



POLITECNICO DI TORINO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ENERGETICA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica e Nucleare

VENDITA E IMMISSIONE IN RETE DI BIOMETANO NEL SETTORE DEI TRASPORTI PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA

Relatori:

Prof. Marco Badami

Prof. Armando Portoraro

Candidato:

Giorgia Aliotta

ANNO ACCADEMICO 2020-2021

Indice

ABSTRACT	8
INTRODUZIONE	9
1 LA FILIERA DEL BIOMETANO	11
1.1 LA PRODUZIONE	11
1.2 VANTAGGI E SVANTAGGI DEL BIOMETANO	14
1.3 QUALI SONO LE DIFFERENZE TRA IL BIOMETANO E IL METANO?	15
1.4 IL BIOMETANO NEGLI OBIETTIVI DEL 2030	17
1.4.1 <i>Rapporto statistico 2018- Fonti di energia rinnovabile</i>	17
1.4.2 <i>Rapporto statistico 2018- Biogas e Biometano</i>	19
1.4.3 <i>Decreto 5 dicembre 2013</i>	20
1.4.4 <i>Decreto del 2 marzo 2018</i>	21
1.5 LA TRASFORMAZIONE DELLA FILIERA DEL BIOMETANO ATTRAVERSO LA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN	22
2 LA BLOCKCHAIN	23
2.1 COS'È LA BLOCKCHAIN	23
2.2 COME FUNZIONA LA BLOCKCHAIN	24
2.2.1 <i>Centralized Ledger vs Distributed Ledger</i>	25
2.2.1.1 <i>Le infrastrutture dei Distributed Ledger</i>	26
2.2.1.2 <i>Attivazione dei servizi nelle infrastrutture: il Token</i>	27
2.2.1.3 <i>Token tradizionali e Token+</i>	28
2.2.2 <i>Le regole del consenso e della fiducia</i>	28
2.2.3 <i>"blockchain": un termine usato per definire un'architettura tecnologica</i>	29
2.3 DA IERI A OGGI: COM'È CAMBIATA LA BLOCKCHAIN	29
2.3.1 <i>Le applicazioni nel mondo e in Italia</i>	30
2.3.2 <i>Cosa succederà nel futuro?</i>	31
2.3.3 <i>Decreto Semplificazioni 2019</i>	31
2.4 LE PRINCIPALI BLOCKCHAIN	32
2.4.1 <i>Blockchain Bitcoin</i>	33
2.4.2 <i>Ethereum</i>	34
2.4.3 <i>Differenza tra Bitcoin ed Ethereum</i>	35
3 LA BLOCKCHAIN PER LA TRANSIZIONE ENERGETICA	37
3.1 SCENARI IPOTIZZATI PER L'IMPLEMENTAZIONE DELLA BLOCKCHAIN NELLA TRANSIZIONE ENERGETICA	37
3.1.1 <i>Pre-kickoff: Tracciabilità della filiera del biometano</i>	38
3.1.2 <i>Use case</i>	40
3.1.2.1 <i>Immissione in rete</i>	40
3.1.2.2 <i>Immissione al consumo senza accesso alla rete</i>	42
3.1.3 <i>Approccio: ruoli e modalità</i>	43
3.1.4 <i>Architettura logica e tecnica</i>	45
4 CASO DI STUDIO: "DAL PRODUTTORE AL CLIENTE FINALE"	47
4.1 IMPLEMENTAZIONE DEL CASO STUDIO	47
4.1.1 <i>Descrizione della rete</i>	48
4.1.2 <i>Descrizione dei carichi allacciati alla rete</i>	50
4.1.3 <i>Descrizione delle caratteristiche della rete</i>	52
4.2 DAL PRODUTTORE AL CLIENTE FINALE	54
4.2.1 <i>Produttori</i>	54
4.2.2 <i>Shipper</i>	56
4.2.3 <i>Distributori locali</i>	57
4.2.4 <i>Stazioni di rifornimento</i>	58
4.2.5 <i>Utenti finali</i>	59

5	USO DELLA BLOCKCHAIN A SUPPORTO DEL CASO DI STUDIO	61
5.1	EDGE LAYER	61
5.1.1	<i>Edge Devices</i>	62
5.1.2	<i>Edge gateway</i>	64
5.1.3	<i>Storage o cloud</i>	66
5.2	PLATFORM LAYER.....	69
5.2.1	<i>Definizione di un modello di Enterprise Architecture</i>	70
5.3	ENTERPRISE LAYER.....	71
5.3.1	<i>Upload dati</i>	71
5.3.2	<i>Calcolo e validazione degli incentivi</i>	73
5.4	BLOCKCHAIN LAYER	75
5.5	INFRASTRUCTURE LAYER	78
5.6	LA DEMO REALIZZATA DA ACCENTURE	78
5.7	VANTAGGI DELLA BLOCKCHAIN.....	81
6	ANALISI ENERGETICA ED ECONOMICA DEL CASO DI STUDIO	83
6.1	INCENTIVI: IL DECRETO BIOMETANO	83
6.1.1	<i>Incentivi per i produttori</i>	85
6.1.1.1	Profitti nella produzione di Biometano	87
6.1.2	<i>Incentivi per gli Shipper</i>	98
6.1.2.1	Profitti nella compravendita di Biometano sul mercato	101
6.1.3	<i>Incentivi per i soggetti obbligati</i>	104
6.1.3.1	Profitti nella vendita di Biometano a clienti finali	106
6.1.4	<i>Incentivi per i clienti finali</i>	109
6.1.4.1	Profitti per l'uso finale del Biometano	111
6.2	SIMULAZIONE DEMO.....	115
6.3	ANALISI DELLA RIDUZIONE DI IMMISSIONE DI CO2 IN AMBIENTE	121
	CONCLUSIONI.....	130
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	134
	APPENDICE: ILLUSTRAZIONE DELLA DEMO.....	136
	GLOSSARIO.....	140
	RINGRAZIAMENTI	141

Indice delle figure

Figura 1-Produzione del biogas e del biometano.....	11
Figura 2- Processo di digestione aerobica.....	13
Figura 3-Confronto emissioni CO2	16
Figura 4-Bioenergie- Quota regionale della produzione sul totale nazionale.....	19
Figura 5-Rappresentazione della Blockchain in blocchi e catene.....	23
Figura 6-Centralized ledger vs Distributed ledger.....	25
Figura 7- Piattaforme Permissionless e Permissioned	33
Figura 8-Le caratteristiche principali della Bitcoin e di Ethereum.....	36
Figura 9- Ipotesi GSE e integrazioni Accenture	39
Figura 10-Use case 1: Immissione in rete.....	42
Figura 11-Use case 2: Immissione senza accesso alla rete.....	43
Figura 12- Ruoli dei partecipanti al progetto	44
Figura 13- Architettura logica del sistema.....	46
Figura 14-Schema della rete di distribuzione.....	49
Figura 15-Input ed Export della rete in cui operano gli shipper.....	51
Figura 16- Profili di carico della rete in una giornata tipica di marzo.....	52
Figura 17-Ipotesi dell'applicazione relativa alla gestione della rete per gli shipper	54
Figura 18-Ripartizione regionale degli impianti di biogas operativi in Italia	55
Figura 19- Funzioni principali dei produttori all'interno della piattaforma	56
Figura 20-Funzioni principali degli shipper all'interno della piattaforma	57
Figura 21- Funzioni principali dei distributori locali all'interno della piattaforma.....	58
Figura 22- Funzioni principali delle stazioni di rifornimento all'interno della piattaforma	59
Figura 23- Funzioni principali degli utenti finali all'interno della piattaforma.....	60
Figura 24-Rappresentazione schematica della logica dell'Edge Layer	62
Figura 25- Struttura della rete di gas in Italia.....	63
Figura 26- Fasi del processo SCADA	65
Figura 27-Rappresentazione grafica di un sistema SCADA.....	66
Figura 28- Storage per l'immagazzinamento delle informazioni raccolte dalla rete	68
Figura 29- Proceso di confronto dati e ricerca del piano d'intervento	69
Figura 30- Descrizione del processo ciclico per la ricerca della soluzione	71
Figura 31- rappresentazione grafica della home page relativa al produttore	74
Figura 32-Fasi principali del processo di calcolo degli incentivi.....	74
Figura 33-Blocco base in linguaggio C	76
Figura 34-Aggiunta di un nuovo blocco in linguaggio C	76
Figura 35-Linguaggio di programmazione "Remix" per scrivere gli Smart Contract.....	77
Figura 36- Esempio di Infrastructure Layer	78
Figura 37-Home Page della DEMO	79
Figura 38-Blockchain integration: dal produttore al consumatore.....	82
Figura 39-Sistema di rilascio dei CIC nel caso di biometano gestito dal GSE	86
Figura 40-Sistema di rilascio e ritiro dei CIC nel caso di vendita diretta all'asta	87
Figura 41- Evoluzione dell'obbligo di immissione in consumo.....	90
Figura 42-Quota di immissione restante da immettere per il soggetto obbligato	106
Figura 43- Scenario di vendita e immissione in rete relativa al mese di marzo	116

Figura 44- Scenario marzo 1	117
Figura 45- Scenario marzo 2	118
Figura 46- Esempio di calcolo automatico dei guadagni	119

Indice delle tabelle

Tabella 1--Settore Termico- Energia da fonti rinnovabili nel 2018	18
Tabella 2-Settore Trasporti- Biocarburanti immessi in consumo nel 2018.....	18
Tabella 3-Descrizione delle caratteristiche della rete	53
Tabella 4-Le tre tecniche di acquisizione dati	72
Tabella 5-Biocarburanti avanzati da immettere in Italia tra il 2018 -2022	85
Tabella 6-Guadagno derivante dai CIC ottenuti	93
Tabella 7- Costo medio mensile del biometano nel 2019 – Costo medio mensile del biometano nel 2020..	95
Tabella 8- Guadagni provenienti dalle vendite al GME.....	96
Tabella 9 -Guadagno dei produttori per CIC, per vendita e totale.....	97
Tabella 10- Produzione nel mese di dicembre e prezzo medio mensile del biometano	99
Tabella 11-Offerte postate dagli shipper per il mese di dicembre.....	100
Tabella 12-Stato di abbinamento delle offerte degli shipper.....	100
Tabella 13- offerte di acquisto e vendita sul mercato infragiornaliero.....	102
Tabella 14- Guadagni effettivi per le offerte di vendita postate dagli shipper	102
Tabella 15- Divisione dei vari guadagni e ricavo totale	103
Tabella 16- Percentuali di immissione in consumo del biometano.....	105
Tabella 17-Ipotesi sulla ripartizione percentuale delle quote immesse in consumo dei biocarburanti	107
Tabella 18-Prezzo medio annuale del biocombustibile relativo ad ogni stazione di rifornimento per l'anno 2020	108
Tabella 19-Incentivi per acquisto di nuove auto a basse emissioni	110
Tabella 20- Caratteristiche tecniche e prezzi di listino dei modelli di auto a bassa emissione.....	111
Tabella 21-Classi di appartenenza e incentivi	111
Tabella 22- Spesa sul biocarburante annua.....	112
Tabella 23- CO ₂ emessa e CO ₂ risparmiata	113
Tabella 24- Consumi di energia finale sul settore dei trasporti misurati in GWh	122
Tabella 25- Obblighi di immissione dei biocarburanti nel settore dei trasporti.....	125
Tabella 26- Fattori di emissione per la combustione di carburanti (fonte: ISPRA 2018)	127

Indice dei grafici

Grafico 1- Produzione di Biometano nel 2020	88
Grafico 2- Percentuale della produzione in Italia ripartita per ogni regione nel 2020	89
Grafico 3- Produzione di Biometano in Lombardia e Veneto nel 2020.....	90
Grafico 4- Sotto-obiettivi sulle quote di immissione di biocarburanti avanzati.....	91
Grafico 5- Energia prodotta e immessa dai produttori dal 2019 al 2022.....	92
Grafico 6- Certificati immissione in consumo disponibili ed erogati.....	93
Grafico 7- Guadagno dei produttori per l'immissione in rete	94
Grafico 8- Guadagni provenienti dalle vendite al GME.....	96
Grafico 9- Guadagno totale dei produttori scenario 2	97
Grafico 10- Delta prezzi di mercato per la compravendita di biometano.....	104
Grafico 11- Andamento dei profitti effettivi per i Soggetti Obbligati nell'anno 2020.....	108
Grafico 12- Ricavi annuali grazie agli incentivi sulle emissioni di CO ₂	114
Grafico 13- Percentuale degli incentivi in relazione al prezzo della CO ₂	115
Grafico 14-- Guadagni dalla vendita di biometano dei due produttori.....	116
Grafico 15- Profitti degli Shipper e Distributori.....	119
Grafico 16- Remunerazioni percentuali per i produttori.....	120
Grafico 17- Costi e ricavi dei produttori su base annuale	121
Grafico 18- Consumi finali di energia derivanti dai combustibili nel settore dei trasporti. a) gasolio e benzina a ribasso; b) GPL, biocombustibili e gas naturale in aumento	123
Grafico 19- Traiettorie della quota FER nel settore trasporti a fronte dei consumi finali.....	124
Grafico 20- Traiettorie di crescita rilevate e previste sui consumi di energia da fonti rinnovabili	126
Grafico 21- Emissioni di CO ₂ per ogni carburante immesso in consumo	128
Grafico 22-Variazione delle emissioni di CO ₂ dal 2020 al 2030	129

Abstract

In questa tesi viene presentato uno studio relativo alle opportunità che la tecnologia blockchain offre per la notarizzazione e tracciamento di una filiera nata recentemente: la filiera del biometano. Essa si inserisce in un periodo di forte cambiamento e ricerca di soluzioni per la decarbonizzazione del paese. Trova applicazione nel settore dei trasporti abbattendo drasticamente le emissioni di gas serra in ambiente e creando un perfetto esempio di economia circolare per la società.

Lo sviluppo del lavoro si è basato su un iniziale analisi della letteratura rilevante e si è evoluto attraverso lo studio del progetto di tracciatura del biometano messo al bando dal GSE nel 2020. La potenzialità della tecnologia ha fatto in modo che molti gruppi di ricerca si siano attivati per approfondirne i campi di applicazione e i vantaggi che la tecnologia può portare alla società. Gruppi come l'Osservatori Digital della community Politecnico di Milano o web-site e blog come blockchain4innovation sono stati consultati al fine di mappare le iniziative e il potenziale teorico della tecnologia in una molteplicità di campi differenti.

Dopo aver delineato, in linea generale, la potenzialità della blockchain e i benefici dell'uso del biometano nel settore dei trasporti, il focus è stato posto sul proof of concept (PoC), delineato dal GSE, che prevede l'analisi della filiera del biometano per la creazione di uno strumento utile a tracciare e notarizzare tutte le fasi di vendita e immissione del combustibile.

L'analisi del progetto è stata ricostruita sia grazie alla consultazione di articoli e ricerche pubblicate dalle aziende vincitrici del bando di gara al PoC, sia grazie a documenti interni ricevuti attraverso contatti con le aziende vincitrici (Accenture). Grazie ad essi, infatti, si sono potuti ricostruire non solo le use case ipotizzate e sviluppate ma anche l'architettura alla base della tecnologia a supporto del progetto avviato.

La parte descrittiva si conclude identificando una struttura a strati, in ognuno dei quali si inserisce un meccanismo per la gestione e il monitoraggio dei dati utili al tracciamento del biometano immesso e scambiato dai protagonisti della filiera.

Infine, si è passati ad elaborare un'analisi dei profitti energetici ed economici, relativi alle figure interessate nella catena, sviluppando un meccanismo di incentivazione in parte già presente e riconosciuto dal governo. In questo meccanismo, sono state evidenziate le opportunità di guadagno per coloro che, allo stato attuale, possono già far fronte a tali risorse e ipotizzate le possibili sorgenti di guadagno per coloro che attualmente non possiedono un piano di incentivazione.

Lo studio condotto, ha permesso inoltre, di individuare nel biometano un combustibile rinnovabile di utilizzo immediato per far fronte alla transizione energetica e obiettivi posti dall'EU. L'uso del biometano come combustibile può abbassare drasticamente le emissioni di gas serra e CO₂ immessa in ambiente apportando molti benefici all'ambiente, all'uomo e alla sua salute.

Introduzione

Oggi giorno, il mondo dell'energia sta cambiando totalmente: il tema della "transizione energetica" è uno dei più discussi a livello globale nell'ultimo decennio. Ma cosa si intende esattamente con Transizione Energetica? *"La transizione energetica è il passaggio da una struttura produttiva basata esclusivamente su fonti fossili a una alimentata da energie rinnovabili"* ci spiega l'ingegnere Alberto Bigi, Chief Innovation & Development di Sorgenia[1]. Per far avvenire ciò è necessario cambiare le fonti di approvvigionamento e ristrutturare l'economia del paese verso sorgenti sostenibili per l'ambiente e la società.

Da alcuni anni la comunità sta investendo su nuove politiche, tecnologie e fonti che possano dare vita a un nuovo modello di consumo sostenibile e su soluzioni utili a combattere il riscaldamento globale e cambiamento climatico. L'obiettivo è quello di ristrutturare le modalità di produzione dell'energia e utilizzo delle risorse con fonti energetiche sostenibili¹ e rinnovabili nel tempo, in modo da fornire alla popolazione mondiale l'energia necessaria per raggiungere un adeguato livello di sviluppo e garantendo allo stesso tempo la possibilità di crescita alle generazioni future[2].

Su questo tema si fonda lo studio di una nuova fonte rinnovabile: il biometano. Creato da sostanze di scarto alimentare e agricolo, il biometano rappresenta una fonte di approvvigionamento sostenibile nel settore dei trasporti, che potrebbe in parte ricoprire i consumi di energia appartenente al settore. Sostituire parzialmente i carburanti provenienti da fonti fossili con il biometano, permetterebbe una riduzione delle emissioni di CO₂ sostanziale. Infatti, si calcola che con il raggiungimento della quota del +22% di biocarburanti sostenibili nel settore dei trasporti, l'abbattimento della CO₂ in ambiente raggiungerebbe il valore di -55% entro il 2030. I vantaggi dell'uso del biometano come combustibile per i veicoli di trasporto, non si riflettano solamente nella salvaguardia dell'ambiente ed emissioni ridotte di gas serra, ma anche nell'economia del paese. La produzione del biometano genera valore nazionale in quanto proveniente da materie di scarto e prodotto localmente sul territorio attraverso il processo di upgrading del biogas. La facilità di approvvigionamento delle materie prime, il processo di produzione e la possibilità di trasporto e stoccaggio in un'infrastruttura già presente in Italia, fa sì che il prezzo del biocarburante sia inferiore rispetto ai combustibili convenzionali. Il risparmio annuo stimato nel 2030 sui costi del carburante raggiunge quasi i 4,5 miliardi di euro.

Ad avvantaggiare la produzione di biometano e lo sviluppo di questa filiera è la tecnologia blockchain che controlla e monitora i punti di interconnessione tra la rete fisica o punti virtuali di scambio e gli attori protagonisti del sistema. Grazie all'uso di una tecnologia decentralizzata è possibile tenere sotto controllo tutte le quantità in entry e in exit dai punti di interconnessione e confrontarle con quelle certificate dagli enti

¹ Per 'sviluppo sostenibile' si vuole intendere uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri. Si aderisce quindi alla definizione originaria, introdotta nel 1987 con il rapporto *Brundtland* dal *World Commission on Environment and Development*.

di produzione o scambio. La tecnologia blockchain è un sistema condiviso di registrazioni, visibile a tutti i partecipanti, la cui sicurezza si basa sul meccanismo di consenso richiesto ad ognuno di essi per accedere alle informazioni e all'uso di codici alfanumerici criptati. Poiché tutti i nodi, definiti nell'architettura della piattaforma, hanno la stessa importanza, tutti i partecipanti hanno la facoltà di consentire una transazione che sarà legata allo storico precedente attraverso il codice Hash. Questa tecnologia può portare diversi benefici per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione fissati dall'UE e questo lavoro di tesi ha l'obiettivo concretizzarli e metterli in evidenza attraverso lo studio e analisi di un prototipo.

Il lavoro di tesi si inserisce all'interno del progetto di ricerca messo al bando dal Gestore dei Sistemi Energetici *"Tracciabilità della filiera del biometano"* con l'obiettivo di seguire tutto il percorso dei lotti di biometano immessi e notarizzati nel sistema fino a giungere al cliente dove si chiude il cerchio della filiera. Il sistema sarà, inoltre in grado di registrare in maniera automatizzata la quantità di biometano o biocarburanti avanzati prodotti e analizzarli sia dal punto di vista fisico che commerciale.

L'analisi si articola in più capitoli: nel Capitolo I è descritta la filiera del biometano: dalle materie prime, al processo di produzione, all'immissione in rete. In questo capitolo vengono evidenziati i vantaggi e gli svantaggi del biometano come carburante rinnovabile e messo a confronto con il metano fossile. Infine, viene descritto il programma di evoluzione della produzione e immissione in rete di biocarburante grazie agli incentivi messi a disposizione dal governo con il Decreto Biometano. Nel Capitolo II si mette in luce la potenzialità della tecnologia blockchain descrivendone le caratteristiche e gli utilizzi nel settore energetico. Il Capitolo III si focalizza sull'uso della Blockchain per il tracciamento della filiera. In questo capitolo è stato analizzato il Proof of Concept, descritti le use case, messa in evidenza la logica dell'architettura e i legami tra gli attori principali della rete, descrivendone i ruoli e le funzioni. Il Capitolo IV è una implementazione del caso di studio che mette in evidenza la struttura della rete di distribuzione e descrive l'approccio degli utenti alla struttura al fine di identificare le risorse energetiche immesse e scambiate. Ampio spazio è dedicato all'identificazione dei ruoli e funzioni di ogni attore coinvolto, che attraverso il proprio portafoglio virtuale potrà gestire gli scambi del bene fisico. Nel Capitolo V, si spiega l'approccio utilizzato per la realizzazione della piattaforma blockchain a supporto della filiera. I cinque layer creati identificano le funzioni della piattaforma. Ogni strato ha una funzione definita che può essere: la raccolta ed elaborazione dei dati, la gestione delle interazioni tra gli utenti, il monitoraggio degli incentivi spettanti. Infine, il capitolo VI presenta la simulazione del caso di studio in cui vengono analizzati i guadagni di ogni attore a fronte delle ipotesi di produzione, immissione in rete, scambio e vendita al cliente finale. Ciò ha permesso non solo di verificare i benefici economici derivanti dall'immissione in consumo di biometano ma anche i vantaggi ambientali e sociali.

1 La filiera del Biometano

In questo primo capitolo illustreremo le caratteristiche principali del biometano, il processo di produzione e i vantaggi che il suo utilizzo può apportare alla società. Dopo una piccola introduzione sulla sua origine, sarà descritto il processo di produzione: dalle materie prime utilizzate alla formazione del biogas e al conseguente upgrading in biometano. In seguito, saranno delineate le differenze tra il biometano proveniente da fonti rinnovabili e sostenibili e il metano fossile e i vantaggi apportati al sistema con il suo utilizzo. Infine, esamineremo come il biometano si inserisce negli obiettivi 2030 per la decarbonizzazione del Pianeta.

1.1 La produzione

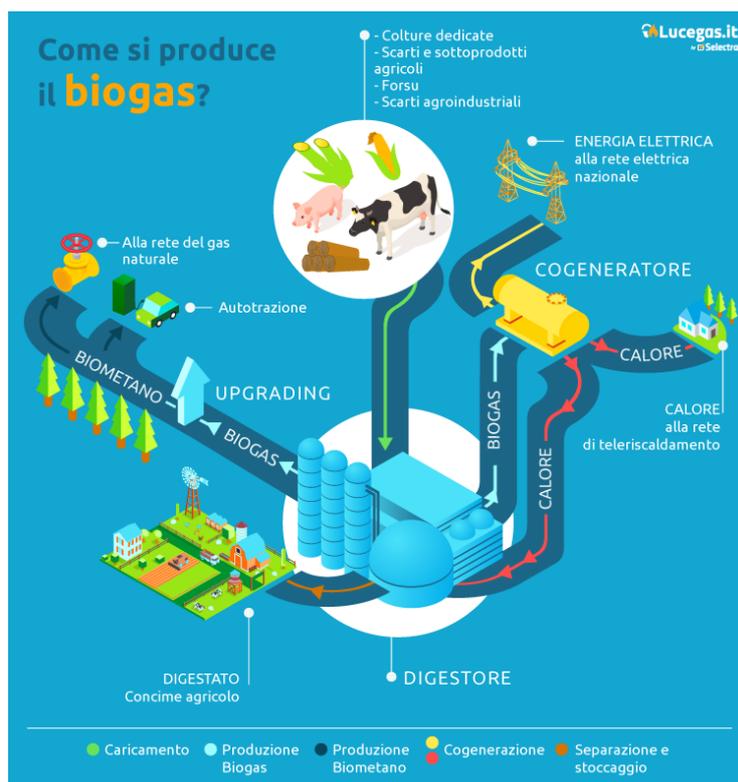
Il **biometano** è una fonte di energia programmabile e rinnovabile che viene prodotta da un'ampia varietà di biomasse, permettendo di rispondere agli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂.

Si tratta di un gas di origine biologica caratterizzato da una miscela di vari tipi di gas, esclusivamente naturali, senza aggiunte chimiche, composti principalmente da metano. La produzione del biometano avviene tramite processi di digestione anaerobica (assenza di ossigeno) di sostanze organiche provenienti da residui vegetali o animali. In particolare, si tratta di un **upgrading** di biogas o deriva dalla gassificazione delle biomasse.

I residui possono provenire da scarti dell'industria alimentare come, ad esempio, farine di scarto o prodotti scaduti oppure da scarti dell'industria zootecnica e dunque reflui degli animali o carcasse. In alcuni casi il biometano è realizzato da delle colture appositamente coltivate per la sua produzione come mais, zuccherino, grano, canna comune e nell'ultimo periodo si è sperimentato anche l'utilizzo delle alghe per la sua produzione. La produzione del biometano avviene in due fasi:

- Produzione del **biogas grezzo**.
- **Upgrading** o rimozione delle componenti non compatibili con l'immissione in rete (CO₂).

Figura 1-Produzione del biogas e del biometano



Nella prima fase i materiali di scarto, quali rifiuti organici di tipo agricolo o zootecnici, scarti agroindustriali e materiale raccolto dalla raccolta differenziata dell'organico, FORSU (Frazione Organica del Rifiuto Solido Urbano), vengono raccolti per generare il biogas all'interno di un digestore. Il processo che avviene all'interno del **digestore** lo possiamo paragonare, molto banalmente, al processo di digestione del cibo. Il materiale raccolto, prima di entrare all'interno del digestore, viene frantumato tramite appositi mulini, separati dalla frazione non degradabile, quali metalli, inerti e plastiche, e stoccati in grandi quantità all'interno di fosse o piazzali di raccolta. L'omogeneizzazione del materiale avviene con l'ausilio di acqua, che permette di ottenere un composto dalle caratteristiche fisico-chimiche ottimali per l'immissione nel digestore. In questa fase il materiale opportunamente tritato e omogeneo prende il nome di "**sospensione organica**". [3]

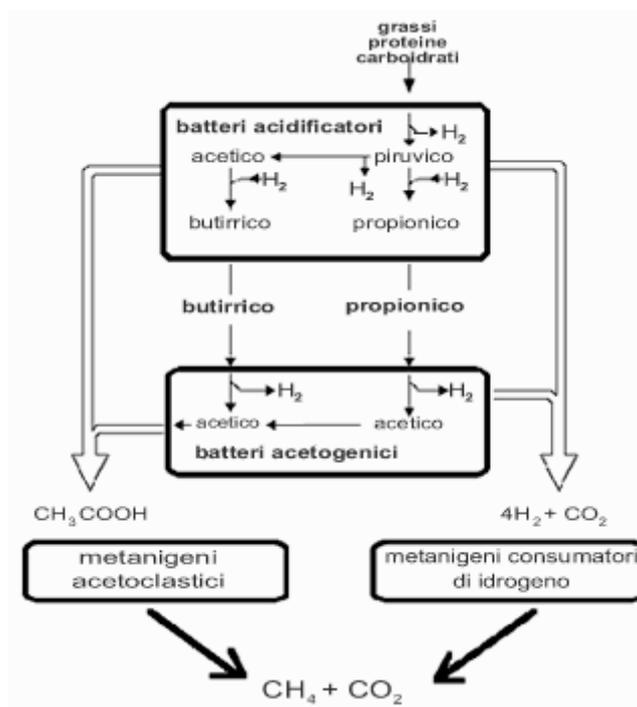
Una fase importante di questo processo è il controllo delle caratteristiche della sostanza generata, in particolare della temperatura e dell'umidità. La regolazione dell'umidità viene fissata tramite agitatori e miscelatori che diluiscono il composto con fanghi e acqua fino ad arrivare a un substrato idoneo per il tipo di processo previsto (umido, semi-secco, secco). La regolazione della temperatura può avvenire sia all'interno che all'esterno del digestore e ciò dipende sia dal tipo di accuratezza di controllo voluta durante il processo che dal regime termico previsto per l'impianto.

Quando la sospensione organica viene inserita all'interno del digestore, il digestore ne provoca la degradazione delle sostanze organiche attraverso i batteri. Il materiale viene continuamente mosso o mosso

in batch all'interno dei reattori per garantire una buona miscelazione del composto e favorire il contatto continuo tra i batteri e il substrato.

I **batteri** interni al reattore agiscono in due momenti diversi: un primo gruppo di **batteri acidificatori** dà il via al processo, trasformando la sostanza organica in composti intermedi, come idrogeno, acido acetico e anidride carbonica. Un secondo gruppo composta da **batteri acetogenici**, che sono *microrganismi metanigeni acetoclastici* e *metanigeni consumatori di idrogeno*, porta a termine il lavoro producendo il metano. [4]

Figura 2- Processo di digestione aerobica



Il processo sopra descritto permette la demolizione della biomassa introdotta in percentuali variabili tra il 40-60 % e porta alla formazione di biometano con le seguenti caratteristiche:

- 50-80% metano
- 15-45% anidride carbonica
- 5% altri gas (idrogeno, vapor acqueo e azoto)

L'energia sprigionata durante la miscelazione e la trasformazione delle proteine, carboidrati e grassi contenuti nei rifiuti portano alla formazione del biogas. Tale energia può essere destinata alla produzione di **energia termica**, tramite combustione in caldaia o alla produzione di **energia elettrica** attraverso gruppo di cogenerazione. La prima può essere introdotta all'interno della rete di teleriscaldamento, mentre la seconda viene immessa nella rete elettrica nazionale.

A prescindere dall'utilizzo che ne deriva, per migliorare le caratteristiche del biogas prodotto, è opportuno aumentare il potere calorifero della miscela riducendo la presenza di anidride carbonica, azoto e acqua e

depurare l'impianto in modo da evitare la sua corrosione. In questo modo viene limitata l'eventuale presenza di idrogeno solforato e composti organici alogenati che generano acqua e dunque corrodono l'impianto.

Un altro utilizzo del biogas prodotto all'interno del digestore è l'alimentazione e sostentamento del fabbisogno energetico dell'impianto stesso.

Il materiale in uscita dal digestore è un fango liquido, la cui frazione solida è inferiore al 25% e non completamente stabilizzato in quanto la materia organica non è completamente degradata. Il processo successivo che porta alla formazione del biometano consiste in una raffinazione del biogas chiamata **upgrading**. In questa fase il biogas viene privato delle impurità presenti e delle componenti indesiderate passando a una composizione di frazione solida pari al 45%. La disidratazione e stabilizzazione aerobica del composto avviene attraverso tecnologie diverse, quali pressa a vite, nastropressa o centrifuga.

La stabilizzazione del fango avviene attraverso due stadi di bioossidazione accelerata e post-maturazione così da poter essere ulteriormente raffinato e appositamente stoccato. Il risultato della purificazione è il biometano con una composizione fisica del 95% di metano, assimilabile dunque, al gas naturale di origine fossile. Il materiale di scarto di tale processo è invece il "**digestato**", un materiale inodore, liquido o solido che dopo appositi trattamenti può essere riutilizzato nelle coltivazioni come un **concime** di alta qualità. Il digestato, infatti, passa attraverso delle centrifughe in modo da poter separare l'acqua dal residuo solido. In seguito, passa attraverso un tunnel dedicato a un trattamento aerobico tramite insufflazione di aria per consentire l'ossidazione e la stabilizzazione del prodotto di scarto così da ottenere un ottimo fertilizzante.

1.2 Vantaggi e svantaggi del biometano

Le potenzialità del biometano sono parecchie. Produrre una miscela così utile al **fabbisogno energetico** della comunità e che allo stesso tempo sia **rinnovabile, ecologica e programmabile** risulta una grande opportunità.

I materiali impiegati nella produzione sono accessibili a tutti e facilmente reperibili in ogni ambiente. Infatti, poiché i materiali usati sono rappresentati dai rifiuti civili, agroalimentari e industriali, è importante istruire la comunità ad evitare gli sprechi di prodotti utili alla sua produzione attraverso la **raccolta differenziata** e smaltimento di rifiuti recuperabili. Tutti i prodotti, dunque, devono essere separati in maniera opportuna in modo da poter essere utilizzati per la formazione del biogas e biometano senza danneggiare gli impianti di produzione.

La **flessibilità** del prodotto è un altro punto di forza del biometano che può essere sfruttato in qualsiasi campo di applicazione: dal diretto inserimento nella rete di metanodotti gestita da Snam per l'utilizzo di energia prodotta come **fonte termica**, alla trasformazione del prodotto in **energia elettrica** attraverso appositi cogeneratori, all'utilizzo del materiale più raffinato nei veicoli di trasporto come **carburante**.

La **programmabilità** della fonte rende il biometano ancora più interessante agli occhi delle autorità che si occupano d'impatto ambientale e **sviluppo sostenibile**. Affinché una fonte di energia possa essere considerata sostenibile è importante che la modalità di produzione si fondi sui tre ambiti su cui si basa tale concetto: ambito economico, ambientale e sociale. Dunque, è sostenibile quell'energia che viene prodotta utilizzando beni e risorse disponibili attualmente in natura soddisfacendo i propri bisogni ma senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i loro. Si tratta di un approccio che riguarda sia la **produzione energetica**, che deve rispettare i termini di energia rinnovabile toccando gli ambiti sociali ed economici, che l'utilizzo ottimizzato della stessa, facendo riferimento all'impatto ambientale che la risorsa ha sull'ambiente. [5]

Avere un impatto sociale significa avere una risorsa **disponibile** e **reperibile** da tutti in maniera illimitata senza alcun vincolo di consumo o di spese. Ad esempio, tutte le fonti rinnovabili per eccellenza, come energia solare, eolica, energia proveniente dall'acqua sono illimitate e disponibili a tutti a un basso costo, ma esse non possono essere programmate, ciò le rende poco efficienti ed utilizzabili in maniera continua. Al contrario, il biometano che proviene da rifiuti e scarti è sempre reperibile a un costo quasi nullo e garantisce la **circolarità dell'economia** perché fa sì che uno scarto, destinato alla discarica possa essere convertito in una risorsa.

Ciò, tuttavia, non avviene senza pagarne un prezzo. Anche se i vantaggi sono molto più numerosi, la produzione del biogas e biometano comporta alcuni svantaggi come, ad esempio, il **consumo del suolo agricolo**. Per produrre il composto infatti sono necessari grossi impianti di conversione del prodotto che non solo occupano un territorio che potrebbe essere coltivato ma sfruttano anche alcuni prodotti che hanno una resa altissima nella produzione del biometano, come il mais. La cultura di mais, infatti, è stata intensificata con uso di concimi e acqua per garantire una maggiore produzione della piantagione da utilizzare negli impianti.

Spesso, inoltre, tali impianti di produzione sono numerosi e maleodoranti. Hanno un impatto non indifferente sia sul paesaggio che sull'ambiente se man gestiti. I pericoli più grandi provenienti da una cattiva manutenzione sono i rischi di sversamento, contaminazione e dispersione di gas nel territorio circostante che vanno ad inquinare le falde acquifere o l'aria con fumi e cattivi odori.

1.3 Quali sono le differenze tra il biometano e il metano?

Se il **metano** risulta essere il combustibile fossile più pulito e per questo largamente utilizzato anche in Italia, il **biometano** rappresenta una svolta aggiuntiva tra i green fuel.

La differenza principale tra i due sta nell'**emissione di CO₂** residua. Il metano fossile se portato a combustione produce il 35% di emissioni, pari al 23% di emissioni di CO₂ in meno rispetto agli altri combustibili fossili come benzina e diesel con i quali vengono alimentati i motori, mentre il Biometano non oltrepassa la soglia dell'1%.

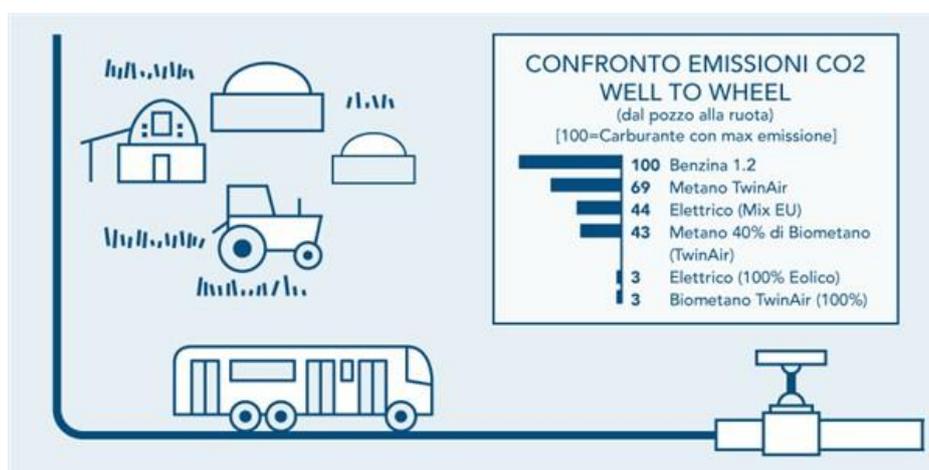
Si abbassano drasticamente le emissioni di Gas Serra e in questo modo ne viene incentivata la produzione e l'utilizzo dall'Unione Europea che ha come obiettivo l'abbattimento delle emissioni di almeno il 40% rispetto al 1990 entro il 2030. In un'intervista rilasciata da Massimo Centemero, direttore del C.I.C., Consorzio Italiano Compostatori, si sottolinea come: "Il biometano possa rivestire un ruolo fondamentale nella strategia del nostro Paese sul fronte della **lotta al mutamento climatico**, determinando una transizione energetica verso un'**economia a basso contenuto di carbonio** fondata sulla sostenibilità e sulla circolarità nell'utilizzo delle risorse." Con queste parole Massimo Centemero focalizza la sua attenzione su due concetti fondamentali del ventunesimo secolo: la **decarbonizzazione** e l'**uso sostenibile delle risorse**. [6]

Con l'avvento e la diffusione dei gas rinnovabili la decarbonizzazione diventa un obiettivo più facilmente raggiungibile su un lungo periodo. Grazie, infatti, alla diffusione del biometano come fonte di approvvigionamento primario, si riducono ulteriormente gli utilizzi di quelle fonti fossili che provocano un maggior inquinamento ambientale. D'altro canto, l'incentivazione dell'utilizzo del biometano si potrebbe tradurre in una produzione di metano pulito ed ecologico in grado di soddisfare la metà del fabbisogno attuale dell'Unione Europea.

La figura 3 ci mostra quali sono le emissioni di CO₂ dei vari combustibili utilizzati per il soddisfacimento del fabbisogno mondiale. In particolare, l'analisi delle emissioni è stata fatta su tutto il ciclo di vita del combustibile, LCA (**Life Cycle Analysis**), dall'estrazione del combustibile, al suo impiego, riciclo o riutilizzo. Dai dati provenienti da **Eurostat**, l'ufficio statistico dell'Unione europea responsabile della pubblicazione dei dati statistici e indicatori di qualità a livello europeo, ne deriva che il maggior combustibile inquinante è la benzina 1.2 seguita dal Metano Twin Air e dal mix elettrico definito dall'Unione Europea.

Se il massimo valore di emissioni è settato sulla benzina 1.2 con un valore effimero di 100 unità, i due combustibili più green, secondo le statistiche, risultano essere l'energia elettrica generata per il 100% dall'eolico e il biometano TwinAir, che nella scala da 1 a 100, hanno una quantità di emissioni pari a 3 unità.

Figura 3-Confronto emissioni CO2



In conclusione, anche se il biometano non potrà essere una soluzione definitiva alla transizione energetica in quanto per la sua produzione occorrerebbe togliere molti ettari di terreno destinati all'agricoltura, introdurlo nel **mix energetico** del Paese porterebbe a un grande vantaggio in termini di qualità ambientale.[7]

1.4 Il biometano negli obiettivi del 2030

Dopo il piano di azione 20-20-20 che rappresenta l'insieme delle misure pensate dall'Unione Europea per salvaguardare l'ambiente e il territorio, ridurre le emissioni di CO₂ e garantire lo sviluppo sostenibile, il MISE (Ministero Internazionale dei Servizi Energetici) ha presentato il testo ufficiale del Piano Energia e Clima per implementare gli obiettivi di efficienza energetica e riduzione delle emissioni di gas serra attraverso le fonti rinnovabili.

Con il pacchetto "Clean Energy for all Europeans Package" si è stabilito di raggiungere e superare gli obiettivi dell'Unione Europea relativi al 2020 attraverso l'efficienza e sicurezza energetica, l'utilizzo di fonti rinnovabili e il mercato unico dell'energia. In particolare, gli obiettivi finali da raggiungere sono:

- Aumentare la quota delle energie rinnovabili all'interno del mix energetico europeo sui consumi finali lordi dal 20% al 32% entro il 2030;
- Ridurre i consumi di energia primaria rispetto al valore tendenziale fino a -32,5% aumentando l'efficienza di produzione degli impianti.
- Ridurre le emissioni di gas serra rispetto a 1990 del 40%.

In questo contesto di raggiungimento degli obiettivi proposte da 3 istituzioni ministeriali: MISE, MIT e MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) e con la collaborazione del GSE, ENEA e altre istituzioni, tutte le fonti rinnovabili programmabili e non prendono posto all'interno del nuovo scenario per contribuire attraverso nuove tecnologie nel processo di sviluppo sostenibile.

1.4.1 Rapporto statistico 2018- Fonti di energia rinnovabile

Dal 2018 le **fonti rinnovabili di energia** (FER) hanno confermato il proprio ruolo di rilievo all'interno del mix energetico italiano trovando impiego diffuso sia nel settore elettrico per la produzione di energia, sia nel settore termico per il riscaldamento e raffrescamento, sia come biocarburanti nel settore dei trasporti. In una visione più ampia di raggiungimento dei target fissati per l'Italia dalla direttiva 2009/28/CE e dal **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)**, il cui obiettivo è quello di coprire i consumi energetici totali da FER per una quota del 30%, il biogas e biometano rappresentano solo una piccolissima percentuale pari a circa lo 0.5%. I due fuel sono stati utilizzati per lo più nel settore dei trasporti e settore termico e conteggiati solo ai fini del monitoraggio degli obiettivi fissati dalla Direttiva 2009/28/CE. [8]

Di seguito sono state riportate due tabelle che sintetizzano in maniera più evidente le percentuali di fonti rinnovabili nel 2018 impiegate nei due settori. A fronte di consumi lordi di energia finali provenienti da FER possiamo notare che solo lo 0.5% di biogas e biometano è stato impiegato nel settore Termico e lo 0.3% nel settore Trasporti.

Tabella 1--Settore Termico- Energia da fonti rinnovabili nel 2018

ktep	Consumi diretti	Produzione lorda di calore derivato		Totale	Variaz. % sul 2017
		Impianti di sola produzione termica	Impianti di cogenerazione		
Geotermica	128,1	21,0	-	149,1	-0,5%
Solare	218,4	0,1	-	218,6	4,6%
Frazione biodegradabile dei rifiuti	267,8	-	138,8	406,6	6,9%
Biomassa solida	6.458,0	80,2	445,9	6.984,1	-7,0%
Bioliquidi	-	0,7	51,0	51,6	11,0%
- di cui sostenibili	-	-	48,9	48,9	13,7%
Biogas	41,8	0,1	213,7	255,6	-4,4%
Biometano*	12,6	0,1	1,3	14,0	..
Energia rinnovabile da pompe di calore	2.596,2	-	-	2.596,2	-2,0%
- di cui conteggiabile ai fini del monitoraggio obiettivi UE**	2.595,9	-	-	2.595,9	-2,0%
Totale	9.710,2	102,2	849,3	10.661,7	-4,9%
Totale ai fini del monitoraggio obiettivi UE (dir. 2009/28/CE)	9.722,6	101,6	848,5	10.672,7	-4,8%

Tabella 2-Settore Trasporti- Biocarburanti immessi in consumo nel 2018

	Biocarburanti totali			di cui biocarburanti sostenibili		
	Quantità (tonnellate)	Energia* (ktep)	Variaz. % sul 2017	Quantità (tonnellate)	Energia* (ktep)	Variaz. % sul 2017
Biodiesel**	1.377.205	1.217	18,3%	1.377.205	1.217	18,5%
Bioetanolo	1.243	1	..	1.243	1	..
Bio-ETBE***	36.995	32	-3,7%	36.872	32	-3,9%
Biometano****	363	0,4	..	-	-	..
Totale	1.415.806	1.250,1	17,7%	1.415.320	1.249,6	17,9%

Anche se le quote dei due combustibili, ricavate dal Rapporto Statistico 2018 reperibile nel sito del **GSE Gestore dei Sistemi Energetici**, risultano essere trascurabili rispetto ad altre fonti di energia rinnovabile più efficienti, si registra comunque una crescita dell'uso di tali biocarburanti che da 20 tonnellate del 2017 arriva a 1200 tonnellate nel 2018.

1.4.2 Rapporto statistico 2018- Biogas e Biometano

Attualmente l'Italia conta più di 1500 impianti di biogas distribuiti in tutto il territorio nazionale. Come tutte le altre fonti rinnovabili, anche l'installazione del biogas e biometano variano notevolmente sul territorio sulla base di numerose condizioni esogene che ne favoriscono lo sviluppo. Territori più facilmente coltivabili e produttivi dal punto di vista agricolo permettono una maggiore disponibilità e produzione di bioenergie, così distribuite nel territorio italiano secondo statistiche provenienti dal GSE.

Figura 4-Bioenergie- Quota regionale della produzione sul totale nazionale



Gli impianti complessivi in Italia presentano un bacino di produzione di oltre 2 miliardi di metri cubi di gas naturale, potenzialmente trasformabile in biometano e hanno una potenza installata media pari a meno di 1 MW. Da un'analisi approfondita si può notare che il contributo predominante di biogas è fornito dalle regioni dell'Italia settentrionale, la prima regione è la Lombardia con il 34,4% seguita da Veneto, Emilia-Romagna e Piemonte che nel 2018 hanno generato un totale di circa **8.300 GWh** di energia elettrica proveniente tale risorsa.

Poiché il contributo dei due fuel risulta all'interno del mix energetico ridotto rispetto alle altre fonti, ha trovato inizialmente una maggiore applicazione nell'utilizzo privatistico da parte delle utenze industriali. In questo modo si è ottenuto un risparmio nei costi di approvvigionamento del combustibile sul sistema di trasmissione naturale del gas naturale e un maggiore utilizzo all'interno delle industrie di produzione.

Tuttavia, gli incentivi da parte del GSE hanno portando a un'evoluzione verso l'immissione in rete del prodotto, piuttosto che all'uso privatistico.

1.4.3 Decreto 5 dicembre 2013

Una prima norma in tal senso è il [Decreto del 5 dicembre 2013](#) che prevede incentivi per l'immissione in rete, per la cogenerazione e per i trasporti del biometano. Il decreto stabilisce le modalità di incentivazione per il biometano immesso nella rete dei gasdotti stabilendo sia quali devono essere le caratteristiche necessarie del biometano per essere immesso in rete sia le modalità di misurazione della quantità in ingresso e in uscita dai metanodotti.

Considerato che il biometano risulta una risorsa utile ai fini della sostituzione dell'utilizzo dei combustibili di origine fossile, nell'ottica di contribuire alla riduzione delle emissioni inquinanti nel settore termico, elettrico

e anche nei trasporti, è necessario che le Autorità stabiliscono quali sono le **caratteristiche fisico-chimiche** affinché esso risulti idoneo alla fase successiva di utilizzo e inserimento nei settori sopra indicati.

Con il decreto sono stati individuate tre categorie d'impianto per le quali sono stati definiti diversi aspetti normativi, come ad esempio la data di primo funzionamento e/o inserimento nella rete del gas naturale, l'obbligo di connessione di terzi o sistemi di trasporto secondari non connessi alla rete di trasporto, **un'unità di misura standardizzata** per misurare la capacità produttiva dell'impianto e le disposizioni fiscali da applicare a ogni impianto.

Dato al soggetto produttore la facoltà di immettere in rete il biometano, l'assegnazione degli incentivi avviene da parte del GSE pubblicando annualmente un bollettino informativo con l'elenco degli impianti ammessi agli incentivi. L'incentivo può avvenire a condizione che l'impianto abbia una capacità produttiva di almeno **250 standard metri cubi/ora** e se la tipologia delle materie impiegate per la produzione del biometano risultano essere dei rifiuti in una percentuale di almeno il 50% in peso.

L'incentivo è corrisposto per un periodo pari a **20 anni** a decorrere dalla data di entrata in esercizio dell'impianto e viene erogato in base alle tariffe del gas naturale definite dall'Autorità considerato la percentuale di biometano immesso sulla rete rispetto al quantitativo totale di gas naturale.

Ai fini di commisurare il valore dell'incentivo si considerano anche le seguenti caratteristiche: l'impiego del biometano nei vari settori previsti, la tecnologia utilizzata per la produzione del combustibile e l'ubicazione dell'impianto. Quest'ultima caratteristica di incentivazione è stata pensata in modo da favorire un'omogeneizzazione della produzione sul territorio.

Il Decreto del 5 dicembre è stato sostituito di recente con il [Decreto del 2 marzo 2018](#) il quale introduce incentivi specifici per la produzione del biometano da impiegare nei trasporti.

1.4.4 Decreto del 2 marzo 2018

Con quest'ultimo Decreto viene promosso l'uso del biometano e degli altri biocarburanti avanzati nel **settore dei trasporti** in linea con la Direttiva Europea sulla promozione dell'energia da fonte rinnovabile.

In particolare, con questo decreto si va ad analizzare una situazione in cui il raggiungimento degli obiettivi minimi, richiesti dall'Unione Europea al 2020, in materia di fonti rinnovabili complessive era stato concluso, senza tuttavia significative realizzazioni di impianti di produzione del biometano. Con tale decreto si predispone, dunque, un aggiornamento per dare priorità al biometano da impiegare nel settore dei trasporti, rinviando l'uso e l'applicazione dello stesso a un successivo decreto da emanare a valle del raggiungimento del target delle fonti rinnovabili nei trasporti.

