ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902091983A1

Publication Date

20140412

Applicant

SEA MARCONI TECHNOLOGIES DI VANDER TUMIATTI S.A.S.

Title

PROCEDIMENTO DI CO-PRODUZIONE DI BIOENERGIA E PRODOTTI DA CONVERSIONE INTEGRATA DI BIOMASSE E RIFIUTI URBANI

Front page automatically generated by WIPO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo: "Procedimento di co-produzione di bioenergia e prodotti da conversione integrata di biomasse e rifiuti urbani".

di: Sea Marconi Technologies di Vander Tumiatti S.a.s., nazionalità italiana, Via Ungheria 20 - 10093 COLLEGNO (TO)

Inventori designati: Vander Tumiatti, Francesco Lenzi, Michela Tumiatti

Depositata il: 12 ottobre 2012

***

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento di co-produzione di bioenergia e prodotti mediante la conversione integrata di biomasse, rifiuti urbani e/o matrici carboniose.

Nell'ambito della presente descrizione della invenzione e del suo campo di applicazione i termini principali sono stati definiti nella WO2012/085880.

Stato della tecnica

I procedimenti di conversione di rifiuti urbani, biomasse e/o matrici carboniose devono essere conformi ai requisiti prescritti dal quadro norma-

tivo europeo e locale. La Direttiva 2008/98/CE ha prescritto nell'Art. 16 i "principi di autosufficienza e prossimità" con l'adozione, di concerto con altri Stati membri qualora ciò risulti necessario od opportuno, le misure appropriate per la creazione di una rete integrata e adeguata di impianti di smaltimento dei rifiuti e di impianti per il recupero dei rifiuti urbani non differenziati provenienti dalla raccolta domestica, inclusi i casi in cui detta raccolta comprenda tali rifiuti provenienti da altri produttori, tenendo conto delle migliori tecniche disponibili (BAT) e delle migliori pratiche ambientali (BEP).

In Italia il Decreto 29 Gennaio 2007 prescrive le Linee Guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materiale di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n°59. A livello di UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification - 2012) vengono focalizzati anche i fattori critici per prevenire e mitigare la desertificazione.

Nell'ambito dello Stato della Tecnica risultano essere significativi, i brevetti, gli impianti ed i procedimenti di seguito indicati.

In EP-A-1 354 172 si rivendica principalmente un reattore provvisto di coclea nel quale sono inviati corpi termicamente conduttivi insieme alla matrice carboniosa di processo noto come HALOCLEAN®. Questi corpi sono sfere metalliche, ceramiche e in SiC. Principalmente esse hanno la funzione mantenere in pulizia la superficie interna del reattore e della coclea. Il processo HALOCLEAN® è stato indicato come BAT nella conversione e/o decontaminazione di materiali e rifiuti contaminati da PCB (Ministero Ambiente Italiano con D.M. 29.01.2007). Nelle sue applicazioni (es. WEEE, biomasse, ecc.), Haloclean® è considerato il pioniere della "Pirolisi Intermedia".

Nel WO2009138746 A1 si descrive un processo di trattamento basato su biomasse ed in particolare di alghe.

Nella domanda di Brevetto TO2008A000394 si descrive un impianto per la stabilizzazione di materiale organico proveniente da rifiuti solidi urbani comprendente un silo di miscelazione per l'omogeneizzazione e una stazione di digestione anaerobica per la degradazione in assenza di ossigeno mediante l'azione di diversi gruppi di microorganismi costituiti quasi esclusivamente da batteri

anaerobici e facoltativi con produzione successiva di biogas.

Il PCT WO 2012/085880 A2 è focalizzato su un impianto modulare dove il modulo base è costituito da un reattore rotante con involucro fisso, dispositivo di azionamento, presenza di corpi termicamente conduttivi e gruppo di riscaldamento/raffreddamento. Il modulo base viene funzionalizzato e configurato in serie o parallelo per realizzare le condizione operative di conversione richieste.

La domanda di Brevetto ITTO20100192 descrive una apparecchiatura comprende un telaio e un tamburo orizzontale che supporta una triade di camere cilindriche perforate spremitura aperti alle loro estremità opposte per la separazione mediante presso estrusione di frazione umida e frazione secca derivante da rifiuti solidi urbani.

La Domanda di Brevetto TO2011A000873 descrive lo specifico utilizzo per l'applicazione su organismi vegetali (es. biomasse, piante da frutto e/o ornamentali, cereali, alghe, ecc.) di cui è promossa la crescita, la conservazione, la protezione e/o la disinfezione mediante una nanospugna funzionalizzata, consistente in una ciclodestrina reticola-

ta che contiene almeno un agente funzionalizzante come un microelemento, un principio attivo e/o un materiale magnetico.

Storicamente lo smaltimento di rifiuti solidi urbani è principalmente avvenuto mediante conferimento in discariche controllate. L'evoluzione normativa di settore ha stimolato nuove soluzioni tecnologiche basate sulla raccolta differenziata e sul recupero di materia nonché sulla combustione attraverso l'incenerimento controllato ad alta temperatura con recupero di energia elettrica e termica (riferimento Decreto 29.01.2007 Ministero dell'Ambiente).

Un ulteriore orientamento è quello di valorizzare di rifiuti con la trasformazione in CSS (Combustibili Solidi Secondari - UNI CEN/TS 41359) per l'impiego nei cicli industriali come ad esempio nelle cementerie (Report "Potenzialità e benefici dall'impiego dei Combustibili Solidi Secondari (CSS) nell'industria - NE Nomisma Energia Srl - Dicembre 2011).

Gli impianti di termovalorizzazione sono giustificabili solamente per comunità di raccolta (bacino) relativamente estese e determinano importanti implicazioni logistiche, di consumo del territorio

e di impatto ambientale nonché significative emissioni di CO_2, microinquinanti (es. POPs come PCDD-Diossine e PCDF-Furani, ecc.) e polveri, ceneri e produzione di solidi residuali (esempio anche fino a 26% ed oltre del peso iniziale da inviare in discarica).

I più recenti orientamenti formalizzati dal Summit Rio+20 (2012) sullo sviluppo sostenibile ed i cambiamenti climatici si focalizzano sulle soluzioni di Green Economy in termini di sostenibilità tecnologica, economica, ambientale e sociale. L'implementazione di queste linee guida trovano supporto nei progetti europei "Horizon 2020" ed a livello italiano su azioni orientate allo sviluppo di "Smart Cities, Smart Communities & Smart Grids".

In uno scenario globale di sostenibilità devono essere considerate anche le condizioni climatiche (es. climi temperati, climi freddi estremi, climi caldi estremi, ecc.) e con grande variabilità delle specifiche caratteristiche socio-economiche e territoriali (es. bassa densità di popolazione concentrata in piccoli agglomerati urbani, rischio di erosione e desertificazione, carenze idriche, siccità, ecc.).

Le singole tecniche e/o processi di trattamen-

to di rifiuti urbani e biomasse non risolvono le criticità attuali essendo carenti in uno o più requisiti di sostenibilità.

L'acqua contenuta nel rifiuto e/o nella biomassa è una risorsa preziosa da valorizzare essendo sempre intrinsecamente disponibile anche in zona a carenza idrica (es. zone desertiche, ecc.) o in condizioni di siccità stagionale o permanente.

Le condizioni geoclimatiche e socio-economiche sono variabili importanti da considerare in quanto temperatura massima e minima, profilo anemometrico, densità di popolazione limitrofa ed altre condizioni specifiche sono fattori importanti per le caratteristiche dei rifiuti iniziali, le caratteristiche costruttive e di performance degli impianti di conversione nonché per la giustificazione e promozione di innesco di circuiti virtuosi di lotta alla siccità, alla erosione dei suoli ed alla desertificazione per lo sviluppo sostenibile locale a servizio delle comunità. I rifiuti e le biomasse prodotte dalla comunità locale devono diventare una risorsa ed una opportunità di sviluppo sostenibile capillare per produrre bioenergia e prodotti in modo efficiente, economico, sicuro e socialmente accettabile prevenendo emissioni odorigene e la sindrome NIMBY.

Compendio dell'invenzione

Scopo della presente invenzione è quello di fornire un procedimento di co-produzione di bioenergia e prodotti derivanti dalla conversione integrata di biomasse, rifiuti urbani e/o matrici carboniose ed un sistema per la conduzione di tale procedimento in modo sostenibile anche per piccole taglie (≤25.000t/a) che faciliti l'accettabilità sociale. Ciò viene raggiunto basandosi su tecnologie e processi altamente integrati e flessibili in conformità con quanto descritto nel campo di applicazione ed esente dai fattori critici propri degli impianti e dei procedimenti noti.

Questo scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento dalle caratteristiche indicate nella rivendicazione 1 che segue. Caratteristiche preferite del procedimento dell'invenzione sono indicate nelle rivendicazioni dipendenti da 2 a 10.

In dettaglio, la presente invenzione si realizza mediante un procedimento di recupero e valorizzazione di un substrato includente biomasse, rifiuti urbani e/o matrici carboniose, comprendente le seguenti fasi:

- alimentare detto substrato ad un impianto di presso-estrusione, così da suddividerlo in una fra-

zione umida ed una frazione secca,

- utilizzare detta frazione umida quale alimentazione di un impianto di generazione di biogas mediante fermentazione batterica in condizioni anaerobiche,

- utilizzare detta frazione umida secca quale alimentazione di un reattore rotante entro una carcassa fissa che lo racchiude, in cui è condotta una piro-gassificazione ad una temperatura compresa fra 500 e 1000 °C con la produzione di gas di sintesi,

- fito-depurare l'acqua ottenuta come sotto-prodotto dall'impianto di generazione di biogas, ottenendo acqua depurata, e

- utilizzare il biogas e/o il gas di sintesi prodotti per la produzione di energia termica, elettrica e/o meccanica.

Vantaggiosamente, il digestato ottenuto come sotto-prodotto dall'impianto di generazione di biogas è alimentato all'impianto di presso-estrusione insieme con il suddetto substrato.

Vantaggiosamente, la suddetta acqua depurata è utilizzata per l'irrigazione di coltivazioni in serra, che sono termostatate mediante energia termica prodotta mediante combustione di detti biogas e/o gas di sintesi .

Breve descrizione delle figure

Vantaggi e caratteristiche della presente invenzione risulteranno evidenti dalla descrizione dettagliata che segue, fornita a titolo esemplificativo, ma non limitativo con riferimento ai disegni annessi, in cui:

- la Figura 1 è una rappresentazione schematica del sistema dell'invenzione in cui i blocchi rappresentano le tecniche e gli apparati a forte integrazione (cluster) costituenti le unità funzionali,
- la Figura 2 è una rappresentazione schematica della disposizione in pianta e di una possibile configurazione delle unità funzionali,
- la Figura 3 è una rappresentazione schematica della disposizione nella sezione verticale e di una possibile configurazione delle unità funzionali,
- la Figura 4 è una rappresentazione schematica del bilancio di massa ed energia nel caso di conversione integrata di RSU,
- la Figura 5 è una rappresentazione schematica del bilancio di massa ed energia nel caso di conversione integrata di FORSU.

