



Ricerca di Sistema elettrico

Progettazione e implementazione di una piattaforma a servizio di energy community

G. D'Agosta, C. Meloni, A. Annunziato, S. Branchetti, G. D'Agostino,
P. De Sabbata, N. Gessa, O. Gregori, G. Massa, F. Moretti, C. Naccarato, G. Nigliaccio,
C. Novelli, C. Petrovich, S. Romano, F. Paolucci, S. Pizzuti, S. Sylos Labini, A. Tofani

PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI UNA PIATTAFORMA A SERVIZIO DI ENERGY COMMUNITY

G. D'Agosta, C. Meloni, A. Annunziato, S. Branchetti, G. D'Agostino, N. Gessa, P. De Sabbata, N. Gessa, G. Massa, F. Moretti, G. Nigliaccio, C. Novelli, C. Petrovich, S. Romano, F. Paolucci, S. Pizzuti, A. Tofani (ENEA)

Luglio 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: Tecnologie

Progetto: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Work package: WP1 Local Energy District

Linea di attività 1.47: Progettazione piattaforma LEC, implementazione infrastruttura e servizi orizzontali

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile del Work package: Claudia Meloni, ENEA

Indice

●	SOMMARIO	8
1	INTRODUZIONE	9
2	PROGETTAZIONE PIATTAFORMA LEC	12
2.1	PROGETTO DELLA ARCHITETTURA MACROFUNZIONALE DELLA PIATTAFORMA LEC.....	12
2.1.1	<i>Finalità e descrizione della piattaforma</i>	13
2.1.2	<i>Requisiti e funzioni generali</i>	14
3	SVILUPPO DEI SERVIZI VERTICALI	22
3.1	SERVIZIO 1 - SUPPORTO ALLA GESTIONE ENERGETICA E/O FLESSIBILE DELLA PROPRIA ABITAZIONE	22
3.2	SERVIZIO 2 - CRUSCOTTO DI COMUNITÀ (ENERGIA, PARTECIPAZIONE, TOKEN)	22
3.3	SERVIZIO 3. GESTIONE DELLA TOKEN ECONOMY	25
3.4	SERVIZIO 4. LIVING LAB PER LA CONDIVISIONE	27
4	PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURA BACKEND	28
4.1	PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE ARCHITETTURA ICT	28
4.1.1	<i>Identity Provider</i>	29
4.1.1.1	<i>Censimento webapp/servizi e ruoli</i>	29
4.1.1.2	<i>Adesione e registrazione nuovo utente</i>	30
4.1.1.3	<i>Login/logout utente (da stesso servizio/webapp)</i>	30
4.1.1.4	<i>Single-Sign-On (SSO)</i>	31
4.1.1.5	<i>Modifica utente da utente</i>	32
4.1.1.6	<i>Cancellazione utente da utente</i>	32
4.1.1.7	<i>Cancellazione account Blockchain</i>	33
4.1.1.8	<i>Comunicazione Machine-To-Machine</i>	34
4.1.2	<i>Altri moduli</i>	35
4.1.2.1	<i>MQTT – Mosquitto</i>	35
4.1.2.2	<i>Kafka</i>	35
4.1.2.3	<i>Spark</i>	36
4.1.2.4	<i>Datalake</i>	38
4.2	PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE INFRASTRUTTURA BLOCKCHAIN	39
4.2.1	<i>Contesto e obiettivi</i>	39
4.2.2	<i>Riferimenti all’architettura generale</i>	41
4.2.3	<i>Infrastruttura blockchain, strumenti e componenti per lo sviluppo</i>	42
4.2.3.1	<i>Infrastrutture per il test</i>	42
4.2.3.1.1	<i>Hyperledger Fabric-Besu</i>	42
4.2.3.2	<i>Infrastruttura di funzionamento</i>	45
4.2.3.2.1	<i>IBSI</i>	45
4.2.3.3	<i>Linguaggio e componenti di sviluppo comuni</i>	48
4.2.3.4	<i>Progettazione piattaforma</i>	49
	51
4.2.3.5	<i>Funzionalità di base per la token economy</i>	51
4.2.3.6	<i>Gestione dei dati dei modelli e dei consumi su blockchain</i>	51
4.2.4	<i>Infrastruttura ICT ENEA</i>	52
4.3	PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE INFRASTRUTTURA GESTIONE DATI	53
4.3.1	<i>Contesto e obiettivi</i>	53
4.3.2	<i>Caso d’uso iniziale della piattaforma per la raccolta dei dati</i>	55
4.3.3	<i>Riferimenti ad architettura generale</i>	56
4.3.4	<i>Interazione con la Blockchain (Oracle’s problem)</i>	57
4.3.5	<i>Organizzazione della base di dati</i>	58
4.3.5.1	<i>I requisiti generali dello schema logico</i>	58
4.3.5.2	<i>Il dettaglio dello schema logico: entità e relazioni</i>	58

Accordo di Programma MiSE-ENEA

4.3.6	<i>Infrastruttura per la gestione dei dati</i>	60
4.3.6.1	<i>Infrastruttura per la gestione dei dati: le principali tabelle di comunità</i>	60
4.3.6.2	<i>Infrastruttura per la gestione dei dati: le principali tabelle di consumo/produzione</i>	61
4.3.6.3	<i>Infrastruttura per la gestione dei dati: supporto all'analisi</i>	65
4.3.6.4	<i>Il caso della clusterizzazione degli utenti</i>	67
4.3.7	<i>Metodologie di acquisizione dei dati</i>	69
4.3.7.1	<i>Area Triage</i>	70
4.3.7.2	<i>Data Lake</i>	71
4.3.7.3	<i>Tecnologie per la gestione di ampie quantità di dati – Hadoop, Spark</i>	73
4.3.8	<i>Il processo di riconciliazione dei dati provenienti da sorgenti eterogenee</i>	74
4.3.9	<i>Utilizzo e visualizzazione dei dati</i>	74
5	PROGETTAZIONE SERVIZI PER LA COMMUNITY	78
5.1	PROGETTAZIONE DEL SERVIZIO DI GESTIONE CONSAPEVOLE E FLESSIBILE DELL'ABITAZIONE	78
5.2	PROGETTAZIONE VIRTUOSISMO ENERGETICO	82
5.2.1	<i>Sistema di supporto alle decisioni</i>	83
5.2.2	<i>Identificazione degli obiettivi, condivisione con gli utenti e valutazione dei risultati</i>	83
5.2.3	<i>Architettura del sistema</i>	84
5.2.3.1	<i>Organizzazione dei dati</i>	84
5.2.3.2	<i>Integrazione dei dati</i>	85
5.2.3.3	<i>Analisi dati estratti</i>	86
5.2.4	<i>Indicatori energetici</i>	87
5.2.5	<i>Cluster analysis applicata alle curve di carico</i>	88
5.2.6	<i>Produzione dell'output per l'utente finale</i>	89
5.3	PROGETTAZIONE LOCAL TOKEN ECONOMY	89
5.3.1	<i>I sistemi mutualistici</i>	91
5.3.2	<i>Diagrammi di flusso delle transazioni per categoria</i>	101
5.4	PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE SISTEMA DI CROWDSOURCING	111
5.4.1	SERVIZI PER AMMINISTRATORE CEC	111
5.4.2	SERVIZI PER UTENTI	112
5.4.3	ARCHITETTURA	112
5.4.3.1	L'HARDWARE	114
5.4.3.2	I SISTEMI OPERATIVI	115
5.4.3.3	LE RETI FISICHE DI CONNESSIONE	115
5.4.3.4	L'ARCHITETTURA DI SISTEMA	115
5.4.3.5	IL CLUSTER KUBERNETES COME FACILITY	116
5.4.4	MEDIABOT	118
5.4.5	TWITTERBOT	119
5.4.6	INTEGRAZIONE NELLA PIATTAFORMA LEC	120
6	CONCLUSIONI	121
7	BIBLIOGRAFIA	122
8	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	123

Indice delle figure

Figura 1: La struttura a blocchi della rete elettrica italiana	9
Figura 2: utenti modello REC (secondo art 42bis Milleproroghe 2020)	17
Figura 3: Servizi di energia e flessibilità che possono essere offerti ai prosumer all'interno di una comunità energetica dei cittadini (USEF White Paper: Energy and Flexibility Services – February 2019)	18
Figura 4: Illustrazione della CEC che assume il ruolo di ESCo e Aggregatore, con la possibilità di offrire servizi di flessibilità ai suoi membri. (USEF White Paper: Energy and Flexibility Services – February 2019)	18
Figura 5: Utenti modello CEC allargato (LEC)	19
Figura 6: Caso d'uso del cruscotto	23
Figura 7: Livelli di aggregazione dei dati in una LEC	24
Figura 8: stack tecnologico portale Energy Community	28
Figura 9: censimento webapp e ruoli	29
Figura 10: registrazione utente	30
Figura 11: login - logout	31
Figura 12: modifica utente	32
Figura 13: cancellazione utente	33
Figura 14: cancellazione account BlockChain	33
Figura 15: comunicazione M2M	34
Figura 16: Spark in modalità cluster	36
Figura 17: elaborazione Spark	37
Figura 18: Flusso dati per un'azione cittadino – stakeholder energetico	40
Figura 19: Architettura funzionale	41
Figura 20. Remix IDE	48
Figura 21. Interfaccia Ganache	48
Figura 22: Schema generale dell'architettura della piattaforma e dei suoi componenti.	49
Figura 23: Schema di raccolta dati attraverso differenti concentratori	53
Figura 24: Caso d'uso della piattaforma di raccolta dei dati	55
Figura 25: Architettura di riferimento della struttura gestione dati	56
Figura 26: Indicazione delle principali entità per la gestione dei dati	60
Figura 27: Esempio di utilizzo di tabelle derivate dai dati grezzi	67
Figura 28: Infrastruttura di acquisizione dei dati da sorgenti esterne non predefinite	70
Figura 29. Architettura del Data Lake	73
Figura 30. Componenti Spark	74
Figura 31. Spark in modalità cluster	74
Figura 32: Architettura funzionale del sistema Smart Home per UTENTI DELLE SMART HOME	82
Figura 33: Diagramma di flusso del processo di creazione di matrici di dati	86
Figura 34: Evoluzione della comunità: dalla comunità dell'energia alla comunità di persone e risorse	92
Figura 35: Costumer Profile "Cittadino" – Fonte: Strategyzer	100
Figura 36: Costumer Profile "Stakeholder"	101
Figura 37: Mappa del Valore della LTE	102
Figura 38: Schema flussi registrazione Stakeholder in piattaforma	103
Figura 39: Schema flusso dei token tra i vari wallet	104
Figura 40: Schema flussi azione cittadino a cittadino	105
Figura 41: Schema flussi azione cittadino a cittadino con struttura	106
Figura 42: Schema flussi azione stakeholder a cittadino	106
Figura 43: Schema flussi azione stakeholder rivenditore beni nuovi a cittadino	107
Figura 44: Schema flussi azione gestore servizi energetici-cittadino	108
Figura 45: Schema flussi azione stakeholder a stakeholder	109
Figura 46: Schema flussi azione cittadino a stakeholder	109
Figura 47: Schema flussi azione cittadino-a-community	110
Figura 48: Schema flussi azione stakeholder-a-community	111

Accordo di Programma MiSE-ENEA

Figura 49: Schema flussi azione cittadino-a-community con struttura	111
Figura 50: Schema a blocchi del servizio MediaBot.	113
Figura 51: Schema diagrammatico del servizio TweetBot.	114
Figura 52: Il Cluster Kubernetes "obserbot".	116
Figura 53: Schema gerarchico dei servizi. Alla base i servizi di gestione dati; al livello intermedio la gestione delle banche dati e dei flussi di dati ed al vertice i macro-servizi di ECListener.	117
Figura 54: schema per l'operatore kubernetes di postgres.	118
Figura 55: diagramma della versione preliminare del servizio MediaBot, basato sul google-alert.	118

Indice delle tabelle

Tabella 1: La distribuzione degli operatori di mercato nel sistema elettrico (Dati ARERA del 2018 - Fonte Relazione Annuale sullo Stato dei Servizi e sull'Attività Svolta)	10
Tabella 2: comparazione consumatori di energia elettrica (art. 42bis Decreto Milleproroghe 2020)	15
Tabella 3: Lista delle funzionalità della piattaforma	20
Tabella 4: Requisiti generali della piattaforma	21
Tabella 5: Lista dei nodi messi a disposizione	52
Tabella 6: Anagrafica dell'utente	61
Tabella 7: Ruoli nelle comunità	61
Tabella 8: Anagrafica comunità	61
Tabella 9: Tabella di relazione tra utenti e comunità	61
Tabella 10: Tabella di relazione tra utenti e flussi dei dati	62
Tabella 11: Tabella di relazione tra fornitori degli utenti e comunità	62
Tabella 12: Tabella di conservazione delle letture elettriche	62
Tabella 13: Tabella di convenzione dei segni di potenza, energia ed elettricità	63
Tabella 14: Anagrafica dei flussi di dati	64
Tabella 15: Anagrafica dei dispositivi della comunità	64
Tabella 16: Anagrafica dei fornitori di dati della comunità	65
Tabella 17: Anagrafica delle tabelle finali dei flussi di dati	65
Tabella 18: Tabella contenente la descrizione delle serie temporali derivate dai dati	65
Tabella 19: Tabella contenente i dati calcolati delle serie temporali	67
Tabella 20: Tabella di collegamento tra una serie derivata e l'utente proprietario dei dati	67
Tabella 21: Tabella di collegamento tra una serie derivata e i dispositivi dell'utente	68
Tabella 22: Tabella di descrizione delle operazioni di clusterizzazione applicate ai dati degli utenti	69
Tabella 23: Tabella di descrizione del singolo cluster	69
Tabella 24: Tabella di relazione tra un cluster e le serie derivate	69
Tabella 25: Tabella di relazione tra cluster, utenti ed il periodo di tempo in cui un certo utente rientra nel cluster	69
Tabella 26: Tabella di relazione tra cluster, devices ed il periodo di tempo in cui un certo utente rientra nel cluster	70
Tabella 27. Caratteristiche nodi UBD	73
Tabella 28: Business model canvas delle anche del tempo	95
Tabella 29: Value proposition per il profilo di un cittadino	98
Tabella 30: Schema flussi registrazione cittadino in piattaforma	103

Sommario

Nella Linea di attività 47, proseguendo le analisi e lo studio dei nuovi modelli per le Energy Communities, sono stati sviluppati i primi elementi strutturali orizzontali per il funzionamento della piattaforma e progettati i primi servizi verticali che verranno successivamente sviluppati e testati nel prosieguo del progetto.

L'attività, prolungata per l'emergenza pandemica fino ad aprile 2021, ha visto le seguenti azioni:

- Analisi dello stato dell'arte e sviluppo della infrastruttura informatica di base per i vari servizi, che comprende sia una base comune, che lo sviluppo del sistema di gestione dei dati e della infrastruttura blockchain;
- Studio analitico dei servizi, studio prodromico al successivo sviluppo del software necessario, a supporto della Comunità Energetica Locale (LEC).

I risultati di questa attività, integrati con gli studi realizzati dalle Università che collaborano allo sviluppo della LEC, forniscono le basi per lo sviluppo ulteriore dei servizi necessari che verranno sviluppati nelle LA 1.48 e 1.49 e testati nella LA 1.50.

Il documento introduce inizialmente la piattaforma comune che offre servizi a tutti gli altri componenti, successivamente descrive in modo approfondito lo sviluppo della piattaforma dati e della infrastruttura blockchain, rimandando per una ulteriore analisi implementativa ai documenti rilasciati dagli sviluppatori del software e, infine, presenta i modelli dei servizi che verranno implementati successivamente.

1 Introduzione

Nel mercato globale, l'affermazione di una tecnologia rispetto ad un'altra non dipende solo dalla qualità tecnica, dalle performances o dalle caratteristiche ma anche da elementi imprevedibili e legati all'apprezzamento delle soluzioni proposte da parte dei clienti finali oltre che, sempre più spesso, dalla capacità di penetrazione del mercato del brand che caratterizza queste tecnologie. Gli attuali scenari di mercato non permettono di identificare una tecnologia vincente rispetto alle altre costringendo ad allargare il più possibile lo spettro delle soluzioni per l'acquisizione dei dati necessari alla comunità.

Inoltre, il mercato elettrico italiano è caratterizzato dalla presenza di una molteplicità di attori che offrono servizi di differente tipo agli utenti finali e che sono estremamente interessati allo sviluppo del mercato che ruota intorno alla Comunità Energetica.

Questa situazione ha differenti implicazioni dirette ed indirette nello sviluppo e messa a punto di una piattaforma aperta a supporto delle Comunità energetiche locali:

- la necessità di essere "aperti" a differenti operatori richiede la capacità di integrare sorgenti dati in maniera rapida e con sistemi basati sulla semantica dei dati ricevuti;
- la presenza di differenti sorgenti, ognuna caratterizzata dalla propria modalità di proporre i dati in un formato spesso non condiviso richiede la capacità del sistema di operare una *data fusion* intelligente sui dati in ingresso;
- la grande quantità di dati che potrebbero essere trattati richiede l'utilizzo di tecnologie *big data* per il trattamento degli *stream* di dati e la loro materializzazione in strutture definite;
- la necessità di trasparenza verso gli utenti e l'utilizzo di soluzioni DLTs, come blockchain, richiede una gestione attenta dei dati e di tutto il processo, dall'acquisizione alla cancellazione;
- infine, i dati di produzione e consumo energetico rientrano nella sfera dei dati personali protetti dalla normativa GDPR e tutto il processo di acquisizione e gestione deve essere controllato e protetto.

Lo scenario di contesto in cui si inserisce la Comunità Energetica vede differenti attori impegnati nella gestione del processo di generazione dell'energia, nel trasporto lungo grandi elettrodotti e nella loro distribuzione locale fino ai differenti punti di prelievo (Point of Delivery o POD). Ogni attore contribuisce alla gestione dell'intero sistema e alla produzione, o raccolta, delle informazioni e dei dati generati durante la parte del processo che lo vede coinvolto.



Figura 1: La struttura a blocchi della rete elettrica italiana

Figura 1 identifica i macro-blocchi che caratterizzano il sistema elettrico italiano dalla generazione, che è un'attività liberalizzata, alla vendita al dettaglio. Come si vede dall'immagine, a parte i sistemi di trasmissione e dispacciamento e la distribuzione e misura, tutti gli altri blocchi sono liberalizzati con un'ampia presenza di operatori di mercato di differente tipologia.

La Tabella 1 indica i principali attori della filiera elettrica nazionale, sia per quello che riguarda la produzione che la distribuzione e la vendita al mercato finale.

Per quello che riguarda la parte di gestione dei dati, i livelli di maggior interesse sono sia quelli di Misura degli utenti domestici che quelli della vendita al mercato finale.

Produzione Nazionale Lorda		Distribuzione & Misura Utenti domestici		Vendita al mercato finale	
Enel	22,1%	e-distribuzione	86%	Enel	35%
Eni	9,1%	Unareti	3%	Edison	4,7%
Edison	7,7%	Areti	4,8%	Eni	4,3%
AZA	5,3%	Ireti	1,4%	Hera	3,5%
ENGIE	3,5%	Edyna	0,1%	Sorgenia	2,4%
Iren	3,1%	Inrete Distribuzione Energia	0,6%	Acea	2,7%
ERG	2,2%	Set Distribuzione	0,7%	Iren	2%
Sorgenia	1,5%	Megareti	0,4%	AZA	2,5%
Altri produttori	37,2%	Altri operatori	2,5%	Altri operatori	43 %

Tabella 1: La distribuzione degli operatori di mercato nel sistema elettrico (Dati ARERA del 2018 - Fonte Relazione Annuale sullo Stato dei Servizi e sull'Attività Svoluta)

Per la parte di distribuzione e misura, è da notare come e-Distribuzione sia di gran lunga l'operatore con la quota più alta di mercato, che comunque comprende più di una decina di operatori differenti.

Per quello che riguarda la vendita, la maggior parte del mercato è controllata da piccoli o piccolissimi operatori che acquistano all'ingrosso e rivendono al dettaglio.

Attualmente, in Italia, gli operatori di distribuzione e misura stanno sostituendo i contatori elettrici con i *meter 2G*, che permettono l'invio dei dati di lettura dei consumi attraverso le dorsali elettriche.

La conseguenza rilevante di questa trasformazione in atto è che questi meter permettono anche, attraverso un lettore da installare a casa, l'invio di questi dati ad un Dispositivo Utente, che verrà descritto meglio in seguito, che raccoglie i dati e li invia ad un aggregatore esterno.

Attraverso questa tecnologia sarà possibile un monitoraggio puntuale dei consumi e della produzione da parte degli utenti in modo immediato e trasparente.

Un'altra possibile soluzione è quella di raccogliere i dati attraverso una strumentazione dedicata installata da un tecnico specializzato nei differenti locali o, almeno, a valle del contatore elettrico attivo. Questa seconda soluzione permette una raccolta di dati più completa, almeno per il momento, rispetto a quella operata dal Dispositivo Utente, però richiede un intervento più *invasivo* e costoso.

La linea di attività 47 ha, come primo obiettivo, la realizzazione di una parte dell'infrastruttura informatica che sosterrà, in futuro, tutti i servizi che verranno creati a supporto della Local Energy Community e, in particolare, quelli basati sulla gestione dei dati di produzione e consumo energetico e gli scambi di token tra i membri e con la comunità.

Il secondo obiettivo, che si sviluppa a partire dai risultati del primo, è quello di progettare alcuni servizi di base che possono essere utilizzati dai vari utenti allo scopo di sfruttare al massimo la piattaforma per i differenti casi d'uso della stessa. Il concetto di caso d'uso è mutuato dalla progettazione di applicazioni e servizi in cui uno degli obiettivi è quello di capire quali sono i possibili utenti dell'applicazione stessa e quale utilizzo ciascun utente può voler fare della piattaforma stessa.

In Figura 6 è rappresentato il caso d'uso di riferimento per la piattaforma: in questa descrizione gli utenti sono raccolti in due grandi gruppi – il gestore e l'utente – che rappresentano le due macrocategorie di utenti. Ogni gruppo interagisce con la piattaforma per completare un task indicato all'interno di ogni ellisse dell'immagine.

In questo modo, è possibile identificare quali funzionalità occorrono per il corretto funzionamento della piattaforma, quali di esse sono comuni ai singoli casi d'uso e quindi possono essere riutilizzate e quali, invece, vanno sviluppate specificatamente per il singolo utilizzo.

L'analisi dell'attuale normativa che regola la creazione e la gestione delle Comunità Energetiche, letta con un'attenzione particolare alla tipologia di utenti che vengono elencati, permette di identificare i vari gruppi immaginati dal legislatore come stakeholder interessati alla comunità stessa: i risultati di questo lavoro permettono di identificare quali attori attivi possono interagire con la piattaforma, su quali attori focalizzare il primo sviluppo per supportare la comunità energetica.

Il presente documento presenta sia i risultati di progettazione e implementazione dei servizi orizzontali, sia una descrizione dell'analisi dei servizi a valore aggiunto che verranno creati durante i prossimi periodi di attività del progetto.

2 Progettazione piattaforma LEC

Il lavoro portato avanti prende spunto dai risultati di analisi e di identificazione dello stato dell'arte nella LA 46 per sviluppare quei servizi che permettono lo sviluppo dei vari aspetti della comunità energetica a partire dagli elementi fondamentali, che forniscono supporto a tutti gli altri componenti, per arrivare ad una prima analisi dei possibili servizi a valore aggiunto che possono essere ingegnerizzati e realizzati nel prossimo futuro. L'obiettivo è quello di realizzare un'infrastruttura informatica, una piattaforma, che permetta di offrire servizi a differenti gruppi di utenti, con lo scopo di ridurre il "gap" necessario per l'accesso degli utenti stessi alla Comunità Energetica e ai suoi servizi.

L'analisi dei componenti prende spunto dall'analisi della normativa attuale che identifica quali gruppi di utenti, o stakeholder, sono interessati allo sviluppo e all'utilizzo della piattaforma. Il risultato di questa analisi è proposto nel paragrafo 2.1.

Successivamente, vengono presentati i *rationale* dei servizi che possono essere immaginati per la Comunità energetica, collegate con le tipologie di utenti della piattaforma.

Nel capitolo 3 vengono presentati i lavori di progettazione ed implementazione delle prime componenti software che sono state realizzate all'interno delle linee di attività: infrastruttura tecnologica che agisce da connettore dei differenti componenti e che offre servizi comuni a tutti, come la gestione degli utenti o la fornitura di canali di comunicazione configurabili; il sistema di gestione di dati provenienti da sorgenti eterogenee che caratterizzano il complesso mondo delle Comunità Energetiche; il sistema di notarizzazione che utilizzi la blockchain per il mantenimento delle informazioni e fornisca una serie di smart contract per rispondere a differenti esigenze.

Il capitolo 4 presenta il lavoro di analisi preliminare per lo sviluppo dei servizi a valore aggiunto costruiti sulla piattaforma sottostante. I servizi si rivolgono a differenti tipologie di utenti e permettono la gestione di tutti i livelli della Comunità Energetica, dalla singola abitazione alla gestione di un'economia locale basata sull'economia circolare.

2.1 Progetto della architettura macrofunzionale della piattaforma LEC

La attività di ricerca sulle energy communities locali prende spunto dal voler fornire ai vari utenti di una comunità adeguati servizi e strumenti in grado di creare un ecosistema energetico intelligente e interattivo.

In tale contesto si mettono in relazione aspetti correlati dal punto di vista ambientale, sociale, tecnologico ed economico con l'obiettivo di migliorare la sostenibilità del sistema energetico.

Il modello ENEA propone la definizione e lo sviluppo di strumenti per la nascita di Energy Community a supporto dei differenti profili energetici che caratterizzano il tessuto urbano (abitazioni, terziario, piccole imprese).

L'obiettivo è lo sviluppo di metodologie, infrastrutture tecnologiche, modelli gestionali ed economici per sostenere e sviluppare l'aggregazione e l'iniziativa dei prosumers e la messa a punto di un processo auto-organizzativo (codificato) di una comunità di cittadini che sviluppa la capacità di auto-gestire una serie di funzionalità connesse alla rete energetica; il modello si basa su tecnologie abilitanti e servizi aggregati e fa uso della tecnologia blockchain e di metodologie per la remunerazione della flessibilità e del comportamento virtuoso della comunità attraverso l'utilizzo di valute complementari.

Il modello di riferimento si focalizza su una piattaforma per le Energy Communities in grado di fornire i seguenti servizi:

- supporto alla propria abitazione (consapevolezza energetica/risparmio energetico/ flessibilità elettrica);
- strumenti di gestione della comunità;
- scambio di beni e servizi;

- co-design dei servizi di comunità e crowdsourcing.

2.1.1 Finalità e descrizione della piattaforma

Il modello ENEA di Energy Community tiene conto dell'impatto potenziale della digitalizzazione e dei modelli di economia collaborativa sul processo di transizione energetica e prende spunto dall'analisi congiunta di casi di studio di comunità energetiche e di esperienze di valute comunitarie digitali a livello internazionale. In particolare, si vuole proporre un modello di microgrid virtuale peer to peer, basata sull'impiego della tecnologia blockchain, che dovrà abilitare la reciprocità degli scambi tra prosumer e consumatori locali in ambito sociale oltretutto energetico.

La Energy Community, coerentemente con la direttiva EMD II, attribuisce un ruolo chiave al consumatore/cittadino nel processo di transizione energetica sia come prosumer, a cui garantire adeguati strumenti tecnologici per la partecipazione diretta al mercato elettrico, sia come consumatore vulnerabile, in condizioni di povertà energetica, verso il quale identificare strumenti idonei di sostegno energetico e sociale.

L'idea di base è quella di fare riferimento al quadro normativo della Citizen Energy Community, il che vuol dire:

- focalizzarsi sul vettore elettrico;
- ammettere la partecipazione di cittadini, piccole imprese ed autorità locali al progetto;
- avere come finalità principale il raggiungimento della sostenibilità sociale, economica ed ambientale.

La comunità energetica è caratterizzata dalla compresenza di obiettivi e comportamenti differenti da parte dei differenti attori, esattamente come qualsiasi contesto economico e sociale che possa autosostenersi. Per questo motivo, la piattaforma, attraverso la tecnologia blockchain, deve gestire l'emissione e la circolazione di una Community Inclusive Currency (CIC) ovvero una valuta comunitaria digitale che venga accettata e scambiata da tutti i partecipanti della comunità.

La CIC avrà la funzione di premiare la messa in comune, da parte dei singoli partecipanti, di competenze e tempo per erogare servizi di assistenza sanitaria, babysitting, co-learning e servizi di natura ecologica, riscattabili sotto forma di sconti presso gli operatori commerciali aderenti all'iniziativa o trasferibili come "titoli di credito" per ottenere altre prestazioni quali, ad esempio, uno sconto sul costo dell'energia.

Per sviluppare un progetto di valuta comunitaria è necessario creare un **gruppo di supporto** che deve comprendere: il gestore della piattaforma, la cooperativa energetica, le associazioni di volontariato, centri di assistenza per anziani e disabili, centri per l'impiego, circoli culturali, operatori commerciali ed imprese.

In una prima fase, da un punto di vista energetico la piattaforma abiliterà, utilizzando la tecnologia blockchain, lo scambio di energia elettrica prodotta mediante impianti di energia da fonte rinnovabile tra le utenze comunitarie interconnesse fornendo un servizio di intermediazione tra domanda ed offerta; in una seconda fase gestirà il demand/response, consentendo ai membri della community di accettare che alcuni dei loro apparecchi siano accesi o spenti dal gestore di rete o da soggetti aggregatori per un migliore equilibrio tra domanda ed offerta di energia. In questo caso la criptovaluta comunitaria servirà a remunerare l'energia pulita autoprodotta e non consumata, messa a disposizione dal prosumer e la flessibilità energetica delle utenze. La piattaforma blockchain dovrà svolgere anche la funzione di registro dei dati relativi alla produzione, al consumo e al trading di energia al fine di una loro successiva analisi. Infine, integrata con sistemi di previsione e gestione della produzione, la piattaforma sarà in grado di supportare le decisioni del gestore della comunità, registrando tutte le transazioni tra i partecipanti e contabilizzando tutti gli elementi energetici ed economici.

Dall'unione delle tematiche sociali ed energetiche nasce la visione di "comunità locali flessibili" in cui il cittadino è attore principale di un ampio ecosistema di servizi: in particolare il cittadino diventa un 'prosumer' di servizi, ovvero una entità in grado di produrre e consumare servizi per una comunità che sono gestiti in un portale dedicato (portale CEC) che di fatto rappresenta un 'market place digitale' in cui si incontrano domanda ed offerta di servizi energetico/sociali.

Da un punto di vista tecnologico, oltre alla blockchain, risulterà un fattore chiave per la integrazione dei servizi la realizzazione di un bus-dati comune per lo scambio delle informazioni sia all'interno della comunità che verso l'esterno. Infine, il portale CEC, per gestire adeguatamente ed efficientemente le grandi quantità di dati eterogenei della comunità, si appoggerà su una infrastruttura Big-Data dedicata.

La comunità energetica, in futuro, si comporterà come un aggregato dinamico di utenti in grado di produrre una parte dell'energia di cui ha bisogno e di fornire ed acquistare servizi di entità esterne alla comunità stessa. In questo contesto, l'energia diventa un servizio che la comunità può acquistare dai suoi associati o comprare e vendere da fornitori esterni.

In questo scenario il gestore della piattaforma blockchain offre servizi alla comunità energetica, sviluppando e gestendo la piattaforma occupandosi del mining della criptovaluta e della sua distribuzione presso il gruppo di supporto. La cooperativa energetica, le associazioni e le aziende del gruppo di supporto, che formano nel loro insieme la Energy Community in senso ampio, potranno acquistare con valuta fiat la valuta comunitaria oppure riceverla gratuitamente dal gestore.

2.1.2 Requisiti e funzioni generali

Per una iniziale definizione dei requisiti e delle funzioni generali del portale si ritiene utile esaminare alcuni aspetti dell'Articolo 42-bis (Autoconsumo da fonti rinnovabili) del Decreto Milleproroghe 2020 che avvia il recepimento della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018 (RED II).

In tale riferimento i consumatori di energia elettrica possono associarsi in due configurazioni:

1. autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente ai sensi dell'articolo 21, paragrafo 4, della direttiva (UE) 2018/2001;
2. comunità energetiche rinnovabili ai sensi dell'articolo 22 della medesima direttiva.

In entrambi i casi l'obiettivo principale dell'associazione è fornire benefici ambientali, economici o sociali a livello di comunità ai suoi azionisti o membri o alle aree locali in cui opera la comunità, piuttosto che profitti finanziari.

Le entità giuridiche costituite agiscono nel rispetto della condizione che i soggetti partecipanti producono energia destinata al proprio consumo, ovvero autoconsumo istantaneo che può avvenire anche attraverso sistemi di accumulo.

Nel primo caso ci si rivolge a nuclei familiari, o altri soggetti le cui attività di produzione e distribuzione dell'energia non costituiscono l'attività commerciale o professionale principale, che si trovano nello stesso edificio o condominio. Eventuali sistemi di accumulo a disposizione della comunità devono altresì risiedere a livello di edificio o condominio. Di fatto, in questa configurazione si costituisce una *micro-comunità energetica di edificio/condominio*.

Nel caso di comunità energetiche rinnovabili, gli azionisti o membri sono persone fisiche, piccole e medie imprese, enti territoriali o autorità locali, comprese le amministrazioni comunali. I punti di prelievo dei consumatori e i punti di immissione degli impianti devono essere ubicati su reti elettriche di bassa tensione sottese, alla data di creazione dell'associazione, alla medesima cabina di trasformazione media

tensione/bassa tensione a cui fanno capo i partecipanti alla Comunità. In questo caso, il limite geografico della comunità è dato dalla superficie coperta da una singola cabina di trasformazione da media a bassa tensione.

In entrambi i casi i clienti finali associati in una delle due configurazioni devono individuare univocamente un soggetto delegato (*Amministratore*), responsabile del riparto dell'energia condivisa ed eventualmente la gestione delle partite di pagamento e di incasso. Il modello economico è supportato dal Sistema Elettrico Nazionale attraverso un contributo diretto ai partecipanti e calcolato con un certo importo per MWh di energia autoconsumata. In tutti i casi la potenza installata disponibile deve essere minore di 200 KW, che è un limite fisico legato alla cabina di bassa tensione. Infine, per entrambe le configurazioni, è richiesta l'installazione di nuovi sistemi di produzione di energia rinnovabile.

Comunità energetiche	Membri	Perimetro
comunità energetica di edificio/condominio (autoconsumatori collettivi)	<ul style="list-style-type: none"> ● nuclei familiari ● altri soggetti le cui attività di produzione e distribuzione dell'energia non costituiscono l'attività commerciale o professionale principale 	Edificio / Condominio
comunità energetica rinnovabili	<ul style="list-style-type: none"> ● persone fisiche ● piccole e medie imprese ● enti territoriali o autorità locali ● le amministrazioni comunali 	Rete Elettrica di bassa tensione sottesa alla medesima cabina secondaria

Tabella 2: comparazione consumatori di energia elettrica (art. 42bis Decreto Milleproroghe 2020)

Da questa analisi sono stati quindi definiti alcuni servizi del portale che recepiscono quanto evidenziato nel decreto ma che al tempo stesso ne ampliano la visione.

Servizio 1) Supporto alla abitazione: gestione energetica, flessibilità elettrica

Servizio 2) Strumenti di gestione della comunità:

- indicatori energetici abitazioni residenziali
- ottimizzazione hub multivettore
- indicatori energetici aziende, edifici non residenziali e distretto
- definizione e implementazione cruscotti e comportamento energetico, comunicazione verso esterno

Servizio 3) Gestione Token Economy:

- Modello economico e gestionale per lo scambio di beni e servizi attraverso token
- definizione indicatori

Servizio 4) Living lab per la partecipazione:

- Condivisione/codesign/cogovernance di progetti di quartiere (metodologia x engagement, vita e progetti di comunità)
- Crowdsourcing

Nella definizione dei servizi e delle funzionalità sono state individuate le categorie di utenti, che ne saranno i fruitori, che saranno 6.

1. Unità abitativa

Questa è generalmente composta da un nucleo familiare che aderisce ad una micro-comunità energetica di condominio (autoconsumatori collettivi) e che pertanto si dota della strumentazione necessaria per far evolvere l'abitazione in una 'smart home' (cfr. LA1, 2 e 3 del presente piano di ricerca). Pertanto, gli utenti finali saranno le persone fisiche che diventeranno attori attivi nello scenario dell'autoconsumo collettivo inserendo sia dati di censimento che inviando dati reali di consumo ed informazioni sulla flessibilità.

2. Amministratore micro-comunità energetica di condominio (autoconsumatori collettivi)

Questo è il soggetto delegato (es. amministratore di condominio) responsabile del riparto e della gestione dell'energia condivisa ed eventualmente della gestione delle partite di pagamento e di incasso verso le unità abitative e l'amministratore REC.

3. Amministratore REC

Questo è il soggetto delegato responsabile del riparto e della gestione dell'energia condivisa ed eventualmente della gestione delle partite di pagamento e di incasso sia verso gli amministratori di autocosumatori collettivi che verso eventuali attori esterni.

4. Membro REC/CEC

Questo è una persona fisica, ente territoriale o autorità locale (comprese le amministrazioni comunali). Inoltre, in questo scenario si ipotizza anche che un membro possa anche essere un utente di cui al punto 2, ovvero un condominio di autoconsumatori collettivi (Figura 2).

5. Amministratore comunità energetica di cittadini (CEC)

Questo ha le stesse funzioni dell'Amministratore REC con l'aggiunta della gestione dello scambio di beni e servizi di servizi connessi indirettamente alla gestione energetica (es. car sharing elettrico) e di carattere sociale (Figura 3).

6. Attori esterni

Aggregatori e distributori (DSO) operanti sul mercato della flessibilità, ovvero il portale della comunità offrirà delle opportune interfacce software (es. API Rest) affinché l'amministratore possa offrire agli stakeholder energetici (es. distributore, aggregatore) la flessibilità totale aggregata e partecipare quindi a programmi di Demand-Response.

Altri possibili attori esterni possono essere le piattaforme urbane (Smart City Platforms - SCP) con cui scambiare KPI ed altre REC/CEC con le quali scambiare informazioni e compra/vendita di energia/flessibilità.

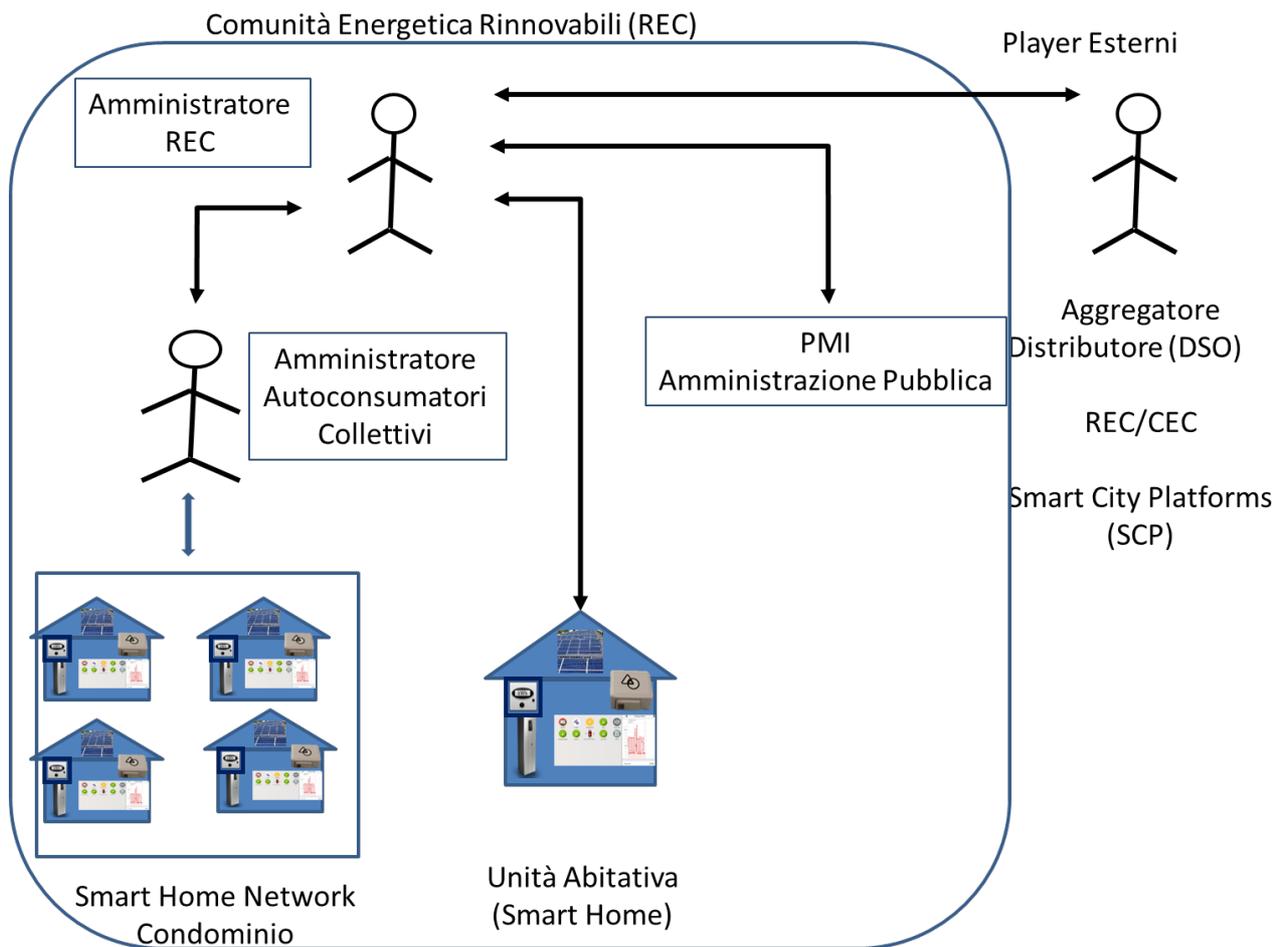


Figura 2: utenti modello REC (secondo art 42bis Milleproroghe 2020)

Inoltre, la direttiva EU 2019/944 del 5 giugno 2019 sul Mercato Elettrico introduce le CEC (Citizen Energy Communities). Nel framework CEC (Figura 3) sono incluse attività di sharing dell'energia, il demand response, azioni per l'incremento di efficienza nelle abitazioni, la lotta contro la povertà energetica attraverso tariffe più basse; pertanto entrano nella direttiva a pieno titolo i temi delle smart homes e degli aggregatori di utenze residenziali (virtuali non territoriali o anche fisiche e localizzate su uno specifico territorio), il tema della flessibilità e della blockchain, il tema della gestione (o "auto-gestione" di una microgrid di piccoli utenti a livello di district).

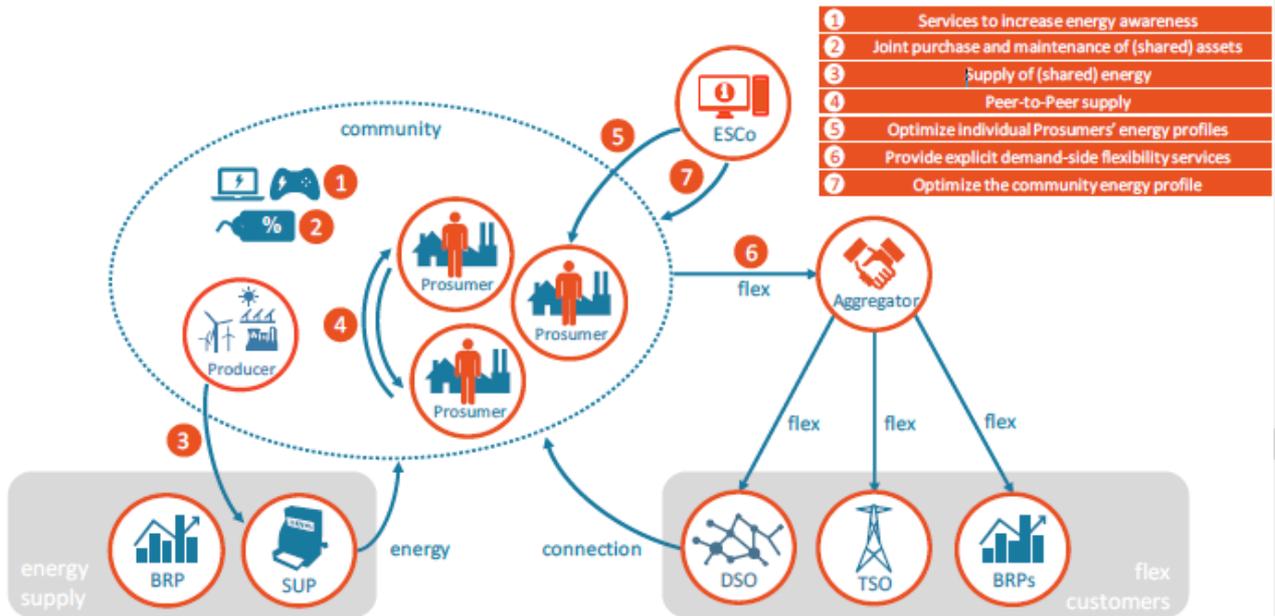


Figura 3: Servizi di energia e flessibilità che possono essere offerti ai prosumer all'interno di una comunità energetica dei cittadini (USEF White Paper: Energy and Flexibility Services – February 2019)

Tipicamente, ① e ② sono le motivazioni principali per istituire un CEC, nel qual caso la comunità offre questi servizi ai suoi membri. L'ottimizzazione per i servizi di flessibilità della domanda può essere offerta da una ESCo o da un Aggregatore (servizi ⑤ e ⑥). È importante notare che una CEC potrebbe anche assumere il ruolo di una ESCo e / o Aggregatore. Questo è illustrato nella Figura 4, in cui la comunità stessa (nel ruolo di ESCo e/o Aggregatore) offre servizi di ottimizzazione della flessibilità per sbloccare il valore economico dei servizi di flessibilità sul lato della domanda per i suoi membri.

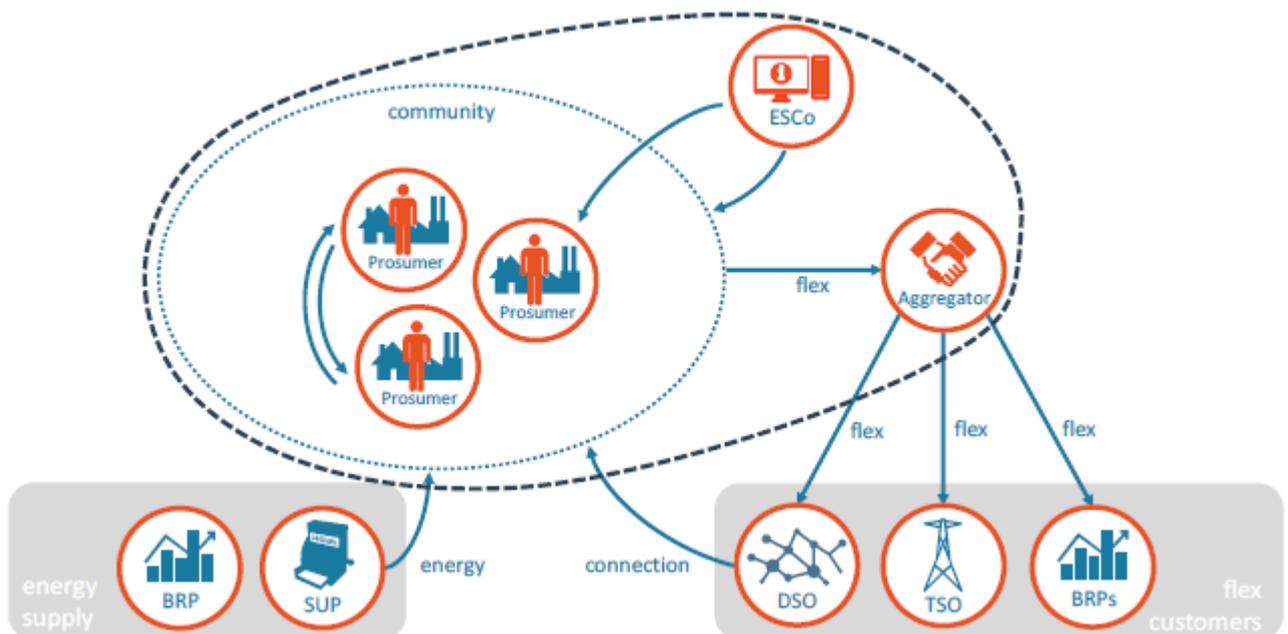


Figura 4: Illustrazione della CEC che assume il ruolo di ESCo e Aggregatore, con la possibilità di offrire servizi di flessibilità ai suoi membri. (USEF White Paper: Energy and Flexibility Services – February 2019)

La vision adottata prevede di trattare non solo il tema strettamente energetico ma altresì temi relativi alla sostenibilità ambientale e sociale; il punto centrale di questo modello consiste dunque nella creazione di una piattaforma in cui è possibile usufruire di diverse tipologie di servizi inerenti sia aspetti energetici che sociali.

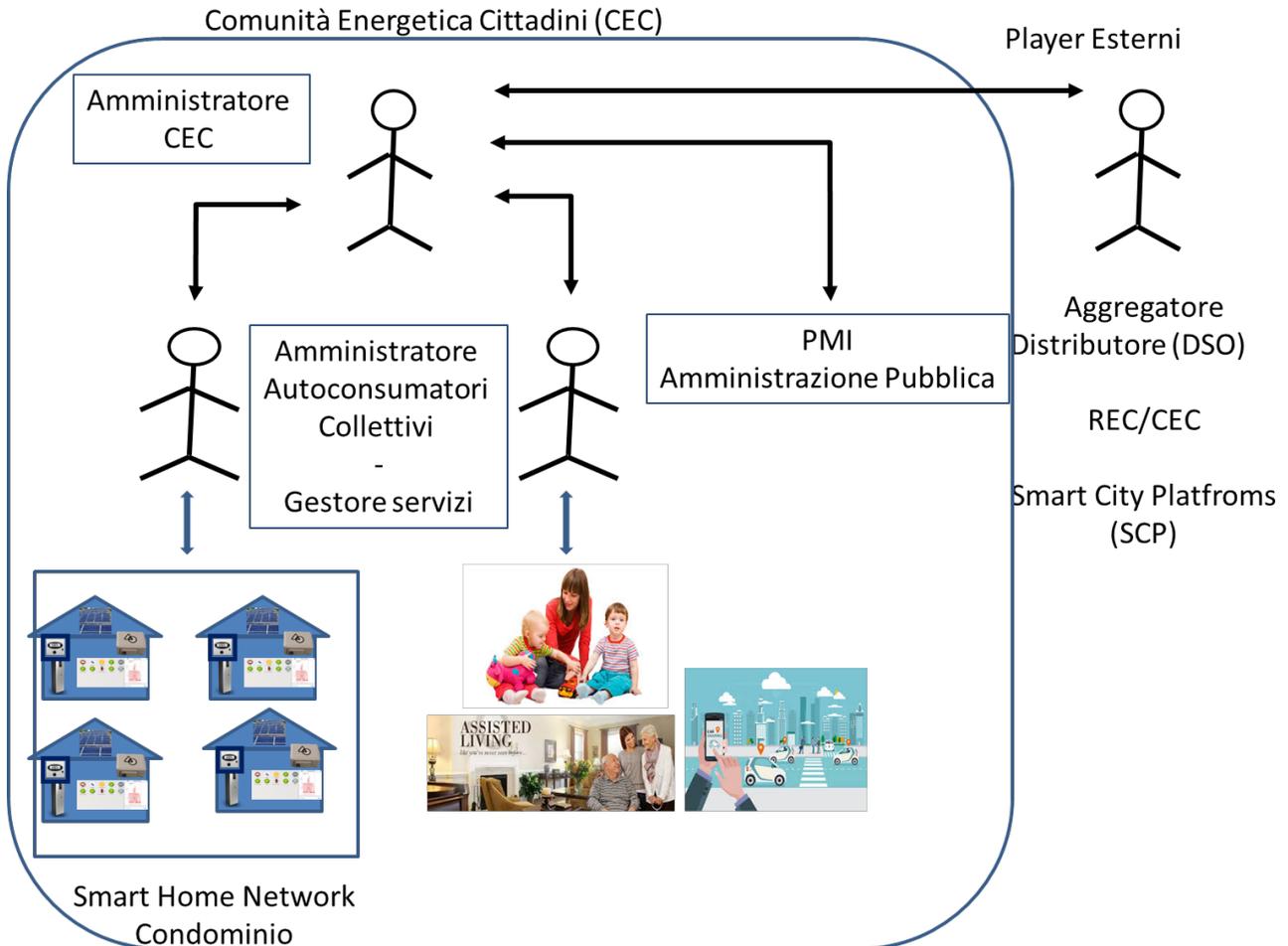


Figura 5: Utenti modello CEC allargato (LEC)

Identificati i servizi e gli utenti finali di seguito si riporta la tabella che mette in corrispondenza i servizi, le funzionalità e i fruitori a cui sono destinati.

