeno, azoto, ammoniaca, silossani, composti organici volatili, particolato. L'unità di trattamento di biogas comprende almeno un primo dispositivo
15 di purificazione configurato per un trattamento biologico del biogas prodotto dall'unità di produzione, configurato per rimuovere impurità da tale biogas. L'apparato comprende ulteriormente una unità di produzione di energia elettrica dal biogas purificato dall'unità di trattamento. Tale unità di produzione di energia elettrica comprende un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido, configurato per la produzione di energia elettrica. Tale
20 dispositivo a cella combustibile ad ossido solido può comprendere una cella, o pila, a combustibile ad ossido solido (SOFC).

Vantaggiosamente quindi, rispetto alle tecnologie note, l'apparato secondo il presente trovato prevede l'utilizzo di un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido per la produzione di energia elettrica. Questo, oltre a favorire un amplificato beneficio dalla
25 conversione di un materiale originariamente di scarto e impattante sull'ambiente, consente di ottenere efficienze di conversione di energia maggiori rispetto ai sistemi correntemente utilizzati, oltre che ad una importante riduzione delle emissioni gassose inquinanti e serra. In particolare, le pile a combustibile ad ossido solido garantiscono elevati rendimenti, con conseguente maggior produzione di energia elettrica a parità di biogas utilizzato rispetto
30 alle tecnologie note. Infatti, le pile a combustibile ad ossido solido lavorano sulla conversione diretta dell'energia chimica del combustibile in energia elettrica, evitando la fase intermedia di produzione di energia termica da combustione, tipica dei motori a combustione interna. Conseguentemente, il rendimento di produzione di energia elettrica aumenta e la maggiore quantità di energia elettrica generata può tradursi in un aumento di

guadagni, in caso ad esempio di vendita di energia elettrica prodotta, o in generale di benefici per l'utilizzatore, che ha a disposizione un maggior quantitativo di energia elettrica utilizzabile o immagazzinabile per un successivo uso.

5 Inoltre, vantaggiosamente, la purificazione del biogas prodotto dall'unità di produzione attraverso il primo dispositivo di purificazione che, come detto, prevede un trattamento biologico di tale biogas, consente una efficace riduzione di alcune impurità presenti nel biogas, in particolare di acido solfidrico. Vantaggiosamente, tale riduzione di impurità, in particolare di acido solfidrico, è compresa tra l'85% e il 95%, ed è preferibilmente pari al 90%, rispetto al quantitativo di impurità, in particolare di acido solfidrico, presente nel biogas
10 prodotto dall'unità di produzione.

In particolare, secondo un aspetto preferito del presente trovato, il primo dispositivo di purificazione è configurato per ridurre l'acido solfidrico nel biogas attraverso microorganismi, preferibilmente batteri, preferibilmente *Thiobacillus Thiooxidans*. Preferibilmente inoltre, il primo dispositivo di purificazione è configurato per trattare il biogas
15 tramite tali microorganismi ad un pH compreso tra 1,3 e 3. Vantaggiosamente, l'abbattimento di acido solfidrico tramite l'utilizzo di microorganismi consente di contenere notevolmente i costi di manutenzione del primo dispositivo di purificazione rispetto, ad esempio, all'utilizzo di tradizionali processi fisico-chimici di abbattimento.

Secondo un ulteriore aspetto preferito del presente trovato, inoltre, l'apparato può
20 comprendere un secondo dispositivo di purificazione configurato per una ulteriore riduzione delle impurità del biogas, in particolare dell'acido solfidrico. Preferibilmente, tale secondo dispositivo di purificazione è configurato per un assorbimento di tali impurità, in particolare di acido solforico e preferibilmente comprende un assorbitore a ossido di ferro, preferibilmente Fe_2O_3 .

25 Vantaggiosamente, il primo ed il secondo dispositivo di purificazione sono configurati per una riduzione di acido solfidrico nel biogas al di sotto di 1 ppm, preferibilmente inferiore a 0,5 ppm.

Preferibilmente, l'apparato comprende un terzo dispositivo di purificazione configurato per una ulteriore riduzione delle impurità del biogas trattato dal secondo dispositivo di
30 purificazione. Preferibilmente, tale secondo dispositivo di purificazione è configurato per un adsorbimento di tali impurità, in particolare di silossani e composti organici volatili e comprende preferibilmente un adsorbitore a carbone attivo. Vantaggiosamente quindi, il terzo dispositivo di purificazione consente di ridurre ulteriori impurità presenti nel biogas.

Vantaggiosamente, la riduzione di tali ulteriori impurità prevede di incrementare l'affidabilità del dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido, salvaguardandone la vita e la durata.