Di seguito sono elencati, con numerazione pro-

gressiva, i sistemi, apparati, dispositivi e matrici da convertire, prodotti derivati ed energia, del sistema dell'invenzione:

1. matrici carboniose iniziali particolarmente derivanti da rifiuti solidi urbani
2. matrici carboniose iniziali di origine biogenica
3. ricezione
4. stoccaggio in area confinata e protetta
5. separazione selettiva metalli ferrosi, non ferrosi, vetro ed inerti eventuali
6. metalli ferrosi e non ferrosi, inerti
7. presso-estrusione
8. frazione organica liquida (OLF)
9. frazione secca energetica (EDF)
10. apparato di deumidificazione della frazione secca energetica
11. separazione plastiche
12. plastiche
13. apparato di intensificazione mediante cavitazione iperdinamica selettiva
14. apparato di intensificazione con nanospugne funzionalizzate
15. impianto di conversione biochimica per biogas

16. apparato sonoacustico per soppressione schiuma
17. apparato di trattamento, desolforazione e deumidificazione del biogas
18. biogas
19. cogeneratore a biogas
20. separazione acqua/solido da digestato
21. trattamento acqua da impianto biogas
22. solido da digestato
23. digestato di qualità
24. recupero e trattamento acqua di essiccazione
25. acqua di recupero
26. apparato di potabilizzazione dell'acqua
27. acqua potabile
28. impianto di conversione termochimica per syngas
29. apparato di trattamento, desolforazione e deumidificazione del syngas
30. apparato con pannelli a concentrazione solare
31. syngas
32. cogeneratore a syngas
33. ceneri
34. biochar

35. energia elettrica
36. energia termica
37. CO_2 e/o composti azotati e solforati
38. apparato di estrazione metalli dalle ceneri
39. apparato di vetrificazione dei solidi residuali
40. inerte per costruzione o discarica
41. apparato per produzione di nanotubi di carbonio multi parete
42. nanotubi di carbonio multi parete
43. Smart Farm con serre intensificate e coltivazione selezionata in campo
44. serre intensificate avanzate
45. apparato di distribuzione acque per irrigazione
46. apparato di distribuzione di matrice gassosa arricchita di nutrienti come CO_2 e/o composti azotati e solforati per intensificazione di processo
47. fotovoltaico a film sottile semitrasparente
48. apparato per cicli di illuminazione naturale e/o artificiale ad alta efficienza per serre

49. apparato di elettrobiostimolazione per serre
50. coltivazione dedicate in campo aperto per produzione biomassa primaria ad alta resa
51. fitodepurazione
52. produzione biomassa algale con fitodepurazione di emissione gassosa ed intensificazione di CO_2
53. nanospugne funzionalizzate per somministrazione microelementi, nutrienti, principi attivi e disinfettanti
54. impianto di produzione di biofuel
55. apparato per delignificazione della biomassa lignocellulosica e/o algale per bioetanolo
56. apparato di intensificazione dell'estrazione frazione oleosa da biomassa algale mediante cavitazione iperdinamica selettiva
57. biofuel e biomassa algale
58. struttura architettonica Smart Dome per protezione zona impiantistica
59. tensostruttura di protezione zona impiantistica
60. fotovoltaico a film sottile semitraspa-

rente

61. barriera vegetale antivento perimetrale
62. produzione intercrops
63. infrastruttura elettrica (cabina BT/MT) e connessione a Smart Grid
64. interfaccia semantica di copertura diagnostica e prognostica
65. infrastruttura di accesso alla zona impiantistica
66. modulo di controllo, monitoraggio, supervisione intelligente locale e remota ed integrata di performance operative (funzionali ed ambientali) nonché procedure di diagnostica avanzata per la gestione del ciclo di vita dei sistemi, unità e componenti vitali, E-learning ed E-maintenance.

Descrizione dettagliata dell'invenzione

L'invenzione si riferisce ad un procedimento di co-produzione di bioenergia e prodotti derivanti dalla conversione integrata di biomasse, rifiuti urbani e/o matrici carboniose ed ad un sistema per la conduzione di tale procedimento in grado di massimizzare le quantità di energia, prodotti e sostanze riutilizzabili recuperate da queste ultimi e minimizzare, se non annullare completamente, il re-

siduo irrecuperabile in conformità a quanto indicato nel campo di applicazione e nel suo scopo.

Il sistema tecnologico integrato dell'invenzione è composto da unità funzionali integrate poste in serie e parallelo atte a svolgere le successive fasi operative previste dal procedimento come indicato in Figura 1 massimizzando la compattezza, la flessibilità operativa, la velocità di produzione senza stoccaggi intermedi, l'ottimizzazione dell'interscambio di prodotti delle unità funzionali coinvolte. Si opera secondo un principio di "just in time" delle fasi operative che elimina le criticità connesse alle tipiche fasi di gestione e stoccaggio del digestato e nella conversione in compost che richiedono tempi lunghi (fino ad oltre 75 giorni di maturazione con cicli di igienizzazione di 15 giorni e di rivoltamento ogni 15 giorni), ampie infrastrutture e spazi logistici nonché rischi correlati ad effetti patogeni (batteri, funghi, virus, ecc.) ed emissioni odorigene con puzze nauseabonde.

Tale scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento formalizzato con le specifiche procedure operative standard e ad un sistema aventi le caratteristiche enunciate in una o più delle rivendica-

zioni che seguono.

Il procedimento dell'invenzione presenta i vantaggi di essere:

I. Soluzione sostenibile (Smart Solution) per la co-produzione di bioenergia e prodotti dalla conversione integrata di biomasse e rifiuti inclusi i fanghi di depurazione delle acque reflue urbane della comunità a vantaggio della comunità stessa (convertire il problema in opportunità unica) mirando ad un ciclo virtuoso efficiente, economico, sicuro, trasparente e socialmente accettabile prevenendo emissioni odorigene e la sindrome NIMBY;

II. Soluzione sostenibile (Smart Size) anche per piccola taglia impiantistica basato su un sistema classificabile come "non incineration technology" alimentato con 5.000-10.000t/anno, ma preferibilmente con circa 25.000t/anno di rifiuti (INPUT). A titolo esemplificativo, se l'input è costituito da rifiuti urbani indifferenziati questo quantitativo si riferisce ad una comunità di circa 50.000 abitanti (riferito a produzione di 550kg/anno per abitante), mentre se l'input è FORSU si riferisce ad una comunità di circa 250.000 abitanti (riferito a

produzione di 100kg/anno per abitante), se invece l'input è costituito da formulazione con biomasse di vario contenuto energetico ("cocktail") si può ridurre il bacino di raccolta fino ad una comunità di 20.000-25.000 abitanti.

III. Opportunità di co-produzione (Smart Economy) di bioenergia e prodotti (OUTPUT) che se riferito ad una alimentazione con l'equivalente di 1t di rifiuti urbani con composizione tipica (riferimento umidità 30% circa, PCI circa 10MJ/Kg) è in grado di produrre bioenergia (elettrica fino a 800kWh circa, energia termica fino a 1.000kWh circa) e prodotti consistenti principalmente in prodotti agroalimentari ad alto valore coltivati in cielo aperto e/o in serre intensificate, biomasse primarie lignocellulosiche ed algali e/o biomasse residuali dalla unità funzionale D "Smart Farm", biochar e biofuel eventuali.

IV. Sostenibilità tecnico-operativa con la sorprendente integrazione di tecnologie e processi (BAT/BEP) in termini di efficienza, flessibilità, affidabilità e sinergia tra le Unità Funzionali del sistema:

A - Accettazione dei materiali iniziali e presso-estrusione con separazione frazione liquida organica OLF e frazione energetica secca EDF,

B - Conversione biochimica con cogenerazione da biogas (disponibilità operativa ≥7.500h/a),

C - Conversione termochimica con cogenerazione da syngas (disponibilità operativa ≥7.500h/a),

D - Smart Farm con fitodepurazione e coltivazione in campo aperto e/o in serre intensificate e climatizzate per la produzione e valorizzazione dei by-product (energia termica, acqua, biochar, nutrienti come CO_2, NOx, ceneri, ecc.) per innescare ed autoalimentare il ciclo virtuoso locale e combattere la siccità mediante recupero della risorsa idrica, nonché coltivazione selettiva mirata alla fitoremediazione di suoli contaminati (metalli pesanti, prodotti organici persistenti, ecc.).

E - Produzione biofuel (opzionale) per alimentare mezzi raccolta rifiuti urbani, macchine agricole e/o mezzi per la mobilità urbana,

F - Smart Dome - struttura architettonica funzionalizzata e di protezione nonché monitoraggio e supervisione locale e in remoto

V. Sostenibilità economica di Green Economy con tariffe di mercato competitive, copertura in termini di disponibilità dei materiali iniziali da convertire sicura e continua e stabilità dei ricavi derivanti da conferimento e dalle tariffe di incentivazione di Legge a lungo termine (fino a 15-20 anni per l'energia elettrica)

VI. Sostenibilità finanziaria delle singole Unità Funzionali (Payback 36-48 mesi) a ridotto investimento iniziale per tonnellata di materiale convertito rispetto ad un tipico termovalorizzatore avanzato, anche classificabili come "Business Unit" separate ed indipendenti preferibilmente implementabili attraverso strumenti di Project Financing poiché supportato da robusti Business Plan e Coperture Assicurative All Risks;

VII. Sostenibilità ambientale data dalla prossimità tra produzione e conversione dei rifiuti (paradigma del kmØ), minimizzando la logistica nonché minimizzando, se non annullando completamente, i residui irrecuperabili come inerti di ceneri (paradigma Zero rifiuti) e riduzione delle emissioni dirette in atmosfera se bio-

char prodotto è usato come ammendante (1kg di biochar ≈3kg $CO_{2equivalente}$ sequestrata)(paradigma CO_2 negativa)

VIII. Sostenibilità paesaggistica verde con zona di rispetto ad uso agricolo "Smart Farm" per la protezione visiva, funzionale ed antivento degli impianti di più alto valore strategico - "Smart Dome" - per combattere la siccità, l'effetto dell'erosione e della desertificazione eventuale.

IX. Sostenibilità sociale con creazione di occupazione giovanile (GreenJobs) di alto profilo per la Smart Farm e per la gestione consortile delle Unità Funzionali con tecnologie di E-learning ed E-maintenance e procedure di garanzia di Qualità (ISO 9001, ISO 14001, ecc.) a garanzia della affidabilità funzionale e della trasparenza nei confronti degli stakeholder, dei vari investitori e delle Coperture Assicurative - All Risks.

X. Innovazione sostenibile e continua con intensificazione di processi realizzati basati su deumidificazione con flusso aria calda ad alta pressione sulla frazione energetica secca (unità funzionale A), cavitazione iperdinamica

selettiva (unità funzionale B, D, E), nanospugne funzionalizzate (unità funzionale B, D e E), concentrazione solare (unità funzionale C), valorizzazione ciclo dell'acqua per produzione acqua potabile e/o per irrigazione controllata per coltivazioni a cielo aperto e/o in serre intensificate (unità funzionale D), arricchimento nutrienti come CO_2 per la conversione fotochimica (unità funzionale D), pannelli fotovoltaici a film sottile semitrasparente (unità funzionale D), illuminazione artificiale, elettrobiostimolazione (unità funzionale D), intensificazione del processo Fischer-Tropsch di produzione biofuel liquido con tecnologia microchannel ultracompatto (unità funzionale E), deligninificazione e fermentazione per la produzione bioliquido di terza generazione bioetanolo (unità funzionale E).

Il sistema si focalizza in particolare per differenti scenari operativi sia di tipo climatico (temperato o estremo freddo/caldo) che in aree a forte rischio di erosione e/o desertificazione.