Servizio	Funzionalità del portale	Destinatario/Fruitore
Supporto alla abitazione	<ul style="list-style-type: none"> Supporto alla gestione energetica: suggerimenti (es. opportunità di minor costi dal mercato, gaming, suggerimenti di interventi per il risparmio energetico) Flessibilità potenziale: comunicazione da cittadino ad amministratore (orari e potenza di <u>flessibilità disponibile</u> decisi dall'utente) Applicazione set point di consumo max generale indicatori energetici di appartamento cruscotto 	Unità abitativa (nucleo familiare)
	Scambio token della flex con attore esterno	Amministratore Comunità

Accordo di Programma MiSE-ENEA

		-
	cruscotto (profili consumo, produzione, flex, storage, etc)	Attore esterno (es. DSO) Amministratore Autoconsumatori Collettivi (condominio)
Strumenti di gestione della comunità	<ul style="list-style-type: none"> ● indicatori energetici di edifici (condomini e autocosumatori collettivi - smarthome.enea.it) e di rete (bassa tensione) ● cruscotto (profili consumo, produzione, flex, storage, etc) ● supporto alle politiche di gestione della comunità (tool di orientamento degli investimenti semplificato) ● disponibilità della flessibilità di comunità e comunicazione della flessibilità potenziale aggregata ad attori esterni 	Amministratore REC
Strumenti di gestione della comunità	<ul style="list-style-type: none"> ● indicatori energetici (stima): edifici, IP, rete ... ● indicatori socio-economici: demografici, distribuzione energetica (consumi, num.utenti, mq), aderenti alla comunità (per classi cittadini,pmi,...), indici di miglioramento (trend), volume token scambiati ● comunicazione verso membri (persone fisiche, piccole e medie imprese, enti territoriali o autorità locali) : strumenti (newsletter, poll) e contenuti ● cruscotto (grafica) 	Amministratore CEC
Gestione Token Economy	<ul style="list-style-type: none"> ● erogazione beni/servizi a singoli (privati) o alla comunità ● fruizione/acquisto di beni/servizi da singoli membri 	Membro (persona fisica/giuridica)
	<ul style="list-style-type: none"> ● tokenizzazione scambi energetici e sociali (<u>smart contract</u>) e gestione wallet ● interoperabilità servizi energetici/sociali ● ottimizzazione hub multivettore ● cruscotto con indicatori (es. Volume di scambi, ...) 	Amministratore CEC
Living lab per la partecipazione	<ul style="list-style-type: none"> ● Adesione a condivisione/codesign/cogovernance di progetti di quartiere ● Suggerimento di nuovi progetti di quartiere (con catalogo) ● indicatori statistici (lista progetti attivi/completati/suggeriti, tasso adesione, benefici), gradimento ed indicatori relativi 	Membro CEC (persona fisica/giuridica)
	<ul style="list-style-type: none"> ● Definizione di progetti di quartiere di condivisione/codesign/cogovernance 	Amministratore CEC

	<ul style="list-style-type: none"> sentiment analysis (Opinion Mining) da social network, indicatori statistici di partecipazione e gradimento 	
--	---	--

Tabella 3: Lista delle funzionalità della piattaforma

Le funzionalità del servizio “Supporto alla Abitazione” sono sviluppate nell’ambito delle LA 1, 2 e 3 del presente piano di ricerca.

Infine, nella tabella seguente vengono mostrati i requisiti generali, intesi come specifiche globali, che intendono avere un carattere comune a tutte le componenti del portale.

Item	Requisito
Accesso al sistema	Il sistema deve essere accessibile da qualunque client web, attraverso il quale l’utente può reperire e gestire le informazioni, usufruire dei servizi di dispositivi mobili di nuova generazione come gli smartphone/tablet.
Facilità d’uso	Deve essere garantito un <i>approccio di tipo visuale</i> al sistema, attraverso il quale l’utente potrà utilizzare i servizi messi a disposizione con naturalezza ed intuizione (<i>grado di usabilità</i>).
Robustezza	Il sistema deve essere affidabile, robusto, e <i>full tolerant</i> con affidabilità maggiore del 95%, realizzato con software certificato e/o validato; deve essere in grado di fornire assistenza all’utente nel caso di operazioni errate.
Sicurezza	Accesso riservato al sistema mediante l’utilizzo di <i>login e password</i> ; identificazione e <i>profilazione</i> dell’utente, <i>privilegi e permessi</i> . Le procedure di sicurezza dei sistemi dovranno essere compatibili con le modalità di gestione della rete (https, VPN, ecc.).
Portabilità	Il sistema deve garantire la piena fruibilità su ogni macchina, sistema operativo, client web e mediante anche <i>app</i> e interfacce responsive realizzate per dispositivi mobili (smartphone, tablet).
Documentazione	Il sistema deve mettere a disposizione la documentazione tecnica e di progetto con funzionalità specifiche per i documenti e le immagini in ambiente tipo Cloud.
Modularità e interoperabilità	Il sistema deve essere composto da un insieme di moduli funzionali tra loro indipendenti, interoperabili e gestibili separatamente, favorendo così l’implementazione di sistemi distribuiti e esterni.

Tabella 4: Requisiti generali della piattaforma

3 Sviluppo dei servizi verticali

3.1 Servizio 1 - supporto alla gestione energetica e/o flessibile della propria abitazione

L'ENEA ha realizzato un modello tecnologico ed una piattaforma prototipale denominata DHOMUS, si veda LA1,2,3 disponibile all'indirizzo <https://www.smarthome.enea.it> dedicata agli utenti residenziali singoli ed al loro potenziale Amministratore di Comunità (AdC) o Aggregatore (scenario Figura 4).

Tale piattaforma ha l'obiettivo di rendere gli utenti residenziali innanzitutto consapevoli (azione ① Figura 4) dei propri "dati" energetici, per aiutarli a comprendere quanta energia consumano e per quali usi, così da guidarli a contenere sia i consumi che i costi economici e ambientali. Inoltre, la piattaforma fornisce gli strumenti per l'interazione tra utenze domestiche ed AdC/Aggregatore per abilitare servizi di gestione efficiente e flessibile delle abitazioni per la loro partecipazione al mercato del DR (azione ⑥ Figura 3).

L'utente è il fulcro del sistema, sia il semplice consumatore, che quello dotato di dispositivi smart per la gestione energetica della propria "smart home": prese intelligenti, sensori per il monitoraggio dei consumi e del livello di confort e presenza all'interno della abitazione, il tutto gestito tramite un Energy Box (EB) che funge da gateway tra i due differenti livelli, abitazione e AdC/Aggregatore.

3.2 Servizio 2 - cruscotto di comunità (energia, partecipazione, token)

Il coordinamento di un gruppo eterogeneo di utenze (domestico, industriale, terziario, ecc) richiede lo sviluppo di uno strumento che permetta oltre all'acquisizione dei dati di consumo energetico, anche l'analisi degli stessi, anche in forma aggregata, ed in funzione dei parametri che caratterizzano la comunità energetica; lo sviluppo di uno strumento, che avrà la funzione di un vero e proprio "cruscotto di comunità" (cruscotto LEC), permetterà oltre che la visualizzazione, anche la possibilità di tracciare temporalmente la variazione delle performance di comunità.

Il cruscotto deve essere, quindi, uno strumento informatico che permette di visualizzare ed analizzare i dati provenienti dalla comunità e di interagire con i membri della comunità stessa per guidarne il comportamento e stimolare il virtuosismo energetico. Ciò implica la diretta partecipazione dei membri alla vita della comunità stessa, quindi, accanto al servizio di monitoraggio, è necessario lo sviluppo di strumenti di interazione che permettano il contatto con gli utenti, ad esempio attraverso messaggi generalizzati o puntuali.

Saranno presi in considerazione principalmente due tipologie di utenti del cruscotto: il gestore della comunità e il singolo utente. Nella Figura 6 sono riportati in linea generale i casi d'uso del cruscotto, identificandone le macro-azioni.

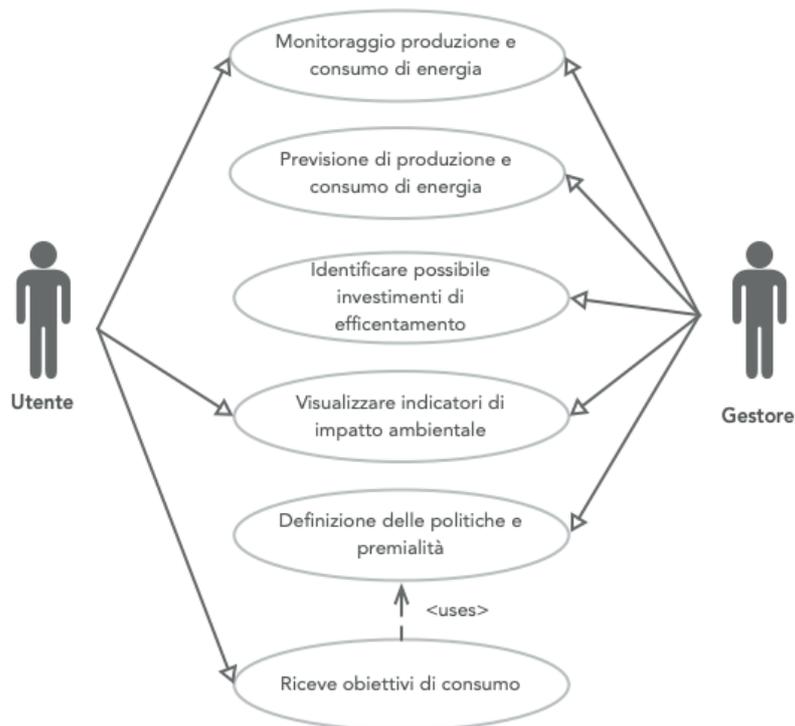


Figura 6: Caso d'uso del cruscotto

Alla base di tutte le scelte del gestore della comunità, come detto ci sarà l'acquisizione e l'analisi dei dati di consumo, la produzione di energia e l'analisi dei parametri di comunità (che saranno integrati con informazioni di profilo degli utenti attribuiti sia attraverso l'identificazione di *cluster di appartenenza ricavati* a partire dai dati di consumo, sia attraverso informazioni di registrazione degli utenti stessi.

L'insieme di queste informazioni permette al gestore, non soltanto di identificare le esigenze di produzione e consumo di energia della comunità, ma anche di gestire eventuali obiettivi nel rimodulare la curva di consumo (spostamento, rimodulazione del carico, sistemi di accumulo) ed identificare soluzioni che ottimizzino il consumo (efficientamento delle tecnologie) e la produzione di energia (installazione di sistemi per la produzione da fonti rinnovabili).

Il monitoraggio permette anche di identificare quei valori di *performance* che caratterizzano la comunità e che possono essere alla base del raggiungimento dei macro-obiettivi, come l'energia prodotta, autoconsumata o la riduzione di emissione di CO₂.

Il gestore definirà, quindi, delle politiche di incentivazione e premialità, in funzione dei diversi obiettivi assegnati ai singoli utenti ed individuati grazie alla clusterizzazione delle utenze. La premialità può essere remunerata attraverso token di comunità.

Al fine di poter assegnare gli obiettivi, il cruscotto avrà anche funzione di integrare degli algoritmi previsionali basati sull'analisi statistica e utili per poter programmare delle azioni. I risultati di tali algoritmi produrranno delle previsioni di produzione e consumo che saranno trasmesse agli aggregatori di primo livello (servizio 1), in ottica demand/response e pianificazione dei consumi e della produzione.

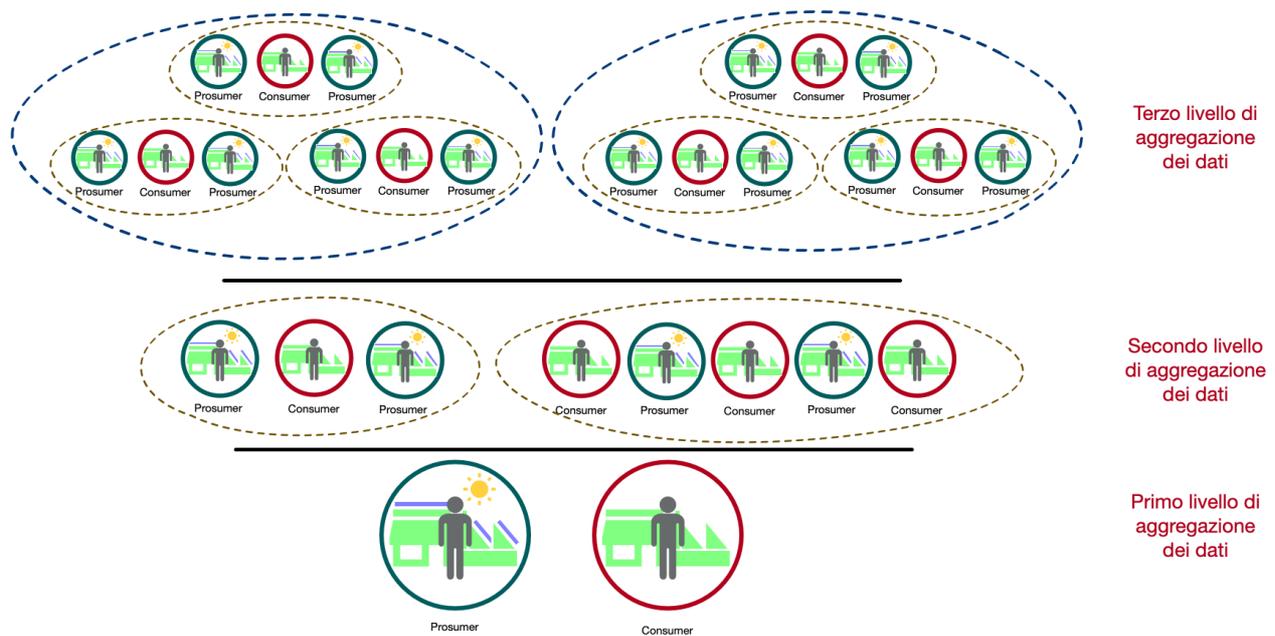


Figura 7: Livelli di aggregazione dei dati in una LEC

La Figura 7 fornisce un'idea dei differenti livelli di aggregazione e controllo dei dati.

Nel cruscotto LEC, il dato "elementare" è quello fornito dal sistema smarthome o aggregatore di primo livello (per applicazioni, ad esempio, di tipo industriale)¹: il nodo di raccolta è rappresentato dall'insieme dei dispositivi dei singoli "utenti". Il cruscotto ha come nodo di riferimento quello di secondo livello, relativo alla gestione della comunità, e all'amministratore, che gestisce e coordina diverse abitazioni. Il terzo livello prevede la possibilità di collaborazione tra differenti comunità energetiche, ad esempio attraverso la compravendita di energia tra due o più entità vicine, in modo da aumentare il vantaggio ambientale dell'area.

L'attuale legislazione italiana prevede come dimensione territoriale più larga per la Comunità Energetica Rinnovabile (REC) quello determinato dalle sottoreti di bassa tensione originate dalla stessa cabina di media tensione.

Da un punto di vista tecnico/funzionale, il nodo di 2° livello potrebbe aggregare le utenze che afferiscono alla stessa cabina MT/BT: in questo modo si potrà già implementare un primo servizio di caratterizzazione e ottimizzazione del carico del gruppo di utenze che vi afferiscono a livello di cabina MT/BT.

A livello di aggregatore di 2° livello sarà possibile caratterizzare il carico in base alle macro-categorie definite, ed in particolare rispetto alla sua modulabilità o spostabilità, e, successivamente, valutare la possibilità di inserire sistemi di accumulo per aggregati di utenze (ad esempio a livello condominiale), avere indici di omogeneità di utenza (utenze residenziali, industria e servizi, misto), fare valutazioni sulla flessibilità dei consumi e sulla possibile riduzione dei picchi di assorbimento dalla rete elettrica².

¹ A corredo del dato energetico inviato dagli aggregatori di primo livello sarà necessario avere anche informazioni sulla tipologia di carico a livello macroscopico, ad esempio se il carico è periodico, o se è spostabile, modulabile o non controllabile. In questo modo, anche in un'ottica di gestione dei carichi e della flessibilità, il gestore ha l'insieme completo delle informazioni per capire quali carichi possono essere gestiti e in che modo.

² Nel caso delle REC, il cruscotto di comunità si configura, di fatto, come un sistema che possa armonizzare gli indicatori provenienti dagli aggregatori di primo livello che non necessariamente devono svilupparsi su più cabine limitrofe. In questo scenario, in cui il numero di utenze che afferiscono allo stesso nodo è molto basso, l'attivazione dei servizi di comunità sarebbe limitata ai servizi essenziali.

Questi elementi potrebbero essere messi a disposizione di TSO e DSO che, in funzione di quello che può essere la previsione di un carico che è sensibile a parametri anche non strettamente energetici, potrebbe attivare delle tariffe incentivanti per i carichi modulabili o spostabili.

Il cruscotto LEC, nell'ottica di orientare verso l'autoconsumo la produzione all'interno della comunità, dopo una prima fase di caratterizzazione potrà essere utilizzato al fine di implementare delle linee guida di comunità per la gestione ottimizzata dell'autoconsumo e, di conseguenza, strutturare dei sistemi incentivanti di comunità.

La gestione dei carichi della comunità prevede l'implementazione, mediante interazione con l'utente finale (in uno scenario di pushing dei messaggi), di sistemi che consentano di avvisare e di conseguenza attuare delle azioni di modifica del proprio carico. Questa logica quindi si affianca a quella degli attuatori gestiti in modo automatico in base alle politiche indicate dalla comunità, rendendo l'utente parte attiva nella gestione dei propri consumi e, quindi, nel contribuire in maniera attiva ad una variazione del carico di comunità.

Il cruscotto oltre agli indicatori energetici, riporterà indicatori ambientali, di partecipazione alla comunità, di beneficio economico (legato ai vantaggi in termini di riduzione dei consumi ed alla rimodulazione degli stessi) associandone i meccanismi di valorizzazione economica (mediante token).

In definitiva, il cruscotto della comunità energetica permetterà:

- Di monitorare la produzione ed il consumo di energia della comunità;
- Di implementare algoritmi che possano sviluppare, da un punto di vista statistico, una previsione di produzione di energia interna alla comunità;
- Di ottimizzare l'autoconsumo interno anche con sistemi di premialità dei comportamenti virtuosi, comparazione di profili energetici;
- Di identificare possibili investimenti per il miglioramento del profilo energetico e di produzione della comunità;
- Di poter interagire con la comunità nel suo complesso o con il singolo utente in maniera immediata, ad esempio tramite APP, per stimolare ed informare tutti i partecipanti;
- In futuro, di gestire le *appliances* all'interno delle abitazioni in maniera remota, semplificando l'impegno delle persone nella gestione dell'energia.
- Di visualizzare indicatori ambientali e di partecipazione alla comunità.

3.3 Servizio 3. Gestione della token economy

Il servizio di scambio di beni e servizi integrato nella token economy nasce dalla esigenza di offrire ai cittadini di una determinata comunità la possibilità di sfruttare risorse locali in ottica di sharing economy;

Uno dei passaggi fondamentali è il cambio di paradigma dalla logica del *possesso* di un bene a quella dell'*uso*. L'auto elettrica condivisa a livello di quartiere ben rispecchia questo nuovo scenario: l'auto è sempre a disposizione di chi ne ha necessità che la utilizza solo per il tempo che gli occorre e la paga solo per quel tempo. In questo modo, il bene è sfruttato al massimo delle sue potenzialità.

Un altro elemento è il riuso della ricchezza: sarà possibile in questo modo supportare una economia locale che recuperi valore dal rimettere in circolazione nella comunità, beni, conoscenze e spazi inutilizzati. Alla base vi è la valorizzazione di un bene usato (che in un sistema di economia lineare viene solitamente smaltito come rifiuto), attraverso il riuso, il riciclo o la rigenerazione.

Questo approccio, che potremmo chiamare di "circular community", si presta molto bene a delineare la transizione verso una economia circolare almeno a livello locale.

Motore di questo cambiamento è la comunità stessa che, nella stessa normativa europea, è vista come elemento centrale del contratto sociale tra le persone: la creazione di gruppi eterogenei per la gestione del territorio, delle sue ricchezze e della sua economia locale permette di affrontare insieme e con maggior impatto le sfide di decarbonizzazione e riduzione di impatto ambientale che l'Europa vuole affrontare con efficacia.

Le attività di community di questo tipo portano beneficio in termini di sostenibilità ambientale, economica e sociale, in quanto ispirata ai principi della economia circolare e della economia collaborativa.

Strumento abilitante della circular community è la creazione di una economia locale basata su “token” che vengono scambiati con beni e servizi e che hanno solo valenza locale o ristretta alla comunità. Modelli di condivisione antichi, come quello dello scambio del proprio tempo o delle risorse, che hanno caratterizzato a lungo le comunità più piccole e rurali del paesaggio italiano ed europeo e che sono pressoché scomparse con l’industrializzazione e la creazione di grandi agglomerati urbani.

Lo scambio può essere infatti integrato con forme di incentivazione (attraverso token scambiabili), tramite l’acquisto di prodotti maggiormente sostenibili o con il riciclo di rifiuti o con attività di coesione sociale legate allo scambio di servizi. In sostanza si realizza la circular community attraverso una economia locale basata su “token” che vengono scambiati con beni e servizi che vanno nella direzione della economia circolare.

Il modello definito a tale scopo prevede che al singolo cittadino, al suo ingresso nella comunità, venga corrisposta una determinata quantità di token. Una volta entrati nella comunità non sarà più possibile comprare i token attraverso gli euro, ma si potranno guadagnare solamente attraverso la condivisione di beni e servizi. La ricezione della quota di token iniziale avverrà attraverso la registrazione dell’identità dell’utente sulla piattaforma, a cui verrà associato un wallet.

il modello di scambio di token prevede tre attori principali: il privato cittadino, ossia il membro della comunità, il sistema centrale, con funzioni di controllo, che rappresenta il gestore del sistema stesso e gli *stakeholders*, che comprendono aziende, esercizi commerciali, associazioni, etc. che decidono di aderire al servizio.

Le possibili azioni di scambio consistono in transazioni bilaterali tra i tre attori e ogni azione è associata a un flusso di token dipendente dalla tipologia di azione compiuta. Per semplicità, le azioni sono state suddivise nelle seguenti categorie:

- Azioni *cittadino - cittadino*
- Azioni *cittadino -community*
- Azioni *cittadino - stakeholder*
- Azioni *stakeholder - community*
- Azioni *stakeholder - stakeholder*.

Le azioni *cittadino - cittadino* sono tutte quelle azioni compiute tra i membri della comunità dove con il termine *peer* si intende il singolo cittadino membro della community. Questa tipologia di azioni si suddivide a sua volta in servizi e beni scambiati o prestati.

Le azioni *cittadino - community*, costituiscono invece l’insieme delle attività socialmente utili per la comunità e in questo caso è la piattaforma che va remunerare il soggetto che svolge tale attività, come per esempio la manutenzione di una aiuola pubblica.

Le azioni *cittadino - stakeholder*, sono tutte quelle azioni che interessano il singolo cittadino e una generica attività commerciale, azienda o associazione della comunità e per le quali il singolo cittadino, nel caso in cui acquisterà un servizio da uno *stakeholder*, potrà pagarlo in token.

Le azioni *stakeholder - community*, costituiscono l’insieme delle azioni che interessano lo *stakeholder* e la comunità e per le quali lo *stakeholder* se svolgerà una attività utile per la comunità riceverà un compenso in token dalla piattaforma.

Con le azioni *stakeholder - stakeholder*, si intendono le azioni che il singolo *stakeholder* può effettuare per un altro *stakeholder*, per le quali uno *stakeholder* potrà richiedere un servizio ad un altro *stakeholder*.

Lo scambio di beni, servizi e token avviene all’interno di una piattaforma basata sulla tecnologia blockchain che, grazie alla sua natura decentralizzata e basata sulla crittografia, la rendono uno strumento sicuro ed

efficace per la gestione delle transazioni. Tutte le azioni tra i partecipanti al servizio verranno codificate tramite smart contracts, che, una volta scritti, verranno distribuiti tra i nodi della blockchain e resi immutabili; tuttavia, sarà possibile richiamarli ogni qualvolta se ne avrà la necessità.

3.4 Servizio 4. Living lab per la condivisione

La piattaforma LEC offre anche un servizio a supporto dello sviluppo e l'auto-organizzazione delle comunità. L'idea alla base è la possibilità che attraverso attitudini individuali, sinergie di gruppi sociali e tecnologie "abilitanti" cosiddette "smart", sia possibile far emergere risorse e potenzialità che risiedono nelle "comunità" locali contribuendo a migliorare la qualità della vita delle persone nella direzione stessa della "rigenerazione urbana e sociale".

Il living lab offerto dalla piattaforma LEC rappresenta l'ambiente di scambio social dove si sviluppa una coscienza di gruppo, o meglio di quartiere, su tematiche di interesse comune quali la partecipazione attiva, la consapevolezza energetica e ambientale; inoltre promuove la responsabilità diretta e una nuova soggettivazione del cittadino a favore del proprio ambiente nelle strutture di *governance* locale.

Lo scopo primario di questa attività è raccogliere, diffondere e gestire informazioni utili a stimolare comportamenti e pratiche sostenibili da parte dei cittadini e delle istituzioni. In particolare, è necessario dotarsi di un sistema di analisi della percezione dei cittadini ("sentiment analysis") sulla qualità dei servizi offerti per consentirne miglioramenti progressivi.

L'attività denominata **ECListener** si innesta in questa cornice ed ha per finalità l'acquisizione delle informazioni fornite spontaneamente da semplici utenti sui social network (Twitter) e da professionisti o collaboratori della stampa nelle testate giornalistiche più accreditate, in particolare quelle più utilizzate dalle comunità locali.

Il monitoraggio di questi sistemi, associato all'acquisizione delle informazioni sulla piattaforma social della Energy Community, consente una valutazione dell'apprezzamento degli utenti sui servizi forniti dalla Energy Community e più in generale sul gradimento dei servizi essenziali (illuminazione, fornitura domestica, semafori etc) legati all'uso dell'energia elettrica.

I risultati delle analisi statistiche dei livelli precedenti rappresentano la base su cui definire specifiche campagne informative per valutare il gradimento dei diversi progetti e il livello di attenzione da essi suscitato. L'attivazione delle campagne informative non si svolge in maniera totalmente automatizzata, ma richiede l'intervento dello sperimentatore.

4 Progettazione infrastruttura backend

L'infrastruttura per la gestione dei dati provenienti da differenti sorgenti è uno degli elementi fondamentali per la realizzazione della piattaforma a supporto delle Comunità Energetiche. Infatti, il mercato elettrico in Italia è caratterizzato dalla presenza di differenti operatori, sia per quello che riguarda il processo di vendita, ma anche quello di produzione e dispacciamento dell'energia. Ogni operatore rappresenta, in linea di principio, una differente sorgente di dati con le proprie caratteristiche, modalità di interazione e modello dei dati scambiati.

Accanto a questo microcosmo di operatori, si possono posizionare i ben più numerosi fornitori di tutti quei sensori, applicazioni di monitoraggio e strumenti di domotica che, di fatto, raccolgono dati in modalità quasi continua e che rappresentano una importante sorgente di informazioni e, in un prossimo futuro, anche una possibile categoria di consumatori di dati provenienti dalla piattaforma.

L'infrastruttura immaginata è quella presentata in Figura 8: un approccio modulare che parte da alcuni elementi orizzontali alla base ed una serie di servizi orizzontali basati su di essi. I due servizi progettati e sviluppati sono quelli legati alla acquisizione e gestione dei dati e, dall'altra parte, quelli legati alla sicurezza dei dati stessi e della loro immutabilità e notarizzazione attraverso tecnologie blockchain.

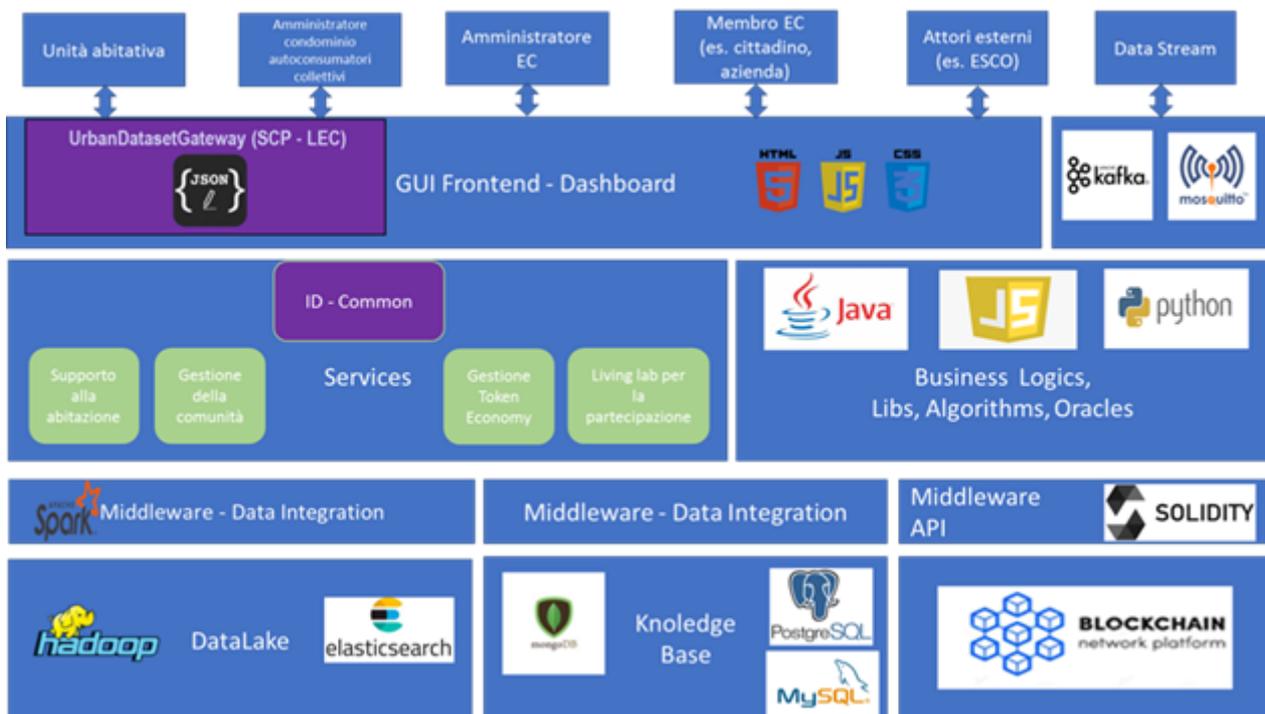


Figura 8: stack tecnologico portale Energy Community

L'analisi dei vari elementi e del loro sviluppo verrà presentato nella restante parte del presente capitolo.

4.1 Progettazione e implementazione architettura ICT

Il punto di partenza consiste nella definizione dello stack tecnologico riportato nella figura precedente.

In tale figura nella parte più in alto vengono riportati gli attori individuati nel paragrafo 2.1.2 "Requisiti e funzioni generali" con l'aggiunta degli stream di dati che possono arrivare da altre sorgenti (es. social network).

Il secondo layer definisce i sistemi di front-end, ovvero le GUI, le dashboard ed il gestore degli stream dati (Stream Manager). In tale strato si colloca anche il componente UrbanDataSetGateway (SCP-LEC) che viene ereditato dalla SmartCityPlatform - SCP (LA 20) con le opportune customizzazioni per poter gestire gli UrbanDataSet specifici (alcuni di essi descritti nel paragrafo sui casi d'uso) che arriveranno alla piattaforma.

Il terzo layer include i Servizi e gli algoritmi/librerie di Business Logic. I servizi sono quelli identificati nel paragrafo 2.1.2 “Requisiti e funzioni generali” con l’aggiunta di un componente essenziale derivato dalla SCP quale l’ID-Common per gestire in modo unificato le identità (Identity Server).

Il quarto strato (Middleware) è quello che espone le interfacce affinché gli strati software superiori accedano allo strato di base in cui sono collocati i sistemi di storage dati (Data Lake - DL e Knowledge Base - KB) e l’infrastruttura BlockChain. Sull’ultimo layer, il DL sarà utilizzato per conservare dati ‘grezzi’ che tipicamente sono di grandi volumi, mentre invece la KB conterrà dati elaborati.

4.1.1 Identity Provider

Per Identity-Common (Id-Common) intendiamo il server che contiene sia l’Identity Provider (IDP) che Identity Gateway (IG), ed è utilizzato da più piattaforme come gestore dell’autenticazione centralizzato.

Una delle caratteristiche principali del sistema è quella di poter registrare nuove utenze attraverso uno username (che per convenzione corrisponde all’indirizzo e-mail) e una password e fornire, attraverso queste credenziali, un token di autenticazione JWS (JSON Web Token). Il token ha una validità temporale e permette all’utente di accedere agli altri servizi offerti dalla piattaforma.

Con lo scopo di rendere il sistema di gestione delle utenze più sicuro, circoscritto e indipendente dalla scelta del particolare prodotto software installato, abbiamo pensato di creare un’interfaccia intermedia tra l’Identity Provider e gli altri componenti dell’architettura. In particolare, questa interfaccia prende il nome di IdentityGateway.

L’IdentityGateway è un servizio RESTful che raccoglie le richieste degli utenti e, in funzione anche del ruolo dell’utente stesso, interroga il l’Identity Provider attraverso opportune chiamate.

IDP è il componente chiave dell’architettura poiché è il punto di snodo attraverso cui tutti i servizi del portale passano, pertanto la sua progettazione risulta essere piuttosto articolata poiché. Quindi, viene di seguito fornita una descrizione più dettagliata dei requisiti e delle funzionalità che il componente software “Identity Provider” dovrà soddisfare.

Definiamo Identity Provider “un’entità di sistema che crea, conserva e gestisce le informazioni sull’identità degli utenti e fornisce anche servizi di autenticazione per affidare le applicazioni all’interno di una federazione o di una rete distribuita”.

Seguono le funzionalità che devono essere supportate dall’Identity Provider.

4.1.1.1 Censimento webapp/servizi e ruoli

ID-Provider: Censimento WebApp/Ruoli

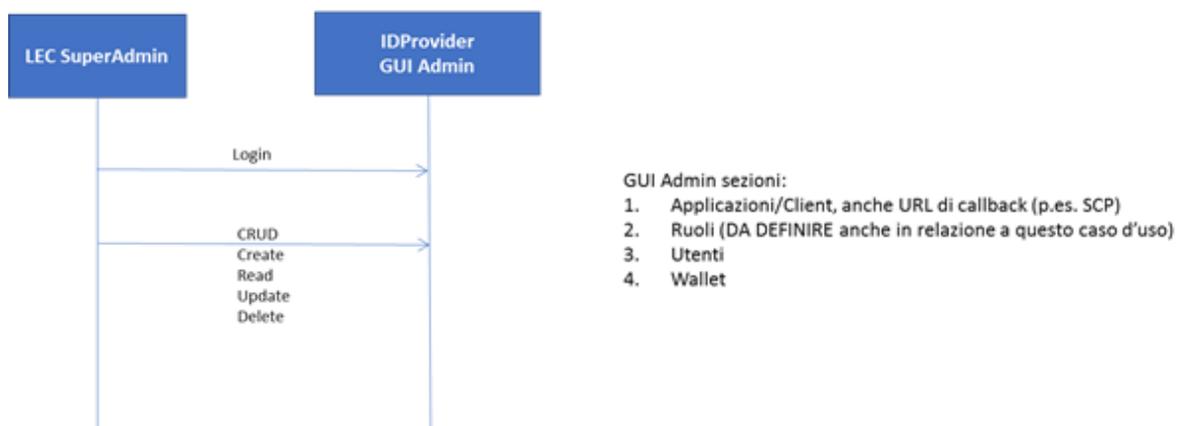


Figura 9: censimento webapp e ruoli

In primo luogo, l'IDP dovrà prevedere una utenza SuperAdmin a cui saranno permesse le operazioni CRUD di utenti, servizi/applicazioni, ruoli e wallet. Per far ciò dovrà disporre di una apposita GUI.

4.1.1.2 Adesione e registrazione nuovo utente

La prima funzionalità che l'IDP dovrà prevedere è quella di consentire la registrazione di un nuovo utente che avverrà secondo i seguenti passi:

1. un nuovo utente accede da una qualsiasi LEC-webapp dei servizi previsti dal portale e viene indirizzato al componente GUI Register dell'IDP, che costituisce l'unico punto di entrata centralizzato (single entry point) per la registrazione, in cui inserisce alcuni dati anagrafici di base;
2. i dati utente vengono memorizzati in attesa della conferma finale;
3. l'IDP risponde alla LEC-webapp, riportando i dati di anagrafica e username, e invia email all'utente per confermare la sua identità;
4. sulla LEC-webapp viene riportato l'avviso che è stata inviata email, vengono richieste eventuali informazioni specifiche del servizio a cui la LEC-webapp fa riferimento, i dati vengono registrati dalla LEC-webapp specifica che gestisce i permessi peculiari del servizio offerto per quel particolare ruolo utente;
5. l'utente notifica all'IDP la validità della propria email e viene eventualmente abilitato da parte del SuperAdmin;
6. l'IDP attraverso apposita chiamata REST comunica al sistema di gestione della piattaforma Blockchain la creazione di un nuovo utente e ne riceverà un ID specifico (da salvare insieme alle altre info di anagrafica) che servirà per identificarsi ogniqualvolta si rendano necessarie l'attivazione di transazioni Blockchain che devono aggiornare il wallet dell'utente;
7. la piattaforma Blockchain eseguirà le opportune operazioni.

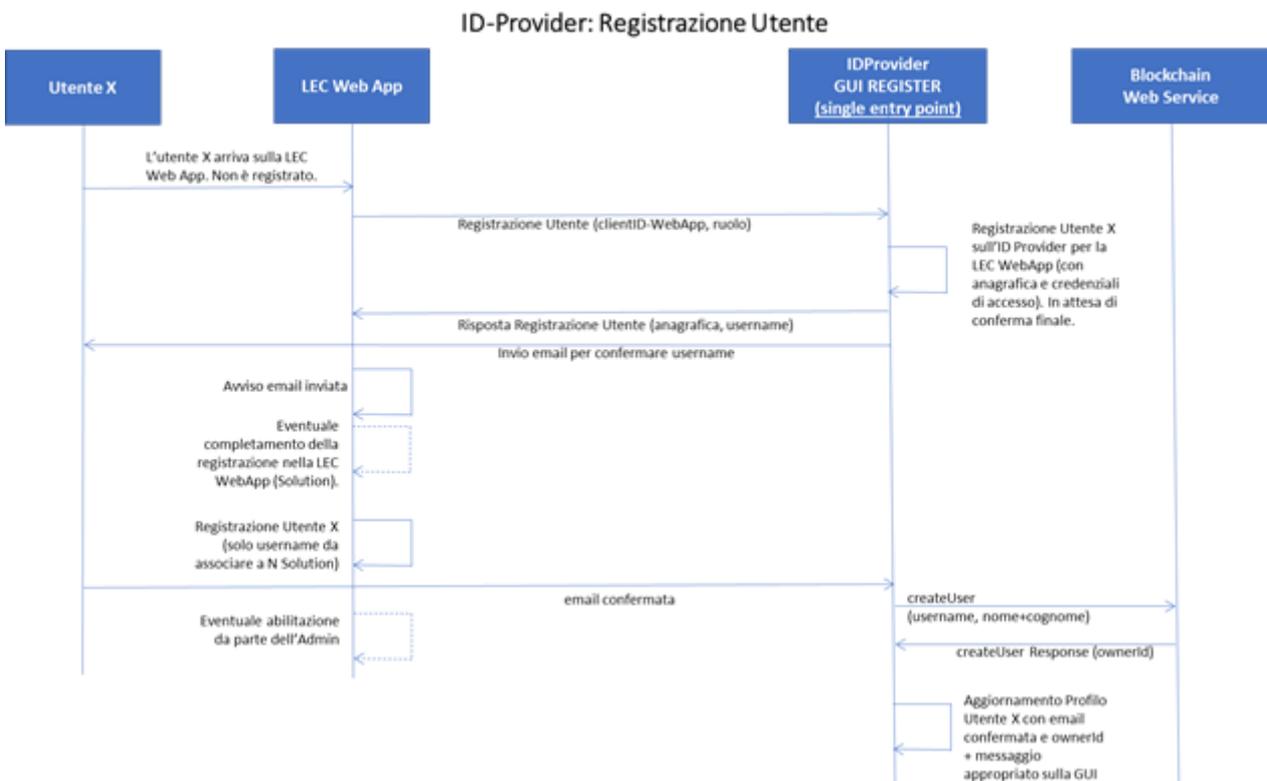


Figura 10: registrazione utente

4.1.1.3 Login/logout utente (da stesso servizio/webapp)

Una volta che un utente è stato registrato sul portale, l'IDP dovrà gestire opportunamente le fasi di login e logout come descritte di seguito.

1. Un utente da una qualsiasi webapp del portale potrà avere accesso alla pagina di login tramite apposito link che indirizzerà il clientId all'unico entry point dell'IDP;
2. se è il primo accesso sarà mostrata la GUI login;
3. IDP verificherà la correttezza di username e password e risponderà alla webapp con un json che conterrà il risultato e l'eventuale token da usare per le successive transazioni.
4. La specifica webapp potrà se necessario richiedere informazioni aggiuntive, quindi potrà creare la sessione;
5. se l'utente dovesse riprovare a fare il login, questo sarebbe reindirizzato all'IDP;
6. IDP se riconosce che il token è valido, ritorna ok, altrimenti ripropone la GUI login;
7. quando l'utente farà il logout dalla webapp, la richiesta viene indirizzata all'IDP;
8. IDP invaliderà il token e ritornerà al cliente un json circa l'avvenuta operazione
9. la webapp chiude la sessione.

Il token ha una validità temporale configurabile, allo scadere del periodo di validità il token risulterà invalido e si dovrà effettuare il login per ottenerne uno nuovo.

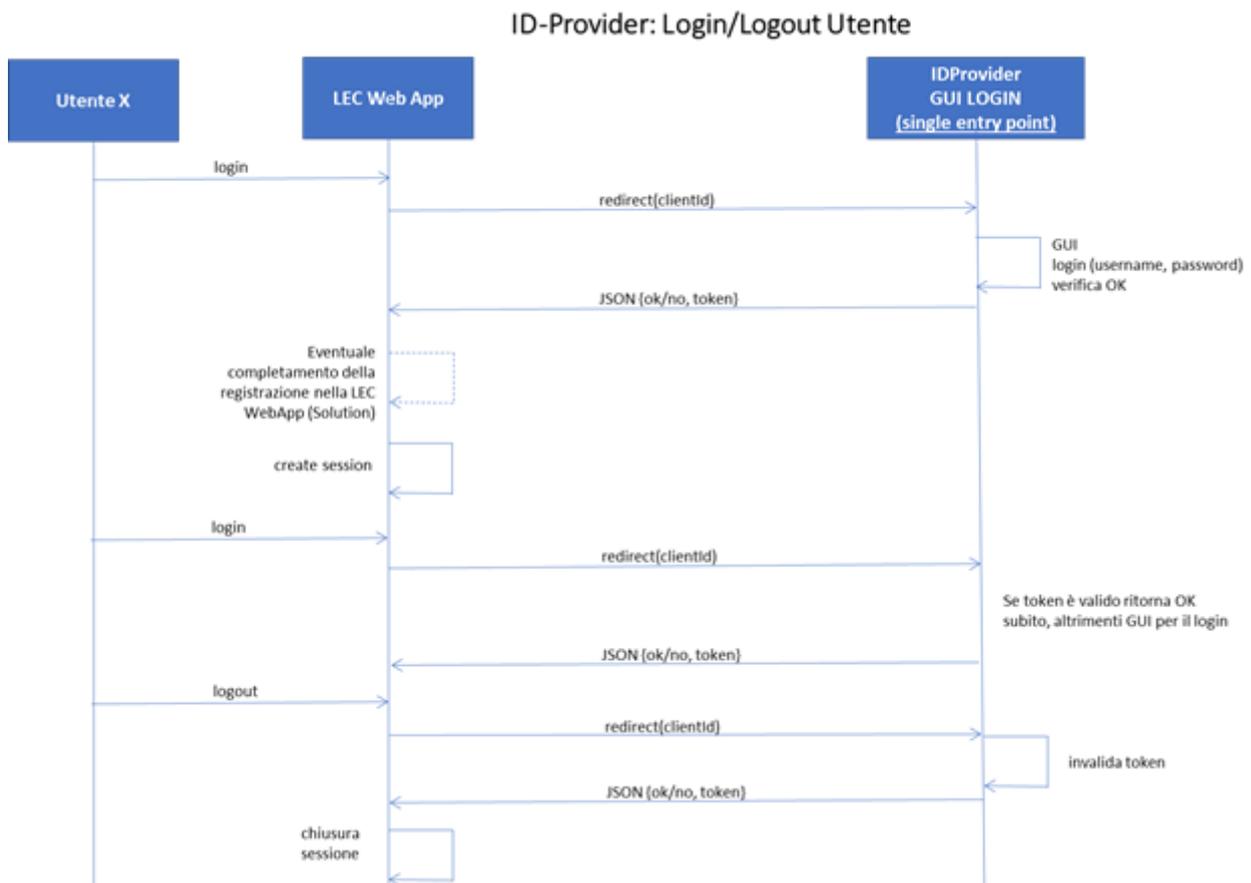


Figura 11: login - logout

4.1.1.4 Single-Sign-On (SSO)

Una delle funzionalità peculiari dell'IDP è quella di supportare il meccanismo del single-sign-on in modo tale da consentire agli utenti di poter passare tra i vari servizi del portale senza dover ripetere ogni volta la procedura di login.

Lo scenario descritto di seguito considera il caso con 2 servizi/webapp ma evidentemente è generalizzabile ad un numero qualsiasi.

1. Un utente da una qualsiasi webapp del portale potrà avere accesso alla pagina di login tramite apposito link che indirizzerà il clienteld all'unico entry point dell'IDP;
2. se è il primo accesso sarà mostrata la GUI login;
3. IDP verificherà la correttezza di username e password e risponderà alla webapp con un json che conterrà il risultato del login e l'eventuale token da usare per le successive transazioni.
4. La specifica webapp potrà se necessario richiedere informazioni aggiuntive, quindi potrà creare la sessione;
5. l'utente va su un servizio diverso (LEC-WebApp2), che sarà reindirizzato all'IDP;
6. IDP se riconosce che il token è valido, ritorna lo stato di OK (login/SSO avvenuto correttamente), altrimenti ripropone la GUI login.

4.1.1.5 Modifica utente da utente

Scopo di questa attività è quello di poter consentire ad un utente di modificare i propri dati con cui si è registrato secondo quanto descritto di seguito.

ID-Provider: Modifica Utente da Utente

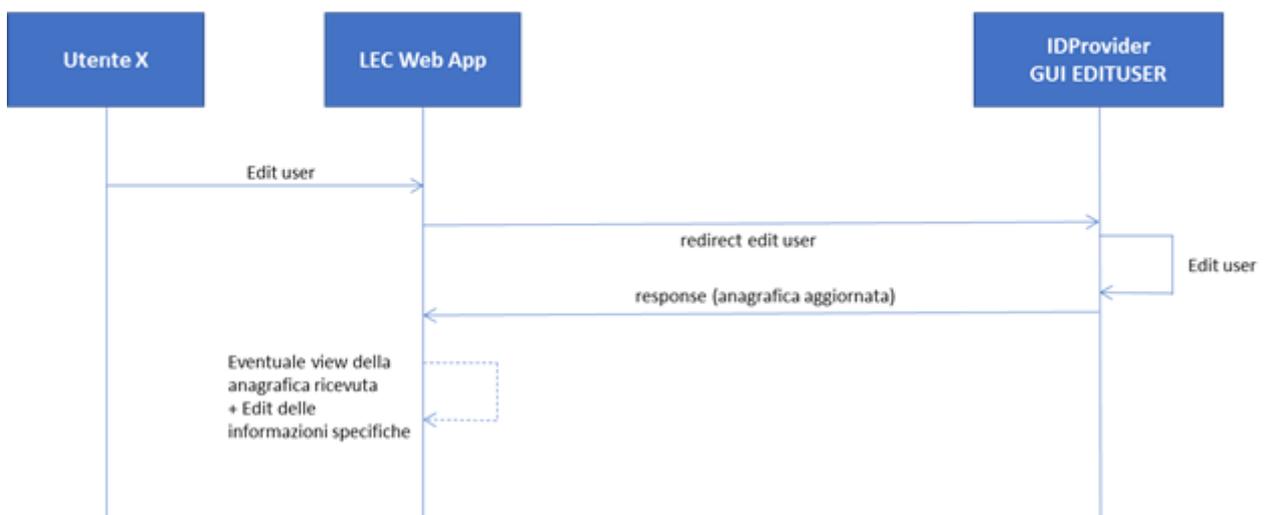


Figura 12: modifica utente

1. Un utente da una qualsiasi webapp del portale, una volta fatto il login, potrà avere accesso alla pagina di edit del proprio profilo tramite apposito link che indirizzerà il client all'unico entry point dell'IDP;
2. IDP attraverso apposita GUI EditUser mostrerà le informazioni all'utente per consentirne la modifica e salvare le informazioni aggiornate.
3. IDP ritorna alla webapp l'anagrafica aggiornata;
4. la specifica webapp potrà visualizzare le informazioni ricevute e se necessario richiedere la modifica delle proprie informazioni aggiuntive.

4.1.1.6 Cancellazione utente da utente

Scopo di questa attività è quello di poter consentire ad un utente di cancellarsi dal portale, in modo tale da soddisfare il principio di "diritto all'oblio", secondo quanto descritto di seguito.

1. Un utente da una qualsiasi webapp del portale, una volta fatto il login, potrà avere accesso alla pagina di cancellazione del proprio profilo tramite apposito link che indirizzerà il client all'unico entry point dell'IDP;
2. IDP attraverso apposita GUI DeleteUser mostrerà le informazioni all'utente per chiederne conferma della cancellazione.
3. IDP effettua l'operazione e ritorna alla webapp l'esito dell'operazione;

4. la specifica webapp potrà aggiornare la propria vista;
5. IDP attraverso apposita chiamata REST comunica al sistema di gestione della piattaforma BlockChain la cancellazione di un utente attraverso l'ID Blockchain specifico (ottenuto e salvato in fase di creazione utente, attività 1.2 passo 6);
6. la piattaforma BlockChain opererà le operazioni necessarie.

ID-Provider: Delete Utente (byUtente)

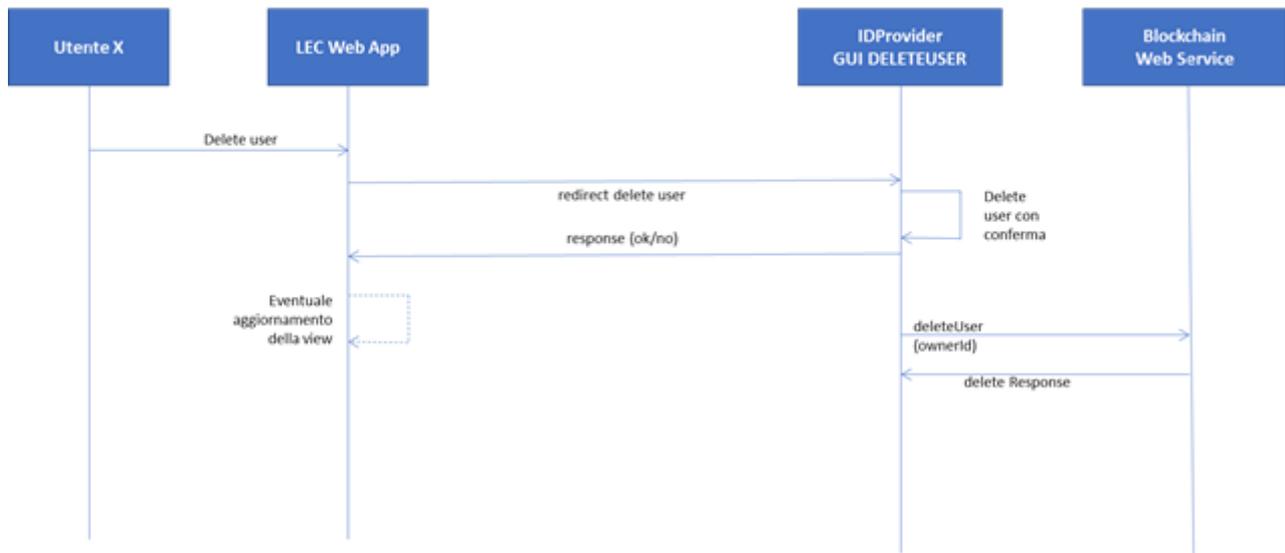


Figura 13: cancellazione utente

4.1.1.7 Cancellazione account BlockChain

Scopo di questa attività è quello di consentire ad un utente di poter cancellare dalla piattaforma BlockChain un servizio ('account' BlockChain) per il quale si era registrato da webapp specifica (es. un utente del servizio 'unità abitativa' non consente più di inviare i propri dati di consumo).