Preferibilmente, secondo un ulteriore aspetto del presente trovato, l'unità di produzione di energia elettrica comprende ulteriormente una unità di recupero termico. Quest'ultima
5 può essere configurata per un recupero di energia termica prodotta dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido. Ne consegue che, vantaggiosamente, l'apparato secondo il presente trovato è un apparato cogenerativo. In altre parole, l'apparato secondo il presente trovato può essere configurato sia per la produzione di energia elettrica, sia per la produzione di energia termica, quest'ultima sfruttando preferibilmente il calore generato
10 dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido. Conseguentemente, vantaggiosamente, l'apparato secondo il presente trovato permette di ridurre ulteriormente le emissioni, migliorando l'efficienza complessiva e riducendo l'impatto ambientale.

Preferibilmente inoltre, secondo un aspetto del presente trovato, l'energia termica ricavata dall'unità di recupero termico dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido
15 può essere utilizzata per il funzionamento del secondo dispositivo di purificazione. In altre parole, l'energia termica recuperata dall'unità di recupero termica può essere utilizzata per il funzionamento del secondo dispositivo di purificazione.

Secondo un ulteriore aspetto preferito, l'apparato secondo il presente trovato comprende ulteriormente una pompa di calore operativamente associata al dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido. Tale pompa di calore è configurata per la produzione di
20 energia frigorifera. Vantaggiosamente quindi, rispetto alle tradizionali tecnologie, l'apparato secondo il presente trovato consente di produrre, oltre ad energia elettrica, energia termica e frigorifera. In altre parole, vantaggiosamente, l'apparato secondo il presente trovato prevede il recupero e il riutilizzo del calore di scarto prodotto. Conseguentemente quindi, secondo tale aspetto, l'apparato secondo il presente trovato può essere un impianto
25 trigenerativo. In altre parole, tramite l'apparato secondo il presente trovato, è possibile generare e utilizzare in combinazione energia elettrica, termica e frigorifera. Il presente trovato ha come ulteriore oggetto un metodo di produzione di energia elettrica da biomassa organica. Tale metodo prevede una fase di produzione di biogas da biomassa organica
30 attraverso una unità di produzione di biogas. Quest'ultima comprende preferibilmente un digestore anaerobico. Il metodo prevede una fase di trattamento del biogas prodotto dalla fase di produzione di biogas. Questa fase di trattamento comprende un primo trattamento del biogas attraverso microorganismi configurati per una riduzione dell'acido solfidrico nel biogas prodotto nella fase di produzione di biogas. Il metodo comprende ulteriormente una

fase di produzione di energia elettrica attraverso un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido dal biogas trattato nella fase di trattamento.

Secondo un aspetto preferito del presente trovato, il primo trattamento del biogas prevede l'utilizzo di batteri, preferibilmente *Thiobacillus Thiooxidans*, ad un pH compreso
5 tra 1,3 e 3. Vantaggiosamente, tali batteri favoriscono una riduzione dell'acido solfidrico nel biogas fino al 90%.

Secondo un ulteriore aspetto preferito, la fase di trattamento del biogas prevede un secondo trattamento del biogas stesso, successivo al primo trattamento. Tale secondo trattamento prevede di assorbire impurità, in particolare acido solfidrico. Preferibilmente,
10 tale secondo trattamento è effettuato tramite un assorbitore ad ossido di ferro, preferibilmente Fe_2O_3 . Vantaggiosamente, il primo ed il secondo trattamento sono configurati per una riduzione di acido solfidrico nel biogas al di sotto di 1 ppm, preferibilmente inferiore a 0,5 ppm.

Preferibilmente, il metodo può inoltre prevedere una fase di recupero di energia termica dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido. Tale fase di recupero di energia
15 termica può essere effettuata preferibilmente da una unità di recupero di energia termica. Preferibilmente inoltre, l'energia termica recuperata dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido tramite l'unità di recupero di energia termica, può essere utilizzata per il funzionamento della fase di secondo trattamento del biogas.

20 Secondo un ulteriore aspetto preferito del presente trovato, la fase di trattamento del biogas prevede un terzo trattamento del biogas stesso, successivo al secondo trattamento, per la riduzione di impurità presenti nel biogas, preferibilmente silossani e composti organici volatili. Tale terzo trattamento del biogas prevede un adsorbimento di tali impurità, preferibilmente tramite un adsorbitore comprendente carbone attivo.

25 Preferibilmente, il metodo secondo il presente trovato può comprendere una ulteriore fase di produzione di energia frigorifera. Ne consegue che, vantaggiosamente, il metodo secondo il presente trovato consente di produrre, oltre ad energia elettrica, energia termica e frigorifera.

30 Ulteriori vantaggi, caratteristiche e le modalità d'impiego dell'oggetto del presente trovato risulteranno evidenti dalla seguente descrizione dettagliata di sue forme di realizzazione, presentate a scopo esemplificativo e non limitativo.

