RdS
RICERCA DI SISTEMA

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Ricerca di Sistema elettrico

Resoconto delle attività di diffusione relative al SAL 2

Roberto Ciavarella, Maria Valenti

ENEA
AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

RdS_PTR 22-24_PR 2.1_LA4.5_152

Resoconto delle attività di diffusione relative al SAL 2 (LA4.5)

Roberto Ciavarella, Maria Valenti (ENEA)

Dicembre 2024

Report Ricerca di Sistema Elettrico

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

Obiettivo 2: Digitalizzazione ed evoluzione delle reti

Progetto 2.1: Cybersecurity dei Sistemi Energetici

Linea di attività: LA4.5

Responsabile del Progetto: Maria Valenti, *ENEA*

Responsabile Linea di Attività: Maria Valenti

Mese inizio previsto: 19

Mese inizio effettivo: 19

Mese fine previsto: 36

Mese fine effettivo: 36

Indice

1 Risultati e prodotti attesi

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

- Produzione di 8 pubblicazioni peer review e indicizzate internazionali da parte di ENEA e dei suoi co-beneficiari del progetto.
- Co-organizzazione di un workshop scientifico di disseminazione dei risultati progettuali.
- Pubblicazione dei rapporti tecnici e dei software sviluppati sul portale ENEA dedicato alla Ricerca di Sistema, disponibili in modalità open source, garantendo trasparenza, tracciabilità e accesso libero ai risultati.
- Rapporto tecnico esplicativo delle attività di disseminazione svolte nel periodo di riferimento.

2 Risultati e prodotti ottenuti

Si riporta di seguito la lista dei risultati ottenuti nell'ambito della LA4.5:

- Produzione di 9 pubblicazioni scientifiche internazionali peer review e indicizzate e di 1 articolo divulgativo sulla Rivista Energia Ambiente Innovazione ENEA.
- Co-organizzazione di un workshop scientifico di disseminazione dei risultati progettuali presso l'Auditorium GSE di Roma (6/12/2024) e presentazione dei risultati ENEA e delle Università co-beneficiarie.
- Pubblicazione dei risultati e dei prodotti del I SAL sul portale ENEA dedicato alla Ricerca di Sistema (i risultati del II SAL saranno pubblicati al termine del processo di revisione da parte degli esperti).
- Presentazione del progetto a conferenze e fiere specialistiche (Techdefense 2024, Nanoinnovation 2024, mostra Maker Faire 2023 presso lo stand CSEA, Cybersecurity Day 2024, QTML 2023, AISEM, ecc.).
- Presentazione dei risultati del progetto al tavolo di confronto del comitato tecnico CEI TdC 2 "Cybersecurity"
- Redazione del rapporto tecnico esplicativo delle attività di disseminazione svolte nel periodo di riferimento.

3 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si sono registrati scostamenti tecnici nell'ambito della LA4.5.

4 Sintesi delle attività svolte

La LA4.5 è stata focalizzata sulle attività di divulgazione e disseminazione scientifica dei risultati raggiunti nel II SAL da parte di ENEA e delle Università co-beneficiarie di ENEA. In particolare, nel periodo di riferimento, sono stati prodotti 9 articoli scientifici internazionali peer-reviewed e indicizzati, oltre a un contributo divulgativo pubblicato sulla rivista Energia Ambiente Innovazione di ENEA. È stato co-organizzato con RSE e CNR un workshop scientifico presso l'Auditorium GSE di Roma (6 dicembre 2024), durante il quale sono stati presentati i risultati progettuali raggiunti da parte di ENEA e delle relative Università co-beneficiarie. I

risultati e i prodotti del primo SAL sono stati pubblicati sul portale ENEA dedicato alla Ricerca di Sistema, mentre quelli del secondo SAL saranno resi disponibili al termine della revisione da parte degli esperti. Il progetto è stato inoltre presentato in occasione di conferenze e fiere di settore, tra cui Techdefense 2024, Nanoinnovation 2024, Maker Faire 2023 (stand CSEA), AISEM, Cybersecurity Day 2024 e QTML 2023. Infine, i risultati sono stati condivisi con i partecipanti al tavolo tecnico CEI TdC 2 "Cybersecurity" e raccolti nel presente rapporto tecnico esplicativo delle attività di disseminazione.

5 Dettaglio delle attività svolte

5.1 Produzione di pubblicazioni scientifiche

1. L. Leone, S. F.E. Oliviero, and A. Hamma *"Learning t-doped stabilizer states"* Quantum 8, 1361(2024)

2. G. Adinolfi, R. Ciavarella, G. Graditi, M. Valenti; A. Hamma, L. Campos Venuti *"Multiple approaches for studying energy systems cybersecurity issues"*. IEEE TechDefense 2024.