ID-Provider: Delete BC account

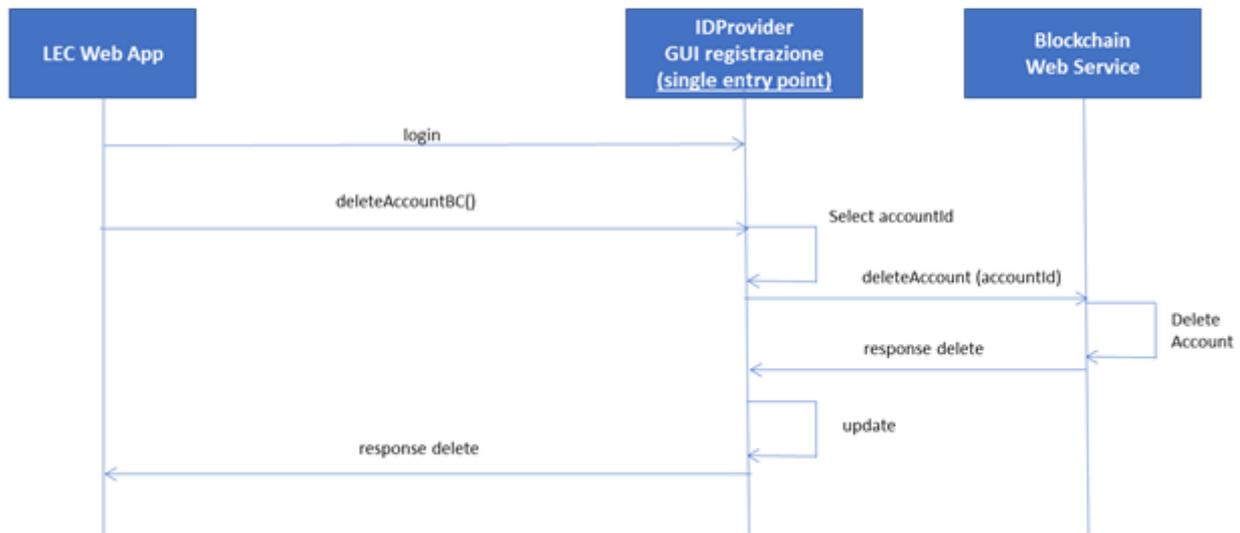


Figura 14: cancellazione account BlockChain

1. Un utente da una qualsiasi webapp del portale, una volta fatto il login, potrà avere accesso alla pagina di cancellazione tramite apposito link che indirizzerà il client all'unico entry point dell'IDP;
2. IDP attraverso apposita GUI mostrerà le informazioni all'utente per chiederne conferma della cancellazione.
3. IDP recupera accountId (ottenuto e salvato in fase di creazione utente) relativo all'utente corrente ed al servizio specifico;
4. IDP attraverso apposita chiamata a servizio REST comunica al sistema di gestione della piattaforma BlockChain la cancellazione di un utente attraverso l>ID Blockchain specifico;
5. La piattaforma BC effettua l'operazione secondo proprie logiche e ritorna risposta ad IDP;
6. IDP effettua i necessari aggiornamenti sulla base dati;
7. IDP ritorna alla webapp l'esito dell'operazione;

4.1.1.8 Comunicazione Machine-To-Machine

Questa attività riguarda la comunicazione automatica tra Web App e Identity Provider (quindi senza l'intervento dell'Utente tramite una GUI; ciò avviene, per esempio, nella fase di recupero dati dai contesti urbani). In particolare, questa comunicazione deve riutilizzare il più possibile l'interfaccia dell'IdentityGateway (descritta in Appendice) lato IDP, ovvero un'interfaccia RESTful specifica.

La comunicazione, per tutti i metodi dell'IdentityGateway, segue questo schema:

1. una Web App può, in maniera automatica, interrogare l'IDP con uno dei metodi previsti dall'IdentityGateway (si veda in Appendice) utilizzando un sistema basato su token che viene restituito dopo aver fatto login per poter continuare l'esecuzione delle operazioni preconfigurate;
2. l'IDP risponde ad ogni metodo con un JSON che riporta l'esito della richiesta.

ID-Provider: M2M

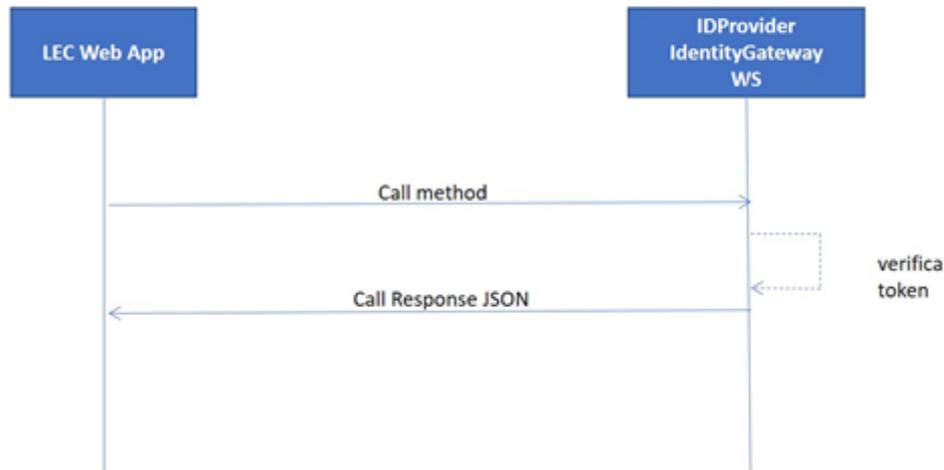


Figura 15: comunicazione M2M

4.1.2 Altri moduli

l'UrbanDatasetGateway è il web service che permette abilitare la comunicazione interoperabile tramite l'invio o il recupero di UrbanDataset (si veda specifica SCPS Communication);

Il modulo predisposto per la data ingestion dall'esterno verso la LEC è basato su due possibili modalità di gestione: MQTT e Kafka.

4.1.2.1 MQTT – Mosquitto

Il protocollo MQTT (Message Queue Telemetry Transport), un protocollo ISO standard (ISO/IEC PRF 20922) di interscambio di messaggi leggero, molto diffuso in ambito IoT ed in generale in cui i requisiti prioritari sono semplicità di invio, limitata richiesta di banda e l'indipendenza dal formato dati. MQTT si basa sul pattern publish/subscribe e richiede pertanto un message broker. Nel pattern publish/subscribe vengono definiti dei canali su cui i client possono inviare (publish) e/o mettersi in ascolto (subscribe), definiti topic. L'accesso ai canali è regolato dall'autenticazione utenti e dalla Access Control List (ACL).

Nel caso specifico della LEC è stato predisposto un message broker basato su Mosquitto, un'implementazione open source di MQTT sviluppata e supportata dalla Eclipse Foundation.

Al fine di interfacciare il broker con l'architettura descritta, è necessaria l'implementazione di un bridge che interfaccia i dati inviati dai client in modalità publish, agendo da subscriber di tutti i topic attivi nel dominio di interesse, con il sistema di persistenza dei dati, il datalake.

A tale scopo sarà necessario:

- definire i topic e la loro logica di suddivisione;
- definire e implementare la logica di controllo della validità dei dati;
- il sistema di feedback all'utente;
- le modalità e la frequenza di immissione dei dati nel sistema di persistenza.

4.1.2.2 Kafka

Per gestire al meglio il "living lab" ed in particolare i servizi di monitoraggio dei cittadini (forniti da "ECListener") è utile gestire i dati relativi alle loro esternazioni in modalità di flusso, ovvero senza discontinuità. Per realizzare tali funzionalità è quindi necessario disporre di uno o più gestori di flusso di dati (Aata Stream Manager).

Per fornire i servizi di comunità si utilizzeranno tutte le caratteristiche di Kafka:

- DBM: Gestore di una banca dati (Data Base Manager)
- DSM-R: Ricettore in tempo reale del flusso di dati (Data Stream Manager as Receiver)
- DSM-D Distributore in tempo reale di flusso di dati (Data Stream Manager as Distributor)
- UM: Gestore Utenti (User Manager)

Queste caratteristiche consentono l'immagazzinamento cronologicamente ordinato e classificato dei dati e la loro fruizione in tempo reale da parte degli utenti analizzatori (Data Analytics).

L'architettura dei servizi (es. ECListener) sarà "Dependable", robusta rispetto alla perdita di uno qualsiasi dei componenti hardware e resiliente rispetto a interruzioni di fornitura di energia elettrica e inaccessibilità del sito. La "dependability" è l'insieme delle caratteristiche che rendono la piattaforma solida: affidabilità (reliability), disponibilità (availability), e sicurezza (safety and security). Il sistema operativo open source scelto, "Centos", garantisce il supporto per Kubernetes e Kafka e l'indipendenza della piattaforma dagli sviluppatori commerciali. La controllabilità remota della piattaforma (tecnologia iDRAC) consente di gestirla senza la presenza dell'operatore; inoltre consentendo il riavviamento remoto rende il sistema resiliente anche rispetto a mancanza di energia superiore all'autonomia dell'UPS.

Il funzionamento di Kafka è basato sugli allibratori (Broker) delle istanze di applicativi mutuamente sostituibili ed in grado di eseguire l'algoritmo di gestione di Kafka. I broker consentono l'interoperabilità di kafka con due tipi di applicativi i "fornitori" ("Producer") e i "fruitori" ("consumer") di flussi di dati. Kafka fornisce le interfacce per dialogare con i broker in tutti i linguaggi di programmazione, ma la piattaforma sarà realizzata in python.

I fornitori (codici in python) utilizzati sono contenuti in due tipi diversi di software nell'architettura:

- i web-crawler, che raccolgono i dati dai media e li trasformano in strutture dati elementari json (JavaScript Object Notation) che chiameremo "jnews".
- I collettori che raccolgono i messaggi di testo su twitter e trasformano anche questi in strutture json che chiameremo "jtweet".

I broker di kafka raccolgono entrambi i flussi di dati, li classificano secondo delle "tematiche" e li memorizzano nel database di kafka.

I fruitori sono invece i codici che richiedono i flussi di dati delle diverse tematiche e le analizzano.

Un particolare fruitore di Kafka riceve l'intero flusso di dati, li filtra in base ad algoritmi di pertinenza, si autentica tramite l'IdentityGateway e, tramite un token rilasciato, conferisce i dati selezionati nel suo "data lake".

Altri fruitori eseguono o aggiornano le statistiche sui jtwit e jnews ricevuti, si autenticano e forniscono i dati al "Knowledge Base".

Una delle caratteristiche importanti di Kafka è la capacità di profilare gli utenti e memorizzare i dati forniti per evitare le duplicazioni. Questo servizio è chiamato "singola spedizione" ("exactly-once delivery"); dal punto di vista informatico si tratta di coordinare le diverse azioni dei broker per evitare le duplicazioni.

Un'altra importante caratteristica di Kafka è la possibilità di arricchire i jtwit e jnews di altri attributi, quali localizzazione geografica, collocazione temporale, tematica di riferimento etc...

4.1.2.3 Spark

Apache Spark è un framework open source general purpose per il calcolo distribuito, attualmente parte della Apache Software Foundation. La caratteristica principale di Spark è la sua capacità di elaborazione distribuita in memory, che consente di elaborare in tempi contenuti una quantità di dati maggiore rispetto ai tradizionali sistemi di calcolo distribuito, quali Map Reduce.

Spark non ha un sistema di gestione di dati embedded, per cui necessita un interfacciamento con sistemi di archiviazione esistenti. Tale necessità rappresenta un'altra caratteristica di spark, ovvero la flessibilità di interfacciamento, in quanto sono disponibili librerie per l'interfacciamento con i più diffusi sistemi di archiviazione quali HDFS, Elastic Search, DB relazionali quali MySQL e PostgreSQL, o non relazionali quali MongoDB.

Poiché nasce come framework per i sistemi di calcolo distribuito, consente una facile scalabilità, in quanto è sufficiente aggiungere nodi come worker aggiuntivi da associare al nodo master e si ottiene una scalabilità lineare della potenza di calcolo.

Le librerie di Spark supportano inoltre diversi linguaggi di programmazione, tra cui Scala, Java, Python ed R. Apache Spark segue l'architettura master slave, dove il master è rappresentato dal driver e gli slaves dagli esecutori. Gli esecutori sono responsabili dell'esecuzione effettiva del lavoro assegnatogli dal driver. Ciò significa che ogni esecutore è responsabile solo di due cose: eseguire il codice assegnatogli dal driver e riportare lo stato del calcolo, su quell'esecutore, al nodo del driver.

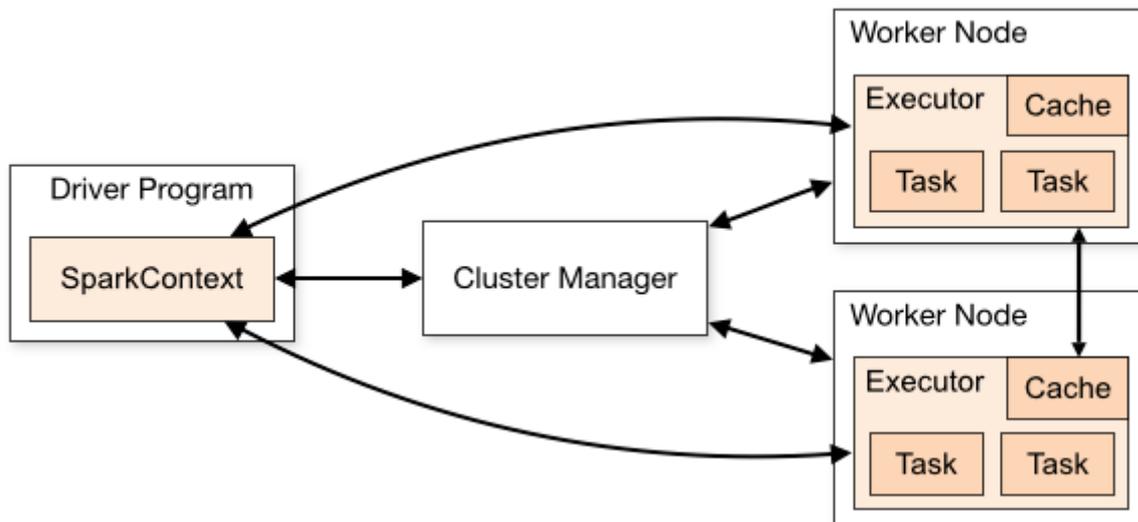


Figura 16: Spark in modalità cluster

Spark può operare anche secondo un'altra modalità definita Client Mode, ovvero standalone. In questo caso, il programma SparkContext e il Driver vengono eseguiti all'esterno del cluster, ad esempio, da un laptop. Nell'architettura della LEC, il ruolo di Apache Spark è quello di agire come data retriever e data integrator, sfruttando la polivalenza e flessibilità delle librerie e la potenza di calcolo distribuito offerta dal data lake.

La figura mostra un esempio generalizzato di un processo che sarà implementato in tale ambiente (es. calcolo KPI). Tale processo deve essere implementato in Spark, e deve essere strutturato in due sottoprocessi batch che ciclicamente preprocessano i dati provenienti dalle due tipologie di sorgente attraverso delle apposite librerie Spark, e servono il risultato in un formato dati che possa essere poi utilizzato da un terzo processo, avviato a seguito di una richiesta del client, il cui output deve essere servito al client che ne ha fatto richiesta. Sarà quindi necessario lo sviluppo di:

- Processo 1 che ciclicamente preprocessa in Spark i nuovi dati non strutturati
- Processo 2 che ciclicamente preprocessa in Spark i nuovi dati strutturati
- Processo 3 che, ad ogni richiesta del client, processa i dati pre-elaborati dai due processi precedenti e serve il risultato del calcolo dei KPI, sotto forma di dataframe, al richiedente.

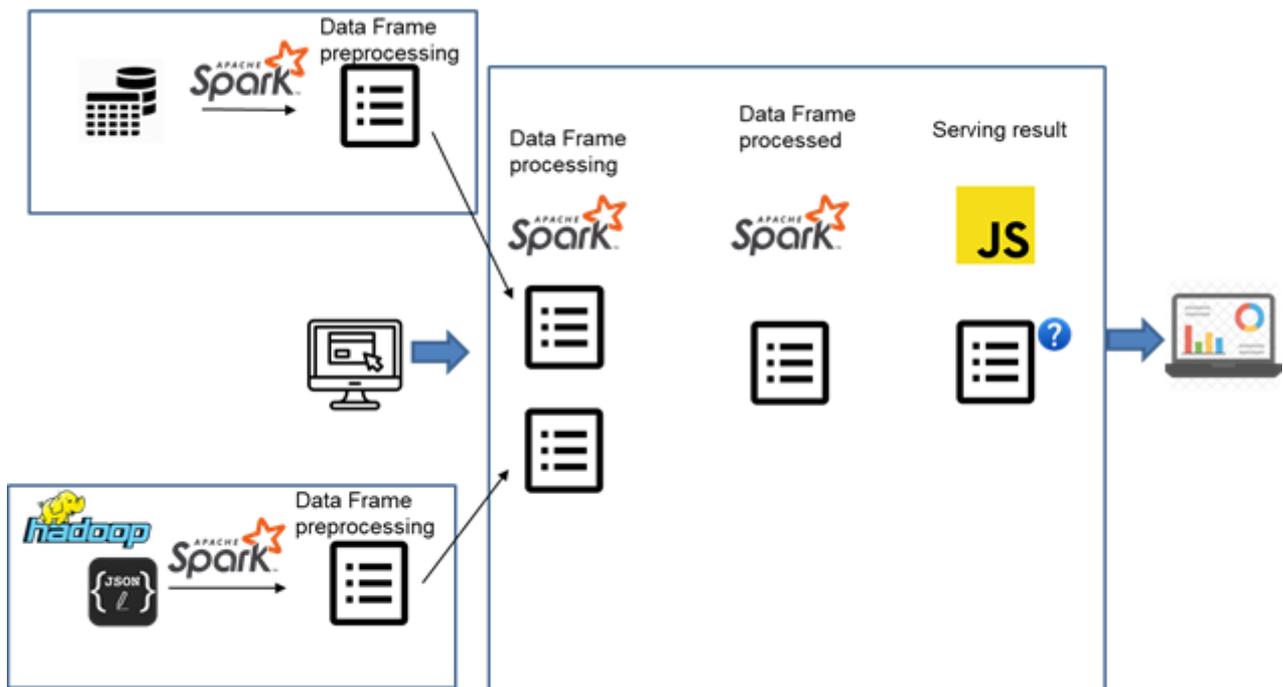


Figura 17: elaborazione Spark

Il processo 1 dovrà essere in grado di interfacciarsi con i principali DB relazionali tra cui PostgreSQL, MySQL, MariaDB.

Il processo 2 dovrà essere in grado di interfacciarsi con le principali sorgenti dati non strutturate, sia in forma di documenti su filesystem (es. JSON, CSV), sia contenuti in DB non relazionali (es. ElasticSearch, MongoDB). In particolare, dovrà essere in grado di interfacciarsi con il filesystem Hadoop HDFS nel Data Lake di ENEA.

Il processo 3 dovrà elaborare in maniera efficiente, sfruttando la potenza computazionale del cluster Spark installato nei server ENEA, i KPI definiti e servirli a terze parti, esportando quindi il dataframe Spark nel formato ritenuto più opportuno.

4.1.2.4 Datalake

Il datalake è infrastruttura hardware e software il cui scopo principale è l'immagazzinamento di dati strutturati e non strutturati. In particolare, il datalake implementa un paradigma di approccio ai dati in netta contrapposizione con i classici sistemi Datawarehouse:

- Raccolta dati: il datalake non necessita di una strutturazione ex ante del dato;
- Elaborazione dati: non è necessario definire a priori la struttura dei dati, ed in genere vengono elaborati a partire dal loro formato nativo (schema-on-read) piuttosto che nella struttura predefinita come nel Datawarehouse (schema-on-write);
- Flessibilità: è possibile adattare facilmente il datalake a nuove esigenze di business semplicemente scegliendo strumenti e metodologie appropriati, senza stravolgere la struttura portante come in un Datawarehouse

Ovviamente presenta anche degli svantaggi, quali una curva di apprendimento molto ripida nella fase iniziale e dei costi di setup a livello infrastrutturale e di configurazioni non trascurabile. Inoltre, la natura non strutturata dei dati immagazzinati durante determinate operazioni potrebbe comportare delle perdite a livello di consistenza e persistenza del dato se non trattate con la necessaria attenzione.

Il ruolo del datalake è quello di fornire un repository facilmente scalabile in termini di performance e di storage e mettere a disposizione gli strumenti necessari per poter svolgere attività di ETL (Extract-Load-Transform), analytics e machine learning.

Il datalake messo a disposizione per la LEC è basato su Hadoop, ed è costituito da un namenode e 4 datanode, per una capacità di storage attuale di circa 13GB. Tra i vari componenti installati, oltre ad Hadoop, sono inclusi

anche Spark ed ElasticSearch, gli strumenti principali che saranno utilizzati per gestire le operazioni precedentemente descritte.

4.2 Progettazione e implementazione infrastruttura blockchain

All'interno della architettura ICT, è previsto la messa a punto di una infrastruttura blockchain per supportare il sistema informatico e la Comunità Energetica nel suo insieme nelle seguenti funzionalità principali:

- 1) **Notarizzazione:** registrazione in maniera trasparente e affidabile di informazioni rilevanti per la comunità energetica. La notarizzazione riguarda essenzialmente i dati di consumo o produzione di energia, necessari per poi poter implementare delle politiche di flessibilità energetica e di gestione di premialità/penalità nei confronti degli utenti stessi.
- 2) **Gestione di utility token:** creazione, distribuzione e amministrazione dei token legati ai servizi energetici e sociali della comunità, con la possibilità di definire e modificare le politiche di gestione dei token da parte di un amministratore in base all'evoluzione e alle necessità della comunità.

L'infrastruttura ha il compito chiave di andare a registrare le informazioni critiche sul consumo e sulla gestione energetica garantendo un alto livello sia di trasparenza che di sicurezza. Le informazioni salvate, provenienti da applicazioni oracolo che faranno da ponte fra il sistema nel suo insieme e le applicazioni blockchain, saranno uno dei cardini della token economy che si vuol sviluppare all'interno della comunità energetica, insieme alla gestione degli aspetti e dei servizi sociali, sempre gestiti attraverso lo scambio di token.

All'interno del progetto si prevede di individuare sostanzialmente due diversi tipi di infrastrutture blockchain che andranno ad agganciarsi all'architettura generale in differenti fasi:

- 1) Una o più infrastrutture, dedicate e utilizzate nella fase di sviluppo e test delle soluzioni implementate.
- 2) Una infrastruttura finale per il deploy e il rilascio definitivo delle applicazioni.

Riguardo l'infrastruttura finale, una volta che le applicazioni e gli smart contract necessari a implementare le funzionalità necessarie saranno terminate, si analizzeranno alcune alternative sul mercato, valutandone pregi e difetti, per individuare l'infrastruttura finale su cui fare il rilascio delle applicazioni. Questa analisi verrà fatta ad un più alto livello, poiché la scelta dell'infrastruttura finale su cui verrà infine rilasciata la piattaforma andrà fatta più avanti e seguendo non solo gli sviluppi delle piattaforme blockchain esistenti, ma anche in base all'evolversi delle esigenze e degli sviluppi dell'architettura stessa, che potrebbe comportare nuovi requisiti e opportunità.

4.2.1 Contesto e obiettivi

L'obiettivo della infrastruttura blockchain, da integrare nell'architettura generale del progetto, è quello di supportare le comunità energetiche nel loro sviluppo verso una dimensione più ampia, che includa e metta in comunicazione sia il concetto di sharing energetico che quello di sharing sociale. Non si parla quindi solo di condivisione di energia ma anche di servizi e prodotti che trovano nella comunità una nuova vita (si veda ad esempio i beni usati), e nuove opportunità di coinvolgimento e interazione nella comunità per i cittadini, detentori di competenze specifiche, che possono essere messe a disposizione di tutti. Lo scambio di beni e servizi parte dal fattore energetico e si amplia alla sfera sociale attraverso la creazione di una token economy, ovvero di una economia di comunità basata su "utility token", che permette lo scambio e la fruizione di beni e servizi internamente alla community. La messa a disposizione e la condivisione dei beni e servizi avviene attraverso la piattaforma LEC di cui la soluzione blockchain costituisce un elemento sostanziale e viene identificata internamente al modello di business proposto da ENEA come una delle risorse chiave per la gestione sicura dei token della comunità.

La blockchain rientra nel modello dell'Internet Of Value e si basa su 7 caratteristiche:

Accordo di Programma MiSE-ENEA

- Decentralizzazione
- Trasparenza
- Sicurezza
- Immutabilità
- Consenso
- Responsabilità
- Programmabilità

Partendo da questi principi, la blockchain è diventata la declinazione in digitale di un nuovo concetto di fiducia al punto che alcuni ritengono che essa possa assumere anche un valore per gestire certe attività di tipo sociale. In questo caso la blockchain è da vedere come una piattaforma che consente lo sviluppo e la concretizzazione di una nuova forma di rapporto sociale, che grazie alla partecipazione di tutti è in grado di garantire la possibilità di verificare e di disporre di una totale trasparenza sugli atti e sulle decisioni della community, registrando le informazioni su archivi che hanno caratteristica di essere inalterabili, imm modificabili e dunque immuni da corruzione.

Nel modello della Local Energy Community, la partecipazione da parte di un soggetto (sia esso cittadino o stakeholder) prevede, in fase di adesione, la creazione di un wallet personale: ci sarà quindi corrispondenza biunivoca tra soggetto iscritto e il suo wallet. Il wallet consente ai cittadini di gestire token che vengono erogati dal sistema e/o scambiati attraverso transazioni effettuate in blockchain.

Attraverso l'infrastruttura blockchain e il rispettivo sistema di controllo sarà possibile gestire i wallet dei soggetti afferenti alla community, e di conseguenza accedere ai servizi disponibili.

L'infrastruttura blockchain si inserisce nel flusso dati e lo supporta nella gestione delle azioni che vedono interagire tra loro i soggetti della comunità. Le interazioni possibili fra i vari soggetti sono di diverso tipo, dipendentemente dai soggetti coinvolti e dal tipo di servizio richiesto.

Nella figura successiva, in particolare si riporta ad esempio il ruolo della blockchain nella interazione fra un cittadino e uno stakeholder (in particolare lo stakeholder energetico come il GSE). In questo caso parliamo a titolo esemplificativo di servizi relativi a docenze, general sitting, pulizie, o noleggio di beni usati.

La blockchain viene attivata nella parte del processo in cui sono eseguite le transazioni in token fra i cittadini e più precisamente fra i loro wallet, in particolare:

- Consente e si occupa della ripartizione dei bonus energetici erogati alla community dal GSE, secondo diversi modelli relativi a finalità e caratteristiche diverse delle varie comunità. Tali bonus vengono registrati sulla blockchain, e possono essere successivamente utilizzati per accedere a beni e servizi messi a disposizione nella comunità, o per avere una quota della remunerazione ricevuta dalla piattaforma. Tali modelli e sistema di bonus dipendono fortemente non solo dalla comunità, ma anche dalle normative, e dalla loro evoluzione sia a livello europeo che nazionale.
- Gestisce le transazioni che regolano lo scambio di servizi e beni (nuovi e/o usati) all'interno della community. La comunità prevede una serie di azioni che consentono il flusso di token tra i wallet dei soggetti erogatori-fruitori dei servizi e la piattaforma di controllo della comunità.
- Si occupa di regolamentare il flusso dei token in base alle politiche di tassazione e di incentivi definite dagli amministratori della comunità.

La blockchain dovrà farsi carico quindi di gestire le transazioni relative al pagamento delle singole azioni di comunità nonché i flussi inerenti le tasse e gli incentivi che vengono previsti nel modello (come ad es. in figura seguente).

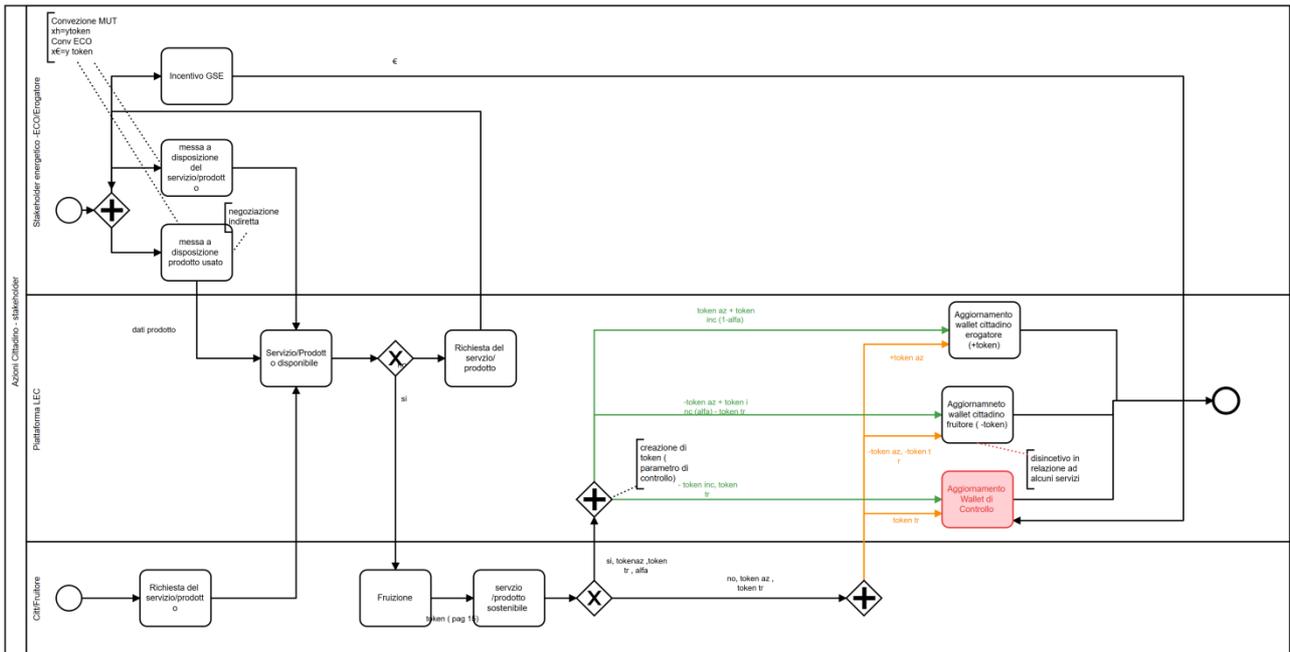


Figura 18: Flusso dati per un'azione cittadino – stakeholder energetico

In dettaglio l'uso congiunto della blockchain e delle tecnologie energetiche installate presso ogni singolo utente della LEC consente, in attuazione della normativa sui bonus energetici di comunità, la ripartizione di detto bonus verso il singolo soggetto virtuoso della community.

4.2.2 Riferimenti all'architettura generale

All'interno della progettazione generale dell'architettura, l'infrastruttura blockchain viene collocata come in figura, evidenziata dalle sezioni in rosso:

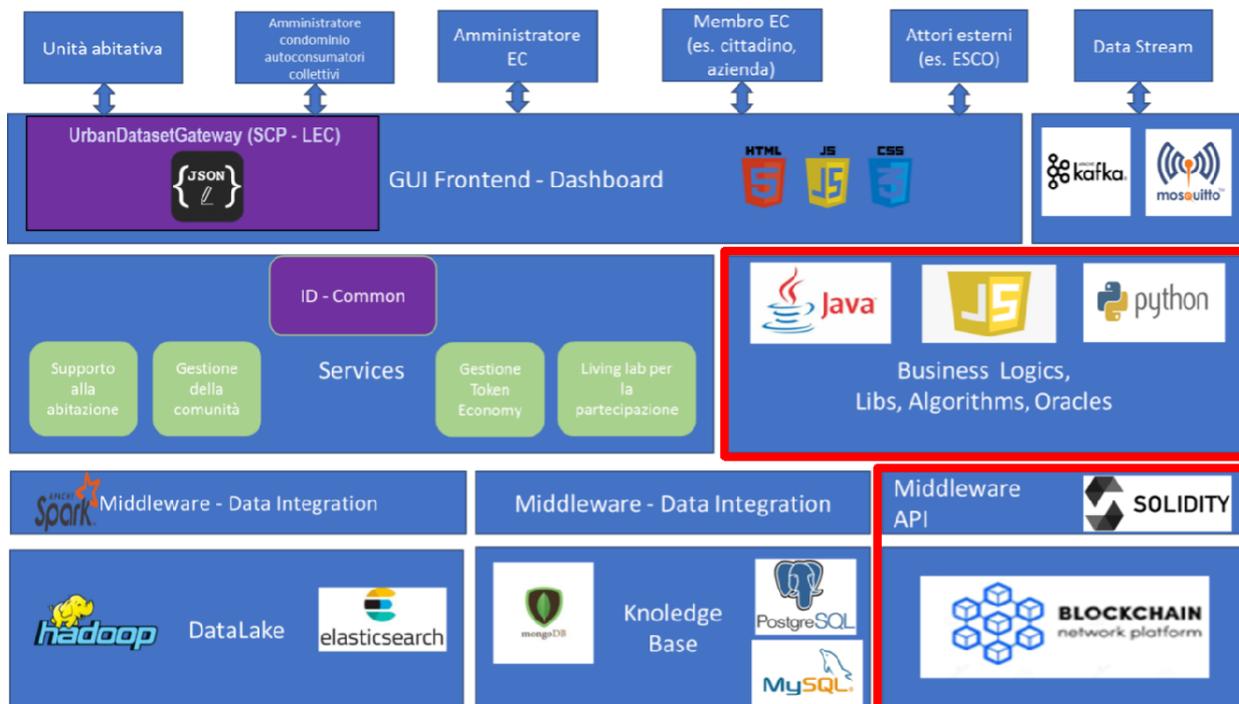


Figura 19: Architettura funzionale

Le infrastrutture adottate per l'implementazione di tali blocchi sono discusse nei paragrafi successivi.

La comunicazione e la connessione tra il sistema e la blockchain sarà garantita attraverso essenzialmente 3 meccanismi:

- 1) **Un insieme di applicazioni oracolo**, che faranno da ponte fra il sistema in generale e la blockchain: tali applicazioni potranno accedere ai dati (registrati su specifici Database) relativi alla comunità per poterli poi registrare sulla blockchain attraverso specifici smart contract.
- 2) Applicazioni di amministrazione, che saranno collegati alla blockchain attraverso un livello di back-end, che consentiranno la gestione globale degli utility token, e la configurazione e definizione delle logiche e delle politiche per il loro impiego.
- 3) Delle interfacce e applicazioni (anche mobili) che consentiranno alle utenze della comunità di accedere alla propria situazione nella comunità e di gestire i propri utility token.

Le applicazioni relativi al punto 1 e 2 vengono sviluppate nei linguaggi Java, Python o Javascript, e potranno sfruttare principalmente le informazioni contenute nei DB Postgres, provenienti da dispositivi o incluse nell'architettura dati generale che integra diverse sorgenti di informazione. Invece per l'accesso attraverso dispositivi mobili ai token, sarà possibile anche utilizzare della app esistenti che consentono di interfacciarsi con le blockchain e di gestire i propri wallet e le proprie transazioni.

4.2.3 Infrastruttura blockchain, strumenti e componenti per lo sviluppo.

4.2.3.1 Infrastrutture per il test

Nello scegliere e mettere a punto le infrastrutture da utilizzare nella fase di sviluppo e test delle applicazioni basate su blockchain ci siamo concentrati su **Hyperledger Besu**, client Java per blockchain Ethereum. Di seguito si daranno alcuni dettagli su questa soluzione e sulla sua adozione.

4.2.3.1.1 Hyperledger Fabric-Besu

Hyperledger Besu è un client Ethereum Java-based che consente di creare Blockchain permissioned all'interno di un consorzio di client Besu. E' un prodotto molto diffuso a livello enterprise, in quanto consente di operare sia in reti pubbliche che private basate su Ethereum.

Besu è progettato per essere altamente modulare nelle sue caratteristiche e funzionalità, in modo tale da favorire manutenzioni ed upgrade da parte dei partecipanti al consorzio.

Hyperledger Besu include numerosi algoritmi di consenso, tra cui PoW, PoA e IBFT e dispone di sofisticati schemi di permissioning progettati specificatamente per l'uso in un ambiente consorziato.

Besu, sul modello degli Ethereum client già esistenti, è costituito da:

- Un ambiente di esecuzione per l'elaborazione delle transazioni nella blockchain di Ethereum
- Archiviazione per dati permanenti relativi all'esecuzione della transazione
- Networking peer-to-peer (P2P) per comunicare con gli altri nodi Ethereum sulla rete per sincronizzare lo stato
- API per gli sviluppatori di applicazioni per interagire con la blockchain

Hyperledger Besu implementa la specifica EEA - Enterprise Ethereum Alliance (<https://entethalliance.org/>). Le specifiche EEA sono state stabilite per creare interfacce comuni tra i vari progetti open e closed source all'interno di Ethereum, per tutelare gli utenti dal vendor lock-in e per creare interfacce standard per i team che sviluppano applicazioni.

Dal punto di vista operativo Besu può essere istanziato in due modalità:

- **Start.** Nella modalità start il nodo fa da master, e regola tutte le politiche della rete a cui i nodi si agganceranno: consenso, comunicazione P2P, permissioning e privacy.

- **Join.** Nella modalità join il nodo si aggancia ad una rete già esistente, ereditando tutte le funzionalità già in essere.

In entrambi i casi i prerequisiti sono docker e le immagini di hyperledger besu e dell'explorer alethio.

Di seguito le procedure che sono state eseguite per creare dei nodi in modalità Start.

Modalità START

Per avviare Besu in modalità start è necessario configurare opportunamente le variabili d'ambiente e i file di configurazione necessari per il primo boot.

In particolare, il file setenv.sh deve essere configurato nel seguente modo:

export IMAGE=hyperledger/besu:1.4.2
export P2P_HOST=127.0.0.1 (indirizzo IP raggiungibile tramite internet)
export P2P_PORT=30303
export RPC_HTTP_PORT=8545
export RPC_WS_PORT=8546
export NODO=nodostart (nome del nodo docker e della directory locale contenente chiavi e file della blockchain)
export CONSENSO=ibft2 (meccanismo di consenso, possibili valori clique ibft2)

Deve essere inoltre configurato il file di consenso, di seguito viene riportata a titolo esemplificativo la configurazione per Ibft2 tipica

```
{
  "config" : {
    "chainId" : 1981, // Private chain id
    "constantinoplefixblock" : 0, // In private networks, the milestone block defines the
    protocol version for the network.
    "ibft2" : { // Consensus protocol
      "blockperiodseconds" : 10, // The minimum block time, in seconds.
      "epochlength" : 30000, // The number of blocks after which to reset all votes
      "requesttimeoutseconds" : 10 // The timeout for each consensus round before
      a round change, in seconds.
    }
  },
}
```

Accordo di Programma MiSE-ENEA

```
"difficulty" : "0x1", // specific values in the IBFT 2.0

"mixHash" : "0x63746963616c2062797a616e74696e652066661756c7420746f6c6572616e6365", // specific
values in the IBFT 2.0 Istanbul block identification.

"nonce" : "0x0", // specific values in the IBFT 2.0 .

"timestamp" : "0x58ee40ba", // Creation date and time of the block. Must be before the
next block so we recommend specifying 0x0 in the genesis file.

"gasLimit" : "0x1fffffffffff", // Block gas limit. Total gas limit for all transactions in a block.

"coinbase" : "0x000000000000000000000000000000000000", // Address to pay mining rewards to.
Can be any value in the genesis block (commonly set to
0x000000000000000000000000000000000000).

"alloc" : {} // Defines accounts with balances or contracts.

}
```

Deve inoltre essere predisposto un file `permission_config.toml`, che conterrà poi le liste di nodi ed account ammessi alla rete `permissioned`:

```
nodes-whitelist=[]
accounts-whitelist=[]
```

Inoltre è necessario installare docker

```
$sudo yum-config-manager --add-repo https://download.docker.com/linux/centos/docker-
ce.repo
```

Poiché è richiesta una versione specifica, con questo comando è stata identificata la stringa da passare a yum per installare la versione desiderata:

```
$yum list docker-ce | sort -r
```

Installazione tramite yum

```
$sudo yum install docker-ce-19.03.5-3.el7 docker-ce-cli-19.03.5-3.el7 containerd.io
```

Avvio di docker come servizio

```
$sudo systemctl enable docker
```

Successivamente, è stato utilizzato docker per scaricare i container di besu ed alethio client:

```
- Besu
```

```
docker pull hyperledger/besu:1.4.2
```

A questo punto eseguendo lo script network.sh con parametro start verranno avviate le procedure per istanziare i 4 nodi Besu associati alla macchina

```
network.sh start
```

La condivisione del file di geni è garantita dallo script

```
share-genesi-file.sh
```

E' possibile avviare la rete anche con l'explorer eseguendo in maniera simile lo script

```
start-with-explorer-sh start
```

Per funzionare correttamente deve essere stato installato e configurato opportunamente Alethio.

Per l'installazione dell'explorer in modalità server è necessario avere tre componenti:

- Server
- Client
- Dashboard

La creazione ed instaurazione del server è attuata attraverso una serie di operazioni contenute in un docker-compose:

```
cd ethstats-network-server/docker/lite-mode/memory-persistence/
```

```
docker-compose up -d
```

La procedura eseguita per avviare la modalità JOIN è descritta nel paragrafo seguente, dove si chiarisce la creazione di un nodo per la blockchain IBSI.

4.2.3.2 Infrastruttura di funzionamento

Nel contesto italiano, una possibile infrastruttura che è stata individuata per la completa operatività sul campo delle applicazioni progettate e sviluppate è IBSI

4.2.3.2.1 IBSI

Il progetto IBSI (Italian Blockchain Service Infrastructure) si propone di riunire un gruppo di stakeholders di riferimento in diversi ambiti applicativi, con lo scopo di realizzare, seguendo le direttive europee, una blockchain a livello nazionale per fornire servizi di primaria necessità, sulla base delle linee guida fornite da EBSI (European Blockchain Service Infrastructure).

I primi ambiti applicativi principali secondo le linee guida EBSI sono:

- **Notarizzazione**
- **Gestioni dei titoli di studio**
- **Self Sovereign Identity**
- **Condivisione affidabile di dati**
- **Tracciabilità.**

IBSI si propone, oltre a questi obiettivi comuni, di perseguire use cases specifici, progettati per fornire valore aggiunto ad alcuni core services degli stakeholders del gruppo.

In particolare, il gruppo è costituito da:

- Poste Italiane
- AgID
- ENEA

- GSE
- Infratel
- IBM
- INPS
- INAIL
- CSI Piemonte
- CIMEA
- PoliMi
- LazioCrea
- Sogei.

Sono stati definiti i gruppi di lavoro suddivisi secondo queste macro-aree:

- **Infrastruttura:** progettare e sviluppare le componenti infrastrutturali e applicative
- **Governance tecnica:** definire le linee guida di gestione, aggiornamento e condivisione dell'infrastruttura
- **Use Case:** definire e prioritizzare gli use cases per 'utilizzo della piattaforma identificando in via prioritaria i Core Services
- **Governance legale & Comunicazione:** formalizzare l'accordo di partnership e definire il framework amministrativo del network. Definire gli aspetti di presentazione e condivisione del progetto.

Dal punto di vista tecnologico la struttura IBSI si basa sui requisiti e le linee guida della struttura EBSI. In particolare, si basa su una blockchain permissioned e privata. I nodi che mettono a disposizione gli stakeholder si allacciano tramite il client Hyperledger Besu. ENEA ha creato e aggiunto dei nodi alla blockchain IBSI, di seguito si descrive la procedura di JOIN eseguita.

Modalità JOIN

Il primo passo è installare docker e avviarlo:

```
$sudo yum-config-manager --add-repo https://download.docker.com/linux/centos/docker-ce.repo
```

Se è richiesta, come in questo caso, una versione specifica per effettuare il join, con il comando seguente si identifica la stringa da passare a yum per installare la versione desiderata:

```
$yum list docker-ce | sort -r
```

E poi si procede all'installazione di docker tramite yum

```
$sudo yum install docker-ce-19.03.5-3.el7 docker-ce-cli-19.03.5-3.el7 containerd.io
```

e all'avvio di docker come servizio:

```
$sudo systemctl enable docker
```

Successivamente, si usa docker per scaricare i container di besu ed alethio client, con i seguenti comandi:

Besu

```
docker pull hyperledger/besu:1.4.2
```

Alethio

```
docker pull alethio/ethstats-cli
```

Di seguito sono stati definiti i parametri di configurazione della rete, ed esportati come variabili di ambiente. Ci sono 2 file di configurazione, uno per la configurazione del client Besu e uno per Alethio.

I file da modificare sono stati:

```
besu_1.4.2/join/env-join.sh
```

Parametri:

```
export IMAGE=hyperledger/besu:1.4.2
```

```
export P2P_HOST=192.107.88.211
```

```
export P2P_PORT=30303
```

```
export RPC_HTTP_PORT=8545
```

```
export RPC_WS_PORT=8546
```

File da modificare:

```
besu_1.4.2/join/explore-blockchain/alethio-ethstats-lite/start-clientnode.sh
```

Parametri:

```
export SERVER_URL=http://52.148.247.11:3000
```

```
export EMAIL=fabio.moretti@enea.it
```

```
export NODENAME=ENEA-01
```

Successivamente deve essere avviato uno shellscript che esegue prima il docker del client besu e successivamente di alethio.

```
./network.sh PARAM (gestione della blockchain senza explorer)
```

```
./join-with-explorer.sh PARAM (gestione della blockchain con explorer)
```

I possibili valori di PARAM sono:

```
clear: elimina i container docker, elimina la blockchain
```

```
stop: elimina i container docker, elimina la blockchain ma NON le chiavi e gli address dei nodi
```

```
start: start della blockchain con le chiavi e gli address dei nodi gia' presenti
```

```
restart: start della blockchain con rigenerazione chiavi e address
```

Con tali comandi viene avviato il docker container besu con una serie di parametri di configurazione.

Una volta avviato correttamente besu, il client alethio viene avviato in maniera similare sempre automaticamente dallo script join-with-explorer con un comando docker:

```
docker run -d --rm --name ethstats-client --net host alethio/ethstats-cli --register --account-email $EMAIL --node-name $NODENAME --server-url $SERVER_URL --client-url ws://127.0.0.1:8546
```

4.2.3.3 Linguaggio e componenti di sviluppo comuni

Gli ambienti di test precedentemente descritti hanno in comune l'utilizzo della Ethereum Virtual Machine (EVM), per tale motivo il linguaggio ed i componenti di sviluppo si basano su Solidity.

Solidity è un linguaggio di programmazione Turing Complete orientato agli oggetti di tipo statico, proposto nell'agosto 2014 da Gavin Wood e sviluppato dal team per Solidity del progetto Ethereum, guidato da Christian Reitwiessner, Alex Beregszaszi, Yoichi Hirai. Il codice Solidity viene compilato e trasformato in bytecode che viene poi eseguito dalla Ethereum Virtual Machine. Supporta ereditarietà, librerie ed è tipizzato staticamente.

Il framework di riferimento analizzato è Truffle Suite, contenente gli strumenti necessari per la gestione del ciclo di vita degli smart contracts. Basato su NodeJS, un compilatore runtime di codice Javascript lato backend, Truffle offre una serie di tool dedicati molto utili per debuggare e testare lo sviluppo, senza doversi appoggiare alla rete di test di ethereum che introduce overhead computazionale e latenza.

La suite è composta di tre elementi:

- Truffle
- Ganache
- Drizzle

Truffle è uno strumento che presenta una serie di funzionalità utili per lo sviluppo:

- Sistema integrato di compilazione dello smart contract, gestione del binario generato, del deploy ed il linking delle librerie
- Testing automatico dei contratti attraverso gli strumenti Mocha e Chain
- Pipeline di processo configurabile
- Compilatore integrato di script esterni all'interno dell'ambiente Truffle

Una volta compilato uno smart contract è possibile utilizzarlo tramite la web application **remix**, che consente di utilizzare le funzioni messe a disposizione da uno smart contract sia su una versione locale di Ethereum che remota, che sia di test o di produzione.

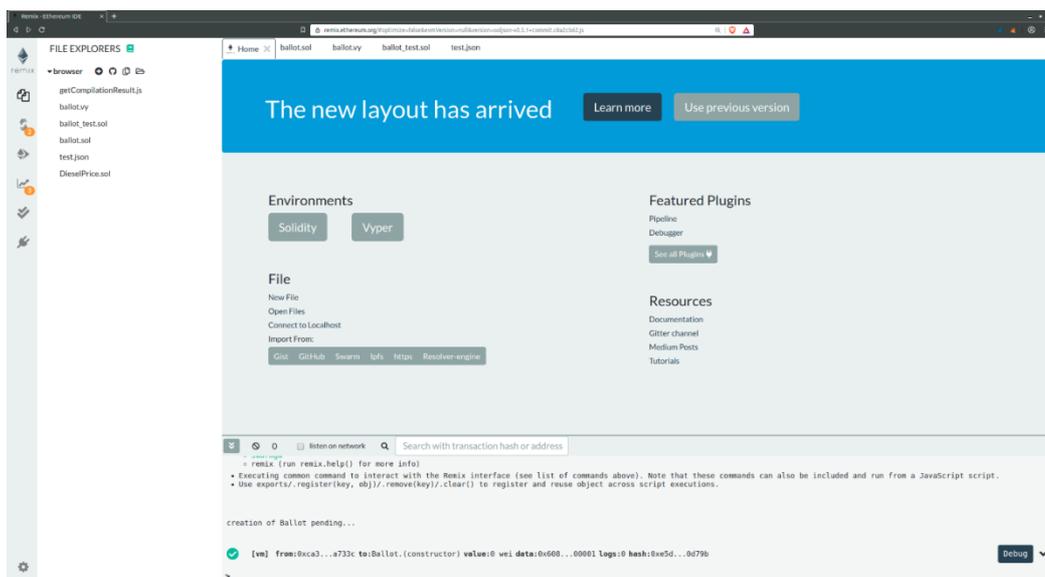
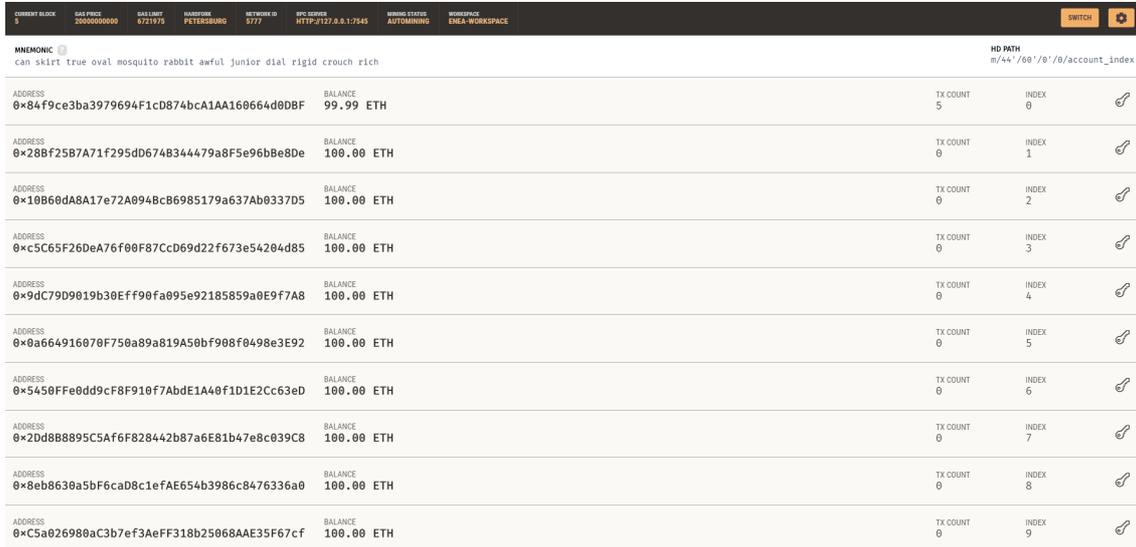


Figura 20. Remix IDE

Ganache invece è un software che consente di installare una blockchain Ethereum simulata in ambiente locale.

Al momento della creazione del workspace, Ganache crea 10 wallet, corrispondenti a dei nodi utente della rete. La Figura 2 mostra un esempio di istanza di Ganache.



ADDRESS	BALANCE	TX COUNT	INDEX
0x84f9ce3ba3979694f1cd874bc1AA160664d00BF	99.99 ETH	5	0
0x28Bf25B7A71f295dD674B344479a8F5e96b8e8De	100.00 ETH	0	1
0x10B60dA8A17e72A094BcB6985179a637Ab0337D5	100.00 ETH	0	2
0xc5C65F26DeA76f00F87Cc069d22f673e54204d85	100.00 ETH	0	3
0x9dC79D9019b30E9f90fa095e92185859a0E9f7A8	100.00 ETH	0	4
0x0a664916070F750a89a819A50bf908f0498e3E92	100.00 ETH	0	5
0x5450Ffe0dd9cF8F910f7AbdE1A40f1D1E2Cc63eD	100.00 ETH	0	6
0x2Dd8B8895C5A6f828442b87a6E81b47e8c039C8	100.00 ETH	0	7
0x8eb8630a5bF6caD8c1efAE654b3986c8476336a0	100.00 ETH	0	8
0xC5a026980aC3b7ef3AeFF318b25068AAE35F67cf	100.00 ETH	0	9

Figura 21. Interfaccia Ganache

Drizzle è un framework che consente di integrare frontend preesistenti off-chain con le informazioni contenute on-chain, sfruttando le librerie web3. Molto utile per costruire delle Dapp che interrogano la blockchain. Contiene inoltre un pacchetto già built-in per l'integrazione con diffuse librerie frontend, quali ad esempio react.

4.2.3.4 Progettazione piattaforma

In questa sezione viene descritta in sintesi la progettazione della piattaforma RDS riguardante lo sviluppo delle applicazioni basate su blockchain.

La soluzione proposta identifica diversi tipi di attori di poter usufruire della soluzione. Gli attori coinvolti e le operazioni a loro riferite.

- Platform Admin: è il gestore della piattaforma software, gestisce gli utenti a livello di piattaforma
- Oracle Admin: configura i modelli di remunerazione energetica su Data manager DB
- Community Admin: gestisce le utenze della propria comunità e le regole per flussi di token fra gli utenti
- Token Holder: è l'utente delle comunità, che si è registrato sulla piattaforma. Vede i suoi consumi, i suoi guadagni in token e li scambia con altri utenti.

La figura seguente rappresenta lo schema generale dell'architettura della piattaforma e dei suoi componenti.