L'unità funzionale A è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da

quanto indicato nella unità funzionale A di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I – ricezione 3 del carico di materiali iniziali 1 e 2 con pesatura, controllo online del carico mediante portale multi detector di accettazione (es. provvisto di sensori radioattività, profilo termografico e visivo, esplosività, screening con profilo elementi, ecc.), presa di campioni per controllo visivo e/o strumentale; II – accettazione del carico con relative procedure tecnico amministrative; III –stoccaggio in area confinata e protetta 4 limitata per volumi medi corrispondenti a 3-5 giorni; IV – precondizionamento materiale con triturazione e separazione selettiva metalli ferrosi e non ferrosi, vetro ed inerti 5 eventualmente presenti; V – presso-estrusione 7 ad alta pressione preferibilmente con predeumidificazione con aria calda ad alta pressione della frazione energetica secca EDF; VI – separazione plastiche 11; VII – conferimento di frazione organica liquida 8 ad unità funzionale B con impianto di conversione biochimica per biogas 15 e frazione secca energetica (EDF) 9 a unità funzionale C con impianto di conversione termochimica per syngas 28; VIII – recupero da unità funzionale B

del solido da digestato 22 per presso-estrusione 7 per la conversione termochimica nell'unità funzionale C evitando la fase di maturazione aerobica tipica degli impianti di compostaggio con associate criticità odorigene ed agenti patogeni; IX - recupero da unità funzionale C di inerti, ceneri 33 e solidi residuali; X - conferimento dei metalli ferrosi e non ferrosi, inerti 6 a soggetti terzi autorizzati al recupero specifico di detti materiali; XI - vetrificazione di solidi residuali 39 da unità funzionale C e valorizzazione come prodotto; XII - impiega nanospugne funzionalizzate 14 con agenti disinfettanti per batteri, funghi e virus.

L'unità funzionale B è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da quanto indicato nella unità funzionale B di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I - accettazione del frazione organica liquida (OLF) 8 da unità funzionale A; II - conversione biochimica 15 della frazione organica liquida (OLF) 8 con produzione di biogas 18 in grado di garantire una elevata disponibilità operativa di almeno 7500ore/h per un ciclo di vita di almeno 15-20 anni nelle condizioni climatiche previste; III - produzione e vendita di energia elettrica 35

mediante cogeneratore a biogas 19 per immissione in rete attraverso infrastruttura elettrica (cabina BT/MT) e connessione a Smart Grid 63; IV - produzione di energia termica 36 e di CO_2 37 per conferimento ad unità funzionale D e/o utenze terze; V - intensificazione di processo fino a oltre 20% di incremento del rendimento e la riduzione dei tempi di conversione biochimica 15 mediante disintegrazione particellare e sterilizzazione mediante cavitazione iperdinamica selettiva 13 (SHDC) con formazione di microbolle ad alta pressione ad alta energia specifica nella fase di omogeneizzazione pre-biodigestione; VI - intensificazione di processo con nanospugne funzionalizzate 14 per la somministrazione di ceppi selezionati ed ingegnerizzati di batteri e/o enzimi nel biodigestore per ottimizzare la metanazione in termini di aumento della produzione, riduzione di tempi e volumi dei reattori con conseguente riduzione di costi di investimento ed operativi, nonché immissione nel digestato 22 e nell'acque reflue di processo da trattare di agenti biogenici disinfettanti multispettro (antibatterici, antifunghi, antivirus); VII - soppressione della schiuma con apparato sonoacustico 16; VIII - depurazione del biogas 18; IX - asportazione del so-

lido da digestato 22 e plastiche 12; X - conferimento del solido da digestato 22 e plastiche 12 all'unità funzionale A per presso-estrusione 7; XI - produzione di digestato di qualità 23 da utilizzare come ammendante agricolo; XII - conferimento acqua di processo 25 da separazione acqua/solido da digestato 20 a unità funzionale D per fitodepurazione 51 con agenti biogenici disinfettanti multispettro (antibatterici, antifunghi, antivirus, ecc.) dopo eventuale trattamento di sterilizzazione e degradazione di composti organici indesiderati preferibilmente con apparato di intensificazione mediante cavitazione 13, XII - produzione eventuale di acqua potabile 27 mediante apparato di potabilizzazione dell'acqua 26.

L'unità funzionale C è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da quanto indicato nella unità funzionale C di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I - accettazione della frazione secca energetica (EDF) 9 (incluso il solido da digestato 22) da unità funzionale A; II - conversione termochimica della frazione secca energetica (EDF) 9 con produzione di syngas 31 in grado di garantire una elevata disponibilità operativa di al-

meno 7500ore/h per un ciclo di vita di almeno 15-20 anni nelle condizioni climatiche previste; III - produzione e vendita di energia elettrica 35 mediante cogeneratore a syngas 32 per immissione in rete attraverso infrastruttura elettrica (cabina BT/MT) e connessione a Smart Grid 63; IV - produzione di energia termica 36 e di CO_2 37 per conferimento ad unità funzionale D e/o utenze terze; V - intensificazione di processo mediante sistema efficace di rimozione e valorizzazione energetica dei TAR; VI - recupero termico da raffreddamento syngas 31 per essiccazione materiale di alimentazione all'impianto di conversione termochimica per syngas 28 e/o conferimento ad unità funzionale D nonché conferimento acqua calda di essicazione 24 alla stessa unità funzionale D; VII - apporto energetico per riscaldamento ad alta temperatura di corpi termicamente conduttivi mediante apparato con pannelli a concentrazione solare 30 per la conversione delle matrici carboniose in impianto termochimico 28; VIII - produzione di biochar 34 da biomassa lignocellulosica e/o algale primaria per utilizzo nella unità funzionale D "Smart Farm"; IX - trattamento ceneri 33 con recupero materiale a più alto valore aggiunto mediante apparato di estrazione metalli

dalle ceneri 38 e successivo trattamento mediante apparato di vetrificazione dei solidi residuali 39 o conferimento del materiale inerte 40; X - produzione di prodotti avanzati come nanotubi di carbonio multi parete 42 da conversione di materiale polimerico residuale in condizioni catalitiche iperdinamiche 41; XI - produzione di nutrienti come CO_2, composti azotati e solforati 37 e ceneri 33 per intensificazione di processo di produzione di biomassa algale 52 nella unità funzionale D.

L'unità funzionale D è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da quanto indicato nella unità funzionale D di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I - valorizzazione naturale della risorsa idrica 25 proveniente da unità funzionali B e C per fitodepurazione 51 anche in condizioni climatiche estreme fredde e ventose dove è richiesto una funzione antigelo (es. Mongolia, Russia, ecc.) con produzione di biomassa primaria ad alta resa 62 per eventuale alimentazione dell'unità funzionale A ed innescare un ciclo virtuoso; II - irrigazione ottimizzata con l'acqua trattata 25 per la coltivazione a cielo aperto e/o in serre intensificate avanzate 44 mediante apparato di distribu-

zione acque per irrigazione 45; III – valorizzazione della energia termica 36 per riscaldamento/raffreddamento delle serre intensificate avanzate 44; IV – coltivazione in serre intensificate avanzate 44 mediante apparato di distribuzione di matrice gassosa arricchita di nutrienti come CO_2 e/o composti azotati e solforati 37 per intensificazione di processo 46 proveniente da unità funzionale B con produzione agroalimentare (food grade) di alto valore per la comunità locale; V – coltivazione di biomassa algale 52 mediante apparato di distribuzione di matrice gassosa arricchita di nutrienti come CO_2 e/o composti azotati e solforati per intensificazione di processo 46 proveniente da unità funzionale C (non food grade) ed ulteriore procedimento di depurazione delle emissione gassose dalla cogenerazione a gas; VI – impiego di biochar 34 (su richiesta) proveniente da unità funzionale C alimentato con biomassa primaria derivante da coltivazione nell'unità D (ad esempio genere Tamarix della famiglia Tamaricaceae con rese di 400-500% superiori a quelle del pioppo); VII – intensificazione di processo per coltivazione in campo aperto e/o in serre intensificate avanzate 44 mediante nanospugne funzionalizzate per somministrazione mi-

croelementi, nutrienti 53 e disinfettanti biogenici multispettro; VIII - intensificazione di processo per coltivazione in serre intensificate avanzate 44 mediante apparato per cicli di illuminazione naturale e/o artificiale ad alta efficienza 48 per serre multispettro preferibilmente alimentato da sistema fotovoltaico a film sottile semitrasparente 47 con accumulo di energia elettrica; IX - intensificazione di processo per coltivazione in serre intensificate avanzate 44 mediante apparato per cicli di illuminazione naturale e/o artificiale ad alta efficienza 48 preferibilmente alimentato dal sistema fotovoltaico a film sottile semitrasparente 47 con accumulo di energia elettrica; X - coltivazione produzione intercrops 62 per biomassa selezionata al fine di applicazioni agroalimentari e/o bioenergetiche per alimentare l'unità funzionale A per la sostenibilità del ciclo virtuoso oppure biomassa selezionata per fitoremediazione di suoli contaminati.

La Smart Farm costituisce una zona verde ad uso agricolo che funge da zona di rispetto per gli impianti dove si producono i prodotti ad uso bioenergetico per il ciclo virtuoso e prodotti ad alto valore aggiunto per la comunità e per il mercato.

Parimenti la Smart Farm può essere il luogo dove trovano impiego giovani di alta professionalità (Green Jobs) per uno sviluppo sostenibile del territorio a lungo termine.

L'unità funzionale E è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da quanto indicato nella unità funzionale E di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I- stoccaggio di biogas 18 e/o syngas 31 proveniente da unità funzionale B e/o C; II- trattamento, compressione ed arricchimento specifico eventuale per applicazioni in motori a gas da trazione per mobilità sostenibile - "Smart Mobility"; III - distribuzione per applicazioni con trattori agricoli e/o con automezzi nella raccolta e gestione dei rifiuti urbani; IV - produzione di combustibili liquidi con processi GtL - Gas to Liquid - Fischer-Tropsch di nuova generazione (es. tecnologia micro-channel, ecc.); V - produzione biocarburanti di terza generazione (bioetanolo) derivanti da conversione enzimatica di biomassa algale e/o lignocellulosica ottenuto da produzione intercrops 62 nell'unità funzionale D previo trattamento con apparato di intensificazione mediante cavitazione iperdinamica selettiva 13 e fermentazione

con nanospugne funzionalizzate per la somministrazione di ceppi selezionati ed ingegnerizzati di batteri e/o enzimi.

L'unità funzionale F è essenzialmente composta a titolo esemplificativo ma non limitativo, da quanto indicato nella unità funzionale F di Figura 1 e provvede ad una o più delle seguenti funzioni chiave e/o processi: I - riduzione impatto visivo mediante paesaggio verde (Green Land), II - protezione degli impianti da azione di eventi climatici estremi (es. forti venti, ecc.),III - fitodepurazione 51 con specie vegetali selettive poste nel pendio costituito dal suolo creato al di sopra di una biomembrana atta a convogliare l'acqua depurata di processo da unità B e C destinata ad irrigazione nella unità D, IV - protezione esterna da venti per la coltivazione produzione intercrops 62 ed in serre intensificate avanzate 44 mediante la coltivazione dedicata di barriere vegetali (altezza fino massimo 10 metri) ottimizzate secondo il profilo anemometrico e resistenti alle condizioni climatiche locali, V - produzione energetica mediante impianto fotovoltaico 60 installato sulla tensostruttura 59 e/o apparato di captazione energetica mediante apparato con pannelli a concentrazione sola-

re 30 per la conversione termochimica 28 ad alta temperatura nell'unità funzionale C, VI - accesso 65 all'arena dove sono presenti le unità funzionali prioritarie, VII - allacciamento alla linea elettrica mediante infrastruttura elettrica (cabina BT/MT) e connessione a Smart Grid 63, VIII - interfaccia semantica di copertura diagnostica e prognostica per l'efficace gestione del ciclo di vita dei sistemi, apparati e componenti strategici del sistema, IX - produzione di acqua potabile 27 mediante apparato di potabilizzazione dell'acqua 26.

Lo Smart Dome presenta in pianta una arena di forma circolare o poligonale di dimensioni adatte a contenere le unità funzionali A, B, C ed F previste e ha una forma aerodinamica che in sezione verticale, come riportato in Figura 3, presenta un profilo iperbolico ottimizzato per i flussi ventosi derivanti dalle condizioni anemometriche locali. La struttura di protezione primaria dello Smart Dome viene ricavata preferibilmente mediante tecnica a gabbioni contenenti materiale di riempimento presente localmente quindi con impatto ambientale basso.

