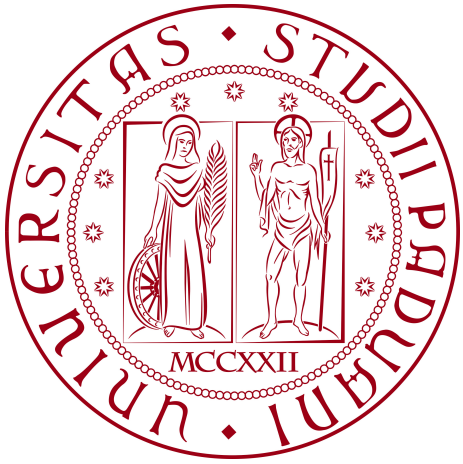
**Università degli Studi di Padova**

Dipartimento di Matematica "Tullio Levi-Civita"

Corso di Laurea in Informatica




# Un sistema Honeypot per l'analisi di attacchi informatici in ambiente controllato

*Tesi di Laurea*

*Relatore*

Prof. Vardanega Tullio

*Laureando*

Marko Peric

Matricola 2011067

---

Anno Accademico 2024-2025

© Marko Peric, Agosto 2025. Tutti i diritti riservati. Tesi di Laurea: "*Un sistema Honeypot per l'analisi di attacchi informatici in ambiente controllato*", Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Matematica "Tullio Levi-Civita", Corso di Laurea in Informatica.

# Ringraziamenti

Padova, Agosto 2025 *Marko Peric*

# Sommario

Il presente elaborato descrive il lavoro svolto durante il periodo di *stage*, della durata di circa 320 ore, dal laureando Marko Peric presso l'azienda Eurosystem S.p.A. dal 18/06/2024 al 13/08/2025. L'elaborato illustra i processi, le metodologie e gli strumenti impiegati nella progettazione e nello sviluppo di un sistema *honeypot* finalizzato al monitoraggio e alla rilevazione di attività malevole in rete. Il sistema si basa sull'installazione di servizi volutamente vulnerabili su un server Linux Debian, con lo scopo di attirare potenziali attaccanti e analizzarne i comportamenti. I *log* generati dai servizi vengono successivamente raccolti, elaborati e trasferiti in InfluxDB per la loro conservazione, e resi disponibili tramite Grafana per consentire un'analisi e una visualizzazione efficace delle informazioni tramite *dashboard*.

## Struttura dell'elaborato

In questa sezione viene presentata la struttura dell'elaborato, illustrando brevemente il contenuto di ciascun capitolo:

**Il primo capitolo** approfondisce il contesto aziendale in cui si è svolto lo *stage*, fornendo una panoramica completa dell'azienda, dei suoi prodotti e servizi nel settore della *cybersecurity*, degli strumenti tecnologici utilizzati e dell'organizzazione del *team* di sicurezza informatica, analizzando inoltre l'approccio dell'azienda verso l'innovazione tecnologica;

**Il secondo capitolo** identifica e analizza il problema alla base del progetto, definendo gli obiettivi specifici dello sviluppo del sistema *honeypot*, i vincoli operativi e tecnici che hanno influenzato il lavoro, le prospettive di

sviluppo futuro e le motivazioni personali che hanno guidato la scelta di questo percorso di *stage*;

**Il terzo capitolo** documenta l'intero processo di sviluppo del sistema *honeypot*, dall'analisi dei requisiti e dei casi d'uso alla progettazione dell'architettura, dalla fase di codifica alle attività di verifica e validazione, presentando il prodotto finale e valutando il grado di conformità rispetto ai requisiti iniziali;

**Il quarto capitolo** presenta una valutazione retrospettiva dell'esperienza formativa, analizzando il raggiungimento degli obiettivi prefissati, le conoscenze tecniche acquisite nel campo della sicurezza informatica e le competenze professionali sviluppate durante il periodo di tirocinio presso l'azienda.

## Criteri tipografici adottati

Riguardo la stesura del testo, relativamente al elaborato sono state adottate le seguenti convenzioni tipografiche:

- gli acronimi e le abbreviazioni sono raccolti in un'apposita sezione dedicata, denominata Elenco degli acronimi e sono segnati con la seguente nomenclatura *Esempio di acronimo (ES)*$_G$;
- i termini ambigui o di uso non comune, invece, sono definiti all'interno del Glossario e sono segnati con la seguente nomenclatura *esempio di termine*$_G$;
- i termini in lingua straniera o facenti parti del gergo tecnico sono evidenziati con il carattere *corsivo*.

# Indice

# Elenco delle figure



# Elenco delle tabelle

# Elenco dei codici sorgenti

# Capitolo 1

# Contesto lavorativo

Il primo capitolo fornisce una panoramica sull'azienda ospitante Eurosystem S.p.A., evidenziando le principali aree operative dell'azienda.

## 1.1 L'azienda

Eurosystem S.p.A. è un'impresa informatica con sede principale a Villorba (TV), attiva nel settore della consulenza, dei prodotti e dei servizi di *Information Technology (IT)*$_G$. L'azienda è presente sul territorio nazionale con otto sedi operative, distribuite principalmente nel Nord Italia. Tra queste, la sede di Tavagnacco (UD) riveste un ruolo centrale in quanto ospita il reparto dedicato alle attività di *cybersecurity*, ambito in cui è stato svolto il tirocinio curricolare in modalità da remoto. Fondata con l'obiettivo di fornire soluzioni tecnologiche a supporto delle imprese, Eurosystem S.p.A. si rivolge prevalentemente al settore delle piccole e medie imprese, accompagnandole nei processi di digitalizzazione e nella gestione dei rischi informatici. L'azienda si caratterizza per un approccio che combina l'adozione di tecnologie consolidate con l'attenzione verso l'innovazione e la sicurezza delle infrastrutture digitali. Il reparto di *cybersecurity* si distingue per la sua funzione trasversale, in quanto collabora sia con i clienti sia con gli altri reparti aziendali, integrando misure di protezione all'interno delle soluzioni tecnologiche fornite. L'attenzione di Eurosystem S.p.A. non è rivolta unicamente alla fornitura di servizi, ma anche al mantenimento e all'aggiornamento costante delle competenze del personale. La formazione con-

tinua rappresenta un elemento fondamentale: nei periodi di minore operatività, i *team* dedicano tempo allo studio di nuove tematiche, all'analisi di strumenti emergenti e alla sperimentazione di metodologie utili a fronteggiare l'evoluzione costante delle minacce informatiche.