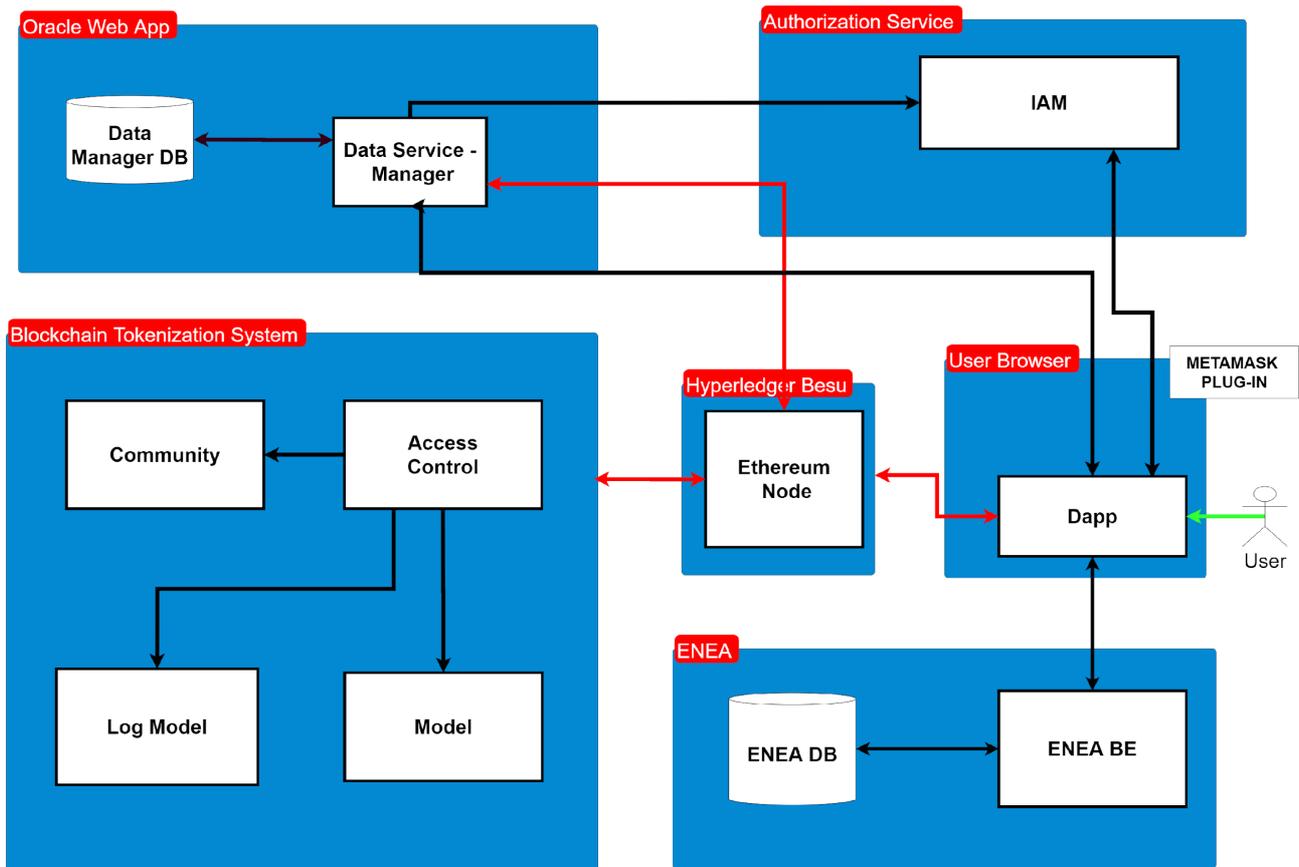


Figura 22: Schema generale dell'architettura della piattaforma e dei suoi componenti.

L'architettura dell'applicazione è costituita da diversi componenti che interagiscono fra loro per fornire le funzionalità a servizio della LEC

- Authorization service: componente che fornisce i servizi di registrazione, autenticazione e verifica degli utenti. Nella implementazione software della piattaforma, si è reso necessario un sistema che desse un supporto, anche temporaneo, per la gestione delle utenze. Per rispondere a questa esigenza si è puntato su una prima soluzione efficace ma anche poco onerosa, andando a predisporre un servizio basato su Keycloak, prodotto software open source per consentire il single sign-on con Identity and Access Management rivolto ad applicazioni e servizi moderni. Da marzo 2018 questo progetto della comunità JBoss è sotto la gestione di Red Hat, che lo utilizza come progetto a monte per il proprio prodotto RH-SSO.
- Oracle Web App: sono i componenti che consentono la gestione e il funzionamento del sistema per la remunerazione in token dei comportamenti degli utenti in tema di consumi energetici. Il data service manager implementa, gestisce e controlla i modelli e gli algoritmi da applicare per la remunerazione energetica. Nella prima versione, si è deciso di puntare su 3 algoritmi ritenuti di primario interesse: 1) per premiare l'autoconsumo degli utenti 2) per premiare l'assenza di picchi di carico nei consumi, per limitare problemi di sbilanciamento della rete 3) per unire le logiche dei primi due.
- Blockchain tokenization system. È l'insieme degli smart contract sviluppati che vanno ad implementare su blockchain le logiche di assegnazione e gestione dei token della comunità. Creano e rendono quindi disponibili i token, ne registrano l'assegnazione, la configurazione delle comunità. Controllano i flussi di token fra gli utenti stessi applicando un primo insieme di regole legate allo sviluppo della token economy.
- Hyperledger Besu. Comprende l'infrastruttura e i nodi della blockchain che vengono creati e su cui si appoggia tutta la realizzazione dei software che ne fanno uso.

- DAPP. E' l'interfaccia web che fornisce ad utenti ed amministratori gli strumenti per poter interagire con i servizi software della comunità. Per gli amministratori sono disponibili funzionalità di creazione, configurazione e controllo della comunità di cui sono responsabili. Per gli utenti l'interfaccia fornisce informazioni sullo stato proprio e della comunità stessa. Lo scambio dei token viene invece consentito attraverso l'uso di applicazioni client come Metamask.

I ruoli creati per la piattaforma e attivi nella soluzione vengono sono i seguenti: in base al ruolo di appartenenza, gli utenti sono autorizzati ad eseguire determinate operazioni.

1. Platform Admin: è l'amministratore di sistema della piattaforma.
2. Community Admin: è l'amministratore di una comunità. Ogni comunità ha un suo proprio amministratore.
3. Oracle Admin: è amministratore della parte di gestione dei modelli, e ne imposta i parametri.
4. Token Admin: è amministratore della parte di token economy, e imposta i meccanismi di tassazione e di incentivo.
5. Share Holder: sono gli utenti della piattaforma.

4.2.3.5 Funzionalità di base per la token economy

Sono state definite alcune funzionalità di base a supporto della token economy, implementate poi nella piattaforma all'interno di opportuni smart contract, in particolare per

- Gestire le fee in fase di assegnazione token. I flussi di token fra le utenze sono sottoposti a delle tassazioni che possono essere impostate da un amministratore. Tali tassazioni sono gestite da uno smart contract che andrà a sottrarre del flusso di token l'ammontare relativo alla tassazione.
- Gestire gli incentivi in fase di trasferimento token. I flussi dei token sono collegati all'acquisto/fruizione di servizi, per i quali è possibile impostare degli incentivi sui token. In questo caso nel flusso saranno immessi dei token di incentivazione che arrivano direttamente dalla comunità.
- Assegnare i token di bonus di benvenuto quando un utente viene assegnato ad una comunità. L'iscrizione di un utente ad una comunità può prevedere l'elargizione da parte della comunità di un certo ammontare di token di benvenuto che possono essere impostati da un amministratore.

4.2.3.6 Gestione dei dati dei modelli e dei consumi su blockchain

Oltre a gestire su blockchain tutte le informazioni relative all'assegnazione dei token, al fine di garantire:

- privacy sui dati di consumo delle utenze
- trasparenza e gestione dei parametri configurabili da parte dell'Oracle Admin

si è deciso di:

- salvare i parametri dei modelli su Blockchain in chiaro. In questo modo c'è massima trasparenza sui meccanismi di rewarding e sulle conversioni in token dei valori dei consumi energetici.
- salvare su blockchain delle informazioni che attestano i consumi associati ai token assegnati senza rivelarne il contenuto. Vengono salvati quindi dei valori di hash estratti dai consumi utilizzati per il calcolo dei token, in maniera da attestare i dati impiegati per calcolare i token, e permettendo su richiesta di verificare successivamente la correttezza dei dati impiegati attraverso una procedura di take-out.

4.2.4 Infrastruttura ICT ENEA

L'infrastruttura ICT dell'ENEA è utilizzata per l'implementazione della piattaforma blockchain di progetto atta a gestire i token di comunità e registrare ed eseguire gli smart contract che sono impiegati per eseguire/supportare automaticamente diverse procedure e funzionalità della Energy Community.

L'ENEA possiede un'esperienza di alto livello nella gestione di una complessa infrastruttura distribuita di Calcolo ad Alte Prestazioni (HPC), grazie ad un insieme di attività da molti anni avviate per lo sviluppo della griglia computazionale ENEA e dell'inserimento di questa nei network nazionali ed europei. In Italia ENEA, oltre a CINECA che mantiene la posizione di leader nazionale, è l'unico Ente di ricerca presente nell'elenco dei 500 calcolatori più potenti al mondo – Top500. L'ENEA partecipa agli sviluppi nel settore HPC con il proprio sistema di calcolo CRESCO e un team con competenze specifiche per la sua gestione e utilizzo in progetti nazionali e internazionali. La collaborazione di ENEA con il CINECA, sviluppatasi in ambito EUROfusion, ha portato al riconoscimento, da parte di quest'ultimo, di ENEA come Tier-1 nazionale per i servizi di calcolo ad alte prestazioni. Operativamente questo si è tradotto nella realizzazione, presso il centro di calcolo di ENEA Portici, di un supercomputer da 1,4 Pflop/s di picco. Il supercomputer ENEA, denominato CRESCO6, segue la lunga evoluzione dei supercomputer CRESCO, operativi presso il centro di Portici dal 2008. Nel novembre 2018 CRESCO6 si è classificato nella lista dei 500 supercomputer più potenti del mondo (al 420° posto) e costituisce, dopo il CINECA, la maggiore risorsa di supercalcolo a disposizione della comunità scientifica italiana. L'ultimo arrivo nella famiglia CRESCO è XCRESCO, un supercomputer costituito da 45 nodi bi-processore Power8, ognuno equipaggiato con 4 GPU NVIDIA P100. Le risorse di calcolo sono prevalentemente al servizio delle attività progettuali dell'ENEA, ma numerose sono le collaborazioni con Università, Enti di Ricerca Pubblici e soggetti privati che hanno l'opportunità di accedere ai servizi di calcolo ad alte prestazioni avendo a disposizione tutti gli strumenti per lo sviluppo software e un supporto di elevato livello professionale. Nel corso dell'anno 2019, ben 87,5 milioni di core-ora sono stati utilizzati dagli utenti sui sistemi CRESCO; il risparmio realizzato in termini di costo progettuale può essere stimato moltiplicando il costo standard per core-ora (circa 0,02 EUR) per le ore di utilizzo: circa 1.75 M€.

Nello specifico, per la linea di attività in essere, è utilizzata parte dell'infrastruttura distribuita ENEA sulla quale verranno costituiti dei nodi blockchain.

L'infrastruttura CRESCO6+ è basata sui nuovi processor Intel SkyLake a 24 core e sulla nuova tecnologia di rete a bassa latenza OmniPath di Intel, capace di sostenere una banda di 100 Gbps. Il complesso dell'architettura computazionale ENEA comprende i seguenti elementi:

- a. Infrastrutture di Calcolo ad alte prestazioni (HPC): l'ENEA gestisce un'infrastruttura per il calcolo scientifico e tecnico distribuita su 6 centri di ricerca. Portici, dove è ubicato CRESCO, è il sito principale seguito da Frascati e risorse più ridotte sono disponibili anche a Casaccia, Brindisi, Trisaia e Bologna. I cluster HPC sono basati principalmente su processori multicore convenzionali INTEL Xeon e acceleratori dedicati basati sia su Intel Xeon/PHI che GPU/Nvidia;
- b. Importanti risorse di storage: 2 PByte su disco e una tape library da 2,5 PByte
- c. Inoltre, l'infrastruttura ICT dell'ENEA include tra gli altri i servizi di Cloud Computing: VMware e OpenStack (500 Virtual Machine).

Alcuni progetti correntemente in fase di avvio permetteranno di utilizzare le facility computazionali di ENEA per lo sviluppo di sistemi di acquisizione ed elaborazione di dati per applicazioni di intelligenza artificiale e, nel contesto smart cities, risorse dell'infrastruttura ICT verranno dedicate per ospitare una piattaforma blockchain.

Di particolare interesse per la presente linea di attività sarà il programma di realizzazione di test delle piattaforme blockchain attualmente sul mercato, come ad esempio Ethereum, che sono focalizzate su concetti chiavi quali:

- Smart Contracts
- Exchange decentralizzati
- Decentralized Autonomous Organizations (DAO)

- Microtransazioni e maggiore velocità di mining
- Creazione e trasferimento di risorse virtuali: Smart Property.

All'interno delle sue attività basate su piattaforme e tecnologie blockchain, l'ENEA ha provveduto al predisporre i seguenti nodi:

Blockchain	Info Nodo	Sede geografica
Quadrans	nodo1.bchain.enea.it 192.107.61.99	- ENEA - Brasimone
Quadrans	nodo2.bchain.enea.it 192.107.61.100	ENEA - Brasimone
IBSI	ibsi-node.enea.it 192.107.88.211	
IBSI	ibsi-test.bologna.enea.it (bootnode ibsi test) 192.107.61.145	ENEA – Bologna
IBSI	ibsi-test2.bologna.enea.it (validator node ibsi test) 192.107.61.146	ENEA – Bologna
IBSI	ibsi-test3.bologna.enea.it (validator node ibsi test) 192.107.61.147	ENEA – Bologna
IBSI	ibsi-test4.bologna.enea.it (validator node ibsi test) 192.107.61.148	ENEA - Bologna

Tabella 5: Lista dei nodi messi a disposizione

4.3 Progettazione e implementazione infrastruttura gestione dati

La partecipazione alla Comunità energetica, e più in generale alla Local Energy Community, deve essere libera e, soprattutto, priva di tutti quegli ostacoli che vengono usati per la *fidelizzazione* degli utenti. Alcuni di questi ostacoli sono generati dall'adozione di uno specifico strumento di misurazione la cui sostituzione, se non onerosa, potrebbe richiedere l'intervento di un tecnico o, comunque, una serie di attività da parte dell'utente finale.

L'obiettivo del lavoro di integrazione di differenti sorgenti di dati va nella direzione di abbattimento di questo tipo di ostacoli: se la piattaforma LEC è in grado di raccogliere i dati da molte sorgenti o fornitori di servizio, il gap di accesso ad una comunità o di cambio tra comunità viene ridotto notevolmente se non annullato completamente.

Il lavoro parte dall'analisi delle sorgenti attualmente disponibili, al fine di identificare un modello dati facilmente estensibile che possa essere utilizzato per fornire dati aggiornati alle differenti applicazioni.

Successivamente, l'attenzione si sposta sul problema di acquisire questi dati attraverso opportuni canali dati e tecnologie di integrazione tra le varie sorgenti. L'utilizzo della semantica legata alle strutture date permette una semplificazione nel processo di integrazione di nuove sorgenti.

4.3.1 Contesto e obiettivi

Una variabile ulteriore da tenere in considerazione è quella della frequenza della rilevazione, fortemente condizionata ai suoi scopi: nell'ottica di una simulazione e governo di una rete elettrica per quanto locale la frequenza temporale delle rilevazioni va dalla scala del secondo in giù (verso cioè una maggiore frequenza di misura), che porta a produrre masse relevantissime di dati da trasferire in rete e ingerire nei sistemi; nell'ottica del governo di una comunità energetica si assume invece che la rilevazione quartoraria sia sufficiente a condurre valutazioni sia per la distribuzione dei benefici sia per valutare la virtuosità dei comportamenti.

L'approccio preso in considerazione parte dalla possibilità di effettuare una raccolta di dati direttamente presso l'utente finale, consumatore o produttore/consumatore che sia, a patto di poter installare uno dei sensori indicato precedentemente all'interno dei locali dell'utente. In entrambi i casi, i dati vengono raccolti dai dispositivi ed inviati ad un aggregatore, solitamente attraverso la rete Internet, che li ridistribuisce ai vari servizi che utilizzano questi dati. In questo caso, è questo aggregatore che stabilisce le modalità di invio dei dati, la loro frequenza e il loro formato.

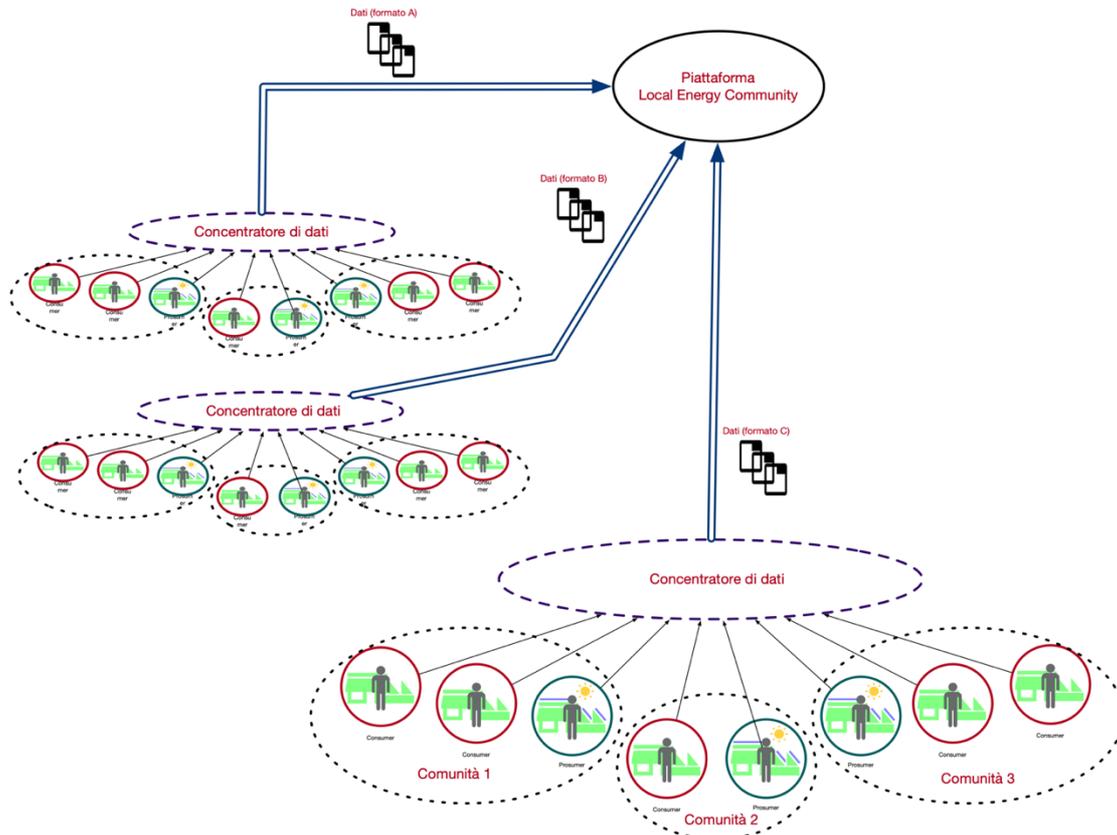


Figura 23: Schema di raccolta dati attraverso differenti concentratori

Figura 23 dà un'idea della complessità legata alla raccolta dei dati in una comunità energetica: un concentratore di dati raccoglie le differenti letture dai dispositivi installati presso le abitazioni o gli edifici coinvolti e invia, con un formato proprio di dati, un pacchetto alla piattaforma LEC. La frequenza di invio di questi dati, come si vedrà successivamente, può essere molto differente e dipende dalla modalità di funzionamento del concentratore dei dati.

E' importante rilevare che, per le considerazioni sopra esposte sul mercato elettrico e dei dispositivi di misura, il ruolo di concentratore di dati può tradursi in diversi livelli di sistemi fisici (dal campo a livello di edificio al distretto al livello nazionale o regionale) e in diversi operatori con personalità giuridiche e organizzazioni ben distinte.

4.3.2 Caso d'uso iniziale della piattaforma per la raccolta dei dati

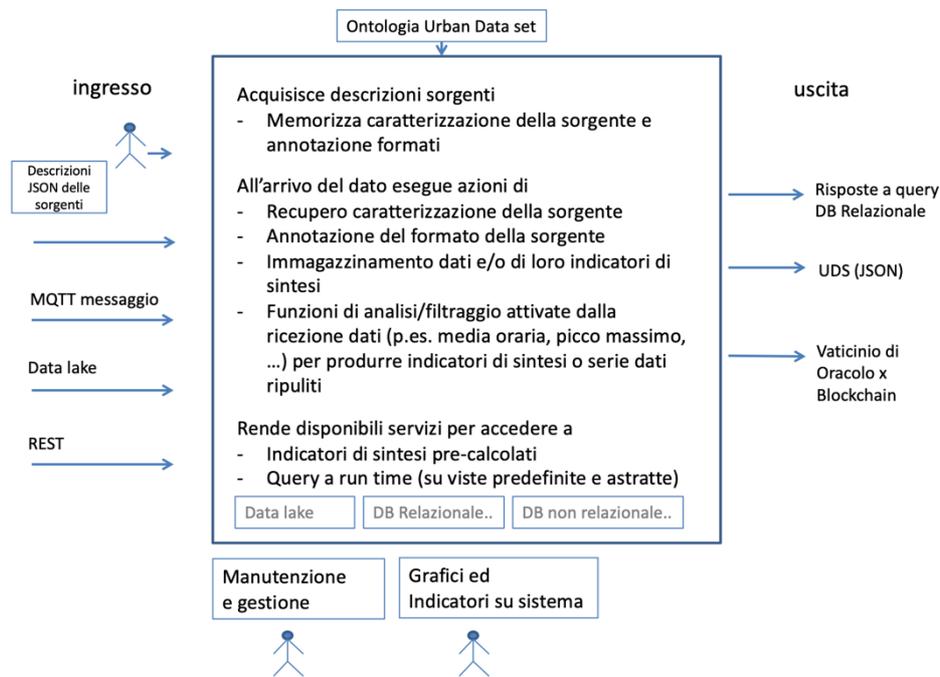


Figura 24: Caso d'uso della piattaforma di raccolta dei dati

Un caso d'uso rappresenta uno strumento per la descrizione del comportamento di un software in base alle esigenze degli eventuali utilizzatori.

Nel caso in analisi, gli utenti utilizzatori del software sono altre applicazioni o librerie che immagazzinano i dati raccolti, li utilizzano per produrre, ad esempio, dei grafici, o li esportano verso altri formati per fornirli all'esterno del sistema, come nel caso dei dati utilizzati all'interno di una smart contract attivo nella blockchain.

Nella Figura 24, a sinistra, sono rappresentate le differenti sorgenti che forniscono dati alla piattaforma in base al metodo di comunicazione utilizzato per l'invio dei dati. Tali metodi verranno illustrati successivamente: per adesso servono per identificare differenti tipologie di ingresso dati che devono essere gestiti. All'arrivo di un messaggio contenente dei dati, la piattaforma elabora l'informazione, anche in base alla configurazione specifica per la sorgente, e inserisce i dati in apposite tabelle all'interno del database relazionale. In questo modo, viene omogeneizzata l'informazione per le successive elaborazioni prima di essere immagazzinata all'interno della struttura dati, evitando eventuali problemi dovuti alla scarsa qualità del dato in ingresso.

A destra della stessa immagine, sono indicati i risultati che il software rilascia in risposta alle richieste delle applicazioni 'a valle' della piattaforma che sfruttano i dati aggregati per fornire servizi o visualizzarli verso l'utente.

L'esportazione verso piattaforme esterne a quella della LEC avviene attraverso la specifica standardizzata Urban Dataset, messa a punto da ENEA per favorire lo scambio di dati tra sistemi eterogenei in modo semanticamente non ambiguo.

Per quanto attiene all'utilizzo dei dati in blockchain, una particolare attenzione viene posta al problema di gestire il flusso dati proveniente dall'esterno della blockchain stessa, noto come problema dell'"oracolo". Per essere effettivamente sicura della integrità, coerenza e poter fornire garanzie sui dati che vengono gestiti, una blockchain deve avere il controllo di tutte le operazioni e le transazioni che uno smart contract può gestire. In particolare, questo è possibile quando i dati utilizzati per il calcolo sono generati o provengono sempre dalla blockchain stessa, e sono registrati all'interno dei suoi blocchi, e non arrivano da sorgenti

esterne: questo però non è sempre possibile, come nel caso dei dati utilizzati per il calcolo dei token basati sulle informazioni di produzione e consumo di energia, sia per esigenze legate alla rilevazione e trasferimento dei dati dal campo sia per la loro numerosità che in ambiente blockchain potrebbe portare ad un costo rilevante.

Con la adozione di oracoli, però, è possibile indicare delle sorgenti dati esterne alla blockchain che vengono considerate “sicure” per la qualità del dato e la sua origine. Tipicamente queste sorgenti sono pubbliche, o gestite da entità pubbliche, e il dato fornito può essere ricavato da più sorgenti e confrontato. Tipicamente, un oracolo potrebbe essere un servizio che fornisce il valore di conversione tra due monete ad un certo istante: tale valore è fornito in base a delle informazioni pubbliche e chiunque può controllare la bontà del dato stesso.

Nel caso della LEC, è la Comunità stessa che garantisce la bontà dei dati inseriti ed utilizzati per i vari calcoli: tali dati possono essere ricavati anche da più sorgenti, come nel caso del consumo elettrico, e confrontato con i dati presenti nel database.

4.3.3 Riferimenti ad architettura generale

L’architettura dati è stata costruita pensando alle tre principali problematiche del loro trattamento

- 1) ingestione dei dati dal campo attraverso una molteplicità di canali e soluzioni/tecnologie con una attenzione ai tempi di risposta del sistema
- 2) organizzazione logica e storage dei dati (includendo sia DB relazionali che materializzazioni dei dati in ambiente big data –delta lake–), con una attenzione alla flessibilità della organizzazione logica dei dati ma anche alla scalabilità del sistema ed al ciclo di vita dei dati
- 3) utilizzazione e disponibilità dei dati (ad esempio verso le blockchain) con particolare attenzione agli aspetti di integrità ed affidabilità del dato.

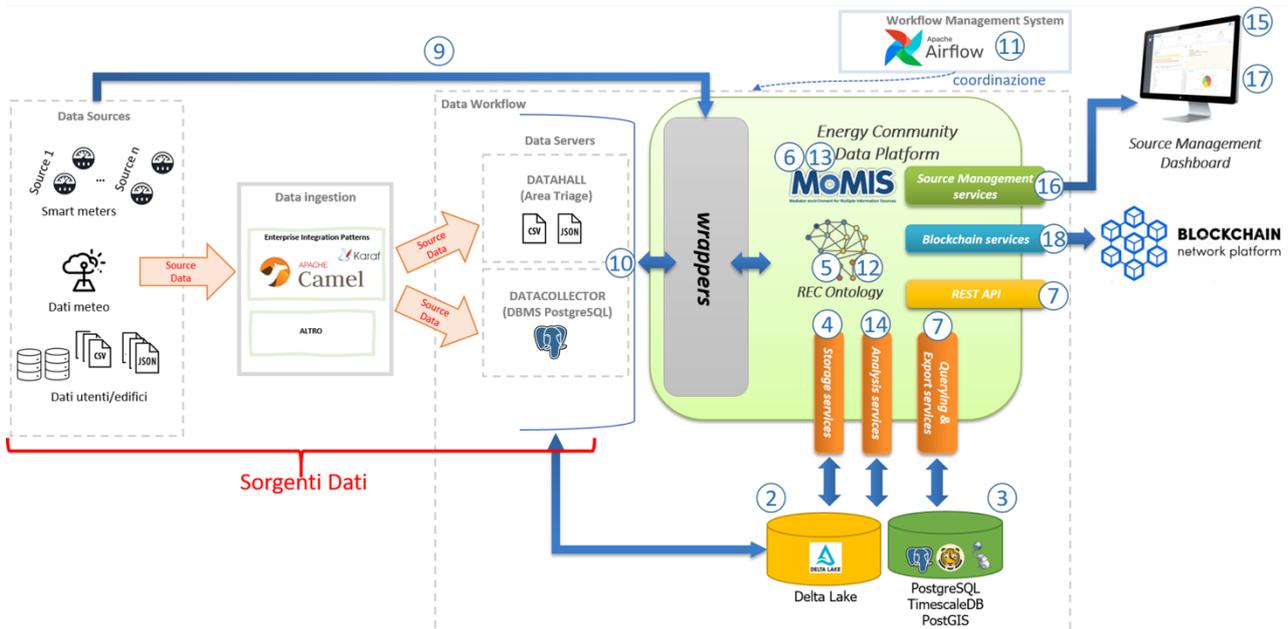


Figura 25: Architettura di riferimento della struttura gestione dati

La Figura 25 rappresenta la situazione rilevata nell’analisi delle differenti sorgenti dati e un possibile schema d’integrazione per la raccolta dei dati.

A sinistra, le differenti sorgenti dati puntuali, che ad esempio raccolgono dati da sensori in real time, sono monitorate attraverso degli strumenti di data flows management e data integration, tra cui i più usati sono Camel e Karaf, entrambi sviluppati da progetti della Apache Software Foundation. Questi strumenti,

opportunamente configurati, permettono di agganciare le differenti sorgenti dati seguendo le specifiche che le stesse pubblicano e mettono a disposizione, semplificando notevolmente il processo d'integrazione. I dati così raccolti, in base alla tipologia di sorgente o di dati, vengono trasformati e inseriti all'interno di database relazionali oppure conservati all'interno di strutture dati non relazionale (database no-SQL) per la successiva elaborazione.

Una breve descrizione dell'utilizzo di questi strumenti verrà dato nel successivo capitolo 3.3.7, dove verrà introdotta la problematica di gestire automaticamente l'arrivo dei dati da sorgenti esterne, indipendentemente dalle modalità di trasmissione e del contenuto dei dati.

Al centro della figura c'è lo strumento di integrazione e l'ottimizzazione dello storage.

A questo livello, è infatti possibile integrare anche altre sorgenti di dati strutturate e non strutturate che mettano a disposizione i loro dati, ad esempio permettendo l'accesso da remoto ai dati.

Il risultato è quello di avere dati interessanti distribuiti su differenti sorgenti, tutte accessibili e note: è quindi necessario un lavoro di integrazione delle varie sorgenti per accedere ai dati in maniera univoca e semplice. Il problema della *data integration* è stato affrontato anche attraverso differenti soluzioni e, nel caso dell'attività svolta nel progetto, è stata demandata ad un contratto specifico con una ditta software che fornisce uno strumento (MOMIS) per l'integrazione delle sorgenti e la loro interrogazione in maniera standard ed aggregata.

La presentazione dettagliata del software sviluppato sarà inserita all'interno del documento di rilascio del software stesso. La piattaforma utilizzata è completamente open-source a garanzia del possibile utilizzo della soluzione anche in ambiti differenti.

Ogni sorgente identificata è associata ad un *wrapper* che dialoga con essa per l'estrazione dei dati attraverso un'analisi semantica dei contenuti della sorgente stessa. Un sistema di aggregazione dei concetti permette di identificare i collegamenti logici tra la colonna del meta-modello descrittivo dei dati e la colonna della specifica tabella all'interno di una sorgente, con un legame *is-a*. In questo modo, operando una operazione di selezione dei dati sul meta-modello, la ricerca viene propagata correttamente su tutte le sorgenti e i risultati prodotti risultano coerenti, indipendentemente dalle sorgenti originarie che contengono i dati. Inoltre, non c'è replicazione dei dati: le sorgenti vengono lette senza essere duplicate localmente.

4.3.4 Interazione con la Blockchain (Oracle's problem)

La piattaforma per la gestione dei dati che è stata sviluppata diventa il nodo principale per la raccolta e l'analisi delle informazioni e dei dati che coinvolgono gli utenti della piattaforma LEC, anche quelli utilizzati per il calcolo delle restituzioni economiche, lo scambio di beni e servizi e la generazione di token per il virtuosismo energetico. In termini più tecnici, la sorgente dati deve essere riconosciuta come un *oracolo* della blockchain utilizzata in modo che i dati da essa offerta vengano considerati attendibili.

Le tecnologie blockchain garantiscono sia la conservazione del dato sia la sua validità fino a quando i dati sono tutti originati all'interno della blockchain stessa. Ad esempio, in una transazione tra due utenti A e B che scambiano un token, la blockchain garantisce che l'utente A abbia almeno un token a inviare a B, anzi ne garantisce il saldo complessivo come il risultato di N transazioni nel tempo, che B possa ricevere un token e, infine, garantisce il saldo di B. Tutte le transazioni che riguardano il saldo di A e B sono registrate all'interno dei differenti blocchi e, eventualmente, è possibile ricostruirle tutte all'indietro fino al momento dell'iscrizione degli utenti. Il sistema è chiuso e autoconsistente.

Il problema sorge nel caso in cui una parte del processo utilizzi dati provenienti da sorgenti esterne al sistema della blockchain e che alcuni smart contract utilizzano per effettuare dei calcoli. Nel caso specifico, ad esempio, alcuni token vengono assegnati ai singoli utenti attraverso una valutazione del loro virtuosismo energetico: i dati utilizzati provengono dal database e non sono interni alla blockchain. Affinché la piattaforma blockchain possa effettivamente utilizzare questi dati è necessario mettere a punto un sistema che garantisca la qualità dei dati stessi e permetta di risalire completamente al calcolo effettuato per assegnare i token. In altre parole, è necessario che l'informazione contenuta nel database sia garantita in termini di sicurezza della provenienza e che una traccia dei dati utilizzati venga conservata all'interno della blockchain stessa a garanzia degli utenti.

Le soluzioni analizzate per risolvere questo problema verranno presentate nei lavori svolti dalla Università di Modena e Reggio Emilia e, più specificatamente, dal Dipartimento di Informatica del Politecnico di Milano.

4.3.5 Organizzazione della base di dati

4.3.5.1 I requisiti generali dello schema logico

A livello di requisiti generali sono stati individuati i seguenti elementi:

- 1) molteplicità delle comunità supportate: poiché il concetto di LEC si articola nella compresenza di più livelli di aggregazione, la comunità di energie rinnovabili di piccola dimensione (ex normativa transitoria (Art. 42-bis del DL 162/2019 convertito in Legge n. 8/2020) e comunità più ampie che possono includere anche più comunità del primo tipo. Occorre quindi poter includere nel medesimo archivio utenti e dati riconducibili alle diverse e distinte comunità ma anche utilizzabili nel loro insieme, da qui la scelta del supporto a molteplici comunità.
- 2) molteplicità della relazione tra utenti e comunità: è possibile ipotizzare che una medesima persona fisica sia per diverse ragioni affiliata a differenti comunità, in ognuna delle quali partecipa con un wallet dedicato differente essendo non previsto lo scambio di token tra comunità
- 3) distinzione tra i concetti di utente e device di lettura: ogni utente può avere più dispositivi di lettura (sia per la compresenza di dispositivi diversi –p.es. consumo e produzione–sia perché, ad esempio nei condomini, possono esserci più contatori per differenti usi dell'energia).
- 4) relazione tra flussi e dispositivi di rilevazione di tipo M:N: è infatti possibile che i dati di un medesimo dispositivo siano trasmessi attraverso flussi diversi ottimizzati per differenti usi (ad esempio frequenza molto alta e grandi masse di dati trasmesse una volta alla settimana per simulazioni e studi versus flussi quartorari trasmessi ogni 15 minuti a scopo di monitoraggio)

Sono inoltre state compiute alcune scelte progettuali, quali ad esempio:

- 1) si è ipotizzato come scenario di riferimento per il primo prototipo un sistema che abbia la capacità di raccogliere dati di consumo da qualche migliaio di utenze e di tenere i dati di alcune decine di migliaia di utenti; a livello di progettazione si è comunque cercato di assicurare la scalabilità oltre questo dimensionamento.
- 2) disponibilità del dato di consumo: in relazione alle letture dai dispositivi si è ipotizzato di gestire sia situazioni in cui il dato disponibile è l'energia consumata/prodotta nell'intervallo di tempo sia una stima ottenuta dalla potenza attiva istantanea. Per ora invece non è supportato il meccanismo degli eventi di chain2, anche se i dati possono essere raccolti con apposita tabella.
- 3) in generale si è cercato di eliminare il ricorso a testo libero nella descrizione di informazioni codificabili, come ad esempio lo status di un dispositivo o il tipo di misura (media, valore istantaneo...).
- 4) si sono definite delle tabelle con ruolo di buffer temporaneo per ospitare dati intermedi, frutto di elaborazioni da riaggiornare periodicamente o da utilizzare come area di lavoro (è il caso sia di curve obiettivo definite per un periodo limitato e poi periodicamente da ricalcolare oppure di curve caratteristiche di diversi gruppi di utenti identificati con algoritmi di clusterizzazione)
- 5) si è assunto un approccio prudentiale a strati per quanto attiene alla struttura logica del database, rinunciando a qualcosa in termini di ottimizzazione delle performance per garantire una flessibilità delle applicazioni che vedono, tramite view logiche, uno schema logico di sintesi indipendente, per quanto possibile, dalla struttura reale delle tabelle sottostanti. Questo al fine di assicurare la possibilità di miglioramenti alla struttura di storage senza dover riscrivere parte delle applicazioni soprastanti.

4.3.5.2 Il dettaglio dello schema logico: entità e relazioni

Le entità identificate durante il lavoro di analisi degli oggetti che il sistema di gestione dei dati deve trattare sono le seguenti:

- **Comunità:** identifica le comunità energetiche che sono gestite dalla piattaforma. ☐ tabella **communities**
- **Utenti:** rappresenta gli utenti della piattaforma. Un utente può appartenere solamente ad una comunità. ☐ tabella **users**
- **Ruoli:** specifica i ruoli che un utente della piattaforma può ricoprire in una comunità (ad esempio utente della comunità energetica o amministratore della comunità energetica).☐tabella **roles**
- **Dispositivi:** raccoglie tutti i dispositivi da cui arrivano o con cui vengono fatte le misurazioni dei dati (ad esempio contatori elettrici). I dispositivi sono associati agli utenti, ogni utente può avere più di un dispositivo. I dati sono contenuti nella tabella **devices**, che rappresenta in ultima analisi l’anagrafica dei dispositivi. ☐ tabella **devices**
- **Fornitori:** enumera tutti i servizi, aziende o in generale fornitori che forniscono dati attraverso dei dispositivi o altri meccanismi (ad esempio da siti web). Ad esempio, in questo contesto ENEL X è una sorgente dati. Una sorgente può avere tanti dispositivi con cui fornire i dati. ☐ tabella **suppliers**
- **Lettura:** contiene le diverse tipologie di lettura dei dati, a seconda dei dati che devono essere registrati. Ad esempio, nella prima implementazione della struttura, sono stati presi in considerazione:
 - **Consumi:** i dati di consumo energetico, che arrivano dai dispositivi ☐ tabella **counterreading**
 - **Meteo:** i dati meteorologici, come temperatura o irraggiamento ☐ tabella **weatherdata**
- **Flussi:** sono tutti i tipi di flussi di dati che arrivano verso la piattaforma e che vengono registrati sul DB. I dati sono nella tabella **flows**, che rappresenta in ultima analisi l’anagrafica dei flussi. I tipi di flussi di dati danno informazioni su come i dati sono arrivati (ad esempio ogni quanto arrivano), sul loro formato e da quale fornitore ☐ tabella **flows**
- **Anomalie:** sono le anomalie che possono essere riscontrate nelle operazioni di raccolta dei dati. Le anomalie possono riguardare il funzionamento (e quindi i dati) relativamente ad un dispositivo specifico oppure ad un flusso. ☐ tabella **anomalies**
- **Anagrafica Tabelle e Anagrafica Label di segnale** consentono di indicare su quale tabella va scaricato il flusso e quali entità (con eventuali controlli da fare) viene memorizzata nelle diverse colonne (necessario, ad esempio, per la detection di anomalie). ☐tabelle **measurementstables_e_signallabels**.

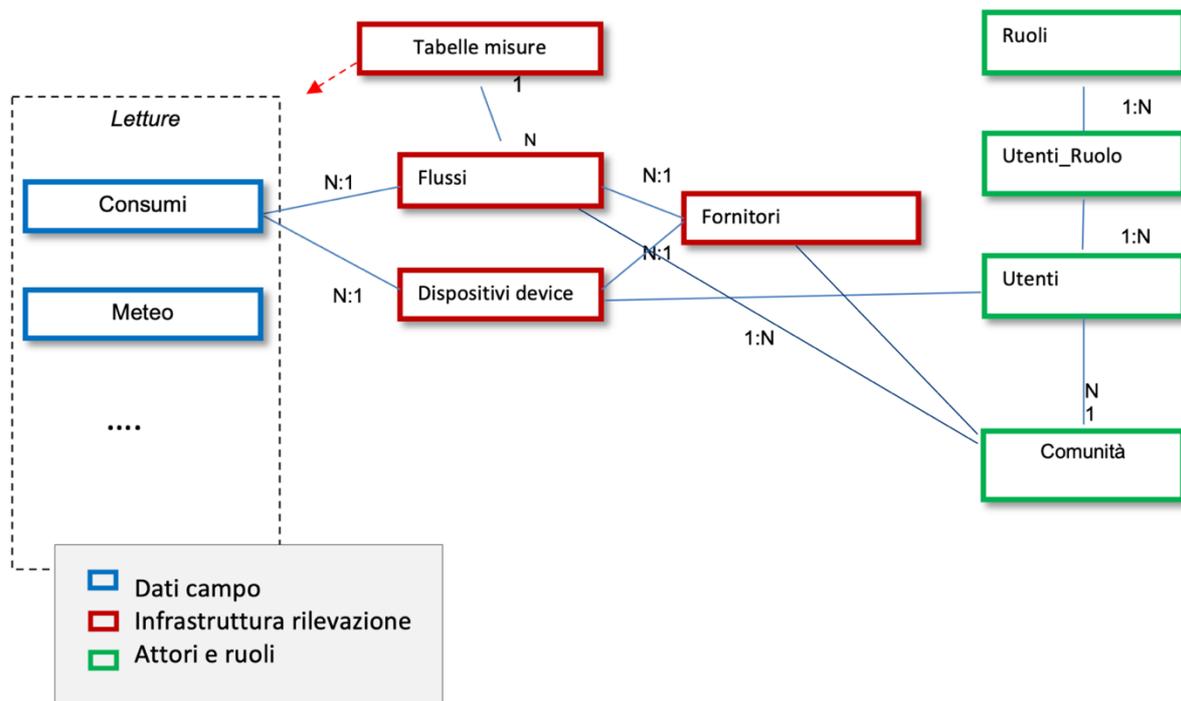


Figura 26: Indicazione delle principali entità per la gestione dei dati

Il diagramma in Figura 26 può essere facilmente esteso con nuove tipologie di dati, ad esempio quelli di consumo dell'acqua o del gas, nel momento in cui questi dati venissero resi disponibili in maniera automatizzata alla Comunità.

Le principali tabelle e le relazioni tra di esse verranno dettagliate nel prossimo capitolo.

4.3.6 Infrastruttura per la gestione dei dati

In questa sezione vengono esplicitati i campi contenuti nelle differenti tabelle presenti nel database relazionale che opererà come contenitore dei dati. La progettazione del database è partita dalla definizione delle varie entità che costituiscono il dominio logico della soluzione software che viene implementata, successivamente sono state definite le relazioni tra queste entità, in modo da descrivere completamente tutte le possibili configurazioni dell'insieme dei dati. Gli elementi fondamentali di questo dominio sono gli utenti, i devices di misurazioni associati a ciascun utente, le comunità di utenti. Dall'altra parte, sono stati definiti i flussi di dati, di tipologie differenti, che un utente può generare e che il sistema deve poter acquisire. Un flusso di dati permette la configurazione di un sistema di acquisizione di questi dati, definendo alcuni parametri operativi per la raccolta del singolo dato. Un flusso è collegato sia all'utente proprietario dei dati, sia ai devices che generano questi flussi che al fornitore del servizio di raccolta e restituzione dei dati. In questo modo è possibile descrivere le varie situazioni in cui un utente possiede più devices i cui dati sono raccolti da providers differenti e, infine, raccolti dalla piattaforma che si occupa di risolvere le incongruenze e collegare i singoli utenti con i dati che essi generano.

Successivamente, è stata creata un'infrastruttura per la gestione dei dati "derivati" da quelli precedenti. In questo modo è possibile operare calcoli dispendiosi su grandi quantità di dati in momenti della giornata di scarso accesso, o comunque disaccoppiando questo processo da quello di fornitura dei servizi all'utenza. Questo permette di mantenere alte le prestazioni del sistema verso l'utenza, effettuando operazioni dispendiose senza impedire l'accesso ai dati o l'utilizzo della piattaforma.

4.3.6.1 Infrastruttura per la gestione dei dati: le principali tabelle di comunità

Users - Anagrafica utenti

Anagrafica degli utenti

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
userid	testo 64 char	No	Identificativo univoco dell'utente
username	Testo blob	No	Nome dell'utente
usersurname	Testo blob	No	Cognome dell'utente
address	Testo blob	Si	Indirizzo dell'abitazione
zip	Testo 5 char	Si	CAP
city	testo 64 char	Si	città dell'utente
province	testo 2 char	Si	provincia dell'utente
fiscalcode	testo 16 char	Si	Codice fiscale dell'utente
email	testo 255 char	No	email dell'utente
wallet	testo 255 char	Si	wallet dell'utente

Tabella 6: Anagrafica dell'utente

Roles – Enumerazione dei ruoli possibili

Tabella di enumerazione dei possibili ruoli nelle comunità

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
roleid	Numerico	No	Identificativo del ruolo
Description	Testo fisso	No	Testo descrittivo del ruolo

Tabella 7: Ruoli nelle comunità

Communities - Anagrafica comunità

Elenco condominio-subcomunità/comunità/progetto di cui si supportano i dati.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
communityid	numerico	No	identificatore comunità
communityname	testo 64 char	si	denominazione comunità
description	testo 255 char	si	descrizione comunità

Tabella 8: Anagrafica comunità

Relazione comunità utenti (users communities)

Tabella di collegamento tra gli utenti e le comunità. Il codice dal wallet dell'utente, che servirà per l'accesso alle informazioni contenute nella blockchain è contenuto in questa tabella, perché il singolo wallet è associato all'utente e alla comunità in cui esso opera

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
communityid	foreign key	NO	identificatore comunità
userid	foreign key	No	Identificatore utente
wallet	testo 255 char	si	wallet dell'utente

Tabella 9: Tabella di relazione tra utenti e comunità

Relazione flussi utenti (flows communities)

Flussi debbono essere raggruppabili per condominio-subcomunità/comunità/progetto per comodità di trattamento e per garantire giusti diritti di accesso.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
communityid	foreign key	NO	identificatore comunità
flowid	foreign key	No	Identificatore flusso
accountconsumption	integer	si	se vale 1 utilizzare il flow di default per conteggiare i consumi nella community, se vale 2 utilizzare il flow di default per conteggiare la produzione nella community altrimenti no

Tabella 10: Tabella di relazione tra utenti e flussi dei dati

Relazione fornitori utenti (suppliers communities)

Fornitori debbono essere conoscibili per condominio-subcomunità/comunità/progetto per comodità di trattamento e per garantire giusti diritti di accesso.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
communityid	foreign key	NO	identificatore comunità
supplierid	foreign key	No	Identificatore fornitore

Tabella 11: Tabella di relazione tra fornitori degli utenti e comunità

4.3.6.2 Infrastruttura per la gestione dei dati: le principali tabelle di consumo/produzione

Lecture consumi elettrici da METER (counterreading)

Ogni colonna contiene dati riferiti ad una unità di misura non modificabile a livello record.

Nome campo (*)	Unità di misura	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
deviceid	-	Stringa Max 64 char,	No	Identificatore dispositivo (equivale POD) (deve essere univoco all'interno di una sorgente)

		per ora		
flowid		numero tabella decodifica foreign key	No	Identificatore flusso (interno)
timestamp	-	Date time (controllare; in caso usa testo)	No	TEMPO, timestamp di rilevamento della misura Es. 2020-10-05 00:00:07
current	A	Double	Sì, è errore ma serve per rilevare malfunzionamenti	CORRENTE istantanea o media, A, anche negativa nel caso di produzione
voltage	V	Double	Sì, idem	TENSIONE istantanea o media, V
powactive	W	Double	Sì, idem	POTENZA ATTIVA istantanea o media, kW, anche negativa
powreactive	W	Double	Sì, idem	POTENZA REATTIVA istantanea o media, kW, anche negativa
energy	Wh	Double	Sì, idem	ENERGIA consumata/prodotta nel periodo di tempo in Wh
chargestatus	-	Single	Sì	CARICA, stato caricabatteria (per accumulatori solo; per ora manca) assumiamo sia %
tsi		bigint, millisecondi unix		timestamp di ingestion (tempo unix)

Tabella 12: Tabella di conservazione delle letture elettriche

Convenzione sui segni

Le letture dei dati indicano con un segno positivo (o senza alcun segno) la potenza, la corrente o l'energia prelevata dalla rete e con un segno negativo le stesse grandezze quando immesse dalla sorgente della Comunità.

Parametro	Convenzione dei segni
Assorbimento del carico	+
Produzione PV	-
Scambio con la rete	+: prelievo da rete -: immissione in rete
Sistema di accumulo	+: batteria in carica -: batteria in scarica

Tabella 13: Tabella di convenzione dei segni di potenza, energia ed elettricità

Flows - Anagrafica flussi

La tabella Flows contiene le informazioni legate al flusso di dati che da una sorgente o fornitore arriva al sistema della LEC. Un flusso è associato a un solo fornitore che è responsabile della sua attività. In determinate situazioni, lo stesso dispositivo e lo stesso fornitore possono fornire dei flussi differenti, ad esempio con frequenza differente tipico dei meter 2G.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
flowid	numero	No	Identificatore flusso
flowname	Stringa 64 char	No	Denominazione flusso
supplierid	numero	si	Identificatore fornitore che invia il flusso
description	testo 255 car	si	Descrizione testuale del flusso
note	Testo memo	Si	note sul flusso
measurementstablesid	numerico	si	tabella destinazione dei dati misurati 1-counterreading 2-weatherdata
frequence	Tabella decodifica t_frequence	No	Frequenza di INVIO

cronfrequency	Testo	si	Rappresentazione frequenza INVIO secondo formalismo CRON
frequencyderogation	Tabella decodifica t_frequencyderogation	No	Indica derogabilità, cioè esistenza e forza della regola su frequenza INVIO P.es indica che a fronte di eventi speciali venga inviata una <u>ulteriore</u> misura (p.es. eccesso su potenza);
measurefrequency	Tabella decodifica t_frequency	No	Frequenza di RILEVAZIONE
measurecronfrequency	Testo	si	rappresentazione frequenza RILEVAZIONE secondo formalismo CRON,
measurefrequencyderogation	Tabella decodifica t_frequencyderogation	No	Indica derogabilità, cioè esistenza e forza della regola su frequenza RILEVAZIONE Ammette che a fronte di eventi speciali venga inviata una misura (p.es. eccesso su potenza)
measurementtype	Tabella decodifica T_measurementType	No	Tipo di misura: valore istantaneo, valore medio o minimo o massimo su intervallo, totale, ...
channeldescription	testo 256 car	Si	descrizione testuale canale di trasmissione o invio: file una tantum, sftp, mqtt, accesso http rest.
datasyntax	tabella decodifica t_datasyntax	SI	sintassi usata per il formato dati: txt, csv, xml, json, proprietario
dataformatreference	testo 256 car	SI	referenza (url o documento) a formato dati utilizzato (documentazione, specifiche)
userightsstatement	Memo	Si	statement su uso dei dati (GDPR e use rights), testo libero
gdprclassification	Tabella decodifica t_gdprclassification	No	categoria di dati secondo GDPR
onErrorDo	testo memo	si	descrizione testuale del comportamento in caso errore (p.es. reinvio di misura)
starttime	Data e time	No	Inizio raccolta dati
endtime	Data e time	Si	Fine raccolta dati

Tabella 14: Anagrafica dei flussi di dati

Anagrafica dispositivi (devices)

Questo può essere collegato ad anagrafe membri di comunità, e/o di gruppo applicativo/progetto.

Nel caso di smart meter un device coincide con una **utenza elettrica** (un POD); può accadere che un medesimo utente abbia più utenze, mentre un device ha un solo utente a cui appartiene ed un solo supplier.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
id	numero		Identificatore interno
deviceid	Stringa max 64 char	No	Identificatore dispositivo (univoco solo dentro ad una sorgente: può essere locale ad un flusso o gruppo di flussi)
supplierid	numero	Si	Identificatore fornitore e a cui appartiene il device

identificationmethod	Tabella decodifica t_identificationmethod	No	Metodo di identificazione: secondo la tabella di decodifica
userid	numero	Si	Identificatore utente
altdeviceid	Stringa max 64 char	Si	Altro identificatore device equivalente interno a community
devicename	Testo, 128 char	No	Denominazione testuale dispositivo (p.es. Appartamento 1 oppure Azienda Rossi)
description	Testo, 256 char	Si	Descrizione dispositivo (p.es. Appartamento 1 oppure Azienda Rossi)
note	Memo	Si	Note su dispositivi
devicetype	Testo, 256 char		Tipo di dispositivo
devicestatus	Tabella decodifica t_devicestatus	No	Condizione del dispositivo secondo la tabella di decodifica
usetype	Tabella decodifica t_usetype	Si	Tipologia dell'utente secondo la tabella di decodifica
georeferenceformat	Test 32car	si	Tipo e formato georeferenziazione (p.es wgs84) in cui sono espresse le coordinate
georeference	Tipo point (X e Y lat/long, Z altitudine)	Si	Georeferenziazione del device Latitudine (x), Longitudine (y), Altitudine (z, opzionale)
activationdate	Data e time	si	data di (prima) attivazione

Tabella 15: Anagrafica dei dispositivi della comunità

Suppliers - Anagrafica sorgenti o fornitori di dati

Fornisce informazione sul fornitore del flusso di dati –p.es. ENEL-X – oppure un sito web (p.es. weatherdata).

