

**Schema delle attività di ricerca e sviluppo
di interesse generale per il sistema elettrico
per il Piano Triennale PT 2025-2027
della Ricerca di Sistema Elettrico (RdS)**

Descrizione Aree Progettuali

Indice

La Ricerca di sistema elettrico	3
Piano Triennale della Ricerca di sistema elettrico 2025 – 2027	3
<i>Scenario di riferimento della Ricerca e Sviluppo UE</i>	3
<i>Italia</i>	4
Aree di intervento e criteri di selezione del Piano Triennale 2025 – 2027	4
<i>Decarbonizzazione:</i>	5
<i>Digitalizzazione ed evoluzione delle reti:</i>	5
Progetto Integrato 1.1: Fotovoltaico innovativo, efficiente e sostenibile	6
Progetto Integrato 1.2: Tecnologie di accumulo elettrochimico e termico	6
Progetto Integrato 1.3: Tecnologie e usi finali dell’Idrogeno	7
Progetto 1.4: Materiali e dispositivi di frontiera per applicazioni energetiche	8
Progetto 1.5: Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica	9
Progetto 1.6: Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali	10
Progetto 1.7: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali	10
Progetto 1.8: Energia dal Mare	11
Progetto 1.9: Solare termodinamico	12
Progetto 1.10: Bioenergie	12
Progetto 1.11: Risorsa idrica e sistema energetico	13
Obiiettivo 2: DIGITALIZZAZIONE ED EVOLUZIONE DELLE RETI	15
Progetto integrato 2.1: <i>Cyber Security</i> dei sistemi energetici per la transizione energetica-digitale	15
Progetto 2.2: Scenari energetici e supporto alla governance	15
Progetto 2.3 a): Evoluzione nella pianificazione delle reti elettriche	15
Progetto 2.3 b): Innovazione nella gestione ed esercizio delle reti elettriche in corrente alternata (AC) e in corrente continua (DC)	16
Progetto 2.4: Digitalizzazione del sistema energetico	16
Progetto 2.5: Energia da fonti rinnovabili e integrazione nel territorio	17
Progetto 2.6: Resilienza e sicurezza del sistema energetico	17
Progetto 2.7: Mobilità sostenibile e interazione con il sistema energetico	18
Progetto 2.8: L’utente al centro della transizione energetica	18
Progetto 2.9: Mercati energetici e regolazione	19
Progetto 2.10: Flessibilità del sistema energetico integrato	19

La Ricerca di sistema elettrico

La Ricerca di Sistema elettrico nazionale («Ricerca di Sistema») è un consolidato programma di sostegno alla ricerca e sviluppo nel settore elettrico, attivo sin dall'anno 2000, volto a migliorare l'economicità, la sicurezza e la compatibilità ambientale del sistema elettrico nazionale, includendo anche aspetti appartenenti ad altri ambiti collegati.

La Ricerca di Sistema è stata inserita dal D.lgs. n. 79/99 tra gli oneri generali del sistema elettrico e finanziata dal decreto interministeriale 26 gennaio 2000 attraverso un apposito Fondo, istituito presso la CSEA - Cassa per i Servizi Energetici e Ambientali - e alimentato da una componente tariffaria (A5) della bolletta elettrica, il cui ammontare è periodicamente determinato dall'Autorità di settore («ARERA»).

Le modalità di gestione della Ricerca di Sistema sono state riformate dal Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), d'intesa con l'ARERA, con il decreto ministeriale del 16 aprile 2018. Il decreto di riforma ha sostanzialmente modificato la governance della Ricerca di Sistema, attribuendo al Ministero competente (MASE) la relativa attività di programmazione e assegnando al Ministero il compito di definire il Piano Triennale e, dopo consultazione pubblica e acquisito il parere di ARERA, di approvarlo.

Piano Triennale della Ricerca di sistema elettrico 2025 – 2027

Con il Piano Triennale vengono definite, tra l'altro, le priorità e gli obiettivi di ricerca del triennio. A valle dell'approvazione del Piano Triennale, gli enti di ricerca individuati quali affidatari di Accordi di Programma sono tenuti a predisporre i Piani Triennali di Realizzazione i quali, una volta valutati dagli esperti, costituiscono i capitolati tecnici degli Accordi di Programma medesimi.

Scenario di riferimento della Ricerca e Sviluppo UE

L'intera struttura della R&S è allineata ai principali programmi europei quali lo *Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan) e il Programma Quadro europeo per la Ricerca e l'Innovazione 2021-2027 (*Horizon Europe*); e in sintonia in termini di competitività con il *Net-Zero Industry Act* (NZIA) e il *Critical Raw Materials Act* (CRMA).

Il Piano di Ricerca di Sistema, integrato in modo coerente con *Mission Innovation*, *Horizon Europe*, PNRR, e con gli *Important Projects of Common European Interest* (IPCEI) consente inoltre di recepire le esigenze delineate da REPowerEU, con particolare accento sulle fonti rinnovabili (tecnologie ad alta efficienza, sviluppo di materiali innovativi), sull'evoluzione del rapporto con l'utilizzatore finale nelle sue scelte di comportamento energetico (ottimizzazione degli usi finali, risparmio di energia, utilizzo di tecnologie smart), nonché sulle tecnologie di generazione, trasporto e utilizzo dell'idrogeno.

Inoltre, si intendono creare le condizioni affinché la partecipazione dell'industria e dei centri di ricerca pubblici e privati italiani ai futuri programmi di ricerca, previsti dal SET Plan/*Horizon Europe* e da *Mission Innovation*, sia più ampia e meno frammentata su obiettivi comuni e condivisi.

Italia

A livello nazionale il riferimento è costituito dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC), nel quale la Ricerca, innovazione e competitività costituisce una delle cinque dimensioni del Piano. Nell'ambito del PNIEC si intende definire una strategia di medio e lungo termine 2030 con prospettiva al 2050 che delinei, per i settori della ricerca, obiettivi e priorità.

In quest'ottica, gli obiettivi di R&S&I identificano quei cluster di tecnologie energetiche che si ritiene possano consentire di:

- raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, sia all'orizzonte 2030 che al 2050, tanto per il loro potenziale di penetrazione, quanto per il loro ruolo nel rendere la transizione tecnicamente fattibile;
- mantenere e rafforzare la competitività dell'industria italiana.

Obiettivi generali e temi di ricerca del Piano Triennale 2025 – 2027

Il nuovo Piano Triennale della ricerca 2025-2027 si articola in due obiettivi generali:

1. **Decarbonizzazione;**
2. **Digitalizzazione ed evoluzione delle reti.**

Il Piano Triennale assume come centrali l'attinenza diretta o indiretta al settore elettrico, la natura applicativa dei risultati ottenuti nello svolgimento delle attività di ricerca, anche di tipo fondamentale, l'utilità generale per il sistema elettrico e per gli utenti elettrici in particolare e non si configura come un programma di supporto ai soggetti operanti nel settore dell'energia elettrica o in altri settori.

