

Ricerca di Sistema elettrico



Attività di diffusione I SAL (LA1.17)

M. Valenti, V. Palladino, G. Fiorenza

RdS_PTR 22-24_PR 2.3_LA1.1_L065

ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE I SAL (LA1.17)

M. Valenti (ENEA), V. Palladino (ENEA), G. Fiorenza (ENEA)

Giugno 2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: *Decarbonizzazione/Digitalizzazione ed evoluzione delle reti*

Progetto: *Evoluzione, pianificazione, gestione ed esercizio delle reti elettriche*

Linea di attività: *LA1.17*

Responsabile del Progetto: *Maria Valenti, ENEA*

Responsabile Linea di Attività: *Valeria Palladino, ENEA*

Mese inizio previsto: 1

Mese inizio effettivo: 1

Mese fine previsto: 18

Mese fine effettivo: 18

Indice

1	RISULTATI ATTESI	3
2	RISULTATI OTTENUTI.....	3
3	PRODOTTI ATTESI.....	3
4	PRODOTTI SVILUPPATI	3
5	ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI	3
6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	4
7	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE	4
8	CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE.....	5
9	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE.....	5
10	EVENTI DI DISSEMINAZIONE	6
11	APPENDICE	7

1 Risultati attesi

Lista dei risultati attesi come da capitolato vigente

Si riporta di seguito la lista dei risultati attesi come da capitolato vigente:

- produzione di almeno 1 pubblicazione scientifica internazionale da parte di ENEA e dei co-beneficiari del progetto;
- rapporto tecnico esplicativo delle attività di disseminazione della prima annualità.

2 Risultati ottenuti

Lista dei risultati ottenuti *(Evidenziare in che misura il risultato è stato ottenuto ed il beneficio per il sistema elettrico nazionale e i suoi utenti. Aggiungere eventuali risultati ottenuti non previsti nel capitolato)*

Si riporta di seguito la lista dei risultati ottenuti nell'ambito della LA1.17:

- identificazione di riviste e conferenze di interesse scientifico e divulgativo;
- progettazione preliminare di un'applicazione software ludica interattiva per la divulgazione del progetto (definizione del concetto del gioco, creazione di un documento di progettazione iniziale, definizione dei requisiti del gioco);
- presentazione del progetto a tavoli tecnici;
- preparazione di un articolo scientifico da sottoporre a conferenza internazionale (ENEA) e pubblicazione di due articoli scientifici sulle riviste internazionali IEEE Transactions on Industry Applications ed Energies (UNIPA-DI).

3 Prodotti attesi

Lista dei prodotti hardware/software eventualmente attesi per la LA

Per la presente LA non sono attesi prodotti hardware/software.

4 Prodotti sviluppati

Lista dei prodotti hardware/software eventualmente sviluppati nella LA, illustrando, per il software, le modalità di accesso per gli utenti *(Aggiungere eventuali prodotti sviluppati non previsti nel capitolato)*

La LA1.17 non prevede lo sviluppo di prodotti hardware/software.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

(8000 caratteri max)

Descrivere le motivazioni di eventuali scostamenti tecnici/economici rispetto al preventivo e criticità riscontrate (Evidenziare il contenuto in riferimento al piano di rischi presentato)

Non si sono registrati scostamenti tecnico e/o economici nell'ambito della LA1.17.

6 Sintesi delle attività svolte

(1000 caratteri max)

La LA1.17 “Attività di diffusione del I SAL” ha come obiettivo la divulgazione dei risultati del progetto a diverse fasce di utilizzatori: tecnici di settore, esponenti del mondo della ricerca, utenti del sistema elettrico. In tale obiettivo, le attività della LA sono state orientate ad identificare le riviste e conferenze di interesse scientifico e divulgativo; sviluppare il progetto preliminare di un concept di un’applicazione software ludica interattiva per la divulgazione del progetto (definizione del concetto del gioco, creazione di un documento di progettazione iniziale, definizione dei requisiti del gioco), presentare i risultati del progetto a tavoli tecnici, preparare un articolo scientifico da sottoporre a conferenza internazionale (ENEA) e pubblicare due articoli scientifici sulle riviste internazionali IEEE Transactions on Industry Applications ed Energies (UNIPA-DI).

7 Dettaglio delle attività svolte

(15000 caratteri max)

Descrivere in dettaglio le attività svolte nella LA (Evidenziare come si sono ottenuti i risultati. Descrivere brevemente anche le attività, per le quali si sono spese delle risorse, che tuttavia non hanno portato all’ottenimento dei risultati previsti al fine di permettere la corretta valutazione di congruità e pertinenza dei costi rendicontati.)

La LA1.17 “Attività di diffusione del I SAL” ha come obiettivo la divulgazione dei risultati del progetto, con una finalità prospettica orientata alla loro concreta fruizione da parte di diverse fasce di utilizzatori potenzialmente interessati: tecnici di settore, esponenti del mondo della ricerca, utenti del sistema elettrico.

Con riferimento alla disseminazione scientifica, in una prima fase si è proceduto all’**identificazione di riviste e conferenze di interesse scientifico e divulgativo**, di rilevanza nazionale e internazionale, e connesse al tema del progetto 2.3. Successivamente, a partire dai risultati ottenuti dalla ricognizione, si è proceduto alla predisposizione degli articoli scientifici riportati nella successiva sezione 9.

In aggiunta alla divulgazione di natura scientifica, si è deciso di progettare e sviluppare un’applicazione **software ludica interattiva** che, a scopo divulgativo, possa essere esplicativa delle attività connesse alla Ricerca di Sistema Elettrico e, in particolare, che illustri l’importanza di progettare e sviluppare strumenti avanzati di pianificazione, gestione ed esercizio delle reti elettriche per la sicurezza, l’adeguatezza e l’affidabilità dei sistemi energetici (obiettivo generale del progetto 2.3) e raggiungere il target .