Il decreto cita:

- “considerato che il biometano risulta una risorsa utile ai fini della sostituzione dell’utilizzo dei combustibili e dei carburanti di origine fossile e quindi anche per la riduzione delle emissioni di gas serra;
- considerato che il biometano deriva dal biogas, fonte energetica rinnovabile programmabile che consente la gestione degli impianti in regime di programmazione flessibile;
- considerato che il biometano di produzione nazionale può costituire un elemento importante per la sicurezza degli approvvigionamenti essendo slegato da possibili interruzioni sulle grandi reti di trasporto 8 internazionali del gas naturale;

Il GSE provvede a incentivare la produzione e l’uso del biocombustibile nel settore dei trasporti, provvedendo al ritiro della fonte a un prezzo pari a quello medio ponderato con le quantità registrate sul mercato a pronti del gas naturale (MPGAS) nel mese di cessione, ridotto del 5%.”[9]

Ai fini della determinazione della quantità di biometano massima producibile di ogni singolo impianto, il GSE utilizza i dati relativi alla capacità produttiva di ogni singolo impianto e un numero di ore teorico di funzionamento che definisce nelle proprie procedure applicative.

1.5 La trasformazione della filiera del Biometano attraverso la tecnologia blockchain

Se l’utilizzo del biometano nel mix energetico europeo è una proposta innovativa che sta prendendo forma grazie ai molteplici incentivi da parte del GSE, a rendere ancora più innovativo il settore è la sperimentazione della tecnologia **blockchain** a servizio della filiera del biometano.

L’obiettivo del GSE è quello utilizzare la tecnologia della blockchain a servizio dei temi della **transizione energetica** e della sostenibilità ambientale e sociale per favorire lo sviluppo di soluzioni smart energy e aprire il mercato dell’energia anche a piccoli player. Infatti, oggi il più grande intoppo per la compravendita di energia sono i costi di transazione che risultano essere proibitivi per la maggior parte dei soggetti più piccoli che di fatto sono esclusi dal mercato. La blockchain non solo risolverebbe il problema legato ai costi delle transazioni, aprendo il mercato anche ai piccoli player attraverso i mercati locali chiamati “energy community”, ma, risulterebbe utile anche nella registrazione e tracciabilità dell’energia prodotta, dalle risorse utilizzate alle emissioni rilasciate in ambiente.

Per tracciabilità della filiera del biometano attraverso blockchain si intende la **tracciatura automatizzata** e sicura della filiera relativa al meccanismo di incentivazione del biometano e dei biocarburanti avanzati, impiegati nel settore dei trasporti, sia dal punto di vista fisico che da quello commerciale.

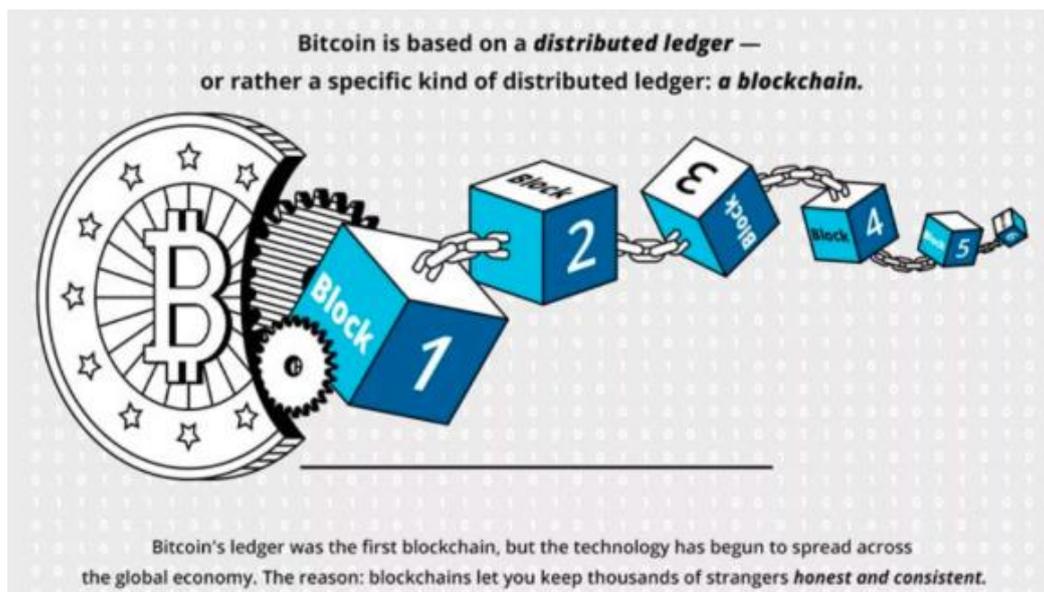
2 La Blockchain

In questo capitolo illustreremo il funzionamento della blockchain a livello teorico, partendo dalla descrizione della “*catena di blocchi*” definiremo le caratteristiche principali della blockchain e la sua funzione. Studieremo quali sono i campi di applicazione della blockchain e come questi si stanno evolvendo indirizzandosi sempre di più nel settore energetico. Verranno analizzati i componenti e le strutture principali della tecnologia e la logica del funzionamento. Infine, dopo aver delineato quali sono gli sviluppi futuri e quali le normative vigenti, sono stati messi a paragone i due modelli divenuti più famosi nel mondo dell’“*Internet of value*” Bitcoin ed Ethereum.

2.1 Cos'è la blockchain

La blockchain, il cui nome significa letteralmente “*catena di blocchi*”, è una struttura dati condivisa e immutabile. Tutte le voci sono raggruppate in blocchi concatenati tra di loro in ordine cronologico, e la cui integrità è garantita dall’uso della crittografia. La blockchain è considerata come un **registro digitale** aperto e distribuito in grado di memorizzare record di dati solitamente denominati “transazioni” in modo sicuro, verificabile e permanente. È nata con l’obiettivo di accedere, scambiare e trasferire beni fisici o competenze che una volta scritti non possono essere retroattivamente alterati senza che vengano modificati tutti i blocchi successivi al precedente. Per poter intervenire sul dato, dunque, replicandolo o modificandolo sarebbe necessario il consenso da parte della maggioranza della rete.

Figura 5-Rappresentazione della Blockchain in blocchi e catene



I **blocchi**, sulla blockchain, sono delle informazioni digitali che archiviano informazioni su transazioni come data, ora e importo. In esse sono memorizzate le informazioni sugli utenti attivi alla partecipazione delle

transazioni, garantendone la privacy attraverso la firma digitale. Ogni blocco ha la funzione di registrare un codice identificativo e univoco per ogni operazione chiamato “hash²”. Si tratta di una serie alfanumerica costituita da dodici caratteri che ci permette di distinguere un blocco da un altro.

Affinché un blocco venga aggiunto alla catena che li lega devono accadere diverse cose:

1. Deve avvenire una transazione di denaro per acquistare un bene fisico o virtuale.
2. La transazione deve essere verificata. Nel caso della blockchain, la verifica non avviene da una terza parte ma dalla rete di computer che hanno la facoltà di verificare che la data, l’ora, l’importo e i partecipanti siano quelli indicati sul blocco.
3. La transazione deve essere archiviata in un blocco assieme alle firme digitali dei partecipanti.
4. Si attribuisce al blocco un codice identificativo e univoco, l’hash.

Nel momento in cui viene assegnato un codice hash al blocco, il blocco viene aggiunto alla blockchain e diventa pubblicamente disponibile a chiunque. [10]

2.2 Come funziona la Blockchain

Per comprendere meglio cos’è la blockchain, come funziona e come viene applicata nelle transazioni online è necessario parlare della nuova generazione di internet: “**Internet of Value**³”. L’Internet of Value è l’insieme di tutte le applicazioni di Distributed Ledger, nella quale fa parte anche la blockchain che ci permette di scambiare qualsiasi tipo di risorsa con un altro utente. Questi scambi vengono identificati come trasferimenti di asset di valore e abilitati grazie alle Distributed Ledger, che sono delle reti digitali di nodi.

I nodi trasferiscono e condividono informazioni secondo sette principi base dell’Internet of Value che sono: la trasparenza, la sicurezza, l’immutabilità, il consenso, la responsabilità, la programmabilità e la decentralizzazione. Essi sono garantiti dal sistema di organizzazione del protocollo, dal meccanismo di validazione della transazione e dal modello di gestione del consenso. Tale organizzazione consente una comunicazione unica e sicura tra i vari utenti che scambiano valore all’interno della comunità.

Come nel mondo tradizionale, il trasferimento del valore o di asset⁴ è uno scambio di informazioni, beni fisici o competenze che assumono tale significato in quanto insufficienti per soddisfare la necessità o convenienza del mercato. La differenza tra il modo tradizionale di scambio e il trasferimento attraverso blockchain sta nella possibilità di trasferire valore al pari di informazioni in modo più ampio accedendo a una rete distribuita.

[11]

² La funzione di Hash è un sistema matematico che consente di convertire un messaggio di lunghezza arbitraria in un messaggio in codice alfanumerico di lunghezza fissa o prefissata

³ L’Internet of Value è una rete digitale di nodi che si trasferiscono valore, anche in assenza di fiducia, attraverso un sistema di algoritmi e regole criptografiche che permette di raggiungere il consenso sulle modifiche di un registro distribuito che tiene traccia dei trasferimenti di valore tramite asset digitali univoci.

⁴ Un asset è un’entità materiale o immateriale suscettibile di valutazione, il cui valore è dato dalla capacità dell’entità di conseguire un fine o dalla funzionalità dello stesso a perseguire tale fine.

2.2.1 Centralized Ledger vs Distributed Ledger

Per consentire uno scambio all'interno di una comunità è necessario definire un modello su cui tutti gli utenti convergono per sostenere la propria economia. Nascono sotto questo ideale due modelli di governo opposti o macrocategorie di **Ledger**⁵:

- Centralized Ledger
- Distributed Ledger (DLT)

I due modelli di governo possono essere definiti meglio come dei registri digitali in cui vengono annotate transazioni economiche per registrare contratti, pagamenti, operazioni di compravendita o movimenti di beni o proprietà, ma agiscono secondo due principi diversi. Il primo viene identificato come una raccolta di tutti gli account e di tutti i sistemi contabili che tengono conto di dati finanziari e non, al pari di una spina dorsale in cui convergono tutte le informazioni. Esiste una sola autorità centrale al comando che gestisce tutte le transazioni. Il secondo è un "libro mastro" condiviso, in quanto non esiste un amministratore centrale o un archivio di dati centralizzato, ma tutti i partecipanti all'interno della rete possono avere la propria copia identica del libro mastro, apportare modifiche e rilasciarle sul web. Il principio su cui si basa il Distributed Ledger è il voto. Quando si apportano delle modifiche o degli aggiornamenti, ogni nodo esegue un voto in modo che sia garantita una maggioranza di consenso. Dato il consenso, infatti, il database viene aggiornato automaticamente e sarà inviata una copia a tutti i nodi o utenti.

Figura 6-Centralized ledger vs Distributed ledger



I due approcci sono completamente diversi e ognuno di essi porta con sé vantaggi e svantaggi. Ad esempio, nel caso del Centralized ledger, avere una sola entità garante degli scambi dell'intera comunità permette di avere un **superpartes** responsabile della certezza, immutabilità e sicurezza delle transazioni, ma allo stesso

⁵ Un Ledger è un libro di registrazione che conserva tutte le transazioni dell'organizzazione.

tempo ciò può comportare diversi rischi in quanto unico ad avere il potere di agire sullo scambio. Al contrario, nel caso del Distributed Ledger, gli utenti hanno il controllo di tutte le loro informazioni e transazioni, ciò garantisce una maggiore sicurezza e affidabilità delle informazioni e inibisce la possibilità di fallimento in caso di attacchi esterni. Eliminando gli intermediari si riducono anche i costi generali per lo scambio di attività e per i servizi gestiti dai terzi.

2.2.1.1 *Le infrastrutture dei Distributed Ledger*

Tra le due piattaforme, la Distributed Ledger, è quella che si sta diffondendo maggiormente nella community. Esse sono costituite da:

- una **infrastruttura** che è la rete di nodi che gestisce il registro distribuito;
- un **protocollo**, che sono delle regole informatiche che definiscono la struttura della piattaforma.

Attraverso queste due caratteristiche la transazione è resa immutabile e sicura.

Nello specifico la verifica e validazione avviene attraverso un **Timestamp** o **Marca Temporale**, che consente di associare una data e un'ora certa e legalmente valida a un documento attraverso l'utilizzo del registro distribuito esistente. In questo modo il meccanismo certifica che il documento non sia stato modificato nel tempo, alterato o annullato e ciò è garantito dall'uso di funzioni di hashing che permettono di ricondurre l'intero documento a un codice alfanumerico di lunghezza fissa, **Hash**. L'applicazione della Marca Temporale è un processo che viene definito come Timestamping ed è una delle basi di funzionamento della blockchain. Un'altra regola su cui si basa l'infrastruttura è la **programmabilità** delle transazioni. Ovvero il verificarsi in maniera automatica, a seguito di un evento, un insieme di istruzioni espresse in linguaggio informatico. Poiché avvengono in maniera automatica esse non possono essere arrestate ma definite in principio attraverso i famosi "**smart contract**⁶".

Lo smart contract permette di verificare che le condizioni concordate siano rispettate e di eseguire in automatico le azioni utili al fine della transazione. In alternativa allo svolgimento diretto dell'azione programmata, può dare la disposizione agli operatori di eseguire le azioni necessarie per concludere la transazione. Si basa su uno script, un linguaggio di programmazione molto semplice, che ha la funzione di legge all'interno del contratto sia le clausole concordate sia le condizioni operative nelle quali devono verificarsi le condizioni stesse. Si auto-esegue solo quando i dati riferiti alle situazioni reali corrispondono ai dati riferiti alle condizioni e clausole concordate.[10]

⁶ Lo smart contract è una procedura automatizzata che ha il compito di tradurre o trasporre in codice informatico un contratto stipulato tra le controparti.

2.2.1.2 Attivazione dei servizi nelle infrastrutture: il Token

Per attivare i servizi di scambio di asset e garantire allo stesso tempo sia l'immutabilità delle transazioni che della corretta esecuzione del codice informatico che produce il bene fisico nel mondo digitale è necessario avere un **asset nativo**. Bisogna cioè attribuire al cryptoasset il valore di un gettone che rappresenta il diritto di un utente a scambiare denaro e partecipare agli acquisti di un bene. Il gettone nel mondo digitale prende il nome di **Token** ed è paragonabile ai gettoni utilizzati negli autoscontri del lunapark. Senza il gettone è possibile salire sull'auto ma per metterla in moto e poter iniziare a giocare è indispensabile il gettone che ci dà il diritto di fruizione per un determinato periodo. Il Token è dunque, un gettone che può essere considerato una "legatura digitale" tra un bene "off chain" cioè un bene fisico presente nel mondo esterno alla blockchain e un asset nativo delle blockchain.

Grazie ad esso e a un sistema matematico che definisce il valore del token attraverso lo smart contract è garantita la validità dell'utente che può operare nel mercato digitale senza la necessità di una terza parte intermediaria. Il Token, infatti, può essere inteso come un algoritmo implementato o come uno smart contract che in sé contiene diverse informazioni digitali in grado di conferire un diritto di proprietà ad un soggetto sull'insieme stesso di informazioni che sono registrate su una blockchain e che possono essere trasferite tramite un protocollo. Un token contiene:

- degli **indirizzi** che permettono l'individuazione di tutti coloro che possiedono dei token e il rispettivo saldo, come se fosse un wallet digitale.
- le **regole di accesso** al proprio portafoglio digitale mediante una chiave privata che è associata a quella pubblica per riconoscerla sul sistema.
- tutte le informazioni relative alle **caratteristiche del token**. Poiché essi si distinguono in più macrocategorie si possono elencare:
 1. *Security token* o *d'investimento* se sono asset digitali scambiabili sulle piattaforme Distributed Ledger ma anche al di fuori del network solo se collegati a un asset reale. La loro particolarità è la *programmabilità* del token che permette di creare dei vincoli e delle regole predefinite e cablate che ne determinano l'utilizzo del token, la *frazionabilità* delle fonti di liquidità che consente di attingere da più fonti di liquidità e inviare il pagamento a più beneficiari, l'*auditabilità* che permettere di mantenere una traccia immutabile degli scambi.
 2. *Asset token* se rappresentano un diritto di proprietà come, ad esempio, un'identità digitale o un diritto al voto. In questo caso l'asset può essere finanziario e non ma, non può essere usato come mezzo di scambio in un'economia esterna al network.
 3. *Utility token* se rappresentano il diritto a essere convertiti in un altro bene attraverso la digitalizzazione di un bene fisico in un asset al quale si conferisce liquidità e trasferibilità sulla blockchain. Questi token prevedono il diritto di ricevere in futuro un bene o delle prestazioni

di servizi. Si tratta cioè di titoli che nel futuro rappresentano impieghi del prodotto provveduto dalla azienda che li emette. [12]

2.2.1.3 Token tradizionali e Token+

Un'altra importante caratteristica dei token è data dalla proprietà di divisione del gettone stesso. Si dice che i token sono **fungibili** quando sono identici tra di loro e divisibili in sotto parti. I token **non fungibili** sono invece quelli che hanno un identificativo univoco e non divisibile.

I primi sono usati in contesti in cui è necessario programmare una politica di controllo monetario in cui l'uso dei token supporta meccaniche di tipo economico e finanziario. Stiamo parlando cioè di monete programmabili. I secondi sono usati invece per identificare in maniera univoca un bene, come ad esempio una proprietà, un livello di temperatura o umidità o ancora una misura rilevabile mediante sensori. Hanno pertanto, un'etichetta unica e sono dotati di metadati associati. Non sono frazionabili in quanto definiscono un unico asset ed esiste in forma digitale su blockchain. Essi sono definiti in letteratura **Token+**.

A differenza dei Token tradizionali, i Token+ servono per gestire gli asset tokenizzati o tokenizzabili ovvero per trasferire il valore di un bene fisico ad un asset digitale attraverso l'impiego dei "digital twins" che sono delle copie digitali o certificati.

2.2.2 Le regole del consenso e della fiducia

Il **consenso** e la **fiducia** sono due valori fondamentali alla base della tecnologia e delle piattaforme. Affinché una transazione avvenga, infatti, è necessario che essa sia inserita all'interno di un blocco che raccoglie tutte le informazioni utili alla transazione decodificata in codice hash e validata dagli altri utenti. In questo modello di governance decentralizzato il database utile non si trova fisicamente solo su un server (computer), ma su più computer nello stesso momento, tutti perfettamente sincronizzati e con gli stessi documenti. Ad esempio, può trovarsi su tutti i computer che sono connessi alla rete. In questo modo, l'informazione è reperibile in maniera molto rapida, in quanto la potenza di calcolo sfrutta la potenza di tutti i computer connessi. La fiducia in questo modello non è tutta racchiusa all'interno di un ente centrale che si pone come intermediario tra due parti che scambiano asset, ma passano all'autorità di tutti i partecipanti che operano in modo indipendente dagli altri nodi sotto il controllo consensuale degli altri.

Non esiste, dunque, una centralità o autorità principale all'interno del governo decentralizzato e il consenso avviene attraverso i **Miner**⁷. Il suo consenso è dato attraverso la verifica del codice e identificazione del blocco all'interno della blockchain. Nello specifico il miner deve risolvere un complesso problema nella forma di un puzzle crittografico e se riuscirà a decifrare il codice sarà remunerato attraverso l'emissione di una moneta

⁷ Nel mondo informatico, il Miner è colui che calcola il codice che va ad identificare un blocco all'interno della blockchain. Più codici vengono identificati più coinbase ricevono i miner.

virtuale o cryptocurrency, la cui unità di valore dipende dalla tipologia di blockchain. Più un miner guadagna valore monetario, più importanza di consenso avrà. [12]

2.2.3 “blockchain”: un termine usato per definire un’architettura tecnologica

Come detto nel paragrafo precedente la tipologia di moneta virtuale o criptovaluta dipende dal tipo di tecnologia utilizzata dunque possiamo definire la Blockchain come una delle tante architetture basate su modelli Distributed Ledger, la quale ha la particolarità di sottendere ai Bitcoin. In particolare, è possibile distinguere in letteratura la Blockchain con la lettera maiuscola e blockchain con la lettera minuscola. La Blockchain indica la tecnologia che supporta i Bitcoin, mentre la blockchain è l’architettura tecnologica posta alla base di altri sistemi dove il cryptoasset non è necessariamente il Bitcoin.

In una visione più ampia tutte le piattaforme basate su una tecnologia che gestisce l’accesso e la scrittura di un ledger distribuito, non finalizzato a consentire gli scambi attraverso la più famosa criptovaluta, il Bitcoin, è una blockchain. Tali tecnologie sono incluse in un insieme più grande che è quello dei Distributed Ledger che, come spiegato nel paragrafo precedente, può essere letto e modificato da più nodi di una rete.

All’interno di tali tecnologie non è importante che i nodi coinvolti in una transazione si riconoscano reciprocamente o siano legati da un rapporto di fiducia perché la transazione e lo scambio di asset tra due nodi è regolata da un protocollo condiviso che ne garantisce l’immutabilità, l’affidabilità e trasparenza dello scambio. A ogni operazione, infatti, corrisponde l’aggiunta di un nuovo blocco e l’aggiornamento automatico di ogni copia dei nodi coinvolti così che venga garantita l’assenza di una manipolazione futura.

2.3 Da ieri a oggi: com’è cambiata la Blockchain

La blockchain è una tecnologia arrivata da poco alla ribalta delle cronache che rappresenta, per il mondo del business, una rivoluzione paragonabile alla nascita e affermazione su scala globale di Internet.

“L’uso di questo tipo di tecnologia contribuisce a snellire i processi di back office, riduce i rischi, offre maggiori garanzie contro eventuali attacchi hacker e in definitiva produce risparmi”, ha detto **Andrew Woosey**, partner della società di consulenza **EY** [13].

Se nel passato il valore delle tecnologie Blockchain e Distributed Ledger è stato messo in discussione, nel 2019 qualcosa sembra essere cambiato. Oggi rappresenta una nuova tecnologia che può essere integrata in diverse aree. I suoi protocolli, in particolare, facilitano alle aziende l’uso di metodi innovativi per processare e gestire le transazioni digitali. Tutte le grandi e piccole compagnie guardano con grande interesse queste tecnologie applicabili a diversi settori come quello finanziario, logistico e di monitoraggio.

L’adozione delle blockchain è attiva maggiormente nelle banche, pubblica amministrazione e mondo agroalimentare che utilizzano la tecnologia per monitorare il prodotto. I processi a cui si applica tale tecnologia sono la gestione dei pagamenti, la gestione dei documenti e della filiera.

Molte aziende hanno compreso a fondo le migliori che la tecnologia può apportare e ha pensato di sviluppare nuovi progetti o una vera e propria strategia d'impresa incentrata sull'innovazione e sostenibilità. Sia la blockchain che l'Internet of Things e i Big data permettono di innovare la rete rendendola più sostenibile e integrata, aumentando la conoscenza sul livello di funzionamento degli apparati di manutenzione del sistema. [14]

Le aziende che, al contrario non si sono ancora mossi verso la tecnologia dichiarano difficoltà nell'individuare i benefici reali apportati dalla tecnologia o difficoltà nello sviluppare delle competenze e allocare risorse. A causa delle scarse conoscenze verso la tecnologia, si individua la difficoltà nell'affidarsi al suo utilizzo nell'eseguire le transazioni dei beni fisici o di beni immateriali.

2.3.1 Le applicazioni nel mondo e in Italia

Le applicazioni delle **tecnologie Blockchain e Distributed Ledger** sono in continua evoluzione e molte aziende in tutto il mondo cercano di sfruttare i benefici concreti di questa tecnologia. Dal 2019 le applicazioni sono in maggior aumento. Le aziende che più si attivano verso questa tecnologia sono le banche e le pubbliche amministrazioni, ma vi sono molti altri attori che si cimentano nel campo della blockchain come, ad esempio, protagonisti del settore agroalimentare, industrie discografiche, compravendita di auto e gestori di eventi sportivi e gift card che utilizzano la gestione del pagamento, dei documenti e della filiera per promuovere e implementare i propri prodotti.

Una nota che va evidenziata nell'approccio alla blockchain è la tendenza delle aziende a promuovere nuove piattaforme, vedi Snam che in contatto con Mangrovia crea una nuova piattaforma basata sulla blockchain per gestire il piano di innovazione e trasformazione energetica che prende il nome di SnamTec, piuttosto che usarne di esistenti. O ancora il caso Eni che nello sperimentale la tecnologia blockchain si affida alla piattaforma "Interbit" sviluppata dalla canadese BTL.

Nella maggior parte dei casi le principali barriere all'adozione della tecnologia sono dovute a un basso livello di conoscenza di tale innovazione, delle tecnologie che ne stanno alla base e dell'allocazione delle risorse. Ma gli investimenti in Blockchain e Distributed Ledger da parte delle aziende italiane sono cresciuti del 100% dal 2018 al 2019. L'attenzione si è focalizzata inizialmente sul settore finanziario e assicurativo per poi spostarsi verso progetti di ecosistema con la partecipazione di alcuni consorzi internazionali, in modo da sviluppare la tracciabilità del prodotto.

Per far maturare questi progetti, il **MiSE (Ministero dello Sviluppo Economico)** ha promosso diverse sperimentazioni in vari settori, costituendo un gruppo di esperti in blockchain per lo studio di soluzioni legislative e regolamentari che saranno adottate a breve.

L'ambito energetico è uno dei più interessanti per lo sviluppo della tecnologia blockchain e può fare la differenza nello scambio di produzione energetica domestica e stock tra i Paesi. Poter tracciare le transazioni

infonde fiducia negli operatori e in chiunque abbia accesso alla rete. In questo modo è più semplice costruire un network peer-to-peer tra produttori di energia in grado di gestire il surplus energetico immesso in rete attraverso delle transazioni di crediti in criptovaluta.

Un altro ambito di cui il MISE si interessa molto è quello ambientale e filiere agroalimentari che sfruttano la tracciabilità del prodotto, dalla semina alla distribuzione finale, al consumatore per garantire la provenienza e la qualità del prodotto, efficientare la logistica ed evitare gli sprechi.

2.3.2 Cosa succederà nel futuro?

Come tutte le innovazioni, anche in questo caso, per l'affermazione della tecnologia blockchain è necessario definire un quadro **regolamentare** della stessa. Per regolamentazione si intende l'approvazione e l'agevolazione di uno standard o un parametro di eccellenza che possa essere usato come riferimento specifico per la sua applicazione. In contemporanea alla standardizzazione attraverso delle regole sarà necessario anche lavorare sulla creazione di nuove piattaforme o sul miglioramento di quelle già esistenti al fine di ottenere benefici concreti e reali.

2.3.3 Decreto Semplificazioni 2019

Un primo decreto per la regolamentazione delle tecnologie Blockchain e Distributed Ledger è stato emanato nel 2019. Il **Decreto Semplificazioni 2019** introduce la definizione normativa delle tecnologie basate sui registri distribuiti e degli smart contract producendo gli effetti giuridici della validazione temporale elettronica.

In particolar modo la legislazione si occuperà di: classificare i **token** digitali; regolamentare le emissioni tramite le **STO (Securities Token Offering)** e le **ICO (Initial Coin Offering)**; e infine di negoziare gli scambi dei token sugli exchange. L'obiettivo della disciplina sarà la protezione degli investitori, tramite la creazione di un framework normativo, ovvero una piattaforma che funge da strato intermedio tra un sistema operativo e il software che lo utilizza per valutare la funzionalità del sistema nel suo stato di pre-produzione. Concentrandoci sul quadro giuridico, sono quattro le macro-aree per cui si procede con la regolamentazione:

1. **Ambito di intervento**, ovvero la tipologia o l'area sulla quale si basa la tecnologia (ad esempio smart contract, ICO o criptovaluta).
2. **Grado di regolamentazione**, che sono gli strumenti giuridici che sono messi a disposizione per definire le linee guida o indicazioni che riguardano l'uso della tecnologia.
3. **Impatto sulla normativa**, ovvero la branca sul quale la normativa insiste maggiormente.
4. **Istituzioni coinvolte**, tutti gli enti giuridici o autorità specifiche che devono essere coinvolte con il preciso compito di regolare gli aspetti normativi.

Le suddette previsioni normative risultano tuttora non uniformi e frammentate a causa della mancata formazione di uno standard o un parametro di eccellenza. Ciò deriva dalla mancanza di un vero punto di partenza per dar vita alla regolamentazione, che deve essere riscontrato nell'effettivo utilizzo della tecnologia. L'obiettivo del decreto è quello conciliare gli aspetti tipici e fondativi della blockchain con il perimetro normativo e regolamentare attuale, per fare in modo che la blockchain diventi effettivamente il catalizzatore di innovazione, lavoro e crescita economica che l'Europa si aspetta.

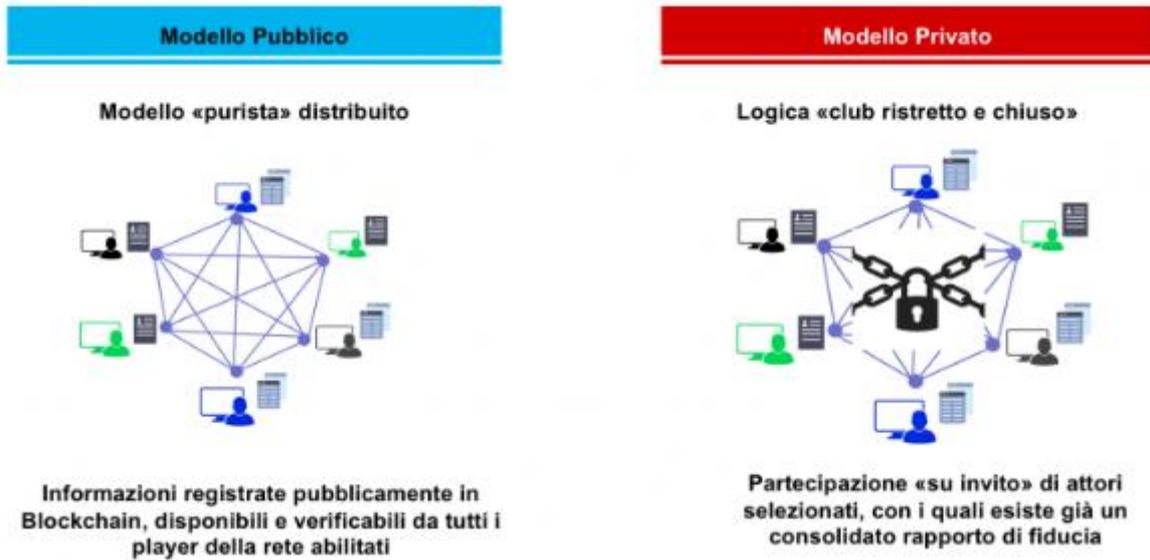
In Italia la legge del 11 febbraio 2019, n°12 che ha convertito il decreto-legge n 135/2018, recita: "Si definiscono tecnologie basate su registri distribuiti le tecnologie e i protocolli informatici che usano un registro condiviso, distribuito e replicabile accessibile simultaneamente, architettonicamente decentralizzato su basi crittografiche tali da consentire la registrazione, la convalida, l'aggiornamento e l'archiviazione di dati sia in chiaro che ulteriormente protetti da crittografia verificabili da ciascun partecipante non alterabili e non modificabili". Con questo decreto si vuole definire la tecnologia e come essa non possa essere modificata o alterata da terze parti [15].

2.4 Le principali blockchain

Oggi esistono tantissime piattaforme elaborate sulla tecnologia blockchain che vengono sviluppate da più aziende per dare risposte a diversi bisogni e attività richieste dalle stesse. Molte di esse sono aperte e accessibili agli utenti e sono di più facile utilizzo rispetto a quelle proprietarie. Altre invece hanno un sistema chiuso all'utenza ma comunque aperte al pubblico. Si possono definire due tipologie di blockchain:

- **Permissionless:** se la piattaforma è aperta a tutti e chiunque può svolgere qualsiasi attività, anche quella di validatore. In questi casi non si conosce a priori il numero e le identità dei validatori ma il consenso si basa su meccanismi e algoritmi complessi e sofisticati in cui è necessaria la presenza di asset nativi la gestione del sistema.
- **Permissione:** se la piattaforma è costituito da un ente centrale che ha il compito di autorizzare il numero e le identità dei validatori. In questo caso non esiste necessariamente un asset nativo per regolamentare gli incentivi e il meccanismo di consensi risulta essere più semplice e immediato poiché i validatori sono definiti e riconosciuti.

Figura 7- Piattaforme Permissionless e Permissioned



Uno dei grandi vantaggi della blockchain aperta, *permissionless*, è che non è necessaria nessuna protezione verso utenti malintenzionati e sono state concepite per non essere controllate. Ciò impedisce ogni forma di censura poiché nessuno è nella condizione di impedire che una transazione possa avvenire o che possa essere aggiunta al Libro Mastro condiviso una volta acquisito il consenso necessario. Tuttavia, questa tecnologia è meno performante dei permissioned ledger che eseguono operazioni e transazioni a una velocità superiore. Ciò deriva dal fatto che, per la tecnologia aperta, il numero di iterazioni con la rete sono nettamente maggiori in quanto tutti i nodi devono condividere e aggiornare la stessa informazioni causando un intasamento dei canali di comunicazione. Anche i volumi elevati di transazioni e il numero di utenti che utilizzano la piattaforma creano un rallentamento del passaggio di informazioni che può essere risolto attraverso l'aggiunta "*payment channels*" che permettono di suddividere le transazioni in più canali, diminuendo i tempi di attesa.

2.4.1 Blockchain Bitcoin

La Blockchain Bitcoin è l'esempio più famoso e diffuso della Permissionless Ledger. Si tratta della prima blockchain creata nel 2008 da Satoshi Nakamoto. Essa prende il nome dalla moneta di scambio virtuale: i Bitcoin. I Bitcoin sono delle criptovalute che possono essere inviate attraverso una semplice applicazione wallet. Ogni utente che installa sul proprio dispositivo un wallet di Bitcoin riceve un indirizzo Bitcoin che può essere condiviso con chiunque per permettergli di inviare del denaro a tale indirizzo. Il denaro viene trasferito tra due portafogli e la transazione viene protetta da una chiave privata, ovvero una **firma** attraverso la quale viene garantito che il denaro appartiene effettivamente alla persona che ha effettuato la transazione e garantisce la sicurezza della transazione. A differenza delle valute tradizionali i Bitcoin non fanno uso di un

ente centrale ma poggia su un database distribuito. Come spiegato nel paragrafo precedente si tratta di una permissionless ledger, dove tutti i nodi della rete che vogliono contribuire al sistema tengono traccia delle singole transazioni in esso avvenute.

Il **protocollo Bitcoin** di una transazione può essere letto come una dichiarazione dall'utente (X) di voler ridurre la propria quota di Bitcoin aumentandone dello stesso valore quello di un secondo utente (Y). Nel momento in cui avviene la transazione l'utente (X) predispone un indirizzo nella forma di chiave pubblica, mentre l'utente (Y) individua uno dei suoi indirizzi e aggiunge la chiave pubblica predisposta da (X) sul suo indirizzo. In questo modo avviene la transazione guidata da una chiave privata, ovvero la firma che ne verifica la correttezza. La **tracciabilità** è garantita dai nodi della rete che partecipano al sistema aggiornando il registro e trasferendo l'informazione al nodo successivo. In nessun nodo è tenuta traccia del saldo dei conti delle singole persone ma si tratta di transazioni precedentemente legate alle singole monete. Per rendere **sicuro** il sistema di trasferimento, la Bitcoin sfrutta il controllo tramite la chiave privata e tramite gli input pregressi. Con la firma del reale possessore della quantità di Bitcoin da trasferire si assicura l'unicità della transazione creata, mentre con gli input pregressi si accerta che il mittente abbia veramente il numero di Bitcoin necessari per sostenere la transazione.

2.4.2 Ethereum

Tra le piattaforme permissionless, quella che più riconosciuta oltre la Bitcoin è **Ethereum**⁸. Ethereum è una piattaforma di tipo computazionale che viene "remunerata" attraverso scambi basati su una *cryptocurrency* calcolata in **Ether**. Ciò significa che non si limita solo a mettere a disposizione operazioni standardizzate e predefinite ma permette agli utenti anche di creare le operazioni desiderate. È programmata per essere una piattaforma decentralizzata che gestisce contratti intelligenti o Smart contract o per dar vita a diverse applicazioni decentralizzate non necessariamente limitate alla gestione della transazione in criptovaluta.

L'architettura della blockchain in Ethereum segue per lo più quella della tecnologia Bitcoin con la differenza che è remunerato con una speciale moneta virtuale denominata Ether e che non si basa sul **proof of work**⁹ come meccanismo di consenso, ma sul protocollo **proof of stake (PoS)**. A differenza del proof of work, in cui il validatore del blocco è scelto in base al lavoro computazionale effettuato, in questo caso si mette in gioco la disponibilità di criptovalute di ogni validatore. Per esempio, se un miner detiene una quota del 5% del totale della criptovaluta in circolazione, tale miner può validare solo il 5% dei blocchi. Questo implica una sicurezza maggiore del sistema poiché solo chi ha possiede quote maggioritarie ha la possibilità di validare e

⁸ La piattaforma Ethereum descritta in questo paragrafo propone il proprio sito internet al seguente indirizzo: <https://www.ethereum.org>.

⁹ È la prova che consente ai miner di dimostrare a tutti gli altri nodi la validazione del blocco e che permette loro di ottenere la ricompensa.

dunque attaccare il sistema. A ciò si unisce la regola del mercato: “più aumenta la quantità offerta dal bene, più aumenta il prezzo”, in questo modo più l’attaccante acquista criptovaluta per ottenere un asset maggioritario, più aumenta il prezzo della stessa. Nel momento in cui decide di attaccare il sistema imponendo la propria verità sulle transazioni validate, l’attacco sarebbe per sé stesso controproducente perché colpirebbe proprio colui che dispone della maggior parte di cryptoasset in circolazione. Se, invece, impone una verità delle transazioni secondo le regole corrette la PoS contribuirebbe a consentirgli la giusta remunerazione per l’attività effettuata.

Ethereum oltre a basare il meccanismo del consenso sul PoS ha la caratteristica di seguire una roadmap caratterizzata da una maggiore **scalabilità**. Scalabilità e performance sono due concetti che accompagnano lo sviluppo della blockchain perché definiscono la capacità di un sistema software di essere facilmente modificabile nel caso di notevoli variazioni dei dati trattati e di processare molto rapidamente le transazioni. La scalabilità è ottenuta attraverso lo *sharding*. Si tratta della frammentazione della catena principale in sottocatene, gli shard. Quando viene agganciato un nuovo blocco alla catena, il creatore del blocco successivo viene scelto in maniera automatica secondo metodi diversi:

- **Peercoin**, un metodo che si basa sull’anzianità del miner in termini di disponibilità del cryptoasset.
- **Reddcoin**, il metodo effettua una scelta casuale abbinandolo al concetto della velocità delle transazioni. In questo caso viene penalizzato il miner che accumula le criptovalute e esortata la movimentazione della moneta digitale.
- **BlackCoin**, utilizza un algoritmo casuale randomizzato con una formula che cerca il valore di Hash più basso rapportato al valore della somma di gioco.

Attraverso questi diversi metodi i validatori hanno in memoria una quantità di transazioni minore, mentre aumenta la platea dei dispositivi in grado di prendere parte al processo di verifica. L’obiettivo di questo meccanismo è quello di velocizzare le transazioni dividendo ciascuno shard in sotto-shard in modo da rendere possibile un frazionamento gerarchico della Blockchain in grado di raggiungere prestazioni ancora superiori.

2.4.3 Differenza tra Bitcoin ed Ethereum

Sono molte le differenze tra le due blockchain: in primis bisogna sapere che Ethereum, a differenza di Bitcoin, non è solo una moneta digitale ma è una piattaforma basata sullo scambio di contratti intelligenti. Ciò garantisce alla piattaforma Ethereum un sistema di transazioni più facile e veloce e una gestione degli smart contract che permette agli sviluppatori di software e app di creare produzioni informatiche su blockchain, cioè con un sistema di validazione molto più sicuro e affidabile.

Un'altra differenza tra le due blockchain è il tipo di utilizzo: i Bitcoin sono usati prevalentemente per fare transazioni nel mercato finanziario come valuta di scambio tra quello tradizionale e criptovaluta, gli Ethereum sono usati tramite dei contratti intelligenti nello sviluppo di progetti tecnologici o Startup.

La velocità delle due applicazioni è un altro fattore di diversità. Poiché Ethereum funziona in modo decentrato rispetto alla blockchain principale, le transazioni risultano essere più veloci ma al tempo stesso anche più sicure e meno a rischio di frode.

Inoltre, le due monete digitali differiscono anche per la quantità di moneta coniata o offerta monetaria. I Bitcoin circolanti, secondo lo studio effettuato dalla guida “cryptouniverse”, sono poco superiori ai 18 milioni mentre Ethereum ha oltre 100 milioni. Ciò implica che la potenza economica degli Ethereum è molto più influente sui prezzi di cambio. Un Ethereum ha cifre decisamente inferiori rispetto ai Bitcoin.

In conclusione, le blockchain si basano su tre caratteristiche principali: programmabilità, velocità di transazione e trasparenza. Nella figura seguente, realizzata dall’Osservatorio Blockchain del Politecnico di Milano sono state messe in evidenza le differenze sostanziale tra le due blockchain più famose: Bitcoin e Ethereum. Possiamo notare come Ethereum risulta più veloce attraverso il protocollo di consenso utilizzato e opera non solo su transazioni ma su vari asset di scambio identificati da smart contract.

Figura 8-Le caratteristiche principali della Bitcoin e di Ethereum

	Bitcoin	Ethereum
Fee 	Presente (variabile)	Presente (variabile)
Programmabilità 	Solo delle transazioni	Smart contract
Velocità stimata 	Minuti	Secondi
Trasparenza 	Totale	Totale

3 La blockchain per la transizione energetica

L'obiettivo di questo capitolo è quello di illustrare le potenzialità della blockchain nei settori energivori e mettere in luce il crescente interesse dei competitors per lo sviluppo e l'utilizzo della tecnologia blockchain a sostegno della transizione energetica. L'analisi comincia con la presentazione del set di scenari energetici in cui sta prendendo piede la tecnologia blockchain e sui quattro progetti avviati dal GSE (Gestore dei Sistemi Energetici) attraverso i bandi di gara. Ci focalizzeremo poi su quello di nostro interesse: "La tracciabilità della filiera del biometano" analizzando in maniera dettagliata il proof of concept e gli Use Case illustrati durante i vari pre-kickoff meetings. Infine, è stata descritto l'approccio allo studio identificando i metodi di implementazione e i ruoli di ogni attore coinvolto. A conclusione del capitolo saranno messi in evidenza sia gli obiettivi del progetto che le ipotesi per la realizzazione.

3.1 Scenari ipotizzati per l'implementazione della blockchain nella transizione energetica

La tecnologia blockchain sta diventando, in questo momento di transizione energetica, un tema all'ordine del giorno. Diverse aziende prevedono un cambiamento radicale nella produzione e nel consumo di energia, tanto da pensare alla blockchain come un modo rivoluzionario per il passaggio dall'utilizzo di fonti energetiche fossili a fonti rinnovabili. L'obiettivo è quello di adottare tecniche di risparmio energetico ed economico e allo stesso tempo di provvedere allo sviluppo sostenibile del paese. Diverse sono le iniziative del GSE che ha lanciato quattro procedure di gara con l'obiettivo di rilasciare incentivi per l'uso delle risorse rinnovabili in sostituzione a quelle fossili. I bandi consistono nella ricerca di aziende e cooperazioni a cui affidare lo svolgimento del Proof of Concept per le applicazioni blockchain nella transizione energetica e sostenibilità ambientale e sociale.

In particolare, il GSE - nell'ambito delle attività di competenza della Funzione Sviluppo e Innovazione - ha avviato dei bandi di gara per lo svolgimento di **Proof of Concept finalizzate alla sperimentazione della tecnologia Blockchain** a servizio dei temi della **transizione energetica**, della **sostenibilità ambientale e sociale** - definendone i criteri tecnici e di processo per l'eventuale successiva fase di industrializzazione.

Si tratta di bandi messi in asta nell'ottobre del 2019 in cui l'obiettivo è quello di affidare lo svolgimento del Proof of Concept alle società che si aggiudicano le gare in quattro ambiti specifici:

- **Prototipo di un sistema di scambio dei flussi di energia elettrica.** Il sistema è definito "comunità energetica", e si tratta di utenti appartenenti a una medesima società (senza finalità di lucro), tra i quali è possibile scambiare flussi di energia elettrica e registrarli attraverso certificazioni e notarizzazione su blockchain. Ogni utente registra la quantità scambiata e in base ai flussi immessi in rete e commercializzati con gli altri utenti si aggiudica degli incentivi.

- **Tracciabilità della filiera del biometano.** L'obiettivo è quello di creare un sistema che possa registrare in maniera automatizzata la quantità di biometano o biocarburanti avanzati prodotti e analizzarli sia dal punto di vista fisico che commerciale.
- **Ricarica delle auto elettriche da fotovoltaico.** Certificare questa filiera significa implementare una infrastruttura tecnologica che consenta di effettuare diverse transazioni notarizzate al fine di rendere tracciabile l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili e utilizzate nelle auto elettriche. I dati raccolti non sono solo energetici ma riguardano anche il lato economico, informativo, comportamentale e commerciale con i quali è possibile definire lo stato di guida dell'utente e migliorare le tecnologie in base all'utilizzo più frequente.
- **Notarizzazione dei dati afferenti ad un processo del GSE.** Si tratta di un sistema che serve a tenere traccia in modo trasparente dei processi interni del Gestore dei sistemi energetici. [16]

L'implementazione dei vari progetti è affidata interamente alle società appaltatrici che avranno il compito di realizzare un'infrastruttura ad-hoc per le simulazioni e la concretizzazione del PoC. L'idea è quella di adottare preferibilmente strutture open source, inclusa la scelta della tipologia di blockchain più funzionale ai POC di riferimento. In questo modo non sono previste interazioni/integrazioni con i sistemi del GSE ma tutto è affidato ai vincitori delle 4 gare.

3.1.1 Pre-kickoff: Tracciabilità della filiera del biometano

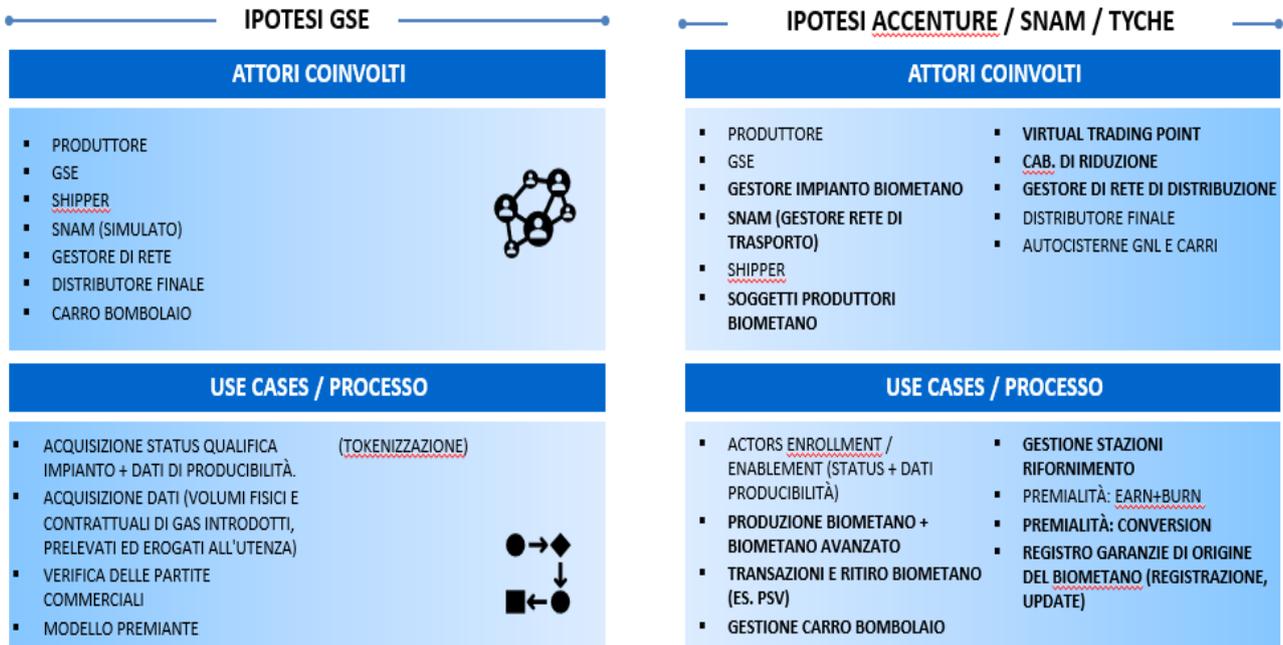
Per quanto riguarda la gara di nostro interesse, sono stati pensati dal GSE ed Accenture, azienda vincitrice della gara d'appalto, **un primo draft di ambito** e due possibili **use case**. In questo primo approccio si è deciso sia quali sono gli attori da coinvolgere, con i relativi ruoli e competenze, che l'architettura più efficiente per la realizzazione del progetto e per le sue finalità.

Alle ipotesi del GSE, riportate nelle specifiche di gara che si possono sintetizzare in:

- Acquisizione dello status e qualifica dell'impianto di produzione;
- Raccolta dei volumi fisici e contrattuali del biometano introdotto e prelevato nella rete;
- Verifica degli scambi commerciali attraverso piattaforme decentralizzate;
- Realizzazione di un modello premiante che possa incentivare l'utenza a prediligere tale iniziativa;

Accenture ha proposto alcune estensioni in merito alle use case e attori coinvolti al fine di ottimizzare il processo di realizzazione e monitoraggio del progetto e coinvolgere più figure possibili all'interno della filiera di produzione del Biogas. Con la figura 9 andremo a vedere più nel dettaglio tali implementazioni e tutte le proposte integrative discusse durante il kick off contest lo scorso giugno 2020.

Figura 9- Ipotesi GSE e integrazioni Accenture



Tra gli attori coinvolti da Accenture, le principali integrazioni sono: la completa partecipazione di **Snam** (gestore della rete di trasporto), fondamentale per le analisi statistiche e simulazioni di immissione in rete del biometano in quanto detentore di tutti i dati relativi a tale scopo; **i gestori degli impianti** di biometano dai quali è possibile ricevere i dati di allocazione del prodotto realizzato con le sue caratteristiche fisiche prima della riconsegna al punto di immissione; **i virtual trading point** che si occupano di monitorare il biometano venduto sui punti di scambio virtuali; **le cabine di riduzione** che si occupano di rilevare le caratteristiche fisiche del flusso di biometano.

Tra le integrazioni che riguardano il progetto in sé e le use case, Accenture propone nuove iniziative atte a incrementare il successo del progetto. Nel kick off ha proposto di introdurre nuovi sistemi che monitorano la produzione della risorsa, gli scambi, le transazioni e il ritiro del biometano. Si tratta di sistemi di monitoraggio come ad esempio contatori per la registrazione dei volumi immessi e prelevati dalla rete o smart contract e sistemi di double check per verificare la correttezza degli scambi e delle transazioni (in termini di quantità e controparti in gioco) avvenuti sul punto di scambio virtuale. Un altro punto di interesse è la gestione delle stazioni di rifornimento: ogni stazione che decide di far parte dell'iniziativa deve essere registrata nel database e fornire sia le quantità di prelievo giornaliero di biometano che quelle di vendita e distribuzione, avendo cura di rilasciare le garanzie d'origine. Esse garantiscono la provenienza del biometano e vengono usati come certificati per la conversione in premi. Gli utenti che usufruiscono del servizio e riforniscono i propri mezzi di trasporto presso le stazioni di rifornimento registrate accedono ai meccanismi di premiabilità convertendo tale servizio in buoni o token che possono essere utilizzati nei servizi terziari aderenti. Ad

esempio, si può pensare a dei buoni spesa, buoni per la ristorazione o degli sconti extra per il biocarburante per incentivare il progetto e il consumo di biometano.