I criteri che hanno ispirato la predisposizione del Piano sono stati:

- l'allineamento agli obiettivi generali espressi in campo europeo nel SET-Plan e nel programma *Horizon Europe*, in coerenza con il Pacchetto *Fit-for-55* e con le misure individuate dal *REPowerEU*;
- i nuovi indirizzi forniti dal Governo in materia di politica energetica, recepiti dal PNIEC, che si integra e coordina con il PNRR, integrandole con la digitalizzazione, la transizione energetica e le politiche ambientali;
- la necessità di favorire un approccio **integrato** alla ricerca di sistema elettrico rispetto alla pluralità di fonti e vettori energetici, alla luce sia della sempre maggiore esigenza di flessibilità (sia lato offerta, che lato domanda), che induce una maggiore integrazione del sistema elettrico con i sistemi gas e idrico, sia della progressiva integrazione delle funzioni di regolazione;
- l'opportunità di valorizzare e ottimizzare le specializzazioni dei centri di ricerca, individuando alcuni "**progetti integrati**" sui quali gli Enti siano chiamati ad una collaborazione più stretta nell'accelerare la decarbonizzazione del sistema elettrico.

Decarbonizzazione

All'interno del macro-obiettivo, tre aree di R&S ognuna articolata in specifici temi di ricerca:

1) TECNOLOGIE E MATERIALI

- a) Tecnologie di accumulo elettrochimico e termico
- b) Tecnologie e usi finali dell'Idrogeno
- c) Materiali e dispositivi di frontiera per applicazioni energetiche

2) RINNOVABILI

- a) Fotovoltaico innovativo, efficiente e sostenibile
- b) Energia dal mare
- c) Solare termodinamico
- d) Bioenergie

3) EFFICIENZA

- a) Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica
- b) Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali
- c) Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali
- d) Risorsa idrica e sistema energetico

Digitalizzazione ed evoluzione delle reti

All'interno del macro-obiettivo, tre aree di R&S ognuna articolata in specifici temi di ricerca:

1) SICUREZZA SISTEMA ELETTRICO

- a) Cyber Security dei sistemi energetici per la transizione energetica-digitale
- b) Evoluzione nella pianificazione delle reti elettriche
- c) Innovazione nella gestione ed esercizio delle reti elettriche in corrente alternata (AC) e in corrente continua (DC)
- d) Resilienza e sicurezza del sistema energetico
- e) Flessibilità del sistema energetico integrato
- f) Digitalizzazione del sistema energetico

2) SCENARI ENERGETICI

- a) Scenari energetici e supporto alla governance
- b) Mercati energetici e regolazione

3) INTEGRAZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO

- a) Mobilità sostenibile e interazione con il sistema energetico
- b) L'utente al centro della transizione energetica
- c) Energia da fonti rinnovabili e integrazione nel territorio

Obiettivo 1: DECARBONIZZAZIONE

Progetto Integrato 1.1: Fotovoltaico innovativo, efficiente e sostenibile

L'attività di ricerca mira a sostenere il raggiungimento degli obiettivi del Piano Nazionale Integrato Energia Clima (PNIEC) al 2030 mediante la generazione fotovoltaica (FV) che rappresenta una tecnologia chiave per promuovere il processo di transizione energetica globale, necessario alla riduzione delle emissioni di gas serra e al contrasto ai cambiamenti climatici.

Il progetto ha l'obiettivo di:

- sviluppare tecnologie FV innovative ad alta efficienza da avviare verso i processi produttivi, valutandone la sostenibilità in termini economici ed ambientali;
- studiare possibili soluzioni per l'integrazione del FV in differenti ambiti applicativi (FV integrato negli edifici, agrivoltaico, fotovoltaico galleggiante), in modo da promuovere la penetrazione del FV nel sistema energetico nazionale;
- sviluppare metodologie in grado di assicurare le migliori prestazioni energetiche agli impianti FV durante la loro vita utile con un basso costo di gestione.

Tutti gli obiettivi intendono promuovere benefici per il sistema elettrico italiano e per i suoi utenti, nonché rilevanti ricadute per l'industria nazionale del settore.

La ricerca sarà svolta nell'ambito di un progetto integrato fra gli Enti di ricerca affidatari. Il Progetto si avvarrà del *know-how* e delle infrastrutture di ricerca già disponibili e di quelle che verranno implementate nel corso dello stesso Programma, mettendo a sistema le competenze ed esperienze presenti nei diversi Organismi di ricerca e Università e interagendo costantemente con gli operatori FV nazionali.

Progetto Integrato 1.2: Tecnologie di accumulo elettrochimico e termico

Il tema dell'accumulo di energia è sempre più strategico in un sistema energetico ormai rivolto all'utilizzo massivo delle fonti energetiche rinnovabili e che guarda ai target di decarbonizzazione e sicurezza energetica previsti per il 2050.

Le attività avviate nel precedente Piano Triennale 22-24, aventi un carattere fortemente esplorativo, rappresentano la base per il naturale proseguimento delle stesse anche all'interno del nuovo progetto integrato del PT 25-27. Pertanto, si ritiene opportuno proseguire l'attività sui materiali avanzati per i sistemi di accumulo elettrochimico (SAE), con lo sviluppo di batterie litio-ione (Li) avanzate e Li-metallico stato solido (III e IV generazione), per aumentarne sicurezza, sostenibilità e prestazioni, nonché su batterie post-Li, con l'obiettivo di esplorare nuove chimiche e validarne le prestazioni: batterie a ioni metallici (es. magnesio, Mg), metallo-aria (es. Li-aria), sistemi a flusso (es. redox), sistemi a metalli fusi e tecnologie con materiali organici o di derivazione naturale. Particolare attenzione sarà rivolta alla tecnologia sodio-ione (Na), di cui si prevede la sfidante realizzazione di una cella completa ad alte prestazioni con i migliori materiali sviluppati dai partner di progetto.

Analogamente, in continuità con il precedente PT, sono da considerarsi strategiche le attività inerenti allo sviluppo di strumenti di diagnostica, monitoraggio e controllo di SAE, attraverso modelli *data-driven*, sviluppati tramite intelligenza artificiale a partire da dati raccolti, o modelli basati su principi fisici/chimici. In entrambi i casi, la stima dei parametri dei modelli è condotta con test di laboratorio su batterie in diverse condizioni operative e fattori di stress, durante la *first-* e la *second-life*.

I dati raccolti potranno essere resi disponibili in un database condiviso. Il concetto di sostenibilità ambientale, economica e sociale dei nuovi SAE dovrà essere garantito da studi *Life Cycle Assessment*, (LCA, Valutazione del Ciclo di Vita), *Life Cycle Costing* (LCC, Costo del Ciclo di Vita) e da attività sperimentale su *mining* innovativo (es. brine geotermiche), in continuità con il precedente PT.