L’applicazione rivolta ad un target “giovanile” (principalmente allievi delle scuole medie inferiori e superiori) sarà di tipo Web-based, così da facilitare la presentazione del progetto anche in occasione di fiere ed eventi. Nell’ambito della LA1.17, in particolare, si è condotta la FASE DI PIANIFICAZIONE del gioco e, nello specifico, si è proceduto a:

- Definizione del concetto del gioco.
- Creazione di un documento di progettazione iniziale.
- Definizione dei requisiti del gioco.

Le caratteristiche in output della pianificazione sono riportate in Appendice al presente rapporto tecnico. Nell’ambito della LA1.18 si procederà, quindi, alla predisposizione di una gara per lo sviluppo del videogioco da parte di una Software House. Come definito in fase di pianificazione, la software house, in particolare, si dovrà occupare di:

1. FASE DI PROGETTAZIONE

- Sviluppo di un concept art.
 - Progettazione dettagliata del gameplay.
 - Creazione del design dei livelli.
 - Definizione delle caratteristiche del personaggio e del mondo di gioco.
 - Creazione di un prototipo di gioco.
2. FASE DI SVILUPPO
 - Implementazione del motore di gioco.
 - Sviluppo di asset grafici, modelli 3D, animazioni, ecc.
 - Programmazione del gameplay e delle meccaniche di gioco.
 - Creazione di livelli.
 - Integrazione di suoni e musiche.
 - Realizzazione della versione alpha del gioco.
 3. FASE DI TEST
 - Test di gioco per individuare bug e problemi di bilanciamento.
 - Ottimizzazione delle prestazioni.
 - Raccolta dei feedback dalla versione alpha e apertura a un gruppo di play tester esterni.
 4. FASE DI RIFINITURA
 - Correzione di bug e problemi segnalati durante i test.
 - Aggiunta di miglioramenti basati sui feedback.
 - Ottimizzazione finale del gioco.
 5. FASE DI RILASCIO
 6. FASE DI SUPPORTO POST-LANCIO
 - Rilascio di patch e aggiornamenti per correggere bug e introdurre nuove funzionalità.

Al fine di garantire la massima divulgazione dei risultati del progetto, attraverso la divulgazione dei risultati del progetto a tecnici del settore, aziende stakeholder della filiera energetica anche connessi a comitati regolatori, gli obiettivi progettuali e i risultati raggiunti sono stati presentati ai seguenti **tavoli tecnici**:

1. ai componenti del sottocomitato SC8C "Gestione delle Reti in Sistemi di Potenza interconnessi" nel corso della riunione annuale del 15/06/2023 (da remoto);
2. ai componenti del Tavolo di Confronto TdC3 "Transizione Energetica" nel corso della riunione del 07/02/2023.

8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

L'attività non ha previsto il ricorso a consulenze.

9 Pubblicazioni scientifiche

1. Salvatore Favuzza, Massimo Mitolo, Salar Moradi, Rossano Musca and Gaetano Zizzo, "A General Methodology for Short-circuit Calculations in Hybrid AC/DC Microgrids," in IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 59, no. 3, pp. 2742-2749, May-June 2023, doi: 10.1109/TIA.2023.3234232 (5 Gennaio 2023)

Co-beneficiario: UNIPA – DI

Articolo prodotto e pubblicato nel SAL di riferimento della LA1.17

2. Aiman Abbas Mahar, Nayyar Hussain Mirjat, Bhawani S. Chowdhry, Laveet Kumar, Quynh T. Tran and Gaetano Zizzo “Condition Assessment and Analysis of Bearing of Doubly Fed Wind Turbines Using Machine Learning Technique”, *Energies* 2023, 16, 2367. <https://doi.org/10.3390/en16052367> (1 Marzo 2023)

Co-beneficiario: UNIPA-DI

Articolo prodotto e pubblicato nel SAL di riferimento della LA1.17

3. Antonio Ricca, Giovanna Adinolfi, Roberto Ciavarella, Giorgio Graditi, Maria Valenti. Innovative software for reliability, resilience, security and adequacy assessment of AC and DC grids and microgrids. *AEIT 2023 Conference Proceedings*. ISBN 978-88-87237-60-3.

Affidatario: ENEA

Articolo prodotto nel SAL di riferimento della LA1.17 e sottomesso a conferenza nel SAL della LA1.18

10 Eventi di disseminazione

Lista degli eventi di disseminazione eventualmente scaturiti dall'attività svolta

Non sono stati organizzati eventi di disseminazione

11 Appendice

11.1 Concept generale del gioco

L'Applicazione che si intende realizzare ricadrà sia nella categoria "Games", in quanto dovrà offrire all'utente una componente "gioco", sia nella categoria "Education", in quanto dovrà essere esplicativa in maniera chiara e semplice delle attività di Ricerca&Sviluppo.

Il gioco, pertanto, si svolgerà su una **mappa di gioco** che rappresenterà in modo schematizzato gli elementi tipici di una **Smart Grid**, (denominata "rete") quali, a titolo d'esempio non esaustivo: una centrale termoelettrica, impianti di generazione elettrica da fonti rinnovabili (impianti fotovoltaici, impianti eolici e ecc.), una cittadina che comprenda carichi critici non interrompibili (ospedali, aeroporti, ecc.), un villaggio con impianti di generazione locale, sistemi di accumulo elettrico e sistemi di ricarica delle auto.

Ogni elemento dovrà essere collegato all'altro tramite una maglia di direttrici che rappresenteranno la "rete", insieme del flusso di energia e del traffico di informazioni.

La mappa verrà preventivamente "costruita" dal Giocatore e potrà essere ulteriormente popolata.

Il Giocatore ricoprirà il ruolo del "**System Power Manager**", che aiuterà il Sistema Intelligente (SI) nel proteggere la rete da criticità che comporteranno un "guasto" della stessa.