3.1.2 Use case

Le use case identificati e discussi durante il pre kickoff sono due. Entrambi i casi hanno lo scopo di incentivare la produzione di biometano, certificando le informazioni di interesse all'interno di tutta la catena ma usando due metodi differenti. Nel primo caso si è pensato all'immissione del biometano in rete. In questo caso il biometano immesso viene destinato tramite Snam agli shipper che lo scambiano attraverso transazioni di nomina al VTP con distributori locali o terzi. Così facendo vengono privilegiate le quote di Energia Green al mercato. In seguito, il biometano scambiato viene gestito localmente dai distributori che alimentano le stazioni di rifornimento registrate e mettono il biometano al servizio degli utenti finali. Nel secondo caso invece l'immissione al consumo è realizzato senza l'accesso alla rete e il biometano trasportato dai carri bombolai o autocisterne criogeniche arriva direttamente alle stazioni di rifornimento senza passare dalla rete. In questo caso il passaggio dal produttore al consumatore diventa più immediato e semplice da realizzare ma comporta un maggior dispendio dal punto di vista economico e ambientale in quanto il trasporto è previsto attraverso l'uso di mezzi di trasporto tradizionali.

Nei due paragrafi successivi sono stati messi a confronto i due casi in modo da definirne i pro e i contro dei due progetti prima di implementarli attraverso la piattaforma dedicata.

3.1.2.1 Immissione in rete

Il primo case of study è l'**Immissione in rete**.

In questa prima ipotesi i produttori e gli utenti sono collegati attraverso una catena di soggetti reali e istituzioni, aventi un ruolo specifico al funzionamento del PoC. Le fasi sono le seguenti:

1. In primis i soggetti business, incluso produttori di biomasse, trasportano le materie prime (rifiuti organici o agroalimentari), mediante autotrasporti specializzati, ai depositi degli impianti di produzione del biometano. L'aspetto più importante di questa prima fase è la certificazione di provenienza di ogni materiale introdotto nell'impianto. Sarà cura degli specialisti prenderne atto e registrare le quantità trasportate oltre alla provenienza e all'ownership.
2. Giunto all'impianto di produzione, il materiale sarà sottoposto a processi di sintesi e upgrading all'interno del digestore. Durante questa fase l'impianto ha il compito di certificare la ricezione del materiale in modo da avere una controprova della provenienza, quantità e qualità delle materie. Al termine del processo di produzione viene certificata la quantità di Biometano (avanzato e non) ottenuto dalla trasformazione. L'impianto di produzione ha anche il compito di certificare la sostenibilità delle matrici utilizzate. Ciò significa che deve tener conto anche della tipologia di energia usata durante la sintesi dei materiali e in generale durante tutto il Life Cycle Assessment. Un

materiale, infatti, si può definire al 100% sostenibile solo se in tutto il suo ciclo di vita è stato trattato con processi sostenibili e se le energie utilizzate ai fini della produzione e trasporto provengono da fonti rinnovabili.

3. Una piattaforma certificata dal GSE riceve in tempo reale le informazioni relative alla qualità e quantità di produzione del biometano. In questo caso sono i produttori a inserire le informazioni sulla piattaforma mentre la piattaforma le elabora ed eroga gli incentivi calcolandoli secondo la quantità e qualità del materiale.
4. Nella quarta fase, entra in gioco il gestore della rete nazionale del trasporto di gas. Snam riceve una previsione giornaliera ed oraria delle quantità da immettere in rete in ogni PDR (Punto Di Riconsegna), che sono i punti di ingresso nei metanodotti, a monte di ogni PDR è presente tutta la strumentazione necessaria per i controlli chimico fisico delle proprietà del biogas e un compressore che serve a portarlo alla giusta pressione prima di immetterlo in rete assieme alle altre quantità di gas naturale. Snam ha il compito di validare e sottoscrivere tutti i valori del biogas immesso.
5. Mentre Snam procede con le operazioni di Dispacciamento e Bilanciamento della rete ora per ora, gli operatori specializzati, ovvero gli shipper, eseguono le transazioni di nomina al VTP (Virtual Trading Point) privilegiando tra le loro nomine le quote di Energia Green. Ogni shipper infatti se definisce contratti di acquisto di Energia Green dai produttori locali è incentivato dal Gestore dell'Energia a raggiunge le quote e gli obiettivi fissati dall'UE.
6. Dalla dorsale principale (di proprietà Snam), il biometano passa nei metanodotti secondari e giunge nelle cabine di distribuzione. Queste sono gestite dai distributori locali, come Italgas, Hera, Enel rete, Iren, i quali provvedono ad alimentare i distributori di carburante o in maniera diretta o con autotrasporti.
7. Nella penultima fase, si provvede all'approvvigionamento del biometano nei distributori di carburante. Ciò può avvenire o in maniera diretta se la stazione di rifornimento è provvista di un allacciamento diretto alla rete di distribuzione o attraverso autotrasporti criogenici e/o carri bombolai. In quest'ultimo caso, le distanze da percorrere per i trasportatori sono molto inferiori rispetto all'use case 2.
8. Infine, gli utenti finali che effettuano rifornimento di carburante nei distributori associati ricevono dei token o delle remunerazioni in funzione della quantità e qualità del gas proveniente da fonti rinnovabili che viene utilizzata per il rifornimento. I token sono accumulati in carte fedeltà dalle quali è possibile effettuare i pagamenti.[17]

Nella figura 10 sono state schematizzate e descritte in maniera semplificativa tutte le fasi del caso di studio sopra analizzato.

Figura 10-Use case 1: Immissione in rete

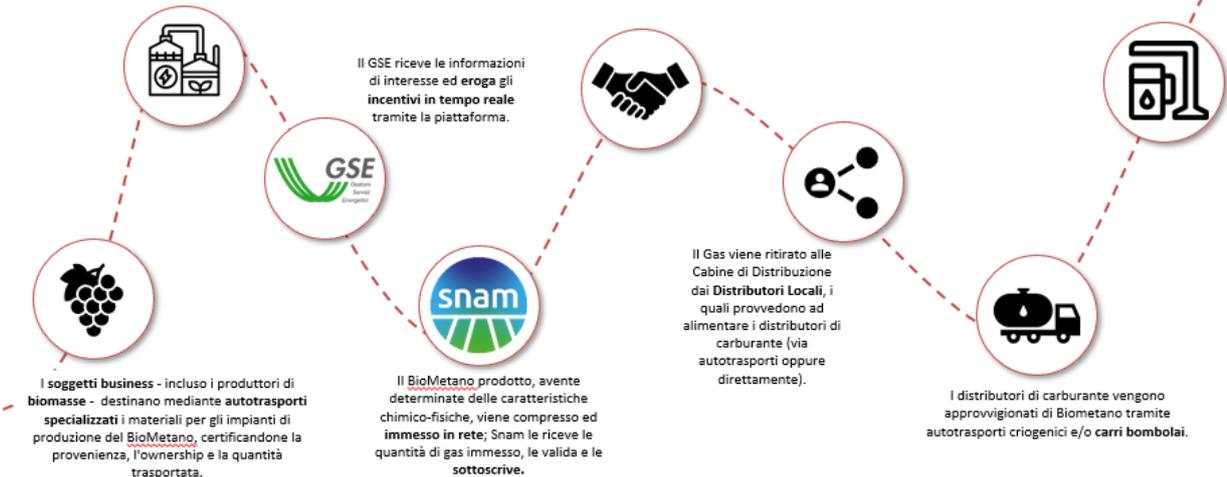
POC #3 – USE CASE 1: IMMISSIONE IN RETE



L'impianto di produzione del BioMetano certifica la ricezione (in termini di ownership, quantità e provenienza) ed al termine del processo di produzione certifica la quantità di biometano (avanzato e non) ottenuto dalla trasformazione e la sostenibilità delle matrici utilizzate

Gli operatori eseguono le **transazioni di nomina al VTP**, privilegiando le quote di Energia Green; Snam prosegue con le operazioni Dispacciamento e Bilanciamento della rete.

Gli utenti finali effettuano rifornimento di carburante e tramite la loro carta fedeltà possono ricevere o spendere i loro token.



3.1.2.2 Immissione al consumo senza accesso alla rete

Il secondo case of study è l'**Immissione al consumo senza accesso alla rete.**

In questo caso, a differenza di quello precedente, il biometano non viene inserito direttamente in rete ma è destinato alle stazioni di rifornimento attraverso autocisterne o carri bombolai.

Le prime tre fasi coincidono alle stesse del case study precedente: i soggetti business, inclusi i produttori di biomasse, inviano agli impianti di produzione il materiale che sarà convertito in biometano; tramite la piattaforma, il GSE riceve le informazioni di interesse in tempo reale ed eroga gli incentivi. A questo punto non è più necessario l'intervento del Gestore della Rete di Gas (Snam) poiché il biometano prodotto viene compresso e destinato direttamente alle Stazioni di Rifornimento. Il trasporto avviene tramite Autocisterne Criogeniche / Carro Bombolaio e giunge nelle stazioni suddette dove gli utenti ricevono dei token in funzione della quantità di gas proveniente da fonti rinnovabili che viene utilizzata per il rifornimento.

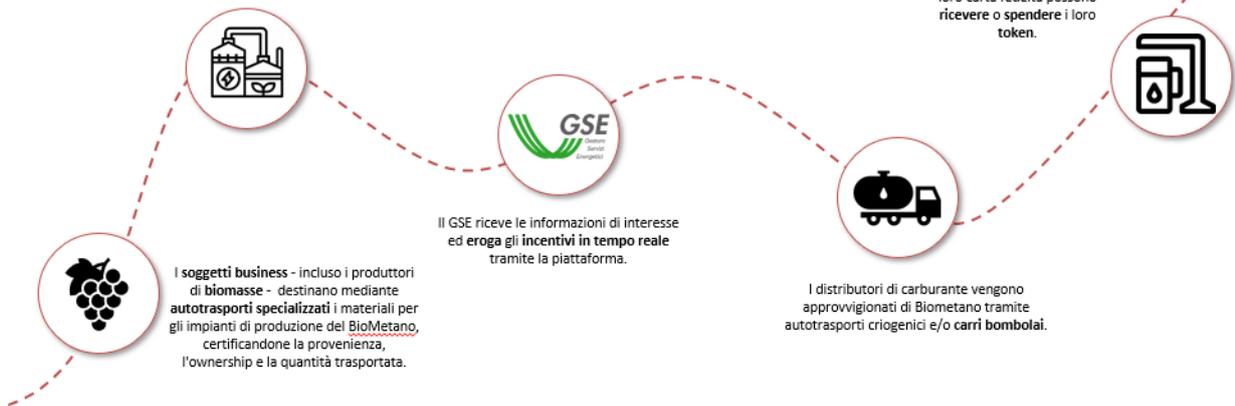
Figura 11-Use case 2: Immissione senza accesso alla rete

POC #3 – USE CASE 2: IMMISSIONE SENZA RETE



L'impianto di produzione del BioMetano certifica la ricezione (in termini di ownership, quantità e provenienza) ed al termine del processo di produzione certifica la quantità di biometano (avanzato e non) ottenuto dalla trasformazione e la sostenibilità delle matrici utilizzate.

Gli utenti finali effettuano rifornimento di carburante e tramite la loro carta fedeltà possono ricevere o spendere i loro token.



Con questi due approcci il GSE si pone l'obiettivo di approfondire la potenzialità di questo nuovo strumento innovativo, la Blockchain, rendendo disponibile a un'utenza più ampia gli strumenti associati a questa tecnologia come smart contracts, certificazioni digitali, criptovalute e token. Tutti questi strumenti vengono utilizzati al fine di rendere più efficiente l'organizzazione dei processi e le registrazioni di tutte le certificazioni di filiera. Oltre allo sviluppo della tecnologia, il GSE si pone l'obiettivo di migliorare il rapporto con il cittadino introducendo i meccanismi di premiabilità. In questo modo si garantisce l'affidabilità del progetto e la certificazione delle informazioni scambiate oltre a rendere più semplici, trasparenti e sicure le transazioni per i servizi resi. D'altra parte, l'utente viene messo a conoscenza di ogni transazione avvenuta e diventa parte attiva nel meccanismo di sperimentazione della tecnologia. Ciò significa ricevere dei dati di analisi di interesse per le istituzioni con le quali si è in grado di definire le misure comportamentali dell'utenza. Queste analisi infine vengono studiate per definire gli incentivi nel settore energetico e stimolare l'utenza alla trasformazione digitale.

3.1.3 Approccio: ruoli e modalità

L'approccio per la realizzazione del progetto prevede l'utilizzo della **metodologia agile**¹⁰. Si tratta di un insieme di metodi di sviluppo del software emersi a partire dai primi anni 2000 che si contrappongono al

¹⁰ L'idea del Metodo Agile si basa sulla possibilità di realizzare un progetto per fasi, chiamate "sprint". Ad ogni sprint corrisponde una nuova funzionalità e viene verificata la soddisfazione del cliente, al quale viene mostrato il lavoro svolto fino a quel punto. Un sistema iterativo (ed interattivo) che consente di apportare agilmente modifiche al progetto, di abbattere i costi di produzione e, soprattutto, di evitare effort inutili ed un eventuale fallimento del progetto.

modello a cascata. Rispetto ai modelli di sviluppo tradizionali, la metodologia agile propone un approccio meno strutturato ma al tempo stesso focalizzato sull'obiettivo di consegnare al cliente software funzionanti e di qualità i tempi brevi.

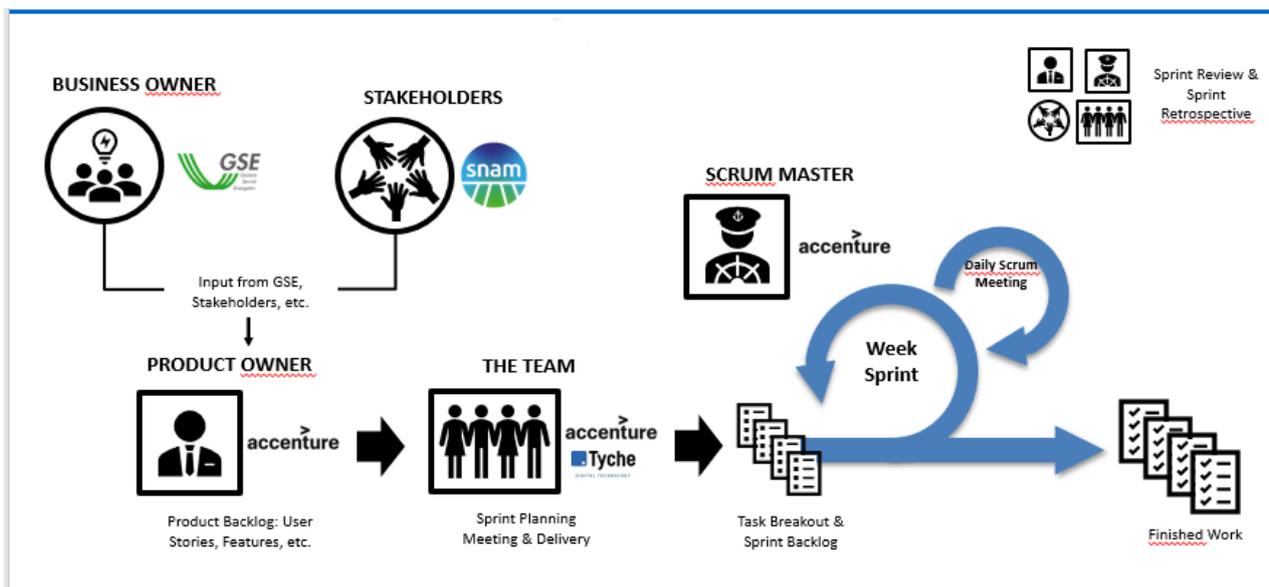
Pertanto, è stata definita e rispettata una time line in cui sono state descritte tutte le attività da programmare suddivise in tre fasce:

1. **Pianificazione.** È la fase in cui vengono identificati tutti gli user story e gli sprint backlog, dunque gli effort e i task di ogni user story. In questa fase vengono definiti i criteri di avanzamento e consolidati i requisiti necessari alla realizzazione del progetto. Il tempo di pianificazione è stimato a 2 settimane durante il quale si è previsto di identificare un vero e proprio planning da seguire nelle fasi successive.
2. **Realizzazione.** È la fase di implementazione in cui si inizia a definire il primo setup dell'ambiente di sviluppo identificandone le specifiche tecniche e funzionali alla realizzazione del PoC. Il compimento della seconda fase è stato fissato in 10 settimane ed è determinato dalla realizzazione del sistema e attivazione del PoC.
3. **Outcome.** Quest'ultima fase si divide in due periodi ognuno dei quali dura 2 settimane: outcome e gap analysis. Nel primo periodo vengono valutati i pro e i contro della soluzione realizzata attraverso un resoconto che tiene traccia dei test integrati svolti sulla piattaforma. Nel secondo periodo è collocato lo studio di fattibilità per l'eventuale fase di industrializzazione. Per gap analysis, infatti, si intende lo studio degli scostamenti tra il posizionamento attuale e quello desiderato.

Alla fine delle tre fasi, se il gap analysis riporta risultati soddisfacenti tra ciò che è la posizione ante operam e quella post operam, il software è pronto per essere rilasciato in modalità open source.

I ruoli dei partecipanti al PoC sono definiti dal seguente schema esemplificativo (Fig. 12).

Figura 12- Ruoli dei partecipanti al progetto



I due attori fondamentali della prima fase, la pianificazione, sono i Business owner e gli Stakeholders. I primi sono imprenditori che si relazionano direttamente con il GSE per definire i termini e tempi di consegna dei materiali utili alla produzione. I secondi sono dei soggetti influenti nei confronti di una iniziativa economica, portatori di interesse che ruotano intorno all'organizzazione. Gli Stakeholders si interfacciamo con il gestore della rete nazionale. Le due parti hanno il compito di identificare gli input del planning e comunicarli ai product owner. A loro volta il produttore, che è colui che conosce tutti i requisiti del prodotto, dopo aver recepito tutte le informazioni relative al biometano prodotto, ne registra le quantità prodotte e le caratteristiche fisiche/chimiche in datalogger, con l'obiettivo di massimizzare il valore del prodotto. Tali informazioni sono condivise con il Team di sviluppo, in questo caso Accenture. Il vincitore della gara d'appalto è il principale protagonista della fase di realizzazione del progetto e collabora con Snam per la realizzazione del software innovativo con il quale sarà possibile gestire la filiera del biometano. Il team in particolare si occupa dello sviluppo del prodotto e del testing delle sue funzionalità. Un'altra figura di principale interesse è lo Scrum master. Si tratta di una figura dirigente il cui ruolo è quello di un leader a servizio del suo team. In tal senso, uno Scrum Master non assegna soltanto dei compiti, ma assiste il team anche nello svolgimento e si pone come formatore, mediatore, conduttore e assistente. Tale figura inizialmente è stata concepita unicamente per lo sviluppo di software e attraverso la metodologia agile sono state ideate delle regole concrete per rendere il team di sviluppatori più dinamici ed efficienti. Lo Scrum master organizza e partecipa a delle giornate interamente organizzate per il meeting Scrum durante il quale gestisce i progressi del progetto fino al compimento di una bozza finale.

3.1.4 Architettura logica e tecnica

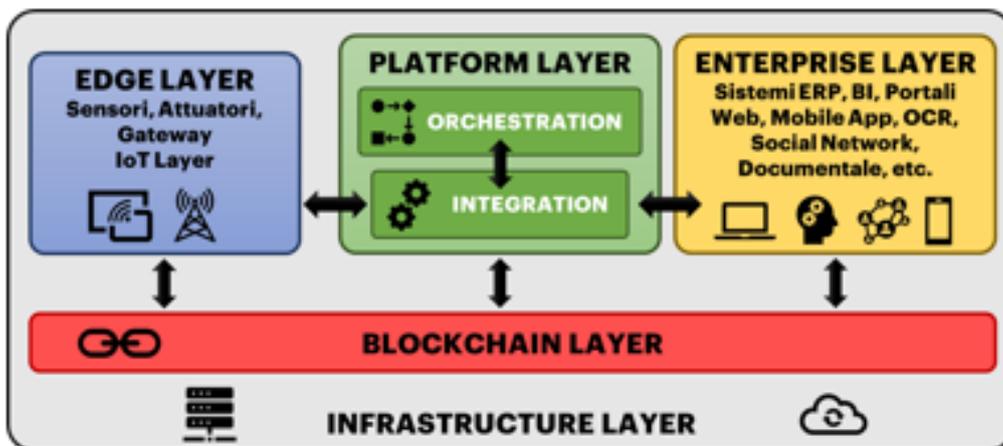
L'ultimo step discusso durante il pre-kickoff meeting è l'architettura del sistema. Si è pensato sia alla logica che alla tecnica che sta alla base dell'architettura del software poiché una descrive il procedimento utilizzato per la realizzazione del progetto mentre l'altra mette in dettaglio le applicazioni o i software utilizzati. In questo paragrafo andremo a definire ogni fase dell'architettura descrivendone il processo logico e mettendo in evidenza le strutture tecniche usate per la sua realizzazione.

L'architettura del software prevista è composta da:

- **Edge Layer:** è la componente preposta all'integrazione dei dispositivi, ovvero la struttura che si occupa di rilevare i dati fisici e chimici in ingresso alla rete del biometano. Ciò avviene grazie all'uso integrato di data entry come sensori, attuatori, gateway o IoT layer.

- **Platform Layer:** si tratta della componente che lega e mette in interazione gli attori principali del sistema con il sistema stesso. Gestisce i processi long running¹¹ e integra il mondo IoT e blockchain con i sistemi enterprise¹². Essi sono implementati con piattaforme open source (tra quelle già note abbiamo Apache Camel o JBPM) oppure enterprise (come TIBCO o BOOM).
- **Enterprise Layer:** è la componente in cui risiedono tutte le applicazioni del GSE per il controllo e il monitoraggio del biometano introdotto. È l'interfaccia con il quale l'utente finale (produttori, shipper, distributori) comunica con l'edge layer grazie anche a piattaforme open source che vengono usate all'interno del proof of concept come ad esempio le image test extraction o i document classifier. Essi raccolgono immagini e dati e li classificano secondo dei criteri stabiliti.
- **Blockchain Layer:** è la componente Blockchain vera e propria con la quale vengono implementate tutte le informazioni che passano attraverso il sistema. Nel caso descritto si fa riferimento alla blockchain chiamata Corda R3.
- **Infrastructure Layer:** che è la componente infrastrutturale sulla quale sono raccolte tutte le informazioni relative all'applicativo. Nel caso specifico si è fatto affidamento ad Amazon web services.

Figura 13- Architettura logica del sistema



¹¹ Long running o lunga esecuzione di un processo è la gestione di più messaggi della stessa istanza di un processo. Ciò non significa che il processo ha una lunga durata di esecuzione, infatti, potrebbe essere completato anche in microsecondi ma che il processo elabori attivamente l'intera durata.

¹² Un sistema **Enterprise Resource Planning**, in italiano "pianificazione delle risorse d'impresa" è un sistema informatico utilizzato per la gestione e la pianificazione aziendale capace di integrare tutti i processi di business di un'organizzazione: amministrazione, contabilità, approvvigionamento delle risorse, produzione, logistica, acquisti, vendite.

4 Caso di studio: “dal produttore al cliente finale”

Con il seguente capitolo si vuole creare un caso di applicazione reale della ipotetica piattaforma blockchain che sotto alcuni aspetti delinea l’idea già elaborata nel proof of concept, ma che sotto altri aspetti si discosta da essa. Lo scopo è quello di dimostrare la funzionalità della tecnologia nel tracciamento del biometano utilizzando la piattaforma già messa a disposizione dai colleghi di Accenture e verificarne i contenuti. In questo studio si è prevista la creazione di una rete semplificata costituita da una piccola comunità, al pari di quelle energetiche, in cui tutti gli attori coinvolti sono tra di loro collegati. L’obiettivo è quello di definire qual è l’impatto economico e sociale dell’uso del biometano come combustibile rinnovabile nel settore dei trasporti e capire se l’investimento iniziale dei vari protagonisti può essere recuperato in periodi accettabili attraverso gli incentivi messi a disposizione dal governo.

Analizzeremo dunque una fetta di popolazione italiana che rappresenta la comunità energivora disposta a investire sull’applicazione e definiremo la struttura e le caratteristiche della rete sulla quale saranno svolte tutte le azioni di immissione, vendita e scambi di biometano.

4.1 Implementazione del caso studio

Dopo aver definito quali sono gli scenari preposti per la realizzazione del progetto, si è pensato di analizzare un caso di applicazione reale della ipotetica piattaforma Blockchain. Si tratta di un prototipo che mette insieme i due use case descritti nei paragrafi precedenti in una piattaforma che raccoglie tutti gli attori principali del caso di studio.

Il processo di realizzazione della piattaforma dipende non solo dalla fattibilità e semplicità di realizzazione ma soprattutto dalle possibilità che tale innovazione può portare nello sviluppo della tecnologia e nel tracciamento del biometano. Lo studio si basa su due principi fondamentali:

- Il quantitativo di biometano commercializzato lungo l’intera filiera deve essere sempre minore o uguale al biometano prodotto dagli impianti.
- I documenti scambiati tra gli attori sono di natura contabile/commerciale.

Il primo dei due è un principio di tipo fisico in quanto l’ipotesi di commercializzare una quantità di biometano maggiore rispetto a quella prodotta dagli impianti risulta essere non veritiera. Ogni punto di riconsegna nella rete è monitorato da sensori o attuatori che vede in ingresso nella rete e quindi nella piattaforma una quantità X di biometano. La quantità suddetta è registrata allo stesso tempo dal produttore che, dopo averla dichiarata al GSE, la immette nel PDR più vicino. Le quantità devono dunque necessariamente essere uguali oppure può succedere che la quantità immessa risulta inferiore a quella prodotta a causa delle perdite di carico durante il trasporto. Il secondo principio si basa invece sulla commercializzazione del biometano. Per commercializzazione intendiamo gli scambi di beni e servizi automatizzati tramite l’esecuzione degli smart contract. La piattaforma è pensata in modo da avere al proprio interno un vero e proprio mercato locale di

biometano in cui ogni partecipante possiede un portafoglio (**wallet**). Al wallet si accede previa registrazione al servizio e alla piattaforma dedicata usando delle credenziali identificative. Ogni utente deve accreditarsi sulla piattaforma e identificarsi secondo una tipologia di attore previsto (produttore, shipper, stazioni di rifornimento, cliente finale) al fine di alimentare l'anagrafica del software e tenere traccia di ogni movimento fatto. Essi decidono l'importo o unità di scambio (**token**) da possedere nel portafoglio virtuale per operare sul mercato ed eseguire gli scambi di biometano. Tutte le operazioni saranno registrate e immagazzinate nel database indicando sia la tipologia di scambi commerciali effettuati al punto di riconsegna che gli attori coinvolti in tale scambio. La Mappatura delle azioni sul mercato e filiera del biometano (produzione, ritiro, immissione, scambi, consumo) avviene attraverso il caricamento dei documenti commerciali o attraverso gli **smart contract** sulla piattaforma. Si tratta di modelli e dichiarazioni in cui il soggetto interessato dichiara le quantità e qualità del biometano nel caso di fornitura, ritiro e vendita. L'autorizzazione è fornita dal sistema e l'esecuzione avviene in maniera automatica al verificarsi delle condizioni previste dallo smart contract.

4.1.1 Descrizione della rete

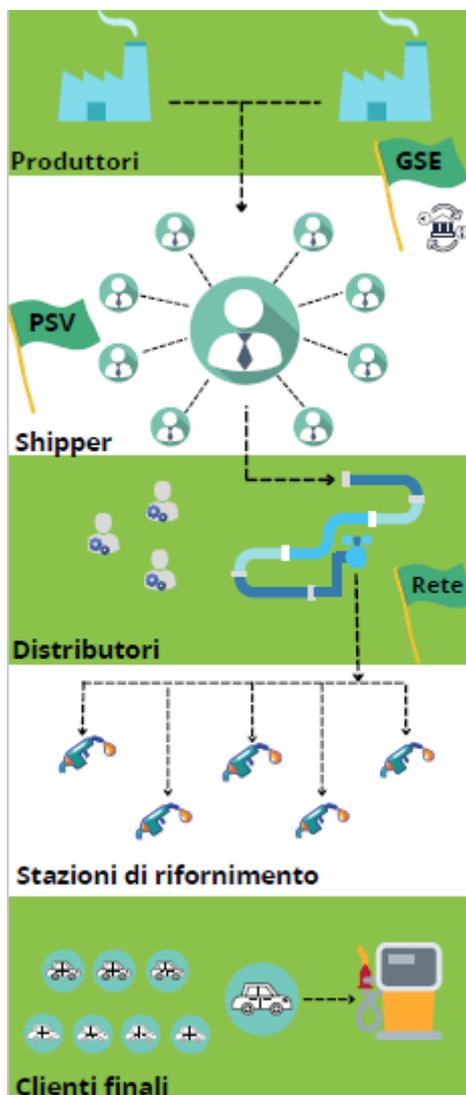
Per capire meglio il funzionamento del sistema, è stato ipotizzato un caso di studio che prevede la simulazione di una rete di immissione, distribuzione e vendita di biometano. La rete è stata ipotizzata in modo da valutare i due use case descritti nel pre- kickoff ed è così costituita:

- Produttori;
- Shipper;
- Distributori locali;
- Stazioni di Rifornimento.
- Clienti finali

I protagonisti della rete sono legati tra di loro secondo la logica degli scambi commerciali. Le due aziende produttrici immettono biometano nella rete e lo scambiano con gli Shipper. A loro volta gli Shipper dopo averlo commercializzato sul mercato (Punto di Trading Virtuale) lo rivendono alle stazioni di rifornimento passando attraverso i distributori locali che si occupano della distribuzione al dettaglio. A differenza del distributore nazionale (Snam), che in questo progetto ha la funzione di supervisore e regolatore delle quantità scambiate, i distributori locali si occupano di una piccola zona di loro competenza per far giungere il biometano alle stazioni di rifornimento. Il trasporto può avvenire o attraverso la rete se la stazione è allacciata direttamente alla linea nel così detto punto di riconsegna (PDR) o attraverso degli autocarri bombolai che gestiscono il trasporto del gas dal PDR più vicino alla stazione di servizio. Un altro metodo per favorire lo scambio dal produttore al consumatore è l'immissione diretta in stazione senza l'accesso alla rete. In questo caso il produttore non immette il gas in rete ma dopo averlo correttamente registrato in piattaforma lo affida agli autocarri che lo trasportano direttamente nelle stazioni di rifornimento. Lo schema

semplificativo della rete è stato riportato in figura 13 in modo da rendere più chiara l'idea sviluppata e i rapporti tra i vari gli attori coinvolti nel sistema.

Figura 14-Schema della rete di distribuzione



Nella figura 14 possiamo vedere la rappresentazione grafica del caso di studio con immissione in rete del biometano. I produttori di biometano immettono il combustibile prodotto in rete. Questo viene certificato attraverso i sistemi di misurazione posti a ogni punto di immissione in rete e registrato in piattaforma. Il GSE remunera i produttori con degli incentivi per l'immissione in rete di biometano e affida il trasporto agli Shipper i quali hanno la facoltà di rivendere il biometano ad altri intermediari nel punto virtuale di scambio. La gestione della rete è affidata ai distributori che hanno il compito di monitorare il flusso di biometano che passa attraverso l'infrastruttura. Infine, il biometano arriva alle stazioni di rifornimento attraverso i Punti di Riconsegna i quali lo immettono in consumo. I clienti finali possono, a questo punto, rifornire la propria auto con biocarburante sostenibile e aiutare il paese alla decarbonizzazione.

Tutti gli attori fanno parte del sistema e svolgono delle funzioni mirate al passaggio del biometano dal punto di produzione a quello di consumo. Esse si intersecano tra di loro come descritto sopra. Da questa prima analisi sommaria, possiamo affermare che dal punto di vista dello sviluppo del progetto e della tecnologia il nostro interesse si concentra sulla distribuzione del biometano attraverso la rete in quanto prevede il coinvolgimento di un maggior numero di figure protagoniste che si intrecciano in un sistema di sviluppo delle tecnologie, salvaguardia dell'ambiente e guadagno personale.

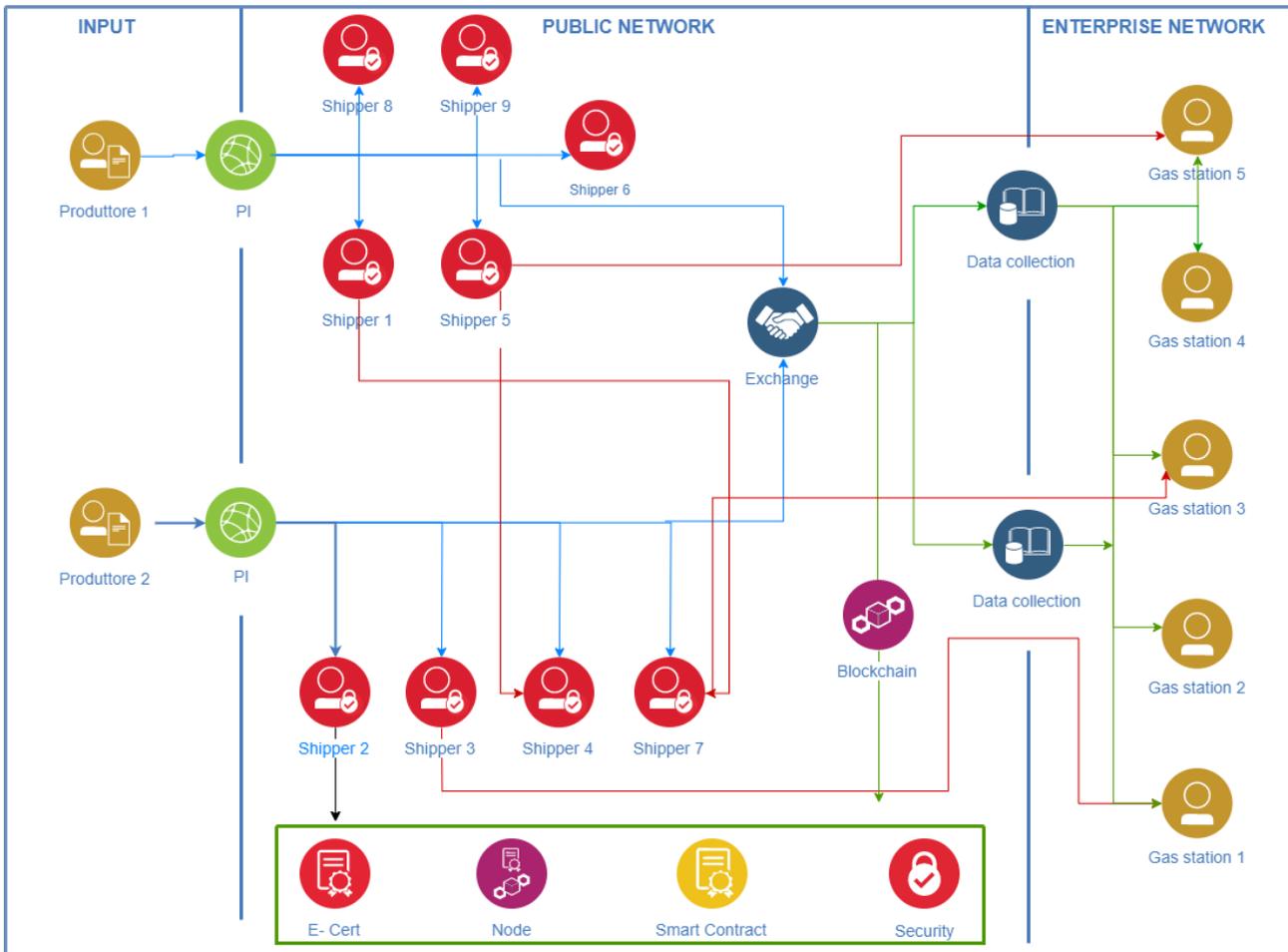
4.1.2 Descrizione dei carichi allacciati alla rete

Per quanto riguarda la gestione dei carichi immessi e circolanti in rete, è stato ipotizzato uno schema così costituito:

- Punti di immissione in rete (PI);
- Hub virtuale (PSV);
- Punti di prelievo (PDR).

I primi (PI) e gli ultimi (PDR) sono i punti fisici della rete in cui viene immesso e prelevato il biometano, mentre i secondi sono invece dei punti virtuali della market aerea locale in cui avviene lo scambio di combustibile al mercato. Al fine di descrivere la tipologia e le quantità di **carichi nella rete**, semplificheremo il nostro schema non tenendo conto del trasporto in se, ma riferendoci solo al punto di ingresso e al punto di uscita del biometano (vedi figura 15). Quando il produttore certifica il biometano da immettere in rete, specifica non solo la quantità immessa ma anche il numero identificativo del PI di ingresso. Allo stesso modo, gli shipper che acquistano e vendono biometano trasportandolo da un punto fisico a un altro, specificano nel contratto quale saranno i punti fisici di presa in carico e rilascio dello stesso. In questo caso, conoscere il tratto fisico che il biometano scambiato percorre nella rete risulta essere più complesso. Tuttavia, al fine del calcolo dei carichi distribuiti non è importante il percorso prestabilito dalle singole quantità ma il valore finale di tutti i carichi circolanti in rete. Tutti gli shipper saranno dunque obbligati a valorizzare nella piattaforma sia le quantità di biometano scambiato che i punti di scambio tra le varie controparti. Grazie a questi valori sarà possibile ricostruire i valori di carico della rete.

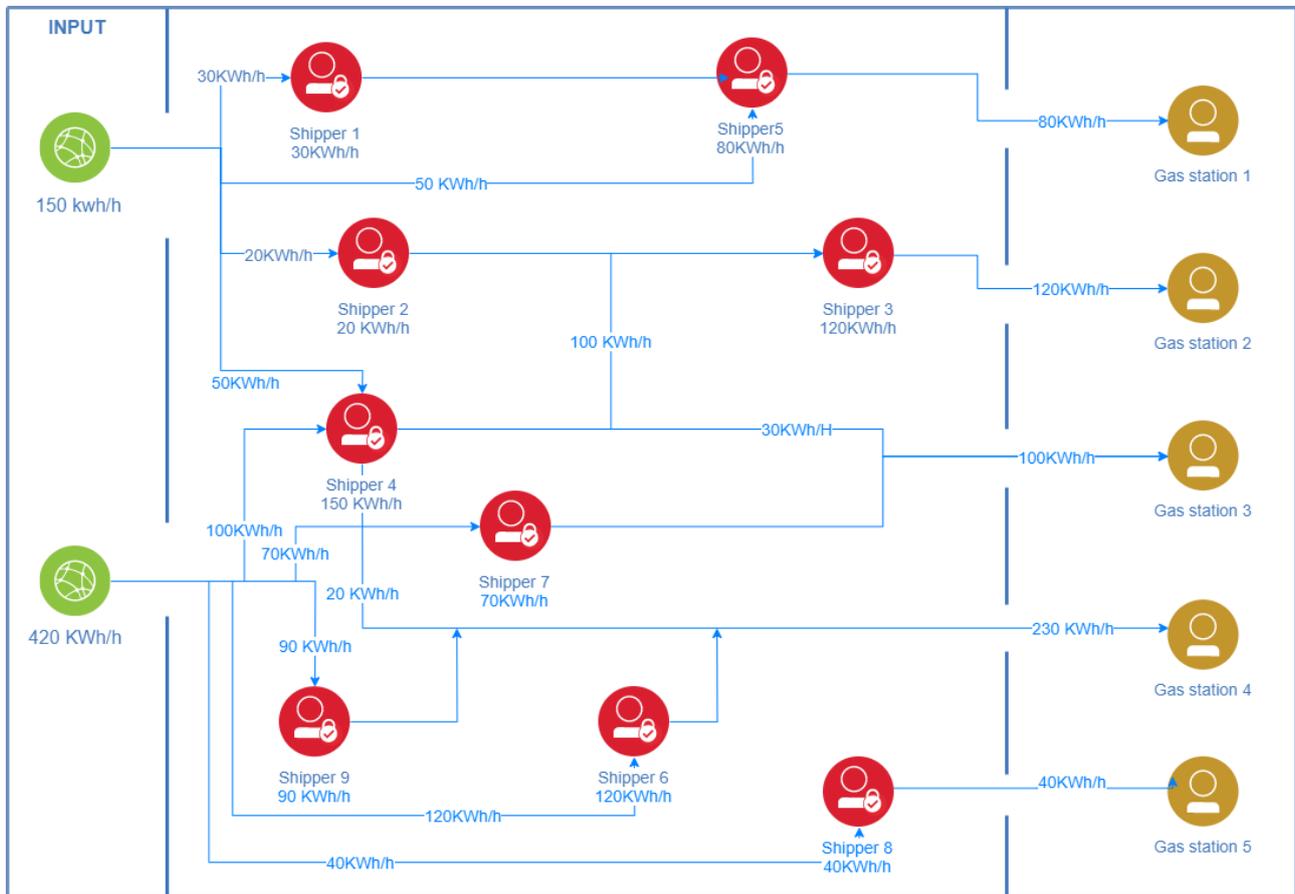
Figura 15-Input ed Export della rete in cui operano gli shipper



Il sistema è stato pensato in modo che, per ogni utente connesso alla rete, sia sottoscritto un piano di consumo mensile, uno settimanale e uno giornaliero. Tutti questi piani sono delineati attraverso smart contract stipulati anticipatamente dalle controparti. I carichi sottoscritti saranno definiti in termini volumetrici Sm^3 (Standard metrocubo), ma convertiti in unità energetiche orarie o giornaliere KJ/h o KWh/h nel momento in cui saranno inserite in rete. Al momento dell'attivazione dello smart contract, le quantità di scambio stabilite vengono automaticamente registrate in piattaforma e nominate al trasportatore secondo base giornaliera/oraria. La nomina giornaliera viene divisa nelle 24 ore e può avere valore *flat*, se rimane costante durante l'arco della giornata, o *non-flat*, nel caso in cui la nomina è profilata nelle 24 ore e assume valori differenti da un'ora a un'altra. Per semplificare lo studio noi ci occuperemo solo della programmazione giornaliera e in particolar modo di quella del giorno successivo (**Day ahead**). Il piano di nomina Day ahead dipende sia dalle esigenze dell'utenza, ad esempio dalla quantità di biometano che il produttore introduce nella rete o quella che ogni rifornitore prevede di vendere giornalmente, sia dalle possibilità fisiche della rete. Ciò significa che bisogna tener conto anche della quantità di biometano che un tratto della condotta è in grado di trasportare secondo le sue caratteristiche fisiche. Si tratta dunque di stabilire sia il profilo di carico

che la capacità di trasporto della condotta. Un esempio è stato riportato nella figura 15 dove è stato analizzato il profilo di carico della rete in un giorno tipico di marzo normalizzato secondo le vendite al mercato effettuate dagli shipper.

Figura 16- Profili di carico della rete in una giornata tipica di marzo



Data la compravendita di biometano da parte dei protagonisti del servizio è stato ipotizzato un profilo di carico in una tipica giornata di marzo per definire i volumi circolanti nella rete fisica e affrontare, nel paragrafo successivo, le problematiche relative al trasporto.

4.1.3 Descrizione delle caratteristiche della rete

Ciascun tratto della rete (dal punto di immissione a quello di riconsegna) è modellizzato secondo dei parametri specifici di trasporto: **capacità** del tratto e **disponibilità** giornaliera della rete. Questo significa che la condotta è suddivisa e dimensionata in modo che ogni shipper abbia una certa capacità di trasporto. Poiché la rete in cui è immesso il biometano è la stessa in cui viene trasportato anche il gas naturale la capacità di trasporto oraria deve essere analizzata e divisa in base alla diversa immissione. Ad oggi, l'acquisto di capacità nella rete è regolamentato attraverso dei contratti annuali, stagionali o mensili. La capacità acquistata dallo shipper per il trasporto del biometano sarà contrattualizzata attraverso smart contract in piattaforma e

aggiunta a quella di gas naturale posseduta. Data una certa capacità oraria, è possibile trasportare biometano in rete per il valore massimo acquistato. Applicando queste leggi al nostro caso di studio è possibile fare un'analisi delle nomine orarie e verificare se, per ogni shipper, la capacità di trasporto posseduta è sufficiente a garantire la distribuzione del biometano scambiato. La tabella 3, in cui sono riportate tutte le casistiche possibili per descrivere le caratteristiche della rete, ha l'obiettivo di esplicitare se la nomina oraria fatta dallo shipper rientra o no nella capacità contrattuale.

Tabella 3-Descrizione delle caratteristiche della rete

Tratta	Nomina oraria [MWh/h]	Capacità contrattuale [MWh/h]	Capacità totale disponibile [MWh/h]	Acquisto capacità aggiuntiva?
SHIPPER A				
1	45.000	33.480	52.488	SI
2	52.500	57.790	74.708	NO
3	17.000	17.951	30.069	NO
4	160.250	129.295	130.915	SI

Nella tabella 3 sono riportate: la nomina oraria, la capacità contrattuale e quella ancora disponibile in rete. La **nomina** è la quantità che lo shipper dichiara di trasportare lungo la tratta. Questa quantità è registrata nella piattaforma ed è una quantità fittizia che si ipotizza di trasportare durante la giornata seguente. La nomina infatti è programmata nei giorni precedenti e inviata nel sistema il giorno prima entro i termini contrattuali stabiliti (deadline oltre le quali la nomina non verrà presa in considerazione). La **capacità contrattuale** è la quantità di biometano che può essere trasportata nel limite della capacità acquistata. La **capacità disponibile** è la capacità ancora disponibile nella rete e che può essere acquistata all'asta. Così come nel caso del metano naturale, si potrebbe introdurre nella piattaforma una sezione dedicata all'acquisto di capacità per il giorno in corso in modo da gestire variazioni sulla nomina. Se dunque la nomina prevista dallo shipper è maggiore rispetto alla capacità contrattuale è possibile partecipare all'asta per aggiudicarsi tale capacità. In alternativa lo shipper deve rivendere la quantità in eccesso oppure ridurre la nomina. Analizzando gli esempi in tabella quindi, lo shipper A scambia determinate quantità lungo i 4 tratti. Nel tratto 2 e tratto 3 la nomina è minore rispetto alla capacità di trasporto quindi il sistema non riceve alcun errore e lo scambio può avvenire senza ulteriori approvazioni. Nel caso del tratto 1 invece lo shipper nomina sul trasporto una quantità di biometano maggiore rispetto alla capacità posseduta. Lo shipper deve dunque decidere se diminuire lo scambio di biometano con la controparte oppure se acquistare capacità aggiuntiva sulla rete. Il caso del tratto 4 è simile a quello precedentemente spiegato ma lo shipper non ha la possibilità di acquistare

capacità aggiuntiva in quanto la rete risulta essere satura. In questo caso lo shipper non ha altre possibilità che diminuire la nomina e dunque modificare le quantità di scambio con la controparte.

Figura 17-Ipotesi dell'applicazione relativa alla gestione della rete per gli shipper



4.2 Dal produttore al cliente finale

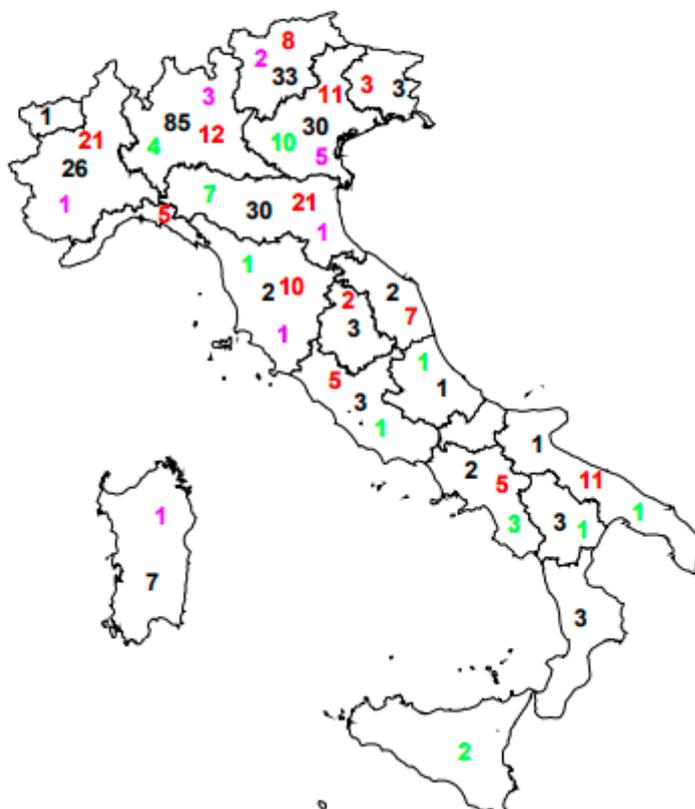
Tutti gli attori protagonisti del sistema sopra descritto hanno l'obbligo di registrarsi sulla piattaforma. Al momento della registrazione ognuno di essi dovrà specificare la propria funzione all'interno della piattaforma e inserire la tipologia di utilizzo che vogliono sfruttare dal sistema. In questo modo l'applicazione riconoscerà ogni utente per la sua funzione e li distinguerà sotto tre differenti processi così definiti: UP STREAM, MID STEAM e DOWN STREAM.

4.2.1 Produttori

Il primo è il processo di monte, ovvero la produzione di biometano dalle materie prime. In esso si inseriscono i **produttori** e i proprietari di grandi quantità di materiale agricolo biodegradabile. Spesso le due figure non coincidono, per questo motivo esistono delle figure di rappresentanza all'interno delle aziende di produzione che stipulano contratti di raccolta del materiale agricolo o di materiali provenienti dai rifiuti organici cittadini (FORSU). La produzione di biometano avviene attraverso gli impianti di upgrading del biogas che possono trattare dai 250 a 3000 Sm³/h di biogas in ingresso. Attualmente gli impianti di Biogas si distinguono per categoria, ovvero per il tipo di materiale recuperato (Scarti organici, Reflui agro-industriali, Forsu, Fanghi di depurazione) e sono dislocati in tutta l'Italia secondo la ripartizione regionale riportata in figura 18.[18]

Figura 18-Ripartizione regionale degli impianti di biogas operativi in Italia

- 235 impianti: Effluenti zootecnici + scarti organici + colture energetiche
- 121 impianti: Fanghi di depurazione civile
- 14 impianti: FORSU
- 31 impianti: Reflui agro-industriali



I produttori che decidono di iscriversi alla piattaforma, devono prima certificare la quantità e qualità di biometano prodotta che decidono di immettere in rete attraverso la documentazione utile reperibile in piattaforma, e in seguito registrarla. L'articolo 4 del Decreto Biometano del 8 Marzo 2018 cita: "Per comprovare l'origine rinnovabile del biometano, vengono introdotte le garanzie di origine, a patto che il biometano non riceva altre forme di incentivazione"[19]. Ciò significa che è prevista, presso il GSE, la costituzione di un registro nazionale delle **Garanzie d'Origine** del biometano in cui sono reperibili tutti i valori di energia prodotta attraverso il biometano e le Garanzie d'Origine assegnate per ogni MWh prodotto e veduto.

$$1 \text{ MWh prodotto e venduto di biometano} = 1 \text{ GO}$$

I produttori, all'interno del sistema sopra descritto, sono gli unici attori che durante l'iscrizione non necessitano di un investimento monetario iniziale ma sarà il certificato di produzione e immissione alla rete che permetterà loro di ricevere i Token dai quali sarà possibile riscuotere gli incentivi dal GSE.