Per l'attività che riguarda l'accumulo termico si propone sia lo sviluppo di materiali di frontiera, attivi (es. termochimici, compositi e/o nanostrutturati) e di supporto (es. mescole cementizie o materiali ceramici porosi), che di tecnologie e processi avanzati (es. sistemi *power-to-cold-to-power*). Gli obiettivi sono quelli di aumentare la densità energetica e utilizzare materiali facilmente disponibili, nonché di rendere il sistema più integrabile con il sistema utente per la produzione da rinnovabili. Si prevede, infine, uno studio approfondito per l'introduzione di tecnologie ibride, per garantire una maggiore flessibilità e soddisfare più facilmente e contemporaneamente diverse esigenze del sistema energetico.

La ricerca sarà svolta nell'ambito di un progetto integrato fra gli Enti di ricerca affidatari.

Progetto Integrato 1.3: Tecnologie e usi finali dell'Idrogeno

L'idrogeno rinnovabile è un vettore energetico sostenibile e versatile, ormai ampiamente riconosciuto come un vettore centrale per la transizione energetica, con particolare riferimento al suo utilizzo per la decarbonizzazione dei settori hard to abate e come elemento di interconnessione tra le reti elettriche e gas al fine di fornire flessibilità al sistema energetico. Lo sviluppo delle tecnologie dell'idrogeno può facilitare lo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili e dare un importante contributo in termini di sicurezza e indipendenza energetica, favorendo la diversificazione delle fonti e la riduzione dei consumi (e di conseguenza dell'import) del gas naturale. Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) identifica l'idrogeno tra gli ambiti tecnologici prioritari per il sistema di ricerca italiano, evidenziando come le iniziative R&S in corso siano strutturate con l'obiettivo di sostenere l'intera filiera industriale.

In questo contesto, le attività di ricerca proposte su questo tema per il triennio 2025-2027 della RdS sono volte a sviluppare processi e tecnologie lungo tutta la catena del valore dell'idrogeno. Nello specifico:

- **Produzione.** Ci si concentra su processi di produzione innovativi e alternativi alle tecnologie consolidate per l'elettrolisi (PEM e alcalina); in particolare: processi innovativi di elettrolisi, processi termo(elettro)chimici potenzialmente accoppiabili con tecnologie energetiche sostenibili per fornire il calore e l'energia elettrica del processo, produzione diretta da fonte solare mediante processi foto(elettro)chimici. Sono inoltre previste analisi di sostenibilità ambientale dei processi e delle tecnologie di produzione di idrogeno verde.
- **Trasporto e accumulo.** Relativamente al trasporto dell'idrogeno, è previsto lo sviluppo di soluzioni, metodologie e strumenti per il trasporto in miscela con il gas naturale nell'attuale rete gas, includendo attività relative alla sicurezza e a supporto dello sviluppo di standard e normative; è inoltre previsto lo sviluppo di materiali e sistemi per la sintesi dei *carrier* dell'idrogeno e la riconversione degli stessi in idrogeno e lo studio di sistemi *power-to-gas*. Relativamente all'accumulo, ci si concentra sullo stoccaggio in siti geologici.
- **Usi finali.** Le attività proposte riguardano tecnologie che possano promuovere la domanda di idrogeno per applicazioni a supporto della flessibilità della rete elettrica. In particolare, è prevista l'ottimizzazione del design e del processo di fabbricazione di celle a combustibile, e lo studio di soluzioni per l'alimentazione flessibile con miscele idrogeno-gas naturale a composizione variabile di macchine e utenze termiche convenzionali.

La ricerca sarà svolta nell'ambito di un progetto integrato fra gli Enti di ricerca affidatari.

Progetto 1.4: Materiali e dispositivi di frontiera per applicazioni energetiche

Nella prospettiva di una sempre maggiore penetrazione delle rinnovabili, per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione e indipendenza energetica e tecnologica, un ruolo fondamentale lo avranno i materiali innovativi, il cui sviluppo rappresenta un elemento imprescindibile per l'accesso sempre più significativo di numerose tecnologie all'interno del settore elettro-energetico, favorendone migliori performance sia a livello di produzione, che di costi, che di sostenibilità ambientale.

Lo sviluppo su grande scala delle tecnologie energetiche a basse emissioni non può prescindere dalla validazione di nuovi materiali a limitato impatto ambientale e a ridotto contenuto di materie prime critiche (*Critical Raw Material*, CRM). Strategie vincenti per raggiungere questi obiettivi passano anche dai concetti di recupero dei materiali attraverso principi di economia circolare e/o chimica verde.

Lo sviluppo di materiali innovativi, progettati con criteri di circolarità a fine vita, è fondamentale per migliorare l'efficienza dei sistemi energetici del futuro e per contenere i costi.

Materiali avanzati possono migliorare la produttività energetica in diversi settori. I materiali con nuove proprietà, maggiore durabilità e sostenibilità faranno risparmiare energia nei processi e nelle applicazioni ad alta intensità energetica, e creeranno un nuovo sviluppo per la generazione di energia rinnovabile

In questo contesto le attività previste nel presente tema di ricerca intendono testare diverse famiglie di composti innovativi quali soluzioni alternative, a ridotto impatto ambientale, per ambiti applicativi funzionali a migliorare l'efficientamento e la sostenibilità nello sviluppo ed esercizio della rete elettrica nazionale. La natura esplorativa del progetto offrirà le basi per una valutazione oggettiva sulle potenzialità applicative delle classi di materiali prese in esame al fine di avviare quelle più promettenti ad ulteriori approfondimenti in futuri progetti di ricerca specifici. Il progetto mira inoltre allo sviluppo di materiali adatti ad essere integrati in alcune delle tecnologie sviluppate negli altri progetti al fine di favorire la pervasività e aumentarne la durata, andando in tal modo ad incidere sulla sostenibilità e sui costi del sistema elettrico nazionale. Lo sviluppo di materiali, qualunque sia l'applicazione per cui vengono sviluppati e ingegnerizzati, deve inoltre essere affrontato puntando a soluzioni che consentano la riduzione di metalli e materie prime critiche, così come deve essere valutata attentamente la sostenibilità secondo le indicazioni chiaramente delineate nei recenti documenti della Comunità Europea (*European Green New Deal*, *Critical Raw Materials Act*) e di indirizzo nazionale.

Le attività del progetto sono orientate verso:

- la ricerca e sviluppo di materiali e processi innovativi e realizzazione di componenti mediante tecnologie additive (*Additive Manufacturing*, AM), per tecnologie afferenti al settore della produzione di energia e dello scambio termico;
- lo sviluppo e realizzazione di dispositivi a stato solido per il recupero di calore a bassa temperatura (< 200°C);
- l'introduzione di catalizzatori sostenibili e innovativi per processi a basso consumo energetico destinati all'elettificazione dei processi produttivi nell'industria chimica e dei combustibili;
- lo sviluppo di materiali compositi riciclabili per applicazioni nel settore eolico.

Queste attività si inseriscono all'interno della linea d'azione "Fonti rinnovabili" del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) 2023, oltre a collocarsi all'interno del *Net-Zero Industry Act* (NZIA) nell'ottica dello sviluppo ed implementazione di tecnologie *green* e rispondere agli obiettivi

integrating renewable technologies in the energy systems e reducing costs of technologies previsti dal SET-Plan.