## 1.2 Prodotti e servizi offerti

Eurosystem S.p.A. offre una gamma di prodotti e servizi informatici pensati per garantire la protezione delle infrastrutture *IT* aziendali. In particolare, il reparto di *cybersecurity* si occupa di diverse attività fondamentali per la difesa e la continuità operativa delle organizzazioni.

Un primo ambito riguarda **il monitoraggio e la risposta agli incidenti**. Attraverso il *Security Operation Center (SOC)*$_G$ e i servizi di *Managed Detection and Response (MDR)*$_G$ viene assicurato un controllo costante delle reti aziendali, con l'obiettivo di rilevare in tempo reale anomalie e potenziali minacce. Ogni incidente viene esaminato nel dettaglio mediante la raccolta e l'analisi dei *log* e dei dati di rete, l'identificazione dei vettori di attacco e delle vulnerabilità sfruttate, l'isolamento delle minacce e il ripristino dei sistemi tramite soluzioni di *backup* e *disaster recovery*. A completamento del processo, vengono redatti *report* dettagliati contenenti analisi, azioni intraprese e raccomandazioni di miglioramento.

Un secondo ambito è rappresentato dalle **verifiche di sicurezza**, svolte tramite attività di *Cyber Analysis Assessment*. In questa fase rientrano il *Vulnerability Management* e i *Penetration Test*, strumenti fondamentali per individuare e valutare i punti deboli delle infrastrutture *IT*. A ciò si affiancano i servizi di *Phishing Assessment*, utili a misurare la resilienza degli utenti contro campagne fraudolente, e le attività di *Threat Intelligence*, finalizzate a raccogliere e analizzare informazioni utili a prevenire attacchi futuri.

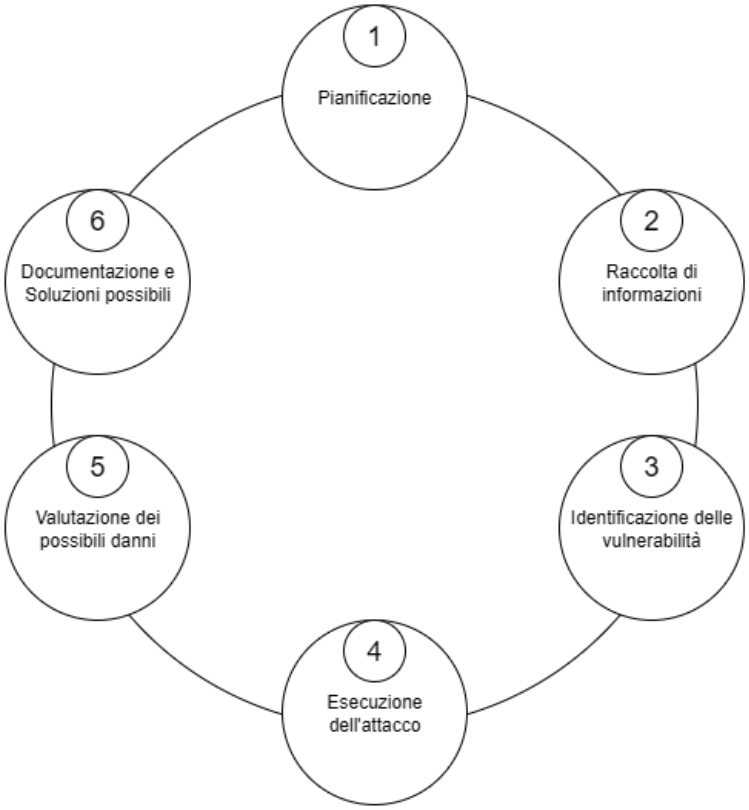



**Figura 1.1:** Schema di esempio di un processo di penetration testing.

**L'analisi delle reti** rappresenta un aspetto importante delle attività svolte. Questa comprende il monitoraggio del traffico di rete, il rilevamento di anomalie e la gestione degli eventi di sicurezza, con particolare attenzione alle reti industriali, al fine di contribuire alla continuità operativa dei processi produttivi.

Un ruolo centrale è svolto anche dalla **gestione degli *endpoint***, ossia la protezione dei dispositivi aziendali, interni o remoti. Questa attività comprende il monitoraggio costante dello stato di sicurezza, l'applicazione degli aggiornamenti correttivi e delle politiche di protezione, il controllo delle identità e degli accessi, nonché il rilevamento e la risposta rapida alle minacce. Inoltre, sono previsti *report* e *audit*$_G$ di conformità, volti a garantire trasparenza e allineamento con le normative.

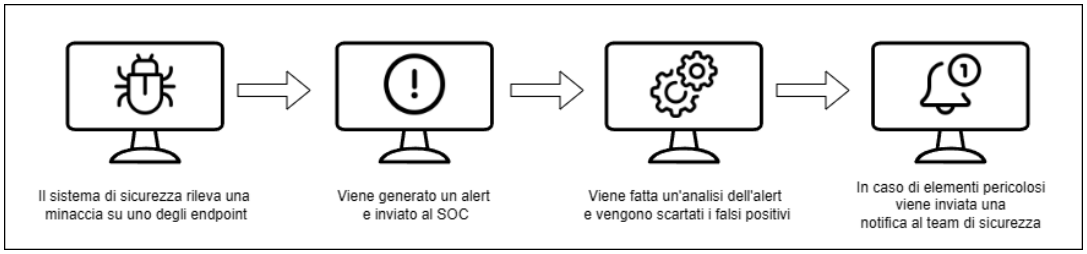



**Figura 1.2:** Schema di esempio di un processo di gestione degli endpoint.

Alla gestione degli endpoint si affianca la **gestione dei dati**. Eurosystem S.p.A. supporta le aziende nella protezione, nell'organizzazione e nella conformità dei dati, in linea con i requisiti normativi, assicurando così un trattamento sicuro e affidabile delle informazioni.