Figura 19- Funzioni principali dei produttori all'interno della piattaforma



4.2.2 Shipper

A questo punto il biometano circola fisicamente in rete e sarà oggetto di scambio per gli **shipper**. Entriamo così nel secondo processo del sistema: il MID STREAM che è un processo di compravendita di biometano. In questa fase, gli shipper, che intendono operare nel mercato del biometano, si iscrivono in piattaforma investendo una quantità monetaria iniziale. Al momento della registrazione al wallet, la quantità investita sarà trasformata in *token*, moneta virtuale con la quale è possibile operare sul mercato. La compravendita di biometano avviene secondo due meccanismi di vendita che saranno definiti nel contratto *fixed* e nel contratto *fickle*. Il primo meccanismo coincide con la necessità di trasferire la commodity dal produttore al venditore dopo l'immissione in rete e dallo shipper al rivenditore per garantire l'usufrutto del servizio ai clienti. Tale scambio è registrato nel contratto *fixed* almeno un mese prima della vendita effettiva. Si tratta cioè di smart contract a lunga scadenza nel quale il venditore e l'acquirente firmano in anticipo le quantità da scambiare nei mesi successivi. I limiti di scadenza per la regolazione dello smart contract è imposto dalla piattaforma e va dai 2 mesi ai 30 giorni prima della cessione. Mentre il rapporto della compravendita tra produttore e shipper può essere sottoscritto dai 9 a un massimo di 12 mesi, in modo da favorire l'ingresso sul mercato di nuovi imprenditori. Nel contratto *fixed*, dunque, sono definiti tutti gli smart contract e ciascuna delle singole transazioni che avvengono tra produttore, shipper e rivenditore. Una particolarità di questo sistema è la vendita e nomina oraria della commodity. Nella piattaforma, infatti, è necessario che ogni controparte inserisce la quantità di energia venduta o acquistata ogni ora per le 24 ore della giornata suddetta. La nomina delle quantità avviene dunque secondo un'unità di misura oraria dell'asset come, ad esempio, KJ/h o KWh/h. Questo perché si è voluto mantenere lo stesso sistema di nomina e distribuzione dell'attuale asset circolante in rete: il metano. Il contratto *fickle* è invece un file molto

dinamico che raccoglie tutte le transazioni che avvengono nel **mercato a breve termine** (infragiornaliero e mercato del giorno dopo). Gli utenti possono infatti operare sul mercato del biometano, vendendo e acquistando sul punto di scambio virtuale al prezzo di mercato¹³ con il semplice scopo di favorire i propri guadagni. Anche in questo caso le transazioni sono regolamentate attraverso gli smart contract su base oraria in modo da garantire la sicurezza durante lo scambio e la registrazione dello stesso in piattaforma. La particolarità di questo meccanismo risiede nella compravendita del biometano sulla giornata in corso, poiché le quantità scambiate a una certa ora X saranno distribuite nelle ore successive esse non potranno avere valore retroattivo.

Figura 20-Funzioni principali degli shipper all'interno della piattaforma



4.2.3 Distributori locali

Infine, il DOWN STREAM è il processo di **distribuzione locale** del gas e vendita al dettaglio del prodotto. I soggetti incaricati nella gestione della rete in quest'ultima fase sono i medi e piccoli distributori che hanno il monopolio di una piccola parte dell'infrastruttura. Il sistema è stato pensato in modo che Snam continua ad avere il dominio sulla dorsale principale della filiera, occupandosi della fornitura e dispacciamento sia del metano che del biometano, mentre la distribuzione alle stazioni di rifornimento è affidata ai distributori locali. Quest'ultimi si iscrivono sulla piattaforma e si pongono come intermediari tra gli shipper e le stazioni di rifornimento. Il loro compito principale è quello di garantire il dispacciamento di biometano e di trasportarlo fino alle stazioni finali o ai punti di riconsegna. Per garantire il trasporto è importante la gestione della rete. Anche in questo caso la gestione avviene secondo il profilo di carico orario: i distributori ricevono la nomina oraria della quantità di biometano da trasportare, il punto di ingresso e

¹³ Il prezzo medio di cessione del biometano è riportato sul sito del GME che procederà alla pubblicazione su base mensile del prezzo suddetto con riferimento all'art. 6, comma 1, lettera a), del Decreto interministeriale 2 marzo 2018.

quello di ritiro e lo sottoscrivono nella piattaforma. Qui verificano il percorso più veloce per il trasporto della commodity e i limiti fisici a cui la rete può essere sottoposta durante il trasporto. Verificano se i carichi nominati possono essere trasportati lungo il tratto ipotizzato e nel caso di imprevisti hanno il compito di scegliere un metodo ugualmente efficiente riducendo al minimo i costi aggiuntivi.

Figura 21- Funzioni principali dei distributori locali all'interno della piattaforma



4.2.4 Stazioni di rifornimento

Alla fine del percorso la fornitura del gas ai clienti è gestita dalle **stazioni di rifornimento** tramite piattaforma. Anche i proprietari delle stazioni devono registrarsi sulla piattaforma come attori principali del sistema, investire una quantità di denaro in token e acquistare, attraverso il meccanismo *fixed* descritto sopra, la quantità di biometano che prevedono vendere o comunque quello previsto da immettere in consumo. Anche loro dovranno nominare il trasporto orario della quantità acquistata al distributore in modo da avere un doppio check sulla distribuzione. A certificare la quantità di biometano giunta al rifornimento sono invece gli apparecchi di misura e contatori che si inseriscono nello strato della struttura che sarà identificato come: Edge Layer. Le stazioni di rifornimento, dunque, acquistano biometano e lo rivendono ai clienti finali destinandolo al settore dell'autotrasporto. Il loro guadagno si basa sulla vendita del biometano al prezzo risultante della procedura competitiva meno il prezzo al quale è stato acquistato.

$$\text{Guadagno} = \text{Prezzo di vendita} [\text{€/MWh}] \cdot \text{Energia venduta} [\text{MWh}] - \text{Prezzo del biometano acquistato} [\text{€}]$$

Più biometano vendono a un prezzo a loro favorevole più sarà il loro guadagno. Questo significa che le stazioni di rifornimento dovranno procedere con un piano marketing per far sì che vi sia più affluenza dei clienti finali nelle loro filiere di rifornimento di biometano piuttosto che in altre. Inoltre, bisogna tener conto

del fatto che la quantità di incentivi ricevuti dal GSE si calcolano in base alla quantità di biometano immesso in consumo e che tali incentivi sono destinati alla remunerazione dei produttori.

Figura 22- Funzioni principali delle stazioni di rifornimento all'interno della piattaforma



4.2.5 Utenti finali

I clienti finali sono gli utenti del servizio che decidono di rifornire il proprio veicolo con questa tipologia di carburante. Possiamo associare il biometano a un biofuel che prodotto da fonti sostenibili avrà verosimilmente un costo sul mercato redatto dal gestore dei servizi energetici ma con la differenza che oltre ad avere benefici sull'ambiente avrà anche benefici sul portafoglio del cliente che decide di iscriversi sulla piattaforma. Il cliente finale, infatti, non è obbligato a iscriversi alla piattaforma, in quanto, potrebbe semplicemente decidere di rifornire il proprio veicolo con il biocarburante senza sfruttare gli incentivi sul mercato. Nel caso in cui decidesse di voler cogliere l'opportunità del servizio di incentivazione, la sua registrazione alla piattaforma avverrebbe come **Utente Esterno**. In questo caso il cliente sarà libero di caricare denaro sulla piattaforma o pagare il servizio di rifornimento tramite i metodi tradizionali ma riceverà sul suo wallet digitale incentivi come ad esempio dei cashback o remunerazioni in termini di buoni carburante presso lo stesso rifornitore o filiali.

Figura 23- Funzioni principali degli utenti finali all'interno della piattaforma



5 Uso della Blockchain a supporto del caso di studio

Dopo aver descritto il caso di studio da analizzare, le caratteristiche della rete e gli attori coinvolti nel settore, ci soffermeremo a capire come è stato possibile, per i colleghi di Accenture, realizzare una piattaforma che si basasse sulla tecnologia blockchain e che si applicasse al caso di studio ipotizzato. Lo studio volge a dare una risposta ai seguenti quesiti: come la blockchain può aiutare la filiera commerciale del biometano? Quali sono di conseguenza gli effetti diretti e indiretti che questa tecnologia può provocare su di essa? In questo capitolo descriveremo meglio i vari **layer**, già introdotti nel paragrafo 3.1.4, su cui si fonda la piattaforma, introducendo brevemente la demo realizzata da Accenture. Infine, analizzeremo la logica e la tecnica che sta alla base dell'architettura del software e valuteremo i vantaggi apportati dalla tecnologia al sistema studiato.

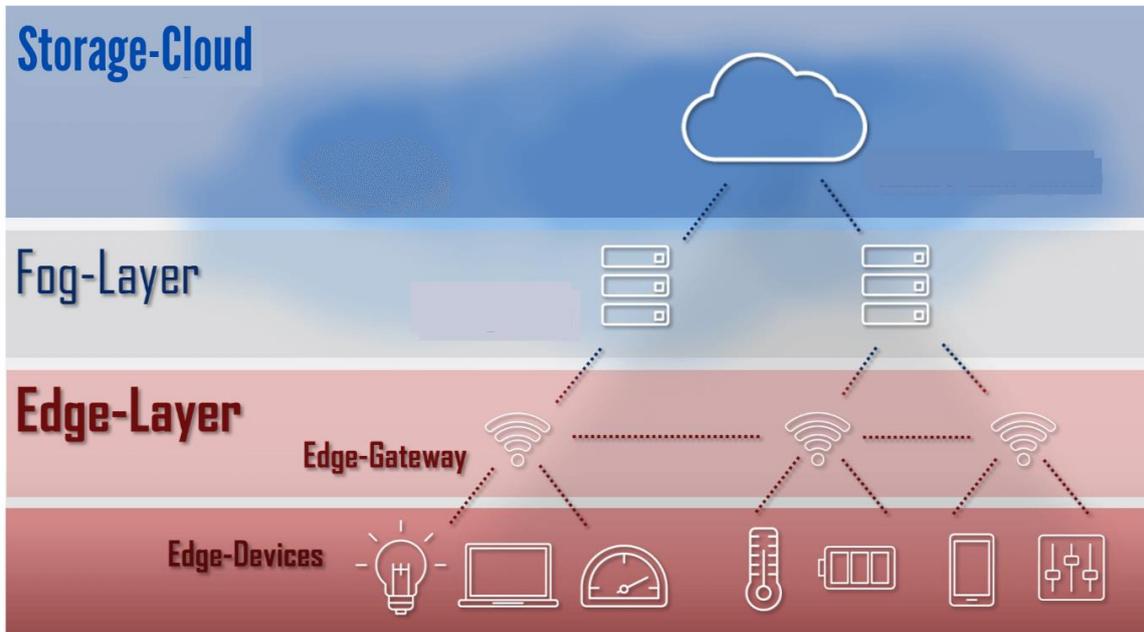
5.1 Edge Layer

L'**Edge Layer** è il primo strato architettonico di cui si compone la piattaforma. È definito come la nuova architettura possibile per l'ambienti IoT che non mette in gioco nuovi componenti di rete, ma sfrutta la tecnologia già consolidata in una struttura più compatta e solida.

Si tratta di un modello di calcolo distribuito costituito da micro-data center, ognuno dei quali è in grado di immagazzinare ed elaborare i dati sul luogo in cui avviene la misura. Pertanto, è costituito da un insieme di strumenti di misura posti nei luoghi fisici di scambio come i punti di immissione e i punti di riconsegna. Gli strumenti utilizzati per il calcolo del flusso, analisi della qualità del biometano e composizione chimica della miscela elaborano in loco le informazioni e trasmettono i dati acquisiti a un data center centralizzato o in uno storage in cloud. Questo meccanismo di elaborazione dei dati in prossimità del luogo in cui vengono generati porta numerosi vantaggi alla comunità sia in termini di latenza di elaborazione delle informazioni, sia in termini trasporto dei dati. Infatti, l'adozione di questo sistema fa sì che la rete sia **meno affollata** lungo il percorso tra il luogo della misura e il data center centralizzato e che allo stesso tempo sia meno densa di informazioni digitali in quanto trasporta solo il risultato finale dell'elaborazione.

L'Edge Layer è costituito da un primo strato chiamato "*Edge device*" e da un secondo strato definito "*Edge gateway*". Il primo è formato da dispositivi di generazione dati ovvero da sensori intelligenti posti al margine della rete, il secondo è, invece, il nodo tra le due reti IoT e rete centrale. Quest'ultimo strato è un'istanza di calcolo costituita da un router potente in grado di fornire elevate potenze di calcolo dei dati misurati. Le informazioni vengono a questo punto elaborate e organizzate nei così detto "*node Fog*" ovvero mini data center decentralizzati in cui viene generato l'output da trasportare alla rete centrale. La destinazione finale di tutti gli output del sistema è lo storage principale in cui si tiene memoria delle informazioni prelevate dalla rete.

Figura 24-Rappresentazione schematica della logica dell'Edge Layer



5.1.1 Edge Devices

Nella fase di approvvigionamento dei dati utili al funzionamento della piattaforma si è pensato di integrare alle autodichiarazioni di immissione, scambio e riconsegna, i device di misura già installati nella rete gestita da Snam. In questo modo si avrà un doppio monitoraggio delle quantità gestite che permette il controllo e la sicurezza dello scambio di gas avvenuto.

Il meccanismo di misura e la gestione della rete avviene attraverso dei modelli complessi di simulazione che consentono di **modellizzare** la rete nei punti di interconnessione. I punti di interconnessione sono dei punti fisici significativi ai fini gestionali della rete che devono essere “bilanciati” in modo che il flusso in ingresso e quello in uscita nel punto considerato sia nullo. Per descrivere come avviene la modellizzazione della rete e la registrazione dei dati in uscita nel sistema blockchain è necessario prima descrivere la rete di metanodotti presente nel territorio italiano e identificare i punti in cui avvengono le misure e i bilanciamenti.

L’infrastruttura italiana è una delle più articolate ed è suddivisa in: rete nazionale (RN) e rete regionale (RR). La prima è la dorsale principale che percorre tutto il territorio italiano da Nord a Sud con metanodotti di grosse portate. È costituita da diversi punti di interconnessione in cui il flusso assume un modello di tipo *Entry-Exit*. I punti di entrata alla RN sono chiamati **Entry Point** e sono:

- Punti di Entrata alle interconnessioni con i metanodotti esteri di importazione (Gela, Mazara del Vallo, Tarvisio, Passo Gries, Panigaglia);
- Punti di Entrata in corrispondenza di terminali di rigassificazione;
- Punti di Entrata dai campi di produzione nazionale;

- Punti di Entrata da produzioni di biometano che si dividono a loro volta in base al punto di allacciamento:
 - allacciate alla rete di trasporto di Snam Rete Gas o nei Punti di Entrata Virtuale in cui sono aggregate le produzioni di biometano;
 - allacciate alla rete di distribuzione di altre imprese di trasporto (Punto di Entrata Virtuale, PIV);
- Punti di Entrata virtuali dai campi di stoccaggio (o “hub”) gestite dalle Imprese di Stoccaggio.

I punti di uscita dalla rete nazionale sono definiti **Exit Point** e sono divisi in:

- Aree di Prelievo, ovvero aggregazioni territoriali di Punti di Riconsegna;
- Punti di interconnessione con le esportazioni (Gela- Mellitah, Mazzara del Vallo- Cap Bon, Tarvisio- Arnoldstein, Passo Gries – Oltingue/Wallbach, Bizzarrone);
- Punti di Uscita virtuali verso i campi di stoccaggio (“hub”); analoghi a quanto previsto per i Punti di Entrata virtuali dai campi di stoccaggio.

La seconda è la Rete di Trasporto Regionale. È la rete secondaria che copre tutto il territorio nazionale e raggiunge tutte le località italiane. Il gas che circola nella RN viene vettoriato attraverso le RR all’interno delle Aree di Prelievo, fino ai **Punti di Riconsegna**. Essi sono i punti fisici di uscita dalla rete del Trasportatore nei quali avviene il ritiro del gas da parte degli Utenti finali o distributori locali. A ogni punto di riconsegna corrisponde un’area di prelievo in cui avviene la misura del flusso e della qualità del gas. Questi valori, confrontati con quelli a monte della rete ci permettono di definire sia le perdite associate al trasporto che le caratteristiche fisiche proprie del gas riconsegnato a valle.

Figura 25- Struttura della rete di gas in Italia



A questo punto è possibile descrivere la metodologia utilizzata per la gestione della rete, calcolo delle grandezze fondamentali per il bilanciamento della rete e l'accumulo delle informazioni nel software ideato. La strumentazione di misura adottata nel sistema Snam permette di calcolare per ogni punto di ingresso e di uscita dalla rete nazionale e regionale le seguenti grandezze:

- Pressione, temperatura e composizione del gas a ogni punto di interconnessione;
- Portata e composizione del gas in ogni tratto;
- Calcolo delle grandezze relative ai punti di lavoro di turbine e compressori attivi;
- Determinazione dei parametri operativi per elementi come centrali, valvole di laminazione, importazioni, produzioni, stoccaggi e prelievi.

Ogni punto in cui è collocata la strumentazione è definito **punto di calcolo** e riceve in input tutti i valori sopra elencati, li elabora e genera in output un database compresso di informazioni utili al software.

5.1.2 Edge gateway

Gli edge gateway sono delle istanze di calcolo che gestiscono il passaggio tra una rete, il device e un'altra, il cloud. Si tratta di una workstation ottimizzata per l'ambiente di sviluppo che viene utilizzata per il training e lo sviluppo di test. I gateway forniscono varie interfacce per le tecnologie di trasmissione delle informazioni dal via cavo e via radio a comunicazioni di tipo Ethernet, WLAN, Bluetooth o SCADA.

Il sistema Snam si basa su strumenti di telemisura SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) che hanno il compito di supervisionare, controllare e acquisire i dati del sistema. Il sistema SCADA si inserisce all'interno di un'architettura che prevede:

- Computer interconnessi fra loro che servono come interfaccia grafica tra l'uomo e la macchina e ai quali sono affidate le funzioni di supervisione.
- Una serie di unità periferiche (RTU, Moduli di i/u o PLC) che si interfacciano, attraverso sensori e attuatori direttamente con il processo (macchinari, impianto, etc.).
- Una rete di comunicazione che è in grado di assicurare il corretto scambio di informazioni fra computer di supervisione e unità periferiche.

È generato in un ambiente di sviluppo integrato che mette a disposizione gli strumenti utili per la realizzazione delle applicazioni SCADA e gestione delle tre fasi operative del sistema.

Le fasi operative come suggerito dall'acronimo stesso sono: **Supervisione, Controllo e Acquisizione dati**.

Figura 26- Fasi del processo SCADA



Questi tre processi oltre a permettere e garantire il monitoraggio e gestione della rete, consentono di tracciare la filiera del biometano: dalla produzione alla società di distribuzione connettendo la rete al software proposto. In particolar modo, le fasi rappresentano tre processi fondamentali per la pianificazione e controllo:

- La **Supervisione** è quella funzione di gestione che permette all'operatore di osservare lo stato del processo e analizzarne l'evoluzione. Essa avviene attraverso l'interfaccia grafica che di fatto traduce le informazioni sullo stato del processo in un linguaggio visuale di immediata comprensione per l'operatore. Nel caso di studio analizzato, la supervisione consiste nel visualizzare e monitorare le portate di biometano immesso in rete, scambiato al PSV e riconsegnato nelle aree di prelievo. Il monitoraggio avviene secondo i dati misurati dai devices presenti nella rete e confrontati con i valori in input provenienti dai contratti di acquisizione o cessione sottoscritti tra gli attori protagonisti del sistema. Oltre alla misura del flusso scambiato, i devices permettono l'acquisizione di varie informazioni come temperatura e pressione di ingresso, qualità del biometano e composizione chimica importanti non solo per il controllo con quanto stabilito nel contratto ma anche per il controllo e funzionamento della rete.
- Il **Controllo** è la capacità del sistema di intervenire in maniera autonoma sul processo controllato. Ha il compito di modificarne l'evoluzione del sistema sulla base delle regole prestabilite oppure mandare un segnale di allarme che certifichi il discostamento delle caratteristiche fisico-chimiche dei valori misurati con quelli stabiliti dai contratti. Se il sistema di monitoraggio recepisce delle informazioni che si discostano dai valori stabiliti dai contratti, come ad esempio temperatura e pressione del flusso diversa da quella indicata, il sistema può modificare l'evoluzione del flusso intervenendo direttamente sul biometano stesso e variandone le caratteristiche fisiche. Se invece, si tratta di un discostamento dai valori indicati di tipo chimico (composizione del biometano, quantità di gas serra presenti nel flusso) o ancora sulla quantità di flusso immessa o scambiata, il sistema ha il compito di inviare un segnale di allarme e registrare i valori reali inseriti in rete. In questo modo si ha la possibilità di certificare realmente la documentazione utile per gli scambi.

- L'Acquisizione dati è il processo di trasferimento delle informazioni dai dispositivi periferici ai computer di supervisione e viceversa. Il trasferimento delle informazioni in senso inverso fa sì che il processo recepisce il cambiamento e si indirizzi verso l'evoluzione operata sui valori delle variabili che lo caratterizzano. Questa è la funzione principale del sistema senza la quale non potrebbero esistere gli altri in quanto mette in comunicazione la rete con il sistema di supervisione e registra i dati sul cloud come descritto precedentemente nella tecnologia edge gateway.

Figura 27-Rappresentazione grafica di un sistema SCADA



Come detto precedentemente questo sistema di telemisura e comunicazione tra i valori registrati in loco (al margine della rete) e il “cervello” del sistema apporta diversi benefici al processo. Tutte le informazioni relative allo stato della rete e monitoraggio del flusso in essa circolante vengono acquisite direttamente tramite i sensori e in parte fornite dai dispositivi di controllo in tempo reale (PLC). Le informazioni raccolte e archiviate nel cloud sono solo quelle necessarie all'evoluzione del processo in modo che tale selezione delle informazioni non intasi la rete di connessione e rende più veloce il trasferimento dei dati. Decentralizzando le informazioni e il sistema di elaborazione dati si garantisce anche una visione più sintetica ed intuitiva dell'impianto. Ciò risulta utile per aumentare l'efficienza del processo e l'ottimizzazione dei dati scambiati in rete.

5.1.3 Storage o cloud

L'ultimo ambiente digitale dell'Edge Layer è lo **Storage** ovvero uno spazio di archiviazione virtuale in cui è possibile sia memorizzare i dati che eseguire carichi di lavoro provenienti dalla raccolta dati. Lo storage consiste nell'astrazione, aggregazione e condivisione delle risorse precedentemente raccolte e consente il controllo centralizzato delle realtà distribuite. L'intelligenza assicura il telecontrollo delle apparecchiature

periferiche e consente al personale tecnico, ovunque si trovi, di accedere a tutte le informazioni con un semplice browser. Esistono diversi tipi di storage: storage pubblico, storage privato e storage ibrido.

- Lo **Storage pubblico** è il tipo più comune di distribuzione di cloud computing in cui le risorse, come server e archiviazione, appartengono e sono gestite da un provider di servizi cloud di terze parti e vengono distribuite tramite Internet. I vantaggi di questo tipo di risorsa sono i costi ridotti da parte dell'utente, la scalabilità praticamente illimitata e l'elevata affidabilità del server che offre un ampio grado di protezione.
- Lo **Storage privato** è meno comune ed è costituito da risorse di cloud computing usate esclusivamente da un'azienda o un'organizzazione. È collocato fisicamente nel data center locale dell'organizzazione oppure può essere ospitato da un provider esterno. I vantaggi sono una maggiore flessibilità, maggior controllo delle risorse che non vengono condivise con altri e maggior scalabilità rispetto all'infrastruttura locale.
- Lo **Storage ibrido** è invece una via di mezzo tra i primi due ed offre una scalabilità globale, maggior affidabilità e sicurezza abilitata attraverso intelligenza artificiale. I costi non sono elevati come nel caso di storage privati in quanto in parte coperti dal meccanismo del cloud pubblico. Spesso la gestione delle informazioni si suddivide in storage privati e pubblici in relazione alla sicurezza dell'informazione che si vuole ottenere.

Gli storages sono in grado di conservare i dati su memoria a breve termine o memoria a lungo termine. Nel primo caso lo spazio di archiviazione è gestito dalla RAM (random access memory) la quale è responsabile dell'elaborazione e memorizzazione di tutte le richieste e delle attività svolte durante l'esecuzione di un processo. Questa memoria riesce ad immagazzinare più informazioni possibili a un'elevata velocità, ma è una memoria volatile, ciò significa che le informazioni vengono archiviate solo temporaneamente e perse quando non più necessarie. Nella memoria RAM sono memorizzate tutte le informazioni di input del flusso orario presenti raccolti nei data center distribuiti al margine dei punti di interconnessione. Al termine dell'elaborazione dei dati i valori immagazzinati lasciano spazio ai nuovi valori misurati simultaneamente dalla strumentazione, mentre gli output raggiungono il cloud con memoria a lungo termine. Si tratta di memorie ROM (Read-Only Memory) non volatile, in cui le informazioni vengono salvate in maniera permanente sul chip, utilizzando un sistema binario.

Figura 28- Storage per l'immagazzinamento delle informazioni raccolte dalla rete



In questo primo Layer si definisce un'architettura del software capace di tracciare la filiera del biometano attraverso l'acquisizione e l'elaborazione dei dati. Allo stato attuale, in cui il governo ha previsto solamente l'incentivazione della produzione e immissione in rete del biometano attraverso i CIC, la tracciabilità si arresta al processo di immissione in rete del combustibile. In questo processo, infatti, non è stato ancora previsto il riconoscimento delle **Garanzie d'origine** (GO) di biometano incentivato. L'assenza di un meccanismo di certificazione dell'offerta commerciale rende il biocarburante difficilmente rintracciabile dagli utenti finali che desiderano acquistare prodotti rinnovabili. Tuttavia, attraverso i procedimenti e le strumentazioni di misura sopra descritte è possibile implementare il servizio applicando lo stesso meccanismo di acquisizione dati, controllo, supervisione e registrazione degli output anche alle fasi di commercializzazione del biometano tra gli shipper e inserimento nel settore dei trasporti. Gli scambi commerciali di biometano al PSV saranno pertanto controllati attraverso il sistema di misura installato nella rete da Snam e, allo stesso modo dell'immissione, valutate le caratteristiche principali del flusso e confrontate con quanto certificato negli smart contract. Se le informazioni recepite sulla rete fisica si discostano da quelle immagazzinate negli smart contract, il segnale di allarme blocca la transazione avvisando i partecipanti del problema riscontrato.

Nel caso invece dell'immissione in consumo, la strumentazione posta nelle aree di prelievo raccoglie e registra la purezza del biometano e calcola la quantità di rinnovabile messa in consumo. Questo meccanismo, fa sì che venga monitorato a livello nazionale la quantità di rinnovabile immessa in consumo a discapito di quella fossile e permette al cliente finale di quantificare il biocarburante effettivamente acquistato per il riconoscimento delle Garanzie di Origine.

In conclusione, avendo definito il meccanismo e la strumentazione utile per il primo layer, possiamo passare alla descrizione del secondo strato: il Platform Layer che ha il compito di pianificare e distribuire, in maniera automatica al compimento di alcune impostazioni, gli incentivi o gli sconti messi a disposizione.

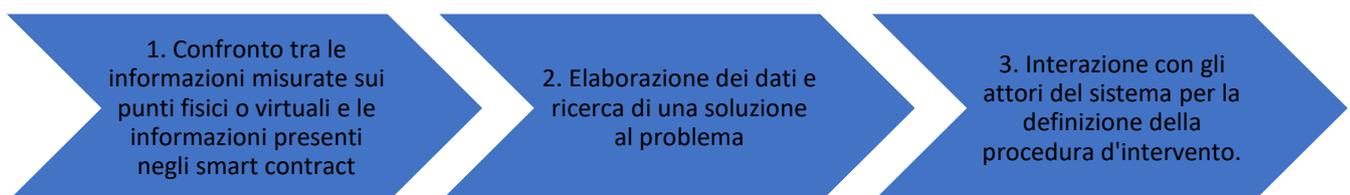
5.2 Platform Layer

La **Platform Layer** è lo strato definito come “*centrale operativa*”. Si tratta della componente del software che integra il mondo dell’informatica e intelligenza digitale ai sistemi enterprise. L’Enterprise Resource Planning è la pianificazione delle risorse d’impresa. Si tratta di un sistema che ha il compito di gestire tutti i processi relativi al business della filiera, come ad esempio i processi di vendita, acquisto, gestione della rete, monitoraggio del flusso ecc. L’obiettivo è quello di ottimizzare tutti i processi organizzativi aziendali attraverso il mondo informatico, in modo da ridurre al minimo gli sprechi e gli errori.

Una delle problematiche più rilevanti in qualsiasi settore di approvvigionamento e vendita di materie è la pianificazione. Negli anni si è notato che il demand plan sta completamente cambiando, passando da una domanda sempre crescente a una sempre più variabile e incerta. Anche il mondo delle supply energetiche sta prendendo questa direzione, per cui, per determinare la migliore strategia all’ottimizzazione del processo, si fa affidamento alla tecnologia e all’informatica che ci permettono di bilanciare le supply disponibili con la domanda reale del mercato. Il sistema enterprise si occupa esattamente dell’ottimizzazione del processo ed offre dei modelli organizzativi che incrementano l’efficienza del sistema.

In particolare, nel caso di nostra applicazione, i sistemi IoT, descritti nel paragrafo precedente, elaborano e registrano le informazioni in tempo reale e inviano i risultati finali al sistema enterprise, il quale è settato per prendere delle decisioni e migliorare il processo. Ad esempio, se i devices registrano un’anomalia tra i dati acquisiti sulla rete fisica e quelli certificati dai protagonisti della filiera, il sistema enterprise ha la capacità di analizzare il problema riscontrato, verificarlo e generare una soluzione al problema. I punti di forza di questo sistema sono il controllo e sviluppo del passaggio di informazioni, il passaggio di informazioni in tempo reale delle caratteristiche del prodotto, l’ottimizzazione del trasporto di biocombustibile nei punti di interesse. Per far ciò, la centrale operativa ha bisogno di un’intelligenza che elabori le informazioni e decida gli interventi necessari alla risoluzione del problema. Inoltre, deve interagire con tutti i protagonisti, informarli della incompatibilità delle informazioni ricevute e definire la nuova procedura di intervento.

Figura 29- Processo di confronto dati e ricerca del piano d'intervento



Vediamo, nel dettaglio, le funzioni della centrale operativa ipotizzando un modello di enterprise architettura utile al nostro scopo.

5.2.1 Definizione di un modello di Enterprise Architecture

Definire un modello di Enterprise Architecture di nuova generazione, significa, creare una metodologia di analisi dei processi e dei sistemi informativi (smart contract) e un modello di intervento sugli stessi processi che permetta all'organizzazione di intervenire attraverso strumenti metodologici e tecnologici (edge device) che si integrano sia con i sistemi informativi presenti all'interno della piattaforma che con servizi e utenti esterni alla stessa. Ciò è realizzato grazie ad un ecosistema di servizi caratterizzato da flessibilità e dinamicità dell'elaborazioni di risposte adattive ai problemi riscontrati. Questo ecosistema di servizi si inserisce all'interno del framework tecnologico offrendo un modello che si fonda su quattro pilastri principali:

- Sistemi di rete con tecnologie avanzate;
- Sviluppo di infrastrutture per la raccolta e immagazzinamento di informazioni;
- Modelli di gestione dell'informazione;
- Sviluppo di modelli organizzativi.

Grazie a questi quattro focus si definiscono i ruoli e i collegamenti tra i processi, le tecnologie e gli utenti del servizio, comprendendone a pieno come essi interagiscono reciprocamente.

È stato già discusso ampiamente dei primi tre pilastri identificati sopra: la piattaforma si lega alle tecnologie avanzate per rilevare dalla rete i dati fisici utili e raccoglie gli output finali nello storage virtuale. La gestione dell'informazione è affidata ai modelli intelligenti che confrontano i due risultati. Per creare, tuttavia, un modello di risposta al problema visualizzato è necessario integrare una strategia **“bridge the gap”** che punta a adeguare le differenze logiche del problema.

La ricerca della soluzione al problema riscontrato avviene in maniera ciclica identificando tra le soluzioni già presenti nel database quella migliore secondo l'approccio bridge the gap. Ogni volta che si identifica il problema, la centrale operativa ricerca la miglior soluzione secondo il proprio database e la applica. Prima di renderla definitiva controlla che il gap delle differenze sia colmato. Se ciò non avviene il processo ricomincia da capo con la ricerca di un'altra soluzione. Vediamo illustrato nello schema seguente l'approccio ciclico descritto.

Figura 30- Descrizione del processo ciclico per la ricerca della soluzione



5.3 Enterprise Layer

L'**Enterprise layer** è la componente del sistema in cui risiedono tutte le applicazioni necessarie al funzionamento della struttura. Si tratta dei web site o applicazioni smart attraverso i quali gli attori principali della filiera si interfacciano con il sistema. È anche un registro di informazioni in cui vengono aggiornati periodicamente tutti i valori di Garanzie d'Origine, Certificati di Immissione in Consumo, Sconti per l'acquisto di biometano e altri incentivi per i clienti finali. I dati, relativi sia alle quantità incentivanti che alle modalità di erogazione, sono raccolti in questo strato della struttura in modo che gli attori protagonisti non interagiscano direttamente con il sistema del GSE, ma trovano già pronti ed utilizzabili tutti valori aggiornati. Infatti, il portale è stato creato in modo che l'infrastruttura si basi su sistemi open source realizzati opportunamente per questo tipo di sistema, ma allo stesso tempo che si collega in maniera indiretta ai siti del GSE o altri per fare l'upload dei valori aggiornati.

Questo significa che l'applicazione creata sarà completamente automatizzata al recepimento dei dati, calcolo degli incentivi spettanti e valorizzazione degli stessi. Vediamo ora nel dettaglio quali sono le funzionalità scritte nell'Enterprise Layer.

5.3.1 Upload dati

In questa fase il software, presente nel layer, è programmato per accedere ai database ufficiali, in cui sono raccolte le informazioni sui contributi o sconti messi a disposizione dalle organizzazioni e registrarle nel proprio file di raccolta dati. In questo file sono, dunque, scritti tutti i valori aggiornati periodicamente dei contributi restanti per l'incentivazione della filiera. La raccolta dei dati avviene periodicamente e il range è

stabilito attraverso delle tecniche già sperimentate in altri campi di applicazione. Tra le tecniche di pianificazione temporale, le più importanti sono il **DRP** (Distribution Requirement Planning) che si basa sulla raccolta dati giornaliera ma con visione al futuro, la **VMI** (Vendor Managed Inventory) in cui la raccolta dei dati è elaborata secondo quanto già concordato tra produttore e Gestore dei Servizi Energetici e il **CS** (Consignement Stock) che è un metodo basato sul monitoraggio dell'assegnazione finale degli incentivi.

Con la prima tecnica: il **Distribution Requirement Planning**, il valore degli incentivi e sconti sulle vendite di biometano viene imputato secondo quanto previsto dal GSE e calcolato a partire dal fabbisogno lordo giornaliero a valle della comunità italiana. Ciò significa che la produzione è maggiormente incentivata tanto più è elevata la richiesta di biocombustibile da parte dell'utente finale. La pianificazione avviene secondo due range: mensile e giornaliero e tiene conto degli imprevisti esterni ed errori di previsioni.

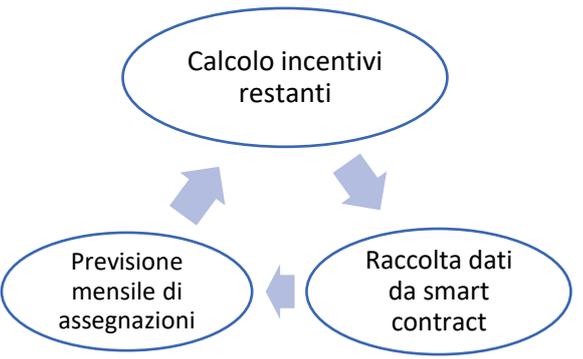
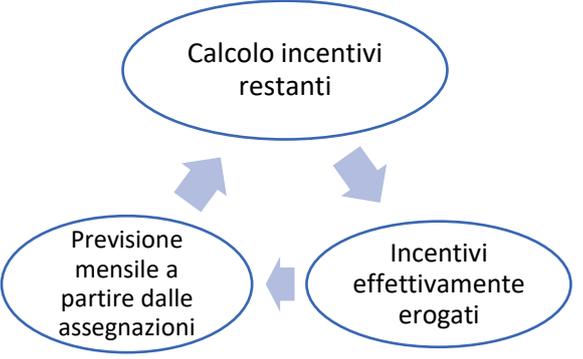
La **Vendor Managed inventory** è la tecnica di acquisizione e previsione della riduzione degli incentivi che si basa sugli smart contract già registrati al sistema ma ancora non emessi. I contratti di immissione, acquisizione e vendita, infatti, devono essere registrati nel sito con opportuna documentazione, qualche mese prima e fino a trenta giorni prima, dell'effettiva operazione. Grazie a queste informazioni già presenti nel sistema è possibile fare una previsione degli incentivi rimanenti.

L'ultima delle tecniche elencate è la **Consignement Stock** che, invece, si basa sull'effettiva erogazione dei contributi. Quando il contributo viene emesso dal GSE all'utente finale questo viene registrato nel database e il valore scalato ai contributi restanti. Il tutto avviene nel momento esatto di accettazione del GSE per cui i valori della quota restante è esattamente quella utile e disponibile al momento dell'erogazione.

Tutte queste tecniche utilizzano degli approcci diversi ma servono per definire la quantità di contributi effettivamente utili nel momento di interesse, in modo che il produttore, shipper o cliente finale abbiano una visione chiara dell'insieme.

Tabella 4-Le tre tecniche di acquisizione dati

Tecnica	Descrizione	Logica	Schema
DRP	Calcolo degli incentivi restanti in base al fabbisogno lordo giornaliero di biocarburante	Pianificazione dello stesso intervallo di tempo	

VMI	Acquisizione dati e calcolo incentivi restanti sulla base degli smart contract già registrati nel sistema	Raccolta ed elaborazione degli smart contract	 <pre> graph TD A([Raccolta dati da smart contract]) --> B([Previsione mensile di assegnazioni]) B --> C([Calcolo incentivi restanti]) C --> A </pre>
CS	Uso dei valori reali di assegnazione ed erogazione incentivi	Riduzione degli errori dovuti ad eventi esterni	 <pre> graph TD A([Incentivi effettivamente erogati]) --> B([Previsione mensile a partire dalle assegnazioni]) B --> C([Calcolo incentivi restanti]) C --> A </pre>

5.3.2 Calcolo e validazione degli incentivi

Il calcolo degli incentivi è una fase che richiede una piccola memoria di calcolo integrata nel sistema che funge da calcolatore e distributore degli incentivi spettanti ad ogni utente del servizio. Quando i tutti i valori aggiornati risiedono nel server, il sistema può far uso di queste informazioni e calcolare gli incentivi o gli sconti applicati ad ogni utente.

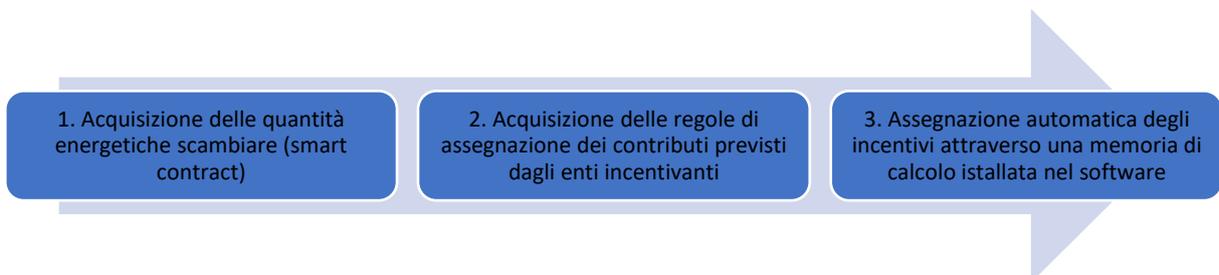
Gli attori principali della filiera possono, a questo punto, vedere nel proprio portafoglio l'assegnazione dei contributi ad essi spettanti. In particolare, ognuno di loro quando accede all'applicazione attraverso la propria utenza visualizza una home page strutturata diversamente secondo il proprio ruolo e la funzione svolta. Nella pagina principale, gli utenti avranno la possibilità di visualizzare il proprio wallet, suddiviso in base all'investimento iniziale, alle vendite o acquisti e subito sotto al portafoglio virtuale potranno visualizzare un grafico a torta in cui sono registrati i contributi ad essi spettanti. Nel grafico a torta sono riportati i contributi ad essi spettanti in relazione alla programmazione delle operazioni in previsione per il mese in corso, i contributi già emessi e quelli da emettere. I contributi spettanti sono calcolati per il mese di interesse in base al contratto previsto, i contributi emessi sono quelli già disponibili nel portafoglio dell'utente e che derivano dalle quantità effettivamente scambiate, mentre quelli da emettere sono dati dalla differenza tra i primi due valori.

Figura 31- rappresentazione grafica della home page relativa al produttore



Il calcolo dei contributi avviene a seguito del caricamento sul portale dello smart contract in cui sono concordati i valori di interesse per il calcolo degli incentivi: il produttore dovrà inserire la quantità in MWh del biometano prodotto e immesso in rete, in relazione al PCS rilevato nel punto di immissione, lo shipper indicherà l'energia acquistata al mercato, le stazioni di rifornimento le quantità di biometano immesse in consumo e i clienti finali la percentuale di biometano acquistata per il rifornimento giornaliero o mensile. A questo punto il software procede con il calcolo degli incentivi da erogare attraverso i due dati di input: le quantità energetiche scambiate prelevabili nello smart contract e le regole di assegnazione previste dagli enti incentivanti e registrate nel database di acquisizione dati precedentemente descritta. Poiché ognuna di queste informazioni corrisponde ad un'informazione già memorizzata sul software, il calcolo avviene in maniera automatica.

Figura 32-Fasi principali del processo di calcolo degli incentivi



La validazione ed erogazione degli incentivi è una fase complessa. Affinché gli incentivi spettanti vengano correttamente erogati è necessario che tutti i documenti utili siano validi e controllati. A semplificare questo processo interviene l'Edge layer, che grazie ai suoi devices è in grado di monitorare puntualmente la rete fisica e segnalare le variazioni tra i valori fisicamente analizzati e quelli registrati nello smart contract.

5.4 Blockchain Layer

Il **blockchain layer** è lo strato che comunica direttamente con i tre strati sottostanti: Edge, Platform e Enterprise, in quanto più è diretta la comunicazione più il dato è difficile da contraffare. In questo strato dell'architettura vengono raggruppate e definite tutte le componenti blockchain utili per la sua applicazione. Si tratta di tutte quelle componenti come blocchi, nodi, mining, smart contract o delle operazioni di contorno, che servono per la gestione e interazione dei blocchi, come ad esempio l'*index*¹⁴, il codice HASH, il timestamp, la cui implementazione può avvenire attraverso i linguaggi di programmazione più o meno famosi. Nel caso in cui l'implementazione sia fatta in Java, dovrà essere integrata con l'aggiunta di una serie di librerie e framework open source come ci insegna Matteo Baccan nei suoi articoli scientifici-informatici pubblicati nella rivista web "MokaByte" [20].

Per la creazione del blocco vuoto in linguaggio C sono necessari dei dati minimi dal quale partire per costruire una base:

- *Index* che è un indice assoluto in grado di ordinare i blocchi in ordine crescente e gestirli in modo sparso;
- *PreviousHash*: che è il codice alfanumerico relativo al blocco precedente;
- *Timestamp*: ovvero la data e l'orario di creazione del blocco che contribuisce all'immutabilità dello stesso;
- *Payload*¹⁵: che ha il compito di trasferire una informazione generica da un blocco a un altro;
- *Hash* codice alfanumerico relativo al blocco attuale.

Tutti questi dati minimi vengono scritti attraverso un linguaggio di programmazione che definisce i componenti e le interazioni.

¹⁴ L'*index* è il valore intero positivo in grado di dare la posizione assoluta del blocco.

¹⁵ Il *payload* è l'informazione che il blocco intende trasportare. Essa può essere una transazione finanziaria ma anche un'informazione contrattuale di qualsiasi altro dato in grado di trarre vantaggio da una struttura immutabile e distribuita.

Figura 33-Blocco base in linguaggio C

```
package it.baccan.blockchain.chain.pojo;

import lombok.Getter;
import lombok.Setter;

/**
 *
 * @author Matteo
 */
@Setter @Getter
public class Chaindata {

    private long index;
    private String previousHash;
    private long timestamp;
    private String payload;
    private String hash;

}
```

Creato un blocco strutturato, si sono costruiti a partire da esso i servizi utili a gestire le operazioni base sui blocchi. L'aggiunta di un nuovo blocco prevede la generazione di tutti i servizi poiché esso deve collegarsi a quello precedente. In questo caso il nuovo blocco sarà calcolato in modo da contenere la somma dei payload precedenti e del previousHash al quale si unisce il nuovo codice Hash generato per il nuovo blocco.

Figura 34-Aggiunta di un nuovo blocco in linguaggio C

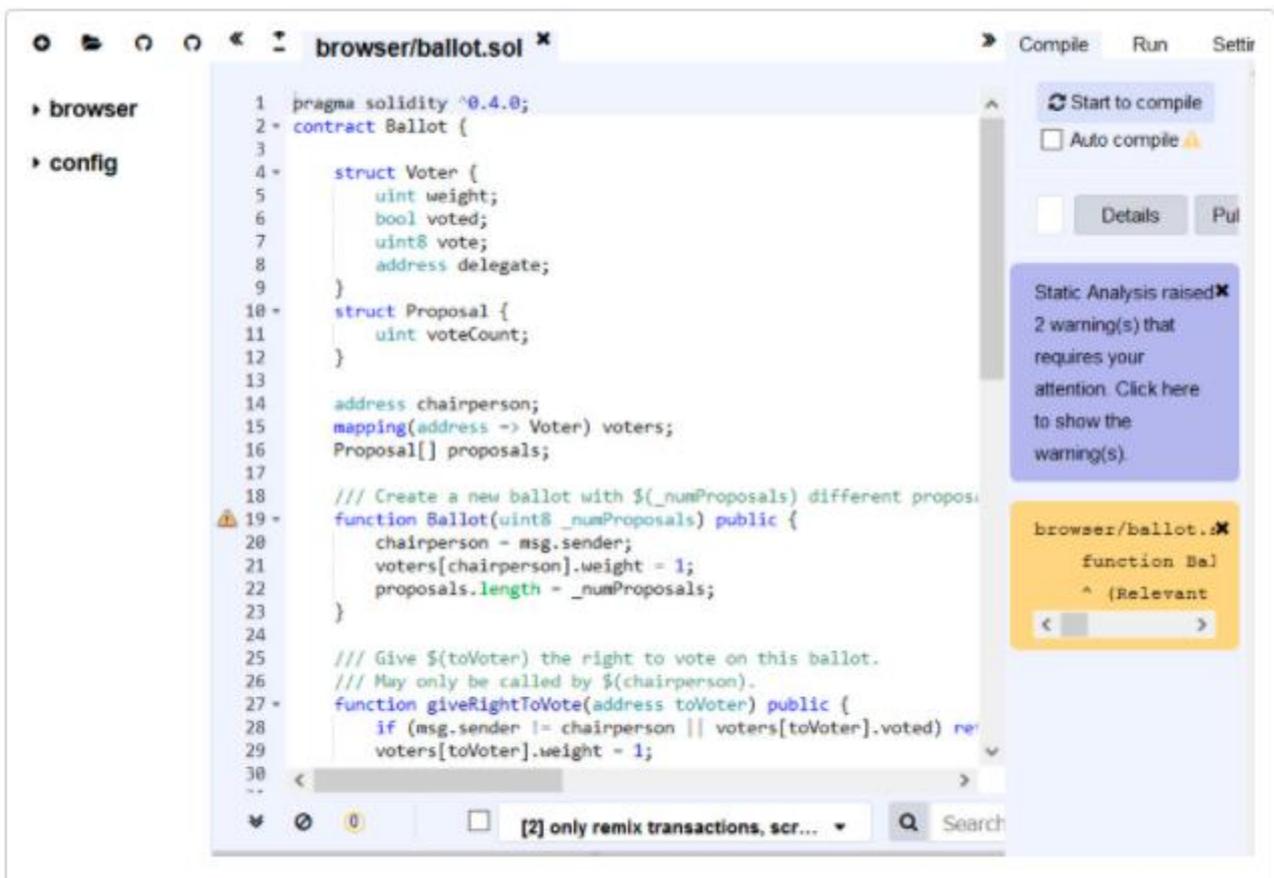
```
public Chaindata createBlock(Transaction t, Chaindata lastBlock) {
    // Chain
    Chaindata cd = new Chaindata();
    cd.setTimestamp(System.currentTimeMillis());
    Gson gson = new GsonBuilder().create();
    String payload = gson.toJson(t);
    cd.setPayload(payload);
    if (lastBlock != null) {
        cd.setPreviousHash(lastBlock.getHash());
        cd.setIndex(lastBlock.getIndex() + 1);
    } else {
        cd.setPreviousHash("");
        cd.setIndex(1);
    }
    try {
        MessageDigest digest = MessageDigest.getInstance("SHA-256");
        byte[] hash = digest.digest((payload + cd.getPreviousHash())
            .getBytes(StandardCharsets.UTF_8));
        String hashString = Base64.getEncoder().encodeToString(hash);
        cd.setHash(hashString);
    } catch (NoSuchAlgorithmException ex) {
        log.error("Error creating hash", ex);
    }
    return cd;
}
```

Un **test di controllo**, infine, verificherà che tutte le operazioni siano avvenute secondo quanto scritto nel codice di programmazione e mapperà i parametri ricevuti.

Anche gli smart contract possono essere generati allo stesso modo dei blocchi. Infatti, gli smart contract, altro non sono che un blocco all'interno della Blockchain che ereditano delle caratteristiche proprie di account standard al fine di automatizzare delle procedure tramite l'associazione a un programma in grado di reagire agli eventi ricevuti. Questo significa che ogni smart contract possiede al suo interno delle informazioni e procedure di rilievo (quantità da scambiare, data e modalità di scambio) che vengono attuate quando si verificano le condizioni sottoscritte nel contratto. I blocchi che identificano lo smart contract hanno delle caratteristiche un po' diverse dagli altri in quanto non hanno una chiave privata di gestione ma un codice che identifica gli eventi verificati che riceve. Uno smart contract è definito da uno stato interno che può essere alterato, in modo da renderlo attivo al momento utile, ed è in grado di eseguire altri smart contract.