Altre attività del progetto riguardano poi:

- lo studio di magneti permanenti per eolico e mobilità elettrica a ridotto/nullo contenuto di CRM;
- la valorizzazione di materiali di scarto (es. lignina, cheratina) nell'ambito dell'efficientamento energetico degli edifici;
- lo sviluppo di nuovi materiali e strategie per la sostenibilità/riciclo di moduli FV e macchine elettriche (es. trasformatori);
- lo sviluppo di rivestimenti protettivi per estendere la vita utile di componenti in ambienti aggressivi (es: metalli liquidi);
- lo sviluppo di materiali per sistemi a membrana per purificazione/separazione di gas e reattori a membrana;
- il potenziamento di materiali per sistemi a membrana a scambio ionico per la produzione di energia da gradienti salini;
- l'incremento di materiali per sistemi di recupero ed accumulo energetico (*energy harvesting/storage*).

Progetto 1.5: Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica

Il tema dell'efficienza energetica è un elemento chiave delle politiche europee, ribadito dal principio "*Energy Efficiency First*". In quest'ottica, la Commissione Europea, nell'ambito dello *European Green Deal*, ha posto obiettivi sempre più sfidanti agli stati membri. La legislazione europea in materia di efficienza energetica si è pertanto evoluta in maniera significativa negli ultimi 15 anni. In questo contesto il settore civile continua a rappresentare, pur registrando una riduzione dei consumi legata agli interventi di efficientamento degli ultimi anni, un elemento strategico nel percorso di decarbonizzazione nazionale, realizzato a partire dal *Clean Energy Package* europeo, attraverso il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) ed il perseguimento degli obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni climalteranti nei settori soggetti a *Effort Sharing Regulation* (ESR). Risulta quindi fondamentale, in questa prospettiva, sviluppare approcci multidisciplinari, intersettoriali tra sistemi e tecnologie, che supportino l'evoluzione del sistema energetico verso un assetto distribuito, e che siano in grado di promuovere l'efficienza come strumento per la riduzione dei consumi e della spesa energetica, per la tutela dell'ambiente, la sicurezza e il benessere abitativo. Le attività proposte con questi obiettivi si articolano su:

- individuazione e implementazione di apposite strategie di retrofit integrate e replicabili nel processo di efficientamento degli Edifici Storici e la valutazione degli impatti ambientali di tali politiche/metodologie innovative di efficientamento energetico;
- valutazioni di impatto energetico ed ambientale dell'utilizzo di protocolli energetico-ambientali e dei Criteri Ambientali Minimi, quali strumenti per ottimizzare le prestazioni di un edificio all'interno del contesto circostante;
- sperimentazioni sugli impatti derivanti dall'utilizzo di materiali di costruzione sostenibili ed innovativi nell'ambito di immobili del settore residenziale e terziario e valutazioni dell'incremento dell'efficienza energetica e dell'uso delle risorse;
- sviluppo di strumenti e metodi per analizzare la qualità delle prestazioni energetiche del parco edifici nazionale, allo scopo di definire nuovi standard minimi in funzione degli obiettivi della nuova Direttiva EPBD;

- studio di soluzioni per incrementare l'autonomia dei consumi e la flessibilità nella gestione degli edifici in ambiente urbano e in contesti di isolamento energetico;
- sperimentazione di soluzioni per incrementare le prestazioni di reti di teleriscaldamento (ad esempio sviluppo tecnologico di sottostazioni di scambio termico bidirezionali e di strategie innovative per l'integrazione di sistemi di accumulo termico di ultima generazione in reti a bassa temperatura);
- analisi dei benefici multipli derivanti dagli interventi di efficienza energetica in grado di incrementare la consapevolezza degli utenti finali (ad esempio mediante l'implementazione dello *Smart Readiness Indicator* nel contesto nazionale) e di evidenziarne i benefici economici e sociali (es. salute, povertà energetica).

Progetto 1.6: Efficienza energetica dei prodotti e dei processi industriali

L'efficienza e la transizione energetica dei processi industriali sono temi centrali nell'agenda energetica globale. Nei prossimi anni sono previsti investimenti significativi nelle infrastrutture e nelle tecnologie sostenibili, con l'obiettivo di spingere le imprese ad adottare modelli di sviluppo più sostenibili ed efficienti, valorizzando l'utilizzo delle risorse presenti sul territorio e disaccoppiando la crescita economica dall'impatto ambientale. L'attivazione di tali investimenti richiede però ancora, in moltissimi casi, la realizzazione di attività di R&S preliminari. Le attività proposte vanno ad arricchire un filone di ricerca molto prolifico negli ultimi anni, come testimoniato dalla grande attenzione rivolta a questi argomenti a livello europeo (SET-Plan e *Horizon Europe*) e saranno focalizzate su:

- promozione della sorveglianza del mercato a livello nazionale ed europeo relativamente all'efficienza dei prodotti connessi all'energia;
- efficientamento dei processi termici industriali (ad es. applicazione di tecnologie per trattamenti di natura non termica o termici innovativi nel settore alimentare, soluzioni tecnico-gestionali per la valorizzazione di scarti termici, efficientamento dei processi di separazione dei gas industriali);
- analisi dei consumi e delle potenzialità in termini di efficienza energetica di filiere produttive o distretti/comparti industriali (ad es. catene del valore per i processi di *off-site construction*);
- sviluppo di strumenti, analisi e impatto di tecnologie e pratiche per l'efficienza e la transizione energetica nei settori produttivi;
- sviluppo di tecnologie per la valorizzazione degli scarti agroindustriali, industriali e municipali;
- efficientamento della filiera idrica; studi sull'efficienza energetica nella generazione (in particolare di sistemi innovativi geotermici), trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica, al fine di adeguare gli attuali schemi di incentivazione alle mutate condizioni operative delle reti stesse;
- valutazioni strategiche per la decarbonizzazione del settore industriale, a supporto dell'evoluzione da Transizione 4.0 a Transizione 5.0, con valutazioni sul ruolo della Finanza sostenibile nelle imprese anche in relazione al *Net Zero Industry Act*;
- istituzione di un osservatorio sulle policy di decarbonizzazione per i settori *hard-to-abate*;
- sviluppo di tecnologie per incrementare l'efficienza di selezionati processi dell'industria energivora, mediante tecnologie a membrana;
- valutazioni strategiche per la decarbonizzazione dei settori primari, ed in particolare del settore agroalimentare.

Progetto 1.7: Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Il progetto *Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali* ha l'obiettivo di favorire un approccio integrato alla transizione energetica urbana attraverso l'introduzione di

tecnologie e sistemi per le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), le infrastrutture urbane energivore, la mobilità e la climatizzazione sostenibili.

Le attività sulle CER riguardano una infrastruttura digitale su cui sono convogliati strumenti che sostengono la loro creazione nelle fasi di avvio, gestione e valutazione delle stesse e un Osservatorio CER per contribuire alla definizione di policy, strumenti, standard, attraverso tavoli di lavoro sugli aspetti regolatori, legali, economici e finanziari.