Il gioco sarà caratterizzato da scenari che alterneranno **giorno e notte** (es. per evidenziare all'utente che di notte non c'è disponibilità di fonte solare).

Costruita la propria mappa, si darà avvio al gioco e verranno "generate" delle criticità che l'Utente dovrà contrastare. Le **criticità** sono eventi avversi che minano la stabilità della rete, la quale deve essere "protetta" e "gestita" dal personaggio "SI" e, quindi dall'Utente, tramite della "azioni correttive"; le criticità, a seconda della tipologia, potranno sia essere innescate casualmente dall'algoritmo del Gioco, sia scaturire automaticamente dalle dinamiche della mappa di gioco stessa, cioè dal suo funzionamento intrinseco (questo concetto verrà spiegato meglio nella specifica sezione Criticità. Le criticità saranno segnalate al Giocatore tramite messaggio o segnale di alert, visivo e sonoro).

L'**obiettivo del Gioco** è resistere alle criticità evitando che la rete vada in "crash" e gestire in maniera ottimale la rete, accumulando punteggio. In particolare, il punteggio sarà ottenuto in funzione di:

- **tempo di gioco** (punteggio crescente con il tempo);
- **ricchezza accumulata**, (misurata in termini di risparmio di energia da fonte fossile e da rete);
- **emissioni di CO₂** (punteggio crescente in maniera inversa alle emissioni).

Per l'assegnazione dei punteggi potranno essere stabilite delle soglie (es. emissioni da x a y, punteggio z). Alla fine della partita, il Giocatore potrà visualizzare la sua posizione in una **classifica** basata sul punteggio ottenuto.

Il Giocatore, in definitiva, sarà indotto a:

- una **pianificazione** attenta per soddisfare la domanda energetica senza sovraccarichi o interruzioni;
- uno **sviluppo progressivo** della rete, arricchendola con tecnologie a fonte rinnovabile, sistemi di accumulo e rendendo alcune tipologie di risorse più efficienti.
- gestire il budget monetario per l'espansione e la manutenzione della rete

Affinché il Giocatore sappia se la rete sia bilanciata o meno, in termini di potenza immessa e prelevata dalla rete, ogni elemento della rete dovrà essere equipaggiato un "**contatore**", un elemento che misura la potenza elettrica scambiata dalla risorsa con la rete; questo fornirà il dato circa la potenza scambiata in entrata o in uscita alla risorsa.

Inoltre, al lato della mappa di gioco, saranno visibili due risorse “contatori”, che rappresenteranno rispettivamente l’aliquota di potenza elettrica immessa in rete e l’aliquota di potenza elettrica complessivamente prelevata dalla rete: questo permetterà al Giocatore di programmare preventivamente azioni correttive in modo da bilanciare la rete.

La partita sarà interrompibile in qualsiasi momento. Qualora il Giocatore non risolva le criticità in tempo utile, la partita sarà persa e termina immediatamente. A titolo di esempio, ogni qual volta, durante la partita, si registra un sovraccarico della rete (cioè, quando la domanda complessiva di elettricità supera la capacità totale della rete di distribuzione di fornire energia elettrica) oltre una certa soglia e un certo intervallo di tempo senza che il Giocatore corregga tale situazione in maniera efficace, la partita è persa e termina immediatamente. Il Giocatore potrà visualizzare il proprio punteggio in funzione di quanto precedentemente descritto.

11.2 Livelli di difficoltà

Il Gioco presupporrà tre livelli di difficoltà: facile, medio, difficile.

L’impostazione del livello di difficoltà avrà effetti:

- sulla modalità di costruzione della mappa di gioco e sulla sua complessità;
- personaggio “SI” potrà suggerire, in funzione della difficoltà impostata, le azioni correttive; in tutti i livelli di gioco sarà spiegato il significato dell’azione correttiva applicata tramite messaggi mostrati a video.
- criticità che possono scaturirsi durante la partita, nonché la frequenza.

I dettagli per ciascun livello di difficoltà (es. frequenza di criticità, numero e tipo di suggerimenti di soluzione, ecc.) verranno definiti in fase di sviluppo del Prodotto.

11.3 Mappa di gioco

La prima fase dell’interazione ludica sarà rappresentata dalla costruzione della mappa di gioco, che dovrà rappresentare un paesaggio variegato e realistico, da popolare con gli elementi tipici di una rete di distribuzione dell’energia elettrica (le “Risorse della mappa di gioco”), elencati di seguito:

- Produttore
- Consumatore;
- Sistemi di generazione distribuita;
- Prosumer
- Sistemi di accumulo dell’energia elettrica;

Con il termine “Produttore” si intendono i produttori di energia, quali:

- la centrale termoelettrica;
- la centrale nucleare;
- impianti fotovoltaici;
- impianti eolici on- e off-shore;
- la centrale geotermica;
- la centrale idroelettrica;
- impianto solare termico a concentrazione.

Per “Consumatore” si intendono i consumatori puri di energia, quali:

- aeroporto;

- complessi industriali;
- aziende agricole;
- città;
- villaggio;
- villa/casolare di campagna.

Questi potranno differenziarsi in “flessibile” e “non flessibile”, in riferimento alla possibilità o meno che verrà offerta al Giocatore di variare il carico assorbito da tale risorsa entro una certa misura, funzione della tipologia e della taglia del Consumatore stesso.

Per “sistema di generazione distribuita” si intende qualsiasi sistema in cui l'energia viene prodotta in modo decentrato, utilizzando risorse rinnovabili, e distribuita su una rete locale.

Il termine "prosumer" è la contrazione delle parole "producer" (produttore) e "consumer" (consumatore) e si riferisce a entità che consumano e producono simultaneamente energia elettrica; nello specifico ci si riferisce ad un proprietario di un sistema di generazione di energia rinnovabile che produce e consuma energia elettrica.

Lo scopo di questa fase è realizzare una prima versione della smart grid con il quale iniziare la partita.