ESEMPIO n°1

Questo esempio è focalizzato sulla produzione

di bioenergia e prodotti dalla conversione di rifiuti solidi urbani (RSU) e fornisce la soluzione BAT/BEP più semplice, economica, efficiente, flessibile e sicura per una tipica comunità di cittadini di circa 50.000 abitanti (rif. 540 kg/ab all'anno). L'esempio risolve le criticità tipiche derivanti dalle tipologie di raccolta differenziata e non meglio evidenziate negli Esempi 2 e 3. La soluzione è fornita da un sistema integrato avente la capacità di conversione di 25.000t/a alimentato da Rifiuti Solidi Urbani Indifferenziati (RSUI) che presentano la composizione tipica riportata nella Tabella 1 con potere calorifico di riferimento pari a 10.500KJ/kg ed umidità pari a circa 33% in peso.

Componente	[% p/p]	Componente	[% p/p]
Sottovaglio <20mm	6,97	Legno	1,17
Organico	22,12	Tessili naturali	3,27
Verde	2,27	Altri tessili	1,39
Plastica film	6,82	Tot. Tessili	4,66
Altra plastica	7,08	Pelli e cuoio	0,55
Contenitore in plastica	2,51	Vetro	6,59

Tot. Frazione plastica	16,41	Altri inerti	3,55
Carta riciclabile	6,88	Alluminio	0,81
Altra carta	7,94	Metalli ferrosi	2,33
Cartone teso	3,06	Metalli non ferrosi	0,78
Cartone ondulato	2,56	Pile	0,12
Tot. Frazione cartacea	20,44	Farmaci	0,11
Pannolini	7,18	Altri rifiuti pericolosi	0,06
Poliaccoppiati carta	3,19		
Poliaccopiati plastica	0,65		
Poliaccoppiati alluminio	0,04		
Tot. Poliaccoppiati	3,88		

Tabella 1 :Composizione RSUI (Fonte Relazione: elaborazione di una metodologia finalizzata alla determinazione del potere calorifico del rifiuto ur-

bano indifferenziato conferito nella provincia di Torino - marzo 2011 - IPLA Torino)

Provincia di Torino (dati 2009)	PCI s.s.	PCI t.q.	Umidità
	kJ/kg	kJ/kg	%
	16.793	10.480	32,72

Tabella 2 : Dati energetici su RSUI in Provincia di Torino

La conversione degli RSUI è realizzata nelle unità funzionali A, B, C, D, F che operano in modo integrato come schematizzato nella Figura 4 riportante il bilancio di massa ed energia. L'RSUI viene accettato nell'unità funzionale A e sottoposto a presso-estrusione ad alta pressione (con basso consumo elettrico specifico pari a 12KWh/t di RSUI) con un apparato come descritto nella Domanda di Brevetto n° ITTO20100192 per produrre due frazioni: liquida organica (OLF) pari a circa 40% e una pari a 60% in peso che viene suddivisa in frazione secca energetica (EDF) (circa 45%) e materiali metallici (ferrosi e non-ferrosi), vetro ed inerti (circa 15%). Dalla OLF viene separata l'aliquota di materiale plastico residuale in essa contenuta pari a

circa 500 t/a (circa 5% in peso della OLF), la quale viene inviata all'unità funzionale C per la conversione termochimica iperdinamica catalitica (HTCC) così come descritto nel WO2012/085880. La OLF che ammonta a 9.500t/a viene inviata all'unità funzionale B per la conversione biochimica per produrre biogas in un bioreattore avanzato come descritto nella Domanda di Brevetto n° ITTO20080394 con una resa di circa 200Nm^3/t di OLF ovvero 1.898.100Nm^3/a con potere calorifico pari a 6kWh/Nm^3 (composizione 60% di CH_4) in grado di produrre 4.669MWh/a elettrici (rendimento elettrico motore a gas Jenbacher J312 pari a circa 41%) (potenza erogata di 543kWe) da immettere in rete Smart Grid attraverso la cabina elettrica ed energia termica pari a 4.783MWh/a (rendimento circa 42%) da valorizzare nella unità funzionale D Smart Farm. La disponibilità operativa del cogeneratore alimentato a biogas è di almeno 8.600 ore all'anno. L'unità funzionale B produce anche digestato che previa deumidificazione con umidità risultante pari a 20% ammonta a 940t/a per l'invio ad unità funzionale C ed acqua pari a 6.272t/a (pari a circa 25% in peso dell'RSU iniziale) da inviare previo trattamento all'unità funzionale D per la valorizzazione me-

diante fitodepurazione per irrigazione. I materiali metallici (ferrosi e non-ferrosi), i prodotti inerti riciclabili come il vetro vengono conferiti all'unità funzionale A per essere avviati alla filiera del recupero, della valorizzazione e/o dello smaltimento da parte di operatori terzi autorizzati. L'EDF è separata dalla sua aliquota di metalli ferrosi e non ferrosi, prodotti inerti come vetro e consistenti in circa il 15% ovvero 3.750t/a. Quindi l'EDF consistente in materiale proveniente da unità funzionale A (materiale iniziale + plastiche + digestato) ammonta a 12.690t/a. L'EDF, previa essicazione con recupero di calore da unità funzionale B e che presenta un potere calorifico di circa 15.500kJ/kg con umidità di circa il 10% in peso, è sottoposta a conversione termochimica nell'unità funzionale C per produrre energia elettrica e calore. La produzione annua di energia elettrica da immettere in rete Smart Grid attraverso la cabina elettrica è pari a 14.288MWh/a (rendimento elettrico impianto syngas + n° 2 cogeneratori GE Jenbacher J320 pari a 26%) con potenza istallata del cogeneratore di circa 1.905kW, mentre la produzione termica ammonta a circa 16.487MWh/a considerando la disponibilità operativa di almeno 7.500 ore

all'anno. I solidi derivanti da conversione termochimica sono essenzialmente la cenere pari a circa 337 t/a (3% in peso rispetto ad EDF) e solidi ed inerti correlati al processo termochimico pari a circa 506 t/a (4,5% in peso rispetto a EDF) da conferire all'unità funzionale A per essere avviati alla filiera del recupero, della valorizzazione mediante vetrificazione e quindi convertito in un prodotto a valore aggiunto positivo per il settore delle costruzioni con un ricavo economico di mercato. Una frazione delle ceneri trova applicazione come nutriente nella coltivazione di biomassa algale. Di fatto si realizza la condizioni di Rifiuti Zero poiché tutti i materiali iniziali vengono convertiti in bioenergie e prodotti e i materiali ferrosi e non ferrosi, inerti, ceneri e l'acqua trovano una loro rivalutazione funzionale e/o economica. L'energia termica viene valorizzata nell'unità funzionali C, D ed F per recupero termico e la climatizzazione per la coltivazione in serre intensificate, mentre il flusso gassoso arricchito di CO_2 (produzione CO_2 pari a 630g/KWhe - fonte ENEA -) derivante dai fumi previamente trattati e pari a circa 11.943t/a di CO_2 (pari a 0,44 t/t_{RSU}) vengono inviate nelle serre dell'unità funzionale D come

nutriente per l'intensificazione del processo fotosintetico nella produzione di biomassa primaria e/o algale. L'energia termica, la risorsa idrica, i nutrienti come la cenere e la CO_2 alimentano una Smart Farm dotata di impianto di fitodepurazione delle acque di processo prodotte che ammontano a circa 6.312t/a che consentono la crescita di specie vegetali selezionate per coltivazione intensiva short rotation della specie Tamarix con resa fino ad oltre 50t/anno per ettaro in campo aperto nella zona limitrofa alla zona impiantistica e che costituisce l'area intercrops. La zona occupata dallo Smart Dome e la Smart Farm è di circa 5 ettari di superficie, dove le unità funzionali A, B, C sono contenute in una area tecnologica di circa 5.000m^2. I tipi di processo caratterizzati da una elevata velocità di processamento prevengono le criticità indotte dalle emissioni odorigenee ed insieme alla compattezza e l'intrinseco confinamento delle zone di processo rendono il sistema neutrale ed "environmental friendly". Esternamente alla zona occupata dalle unità funzionali A, B e C, si trova una zona di rispetto atta alla protezione visiva, funzionale ed antivento, nonché al miglioramento dell'aspetto paesaggistico verde che è un fattore

chiave per la sostenibilità ambientale e per l'accettabilità sociale. Un percorso educativo e ludico nel verde con punti di sosta e totem illustrativi e/o interattivi mira al coinvolgimento delle differenti generazioni a diversi livelli (scolastico, familiare, sociale). La Smart Farm, oltre alla zona intercrops, prevede la presenza radiale di suddette serre intensificate di sezione semicircolare (raggio pari a 3m) a moduli componibili in materiale polimerico avanzato semitrasparente per la coltivazione di prodotti ad alto valore aggiunto come ad esempio i fiori e la biomassa algale in fotobioreattori avanzati. Nelle serre intensificate è sempre disponibile acqua depurata dall'impianto di fitodepurazione eventualmente integrabile da risorse idriche esterne per le coltivazione dedicate. Le serre climatizzate inoltre sono l'ambiente confinato per l'impiego del flusso gassoso arricchito di CO_2 per intensificare la produzione delle suddette coltivazioni. Un impianto elettrico realizza cicli di illuminazione artificiale internamente alle serre. Qualora prescritto dalla Normativa locale (es. Direttiva Europea 98/2008) come fattore prioritario il recupero e riciclo di materia, il digestato di qualità può tro-

vare impiego come ammendante agricolo. In questo caso si avrà nell'immediato una marginale riduzione nella produzione di energia a fronte di una correlata maggiore produzione di prodotti e biomasse.

Per ogni tonnellata di RSUI tal quale di riferimento per l'esempio avente un PCI di 10.500KJ/kg si produce bioenergia pari a 758KWh elettrici (rendimenti totale 26,0%) e 851KWh termici (rendimenti totale 29,2%). Si può scientificamente predire che le performance possono essere migliorate di almeno 10-15% dipendentemente dalla tipologia di rifiuto attualmente raccolti e alla intensificazione ed ottimizzazione dei procedimenti stessi. Particolare rilievo ha il fatto che queste risorse energetiche disponibili consentono di produrre prodotti di alto valore di mercato stimabili in almeno 250 t/anno. La risorsa idrica viene recuperata e valorizzata e dei circa 8.250t/a contenuta nel RSU tal quale (33% acqua sul tal quale) vengono recuperate 6.272t/a ovvero il 76% in peso dell'acqua entrante.