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
supplierid	numero	No	Identificatore fornitore
suppliername	Stringa 64 char	No	Denominazione fornitore, p.es. ENEL-X
description	testo 255 car	si	Descrizione testuale del fornitore
note	testo memo	si	note sul fornitore
url	testo 255	si	link di riferimento

Tabella 16: Anagrafica dei fornitori di dati della comunità

Anagrafica tabelle (measurementstables)

Lista delle tabelle possibili destinatarie di flussi di dati

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
measurementstableid	numero	No	Identificatore tabella
measurementstablename	Stringa 64 char	No	Denominazione della tabella (p.es. countereading, weatherdata,...)
description	testo 255 car	si	Descrizione testuale della tabella
note	testo memo	si	note sulla tabella

Tabella 17: Anagrafica delle tabelle finali dei flussi di dati

4.3.6.3 Infrastruttura per la gestione dei dati: supporto all'analisi

Serie temporali derivate

Le serie temporali derivate sono tabelle derivate che possono essere finalizzate a risolvere diversi problemi:

- Rappresentare un dato sintetico, frutto di una pre-elaborazione di un set più ampio di dati, anche complessa. Un esempio tipico potrebbero essere le curve di carico giornaliero obiettivo da dare ad una Local Energy Community (frutto di valutazioni più o meno complesse) o i profili medi di carico giornaliero calcolati sulle medie di un periodo per un cluster di utenti (frutto di più passaggi parametrizzabili a partire dalle letture dei consumi).
- Rappresentare un dato frutto di 'ripuliture' e 'ri-lavorazioni' a valle di una serie di controlli che vengono effettuati (per colmare mancanze di dati, eliminare anomalie, ecc).

Se nel primo caso vi è un ovvio vantaggio nel consolidare su pochi dati il distillato di elaborazioni su masse più ampie di dati, nel secondo caso il vantaggio è più dubbio e, soprattutto, potrebbero essere necessarie soluzioni tecnologicamente diverse e più adatte ad una elaborazione cosiddetta 'big data'); in questo caso è infatti possibile rimandare ad un futuro sviluppo che superi eventuali limiti da un punto di vista prestazionale meglio integrandosi con gli spazi dati di DELTA LAKE.

Le tabelle derivate saranno il risultato di operazioni schedulate con un workflow che trova nel descrittore della tabella le indicazioni su come e quando effettuare un refresh dei suoi dati, se necessario.

Descrittore della serie temporale derivata (derivedtimeseries)

A seconda delle politiche o dei cluster di utenti potrebbe essere necessario definire differenti funzioni obiettivo o misure.

Tabella 18: Tabella contenente la descrizione delle serie temporali derivate dai dati

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
derivedtimeseriesid	Numero	No	
derivedtimeseriesname	Testo, 128	No	denominazione della serie
populationreference	testo 255	Si	Popolazione cui è riferita: tipo di utenza o cluster di appartenenza o insieme di riferimento Descrizione verbale
derivedtimeseriestype	decodifica T_ derivedtimeseriestyp e	No	Indica il tipo di derivedtimeseriesdata (p.es. curva obiettivo consumo di comunità)
communityid	decodifica communities	No	Indica a quale comunità appartiene la curva
periodtype	decodifica T_periodtype	si	arco di tempo coperto dalla serie: giornaliero o settimanale o feriale...
description	Testo, 256	si	descrizione testuale della serie (p.es. che cosa rappresenta, come si calcola)
note	Testo, memo	si	Eventuali note
frequence	decodifica T_frequence	si	Passo rilevazione: secondo, minuto, quarto d'ora, ora Potrebbe essere anche frequenza non fissa.... (asse X)
entity	PER ORA TESTO LIBERO		Entità rappresentata (potenza attiva, potenza reattiva, corrente, tensione,...) (asse Y) PER ORA TESTO LIBERO: Potrebbe esserci una referenza semantica
unitofmeasure	Testo 32	Si	Unità di misura dei dati (asse Y)
xformat	Testo 64	Si	referenza a formato rappresentazione intervallo (asse X) Le situazioni possibili sono tre: 1) timestamp unix (secondi o millisecondi) con data/ora assoluta

			2) un numero incrementale (da 1 a n) per distinguere i valori di una serie p.es. media 3) un testo esplicativo: p.es. "9.30" della giornata media oppure 'mercoledì' (da decidere il formato utilizzato)
measurementtype	Tabella decodifica	si	Tipo di misura: valore istantaneo, valore medio o minimo o massimo su intervallo (asse Y)
lastupdate	timestamp	si	Indica l'ultima volta che la serie è stata calcolata/popolata
updatescheduling	stringa testo 64 CRON	si	Se occorre ricalcolare la tabella periodicamente contiene indicazione dello scheduling per farlo; se assente si assume che NON debba essere ricalcolata periodicamente

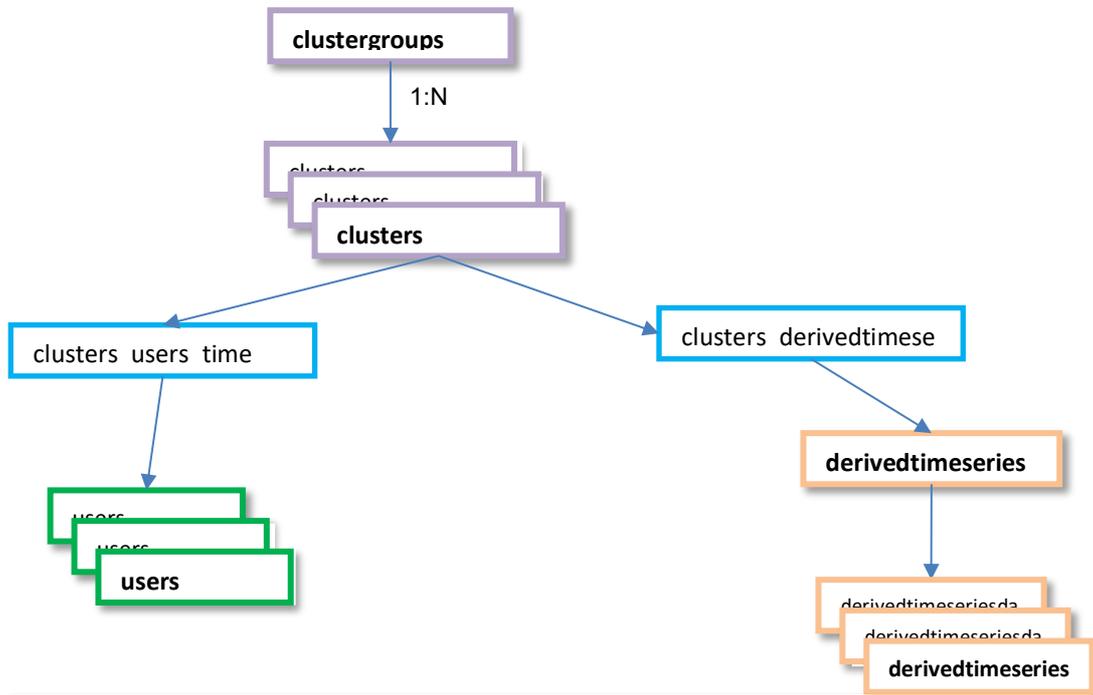


Figura 27: Esempio di utilizzo di tabelle derivate dai dati grezzi

Dati della serie derivata (derivedtimeseriedata)

In questa tabella vengono conservati i dati derivati, attraverso specifiche funzioni, dai flussi di dati principali. Questa operazione, fatta con una frequenza definita nella descrizione della serie derivata, permette di calcolare, ad esempio, delle medie orarie a partire da dati con frequenza maggiore. I dati così prodotti vengono resi successivamente accessibili. In questo modo, elaborazioni su grandi quantità di dati, quindi molto lunghe, possono essere effettuate in periodi di basso carico del sistema, ad esempio di notte, per migliorare le prestazioni complessive.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
derivedtimeseriedataid	univoco	No	identificatore
derivedtimeserieid	Numero referenza in tabella derivedtimeseries	No	Riferimento alla serie a cui appartiene
yvalue	Numero	No	Valore della grandezza
xvalue	Testo, 32 char	No	Tempo o progressione numerica

Tabella 19: Tabella contenente i dati calcolati delle serie temporali

Relazione Serie derivata-Utenti-PeriodoTempo (derivedtimeseries_users_time)

Più serie derivate possono essere associate direttamente a un utente.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
id	seriale automatico	No	
derivedtimeserieid	foreign key	No	identificatore derivedtimeserie
userid	foreign key	No	identificatore utente
timestamp	numerico, formato unix	Si	indica una giornata specifica che, per l'utente, ricade nel cluster (nel caso si sia fatta una clusterizzazione su comportamenti diversi del medesimo utente nel tempo. Indicare momento di inizio periodo

Tabella 20: Tabella di collegamento tra una serie derivata e l'utente proprietario dei dati

Relazione Seriederivata -Devices-PeriodoTempo (derivedtimeseries_devices_time)

Se un utente può avere più utenze (ovvero devices) può essere necessario associare il cluster NON all'utente ma al device singolo. Posso avere più serie derivate che sono associate direttamente a un device (indipendentemente da cluster)

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
id	seriale automatico	No	
derivedtimeserieid	foreign key	No	identificatore derivedtimeserie
deviceid	foreign key	No	identificatore device
flowid	foreign key	No	
timestamp	numerico, formato unix	Si	indica una giornata specifica che, per il device, ricade nel cluster (nel caso si sia fatta una clusterizzazione su comportamenti diversi del medesimo device nel tempo Serve per supportare esempio 2) Indicare momento di inizio periodo

Tabella 21: Tabella di collegamento tra una serie derivata e i dispositivi dell'utente

4.3.6.4 Il caso della clusterizzazione degli utenti

Una operazione di clusterizzazione quando viene eseguita produce una serie di cluster con cui possono essere classificati gli utenti di una comunità o anche solo alcune giornate del loro comportamento.

Esempio 1:

Raggruppare utenti che hanno comportamenti assimilabili:

- calcolare curva media giornaliera di ogni utente su periodo X (memorizzata come timeseriesderivata associata ad UTENTE)
- applicazione processo di clustering che raggruppa gli utenti su base delle curve medie degli stessi nel periodo
- infine calcolare curva media del cluster (media delle medie) (anch'essa è una timeseriesderivata 'di secondo livello').

Esempio 2:

Raggruppare i tipi di comportamento dell'utente singolo nell'arco dell'anno (p.es. giorni feriali e giorni festivi; oppure giorno invernale e giorno estivo):

- applicazione del clustering direttamente sulle curve di carico grezze giornaliere di ogni giorno: si ottengono le curve in cluster (più di una per utente).

Se si opera una ricerca per riconoscere comportamenti distinti di 'giorno riposo' e 'giorno attività' allora è necessario associare una <data/giornata e utente> ad un cluster.

Descrittore delle operazioni di clusterizzazione o gruppi di cluster (clustergroups)

Il gruppo di cluster descrive la operazione che li ha generati.

Clusterizzare significa individuare gruppi di misure che indicano comportamenti simili di un utente in relazione ad una entità misurata (p.es. consumo energia), produce quindi cluster, a cui possono essere associate delle time series derivate che ne rappresentano il comportamento di sintesi, e delle associazioni tra cluster e utenti a cui appartengono.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
clustergroupid	numero	No	identificatore della operazione
clustergroupname	testo 32		
description	testo 255	No	descrizione testuale della operazione
lastupdate	timestamp	No	Indica l'ultima volta che la cluster è stato calcolato
updatescheduling	stringa testo 255 CRON	si	Se occorre ricalcolare cluster periodicamente contiene indicazione dello scheduling per farlo.; se assente si assume che NON debba essere ricalcolato periodicamente
communityid	numero foreign key	No	community a cui appartiene il gruppo di cluster (o meglio su cui è stato calcolato)

Tabella 22: Tabella di descrizione delle operazioni di clusterizzazione applicate ai dati degli utenti

Descrittore dei cluster (clusters)

Indica singolo cluster ottenuto da una operazione (associata a clustergroup).

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
clusterid	numero	No	identificatore
clustergroupid	foreign key	No	identificatore della operazione (gruppo)
descrizione	testo	No	descrizione testuale
communityid	numero foreign key	No	community a cui appartiene il cluster (o meglio su cui è stato calcolato)

Tabella 23: Tabella di descrizione del singolo cluster

Relazione Cluster-Time series derivate (clusters derivedtimeseries)

Tabella di relazione tra un cluster (gruppo dinamico) di utenti e le serie derivate calcolate su questo cluster.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
clusterid	foreign key	No	identificatore cluster
derivedtimeseriesid	foreign key	No	identificatore derivedtimeseries

Tabella 24: Tabella di relazione tra un cluster e le serie derivate

Relazione Cluster-Utenti-PeriodoTempo (clusters users time)

Posso avere utente che appartiene a più cluster in relazione a che cosa analizzo/rappresento

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
id	seriale automatico	No	
clusterid	foreign key	No	identificatore cluster
userid	foreign key	No	identificatore utente
timestamp	numerico, formato unix	Si	indica una giornata specifica che, per l'utente, ricade nel cluster (nel caso si sia fatta una clusterizzazione su comportamenti diversi del medesimo utente nel tempo. Indicare momento di inizio periodo

Tabella 25: Tabella di relazione tra cluster, utenti ed il periodo di tempo in cui un certo utente rientra nel cluster

Relazione Cluster-Devices-PeriodoTempo (clusters devices time)

Se un utente può avere più utenze (ovvero devices) può essere necessario associare il cluster non all'utente ma al device singolo: in altri termini, il singolo device rientra all'interno di un cluster di comportamento rispetto al singolo utente. Per esempio, lo stesso utente potrebbe associare più misuratori collegati a differenti abitazioni. In questo caso, associare un utente ad un cluster potrebbe essere sbagliato perché si mischiano profili differenti, come quello di una residenza fissa e di una casa estiva.

Un device può appartenere a più cluster in base alle operazioni svolte per identificare il cluster.

Nome campo	Tipo	NULL ammesso	Descrizione
id	seriale automatico	No	
clusterId	foreign key	No	identificatore cluster
deviceId	foreign key	No	identificatore device
flowId	foreign key	No	identificatore flusso
timestamp	numerico, formato unix	Si	indica una giornata specifica che, per il device, ricade nel cluster (nel caso si sia fatta una clusterizzazione su comportamenti diversi del medesimo device nel tempo Serve per supportare esempio 2) Indicare momento di inizio periodo

Tabella 26: Tabella di relazione tra cluster, devices ed il periodo di tempo in cui un certo utente rientra nel cluster

4.3.7 Metodologie di acquisizione dei dati

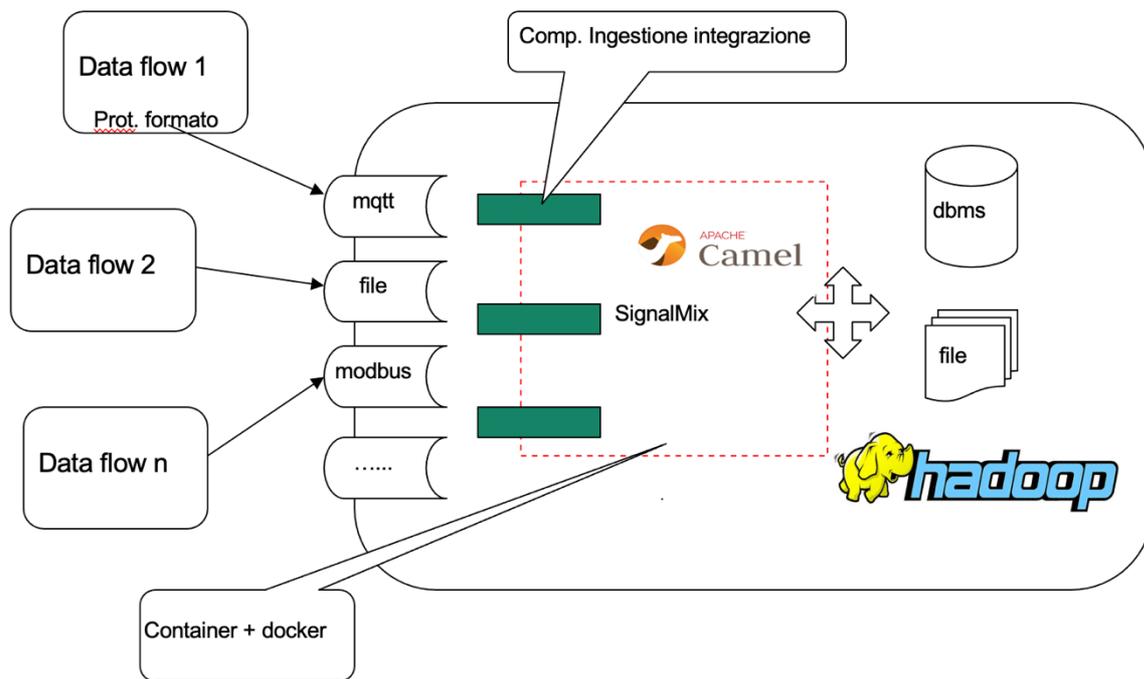


Figura 28: Infrastruttura di acquisizione dei dati da sorgenti esterne non predefinite

Il problema dell'acquisizione dei dati deve affrontare, in prima battuta, il problema di permettere lo scambio dei dati dal sistema che li produce, che è esterno alla LEC, agli spazi di storage e gestione della piattaforma LEC stessa. Questo processo è critico perché, come visto in precedenza, il numero di attore, e potenzialmente di differenti sistemi, è molto alto nel panorama elettrico italiano e la gestione di ogni sorgente non sarebbe possibile. Per questo motivo sono state messe a punto delle metodologie di acquisizione dei dati che si disinteressano, inizialmente, dei dati stessi ma risolvono il problema dell'invio e della ricezione dei file. L'analisi dei dati e la loro ingestione verrà presentata successivamente.

4.3.7.1 Area Triage

L'Area triage è un servizio che mette a disposizione uno spazio d'archiviazione convenzionale su filesystem che può essere utilizzato in maniera manuale o automatica per il trasferimento di file anche di grandi dimensioni.

Il servizio è implementato esponendo un server secure ftp (sftp) che dispone di uno spazio d'archiviazione suddiviso in cartelle: ad ogni utenza è associato uno specifico percorso e, quindi, una cartella ben identificata nel file system locale.

L'organizzazione delle cartelle e dei permessi può essere plasmata sulle esigenze del servizio/progetto in base alle differenti peculiarità. Ad esempio, può essere creata una semplice gerarchia di utenti in modo che un singolo utente possa scrivere nella cartella indicata. In un altro modello, è possibile creare una struttura per tipologia di dato inviato, ad esempio delle letture cumulative di consumi elettrici per un gruppo di persone, che viene salvato in una cartella, mentre le letture di produzione possono essere memorizzate in un'altra posizione.

Il sistema permette di implementare differenti tipologie di autenticazione, sia mediante una coppia user/pwd, tipicamente usata da un utente umano, che mediante una coppia public key/private key che rendere più gestibile il collegamento di una applicazione.

Questo spazio di archiviazione ha molteplici funzioni:

- Depositare dati di grandi dimensioni che non necessitano di acquisizione o analisi immediata;
- Depositare dati per cui non si è trovato un modo automatico d'ingestione mediante un connettore/servizio, ad esempio perché di tipo eterogeneo o che richiedono ulteriori lavorazioni;
- Avere uno spazio di mirroring rispetto all'acquisizione effettuate;
- File di configurazioni di servizi d'ingestione e log dei medesimi.

Al fine di mantenere alti livelli di sicurezza e separazione dei dati, è stata predisposta una configurazione che consente di "chrootare" il servizio. In questo modo i processi del servizio sftp che gestiscono le richieste sono confinati a partire da una root che non equivale alla radice (/) del sistema host. In questo modo, un utente malevolo non potrebbe avere accesso ai dati di altri utenti facendo uso delle proprie credenziali perché il sistema gli impedisce di uscire dal proprio spazio.

Il sistema sftp è ospitato da una macchina con sistema operativo Linux al fine di garantire il massimo livello di sicurezza delle informazioni e impedire l'accesso non controllato ai dati degli altri utenti.

Ogni utente dello spazio data triage è anche un utente del sistema operativo sottostante. Ma è un utente particolare:

- Non ha alcuna shell;
- Non ha la home;
- Appartiene ad un gruppo omonimo ed un gruppo di progetto;
- Non è in grado di loggarsi nel servizio ssh, quindi, di fatto, non ha accesso alla macchina.

L'appartenenza ad un gruppo di progetto consente di discernere tra la varie root di filesystem da assegnare al processo di gestione della richiesta, così che il processo potrà vedere solo quel particolare ramo del filesystem e sarà confinato in esso. Le scelte fatte impediscono ad un qualsiasi utente sia di accedere al server se non tramite sftp, sia di non poter uscire dal proprio spazio di confinamento per leggere le informazioni depositate dagli altri utenti, al fine di garantire la riservatezza dei dati inviati.

Uso del servizio

Il servizio può essere raggiunto mediante autenticazione con coppia user password al seguente url:

sftp://user@datahall.enea.it/rds

dove *user* sarà l'utente assegnato, *datahall.enea.it* è l'host e */rds* è il percorso relativo. Le coppie *username/password* sono assegnate dal gestore della macchina e inviate direttamente a chi le utilizzerà.

L'autenticazione di default chiederà la password fornita dal gestore del servizio, ma su richiesta può essere attivata l'autenticazione mediante chiave pubblica. Quest'ultima funzionalità può essere di grande utilità in caso di servizi automatici e "scriptabili" che non richiedono l'intervento umano: in questo modo il processo di creazione e di invio di un file può essere reso completamente automatico da parte del fornitore dei dati e non richiedere l'intervento umano se non nella fase di setting up del processo o per manutenzione.

Esistono diversi software client che consentono l'accesso al servizio sftp

1. wincsp per windows
2. suite putty per windows
3. openssh per linux macos windows
4. filezilla per vari O.S.
5. vari filemanager che consentono l'uso diretto di `sftp://` al posto di `file://`

Attraverso questo sistema, un file di qualsiasi dimensione può essere depositato all'interno dell'area triage per la successiva elaborazione in un tempo successivo. Questo permette, ad esempio, di separare il momento della raccolta del dato da quello della sua elaborazione. Infatti, il processo di ricezione di un file anche di grandi dimensioni non è particolarmente dispendioso per il sistema che lo riceve, mentre la successiva elaborazione di file di grandi dimensioni potrebbe esserlo. Disaccoppiando questi processi, è possibile programmare l'elaborazione non al momento della ricezione del dato, ma in un periodo di minori accessi o di minor carico delle macchine. Infine, questo sistema permette di disaccoppiare il processo di produzione ed invio dei dati con la loro elaborazione, lasciando la libertà al produttore dei dati di gestire i propri processi senza tener conto delle problematiche del sistema ricevente.

4.3.7.2 Data Lake

Il Data Lake è un ambiente di archiviazione dati schemaless ovvero in cui non viene tipicamente richiesto di definire una struttura né un formato in maniera preventiva all'immagazzinamento effettivo. I dati immagazzinati sono generalmente non elaborati, per cui vengono immagazzinati così come vengono inviati dai flussi sorgente senza ulteriori passaggi intermedi.

Il Delta Lake predisposto da ENEA è basato su Hadoop HDFS³, un componente dell'ecosistema Apache, ed è attualmente composto da un cluster di 5 nodi, suddivisi in:

- un master, ovvero il datanode, che svolge il ruolo di entry point per l'immagazzinamento dati e la gestione del sistema HDFS;
- 4 slaves, ovvero i datanodes, responsabili esclusivamente dello storage dei dati.

La Figura 29 mostra l'architettura del Data Lake e del sistema di comunicazione predisposto. Tale architettura è definita come piattaforma Urban Big Data (UBD).

Il cluster comunica internamente tramite la rete locale 11.11.11.XXX, ma possono essere raggiunti nella rete intranet ENEA agli indirizzi 192.168.34.XXX.

L'ingestion dei dati avviene tramite un broker dedicato esposto verso l'esterno. Tali dati vengono poi periodicamente smistati dal broker alla piattaforma UBD tramite il namenode, che poi instrada i chunk nei vari datanodes.

Sono stati predisposti in totale 12TB distribuiti sui datanode e 2TB sul namenode, per una capacità totale di 14TB, considerando la replicazione attualmente impostata ad un fattore 2, la cubatura disponibile è di circa 6TB. Tale cluster è predisposto anche per il processamento di ampie quantità di dati, per cui i nodi sono stati predisposti con una quantità di RAM adeguata a carichi di lavoro potenzialmente elevati.

³ <https://hadoop.apache.org/>

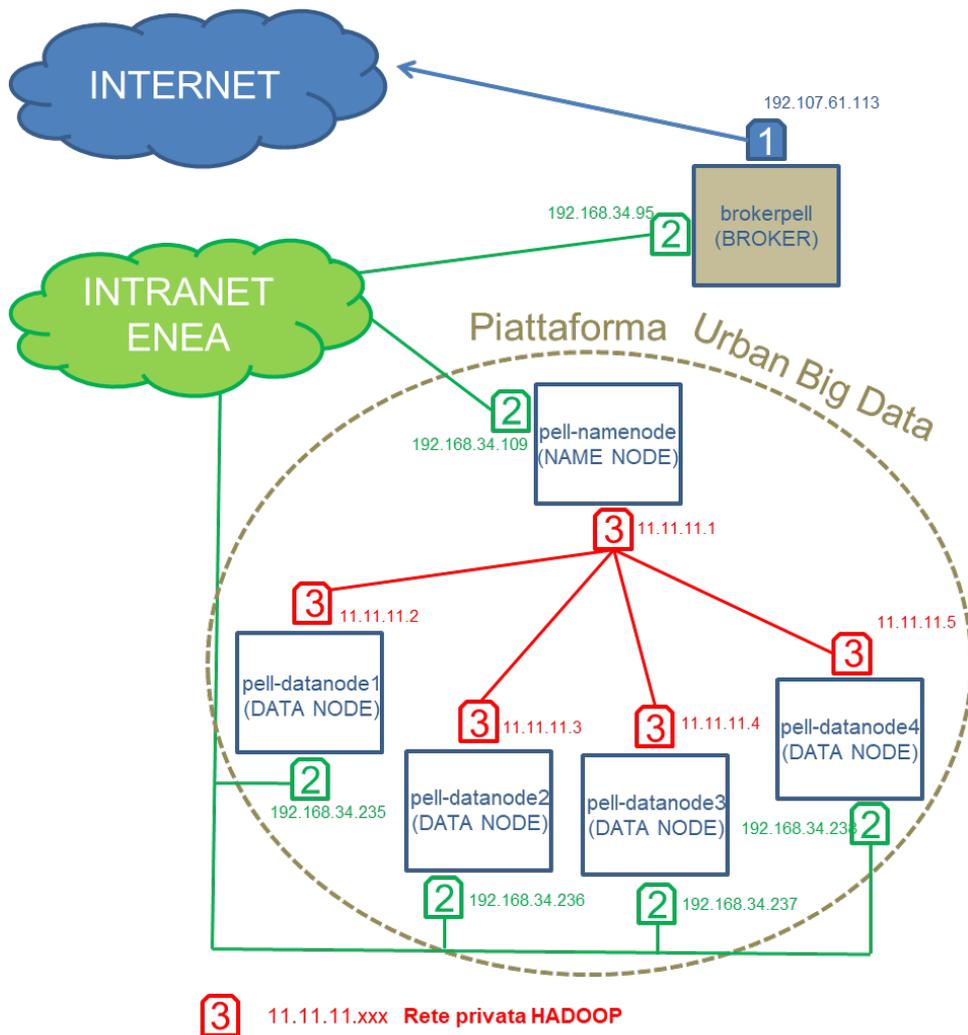


Figura 29. Architettura del Data Lake

La Tabella 27 mostra le caratteristiche delle macchine virtuali precedentemente descritte.

Tabella 27. Caratteristiche nodi UBD

	Namenode	Datanodes	Broker
CPU	12 vCPU (12 vCore)	6 vCPU (6 vCore)	2 vCPU (2 vCore)
RAM	96 GB	64GB	8 GB
HD	2 TB	3 TB	2 TB

Tale ambiente è attualmente in produzione e sta ospitando dati principalmente in formato JSON, alcuni strutturati in UrbanDataset, altri in una struttura non standard. I dati immagazzinati su HDFS sono accessibili agli strumenti di processamento su larga scala, in particolare Spark, descritto nel paragrafo 3.3.7.3.

4.3.7.3 Tecnologie per la gestione di ampie quantità di dati – Hadoop, Spark

Al fine di gestire i dati raw immagazzinati nel data lake, nel filesystem predisposto HDFS (vedi paragrafo 3.3.7.2), è stato identificato Spark⁴: un componente anch'esso facente parte dell'ecosistema Apache che consente il calcolo di dati su larga scala. Spark è suddiviso in vari componenti (Figura 30) che sono:

- Il core che è il motore di base per l'elaborazione parallela e distribuita. Si occupa di integrarsi con i vari servizi di archiviazione (Hadoop), di gestire la memoria e i lavori sui clusters
- Spark SQL è il componente che permette di eseguire le query sui dati recuperati in vari formati, tra cui il JSON. Attraverso l'uso di varie funzioni (in Python, R, Scala Java), e combinando query e trasformazione di dati (RDD-resilient distributed dataset), è possibile gestire analisi molto complesse.
- MLib è la libreria di Spark che è dedicata interamente al machine learning, offrendo vari algoritmi di apprendimento automatico, valutazione dei modelli o importazione di dati
- Librerie per gestire grafici (Graphx) e flussi real time (Spark streaming)

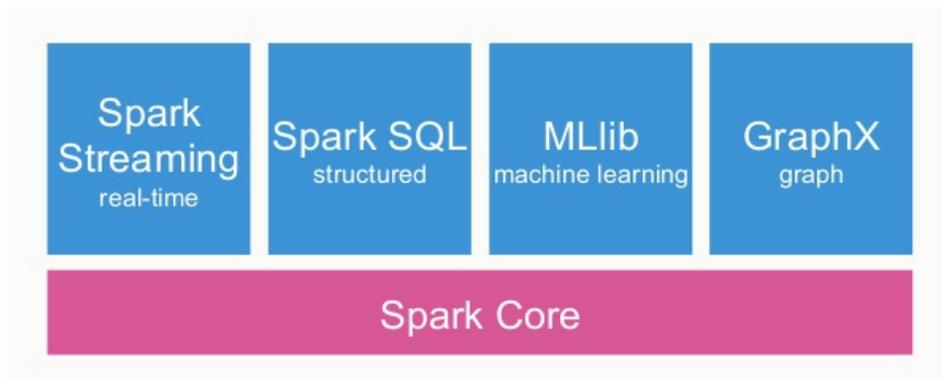


Figura 30. Componenti Spark

Spark in modalità cluster opera in secondo il classico pattern master/slave, in cui il master spacchetta il processo in vari sotto task che sono smistati sui worker ed eseguiti parallelamente, come mostrato in Figura 31.

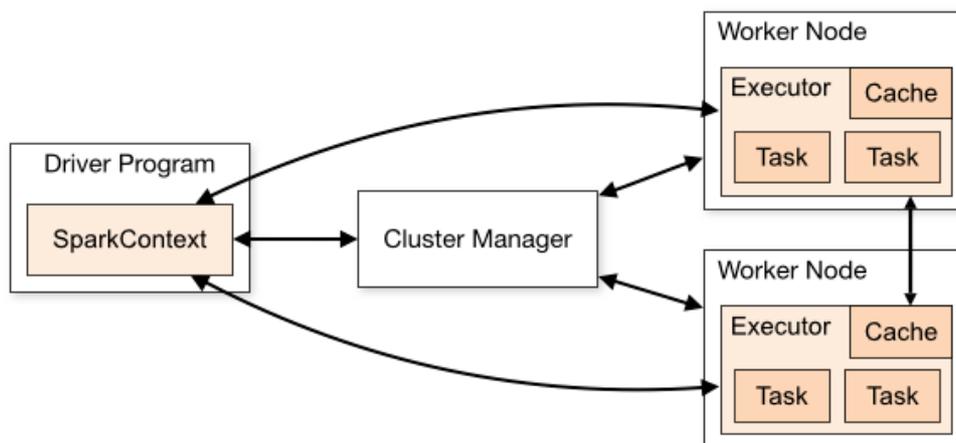


Figura 31. Spark in modalità cluster

⁴ <https://spark.apache.org/>

Spark è stato predisposto in modalità cluster, similamente ad Hadoop, sui 5 nodi della piattaforma UBD in questa modalità:

- Il namenode funge da master;
- I 4 datanode fungono da worker.

Attualmente sono stati implementati alcuni processi di elaborazione utilizzando le librerie spark disponibili in Python, facenti quindi parte della libreria PySpark, al fine di processare dati in formato UrbanDataset per ottenere in output informazioni elaborate.

L'ampia disponibilità di connettori in Spark consente inoltre di fare delle elaborazioni non solo sui dati raw raccolti nel data lake, ma anche di fonderle insieme ad altri dati provenienti da altri sistemi di persistenza, quali stream, database relazionali e non, ed ottenere dati aggregati a valore aggiunto, consentendo la transizione da Big Data a Smart data (Iafrate [1]).

4.3.8 Il processo di riconciliazione dei dati provenienti da sorgenti eterogenee

La Figura 25 rappresenta una delle difficoltà della piattaforma: la necessità di gestire dati che provengono da sorgenti differenti, che normalmente non possono essere modificate e che, quindi, devono essere armonizzati tra di loro. Questo tipo di problematica è stata studiata nella ricerca informatica ed, attualmente, esistono alcuni software che permettono l'integrazione di sorgenti eterogenee facendo uso della semantica collegata ad un insieme di dati. Attraverso questi strumenti, è possibile accedere ai dati senza dover adattare le query di ricerca al database o allo strumento che li conserva: è lo strumento stesso che trasforma la query comune in N differenti query, ottimizzate per il singolo database, restituendo i dati in forma omogenea. Questi strumenti di "integrazione dei dati" richiedono, però, un lavoro esperto per la creazione delle relazioni e della semantica dei dati necessaria al loro funzionamento ottimale. Per questo motivo, si è scelto di affidare l'incarico di configurare ed ottimizzare la ricerca dei dati da più sorgenti ad una ditta esterna.

Maggiori dettagli e una descrizione più tecnica del funzionamento del software, si rimanda al report sviluppato dalla ditta DataRiver.

4.3.9 Utilizzo e visualizzazione dei dati

La visualizzazione dei dati è uno strumento essenziale per monitorare in real-time le grandezze fisiche di interesse e per comprendere, attraverso grafici e KPI (Key Performance Indicators), le dinamiche più importanti di un fenomeno. La visualizzazione di dati consente anche un miglior controllo di un eventuale percorso verso obiettivi prefissati (es. diminuire il consumo medio, aumentare l'autosufficienza energetica). Vengono qui elencate alcuni **obiettivi** per una dashboard efficace per un utente/amministratore delle comunità energetiche:

- trasmettere i dati in modo **chiaro, sintetico** e in qualche modo attraente per l'utente.
- **monitorare e comunicare** alcuni **KPI** essenziali. Ogni KPI è parziale e arbitrario⁵: si deve usare un numero congruo di KPI e grafici per limitare la parzialità di un unico KPI e poter descrivere e focalizzare una pluralità di aspetti. Non deve però essere utilizzato un numero troppo elevato di KPI e grafici, al fine di evitare un "information overload" (una descrizione troppo complessa rischia di non essere assorbita dall'utente e di mettere in secondo piano le informazioni principali);
- **incrementare la conoscenza** (evidenziare "pattern" di comportamento, regolarità, "trend", anomalie, differenze);
- attuare strategie di "**citizen engagement**", ovvero di coinvolgimento e fidelizzazione, per esempio attraverso il "gaming". La "gamification" stimola la tendenza umana alla **ludicità** e può essere attivata con:

⁵ Un alto consumo energetico residenziale (kWh/anno) ad esempio non rappresenta necessariamente un indice di spreco energetico, ma può essere dovuto ad un alto numero di ore di home working o ad un lavoro che necessita alti consumi (es. grafica).

- Un *obiettivo* da raggiungere nel tempo, esplicitandone le conseguenze (es. target di consumo medio settimanale). Questo può incentivare la motivazione e quindi stimolare l'azione dell'utente;
- Dei *premi* possibili da ottenere (es. token);
- Dei *confronti* con altri utenti (o cluster di utenti simili) o comunità, o con valori medi nazionali. In questo viene effettuata una comparazione (*leva della competitività*), creando interesse, attivando emozioni e motivazioni e attribuendo un significato e un "giudizio" ai valori delle grandezze, che altrimenti rischiano di risultare poco comunicative per l'utente. Il confronto e le *classifiche*, collocando i numeri in un riferimento di autovalutazione, risultano buone strategie per questo fine. Inoltre, la comunicazione all'utente non va isolata al singolo dato personale, ma va inserita in un contesto di comunità e di gruppo (*leva della cooperazione*).

Per quanto riguarda l'**organizzazione dei dati**, è possibile agire su diverse dimensioni e assi. In una comunità energetica, vi sono n utenze elettriche, ognuna con una curva di carico (formata a sua volta dalla somma dell'uso di m dispositivi elettrici casalinghi), con dati ogni Δt_1 minuti: $C_{u=1,\dots,n}(t_i)$ (es. $\Delta t_1=15'$ e $i=1,\dots,96$). Vi è un'analogia struttura per le curve di produzione (numero i di impianti con produzione ogni Δt_2 minuti $P_{s=1,\dots,i}(t_k)$). Le curve di carico e produzione possono essere sostanzialmente raggruppate, elaborate e graficate in 3 modi (e combinazione di questi), ovvero secondo:

1. la scelta della *grandezza fisica* e della sua unità di misura (es. picchi di carico, curve di carico, consumi energetici, curva di produzione, ecc.);
2. la scelta delle *variabili temporali*: l'unità di tempo t_3 (es. consumo giornaliero o mensile o nei fine settimana o in una fascia oraria, ottenuto integrando nel tempo considerato i carichi $C_u(t_i)$) ed il periodo $[t_4;t_5]$ di osservazione (es. media da gennaio a marzo).
3. La scelta del gruppo di k *utenti* da raggruppare. Può essere scelto il singolo utente oppure si può raggruppare secondo un criterio:
 - *spaziale*, ovvero sommando curve di carico di n utenti diversi (vicini fisicamente o per connessione infrastrutturale), fino ad includere eventualmente tutta la comunità energetica.
 - per *similitudine*: raggruppando cluster di utenti simili (es. con lo stesso numero di componenti nella famiglia).

A questi 3 raggruppamenti poi va applicata una funzione (es. media, max, min, clusterizzazione, ecc.).

Si propone qui una dashboard con 2 diversi livelli (uno più generale e uno più di dettaglio), da modulare a seconda che il riferimento sia l'utente non tecnico o un amministratore tecnico:

- Il primo livello con i parametri ritenuti più essenziali:
 - Una *tabella* con indicazioni e informazioni sulla comunità energetica: popolazione totale residente, n . di utenze separate per tipologia (n . di residenze, n . di esercizi commerciali, n . di aziende/industrie, n . di edifici ad uso servizio). I valori devono essere aggiornati con cadenza almeno annuale, per mantenere una corrispondenza con i dati dei grafici. Una seconda tabella con i dati sull'anagrafica della produzione (n . impianti, taglia [kW], ecc.)
 - Una *mappa* dell'area e dell'utenza coinvolta.
 - Il *carico di potenza* [W] istantanea (es. ogni 15') dell'ultima settimana: $\sum_n C_n(t_i)$ dell'utente/comunità a seconda che il target sia l'utente o amministratore di comunità;
 - La *curva di produzione* totale [W] istantanea, se presente nella comunità, dell'ultima settimana, sovrapposta alla curva di carico totale: $\sum_i P_i(t_k)$.
 - *Consumo energetico* [kWh] mensile e annuale totale dell'utente/comunità, evidenziando la variazione nel tempo. Confronto con la media della comunità e/o con media nazionale. Si noti che il KPI kWh/anno/utenza deve almeno tenere conto del numero di residenti nell'abitazione e quindi il consumo deve essere confrontato con utenze con pari numero di

- componenti (non vi è semplice proporzione tra consumi e numero di componenti). Se non sono noti il numero di componenti della famiglia, è possibile mostrare una tabella con le medie dei consumi corrispondenti a 1, 2, 3, ..., n componenti. Sarà poi l'utente ad autovalutare il proprio consumo.
- *Consumo energetico giornaliero* medio (o totale) [kWh] dell'utenza/comunità.
 - 2 cluster del *carico di potenza medio giornaliero* [W], uno per i giorni feriali e uno per quelli non feriali (distinti per stagionalità), con massimo, minimo, deviazione standard in ogni punto della giornata;
 - *Autosufficienza energetica* dell'utente/comunità [%] (rapporto tra autoconsumo e consumo) e *autoproduzione energetica* (rapporto tra autoconsumo e produzione) della comunità [%] e andamento nel tempo (variazione giornaliera);
 - Eventuali *token* guadagnati (nel caso di implementazione di premi in base a comportamenti virtuosi);
- Un secondo livello, accessibile attraverso link nelle diverse voci del primo livello, con informazioni più dettagliate (soprattutto per l'amministratore di comunità).
- Altre grandezze: *tensione* [V], *corrente* [A], *potenza reattiva*, *temperatura interna ed esterna* (se sono presenti sensori), *potenza accumulata* [kWh] (in caso di storage);
 - Confronto del *carico medio dell'utente* [W] con quello medio di comunità (e/o con media del cluster di utenti simili e/o con media nazionale);
 - valori *massimo* e *minimo* totale raggiunto [W] nel giorno, mese e anno precedenti (per individuare la potenza massima da fornire ed il carico di base) dell'utente/comunità. Grafico della variazione del max/min nei diversi mesi;
 - *Ripartizione consumo energetico* [%] per fasce orarie f1, f2, f3 (normalizzato al numero di ore di ogni fascia);
 - *media carico di potenza* [W] in cluster per giorni (algoritmo che divide in maniera automatica ad es. comportamenti di lunedì/giovedì e venerdì/domenica) separati per ogni mese;
 - *media carico di potenza* [W] in cluster per utenze "simili", similitudine può essere intesa per tipo di uso (residenze, esercizi commerciali, ecc.) o per tipo di curva;
 - *incidenza carico di base sul consumo totale* [%];
 - *anomalie*, come ad esempio mancanza di rilevazione e/o comunicazione del dato.
 - *Classifica dei consumi medi mensili* [kWh] degli utenti (per amministratori).

Si suggerisce di lasciare la possibilità di poter accedere da un gruppo di grafici ad altri per analogia o in maniera gerarchica (agli elementi che lo compongono) e di ottenere grafici interattivi (possibilità di cambiare ascisse, ordinate, zoom, periodo di analisi, ecc.).

Per quanto riguarda i software di visualizzazione dati per l'uso nel web, ne è stato sviluppato negli ultimi 10-20 anni un numero altissimo. Un elenco, assieme alle principali caratteristiche dei software, è stato compilato recentemente (Petrovich) (AA.VV.) [2]. Per ragioni di spazio, si rimanda alla lettura di questi rapporti per un'analisi approfondita, ricordandone qui solo alcuni. Un software tra i migliori esistenti è sicuramente *Tableau*⁶ [3], con una piattaforma professionale usata da molte imprese e industrie, molto sviluppato e specializzato in business intelligence, user-friendly nell'interfaccia interattiva, appropriato per machine learning e Big Data; *D3*⁷ (Data-DrivenDocument) combina componenti di visualizzazione molto potenti con i metodi di manipolazione dei data-driven DOM (Document Object Model); *Highcharts*⁸ è una libreria software molto potente, scritta in JavaScript puro e rilasciata dal 2009 in Norvegia, per siti web e anche per

⁶ <https://public.tableau.com/en-us/s/>

⁷ <https://d3js.org/>.

⁸ <https://www.highcharts.com/>

smartphone; *Grafana*⁹ è un software libero, open source, creato come “monitoring tool” per infrastrutture internet e analisi software, ma che si è diffuso anche in altri settori, come il monitoraggio di sensori industriali, la domotica, le applicazioni meteo ed il controllo di processi. Risulta immediato ma poco flessibile. *JfreeChart*¹⁰ è una libreria Java (flessibile ma non aggiornata), libera e open source; *Kibana*¹¹ è stato sviluppato per la visualizzazione, tramite dashboard dinamiche, di dati indicizzati in Elasticsearch (un motore di ricerca con capacità Full Text).

⁹ <https://grafana.com/>

¹⁰ <http://www.jfree.org/jfreechart/>

¹¹ <https://www.elastic.co/kibana>

5 Progettazione servizi per la community

L'infrastruttura presentata è stata progettata per supportare dei servizi a valore aggiunto che possano essere utilizzati dai vari attori per tutti gli scopi e necessità inerenti il loro coinvolgimento nella comunità energetica. Tale infrastruttura, modellata sulle esigenze specifiche di una comunità complessa come la LEC, permette il supporto a differenti servizi "verticali" che, usando i dati e gli strumenti messi a disposizione, forniscono servizi strutturati ai vari attori.

La modellazione dei servizi parte da un livello più basso, quello della singola abitazione, fino ad arrivare a servizi di comunità come quello del virtuosismo energetico, la token economy e il crowdsourcing di informazioni.

Il primo servizio è direttamente collegato con le LA 1.1. e 1.2, dove viene sviluppata e implementata tutta l'infrastruttura di gestione e di raccolta dei dati, la loro analisi e tutti i servizi di monitoraggio ed alerting. Nell'ambito della Local Energy Community questi servizi vengono integrati all'interno di un unico accesso: in questo modo i dati raccolti dall'abitazione dell'utente vengono utilizzati anche per tutti gli altri servizi e l'utente accede ad un singolo sistema per vedere tutte le informazioni che lo riguardano.

Il servizio di virtuosismo energetico ha l'obiettivo di definire quali sono le modalità di stimolo che il gestore della Comunità può utilizzare per attuare le politiche energetiche scelte per un certo gruppo di utenti o intera comunità. Lo strumento deve definire quali sono gli indicatori di valutazione dei comportamenti, permettendone poi il calcolo a partire dai dati raccolti, permettere di definire metodi di premialità e stimolo in base alle scelte del gestore e fornire strumenti di monitoraggio. In particolare, questo strumento deve permettere al gestore di operare delle scelte, comunicare queste scelte ai membri, verificare l'operato del singolo membro e remunerare il suo comportamento virtuoso.

Il servizio di implementazione della token economy ha l'obiettivo di sviluppare quegli strumenti abilitanti per la creazione e gestione di un'economia locale di comunità, sfruttando al massimo le potenzialità della tecnologia blockchain.

Il servizio di crowdsourcing permette di monitorare il sentiment e l'opinione della comunità rispetto a differenti topic rilevanti attraverso l'analisi dei messaggi che circolano su alcuni social network relativi a determinati elementi specifici, come la zona geografica, il quartiere la città e determinate parole chiave o concetti. In questo modo, il lancio di una nuova iniziativa può effettivamente partire dai desideri espliciti o non espressi della comunità.

L'implementazione di questi servizi, almeno in forma prototipale e sperimentale, è prevista nelle prossime linee di attività.

5.1 Progettazione del servizio di gestione consapevole e flessibile dell'abitazione

L'Enea ha sviluppato un modello tecnologico di Smart Home connessa ad una piattaforma prototipale denominata DHOMUS rivolta agli utenti residenziali, disponibile all'indirizzo <https://www.smarthome.enea.it>, le cui funzionalità sono descritte in dettaglio nei report delle Linee di Attività 1 e 2.

Gli utenti della piattaforma possono essere sia utenti di una Smart Home, ovvero dotati di un sistema di monitoraggio e controllo, che gli utenti generici. Ad entrambi gli utenti, sebbene con differente livello di dettaglio, la piattaforma è in grado di fornire dei feedback e consigli customizzati per un uso più consapevole dell'energia al fine di contenere consumi, costi ed il conseguente impatto sull'ambiente.

Tutti i dati provenienti dagli utenti vengono immagazzinati, aggregati e analizzati ad un livello superiore in grado di gestire un insieme di utenze e potenzialmente interagire con la rete offrendo la flessibilità

dell'aggregato, effettuare benchmarking fino all'invio delle richieste di flessibilità alle singole abitazioni grazie al colloquio con i singoli EB in grado di attuare strategie di DR abilitate e condivise dall'utente (vedere LA1).

CASO A: dedicato ad un **utente residenziale generico**, il quale aderisce alla piattaforma grazie alla compilazione di una scheda – questionario on-line, denominato Smart Sim descritto in dettaglio nel report relativo alla linea di attività LA1.5. La Smart Sim, sviluppata come un foglio di calcolo xls consente simulazioni in regime dinamico semplificato del fabbisogno energetico dell'abitazione è già stata testata su più di 700 utenti, verrà reso disponibile tramite un'applicazione web accessibile dalla piattaforma DHOMUS. La progettazione di tale applicazione è stata effettuata nella linea di attività LA1.6. Inoltre sulla base dei dati acquisiti che confluiranno in un database saranno definiti benchmark di consumo da utilizzare come strumento previsionale e per la predisposizione di ulteriori suggerimenti rivolti all'utente compilatore e per analisi e simulazioni di scenario.

Al momento della registrazione, all'utente viene fornito all'email indicata, un codice identificativo univoco ed una password. La combinazione del codice univoco e la password garantiscono l'accesso alla piattaforma per la compilazione della scheda e la visualizzazione della propria diagnosi e feedback.

Il generico utente a partire dai dati relativi alla propria abitazione, utenze, consumi e abitudini d'uso potrà avere una serie di feedback per incrementare la propria consapevolezza energetica e indicazioni per il risparmio energetico ed economico connesso ad alcuni suggerimenti customizzati in base alle informazioni fornite. Inoltre, tali informazioni consentono di aggiornare i KPI dinamici e il benchmarking a livello di comunità, area geografica, nazione. Tale operazione risulterà anche utile per definire criteri per individuare eventuali situazioni di povertà energetica.

Per le informazioni di input richieste all'utente si veda la LA5.

Dai dati acquisiti vengono forniti una serie di feedback di output come riportato di seguito, utili sia per l'utente che per l'AdC/Aggregatore:

1. Ripartizione consumi di energia primaria per servizio che potrà essere confrontato e implementato con le misure dirette eventualmente effettuate in fase di sperimentazione (Riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, cucina, refrigerazione, lavaggio, pulizia e stiratura, illuminazione, computer e Internet, cura della persona, altro).
2. Tipologia dei carichi elettrici (accumulabili, differibili, non differibili), in questo modo viene definito il potenziale teorico di flessibilità su base annua dell'utente e indicazioni sull'impatto ambientale.
3. Elettrificazione dell'abitazione, nella situazione attuale e con differenti configurazioni fino al full electric.
4. Confronti con benchmark di riferimento.
5. Possibili migliori tariffe di fornitura elettricità e gas.
6. Potenziale di elettrificazione dell'abitazione, al fine di valutare istantaneamente opzioni volte all'incremento del potenziale di flessibilità delle abitazioni grazie all'incremento dell'impiego del vettore elettrico (spazi tecnici di pertinenza utilizzabili, configurazione esistente degli impianti Vs configurazione proposta).
7. Potenziale di risparmio energetico dell'abitazione (sostituzione singole apparecchiature, interventi di riqualificazione energetica dell'abitazione, incremento elettrificazione di alcune utenze, l'introduzione di un sistema di automazione, condizioni climatiche differenti da quelle attuali, quale conseguenza dei cambiamenti climatici in corso).

Dal punto di vista dell'AdC/Aggregatore le informazioni contenute nel questionario consentono in prima istanza di selezionare più facilmente le utenze da aggregare, potendone valutare a priori la potenziale

flessibilità e di conseguenza la migliore configurazione aggregata, effettuare confronti con benchmark. In una fase successiva, ovvero dopo che l'utente generico ha provveduto all'installazione dei dispositivi smart, le informazioni del questionario sono necessarie per fornire feedback e suggerimenti customizzati all'utente specifico e tracciarne i progressi nel tempo.

Caso B: Relativo all'adesione di utenti residenziali alla sperimentazione di una rete di Smart Home, tramite l'installazione di una serie di sensori per il monitoraggio dei consumi elettrici, del comfort e presenza all'interno della propria abitazione, gestiti localmente da un Energy Box (EB) che funge da gateway tra il livello locale dell'abitazione e quello superiore dell'AdC/Aggregatore. Questo caso prevede comunque la compilazione del format già descritto nel caso A per acquisire le informazioni relative all'utenza e consentire un confronto sia con benchmark nazionali, regionali, di quartiere che tra gli utenti che partecipano alla sperimentazione, nonché monitorare i progressi compiuti dall'utente a seguito dell'installazione dei dispositivi smart.

I servizi offerti all'utente in questo caso sono distinti per livello, così come previsto nella navigazione della piattaforma.

A livello locale di singola abitazione sono possibili le seguenti funzionalità implementate in LA1,2:

- Monitoraggio e controllo dei dispositivi installati nell'abitazione: per ogni sensore installato, è possibile la visualizzazione real time tutte le grandezze misurate dal sensore, esportazione su file xls dei dati acquisiti, controllo dell'andamento nel tempo tramite grafici che permettono di mettere in relazioni oggetti e periodi diversi.
- La comunicazione bidirezionale (invio dati e recepimento suggerimenti) con il livello gestionale superiore (rete/edificio).
- Interfacciamento con ulteriori sistemi per la fornitura, tramite Web APP appositamente sviluppate, di servizi aggiuntivi di Security, Safety, Assisted Living. Tali servizi sono abilitati solo nei casi in cui l'utente sia fornito di appositi dispositivi: sensori di contatto a tutte le porte e finestre e rilevatori di presenza in ogni stanza (APP security), sensori di rilevamento fumi o allagamento (APP safety), sensori per il rilevamento dei parametri vitali e/o interfacce evolute e robotiche (APP Assisted living: Mysignals).
- La gestione dei carichi elettrici monitorati tramite smart plug, così da abilitare la flessibilità dell'utente tramite:
 - individuazione dei carichi interrompibili (eventualmente con fasce orarie) e invio informazioni a livello superiore (edificio/rete)
 - ricezione della soglia di potenza elettrica da impegnare dal livello superiore e successiva attuazione di logiche di gestione dei carichi elettrici controllati (carichi interrompibili).
 - Schedulazione di alcune attuazioni.

