



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI  
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA  
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

**Miglioramento del processo di gestione della  
sicurezza aziendale tramite l'utilizzo di strumenti e  
servizi intelligenti di monitoraggio real time**

**SINTESI**

---

RELATORI

IL CANDIDATO

Prof. Ing. Gionata Carmignani

Giulia Boi

*Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni* indirizzo e-mail

# **Miglioramento del processo di gestione della sicurezza aziendale tramite l'utilizzo di strumenti e servizi intelligenti di monitoraggio real time**

**Giulia Boi**

---

## **Sommario**

Questo lavoro di tesi mostra i risultati ottenuti dal lavoro svolto durante il tirocinio presso l'azienda Drass S.r.l., in collaborazione con l'azienda Andromeda ESP. L'obiettivo dello studio è quello di migliorare il controllo sul processo di gestione della sicurezza tramite l'utilizzo di strumenti digitali per il monitoraggio real time delle attività svolte in azienda. A tal fine è stata studiata l'implementazione all'interno del magazzino di Drass S.r.l. della piattaforma True Detective 4.0, realizzata da Andromeda ESP, che è in grado di rilevare e riconoscere, grazie a tecnologie di intelligenza artificiale e dispositivi IoT, eventi e stati pericolosi che possono verificarsi sul luogo di lavoro. Una volta studiati i processi di gestione del magazzino e della sicurezza, ho individuato i rischi e ho utilizzato la piattaforma per mitigarli. I risultati ottenuti hanno mostrato che la rilevabilità degli incidenti aumenta, andando a identificare situazioni che altrimenti non verrebbero rilevate o sarebbe altamente costoso rilevare.

## **Abstract**

This thesis work shows the results obtained from the work done during the internship at Drass S.r.l. company, in collaboration with Andromeda ESP. The goal of the study is to improve control over the safety management process using digital tools for real-time monitoring of the activities carried out in the company. To this end, the implementation of the True Detective 4.0 platform, created by Andromeda ESP, within the Drass S.r.l. warehouse was studied. Thanks to artificial intelligence technologies and IoT devices, the platform is able to detect and recognize, dangerous events and states that can occur in the workplace. Once I studied the warehouse and security management processes, I identified the risks and used the platform to mitigate them. The results obtained show that the detectability of accidents increased, therefore, identifying situations that otherwise would not be detected or would be highly expensive to detect.

## 1. Il Progetto True Detective 4.0

Il progetto True Detective 4.0 (TD4) si propone di definire una piattaforma basata su strumenti di analitica avanzata, che, sfruttando opportunamente dati provenienti da sensori di varia natura installati nell'ambiente della Fabbrica Intelligente, siano in grado di supportare il miglioramento dei processi produttivi, organizzativi e decisionali, relativamente a tre principali obiettivi:

- i. garantire la sicurezza del personale sul luogo di lavoro (*Workplace Safety*) tramite un continuo monitoraggio dei dati raccolti dai dispositivi intelligenti;
- ii. ottimizzare le procedure di manutenzione e previsione dei guasti (*Predictive Maintenance*) degli apparati in modo da ridurre i costi (per esempio dovuti a sostituzioni non necessarie di componenti o al blocco della catena di montaggio);
- iii. ottimizzare l'efficienza e l'efficacia dei processi produttivi (*Process Optimization*).

Il progetto nasce dalla collaborazione tra tre aziende che operano nel mondo ICT. Ciascuna di esse si è concentrata sul perseguire uno dei tre obiettivi appena elencati.

Per gli scopi di questa tesi mi sono concentrata sul primo obiettivo, quello che riguarda il Workplace Safety, sviluppato dalla società Andromeda ESP. L'azienda Drass Srl ha messo a disposizione la sua organizzazione per poter sviluppare un prototipo della piattaforma. Grazie al tirocinio svolto presso di loro è stato possibile configurare la piattaforma in base alle loro esigenze.

### 1.1 CARATTERISTICHE DELLA PIATTAFORMA

Le principali caratteristiche della piattaforma sono:

- La capacità di modellazione, integrazione e tracciamento delle operazioni, degli attori e delle risorse a disposizione, nonché di tutte le informazioni operative che caratterizzano i processi produttivi e di controllo, catturabili tramite l'utilizzo di sensori/attuatori, anche eterogenei.
- La possibilità di estrarre conoscenza su grossi volumi di dati generati da sistemi IoT, tramite l'utilizzo di tecnologie evolute di Intelligenza Artificiale e di Big Data Analytics su Streams.