Un altro elemento di rilievo è la **gestione degli utenti e la sensibilizzazione**. L'azienda promuove attività formative mirate a diffondere buone pratiche di sicurezza informatica, con particolare attenzione agli accessi, ai privilegi e ai comportamenti corretti. In questo modo viene ridotto il rischio legato al fattore umano, spesso determinante nella riuscita di un attacco informatico.

Infine, Eurosystem S.p.A. offre un **supporto tempestivo in caso di criticità**. In presenza di incidenti o sospette violazioni, i clienti ricevono un'assistenza diretta e immediata, con l'obiettivo di ridurre al minimo l'impatto sull'operatività aziendale. Grazie a questo insieme di attività, l'azienda è in grado di identificare proattivamente le vulnerabilità dei sistemi informativi, predisporre misure di protezione adeguate e garantire un aggiornamento costante delle competenze necessarie per affrontare l'evoluzione delle minacce informatiche.

## 1.3 Strumenti *hardware*

Nel caso in cui le attività lavorative vengano svolte da remoto, l'azienda mette a disposizione del lavoratore gli strumenti necessari per garantire il corretto svolgimento delle mansioni assegnate. In particolare, viene fornito un computer portatile HP, configurato con l'account e la casella di posta elettronica azienda-

le, così da assicurare l'accesso immediato a tutte le risorse interne. A supporto dell'utilizzo del dispositivo, è inoltre fornito un mouse.

## 1.4 Strumenti *software*

Le tecnologie e gli strumenti software a supporto delle attività lavorative si articolano principalmente in due grandi categorie: strumenti organizzativi e strumenti produttivi.

### 1.4.1 Strumenti organizzativi

Per quanto riguarda gli strumenti organizzativi, l'azienda fa ampio uso di ***Microsoft Teams***, che rappresenta il principale canale di comunicazione interna. Questo strumento consente di coordinare le attività quotidiane, condividere documenti in modo rapido ed efficace e partecipare a riunioni o chiamate di lavoro quando necessario.

Un ruolo altrettanto centrale è ricoperto da ***Microsoft Outlook***, utilizzato non solo per la gestione della posta elettronica e dell'agenda, ma anche per la pianificazione di incontri e il mantenimento di un flusso di comunicazione costante, sia con i colleghi che con i clienti. *Outlook* svolge inoltre una funzione cruciale nella ricezione di notifiche riguardanti incidenti di sicurezza provenienti da aziende esterne, garantendo così risposte tempestive in caso di necessità.

A completare questo insieme di strumenti organizzativi vi è ***GitHub***, adottato come piattaforma di controllo versione. Questo strumento consente la gestione strutturata del codice sorgente, il tracciamento delle modifiche e la collaborazione efficiente tra più sviluppatori.

### 1.4.2 Strumenti produttivi

Tra gli strumenti produttivi, un ruolo rilevante è svolto da ***LaTeX***, scelto per la redazione di documentazione tecnica e scientifica grazie alle sue eleva-

te capacità di formattazione. La possibilità di gestire con precisione formule matematiche, grafici, bibliografie e glossari permette di ottenere documenti di elevata qualità tipografica. Il modello di separazione tra contenuto e presentazione rende inoltre il codice sorgente facilmente riutilizzabile e particolarmente adatto a contesti di collaborazione accademica e professionale.

In parallelo, l'azienda fa un ampio utilizzo di ***Python***, linguaggio di programmazione versatile e diffuso, applicato soprattutto nel settore della *cybersecurity*. Le sue potenzialità vengono sfruttate per automatizzare processi, analizzare file di *log* e sviluppare strumenti di monitoraggio e rilevamento delle minacce, anche grazie alle numerose librerie specializzate che semplificano la creazione di script per il *testing* della sicurezza, l'interazione con *Application Programming Interface (API)*$_G$ e la gestione di sistemi complessi.

A supporto dello sviluppo viene frequentemente adottato ***Visual Studio Code (VSCode)***, un ambiente di programmazione leggero, modulare e altamente personalizzabile. Questo strumento è impiegato principalmente per la scrittura, il *debugging* e la manutenzione del codice, offrendo un'ampia compatibilità con diversi linguaggi e la possibilità di integrare estensioni dedicate. Pur essendo l'*Integrated Development Environment (IDE)*$_G$ più diffuso tra i dipendenti, la sua adozione non è vincolante: ciascun lavoratore può infatti optare per soluzioni alternative in base alle proprie esigenze e preferenze operative.

Infine, un ulteriore strumento di grande rilevanza è ***Docker***, una tecnologia di virtualizzazione basata sui *container*. Grazie a questo approccio, è possibile creare ambienti isolati, scalabili e facilmente replicabili, in cui le applicazioni vengono eseguite includendo tutte le dipendenze necessarie. La leggerezza e portabilità della tecnologia ne favoriscono l'uso in fase di sviluppo, *testing* e distribuzione, riducendo al minimo i problemi di compatibilità tra diversi sistemi.

## 1.5 Organizzazione del *team*

### 1.5.1 *Chief Information Security Officer* (CISO)

Il *Chief Information Security Officer (CISO)*$_G$ è la figura responsabile della strategia di sicurezza informatica all'interno dell'azienda. Supervisiona tutte le attività del reparto di *cybersecurity* e ne garantisce la coerenza con gli obiettivi aziendali e con le normative vigenti. Durante il periodo di tirocinio, questa figura ha ricoperto anche il ruolo di tutor aziendale, fornendo supporto e guida nelle varie attività. Tra le sue principali responsabilità rientrano la definizione delle politiche e delle strategie di sicurezza, la supervisione delle attività operative del *team*, il coordinamento tra i diversi ruoli del reparto e la verifica della conformità agli standard di settore. A ciò si aggiunge un impegno costante nel supporto e nella formazione interna, volto a diffondere buone pratiche di sicurezza informatica tra i dipendenti.