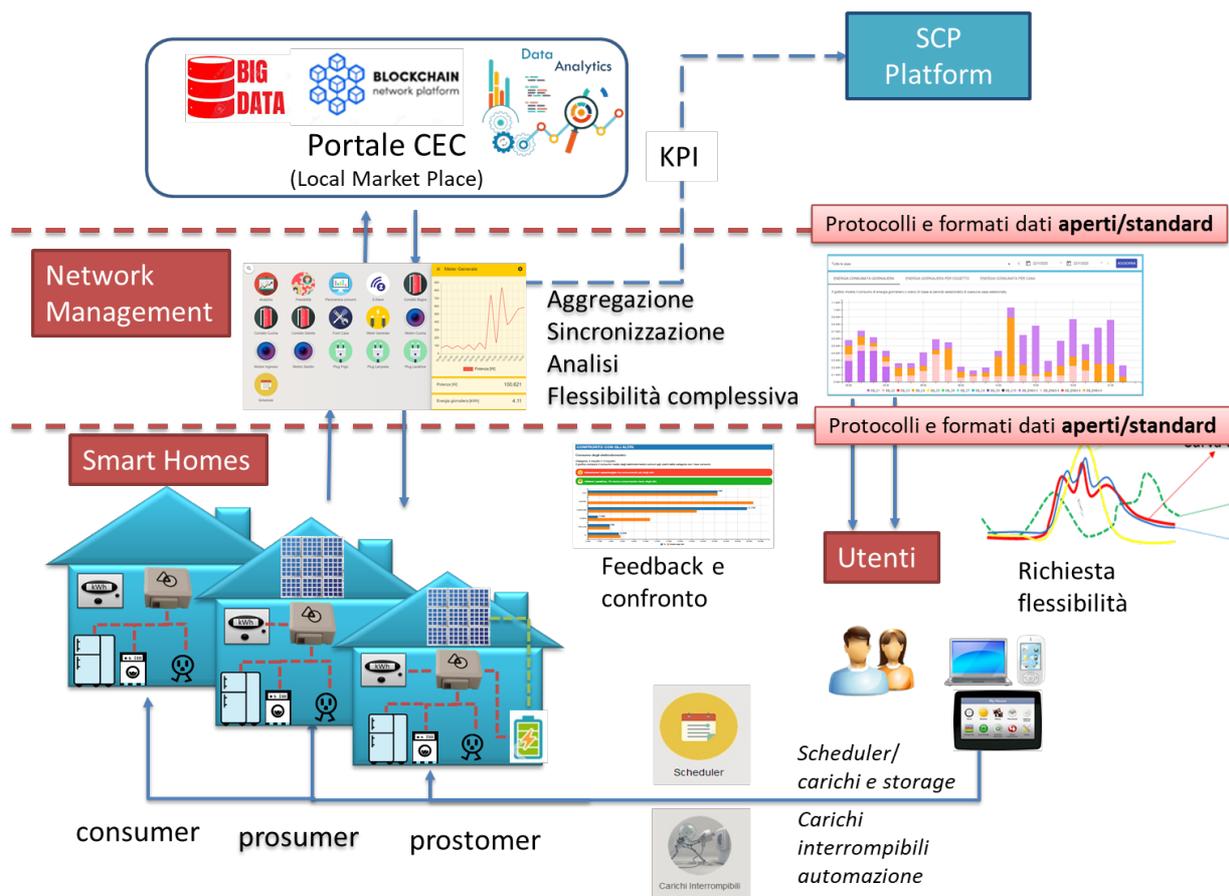


Figura 32: Architettura funzionale del sistema Smart Home per UTENTI DELLE SMART HOME

Le informazioni acquisite dalle abitazioni ed elaborate dall'AdC/Aggregatore forniscono agli utenti i seguenti feedback (si veda LA1):

- Confronto con sé stesso in cui è possibile selezionare l'intervallo temporale di riferimento (giorno, questa settimana, questo mese, mese precedente, personalizzato):
 - Energia consumata giornaliera, graficizzata con un istogramma in cui sulle ordinate sono riportati i kWh ed i costi relativi in € per ciascuna giornata.
 - Ripartizione dei consumi tra gli elettrodomestici monitorati, anche in questo caso in € ed in % sul totale.
 - Confronto dei consumi mensili dell'anno in corso con quello precedente. Il confronto permette di monitorare se nel comportamento dell'utente ci sono stati progressi ovvero se si possono riscontrare risparmi rispetto all'anno precedente quando non era presente nessun sistema di controllo.
 - *Confronto tra il profilo medio giornaliero e il profilo di un giorno selezionato per verificare la flessibilità fornita o disponibile nel giorno selezionato (in fase di realizzazione in LA2)*
- Con gli altri, in questo caso i consumi riferiti all'intervallo temporale selezionato vengono confrontati con le famiglie simili per composizione. In questo caso le informazioni sono fornite sono:
 - Confronto con la media ed il più efficiente tra gli utenti simili, con suggerimenti e warning (sviluppata in LA2).
 - Confronto tra il consumo degli elettrodomestici del singolo utente con la media dei consumi degli utenti appartenenti alla stessa categoria, con suggerimenti e warning (sviluppata in LA2).

Inoltre, è stata realizzata un'interfaccia dedicata all'AdC/Aggregatore in grado di fornire una overview delle utenze aggregate, dove è possibile selezionare sia il periodo che la modalità di visualizzazione: per singola abitazione o aggregata.

Anche in questo caso vengono fornite le seguenti informazioni generali:

- Numero complessivo delle abitazioni monitorate, utenti coinvolti e superficie complessiva
- Condizioni meteo, temperatura esterna e temperatura media interna di tutte le abitazioni.

Le informazioni fornite relative a consumi sono:

- La somma dell'energia consumata nell'intervallo selezionato dalle singole abitazioni per un rapido confronto tra le diverse abitazione e, di conseguenza, l'individuazione dell'abitazione più energivora.
- Il consumo di energia giornaliero o orario (in base al periodo selezionato) della somma delle abitazioni monitorate. In questo modo è possibile monitorare la richiesta energetica dell'aggregato ora per ora ed individuare gli intervalli temporali in cui si ha il picco di richiesta di energia.
- Il consumo di energia per ogni singolo oggetto monitorato tramite smart plug. Questo permette a livello di AdC/Aggregatore, di accedere alla visualizzazione disaggregata dei consumi orari ripartita tra i singoli carichi elettrici monitorati distinti per tipo. In tal modo è possibile individuare eventuali carichi che possono essere spostati o differiti, ad esempio per contribuire a ridurre i picchi o per sfruttare la disponibilità di energia da fonti rinnovabili.

Grazie alla disponibilità di impianti FV e batteria verrà implementata la visualizzazione della produzione di energia da fonti rinnovabili e storage da confrontare con la richiesta di energia (LA2). In tal modo sarà possibile individuare la flessibilità disponibile dell'aggregato.

Le informazioni delle smart home vengono attualmente condivise con la SmartCityPlatform - SCP, in particolare viene inviato con cadenza giornaliera il consumo aggregato e la produzione di due aggregati. In modo analogo, si implementerà la comunicazione delle informazioni raccolte ed elaborate dalla piattaforma SmartHome al portale della Comunità Energetica.

Tali informazioni riguarderanno:

- Informazioni di censimento (cittadini della comunità locale che compilano il questionario energetico dell'abitazione): benchmarking
- Profili consumo (aderenti alla sperimentazione SmartHome):
 - o generale
 - o disaggregato per: appliance, tipologia di unità abitativa (es. numero di occupanti)
 - o produzione
 - o flessibilità potenziale (storage / load shifting)
- Indicatori virtuosità: KPI, flex effettiva/potenziale, tasso di adesione/affidabilità flex.

5.2 *Progettazione virtuosismo energetico*

Una comunità energetica rappresenta un sistema complesso, ed in continua evoluzione nel tempo, che è caratterizzato da un insieme di utenze eterogenee, da sistemi per la produzione di energia elettrica e da una variabilità del carico che sono funzione sia di innovazioni tecnologiche, sia di parametri ambientali.

La gestione e l'ottimizzazione dell'energia gestita all'interno di una comunità energetica deve quindi prendere in considerazione un insieme di dati, non soltanto energetici, ed integrarli in strumenti che consentano la gestione del carico in funzione della variabilità nel tempo.

Nella attuale visione della Comunità Energetica, si intende **virtuosismo energetico della comunità** come il complesso di azioni che portano alla capacità del sistema "comunità" di poter modulare gli scambi energetici in funzione delle richieste "esterne", come la riduzione di potenza richiesta in differenti momenti o di energia elettrica trasmessa, su base giornaliera, mensile o annua, dalla rete elettrica verso l'aggregato di utenze che identifica la comunità energetica. Chiaramente, differenti azioni portano al miglioramento del livello di

virtuosismo energetico, come, a puro titolo di esempio, la sostituzione delle lampadine con lampade LED più performanti, alla sostituzione degli infissi o del sistema di riscaldamento, all'ottimizzazione dei carichi attraverso l'uso di elettrodomestici di classe energetica migliore. Dal punto di vista della Comunità, queste azioni sono volte, appunto, alla riduzione della potenza istantanea richiesta o, su base temporale più ampia, alla quantità di energia consumata dalla comunità nel suo complesso.

Il principale soggetto coinvolto nel servizio di virtuosismo energetico è **l'utente finale (il cittadino)** che con la sua azione e le sue scelte, nel più ampio contesto della comunità energetica, può influire sugli scambi di energia con la rete elettrica. Il peso del singolo contributo all'interno della comunità energetica diventa rilevante nel momento in cui si agisce in modo coordinato, mettendo a fattore comune le risorse e le opportunità disponibili. A questo scopo risulta necessario e importante il ruolo del gestore della comunità come intermediario tra le esigenze dei singoli utenti e quelle di ottimizzazione nell'uso dell'energia, in termini di consumo e di produzione, in un'ottica di prosumer.

Le azioni che possono essere implementate, mediate dal gestore della comunità, riguardano prevalentemente l'organizzazione del carico, l'incremento della produzione da fonti rinnovabili e dell'autoconsumo e/o il miglioramento delle performance dovute ad interventi di efficientamento energetico.

Il risultato di tali azioni è la capacità di riduzione della potenza richiesta dalla comunità, in logica demand-response, e la riduzione dell'energia che la rete deve fornire alla comunità.

Le azioni sono quindi individuate, da parte del gestore della comunità, mediante un'analisi dinamica dei dati energetici e di contesto e sviluppate interagendo con gli utenti. Ai fini del coinvolgimento attivo dell'utente è pertanto prevista l'implementazione di un sistema che generi una premialità associata al tipo di azione suggerita e poi realizzata dallo stesso. Questo sistema, che si basa sulla tracciabilità del flusso di produzione ed utilizzo di energia all'interno della comunità, ma che prende in considerazione anche elementi come la riduzione del carico e la risposta degli utenti, sarà implementato utilizzando la tecnologia blockchain e lo sviluppo di una "moneta virtuale" basata su token.

5.2.1 Sistema di supporto alle decisioni

Al fine di implementare azioni di virtuosismo energetico, come detto, è essenziale prevedere l'elaborazione e l'organizzazione di un importante flusso di dati. Ciò che si rende necessario, quindi, è lo sviluppo di un sistema che permetta di utilizzare i dati raccolti, renderli funzionali a diverse tipologie di analisi e implementare un sistema di supporto alle decisioni rivolto al gestore della Comunità.

A tal fine è necessario lo sviluppo di un sistema che permetta di aggregare, elaborare e visualizzare, su diversi livelli, elementi funzionali a chi gestisce la comunità e a chi ne fa parte. La definizione di un **"cruscotto della comunità"**, rappresenta l'idea di uno strumento in grado di poter restituire valutazioni energetiche, ma anche economiche e di partecipazione della comunità, permettendo l'osservazione dei parametri di performance di comunità e tracciandone temporalmente la variazione.

Lo sviluppo del cruscotto di comunità, inteso quindi non come mero sistema di visualizzazione, ma anche come strumento per il gestore della comunità energetica che indirizza su azioni da suggerire ai membri, è indispensabile per la gestione di un distretto "Smart" di edifici residenziali e terziari, con particolare riferimento agli aspetti di governance e coinvolgimento degli utilizzatori in una realtà che integra sia diverse tipologie di edifici che di sistemi di distribuzione e produzione energia.

5.2.2 Identificazione degli obiettivi, condivisione con gli utenti e valutazione dei risultati

Le azioni che implementano il virtuosismo energetico della comunità si delineano su interventi organizzativi/gestionali per lo spostamento del carico e/o di efficientamento energetico per la riduzione del carico. Lo sviluppo dei sistemi di produzione di energia elettrica da rinnovabile e la massimizzazione del consumo dell'energia prodotta all'interno della comunità comporta un'azione da realizzare

sull'organizzazione/gestione del carico. Pertanto, la riduzione del fabbisogno energetico della comunità, nel caso dello sviluppo di sistemi per autoconsumo di comunità, deve prevedere l'interazione dinamica con l'utente.

Risulta quindi chiaro come il raggiungimento degli obiettivi è legato in maniera importante alla partecipazione della collettività, popolazione eterogenea che fa parte della comunità, e alla capacità di promuovere investimenti in termini di efficientamento energetico e di produzione-accumulo da fonti rinnovabili. Il coinvolgimento degli utenti può essere ottenuto agendo su due leve distinte e complementari: la sensibilizzazione rispetto alle tematiche energetico/ambientali e la possibilità di ottenere un vantaggio personale e/o collettivo in termini economici e di servizi.

L'efficace coinvolgimento degli utenti rappresenta una delle problematiche maggiori al fine di poter raggiungere gli obiettivi della comunità energetica. Gli aspetti economici derivanti dalla riduzione della potenza richiesta dalla comunità, e quindi legati alla gestione del carico in termini di demand-response, non sembrano sufficienti ad attivare un atteggiamento proattivo da parte dell'utente che non vede, quindi, valorizzato in maniera adeguata il proprio impegno nella gestione del proprio carico.

I margini operativi, in termini economici, sono quindi attualmente ridotti e parziali, mentre un più ampio spazio d'azione può essere ottenuto agendo su aspetti di sensibilizzazione e miglioramento delle performance alle quali legare l'erogazione di servizi complementari, individuali e/o di comunità.

In ogni caso, da un punto di vista prettamente tecnico, si pone il problema di fornire al gestore e agli utenti della comunità gli strumenti necessari per comprendere il proprio "stato di salute" energetica, attraverso indicatori, rappresentazioni grafiche e comparazioni in grado di mostrare la propria situazione energetica e la sua evoluzione nel tempo, anche in funzione delle azioni di efficientamento e di demand-response attivate, con suggerimenti di modifica e spostamento dei carichi.

Il comportamento energetico dei singoli utenti non è però uniforme, in quanto dipende da condizioni quantitative e qualitative caratteristiche di ogni utenza. Ad esempio, il numero di componenti che occupano un alloggio in ambito residenziale determina il carico elettrico e il relativo consumo assoluto, così come la composizione socio-demografica degli utenti, le abitudini e i comportamenti individuali.

Risulta a questo proposito utile categorizzare le utenze al fine di proporre azioni di miglioramento collocate entro un insieme predefinito di possibilità e opportunità. La definizione dei gruppi di utenze è però complesso oltre un certo livello di dettaglio, che non sia semplicemente orientato da parametri socio-economici.

Siccome il profilo di carico elettrico delle singole utenze deve essere messo in stretta relazione alle politiche di efficientamento e demand-response da adottare, come alternativa alla semplice categorizzazione delle utenze, si è deciso di sperimentare nell'ambito del "cruscotto della comunità", l'utilizzo di algoritmi di clustering, mutuati da esperienze in ambito industriale, al fine di raggruppare le utenze secondo profili di carico simili, senza necessità di supervisione le caratteristiche dell'utenza e quindi secondo un approccio data-driven.

5.2.3 Architettura del sistema

L'infrastruttura del servizio di virtuosismo energetico, relativamente alla parte di gestione, elaborazione e visualizzazione dei flussi di dati, è stata progettata secondo i seguenti step di processamento del dato:

1. acquisizione dei dataset energetici e di caratterizzazione delle utenze;
2. memorizzazione dei dati acquisiti su apposito database;
3. estrazione dei dati e pre-elaborazione (check su completezza e adeguatezza dell'informazione);
4. analisi dei dati estratti;
5. produzione dell'output per l'utente finale.

I primi due step vengono garantiti dall'infrastruttura di gestione dei dati realizzata e presentata precedentemente in questo documento, mentre gli altri step rappresentano una fase di studio e implementazione che verrà portata avanti insieme alla realizzazione del cruscotto della comunità.

5.2.3.1 Organizzazione dei dati

Attualmente, i dati vengono registrati nel database al momento del loro arrivo, in forma sequenziale, all'interno di tabelle comuni a differenti utenti e comunità. In questo modo è possibile integrare nuove comunità in maniera semplice ed immediata, rimandando il processo di analisi e estrazione dei dati utili ad un momento successivo. In questo modo, è possibile disaccoppiare il momento di acquisizione dei dati da quello dell'elaborazione, rendendo più efficiente il processo complessivo.

Nel contesto delle comunità energetiche, l'analisi delle curve di carico delle singole utenze e dell'intera comunità può essere realizzata agevolmente organizzando i dataset disponibili in una forma matriciale al fine di potere applicare operazioni aritmetiche e statistiche (es. somma dei carichi, verifica sulla dispersione dei dati, carichi minimi e massimi giornalieri, ecc.), nonché funzioni più complesse, come il calcolo di appositi KPI o cluster analysis.

Le funzioni di riorganizzazione dei dati in forma di matrice NxM prevedono la collocazione delle utenze su colonna e gli istanti temporali a livello di riga, con la dimensione del dataset più lungo che determina il numero massimo di righe e gli ulteriori dataset collocati nella stessa matrice sulla base dell'asse dei tempi, mantenendo Null i valori non disponibili. Come si vedrà nei prossimi paragrafi, il problema della completezza dei dati è particolarmente rilevante nell'analisi dei comportamenti della comunità, in particolare in tutti quei casi in cui la contemporaneità temporale di due eventi determina l'accesso ad un incentivo oppure no.

Il dataset associato ad una singola curva di carico (relativa ad una sola utenza o alla somma di più utenze) potrà essere inoltre riorganizzato sotto forma di una matrice IxK basata su uno schema che prevede come colonne gli istanti temporali associati ad un certo periodo di riferimento (es. ore della giornata, giorni della settimana e dell'anno ecc.) e come righe le curve di carico associate al complesso dei periodi disponibili (giorni, settimane, anni, ecc.). Ad esempio, il valore di potenza media prelevata ogni quarto d'ora per un singolo utente, è una matrice con K colonne, una per ogni giorno preso in considerazione e 96 righe.

Quest'azione, realizzata da apposite funzioni, consentirà di effettuare agevolmente operazioni aritmetiche, statistiche e ulteriori elaborazioni in relazione al periodo di riferimento.

Diagramma di flusso relativo al processo di estrazione e organizzazione dei dati:

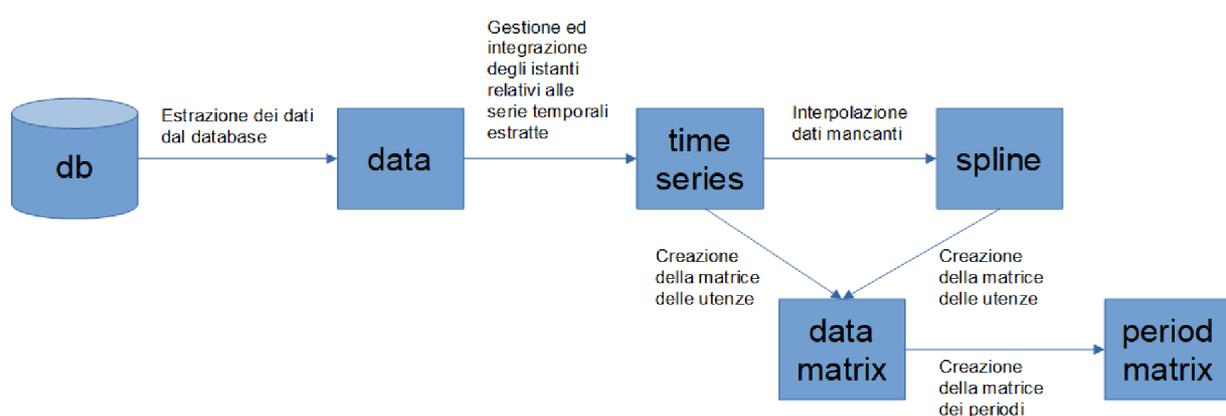


Figura 33: Diagramma di flusso del processo di creazione di matrici di dati

In un primo tempo, i dati vengono estratti database secondo delle logiche determinate per la creazione di serie temporali estratte o calcolate dai dati. Come si è visto in precedenza, una serie temporale è una serie di dati estratti o calcolati a partire dai dati grezzi presenti nel DB per le successive elaborazioni. Un esempio di serie temporale può essere dato dai valori medi di consumo di energia della comunità per un certo giorno. A questo punto, soprattutto quando è necessario confrontare più serie temporali, è necessario controllare se i dati presenti sono sufficienti a riempire l'intera serie o se mancano dei dati. In quest'ultimo caso, è necessario adottare delle tecniche di interpolazione dei dati per ottenere i dati mancanti. A questo punto, è possibile creare una matrice completa con i dati necessari per tutti i successivi calcoli.

L'effettivo utilizzo dei dati acquisiti e memorizzati su database necessita di appositi strumenti per l'estrazione dei dati e di moduli dedicati alla verifica di completezza ed adeguatezza dell'informazione estratta.

In caso di dati incompleti è possibile adottare politiche di integrazione dei dati mancanti utilizzando soluzioni di interpolazione.

Si tratta di una pre-elaborazione fondamentale per potere disporre di dataset utili alle successive analisi. L'integrazione di dati mancanti può essere effettuata entro limiti temporali che dipendono dal tipo di analisi da realizzare.

La struttura logica di questo strato di pre-elaborazione per le comunità energetiche può essere sintetizzato nei seguenti step:

- 1 connessione a database Postgres ed utilizzo di query tramite applicativo per accedere a dati contenuti in apposite views;
- 2 verifica sulla completezza delle serie temporali da analizzare (es. curve di carico) che dovranno essere complete, almeno in termini di istanti temporali, per una successiva elaborazione.

Il punto 2. verrà implementato attraverso le seguenti pre-elaborazioni:

- integrazione degli istanti temporali mancanti, con inserimento di valore NULL per i rispettivi campioni della grandezza considerata;
- sostituzione degli istanti temporali che non coincidono con un istante temporale atteso inserendo valori temporali esatti;
- gestione di campioni relativi allo stesso istante temporale ripetuto;
- gestione del cambio d'ora, da ora solare a ora legale;
- interpolazione di dati mancanti entro i limiti imposti dalle successive elaborazioni da realizzare (es. interpolazione spline nel caso di assenza dati per periodi inferiori a 6 ore);

Le serie temporali così ottenute risulteranno complete e pronte per successive elaborazioni da applicate di norma su determinati periodi.

L'estrazione dei periodi di interesse può essere realizzata attraverso apposite funzioni in grado di selezionare gli istanti di interesse.

5.2.3.3 Analisi dati estratti

I dati estratti possono essere visualizzati in forma "grezza" o più comunemente elaborati al fine di ottenere indicatori e diagrammi su diversi livelli di aggregazione.

Gli indicatori individuati per l'interpretazione dei dati energetici possono essere riferiti a diverse categorie:

- dati prettamente energetici (espressi ad esempio in kW di potenza o kWh di energia);
- dati energetici rapportati ad una grandezza fisica di interesse che determina una "intensità energetica" (es. kW/m², kWh/persona, kWh/giorno/persona, ecc.);
- dati energetici espressi in termini percentuali.

I diagrammi possono rappresentare gli indicatori elencati lungo un periodo temporale e con un frame rate definito.

L'aggregazione del dato può essere realizzata lungo due differenti direttrici:

- 1 aggregazione temporale, che integra il dato quartorario in termini orari, giornalieri, settimanali, mensili, annuali, ecc;
- 2 aggregazione spaziale, che consente di analizzare un dato relativo ad una singola utenza o ad un gruppo di utenze (tipologia, cluster, intera comunità, ecc.).

La gamma di indicatori e diagrammi da adottare è estremamente ampia e dipende anche dai componenti e dalle dimensioni della comunità energetica.

5.2.4 Indicatori energetici

Esistono, d'altra parte, alcuni indicatori di sintesi, che possiamo definire KPI (Key Performance Indicator), in grado di rappresentare in modo sintetico il comportamento della comunità energetica. Nel contesto delle comunità energetiche che utilizzano energie rinnovabili il principale indicatore selezionato per mostrare le performance della comunità è l'autoconsumo. Questo indicatore non è definito sempre in modo univoco e dipende dal contesto in cui viene applicato. Nell'ambito delle implementazioni proposte adottiamo la seguente definizione applicata al vettore elettrico:

$$\text{Autoconsumo}(t) = \min(L(t), P(t))$$

ovvero il valore minimo tra il carico elettrico (L) e la potenza generata (P) all'istante t.

Secondo questa definizione l'autoconsumo è una potenza (kW), mentre se estendiamo l'istante t ad un intervallo di tempo più ampio Δt otteniamo un consumo, espresso ad esempio in kWh. In questo ultimo caso, l'autoconsumo può essere definito anche come la quota di energia auto-prodotta che viene consumata dall'intera comunità durante il tempo Δt .

Questo indicatore, così definito, rappresenta quindi una quantità di potenza o energia, a secondo dei casi in cui viene utilizzato.

A partire da questa grandezza possiamo calcolare ed utilizzare due ulteriori indicatori che vengono invece espressi in termini di percentuali e che definiamo nel modo seguente:

$$\text{Autoconsumo percentuale} = \frac{\text{Autoconsumo}}{P}$$

che rappresenta in termini percentuali (%) quanto incide l'energia auto-consumata rispetto all'energia prodotta durante un periodo Δt .

Analogamente può essere definita l'autosufficienza energetica come:

$$\text{Autoconsumo percentuale} = \frac{\text{Autoconsumo}}{L}$$

che rappresenta in termini percentuali (%) quanto incide l'energia auto-consumata rispetto al totale dell'energia consumata durante un periodo Δt .

Ulteriori indicatori, elaborazioni e rappresentazioni grafiche che potranno essere implementati sono i seguenti:

- visualizzazione della curva di carico quartoraria giornaliera e della potenza media giornaliera della comunità;
- calcolo e visualizzazione della curva di carico quartoraria media giornaliera riferita, ad esempio, ai dati dell'ultima settimana, da comparare con una curva analoga riferita ad un periodo precedente;
- individuazione di anomalie presenti nella curva di carico oraria giornaliera rispetto ad un range di riferimento;
- estrazione dei valori di picco presenti nella curva di carico oraria giornaliera secondo soglie percentili definite dall'utente (es. 97,5-esimo percentile) e comparazione con estrazioni effettuate su periodi precedenti;
- estrazione dei valori di base presenti nella curva di carico oraria giornaliera secondo soglie percentili definite dall'utente (es. 2,5-esimo percentile) e comparazione con estrazioni effettuate su periodi precedenti;
- curva quartorario o oraria giornaliera di autoconsumo, di immissione in rete e di prelievo dalla rete;

- calcolo e visualizzazione dell'autoconsumo percentuale e dell'autosufficienza percentuale in riferimento alla data corrente e a date antecedenti, con confronti da realizzare su periodi e in condizioni comparabili.

Tutti gli indicatori e le rappresentazioni elencate possono essere ottenuti a partire dai dati di carico quartorario delle utenze della comunità energetica e dalla potenza erogata dagli impianti di produzione inclusi all'interno della comunità.

Gli indicatori di "intensità energetica" possono essere ottenuti e rappresentati analogamente, ma per essere calcolati è necessario disporre delle grandezze fisiche di interesse (m², persone, ecc.) da inserire al denominatore delle rispettive grandezze energetiche.

5.2.5 Cluster analysis applicata alle curve di carico

L'aggregazione spaziale del dato energetico è intesa, nel presente lavoro, come somma istantanea (quartoraria) delle curve di carico di singole utenze elettriche che compongono una comunità energetica. Da un punto di vista generale, è utile analizzare il comportamento energetico delle singole utenze e dell'intera comunità.

D'altra parte, la specificità di ogni singola utenza può rendere necessario procedere ad una aggregazione delle utenze in gruppi (cluster) caratterizzati da elementi di similarità, al fine di comprendere e categorizzare il comportamento energetico.

Un primo approccio alla categorizzazione è basato sulla classificazione delle utenze in base a caratteristiche qualitative o quantitative associate all'utenza (es. numero di persone che utilizzano l'utenza, superficie dell'appartamento alimentato dall'utenza, utilizzo tipo alloggio, parti comuni, parti condominiali, ecc.). Questa categorizzazione viene adottata "a priori", in modalità supervisionata, e non dipende dai dati della singola curva di carico.

Un secondo approccio, alternativo o integrativo rispetto al primo, prevede l'utilizzo di algoritmi per il clustering delle utenze sulla base delle curve di carico esaminate. Tale approccio può essere completamente automatico, non supervisionato e data-driven, in quanto vengono utilizzati come criteri di comparazione apposite metriche applicate sui dati di carico (distanza Euclidea, distanza L1, ecc.).

Questo secondo approccio può essere implementato nell'ambito delle comunità energetiche sviluppando apposite funzioni che consentono di clusterizzare le curve di carico quartorarie giornaliere della singola utenza o di un gruppo di utenze:

- 1 nel caso di singola utenza o dell'intera comunità il clustering avviene su un dataset di curve di carico quartorarie giornaliere in modo da individuare eventuali comportamenti energetici che dipendono ad esempio dal tipo di giornata o dal periodo dell'anno (giorni lavorativi e feriali, stagioni diverse, ecc.);
- 2 nel caso vengano considerate tutte le singole utenze della comunità allora il clustering verrà applicato alle curve di carico medie giornaliere delle singole utenze così da individuare gruppi di utenze che presentano un comportamento simile, come ad esempio collocarsi su diversi livelli di carico medio o avere una particolare distribuzione dei carichi nel corso della giornata.

L'implementazione della cluster analysis delle curve di carico giornaliere verrà realizzata attraverso l'utilizzo del software di analisi numerica Octave (Licenza GNU GPL) e consentirà la scelta al gestore della Comunità del metodo di clustering da applicare, raggruppando le curve in N clusters e minimizzando la varianza all'interno dei cluster.

Il sistema implementato potrà restituire la curva di carico media giornaliera per ciascun cluster individuato, la relativa deviazione standard, il coefficiente di variazione e un apposito vettore idx dove ogni elemento indica il gruppo a cui appartiene ciascuna curva di carico giornaliera.

Un apposito algoritmo che utilizza il metodo percentile, basato sulla funzione di distribuzione cumulativa empirica applicata ai dati di ogni campione, potrà essere utilizzato per individuare i migliori centroidi iniziali

e ottenere la convergenza sempre verso il medesimo gruppo di cluster, come alternativa ad una inizializzazione random (B. Nepal [4]).

Il software Octave dispone di un database package che consente un interfacciamento diretto con il db Postgres utilizzato come sistema di memorizzazione dei dati nel prototipo di cruscotto per la comunità energetica.

5.2.6 Produzione dell'output per l'utente finale

Il core del sistema di gestione dei dati è rappresentato da un database Postgres sul quale converge sia la memorizzazione dei dati grezzi che la registrazione dei risultati delle elaborazioni realizzate tramite query SQL e script Octave.

L'output all'utente finale (cittadino e gestore della comunità energetica) verrà erogato tramite una piattaforma web e mobile che dovrà interfacciarsi con il database Postgres.

Tale servizio verrà opportunamente integrato a sistemi ICT per la gestione di token e relativi wallet utilizzati dai componenti della comunità energetica attraverso flussi basati su blockchain a garanzia degli scambi realizzati.

5.3 Progettazione local token economy

Le comunità energetiche, oltre ad essere un insieme di utenze che decidono di effettuare scelte condivise per soddisfare il proprio fabbisogno energetico costituiscono un nucleo di famiglie ed imprese di cui è necessario considerare anche l'aspetto sociale. Rafforzare la dimensione sociale di una comunità energetica vuol dire accrescere il senso di appartenenza dei suoi membri mediante la reciprocità degli scambi e questo passa attraverso la condivisione di obiettivi più ampi di natura sociale, ambientale, economica oltreché energetica che possono essere perseguiti attraverso modelli di economia collaborativa o sharing economy. Lo strumento di economia collaborativa ritenuto più idoneo ad attivare la reciprocità degli scambi in ambito sociale, necessaria al rafforzamento della community in tutte le sue dimensioni, è stato individuato nel token comunitario (community inclusive token).

Nell'ambito di una comunità energetica la diffusione di un mezzo di scambio complementare con obiettivi di inclusione sociale, oltreché di sharing energetico, può innescare un circolo virtuoso in grado non solo di garantire il coinvolgimento e la partecipazione necessaria di tutti i membri al successo del progetto energetico ma anche di mobilitare beni e risorse che altrimenti resterebbero inutilizzati per soddisfare i bisogni comunitari di altra natura.

Tra i vari esempi di valute locali esistenti sono stati presi in considerazione i sistemi di credito reciproco come il **Local Exchange Trade Systems (LETS)** ed il **Corporate Barater**¹² perché presentano caratteristiche ideali per una gestione su piattaforme blockchain: sono autoregolamentati, non hanno bisogno di una banca centrale per monitorare l'offerta di token la maggior parte di essi sono già completamente informatizzati, promuovono attivamente la cooperazione piuttosto che la concorrenza tra i partecipanti favorendo lo sviluppo delle comunità di riferimento.

I sistemi di credito reciproco si basano sul principio della "co-produzione" e della reciprocità: il miglior modo per costruire una comunità sana è quello di considerare ogni persona come portatrice di competenze, idee e risorse, convertendo il contributo del singolo allo sviluppo e al rafforzamento della comunità in potere di acquisto.

Il desiderio è quello di correggere alcune logiche che possono essere considerate distorte dell'economia, passando così da un commercio impersonale a «rapporti più personali e umani» introducendo trasferimenti tra persone che possiedono conoscenze, abilità, tempo e beni non utilizzati e ottenendone così il riconoscimento.

¹² Il **Corporate barater** sono circuiti commerciali composti da professionisti, aziende e imprese che usano un mezzo di scambio alternativo che ha tipicamente un valore pari alla valuta fiat. Ogni società aderisce al circuito pagando un'iscrizione e un canone annuale o mensile. Una volta all'interno, la società può mettere in vendita i propri beni e servizi e acquistare quelli messi a disposizione da altri sulla base del proprio potenziale.

I LETS sono “banche del tempo” di origine britannica gestite tipicamente da imprese o da organizzazioni no-profit dove il valore della prestazione può essere negoziato e non è espresso in termini di tempo. Generalmente si caratterizzano per il versamento di una quota di adesione, si basano sul consenso e la *disclosure*, sono equivalenti alla valuta nazionale, non convertibili se non con applicazioni di penali, non prevedono interessi e si basano sulla compensazione multilaterale. La valuta comunitaria è accettata come mezzo di pagamento anche dai punti vendita della comunità in cambio di sconti in percentuale sugli acquisti effettuati.

Considerando le implicazioni fiscali e la maggiore complessità delle gestione degli scambi in un regime di negoziazione del prezzo della prestazione, l’obiettivo è di partire dal modello tradizionale di banca del tempo, diffuso e ben noto a livello nazionale, per proporre una versione aggiornata dal punto di vista tecnologico ed organizzativo, che permetta l’estensione della partecipazione al circuito anche di attori non tradizionali quali produttori e piccoli commercianti e di gestori di energia.

Una local economy community è una comunità avente una economia basata sullo scambio di beni e servizi attraverso l’utilizzo di token, un mezzo di scambio virtuale impiegato per l’acquisto di beni e servizi all’interno di una piattaforma. A livello teorico la local economy si ispira ai concetti dell’economia circolare e dell’economia collaborativa (sharing economy).

Lo scambio di beni, servizi e token avviene all’interno di una piattaforma basata sulla tecnologia blockchain, che grazie alla sua natura decentralizzata e basata sulla crittografia la rendono uno strumento sicuro ed efficace per la gestione delle transazioni. Il controllo e gestione della piattaforma sarà affidato alla comunità stessa garantendo trasparenza e affidabilità. Le logiche di controllo e gestione dei token della comunità saranno implementate anche attraverso un insieme di smart contract registrati sulla blockchain, ereditando quindi tutte le garanzie fornite dallo sviluppo su tale piattaforma.

Dall’unione delle tematiche sociali ed energetiche nasce dunque la visione di “comunità locali flessibili” in cui il cittadino è attore principale di un ampio ecosistema di servizi: in particolare il cittadino diventa un ‘prosumer’ di servizi, ovvero una entità in grado di produrre e consumare servizi per una comunità che sono gestiti in un portale dedicato (portale CEC) che di fatto rappresenta un ‘market place digitale’ in cui si incontrano domanda ed offerta di servizi energetico/sociali.

La comunità energetica, in futuro, si comporterà come un aggregato dinamico di utenti in grado di produrre una parte dell’energia di cui ha bisogno e di fornire ed acquistare servizi di entità esterne alla comunità stessa. In questo contesto, l’energia diventa un servizio che la comunità può acquistare dai suoi associati o comprare e vendere da fornitori esterni.

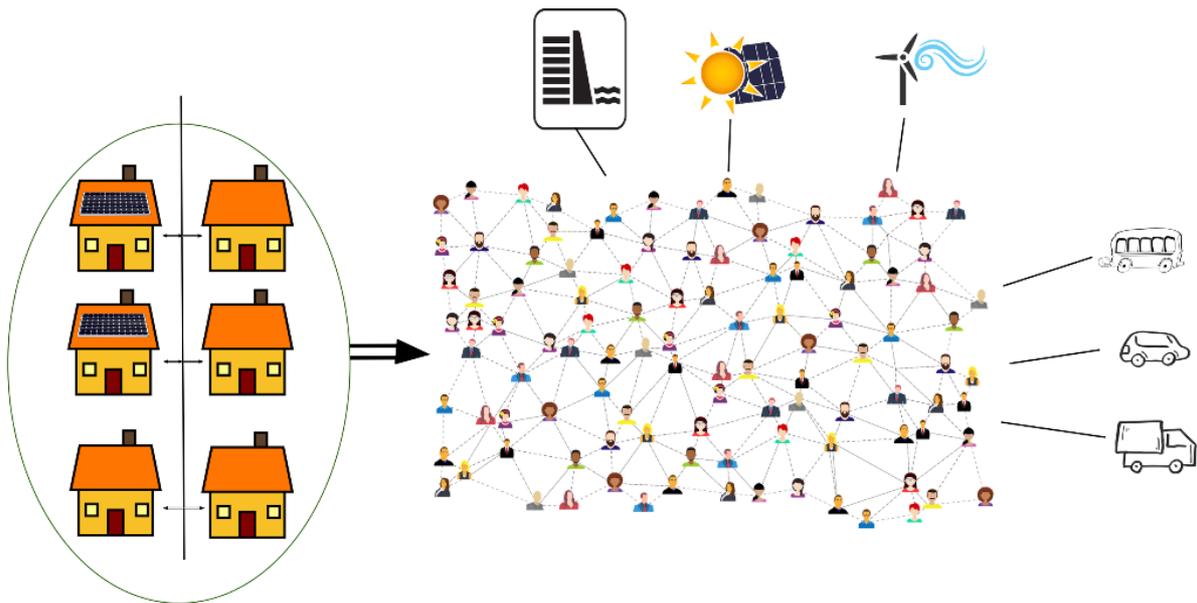


Figura 34: Evoluzione della comunità: dalla comunità dell'energia alla comunità di persone e risorse

Il servizio di scambio di beni e servizi integrato nella token economy nasce dalla esigenza di offrire ai cittadini di una determinata comunità la possibilità di sfruttare risorse locali in ottica di sharing economy. Uno dei passaggi fondamentali è il cambio di paradigma dalla logica del *possesso* di un bene a quella dell'*uso*. L'auto elettrica condivisa a livello di quartiere ben rispecchia questo nuovo scenario: l'auto è sempre a disposizione di chi ne ha necessità che la utilizza solo per il tempo che gli occorre e la paga solo per quel tempo. In questo modo, il bene è sfruttato al massimo delle sue potenzialità. Un altro elemento è il riuso della ricchezza: sarà possibile in questo modo supportare una economia locale che recuperi valore dal rimettere in circolazione nella comunità, beni, conoscenze e spazi inutilizzati. Alla base vi è la valorizzazione di un bene usato (che in un sistema di economia lineare viene solitamente smaltito come rifiuto), attraverso il riuso, il riciclo o la rigenerazione.

Questo approccio, che potremmo chiamare di "circular community", si presta molto bene a delineare la transizione verso una economia circolare almeno a livello locale, che è sicuramente quella con un impatto maggiore sia sull'ambiente vissuto dalle persone, sia nel modo di pensare e usare gli oggetti. Strumento abilitante della sharing community è la creazione di una economia locale basata su "token" che vengono scambiati con beni e servizi e che hanno solo valenza locale o ristretta alla comunità. Modelli di condivisione antichi, come quello dello scambio del proprio tempo o delle risorse, che hanno caratterizzato a lungo le comunità più piccole e rurali del paesaggio italiano ed europeo e che sono pressoché scomparse con l'industrializzazione e la creazione di grandi agglomerati urbani.

Motore di questo cambiamento è la comunità stessa che, nella stessa normativa europea, è vista come elemento centrale del contratto sociale tra le persone: la creazione di gruppi eterogenei per la gestione del territorio, delle sue ricchezze e della sua economia locale permette di affrontare insieme e con maggior impatto le sfide di decarbonizzazione e riduzione di impatto ambientale che l'Europa vuole affrontare con efficacia.

Le attività di community di questo tipo portano notevole beneficio in termini di sostenibilità ambientale, economica e sociale, in quanto ispirata ai principi della economia circolare e della economia collaborativa.

5.3.1 I sistemi mutualistici

I sistemi mutualistici puri

Le banche del tempo rappresentano i sistemi mutualistici puri e sono organizzate come istituti di credito in cui le transazioni sono basate sulla circolazione del tempo, anziché del denaro. Un iscritto al circuito offre un servizio della durata di un'ora a un altro iscritto, per esempio riparandogli la macchina o tagliandogli i capelli. Alla fine della prestazione, il primo avrà maturato un credito di un'ora, mentre il secondo un debito di pari

importo. Non si maturano mai interessi né in passivo e né in negativo: l'unico obbligo che si ha è il pareggiamento del conto.

Nella Banca del Tempo il valore delle attività scambiate corrisponde unicamente alle ore impiegate per realizzarle e la regola è coniugare l'utilità con il piacere. Chiunque può aderire ad una banca del tempo, poiché ognuno è potenzialmente in grado di offrire qualcosa di utile ad altri e tutti hanno bisogno di qualcosa. Le ore messe a disposizione sono tutte uguali, non hanno un valore intrinseco legato al mercato o alle professionalità di chi le offre. Il concetto egualitario del tempo e l'assenza di una negoziazione del valore della prestazione permettono di superare la questione degli adempimenti fiscali e previdenziali precedentemente analizzati per quanto riguarda le prestazioni occasionali e le operazioni permutative.

Negli scambi l'unità di misura del valore è costituita dall'ora (con le sue frazioni e multipli), indipendentemente dal prezzo di mercato della prestazione. Per esempio, un'ora impiegata per pulire una casa vale come un'ora di lezione di musica. Il sistema si basa quindi sul principio di pari dignità delle attività scambiate e su quello di reciprocità, per cui ciascun soggetto si pone come portatore insieme di bisogni e di risorse. Le persone che aderiscono alle Banche del Tempo tra le quali avvengono gli scambi si chiamano correntisti (o tempo-correntisti) o soci correntisti, in quanto diventano titolari di conti correnti in cui depositano le ore impiegate a realizzare attività a favore di altri correntisti, acquisendo la disponibilità di un credito di pari valore in termini di ore. Spenderanno tale credito per usufruire a loro volta di prestazioni effettuate da aderenti al circuito. Le Banche del Tempo spesso gestiscono anche la cessione e lo scambio di beni usati (baratto asincrono), in questo caso il valore è espresso sempre in ore e può essere fisso o negoziato solo nel caso della cessione dell'usato (il valore in ore del bene usato è attribuito considerando quante ore del proprio tempo si sarebbe disposti a rinunciare per disporre di quello specifico oggetto). Il sistema produttivo locale non partecipa generalmente alle Banche del Tempo tradizionali nazionali.

Il sistema mutualistico della Local Token Economy (LTE)

Il sistema mutualistico, che si vuole proporre in questa progettualità, può essere considerato un'evoluzione del sistema mutualistico puro sia dal punto di vista tecnologico, che dei soggetti coinvolti. La nuova era della condivisione, dell'interazione on-line e dei *social networks* rende, se non necessaria, ragionevolmente auspicabile l'apertura a nuovi canali e strumenti innovativi che permettano anche alle tradizionali Banche del Tempo di ripensarsi, migliorarsi e acquisire maggior visibilità agli occhi di un target di utenti sempre più "digitali" come la generazione dei più giovani, senza tuttavia dover rinunciare alla componente anziana più incline ad una socialità "analogica".

La Banca del Tempo digitale non si discosta molto dai valori e dal funzionamento delle tradizionali Banche del Tempo. Obiettivo primario è, infatti, quello di favorire scambi di prestazioni tra utenti, impiegando come strumento di pagamento ore di tempo al posto del denaro.

La Banca del Tempo digitale permette all'utente di mettersi in gioco ed affermare le proprie abilità indipendentemente dalla propria formazione scolastica e dalle proprie esperienze professionali. Quello che conta realmente è la prestazione offerta e i commenti positivi degli utenti che hanno avuto modo di provare la qualità del servizio prestato. È così che, ad esempio, se un ragioniere disoccupato riscopre la passione per la cucina o l'informatica può offrire sulla piattaforma i propri servizi e raccogliere feedback positivi e raccomandazioni che possono attirare l'attenzione di un direttore di ristorante in cerca di uno chef o di una società informatica con un posto da programmatore vacante. I due possibili datori di lavoro otterrebbero così risposta positiva alla classica domanda di esperienza pluriennale nel settore di futuro impiego, anche se il candidato non ha mai svolto quella attività in modo professionale.

Inoltre, un punto a favore della piattaforma LEC basata su blockchain rispetto ad altre piattaforme social che mirano a favorire l'incontro di domanda e offerta di lavoro è l'attendibilità dei dati inseriti. Il profilo dell'utente sarebbe inoltre arricchito da commenti, feedback, raccomandazioni scritte da terzi e non sarebbe solo un insieme di informazioni e referenze autoprodotte e per questo meno affidabili.

La piattaforma così concepita prevede la partecipazione anche di soggetti giuridici come grossisti e piccoli commercianti che dietro pagamento di una quota di adesione differenziata possono usufruire di servizi pubblicitari personalizzati.

I gruppi di acquisto solidale (GAS) rientrano tra le azioni promosse dalla comunità (community to stakeholder).

I GAS sono gruppi di persone che acquistano insieme prodotti di aziende piccole e prevalentemente locali, rispettose dell'ambiente e delle persone con cui instaurano rapporti commerciali, e non solo, diretti. L'obiettivo dei membri dei GAS è costituire filiere corte, mettendo in contatto diretto produttore e consumatore finale, privilegiando le aziende più vicine ed eliminando gli intermediari. Ciò che differenzia i GAS dalle esperienze di gruppi di acquisto nati con l'unico scopo di ridurre il prezzo finale per il consumatore, sono la solidarietà verso l'ambiente, per la scelta di prodotti a basso impatto ambientale, quella verso i produttori, per il rapporto diretto che si instaura, e infine quella verso gli altri membri del gruppo, per il lavoro volontario prestato. La partecipazione attiva dei membri della comunità ai GAS, essendo basati su principi di equità, solidarietà e sostenibilità, permette di accumulare i crediti di tempo da spendere all'interno del circuito.

I commercianti aderenti che usufruiscono attraverso la loro partecipazione dei servizi pubblicitari e di una migliore segmentazione del mercato, sulla base dello statuto comunitario, dovrebbero riconoscere sconti o meglio condizioni di acquisto favorite sui beni acquistati, in cambio di crediti di tempo che potranno riutilizzare o in parte donare alla comunità.

Al fine di questa analisi, risulta estremamente utile un confronto tra il modello di business del sistema puramente mutualistico con quello del sistema misto. Per farlo abbiamo applicato lo strumento metodologico del business model CANVAS.

Attraverso il CANVAS è possibile confrontare rapidamente le innovazioni ed implementazioni che vengono introdotte con il sistema misto ed evidenziare in fase di progettazione la coerenza interna della proposta. Ricordiamo infatti che in generale una proposta di valore per sviluppare la sua piena potenzialità necessita di una piena coerenza e corrispondenza tra quanto definito nei 9 caratteristici blocchi, come meglio chiarito a seguire:

1. Clienti: i diversi gruppi di persone o organizzazioni che si desidera raggiungere e servire. Ciascun gruppo rappresenta un bisogno, vengono raggiunti con canali differenti, richiedono tipi diversi di relazioni, hanno redditività differenti, sono disposti a pagare per aspetti diversi dell'offerta.
2. Valore Offerto: è il motivo per cui i clienti utilizzano il prodotto/servizio che riesce a soddisfare i bisogni e risolvere i problemi da loro espressi.
3. Canali: descrivono il modo in cui si comunica con i propri segmenti di clientela e li si raggiunge per portare loro il valore offerto. Possono essere diretti, quali applicazioni e vendite sul web e indiretti, quali promozioni presso i negozi dei partner.
4. Relazioni con i clienti: descrivono quali sono le relazioni con i vari segmenti di clientela e spaziano dalla relazione personale a quella automatizzata in base alla motivazione (strategie di fidelizzazione, creazione di nuova clientela, upselling).
5. Flussi di ricavi: sono le entrate derivanti da ciascun segmento di clientela. Ciascun flusso di ricavi può essere caratterizzato da meccanismi diversi di definizione dei prezzi. I ricavi possono essere da transazione in un'unica soluzione o ricavi ricorrenti relativi a pagamenti continui derivati dal valore offerto.
6. Risorse chiave: definisce l'insieme di risorse umane, fisiche, intellettuali e finanziarie che permettono di creare il valore offerto, mantenere le relazioni con i clienti e ottenere dei ricavi a fronte di determinati costi.
7. Le attività chiave: descrive le azioni fondamentali da compiere per raggiungere il valore offerto.
8. Partner strategici: sono l'insieme di aziende, enti pubblici, fornitori, con i quali è necessario stringere alleanze per sviluppare al massimo il modello di business.
9. Struttura dei costi: definisce la struttura dei costi che occorre sostenere per il funzionamento del modello di business.

Il business model Canvas delle banche del tempo

Il Canvas riportato di seguito si riferisce al modello di business delle banche del tempo diffuse a livello nazionale.

Tabella 28: Business model canvas delle Banche del tempo

Partner Chiave	Attività Chiave	Valore offerto	Relazioni con i clienti	Segmenti di clientela (Utente della piattaforma)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestore piattaforma on line ▪ Centri per l'impiego ▪ Amministrazioni Pubbliche locali ▪ Associazioni di volontariato 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Servizi alla persona/ sociali ▪ Servizi di noleggio ▪ Servizi di cessione beni usati 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorizzare le risorse inutilizzate (spazi/strutture disponibili, beni usati, tempo) ▪ Soddisfare bisogni inespresi della comunità ▪ Favorire l'inclusione sociale ▪ Egualitarismo ▪ Reciprocità 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bonus adesione ▪ Profilo sulla piattaforma on line 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Associazioni di volontariato ▪ Comunità (soggetto fisico)
	<p>Risorse Chiave</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Piattaforma on-line ▪ Gruppo di supporto per la costituzione della comunità ▪ Strutture e spazi delle amministrazioni locali ▪ Tempo ▪ Banche dati di centri per l'impiego ed associazioni di volontariato ▪ Finanziamenti pubblici ▪ Donazioni 		<p>Canali</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Convenzioni con le amministrazioni locali ▪ Piattaforma on line ▪ Convenzione con associazioni di volontariato e organizzazioni no-profit ▪ Organizzazione di momenti di incontro e scambio 	
<p>Struttura dei Costi</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sviluppo Piattaforma on line ▪ Gestione della piattaforma on line ▪ Costi del personale ▪ Assicurazione ▪ Costi di costituzione e promozione della comunità ▪ Costi di formazione 			<p>Struttura dei Ricavi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fee di adesione ▪ Donazioni 	

Il business model Canvas della Local Token Economy

Il CANVAS qui descritto delinea il modello di business del concept ENEA di community.

L'ipotesi di partenza è la logica PUSH, ovvero si sceglie l'approccio guidato dalla tecnologia, intesa come risorsa chiave nel nostro modello, e rappresentata dai servizi offerti dalla piattaforma LEC, dalla piattaforma blockchain e dalle tecnologie per il risparmio energetico da rinnovabili. Il passo successivo è stato quello di delineare quali bisogni si intende soddisfare e quali limiti del sistema BdT tradizionale si vogliono superare e con quali azioni.