3. D. Iannotti, G. Esposito, L. Campos Venuti, *"Entanglement and Stabilizer entropies of random bipartite pure quantum states"*, Quantum Physics (qu*ant-ph)*

4. Ferruzzi G., Palladino V., Adinolfi G., Valenti M., Graditi G. "*The role of protection systems in Smart Grids: the Protection Automation and Control application*", 2023 International Conference on Clean Electrical Power, ICCEP 2023, pp. 223 – 228, DOI: 10.1109/ICCEP57914.2023.10247430

5. L. Gregori, P. Missier, M. Stidolph, R. Torlone, A. Wood "*Design and Development of a Provenance Capture Platform for Data Science*". ICDEW 2024: 285-290

6. Caiazzi T., Iannucci S., Marini V., Foschi M., Torlone R., "*From Attack Trees to Timed Stochastic Games: A Novel Intrusion Response Approach*". Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=5264688 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5264688

7. T. Caiazzi, S. Iannucci, V. Marini, D. Pennini, M. Pizzonia, R. Torlone. *"A Novel Architecture for Cyber-Resilient Self-Protecting Systems Based on Blockchain"*. COMPCAS 2025

8. S. Alberto, T. Caiazzi, S. Iannucci, P. Merialdo, R. Torlone "Leveraging Semi-Supervised Learning to Reduce Labeled Data Requirements in Intrusion Detection" COMPCAS 2025

9. A. Sgueglia, C. A. Visaggio, S. De Vito, G. Di Francia "False Data Injection Identification In Energy Microgrids Through An Anomaly Detection Approach", 2024 Springer

   Articolo sottomesso a Springer nel 2024. L'articolo è stato accettato e la pubblicazione su Springer è attesa nel 2025.

5.2 Produzione di articoli divulgativi

Maria Valenti, Giovanna Adinolfi, Roberto Ciavarella, Massimo Celino, "*Cybersicurezza dei sistemi energetici*" Energia Ambiente Innovazione, DOI 10.12910/EAI2025-022 [*https://www.eai.enea.it/dallia-alla-blockchain-trasformazione-digitale-e-tecnologie-*

[abilitanti-per-la-transizione-energetica/focus-enea/cybersicurezza-dei-sistemi-energetici.html]

5.3 Partecipazione a fiere e presentazione a workshop

Disseminazione dei risultati del Progetto 2.1 presso lo stand CSEA a Maker Faire 2023

In occasione di Maker Faire 2023, manifestazione dedicata a maker, innovatori e creativi, sono state presentate, da ENEA e Università di Padova, le attività sulla crittografia quantistica oggetto del Progetto 2.1 all'interno di uno spazio allestito presso l'area espositiva CSEA (Figura 1).

L'obiettivo che ci è posti consisteva nell'avvicinare il pubblico al mondo della crittografia quantistica, una tecnologia emergente che può contribuire ad aumentare il livello di sicurezza nelle comunicazioni digitali all'interno dei sistemi energetici. All'interno dello stand, sono stati collocati apparati ALICE e BOB per illustrare i principi fondamentali su cui la tecnologia quantistica e spiegare, in maniera semplificata, come il comportamento dei fotoni e il principio di indeterminazione di Heisenberg contribuiscono ad impedire l'intercettazione delle chiavi crittografiche senza alterarne lo stato.

Per rendere l'esperienza più interattiva e comprensibile, mediante i sistemi ALICE e BOB, è stata simulata una trasmissione quantistica di chiavi. I visitatori hanno potuto osservare in prima persona come, grazie alla meccanica quantistica, qualsiasi tentativo di intercettazione venga rilevato. L'esperimento ha dimostrato che, con ALICE e BOB, non è possibile "catturare" le chiavi senza compromettere la comunicazione, rendendo evidente il potenziale della crittografia quantistica.