La generazione del paesaggio sarà casuale e generata dall’algoritmo di gioco; esso dovrà includere gli elementi naturali tipici come:

- foreste e vegetazione;
- montagne e colline, sulle (o in prossimità delle) quali collocare, per esempio “Villaggio” e “Aziende agricole”;
- acque e corpi idrici, come fiumi, laghi, stagni o mari, che creano barriere naturali o offrire opportunità per la costruzione delle “Centrale idroelettrica” e dell’”Impianto eolico” off-shore
- pianure e praterie, ideali per “Città”, “Villaggio”, “Aeroporto”, “Complesso industriale”, “Aziende agricole”, “Centrale termoelettrica”, “Impianto fotovoltaico”, “Centrale geotermica”, ecc.

Ad ogni nuova partita si creeranno mappe uniche.

Una volta generato il paesaggio, il Giocatore potrà decidere dove e quali risorse posizionare nella mappa, collegandoli con linee di trasmissione.

Il Giocatore selezionerà la risorsa e tramite “drag&drop” le inserirà nella mappa di gioco.

L’algoritmo di gioco darà suggerimenti sulla possibile collocazione delle risorse (per esempio l’impianto eolico” off-shore potrà essere collocato solo sul mare, in caso sia presente nel paesaggio).

Una volta inserite le risorse, andranno collegate tra loro “disegnando” le linee di trasmissione (solo a titolo d’esempio, con una funzione “matita” che traccia automaticamente la linea di trasmissione) ed equipaggiare la risorsa con il “contatore”

La difficoltà impostata dall’Utente definirà le possibilità del Giocatore nel creare la mappa di gioco, in termini di complessità, estensione, nonché di numero e tipologie delle risorse disponibili.

L’algoritmo dell’Applicazione fornirà quindi dei suggerimenti e/o obbligherà l’Utente a delle preselezioni per agevolare la costruzione della mappa di gioco (anche in funzione della difficoltà impostata dall’Utente).

Nel caso di livello “difficile”, l’algoritmo di gioco renderà obbligatorio l’utilizzo di determinati “consumatori”, in termini di numero, taglia e tipologia “non flessibile”: la mappa sarà più estesa, con “consumatori” più grandi e principalmente “non flessibili”.

Inoltre, l’unico produttore disponibile sarà la “Centrale Termoelettrica”.

Nel livello “facile” e “intermedio”, le mappe saranno contenute, con consumatori più piccoli e sarà possibile selezionare “consumatori” del tipo “flessibili”.

L’utente potrà creare la propria mappa di gioco inserendo un numero limitato di blocchi.

Sarà possibile, inoltre, selezionare “produttori” a fonte rinnovabile.

Quanto relativo alla struttura e al codice dell’Applicazione, (a titolo d’esempio non esaustivo meccaniche del gioco, ambientazione, personaggi, interfaccia utente, fisica del gioco, design dei livelli di difficoltà, gestione degli input del Giocatore, animazioni, suoni) sarà definito in fase di progettazione.

11.4 Modalità di interazione

L’applicazione dovrà includere un video iniziale che introduce in maniera molto semplice e sintetica al concetto di “Smart Grid”, che spiega le attività di Ricerca e Sviluppo dell’ENEA in tal senso e che funge anche da tutorial tramite cui l’Utente può imparare le regole, le meccaniche di gioco e i controlli attraverso l’interazione diretta con il gioco stesso.

La partecipazione al gioco richiederà una preliminare registrazione (età; professione; sesso; città di provenienza; “nickname”. A valle della registrazione, l’Utente potrà impostare il livello di difficoltà (l’Applicazione suggerirà un livello in funzione dell’età).

Il dato relativo all’età verrà utilizzato nell’Applicazione anche per suggerire un livello di difficoltà opportuno. Il “nickname” verrà utilizzato per le classifiche finali.

Per gli utenti minorenni, bisognerà stabilire come gestire il livello di privacy.

11.5 Video/tutorial introduttivo

La prima componente dell’interazione con l’Applicazione dovrà essere costituita da un video/tutorial che sia divulgativo ed esplicativo dell’Applicazione stessa e che sarà orientata a spiegare e a illustrare:

Il significato del paradigma di “Smart Grid”, specificando:

- la logica del gioco, attori/driver;
- le problematiche e le criticità legate all’attuazione, a livello nazionale, delle “Smart Grid”, con riferimento alla sicurezza elettrica, affidabilità, resilienza, disponibilità di risorse.
- cosa si intende per “gestione intelligente” e che cosa essa comporti in termini di:
 - controllo centralizzato della rete;
 - sviluppo di modelli di pianificazione, modelli di valutazione dell’adeguatezza, della flessibilità e della resilienza e modelli di ottimizzazione di rete;
 - necessità di nuove infrastrutture da integrare a quelle preesistenti.
- in cosa consistono le attività di ricerca della Ricerca di Sistema Elettrico progetto 2.3.

La durata del video non dovrà eccedere i 3 (tre) minuti.

Il tutorial dovrà essere strutturato in modo tale che l’Utente possa imparare le regole, le meccaniche di gioco e i controlli attraverso l’interazione diretta con il gioco stesso. Lo scopo sarà quello di presentare la sezione ludica dell’Applicazione rendendola semplice e immediata anche per coloro che non hanno familiarità con i videogiochi.

Si dovrà offrire all'Utente la possibilità di interrompere in qualsiasi momento il video/tutorial introduttivo per passare nuovamente alla "schermata 2".

Gli elementi di iterazione necessari, quali indicatori visivi, simboli intuitivi, testi ed elementi sonori, saranno definiti in fase di progettazione.

11.6 Sezione ludica

La sezione ludica costituisce l'aspetto più importante del prodotto e sarà strutturata in maniera da chiarire nei confronti dell'Utente in modo chiaro e semplificato l'importanza di un controllo intelligente della smart grid che consenta di ottimizzare il flusso di energia, migliorare l'affidabilità del servizio e integrare fonti di energia rinnovabile in modo più efficiente.