L'infrastruttura generale abilita tre nuovi prodotti, che si configurano come applicazioni verticali della piattaforma negli ambiti della prognostica e manutenzione, della safety e dell'ottimizzazione dei processi produttivi. Tutti questi scenari sono accomunati dalla tendenza a generare grandi quantità di dati, e di poter trarre beneficio dall'utilizzo di tecniche

di estrazione di conoscenza per definire politiche di miglioramento o di correzione dei processi sottostanti. La piattaforma di monitoraggio sarà omnicomprensiva e olistica e non utilizza soluzioni verticali. Questo permetterà di sviluppare anche in seguito algoritmi sia rule based che basati su tecniche di machine learning che porterà il sistema non solo ad essere un sistema orizzontale ma anche aperto, scalabile e modulare, permettendo l'integrazione di dispositivi di uso comune nel corso del tempo.

## 1.2 Aspetti innovativi

Il sistema TD4 presenta degli aspetti innovativi molto interessanti, primo tra tutti l'approccio sistematico, volto a combinare gli aspetti di raccolta, gestione e analisi di dati IoT con tecniche sofisticate di intelligenza artificiale. Questo permette alla piattaforma di superare i limiti delle soluzioni attualmente presenti sul mercato, quali la verticalità e i problemi di integrazione con oggetti di uso comune come smartphone e smartwatch. Questi aspetti tecnologici permettono l'utilizzo della piattaforma in molteplici contesti applicativi, fornendo un vantaggio competitivo rispetto ai mercati di riferimento, in termini di generalità, flessibilità, tempi di applicabilità e riutilizzabilità. Uno dei punti di forza della piattaforma è la modularità. Gli sviluppatori hanno pensato a dei moduli standard che possono monitorare situazioni pericolose comuni alla maggior parte delle aziende. Ciò non esclude la possibilità di inserire nuovi moduli a seconda delle esigenze del cliente. Questa tesi si concentra proprio su questo aspetto.

## 1.3 Il Workplace Safety

Fin qui ho illustrato in maniera generale le potenzialità di TD4. Questo lavoro di tesi è stato svolto in collaborazione con Andromeda ESP; perciò, da qui in poi mi riferirò solo al modulo sul Workplace Safety, che mira a rilevare e ad abbattere il numero di incidenti, infortuni, situazioni di potenziale pericolo e violazioni delle politiche di sicurezza (*safety policy*) definite dall'azienda o dal legislatore. La piattaforma prevede un insieme di sensori installati su dispositivi indossabili e nell'ambiente di lavoro che invieranno flussi di dati telemetrici relativi ai principali parametri vitali del soggetto monitorato (temperatura corporea, frequenza cardiaca, ecc.) e ad un insieme di grandezze fisiche (es. temperatura, pressione, luminosità, umidità, movimento, audio, video, ecc.). I dati grezzi saranno processati da un modulo che, attraverso tecniche di *sensor data fusion*, ne estrarrà informazioni relative ad *eventi* e *stati* relativi ai *soggetti* ed al *luogo di lavoro*. Il sistema includerà un *modulo basato su tecniche di machine learning* per l'apprendimento delle dinamiche del processo produttivo. Questo modulo permetterà di rilevare anomalie sul luogo di lavoro per le quali la modellazione attraverso regole risulti complessa o non realizzabile.

## 1.4 L'architettura di TD4

La piattaforma TD4 è stata pensata come un sistema end to end che deve gestire l'intero flusso informativo. La sua architettura, mostrata in Fig. 1.1, è realizzata per rendere le fasi di installazione, configurazione e messa in esercizio il più possibile automatizzate ed efficienti. Per questo include tutti i layer di un complesso stack:

- Sensori/firmware/comunicazioni
- Backend (piattaforma IOT/basi di dati temporali/relazionali)
- AI di primo livello: modelli di ML per l'elaborazione di flussi telemetrici
- AI di secondo livello (Rule Based /Graph Based/Deep Learning): Modellazione di norme / policy Anomaly detection / valutazione della probabilità di incidenti
- Frontend (configurazione del sistema/training/output).