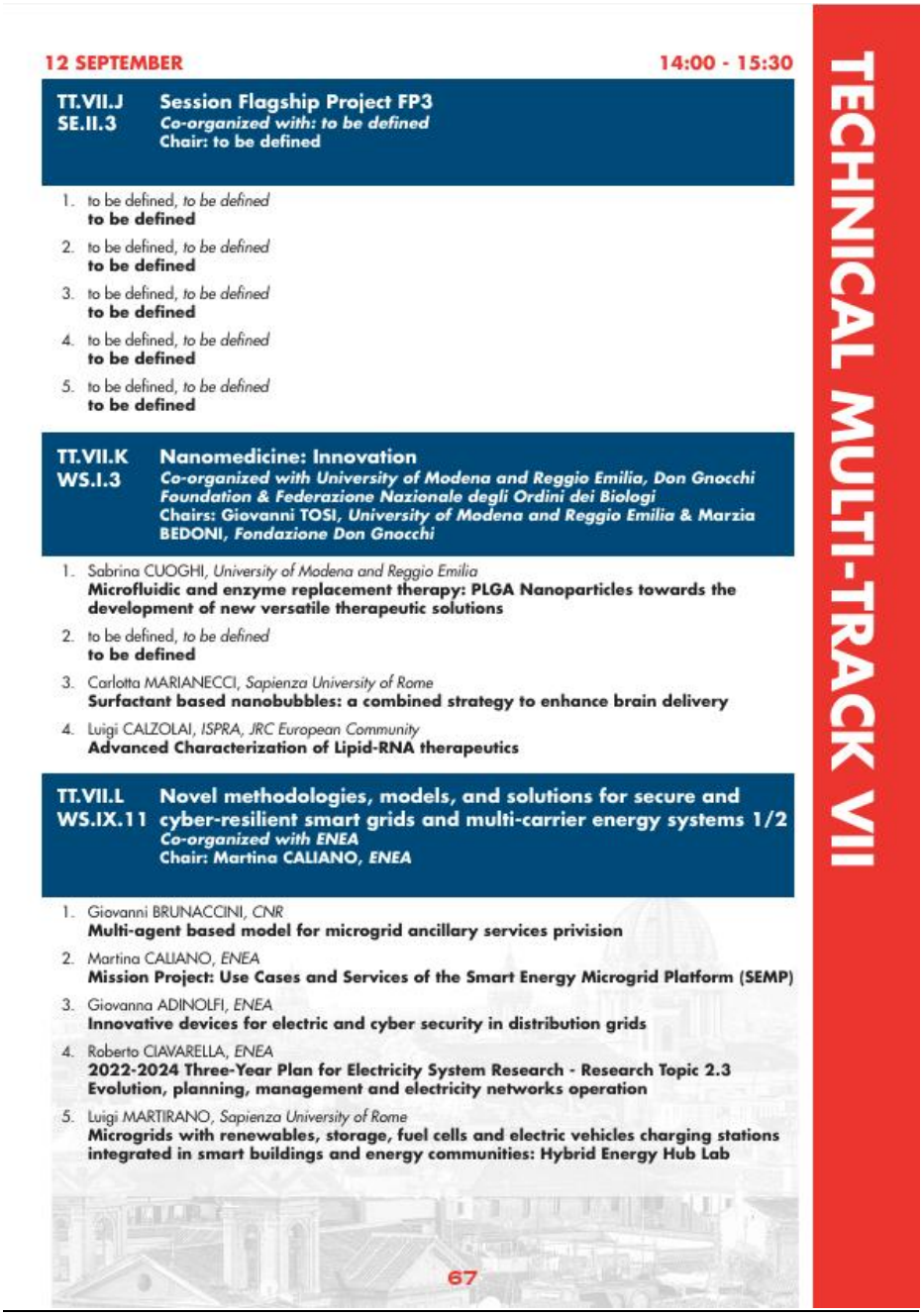
Disseminazione dei risultati del Progetto 2.1 al Cybersecurity Day

Le attività condotte da ENEA nell'ambito del Progetto 2.1 sono state presentate nell'ottobre 2024 durante la Sessione sulla Cyber Security nel settore energetico, organizzata dal CNR in occasione del Cybersecurity Day. La sessione, strutturata come un dibattito aperto e interattivo, ha rappresentato un'importante occasione di confronto con esperti del settore, istituzioni e stakeholder. L'approccio dialogico ha permesso non solo di illustrare i principali risultati e obiettivi del progetto, ma anche di raccogliere feedback preziosi da parte del pubblico, utili per orientare le attività future e rafforzare l'impatto delle soluzioni proposte. Il confronto diretto con l'uditorio ha evidenziato l'interesse crescente verso le tematiche di sicurezza informatica applicata all'energia, confermando la rilevanza strategica del progetto nel contesto della transizione digitale del settore.