### 1.5.2 *Penetration tester*

Il *penetration tester* ha l'obiettivo di individuare le vulnerabilità presenti nei sistemi informatici attraverso l'esecuzione di attacchi simulati in un contesto controllato. Il suo lavoro si articola in più fasi, che comprendono la pianificazione e l'esecuzione di *penetration test*, la simulazione di scenari di attacco realistici e l'analisi delle debolezze riscontrate. Al termine delle attività, il professionista redige report tecnici dettagliati nei quali vengono descritte le criticità emerse, corredati da proposte di contromisure e raccomandazioni operative, così da supportare l'azienda nell'adozione di strategie efficaci di mitigazione del rischio.

### 1.5.3 *Security analyst*

Il *security analyst* si occupa del monitoraggio costante dei sistemi informativi e della gestione operativa degli eventi di sicurezza, con l'obiettivo di rilevare tempestivamente potenziali incidenti e coordinare una risposta adeguata. Le sue attività comprendono il controllo delle infrastrutture tramite strumenti avanzati

di analisi, il rilevamento e la classificazione degli avvisi di sicurezza, nonché l'esame dei *log* e delle anomalie di rete. In caso di incidenti, fornisce supporto operativo nelle attività di risposta e contribuisce alla definizione di procedure correttive. Inoltre, elabora linee guida e buone pratiche da condividere con clienti e colleghi, contribuendo così a diffondere una maggiore consapevolezza in materia di sicurezza informatica.

## 1.6 Predisposizione all'innovazione

L'ambito della *cybersecurity* è caratterizzato da un'evoluzione continua: nuove vulnerabilità, strumenti di attacco e metodologie di compromissione emergono con frequenza sempre maggiore. Per questo motivo, l'innovazione e l'aggiornamento costante costituiscono elementi fondamentali per ogni azienda che operi in questo settore. Eurosystem S.p.A. ha sviluppato un approccio che integra formazione, ricerca e sperimentazione, con l'obiettivo di anticipare i rischi e fornire soluzioni di difesa sempre più efficaci ai propri clienti. Un aspetto centrale è la formazione continua: nei momenti di minore operatività i *team* si dedicano allo studio di nuove tematiche, alla valutazione di strumenti emergenti e all'adozione di metodologie innovative. In questo modo rimangono aggiornati sull'evoluzione delle minacce informatiche e rafforzano le proprie competenze tecniche. In parallelo, viene dato ampio spazio alla sperimentazione pratica di strumenti e tecniche di attacco. L'azienda valuta regolarmente soluzioni utilizzate dai *penetration tester* durante le verifiche di sicurezza sui sistemi dei clienti. Tra questi strumenti rientrano dispositivi come:

- ***USB Rubber Ducky***, che permette di eseguire comandi automatici sui dispositivi a cui viene collegata, simulando un attacco tramite periferica *Universal Serial Bus (USB)*$_G$. Viene impiegata per facilitare le attività di *penetration testing* in loco presso le aziende clienti, consentendo di valutare la sicurezza delle postazioni di lavoro rispetto a questo tipo di minacce;

**Figura 1.3:** Dispositivo *USB Rubber Ducky*.
Fonte: https://shop.hak5.org

- ***LAN Turtle***, un adattatore di rete *Local Area Network (LAN)*$_G$ che consente di instaurare accessi remoti nascosti e di analizzare il traffico direttamente dall'interno della rete aziendale. Viene utilizzato durante le attività di *penetration testing* per verificare l'esposizione delle infrastrutture a minacce derivanti dall'inserimento fisico di dispositivi malevoli;

**Figura 1.4:** Dispositivo *LAN Turtle*.
Fonte: https://shop.hak5.org

L'adozione di tali strumenti non ha un fine puramente dimostrativo, ma rappresenta un'attività concreta di valutazione del livello di sicurezza dei clienti, in quanto permette di evidenziare vulnerabilità legate al fattore umano e alla protezione fisica delle postazioni di lavoro. Oltre agli strumenti hardware, vengono analizzate e adottate nuove piattaforme e metodologie orientate sia all'offensiva sia alla difensiva. Tra queste si possono citare:

- l'impiego di tecniche avanzate di *Threat Intelligence*, volte a raccogliere e analizzare informazioni relative a campagne malevole, infrastrutture di attacco e nuove vulnerabilità sfruttate in scenari reali;
- l'aggiornamento continuo dei framework di *penetration testing* e *vulnerability management*, che consente di disporre di strumenti più precisi ed efficaci per identificare punti deboli e priorità di intervento;

- la sperimentazione di approcci innovativi al *red teaming*, in cui vengono simulate operazioni complesse di attacco, con l'obiettivo di valutare non soltanto le difese tecnologiche ma anche le capacità organizzative e di risposta dei clienti.

In conclusione, la predisposizione all'innovazione non è intesa come un'attività separata, ma come parte integrante delle operazioni quotidiane. L'integrazione di formazione, sperimentazione e ricerca applicata consente al reparto di *cybersecurity* di affrontare in maniera proattiva le sfide poste dalle minacce informatiche, mantenendo un equilibrio tra lo sviluppo delle competenze interne e l'offerta di servizi sempre più efficaci e aggiornati per i clienti.

# Capitolo 2

# Scopo del progetto

Il secondo capitolo descrive il ruolo degli *stage* nel contesto aziendale e come questo abbia portato alla definizione degli obiettivi del progetto. Inoltre vengono analizzati i vincoli e le motivazioni personali che hanno influenzato lo sviluppo del progetto stesso.

## 2.1 Il ruolo dei tirocini in Eurosystem S.p.A.

Eurosystem S.p.A. considera i tirocini un elemento strategico sia per la formazione dei giovani sia per l'innovazione aziendale nel settore della *cybersecurity*. Essi permettono di avvicinarsi concretamente al mondo del lavoro e di contribuire ai progetti aziendali. L'azienda non interpreta il tirocinio soltanto come un'esperienza formativa, ma anche come un'opportunità per sperimentare nuove idee di progetto e per valutare soluzioni tecnologiche che, se ritenute efficaci, possono essere integrate nei servizi offerti ai clienti con l'obiettivo di rafforzarne la sicurezza informatica. I tirocinanti vengono accolti in un contesto lavorativo dinamico, caratterizzato da attività concrete e da un costante confronto con professionisti del settore. Fin dal loro inserimento, hanno la possibilità di applicare le conoscenze già acquisite e di arricchirle con competenze operative, maturate direttamente a contatto con problematiche reali della *cybersecurity*. Questa modalità consente non solo di consolidare il proprio bagaglio tecnico, ma anche di sviluppare capacità trasversali come la collaborazione, la creatività e il *problem solving*, indispensabili per affrontare scenari complessi e in continua

evoluzione. Il tirocinio assume così un ruolo bidirezionale: da un lato favorisce la crescita formativa e professionale del tirocinante, dall'altro rappresenta per Eurosystem S.p.A. un'occasione per esplorare nuove prospettive progettuali e per individuare talenti da coinvolgere attivamente nelle sfide della sicurezza informatica.