È comunque evidente come ciascuna forma di realizzazione dell'oggetto del presente trovato possa presentare uno o più dei vantaggi sopra elencati; in ogni caso non è richiesto

che ciascuna forma di realizzazione presenti simultaneamente tutti i vantaggi elencati.

Verrà fatto riferimento alle figure dei disegni allegati, in cui:

- le Figure 1 mostra una vista schematica di un apparato di produzione di energia elettrica da biomassa organica secondo un aspetto del presente trovato.

5 Il presente trovato è relativo ad un apparato 100 e ad un metodo di produzione di energia elettrica da biomassa organica.

In generale, l'apparato 100 è configurato per, ed il metodo prevede di, produrre biogas da biomassa organica, purificare tale biogas prodotto e generare energia elettrica a partire da tale biogas purificato tramite un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido.

10 Nell'ambito del presente trovato, con l'espressione "purificazione di biogas" si intende la rimozione dal biogas, o la riduzione della presenza nello stesso biogas, di impurità. Tali impurità possono comprendere o essere costituite da acido solfidrico, composti solforati quali solfuro di dietile o solfuro di dimetile, ossigeno, ammoniaca, azoto, silossani, composti organici volatili, particolato.

15 Nel dettaglio, l'apparato 100 di produzione di energia elettrica da biomassa organica secondo il presente trovato comprende una unità di produzione 10 di biogas. Tale unità di produzione 10 di biogas è configurata per la produzione di biogas a partire da biomassa organica e comprende un digestore anaerobico 1.

In particolare, l'apparato 100 può essere configurato per trattare biomassa organica di scarto affinché diventi un substrato di alimentazione di tale digestore anaerobico 1. Quest'ultimo è configurato per produrre biogas, ovvero una miscela comprendente metano, preferibilmente con una percentuale in volume rispetto al totale compresa tra il 60 ed il 65%, anidride carbonica, con una percentuale in volume compresa tra il 30% e il 45%, e impurità. Queste ultime possono comprendere acido solfidrico, composti solforati comprendenti solfuro di dietile e solfuro di dimetile, ossigeno, azoto, ammoniaca, silossani, composti organici volatili e particolato.

L'apparato 100 comprende, secondo il presente trovato una unità di trattamento 20 configurata per purificare il biogas prodotto dall'unità di produzione 10 di biogas. In altre parole, tale unità di trattamento 20 è configurata in particolare per ridurre o abbattere il quantitativo di impurità presenti nel biogas prodotto dall'unità di produzione 10. Nello specifico, l'unità di trattamento 20 è configurata per ridurre in particolare il quantitativo di acido solfidrico nel biogas. Preferibilmente, l'unità di trattamento 20 è configurata affinché

il quantitativo di acido solfidrico nel biogas sia minore di 1 ppm, preferibilmente minore di 0,5 ppm. Preferibilmente inoltre, l'unità di trattamento 20 è configurata per ridurre il quantitativo di ulteriori impurità, preferibilmente silossani e composti organici volatili.

5 Più nello specifico, l'unità di trattamento 20 comprende almeno un primo dispositivo di purificazione 21. Tale primo dispositivo di purificazione 21 è configurato per effettuare un trattamento biologico al biogas prodotto dall'unità di produzione 10. In particolare, il primo dispositivo di purificazione 21 è configurato per una prima rimozione di impurità in detto biogas. Ancora più nel dettaglio, il primo dispositivo di purificazione è configurato per una riduzione di acido solfidrico dal biogas prodotto dall'unità di produzione 10. Tale riduzione
10 di acido solfidrico avviene attraverso microorganismi.

In altre parole, il primo dispositivo di purificazione 21 è configurato per una purificazione di tipo biologico del biogas prodotto dall'unità di produzione 10, volta in particolare alla riduzione del quantitativo di acido solfidrico nel biogas stesso. Preferibilmente, il primo dispositivo di purificazione 21 è un dispositivo di bio-trickling. Vantaggiosamente tale
15 tecnologia risulta particolarmente economica.

Preferibilmente, il primo dispositivo di purificazione 21 è configurato per una riduzione di acido solfidrico attraverso microorganismi. Più preferibilmente questi comprendono Thiobacillus Thiooxidans. Inoltre, preferibilmente, il primo dispositivo di purificazione 21 è configurato per un trattamento del biogas attraverso tali microorganismi ad un pH compreso
20 tra 1,3 e 3.

Preferibilmente, il primo dispositivo di purificazione 21 comprende una pluralità di pareti che definiscono un ambiente interno a detto dispositivo di purificazione 21, configurato, in uso, per accogliere il biogas prodotto dall'unità di produzione 10 e i microorganismi. Al fine di favorire l'attività di questi ultimi, tale ambiente interno è configurato per essere mantenuto
25 ad una temperatura compresa tra i 25°C e i 35°C, preferibilmente pari a 30°C, ad esempio per mezzo di un termostato. Inoltre, tale ambiente interno è configurato per avere un pH compreso tra 1,3 e 3, preferibilmente pari a 1,5.