In generale, la smart grid necessita di software avanzati, algoritmi complessi, dispositivi automatici che analizzano i dati raccolti per ottimizzare la distribuzione, prevedere la domanda futura e ottimizzare il flusso di energia attraverso la rete: il Giocatore rivestirà tale ruolo.

Nello specifico la meccanica di gioco dovrà enfatizzare i seguenti aspetti.

- Il controllo intelligente della rete necessita dell'utilizzo di un sistema di monitoraggio avanzato, che, come verrà descritto in specifica sezione, sarà rappresentato dai "contatore".
- La smart grid si basa anche sul controllo intelligente della domanda, o "demand response", la cui dinamica sarà rappresentata nel gioco offrendo al Giocatore la possibilità di variare il consumo di elettricità degli utenti della rete.
- Il controllo intelligente della smart grid permette una maggiore integrazione delle fonti rinnovabili, con particolare riferimento a quelle non programmabili quali solare ed eolico; esso aiuta a gestire in modo più efficiente l'energia generata, bilanciare la produzione variabile con la domanda effettiva e l'energia convenzionale. La meccanica di gioco sarà tale da indurre il Giocatore, tramite specifiche premialità, "ad arricchire" la rete con fonte rinnovabile; questa inevitabilmente renderà più complessa l'interazione del Giocatore con la mappa di gioco, per cui dovrà innescare azioni correttive per bilanciare continuamente la rete: tramite questa dinamica, il Giocatore avrà lo stesso ruolo del "controllo intelligente".
- Il controllo intelligente permette risposte rapide e automatiche alla rete soggetta a determinate criticità, come interruzioni di corrente o guasti, vettorizzando l'energia o isolando le aree problematiche e ripristinando la fornitura in modo più efficiente; ciò verrà reso tramite le azioni correttive che potrà effettuare il Giocatore in risposta agli eventi che inficiano la stabilità della rete.
- Il controllo intelligente permette di mitigare i guasti di sovraccarico della rete, tramite gestione della domanda, espansione delle infrastrutture, integrazione di tecnologie intelligenti, diversificazione delle fonti di energia, aumento dell'efficienza energetica degli utenti; anche in questo caso, le premialità e le possibilità delle azioni correttive indurranno il Giocatore a implementare tali azioni, enfatizzandone l'importanza.
- Il controllo intelligente si basa sull'affiancamento alla rete di distribuzione dell'energia di un'infrastruttura di comunicazione e trasferimento dati che può essere soggetta ad attacchi informatici rappresentati da malware e virus informatici, attacchi di ransomware, attacchi di tipo "Denial-of-Service" (DoS), violazioni della sicurezza dei dati, manipolazione dei dati di controllo; gli attacchi possono avere gravi conseguenze sulla sicurezza, sull'affidabilità e sull'economia poiché

possono provocare blackout estesi, danneggiare le infrastrutture critiche, compromettere la sicurezza delle informazioni e influenzare negativamente l'intera rete elettrica e le comunità ad essa collegate. Tale concetto è contestualizzato nella meccanica di gioco tramite uno specifico evento random che rende difficoltosa al Giocatore la gestione della rete e lo obbliga ad una perdita monetaria.

L'unico personaggio che dovrà essere visibile sarà rappresentato dalla personificazione del SI di gestione che proverà a proteggere la rete dalle criticità.

Il personaggio SI dovrà avere le fattezze di un animale antropomorfizzato con abbigliamento tale da richiamare esplicitamente l'ENEA e Ricerca di Sistema; lo stile potrà essere quello tipico di un adolescente o, in alternativa ancora in valutazione, quello di uno scienziato; in ogni caso egli verrà presentato come un personaggio che con intelligenza, astuzia e inventiva cerca di trovare soluzioni innovative per la gestione della rete.

Gli elementi visivi dell'Applicazione, lo stile grafico, il design delle schermate iniziali con le finestre di dialogo, la mappa di gioco, i Personaggi, le "Risorse della mappa di gioco, le modalità di rappresentazione delle "Criticità" e delle "Azioni correttive, verranno stabilite in fase di sviluppo del "concept art".

11.7 Avvio del gioco e svolgimento della partita

Una volta che l'algoritmo di gioco "ritiene" che la mappa sia stata completata, si darà la possibilità al Giocatore di iniziare la partita, cliccando, per esempio, su un tasto "start" che verrà mandato a schermo.

Il gioco è caratterizzato da una dinamica temporale che abbraccia l'intero arco delle 24h.

La grafica dello sfondo seguirà tale dinamica attraverso l'avvicinarsi del sorgere e del tramontare sia del sole e sia della luna; in questo modo il Giocatore avrà consapevolezza di quale sia l'istante temporale in cui si trova la fase del gioco.

Tutte le risorse saranno caratterizzate da un profilo temporale di potenza elettrica che, a seconda della tipologia di risorsa, potrà rappresentare:

- la potenza elettrica prodotta e immessa in rete, nel caso di risorsa "Produttore";
- la potenza elettrica prelevata dalla rete, nel caso di risorsa "Consumatore";
- potenza elettrica prodotta, nel caso di risorsa "Sistemi di generazione distribuita";
- potenza elettrica in ingresso o in uscita, nel caso di risorsa "Sistemi di accumulo dell'energia elettrica";
- potenza elettrica immessa in rete o prelevata dalla rete, in caso di risorsa "Prosumer".

Una volta che la partita ha inizio:

- verrà avviato il timing della mappa di gioco, con l'alternanza giorno-notte e con la variabilità delle "Condizioni climatiche"
- le risorse cominceranno a "funzionare" secondo il loro profilo di carico.

L'insieme dei profili temporali determinano la somma complessiva della potenza elettrica immessa in rete e l'insieme della potenza elettrica prelevata dalla rete.