La value proposition del sistema di LTE si arricchisce della componente energetica e della possibilità per la community di coinvolgere stakeholders non tradizionali per le BdT diffuse a livello nazionale, quali i gestori dell'energia e piccoli commercianti. Questi ultimi in particolare possono usufruire di pubblicità personalizzata

sulla piattaforma, accrescere la propria visibilità, la propria quota di mercato ed il proprio impegno sociale, riconoscendo agli utenti della piattaforma (oltre che ai consumer, prosumers e prosumer) condizioni di acquisto favorevoli in cambio di crediti di tempo. Il modello prevede un valore offerto ed una domanda di servizi più ampia rispetto alla semplice banca del tempo facendo leva su quattro paradigmi fondamentali: risparmio energetico, economia circolare, sostenibilità ambientale e inclusione sociale.

Alla value proposition segue la definizione della clientela secondo un criterio di corrispondenza biunivoca tra le due sezioni del Canvas.

Tre domande fondamentali hanno guidato l'analisi: chi sono i clienti? Quali sono le relazioni che si vogliono instaurare e quali le strategie di fidelizzazione? Il cliente del modello, nel caso in esame, è sicuramente l'utente della piattaforma ed in particolare le associazioni di volontariato, le amministrazioni locali e la comunità come soggetto giuridico. La nuova clientela è acquisita puntando sul bonus adesione, sulla pubblicità, sugli incentivi in termini di ore e di sconti sull'acquisto di beni e servizi per gli utenti della LTE che abbiano compiuto azioni meritevoli dal punto di vista del risparmio energetico, di economia circolare, sostenibilità ambientale e inclusione sociale.

I canali sono strettamente legati agli strumenti tecnologici su cui poggia la piattaforma LEC nel suo complesso, in particolare le interfacce web costituiscono il canale principale di erogazione dei servizi, affiancato alle convenzioni che si intendono instaurare con le PA e le associazioni no profit. Determinanti nel modello sono i wallet ed i token. I wallet sono applicazioni client che seguono le regole implementative della blockchain di riferimento: attraverso i wallet si identificano quanti token (ovvero la valuta virtuale della comunità) ha disponibile ciascun membro.

La blockchain costituisce uno degli strumenti integrati nella piattaforma di Local Token Economy ed è funzionale allo svolgimento di specifiche azioni sui wallet (per maggiori dettagli si rinvia al paragrafo 3.2).

Altro elemento sensibile dell'analisi è la figura degli stakeholders, ovvero i partner chiave. In un contesto imprenditoriale lo stakeholder spesso si identifica con le società di outsourcing a cui si rivolge l'azienda. Per noi rientrano in questa categoria quei soggetti che svolgono tutta una serie di attività chiave ed azioni all'interno del modello attraverso le risorse chiave (secondo un criterio di corrispondenza tra partner-attività). Le attività chiave sono state mutate dalla ricerca svolta in collaborazione con il Politecnico di Torino sullo sviluppo di un simulatore per l'analisi del funzionamento di un modello di token economy di comunità. Dalla declinazione delle attività chiave in funzione dei partner e dei segmenti di cliente si sono delineati una serie di categorie di servizi, riassumibili nelle seguenti categorie:

- Cittadino-Cittadino;
- Cittadino-a-Cittadino con struttura;
- Stakeholder-a-cittadino:
 - Rivenditori beni nuovi-a-cittadino;
 - Gestore Energia rinnovabile-a-cittadino;
- Stakeholder-a-Stakeholder;
- Cittadino-a-stakeholder;
- Cittadino-a-community;
- Stakeholder-a-community;
- Cittadino a-community con struttura.

Definito lo scenario è stata analizzata la struttura dei costi e dei ricavi. Tra i primi rientrano i costi sostenuti per lo sviluppo e la gestione della piattaforma LEC, mentre i flussi di ricavi sono legati alle strategie di fidelizzazione prima indicate e alle relazioni instaurate con i partner chiave del modello nonché al ruolo che riveste la componente energetica.

Accordo di Programma MiSE-ENEA

Partner Chiave <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestore piattaforma ▪ Gestore del wallet ▪ Amministrazioni locali e PA ▪ Commercianti al dettaglio ▪ Gestore energia elettrica ▪ Amministratore di Condominio ▪ MiSE 	Attività Chiave <ul style="list-style-type: none"> ▪ Servizi alla persona e sociali ▪ Servizi di noleggio ▪ Servizi di cessione beni usati ▪ Servizio di flessibilità energetica ▪ Servizi di Promozione (Pubblicità) ▪ Servizi di acquisto 	Valore offerto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Valorizzare le risorse inutilizzate (spazi / strutture disponibili, beni usati, tempo, energia) ▪ Soddisfare bisogni inespresi della comunità ▪ Favorire Inclusione sociale ▪ Accrescere il BIL ▪ Promuovere la Sostenibilità ambientale ▪ Favorire il Risparmio energetico ▪ Favorire un sistema di economia circolare ▪ Aumentare il potere di acquisto. ▪ Incrementare il volume di affari per grossisti e commercianti attraverso GAS e pubblicità. ▪ Favorire l'occupazione (CV sociali con recensioni) 	Relazioni con i clienti <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bonus di adesione differenziato per target ▪ Incentivi in ore di tempo e in % di sconti per azioni meritevoli in ambito sociale, ambientale e energetico ▪ Risparmi negli acquisti realizzati tramite GAS ▪ Sconti presso commercianti al dettaglio 	Segmenti di clientela (Utenti della piattaforma) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amministrazioni locali ▪ Associazioni di volontariato ▪ Prosumer di servizi e di beni ▪ Comunità (soggetto giuridico) ▪ Consumatori ▪ Commercianti al dettaglio ▪ Aggregatore
	Risorse Chiave <ul style="list-style-type: none"> ▪ Piattaforma basata su blockchain ▪ Cruscotto di Comunità ▪ Smart contract ▪ Gruppo di supporto per la costituzione ▪ Strutture delle amministrazioni locali ▪ Tempo ▪ Banche dati ▪ Energia da rinnovabili ▪ Tecnologie per le rinnovabili 		Canali <ul style="list-style-type: none"> ▪ Piattaforma LEC ▪ Interfacce web ▪ wallet ▪ Messaggi promozionali ▪ Convenzioni con amministrazioni locali ▪ Convenzioni con associazioni di volontariato e organizzazioni no-profit ▪ Distretti di economia solidale ▪ Gruppi di acquisto solidali 	
Struttura dei Costi <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestione della piattaforma ▪ start-up e promozione della comunità ▪ Assicurazione ▪ Storage dati e server ▪ info point ▪ Formazione e gestione organo di controllo 		Ricavi <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quota di adesione standard ▪ Quota di adesione differenziata per commercianti e produttori ▪ Fee sulle transazioni ▪ Acquisto token da parte degli stakeholders. 		

▪ Installazione rinnovabili e tecnologie di gestione.	
---	--

Il modello di business della Local Token Economy così come delineato nel Canvas precedente, racchiude e sintetizza una value proposition che, come detto, si rivolge ad una pluralità di clienti. Il cliente è il soggetto portante di ogni progetto d’innovazione ed è colui che garantisce il successo delle azioni messe in campo, pertanto è necessario averne una corretta profilazione per fornire attraverso le proposte progettuali le idonee risposte. I clienti intendono perseguire degli obiettivi che identificano il valore offerto della proposta e quindi nei paragrafi a seguire andremo ad esplicitare la proposta di valore del modello LTE sulla base di ciascun profilo cliente.

La definizione della mappa del valore, secondo l’approccio metodologico di Osterwalder (Osterwalder,[5]) permette di organizzare le informazioni in modo semplice su quello che vogliono i clienti, così da rendere facilmente visibile la creazione del valore ed il modello di business della proposta elaborata. Grazie a tale analisi è possibile ridurre il rischio d’errore nella proposta che si esplicita con nuove idee e servizi adattati all’obiettivo ed ai processi in corso. Vedremo meglio cosa ciò implica in termini di Local Token Economy.

Passiamo quindi a definire “il profilo del cliente” cioè a descrivere lo specifico segmento di clientela in modo più strutturato e dettagliato, individuando i job (le attività), le difficoltà ed i vantaggi. I “job dei clienti” descrivono quello che i clienti cercano di ottenere nel loro lavoro e nella loro vita; i vantaggi descrivono gli esiti che i clienti vogliono ottenere o i benefici concreti che cercano; le difficoltà descrivono i risultati negativi, i rischi e gli ostacoli relativi alle attività dei clienti. Quindi una proposta di valore deve essere in grado di fittare il profilo del cliente ovvero deve generare dei vantaggi che siano in linea con i vantaggi del cliente e deve ridurre le difficoltà che il medesimo cliente deve affrontare.

Calando questa analisi nel contesto della Community i clienti che andremo a prendere in esame sono i cittadini e gli stakeholders, andando quindi a delineare la value proposition per queste due tipologie di cliente finale.

In particolar modo saranno presi in esame i profili:

- **cittadino**, come residente in un’area urbana e potenzialmente fruitore della piattaforma LEC intendendo in tal senso sia la funzione di beneficiario ed erogatore dei servizi proposti.
- **stakeholder**, visto nella sua accezione più ampia, ovvero includendo sia al PA che la piccola e media impresa, che l’associazione.

Value proposition: Il profilo del cittadino

In termini comunitari il JOB identificato come fondamentale, che racchiude al suo interno gli aspetti di valorizzazione sociale, ambientale e di economia circolare, è l’accrescimento del benessere della comunità. Approcci recenti ai modelli comunitari hanno delineato il concetto di BIL – Benessere Interno Lordo, che misurando anche il valore dato a fattori diversi da quelli economici, come il tempo libero, la percezione dello stato ambientale, la solitudine, permette di capire quanto i cittadini europei sono “felici”. Nove le “misure” che fotografano la situazione complessiva: condizioni di vita materiali, occupazione, salute, educazione, tempo libero e interazioni con gli altri, sicurezza fisica ed economica, governance e diritti civili, ambiente, qualità della vita in generale (fonte: Eurostat - Rapporto qualità della vita 2015).

La tabella sinottica a seguire schematizza i risultati dell’analisi condotta prendendo in esame anche i primi risultati della survey di co-progettazione redatto dalla Università LUISS - LabGov nell’ambito della LA1.58.

Tabella 29: Value proposition per il profilo di un cittadino

Customer profile		Value proposition	
Cittadino	Stakeholder	Cittadino	Stakeholder
Scarso senso di comunità		Soddisfare bisogni inespressi della comunità Favorire la proattività dal basso Supportare il ruolo dei facilitatori	Soddisfare bisogni inespressi della comunità

Accordo di Programma MiSE-ENEA

Isolamento sociale		Favorire Inclusione sociale creare occasione/ canali di incontro/ socializzazione Favorire l'integrazione tra più etnie Fare parte dello strumento di governance	
Essere utili alla comunità		Favorire la proattività dal basso Essere prosumer energetici	Fidelizzazione / Fiducia sapere che i prodotti e i servizi sono offerti da persone che conosco Creare nuove reti tra gli attori locali
Degrado del quartiere	Degrado del quartiere	Promuovere la Sostenibilità ambientale vendita e scambio di beni usati Scambio energia auto-prodotta	Promuovere la Sostenibilità ambientale Bonus su Vendita di prodotti a basso impatto ambientale
Spazi del quartiere in abbandono	Spazi del quartiere in abbandono	Valorizzare le risorse inutilizzate Rigenerare e migliorare gli spazi del quartiere	Valorizzare le risorse inutilizzate Rigenerare e migliorare gli spazi del quartiere
Elevati costi dei servizi / dell'energia elettrica	Elevati costi dei servizi / dell'energia elettrica Mancanza di visibilità	Favorire lo Sviluppo economico locale Autosostentamento della piattaforma (sapere che il guadagno della piattaforma rimane nel quartiere) Favorire il Risparmio energetico Incentivare economicamente i volontari Dare visibilità al cv sociale, Ottimizzare risorse territoriali C (spazio privato) Adozione di spazio pubblico Aumentare il potere d'acquisto	Favorire lo Sviluppo economico locale Autosostentamento della piattaforma (sapere che il guadagno della piattaforma rimane nel quartiere) Favorire il Risparmio energetico Incentivare economicamente i volontari Promozione e scontistica Messa a disposizione di spazio pubblico Accrescere la domanda di mercato S Incrementare il volume di affari per grossisti e commercianti attraverso GAS
Disponibilità di beni e servizi senza valore economico	Disponibilità di beni e servizi senza valore economico	Supportare un sistema di economia circolare permettere e facilitare scambi di beni usati e servizi	Ottimizzare risorse territoriali S (bene di una PA)

Leggendo tali risultati attraverso la chiave metodologica della Value Proposition Analysis (Osterwalder ,[6]) risulta evidente che il cittadino chiede, per innescare un cambiamento, che nasca una comunità in grado di valorizzare le azioni sociali e le potenzialità del territorio e dagli incentivi che i cittadini ritengono rilevanti emergono una serie di problemi a cui si cerca risposta ed una serie di vantaggi, tra necessari, attesi e desiderati, che il cittadino desidera conseguire in relazione ad una gamma di servizi che ritiene d'interesse per il raggiungimento del benessere personale.

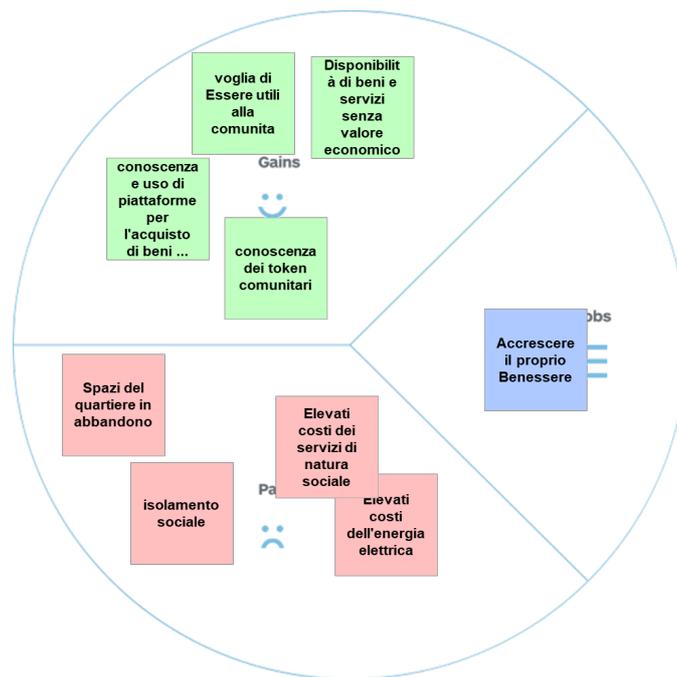


Figura 35: Costumer Profile "Cittadino" – Fonte: Strategyzer

Il cittadino vede inoltre una serie di difficoltà legate ad uno scarso senso di comunità da parte di chi risiede in una stessa area, tali aree versano in uno stato di abbandono e si ha consapevolezza dei costi che una gestione della cosa comune comporta. Nel contempo, esistono figure di volontari che sono interessati ad operare per il quartiere che viene vista come una realtà che ha potenzialità da recuperare e valorizzare. Gli stessi cittadini, come singoli utenti, in altri contesti, hanno esperienza di piattaforme on line su cui acquistare servizi o beni usati sia a fronte di una remunerazione economica (vedi bla bla car) sia a fronte di valute virtuali o di fenomeni di scambio diretto (vedi cose (in)utili www.coseinutili.it).

Value proposition: Il profilo dello stakeholder

Altro cliente cardine del modulo LTE è lo stakeholder ed anche a tale profilo è stata applicata la Value Proposition Analysis.

Il profilo dello stakeholder è stato analizzato nella sua accezione ampia includendo sia la pubblica amministrazione, che la piccola e media impresa che l'associazione, ovvero i soggetti che a vario titolo, o meglio attraverso vari vantaggi, gravitano e possono entrare a far parte della comunità.

Gli stakeholder, che per loro stessa natura perseguono un business specifico, evidenziano attraverso l'analisi una serie di vantaggi che possono conseguire in un contesto di Local Token Economy e che possono contribuire al raggiungimento della specifica mission aziendale; riferendoci ad un incremento del profitto e delle quote di mercato per le PMI, alla collocazione lavorativa del personale per le associazioni, all'ottimizzazione delle risorse e di proprietà sul territorio per l'ente locale, questo per fare solo alcuni esempi. La possibilità di valorizzare spazi di quartiere o edifici pubblici che versano in stato di abbandono o che comunque non trovano un pieno sfruttamento da parte del detentore è una delle opportunità che si possono concretizzare. Trovare nella LTE un ambito di ampliamento del proprio mercato per la PMI coinvolta e/o aumentare la propria visibilità, trovare nuovi canali occupazionali per i propri associati (è questo il caso delle associazioni di volontariato), ridurre i costi legati ai consumi energetici o relativi alla manutenzione di determinanti impianti; sono questi alcuni dei vantaggi conseguibili dagli stakeholders aderenti al modello di Community dell'ENEA.



Figura 36: Customer Profile "Stakeholder"

La realtà della Community viene vista dai piccoli imprenditori come un mercato potenziale, un territorio che dispone di beni e proprietà che possono essere convertiti in usi per la comunità riuscendo nel contempo ad abbattere i costi legati alla manutenzione avvalendosi di manodopera volontaria retribuita con token ed all'energia elettrica attraverso lo strumento della flessibilità elettrica.

Il dare risposta alle difficoltà e promuovere i vantaggi espressi dai clienti configura le azioni che fungono in un caso da generatori di vantaggi ed in un altro da riduttori delle difficoltà e che si esplicitano nelle azioni che sostanziano la Value Proposition del Modello proposto per il servizio 3. La lettura trasversale degli schemi di customer's profile chiarisce, ad esempio, come un problema derivante dagli spazi in abbandono, che possono essere pubblici e quindi di proprietà di uno stakeholder o privati e quindi di proprietà di un cittadino, trova, come risposta nel modello ENEA, la rigenerazione e il miglioramento degli spazi di quartiere.

Come avviene? come si concretizza tale proposta di valore? attraverso la creazione, a titolo esplicativo, di servizi di natura sociale e di sostenibilità ambientale quali il dare in gestione, a fronte di una remunerazione in token, a volontari di quartiere quella area dismessa che verrà valorizzata e riqualificata. L'intervento di riqualificazione darà risposta ad una value proposition di valorizzare le risorse di quartiere intesa come l'area pubblica, il volontario che vede ricompensata la sua azione sociale, acquisisce una visibilità attraverso un curriculum sociale e ottiene un credito in token nel proprio wallet spendibile a sua volta in beni e/o servizi nella comunità.

L'esempio precedente evidenzia come le azioni messe in campo per la value proposition configurabili in azioni cittadino <-> cittadino, cittadino <-> stakeholder con e senza struttura, stakeholder - comunità (si rimanda per i dettagli al par. XX del presente rapporto), esplicano la loro potenzialità attraverso due prodotti chiave: la piattaforma LEC e la tecnologia blockchain.

Quindi il modello di Local Token Economy attraverso la piattaforma e la tecnologia blockchain favorisce la realizzazione di servizi ambientali, sociali, educativi, di assistenza e rivolti al benessere familiare, favorendo nel contempo la possibilità di scambio o vendita di beni nuovi ed usati, e una riduzione dei costi associati all'energia elettrica ed alla manutenzione, nonché la realizzazione di una economia comunitaria basata su token.

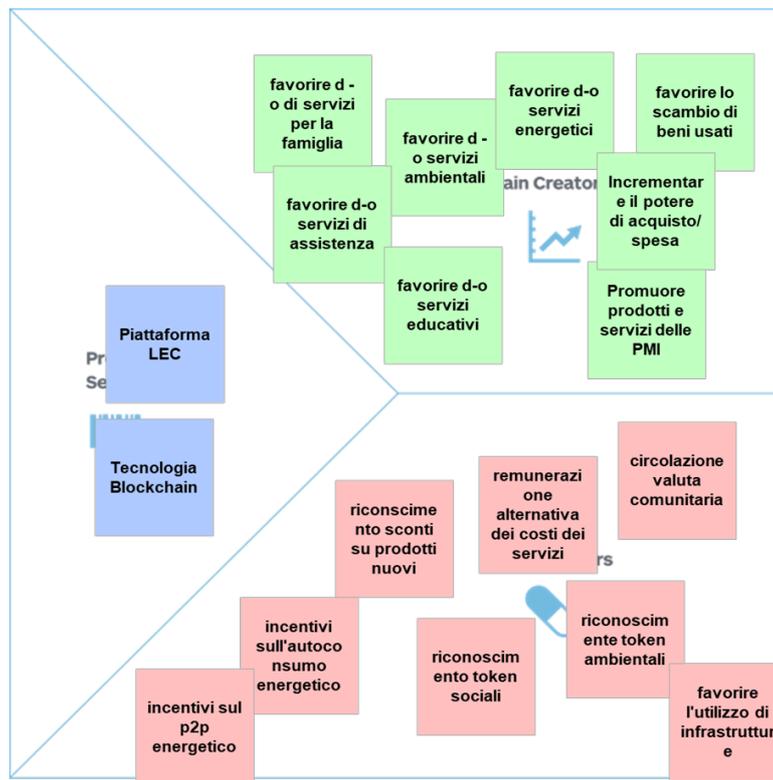


Figura 37: Mappa del Valore della LTE

5.3.2 Diagrammi di flusso delle transazioni per categoria

Il seguente paragrafo si pone l'obiettivo di chiarire le logiche che regolano le azioni della community tenendo conto del business model descritto nel precedente sotto-paragrafo. Le 8 categorie di servizi vengono qui modellate in relative tasks e schemi di flusso dei dati al fine di fornire una chiara visione dei soggetti che entrano in campo, del tipo di interazione, inteso come scambio di dati che si crea e chi è deputato a gestire/tracciare il relativo scambio informativo. In questa fase come scelta progettuale si è deciso di parlare genericamente di modulo Local Token Economy includendo in questo profilo tutti i servizi di natura Information Technology (IT) (a livello macro) che si andranno a configurare per gestire le azioni previste nel servizio LTE e delineare così le prime macro-attività di natura IT che andranno implementate nel relativo gruppo di lavoro.

Gli schemi a seguire, come meglio dettagliato in seguito, delineano per ciascuna azione: i soggetti, i task che caratterizzano l'azione e le implicazioni sempre in termini di task per il modulo LTE della piattaforma LEC. Ciascuno schema riporta i soggetti coinvolti nelle specifiche azioni siano essi cittadini, stakeholder, community o la piattaforma LEC intendendo sotto questo "profilo" le varie azioni che sono deputate ai servizi di natura IT ed in particolare per piattaforma LEC si intende la quota parte della piattaforma relativa al modulo LTE, ovvero la parte di azioni relative al servizio LTE, perché, come chiaramente espresso nei flussi a seguire i casi d'uso sono relativi alla local token economy che costituisce l'oggetto del presente report.

Fase di registrazione utenza

La realizzazione dei servizi di sharing economy interni alla community prevede come prerequisito l'adesione dei cittadini e degli stakeholder alla piattaforma che fa da collettore tra domanda ed offerta nonché da soggetto gestore dei wallet e dei relativi flussi di token.

Il cittadino e lo stakeholder si iscrivono alla Community e relativa piattaforma secondo gli step descritti negli schemi 1 e 2 a seguire.

Il processo prevede una prima fase di registrazione sulla piattaforma con l'inserimento e conseguente salvataggio in specifico DB dei dati di anagrafica. Una volta creata l'utenza il sistema attiva la richiesta di attivazione wallet e la sottomissione della fee da parte dell'utente.

La fee viene versata in euro e costituisce quota parte dei ricavi del modello economico.

I cittadini non pagano alcuna fee in fase di registrazione (da valutare in fase di adesione alla forma giuridica).

Gli stakeholders pagano una fee annuale.

A valle della prima fase di attivazione dell'utenza sulla piattaforma si procede dei wallet dell'utente che vengono popolati in token per un quantitativo iniziale pari a XX (valore da definire nella successiva fase di simulazione) per il cittadino e YY (valore da definire nella successiva fase di simulazione) per lo stakeholder (c'è corrispondenza biunivoca tra cittadino e wallet, vale a dire 1 cittadino = 1 wallet).

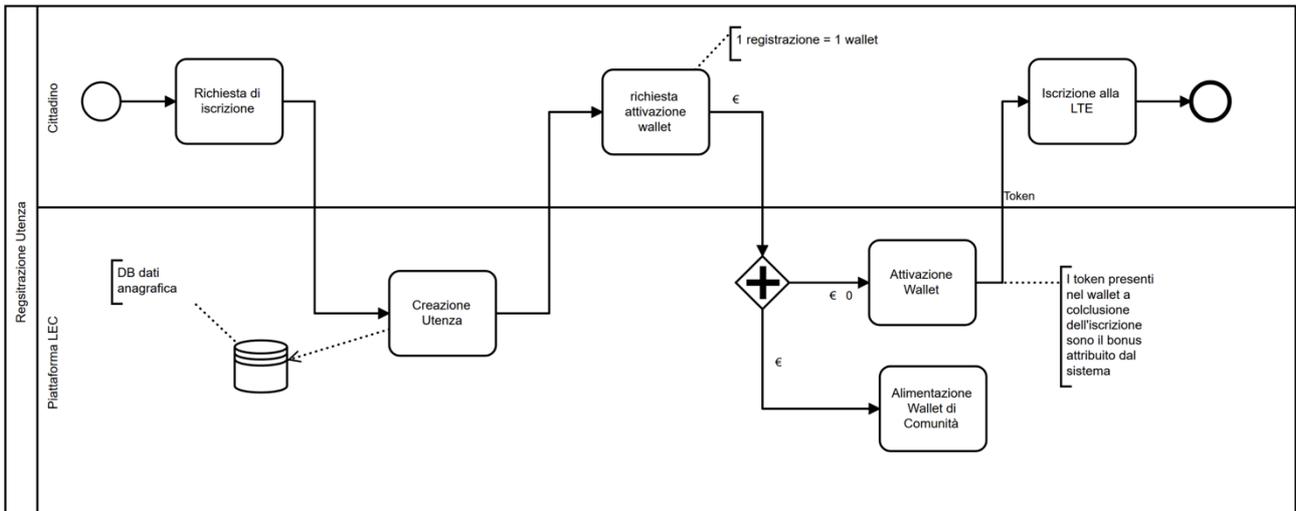


Figura 38: Schema flussi registrazione cittadino in piattaforma

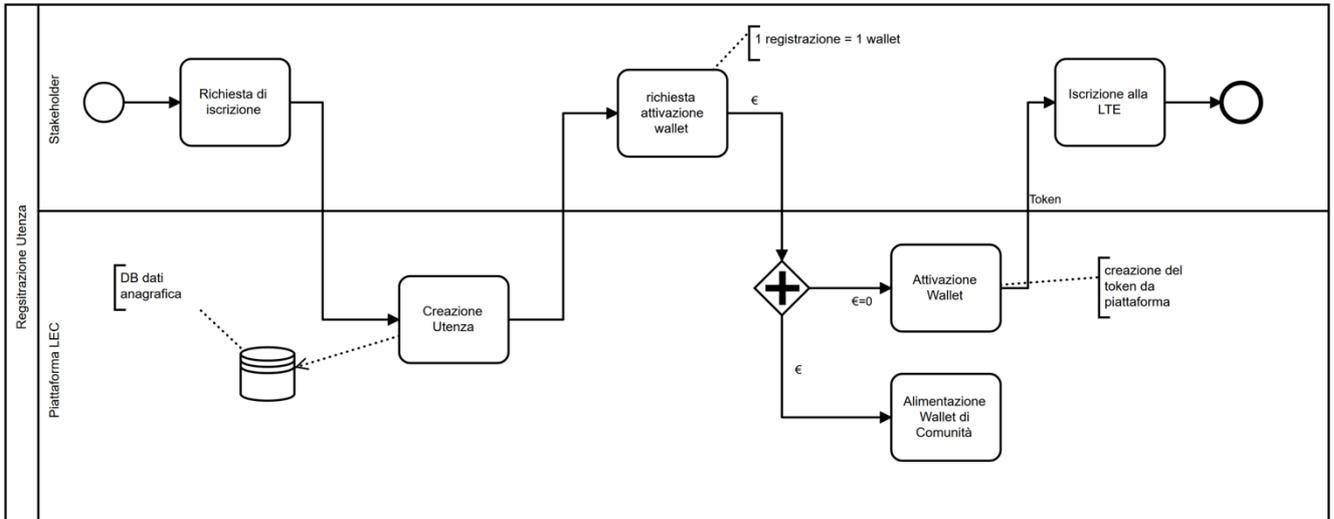


Figura 39: Schema flussi registrazione Stakeholder in piattaforma

Categoria 1: Cittadino-Cittadino

La prima categoria di azioni che viene presa in esame riguarda lo scambio di servizi/prodotti usati tra cittadino e cittadino. Le azioni cittadino-a-cittadino (1) sono tutte quelle azioni compiute tra i membri della comunità dove con il termine cittadino si intende il singolo membro privato della community. Questa tipologia di azioni si suddivide a sua volta in servizi e beni scambiati o prestati. I servizi comprendono quelle attività richieste dal singolo partecipante della comunità, per soddisfare le proprie esigenze personali. Infatti, il singolo membro potrà segnalare attraverso il modulo LTE della piattaforma LEC una attività di cui ha bisogno, oppure accettare una proposta da un altro membro quindi l'avvio del processo può avvenire sia lato fruitore che lato erogatore del servizio. Un esempio può essere quello del servizio di aiuto nelle materie scolastiche. Il

pagamento del servizio segue la logica mutualistica delle banche del tempo e dunque la sua valorizzazione avviene in ore.

Nella categoria 1, secondo il modello di economia circolare, rientra la cessione temporanea o permanente di beni usati. I beni sono tutte quelle proprietà che il singolo decide di mettere a disposizione di un altro membro della comunità. In questo modello si propone che i beni con una bassa frequenza di utilizzo e facilmente trasportabili (come attrezzi di vario tipo, si pensi a un semplice trapano) passino per il canale di prestito, mentre tutti quei beni che risultano essere ingombranti e che possiedono una frequenza di utilizzo elevata (come un televisore) passino per il canale dello scambio diretto in token. Non vengono definite posizioni di partenza sul valore in token del singolo bene sia esso prestato o ceduto ma si lascia tale parametro al canale della contrattazione indiretta.

L'incontro tra domanda ed offerta prevede, anche a valle della fruizione del servizio, una fase di check, ovvero la verifica della sostenibilità e del social value del servizio/ prodotto offerto, a seguito di tali verifiche vengono erogati token in forma di incentivi; chiaramente tale scenario prevede che vengano implementati differenti smart contract con algoritmi differenti a seconda che il servizio sia risultato o meno a valore aggiunto dal punto della sostenibilità e dell'impatto sociale.

Gli algoritmi proposti nella presente azione incidono su 3 wallet, i wallet dei due cittadini in relazione diretta per lo scambio del bene/ servizio ed il wallet di controllo che eroga i token aggiuntivi legati ai bonus di premialità; tra i wallet si configura un flusso sintetizzabile nello schema seguente:

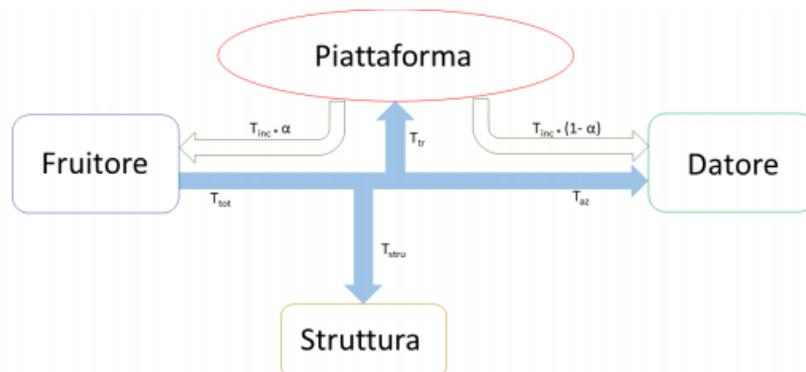


Figura 40: Schema flusso dei token tra i vari wallet

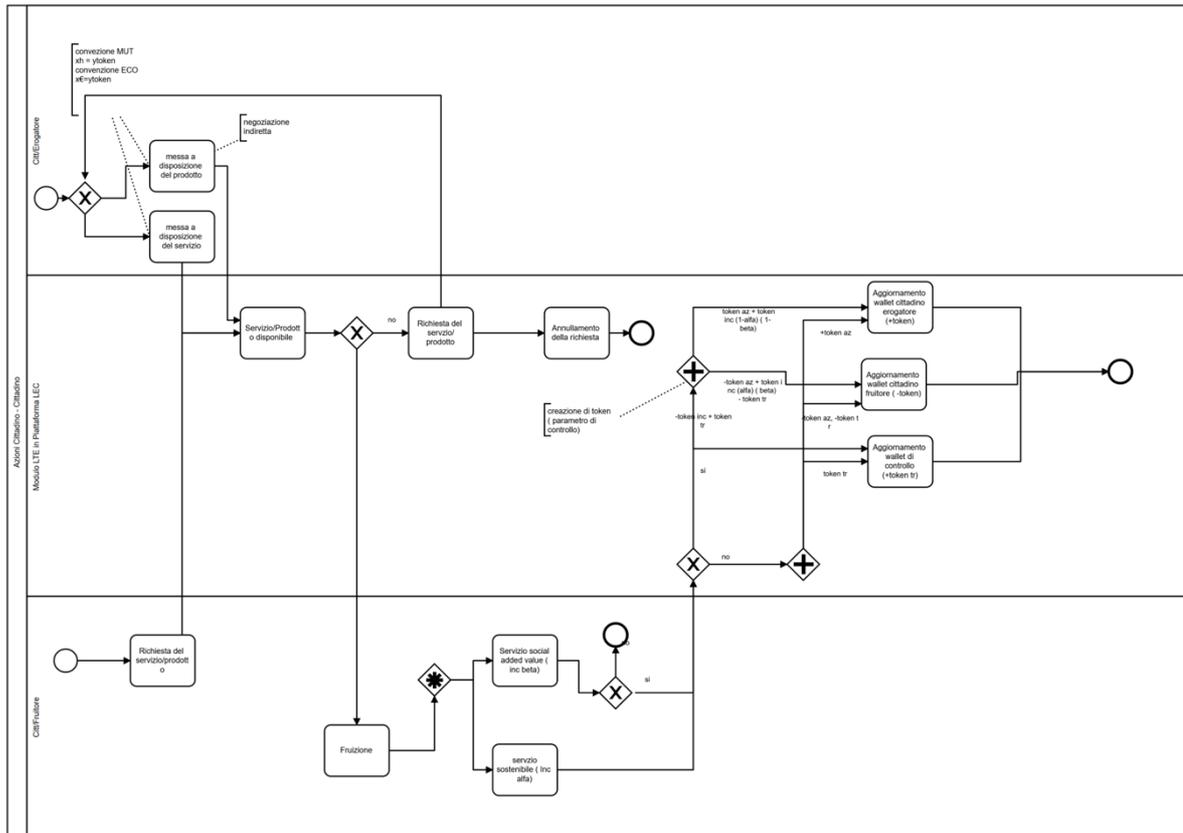


Figura 41: Schema flussi azione cittadino a cittadino

Categoria 2: Cittadino-a-Cittadino con struttura

La categoria cittadino-a-cittadino con struttura risulta essere simile alla prima tipologia per tipo di azioni possibili, tuttavia è presente nel modello un nuovo soggetto, lo stakeholder, quale detentore della proprietà della struttura necessaria per compiere l'azione. Un esempio risulta essere un corso di lingua effettuato da un singolo cittadino per altri membri della comunità e che si svolge presso una sala messa a disposizione da una associazione convenzionata oppure un ambiente di proprietà di una pubblica amministrazione. Il Flusso di token e dunque i wallet saranno ora sia quello del cittadino che offre il servizio, che i cittadini beneficiari che lo stakeholder che mette a disposizione la struttura e quindi riceve un compenso. In termini di piattaforma avremo un login in più con un task dedicata alla messa a disposizione della struttura ed in area blockchain avremo l'aggiornamento di 4 differenti wallet.

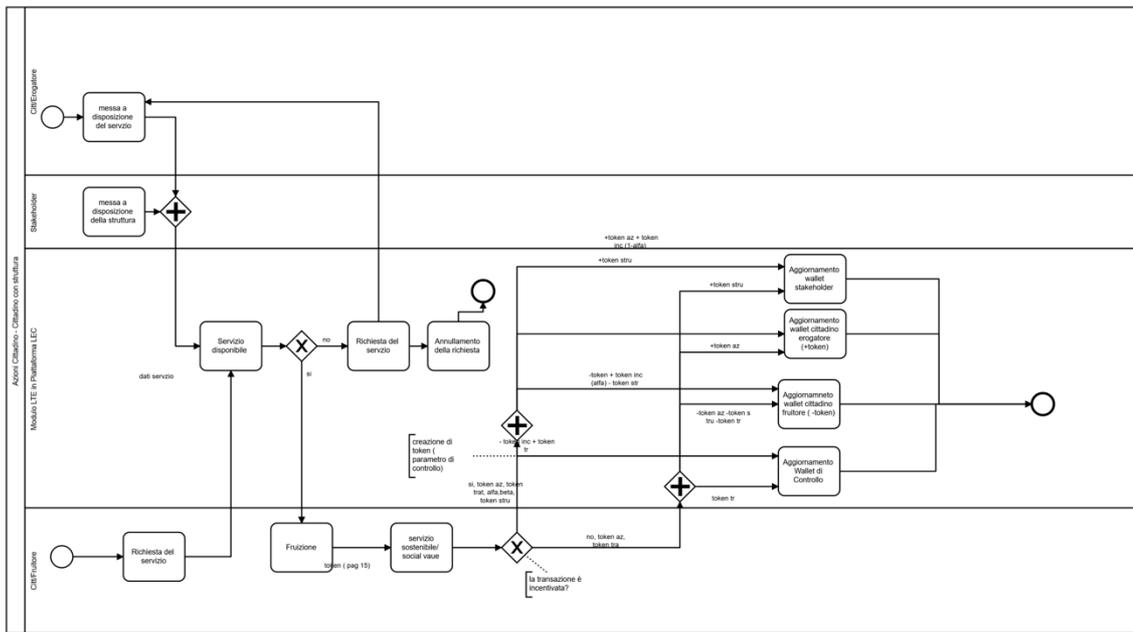


Figura 42: Schema flussi azione cittadino a cittadino con struttura

Categoria 3: Stakeholder-a-cittadino

Rientrano in questa categoria le azioni che vedono l'interazione in piattaforma di un cittadino in qualità di fruitore ed uno stakeholder in qualità di erogatore. Nello specifico il singolo membro della comunità, nel caso in cui acquisterà o richiederà un servizio da uno stakeholder (come, ad esempio, una lezione d'inglese presso un centro linguistico) potrà pagarlo in token. Due risultano i soggetti coinvolti e 3 i wallet in area blockchain a valle di eventualità premialità in bonus come detto nelle due categorie precedenti.

Risultano casi particolari di questo scenario l'acquisto di beni nuovi ed il caso dello stakeholder energetico, come meglio chiarito nel dettaglio a seguire.

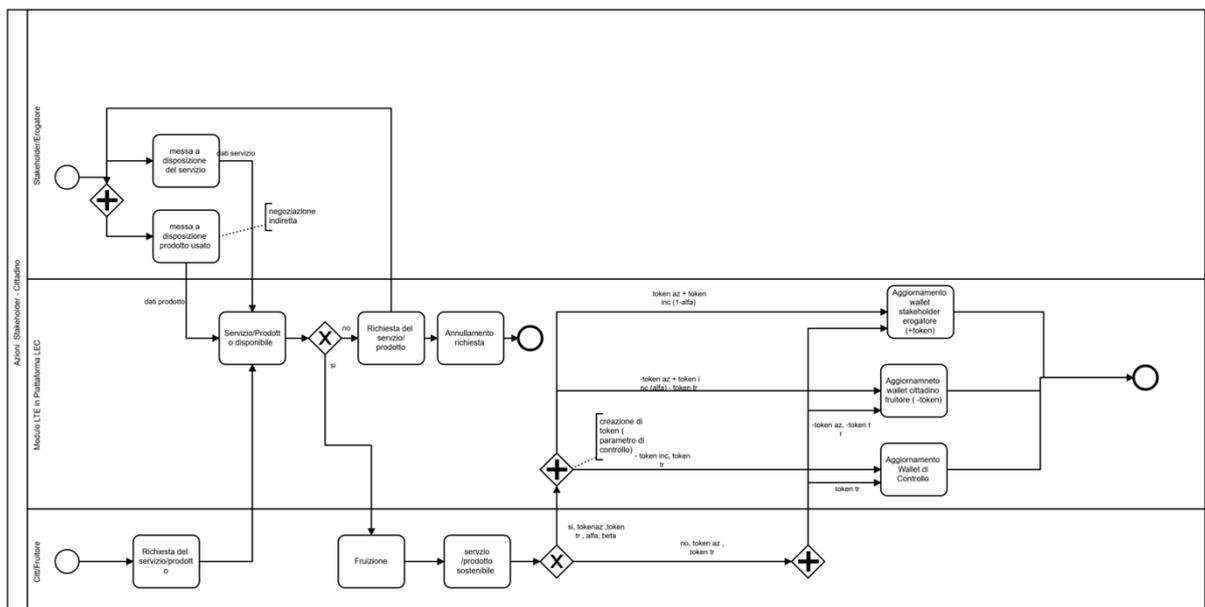


Figura 43: Schema flussi azione stakeholder a cittadino

Categoria 3: Rivenditori beni nuovi-a-cittadino

Il caso dell'acquisto di beni nuovi rappresenta un caso particolare delle azioni stakeholder- cittadino in cui lo stakeholder, che può acquistare token, ne eroga parte in bonus nei confronti del cittadino acquirente. La

possibilità di ricevere token a fronte di un acquisto costituisce un incentivo per i cittadini a servirsi presso gli stakeholder che aderiscono a LEC in quali hanno così la possibilità di incrementare la loro quota di mercato e nel contempo fruire di un servizio di pubblicità in piattaforma.

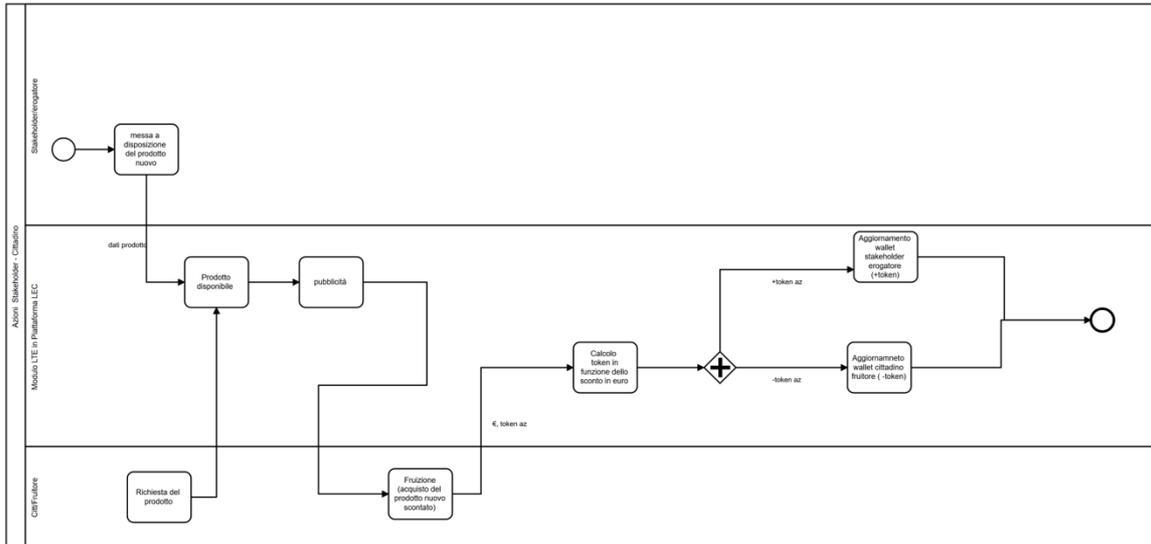


Figura 44: Schema flussi azione stakeholder rivenditore beni nuovi a cittadino

Categoria 3: Gestore Energia rinnovabile-a-cittadino

Una precisazione meritano i servizi legati alla componente energetica e come gli stessi si all’interno della local token economy.

Volendo delineare uno scenario generale, tenuto conto della struttura mutualista della piattaforma di token economy che quindi non prevede al suo interno flussi di VALUTA EURO, si delinea uno schema di flusso che identifica con carattere del tutto generale il servizio energetico (volendo con tale voce generalizzare i 3 casi in cui la microcomunità energetica è impegnata in base al DCO di ARERA 112/2020) ed il relativo bonus economico erogato dal GSE come elementi esterni alla piattaforma LEC (area in rosso) ma che con la stessa possono entrare in relazione. Come meglio delineato nello schema di flusso, infatti, qualora i membri della energy community siano anche membri della LEC, siano quindi cittadini “smart”, per gli stessi, a fronte del bonus del GSE, sarà previsto un bonus in token calcolato in relazione al profilo energetico che si può differenziare tra consumer, prosumer e prostormer.

Va precisato che non si crea nessuna correlazione tra l’importo in € del GSE, voce attiva del bilancio della energy community, e i token della piattaforma; più precisamente il fatto che i membri ricevano tale bonus, li rende virtuosi in ottica di Local Token Economy e quindi per ciascuno di essi è previsto anche un bonus energia in token, erogato dal wallet di controllo. Qualora i membri della energy community non fossero anche membri della LEC sarebbe possibile prevedere il coinvolgimento di uno stakeholder deputato ad erogare la fornitura di una serie di servizi energetici.

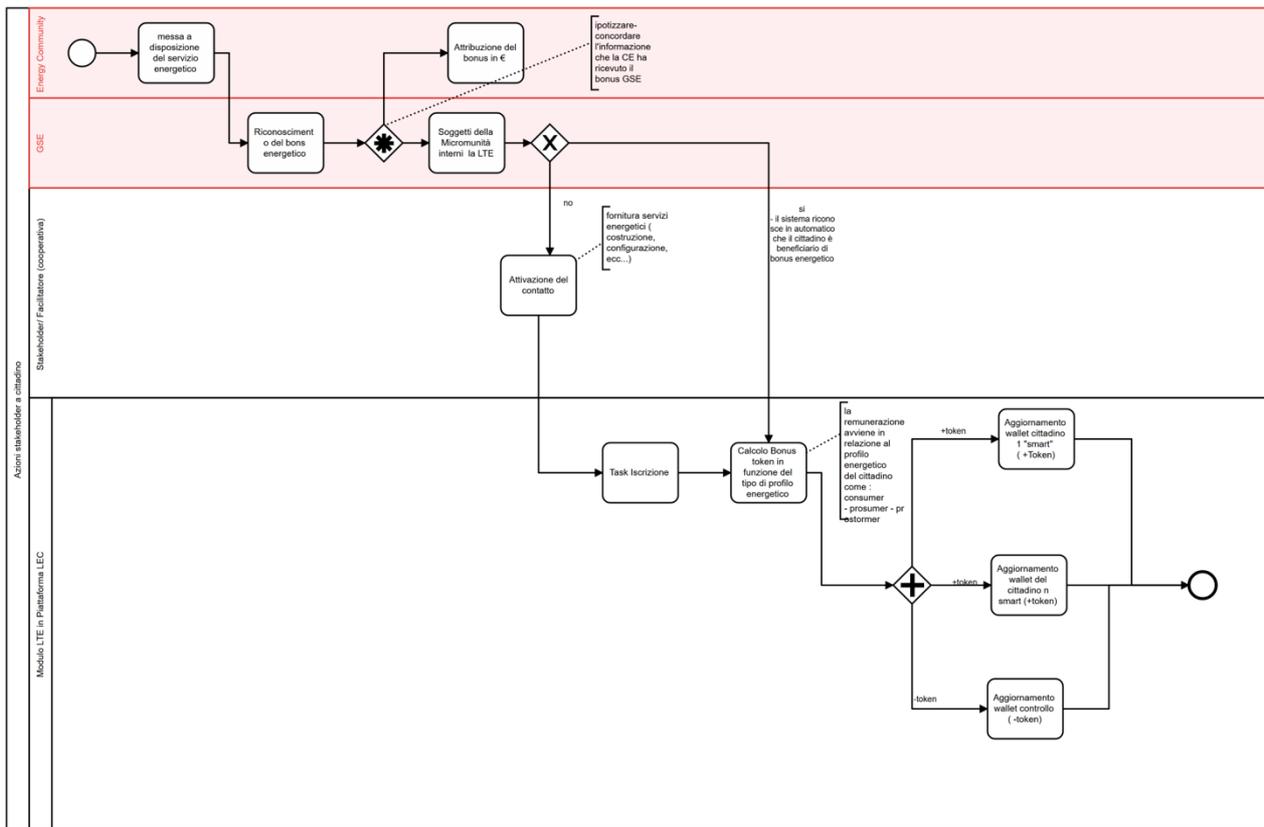


Figura 45: Schema flussi azione gestore servizi energetici-cittadino

Categoria 4: Stakeholder-a-Stakeholder

Le azioni che vedono il coinvolgimento di due stakeholder ricalcano gli scenari precedenti per ciò che attiene i servizi, il noleggio o la vendita di beni e riguardano le azioni che il singolo stakeholder può effettuare per un altro stakeholder membro della comunità. In particolare, uno stakeholder potrà a sua volta richiedere un servizio che potrà essere fornito da un altro stakeholder, come ad esempio la richiesta per la pulizia del locale dell'attività.

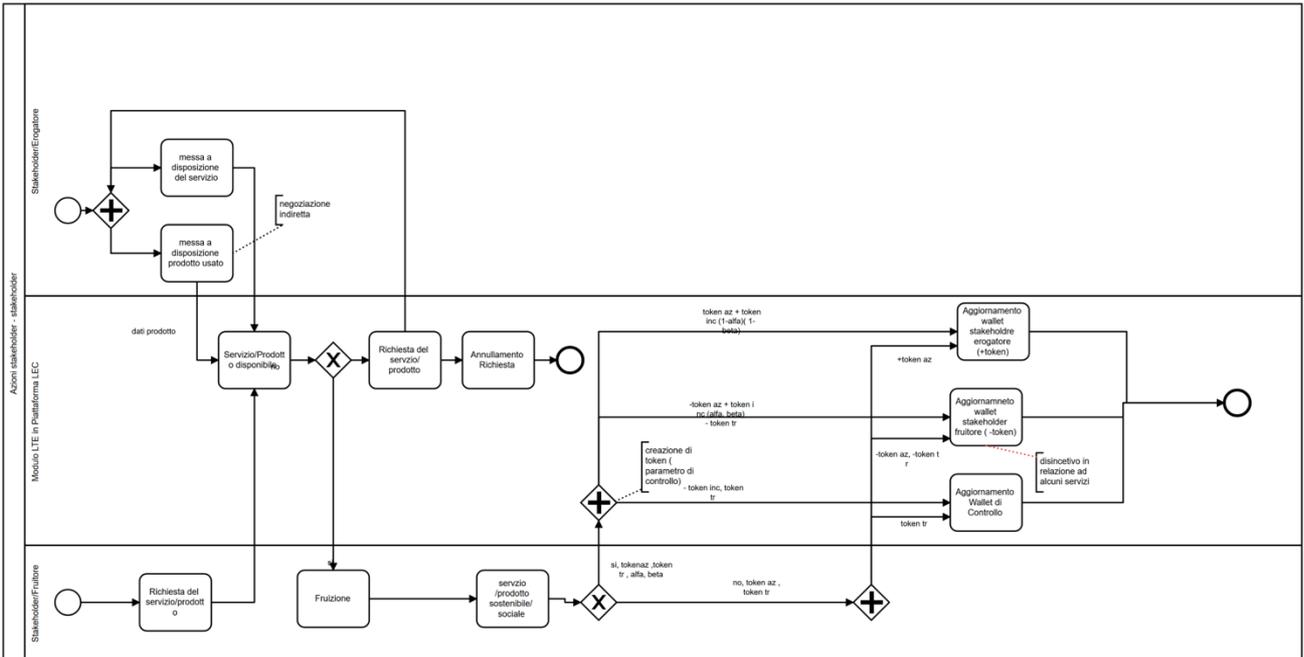


Figura 46: Schema flussi azione stakeholder a stakeholder

Categoria 5: Cittadino-a-stakeholder

Nella tipologia cittadino-a-stakeholder, si considerano le azioni, che un singolo cittadino può effettuare per uno stakeholder, come ad esempio la riparazione di un oggetto o elettrodomestico. Quindi è ora lo stakeholder a ricompensare il cittadino con una quantità di token per il servizio svolto.