Questa soluzione pragmatica negli scenari politico strategici offre la massima semplificazione e di minori costi per la comunità dei cittadini beneficiando di tutti i benefici forniti dalla raccolta indifferenziata dei rifiuti ovvero con

l'eliminazione di differenti cassonetti e sacchetti, con minore impatto visivo infrastrutturale logistico, con differenti tipologie di impianto per la conversione successiva e soprattutto per la massima valorizzazione delle risorse di bioenergia e prodotti con la copertura dinamica a breve, medio e lungo termine secondo le evoluzioni delle Linee Guida a livello strategico, normativo e/o politico. Il fabbisogno finanziario netto di investimento risulta di circa 20.000.000,00€ corrispondente ad circa 800,00€/t di capacità. Simulando questo scenario con le suddette caratteristiche in un contesto provinciale di Torino è possibile convertire e valorizzare 567.057t/a che rappresentano ancora gli RSUI (dato 2010) in energia elettrica pari a 430.005MWh/a e termica pari a 482.448MWh/a equivalente ad una centrale termoelettrica di cogenerazione di circa 55MW di potenza elettrica (disponibilità operativa 7.800ore/a). Questo esempio rappresenta una risposta dinamica e flessibile alla evoluzione degli scenari in cui la raccolta differenziata non è e non potrà raggiungere l'obiettivo solo teorico del 100%. L'applicazione di questa invenzione è efficace anche in uno scenario italiano molto più eterogeneo nel quale si produce

32.000.000 t/a (fonte ISPRA 2009) ed in cui la raccolta differenziata è ben lungi da raggiungere livelli soddisfacenti. Analogamente il sistema è in grado di soddisfare le esigenze nei differenti scenari operativi globali anche in condizioni climatiche estreme (freddo/caldo) nonché per combattere fenomeni di povertà, siccità e la desertificazione anche in carenza di risorsa idrica ed energetiche esterne. La soluzione di conversione in bioenergia e prodotti degli RSUI fornisce una soluzione a quanto emerge dall'analisi comparata delle migliori pratiche in Europa dove è dimostrato come un elevato livello di recupero energetico è necessario per abbattere gli sprechi correlati al conferimento in discarica ovvero la totale perdita energetica accompagnata dall'aumento delle criticità ambientali. Ulteriori e decisivi benefici derivano dalla emissione di CO_2, rispetto al consumo diretto di fonti fossili oltre alla possibilità di offrire progressive riduzioni di tariffe in termini totali per i singoli cittadini, essendo i costi di gestione dell'RSU coperti per la quasi totalità da tariffe (o tasse locali) gravanti sulle singole famiglie. Questo esempio dimostra i sorprendenti vantaggi offerti da questo ciclo virtuoso che risulta sosteni-

bile sotto i profili tecnici, energetici, economici, finanziari, ambientali, paesaggistici e sociali nonché nei confronti della accettabilità sociale per la comunità e per gli stakeholders.

Esempio n°2

Questo esempio è focalizzato sulla produzione di bioenergia e prodotti ottenuti dalla conversione della frazione organica rifiuti solidi urbani (FORSU) derivanti dalla raccolta differenziata dei RSU e fornisce la soluzione BAT/BEP più semplice, economica, efficiente, flessibile e sicura per una tipica comunità di cittadini di circa 333.000 abitanti (rif. 75kg/ab all'anno). La soluzione è fornita da un sistema integrato avente la capacità di conversione di 25.000t/a alimentato da FORSU che presenta la composizione tipica seguente: frazione organica 89,30%, plastiche 5,70%, metalli ferrosi e non ferrosi 2%, vetro ed inerti 3% con potere calorifico di riferimento pari a circa 5.500 KJ/Kg ed umidità pari a circa 65% in peso. Il sistema per la conversione del materiale iniziale ha la stessa configurazione impiantistica indicata nell'Esempio 1 dimostrando la sorprendente flessibilità operativa potendo efficientemente convertire con facili adattamenti sia RSUI che FORSU.

Il materiale iniziale FORSU viene accettato nell'unità funzionale A e sottoposto a presso-estrusione ad alta pressione (con basso consumo elettrico specifico pari a 7KWh/t di FORSU) per produrre due frazioni: liquida organica (OLF) pari a circa 85% e una solida (EDF) pari a 15% in peso.

Le frazioni OLF ed EDF vengono convertite nelle unità funzionali B, C, D, E come nell'Esempio 1 con i bilanci di massa ed energia riportati nella Figura 5. Qualora prescritto dalla Normativa locale (es. Direttiva Europea 98/2008) come fattore prioritario il recupero e riciclo di materia, il digestato di qualità può trovare impiego come ammendante agricolo. In questo caso si avrà nell'immediato una marginale riduzione nella produzione di energia a fronte di una correlata maggiore produzione di prodotti e biomasse. Si risolvono le criticità correlate alla produzione di compost da FORSU mediante celle aerobiche (ciclo di igienizzazione di 15 giorni a 70°C e successivo ciclo di maturazione di 60 giorni circa per prevenire rischi patogeni), semplificando la logistica, i tempi di conversione, eliminando le emissioni odorigene e massimizzando la valorizzazione energetica dei materiali costituenti la FORSU. In particolare, questa situazione

risolve le criticità correlate alla mancata vendita del compost che ha valore di mercato prossimo a zero Euro sia a causa della mancanza di domanda sia, spesso, per la non conformità del compost ai requisiti per applicazione agroalimentari (concentrazione di metalli pesanti, plastica, vetro, ecc.). In questo modo tutta la biomassa costituita dalla frazione di materiale lignocellulosico che altrimenti servirebbe alla formulazione del compost (fino a 30% in peso) può essere efficacemente valorizzato energeticamente. In relazione all'impianto di conversione di 25.000t/a di FORSU si producono 12.502MWh/a di energia elettrica (con potenza erogata di 736KWe da cogeneratore a biogas e 823KWe da cogeneratore da syngas), mentre termica pari a 13.606Mwh/a. Per ogni tonnellata di FORSU tal quale di riferimento per l'esempio avente un PCI di 5.500KJ/kg si produce bioenergia pari a 500KWh elettrici (rendimenti totale 32,7%) e 544KWh termici (rendimenti totale 35,6%). La risorsa idrica viene recuperata e valorizzata e dei circa 16.250t/a contenuta nel FORSU tal quale (65% acqua sul tal quale) vengono recuperate 14.753t/a ovvero il 91% in peso dell'acqua entrante.

Esempio n°3

Questo esempio è focalizzato sulla co-produzione di bioenergia e prodotti dalla conversione di rifiuti solidi urbani (RSU) nel tipico scenario territoriale in cui siano presenti dei termovalorizzatori dei rifiuti nella filiera della raccolta differenziata nonché impianti di produzione di compost da FORSU dimostrando la capacità di integrazione sinergica. Lo scenario ad esempio della Provincia di Torino evidenzia dai dati 2010 che la produzione di RSU indifferenziato ammonta a 567.057t/a (246kg/ab all'anno), mentre i rifiuti da raccolta differenziata pari 560.365t/a (243kg/ab all'anno) per una raccolta totale di 1.127.422t/a (pari a 490kg/ab all'anno) con la percentuale di raccolta differenziata pari al 49,7%. La frazione organica ammonta a 142.293t/a (pari a 12,6% dei RSU totali), mentre gli sfalci e potature (biomassa residuale) raggiungono i 53.568t/a (pari a 4,8% dei RSU totali). Queste ultime componenti vanno a costituire la FORSU. La conversione di FORSU come riportato nell'Esempio 2 attualmente presenta criticità in termini di: capacità di conversione, qualità del compost per utilizzo agroalimentare, domanda e relativo valore di mercato praticamente nullo. La soluzione oggetto dell'invenzione infatti può co-

stituire una opportunità complementare all'attuale progetto che andrà a regime nel Gennaio 2014 (tempo di realizzazione pari a 48 mesi circa) a Torino riferito al nuovo termovalorizzatore TRM – Trattamento Rifiuti Metropolitano – www.trm.to.it – per la combustione di 421.000t/a di rifiuti solidi urbani (RSU) residui dalla raccolta differenziata e di rifiuti speciali assimilabili agli urbani (RSA). Da evidenziare che l'impianto TRM non prevede l'accettazione di rifiuto urbano indifferenziato né tantomeno la frazione organica più biomassa (FORSU) derivante da raccolta differenziata. Il fabbisogno finanziario netto di investimento risulta di circa 503.000.000,00€ (Project Financing dati 2008) corrispondente ad circa 1.195,00€/t di capacità (riferito dati preventivi 2008 con dati consuntivo 2013 che prevedono un incremento sostanziale). L'impianto TRM alimentato con materiale trasportato da 40 camion ed 1 treno da 16 vagoni al giorno converte suddetto materiale pari a 421.000t/a in energia elettrica pari a 350.000MWh/a (rendimento 21,8%) e termica pari a 170.000MWh/a (disponibilità operativa di 7800h/a). La potenza elettrica dell'impianto è pari a circa 45MWe. Per garantire le condizioni minime di funzionamento è previsto

l'installazione di bruciatori ausiliari a gas naturale con un fabbisogno stimato di 1.600.000Sm3/a ($3,8Sm^3_{gas\ naturale}/t_{rifiuto}$). Il termovalorizzatore TRM presenta impatti paesaggistici elevati dovuti a grandi strutture (es. ciminiera di 120m, 100.000m^2 di superficie occupata) ed infrastrutture nonché impatto ambientali significativo dovuti alla concentrazione in un solo punto della conversione di RSU derivanti da un bacino di raccolta molto vasto. Assolutamente non trascurabile è il fabbisogno di acqua industriale pari a 1.000.000t/a ($2,37t_{acqua}/t_{rifiuto}$) e la produzione di solidi residuali è pari a 110.723t/a (26,3% del rifiuto di alimentazione) con i seguenti tipici rapporti di composizione: 210g/Kg di scorie, 18,5g/Kg ferrosi, ceneri 20g/Kg, polveri 15g/Kg. Le tariffe convenzionali medie di mercato per lo smaltimento tradizionale dei rifiuti urbani risultano essere riferite alle discariche controllate di rifiuti solidi urbani di circa 100,00€/t (dati 2011), della FORSU è di circa 90,00€/t (dati 2011), per la frazione secca da raccolta differenziata da conferire al Termovalorizzatore TRM di Torino è stata fissata nel 2008 a 97,5€/t (la tariffa convenzionale di conferimento subirà un sensibile incremento quando

si andrà a regime nel 2014). In termini comparativi, la frazione secca da raccolta differenziata da conferire al Termovalorizzatore IREN di Parma è fissato a 168,00€/t (in fase di ultimazione entro il 2012 ed avvio nel 2013). Nella seguente scheda comparativa Tabella 3 vengono sintetizzati i fattori di valutazione sia in termini quantitativi che qualitativi tra le diverse opzioni tecnologiche di conversione di rifiuti solidi urbani.

Pos.	Fattore di valutazione	BioEnPro	Compostaggio aerobico	Compostaggio anaerobico	BioEnPro ad integrazione di compostaggio anaerobico	Termo-valorizzazione TRM
1	Capacità [t/a]	25.000	25.000	25.000	25.000	421.000
2	Accettazione RSU indifferenziati	si	no	no	no	no
3	Accettazione FORSU	si	si	si	si	no
4	Accettazione RSU con frazione secca prevalente	si	no	no	si	si
5	Fabbisogno finanziario investimenti per t di rifiuto	800,00 € *	>250€ +	>300 € +	n.v.	1.200,00 €** 1.465,00 €***
6	Energia elettrica specifica [KWh/t] / rendimento [%] da RSU indifferenziato [PCI 10.500KJ/Kg]	760/26,0	-	-	-	-
7	Energia elettrica specifica [KWh/t] / rendimento [%] da FORSU [PCI 5.500KJ/Kg]	500/32,7	-	250/16,3	500/32,7	-
8	Energia elettrica specifica [KWh/t] / rendimento [%] da RSU da RD [PCI 11.000KJ/Kg]	-	-	-	-	666/21,9
9	Facilità di valorizzazione della energia termica	si	-	no	si	no****
10	Combustibile convenzionale risparmiato [TEP/a] ++	3545 / 2338	-	1168	2338	65450
11	Indice TEP	0,251/0,131	0,131	0,131	n.v.	0,263
12	Produzione bioprodotti	si	no	si	si	no
13	Produzione ammendante di qualità	si	si	si	si	no
14	Produzione Biochar	si	no	no	si	no
15	Produzione Biofuel	si	no	si	si	no
16	Produzione di materiale residuale solido afferente a rifiuti (t/t)	no	si	si	no	26%
17	Produzione di acqua per irrigazione da RSU ($t/t_{rifiuto}$)	25%	-	-	-	no
18	Produzione di acqua per irrigazione da FORSU ($t/t_{rifiuto}$)	60%	no	no	si	-
19	Emissione acque reflue	no	si	si	no	si
20	Emissioni odorigene	ottimo	critico	medio	buono	buono
21	Fabbisogno di acqua industriale ($t_{acqua}/t_{rifiuto}$)	no	si	si	no	2,37
22	Fabbisogno di gas naturale ($Nm^3NG/t_{rifiuto}$)	no	no	no	no	3,8
23	Tempo tecnico di realizzazione (mesi)	18	18	12	18	48
24	Infrastrutture (strade, ferrovie,ecc.)	ottimo	ottimo	ottimo	ottimo	critico
25	Affidabilità tecnica	ottimo	critica	buona	buona	ottimo
26	Rapporto costi/benefici ambientali	ottimo	medio	medio	buono	medio
27	Costi ragionevoli a livello industriale	ottimo	buono	buono	ottimo	medio
28	Sicurezza lavoratori	ottimo	buono	buono	buono	buono
29	Impatto visivo	ottimo	buono	buono	buono	medio
30	Impatto territoriale e logistico	ottimo	buono	buono	ottimo	critico
31	Azione anti-siccità e/o anti-desertificazione	ottimo	medio	medio	buono	critico
32	Flessibilità operativa in condizioni climatiche estreme	ottimo	medio	medio	ottimo	critico
33	Rapporto globale costo/beneficio	ottimo	medio	buono	buono	medio

n.v. non valutato

* dato previsionale 2012

\+ valore medio di mercato al 2012

** dato previsionali 2008 con dati a consuntivo al 2013 con incremento sostanziale

++ calcolato $0,187*10^{-3}$ tep/KWh (AEEG Delibera EEN 3/08)