Il linguaggio di programmazione degli smart contract è differente da quelli già esistenti. Gli sviluppatori hanno creato altri linguaggi come Solidity in Ethereum, Vyper, Flint o altri, affinché essi possano essere compatibili con le Virtual Machine utilizzate dai programmatori.

Figura 35-Linguaggio di programmazione "Remix" per scrivere gli Smart Contract

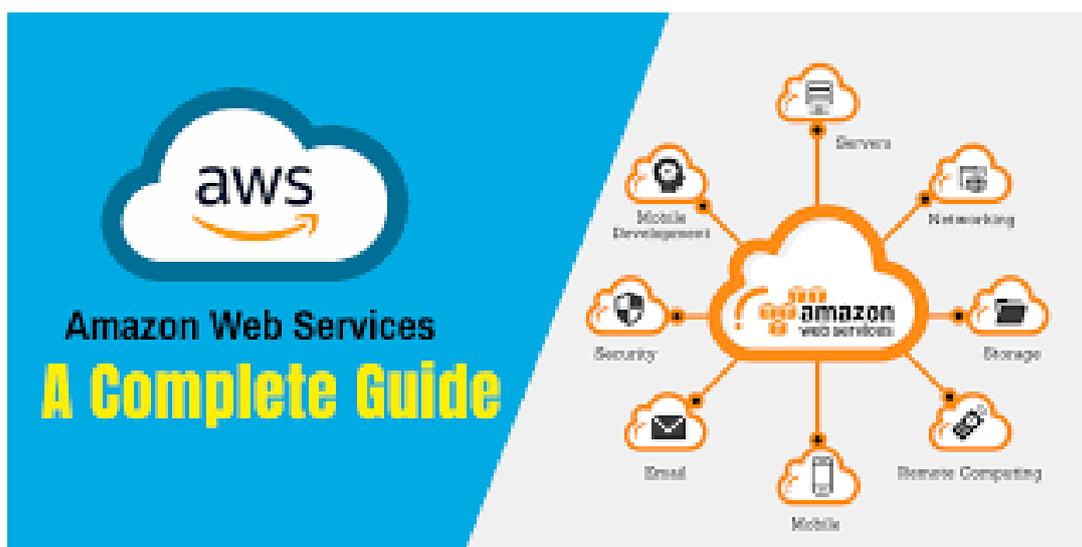


5.5 Infrastructure Layer

L'**Infrastructure Layer** è banalmente la serie di elementi o dispositivi che organizzati in un certo modo compongono o collegano i vari componenti della struttura. Nel caso informatico, si intende più precisamente quell'insieme delle risorse informatiche a livello hardware e software che costituiscono il sistema. L'Infrastructure layer, può essere costituito da componenti come Amazon web services o Microsoft Azure. Sono le piattaforme cloud pubbliche o private che offrono i servizi di cloud computing come l'elaborazione dei dati, l'archiviazione dei risultati ottenuti o la trasmissione attraverso le reti intelligenti ad alta velocità e sicurezza.

Questa è identificata come la parte intelligente del sistema che mette a disposizione nella piattaforma le risorse di calcolo, connessioni alla rete o dischi e tutto ciò che può essere necessario alla creazione delle macchine virtuali. Sta al di sopra degli altri layer in quanto identifica l'infrastruttura in cui vanno a collocarsi i vari applicativi. Questo tipo di infrastruttura è definita Infrastructure as a Service (IaaS) ed offre ottime prestazioni rispetto ad altre risorse che riescono a adattarsi dinamicamente in base al carico di lavoro. Tuttavia, ne esistono altre come le Platform as a Services che mette a disposizione servizi di elaborazione dati e solution stack. Si tratta di piattaforme che permettono di sviluppare soluzioni, proporre dei test e gestire le applicazioni del sistema. Un altro modello di infrastructure layer è il Software as a Service, che a differenza degli altri è un modello di distribuzione del software in cui è il produttore a sviluppare e gestire l'applicazione web. Il servizio di clouding computing in questo caso è messo a disposizione dei clienti previo abbonamento.

Figura 36- Esempio di Infrastructure Layer



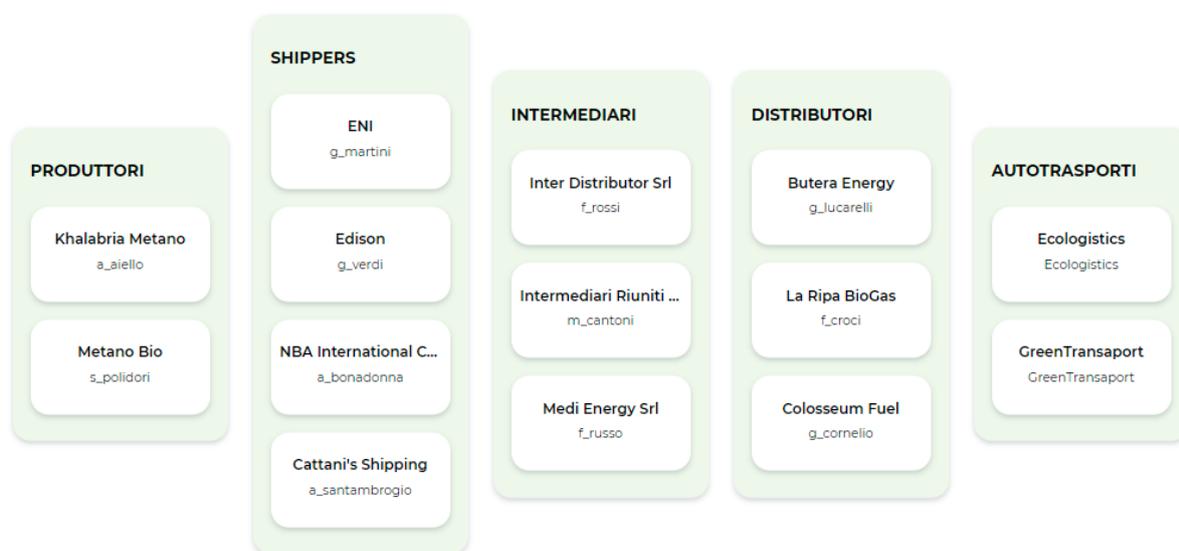
5.6 La Demo realizzata da Accenture

Dopo aver descritto la struttura implementata, la funzione dei vari layer, i sistemi tecnologici sui quali si basano e i collegamenti tra i vari strati, si è svolta una piccola presentazione della Demo realizzata da Accenture. Con questa Demo, l'azienda ha creato un sistema di tracciamento della filiera di biometano volta ad utilizzare la tecnologia Blockchain come descritto nei paragrafi precedenti. In particolare, i vari layer sono stati realizzati attraverso l'integrazione dei seguenti sistemi:

- Edge layer grazie ai sistemi SCADA e data entry;
- Platform layer con sistemi di integrazione e orchestrazione dei dati;
- Enterprise layer con web site e applicazioni di propria creazione non integrati con altri sistemi;
- Blockchain layer in Corda R3;
- Infrastructure layer grazie ai servizi offerti da Amazon Web Services.

La piattaforma si presenta come un'applicazione web in cui tutti gli utenti della filiera possono accedere attraverso le loro credenziali e operare sul sistema immettendo, scambiando o ritirando biometano dalla rete. Eccone una prima visualizzazione della Home page.

Figura 37-Home Page della DEMO



La prima operazione richiesta dall'applicazione web è l'**Enrollment** del soggetto iscritto alla piattaforma. Si tratta di un'autodichiarazione in cui i produttori, shipper, distributori e stazioni di rifornimento attestano la propria identità e dichiarano, sotto la loro responsabilità, la propria funzione all'interno della filiera. Segue l'inserimento di attestazioni tecniche riguardanti gli impianti di produzione e le imprese di vendita del biocombustibile. Tutti questi dati saranno certificati e approvati da un ente centrale che si occuperà di verificarne la veridicità.

Dopo aver inserito l'enrollment e dopo essere stati certificati dall'ente centrale, i protagonisti della rete potranno inserire in piattaforma tutti gli **Accordi Commerciali** necessari alla compravendita di biometano. In particolare, i documenti necessari saranno:

- Documenti tecnici relativi all'impianto e programmazione delle quantità da emettere in rete (produttore);
- Contratti commerciali e documenti finanziari (produttori, shipper, intermediari, distributori)
- Documenti quadro per distributori e autotrasportatori che indentifica l'accordo tra le due controparti al trasporto di biometano.

A questo punto, gli attori principali potranno accedere a tutte le funzionalità della piattaforma per immettere, scambiare e ritirare il biocombustibile. I produttori avranno accesso alla pagina di "*Cessione Biometano*" in cui definiranno del lotto prodotto le quantità da immettere in rete, vendere in Asta o vendere direttamente all'autotrasporto. Vedranno tutte le transazioni fisiche e monetarie nello "*Storico Transazioni*" che registra le quantità scambiate in rete o all'asta e ne calcola i guadagni relativi alla vendita. Infine, avranno accesso alla pagina relativa ai saldi e Certificati di Immissione in Consumo spettanti.

Gli shipper possono accedere al "*BioExchange*", ovvero alla pagina relativa allo scambio fisico (PDR), virtuale (PSV) o ritiro in rete del biometano, e al "*Marketplace*", il mercato infragiornaliero del biometano. La differenza tra i due mercati consiste nel tipo di accordo commerciale messi a disposizione. Nel BioExchange lo shipper dovrà possedere un contratto di acquisto o vendita relativo alla quantità da scambiare con una controparte già decisa (contratto fixed). Al contrario, nella pagina relativa al Marketplace sono presenti tutte le offerte giornaliere messe sul mercato che potranno essere abbinate in qualsiasi momento e da qualsiasi controparte (contatto fickle).

Gli intermediari, che nello studio da me proposto non sono stati introdotti, sono definiti nella piattaforma Demo come coloro che hanno il compito di prendere in carico e quantità gestite dagli shipper e restituirle ai distributori finali attraverso i PDR. Nell'applicazione web, essi avranno accesso a tutte le funzionalità elencate per gli shipper in quanto si occuperanno della compravendita di biometano.

Anche i distributori hanno accesso alla pagina del BioExchange e *Marketplace* nel quale acquistano biometano dagli intermediari (nel caso di studio da me analizzato dagli shipper). Gli acquisti saranno tutti registrati nello *Storico Transazioni* nel quale sarà possibile visualizzare, attraverso dei grafici a torta, anche le vendite all'autotrasporto e clienti finali. Infine, nella pagina di "*Gestione Biometano*" sarà possibile visualizzare la quantità di biometano disponibile per la propria stazione di rifornimento e immettere in vendita, al cliente finale o autotrasporto, nuove quantità.

Gli ultimi protagonisti relativi alla piattaforma sono gli autotrasportatori e i clienti finali che potranno accedere alla pagina relativa alle “*Fatture*”, nella quale sarà possibile caricare e tenere traccia di tutte le fatturazioni.

Maggiori dettagli e illustrazioni a riguardo della Demo sono rimandate all’appendice “Illustrazione della Demo”.

5.7 Vantaggi della Blockchain

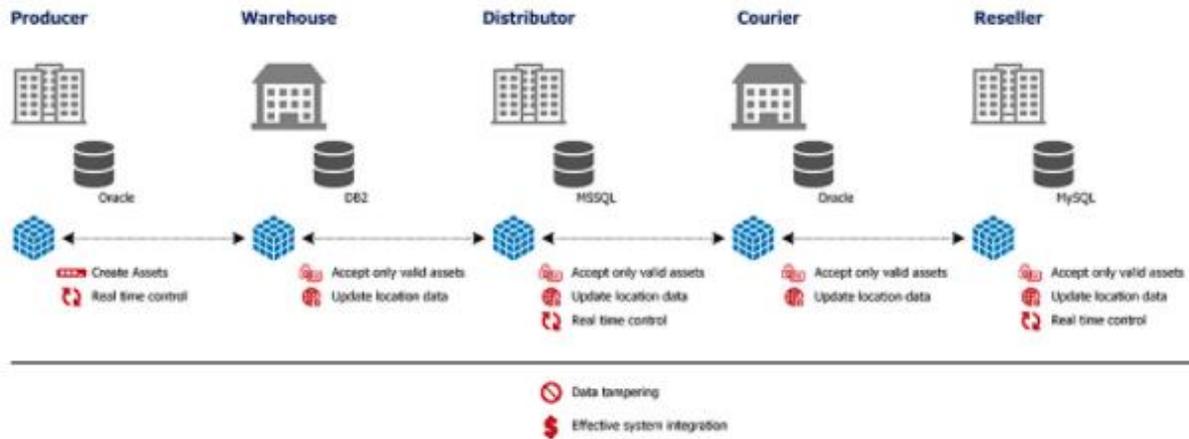
Dopo aver descritto brevemente gli strati della blockchain, identificandone tutti i componenti e le caratteristiche, è stato approfondito l’uso della tecnologia a supporto della filiera commerciale del biometano. Quali sono gli effetti diretti e indiretti che questa tecnologia può provocare su di essa?

In questo contesto, la blockchain è stata pensata come uno strumento di integrazione di sistemi eterogenei, che tiene traccia dei rilievi fatti da più sistemi SCADA o IoT, al fine di elaborare i dati registrati e attuare le operazioni scritte nel sistema. I vantaggi di utilizzare la blockchain come unico contenitore di dati in grado di raccogliere quelli rilevati da più sistemi sono:

- Maggior controllo delle informazioni raccolte;
- Inserimento ordinato e cronologico delle informazioni registrate, al pari delle transazioni avvenute;
- Maggior controllo della qualità e conformità del processo;
- Confronto e analisi dei valori di produzione, grazie a strumenti largamente diffusi.

Questi vantaggi sono validi sia in un sistema più semplice di singolo attore con molteplici sistemi, sia nel caso più complesso come il nostro di attori molteplici. In quest’ultimo caso, il controllo avviene lungo tutta la filiera seguendo un percorso che va dalla creazione del prodotto alla sua cessione ed utilizzo da parte dell’utente finale. Il produttore inserisce le caratteristiche del prodotto (materie prime, numero di serie del prodotto, quantità prodotta, potere calorifero registrato, punto REMI di immissione) nel sistema, i dati saranno scritti su blockchain e si distribuiranno nella rete informando tutti gli attori della nuova produzione e della sua localizzazione. Lo shipper ottiene il prodotto e prende in carico la sua gestione e il trasporto. Essi avranno l’obbligo di tenere aggiornata la posizione e le caratteristiche del prodotto attraverso la piattaforma blockchain. Queste informazioni saranno verificate dai distributori o trasportatori nazionali (Snam). Il processo continua fino ad arrivare alle stazioni di rifornimento, i quali registrano al momento della vendita al cliente finale l’uscita del prodotto. Il cliente finale avrà la possibilità di verificare l’identità e garanzia del prodotto grazie ai misuratori posti nelle stazioni di rifornimento che saranno salvate il blockchain.

Figura 38-Blockchain integration: dal produttore al consumatore



Attraverso l'utilizzo di una rete blockchain tra attori differenti, i singoli sistemi di controllo e rilievo dei dati potrebbero accedere a informazioni essenziali senza la necessità di creare complessi sistemi di scambi. Inoltre, si incrementerebbe l'"**accountability**", ovvero la responsabilità delle parti coinvolte in un processo in quanto permetterebbe l'immediata visualizzazione dei problemi nei processi. Un altro effetto molto vantaggioso è la possibilità di ricostruire la veridicità dei dati nel caso in cui essi siano alterati dai singoli attori o da terzi. Infine, la cronologia dei dati sarebbe mantenuta da un meccanismo esterno, i nodi della blockchain, che ne permetterebbe l'indipendenza e la rigenerazione nel caso di perdita dei dati.

6 Analisi energetica ed economica del caso di studio

In questo capitolo andremo ad analizzare quali sono i ricavi economici ed energetici prodotti nella filiera del biometano partendo dalla produzione del biocombustibile, proseguendo il percorso con l'immissione e distribuzione in rete e concludendo l'analisi con la vendita di biocombustibili nelle stazioni di rifornimento. Oltre all'analisi di energia prodotta e al ricavo economico che ogni protagonista della filiera guadagna, in questo capitolo affronteremo anche l'analisi delle emissioni di sostanze inquinanti in ambiente, scoprendo che la filiera del biometano garantisce un enorme abbattimento della CO₂ immessa in ambiente. Dapprima andremo a valutare i vantaggi sulla produzione e i guadagni che ogni produttore riceve per l'immissione in rete del biometano, in seguito svolgeremo la stessa analisi sugli Shipper, che nel sistema sopradescritto si occupano della compravendita al mercato di biocombustibile, e infine alle stazioni di rifornimento e clienti finali che acquistano biometano per alimentare i propri veicoli. In questa analisi di ricavi e benefici per ogni partecipante che contribuisce alla formazione della filiera di biometano, si inseriscono gli **incentivi** che il GSE mette a disposizione per valorizzare la produzione e l'utilizzo di questa nuova forma di energia rinnovabile. Tali incentivi e tutti i contributi spettanti agli utenti del sistema saranno raccolti e registrati attraverso smart contract nella piattaforma blockchain in modo da garantire l'**automazione delle operazioni** richieste al raggiungimento degli obiettivi. Dunque, prima di procedere con l'analisi dei costi è necessario introdurre sia gli obiettivi che ogni utente deve perseguire al fine dell'incentivazione, che i contributi incentivanti che il sistema mette a disposizione per i suoi partecipanti.

6.1 Incentivi: Il Decreto Biometano

Con il Decreto Ministeriale noto come "**Decreto Biometano**" del 5 dicembre 2013, aggiornato il 5 marzo 2018 e revisionato ancora il 2 marzo 2020 dal ministero dello Sviluppo economico, si intende valorizzare la produzione e lo sfruttamento del biometano da parte dei cittadini. In particolare, si vuole dare priorità al biometano da impiegare nel **settore dei trasporti**, per colmare il ritardo dal target UE 2020. Il documento disciplina le procedure operative per il rilascio degli incentivi per la produzione di biometano avanzato e di altri biocarburanti avanzati ma allo stesso tempo prevede riconoscimenti e misure aggiuntive per la distribuzione e il consumo del biometano.

L'obiettivo riguarda non solo il settore industriale che si inserisce nella produzione di biometano ma anche il settore agricolo, poiché – come evidenzia la *Coldiretti*¹⁶ - per partecipare al processo di graduale passaggio da una economia basata sui carburanti fossili a un'economia **decarbonizzata** e più sostenibile con una collaborazione di filiera, è necessario partire dagli scarti delle coltivazioni. Quest'ultimi, assieme agli scarti di allevamento e altri scarti zootecnici arrivano a interessare il settore della distribuzione del gas a livello

¹⁶ La Coldiretti è la maggiore associazione di rappresentanza e assistenza dell'agricoltura italiana fondata nell'ottobre del 1944.

nazionale, generando un ciclo virtuoso di gestione delle risorse, taglio degli sprechi, produzione di energia rinnovabile, creazione di nuovi posti di lavoro e sviluppo della ricerca scientifica in materia di carburanti green.

Così l'Italia ha adottato un sistema di obblighi di immissione in consumo di biocarburanti avanzati nei trasporti, basato sullo strumento del “**Certificato di Immissione in Consumo**”, anche detti **CIC**. Questo tipo di incentivo è diverso rispetto a quelli più ricorrenti in quanto non incide in alcun modo sulle bollette del gas né dell'elettricità, poiché viene finanziato esclusivamente dai “soggetti obbligati”. I soggetti obbligati sono gli operatori economici che vendono benzina e gasolio (*stazioni di rifornimento*) e che immettono in consumo alla pompa sia i carburanti provenienti dalle fonti fossili che da quelli rinnovabili (biocarburanti). In particolare, il decreto prevede di sostituire gli attuali biocarburanti presenti nel settore dell'autotrazione come il biodiesel (per lo più di importazione), con il biometano di filiera nazionale. Così facendo il *Mise* non solo spinge il Paese al raggiungimento degli obiettivi europei del 10% al 2020 del consumo di energie rinnovabili nel settore dei trasporti ma aiuta lo sviluppo dell'economia circolare dei rifiuti e sottoprodotti e della filiera agricola nazionale. L'Italia, perseguendo tale obiettivo, potrebbe raggiungere valori di produzione di biometano modesti da poter ricoprire più del 30% dei consumi all'interno del settore dei trasporti entro in 2030 e garantendo da un lato una produzione completamente nazionale e dall'altro la possibilità di ridurre i prodotti di scarto (FORSU e materiale organico) per la generazione di materiali biocombustibili.

Il target del biocarburante prevede un utilizzo di biocombustibile nel settore dei trasporti pari al 0,9% entro il 2020 e al 1,85% a partire dal 2022. Di queste quantità il biocombustibile utilizzato dovrà provenire per il 75% da biometano e per il 25% dagli altri biocarburanti avanzati (come, ad esempio, lo stesso **biometano avanzato**). Si tratta di biometano proveniente da una specifica lista di biomasse indicate nell'allegato 3 parte A, come ad esempio residuo di produzione, residuo agricolo e colture di secondo grado. Le colture di secondo grado sono dei prodotti inseriti nella rotazione di produzione prima o dopo della coltura principale dell'alimentazione umana o animale. Questo biometano è considerato secondario in quanto utile per la realizzazione della coltura principale ma non tale e per questo motivo meritevole di un percorso di incentivazione privilegiato.

In tabella 5 sono stati riportati i target di immissione in consumo previsti dal decreto biometano a partire dal 2018. Essi sono classificati in base alla tipologia: biocarburanti e biocarburanti avanzati e calcolati sulla percentuale totale di combustibile previsto per l'immissione in consumo nel settore dei trasporti.

Tabella 5-Biocarburanti avanzati da immettere in Italia tra il 2018 -2022

Anno	% obbligo biocarburanti decreto 2 marzo 2018	% obbligo biocarburanti avanzati decreto 2 marzo 2018	Stima* quantità biocarburanti (Gcal)	Stima* quantità biocarburanti avanzati (Gcal)	% obbligo biocarburanti ante decreto 2 marzo 2018	% obbligo biocarburanti avanzati ante decreto 2 marzo 2018
2018	7,00	0,60	23.800.000	2.040.000	7,50	1,20
2019	8,00	0,80	27.200.000	2.720.000	9,00	1,20
2020	9,00	0,90	30.600.000	3.060.000	10,00	1,60
2021	9,00	1,50	30.600.000	5.100.000	10,00	1,60
dal 2022	9,00	1,85	30.600.000	6.290.000	10,00	2,00

6.1.1 Incentivi per i produttori

L'emissione degli incentivi che riguardano la **produzione di biometano** prevede attualmente di promuovere sia l'istallazione di nuovi impianti di produzione che l'istallazione di impianti di riconversione da biogas a biometano. L'immissione in rete del biocombustibile prodotto deve essere destinata al settore dei trasporti e in particolare all'autotrazione, trattori agricoli e biometano liquefatto. Gli incentivi si applicano solo agli impianti di produzione di biometano che entreranno in esercizio entro il 31 dicembre 2022 e agli impianti esistenti di biogas, riconvertiti parzialmente o totalmente, entro la medesima data, alla produzione di biometano. Si tratta dunque di un combustibile ottenuto da biogas a seguito di opportuni trattamenti chimico-fisici, il quale, a sua volta, deve provenire da colture dedicate per tale produzione e non, residui agro-industriali e agro-zootecnici e rifiuti di origine organica provenienti da scarti animali e vegetali. Il materiale di input deve soddisfare le caratteristiche fisico-chimico fissate dalla normativa tecnica vigente ed essere idoneo alla successiva fase di compressione per l'immissione nella rete del gas naturale.

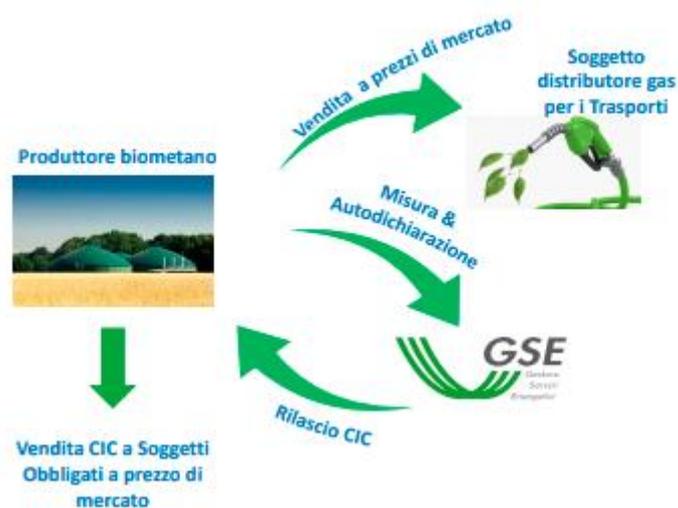
Il decreto stabilisce che sia imposto sia un **valore minimo** di produzione e immissione del biocarburante, sia un limite massimo di producibilità ammessa pari a 1,1 miliardi di standard metri cubi all'anno. Questi limiti sono valutati annualmente e possono variare in base alla soglia di incentivi disponibili e al grado di raggiungimento degli obiettivi fissati.

Il produttore deve quindi attenersi a tutti questi vincoli per beneficiare di tali incentivi secondo **due soluzioni**. In entrambe le soluzioni il prezzo garantito dei CIC (Certificati di Immissione al Consumo del biometano prodotto), fissato a 375 euro, è sostenuto dai "soggetti obbligati". La loro è una partecipazione volontaria al regime di sostegno e che in tal modo assolvono all'obbligo di immissione in consumo di biocarburanti avanzati. Nel caso in cui invece non vi sia adesione ai meccanismi incentivanti previsti dal decreto, essi devono adempiere immettendo in autonomia in consumo biocarburanti avanzati. Nel caso specifico, i dati ci riportano a un'adesione totale dei soggetti obbligati per quanto concerne il biometano e il 99% per gli altri biocarburanti avanzati. Vediamo ora quali sono le soluzioni per il rilascio dei CIC e la vendita del biometano secondo l'articolo 6 del decreto biometano:

a) Meccanismo di scambio centralizzato gestito dal Gse

In questo primo caso i produttori che chiedono di partecipare a questo meccanismo immettono il biometano nella rete del gas naturale con destinazione ai trasporti e lo vendono direttamente al Gse. La vendita avviene al prezzo di mercato del gas (pari alla media ponderata mensile del prezzo del gas naturale sul mercato Gestore dei Mercati Energetici), meno il 5%, e i produttori ricevono dal GSE un premio in CIC corrispondente al valore del quantitativo venduto. I certificati di immissione al consumo sono assegnati mensilmente secondo la tipologia di biomassa utilizzata e al potere calorifico del biometano acquistato. In particolare, la regola di base afferma che i CIC assegnati dipendono dalle calorie prodotte dalla biomassa per un fattore 1/10 e in base a questo meccanismo **il valore di un CIC è fissato a 375 euro**. Nel caso di biomassa pregiata come il biometano avanzato è previsto un sistema di doppio conteggio, in linea con le disposizioni della Direttiva ILUC. Quindi verrà rilasciato un CIC per 5 Gcal di biocarburanti avanzati, rispetto a un CIC per 10 Gcal per biocarburanti non avanzati. In termini volumetrici parliamo di circa 1320 m³ di biomassa, mentre di 600-650 m³ per il biometano avanzato.

Figura 39-Sistema di rilascio dei CIC nel caso di biometano gestito dal GSE



b) Meccanismo di vendita diretta di biometano avanzato

I produttori di biometano possono anche decidere di rinunciare al meccanismo centralizzato e negoziare direttamente il biometano da loro prodotto senza l'intervento del Gse. Per immetterlo nel mercato tuttavia è necessario che il biometano avanzato sia iniettato nella rete del gas o immesso in una rete non soggetta all'accesso di terzi e, in entrambi i casi, misurato separatamente. I controlli saranno effettuati direttamente da Snam rete e gas, attraverso i misuratori di portata e qualità, la quale verificherà, anche attraverso ispezioni in loco, che il biometano avanzato sia stato immesso in consumo nel settore dei trasporti. In questo caso, la quantità massima ritirabile è pari alla quota d'obbligo di immissione in consumo di biometano avanzato,

ovvero il 75% e solo dopo tali verifiche i produttori potranno ritirare dal GSE i CIC a loro previsti. Anche in questo caso il valore del CIC è pari a 375 euro/CIC, con le eventuali premialità riguardanti i biocarburanti avanzati. La differenza tra i due sistemi sta nel fatto che, in quest'ultimo caso, sarà il produttore stesso ad occuparsi della vendita del biometano immesso in rete attraverso dei contratti di vendita al prezzo di mercato liberamente concordato.

Figura 40-Sistema di rilascio e ritiro dei CIC nel caso di vendita diretta all'asta



Vediamo ora nel dettaglio quali sono i ricavi associati ai produttori di biometano.

6.1.1.1 Profitti nella produzione di Biometano

Produrre biometano significa per gli imprenditori investire le proprie risorse verso una forma di **energia rinnovabile incentivante**. In base a ciò che è stato descritto nel paragrafo precedente, l'immissione può avvenire secondo due sistemi differenti: uno con il solo ritiro del biometano da parte del GSE e ricavo dei CIC associati all'energia prodotta e l'altro con gestione del biometano fino all'immissione e la vendita dello stesso agli shipper o stazioni di rifornimento finale. I ricavi derivanti da questi due sistemi sono dunque in parte fissi, poiché dipendono dall'energia prodotta da ogni esercente e in parte variabili perché dipendono dalla vendita del biometano immesso in rete.

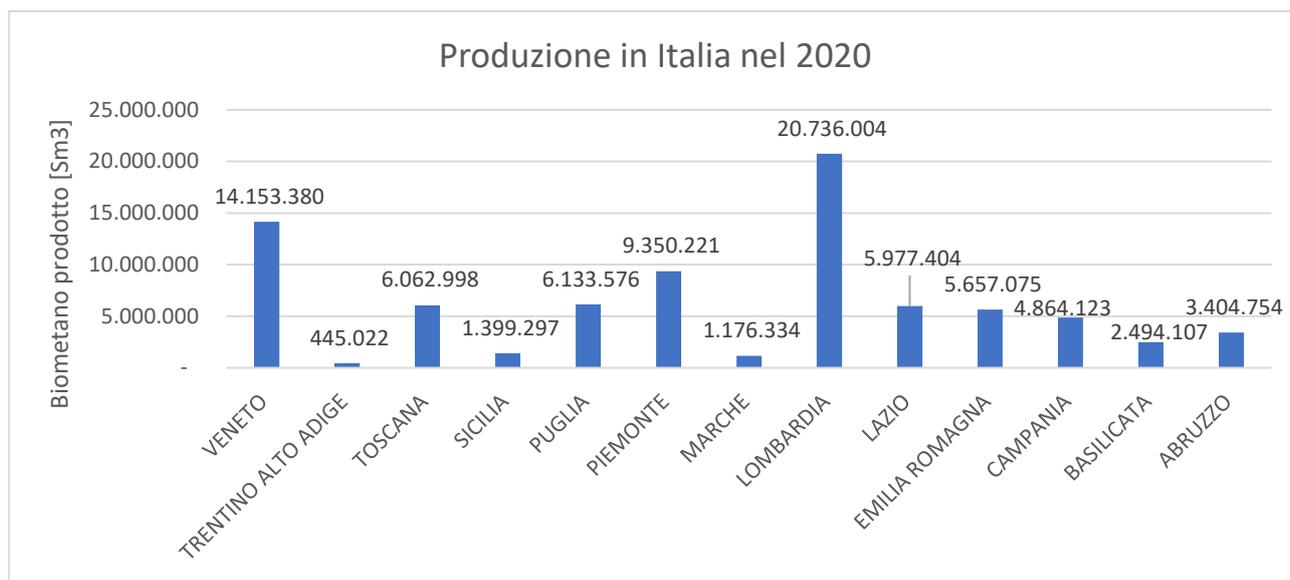
Riprendiamo, dunque, il caso studio ipotizzato nel capitolo 3. Il sistema descritto è costituito da industrie produttrici che, per l'analisi che effettueremo, rappresenteranno la somma della produzione totale di biometano associata alla regione Lombardia e Veneto. Si tratta delle due regioni italiane che, secondo gli studi del **Consorzio Italiano Biogas**¹⁷ e i registri reperibili sul sito del GSE, negli ultimi 2 anni (2019 - 2020)

¹⁷ Il **CIB** – Consorzio Italiano Biogas è la prima aggregazione volontaria che riunisce aziende agricole produttrici di biogas e biometano da fonti rinnovabili. È attivo su tutta l'area nazionale per fornire informazioni ai Soci per il miglioramento della gestione del processo produttivo e per orientare l'evoluzione del quadro al raggiungimento degli obiettivi al 2050 sulle energie rinnovabili.

hanno registrato la maggior quantità di biometano prodotto da scarti alimentari e agricoli. Il produttore 1 sarà identificato come Lombardia, mentre il Veneto sarà rappresentato dal produttore 2. Per ognuna delle due regioni è stato calcolato il volume di biometano prodotto e dichiarato al GSE. In particolare, ho avuto la possibilità di attingere ai registri in cui sono catalogati tutte le **quantità a consuntivo di biometano** prodotto e i Punti Di Riconsegna in cui lo stesso è stato immesso. In questo modo, facendo riferimento a ogni PDR è stato possibile identificare la regione di produzione e associarlo al produttore 1 o produttore 2.

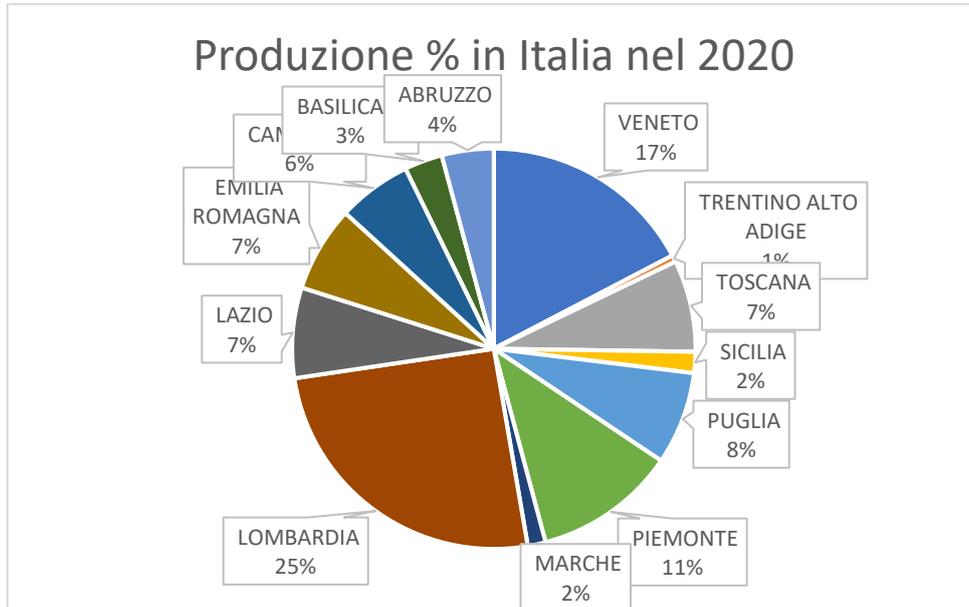
Nella tabella seguente sono stati riportati i valori di immissione totali nell'anno 2020 ripartiti per ogni regione.

Grafico 1- Produzione di Biometano nel 2020



Dal grafico 1 è possibile constatare che la produzione totale in Italia è per lo più data dalle due regioni prese come riferimento, Lombardia e Veneto. In particolare, esse rappresentano rispettivamente il 25% e il 17% della produzione totale in Italia nell'anno di riferimento. Questi valori sono stati rappresentati meglio nel grafico a torta seguente in modo da avere una visione più intuitiva della distribuzione di produzione. Chiaramente, la distribuzione nel territorio dipende sia dalle possibilità del territorio stesso, dunque dalle infrastrutture presenti nel territorio per favorire la crescita di tale innovazione, che dai finanziamenti messi a disposizione dalla regione stessa. I valori rappresentati nel grafico sono stati presi come valori di riferimento per la stima delle quantità di biometano delle produzioni future e messi in relazione con gli obiettivi di produzione totale indicati in tabella 5.

Grafico 2- Percentuale della produzione in Italia ripartita per ogni regione nel 2020



Le quantità prodotte sono indicate alle **condizioni standard volumetriche**, ovvero in Sm^3 (Standard metri cubi) che definiscono la condizione atmosferiche al quale il gas viene sottoposto. Nel caso del gas naturale, biogas e biometano le condizioni standard rappresentano le condizioni di pressione atmosferica ($p = 1 \text{ atm}$) e Temperatura pari a 15°C .

La raccolta dei dati delle regioni di nostro interesse è avvenuta secondo profili mensili, identificando in ogni mese dell'anno passato, 2020, le quantità prodotte. In questo modo è stato possibile avere una visione progressiva dell'evoluzione della filiera nell'anno passato e una prospettiva di come essa si evolverà negli anni a seguire. Grazie, sia alla possibilità di reperire facilmente il materiale primo per la produzione di biometano, sia grazie agli obiettivi imminenti da raggiungere secondo il programma proposto nel PNIEC, la produzione e immissione di biometano nel 2020 è aumentata esponenzialmente nei mesi. Il fattore esponenziale ricavato a posteriori dall'analisi dei dati reperiti è approssimabile alla seguente equazione:

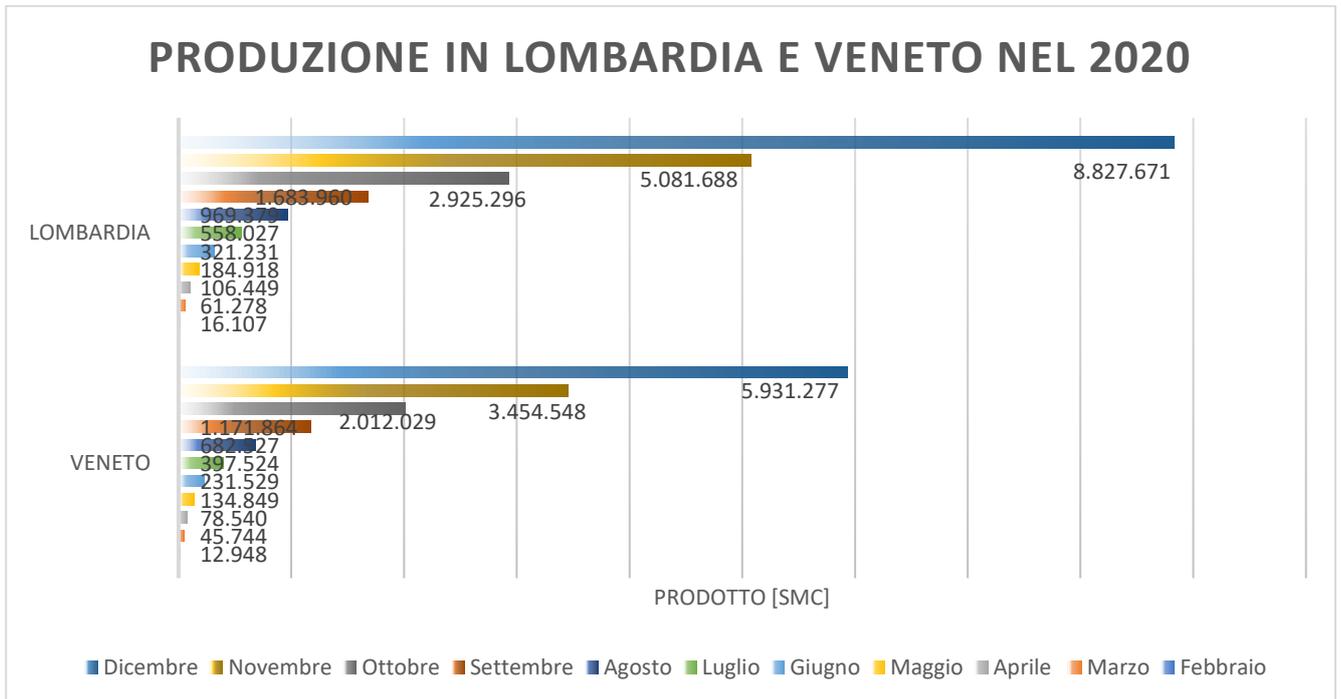
$$x(t) = x_0 \cdot b^\gamma \quad [1]$$

Dove:

- $x(t)$ è la produzione al mese calcolata
- x_0 è la produzione al mese di riferimento
- b è il fattore di crescita
- γ è l'esponente che indica la crescita della produzione calcolata a partire dai dati reperiti dal GSE

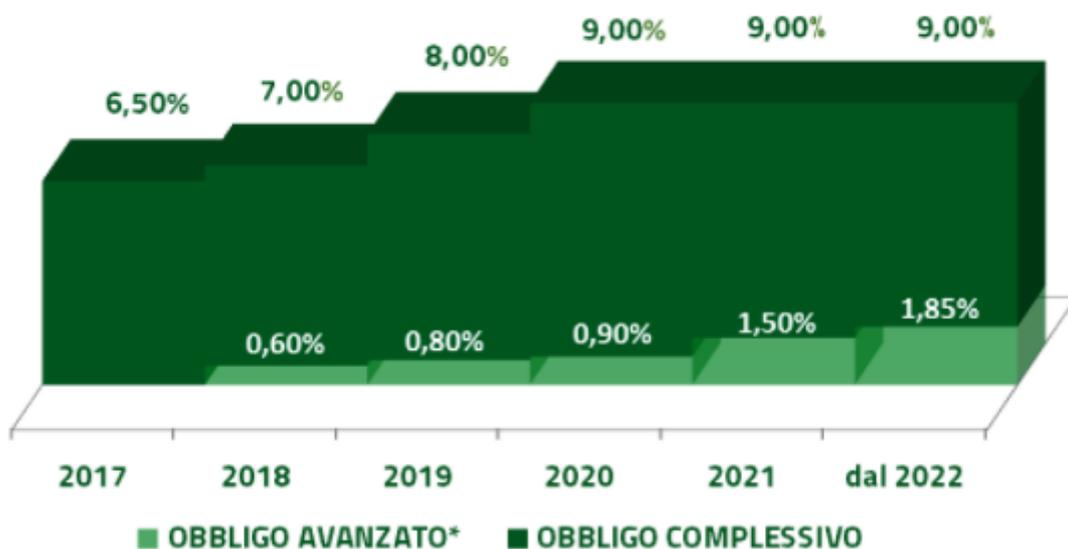
Nel grafico 3 sono stati riportati tutti i valori volumetrici di produzione di biometano nel 2020 per le regioni analizzate.

Grafico 3- Produzione di Biometano in Lombardia e Veneto nel 2020



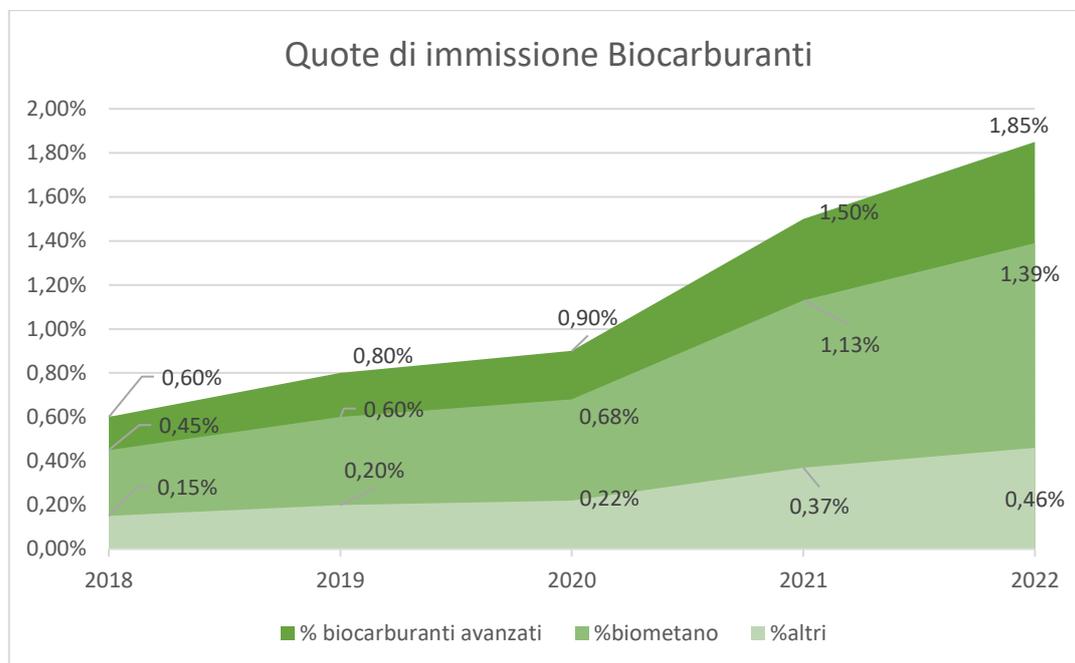
Tuttavia, per poter valutare i ricavi ottenuti dai produttori attraverso la filiera è necessario stimare le quantità di biometano prodotto negli anni successivi. Il calcolo è stato effettuato considerando il quantitativo minimo di biocarburante da immettere obbligatoriamente in consumo in un determinato anno. Esso è definito come la quota percentuale da immettere obbligatoriamente in consumo in relazione al quantitativo totale di benzina e gasolio immesso nello stesso anno solare. Si prevede un aumento dei biocarburanti dal 2018 al 2020 che in seguito rimarrà costante fino al 2022.

Figura 41- Evoluzione dell'obbligo di immissione in consumo



Nel grafico seguente il dettaglio dell'evoluzione delle quote di biocarburante avanzato suddivise in due sotto-obiettivi: biometano avanzato (75%) e altri biocarburanti avanzati (25%).

Grafico 4- Sotto-obiettivi sulle quote di immissione di biocarburanti avanzati



Partendo da queste ipotesi, per il calcolo dei CIC assegnati ai produttori, è necessario conoscere il **potere calorifero superiore** del biocombustibile in esame che è la grandezza che ci permette di definire qual è la quantità di energia prodotta dalla combustione completa di una quantità unitaria di biometano, a determinate condizioni, quando la pressione di reazione è mantenuta costante ed i prodotti della sua combustione vengono riportati alla temperatura iniziale dei reagenti.

La misura del valore viene realizzata nel mese precedente a quello di validità delle transazioni di scambio e ha validità mensile. Per calcolarne il valore medio mensile si è previsto di utilizzare, su ogni punto di immissione (PI), un sistema in continuo che mediante l'installazione fissa di gascromatografi o analizzatori di qualità a funzionamento automatico registra la caratteristica intrinseca del biocombustibile e la memorizza in piattaforma. Il valore di riferimento alle condizioni standard utilizzato nei calcoli è il seguente:

$$PCS_m = 0,008121 \frac{Gcal}{Sm^3} \quad [2]$$

Il calcolo della quantità suddetta è necessario al nostro studio per valutare le quantità di biometano immesso in consumo secondo grandezze di misura oggettive. Infatti, questa grandezza intrinseca del biometano, che dipende dalla qualità della materia prima utilizzata, ci permette di calcolare la corretta quantità di **energia prodotta** in base al volume immesso. A sua volta la quantità di energia prodotta è necessaria per la valutazione della quantità di CIC erogati dal GSE, in quanto i contributi spettanti per il biometano immesso non sono calcolati attraverso gli Sm^3 prodotti ma in base all'energia che il biometano genera dalla combustione secondo l'equazione 2.

1 CIC = 10 Gcal di biometano prodotto e immesso [3]

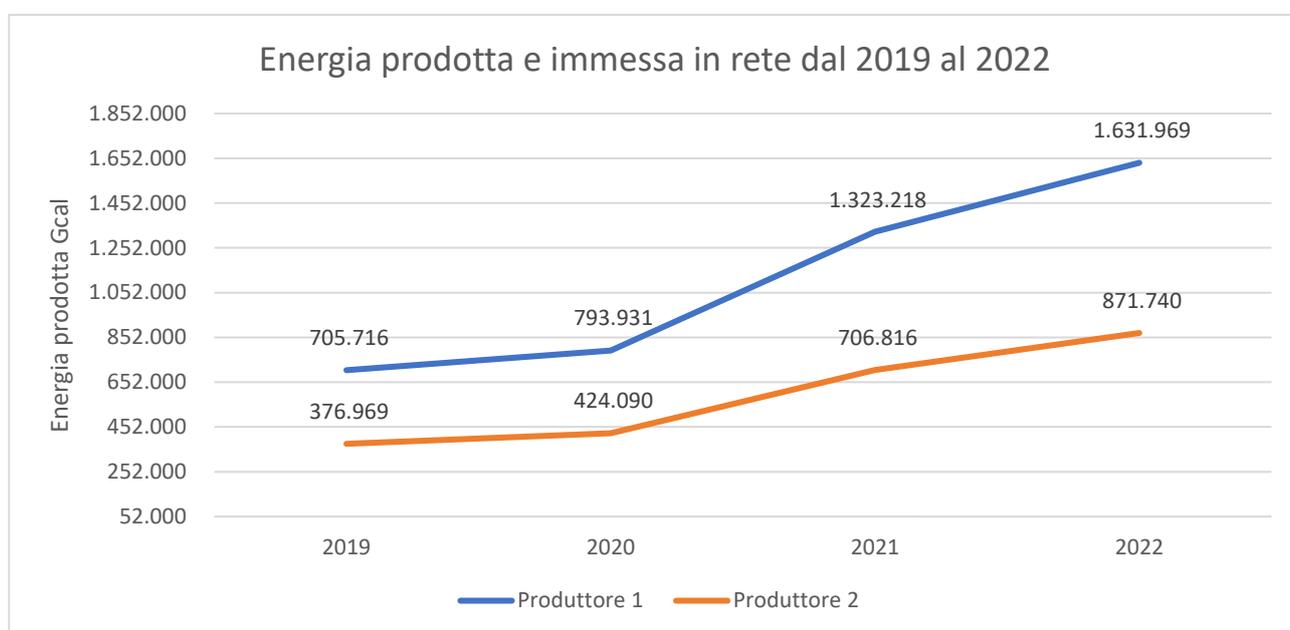
1 CIC = 375 €

Ciò significa che per ogni 10 Gcal prodotte si ha accesso a 1 Certificato di Immissione al Consumo e che per ogni CIC erogato, il produttore riceve una quantità monetaria pari a 375 €.

Nel grafico 3 sono stati riportati i valori di energia prodotta [Gcal] calcolati sotto le seguenti ipotesi:

- Il trend di evoluzione della produzione e immissione considerato negli anni 2021 e 2022 rispettano esattamente i valori d'obbligo di immissione rappresentati nella figura 41.
- Le percentuali di produzione ripartite nelle regioni Lombardia e Veneto sono rispettivamente 25% e 17% come rappresenta nel grafico 2.