Vantaggiosamente, il primo dispositivo di purificazione 21 consente un abbattimento di acido solfidrico fino ad una quantità compresa tra 2 e 104 ppm. Preferibilmente, la capacità
30 di rimozione di acido solfidrico dal biogas da parte del primo dispositivo di purificazione aumenta progressivamente con il tempo, raggiungendo il 90% dopo un tempo compreso tra 8 e 12 giorni, preferibilmente pari a 10 giorni.

Al fine di ridurre ulteriormente le impurità presenti nel biogas proveniente dalla unità di

produzione 10 e passante per il primo dispositivo di purificazione 21, l'unità di trattamento 20 dell'apparato 100 può comprendere ulteriormente un secondo dispositivo di purificazione 22. In altre parole, il primo dispositivo di purificazione 21 ed il secondo dispositivo di purificazione 22 sono disposti in serie. Tale secondo dispositivo di purificazione 22 è preferibilmente configurato per un trattamento chimico-fisico del biogas uscente dal primo dispositivo di purificazione 21. Preferibilmente, il secondo dispositivo di purificazione 22 è configurato per un assorbimento di impurità, in particolare di acido solfidrico. In altre parole, il secondo dispositivo di purificazione è configurato per una ulteriore rimozione di acido solfidrico.

10 In particolare, il secondo dispositivo di purificazione 22 è configurato per assorbire le impurità del biogas proveniente dal primo dispositivo di purificazione 21, in particolare acido solfidrico, all'interno di un materiale compreso nel secondo dispositivo di purificazione 22 stesso.

15 Secondo un aspetto preferito, il secondo dispositivo di purificazione 22 comprende un assorbitore ad ossido di metallo. Quale ossido di metallo può essere utilizzato l'ossido di zinco, commercialmente disponibile ed efficace ed efficiente nell'assorbimento di acido solfidrico. L'utilizzo di ossido di zinco come materiale assorbente richiede tuttavia una bassa velocità di attraversamento di biogas, temperature di reazione comprese tra 300°C e 400°C e basse concentrazioni di vapore e CO nel biogas.

20 Alternativamente come ossido di metallo è possibile utilizzare l'ossido di rame in combinazione con l'ossido di manganese. In questo caso, la capacità di assorbimento è fortemente influenzata dal contenuto di acqua nel biogas.

Preferibilmente, il secondo dispositivo di purificazione 22 comprende un assorbitore ad ossido di ferro, preferibilmente costituito da, o comprendente, Fe_2O_3 .

25 All'ossido metallico è inoltre preferibile abbinare materiali inerti di supporto, quali ad esempio Cu, SiO_2 , Al_2O_3 e TiO_2 . Tali materiali aumentano la stabilità meccanica dell'ossido metallico. Inoltre, rendono quest'ultimo efficiente in un intervallo di temperature di reazione ampio, compreso ad esempio tra 20°C e 400°C.

30 Preferibilmente, tale secondo dispositivo di purificazione 22 ha una capacità di assorbimento maggiore di 550 mg/g a temperatura ambiente ed una densità di riempimento compresa tra 0,7 e 0,75 kg/l. Inoltre, tale secondo dispositivo di purificazione 22 può avere una area specifica compresa tra 70 e 80 m^2/g e avere una precisione di desolforazione (acido solfidrico) inferiore a 0,5 ppm con un tempo di contatto compreso tra 20 e 40 secondi,

preferibilmente pari a 30 secondi.

Vantaggiosamente, il primo dispositivo di purificazione 21 ed il secondo dispositivo di purificazione 22 sono configurati per ridurre la quantità di acido solfidrico fino a valori inferiori a 1 ppm, preferibilmente inferiori a 0,5 ppm.

5 Come anticipato, il primo dispositivo di purificazione 21 ed il secondo dispositivo di purificazione 22 sono particolarmente configurati per ridurre la quantità di acido solfidrico dal biogas. Al fine di ridurre ulteriori impurità, preferibilmente diverse dall'acido solfidrico, l'unità di trattamento 20 dell'apparato 100 può comprendere un terzo dispositivo di purificazione 23. Tale terzo dispositivo di purificazione 23 è configurato per una ulteriore
10 riduzione impurità nel biogas purificato dal primo dispositivo di purificazione 21 e dal secondo dispositivo di purificazione 22. Preferibilmente, il terzo dispositivo di purificazione 23 è configurato per rimuovere dal biogas, o ridurre il contenuto di, impurità quali silossani e composti organici volatili e può comprendere un adsorbitore carboni attivi. Il terzo
15 dispositivo di purificazione 23 è in particolare configurato per un adsorbimento di tali impurità e può comprendere un carbone di purificazione dei gas altamente adsorbente, comprendente pellets aventi un diametro compreso tra 3 e 4 mm. Vantaggiosamente, tale terzo dispositivo di purificazione 23 ha una bassa abrasione e una garantisce una bassa perdita di pressione nel gas che lo attraversa.