*** dato previsionale 2010 del termovalorizzatore Parma 1.465 €/t con capacità di 130.000 t/a

+++ indice TEP calcolato come PCI rifiuto/PCI petrolio

**** necessità di impianto incluso o limitrofo alla grande comunità

N.B. La metrica dei giudizi espressi (ottimo, buono, medio, critico) è quella adottata per le Linee Guida BAT del Decreto DM 29.01.2007 Art.E.3 pag.59

Tabella 3: tabella comparativa

In relazione ai fattori di valutazione ripor-

tati nella tabella comparativa si evidenzia come il sistema oggetto dell'invenzione soddisfa i requisiti di BAT/BEP in termini di affidabilità tecnica, rapporto costi/benefici ambientali, costi ragionevoli a livello industriale. Inoltre è dimostrata la elevata flessibilità (rifiuto da raccolta indifferenziata o differenziata) ed alta efficienza energetica (fino 32,7% nel caso di FORSU) del sistema dell'invenzione per la produzione di bioenergia e prodotti derivanti dalla conversione delle varie tipologie di rifiuti urbani e biomasse generate dalla comunità stessa nei vari scenari operativi e con basso impatto visivo ed ambientale. In particolare, è evidente che l'efficienza è mantenuta anche per impianti di piccola taglia (25.000t/a o meno) in riferimento allo Stato dell'Arte di settore e quindi costituisce una valida soluzione anche per le piccole comunità. La soluzione risulta economicamente competitiva con un fabbisogno finanziario di investimento per tonnellata minore alle alternative fino al 40% meno rispetto al termovalorizzatore e una tariffa di conversione di almeno il 10-15% inferiore rispetto alle attuali tariffe di mercato praticate. Si realizza un circuito virtuoso grazie alla completa valorizzazione di tutte le potenziali

risorse disponibile nel rifiuto (es. acqua per irrigazione per colture dedicate, acqua potabile, CO_2 presenti nei fumi esausti, valorizzazione nutrienti ed energia termica, ecc.).

Negli esempi sono stati riportati alcuni risultati esemplificativi, ma non limitativi dei possibili scenari operativi per la conversione di rifiuti solidi urbani, biomasse e matrici carboniose come descritto nel campo di applicazione e nel suo scopo.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento di recupero e valorizzazione di un substrato formato da biomasse (2), rifiuti urbani (1) e/o matrici carboniose per la co-produzione di bioenergia e prodotti mediante l'integrazione sinergica di procedimenti di conversione differenti e trattamento delle emissioni a circuito chiuso comprendente le seguenti fasi:

- impiegare le biomasse algali (52) e lignocellulosiche (62) derivanti dalla valorizzazione dei sotto-prodotti generati dagli impianti di conversione primaria quali energia termica (36) ed elettrica (35), digestato (22), biochar (34), acqua (25), CO_2 e composti azotati e solforati (37) e ceneri (33) come nutrienti per la produzione di organismi vegetali mediante intensificazione dei processi di fotosintesi clorofilliana per il trattamento delle emissioni e sequestro della CO_2,

- alimentare detto substrato ad un impianto di presso-estrusione (7), così da suddividerlo in una frazione organica liquida (8) ed una frazione secca energetica (9),

- utilizzare detta frazione organica liquida (8) quale alimentazione di un impianto di generazione di biogas (18) mediante fermentazione batte-

rica in condizioni anaerobiche (15),

- utilizzare detta frazione secca energetica (9) quale alimentazione di un impianto di generazione di gas di sintesi (31) mediante conversione termochimica (28),

- fito-depurare (51) l'acqua (25) ottenuta come sotto-prodotto dall'impianto di generazione di biogas (15) e syngas (28), ottenendo acqua depurata (27) e biomassa primaria (52, 62),

- utilizzare il biogas (18) e/o il gas di sintesi (31) prodotti quale combustibile di un impianto di cogenerazione (19, 32) e/o biocombustibili (57) derivanti da biogas e/o gas di sintesi per alimentazione mezzi di trazione.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1 dove la conversione termochimica (28) ad alta efficienza, preferibilmente in condizioni iperdinamiche e catalitiche mediante corpi termicamente conduttivi, ad una temperatura compresa fra 500°C e 1000°C con la produzione di gas di sintesi (31) e/o nanotubi di carbonio multi parete (42) è realizzata entro reattore rotante multistadio contenuto in involucro esterno fisso che lo racchiude.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 dove la conversione biochimica (15), preferibilmente in

biodigestori ad alto carico, è realizzata con intensificazione del processo mediante cavitazione selettiva iperdinamica (13) a monte del biodigestore primario e/o inoculazione con nanospugne funzionalizzate (14) di ceppi selezionati ed ingegnerizzati per la metanazione di batteri e/o enzimi nel biodigestore.

4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3 dove l'acqua depurata (25) è utilizzata per l'irrigazione di coltivazioni in campo aperto (50) e/o in serre intensificate (44) con i sottoprodotti di cui alla Rivendicazione 1 (paradigma emissioni zero).

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4 costituito da una o più serre costruite preferibilmente in materiale polimerico semitrasparente a bassa trasmittanza termica con eventuale incorporazione di film sottile fotovoltaico (47), ed intensificate con eventuale integrazione sinergica di una o più ulteriori processi basati su elettrobiostimolazione (49) e cicli di illuminazione artificiale (48) nonché nanospugne funzionalizzate (53) per la somministrazione di microelementi come Fe, Zn ed altri metalli magnetici e micronutrienti, principi attivi e disinfettanti anche con ausilio

di fotobioreattori per biomasse algali dedicate (52).

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5 in cui è presente una zona di rispetto costituente la Smart Farm (43) (unità funzionale D) per la sostenibilità sociale e paesaggistica verde nonché di protezione delle coltivazioni con barriere antivento (61) e che rappresenta la contromisura per combattere la siccità e la desertificazione, nonché l'opportunità della auto sostentamento energetico inclusi i carburanti necessari (57) ai mezzi agricoli e di raccolta rifiuti oltre a creare l'opportunità di accettabilità sociale e di contromisura contro la sindrome NIMBY mediante interazione di comunicazione sociale e formazione didattica con percorsi ludici e totem interattivi con interfaccia semantica.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 6 dove unità funzionali (A, B, C e D) e relativo centro di supervisione e controllo (66) centralizzato sono disposti su una struttura architettonica (58) per la sostenibilità paesaggistica verde nonché tecnologica denominata Smart Dome in pianta di forma circolare o poligonale con al centro una arena preferibilmente sormontata da tenso-

strutture di protezione (59) che possono incorporare impianto fotovoltaico (60) e preferibilmente delimitata da gabbioni per la sostenibilità ambientale ed in sezione verticale con profilo aerodinamico antivento dove nel pendio è presente l'impianto di fitodepurazione (51) dedicata alle acque di recupero (25) dalle unità funzionali (A, B, C) con geomembrana alimentata da un distributore dalla sommità (45) e che convoglia per gravità in un serbatoio e nel piano si sviluppa la unità funzionale D (Smart Farm) con vie di accesso (65) fino ad una barriera di protezione antivento (61) e cabina per interconnessione alla rete elettrica (63).

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7 in cui il digestato (23) ottenuto come sotto-prodotto dall'impianto di generazione di biogas (15) è utilizzabile nella unità funzionale D Smart Farm (43) come ammendante di qualità, mentre l'eccesso è convertito in bioenergia e prodotti mediante alimentazione all'impianto di presso-estrusione (7).

9. Procedimento secondo une delle rivendicazioni da 1 a 8 in cui i metalli ferrosi e non ferrosi e inerti (6) sono sottoposti a recupero totale, mentre le ceneri (33) ottenute come sotto-prodotto

dall'impianto di generazione di gas di sintesi (28) sono utilizzabili nella Smart Farm (43) come nutriente, mentre l'eccesso è sottoposto a processo di vetrificazione (39) ed i solidi particellari residuali (40) per ottenere prodotti di mercato nelle costruzione o a fini artistici (paradigma Rifiuti zero).

10. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1 a 9 in cui la modularità delle unità funzionali consente di realizzare impianti di piccola taglia anche per piccole comunità (paradigma KmØ) e modello di business con una sostenibilità tecnica, economica e finanziaria per la singola unità funzionale alla quale possono associarsi delle business unit facilmente supportabili da Project Financing e Coperture Assicurative All Risks.

CLAIMS

1. Process for the recovery and the exploitation of a substratum of biomasses (2) municipal wastes (1) and/or carbonaceous matrices for the co-production of bioenergy and products by means of the synergic integration of different conversion processes and treatment of the emissions in closed-loop circuit encompassing the following phases:

- using algal (52) and lignocellulosic (52) biomasses deriving from the exploitation of the by-products generated by primary conversion systems such as thermal (36) and electric (35) energy, digestate (22) biochar (34), water (25), CO_2 and nitrogenous and sulphurised compounds (37) and ashes (33) as nutrients for the production of vegetable organisms by means of intensifying the photosynthesis processes for the treatment of emissions and the sequestration of CO_2,
- feeding the said substratum to a press-extrusion system (7) so that it is sub-divided into a liquid organic fraction (8) and an energetic dry fraction (9),
- using the said liquid organic fraction (8) as feed for a biogas generation system (18) by means of bacterial fermentation under anaerobic conditions

(15),

- using the said energetic dry fraction (9) as feed for a synthesis gas generation system (31) by means of a thermo-chemical conversion (28),

- wetland bio-filtering (51) water (25) obtained as by-product from the biogas (15) and syngas generation system, obtaining purified water (27) and primary biomass (52, 62),

- using biogas (18) and/or synthesis gas (31) produced by a co-generation system (19, 32) and/or biofuels (57) deriving from biogas and/or synthesis gas to feed vehicles.

2. Process according to claim 1, wherein the high-efficiency thermo-chemical conversion (28) preferably under iper-dynamic and catalytic conditions by means of thermally conductive bodies, at a temperature included between 500° C and 1000° C with the production of synthesis gases (31) and multi-wall carbon nanotubes (42) is carried out inside a multi-stage rotary reactor contained by a fixed external shroud surrounding it.