Per le infrastrutture energivore l'attività si incentra su piattaforme digitali interoperabili per la mappatura di asset pubblici energivori e la condivisione di dati urbani finalizzata alla creazione di nuova informazione e nuovi servizi.

Le attività sulla mobilità riguardano la ricerca sulla sicurezza dei sistemi di accumulo, sullo scambio termico bifase dei componenti di potenza, sulle tecnologie veicolari per il trasporto pubblico locale (TPL) con sperimentazione su sistemi di ricarica dinamica di veicoli in convoglio e sui sistemi informatici a supporto decisionale per la mobilità urbana.

La tecnologia in pompa di calore si focalizza sullo sviluppo di sistemi complessi, integrati con altre tecnologie, quali il geotermico, il fotovoltaico e gli accumuli, e di sistemi di supervisione avanzati per incrementare prestazioni, flessibilità e previsione malfunzionamenti, nonché attività di indirizzo e coordinamento degli attori della filiera delle pompe di calore sul territorio nazionale.

Progetto 1.8: Energia dal mare

L'energia dal mare comprende una varietà di tecnologie avanzate che sfruttano le risorse naturali del mare per produrre energia rinnovabile. Questo settore è in rapida ascesa e sta acquisendo un rilievo sempre maggiore all'interno del contesto energetico europeo e nazionale. La Commissione Europea, con l'obiettivo di installare 111 GW di capacità energetica offshore entro il 2030, ha raddoppiato le ambizioni stabilite nel 2020, inserendosi nel più vasto progetto di decarbonizzazione e riduzione della dipendenza dai fossili, che contribuiranno al traguardo della neutralità climatica. Per questo motivo il SET-Plan europeo ha recentemente aggiornato le azioni prioritarie per consolidare la leadership della UE nel settore dell'energia dal mare.

Lo sviluppo dell'energia dal mare in Italia è un'occasione per mettere a sistema competenze già esistenti e distribuite lungo tutta la catena del valore, dalla R&S alla distribuzione di servizi, generando vantaggi competitivi per la ricerca e l'industria italiana.

L'Italia è presente nel *Working Group "Ocean Energy"* del SET-Plan, a cui afferiscono 11 Stati Membri e *stakeholder* di settore, e dal 1° gennaio 2021 lo presiede.

Negli scenari futuri verso l'indipendenza energetica in EU, quasi il 73% dell'elettricità sarà generata da fonti rinnovabili entro il 2050 con una produzione di energia dalla sola fonte eolica fino al 26% nel 2030 e fino al 56% nel 2050. L'energia eolica terrestre potrebbe rappresentare quasi i tre quarti della capacità eolica totale nel 2030 e i due terzi nel 2050, lasciando quindi spazio ad un crescente contributo dell'eolico marino.

In un tale contesto lo sfruttamento dell'eolico marino e più in generale delle energie rinnovabili marine (RE), cioè, provenienti da vento, sole ed onde, diventa un'opportunità ed una necessità non più rinviabile per il nostro Paese.

Il presente tema di ricerca intende proseguire le esperienze maturate nel precedente PT 2022-2024, consolidando la ricerca sviluppata nell'ambito dell'energia dalle onde e dell'eolico *off-shore* e dello sviluppo di laboratori per le energie rinnovabili marine, con l'obiettivo nello specifico di pervenire alla realizzazione di prototipi in scala semi-industriale e più in generale di ridurre l'impatto ambientale ed i costi energetici per l'utente finale, proponendo soluzioni ottimali per l'indipendenza energetica del nostro Paese.

Progetto 1.9: Solare termodinamico

Il solare a concentrazione, termico (*Concentrating Solar Thermal*, CST) e termodinamico (*Concentrating Solar Power*, CSP), è una tecnologia di generazione termica/elettrica che può svolgere un ruolo chiave nel supportare la penetrazione delle rinnovabili, sia nel mix energetico che nel settore industriale, ai fini di una capillare decarbonizzazione dell'intero sistema energetico/produttivo nazionale.

In quest'ambito, le attività di ricerca sulla tecnologia CST/CSP per il triennio 2025-2027 devono innestarsi sui risultati conseguiti e sui prodotti sviluppati nel precedente triennio, puntando a un sostanziale avanzamento della tecnologia, sia in termini di miglioramento prestazionale e maggiore versatilità/applicabilità, sia di passaggio di scala e/o incremento del livello di maturità tecnologica (TRL).

In particolare, allo scopo di incrementare la dispacciabilità dell'energia termica/elettrica prodotta da CST/CSP e ridurre i costi di generazione, occorre promuovere l'ibridizzazione del CST/CSP con altre tecnologie da fonti energetiche rinnovabili (FER), portando avanti lo sviluppo e la sperimentazione di sistemi di accumulo termico innovativi che consentano l'integrazione diretta dei flussi termici da solare a concentrazione e dei flussi elettrici da altre FER (*in primis* fotovoltaico, FV). Inoltre, al fine di facilitare la gestione operativa degli impianti CST/CSP e ottimizzare gli interventi manutentivi sul campo solare e sul circuito idraulico, riducendo in modo significativo i costi di esercizio (O&M), saranno sviluppati e testati materiali/componenti/dispositivi innovativi per la rilevazione in remoto dei parametri e delle anomalie di funzionamento di impianto.

Utilizzando e valorizzando parte dell'infrastruttura sperimentale implementata nel precedente triennio, sarà inoltre reso disponibile un dimostratore tecnologico di sistema ibridizzato tra CST/CSP e FV per la cogenerazione distribuita di elettricità e di calore a temperatura medio-bassa per utenze industriali e civili.

Progetto 1.10: Bioenergie

Il raggiungimento degli obiettivi di transizione energetica e decarbonizzazione previsti al 2050 richiedono la valorizzazione di tutte le fonti rinnovabili, tra cui le biomasse. La bioenergia a livello nazionale, nel 2021, ha coperto circa 70 % di tutto il consumo finale lordo di energia termica rinnovabile e circa il 16 % di tutto il consumo finale lordo di energia elettrica rinnovabile. A scala EU, nel 2021, le bioenergie hanno coperto il 16% della produzione lorda di energie elettriche rinnovabili e il 94% della produzione lorda di energia termica rinnovabili.

La bioenergia rispetto alle altre fonti rinnovabili si contraddistingue per la sua programmabilità e flessibilità e può contribuire alla stabilizzazione della produzione soprattutto per applicazioni distribuite (es comunità energetiche, comuni montani e rurali) con impatti socioeconomici rilevanti sulle filiere locali.

A livello europeo, il contributo delle biomasse agli obiettivi di neutralità climatica è riconosciuto nel *Green Deal*, nell'iniziativa *RepowerEU*, e nella RED III.

Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) attribuisce un ruolo importante alle bioenergie soprattutto per produzione termica e biocarburanti. Nell'insieme il settore bioenergie continuerà a rivestire un ruolo importante e la produzione di bioelettricità avverrà prevalentemente attraverso la diffusione di impianti decentralizzati di piccola taglia.