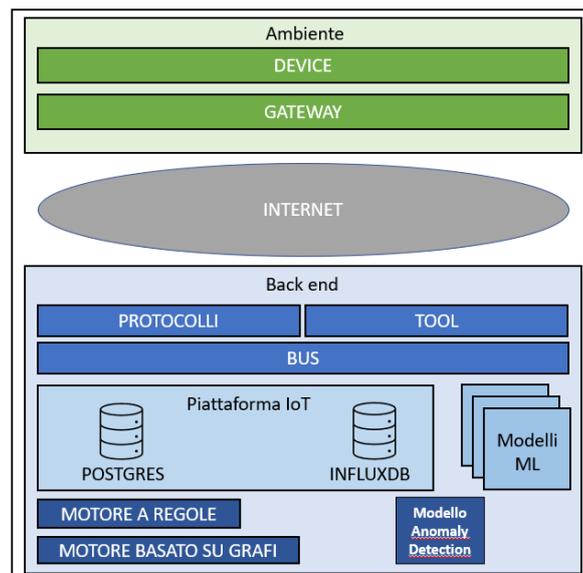


Figura 1.1: Architettura della piattaforma TD4

## 1.5 Procedura di estrazione delle regole

La piattaforma TD4, per poter funzionare, ha bisogno di regole. Esse servono per modellare le politiche di sicurezza definite dall'azienda o dal legislatore, in modo da dare significato alle informazioni relative ad eventi e stati rilevati. Le sorgenti informative principali individuate sono il Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro e i documenti interni aziendali, come il DVR e le procedure di gestione.

La procedura adottata per estrarre le regole necessarie per istruire la piattaforma consta di 4 fasi:

- 1) Analisi del testo per individuare quelle porzioni ritenute informative. Generalmente a una porzione di testo corrisponde una regola;
- 2) Identificare, all'interno della porzione di testo individuata al punto precedente, di:
  - a. Condizioni telemetriche e di contesto
  - b. Azioni
- 3) Scrittura delle regole, andando a disaccoppiare le condizioni telemetriche da quelle di contesto. Questo perché la valutazione delle condizioni di contesto viene effettuata interrogando una base di dati relazionale che non è progettata per supportare interrogazioni a elevate frequenze (come accade per i flussi telemetrici).

4) Traduzione in linguaggio di programmazione.

## 1.6 Le applicazioni di TD4

Tramite tecniche di apprendimento supervisionato e non supervisionato, la piattaforma è in grado di rilevare Stati, ossia fatti che accadono e permangono nel tempo, ed Eventi, ossia fatti che accadono e hanno durata effimera. Riporto nella Tabella 1.1 alcuni degli Stati ed Eventi che la piattaforma è in grado di rilevare.

STATI	EVENTI	
	Apprendimento supervisionato	Apprendimento non supervisionato
Occupazione stanze	Presenza di DPI	Caduta
Malattie cardiache	Attività umana (es: camminata)	Anomalie ambientali
Rilevamento barriere di protezione	Urla e grida	
Affaticamento fisico	Postura	

Tabella 1.1: Elenco di Stati ed Eventi

## 2. DRASS SRL

Il Gruppo Drass è leader riconosciuto nelle soluzioni di difesa, immersioni commerciali e iperbariche. Ha stabilimenti produttivi in Italia e Romania, conta più di 200 dipendenti e opera in tutto il mondo.

## 3. Metodologia impiegata per l'introduzione della piattaforma

Lo scopo dello studio è quello di migliorare il controllo sul processo di gestione della sicurezza di Drass tramite l'utilizzo di strumenti digitali. Nel particolare si andrà a inserire la piattaforma True Detective 4.0, descritta nel capitolo 1, relativa alla sicurezza del personale sul luogo di lavoro.

Per raggiungere l'obiettivo, ho deciso di seguire la seguente metodologia:

- 1) Studio del processo AS IS per la gestione della sicurezza e per la gestione del magazzino;
- 2) Individuazione dei pericoli: utilizzo del DVR già redatto per individuare gli elementi di maggior rischio;
- 3) Valutazione dei rischi tramite FMECA e indice RPN;
- 4) Applicazione della piattaforma TD4 per aumentare la rilevabilità dell'incidente, quindi diminuire il rischio;
- 5) Fase di test;
- 6) Valutazione a posteriori ricalcolando l'indice RPN.