## 2.2 Analisi del problema

Uno dei principali problemi che le organizzazioni si trovano ad affrontare riguarda la capacità di **individuare tempestivamente attività malevole** all'interno dei propri sistemi. La sicurezza informatica rappresenta oggi una delle sfide più complesse per le aziende di qualsiasi settore. Le infrastrutture *IT* moderne sono caratterizzate da un'elevata interconnessione e da una crescente dipendenza da servizi digitali, fattori che le rendono esposte a minacce sempre più sofisticate. Gli attacchi informatici non sono più episodi sporadici, ma eventi ricorrenti che possono compromettere la continuità operativa, causare perdite economiche e danneggiare in modo significativo l'azienda.

Le tecniche di attacco evolvono rapidamente e gli strumenti difensivi tradizionali, come *firewall* e *antivirus*, non sempre riescono a garantire una protezione completa. Gli operatori malevoli, infatti, sfruttano vulnerabilità sconosciute, configurazioni errate o semplicemente il fattore umano, riuscendo così ad aggirare i controlli di sicurezza.

A ciò si aggiunge la difficoltà di comprendere a fondo il comportamento degli attaccanti. Spesso le aziende hanno una visibilità limitata su quali metodi vengano impiegati, su come gli aggressori si muovano una volta ottenuto l'accesso e su quali siano gli obiettivi finali delle intrusioni. Questa mancanza di informazioni rende complesso elaborare strategie di difesa realmente efficaci e impedisce di anticipare possibili minacce future.

In sintesi, il problema principale è legato all'**assenza di strumenti e metodologie** che consentano non solo di rilevare gli attacchi, ma anche di comprenderne le dinamiche e trarne conoscenza utile per migliorare la sicurezza complessiva dei sistemi informativi.

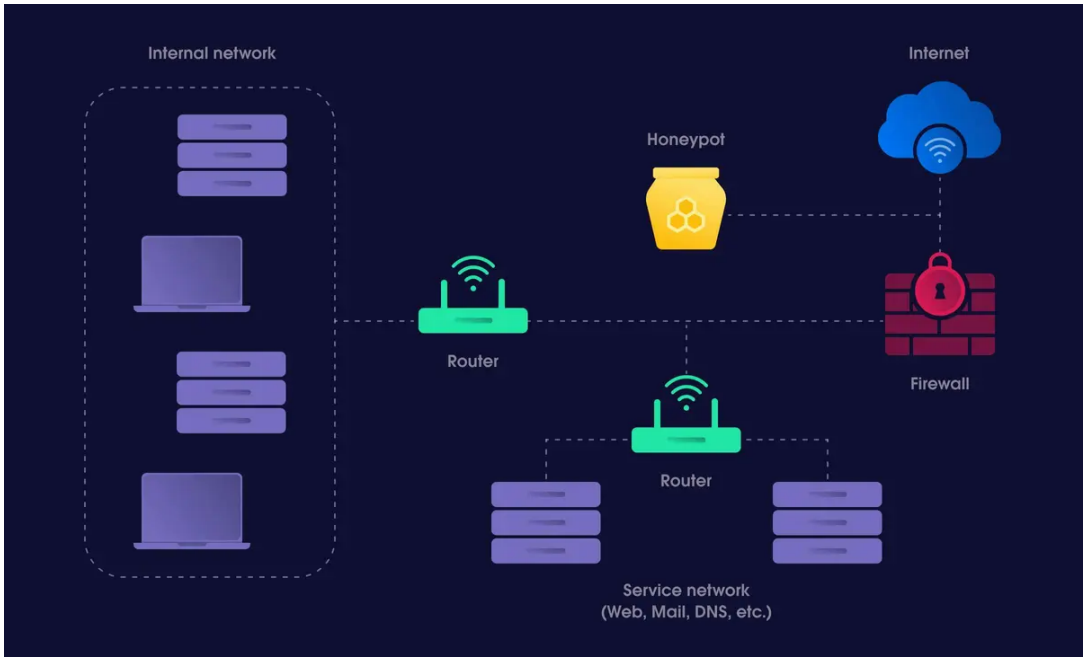



**Figura 2.1:** Esempio di utilizzo di un sistema *honeypot*.

Fonte: https://oxylabs.io/blog/what-is-a-honeypot

## 2.3 Obiettivi

Gli obiettivi che sono stati determinati come minimi, obbligatori, desiderabili o facoltativi per il progetto, sono elencati di seguito. Viene utilizzata la seguente nomenclatura per suddividere questi ultimi nelle quattro tipologie:

- **M**: sono gli obiettivi vincolanti e necessari per il completamento del progetto;
- **O**: sono gli obiettivi primari richiesti per il progetto;
- **D**: sono gli obiettivi non vincolanti o strettamente necessari, ma che portano valore aggiunto al prodotto;
- **F**: sono gli obiettivi che portano valore aggiunto al prodotto in modo non indispensabile.