3. Process according to claim 1, wherein the biochemical conversion (15), preferably in high-load bio-digestion systems, is carried out by intensifying the process by means of iper-dynamic

selective cavitation (13) upstream the primary bio-digester and/or inoculation with functionalised nanosponges (14) of selected and engineered stocks for the methanisation of bacteria and/or enzymes in the bio-digester.

4. Process according to one of the claims from 1 through 3 wherein purified water (25) is used to irrigate open field cultivations (50) and or intensified greenhouses (44) with the by-products reference Claim 1 (Zero emission paradigm).

5. Process according to one of the claims from 1 through 4 constituted by one or more greenhouses preferably made with semi- transparent low-thermal transmittance polymeric material possibly incorporating a thin photovoltaic film (47) and possibly intensified by the synergic integration of one or more additional processes based upon electro bio-stimulation (49) and cycles of artificial lighting (48) as well as functionalised nanosponges for the dispensing of microelements such as Fe, Zn and other magnetic metals, micronutrients, active principles and disinfectants also with the aid of photo-bioreactors for dedicated algal biomasses (52).

6. Process according to one of the claims from 1

through 5 wherein a buffer zone is present constituting the Smart Farm (43) (functional unit D) for the social and green landscape sustainability as well as the protection of cultivation by wind barriers (61) representing the countermeasure to fight dryness and desertification, as well as the opportunity for energetic self-sustaining including fuels (57) required by agricultural and waste collection equipment, besides creating the opportunity for social acceptance and a countermeasure for the NIMBY syndrome through interaction of social communication and education with recreational trails and interactive totems with a semantic interface.

7. Process according to one of the claims from 1 through 6 wherein the functional units (A, B, C, and D) and the relevant centralised supervision and control centre (66) are located in an architectural structure (58) for green landscape sustainability as well as technological, designated as Smart Dome with a round or polygonal layout with an arena in the centre preferably covered by a tensioned protection structure (59) which could incorporate a photovoltaic system (60) and preferably limited by gabions for environmental sustainability and in the

vertical section with anti-wind aerodynamic profile where in the slope the wetland filtration system (51) is located dedicated to the waters recovered from functional units (A, B, C) with geo-membrane fed by a distributor from the top (45) flowing by gravity in a reservoir and in the plain functional unit D (Smart Farm) is located with access passages (65) up to an anti-wind barrier (61) and the cabin for the connection to the electric power network (63).

8. Process according to one of the claims from 1 through 7 wherein the digestate (23) obtained as by-product from the biogas generation system (15) is usable in functional unit D Smart Farm (43) as good quality soil conditioner, whereas the amount in excess is converted into bio-energy and products by feeding press-extrusion system (7).

9. Process according to one of the claims from 1 through 8 wherein ferrous and non-ferrous metals and inert (6) are subject to a complete recovery, whereas ashes (33) obtained as by-product by the synthesis gas system (28) are usable by the Smart Farm (43) as nutrient, whereas the amount in excess is subject to a vitrification process (39) and the residual particle solids (40) to obtain products for

the construction or artistic market (Zero waste paradigm).

10. Process according to one of the claims from 1 through 9 wherein the modularity of the functional units allows the achievement of small size systems also for small communities (Zero Km Paradigm) and a business model with technical, economic and financial sustainability for the single unit to which business units easily supportable by Financing Projects and All Risks Insurance Coverage can be associated.

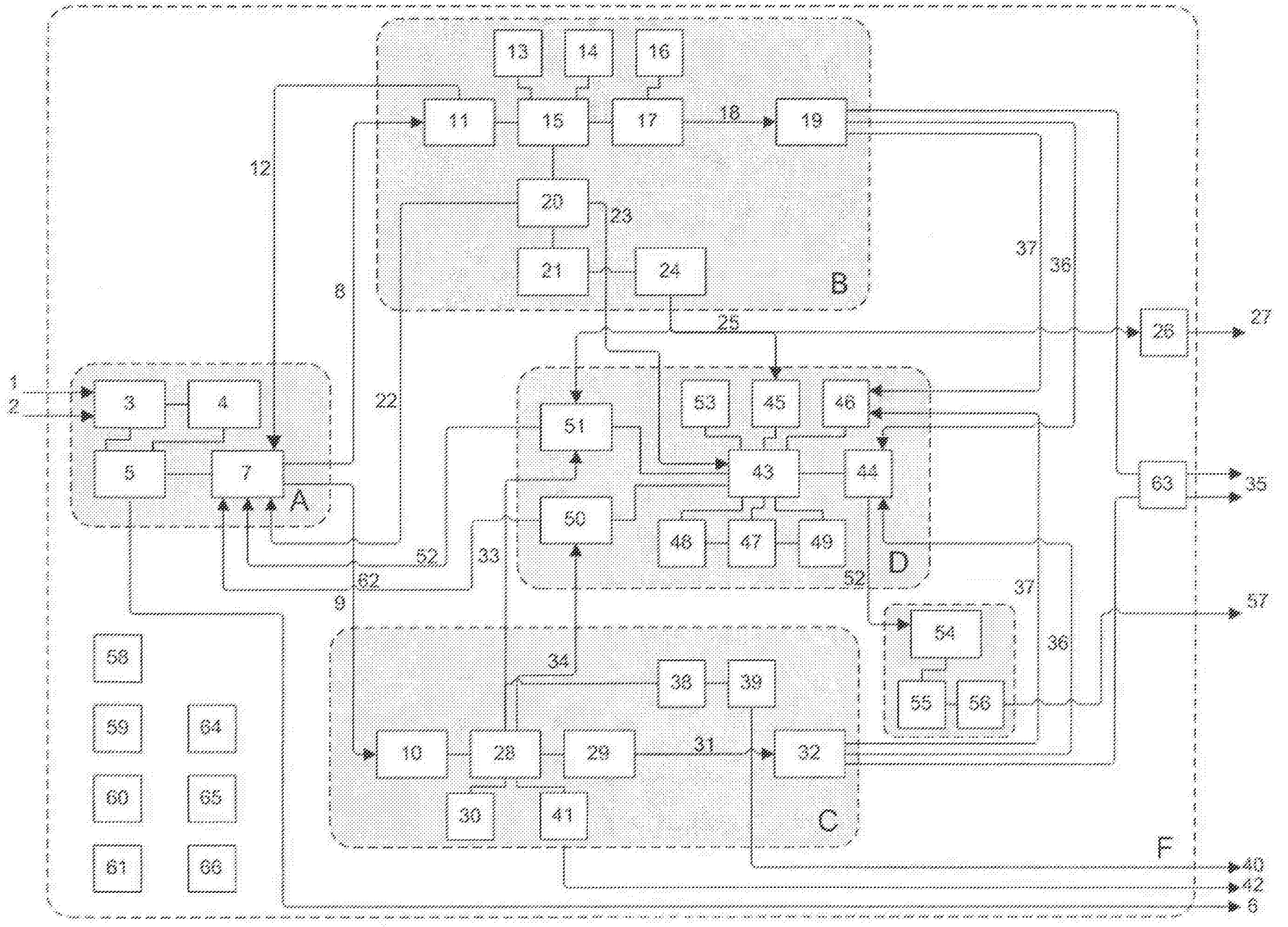
13
14
16
11
15
17
18
19
12
20
23
21
24
B
6
37
36
25
26
27
1
2
3
4
22
51
53
45
46
5
7
A
43
44
63
35
50
46
47
49
52
33
62
52
D
9
37
57
54
36
58
34
38
39
55
56
59
64
10
28
29
31
32
60
65
30
41
C
F
61
66
40
42
6