Il magazzino di Drass Srl è composto da due capannoni più alcuni container situati nell'area esterna. Al loro interno troviamo materie prime e semilavorati, stoccati in scaffalature per bancali e strutture cantilever. Le movimentazioni vengono effettuate sia tramite sistemi di trasporto manuale, come il sollevatore a forche, o con muletti.

Per quanto riguarda invece il sistema di gestione della sicurezza, Drass Srl adotta la normativa UNI ISO 45001:2018. Ai fini di questa tesi, la procedura interna che ho ritenuto più interessante è stata quella relativa al rilevamento e analisi degli incidenti, al cui interno sono descritte le attività da mettere in atto in caso di infortunio, incidente, quasi incidente. Queste sono:

- 1) Identificazione e segnalazione;
- 2) Analisi dell'evento, che a sua volta si suddivide in:
  - i. Valutazione incidente;
  - ii. Definizione delle azioni correttive e preventive;
  - iii. Definizione delle azioni di controllo e monitoraggio.

La piattaforma TD4 va a modificare la prima attività, quella di identificazione e segnalazione dell'incidente. Infatti, è in grado sia di prevedere che di rilevare gli incidenti appena accadono. Perciò, con la sua introduzione, si andrebbe ad automatizzare la fase di identificazione dell'incidente/quasi incidente, che non verrebbe più svolta da un operatore umano, ma direttamente dalla piattaforma, velocizzando quindi i tempi di segnalazione e di intervento.

### **3.1 Analisi del DVR**

Come punto di partenza della mia analisi ho deciso di utilizzare il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), perché permette di individuare immediatamente le criticità ed è un documento che tutte le aziende devono redigere obbligatoriamente per legge. Inoltre, il DVR è uno dei documenti di input per la costruzione delle regole di TD4, in quanto è strettamente legato alla vita dell'azienda ed evolve con essa.

Generalmente però, all'interno del DVR, il rischio è identificato come una funzione della probabilità di accadimento (P) e della gravità del danno (G). Ai fini della mia analisi, il rischio calcolato in questo modo non è sufficiente, poiché non tiene conto della rilevabilità del pericolo, fattore su cui va a incidere l'introduzione della piattaforma. Perciò la mia idea è di ricalcolare il rischio utilizzando l'indice RPN, che include anche il parametro rilevabilità (*detectability*). L'obiettivo di TD4 è quello di aumentare il controllo di processo tramite il monitoraggio real time in modo da diminuire i rischi e aumentare la sicurezza del personale e per raggiungerlo punta ad aumentare la rilevabilità dei pericoli e a prevederne il verificarsi.

Il DVR di Drass valuta tutti i pericoli che possono insorgere all'interno dell'azienda. In particolare, ho analizzato la parte di DVR che comprende le attività di natura amministrativa o tecnica (Ufficio acquisti, tecnici e progettisti) e quelle di natura operativa (gestione del magazzino).

Per quanto riguarda il magazzino sono stati individuati e valutati i seguenti rischi:

Tipologia rischio		Rischio			
		Nulla	Basso	Medio	Elevato
Agenti fisici	Movimentazione manuale dei carichi		X		
	Vibrazioni			X	
	Rumore	X			
	Campi elettromagnetici	X			
	Radiazioni ottiche artificiali	X			
	Ultrasuoni e infrasuoni	X			
	Microclima	X			
	Esposizione a sostanze pericolose		X		
	Utilizzo di video terminali		X		
	Biologico			X	
	Esplosione	X			
	Esposizione a radiazioni ionizzanti	X			
	Elettrico		X		
	Incendio			X	

Tabella 3.1: Elenco e valutazione rischi specifici

Come si può notare dalla Tabella 3.1, la maggior parte dei rischi è nulla, cioè assente, oppure bassa, ossia tollerabile, per cui non sono necessarie ulteriori misure di prevenzione e protezione. Non sono presenti rischi di tipo elevato, per cui andrebbero messe in atto azioni immediate.

Riporto adesso nel dettaglio, nella Tabella 3.2, i rischi di natura infortunistica per la figura del magazziniere.