Ogni obiettivo è stato contrassegnato con un numero e la categoria corrispondente, al fine di garantire una classificazione chiara e ordinata.

| Identificativo | Obiettivo |
|---|---|
| **Obiettivi Minimi** | |
| M01 | Il codice del progetto deve essere scritto in *Python*, deve avere struttura modulare e commenti esplicativi. |
| M02 | Il progetto deve presentare configurazioni leggibili, versionate e testate. |
| M03 | Gli *script* devono essere riutilizzabili e gli *input* devono essere parametrizzabili. |
| M04 | Il progetto deve avere una documentazione coerente con quanto implementato, scritta in forma tecnica, chiara e verificabile. |
| **Obiettivi Obbligatori** | |
| O01 | Deve essere installata e configurata una macchina virtuale isolata per ambienti *honeypot*. |
| O02 | L'*honeypot* prodotto deve essere realistico con configurazione di servizi vulnerabili (*Apache*, *File Transfer Protocol (FTP)*$_G$, *Server Message Block (SMB)*$_G$, *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*$_G$, ecc.). |
| O03 | Devono essere sviluppati servizi *dummy* con *netcat* o strumenti equivalenti per l'ascolto dei pacchetti. |
| O04 | I *log* devono essere raccolti e centralizzati tramite *Python* e *pipeline Telegraf, InfluxDB, Grafana (TIG)*$_G$. |
| O05 | La raccolta dei *log* deve essere automatizzata mediante *script Python/Bash*. |
| **Obiettivi Desiderabili** | |
| D01 | Deve essere effettuata un'analisi tecnica degli attacchi ricevuti con relativa correlazione dei dati. |
| D02 | Devono essere integrati strumenti e tecniche di *Threat Intelligence* e *Open Source Intelligence (OSINT)*$_G$ per finalità di attribuzione. |

Continua nella prossima pagina...

**Tabella 2.1 – Continuo della tabella**

| **Identificativo** | Obiettivo |
|---|---|
| D03 | Devono essere simulati attacchi controllati con strumenti noti e devono essere raccolti i relativi *output*. |
| D04 | Devono essere applicate tecniche di base di *data analysis* per il riconoscimento di *pattern*. |
| D05 | Deve essere realizzata una *dashboard* con grafici, *Indicator of Compromise (IOC)*$_G$ e *timeline* degli eventi. |
| **Obiettivi Facoltativi** | |
| F01 | Devono essere implementati controlli avanzati di *audit* con *auditd* e *logging Bash* persistente. |
| F02 | Deve essere sperimentata la distribuzione dei dati verso *Security Information and Event Management (SIEM)*$_G$ *open source*. |
| F03 | Devono essere introdotti strumenti di *Artificial Intelligence (AI)*$_G$/*Machine Learning (ML)*$_G$ per l'identificazione automatica di anomalie. |

**Tabella 2.1:** Elenco degli obiettivi suddivisi per categoria.

## 2.4 Vincoli

Durante lo sviluppo del progetto non sono stati imposti particolari vincoli di tipo architetturale, ma sono emersi alcuni vincoli tecnologici, progettuali, metodologici e temporali che hanno orientato le scelte di implementazione.

### 2.4.1 Vincoli tecnologici

Dal punto di vista tecnologico, è stato imposto l'utilizzo di ***Python*** (v.3.12.10) come linguaggio di programmazione. Questa scelta è stata dettata non solo dalla sua versatilità e dalla disponibilità di numerose librerie utili allo sviluppo,

ma anche perché rappresenta uno dei linguaggi più diffusi nell'ambito della *cybersecurity*, oltre a essere quello su cui l'azienda possiede maggiore esperienza interna. Per la gestione e la visualizzazione dei dati si è optato per lo *stack* ***TIG***, composto da *Telegraf* (v.1.24), *InfluxDB* (v.2.7) e *Grafana* (v.9.5.6), preferito al più diffuso *stack* *Elasticsearch, Logstash, Kibana (ELK)*$_G$ per la sua leggerezza e per la maggiore aderenza ai requisiti del progetto. Anche le modalità di comunicazione tra i diversi componenti sono state soggette a vincolo: è stato infatti imposto l'uso del protocollo ***MQTT***, particolarmente adatto allo scambio di dati in tempo reale con un consumo ridotto di risorse. Al contrario, non sono stati previsti vincoli riguardo ai servizi vulnerabili da esporre all'interno del sistema *honeypot*, lasciando piena libertà di scelta in base alle esigenze di implementazione. Sul piano progettuale, è stato stabilito che il sistema dovesse includere un *logger* interno. Questo vincolo ha avuto un impatto diretto sulla progettazione complessiva, in quanto ha reso necessaria l'integrazione di meccanismi di *logging* fin dalle fasi iniziali, in modo da facilitare il *debugging* durante lo sviluppo.