Il Giocatore avrà continuamente visualizzazione di tale dato in apposito "Contatore" al lato della schermata di gioco, rappresentato da un riquadro contenente il valore della potenza scambiata in entrata o in uscita alla risorsa.

Il Giocatore avrà indicazione della potenza elettrica scambiata con la rete di ogni singola risorsa tramite il "Contatore".

Il Giocatore dovrà bilanciare le due aliquote di cui prima per evitare il crash della rete, contrastando in aggiunta alcuni “imprevisti” casuali, “Guasto” e “Attacco informatico”, che indirettamente indurranno anch’essi al crash; quest’ultimo (vedere Sovraccarico e sotto-carico della rete) determina la fine della partita, la cui durata determinerà il criterio principale della posizione in classifica.

Ai fini della posizione in classifica, il Giocatore sarà indotto, tramite esborso monetario, a:

- comprare e collocare nella mappa di gioco risorse “Produttore” a fonte rinnovabile;
- comprare e attribuire alle risorse “Consumatore” i “Sistemi di generazione distribuita, creando “Sistemi di accumulo dell’energia elettrica”;
- investire nell’efficientamento energetico delle risorse “Consumatore”.

Le azioni elencate allo scadere del giorno, contribuiscono a innalzare la ricchezza monetaria complessiva; inoltre, indirettamente, contribuiranno a mantenere al minimo livello possibile le emissioni totali di CO₂, date dall’utilizzo del “combustibile” che il Giocatore sarà costretto a comprare per mantenere in funzionamento alcune “Risorse”.

Per innescare più velocemente i meccanismi descritti, il Giocatore potrà selezionare e collocare nella mappa di gioco, senza costo monetario, altre risorse “Consumatore”.

Per innescare più velocemente i meccanismi descritti, il Giocatore potrà selezionare e collocare nella mappa di gioco, senza costo monetario, altre risorse “Consumatore”.

Il funzionamento di alcune “Risorse” sarà influenzato dalle “Condizioni climatiche”.

Nella modalità “facile” (rivolta a bambini della scuola primaria), e “intermedio”, l’Utente potrà popolare la propria mappa di gioco inserendo determinate tipologie di Risorse; mentre, nel caso del livello “difficile”, l’Utente potrà popolare liberamente la propria mappa di gioco senza alcuna limitazione.

11.8 Obiettivo del gioco

Lo scopo del gioco sarà quello di:

- resistere quanto più possibile nel bilanciare la rete ed evitare che vada in “crash”;
- aumentare quanto possibile la ricchezza monetaria;
- mantenere quanto più basso l’emissione di CO₂ totale.

11.8.1 Massimizzare il tempo di gioco

Verrà attribuito un punteggio in funzione del tempo di gioco.

11.8.2 Aumentare la ricchezza monetaria

Verrà attribuito un valore monetario all’unità di misura dell’energia elettrica, definito in €/kWh

A cadenza giornaliera, le risorse “Produttore” e “Sistemi di generazione distribuita” contribuiranno ad aumentare la ricchezza monetaria in maniera direttamente proporzionale all’energia erogata sia verso la rete, nel caso dei “Produttore”, sia verso i “Prosumer”, nel caso dei “Sistemi di generazione distribuita”.

Condizioni climatiche avverse e guasti inficeranno tale dinamica, in quanto tali criticità diminuiranno la producibilità o obbligheranno il Giocatore ad un esborso economico, unitamente al fatto che la risorsa sarà indisponibile per un intervallo di tempo.

Quanto più verranno utilizzate risorse “Centrale termoelettrica”, quanto più il Giocatore sarà obbligato a “comprare” combustibile per tenerle attive.

A cadenza giornaliera, le risorse “Sistemi di accumulo dell’energia elettrica” contribuiranno ad aumentare la ricchezza monetaria in maniera direttamente proporzionale all’energia erogata sia verso la rete, nel caso dei “Sistemi di accumulo per la rete di distribuzione.”, sia verso i “Prosumer”, nel caso dei “Sistemi di accumulo per i sistemi di generazione distribuita”: con questa dinamica si vuole sottolineare e valorizzare nei confronti dell’Utente il concetto di “energia immagazzinata e recuperata”.

I guasti inficeranno tale dinamica, in quanto tali criticità non solo obbligheranno il Giocatore ad un esborso economico, ma renderanno la risorsa indisponibile per un intervallo di tempo.

11.8.3 Mantenere basso l’emissione totale di CO₂

Al lato della mappa di gioco, il Giocatore dovrà avere cortezza delle emissioni totali di CO₂ accumulate durante la partita, somma delle emissioni associate all’utilizzo di combustibili fossili delle centrali termoelettriche.

Ogni combustibile sarà caratterizzato da un determinato tasso di emissione, che durante il prosieguo della partita si andrà a sommare, a cadenza giornaliera, al totale di emissione di CO₂.

Quanto più il Giocatore si orienterà all’utilizzo di biocombustibile, fonte rinnovabile e sistemi di accumulo, quanto più bassa rimarrà l’emissione totale a fine partita.

11.9 Criticità

Le criticità sono “eventi” che inficiano la stabilità della rete le quali, se non vengono risolte tramite le azioni correttive del Giocatore, porteranno in “crash” il sistema.

Alcune riguardano direttamente le risorse, inficiandone il funzionamento; altre sono indotte indirettamente creando situazioni di sotto-carico o sovraccarico della rete.

Si distinguono pertanto in

- criticità “dirette”, rappresentate dal “guasto” e dall’“attacco informatico”;
- -criticità indirette, rappresentate “sotto-carico” e “sovraccarico” della rete; queste, in presenza di “Produttore” e “sistemi di generazione distribuita” da fonte rinnovabile non programmabile, sono anche condizionate dalle “condizioni climatiche”.