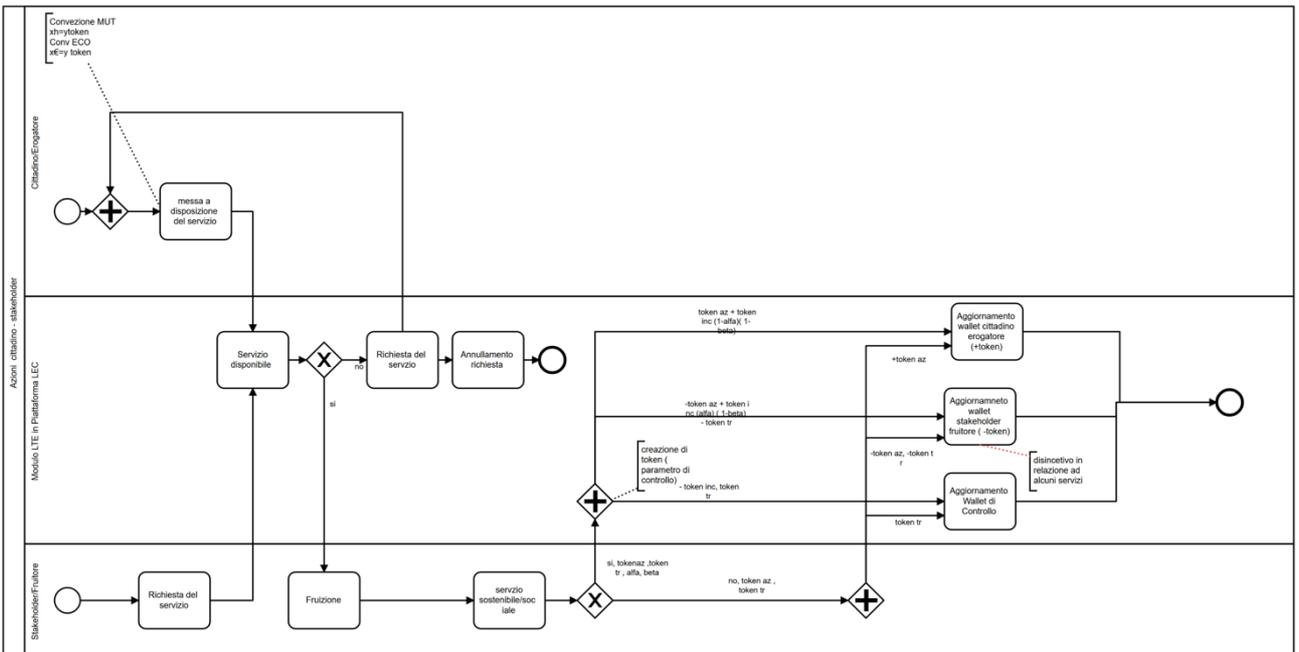


Figura 47: Schema flussi azione cittadino a stakeholder

Categoria 6: Cittadino-a-community

Le ultime tre categorie elencate hanno una caratteristica che le accomuna e le distingue nettamente dalle precedenti cinque. In particolare, queste tre categorie di transazioni non interessano più due membri della comunità ma la comunità come beneficiaria di un servizio erogato da un cittadino o da uno stakeholder per

il tramite o meno della struttura. Parliamo quindi dell'insieme delle attività socialmente utili per la comunità che un soggetto svolge per il benessere di tutti e in questo caso è la piattaforma che va a remunerare il membro che svolge tale attività, come per esempio la manutenzione di una aiuola pubblica. Abbiamo quindi negli ultimi tre scenari un'interazione tra il wallet del soggetto erogatore e il wallet di controllo.

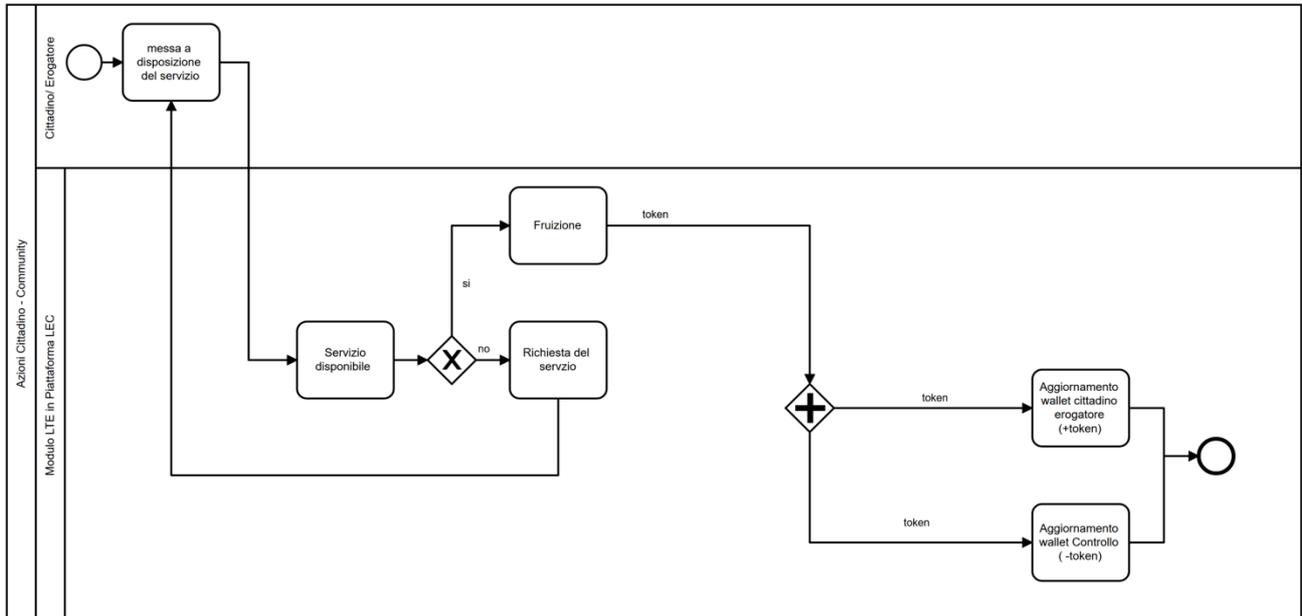


Figura 48: Schema flussi azione cittadino-a-community

Categoria 7: Stakeholder-a-community

Le azioni stakeholder-a-community costituiscono l'insieme delle azioni che interessano lo stakeholder e la comunità. Nello specifico nel caso in cui uno stakeholder svolgerà una attività utile per la comunità riceverà un compenso in token dalla piattaforma come nel caso del singolo cittadino. Tuttavia, uno stakeholder potrà ricevere token anche semplicemente acquistandoli dalla piattaforma stessa, pagandoli con la valuta corrente attraverso un fattore di cambio.

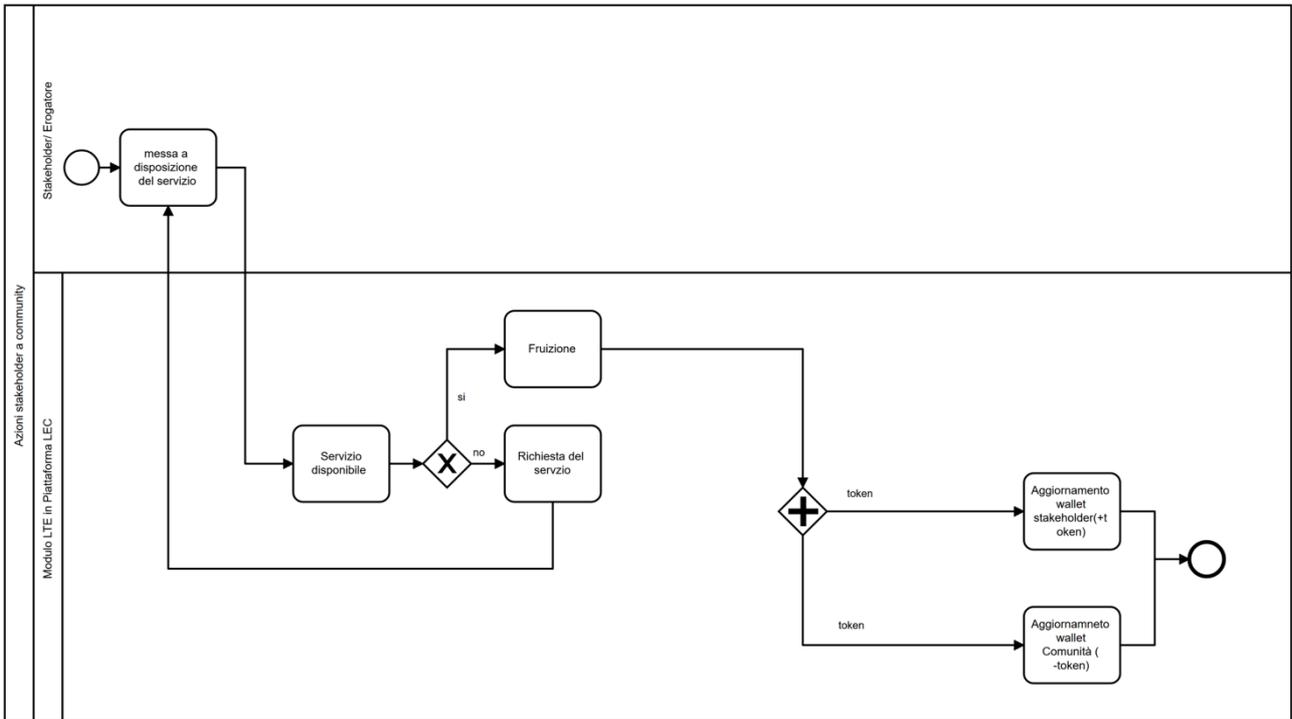


Figura 49: Schema flussi azione stakeholder-a-community

Categoria 8: Cittadino a Community con struttura

Nelle azioni cittadino-a-community con struttura, come per la categoria cittadino-a-community, il cittadino svolge una azione socialmente utile ma con utilizzo di una struttura di uno stakeholder che deve essere remunerata in token con, ad esempio, un meeting sociale per la popolazione in una sala.

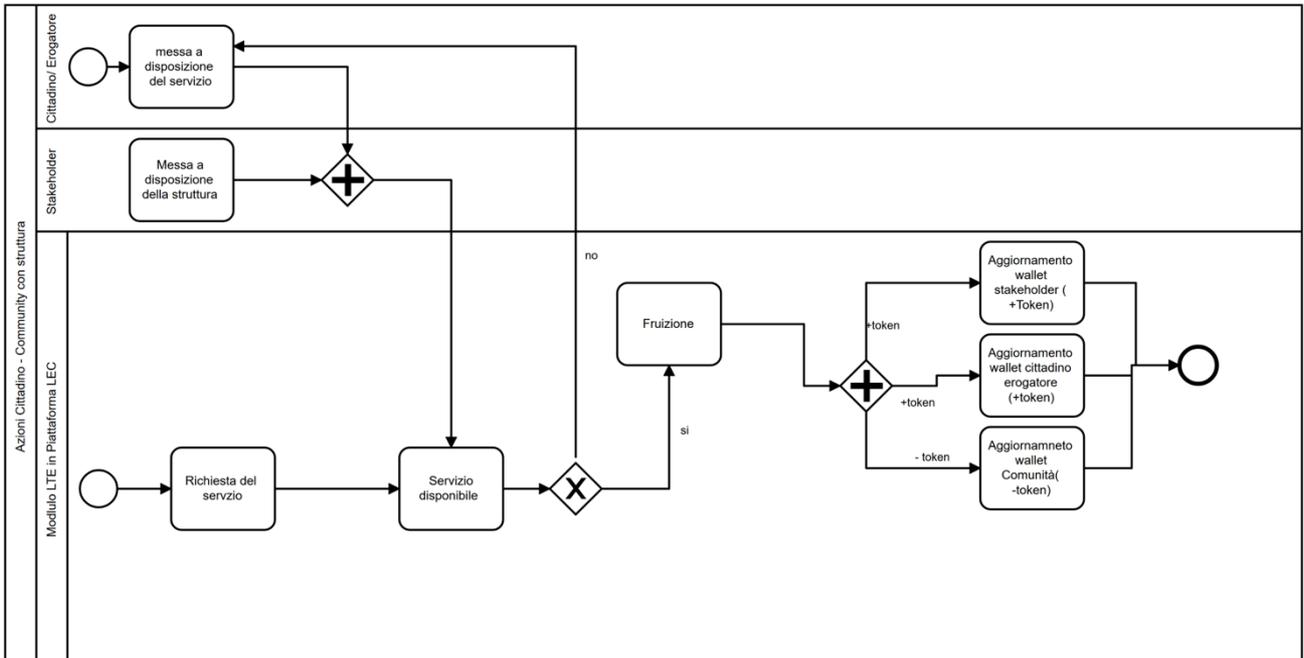


Figura 50: Schema flussi azione cittadino-a-community con struttura

5.4 Progettazione e implementazione sistema di crowdsourcing

I servizi di ECListener si basano sull'acquisizione di dati da due diverse sorgenti: i media tradizionali raggiunti tramite un "web crawler" cioè un programma che spazia su un insieme predefinito di nodi della rete scaricando gli articoli pertinenti e le informazioni disponibili sui social network, in particolare Twitter. Per l'acquisizione di tali dati ECListener utilizza un secondo agente che riceve i tweet specifici utilizzando gli applicativi (API) forniti dal gestore di Twitter.

Il materiale acquisito tramite questi due distinti canali viene elaborato in maniera diversa data la diversa natura dei testi. In entrambi i casi l'elaborazione dell'informazione acquisita avviene in maniera totalmente automatizzata tramite un insieme di codici interoperabili che devono essere eseguiti su una piattaforma "dependable": cioè affidabile, robusta e resiliente rispetto ad eventi accidentali o azioni ostili deliberate. Per semplicità espositiva chiameremo "Mediabot" l'insieme dei codici che elabora le notizie e "tweetbot" l'insieme dei codici che elabora i tweet.

I servizi forniti da ECListener saranno anche finalizzati ad acquisire conoscenza sui desideri degli utenti riguardo future attività (Opinion & Needs Mining) e sul gradimento delle attività proposte ("sentiment analysis"). L'analisi quantitativa della partecipazione degli utenti potrà consentire di individuare delle criticità nello svolgimento dei servizi proposti o nelle esigenze degli utenti. Le analisi di ECListener consentono di fornire servizi specifici sia per gli Utenti che per l'amministratore CEC.

Accanto alle funzioni suddette, in questa fase iniziale in cui il concetto di "Local Energy Community" (LEC) e quello di Comunità energetica in generale, devono ancora consolidarsi nella terminologia del linguaggio naturale e nella consapevolezza della società civile, lo strumento esplorativo ECListener sarà utilizzato per costruire e definire un'ontologia di dominio relativa alle Comunità Energetiche e sui concetti ad essa correlati: economia circolare, comunità energetiche, transizione ecologica etc. Essendo questi concetti in fase di assestamento, sia nel linguaggio giornalistico che nei modus operandi dei cittadini, il processo dovrà protrarsi per molto tempo (anni) e la definizione dell'ontologia sarà un processo progressivo e dinamico, seguendo l'evoluzione della società. Il primo passo (già realizzato) consiste nell'acquisizione di un "corpus linguistico" ovvero un insieme di testi giornalistici che si riferiscono al dominio di interesse. Tramite metodi di analisi di linguaggio naturale (metodi NLP Natural Language Processing) si formalizzerà l'ontologia di dominio.

5.4.1 Servizi per Amministratore CEC

Il primo servizio di ECListener si espleta tramite la redazione di un rapporto continuo sul gradimento dei servizi offerti dal portale basato su due sorgenti di dati principali: Twitter e media web tradizionali. L'analisi dei social media e dei media tradizionali si pone l'obiettivo di sintetizzare il monitoraggio sul gradimento dei servizi offerti dal portale considerando le opinioni spontanee degli utenti finali. Le finalità di questo servizio sono molteplici: 1) valorizzare i servizi col più ampio gradimento; 2) introdurre ulteriori eventuali servizi derivanti da necessità emergenti della comunità stessa; 3) eventualmente dismettere servizi inutilizzati o deprecati. L'erogazione del servizio verso l'amministratore si concretizza mediante opportune dashboard dedicate rese disponibili sul cruscotto.

Per valutare l'interesse della comunità sui progetti specifici, accanto all'analisi dei flussi interni, si osservano eventuali manifestazioni di interesse spontaneo su twitter e sui media e si introducono specifici canali di comunicazione con gli utenti tramite la definizione di opportuni "hashtag" univoci monotematici. L'invio e la ricezione di tweet recanti questi hashtag costituirà un canale di comunicazione diretto tra i gestori della community e i suoi membri. L'intensità della partecipazione e l'analisi del gradimento consentiranno di misurare l'interesse per la tematica. Il vantaggio di questo ulteriore metodo di comunicazione è legato alla sua bassa invasività e facilità di realizzazione: non si chiede all'utente di installare nuove "app" (i programmi installati sui cellulari) o registrarsi su siti web, ma solo di seguire certi hashtag nella propria utenza Twitter. L'analisi dei conteggi automatizzata consente di disporre sulle dashboard di indici sintetici legati ai risultati di queste campagne.

Infine, altri hashtag generici (ma identificativi della comunità) consentiranno la comunicazione dell'utente con i gestori della Energy Community tramite Twitter indipendentemente da un servizio o una tematica

specifica. ECListener acquisirà ed analizzerà anche questi tweet automaticamente e senza interruzione di servizio, grazie alla piattaforma “dependable”. Il materiale raccolto e classificato automaticamente potrà essere ulteriormente analizzato da esperti che sono detti “analisti”. Dal punto di vista architettonico questi rappresentano degli agenti umani autorizzati all’accesso ai dati. L’elaborazione, l’accesso ed il trattamento dei dati avverranno nel totale rispetto del Regolamento Europeo sulla privacy (GDPR) e delle Leggi Italiane. Tutti i dati acquisiti sono per loro natura liberi da vincoli di riservatezza, comunque ogni eventuale riferimento ad individui specifici sarà evitato, limitandosi a condividere le statistiche cumulative.

5.4.2 Servizi per utenti

Come già descritto precedentemente ECListener raccoglierà una serie di informazioni utili per creare dei profili di gradimento dei servizi offerti e degli utenti stessi. I dati forniti all’amministratore, descritti al punto precedente, consentiranno di indirizzare opportune campagne social per aumentare il numero di utenti coinvolti attivamente. Anche in questo caso saranno definiti degli hashtag specifici che consentiranno agli utenti di ricevere le informazioni sulle novità dell’Energy Community nella propria rassegna giornaliera di Twitter.

Come definito in precedenza, gli utenti potranno esprimere i loro desideri o suggerimenti utilizzando degli hashtag opportunamente definiti. In tal modo gli utenti potranno contribuire attivamente al processo di incubazione delle nuove idee ed indirizzare i nuovi progetti.

ECListener sarà integrato sulla piattaforma LEC, ma sarà anche dotato di un webserver gestito in modalità totalmente automatizzata che consentirà agli utenti autorizzati (tipicamente analisti) di accedere ad un più ampio insieme di informazioni aggiornate in tempo reale, senza oberare la piattaforma LEC e la rete di un eccessivo traffico dati.

5.4.3 Architettura

I servizi forniti da ECListener si basano su operazioni informatiche di base che devono soddisfare i requisiti funzionali connessi con le attività previste. In particolare, Mediabot richiede l’acquisizione ordinata di notizie reperibili sui media e può essere rappresentato nella forma diagrammatica della Figura 50.

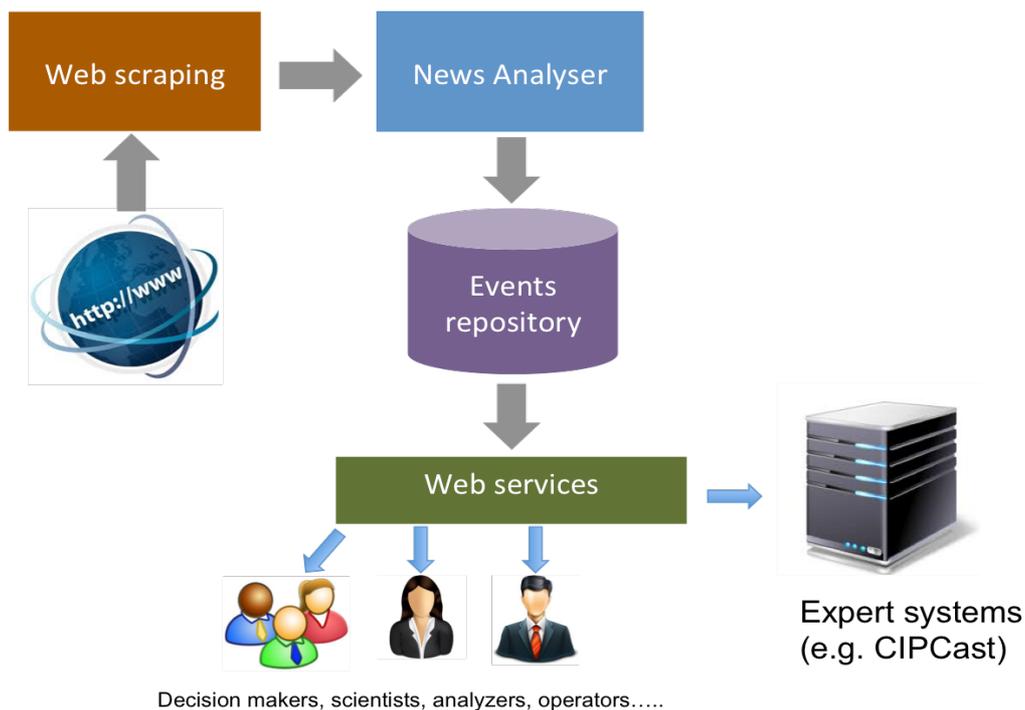


Figura 51: Schema a blocchi del servizio MediaBot.

Analogamente il Servizio TweetBot che consente di utilizzare le esternazioni degli utenti in Twitter può essere rappresentato schematicamente tramite Figura 51.

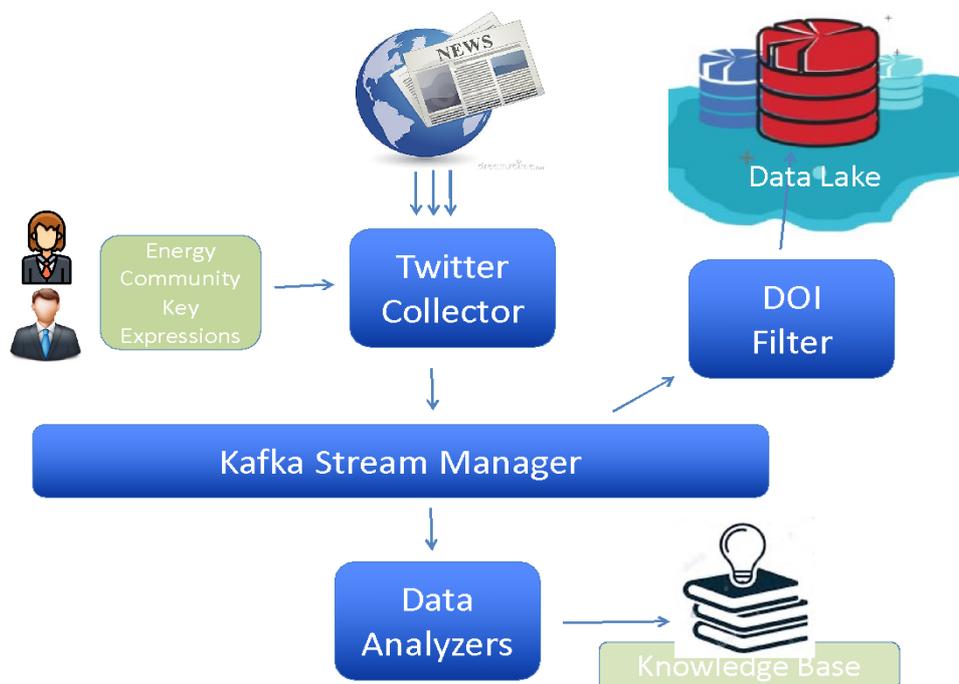


Figura 52: Schema diagrammatico del servizio TweetBot.

Per fornire servizi utilizzabili h24 si è ritenuto opportuno progettare un'architettura totalmente automatizzata ("ummaned"), versatile, affidabile, resiliente rispetto a comuni malfunzionamenti ed "operativa 24/365". In generale, architetture informatiche dotate di queste caratteristiche vengono definite "dependable" [7]. Nel definire l'architettura si è poi ritenuto utile renderla indipendente da vincoli di mercato

e il più possibile da hardware e software specifici delle case produttrici (“no brand approach”). Il paradigma utilizzato viene comunemente definito “open source on bare metal”. Ciò significa che i file sorgente di tutti i software installati sono disponibili e privi di personalizzazioni (“hard coding”) legate ad un particolare produttore o fornitore.

La scelta “open source on bare metal” risponde ad una esigenza di flessibilità per lo sviluppo futuro dell’architettura libera da pregiudizi di progettazione o oneri di spesa ineludibili. Fatte salve le spese per la gestione dei locali (climatizzazione, impianto antincendio etc.) e la fornitura dell’energia elettrica il sistema potrà operare ed evolversi senza oneri periodici.

5.4.3.1 L’hardware

Per garantire la resilienza rispetto alle occasionali perdite di alimentazione elettrica, si è innanzitutto deciso di dotare il sistema di un UPS (“Uninterruptible Power Supply”) che sia in grado di mantenere attivo il sistema per un tempo sufficiente al ritorno dell’alimentazione o allo spegnimento in sicurezza di tutti i componenti senza perdita di dati o danni ai dispositivi.

Dovendo eseguire ingenti raccolte di dati si è previsto uno switch con tecnologia ottica ed ethernet che consenta una banda passante da almeno 10Gb/s.

Per ottenere la resilienza rispetto alle capacità di raccolta, immagazzinamento, gestione ed elaborazione dei dati sono state previste tre piattaforme di calcolo: un server (dotato di doppia alimentazione) e due workstation. Queste tre macchine da calcolo sono dotate di dispositivi di **accesso remoto** accessorio, la cosiddetta tecnologia **IPMI** (Intelligent Platform Management Interface) che consentono di spegnerle, accendere e gestirle in modalità remota.

Più in generale, tutti i dispositivi, inclusi lo switch e l’UPS sono accessibili e gestibili in modalità remota e questa particolare caratteristica rende i servizi supportati dal sistema resilienti anche rispetto a contingenze (come la gestione delle epidemie) che impediscono o limitano l’accesso fisico alle macchine da parte degli amministratori di sistema.

Infine, per consentire una agevole gestione delle macchine, anche localmente sono state tutte collegate tramite uno switch analogico KVM (Keyboard, Video, Mouse) ad una consolle che consente la gestione completa del sistema. In tal modo il sistema di gestione è resiliente rispetto alla perdita di connettività con l’esterno.

La **resilienza** è stata una delle caratteristiche dominanti nella definizione dell’architettura del sistema.

Per ottimizzare l’allocazione dello spazio e la potenziale mobilità dell’intero sistema, si è scelta una **architettura modulare ad armadio** (rack) da collocare in un’**area climatizzata** e dotata di **impianto anti-incendio**. La struttura ad armadio consente future espansioni del sistema senza ulteriori allocazioni di spazio.

In conclusione, l’architettura prevede i seguenti componenti (o altri equivalenti):

- UPS unit: Dell Smart-UPS SRT 3000VA
- Switch of 10Gb/s bandwidth capacity by both copper ethernet and optical fiber:
- Server EMC N3024ET; a PowerEdge R640; [con alimentazione ridondante, processore xeon gold, 64Gb ram e 2 dischi raid 1da 2TB e un disco da un TB; 4 ethernet RJ45, iDrac]
- Due workstations Precision 7920 [con processore xeon gold, 126GB ram, 2 dischi raid 1da 2TB e un disco da un TB; 4 ethernet RJ45, iDrac]
- Switch analogico Dell DAV2108
- Consolle: Dell DKMMLED185-001 KMM LED.

La scelta dei componenti Dell è legata alla affidabilità e la qualità dell’assistenza anche in modalità remota. Altre case produttrici, come HP o Lenovo forniscono hardware di simile qualità.

La connessione alla rete sarà assicurata sia dal cablaggio ottico che da quello ethernet su rame, entrambi a 10Gb/s. Malgrado le potenzialità, al livello gestionale operativo la banda allocata ai processi di crawling sarà comunque moderata dinamicamente per evitare una eccessiva allocazione della banda disponibile sulla rete.

5.4.3.2 I sistemi operativi

Sulle tre piattaforme computazionali è stato installato il sistema operativo **CentOS 8 Stream**. La comunità di sviluppo di questo sistema si avvale degli avanzamenti del sistema operativo **Red Hat Enterprise** senza l'onere dell'acquisto, ma senza l'assistenza. La condizione di usabilità "open Source" di CentOS 8 Stream è garantita da Red Hat per i prossimi venti anni. Questo sistema operativo è stato sviluppato con una garanzia specifica per le macchine server e completa compatibilità con il firmware delle schede IDrac (intelligent Dell Remote access Controller) della Dell.

La progettazione del sistema prevede anche un eventuale passaggio ai sistemi operativi Red Hat Enterprise a pagamento ma con assistenza. Qualora si attuasse questo passaggio sarebbe totalmente reversibile e non implicherebbe discontinuità di servizio.

5.4.3.3 Le reti fisiche di connessione

Le schede di rete dei sistemi IPMI saranno dotate di indirizzi statici privati nella **sotto-rete** della LAN casaccia 192.168.152.0/22 e pertanto saranno accessibili solo dall'interno della LAN "Casaccia" o tramite la VPN (Virtual Private Network) del centro ricerche "Casaccia". Questo per ridurre potenziali tentativi di intrusione ed aumentare la sicurezza del sistema.

Le workstation (ws nel seguito) ed il server apparterranno alla stessa sotto-rete privata con indirizzi statici. Nel seguito chiameremo la rete del centro "Casaccia" che ospita l'architettura "**rete locale**".

Le tre piattaforme di calcolo saranno anche connesse tramite una rete privata 10.0.0.0/24 ad esse totalmente riservata. Nel seguito chiameremo questa rete "**rete privata**".

Infine, il solo **server** sarà dotato di un **indirizzo pubblico** per la fruibilità (il cosiddetto deployment) dei servizi di rete erogati anche all'esterno del centro Casaccia e della rete ENEA.

I nomi assegnati alle tre piattaforme di calcolo saranno presi dall'antica mesopotamia: **Ur** sarà il server e **Nippur** e **Kish** (che furono città satellite di Ur) le due ws. La rete interna su cui è collocata l'architettura è denominata **intranet.casaccia** ed è accessibile tramite **vpn** (virtual private network).

5.4.3.4 L'architettura di sistema

L'obiettivo finale è fornire servizi resilienti ed affidabili (reliable). Una delle condizioni principali per conseguirlo è rendere il sistema "**robusto**" rispetto alla perdita di qualsiasi suo componente fisico. In particolare, le tre piattaforme di calcolo devono essere totalmente interscambiabili ed interoperabili. La continuità di servizio deve essere garantita anche solo con una macchina funzionante.

L'architettura scelta per realizzare questo particolare obiettivo è un "cluster Kubernetes" [8]. La Figura 52 mostra lo schema del cluster kubernetes denominato "**Obserbot**" che ospiterà i servizi di ECListener. Come evidenziato nella figura, il cluster Kubernetes sarà dotato del plugin di networking CNI (Container Networking Interface) Calico [9]. Questo plugin consente di definire nel dettaglio per i diversi componenti di Kubernetes (pods, namespaces) le policies di networking e di sicurezza. Quindi, le tre piattaforme di elaborazione sono connesse tramite la rete virtuale Calico che si basa sulla rete fisica privata. Per quanto riguarda la gestione della persistenza dati nel cluster Kubernetes, l'architettura prevede (come mostrato in Figura 52) l'utilizzo di CEPH [10] un sistema distribuito di memorizzazione particolarmente indicato per le sue prestazioni e caratteristiche di scalabilità e affidabilità. Il cluster Kubernetes adottato gestisce CEPH mediante l'operatore Rook [11] utilizzato per l'automazione dell'amministratore del layer di memorizzazione (deployment, configurazione, storage provisioning, monitoring, disaster recovery, gestione delle risorse).

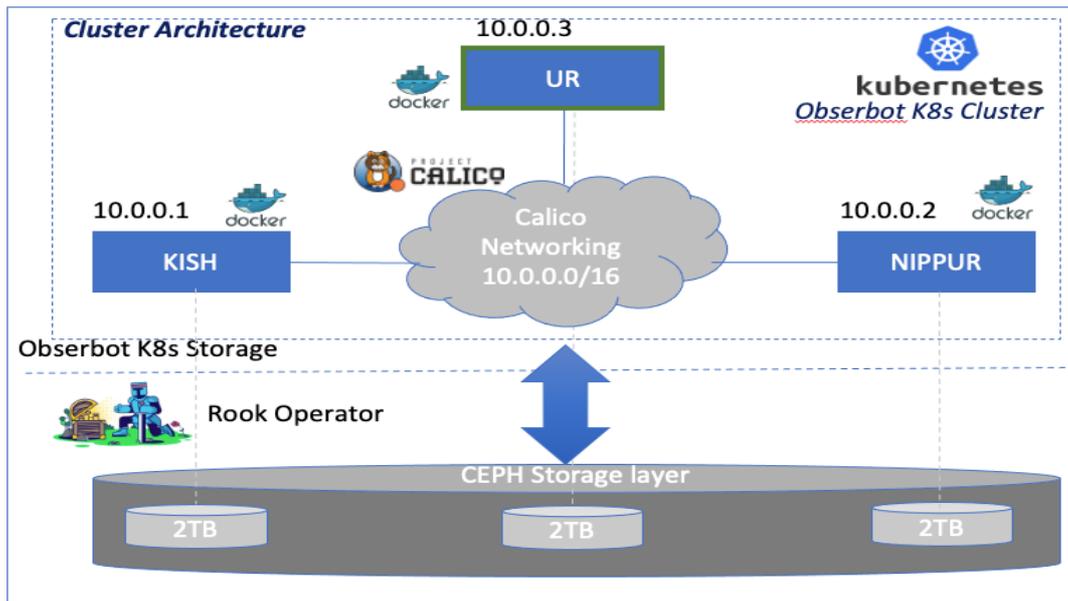


Figura 53: Il Cluster Kubernetes "obserbot".

In sintonia con le scelte operate per Kubernetes, Calico e Ceph sono totalmente open source ed è pertanto software liberi da licenze d'uso.

Un requisito fondamentale per l'uso del cluster Kubernetes è la tecnologia a "containerizzazione" ovvero la modalità di programmazione e sviluppo software basata su un ulteriore livello di astrazione, indipendente dalla piattaforma ospitante, che consente l'eseguibilità (e conseguentemente la portabilità) delle applicazioni, su macchine diverse. Nella architettura progettata è stato scelto lo strumento più tradizionale e testato per la containerizzazione: "Docker". Docker [12] consente di sviluppare gli applicativi senza vincolo di versione e garantisce la completa interoperabilità dei software sviluppati.

5.4.3.5 Il cluster Kubernetes come facility

Basandosi sull'architettura a cluster kubernetes, saranno implementati e gestiti vari "servizi" utilizzabili da diversi applicativi, rendendo in tal modo il sistema una vera e propria "facility". In altre parole, il sistema sarà utilizzabile anche da diversi utenti in modalità "cloud privato" (private cloud based). La Figura 53 mostra lo schema gerarchico a blocchi progettato per la realizzazione dei servizi si ECListener: alla base di tutto vi è lo strato di gestione condivisa e distribuita dei dati "CEPH". La rete virtuale gestita da Calico consente l'interoperabilità dei servizi e la loro indipendenza dalla piattaforma. Su questa base tramite degli "operatori" (procedure platform independent) di Kubernetes saranno realizzati i servizi relativi al gestore di flusso dati Kafka ed alle banche dati: PostGres, MySQL e Mongo. Utilizzando questi meta-servizi (indicati in Figura 53 come "supporting services") si realizzeranno il WebMedia, il TwitterBot e l'Ontology-Buider. La programmazione di questi ultimi servizi si baserà su Python. I due servizi WebMedia e TwitterBot sono stati descritti in precedenza e saranno operativi in modalità totalmente automatizzata ed assicurando la continuità di servizio. Il terzo servizio, "l'Ontology-Buider" sarà usato per costruire l'ontologia di dominio che a sua volta consentirà una maggiore formalizzazione delle Comunità Energetiche (il Dominio di Interesse, DoI nel seguito) e consentirà di arricchire le attuali euristiche per la classificazione automatizzata delle informazioni raccolte. La Figura 53 mostra una rappresentazione diagrammatica dello schema di astrazione a livelli gerarchici utilizzato nella progettazione del sistema.

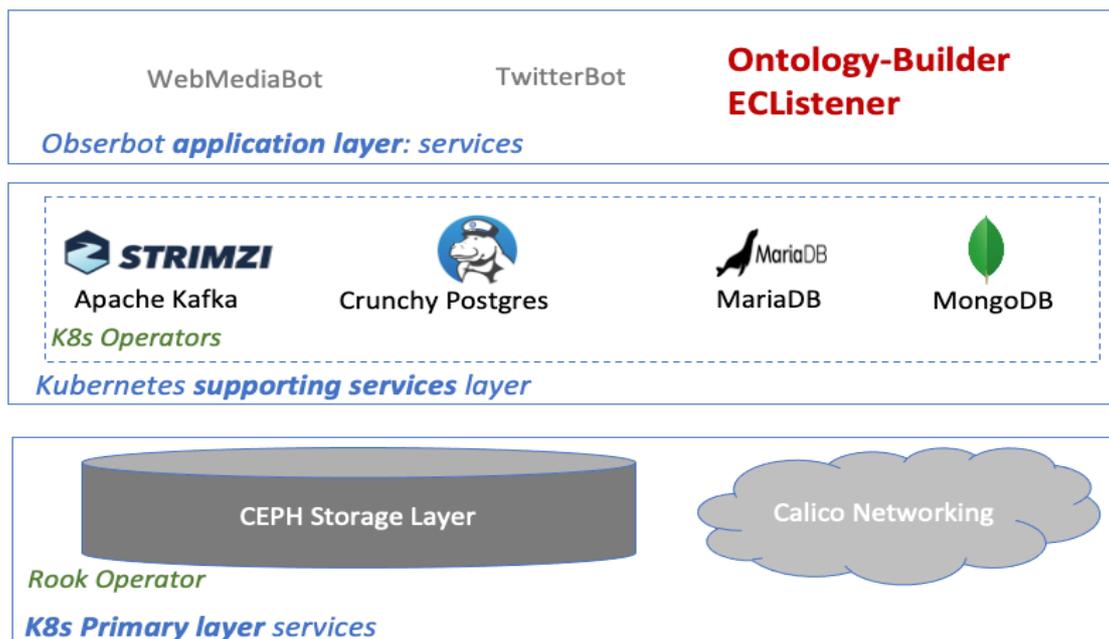


Figura 54: Schema gerarchico dei servizi. Alla base i servizi di gestione dati; al livello intermedio la gestione delle banche dati e dei flussi di dati ed al vertice i macro-servizi di ECListener.

In altre parole, l'architettura progettata consentirà di implementare, gestire e fruire i diversi strumenti nella modalità "Platform as a service", come ad esempio "Kafka, Mysql, Postgres, Mongo" as a service. La fruibilità di tali servizi sarà pertanto assicurata sia eseguendo codici sulle piattaforme di calcolo che in modalità remota.

A titolo di esempio, per realizzare il meta-servizio di Postgres capace di configurare e gestire in maniera affidabile e scalabile banche dati Postgres sarà utilizzato l'operatore (anch'esso open source) "Crunchy PostgreSQL Operator" [13]. La Figura 54 illustra lo schema dell'operatore di kubernetes che realizzerà il meta-servizio della banca dati Postgres. I fruitori primari di tale servizio saranno le applicazioni realizzate per gli scopi del presente progetto (ECListener) ma, come precedentemente evidenziato, tale servizio potrebbe essere utilizzato per fornire Postgres a qualsiasi utente ed applicazione, che interagisca con il servizio tramite opportuni client (PGO Client) configurati con l'indirizzo IP e porta del database gestito.

PostgreSQL-as-a-Service on Kubernetes!!

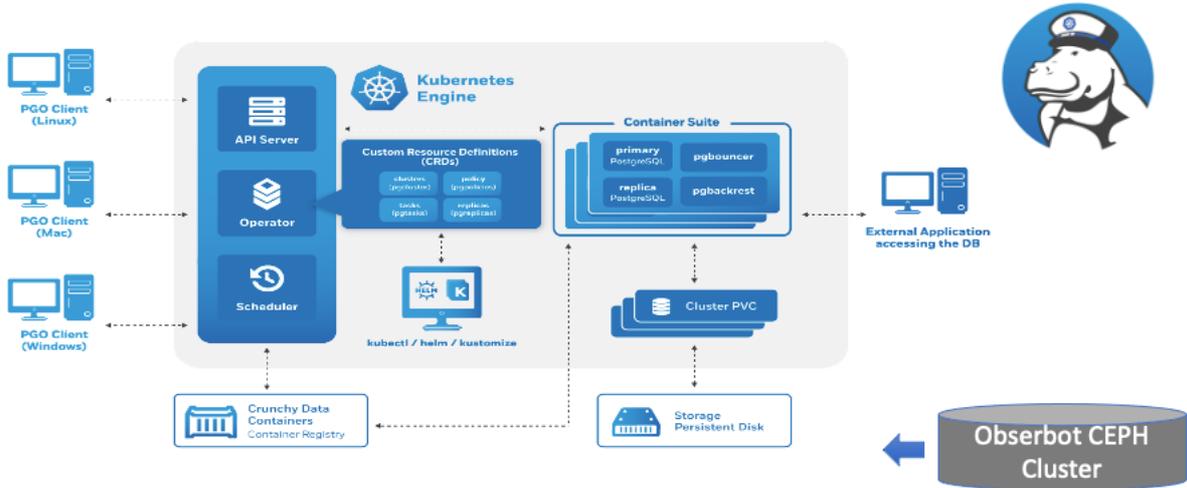


Figura 55: schema per l'operatore kubernetes di postgres.

5.4.4 MediaBOT

In generale, tutti i macro-servizi saranno realizzati e distribuiti come “immagini Docker”; utilizzando la terminologia informatica di uso corrente, abbastanza comune in questo tipo di sviluppo e gestione, possiamo dire che le varie applicazioni saranno “dockerizzate”. La Figura 55 rappresenta lo schema di realizzazione del macro-servizio MediaBot.

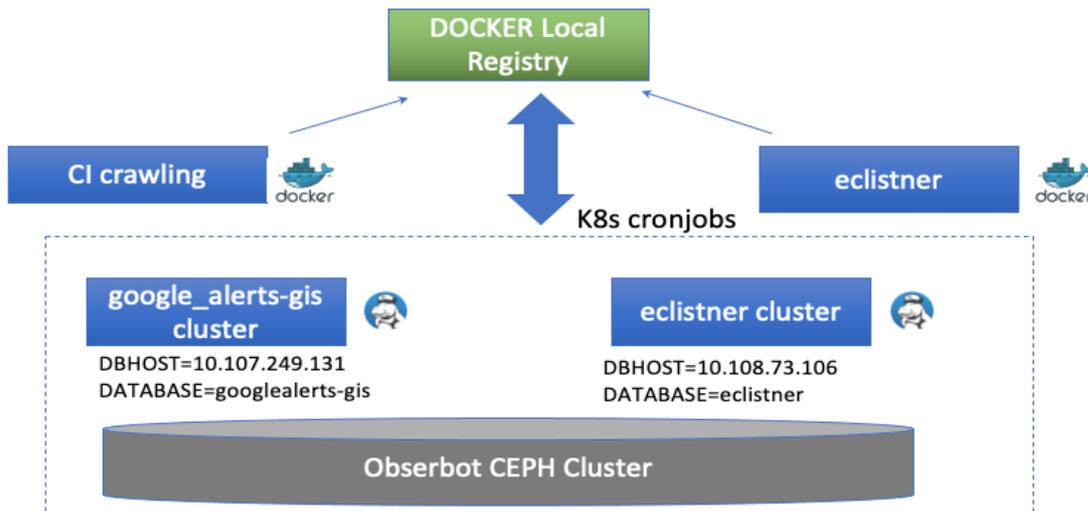


Figura 56: diagramma della versione preliminare del servizio MediaBot, basato sul google-alert.

Nella fase iniziale il servizio mediabot sarà realizzato utilizzando il porting del servizio attivo da anni per il monitoraggio delle infrastrutture critiche nel progetto “obserbot”. In questo caso la selezione delle notizie viene agevolata da un insieme di url fornito dal servizio “Google Alert” basato su un insieme di parole e frasi chiave. Ogni url fornita dal google alert verrà visitata e sarà valutata la sua pertinenza con la tematica delle comunità energetiche. Per effettuare la selezione, le sezioni delle pagine visitate, saranno sottoposte al vaglio di un “filtro di pertinenza”, definito tramite una procedura euristica basata sul contenuto semantico, (il cosiddetto “web scraping”); le sezioni pertinenti, saranno immagazzinate in una banca dati condivisa per consentire le successive elaborazioni non rappresentate nella figura. In particolare, in una fase iniziale si

utilizzerà la banca dati postgres perché consente una rapida estensione alle modalità “postGIS” con la conseguente visualizzazione in modalità GIS (Graphic Information System). Le potenzialità GIS consentiranno una immediata visualizzazione geolocalizzata degli eventi.

In una seconda fase la collezione delle url sarà realizzata sostituendo all’insieme suggerito dal servizio “google-alert”, un “web crawling” sviluppato internamente: si tratterà di uno strumento complesso che consentirà di ispezionare la rete a partire da alcuni url di riferimento detti “semi” navigando secondo delle strategie ispettive configurabili [8]. Il software sarà sviluppato in Python e prevederà uno (o più) “spider” (un processo che legge il contenuto di un url), uno stratego (un processo che suggerisce le strategie di navigazione) ed un “producer” di kafka, cioè un software in grado di popolare un flusso di dati tematico di kafka etichettando i testi raccolti. Come detto lo strumento sarà realizzato internamente, ma in tale attività l’ENEA si avvarrà anche di una società esterna che sviluppi per proposte alternative ed integrative, sempre basate su python e docker.

Tutte le componenti algoritmiche dei servizi, in particolare spider, stratego e analyser, saranno oggetto di continua revisione e miglioramento. Dopo una fase di test le loro versioni evolute saranno integrate nella piattaforma senza interruzione di continuità di servizio.

Tutti i servizi che verranno realizzati seguiranno lo stesso schema concettuale:

- analisi dei meta-servizi necessari,
- progettazione delle componenti interoperabili a microservizi
- programmazione del flusso di elaborazione in Python in un contenitore (docker) dedicato
- attivazione del servizio complessivo sul cluster Kubernetes.

5.4.5 *TwitterBot*

Il Servizio TwitterBot seguirà la stessa filosofia del servizio Mediabot; la sua realizzazione sarà del tutto analoga, ma alcune variazioni saranno necessarie. Innanzi tutto, l’acquisizione dei contenuti informativi (i tweet) deve avvenire tramite le API fornite da Twitter, l’accesso diretto in questo caso non è possibile. In conseguenza la disponibilità e la prontezza del servizio saranno sempre vincolate dalla gestione di Twitter, dagli accordi commerciali e dalle politiche da essi adottate. Il formato dei dati è più regolare e contiene informazioni aggiuntive (come la provenienza geografica e gli “hashtag”) che potranno essere utilizzati. Un altro aspetto specifico per l’applicazione TwitterBot riguarda le caratteristiche linguistiche che risulteranno più povere rendendo le capacità di analisi dei testi potenzialmente meno elevate. Infine, TwitterBot sarà un servizio realizzato tramite una piattaforma di streaming per gestire i dati (i tweet) che vengono acquisiti, appunto in modalità stream. Il cluster Kubernetes, per la gestione dei dati in stream si avvale di Apache Kafka [14] gestito tramite l’operatore Strimzi che consente l’arricchimento delle API di Kubernetes con delle API specifiche per Kafka. La Figura 51 illustra la diversa struttura a blocchi.

Relativamente ad alcuni eventi specifici di particolare interesse, segnalati da chi gestisce la comunità energetica, saranno sviluppati degli opportuni codici in grado di correlare i tweet raccolti con le notizie sui media riferite agli stessi eventi. In tal modo si realizzerà la “copertura” di eventi specifici.

Come detto più volte l’architettura è stata progettata in modo da essere realizzata utilizzando hardware e competenze completamente interne all’ENEA. Questo rappresenta un valore aggiunto per eventuali futuri sviluppi e conferisce al sistema una particolare adattabilità alle esigenze progettuali della ricerca sul sistema elettrico. Fermo restando questo obiettivo la struttura a microservizi alla base dell’architettura sarà oggetto di test ed eventuali miglioramenti grazie alla collaborazione con l’Università di Roma I, Dip Informatica. Lo sviluppo di versioni alternative per i microservizi sarà realizzato su un’altra piattaforma, un cloud Openstack che rappresenterà una specie di sandbox per i miglioramenti. Analogamente le attuali euristiche utilizzate per il filtro di pertinenza e per la profilazione dei testi raccolti saranno confrontate con procedure più onerose computazionalmente basate su analisi NLP (Natural Language Programming) e intelligenza artificiale (Machine Learning) su cui è in atto una collaborazione con l’università di Campania Dip Ingegneria

Informatica. Anche in questo caso gli algoritmi e le loro prestazioni saranno vagliati su altre piattaforme (tipicamente la “arena box”) ed eventualmente gli applicativi integrati nella piattaforma ECListener.

5.4.6 Integrazione nella piattaforma LEC

Come si è visto il servizio ECListener sarà dotato di capacità operative autonome. Ma è importante notare che la sua fruizione da parte dei soggetti autorizzati ed autenticati dalla LEC sarà del tutto trasparente. Gli analisti e gli sviluppatori potranno avere accesso ad un insieme più ampio di dati e di risorse di elaborazione dati, ma gli utenti esterni non percepiranno alcuna separazione, malgrado la diversa collocazione geografica dei dispositivi fisici allocati.

Le statistiche elaborate da ECListener saranno rese disponibili direttamente sulle banche dati della LEC (knowledge base) ed il passaggio ai servizi interattivi sarà del tutto trasparente per l’utente. Per fare questo il meccanismo di autenticazione sarà “ereditato” dalla piattaforma primaria senza richiedere ulteriori autenticazioni alle tipologie di utenti autorizzati.

In altre parole, malgrado la distribuzione geografica sul territorio delle risorse fisiche allocate, l’utente si interfacerà con un unico servizio di rete (web service).

6 Conclusioni

Il documento presentato riassume il lavoro svolto nella Linea di Attività 1.47 per la realizzazione della piattaforma informatica a supporto delle Local Energy Community. Gli sforzi di questa attività hanno riguardato la progettazione dell'infrastruttura generale, lo studio e l'implementazione del sistema per la gestione dei dati e l'implementazione della Blockchain come modulo integrato per la gestione dei token.

Inoltre, sulla base delle analisi e della progettazione di questi strumenti, sono stati progettati i 4 servizi verticali che verranno implementati successivamente.

Il lavoro svolto ha dimostrato la possibilità di integrare differenti soluzioni tecnologiche per permettere:

- La gestione di differenti comunità, i cui membri possano essere eterogenei, dal punto di vista energetico, tenendo conto delle differenti esigenze;
- Integrare differenti sorgenti di dati esterne al sistema in modo che i dati siano omogeneizzati ed egualmente accessibili sia per gli utenti che per i gestori;
- Gestire gruppi di utenti differenti, localizzati in differenti aree territoriali;
- Adattare la tecnologia blockchain a contesti di economia basata su una moneta locale non fungibile né convertibile.

L'analisi dei servizi presentata in questo documento rappresenta un obiettivo molto ambizioso per implementare logiche di gestione della comunità che superino la semplice gestione di flussi di energia e denaro ma che supportino la gestione di una Local Energy Community.

7 Bibliografia

- [1] Iafrate, Fernando. «A journey from big data to smart data» *Digital Enterprise Design & Management* (2014): 25-33.
- [2] Petrovich, C. «Data visualization tools for web applications - a survey» Rapporto interno. ENEA, July 2020.
- [3-16] Tableau. *Tableau*. s.d. <<https://public.tableau.com/en-us/s/>>. P 76
- [4] B. Nepal, et al. «Analysis of Building Electricity Pattern using K-means Clustering Algorith.» *Energies* (2019).
- [5] Osterwalder. *Creare Modelli di Business*. FAG Milano, 2016.
- [6] Osterwalder. *Value Proposition Design*. LSWR, 2016.
- [7] *Dependable Systems*. 14 06 2021. <<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/dependable-system>>.
- [8] *Kubernetes*. 14 06 2021. <<https://kubernetes.io/>>.
- [9] *Project Calico*. 14 06 2021. <<https://www.projectcalico.org/>>.
- [10] *CEPH*. 14 06 2021. <<https://ceph.io/>>.
- [11] *Rook*. 14 06 2021. <<https://rook.io/>>.
- [12] *Docker*. 14 06 2021. <<https://www.docker.com>>.
- [13] *Crunchy Postgres Operator*. 14 06 2021. <<https://access.crunchydata.com/documentation/postgres-operator/latest/>>.
- [14] *Apache Kafka*. 14 06 2021. <<https://kafka.apache.org/>>.

8 Abbreviazioni ed acronimi

AES	Advanced Encryption Standard
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
BMG	Brooklyn Microgrid
C2B	Consumer to Business
C2C	Consumer to Consumer
CEC	Citizen Energy Community
CER	Comunità Energetica Rinnovabile
CIC	Community Inclusive Currency
c-VPP	Community-based Virtual Power Plant
DAO	Decentralized Autonomous Organizations
DApp	Distributed Applications
DES	Data Encryption Standard
DLT	Distributed Ledger Technology
D-PoS	Delegated Proof of Stake
EC	Energy Community
EMD II	Directive on common rules for the internal market for electricity
EOCoE-II	Energy Oriented Centre of Excellence
ETO	Equity Token Offering
EV	Electric Vehicle
EWf	Energy Web Foundation
FER	Fonti Energetiche Rinnovabili
GLPCM	Goleta Load Pocket Community Microgrid
ICO	Initial Coin Offering
IWG	Implementation Working Group
JPI	Joint Programme Initiative Urban Europe
LETS	Local Exchange Systems
MOBI	Mobility Open Blockchain Initiative
OTP	one-time-pad
P2P	Peer to Peer
Pcc	Point of Common Coupling
PED	Positive Energy District
PNIEC	Nazionale Integrato Energia e Clima
PoA	Proof of Activity
PoAu	Proof of Authority
PoI	Proof of Importance
PoS	Proof of Stake
PoW	Proof of Work
PQoS	Perceived Quality of Service
PRG	pseudo-random generator
PUF	Physical unclonable function
QoS	Quality of Service
KPI	Key Performance Indicator
REC	Renewable Energy Community
RED II	Renewable Energy Directive
RSA	Rivest-Shamir-Aldeman
SET-	Plan Strategic Energy and Technology Plan
SHA	Secure Hash Algorithms

V2G	Vehicle to Grid
VPP	Virtual Power Plant
XOR	exclusive or
ZKP	zero-knowledge-proof