Preferibilmente, il terzo dispositivo di purificazione 23 comprende un adsorbitore a
20 carbone attivi. In particolare, il carbone attivo viene reso tale attraverso una sua parziale ossidazione con vapore d'acqua o aria a temperature elevate, ad esempio comprese tra 700°C e 1000°C. L'adsorbitore a carboni attivi è in grado di rimuovere molte impurità nel biogas, sia acido solfidrico, sia silossani, sia composti organici volatili. La capacità di rimozione delle impurità dell'adsorbitore a carboni attivi del terzo dispositivo di purificazione
25 può essere aumentata impregnando i carboni attivi con ulteriori sostanze, come NaOH, KOH, NaCO₃.

Alternativamente ai carboni attivi, l'adsorbitore del terzo dispositivo di purificazione può essere a zeoliti, a gel di silice o polimerici.

In altre parole quindi, l'apparato 100 può comprendere un primo, un secondo ed un terzo
30 dispositivo di purificazione, rispettivamente 21, 22 e 23, preferibilmente disposti in serie. Tali primo, secondo e terzo dispositivo di purificazione, rispettivamente 21, 22 e 23, sono configurati per una purificazione del biogas, in modo tale che biogas purificato possa essere utilizzato in un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido per la produzione di

energia elettrica.

L'apparato 100 comprende ulteriormente una unità di produzione di energia elettrica 30 dal biogas purificato dall'unità di trattamento 20. Preferibilmente, l'unità di produzione di energia elettrica 30 comprende un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31.

5 Quest'ultimo, preferibilmente, è configurato per la produzione di energia elettrica e termica. Nel dettaglio, il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 può essere un dispositivo elettrochimico per la produzione di energia elettrica, e preferibilmente anche energia termica, dal biogas purificato dall'unità di trattamento. Il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido può comprendere una cella, o pila, a combustibile ad ossido solido (SOFC). Preferibilmente inoltre, il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 10 31 può comprendere una unità di reforming del biogas purificato dall'unità di trattamento 20, in cui tale unità di reforming è configurata per trattare tale biogas purificato, che comprende metano e anidride carbonica, in modo da ottenere una corrente ricca di idrogeno adatta ad essere trattata dalla cella a combustibile ad ossido solido. Il dispositivo 15 a cella a combustibile ad ossido solido 31 può inoltre comprendere un dispositivo di conversione dell'energia elettrica prodotta dalla cella a combustibile ad ossido solido. Quest'ultima, ad esempio, può essere configurata per la produzione di corrente continua, ed il dispositivo di conversione può essere configurato per la conversione di quest'ultima in corrente alternata.

20 Preferibilmente, il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido dell'unità di produzione di energia elettrica 30 può comprendere mezzi per la rimozione di coke dal biogas purificato dall'unità di trattamento 20. Preferibilmente, tali mezzi possono consistere nel drogaggio dell'anodo, preferibilmente costituito o comprendente nickel, del dispositivo a cella a combustibile ad ossidi solidi. Tale drogaggio può essere effettuato con sostanze 25 come oro, rame e molibdeno. In combinazione o in alternativa, tali mezzi possono comprendere strati protettivi a base di ceria, con metalli meno preziosi di quelli precedentemente elencati, o acido organico naturale. Vantaggiosamente, mediante tali mezzi, è possibile ottenere un anodo resistente alla deposizione di coke.

Secondo un aspetto del presente trovato, l'unità di produzione di energia elettrica 30 può 30 comprendere una unità di recupero termico 33. Preferibilmente, tale unità di recupero termico 33 è operativamente associata al dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31. Nel dettaglio, l'unità di recupero termico 33 può essere configurata per un recupero di energia termica prodotta dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31. In altre parole, l'unità di recupero termico 33 è configurata per sfruttare le alte temperature alle quali

opera il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 in modo tale da non sprecare, o sostanzialmente non sprecare, energia termica. In questo modo, vantaggiosamente, l'apparato 100 secondo il presente trovato è un impianto di cogenerazione. Infatti, i gas ad alta temperatura prodotti dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido, che lavora a temperature comprese tra 700°C e 1000°C, possono essere sfruttati tramite tale unità di recupero termico 33. Inoltre, tra il dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 e l'unità di recupero termico 33 può essere interposto un post combustore, configurato per ossidare completamente i gas combustibili residui in uscita dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31, in particolare dalla cella a combustibile ad ossido solido, al fine di generare calore. Quest'ultimo, preferibilmente, può essere trattato dall'unità di recupero termico 33.