11.9.1 Sovraccarico e sotto-carico della rete

Il sovraccarico della rete elettrica si verifica in qualsiasi momento la domanda complessiva di elettricità supera la capacità della rete di fornire energia in modo sicuro ed affidabile, in termini di produzione complessiva o capacità di trasmissione; ciò può verificarsi:

- in caso di picchi di domanda, nei periodi di alta richiesta energetica;
- malfunzionamenti o guasti della rete o delle infrastrutture, per cui potrebbe non essere in grado di gestire la quantità di energia richiesta.
- limiti di trasmissione.

Il sovraccarico della rete elettrica può portare a diversi problemi, quali:

- blackout o interruzioni di corrente;
- danneggiamento delle apparecchiature;
- instabilità della rete.

Un sotto-carico si verifica quando la domanda complessiva di energia è inferiore alla capacità massima che la rete può fornire in un determinato momento; si parla di surplus di energia elettrica che si rende disponibile nella rete elettrica che supera la domanda attuale degli utenti collegati a quella rete in quel preciso istante. Questo scenario può verificarsi per:

- bassa domanda di energia, bassa attività o in orari notturni;
- miglioramenti nell'efficienza energetica degli utenti della rete;
- produzione eccessiva, specialmente dovuta alle fonti rinnovabili come solare o eolico.

Come descritto alla sezione “Avvio del gioco e svolgimento della partita”, tutte le risorse saranno caratterizzate da un “profilo temporale di potenza elettrica” che avrà un diverso significato e seconda della tipologia di risorsa; l'insieme dei profili temporali determinano la somma complessiva della potenza elettrica immessa in rete e l'insieme della potenza elettrica prelevata dalla rete: le due aliquote devono sempre bilanciarsi e non discostarsi oltre una certa soglia.

Il Giocatore avrà continuamente visualizzazione di tale dato in apposito “contatore” al lato della schermata di gioco.

Quando il sovraccarico ed il sotto-carico supereranno una certa soglia, il Giocatore dovrà equilibrare la rete entro un certo intervallo di tempo con una o più azioni correttive, pena la perdita della partita.

Tale situazione di pericolo potrà, per esempio, essere segnalata al Giocatore tramite segnale visivo e sonoro di “allarme rosso”.

Per evitare situazioni di sovraccarico e durante lo svolgimento della partita, il Giocatore può man mano aumentare l'efficienza energetica delle singole risorse “Consumatore” e “Prosumer” tramite esborso di denaro; ciò avrà l'effetto di ridurre la domanda di energia della risorsa “Consumatore” alla rete.

Similmente al caso dell’“Attacco informatico”, si darà la possibilità al Giocatore di isolare alcune risorse escludendole dalla rete; tale azione presupporrà una penalità monetaria.

Questa tipologia di criticità scaturisce automaticamente dalle dinamiche della mappa di gioco stessa in funzione delle risorse che la popolano e dei profili temporali che le caratterizzano.

11.9.2 Condizioni climatiche

Le dinamiche di gioco includeranno l'andamento delle condizioni climatiche, nello specifico:

- irraggiamento solare
- ventosità.

Il susseguirsi del giorno e della notte risentirà di profili dell'andamento dell'irraggiamento solare, i quali potranno essere:

- profilo tipico di una giornata soleggiata;
- profilo tipico di una giornata con cielo parzialmente soleggiato;
- profilo tipico di una giornata nuvolosa (o piovosa).

Questo influirà sulla producibilità degli impianti fotovoltaici e solari termodinamici, inducendo uno scambio di potenza elettrica molto variabile e non programmabile.

Similmente, verranno implementati nell'algoritmo di gioco:

- profili di giornata non ventosa;
- profili di giornata poco ventosa;

- profili di giornata molto ventosa.

Questo influirà sulla producibilità degli eolici, inducendo uno scambio di potenza elettrica molto variabile e non programmabile.

I profili delle condizioni climatiche avranno un accadimento del tutto casuale.

11.9.3 Guasto

Il “guasto” può riguardare le risorse “Produttore”, i “Sistemi di generazione distribuita” (quindi i “Prosumer”) e i “Sistemi di accumulo dell’energia elettrica”.

Il “guasto” accade in maniera casuale rendendo inattiva la risorsa coinvolta fino a quanto il Giocatore pagherà una somma in denaro per il ripristino.

Il costo di ripristino varia in funzione della risorsa.

Il tempo di ripristino della risorsa, cioè l’intervallo di tempo che intercorre tra il pagamento della somma in denaro ed il funzionamento della risorsa in regime varia in funzione della risorsa stessa.

11.9.4 Attacco informatico

L’“attacco informatico” rappresenta il tentativo deliberato di compromettere, manipolare o danneggiare i sistemi informatici e le infrastrutture tecnologiche che compongono una rete elettrica intelligente.

Nella meccanica di gioco, tale evento può riguardare contemporaneamente i “Contatore” di tutte od un gruppo di risorse di tutte le tipologie.

Tale criticità impedisce la visualizzazione dell’informazione del “Contatore” della risorsa cui è collegato; pertanto, il Giocatore non avrà informazioni sull’eventuale sotto-carico o sovraccarico della rete e l’eventuale imminente collasso.

L’attacco informatico può essere risolto tramite intervento “polizia informatica” e comporta perdita di denaro; se il Giocatore non dispone di sufficiente denaro, la partita è automaticamente persa.

L’intervento della “polizia informatica” potrà avvenire, per esempio, tramite attivazione di apposito pulsante. Il ripristino dei “contatore” non è immediato, ma comporta del tempo.

Nel caso fosse necessario, si darà la possibilità al Giocatore di isolare alcune risorse, escludendole dalla rete; tale azione presupporrà una penalità monetaria.

11.10 Azioni correttive

Per “azione correttiva” si intende la modalità con cui concretamente il Giocatore mantiene la stabilità della rete evitando che vada in “crash”.

Si riporta di seguito una panoramica di esempio (non esaustiva) delle azioni correttive implementabili dal Giocatore in funzione delle criticità che possono scaturirsi e sull’efficacia che possono avere sulla mappa di gioco.