Il progetto si articola in un'attività di tipo sperimentale per la produzione ottimizzata di energia elettrica da biomasse accoppiata a calore ed attività di sviluppo di database georeferenziati integrati e modelli di analisi territoriale per favorire l'uso efficiente delle risorse e rispondere all'evoluzione di alcuni settori come quello dei trasporti. In particolare, il progetto prevede:

- un'attività di ricerca e sviluppo basata sull'ottimizzazione della tecnologia della gassificazione di biomasse per l'ottenimento di un gas di sintesi con caratteristiche ottimali per celle a combustibile di tipo SOFC finalizzate alla produzione elettrica ad alta efficienza accoppiata a calore (CHP);
- la creazione/integrazione/aggiornamento di database territoriali per la mappatura delle disponibilità di numerose tipologie di biomasse, che verranno integrati con la mappatura multi-tematica;
- l'implementazione di strumenti di supporto alle decisioni basati su modelli di calcolo per la stima delle produzioni territoriali di bioenergia/biocarburanti/prodotti *bio-based* integrate con le disponibilità di elettricità rinnovabile da altre fonti/ idrogeno verde;
- *assessment* di sistemi di generazione di elettricità alimentati a biocombustibili liquidi per alimentare in tempo reale colonnine di ricarica di auto elettriche in zone extra-urbane (*off-board hybrid system*);

Altro obiettivo del progetto è quello di fornire tecnologie innovative, modelli di sfruttamento sempre più efficaci, strumenti di supporto delle decisioni per l'utilizzo sostenibile delle biomasse a scopi energetici, perseguito attraverso le seguenti azioni:

- mappatura multi-tematica delle risorse, con particolare riferimento agli aspetti logistici ed ai potenziali di utilizzo locale dei vettori energetici ottenuti;
- sviluppo di strumenti di valutazione della sostenibilità nell'utilizzo delle biorisorse, sotto il profilo ambientale e socioeconomico;
- studi e sperimentazioni su biometanazione a scala pilota, sistemi energetici ibridi agrivoltaico-biogas, bio-LNG, produzione di idrogeno da gassificazione di biomasse solide;
- studi e sperimentazioni di fissazione del carbonio in terreni e biomasse forestali;
- sviluppo prenormativo, normativo e supporto istituzionale.

Progetto 1.11: Risorsa idrica e sistema energetico

Gli effetti dei cambiamenti climatici stanno aggravando le emergenze legate agli eventi estremi, scarsità idrica da un lato, precipitazioni intense e alluvioni dall'altro, che spesso causano danni ingenti al tessuto socioeconomico e ambientale.

Si rende pertanto necessario un approccio integrato per la gestione della risorsa idrica per individuare prontamente le priorità di utilizzo in funzione delle esigenze, nonché promuovere progetti che migliorino la capacità di accumulo o che interconnettano bacini esistenti, indispensabili per mitigare gli impatti delle crisi idriche o il rischio alluvioni. Il settore idroelettrico, grazie alla sua capacità di accumulo e flessibilità, assume un ruolo strategico non solo nel processo di transizione energetica, ma anche nella gestione sostenibile dell'acqua.

Il progetto prevede studi sullo sfruttamento ottimale a fini energetici della risorsa idrica che tengano conto della disponibilità attuale e futura della risorsa (puntando anche al miglioramento della capacità predittiva della modellistica idro-meteorologica), della compatibilità con gli altri usi e della gestione degli eventi estremi.

Il problema risulta ancora più complesso nell'ottica della transizione verso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili come fotovoltaico, eolico ed idrogeno che, in alcuni casi, possono essere caratterizzate da impronte idriche paragonabili all'impiego di fonti fossili, comprese a livello nazionale tra 330 Mm³/TJ a 3200 Mm³/TJ. La connessione acqua-energia va quindi considerata già in fase di pianificazione energetica e, soprattutto, in relazione all'applicazione di tecnologie per la produzione di energia rinnovabile, tenuto conto che il loro effettivo impatto sulla risorsa idrica è ancora oggetto di studio. Si rende quindi necessario nell'ambito del progetto approfondire il tema

della disponibilità della risorsa idrica e della sua compatibilità tra i diversi usi e quello energetico, sfruttando le potenzialità delle previsioni meteo e valutando le possibili strategie di adattamento ed ottimizzazione della connessione acqua-energia in settori particolarmente idro-esigenti come quello agricolo. Analogamente, verranno indagate le modalità di utilizzo dell'acqua nei sistemi di produzione dell'energia rinnovabile, con particolare riferimento ai sistemi per la produzione di idrogeno o all'integrazione di sistemi fotovoltaici in bacini idrici.

Obiettivo 2: **DIGITALIZZAZIONE ED EVOLUZIONE DELLE RETI**

Progetto integrato 2.1: *Cyber Security* dei sistemi energetici per la transizione energetica-digitale

È ormai un rischio accertato che le reti energetiche-digitali siano vulnerabili e possano subire danni da attacchi informatici. Lo storico degli attacchi ai sistemi energetici include una casistica diversificata di processi malevoli che hanno provocato conseguenze significative sul servizio energetico.

Lo sviluppo e l'adozione di misure di *cybersecurity* adeguate al livello di rischio per la fornitura di servizi energetici sempre più interconnessi è una priorità riconosciuta dalle strategie di sviluppo e innovazione del sistema Paese, finalizzate a garantire un livello di maturità tecnologica allineato ai target di *cybersecurity* europei attuali e futuri. Nell'ambito del presente Piano di Ricerca si propone il Progetto integrato *Cyber Security* dei sistemi energetici per la transizione energetica-digitale in cui gli enti affidatari indirizzeranno in modo sinergico i seguenti macro-temi:

- proporre metodi e soluzioni tecnologiche avanzate di *cybersecurity* nelle applicazioni digitali per il controllo energetico;
- progettare e sviluppare strumenti e soluzioni prototipali per preservare la resilienza delle infrastrutture *cyber*-fisiche a fronte di minacce alla *cybersecurity*;
- sfruttare le potenzialità delle tecnologie di intelligenza artificiale per migliorare la *cybersecurity* e la privacy dei servizi energetici.

La ricerca sarà svolta nell'ambito di un progetto integrato fra gli Enti di ricerca affidatari.

Progetto 2.2: Scenari energetici e supporto alla governance

Questo progetto intende sviluppare gli scenari di evoluzione del sistema energetico nazionale in ottica principalmente di decarbonizzazione e perseguendo gli altri obiettivi della *governance* del sistema energetico, quali: il miglioramento della sicurezza e dell'indipendenza energetica, lo sviluppo economico del paese, l'economia circolare, la valutazione degli impatti sull'ambiente anche su scala locale (scenari ambientali e valutazioni *Life Cycle Assessment*, LCA - Valutazione del Ciclo di Vita) e la valutazione degli impatti sul consumatore finale (con attenzione alle fasce vulnerabili della popolazione).