Vantaggiosamente quindi, in altre parole, anche l'energia termica prodotta dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 può essere riutilizzata, riducendo quindi gli scarti prodotti dall'apparato 100 stesso e migliorandone ulteriormente il rendimento complessivo. Ad esempio, l'unità di recupero termico 33 può comprendere un, o consistere in, uno scambiatore di calore.

Inoltre, preferibilmente, l'energia termica recuperata dall'unità di recupero termico 33 può essere utilizzata per il funzionamento del secondo dispositivo di purificazione 22. In combinazione o in alternativa, l'energia termica recuperata dall'unità di recupero termico 33 può essere utilizzata per il funzionamento dell'unità di produzione di biogas 10, in particolare del digestore anaerobico.

L'unità di produzione di energia elettrica 30 dell'apparato 100 secondo il presente trovato può inoltre comprendere una pompa di calore 32, ad esempio a compressione o ad assorbimento. Preferibilmente, tale pompa di calore 32 è operativamente associata al dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 ed è configurata per la produzione di energia frigorifera. Ad esempio, parte dell'energia elettrica e/o termica prodotta dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 può essere trasformata in energia frigorifera da tale pompa di calore 32. Inoltre, nel caso in cui la pompa di calore 32 sia ad assorbimento, essa può essere operativamente collegata con l'unità di recupero termico 33 e sfruttare quindi il funzionamento di quest'ultimo. In questo caso l'apparato 100 è un impianto trigenerativo.

La presente divulgazione ha come ulteriore oggetto un metodo di produzione di energia elettrica da biomassa organica.

Nel descrivere tale metodo, gli elementi dell'apparato 100 coinvolti nel metodo ed aventi la medesima funzione e la medesima struttura degli elementi precedentemente descritti conservano il medesimo numero di riferimento e non sono nuovamente descritti nel dettaglio.

- 5 In particolare, il metodo secondo il presente trovato comprende una fase di produzione di biogas da biomassa organica. Preferibilmente, tale fase avviene tramite una unità di produzione 10 di biogas, che ad esempio può comprendere un digestore anaerobico configurato per la produzione di biogas a partire da biomassa organica.

- 10 Il metodo prevede ulteriormente una fase di trattamento del biogas prodotto nella fase di produzione. Tale fase di trattamento prevede di rimuovere, o ridurre, le impurità presenti nel biogas, principalmente acido solfidrico, silossani e composti organici volatili.

In particolare, la fase di trattamento comprende un primo trattamento di biogas attraverso microorganismi configurati per una riduzione di acido solfidrico nel biogas.

- 15 Tale primo trattamento prevede l'utilizzo di microorganismi, preferibilmente batteri, che possono comprendere *Thiobacillus Thiooxidans* ad un pH compreso tra 1,3 e 3, preferibilmente pari a 1,5, preferibilmente ad una temperatura compresa tra 25°C e 35°C, preferibilmente pari a 30°C. Preferibilmente, tale primo trattamento è effettuato da un primo dispositivo di purificazione 21. Vantaggiosamente, tale primo trattamento del biogas consente un abbattimento di acido solfidrico fino ad una quantità compresa tra 2 e 104 ppm.
- 20 Preferibilmente, la capacità di rimozione di acido solfidrico dal biogas in tale primo trattamento aumenta progressivamente con il tempo, raggiungendo il 90% dopo un tempo compreso tra 8 e 12 giorni, preferibilmente pari a 10 giorni.

- 25 Preferibilmente, la fase di trattamento può inoltre prevedere un secondo trattamento del biogas, successivo al primo trattamento. Tale secondo trattamento è ulteriormente configurato per la rimozione di impurità del biogas, in particolare acido solfidrico. Nel dettaglio, il secondo trattamento può prevedere un adsorbimento di acido solfidrico. Preferibilmente, tale secondo trattamento è effettuato da un secondo dispositivo di purificazione 22. In particolare, il secondo trattamento è preferibilmente effettuato da un assorbitore ad ossido di ferro, preferibilmente costituito da, o comprendente, Fe_2O_3 .

- 30 Preferibilmente, il primo ed il secondo trattamento sono vantaggiosamente configurati per ridurre la quantità di acido solfidrico nel biogas fino a valori inferiori a 1 ppm, preferibilmente inferiori a 0,5 ppm.

Il metodo può inoltre prevedere una fase di recupero di energia termica dal dispositivo a

cella a combustibile ad ossido solido 31. Tale fase di recupero di energia termica è effettuata da una unità di recupero di energia termica 33. Preferibilmente inoltre, l'energia termica recuperata dal dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31 tramite l'unità di recupero di energia termica 33, che preferibilmente può consistere in, o comprendere, uno scambiatore di calore, può essere utilizzata per il funzionamento della fase di secondo trattamento del biogas, preferibilmente per il funzionamento del secondo dispositivo di purificazione 22. In combinazione o in alternativa, l'energia termica recuperata dalla fase di recupero di energia termica può essere utilizzata per il funzionamento della fase di produzione di biogas da biomassa organica, e preferibilmente, nel dettaglio, dell'unità di produzione di biogas 10.