MAGAZZINIERE	Caduta a livello (scivolamenti od inciampi)			Urti contro elementi strutturali (scrivanie, armadi, ante ecc.)			Tagli dovuti ad uso di taglierini, tagliacarte o carta			Caduta di faldoni od altri materiali da scaffalature			Crollo scaffalature			Elettrocuzione			Caduta dall'alto			investimento personale a terra			Ribaltamento muletto		
	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R	G	P	R
	2	3	6	2	3	6	2	3	6	2	2	4	5	2	10	5	2	10	4	2	8	5	2	10	5	2	10

Tabella 3.2: Gravità del danno, probabilità e rischio per i rischi di natura infortunistica - magazziniere

Anche per questa tipologia di rischio sono presenti rischi verdi (bassi) e non sono presenti rischi rossi (elevati). Per la mia analisi ho deciso di focalizzarmi su quelli arancioni (medi), ossia quei rischi che sono considerati gestibili tramite l'attuazione di azioni di controllo. In particolare, ho preso in considerazione i rischi relativi all'utilizzo del muletto, che sono al limite tra rischio medio ed elevato. Infatti, per quanto la probabilità di accadimento sia bassa, la gravità del danno è massima.

In questo caso, l'attività di controllo al fine di evitare incidenti è quasi del tutto affidata all'operatore che utilizza il mezzo, quindi è più probabile che si incorra in errori umani. Per questi motivi mi è sembrato il caso migliore a cui poter applicare TD4.

Il mio obiettivo è quindi l'introduzione di TD4 per ridurre il rischio di:

- ribaltamento muletto
- investimento personale a terra
- crollo scaffalature. Questo rischio non rimanda direttamente al muletto, ma una delle cause del crollo sono le vibrazioni a cui è soggetto lo scaffale che possono essere generate dai motori dei muletti.

### 3.2 Valutazione dei rischi

Adesso procedo al calcolo dell'indice RPN e alla stesura di una piccola analisi FMECA. Ho quindi individuato i modi di guasto che coincidono con i tre rischi sopra elencati; le cause che determinano i possibili modi di guasto, e gli effetti, ossia il danno alle persone o alle cose. Le cause sono state già individuate all'interno del DVR, utilizzando il metodo FAAPO.

Di seguito riporto la prima riga della tabella della FMECA, relativa al ribaltamento del muletto.

MODO DI GUASTO	EFFETTI	CAUSE	PARAMETRI				MODIFICHE	PARAMETRI				MIGLIORAMENTO [%]		
			S	O	D	RPN		S'	O'	D'	RPN'			
Ribaltamento muletto	Danno a persone o cose	carico sbilanciato	10		3	4	120	Introduzione della piattaforma TD4	10		3	1	30	75%
		carico eccessivo	10		3	6	180	Introduzione della piattaforma TD4	10		3	1	30	83%
		forche troppo alte	10		3	4	120	Introduzione della piattaforma TD4	10		3	1	30	75%
		accelerazione elevata	10		3	4	120	Introduzione della piattaforma TD4	10		3	1	30	75%

Tabella 3.3: FMECA - prima riga

Nella Tabella 3.3 vengono mostrati i modi di guasto, le cause e gli effetti, il calcolo dell'RPN prima dell'intervento e dopo l'intervento (in questo caso i parametri sono stati contraddistinti da un ') e la percentuale di miglioramento calcolata come:

$$M[\%] = \frac{RPN - RPN'}{RPN} * 100$$

I parametri S' e O' non cambiano, perché la piattaforma non va a incidere né sulla gravità del danno né sulla probabilità di accadimento. Incide solo sulla rilevabilità.

Prima dell'introduzione di TD4, il rilevamento delle cause elencate in figura è lasciato a controlli effettuati da parte del mulettista, specialmente per le cause 1 e 3, il rilevamento è affidato all'esperienza e al giudizio di chi guida il mezzo. Soprattutto se devono essere effettuate tante movimentazioni, il mulettista può non avere il tempo di accertarsi che tutto sia

in ordine. Non sempre per questo si è in grado di rilevare in maniera tempestiva il fatto che si stiano creando le condizioni per far sì che si verifichi un incidente.

Dopo l'introduzione di TD4 invece, sarà il sistema a rilevare lo stato del carico e del muletto e avviserà il mulettista nel caso in cui le condizioni superino la soglia di rischio. Per questo motivo è stato assegnato a D' il valore 1, cioè il sistema di monitoraggio rileverà sempre l'errore.

Lo stesso tipo di valutazioni sono state fatte per gli altri due modi di guasto.