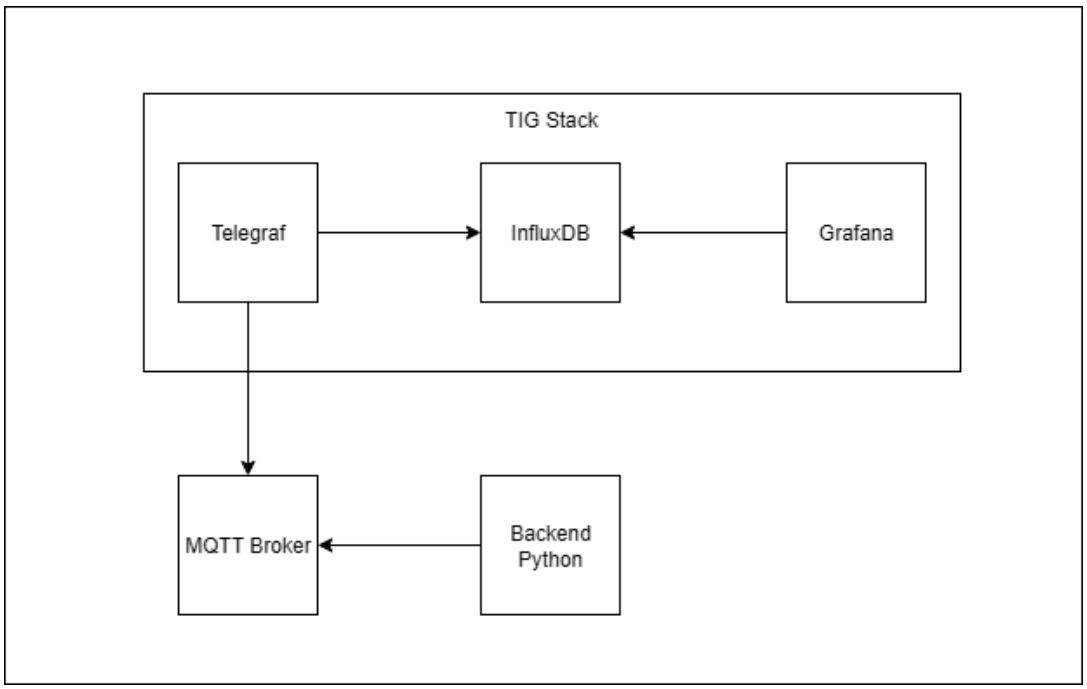



**Figura 2.2:** Schema di esempio dell'integrazione tra protocollo *MQTT* e *stack TIG*.

### 2.4.2 Vincoli metodologici

Per quanto concerne la metodologia, il progetto è stato strutturato in quattro fasi principali, che hanno guidato sia la pianificazione sia l'esecuzione:

- **Fase 1 (Setup dell'ambiente)**: predisposizione di un contesto sicuro e, al tempo stesso, sufficientemente vulnerabile per ospitare *honeypot* e servizi di interesse;
- **Fase 2 (Sviluppo del *logger* e installazione della pipeline *TIG*)**: costruzione di una *pipeline* di raccolta, gestione e visualizzazione dei dati, con particolare attenzione alla scalabilità;
- **Fase 3 (Setup della *data analysis*)**: implementazione di strumenti e metodologie per l'analisi e la correlazione dei dati, finalizzati al miglioramento dei processi di rilevazione e risposta agli attacchi;
- **Fase 4 (Attesa o simulazione di attacchi e redazione dei *report*)**: osservazione delle interazioni con il sistema e produzione di *report* operativi a supporto dell'analisi.

### 2.4.3 Vincoli temporali

Infine, relativamente ai vincoli temporali, l'unico vincolo significativo era rappresentato dalla durata del tirocinio, pari a due mesi. L'avanzamento delle diverse fasi è dunque dipeso in larga misura dalla rapidità con cui è stato possibile apprendere e applicare le competenze necessarie, rendendo il fattore tempo un elemento variabile e fortemente legato alla curva di apprendimento individuale.

## 2.5 Prospettive future

Sono presenti diverse possibilità di evoluzione, finalizzate a incrementarne le funzionalità e l'efficacia del progetto. Una possibile estensione riguarda l'aggiunta di ulteriori servizi vulnerabili nel sistema *honeypot*, con l'obiettivo di renderlo

più realistico e in grado di raccogliere un numero maggiore di dati sulle tecniche di attacco. Si potrebbe inoltre rendere il sistema esposto alla rete, rimuovendo alcune limitazioni imposte dai *firewall*, in modo da osservare interazioni più eterogenee con l'ambiente esterno e analizzare comportamenti degli attaccanti più complessi. Un'ulteriore evoluzione riguarda l'introduzione di meccanismi automatici per l'identificazione delle anomalie, sfruttando strumenti di *AI* e *ML*. Questo permetterebbe di automatizzare il rilevamento delle minacce e di ridurre i tempi di risposta agli attacchi. È inoltre possibile estendere il sistema di *logging* per supportare più lingue, migliorando l'usabilità e la fruibilità dei dati da parte di *team* internazionali o utenti non madrelingua. Infine, il progetto potrebbe essere reso un pacchetto unico distribuibile ai clienti, semplificando l'installazione e la configurazione del sistema e favorendone l'adozione in contesti differenti. Queste evoluzioni rappresentano opportunità concrete per aumentare il valore del sistema e garantirne una maggiore flessibilità, automatizzazione e facilità d'uso.

## 2.6 Motivazioni personali

La scelta di questo progetto di tirocinio è stata fortemente influenzata dal desiderio di avvicinarmi al mondo della *cybersecurity*, un ambito che negli ultimi anni ha assunto un ruolo sempre più centrale sia in ambito accademico che professionale. Durante il percorso universitario non ho avuto molte occasioni di affrontare questo tema in maniera pratica, e lo sviluppo di un sistema di *honeypot* ha rappresentato per me un'occasione per approfondire un settore che considero strategico per il futuro delle tecnologie digitali. La *cybersecurity* non riguarda soltanto la protezione dei sistemi informatici, ma ha un impatto diretto sulla vita delle persone, delle imprese e delle istituzioni. Spesso, quando si parla di informatica, ci si concentra su aspetti come lo sviluppo di nuove applicazioni o l'ottimizzazione delle prestazioni, trascurando la componente della sicurezza. Tuttavia, gli attacchi informatici sono oggi una delle principali minacce globali, e questo rende evidente l'importanza di acquisire competenze specifiche in questo settore. Un altro elemento che ha influito sulla mia scelta è stato il carattere

applicativo del progetto, che non si limitava a un esercizio teorico ma richiedeva lo sviluppo di un sistema reale, con vincoli tecnologici e obiettivi concreti. Un'ulteriore motivazione è stata la possibilità di sperimentare tecnologie che non avevo avuto modo di approfondire nel corso degli studi, come lo *stack TIG* e il protocollo *MQTT*. Confrontarmi con strumenti utilizzati in contesti professionali rappresentava una sfida e al tempo stesso un'opportunità di crescita che avrebbe arricchito il mio percorso formativo. Lo svolgimento del tirocinio in modalità da remoto costituiva un'occasione importante per sviluppare autonomia e capacità di organizzazione. Gestire in modo indipendente il progetto e le attività quotidiane mi ha permesso di migliorare le mie competenze di pianificazione e di responsabilità, qualità che considero fondamentali per affrontare con successo future esperienze lavorative e accademiche. Le motivazioni che mi hanno portato alla scelta di questo progetto di tirocinio si sono tradotte in una serie di obiettivi personali.