Secondo un ulteriore aspetto preferito, la fase di trattamento del biogas prodotto dalla fase di produzione può comprendere un terzo trattamento, successivo al secondo trattamento, e volto all'ulteriore rimozione di impurità dal biogas. Preferibilmente, il terzo trattamento prevede un adsorbimento di impurità in detto biogas, in particolare di silossani e composti organici volatili. Preferibilmente, tale terzo trattamento prevede un adsorbimento di tali impurità, preferibilmente tramite un adsorbitore, preferibilmente a carboni attivi. Tale terzo trattamento può essere effettuato da un terzo dispositivo di purificazione 23.

Il metodo oggetto del presente trovato comprende ulteriormente una fase di produzione di energia elettrica dal biogas trattato nella fase di trattamento. Tale fase di produzione di energia elettrica è effettuata tramite un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31, che preferibilmente comprende una cella a combustibile ad ossido solido. Preferibilmente, quest'ultima può essere configurata anche per la produzione di energia termica.

Il metodo può inoltre comprendere preferibilmente una fase di produzione di energia frigorifera. Preferibilmente tale fase può essere effettuata tramite una pompa di calore 32 a compressione o ad assorbimento operativamente associata al dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido 31.

Il presente trovato, descritto secondo delle forme di realizzazione preferite, permette di raggiungere il compito e gli scopi preposti per il superamento dei limiti della tecnica nota.

L'oggetto del presente trovato è stato fin qui descritto con riferimento a sue forme di realizzazione. È da intendersi che possano esistere altre forme di realizzazione che afferiscono al medesimo nucleo inventivo, tutte rientranti nell'ambito di protezione delle rivendicazioni qui di seguito esposte.

RIVENDICAZIONI

1. Apparato (100) di produzione di energia elettrica da biomassa organica comprendente una unità di produzione di biogas (10) configurata per la produzione di biogas da detta biomassa organica, detta unità di produzione di biogas (10) comprendendo un digestore anaerobico, detto apparato (100) comprendendo
5 ulteriormente una unità di trattamento (20) di biogas configurata per una purificazione di biogas prodotto da detta unità di produzione di biogas (10), detta unità di trattamento (20) di biogas comprendendo almeno un primo dispositivo di purificazione (21) configurato per un trattamento biologico di biogas prodotto da
10 detta unità di produzione di biogas (10), in cui detto primo dispositivo di purificazione (21) è configurato per rimuovere impurità in detto biogas prodotto da detta unità di produzione di biogas (10), in cui detto apparato (100) comprende ulteriormente una unità di produzione di energia elettrica (30) da detto biogas purificato da detta unità di trattamento (20), in cui detta unità di produzione di energia elettrica (30)
15 comprende un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido (31).
2. Apparato (100) secondo la rivendicazione 1, in cui l'unità di produzione di energia elettrica (30) comprende ulteriormente una unità di recupero termico (33) configurata per un recupero di energia termica da detto dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido (31).
- 20 3. Apparato (100) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto almeno primo dispositivo di purificazione (21) è configurato per una riduzione di H_2S da detto biogas prodotto da detta unità di produzione di biogas (10) attraverso microorganismi.
4. Apparato (100) secondo la rivendicazione precedente, in cui detti microorganismi
25 comprendono batteri, preferibilmente Thiobacillus Thiooxidans, in cui detto primo dispositivo di purificazione (21) è configurato per un trattamento di detto biogas tramite detti microorganismi ad un pH compreso tra 1,3 e 3.
5. Apparato (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'unità di trattamento (20) ulteriormente comprende un secondo dispositivo di purificazione
30 (22), in cui detto secondo dispositivo di purificazione (22) è configurato per una ulteriore riduzione impurità nel biogas purificato da detto primo dispositivo di purificazione (21), detto secondo dispositivo di purificazione (22) essendo configurato per un assorbimento di dette impurità.