Criticità/evento	Sotto-carico di rete
Significato	La somma della potenza erogata in rete eccede quella complessivamente assorbita dagli utilizzatori
Effetto	Se eccede una certa soglia oltre un determinato intervallo di tempo, la rete va in crash e la partita è persa
Azioni correttive	Vettorizzare energia verso sistemi di accumulo - La modulazione è istantanea.
	Alzare il carico degli utilizzatori flessibili - La modulazione è istantanea.
	Modulare le centrali termoelettriche con conseguente minore consumo - La modulazione avviene in un lasso di tempo in funzione della tecnologia.
	Staccare dalla rete altre risorse di produzione – La modulazione è istantanea, ma presuppone una grave penalità in termini di esborso monetario.
Criticità/evento	Sovraccarico di rete
Significato	La somma della potenza rilasciata in rete eccede quella assorbita dagli utilizzatori
Effetto	Se eccede una certa soglia oltre un determinato intervallo di tempo, la rete va in crash e la partita è persa
Azioni correttive	Vettorizzare energia dai sistemi di accumulo - accumulo - La modulazione è istantanea.
	Abbassare il carico degli utilizzatori flessibili accumulo - La modulazione è istantanea.
	Modulare le centrali termoelettriche con conseguente maggiore consumo - La modulazione avviene in un lasso di tempo in funzione della tecnologia.
Nota	Per evitare situazioni di sovraccarico e durante lo svolgimento della partita, il Giocatore può man mano aumentare l'efficienza energetica delle singole risorse "Consumatore" e "Prosumer" tramite esborso di denaro.
Criticità/evento	Guasto
Significato	Guasto casuale di una qualsiasi risorsa "Produttore", "Sistemi di generazione distribuita" (quindi i "Prosumer"), "Sistemi di accumulo dell'energia elettrica" di qualsiasi tipologia
Effetto	<p>Rende inattiva la risorsa.</p> <p>Se il "guasto" è relativo ad una risorsa "Produttore", indirettamente può comportare situazioni di sovraccarico.</p> <p>Se il "guasto" è relativo nello specifico ad una risorsa "Produttore" a fonte rinnovabile, indirettamente può comportare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - situazioni di sovraccarico; - mancato aumento di ricchezza monetaria per mancata produzione; - aumento emissioni di CO2 per maggiore utilizzo di risorsa "Centrale termoelettrica". <p>Se il "guasto" è relativo nello specifico ad una risorsa "sistema di generazione distribuita", indirettamente può comportare:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aumento del carico della risorsa "Prosumer" nei confronti della rete; - mancato aumento di ricchezza monetaria per mancata produzione;

	<ul style="list-style-type: none"> – Se il “guasto” è relativo nello specifico ad una risorsa “Sistemi di accumulo per la rete di distribuzione.”: <ul style="list-style-type: none"> ✓ rende più difficoltoso la gestione dei sovraccarichi e dei sotto-carichi; ✓ mancato aumento di ricchezza monetaria per mancato recupero di energia. <p>Se il “guasto” è relativo nello specifico ad una risorsa “Sistemi di accumulo per i sistemi di generazione distribuita”:</p> <ul style="list-style-type: none"> – aumento del carico della risorsa “Prosumer” nei confronti della rete; – mancato aumento di ricchezza monetaria per mancato recupero di energia.
Azioni correttive	<p>Esborso di denaro per ristabilire il funzionamento della risorsa.</p> <p>Il tempo di ripristino varia in funzione della risorsa coinvolta.</p>
Criticità/evento	Attacco informatico
Significato	Attacco informatico dell’infrastruttura di comunicazione e trasferimento dati.
Effetto	Inficia il funzionamento dei “Contatore”, impedendo la visualizzazione della potenza scambiata dalla risorsa cui fa riferimento il “Contatore” con la rete. Rende difficoltosa la gestione dei sovraccarichi e sotto-carichi.
Azioni correttive	<p>Esborso monetario per ristabilire il funzionamento del “Contatore” – Richiede comunque un tempo di ripristino</p> <p>Staccare dalla rete la risorsa – Effetto istantaneo, ma presuppone una grave penalità in termini di esborso monetario</p>

L’azione correttiva potrà essere accompagnata da finestre di dialogo nel quale il personaggio “SI” potrà spiegare quale logica sta implementando e la motivazione di tale scelta.

L’azione correttiva potrà essere rappresentata, solo a titolo d’esempio non esaustivo, da frecce luminose rappresentanti flussi di energia elettrica scambiata, interruttori/cursori analogici che cambiano il loro stato iniziale, ecc.

L’azione correttiva potrà essere effettuata da parte del Giocatore, solo a titolo d’esempio non esaustivo:

- nel caso di vettorizzazione dell’energia
 - per esempio, in caso di schermo “touch”, toccando e tenendo premuto lo schermo in corrispondenza di una risorsa e spostando il dito verso un’altra risorsa;
 - oppure, in caso di schermo tradizionale, cliccando col cursore in corrispondenza della risorsa e trascinando lo stesso verso un’altra risorsa;

- nel caso di esborso monetario, aprendo delle finestre pop up nella quale si decide di pagare l’importo monetario necessario per risolvere la criticità, inserire una risorsa caratterizzata da un determinato costo, efficientare un “Consumatore” o un “Prosumer”, ecc.;

- nel caso si voglia isolare una risorsa dalla rete
 - per esempio, in caso di schermo “touch”, toccando e tenendo premuto lo schermo in corrispondenza di un ramo di rete per escludere risorsa e spostando il dito effettuando un “taglio” sullo schermo;
 - oppure, in caso di schermo tradizionale, cliccando col cursore in corrispondenza della risorsa e trascinando lo stesso alla stessa maniera descritta sopra.
 - oppure ancora, tramite apertura di una finestra pop up che permette di impostare tramite cursore lo stato della risorsa su “on” o su “off”.