Il progetto, avvalendosi di modelli e metodologie, prevede di fornire analisi quantitative a diretto supporto delle amministrazioni che si occupano della governance del sistema energetico nazionale, tra questi:

- le analisi di scenario per la pianificazione e le strategie energetiche (ad esempio per la *National Long-Term Strategy*, LTS) al 2050;
- l'esplorazione degli impatti di specifiche misure (ad esempio il *Carbon Border Adjustment Mechanism*, CBAM, e la fiscalità energetico-ambientale);
- l'esplorazione di percorsi di evoluzione alternativi per il sistema energetico (come lo sviluppo del nucleare).

Progetto 2.3 a): Evoluzione nella pianificazione delle reti elettriche

Gli impatti del cambiamento climatico e la necessità di trasformare il sistema energetico per raggiungere gli obiettivi della transizione energetica richiedono una revisione e un adeguamento delle metodologie, dei modelli e degli strumenti di pianificazione del sistema elettrico. Una

pianificazione efficiente deve garantire, al minimo costo per gli utenti, l'adeguatezza, l'affidabilità e la resilienza del sistema nel rispetto di determinati requisiti di sicurezza e di qualità del servizio. I metodi di pianificazione proposti devono inoltre evolversi di pari passo anche con i futuri sviluppi riguardanti le prospettive tecnologico/architetturali (ad esempio reti ibride in corrente alternata e continua AC-DC).

Gli sviluppi metodologici saranno di supporto agli *stakeholder* e ai *policy maker* nella identificazione delle esigenze di evoluzione della rete nei nuovi scenari e degli utenti del sistema elettrico come beneficiari ultimi del servizio elettrico. In considerazione delle suddette premesse, beneficiando dei prodotti della ricerca sviluppati in precedenti Accordi di Programma, le attività di ricerca progettuali dovranno incentrarsi sui seguenti temi:

- innovazione nell'architettura delle reti ibride (AC-DC);
- nuovi metodi e strumenti per la pianificazione delle reti di trasmissione e distribuzione, anche ibride (AC-DC);
- adeguatezza del sistema elettrico;
- modellistica e sperimentazione a supporto della pianificazione delle reti elettriche.

Progetto 2.3 b): Innovazione nella gestione ed esercizio delle reti elettriche in corrente alternata (AC) e in corrente continua (DC)

A partire dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), dai programmi Horizon Europe 2021-2027, i progetti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), i *Joint Programme EERA*, ISGAN e l'iniziativa globale *Mission Innovation* con la *Green Powered Future Mission (GPFM)*, considerando le future evoluzioni delle reti e tenendo conto della criticità derivanti da fattori influenti sul comportamento del sistema, è necessario identificare, sviluppare e validare sperimentalmente diverse modalità di gestione e diagnostica, basate anche sull'intelligenza artificiale, e soluzioni tecnologiche e di misurazione, protezione, monitoraggio e controllo evolute, per garantire un adeguato livello di affidabilità, flessibilità, controllabilità, monitoraggio e resilienza della rete elettrica per supportare gli operatori industriali, gli *stakeholder* e ai *policy maker* al fine di identificare le esigenze di evoluzione della rete nei nuovi scenari al 2030.

Alla luce di tali premesse, e sfruttando le sinergie con i prodotti della ricerca sviluppati in precedenti Piani triennali, le attività progettuali, in particolare, devono essere orientate ad indagare i seguenti temi di ricerca:

- monitoraggio, controllo, misure, protezione e qualità della fornitura in reti AC e DC;
- modellistica e validazioni sperimentali a supporto della gestione ed esercizio delle reti elettriche reti AC e DC.

Progetto 2.4: Digitalizzazione del sistema energetico

La ricerca finalizzata alla digitalizzazione del sistema energetico deve prendere in considerazione le evoluzioni tecnologiche nel campo dell'elaborazione dei dati, dell'intelligenza artificiale e delle telecomunicazioni studiandone e sperimentando le modalità applicative concrete alle problematiche dell'ambito energetico, a partire dalla gestione delle reti di trasporto e distribuzione dell'energia, fino ai mercati dell'energia, le forme di gestione aggregata delle risorse energetiche diffuse e la gestione attiva dei consumi da parte dell'utente finale.

È quindi necessario affrontare i seguenti ambiti di ricerca:

- architetture ICT emergenti (IoT, IIoT, *Edge/Fog/Cloud computing* e virtualizzazione per l'efficienza e la resilienza);

- interoperabilità dei sistemi multi-energy (modelli semantici e standard per l'interazione fra differenti sistemi e l'utilizzo congiunto dei dati);
- tecniche di Intelligenza artificiale e big data (analisi dati avanzate, *digital twin*, AI generativa, calcolo quantistico);
- infrastrutture di telecomunicazione per la transizione energetica (5G, 6G, comunicazioni quantistiche);
- consumi energetici dei servizi ICT (carico computazionale e domanda energetica).

Progetto 2.5: Energia da fonti rinnovabili e integrazione nel territorio

Nonostante lo sviluppo notevole delle installazioni di impianti a fonti rinnovabili osservato negli ultimi anni, i tassi di crescita attuali sono ancora inadeguati a raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 previsti dalla proposta di Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC).

Per far fronte a tale situazione, lo stesso PNIEC prevede una forte accelerazione sulla produzione da rinnovabili ma, contemporaneamente, sottolinea la necessità di garantire la compatibilità tra gli obiettivi energetici e climatici e gli obiettivi di tutela dell'ambiente e del paesaggio.

È, quindi, urgente individuare metodologie e strumenti per l'individuazione delle soluzioni tecnologiche e dei siti più opportuni al fine di facilitare l'incremento della capacità produttiva, salvaguardando contestualmente il territorio e l'ambiente.

Attraverso un approccio integrato, il progetto propone lo sviluppo di strumenti a supporto della pianificazione del sistema energetico, che tengano conto degli aspetti tecnici, economici, ambientali e regolatori delle diverse soluzioni e di ogni possibile ibridazione e integrazione. In particolare, dovranno essere affrontati i seguenti punti:

- disponibilità delle fonti rinnovabili attuale e futura (tenendo conto dei cambiamenti climatici);
- produzione sostenibile da fonti energetiche rinnovabili e integrazione nel territorio;
- soluzioni di integrazione tra fonti rinnovabili nel sistema energetico.

Progetto 2.6: Resilienza e sicurezza del sistema energetico

L'aumento in frequenza e intensità degli eventi meteorologici e idrogeologici estremi, associato ai cambiamenti climatici derivanti dall'aumento delle emissioni inquinanti e climalteranti, insieme all'occorrenza di altri eventi naturali come i terremoti, sottolinea la necessità di implementare approcci e strumenti avanzati che siano in grado di supportare sia le istituzioni che gli operatori del settore energetico, con l'obiettivo di migliorare la resilienza complessiva del sistema.

In questo scenario, riveste particolare importanza l'analisi delle minacce e delle vulnerabilità del sistema, accompagnato da un approccio strategico che determini un set ottimale di interventi per massimizzare il beneficio netto complessivo del sistema.