6. Apparato (100) secondo la rivendicazione 5 in combinazione con la rivendicazione 2, in cui detta energia termica recuperata da detta unità di recupero termico (33) è utilizzata per il funzionamento di detto secondo dispositivo di purificazione (22).
- 5 7. Apparato (100) secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui l'unità di trattamento (20) ulteriormente comprende un terzo dispositivo di purificazione (23) configurato per una ulteriore riduzione di impurità nel biogas purificato da detto secondo dispositivo di purificazione (22), detto terzo dispositivo di purificazione (23) essendo configurato per un adsorbimento di dette impurità.
- 10 8. Apparato (100) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente una pompa di calore (32) operativamente associata a detto dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido (31), in cui detta pompa di calore (32) è configurata per la produzione di energia frigorifera.
- 15 9. Metodo di produzione di energia elettrica da biomassa organica, detto metodo comprendendo le fasi di:
- produzione di biogas da biomassa organica attraverso una unità di produzione di biogas (10);
 - trattamento di detto biogas prodotto da detta fase di produzione di biogas, in cui detta fase di trattamento comprende un primo trattamento di detto biogas
- 20 attraverso microorganismi configurati per una riduzione di acido solfidrico in detto biogas prodotto da detta fase di produzione di biogas;
- produzione di energia elettrica da detto biogas trattato in detta fase di trattamento attraverso un dispositivo a cella a combustibile ad ossido solido.
- 25 10. Metodo secondo la rivendicazione precedente, ulteriormente comprendente una fase di recupero di energia termica da detto dispositivo a celle a combustibile ad ossido solido (31), in cui detta fase di recupero di energia termica è effettuata da una unità di recupero di energia termica (33).
- 30 11. Metodo secondo la rivendicazione 9 o 10, in cui detto primo trattamento di detto biogas prodotto da detta fase di produzione di biogas prevede l'utilizzo di batteri, preferibilmente *Thiobacillus Thiooxidans*, ad un pH compreso tra 1,3 e 3.

- 5 12. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 9 a 11, in cui detta fase di trattamento di detto biogas prodotto da detta fase di produzione di biogas comprende un secondo trattamento di detto biogas, successivo a detto primo trattamento di detto biogas, in cui detto secondo trattamento prevede un assorbimento di acido solfidrico.
- 10 13. Metodo secondo la rivendicazione 12, in cui detta fase di trattamento di detto biogas prodotto da detta fase di produzione di biogas comprende un terzo trattamento di detto biogas, successivo a detto secondo trattamento di detto biogas, in cui detto terzo trattamento prevede un adsorbimento di impurità in detto biogas.
- 10 14. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 13, comprendente ulteriormente una fase di produzione di energia frigorifera.

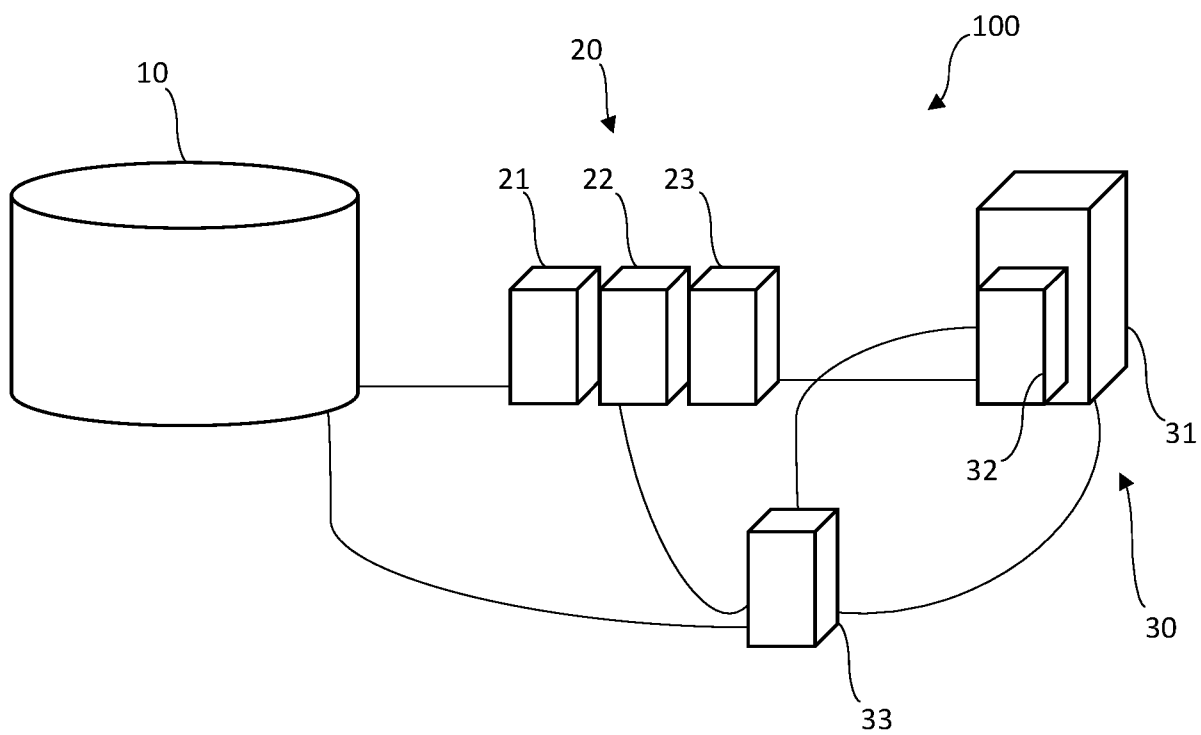


Fig. 1