Grafico 5- Energia prodotta e immessa dai produttori dal 2019 al 2022



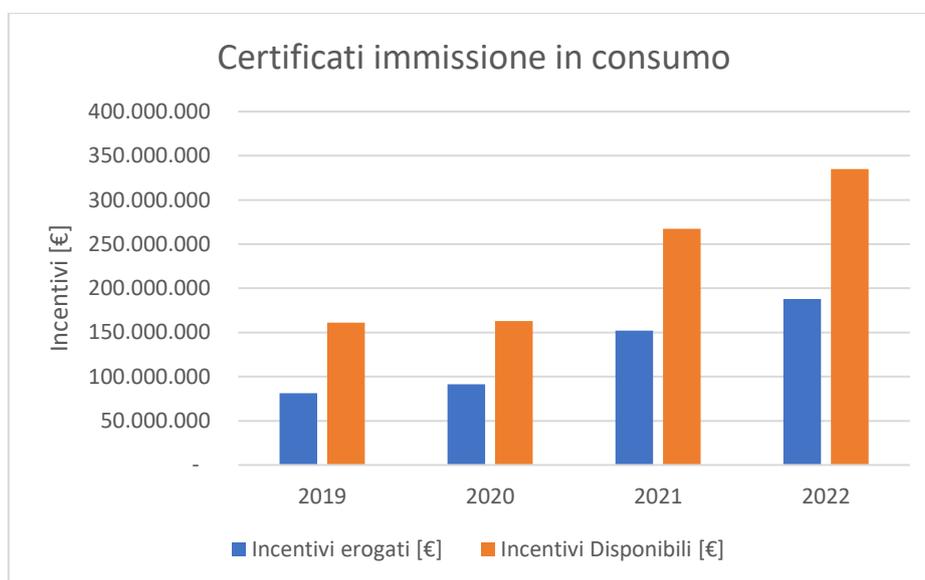
Come possiamo notare, si ha un'elevata evoluzione della filiera grazie sia agli incentivi proposti dal GSE ed erogati fino al 2022 sia all'effettiva realizzazione e riconversione degli impianti. Poiché si tratta di una stima di produzione relativa all'obbligo di immissione, questi valori potrebbero essere inferiori alla produzione effettiva degli anni in oggetto. Tuttavia, possono essere utilizzati come buona approssimazione ai fini del nostro studio.

A questo punto, a partire dai valori di energia prodotta dalle due industrie, è possibile calcolare gli incentivi erogati dal GSE mettendo a confronto i due scenari possibili: **“Ritiro del biometano con gestione da parte del GSE”** e **“Ritiro del biometano all’asta”**.

Nel primo caso, **“Ritiro del biometano con gestione da parte del GSE”**, i produttori immettono la quantità di biometano in rete, la registrano e affidano al GSE. L'ente ritorna al produttore 375 euro equivalenti per ogni

CIC prodotto ma anche un importo monetario pari al valore di vendita del biometano. In questo caso i guadagni dei produttori derivano sia dai CIC ottenuti che dalla vendita delle quantità immesse al gestore a cui le affida. Il GSE ogni anno definisce una disponibilità monetaria per l'emissione dei CIC che stima in base agli obiettivi posti per l'anno in corso. Questi valori sono riportanti sul sito del GSE e per l'anno 2020 equivalgono a 431.232 CIC. Il massimo valore erogabile è pari a più di **161 milioni di euro** ed essi vengono erogati su base cronologica dell'invio della documentazione necessaria. Al di sopra di tale valore, i produttori che richiedono l'immissione in rete e il ritiro di biometano non potranno ricevere l'incentivo previsto nell'anno in corso. Ad oggi, le previsioni sulle produzioni e quelle sugli incentivi messi a disposizione dal GSE ci permettono di stabilire che fino al 2022 si avranno più incentivi di quelli erogati. Il grafico 6 ci dà una chiara visione di quanto detto.

Grafico 6- Certificati immissione in consumo disponibili ed erogati



Ecco, in tabella 7 il totale annuo della produzione totale ottenuta dai 2 produttori. Evidenziato in giallo il valore equivalente di CIC totali erogati nell'anno 2020 per mostrare come tale valore è inferiore al limite massimo di contributi erogabili da GSE per l'anno considerato.

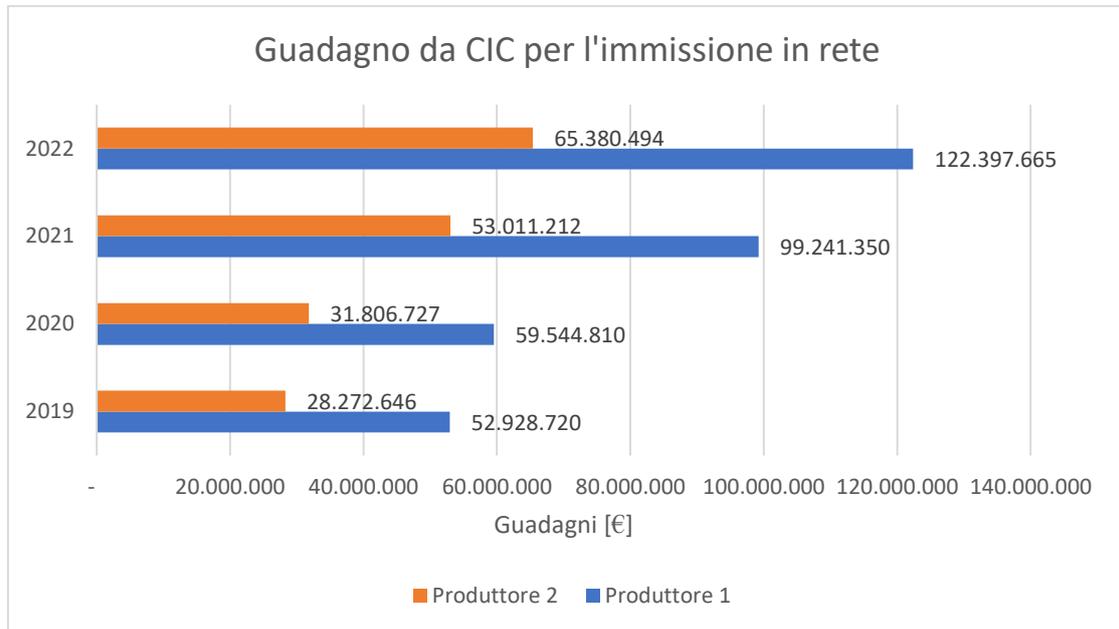
Tabella 6-Guadagno derivante dai CIC ottenuti

Guadagno derivante dai CIC ottenuti [€]

	2019	2020	2021	2022
Produttore 1	52.928.720	59.544.810	99.241.350	122.397.665
Produttore 2	28.272.646	31.806.727	53.011.212	65.380.494
Totale	81.201.366	91.351.537	152.252.562	187.778.159

Nel grafico 7, invece, si evidenzia meglio la crescita della produzione negli anni e gli incentivi ad essi spettanti.

Grafico 7- Guadagno dei produttori per l'immissione in rete



Nel secondo caso, **“Ritiro del biometano all’asta”**, il produttore non si limita a immettere il biometano in rete ma gestisce egli stesso la vendita sul mercato. Il guadagno dipende dal prezzo a cui il produttore riesce a cedere il biometano prodotto e quindi, dal mercato giornaliero o mensile. Al contrario, nel caso in cui lo affida al GSE, il prezzo di vendita rimane costante e pari al prezzo medio mensile del biometano sottratto del 5%. I prezzi di vendita del biometano sono facilmente reperibili dal sito del GME e fanno riferimento al decreto biometano del 5 marzo 2018 [21]. Essi sono calcolati in €/MWh che è l’unità di misura fondamentale per la compravendita del gas sul mercato nazionale. I valori utilizzati per il calcolo delle vendite al mercato per gli anni passati (2019 - 2020) sono stati raccolti nella tabella 8 e sottratti del 5% come previsto.

$$\text{Prezzo di vendita} = \text{Prezzo medio mensile} \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] - 5\% \quad [4]$$

Ecco un estratto del decreto in cui sono riportate le informazioni salienti per il calcolo degli incentivi.

“Per i produttori di biometano avanzato è previsto:

- a) il riconoscimento di un valore pari a 375€ per ogni CIC riconosciuto, considerando anche le eventuali maggiorazioni previste nella quantificazione dei titoli spettanti. Tale incentivazione ha durata massima di 10 anni; successivamente si ha diritto al solo rilascio dei CIC (che possono essere venduti ad altri operatori);*
- b) il ritiro, da parte del GSE, anche per un quantitativo parziale, del biometano avanzato ad un prezzo pari al 95% del prezzo medio mensile registrato sul Mercato a Pronti del gas naturale o, in alternativa, la vendita effettuata autonomamente.”*

Tabella 7- Costo medio mensile del biometano nel 2019 – Costo medio mensile del biometano nel 2020

COSTO MEDIO MENSILE NEL 2019

	Prezzo al GME [€/MWh]	Riduzione 5% [€/MWh]	Prezzo [€/Gcal]
Gennaio	23,00	21,85	25,40
Febbraio	19,44	18,47	21,46
Marzo	17,27	16,41	19,07
Aprile	17,73	16,84	19,58
Maggio	16,51	15,68	18,23
Giugno	13,54	12,86	14,95
Luglio	12,30	11,69	13,58
Agosto	11,11	10,55	12,27
Settembre	11,92	11,32	13,16
Ottobre	12,43	11,81	13,72
Novembre	15,18	14,42	16,76
Dicembre	14,10	13,40	15,57

COSTO MEDIO MENSILE NEL 2020

	Prezzo al GME [€/MWh]	Riduzione 5% [€/MWh]	Prezzo [€/Gcal]
Gennaio	12,64	12,01	13,96
Febbraio	10,2	9,69	11,26
Marzo	9,53	9,05	10,52
Aprile	8,16	7,75	9,01
Maggio	6,34	6,02	7,00
Giugno	5,98	5,68	6,60
Luglio	6,20	5,89	6,85
Agosto	8,17	7,76	9,02
Settembre	11,07	10,52	12,22
Ottobre	13,08	12,43	14,44
Novembre	13,33	12,66	14,72
Dicembre	14,20	13,49	15,68

Se reperire i prezzi degli anni passati è stato facile, ipotizzare dei valori medi per gli anni a seguire non è altrettanto semplice. A determinare il **prezzo di mercato** al GME vi sono diversi fattori, come ad esempio, la situazione geo-politica, la domanda della commodity, che a sua volta dipende sia dalle condizioni climatiche esterne che dalle tecnologie utilizzate per la produzione di calore o energia elettrica, ma anche la posizione del sistema di gas nazionale in quanto tutto ciò che viene prodotto deve essere immesso in rete e prelevato

dall'utenza finale al netto del linepack¹⁸. Per questo motivo è stato deciso di mantenere i prezzi medi mensili dell'ultimo anno di riferimento anche per i calcoli successivi.

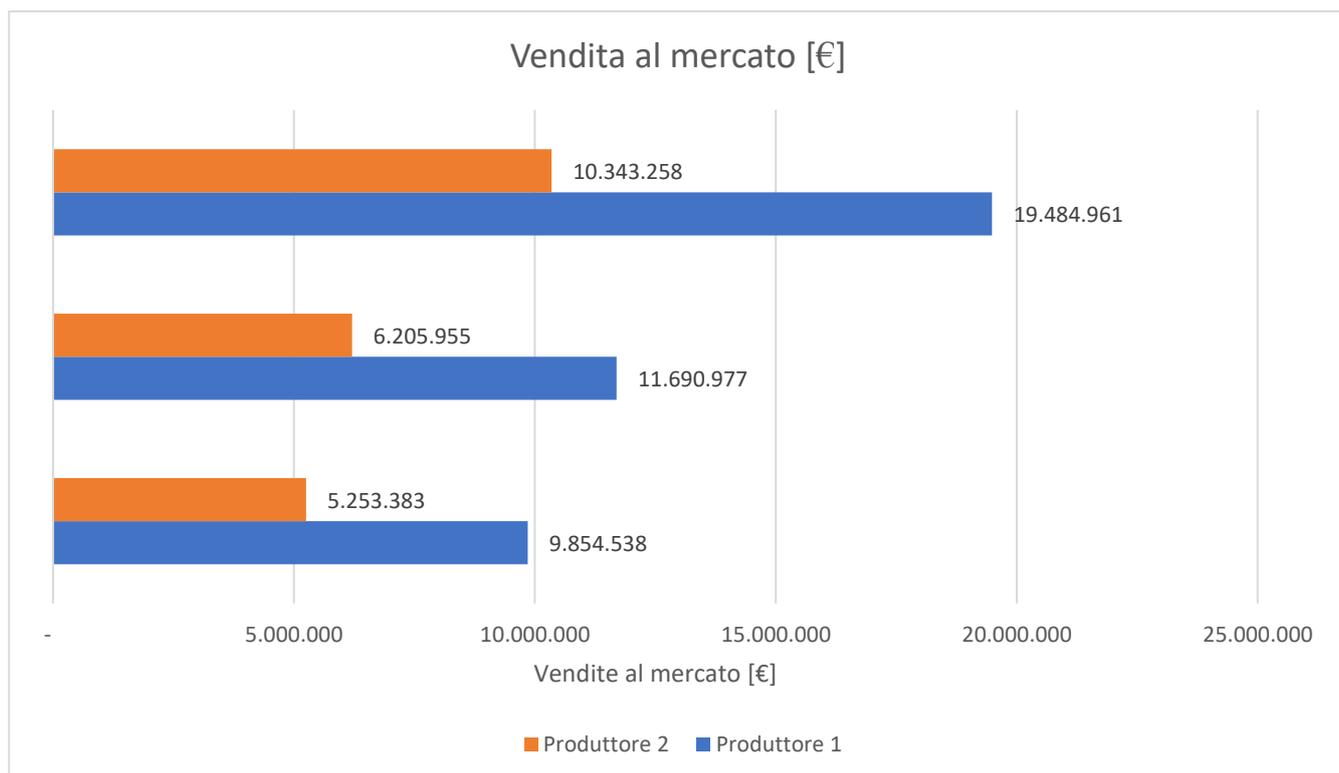
Si tratta di una scelta poco realistica poiché, come detto precedentemente, i valori potrebbero variare di giorno in giorno o di ora in ora in base alle regole di mercato. Tuttavia, consapevoli di tale approssimazione, sono stati riportati in tabella 9 e rappresentati nel grafico seguente le transazioni di scambio al mercato derivanti dalla vendita di tutto il biometano prodotto dai singoli produttori.

Tabella 8- Guadagni provenienti dalle vendite al GME

Vendita al mercato [€]

	2019		2020		2021		2022	
	Prodotto [Gcal]	Vendita [€]						
Produttore 1	705.716	9.854.538	793.931	11.690.977	1.323.218	19.484.961	1.631.969	24.031.453
Produttore 2	376.969	5.253.383	424.090	6.205.955	706.816	10.343.258	871.740	12.756.684

Grafico 8- Guadagni provenienti dalle vendite al GME



Mettere a confronto i due scenari è complesso poiché non si è in possesso delle informazioni necessarie per calcolare le vendite di biometano dei singoli produttori. Tuttavia, sono stati messi a confronto i profitti

¹⁸ Il linepack è una quantità di gas residua che fluisce nella rete a una certa pressione di esercizio. Esso rappresenta una risorsa per il bilanciamento della rete a fine giornata poiché, a consuntivo del giorno gas, si determina una differenza tra il valore atteso dei quantitativi di competenza di SNAM Rete Gas e del disequilibrio netto degli utenti e il loro valore effettivo.

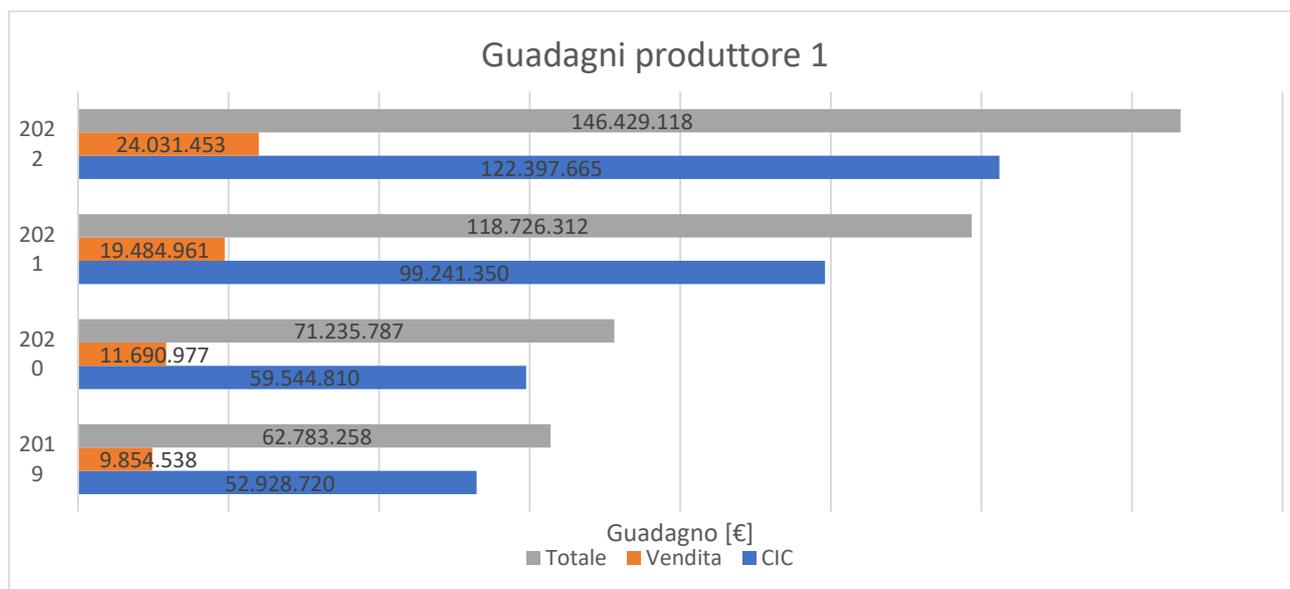
derivanti sia dai Certificati di Immissione in Consumo che dalle vendite al GSE. Si può dedurre che i guadagni provenienti dalle vendite sono inferiori rispetto a quelli ricavati dai CIC ma comunque rappresentano circa il 30% del totale. In tabella 10 sono stati raggruppati i guadagni annuali provenienti dai due meccanismi.

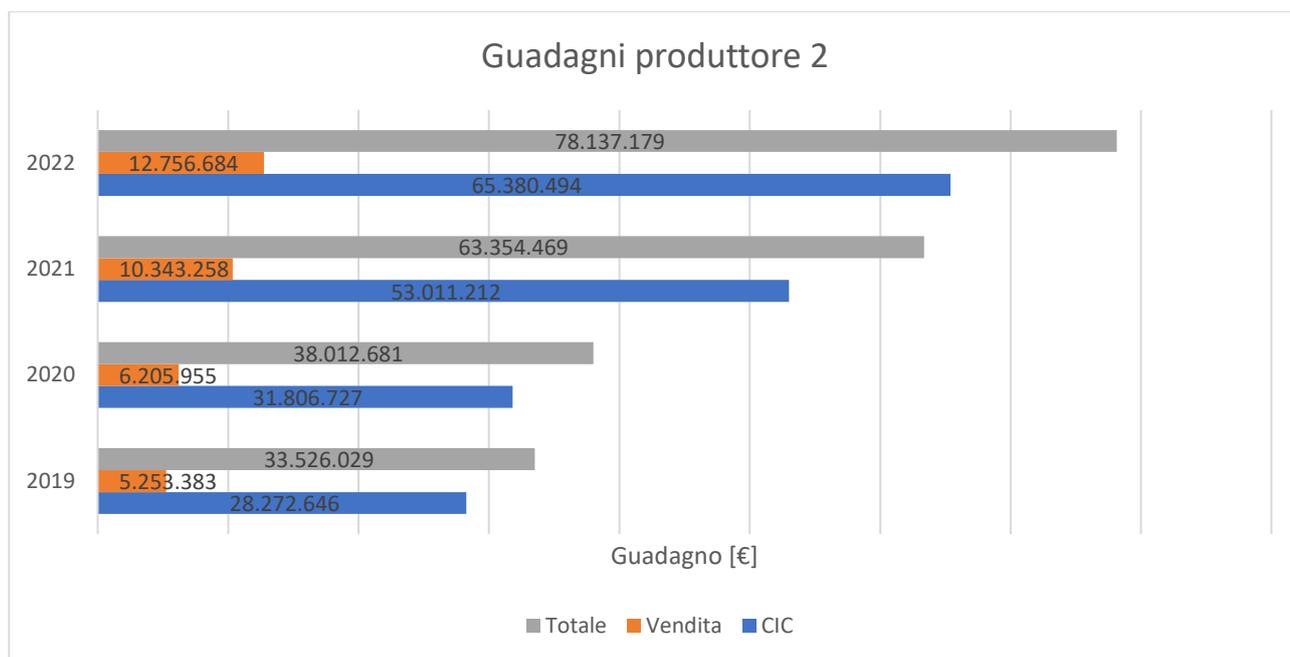
Tabella 9 -Guadagno dei produttori per CIC, per vendita e totale

Guadagno totale [€]

		2019	2020	2021	2022	Totale
Produttore 1	CIC	52.928.720	59.544.810	99.241.350	122.397.665	334.112.546
	Vendita	9.854.538	11.690.977	19.484.961	24.031.453	65.061.929
	Totale	62.783.258	71.235.787	118.726.312	146.429.118	399.174.475
		2019	2020	2021	2022	Totale
Produttore 2	CIC	28.272.646	31.806.727	53.011.212	65.380.494	178.471.079
	Vendita	5.253.383	6.205.955	10.343.258	12.756.684	34.559.280
	Totale	33.526.029	38.012.681	63.354.469	78.137.179	213.030.359

Grafico 9- Guadagno totale dei produttori scenario 2





6.1.2 Incentivi per gli Shipper

Gli Shipper, come spiegato nel paragrafo 4.2.2, sono degli **operatori economici** che hanno il compito di occuparsi della vendita del biometano avanzato ritirato dal GSE e immesso nelle reti con obbligo di connessione di terzi. Essi devono essere titolari di un contratto di trasporto sulla rete del gas naturale e devono dimostrare di avere contratti di fornitura, stipulati direttamente o tramite una società controllata, con impianti di distribuzione di gas naturale per i trasporti. Tale contratto di trasporto è stabilito in volume, Standard metri cubi, e non deve essere inferiore al volume del biometano che intendono acquistare. Nel caso in cui non sia rispettata quest'ultima caratteristica gli operatori dovranno acquistare capacità aggiuntiva come visto nel paragrafo 4.1.3. In particolare, il biometano viene ritirato dal GSE, ai sensi del comma 1, in corrispondenza dei punti di consegna del biometano. La quantità immessa in rete dichiarata dal produttore sul portare blockchain sarà soggetta a **doppio controllo**:

- il sistema, attraverso i misuratori di portata e qualità del biometano, raccoglie le quantità in input immesse dal produttore e controlla se quelle in output, ovvero le quantità assegnate agli intermediari, coincidono con quanto in essere attraverso gli smart contract. Essi vengono registrati in piattaforma dai 2 mesi ai 30 giorni prima per cui, al momento della verifica, i valori scambiati sono già all'interno della piattaforma e la verifica avviene in maniera immediata.
- il Gestore dei Sistemi Energetici controlla che le quantità immesse dal produttore siano coerenti con gli incentivi ad essi spettanti e ne calcola i contributi corrispettivi.

A questo punto, gli shipper prendono in carico le quantità di biometano da trasportare, sottoscrivendo contratti di acquisto di tipo **fixed**. Questo tipo di contratto permette agli shipper di aggiudicarsi una certa

quantità di biometano reperibile da uno o più produttori a un prezzo di acquisto minore rispetto a quello di riferimento. Lo sconto avviene sulla base del **miglior beneficio economico** per il GSE: tutti gli shipper procedono con la loro offerta nella quale valorizzano sia la quantità di biometano acquistabile che il prezzo al quale sono disposti ad acquistare. Al fronte di tutte le offerte effettuate dagli shipper, sarà stilata una graduatoria in ordine crescente sulla base della riduzione percentuale offerta rispetto al prezzo pari a quello medio ponderato. Le offerte saranno accompagnate dalle quantità messe in acquisto e registrate sul mercato a pronti del gas naturale (MPGAS). Per ogni mese, saranno considerati aggiudicatari delle quantità di immissione previste gli operatori economici che hanno offerto la riduzione minore rispetto al prezzo pubblicato dal Gestore dei Mercati Energetici (GME). Infine, l’abbinamento delle quantità da trasportare sarà contrattualizzato attraverso gli smart contract.

Per descrivere meglio questo processo di assegnazione è stato ipotizzato un esempio di quanto detto sopra. In particolare, il calcolo è stato effettuato prendendo come riferimento il caso di studio analizzato nel capitolo tre, ovvero un sistema costituito da due produttori e nove shipper i quali concorrono per il mese di dicembre 2020. La scelta del mese non è del tutto casuale ma è avvenuta pensando sia alla completezza dei dati recuperati dal sito ufficiale del GSE che per l’abbondante produzione a consuntivo nel mese considerato rispetto agli altri valori. In questo processo, è stata ipotizzata l’offerta che i soggetti partecipanti decidono di sottomettere, specificando sia la quantità che saranno disposti ad acquistare espressa in GWh/mese o Gcal/mese che il prezzo dell’offerta. Per disposizione del GSE tali offerte non possono essere inferiori di un quantitativo minimo pari a 45 MWh/mese con l’impegno che rispetto al quantitativo offerto, gli Shipper dovranno garantire un **marginale incrementale** pari al 15%.

Le offerte vengono postate sul sistema due mesi prima del mese di riferimento e al termine del tempo prestabilito tutte le offerte vengono disposte nella piattaforma in ordine crescente in modo da assegnare le quantità di biometano immesso secondo il principio di miglior offerta. Il processo di assegnazione potrà ritenersi concluso quando la produzione relativa al mese di riferimento sarà totalmente abbinata alle offerte. In tabella 11 sono riportati i valori di produzione del mese di dicembre 2020 e il prezzo medio mensile pubblicato dal GME. Questi valori, già analizzati nel paragrafo precedente, sono alla base dei calcoli per l’assegnazione agli shipper dei lotti di biometano immessi in rete.

Tabella 10- Produzione nel mese di dicembre e prezzo medio mensile del biometano

Produttori	Produzione nel mese di dicembre [Gcal]	Produzione nel mese di dicembre [MWh]	Prezzo medio mensile [€/MWh]
Lombardia	418.419	486.893	13,49
Veneto	215.048	250.240	
Totale	633.467	737.134	

L'obiettivo è dunque quello di distribuire il totale prodotto dai due impianti di biometano nel mese di dicembre agli shipper che hanno fatto per tempo la loro offerta. Vediamo ora le offerte raggruppate nella tabella 12.

Tabella 11-Offerte postate dagli shipper per il mese di dicembre

Shipper	Quantità [MWh]	Prezzo [€/MWh]
1	53.305	13,45
2	48.760	13,46
3	82.000	13,37
4	107.980	13,40
5	94.850	13,36
6	146.271	13,29
7	73.750	13,34
8	97.530	13,38
9	75.400	13,36
Totale	779.846	

Le offerte vengono postate partendo dal prezzo medio di riferimento (nel nostro caso 13,49 €/MWh) e aggiungendo una riduzione percentuale che potrà contenere fino a 3 cifre decimali dopo la virgola. Il valore potrà anche avere segno negativo.

$$\text{Prezzo di Vendita} = \text{Prezzo base} \times (1 - \text{Riduzione \% sul prezzo base offerta dallo Shipper}) \quad [5]$$

Le offerte a questo punto vengono ordinate secondo il principio della miglior offerta di acquisto per il GME, dunque, dal prezzo più alto a quello più basso e assegnate secondo tale principio fino ad abbinare tutte le offerte disponibili. Vediamo il procedimento in tabella 13.

Tabella 12-Stato di abbinamento delle offerte degli shipper

Shipper	Quantità [MWh]	Prezzo [€/MWh]	Aggiudicato [MWh]	
3	48.760	13,46	48.760	OK
1	53.305	13,45	53.305	OK
7	107.980	13,40	107.980	OK
2	97.530	13,38	97.530	OK
9	82.000	13,37	82.000	OK
8	94.850	13,36	94.850	OK
5	75.400	13,36	75.400	OK
4	73.750	13,34	73.750	OK
6	146.271	13,29	103.559	P
Totale	779.846		737.134	
Media		13,37		

Analizzando la tabella è possibile notare che quasi tutti gli shipper sono riusciti ad aggiudicarsi le quantità postate (stato OK) ad eccezione dello shipper 6 che postando un'offerta a un prezzo inferiore del 5% rispetto

a quello medio mensile si è aggiudicato solo in parte la quantità di biometano da trasportare (stato P). Ciò è dovuto al fatto che la quantità di biometano trasportabile dagli shipper risulta maggiore rispetto a quella effettivamente prodotta.

Al termine di tale procedura, tra gli shipper e i produttori vengono definiti dei contratti fixed e inseriti in piattaforma in modo da **automatizzare le procedure di scambio**. Gli shipper, a questo punto, dovranno garantire le attività di trasporto e bilanciamento del biometano immesso nelle reti attraverso la procedura descritta nel paragrafo 4.1.3, acquistando capacità di trasporto nel caso in cui quest'ultima non fosse sufficiente a garantire il trasporto della quantità di biometano ad essi affidata. La destinazione del biometano trasportato è il settore dei trasporti, ma prima di giungere all'utente finale lo shipper ha la facoltà di vendere o acquistare biometano da terzi a patto che esso avvenga attraverso contratti **fickle**.

Questi contratti sono molto dinamici e interessano il **mercato a breve termine** (infragiornaliero e mercato del giorno dopo). Gli utenti possono infatti operare sul mercato del biometano, vendendo e acquistando sul punto di scambio virtuale (PSV) a un prezzo a loro conveniente con il semplice scopo di favorire i propri guadagni. Anche in questo caso, le offerte in acquisto e vendita vengono postate sulla piattaforma e abbinate dalle controparti secondo le necessità di ogni singolo utente. Il guadagno finale sarà dato dal delta tra le transazioni avvenute sul mercato a breve termine e l'acquisto iniziale di biometano tramite contratti fixed al netto degli oneri derivanti dall'espletamento di tali attività e dal trasporto.

$$\text{Guadagno} = \text{quantità ceduta} \cdot (\text{prezzo fixed} - \text{prezzo flickle}) - \text{oneri di sistema}$$

Ad esempio, lo shipper 6, che secondo i valori ipotizzati precedentemente ha una capacità di trasporto sulla rete nel mese di dicembre pari a 146.271 MWh, potrebbe postare sul portale un'offerta in acquisto del biometano pari alla quantità che non gli è stata assegnata. L'obiettivo è quello di immettersi nel mercato con la maggior quantità di biometano possibile in base alla propria capacità di trasporto, in modo da poter ottenere maggior guadagno nella rivendita del biometano. La strategia economica dipende dalla situazione giornaliera al mercato e ogni utente ha la facoltà di scegliere quella ad esso più conveniente. Ipotizzando di postare un'offerta a un prezzo di 12,87 €/MWh, lo shipper 4 che ha acquistato a un prezzo fixed di 12,83 €/MWh potrebbe decidere di matchare l'offerta e guadagnare 0,04 €/MWh per ogni MWh ceduto. Apparentemente si tratta di pochi centesimi che se moltiplicate per quantità elevate potrebbero portare a guadagni elevati.

6.1.2.1 *Profitti nella compravendita di Biometano sul mercato*

Analizzeremo adesso quali sono i guadagni effettivi degli shipper provenienti dalla compravendita di Biometano e i benefici che possono ricavare da questo sistema di investimento attraverso degli esempi di mercato. Riprendendo gli esempi precedentemente analizzati nel paragrafo precedente andremo ad

ipotizzare degli ulteriori acquisti o vendite al PSV di tipo fickle in modo da calcolarne i guadagni sul delta ceduto.

Tali acquisti o vendite sul mercato, come detto precedentemente, dipendono dal mercato stesso e quindi la **strategia di compravendita** cambia da un giorno a un altro o potrebbe cambiare anche in corso di giornata. Tuttavia, è possibile fare una simulazione di mercato infragiornaliero considerando un prezzo medio di mercato e delle offerte in acquisto e vendita che si aggirano intorno al valore medio. In tabella 14 è stato riportato un esempio di offerte in acquisto e vendita postate durante la giornata del 21 dicembre 2020.

Tabella 13- offerte di acquisto e vendita sul mercato infragiornaliero

Compravendita

Shipper	Acquisto		Vendita		Shipper
	Quantità [MWh]	Prezzo [€/MWh]	Quantità [MWh]	Prezzo [€/MWh]	
6	49.119	13,15	5.331	13,65	1
			11.063	13,68	7
			5.851	13,77	2
			7.540	13,79	9
			10.728	13,71	8
			8.537	13,73	5
			7.380	13,67	3

Dalla tabella 14 si può dedurre che per la giornata in oggetto solo lo shipper 6 ha postato un'offerta di acquisto, probabilmente per riempire totalmente la capacità di trasporto che possiede sulla rete. Tutti gli altri shipper ad eccezione dello shipper 4 hanno invece postato delle offerte in vendita. Notiamo che ognuno di loro ha applicato una strategia di marketing conservativa offrendo delle quantità di biometano a un prezzo maggiore rispetto a quello di acquisto fixed. Inoltre, le quantità cedute sono pari al 15% della nomina fatta sul contratto fixed, quantità maggiorata che secondo accordi con il GSE, gli intermediari dovrebbero garantire ogni mese. In questo modo per ogni offerta matchata l'intermediario riceverà un **guadagno effettivo** uguale alla quantità di biometano venduto al prezzo pari alla differenza tra quello in vendita e quello in acquisto. Viceversa, lo shipper 6 sarà l'unico che attraverso la sua offerta in acquisto non beneficerà di un guadagno monetario immediato ma potrà sfruttare la sua disponibilità di trasporto sulla rete per acquistare biometano a prezzi competitivi.

Nella tabella 15, per ogni shipper che ha postato un'offerta in vendita, sono riportate le quantità in acquisto al prezzo fixed, le quantità in vendita al prezzo fickle e il guadagno effettivo dovuto dalla vendita della suddetta quantità a un prezzo maggiore rispetto a quello di acquisto.

Tabella 14- Guadagni effettivi per le offerte di vendita postate dagli shipper

Shipper	Fixed [MWh]	Prezzo [€/MWh]	Acquisto [€]	Fickle vendita [MWh]	Prezzo [€/MWh]	Vendita [€]	Guadagno [€]	Speso totale [€]
---------	-------------	----------------	--------------	----------------------	----------------	-------------	--------------	------------------

1	53.305	13,45	716.927	- 5.331	13,65	- 72.771	1.079	644.156
2	97.530	13,38	1.305.154	- 11.704	13,77	- 61.197	4.579	1.143.957
3	48.760	13,46	656.457	- 4.388	13,67	- 59.969	888	596.488
5	75.400	13,46	1.015.112	- 6.786	13,73	- 93.191	1.831	921.921
7	107.980	13,40	1.446.454	- 16.197	13,68	- 221.556	4.588	1.224.897
8	94.850	13,36	1.266.731	- 10.434	13,71	- 143.000	3.659	1.123.731
9	82.000	13,37	1.096.224	- 8.200	13,79	- 113.052	3.429	983.173

Con la voce “*guadagno*” si intende la quantità messa in vendita dagli shipper, in questo caso ipotizzata pari a 15% rispetto al loro acquisto fixed, nel mercato energetico. Tale quantità dipende sia dal prezzo al quale riescono a matchare l’offerta che dall’andamento del mercato. Con la voce “*speso totale*” è indicato, in termini monetari, il valore effettivamente speso per l’acquisto della quantità di biometano posseduta al netto delle vendite sul mercato. Questa quantità sarà trasportata fino al punto di riconsegna dove l’operatore economico che ha la facoltà di rivendere a sua volta il biometano posseduto alle stazioni di rifornimento al prezzo di mercato. Ciò implica che lo shipper riceverà un secondo contributo economico da parte delle stazioni di rifornimento che porterà inevitabilmente a un nuovo guadagno. Tale guadagno è calcolato come la quantità di biometano ceduta alle stazioni di rifornimento per il delta tra il costo di mercato e quello di acquisto.

$$Guadagno_2 = \text{quantità ceduta} \cdot (\text{prezzo medio} - \text{prezzo fixed}) \quad [6]$$

Il guadagno totale effettivo è stato calcolato come la somma dei due guadagni e rappresentato in tabella 15.

Tabella 15- Divisione dei vari guadagni e ricavo totale

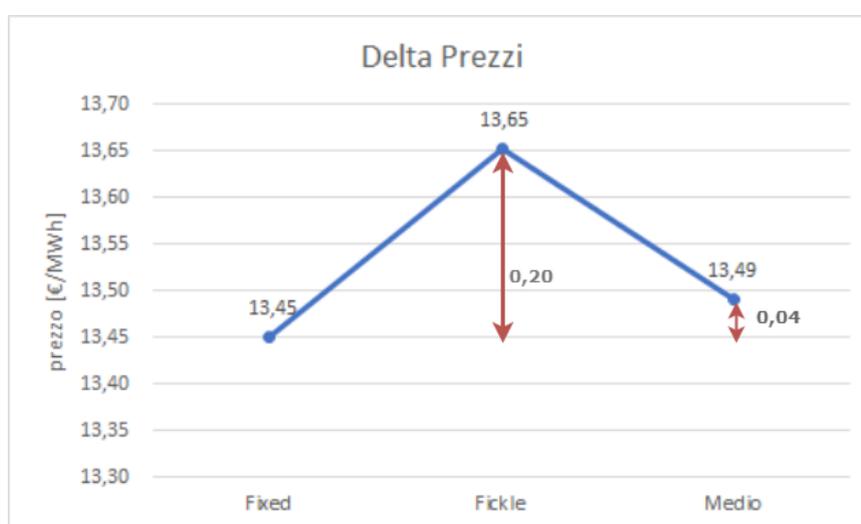
Shipper	Trasportato [MWh]	Guadagno 1 [€]	Guadagno 2 [€]	Guadagno totale [€]
1	47.975	1.079	1.942	3.020
2	85.826	4.579	9.262	13.841
3	44.372	888	1.197	2.085
4	73.750	-	10.944	10.944
5	68.614	1.831	1.851	3.682
6	152.678	-	30.894	30.894
7	91.783	4.588	8.667	13.256
8	84.417	3.659	11.388	15.047
9	73.800	3.429	8.960	12.389

È possibile notare dunque che da tale sistema gli intermediari riescono a guadagnare mensilmente una quantità ingente di denaro grazie sia ai loro movimenti sul mercato infragiornaliero (guadagno 1), ma anche

grazie alla possibilità di acquistare biometano tramite contratto fixed a prezzi agevolati. In particolare, i guadagni derivanti da entrambe le risorse dipendono soprattutto dalla strategia di marketing di ogni operatore e dalla situazione al mercato nel quale concorrono.

Nel grafico 10 è stato riportato un esempio e messi in evidenza le **variazioni dei prezzi** al quale lo shipper 1 ha operato sul mercato. In particolare, possiamo notare che le vendite infragiornaliere sui contratti fickle hanno portato a un guadagno pari a 0,20 €/MWh mentre un guadagno ridotto perviene dalla rivendita del biometano trasportato alle stazioni di rifornimento.

Grafico 10- Delta prezzi di mercato per la compravendita di biometano



6.1.3 Incentivi per i soggetti obbligati

In questo paragrafo sono riportate tutte le informazioni che riguardano i Soggetti Obbligati. In particolare, vengono descritti i contratti tra Soggetti Obbligati e GSE che sono regolati dagli obblighi reciproci e dettagliate le **modalità e le tempistiche** degli adempimenti dei Soggetti Obbligati aderenti. Infine, è stata descritta la modalità di calcolo dell'obbligo e i ricavi e guadagni che ne derivano da questo sistema di investimento.

A differenza degli altri protagonisti, per i soggetti obbligati, l'adesione al sistema di immissione implica degli **obblighi da assolvere** secondo due meccanismi: obbligo relativo al biometano avanzato e obbligo relativo ad altri biocarburanti avanzati. Per entrambi i meccanismi i Soggetti Obbligati hanno il compito di immettere delle quantità minime in consumo e il GSE il dovere di conteggiare le quantità immesse e registrarle nella "massima annua ritirabile". L'adesione ai meccanismi, nel caso in cui non venga manifestato espressamente il proprio dissenso, avviene automaticamente entro trenta giorni dall'entrata in vigore del Decreto e ha validità per il periodo compreso tra il 1° gennaio 2018 e il 31 dicembre 2027. Tale meccanismo implica che gli oneri derivanti dal ritiro dei CIC da parte del GSE, **vengano loro addebitati in proporzione alle quantità**

immesse e nel limite delle rispettive quote d'obbligo. Le quote d'obbligo o certificati di riconoscimento sono calcolate in funzione ai combustibili fossili e combustibili provenienti da fonti sostenibili immessi dal singolo soggetto obbligato come previsto dal Ministero dello Sviluppo Economico.

$$Quota\ d'\ obbligo = [(F_b - B_b) \cdot PCI_b + (F_g - B_g) \cdot PCI_g] \cdot \%OB \quad [7]$$

Dove:

- F_b è la quantità in tonnellate di benzina immessa in consumo
- B_b è la quantità in tonnellate di biocarburanti miscelabili alla benzina effettivamente miscelati
- PCI_b è il potere calorifero della benzina
- F_g è la quantità in tonnellate del gasolio immesso in consumo
- B_g è la quantità in tonnellate di biocarburanti miscelabili al gasolio effettivamente miscelati
- PCI_g è il potere calorifero del gasolio
- $\%OB$ è la percentuale dell'obbligo per l'anno di riferimento

Il certificato prevede che sia rispettata una quota minima di immissione (%OB) in modo da garantire l'introduzione dei carburati sostenibili nel mercato del trasporto. Gli obblighi di immissione sono stati riportati in tabella 17.

Tabella 16- Percentuali di immissione in consumo del biometano

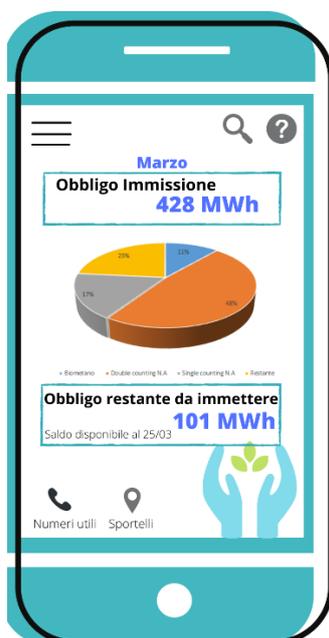
Anno di immissione in consumo dei carburanti fossili e dei biocarburanti	Quota d'obbligo
2016	5,5%
2017	6,5%
2018	7,5% (1,2% di biocarburanti avanzati)
2019	9% (1,2% di biocarburanti avanzati)
2020 e 2021	10% (1,6% di biocarburanti avanzati)
dal 2022	10% (2% di biocarburanti avanzati)

Nel caso in cui i Soggetti Obbligati garantiscono i suddetti vincoli, il GSE provvederà a rilasciare i certificati sulla base delle quote di combustibili sostenibili e non, immessi in consumo. Al contrario, coloro che non aderiscono al meccanismo devono comunque assolvere autonomamente all'obbligo di immissione in consumo di un quantitativo minimo di biometano avanzato e/o di altri biocarburanti avanzati diversi dal biometano, ma non riceveranno i certificati a loro spettanti. Le quote d'obbligo rilasciate dal GSE (o CIC) saranno utilizzate dai soggetti obbligati per la remunerazione dei produttori, mentre la differenza dei corrispettivi tra quanto spettante al Produttore per il ritiro del biometano e l'incasso dalla vendita sul mercato è il guadagno a loro spettante. Ciò implica, che maggiore sarà la quantità di biometano venduto a un prezzo a loro favorevole, maggiore sarà il loro profitto.

$$\text{Guadagno} = \text{Prezzo di vendita [€/MWh]} \cdot \text{Energia venduta [MWh]} - \text{Quote d'obbligo [€]} \quad [8]$$

Anche in questo caso tutti gli scambi che avvengono tra GSE e soggetti obbligati o tra soggetti obbligati e clienti finali saranno registrati in piattaforma attraverso smart contract: con esso si impone ai soggetti obbligati ad introdurre nel sistema un quantitativo minimo di biometano avanzato o altri biocarburanti avanzati al fine di ricevere dal GSE gli incentivi necessari alla remunerazione dei produttori. D'altro lato la registrazione delle vendite permette un sistema di conteggio automatico del quantitativo gli biometano immesso in consumo.

Figura 42-Quota di immissione restante da immettere per il soggetto obbligato



6.1.3.1 Profitti nella vendita di Biometano a clienti finali

Per determinare i profitti derivanti dalle azioni dei soggetti obbligati, andremo a valutare, dapprima, i **corrispettivi posti a carico degli operatori** per la gestione del sistema, e in seguito, a partire dai consumi di biocarburanti risalenti all'anno passato (2020), ipotizzeremo le **vendite di biocarburante** per i soggetti obbligati analizzati.

L'entità dei corrispettivi si distingue secondo le due tipologie di biocarburanti: avanzati e non avanzati e sono così calcolati:

$$\text{CIC biocarburanti} = \text{Coefficiente } X \cdot Q_{bio} \quad [9]$$

Dove:

- il Coefficiente X è il corrispettivo unitario per biocarburante per Gigacaloria di biocarburante immesso in consumo pari a 0,055 €/Gcal.
- Q_{bio} è il contenuto energetico, espresso il Gcal, del quantitativo totale di biometano immesso in consumo nell'anno precedente.

$$CIC \text{ biocarburanti avanzati e double counting} = \text{Coefficiente } Y \cdot (Q_{bio A} + Q_{bio DC}) \quad [10]$$

Dove:

- il Coefficiente Y è il corrispettivo unitario per biocarburante per Gigacaloria di biocarburante avanzato o double counting immesso in consumo pari a 0,009 €/Gcal.
- $Q_{bio A}$ è il contenuto energetico, espresso il Gcal, del quantitativo totale di **biocarburante avanzato** immesso in consumo nell'anno precedente.
- $Q_{bio DC}$ è il contenuto energetico, espresso il Gcal, del quantitativo totale di **biocarburante double counting** immesso in consumo nell'anno precedente.

La quantità totale di biocarburante immesso in consumo è data dalla somma dei tre fattori sopra descritti e rappresenta la quantità di biocarburante effettivamente introdotto in commercio e dunque rivenduto ai clienti finali.

$$Q_{bio TOT} = Q_{bio} + Q_{bio A} + Q_{bio DC} \quad [11]$$

Per poter calcolare infine i profitti relativi alla rivendita è necessario definire sia le quantità di **biocarburante venduta** annualmente per ogni stazione di rifornimento, sia il **prezzo di vendita**.

Il primo fattore è facilmente reperibile dai rapporti statistici del GSE in cui sono riportati tutti i valori di produzione e immissione in consumo dei combustibili nell'anno considerato. Faremo riferimento al documento "Energia del settore trasporti" e ipotizzeremo di ripartire le quote di biocarburante immesso in consumo nell'anno 2020 tra le cinque le stazioni di rifornimento delineate nel caso di studio. Le quote per l'immissione dei biocarburanti per ogni stazione sono così ripartite:

Tabella 17-Ipotesi sulla ripartizione percentuale delle quote immesse in consumo dei biocarburanti

	S.O - 1	S.O - 2	S.O - 3	S.O - 4	S.O - 5
Biometano	15%	20%	35%	5%	25%
Altri avanzati	4%	30%	18%	25%	23%
Biocarburanti double counting non avanzati	34%	18%	5%	30%	13%
Biocarburanti single counting non avanzati	25%	9%	27%	10%	29%

Reperire il prezzo di vendita dei biocombustibili risulta invece un più complicato in quanto il prezzo di vendita dipende dalla situazione geopolitica e dal contesto locale in cui è collocata la stazione di rifornimento. Inoltre, ogni Stazione ha la facoltà di definire un proprio delta di vendita rispetto al prezzo proposto dalla comunità nazionale. Tuttavia, gli impianti che erogano combustibili per il trasporto devono essere registrati sul sito del

Ministero dello Sviluppo Economico¹⁹ e hanno l'obbligo di tenere aggiornato il sito con i prezzi di vendita relativi a ogni carburante messo in commercio.

Al fine dei nostri calcoli sono stati selezionati, dal sito del MISE, cinque stazioni di rifornimento sul territorio Lombardo e riportati nella tabella seguente il **prezzo di vendita del metano** relativi ad ogni stazione.

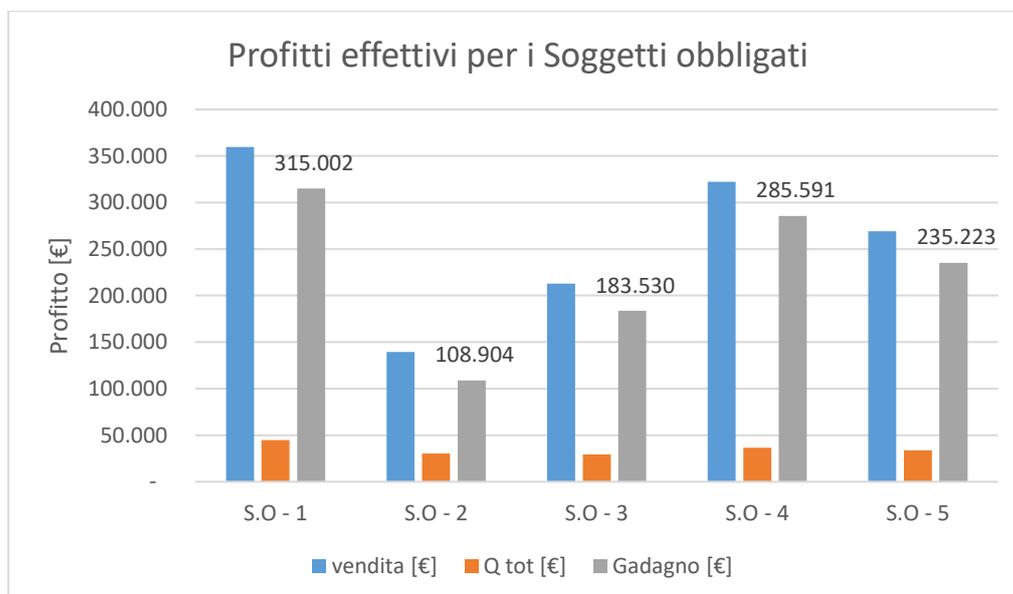
Tabella 18-Prezzo medio annuale del biocombustibile relativo ad ogni stazione di rifornimento per l'anno 2020

Operatore	Prezzo [€/kg]
S.O - 1	0,968
S.O - 2	0,829
S.O - 3	1,047
S.O - 4	1,250
S.O - 5	0,999

Chiaramente i prezzi definiti in tabella 19 fanno riferimento al prezzo medio annuale del metano in quanto ad oggi metano e biometano non vengono separati ma viaggiano nella stessa condotta di trasporto e giungono miscelati alle stazioni di rifornimento.

Dati i prezzi di vendita e le quantità commercializzate da ogni stazione di rifornimento sono stati calcolati i guadagni derivanti da tali vendite nell'anno considerato. Inoltre, sono state valutate le quote d'obbligo relative a ogni operatore come mostrato nel paragrafo precedente e sottratte alle vendite per determinare il profitto effettivo.

Grafico 11- Andamento dei profitti effettivi per i Soggetti Obbligati nell'anno 2020



¹⁹ Il MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) è il dicastero nazionale che si occupa dello sviluppo del sistema produttivo, del commercio estero e internazionalizzazione del sistema economico, della comunicazione e delle tecnologie per l'informazione.