Al contempo, va posta particolare attenzione agli aspetti di mitigazione, focalizzandosi sull'implementazione di soluzioni che riducano l'impatto negativo degli eventi estremi sulle infrastrutture energetiche. Si prevedono, in particolare, i seguenti temi di ricerca:

- analisi dell'evoluzione delle minacce ambientali sul sistema elettro-energetico;
- valutazione e limitazione degli impatti delle minacce sul sistema elettro-energetico;
- mitigazione degli impatti delle minacce all'infrastruttura per l'adattamento ai cambiamenti climatici;
- soluzioni tecnologiche e diagnostiche per il monitoraggio, la mitigazione delle minacce, l'*asset management* e la sicurezza dell'infrastruttura.

Progetto 2.7: Mobilità sostenibile e interazione con il sistema energetico

Il settore dei trasporti è chiamato ad uno sforzo estremamente significativo per il raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione e per la riduzione dell'inquinamento nel nostro Paese. Il passaggio da un sistema basato sui combustibili fossili ad uno basato su combustibili alternativi richiede una particolare attenzione alle interazioni tra il settore della mobilità e quello elettro-energetico.

La gestione delle filiere produttive, delle aree di applicazione, delle necessità infrastrutturali e delle modalità di utilizzo dei diversi combustibili alternativi (incluso il vettore elettrico) avrà infatti un impatto significativo su tutto il settore elettro-energetico, rendendo particolarmente rilevante identificare e adottare le soluzioni ottimali. Si propone lo sviluppo dei seguenti temi di ricerca:

- modellazione e analisi trasportistica, energetica, socioeconomica e di qualità dell'aria di soluzioni di mobilità attuali e future;
- confronto ambientale *Life Cycle Assessment* (LCA) - Valutazione del Ciclo di Vita di veicoli alimentati con diversi combustibili alternativi e analisi delle rispettive filiere;
- soluzioni per la gestione avanzata dei processi di ricarica e per l'integrazione di mezzi elettrici nel sistema energetico come strumento di flessibilità. Analisi tecnologica e dimensionamento delle infrastrutture di ricarica e di rifornimento;
- analisi tecnico-economica di soluzioni innovative per la gestione sostenibile della mobilità passeggeri e merci (droni, aerovie, ecc.).

Progetto 2.8: L'utente al centro della transizione energetica

Con l'entrata in vigore della direttiva EU/2023/2413 (RED III) prosegue il percorso di coinvolgimento degli utenti finali nel raggiungimento degli obiettivi europei di decarbonizzazione. Coinvolgimento che può essere declinato nell'uso efficiente delle risorse, nella generazione di energia da fonti rinnovabili, nella promozione di nuovi comportamenti in ambito domestico, nella mobilità, nel settore produttivo e dei servizi. In questo percorso, le configurazioni di autoconsumo diffuso (autoconsumo singolo e collettivo e comunità di energia rinnovabile) costituiscono un nuovo paradigma operativo, il cui quadro normativo nazionale ha di recente trovato compimento con la pubblicazione del decreto che ne regola gli incentivi; c'è grande attesa rispetto a un loro significativo sviluppo nei prossimi anni, con impatti significativi dal punto energetico, ambientale e sociale, e con ricadute a livello di territorio e di sviluppo economico.

A partire da questo contesto, il progetto intende affrontare i seguenti temi di ricerca:

- analisi delle potenzialità di efficientamento del sistema terziario e residenziale, basato sulle interazioni edificio/utenti per realizzare una ricostruzione su base territoriale dei consumi energetici connessi all'insediamento urbano;
- configurazioni di Autoconsumo per la Condivisione dell'Energia Rinnovabile (CACER), meccanismi di abilitazione dei clienti finali, diffusione degli schemi e valutazione degli impatti.
- approfondimento dei nuovi servizi legati alla partecipazione ai diversi mercati dell'energia,
- approfondimento di ambiti specifici di sviluppo delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), prevedendo momenti di interazione diretta con il legislatore e l'autorità di regolazione;
- sperimentazione di metodologie per la valutazione dell'impatto sociale e ambientale delle CER, finalizzate al miglioramento della qualità dell'ambiente urbano e al territorio; valutazione delle politiche promosse da enti pubblici o privati per facilitare l'attivazione e lo sviluppo di CER con finalità pubbliche;

- analisi dell'evoluzione del fenomeno della povertà energetica e dell'impatto determinato dal processo di transizione in corso, valutando le necessarie misure di mitigazione e di contrasto al fenomeno.

Progetto 2.9: Mercati energetici e regolazione

Il *Clean Energy for All Europeans Package* ha indirizzato l'evoluzione del sistema elettrico verso una sempre maggiore diffusione delle risorse distribuite ed un ruolo sempre più attivo del consumatore finale. Parallelamente il contesto geopolitico ha reso ancor più evidente l'interdipendenza tra i diversi mercati e settori energetici. Date queste premesse, la presente proposta progettuale intende fornire supporto al decisore politico e al regolatore, orientandosi allo studio e all'analisi quantitativa, regolatoria e normativa dei mercati e dei sistemi dei differenti vettori energetici (vettore elettrico, vettore gas e vettore idrogeno), della loro evoluzione e delle loro interrelazioni, soprattutto in termini di mutua influenza tra i rispettivi prezzi e di impatto sui consumatori.

Tra gli oggetti delle analisi della proposta progettuale: i contratti *Power Purchase Agreement (PPA)*, i mercati locali, il coordinamento *Transmission System Operator (TSO)-Distribution System Operator (DSO)*, per il vettore elettrico; le possibili declinazioni di un mercato per l'idrogeno; l'evoluzione regolatoria e normativa del mercato gas in ottica di decarbonizzazione del comparto energetico

Progetto 2.10: Flessibilità del sistema energetico integrato

La flessibilità è una caratteristica fondamentale del sistema energetico, che indica la sua capacità di variare in tempi rapidi la curva di produzione e di consumo di energia, in risposta ad un segnale esterno sia previsto che imprevisto. Negli ultimi anni sono stati promossi in Europa una serie di piani per la decarbonizzazione dei sistemi energetici ed economici, con l'obiettivo finale di arrivare alla neutralità climatica entro il 2050. Il raggiungimento di questo obiettivo impone una riduzione drastica delle emissioni di CO₂, che comporta una riduzione della quota di generazione termoelettrica ed un aumento della produzione da fonti rinnovabili anche non programmabili. Per compensare l'aumento di non controllabilità della produzione che ne deriva, è necessaria una evoluzione del sistema energetico, caratterizzata dall'aumento della flessibilità, tramite l'abilitazione di nuove risorse e lo sviluppo di strumenti necessari al loro utilizzo.

In tale contesto, questo progetto promuove attività di ricerca sul tema della flessibilità del sistema energetico, allo scopo di valutare e migliorare la gestione delle tecnologie esistenti, sviluppare tecnologie innovative, studiare nuove regole e nuovi modelli di *business*.