Disseminazione dei risultati del Progetto 2.1 alla conferenza Nanoinnovation 2024

Nel settembre 2024, i risultati del Progetto 2.1 sono stati divulgati nell'ambito della sessione tematica "Novel methodologies, models, and solutions for secure and cyber-resilient smart grids and multi-carrier energy systems", organizzata da ENEA all'interno della conferenza NanoInnovation 2024, svoltasi dal 9 al 13 settembre presso la Sapienza Università di Roma. Durante la sessione, la ricercatrice Giovanna Adinolfi ha illustrato il contributo dal titolo "Innovative Devices for Electric and Cyber Security in Distribution Grids", focalizzato sullo sviluppo di un prototipo innovativo di protezione cibernetica per le reti di distribuzione elettrica. Il dispositivo, frutto delle attività di ricerca condotte da ENEA, integra soluzioni avanzate per la sicurezza sia elettrica che cibernetica, con l'obiettivo di aumentare la cyber-resilienza delle infrastrutture energetiche in scenari sempre più digitalizzati e interconnessi.

La presentazione ha suscitato interesse tra i partecipanti per l'approccio multidisciplinare adottato e per le potenzialità applicative del prototipo, confermando il ruolo strategico della ricerca pubblica nello sviluppo di tecnologie per la cybersecurity energetica.



12 SEPTEMBER 14:00 - 15:30

TECHNICAL MULTI-TRACK VII

TT.VII.J / SE.II.3 Session Flagship Project FP3
Co-organized with: to be defined
Chair: to be defined

1. to be defined, *to be defined*
   to be defined
2. to be defined, *to be defined*
   to be defined
3. to be defined, *to be defined*
   to be defined
4. to be defined, *to be defined*
   to be defined
5. to be defined, *to be defined*
   to be defined

TT.VII.K / WS.I.3 Nanomedicine: Innovation
Co-organized with University of Modena and Reggio Emilia, Don Gnocchi Foundation & Federazione Nazionale degli Ordini dei Biologi
Chairs: Giovanni TOSI, *University of Modena and Reggio Emilia* & Marzia BEDONI, *Fondazione Don Gnocchi*

1. Sabrina CUOGHI, *University of Modena and Reggio Emilia*
   Microfluidic and enzyme replacement therapy: PLGA Nanoparticles towards the development of new versatile therapeutic solutions
2. to be defined, *to be defined*
   to be defined
3. Carlotta MARIANECCI, *Sapienza University of Rome*
   Surfactant based nanobubbles: a combined strategy to enhance brain delivery
4. Luigi CALZOLAI, *ISPRA, JRC European Community*
   Advanced Characterization of Lipid-RNA therapeutics

TT.VII.L / WS.IX.11 Novel methodologies, models, and solutions for secure and cyber-resilient smart grids and multi-carrier energy systems 1/2
Co-organized with ENEA
Chair: Martina CALIANO, *ENEA*

1. Giovanni BRUNACCINI, *CNR*
   Multi-agent based model for microgrid ancillary services privision
2. Martina CALIANO, *ENEA*
   Mission Project: Use Cases and Services of the Smart Energy Microgrid Platform (SEMP)
3. Giovanna ADINOLFI, *ENEA*
   Innovative devices for electric and cyber security in distribution grids
4. Roberto CIAVARELLA, *ENEA*
   2022-2024 Three-Year Plan for Electricity System Research - Research Topic 2.3 Evolution, planning, management and electricity networks operation
5. Luigi MARTIRANO, *Sapienza University of Rome*
   Microgrids with renewables, storage, fuel cells and electric vehicles charging stations integrated in smart buildings and energy communities: Hybrid Energy Hub Lab

67

<u>Disseminazione dei risultati del Progetto 2.1 al Workshop "La cybersecurity dei sistemi energetici"</u>

Il 6 dicembre 2024, presso l'Auditorium del GSE a Roma, si è tenuto il workshop "La cybersecurity dei sistemi energetici", un evento organizzato nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico, con il coinvolgimento di RSE (coordinatore dell'evento), ENEA e CNR. Il workshop ha rappresentato un'importante occasione di confronto tra enti di ricerca, istituzioni e stakeholder del settore energetico, con l'obiettivo di presentare i risultati del *Progetto Integrato Cybersecurity dei Sistemi Energetici* e promuovere le soluzioni innovative per la protezione delle infrastrutture critiche messe a punto nell'ambito del progetto.

La cybersecurity dei sistemi energetici

6 dicembre 2024

Auditorium GSE, viale Maresciallo Pilsudski 92, Roma

Nel contesto socio-economico attuale, caratterizzato da un ruolo sempre più rilevante delle tecnologie digitali nell'erogazione dei servizi pubblici e privati, la cybersecurity assume una posizione strategica in quanto essenziale per la stabilità degli equilibri nazionali e globali. 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 tecnologica del sistema Paese, finalizzate a garantire un livello di maturità tecnologica allineato ai target di cybersecurity Europei e nazionali.