In particolare, gli obiettivi prefissati erano i seguenti:

| **ID** | **Obiettivo personale** |
|---|---|
| OP1 | Progettare e realizzare un sistema di *honeypot* completo, partendo dall'analisi dei requisiti fino al collaudo finale, al fine di acquisire esperienza nello sviluppo di un progetto dall'inizio alla fine. |
| OP2 | Sviluppare un prodotto *software* adottando i *design pattern* e i principi architetturali appresi nel corso di Ingegneria del *Software*, con particolare attenzione a modularità, scalabilità e manutenibilità del codice. |
| OP3 | Sviluppare competenze pratiche in ambito *cybersecurity*, configurando e monitorando differenti tipologie di servizi vulnerabili da utilizzare all'interno del sistema di *honeypot*. |
| Continua nella prossima pagina... | |

**Tabella 2.2 – Continuo della tabella**

| ID | Obiettivo personale |
|---|---|
| OP4 | Acquisire competenze pratiche nell'utilizzo di tecnologie professionali come lo *stack TIG* e il protocollo *MQTT*, comprendendone i principi di funzionamento e sperimentandone l'integrazione in una pipeline di raccolta e visualizzazione dati. |
| OP5 | Approfondire le competenze di analisi dei dati raccolti, individuando pattern ricorrenti negli attacchi e distinguendo tra traffico lecito e malevolo mediante metriche descrittive e dashboard interattive. |

**Tabella 2.2:** Obiettivi personali del tirocinio.

Questi obiettivi riflettono le motivazioni che mi hanno spinto a scegliere questo progetto di tirocinio e rappresentano le competenze che intendevo sviluppare durante questa esperienza. Raggiungerli avrebbe significato non solo completare con successo il tirocinio, ma anche arricchire il mio bagaglio di conoscenze e abilità, preparandomi al meglio per le sfide future nel campo dell'informatica e della *cybersecurity*.

# Capitolo 3

# Sviluppo del progetto

## 3.1 Analisi dei requisiti

### 3.1.1 Casi d'uso

Vengono identificati e descritti i principali casi d'uso del sistema sviluppato, illustrando gli scenari operativi in cui il prodotto sarà utilizzato e le interazioni tra utenti e sistema.

### 3.1.2 Requisiti

Si presenta l'analisi completa dei requisiti funzionali e non funzionali del sistema, definendo le specifiche tecniche che la soluzione deve soddisfare per rispondere alle esigenze aziendali.

## 3.2 Progettazione

### 3.2.1 Architettura del sistema

Viene descritta l'architettura complessiva del sistema sviluppato, illustrando la struttura dei componenti, le loro interazioni e le scelte architetturali tramite diagrammi delle classi e diagrammi di flusso.

### 3.2.2 Scelta dei servizi del sistema

Questa sezione illustra le motivazioni alla base della selezione dei servizi vulnerabili inclusi nel progetto, evidenziando come ciascuno di essi contribuisca al sistema.

## 3.3 Codifica

### 3.3.1 Struttura del progetto

Viene presentata l'organizzazione del codice e dei file del progetto, descrivendo la struttura delle cartelle, i pattern di sviluppo utilizzati e le convenzioni adottate per garantire manutenibilità e leggibilità.

### 3.3.2 Difficoltà incontrate

La sezione analizza gli ostacoli incontrati durante lo sviluppo del progetto, sia di natura tecnica sia organizzativa. Viene descritto come ciascuna difficoltà sia stata gestita e superata, evidenziando le soluzioni adottate.

## 3.4 Verifica

### 3.4.1 Test

La sezione illustra il metodo seguito per condurre le attività di testing, descrivendo i diversi tipi di test implementati e gli strumenti utilizzati per garantire la qualità del software.

## 3.5 Validazione

In questa sezione si illustra il processo di validazione del progetto sviluppato, includendo i test con strumenti di controllo e la verifica del rispetto dei requisiti.

## 3.6 Risultati del progetto

### 3.6.1 Prodotto finale

Questa sezione descrive il prodotto ottenuto dallo *stage* e come questo funziona, nei suoi vari aspetti e funzionalità.

### 3.6.2 Conformità ai requisiti

In questa sezione viene analizzato il grado di soddisfacimento dei requisiti inizialmente identificati, evidenziando quali requisiti sono stati raggiunti completamente e quali potrebbero richiedere sviluppi futuri.

# Capitolo 4

# Valutazione retrospettiva

## 4.1 Obiettivi raggiunti

La sezione ha l'obiettivo di fornire una valutazione dettagliata dei risultati ottenuti durante lo *stage*, evidenziando quali e quanti degli obiettivi precedentemente definiti siano stati effettivamente raggiunti.

## 4.2 Conoscenze acquisite

Questa sezione elenca e descrive le nuove conoscenze acquisite durante lo *stage*, particolare riferimento alle tecnologie, metodologie e tecniche nel campo della cybersecurity e dello sviluppo *software*.

## 4.3 Competenze professionali acquisite

In questa sezione si descrivono le competenze pratiche e professionali sviluppate durante l'esperienza di *stage*, incluse competenze tecniche specifiche, capacità di *problem solving* e abilità di lavoro in *team* in ambiente professionale.

# Bibliografia

# Sitografia

# Acronimi e abbreviazioni

**AI** *Artificial Intelligence*. 16

**API** *Application Programming Interface*. 6

**CISO** *Chief Information Security Officer*. 7

**ELK** *Elasticsearch, Logstash, Kibana*. 17

**ES** Esempio di acronimo. v

**FTP** *File Transfer Protocol*. 15

**IDE** *Integrated Development Environment*. 6

**IOC** *Indicator of Compromise*. 16

**IT** Information Technology. 1

**LAN** *Local Area Network*. 9

**MDR** *Managed Detection and Response*. 2

**ML** *Machine Learning*. 16

**MQTT** *Message Queuing Telemetry Transport*. 15

**OSINT** *Open Source Intelligence*. 15

**SIEM** *Security Information and Event Management*. 16

**SMB** *Server Message Block*. 15

**SOC** *Security Operation Center*. 2

**TIG** *Telegraf, InfluxDB, Grafana*. 15

**USB** *Universal Serial Bus*. 8

# Glossario

**Audit** Un processo sistematico di esame e valutazione delle attività, dei controlli e delle procedure di un'organizzazione, al fine di garantire la conformità alle normative e l'efficacia delle misure di sicurezza. 3

**Esempio di nome** Esempio di descrizione. v