Dal grafico 11, è possibile notare che il guadagno effettivo di ogni Stazione di rifornimento è dato principalmente dalla vendita del biometano e altri combustibili avanzati nel mercato del trasporto. Come detto precedentemente, esse dipendono dalla quantità di combustibile venduto e dal prezzo di vendita. Dunque, più alto sarà il prezzo di vendita del biometano al chilogrammo maggiore sarà il guadagno da esso ricavato. Tuttavia, ogni rifornitore dovrà fronteggiare **il libero mercato e la concorrenza**, e per immettere in consumo le quantità di biocombustibili acquistate dovrà farlo a prezzi competitivi. Infine, notiamo che le quote d'obbligo di immissione spettanti al GSE rappresentano circa il 10- 12% delle vendite totali, ciò implica che i guadagni effettivi saranno determinati sottraendo tale quota alle vendite.

6.1.4 Incentivi per i clienti finali

I clienti finali sono gli utenti del servizio con il quale si chiude il **sistema circolare** del biometano. Come detto precedentemente la registrazione sulla piattaforma non è necessaria al fine del rifornimento di biocarburante, in quanto sarà la stazione di rifornimento a registrare le quantità immesse in consumo. Tuttavia, l'accesso agli incentivi messi a disposizione dal sistema avviene previa registrazione. Si tratta di incentivi che riguardano sia l'acquisto di veicoli a ridotte emissioni, regolato dalla **Legge di Bilancio 2019** [22]²⁰, sia il consumo mensile di biometano da parte del cliente finale.

In questo paragrafo ci soffermeremo dapprima sull'acquisto o sostituzione di auto a biometano e in seguito sui guadagni derivanti direttamente dall'uso del biocombustibile. Con la legge di Bilancio 2019, integrata attraverso il DL 19 maggio 2020 n.34, si è previsto di incentivare il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione nel settore dei trasporti grazie a un incremento del fondo monetario. Tale fondo è stato dedicato all'acquisto di autoveicoli a **basse emissioni di CO₂**, misurate in g/km, che comprendono auto elettriche, auto alimentate con biocombustibile e auto EURO 4 ed EURO 5 alimentate a gasolio o benzina e riconvertite a metano/biometano. In particolare, le modifiche prevedono:

- l'incremento di 100 milioni di euro per l'anno passato (2020) e di 200 milioni di euro per l'anno in corso (2021) del fondo per l'acquisto di autoveicoli a basse emissioni di CO₂ g/km, ovvero fino a 60 g/km;
- il rifinanziamento di 50 milioni di euro per l'anno 2020 per l'acquisto di un veicolo nuovo di fabbrica con emissioni di CO₂ sino a 110 g/km.

Tale legge si rivolge ai clienti finali che acquistano o locano una vettura di categoria M1, ovvero destinata al trasporto di persone con almeno 4 ruote e al massimo 8 posti a sedere, nuova di fabbrica e immatricolata in

²⁰ il Ministero dello sviluppo economico ha promosso l'**Ecobonus**, una misura che offre contributi per l'acquisto di veicoli a ridotte emissioni. L'obiettivo di tale misura è quello di integrare e sostenere la vigente normativa europea sulla qualità dell'aria e dell'ambiente.

Italia. I contributi per l'acquisto sono calcolati in base ai limiti di immissione di CO₂ in ambiente e riportati in tabella 20.

Tabella 19-Incentivi per acquisto di nuove auto a basse emissioni

Range emissioni	Con rottamazione di un veicolo	Senza rottamazione
<i>Emissioni <= 20 g/km</i>	€6.000,00	€2.500,00
<i>Emissioni > 21 g/km e <= 70 g/km</i>	€4.000,00	€1.500,00
<i>Emissioni > 71 g/km e <= 110 g/km</i>	€1.500,00	€750,00

Dalla tabella è possibile stimare il bonus messo a disposizione ai clienti finali che decidono di acquistare un nuovo veicolo a bassa emissione individuando **tre classi di emissione**. Per ogni classe di emissione sono previsti due contributi incentivanti: uno per l'acquisto dei veicoli con rottamazione e l'altro senza rottamazione. In particolar modo possiamo notare che la rottamazione dei vecchi veicoli è maggiormente promossa al fine di sostenere la tutela ambientale ed eliminare ulteriori fonti di inquinamento.

Anche se nella legge di bilancio 2019 rientrano tutti i veicoli alimentati a benzina o gasolio o elettrici che rispettano il limite di emissione stabilito, nell'analisi fatta, questi veicoli non saranno considerati ma ci soffermeremo solamente allo studio delle auto alimentate a metano/biometano con un range di emissioni che non supera i 110 g/km di CO₂. Questo valore è identificato dall'Ecobonus come valore **limite di emissioni** che possono essere rilasciate in ambiente per un veicolo nuovo immatricolato a partire dal 2020.

Il secondo metodo di incentivazione studiato nel sistema di interesse e che si rivolge ai clienti finali è chiamato "*GreenHouse Gases Less*" e riguarda le **quantità e qualità** di biometano utilizzata per il trasporto. Il contributo messo a disposizione per ogni cliente finale va calcolato secondo le emissioni di sostanze inquinanti in ambiente. L'idea è quella di quantizzare, attraverso la piattaforma, la quantità e qualità di biometano acquistato mensilmente dalle stazioni di rifornimento e generare nel proprio portafoglio un certificato attestante il **livello di energia rinnovabile** utilizzata dall'utente. A sua volta la quantità di energia rinnovabile è messa in relazione alle emissioni di CO₂ prodotte in ambiente attraverso la tecnologia di motore utilizzato e il consumo medio del veicolo. Ciò significa che i certificati prodotti dipendono da due fattori:

- La qualità di biocarburante immesso nel proprio veicolo, che dipende dal processo di produzione;
- La quantità di CO₂ "*risparmiata*", ovvero quella non immessa in ambiente rispetto a un valore di riferimento.

Per ricevere i contributi e convertire il certificato emesso dalla piattaforma in valore monetario l'utente dovrà registrare in piattaforma il proprio veicolo scegliendone il modello tra quelli già inseriti nel database. Nel database saranno riportati tutte le specifiche tecniche del veicolo, come ad esempio tipo del motore, alimentazione, distribuzione, prestazioni, utili a valutare il consumo e le emissioni in ambiente di ogni veicolo registrato. Inoltre, il database è stato pensato in modo da contenere la voce "**delta emissioni**", ovvero il delta

tra il valore di emissioni del veicolo preso in esame e il valore di riferimento. In questo modo sarà immediato il calcolo delle emissioni di CO₂ *risparmiate* per ogni cliente. Dal proprio dispositivo l'utente potrà visualizzare un'interfaccia in cui è riportato il valore di biocarburante acquistato mensilmente presso una delle stazioni di rifornimento. La quantità di biometano sarà valorizzata in piattaforma subito dopo lo scambio tra cliente e rifornitore inserendo, nel file di raccolta dati. Oltre alle quantità saranno raccolti tutti i valori attestanti la qualità del biometano scambiato (percentuale di CH₄ e CO₂ presenti nel biocombustibile) dal quale dipendono le emissioni. In questo modo entrambi i soggetti partecipanti potranno immediatamente accettarsi delle quantità scambiate e della quantità di CO₂ in essa presente. La ricompensa spettante al cliente finale sarà calcolata su base monetaria considerando che durante la combustione di biometano si riducono le emissioni in ambiente del 40- 45% rispetto a una combustione a metano.

6.1.4.1 Profitti per l'uso finale del Biometano

Per calcolare le **ricompense spettanti** ai clienti finali attraverso le modalità di incentivazione sopra descritte è necessario dapprima definire i modelli di auto presi in esame. Abbiamo dunque scelto otto utenti: Mario, Luca, Stefano, Linda, Dafne, Clelia, Leonardo e Ginevra ognuno dei quali progetta di investire il proprio denaro in auto a metano a basse emissioni scegliendole tra i cataloghi del 2021. Nella tabella 21 troveremo le caratteristiche tecniche di nostro interesse dei veicoli scelti dai protagonisti: consumo, emissioni e prezzo di listino.

Tabella 20- Caratteristiche tecniche e prezzi di listino dei modelli di auto a bassa emissione

Cliente	Modello auto	Emissioni [g/km]	Consumo [km/kg]	Prezzo listino [€]
Mario	DR Evo	21,00	16,39	17.400
Luca	Volkswagen Golf Station	31,00	16,10	33.450
Stefano	Skoda Scala	17,00	11,90	22.280
Linda	Lancia Ypsilon Ecochic	66,00	22,00	15.200
Dafne	Fiat Panda Cross	69,00	30,30	19.450
Clelia	Seat Arona	36,00	27,78	18.800
Leonardo	Audi A4 g-tron	58,00	25,64	44.300
Ginevra	Volkswagen Passat	22,00	23,26	13.990

In questa prima analisi è stato calcolato il valore monetario di incentivazione spettante a ogni cliente che ha scelto di investire su veicoli a bassa emissione in base alla classe di appartenenza del veicolo stesso. Il contributo è stato sottratto al valore d'acquisto (prezzo di listino) nell'ipotesi che tutti gli utenti abbiano scelto di rottamare il vecchio veicolo.

Tabella 21-Classi di appartenenza e incentivi

Modello auto	Emissioni [g/km]	Classe emissioni	Incentivo [€]	Speso [€]
DR Evo	18,00	1	6.000	11.400
Volkswagen Golf Station	31,00	2	4.000	29.450
Skoda Scala	17,00	1	6.000	14.280

Lancia Ypsilon Ecochic	66,00	3	1.500	13.700
Fiat Panda Cross	69,00	3	1.500	17.950
Seat Arona	36,00	2	4.000	14.800
Audi A4 g-tron	58,00	2	4.000	40.300
Volkswagen Passat	22,00	2	4.000	9.990

Per quanto concerne il secondo metodo di incentivazione, un possibile modello potrebbe basarsi sul “Greenhouse gasses less”, ovvero un incentivo che si focalizza sulla CO₂ non emessa in ambiente e che remunera il cliente in base al prezzo della CO₂ stabilito.

$$Incentivi [€] = CO_2 \text{ risparmiata} \cdot \text{prezzo } CO_2 \left[\frac{€}{ton_{CO_2}} \right] \quad [12]$$

Abbiamo pertanto simulato uno scenario in cui tutti gli automobilisti, sopra indicati, riforniscono il proprio veicolo di una certa quantità annua di biometano pari a quella necessaria per percorrere esattamente 11.200 km/anno. Si tratta del valore medio di percorrenza in Italia secondo alcuni studi effettuati da Facile.it, il portale italiano per la comparazione delle tariffe RC auto [23].

Data la percorrenza media e i **consumi** relativi a ogni veicolo, è possibile calcolare le spese effettuate da ogni automobilista, considerando che durante il periodo stabilito non ci siano grosse variazioni sul prezzo medio del biocarburante e che sia mediamente pari a 0,975 €/kg²¹. Ogni utente, dunque, in base al consumo del proprio veicolo spenderà dai 500 ai 1000 euro l’anno per percorrere circa 11.200 km.

$$Combustibile \text{ fornito } [kg/anno] = \frac{Percorrenza [km/anno]}{Consumo \text{ combustibile } \left[\frac{km}{kg} \right]} \quad [13]$$

$$Spesa [€/anno] = Combustibile \text{ fornito } [kg/anno] \cdot Costo \text{ combustibile } [€/kg]$$

Tabella 22- Spesa sul biocarburante annua

Costo [€/kg]	Speso [€/anno]
0,975	500- 1000

A questo punto, è possibile calcolare le emissioni di CO₂ annuali di ogni veicolo tenendo presente che nel database sono tabulate le caratteristiche tecniche del veicolo e le emissioni ad esso relative. In particolare, gli inquinanti emessi da ogni veicolo sono stati calcolati prendendo delle **emissioni** del veicolo, la cui unità di misura è il [g/km], e la **percorrenza** [km/kg].

$$CO_2 \text{ emessa } [g] = Emissioni \left[\frac{g}{km} \right] \cdot Distanza \text{ percorsa } [km] \quad [13]$$

²¹ Il prezzo del biocarburante considerato è il prezzo medio nazionale nel mese di dicembre 2020 redatto dall’associazione nazionale delle imprese distributrici di metano e autotrazione (assogasmetano).

Nella tabella 24 sono stati riportati i valori di CO₂ emessi da ogni veicolo preso in esame e calcolata la variazione di CO₂ rispetto a un valore di riferimento che è stato fissato pari a 110 g/km. Tale quantità di emissioni rappresenta il massimo valore per il quale sono previsti incentivi attraverso la Legge di Bilancio 2019.

Tabella 23- CO₂ emessa e CO₂ risparmiata

Cliente	Modello auto	CO ₂ emessa [g/anno]	Delta CO ₂ [g]
Mario	DR Evo	201.600	1.030.400
Luca	Volkswagen Golf Station	347.200	884.800
Stefano	Skoda Scala	190.400	1.041.600
Linda	Lancia Ypsilon Ecochic	739.200	492.800
Dafne	Fiat Panda Cross	772.800	459.200
Clelia	Seat Arona	403.200	828.800
Leonardo	Audi A4 g-tron	649.600	582.400
Ginevra	Volkswagen Passat	246.400	985.600

Dalla tabella è possibile notare che tra i veicoli più ecologici avremo la Skoda Scala, la DR Evo e la Volkswagen Passat che si posizionano in classe 1 ma allo stesso tempo sono i veicoli con un'autonomia minore rispetto ad altri. Altri veicoli a basse emissioni sono la Volkswagen Golf Station e Seat Arona che tra le auto in classe 2 sono quelle che più idonee a percorsi più lunghi.

Per calcolare i ricavi provenienti dal metodo di incentivazione *GreenHous gases less*, sarà necessario definire il prezzo della CO₂. Attualmente, poiché si tratta di una proposta di incentivazione, non esistono valori reali sull'importo monetario remunerato per questo tipo di applicazione. Tuttavia, dal 2005 esistono dei meccanismi di assegnazione delle quote di emissione, le **ASTE CO₂** [24], ideate per ridurre le emissioni di gas a effetto serra nei settori energivori. Si tratta di un sistema nato con l'attuazione del Protocollo di Kyoto che prevede la cessione in asta di emissioni di CO₂ al fine di limitare l'inquinamento ambientale. Ogni utente che partecipa all'asta (come ad esempio: produttori di energia elettrica e impianti che si occupano di cattura, trasporto e stoccaggio di CO₂) deve approvvigionarsi sul mercato delle quote necessarie per coprire il proprio fabbisogno di emissioni. L'asta prevede la presentazione da parte dell'utente della propria offerta di acquisto in cui indica la quantità di quote richieste e il prezzo offerto. Al termine dell'asta, la piattaforma definisce un prezzo di aggiudicazione: ovvero il valore economico minimo proposto per cui la quantità di quote domandata dai partecipanti eguaglia quella offerta dagli Stati membri. In questo modo si prevede di adempiere agli obblighi dello European Union Emissions Trading Scheme (EU ETS) e allo stesso tempo di generare un **prezzo di riferimento** per l'emissione di CO₂ in Europa.

Considerando che la commissione europea ha indetto dei **crediti internazionali** per finanziare la riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera, è possibile definire lo stesso meccanismo di incentivazione anche per il nostro studio. I dati provenienti dai siti ufficiali del GSE (EU ETS: Rapporto sulle aste di quote europee di

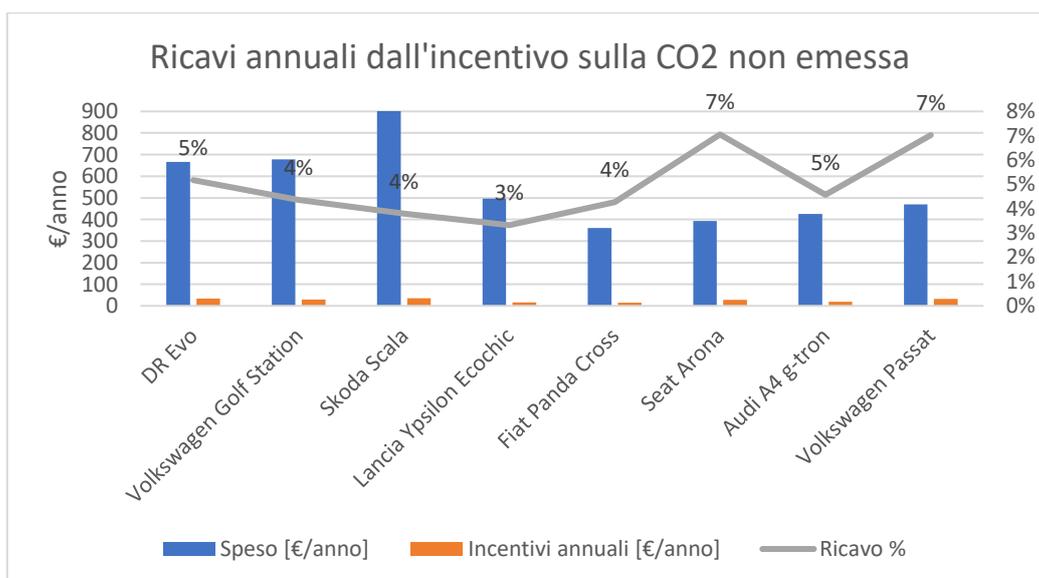
emissione) [25] ci affermano che l'importo pagato per le emissioni di CO₂ sta aumentando di anno in anno. Dall'accordo di Parigi nel 2015, i governi stanno cercando di alzare i prezzi dell'anidride carbonica un po' più rapidamente rispetto agli anni precedenti per rispettare gli impegni di riduzione delle emissioni inquinanti e rallentare il passo del cambiamento climatico. In particolare, nel 2018 è stata registrata la maggior variazione di prezzo mai registrata fino ad oggi registrando un incremento tre volte superiore da inizio a fine anno. L'incremento di tariffa è consentito dall'articolo 51 del Regolamento Aste e nell'ultimo anno è passato da 24,40€/ton di CO₂ vigenti nei primi mesi del 2020 a 33,45 €/ton nel mese di gennaio 2021²² [26].

Al fine del calcolo degli incentivi applicati ai clienti finali è possibile utilizzare il valore tariffario più recente ed applicarlo ai quantitativi di CO₂ non immessa in ambiente.

$$\text{Prezzo CO}_2 \text{ di riferimento attuale} = 33,45 \frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{CO}_2}} \quad [14]$$

I calcoli sono stati riportati nel grafico 12 dove è possibile notare che i corrispettivi spettanti ai clienti finali si aggirano tra il 3 e 8%.

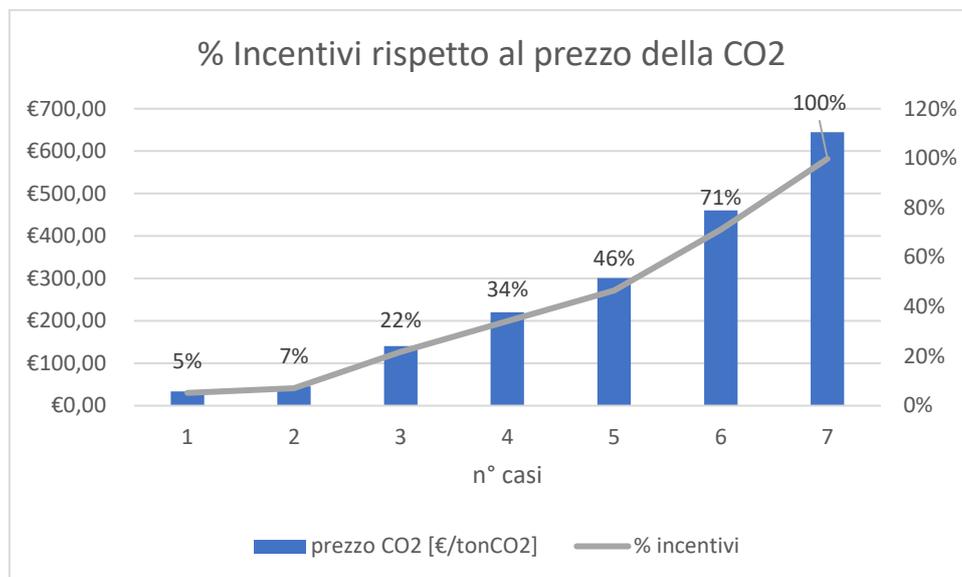
Grafico 12- Ricavi annuali grazie agli incentivi sulle emissioni di CO₂



Si tratta di valori troppo bassi per avere un impatto significativo nella comunità degli utenti. Per far sì che questo incentivo sia abbastanza vantaggioso per gli utenti finali è necessario che il prezzo delle emissioni serra cresca maggiormente. Per valutare il prezzo delle emissioni serra utile ad incentivare l'utilizzo delle auto a biometano, abbiamo iterato per ogni cliente il ricavo ottenuto dagli incentivi variando il prezzo della CO₂. Dalle analisi fatte risulta che il prezzo del biometano dovrebbe crescere esponenzialmente per raggiungere valori di incentivi significativi. Il 100% dei recuperi coincide con un prezzo del gas serra pari a 645 €/ton. Valore molto lontano dai prezzi attuali.

²² Tutti i dati relativi ai prezzi di riferimento della CO₂ provengono dalle ASTE CO₂.

Grafico 13- Percentuale degli incentivi in relazione al prezzo della CO₂

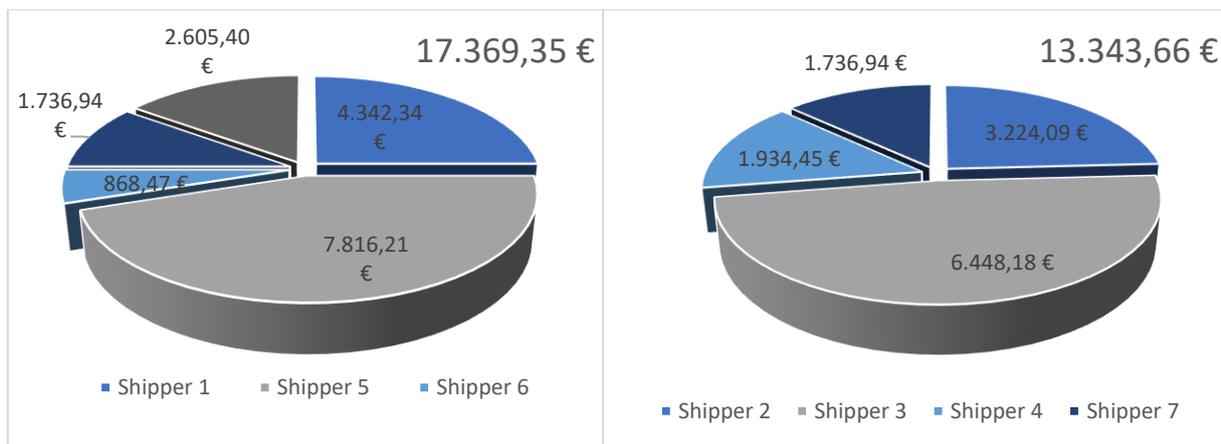


Come detto precedentemente si tratta di una stima che si basa sui dati relativi alle prestazioni dei veicoli acquistati e sul costo di CO₂ risparmiata ipotizzata. Inoltre, i risultati sono relativi all'ipotesi iniziale di una percorrenza media annua pari a 11.200 km. Va considerato che dati i consumi ottimali dei veicoli studiati, gli utenti, che decidono di investire sull'auto alimentata a metano, avranno un risparmio sul prezzo del combustibile acquistato in quanto molto più economico rispetto alla benzina o al diesel.

6.2 Simulazione Demo

In questo paragrafo, simuleremo, attraverso l'applicazione web ideata da Accenture, uno scenario tipo individuato per il mese di marzo 2021. La simulazione è stata svolta secondo un approccio "Bottom up", ovvero "dal basso verso l'alto", con l'intenzione di focalizzarsi inizialmente su un singolo mese (marzo), sul quale saranno effettuate tutte le analisi economiche ed energetiche relative agli attori della filiera, per poi estenderle a tutto il periodo.

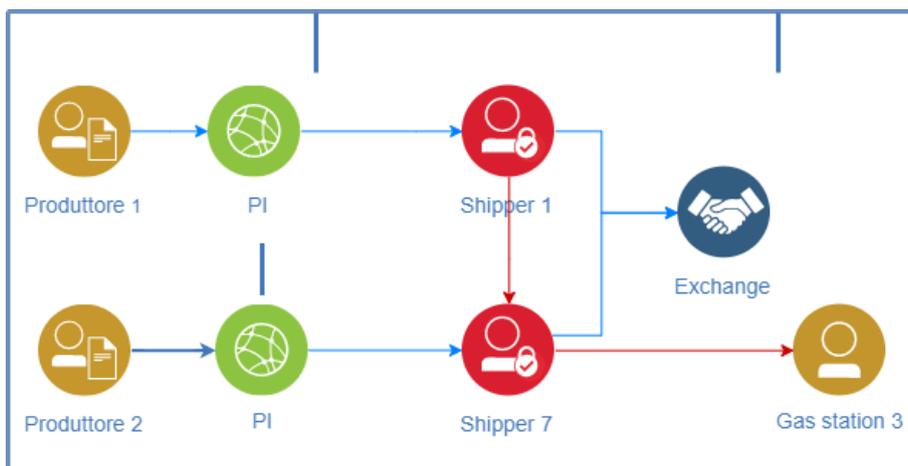
In questa simulazione, è stato individuato un profilo di produzione e immissione in rete di biometano relativa ai due produttori e una rete di collegamento tra i produttori e le stazioni di rifornimento. Si tratta di una programmazione di tipo **flat**, costante per tutto il mese, che viene prodotta negli impianti già registrati in piattaforma e certificati dal GSE. La quantità di biometano prodotta sarà inserita all'interno della rete grazie ai PI più vicini all'impianto e identificati attraverso il codice REMI. Lo scenario prevede, oltre a un'immissione in rete di 102.173 Sm³ e 75.861 Sm³ di biometano relativi ai due produttori, una vendita sul mercato "BioExchange" di 128.417 Sm³. La vendita di biometano agli shipper per il mese di marzo è stata rappresentata nella figura 43.



Le vendite seguono un percorso ben definito passando da uno shipper a un altro fino a giungere alle stazioni di rifornimento dove sarà immesso in consumo. Abbiamo individuato 2 sotto scenari:

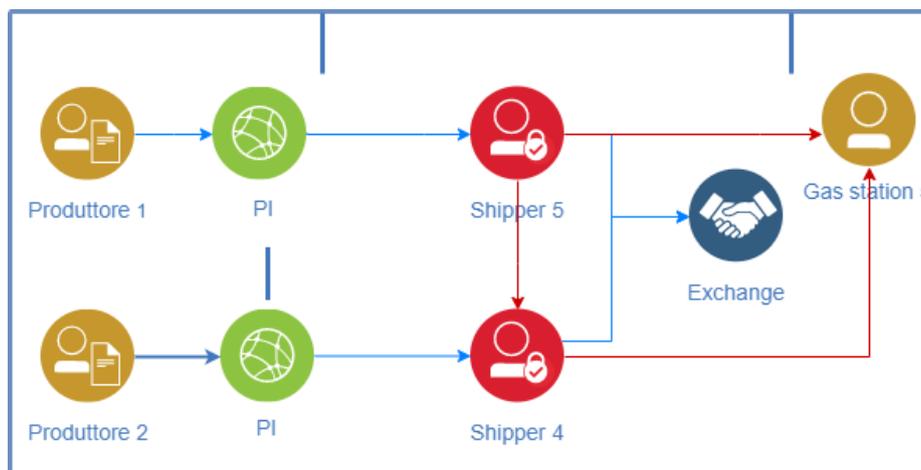
- Lo shipper 1 acquista dal produttore 1 e rivende tutta la quantità di biometano acquistato allo shipper 7. A sua volta, lo shipper 7, che ha già una quota di biometano proveniente dal produttore 2, la rivende alla stazione di rifornimento 3 che si occuperà dell'immissione in consumo.

Figura 44- Scenario marzo 1



- Lo shipper 5 acquista biometano dal produttore 1 e lo rivende sia allo shipper 4 che alla stazione di rifornimento 5. Anche lo shipper 4, dopo aver acquistato parte della quantità posseduta dallo shipper 5 la rivende allo stesso distributore.

Figura 45- Scenario marzo 2



Questi scambi effettuati dagli shipper sull'hub virtuale di scambio sono operazioni che consentono agli investitori di sfruttare il mercato come fonte di guadagno e trarre profitti dal delta prezzo tra la vendita e l'acquisto.

$$Guadagno \text{ [€]} = \text{quantità ceduta [MWh]} \cdot \text{delta prezzo} \left[\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right] \quad [16]$$

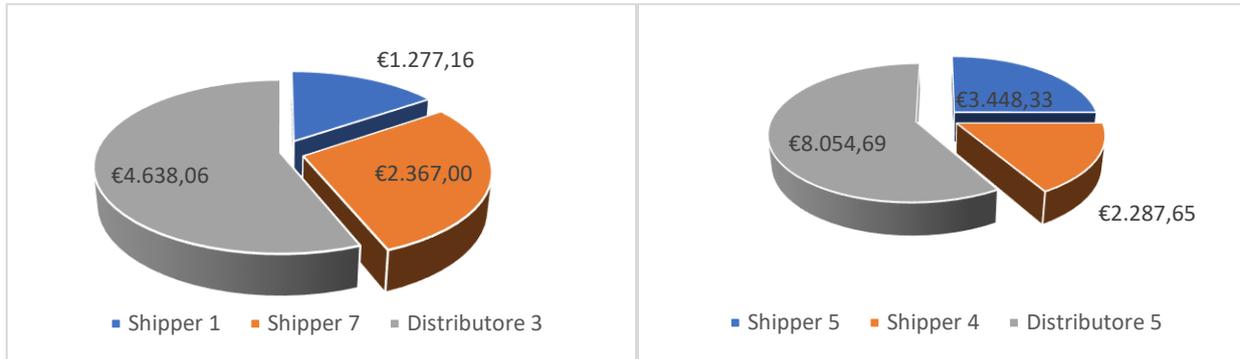
Grazie alla simulazione, abbiamo potuto tracciare i due lotti immessi in rete dai produttori e seguire i loro movimenti causati dagli scambi della commodity tra i vari shipper. Infatti, nel momento in cui, il produttore inserisce nel sito web la programmazione mensile, attraverso un template studiato appositamente per tale funzione, il documento verrà notarizzato e generato un codice hash che lo identifica. Allo stesso modo, ogni qual volta una parte del lotto viene scambiata dai protagonisti della rete si genera un nuovo blocco che identifica lo scambio attraverso informazioni sulla vendita: quantità, prezzo e controparti interessate.

L'evoluzione e lo studio dei due scenari hanno portato alle seguenti conclusioni:

- Il guadagno relativo agli shipper e distributori sono garantiti dalla cessione delle quantità di biometano possedute a un prezzo inevitabilmente superiore rispetto a quello di acquisto;
- Il prezzo sulla vendita relativo agli shipper è variabile e dipende dalla situazione giornaliera del mercato;
- Il prezzo sulla vendita relativo ai distributori è stabilito da ogni stazione di rifornimento ma non può discostarsi troppo dal valore imposto dalla comunità nazionale.

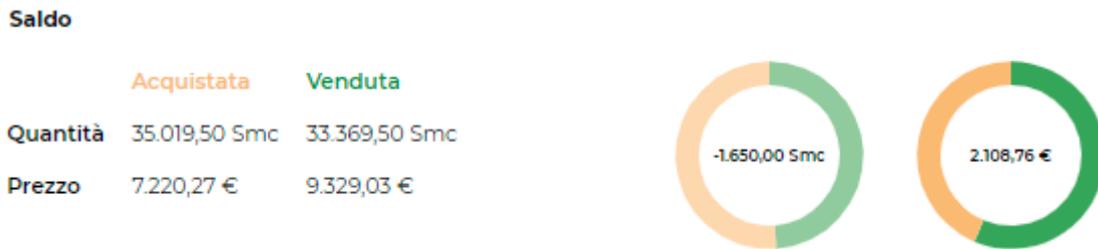
Nel grafico a torta seguente sono stati rappresentati i profitti relativi a ogni protagonista rappresentanti i due scenari sopra descritti. In entrambi i casi, è possibile notare che il distributore ha un guadagno nettamente superiore rispetto agli shipper, poiché il prezzo di vendita ai clienti finali si aggira attorno ai 0,43 €/Sm³, mentre, il prezzo di acquisto risulta pari a 0,27 €/Sm³.

Grafico 15- Profitti degli Shipper e Distributori



Grazie all'applicazione web, non solo si sono potuti tracciare i lotti immessi in rete attraverso il sistema di mappatura che identifica i punti di immissione del biometano, ma si è anche potuto calcolare in maniera automatica i profitti derivanti dalla vendita del biometano al netto degli acquisti.

Figura 46- Esempio di calcolo automatico dei guadagni



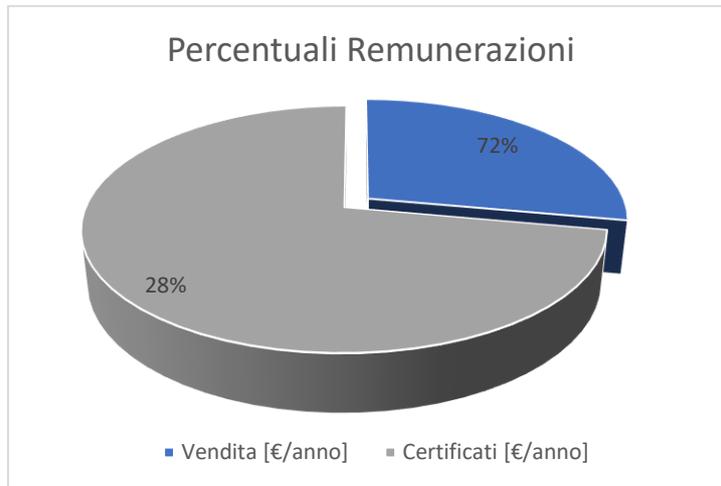
La simulazione si conclude con la vendita di biometano ai clienti finali che riceveranno da tale acquisto una fattura. La fattura rappresenta lo strumento necessario attraverso il quale sarà possibile remunerare i produttori dei Certificati in Immissione in Consumo ad essi spettanti.

La remunerazione dei CIC avviene in base alla quantità di biometano immessa in consumo e in percentuale rispetto alla quantità prodotta. Se ad esempio, della produzione totale pari a circa 180 mila Sm³, di cui il 57% proveniente dal produttore 1 e il 43% dal produttore 2, solo 128 mila sono stati venduti al cliente finale, allora i CIC saranno erogati su base percentuale ai due produttori secondo l'equazione stabilita nel decreto Biometano.

$$CIC [€] = Energia immessa [Gcal] \cdot \frac{1}{5} \left[\frac{CIC}{Gcal} \right] \cdot 375 \left[\frac{€}{CIC} \right] \quad [17]$$

Da questa remunerazione, essi percepiscono circa il 72% proveniente dai certificati in consumo e il 28% del totale dalla vendita e immissione di biometano in rete (vedi grafico 16).

Grafico 16- Remunerazioni percentuali per i produttori



Dobbiamo considerare, tuttavia, che i produttori di biometano non saranno solo soggetti a guadagno, ma dovranno sostenere diverse spese per l'acquisto, l'installazione e il mantenimento dell'impianto.

Uno studio, effettuato da alcuni consulenti energetici e riportato nella rivista online "Consulente Energia", mette in evidenza i prezzi di acquisto, gestione e approvvigionamento di materie prime relative agli impianti a biometano. Il costo dell'impianto dipende innanzitutto dalla potenza installata. Essi vanno da 3.500 a 4.500 euro a kW per gli impianti di grandi dimensioni (tra 100 kW e 1 MW), e aumenta nel caso in cui l'impianto installato sia di piccole e medie dimensioni (fino a 100 kW) assestandosi a valori che vanno da 6.000 a 8.000 euro/kW.

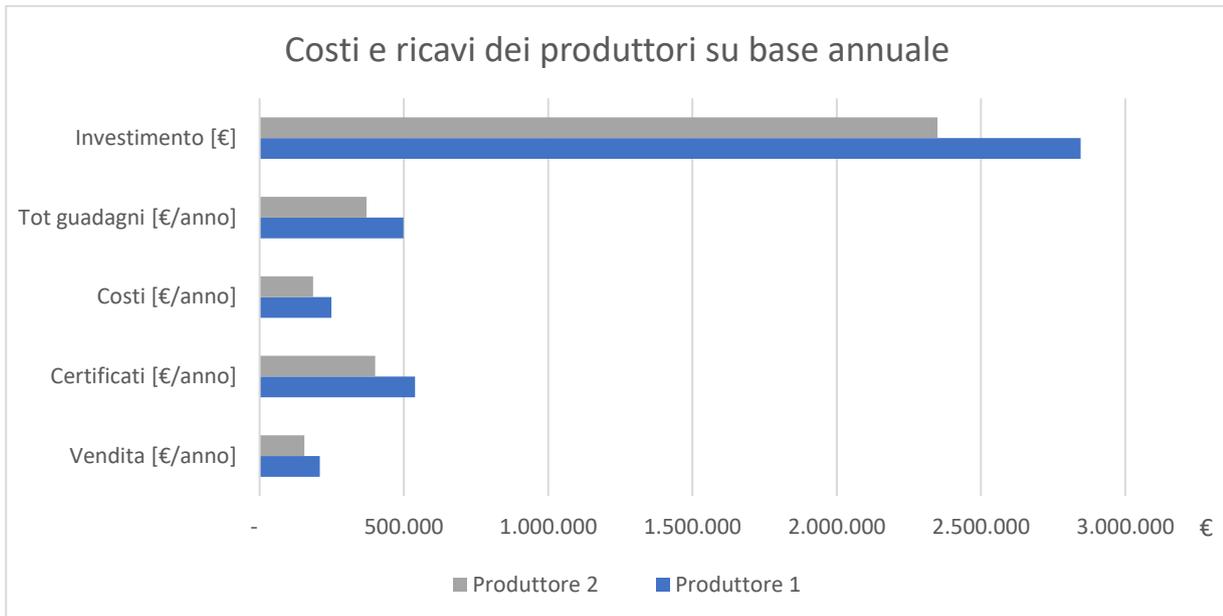
Nel nostro caso i due impianti hanno una potenza di circa 400 – 600 KW, per cui, rientrano tra gli impianti di grandi dimensioni. L'investimento sarà dato dalla seguente equazione:

$$Costo [€] = C_0 \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{\frac{2}{3}} \quad [18]$$

Dove P è la potenza di un impianto nominale, $P_0=1000$ KW, mentre $C_0=4.000.000$ euro è il costo dell'impianto da 1 MW.

I costi di gestione e acquisto di materie prime possono essere calcolati in maniera dettagliata tenendo conto dei costi diretti di gestione e manutenzione, costi per il finanziamento dell'impianto, costi di gestione straordinaria e dei costi della materia prima. Si rimanda allo studio pubblicato sulla rivista "Consulente Energia" per il calcolo dei costi dell'impianto e riportiamo nel seguente grafico i risultati finali che comprendono i guadagni (vendita biometano e certificati) e i costi, su base annuale, relativi ai due produttori.

Grafico 17- Costi e ricavi dei produttori su base annuale



A questo punto è stato possibile calcolare il **Simple Pay Back**, ovvero il periodo entro il quale il capitale investito nell'acquisto di un fattore produttivo a medio-lungo ciclo di utilizzo viene recuperato attraverso i flussi finanziari netti generati. Esso si aggira intorno ai 5,7 anni per il produttore 1 e 6,3 anni per il produttore 2. La simulazione termina qui con la valutazione degli incentivi spettanti ai produttori, shipper e distributori, mentre per quanto concerne gli incentivi relativi ai clienti finali si rimanda al paragrafo 6.1.4.1. Infatti, l'obiettivo di questa demo è quello di tracciare i lotti immessi in rete e definirne gli scambi tra i vari protagonisti che interessano il suddetto lotto.

6.3 Analisi della riduzione di immissione di CO₂ in ambiente

In quest'ultima analisi andremo a valutare i **vantaggi ambientali** risultanti dall'uso dei biocombustibili immessi in consumo e stimeremo la riduzione di inquinanti in atmosfera lungo la linea temporale 2010 - 2030. Ci soffermeremo sul decennio passato (2010 - 2020) per tracciare l'andamento delle emissioni prodotte nel settore dei trasporti e stimeremo le previsioni di emissione per il decennio futuro (2021 - 2030) in relazione agli obiettivi proposti nel PNIEC. Per far ciò sono stati sviluppati due argomenti: da un lato i **consumi di energia finale** rilevati fino ad oggi e previsti fino al 2030 nel settore dei trasporti; dall'altro l'identificazione del **fattore di emissione di CO₂** per ogni carburante utilizzato. Il prodotto dei due fattori determinerà la quantità di CO₂ emessa in ambiente.

La prima analisi relativa ai consumi di energia nel settore dei trasporti fa riferimento a un documento ufficiale reperibile nel sito del GSE intitolato *"Energia del settore trasporti"* [27]. Si tratta di un rapporto statistico in cui viene tracciato il consumo di energia finale derivante sia da veicoli alimentati da combustibili fossili che

da combustibili rinnovabili, sulla base di dati statistici e di monitoraggio ufficiali provenienti dall'Eurostat, nel periodo 2010 – 2018 [28]. Nella tabella seguente (tabella 27) sono stati riportati tutti i valori relativi al consumo di energia rilevati in Italia nel settore trasporti.

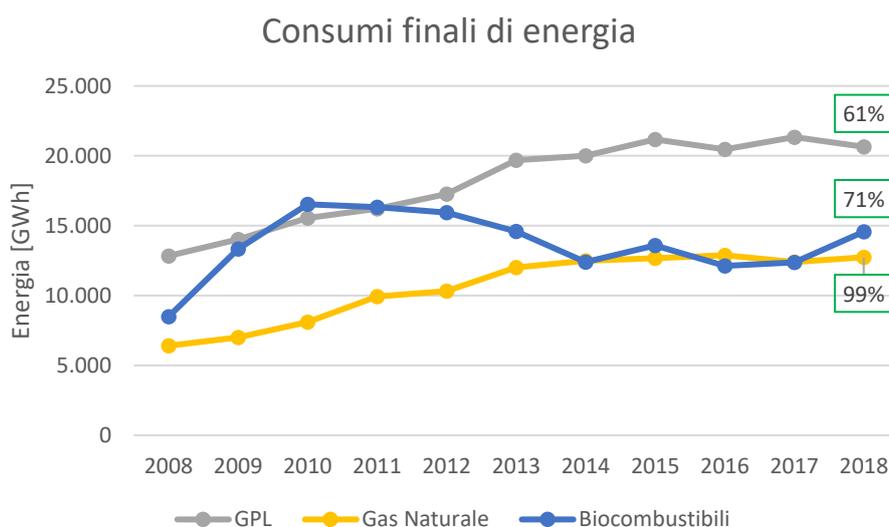
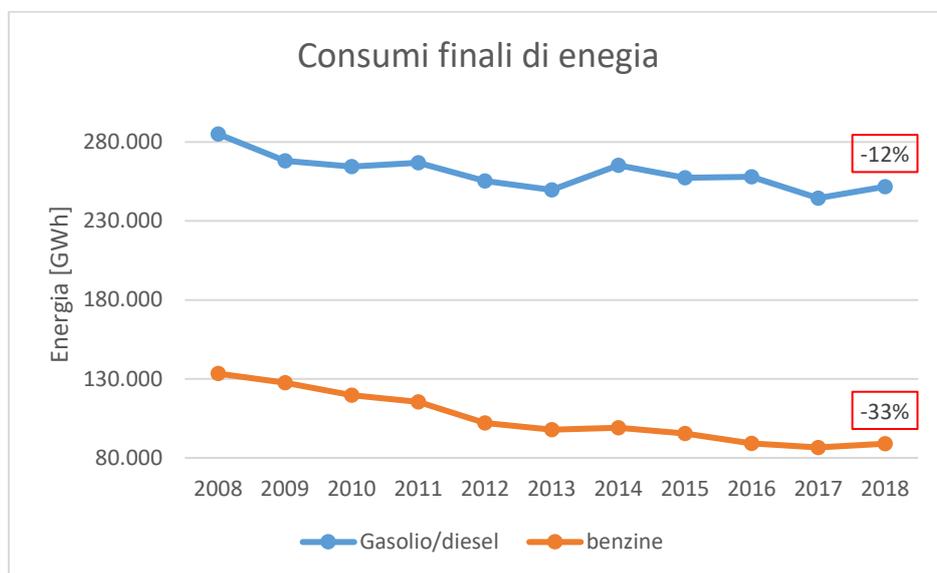
Tabella 24- Consumi di energia finale sul settore dei trasporti misurati in GWh

[GWh]	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Var % 2008-2018
Prodotti petroliferi	450.878	450.156	422.557	413.493	431.609	423.512	419.447	405.886	420.320	-14%
Gasolio/ diesel	264.490	266.948	255.252	249.694	265.305	257.349	257.884	244.499	251.722	-12%
benzine	119.715	115.428	102.171	97.848	98.967	95.437	89.123	86.594	89.006	-33%
cherosene	45.004	46.157	44.060	42.895	43.338	44.992	46.647	48.918	54.860	16%
GPL	15.541	16.217	17.277	19.677	20.015	21.168	20.457	21.343	20.655	61%
Altri combustibili	6.128	5.406	3.798	3.379	3.984	4.567	5.336	4.532	4.078	-51%
Gas Naturale	8.097	9.926	10.322	12.011	12.489	12.664	12.885	12.396	12.733	99%
Bio combustibili	16.531	16.322	15.937	14.586	12.407	13.596	12.128	12.372	14.563	71%
biodisel	15.110	14.994	14.714	13.724	12.291	13.304	11.743	11.988	14.178	85%
bio-benzina	1.421	1.328	1.223	862	117	291	384	384	384	-54%
Totale Consumi finali	475.506	476.403	448.816	440.090	456.505	449.772	444.459	430.654	447.616	-11%

In essa si evince che i consumi associati alle fonti energetiche rinnovabili (FER), costituiti dai soli carburanti di origine biologica: biodisel e biobenzina, sono di gran lunga inferiori rispetto alle quantità finali provenienti da fonti fossili. Ciò implica che dal 2010 ad oggi il settore dei trasporti è stato definito da veicoli alimentati attraverso combustibili di origine fossile e che solo grazie ai nuovi progetti sulla mobilità sostenibile l'Italia sta cercando di introdurre nel settore nuove risorse energetiche biologiche e rinnovabili. A tal proposito la tabella 27 ci mostra come i consumi cambiano nel tempo secondo le nuove prospettive future di decarbonizzazione. In particolare, i consumi provenienti dai **combustibili fossili** decrescono fino a raggiungere un valore totale del -14%. Di tale variazione dobbiamo far presente che l'uso di diesel/gasolio, benzina e altri combustibili provenienti da fonti fossili si riducono drasticamente (-45%) anche se continuano ad essere i più utilizzati. Al contrario, aumentano i consumi provenienti dal GPL (+61%), un combustibile di origine fossile che produce una ridotta quantità di inquinanti durante la combustione. D'altro lato i consumi associati a fonti rinnovabili e **biocombustibili a basse emissioni** di sostanze inquinanti in atmosfera sono in forte aumento raggiungendo variazioni pari al 100% per il gas naturale e del 71% per i bio-combustibili. Quest'ultimi assieme al biometano, che è stato introdotto tra i biocarburanti solo nel 2019, rappresentano la via di evoluzione per una mobilità sostenibile nel prossimo futuro.

Per maggior chiarezza, sono stati elaborati i valori riportati nella tabella sovrastante attraverso due grafici in cui si evidenzia la variazione dei consumi provenienti dai combustibili analizzati.

Grafico 18- Consumi finali di energia derivanti dai combustibili nel settore dei trasporti. a) gasolio e benzina a ribasso; b) GPL, biocombustibili e gas naturale in aumento

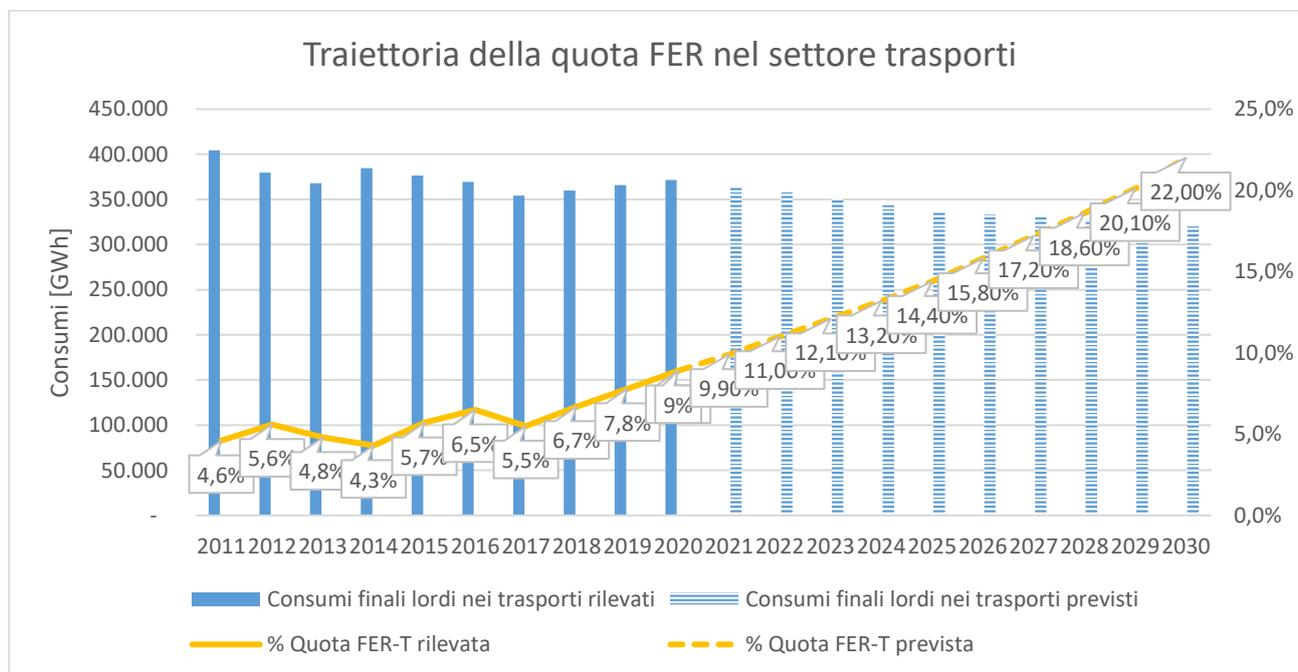


Sono stati separati in due grafici i combustibili analizzati per permettere al lettore una chiara visione dei consumi e del loro andamento nel tempo. Nel primo grafico sono stati riportati i valori dei combustibili che durante il decennio passato presentano una variazione a ribasso dei consumi. Si tratta di gasolio e benzina che hanno avuto un decremento pari rispettivamente al -12% e -33% anche se in termini di volumi utilizzati rappresentano la maggior fonte di approvvigionamento. Nel secondo grafico invece sono rappresentati i consumi relativi ai carburanti in crescita, GPL, gas naturale e Biocarburanti, favoriti da meccanismi pubblici di sostegno, che obbligano i soggetti che immettono in consumo benzina e gasolio a rispettare una percentuale minima di miscelazione con biocarburanti.