Con il coinvolgimento degli enti affidatari della Ricerca di Sistema (Piano Triennale di Ricerca 2022-2024), RSE, ENEA e CNR, il Workshop presenta i risultati del Progetto Integrato *Cybersecurity dei Sistemi Energetici* (https://www.rse-web.it/progetti/progetto-integrato-cyber-security-dei-sistemi-energetici/) finalizzati alla sperimentazione delle tecnologie di cybersecurity più mature in casi applicativi significativi per la transizione energetica e allo studio e valutazione di tecnologie e piattaforme innovative.

Programma

9:00 Registrazione partecipanti

9:30 Benvenuto e saluti istituzionali

9:40 *Sessione 1 Rischi cyber, Regolazione, Standard e Tecnologie Innovative di Cybersecurity*

11:45 *Sessione 2 Tecnologie di cybersecurity e resilienza infrastrutture energetiche*

12:30 Pausa pranzo

13:30 *Sessione 2 Tecnologie di cybersecurity e resilienza infrastrutture energetiche (cont.)*

14:30 *Sessione 3 Ruolo dell'Intelligenza Artificiale nella cybersecurity della transizione energetica*

15:15 Pausa caffè

15:30 *Sessione 3 Ruolo dell'Intelligenza Artificiale nella cybersecurity della transizione energetica (cont.)*

17:00 Conclusioni e ringraziamenti

Per partecipare si prega di registrarsi al seguente link.

Nel seguito l'Agenda con il dettaglio degli interventi.

Nel corso dell'evento, ENEA e le Università co-beneficiarie hanno presentato i risultati ottenuti nelle proprie linee tecniche di ricerca.

L'evento è stato strutturato in tre sessioni, ciascuna delle quali è stata moderata da uno dei capiprogetto del Progetto 2.1 per i singoli beneficiari, ovvero Maria Valenti per ENEA, Giovanna Dondossola per RSE e Fabio Martinelli per CNR.

Di seguito, si riporta l'elenco delle presentazioni ENEA e delle relative Università co-beneficiarie.

1. P. Villoresi, "Tecnologie quantistiche per la cybersecurity dei sistemi energetici" (UNIPD-Qtech)

2. G. Adinolfi, "Apparati di protezione elettrica e cibernetica delle reti e microreti elettriche" (ENEA)

3. P. Tommasino, "Il 'cavo crittato': comunicazione sicura basata su primitive crittografiche implementate in logica programmabile" (ROMA1-DIET)

4. M. Celino, "Piattaforma per la cybersicurezza" (ENEA)

5. T. Caiazzi, "Un approccio di apprendimento non supervisionato per il rilevamento di anomalie nella rete ENEA" (ROMA3-DICITA)

6. G. Lorusso, "Metodi di Machine Learning supervisionato e non supervisionato per l'analisi del traffico di rete" (UNIBA)

7. S. De Vito, "Modelli di Machine Learning per la detezione di cyber-attacchi in sistemi energetici attraverso l'analisi statistica del dato misurato su nodi cyber-fisici" (ENEA)

Disseminazione dei risultati a stakeholder di settore tramite partecipazione a tavoli tecnici

Nel secondo SAL è proseguita l'attività di confronto con il Comitato Tecnico CEI TdC 2 "Cybersecurity", avviata a partire da novembre 2022. G. Adinolfi, ricercatrice ENEA coinvolta nel Progetto 2.1, ha partecipato attivamente ai lavori del tavolo tecnico, contribuendo con le competenze maturate nell'ambito della ricerca sulla sicurezza informatica applicata ai sistemi energetici.

Il CEI TdC 2 è un tavolo di confronto permanente istituito dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), con l'obiettivo di promuovere il dialogo tra esperti del settore, enti normatori, operatori industriali e istituzioni, al fine di sviluppare strategie condivise, linee guida e proposte normative in materia di cybersecurity per le infrastrutture critiche. Le attività del comitato si concentrano su ambiti chiave come: la protezione dei sistemi di automazione industriale, la sicurezza delle reti elettriche e dei sistemi energetici digitalizzati, l'adozione di standard internazionali (es. IEC 62443), l'integrazione della cybersecurity nei processi di progettazione e gestione degli impianti.

Durante gli incontri, sono stati condivisi i risultati e le esperienze maturate nel progetto, contribuendo alla discussione su temi come la crittografia quantistica, la gestione delle vulnerabilità e la resilienza delle reti. Il confronto ha permesso di valorizzare le attività di ricerca e di contribuire alla definizione di raccomandazioni tecniche coerenti con le evoluzioni normative e tecnologiche.