FIG. 1

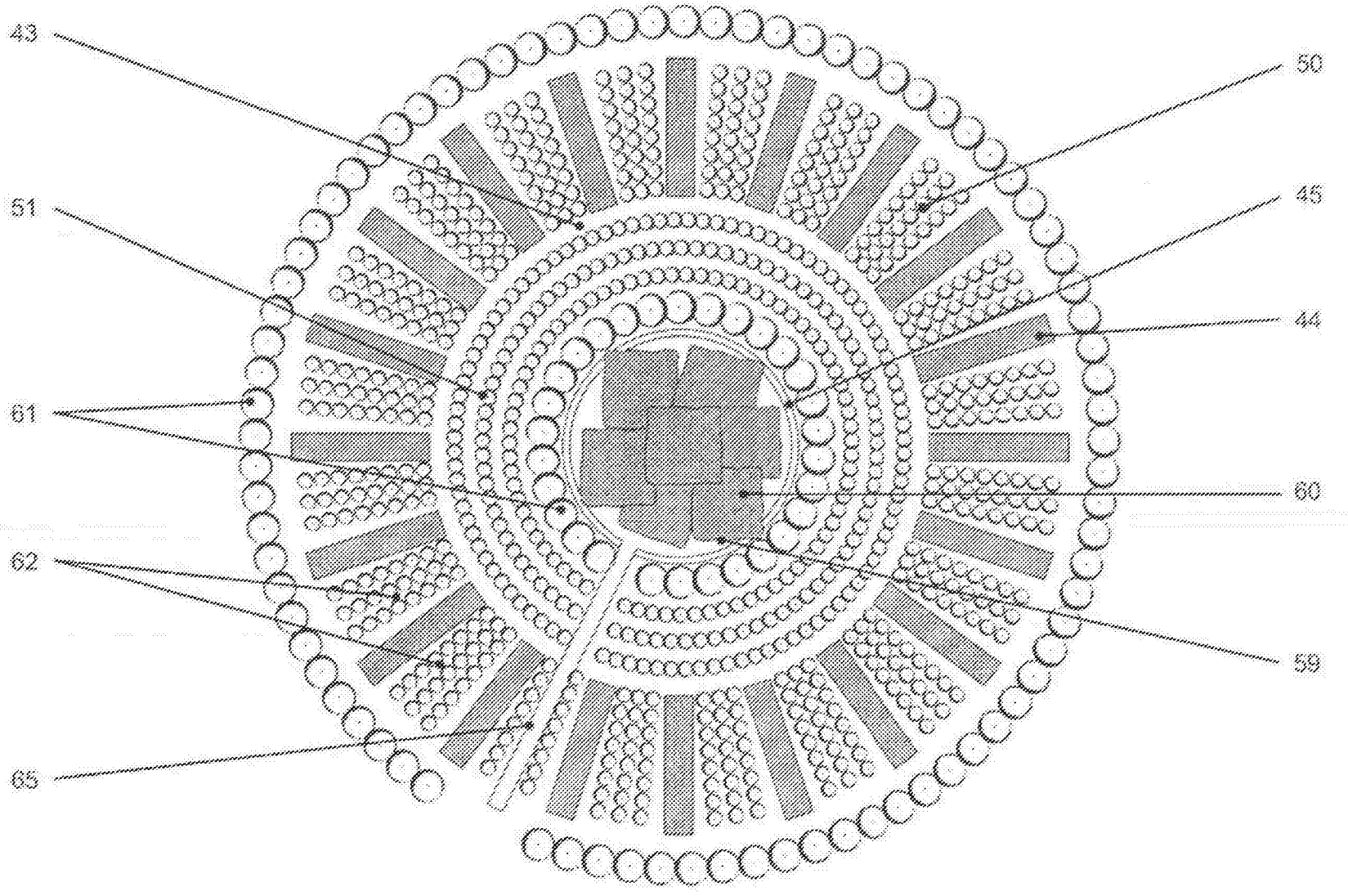

FIG. 2

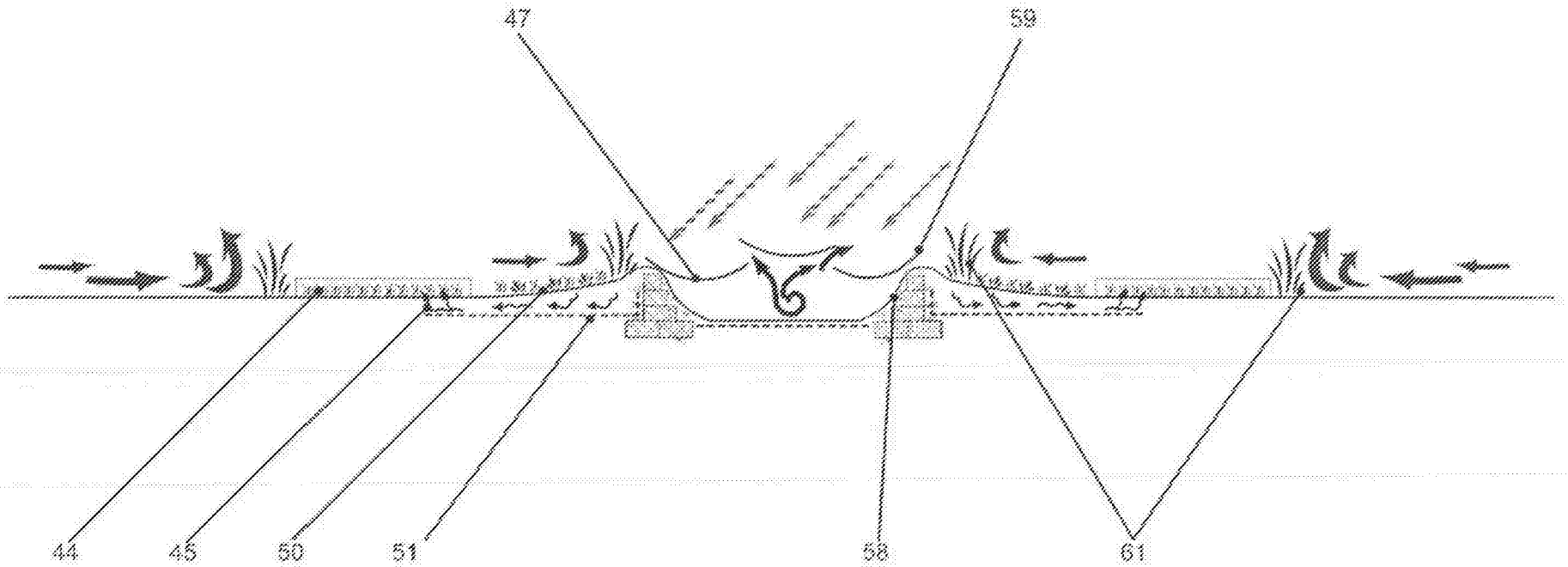

FIG. 3

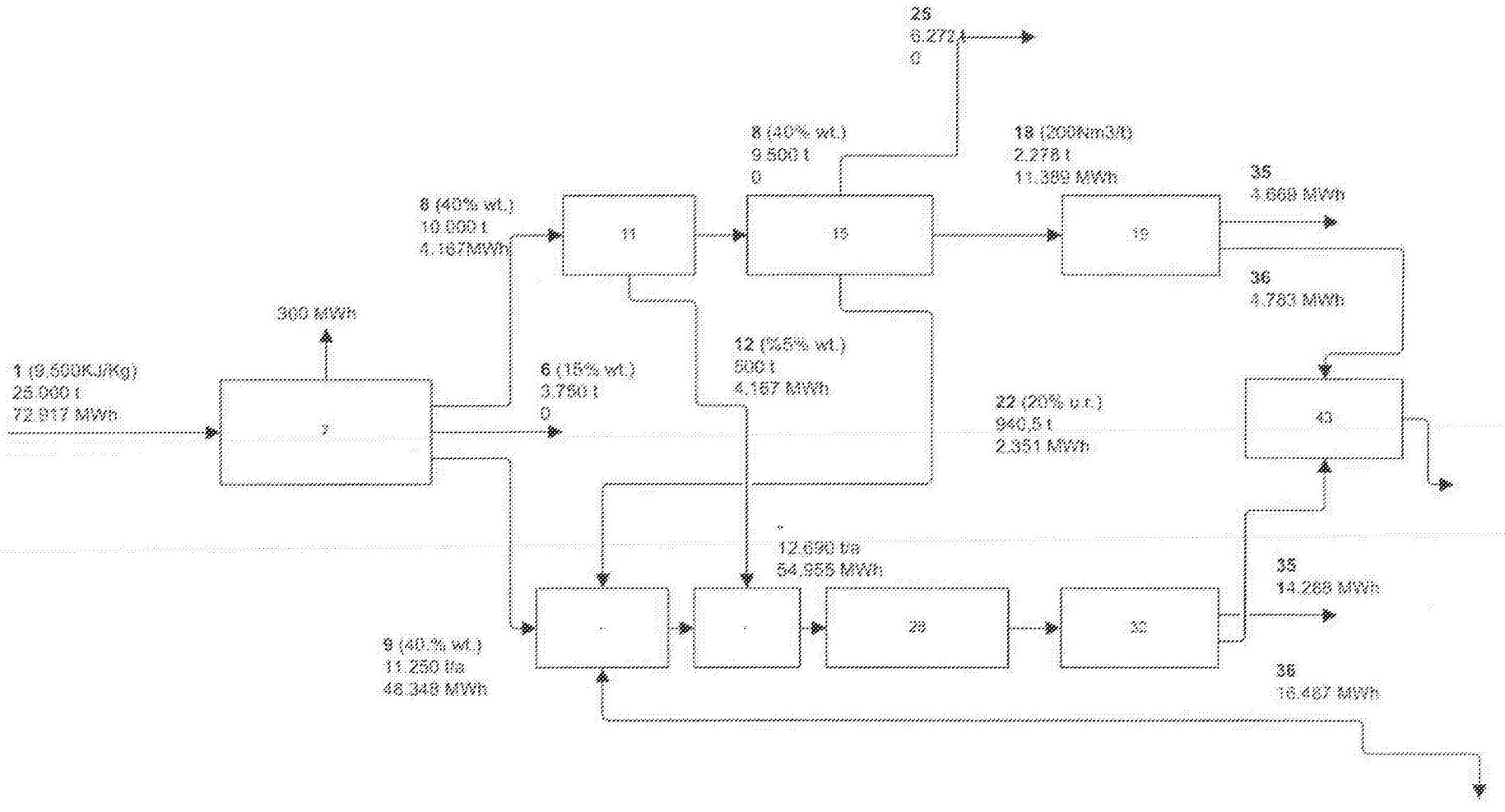
25
6.272 t
0
8 (40% wt.)
9.500 t
0
18 (200Nm3/t)
2.278 t
11.389 MWh
35
4.668 MWh
8 (40% wt.)
10.000 t
4.167MWh
11
15
19
36
4.783 MWh
300 MWh
12 (%5% wt.)
500 t
4.167 MWh
1 (9.500KJ/Kg)
25.000 t
72.917 MWh
7
6 (15% wt.)
3.750 t
0
22 (20% u.r.)
940,5 t
2.351 MWh
43
12.690 t/a
54.955 MWh
35
14.269 MWh
9 (40.% wt.)
11.250 t/a
46.348 MWh
29
33
36
18.467 MWh

FIG. 4

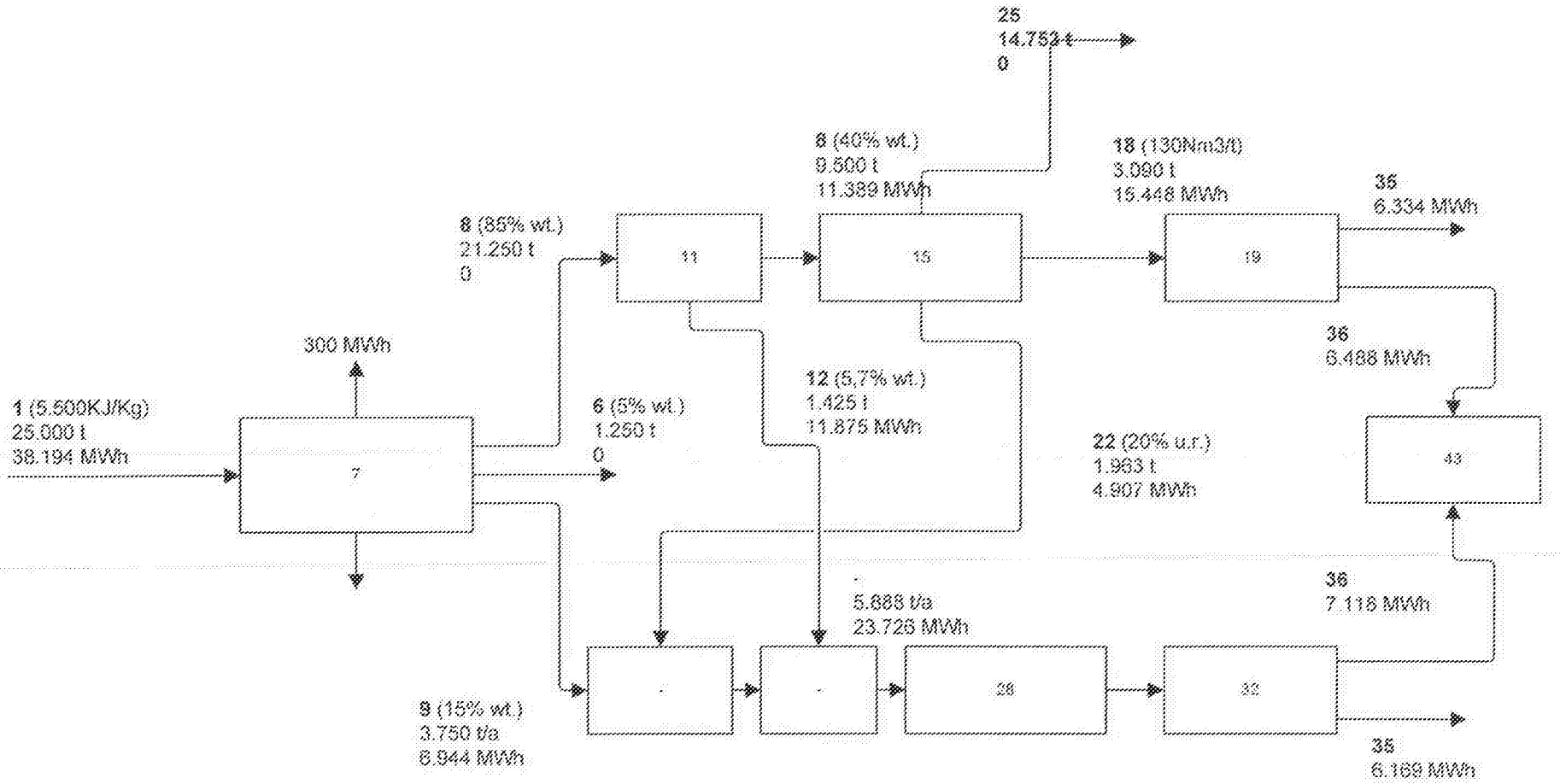
25
14.752 t
0
8 (40% wt.)
9.500 t
11.389 MWh
18 (130Nm3/t)
3.090 t
15.448 MWh
35
6.334 MWh
8 (85% wt.)
21.250 t
0
11
15
19
300 MWh
36
6.488 MWh
12 (5,7% wt.)
1.425 t
11.875 MWh
1 (5.500KJ/Kg)
25.000 t
38.194 MWh
6 (5% wt.)
1.250 t
0
7
22 (20% u.r.)
1.963 t
4.907 MWh
43
5.688 t/a
23.726 MWh
36
7.116 MWh
9 (15% wt.)
3.750 t/a
6.944 MWh
35
6.169 MWh

FIG. 5