Partendo da queste analisi e definendo gli obblighi di immissione in consumo è possibile stimare un andamento dei consumi di energia finale per il decennio 2021 – 2030 definendo il grado di crescita dei combustibili rinnovabili (meno inquinanti) a discapito di quelli fossili. Tale crescita va definita attraverso la nuova direttiva europea che stabilisce gli obiettivi al 2030 sulle fonti rinnovabili (Direttiva 2018/2001²³) nell’ambito del pacchetto di misure “*Clean Energy for all Europeans Package*” [29]. La direttiva ha l’obiettivo di promuovere l’uso dell’energia da fonti rinnovabili e fissare delle misure attuative per favorire l’incremento della quota di energia rinnovabile nel mix energetico del paese. Viene individuata, in questo modo, una quota minima di consumo coperta da fonti rinnovabili per il settore dei trasporti pari al 14%.

L’Italia non solo ha aderito al progetto ma ha anche deciso di definire le proprie misure attuative presentando, nel 2019, alla Commissione Europea la versione definitiva del proprio piano di intervento: il **PNIEC**. Con il PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima), l’Italia ha individuato **una quota rinnovabile obbligatoria nel settore dei trasporti pari al 22%** da raggiungere entro il 2030 superando sensibilmente il valore indicato dalla Direttiva 2018 o “*REDII*” [30]. Oltre a fissare la quota minima finale di immissione, l’Italia ha definito l’evoluzione nel tempo di tale andamento secondo la funzione polinomiale che vediamo rappresentata nel grafico 19.

Grafico 19- Traiettorie della quota FER nel settore trasporti a fronte dei consumi finali



²³ La Direttiva 2018/2001/EC chiamata anche REDII deve essere recepita dagli Stati Membri entro il 30 giugno 2021 e prevede un valore minimo delle quote di immissione in consumo provenienti da fonti rinnovabili pari al 32% entro il 2030 (di cui il 14 % nel settore di trasporti).

L'equazione polinomiale sopra rappresentata ci mostra l'evoluzione nel tempo della quota percentuale dell'uso delle FER nel settore trasporti secondo il raggiungimento degli obiettivi proposti. Essa coincide con una corrispondente riduzione dei consumi provenienti da fonti fossili (diesel e benzina). Infatti, è stato previsto che entro il 2030 la quota di FER si stabilizzi al 22% dei consumi totali nel settore del trasporto e che allo stesso tempo si riducano i consumi provenienti da combustibili fossili. Tale riduzione è stata calcolata sul totale dei consumi previsto che a sua volta risulta decrescere nel tempo. In particolare, si registra una variazione pari al -17% del consumo finale rispetto a quelli rilevati nel 2020 di cui un aumento del +49% dei consumi da FER e riduzione del -31% dei consumi da fonti fossili.

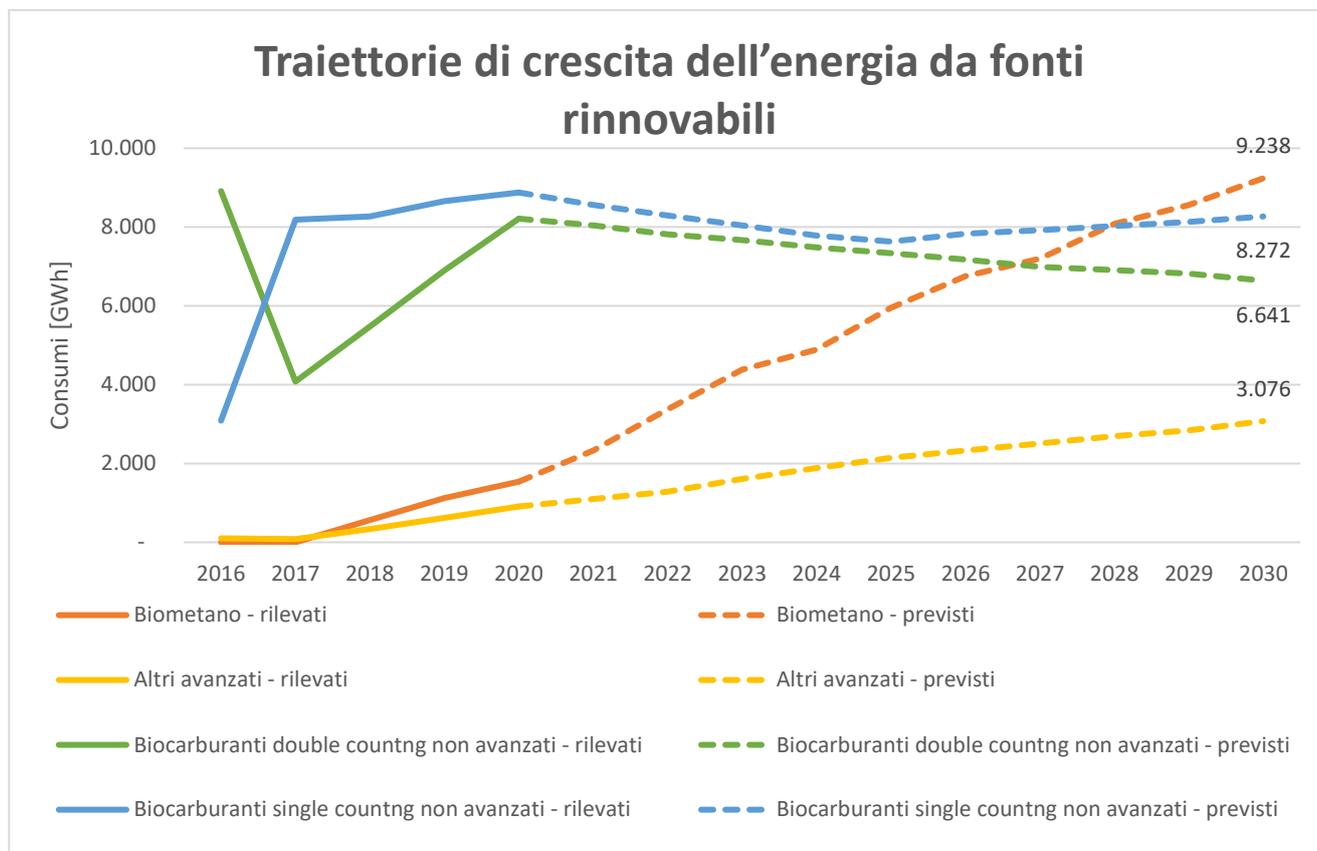
Per far fronte al raggiungimento degli obiettivi 2030, la Direttiva REDII definisce i criteri di calcolo degli obblighi di immissione, suddividendo gli obblighi in relazione alla tipologia di biocarburante immesso nel settore dei trasporti. Oggi i biocarburanti immessi si distinguono in 2 sottocategorie: i **biocarburanti non avanzati e quelli avanzati**. A loro volta i primi si suddividono in biocarburanti single counting, provenienti da fonti sostenibili, e double counting, provenienti da rifiuti, residui e materie cellulosiche di origine non animale (residui di attività o delle industrie forestali). I secondi invece si distinguono in biometano avanzato, fortemente in crescita dal 2019, e altri biocarburanti avanzati. Per ognuno di essi, la Direttiva impone una quota minima di immissione in consumo, la quale è stata calcolata secondo le norme del piano di intervento presentato in Italia e riportata in tabella 28.

Tabella 25- Obblighi di immissione dei biocarburanti nel settore dei trasporti

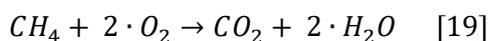
	2016	2020	2025	2030
Biocarburanti single counting non avanzati	3.087,25	8.213.250	7.630,75	8.271,50
Biocarburanti double counting non avanzati	8.912,25	8.877.300	7.339,50	6.640,50
Biocarburanti avanzati	104,85	908.700	8.096,75	12.314,05
Biometano	-	-	5.953,15	9.238,45
Altri avanzati	104,85	908.700	2.143,60	3.075,60
Totale [GWh]	12.104,35	17.999.250	23.067,00	27.226,05

La previsione impone una crescita repentina dei biocarburanti avanzati a partire dal 2020 in cui è collocato il biometano di nostro interesse e allo stesso tempo una piccola riduzione dei biocarburanti non avanzati che rappresentano la parte rinnovabile meno sostenibile. Le traiettorie di crescita/decrecita sono state rappresentate nel grafico 20.

Grafico 20- Traiettorie di crescita rilevate e previste sui consumi di energia da fonti rinnovabili



Come detto precedentemente, per giungere alla conclusione della nostra analisi e descrivere l'andamento delle emissioni di CO₂ prodotte e immesse in ambiente nel settore dei trasporti, è necessario individuare e definire il **fattore di emissione (FE)** di ogni carburante. Si tratta di un indice che esprime la quantità di carbonio che viene liberata completamente sotto forma di diossido di carbonio CO₂ quando il combustibile è sottoposto a un processo di combustione totale.



Tutto il carburante bruciato in presenza di ossigeno si trasforma in CO₂ + H₂O emettendo altre sostanze in ambiente (Nox, SOx...) e producendo energia termica. Nell'ipotesi che il combustibile bruci completamente e che dunque non si creano prodotti intermedi come il monossido di carbonio (CO) è possibile calcolare analiticamente il fattore di emissione riferito al peso [t CO₂/t].

$$FE = \frac{\text{tonnellate di } CO_2 \text{ prodotta}}{\text{tonnellate di C bruciato}} \left[\frac{\text{ton } CO_2}{\text{ton}} \right] \quad [20]$$

Partendo da questo valore e conoscendo il potere calorifero del biocarburante utilizzato è possibile ricavare il fattore di emissione relativo all'energia prodotta [t CO₂ / MWh].

$$FE \left[\frac{\text{ton}}{\text{MWh}} \right] = \frac{\text{Fattore di Emissione in massa} \left[\frac{\text{ton CO}_2}{\text{ton}} \right]}{\text{Potere calorifero} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{ton}} \right]} \quad [21]$$

Nella tabella 29 sono riportati i valori dei fattori di emissione relativi a ogni carburante aggiornati al 2018. I dati provengono dai rapporti statistici dell'ISPRA²⁴.

Tabella 26- Fattori di emissione per la combustione di carburanti (fonte: ISPRA 2018)

Tipo	Fattore di emissione "standard" [t CO ₂ /MWh _{fuel}]	Fattore di emissione ALC [t CO ₂ -eq/MWh _{fuel}]
Gas naturale	0,202	0,237
Oli combustibili residui	0,279	0,310
Rifiuti urbani (che non rientrano nella frazione di biomassa)	0,330	0,330
Benzina per motori	0,249	0,299
Gasolio, diesel	0,267	0,305
Liquidi di gas naturale	0,231	
Oli vegetali	0	0,182
Biodiesel	0	0,156
Bioetanolo	0	0,206
Antracite	0,354	0,393
Altro carbone bituminoso	0,341	0,380
Carbone subbituminoso	0,346	0,385
Lignite	0,364	0,375

Ogni fattore di emissione rappresenta la quantità di diossido di carbonio emesso in atmosfera sulla quantità di combustibile bruciato. Ciò significa che dipende dalla composizione chimica del carburante che a sua volta varia nel tempo e nello spazio. Dunque, non è possibile individuare un fattore di emissione valido per ogni composizione chimica, ma approssimeremo tale valore ad uno medio di riferimento che sfrutteremo nel calcolo delle emissioni. Sarà dunque valida l'ipotesi di un fattore di emissione costante nel tempo e nello spazio al fine della nostra analisi.

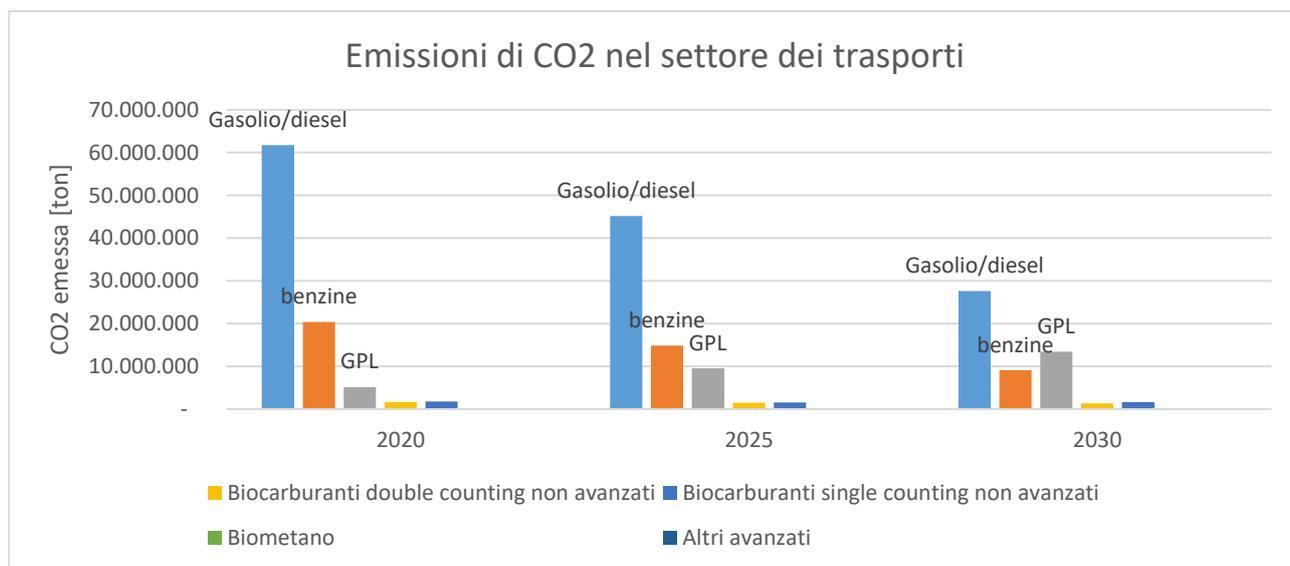
A questo punto, in cui sono stati ricavati sia i **consumi medi annuali di energia finale** nel settore dei trasporti, che determinati i **fattori di emissione** dei carburanti relativi al loro potere calorifero, è possibile calcolare la quantità di CO₂ prodotte e immesse in ambiente. Questo metodo di analisi che sfrutta la conoscenza dei consumi medi annuali è un'alternativa al metodo sperimentato nel paragrafo 6.1.4.1. In quest'ultimo, l'analisi delle emissioni di CO₂ in ambiente, è avvenuto attraverso lo studio del veicolo analizzato e dello stile di guida dell'utente. È stato infatti delineato il tipo di alimentazione del veicolo, la quantità di carburante utilizzato,

²⁴ ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) è un ente pubblico di ricerca, dotato di personalità giuridica di diritto pubblico, autonomia tecnica, scientifica, organizzativa, finanziaria, gestionale, amministrativa, patrimoniale e contabile.

le distanze percorse e i consumi relativi ad ogni singolo veicolo. Sono state studiate inoltre le emissioni prodotte dal veicolo in base alla distanza percorsa e passeggeri presenti in auto e infine calcolate le emissioni prodotte. Far ciò risulta tuttavia quasi impossibile per un calcolo più ampio come quello affrontato in questo paragrafo, in quanto, sarebbe necessario il tracciamento di tutti i veicoli in Italia e monitoraggio delle emissioni prodotte. Per questo motivo è stata percorsa una strada alternativa e calcolate le emissioni di inquinanti attraverso lo studio dei **consumi medi annuali di energia finale** nel settore dei trasporti.

L'andamento delle emissioni è riportato nel grafico 21.

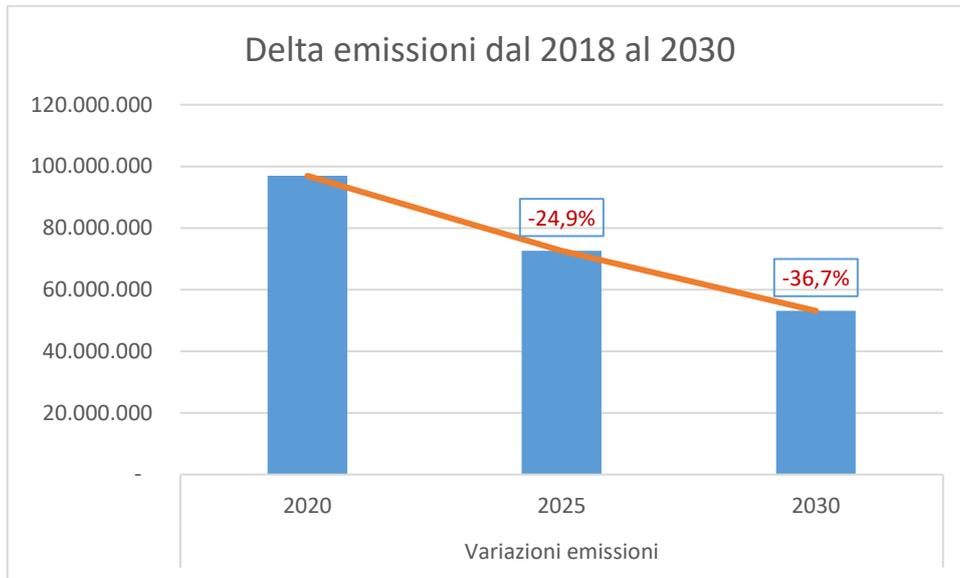
Grafico 21- Emissioni di CO2 per ogni carburante immesso in consumo



Com'è possibile notare dal grafico 20, si prevede un abbattimento delle emissioni di CO₂ dal 2020 al 2030 dovuto sia a una riduzione dei consumi finali (-17%) che alla tipologia di carburante utilizzato. Le emissioni provenienti dalle fonti fossili: diesel, benzina e GPL risultano quelle più incidenti anche nel 2030. Ciò dipende dal fatto che, in termini assoluti, i carburanti fossili rimangono comunque i più utilizzati e allo stesso tempo il loro fattore di emissione è molto più elevato rispetto a quello dei carburanti derivanti da fonti sostenibili. Con gli obiettivi 2030, si prevede un'affermazione dei biocarburanti sostenibili nel mercato del trasporto. Grazie al loro fattore di emissione di CO₂ nullo o quasi, dunque, le emissioni relative al biometano e altri carburanti avanzati risultano inesistenti o di poca rilevanza come quelli provenienti da carburanti double counting.

Per una maggior completezza, nel grafico 22 è stato riportato l'andamento della previsione dei consumi finali di energia nel tempo definendo la variazione percentuale per ogni quinquennio.

Grafico 22-Variazione delle emissioni di CO2 dal 2020 al 2030



Conclusioni

Il caso studio proposto in questa tesi è costituito da una comunità, al pari delle Comunità di Energia Rinnovabile (CER), formato da un insieme di attori fondamentali per il funzionamento della filiera del biometano. La CER è un'entità definita e riconosciuta per la prima volta dalla direttiva RED II (Renewable Energy Directive II) del Parlamento e del Consiglio Europeo sulla promozione dell'uso di energia da fonti rinnovabili. È stata introdotta in Italia con la normativa di riferimento "Milleproroghe" (Art. 42bis) in cui si è previsto una fase sperimentale per implementare le strategie di decarbonizzazione e ottimizzazione del sistema energetico nazionale.

Nel lavoro svolto, l'attenzione è stata focalizzata sui vantaggi economici e ambientali derivanti dall'utilizzo di biometano sostenibile nel settore dei trasporti, e su come, il calcolo dei suddetti vantaggi, siano possibili dal tracciamento della filiera, attraverso un sistema di monitoraggio tecnologico: la blockchain. La logica adottata per la gestione dei profitti economici ed energetici, in ogni nodo della rete, prevede il tracciamento del biometano immesso dal punto di ingresso in rete, al punto di immissione in consumo: solo al termine della filiera, quando il cliente finale acquisterà biometano utile come carburante per la propria auto, gli attori della filiera saranno remunerati. Lo studio economico è stato effettuato attraverso un semplice modello, basato sulla tecnica a *Discounted Cash Flows (DCF)*, che consente di stimare la redditività dell'investimento per il produttore, i guadagni per gli shipper e i risparmi per il consumatore.

La comunità oggetto di studio è stata delineata secondo i valori più aggiornati di produzione e immissione in consumo nel territorio italiano, individuando una comunità più realistica possibile, che perseguisse gli obiettivi di decarbonizzazione fissati per il 2030. Partendo da una comunità più piccola, costituita da pochi attori: due produttori, nove shipper, tre distributori, cinque stazioni di rifornimento e otto clienti finali, è stata simulata una situazione realistica giornaliera, mensile e annuale in cui, i valori di produzione, scambi e immissione in rete, ricoprono tutta la quantità di biometano prodotta in Italia nel 2020. Dalle simulazioni effettuate, la produzione annua di biometano di circa 1.417 GWh (circa 4 GWh/daily), genera circa 91,35 miliardi di euro di incentivi remunerati ai produttori e quasi 18 milioni di euro provenienti dalla vendita all'asta o tramite GSE del biometano. Con i valori di vendite e remunerazione calcolati, i produttori di biometano potrebbero recuperare l'investimento iniziale dell'impianto in circa 6-7 anni, al contrario dei clienti finali che con le attuali incentivazioni riuscirebbe solo ad ottenere uno sconto sull'acquisto del nuovo veicolo.

Attraverso le analisi e simulazioni fatte è emerso che:

- L'utilizzo gas naturale sostenibile per autotrazione, in ogni sua declinazione (CNG, biometano, LNG e bioLNG) è una delle strade più veloci da percorrere per raggiungere, nel minor tempo possibile, la

mobilità sostenibile. Il biometano, in modo particolare, rappresenta una soluzione già pronta ed utilizzabile per i cittadini anche se attualmente in piccole quantità.

- Notarizzare tutto il percorso della filiera del biometano, attraverso la tecnologia blockchain, è possibile e realizzabile. Grazie alle infrastrutture già esistenti e i sistemi di rilievo ed elaborazione dei dati, nei punti di interconnessione della rete, è stato possibile per i colleghi di Accenture realizzare una piattaforma che tenesse memoria delle quantità volumetriche immesse in rete dal produttore e ritirate dal cliente finale in modo da rendere possibile, al termine del processo, la remunerazione percentuale spettante al produttore.
- L'evoluzione della filiera potrebbe garantire un notevole rilancio della produzione di auto e autocarri a metano utili sia per il trasporto di merci in modo sostenibile che per il trasporto di persone. Molte aziende stanno investendo sull'acquisto di veicoli alimentati a metano per la cura e salvaguardia dell'ambiente.
- L'utilizzo crescente del biometano nel settore dei trasporti promette un importante risparmio in emissioni di CO₂. In soli cinque anni, rispettando i minimi valori di immissione in consumo di biometano, si prevede una riduzione del 24,9% di emissioni in ambiente entro il 2025 e del 36,7% entro il 2030. Tale risparmio è attribuibile non solo alla crescente evoluzione del biometano e auto a combustibili rinnovabili, ma anche dal calo delle vendite dei veicoli alimentati da combustibili fossili.
- Questa soluzione, applicata sui trasporti, può fornire benefici economici non solo al produttore di biometano ma anche ai clienti finali che riforniscono il proprio veicolo con biocarburanti. Nel design analizzato si prevedono dei bonus e remunerazioni per i clienti finali che dipendono dai costi delle emissioni di CO₂. Anche se attualmente i prezzi relativi alle produzioni di gas serra sono troppo bassi e permettono un cashback di circa il 3- 8% sul totale rifornito, la crescita delle quantità introdotte di biometano sul totale dell'infrastruttura e il crescente prezzo delle emissioni potrebbero portare a dei valori di recupero più rilevanti.
- La comunità italiana potrebbe garantire, oltre ai benefici ambientali sopra elencati, anche, un forte contributo sociale al territorio. Si tratta, infatti, di produzione totalmente Made in Italy, in grado di sviluppare la filiera corta, dare un importante contributo al settore agricolo e definire un circolo virtuoso sostenibile. Si porrebbe fine anche al problema dello smaltimento dei rifiuti organici e agricoli che, introdotti nella catena, non dovranno più essere accumulati, ma saranno la materia prima per la produzione di energia.

L'analisi ha portato anche a far emergere alcune criticità, che potrebbero rallentare la diffusione e la crescita di questo biocarburante sul territorio nazionale o di limitarne le potenzialità di sostenibilità e trasparenza. In merito:

- L'occupazione del terreno agricolo impiegato per la produzione di colture foraggere. Il biometano, infatti, oltre ad essere prodotto da materiale organico proveniente da rifiuti FORSU, può essere generato da altri scarti zootecnici e agroalimentari che vengono miscelati con materiali solidi tra cui insilato di mais, alghe, paglia, concime. L'utilizzo del suolo per la produzione di queste colture rappresenta per gli agricoltori italiani un forte limite all'evoluzione della cultura alimentare annuale. Anche se, in realtà, alla base del potenziale del biometano, c'è il concetto dell'uso del suolo, ovvero la necessità di limitare l'utilizzo di monoculture e, allo stesso tempo, di integrare a quelle già esistenti colture foraggere o alimentari annuali o perenni con maggior rotazione.
- Il biometano non è l'unica forma di biocombustibile sostenibile a zero emissioni. Negli ultimi anni, si stanno sviluppando diversi scenari per produrre energia utile nel settore dei trasporti attraverso altre tecnologie e forme di energia. Un esempio è l'idrogeno che è rappresentata una delle opzioni indicate dalla Commissione europea (Dafi) per la decarbonizzazione dei trasporti con applicazioni su automobili, camion, treni, navi e mezzi di movimentazione merci. Anche in questo caso, l'infrastruttura fisica che permetterebbe il trasporto e stoccaggio da una parte all'altra dell'Italia esiste già in quanto la rete di metanodotti Snam è stata testata anche per il trasporto di idrogeno.
- Il probabile rallentamento del rinnovo del parco auto nazionale può far sì che gli obiettivi di riduzioni delle emissioni di gas serra in ambiente non venga totalmente rispettato. Poiché, l'abbattimento delle emissioni di CO₂ in ambiente dipende dalla riduzione dei veicoli alimentati con combustibili fossili e quindi dalla disponibilità economica dei clienti finali a cambiare veicolo, l'evoluzione della filiera potrebbe avere degli iniziali rallentamenti nello sviluppo che porterebbe a un conseguente rallentamento dell'applicazione del sistema.
- L'impossibilità di rintracciare il biometano in maniera puntuale nella rete rende il processo meno sicuro e trasparente. Nonostante si sia creato un sistema di certificazioni e double check che permette di definire e controllare che le quantità immesse, scambiate e riconsegnate all'utente finale siano corrette con quanto dichiarato, è praticamente impossibile rilevare che l'esatta quantità di biometano immesso da produttore A sia stato effettivamente messo in consumo. La conseguenza di questo problema è la mancanza di precisione nell'assegnazione dei CIC ai produttori, che vedranno un'assegnazione percentuale basata sul totale di biometano venduta al cliente finale.
- L'impossibilità di remunerare in maniera repentina gli attori principali della filiera. Poiché devono essere effettuate diverse verifiche dal sistema di controllo, i contributi emessi non saranno subito accreditati ai partecipanti della filiera, ma dovranno attendere che la procedura di immissione in consumo sia avvenuta e verificata.
- La crescita repentina delle industrie di produzione associata a un'eventuale indisponibilità dei contributi emessi dal governo potrebbe portare a una riduzione del guadagno del singolo produttore.

Gli incentivi vengono stabiliti di anno in anno, secondo gli obiettivi di crescita e la disponibilità monetari. Ciò che potrebbe accadere è che i nuovi produttori ricevono in parte o non ricevono completamente le remunerazioni per il biometano prodotto. In questo caso, si potrebbe incorrere in un calo della produzione del biometano e conseguente perdita de clienti finali.

Nonostante ci siano alcune complicitanze nella progettazione del sistema, le simulazioni hanno dimostrato che è possibile implementare una blockchain per il tracciamento della filiera del biometano e assegnazione degli incentivi remunerativi. Inoltre, le simulazioni hanno permesso di calcolare tutti i vantaggi economici, sociali e ambientali ottenibili da questa struttura. A questo punto rimane solo di sfruttare la potenzialità messa a disposizione e rinnovare completamente il mercato dei veicoli eliminando tutte le soluzioni di trasporto più inquinanti e poco sostenibili.

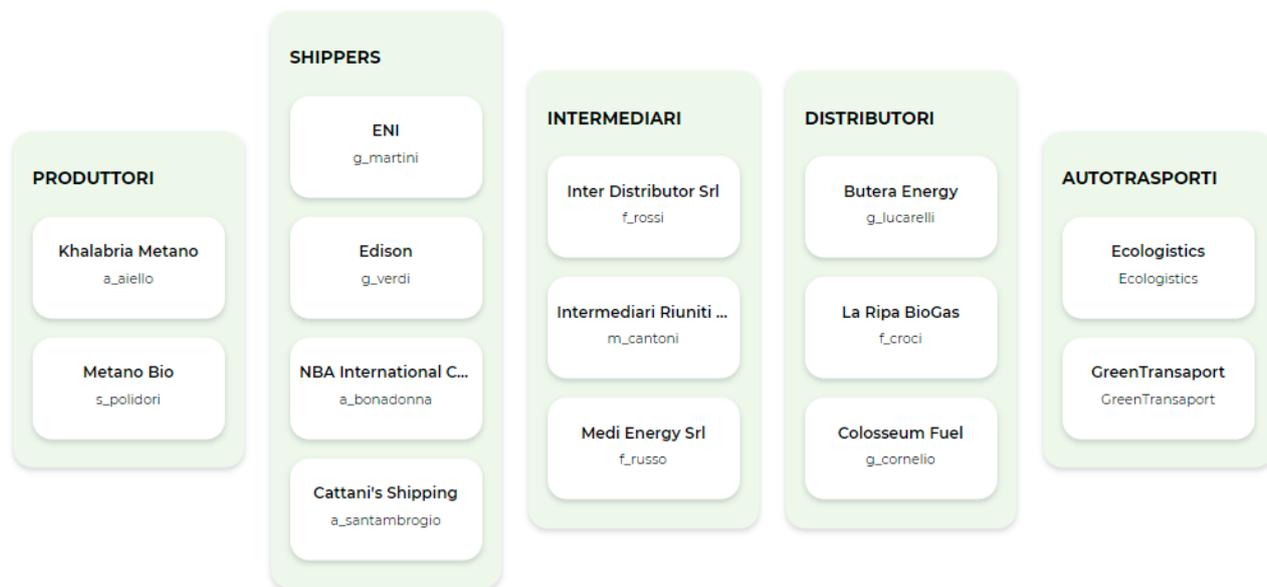
Riferimenti bibliografici

- [1] Sorgenia, "Cos'è la transizione energetica," 2020.
- [2] Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED), *Rapporto Brundtland*. 1987.
- [3] Acea, "Processo del digestore." .
- [4] ReteAmbiente, "Batteri acidificatori e acetogenici," *Nextville*.
- [5] F. Masci, "Pro e contro del Biometano," *Selectra*.
- [6] Giorgia, "Differenza tra Biometano e Metano," *Scienza Verde*.
- [7] A. G. e M. Santori, "Il ruolo dei gas rinnovabili nel processo di decarbonizzazione europeo," *RIE-Ricerche Ind. ed Energ.*, 2020.
- [8] GSE, "GSE- Rapporto statistico FER 2018," 2018.
- [9] MISE, "DM_2_03_2018_Biometano," 2018.
- [10] R. Garavaglia, *Tutto su Blockchain, capire la tecnologia e le nuove opportunità*. 2018.
- [11] M. Bellini, "Blockchain: cos'è e come funziona," *Blockchain4innovation*, 2019.
- [12] C. LUKE, "Blockchain: tutto ciò che devi sapere," *Investopedia*, 2020.
- [13] P. Anastasio, "Blockchain, primi test di ENI e BP sul trading del gas in Europa," *Key4Bit*, 2017.
- [14] Politecnico di Milano, "Osservatorio Blockchain & Distributed Ledger Blockchain & Distributed Ledger: unlocking the potential of the Internet of Value," *Politec. di Mialno*, 2020.
- [15] "DECRETO-LEGGE 14 dicembre 2018, n. 135," *Gazz. Uff.*, 2018.
- [16] Proc. GSE n.16118, "REALIZZAZIONE DI PROOF OF CONCEPT (POC) INERENTI L'APPLICAZIONE DELLA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN AI PROCESSI DEL GSE," *GSE web site*, 2019. .
- [17] A. GSE, "Prekick off meeting: PoC3 Biometano vFinal," 2020.
- [18] Roberto Maviglia e Alessandro Russo, "BIOMETANO: Potenzialità nella Città Metropolitana di Milano e ruolo di Gruppo CAP," *Ric. Kyoto clud, Milano*, vol. cap. 5.1.2, 2020.
- [19] Carlo Calenda MISE, "Decreto Biometano - Promozione dell'uso del biometano e degli altri biocarburanti avanzati nel settore dei trasporti," 2018.
- [20] M. Baccan, "Introduzione alla tecnologia Blockchain," 2018.
- [21] GSE, "Prezzo medio del biometano," *GSE web site*. .
- [22] Decreto Parlamentare, "Legge Bilancio 2019," *Gazzetta Ufficiale n. 302*, 2018.
- [23] U. Stampa, "11.125 chilometri: ecco quanto hanno guidato gli italiani nel 2019," *facile.it*, 2017. .

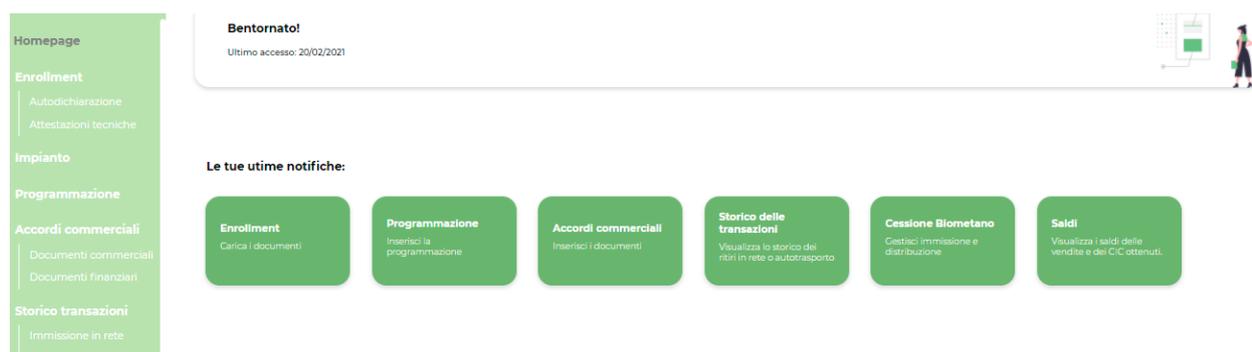
- [24] GSE, "Aste CO2," *GSE web site*, 2020. .
- [25] GSE, "EU ETS: Rapporto sulle aste di quote europee di emissione," 2020.
- [26] GSE, "ASTE CO2," <https://www.gse.it/servizi-per-te/mercati-energetici/aste-co2>. .
- [27] GSE, "Energia nel settore dei trasporti," 2020.
- [28] P. L. Martino dal Verme, Duilio Lipari, Vincenzo Maio, "Energia nel settore trasporti in Italia," *GSE Rep.*, 2018.
- [29] D.-G. for E. (European Commission), "Clean Energy for all Europeans Package," 2019.
- [30] Eu, "RED II- DIRETTIVA DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili," 2018.

Appendice: Illustrazione Della Demo

La Demo è costituita da una pagina iniziale “Home Page” dove è possibile visualizzare tutti i protagonisti della rete: Produttori, Shipper, Intermediari, Distributori, Autotrasporto.



Entrando nella pagina dedicata ai produttori si ha accesso alla funzione di enrollment (registrazione dati produttore), programmazione (registrazione dei flussi da immettere nei mesi seguenti), accordi commerciali (contratti commerciali e documenti finanziari), storico delle transazioni (immissione in rete e cessione all'autotrasporto), cessione biometano (in rete, in asta e all'autotrasporto), saldi (corrispettivi da vendita e CIC).



Nella sezione programmazione si può switchare da un mese all'altro per visualizzare i programmi di immissione già scaduti, quelli in atto e i futuri. È presente una sezione per l'inserimento di una nuova programmazione e un pulsante per scaricare il template idoneo al caricamento. Il produttore dovrà, inoltre, aggiungere le materie prime utilizzate per la produzione.

Selezione mese:

Febbraio, 2021

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14

Aggiorna Materie Prime

Materia Prima (lettera)	Materia Prima	Codice CER	Quantità	Paese di origine	Raccolto secondario	Coltura su terreni degradati	Certificato di sostenibilità	File
C	Rifiuti organici	22 00 55	100,00 Smc	IT	NO	NO	SI	
A	Alghe	006	5.000,00 Smc	IT	NO	NO	xxxxx001	

Visualizza programmazione

Data invio	mese/anno	Rettifica/primo invio	Versione file	Cod. convenzione ritiro biometano	Codice remi	File
28 Gen 2021	01/21	RETTIFICA	006	1002129	50149601	
28 Gen 2021	01/21	RETTIFICA	005	1002129	50149601	
28 Gen 2021	01/21	RETTIFICA	004	1002129	50149601	

Importa Template
Nuova Programmazione

Tra gli accordi commerciali troviamo tutti i documenti necessari per lo scambio mentre nello storico transazioni sono raccolte tutte le transazioni avvenute tra il produttore e altre controparti.

Selezione mese:

Febbraio, 2021

Lun	Mar	Mer	Gio	Ven	Sab	Dom
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14

Anagrafica punti

CODICE LOTTO	ACQUIRENTE	DATA REGISTRAZIONE	QUANTITA' INIZIALE	QUANTITA' DISPONIBILE	PREZZO
SUN_LOTTO_kkqyrlb9-9a9eb1f7	ENI	04 Feb 2021	101,00 Smc	0,00 Smc	0,11 €/Smc
Marzo_kkzy90ld-85e3c8e1	ENI	01 Mar 2021	3.926,00 Smc	426,00 Smc	0,09 €/Smc
1002928_k1xc36b-3be271cf	ENI	01 Mar 2021	25.543,00 Smc	0,00 Smc	0,17 €/Smc
1002928_k122z7ca-8fdcb629	NBA International Corporation	12 Feb 2021	45.979,00 Smc	0,00 Smc	0,17 €/Smc
TEST_k16g4ene-6a8394bl	Cattani's Shipping	15 Feb 2021	1.000,00 Smc	0,00 Smc	0,12 €/Smc



Batch ID	Volume Programmato	Capacità di Produzione Media
SUN_LOTTO_kkqyrlb9-9a9eb1f7	101,00 Smc	100,00 Smc
Codice Remi	Volume Misurato	Capacità di Produzione Max
50149601#34403705	101,00 Smc	100,00 Smc
Data Registrazione	Energia	Shipper
04/02/2021 00:00	106,79 MWh	ENI

Nella sessione cessione biometano è possibile creare un lotto di biometano da mettere in asta o da restituire a un PDR a seguito di una vendita.

PUNTO REMI: 50149601

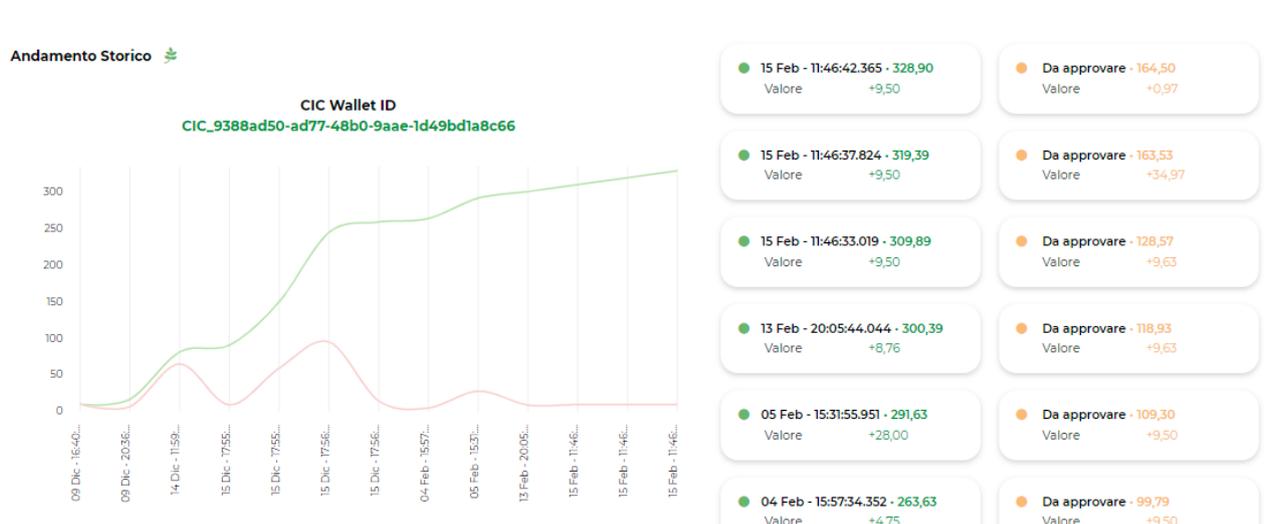


LOTTO DI BIOMETANO

INSERISCI CODICE LOTTO	INSERISCI QUANTITA' (Smc)	INSERISCI ENERGIA (MWh)
<input type="text" value="ex.100"/>	<input type="text" value="ex.100"/>	<input type="text"/>
INSERISCI DATA IMMISSIONE	INSERISCI CAPACITA' PRODUTTIVA MEDIA (Smc/Giorno)	INSERISCI CAPACITA' PRODUTTIVA MASSIMA (Smc/Giorno)
<input type="text" value="20 Feb 2021"/>	<input type="text" value="ex.100"/>	<input type="text" value="ex.100"/>
PREZZO (€)		
<input type="text" value="ex.3.00"/>		

Metti all'asta Cedi

Nella sessione saldi, invece, sono registrate tutte le transazioni effettuate. In questa sezione è possibile reperire le fatture relative alla vendita e le remunerazioni relativi ai CIC spettanti. In verde le transazioni avvenute e accertate, in arancione quelle in elaborazione.



Nella pagina relativa agli shipper è possibile accedere al BioExchange e al Marketplace che sono le due piattaforme in cui è possibile scambiare biometano. Nel primo lo scambio avviene tramite contratti e la consegna può essere fisica a un punto di ingresso (PI), in caso di acquisto, o al punto di riconsegna (PDR) in caso di vendita. In alternativa lo scambio è virtuale al PSV. Nel Marketplace invece i distributori hanno accesso al mercato giornaliero nel quale possono sia offrire delle quantità (in acquisto o vendita) e metterle in asta che abbinare le offerte già presenti sul mercato.

Selezione mese: Febbraio, 2021

Fattura e Saldo

VERIFICA	CODICE LOTTO	QUANTITA' RESIDUA	QUANTITA' LOTTO	PREZZO	DATA
●	Rete_kihlxdcd-95f3a9b1	0,00 Smc	120,00 Smc	0,11 €/Smc	09 Dic 2020
●	KHA-ENL_kipvi9kw-62852ade	900,00 Smc	1.000,00 Smc	0,11 €/Smc	15 Dic 2020
●	KHL-ENL_kiq7216-2c76514f	0,00 Smc	100,00 Smc	0,11 €/Smc	15 Dic 2020
●	TEST-001-ENL_kihsumv-87ec1cd	200,00 Smc	500,00 Smc	0,11 €/Smc	09 Dic 2020
●	SUN_LOTTO_kkqyrib9-9a9eb1f7	0,00 Smc	101,00 Smc	0,11 €/Smc	04 Feb 2021
●	Marzo_kkzy90ld-85e3c8e1	426,00 Smc	3.926,00 Smc	0,09 €/Smc	01 Mar 2021
●	1002928_klxc36b-3be271cf	0,00 Smc	25.543,00 Smc	0,17 €/Smc	01 Mar 2021

Lotto

Code	Data	Status	Fattura
KHL-ENL_kiq7216-2c76514f	15 Dic 2020	closed	

Prezzo -11,00 €
Quantità -100,00 Smc

-31.290 Smc -4.895,96 €

Saldo

	Acquistata	Venduta
Quantità	31.290,00 Smc	29.764,00 Smc
Prezzo	4.895,96 €	6.390,44 €

-1.526,00 Smc 1.494,48 €

La piattaforma calcola per ogni transazione la quantità ceduta o acquistata al prezzo deciso dalle due controparti. Inoltre, tiene conto di tutte le transazioni effettuate dallo shipper e le raccoglie nella sezione saldo in cui sono evidenti le quantità acquistate e quelle vendute dagli shipper con i relativi guadagni.

Gli intermediari allo stesso modo degli shipper possono accedere ai due mercati. Mentre i distributori oltre ad avere accesso ai mercati hanno l'accesso anche alla gestione del biometano e allo storico dei saldi in cui sono registrate tutte le fatture relative agli scambi effettuati.

Infine, gli autotrasportatori possono accedere solo alla pagina delle fatturazioni in cui hanno accesso a un registro personale in cui visualizzare tutte le fatture caricate.

Carica Fattura

Trascina un file qui

Carica file

Seleziona Fattura

Stato Invio	ID Fattura	Data	Quantità	Prezzo	Motivazione	Distributore	File
●	1607598834883	10 Dic 2020	100,00 Kg	86,00 €	Rifornimento:	Butera Energy	📄
●	1608029823803	15 Dic 2020	10,00 Kg	8,60 €	Rifornimento:	Butera Energy	📄
●	1612534826569	05 Feb 2021	35,00 Kg	30,10 €	Rifornimento:	La Ripa BioGas	📄

ID Fattura
1612534826569

Data di Fatturazione
05/02/2021 15:20

Distributore
La Ripa BioGas

Causele
Rifornimento: 05 Feb 2021 - 15:20:26.569

Download File
📄 partner_kksdlmbd-a8c0c29e.pdf

Invia a GSE

Il cerchio si chiude quando gli autotrasportatori e clienti finali inviano al gestore dei servizi energetici le fatture relative ai propri acquisti con le quali è possibile certificare ed emettere i CIC ai produttori.

Glossario

Termine	Definizione
<i>Digestione anaerobica</i>	Processo di digestione delle materie prime per la generazione del biogas.
<i>CER</i>	Comunità Energetiche Rinnovabili.
<i>CIC</i>	Certificato di Immissione in Consumo.
<i>Codice REMI</i>	Codice identificativo di un punto di ingresso o uscita fisico della rete di trasporto del biometano.
<i>Digestione anaerobica</i>	Processo in assenza di ossigeno per la formazione di biogas a partire dai rifiuti organici e agroalimentari.
<i>FE</i>	Fattore di Emissione in ambiente.
<i>FER</i>	Fonti Energetiche Rinnovabili.
<i>Fickle</i>	Contratto commerciale tra gli shipper nell'hub virtuale di trading. Esso può essere stabilito in giornata in corso o per il giorno successivo in base alle necessità di mercato.
<i>Fixed</i>	Contratto commerciale tra produttore e shipper o tra shipper e stazioni di rifornimento. Essi sono stabiliti da due mesi a trenta giorni prima.
<i>Flat</i>	Nomina giornaliera di biometano introdotto in rete costante di ora in ora/ giorno in giorno.
<i>Framework</i>	È un "sottoinsieme di un software" creato per la realizzazione di alcune specifiche funzioni.
<i>GSE</i>	Gestore dei Sistemi Energetici.
<i>GME</i>	Gestore dei Mercati Energetici.
<i>Hash</i>	È una sequenza di lettere e cifre ottenuta applicando un particolare algoritmo di calcolo alla sequenza di bit che formano il testo o il file.
<i>MiSE</i>	Ministero dello Sviluppo Economico.
<i>PI</i>	Punto di immissione in rete del biometano identificato attraverso codice REMI.
<i>PDR</i>	Punto di riconsegna del biometano identificato attraverso codice REMI.
<i>PNIEC</i>	Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima.
<i>Payload</i>	È l'informazione trasferita da un blocco a un altro in una blockchain.
<i>PoC</i>	Proof of Concept è la prova di fattibilità di un progetto.
<i>PoS</i>	Proof of Stake è un protocollo per la messa in sicurezza di una rete di criptovaluta
<i>PoW</i>	Proof of Work è una misura economica per scoraggiare attacchi sul service e altri abusi di servizio.
<i>Profilata</i>	Nomina giornaliera di biometano introdotto in rete differente di ora in ora.
<i>RED II</i>	Renewable Energy Directive II.
<i>Smart contract</i>	Contratto digitale che permettono l'esecuzione di un'azione programmata al verificarsi di una serie di eventi o istruzioni imposte.
<i>Time Stamp</i>	Sequenza di caratteri che rappresentano una data e/o un orario per accertare l'effettivo avvenimento di un certo evento.
<i>Token</i>	è una "legatura digitale" tra un fisico presente nel mondo esterno alla blockchain e un asset nativo delle blockchain.
<i>Upgrading</i>	Processo di formazione del Biometano a partire dal biogas.
<i>VTP</i>	Punto di Trading Virtuale è un Hub non fisico per il trading del gas naturale.

Ringraziamenti

Ed eccoci qui, alla fine di questo duro lavoro di tesi. Lavoro che mi ha impegnato parecchio, con la continua e inarrestabile ricerca di nuovo materiale e nuovi aggiornamenti che potessero in qualche modo dare un valor aggiunto al mio studio. Colgo quest'occasione per ringraziare tutti coloro che hanno partecipato direttamente e indirettamente alla realizzazione di questo lavoro.

In primis, un ringraziamento speciale va ad Andrea Terenzi, Head of Gas Logistic, e a Francesco Dordoni, Client Manager presso Eni S.p.A. che, nonostante la mia giovane esperienza all'interno dell'azienda, non hanno esitato ad inserirmi all'interno di gruppi di lavoro, dandomi la possibilità di accedere a tutto il materiale informativo utile al mio studio. Grazie a loro aiuto e ai loro contatti ho avuto modo di conoscere i colleghi di Accenture.

Proprio a loro va il mio secondo ringraziamento, tra i quali vorrei citare Sunil Povidori e Alberto Bonadonna, che hanno condiviso con me i loro risultati e le applicazioni da loro realizzate, permettendomi anche di fare diverse simulazioni con l'applicazione Demo.

Grazie ai Prof. Marco Badami e Armando Portoraro che hanno dedicato il loro tempo e impegno nell'affrontare con me lo studio di questa innovazione e che hanno cercato di trovare le soluzioni a tutti i miei dubbi.

Il ringraziamento più caloroso va alla mia famiglia, senza la quale non sarei stata in grado di intraprendere questo percorso formativo. Non si tratta solo del sostegno economico ma soprattutto del sostegno morale e psicologico che mi hanno dato a ogni esame e a ogni difficoltà affrontata. Loro mi hanno dato la forza per affrontare le mie paure e le mie insicurezze. Grazie di cuore, mamma e papà, per aver condiviso con me ansie, paure, gioie e soddisfazioni.

Grazie a Lorenzo, mio fratello, il mio alter ego, uno dei punti di riferimento della mia vita. La persona che fin da piccola ho ammirato per la sua genialità e il suo carattere forte e deciso. Da lui ho imparato a lottare per le mie passioni e a non mollare mai.

Grazie ai miei compagni di avventura, i miei colleghi e amici universitari, che con me hanno affrontato la paura di ogni esame, l'ansia del risultato finale e le gioie per i nostri piccoli successi. Grazie Isabel, grazie Cristina per esserci state sempre, per le nostre intense sessioni di studio e per non esserci mai lasciate indietro lungo questo percorso. Il vostro è stato un sostegno fondamentale per me.

Grazie ai miei amici del *Collegio Universitario Renato Einaudi di Torino*, la mia seconda casa, la mia seconda famiglia, il posto che ha reso meravigliosa quest'avventura che si è conclusa nel migliore dei modi, portando nel cuore ricordi e amicizie che non termineranno mai.