### **3.3 Applicazione della piattaforma TD4 al caso in esame**

Il primo obiettivo è quello di rilevare il possibile ribaltamento del muletto, causato da carico sbilanciato, carico eccessivo, altezza delle forche e accelerazione elevata.

Andremo quindi a posizionare sul muletto, in particolare sulle forche, dei sensori di pressione, in modo da rilevare il peso del carico e la sua distribuzione. Per quanto riguarda invece la rilevazione dell'accelerazione si è deciso di utilizzare un comune Smartphone, che possiede già al suo interno il giroscopio e l'accelerometro. Il cellulare verrà posto all'interno di un cassetto presente nell'abitacolo del veicolo.

Tra i modelli individuati per lo sviluppo di TD4 non rientra quello di riconoscimento dell'attività di un mezzo di trasporto. Questo però non risulta essere un problema. Infatti, la piattaforma è pensata per essere modulabile e scalabile. La versione standard conterrà le applicazioni elencate al paragrafo 1.5 *Le applicazioni di TD4*, a cui si potranno aggiungere ulteriori moduli in base alle esigenze del cliente. In questo caso l'esigenza è quella di sviluppare un modello per riconoscere l'attività del muletto, che può essere derivato dal modello per il rilevamento dell'attività umana.

### **3.4 Test**

Data la mole di lavoro e i tempi in cui si è svolto il tirocinio, non è stato possibile implementare realmente la piattaforma in tutti i suoi aspetti, ma sono riuscita comunque a eseguire dei test per verificare che il sistema riuscisse a rilevare i dati, elaborarli e a trasmettere le informazioni.

Per eseguire i test ho utilizzato un comune Smartphone e sono andata a verificare che la piattaforma fosse in grado di rilevare l'evento Ribaltamento del muletto causato da un'eccessiva accelerazione.

Perciò lo Smartphone è stato posizionato sul muletto ed è stata avviata la app di TD4. Il mulettista ha potuto quindi eseguire le operazioni di movimentazione. In particolare, ha effettuato delle operazioni di pick&placing, andando sistemare un carico di merce appena arrivata.

Dalla Fig. 3.1, che mostra una schermata del tool Grafana, ossia la dashboard di controllo, si può notare che la componente dell'accelerazione lungo l'asse y è pressoché costante e non supera mai i limiti di sicurezza. Il che vuol dire che il muletto ha sempre le quattro ruote attaccate a terra.

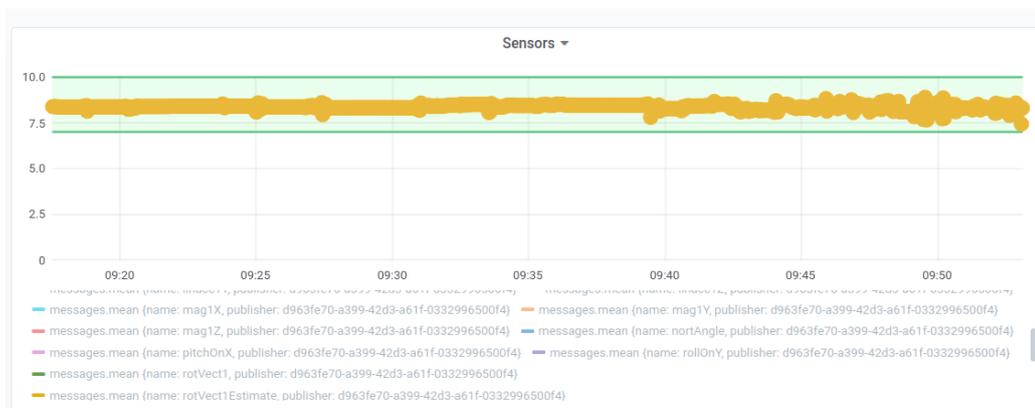


Figura 3.1: schermata di Grafana, mostra la telemetria in ingresso senza anomalie

Questa schermata permette di vedere i dati grezzi in ingresso, provenienti dai sensori posizionati nell'ambiente. Nel grafico vengono mostrati i valori delle variabili rilevate (in ordinata) e il momento in cui vengono rilevate (in ascissa), perciò permette di capire se il sistema sta ricevendo i dati dai sensori oppure no. Il tool permette l'analisi e la presentazione dei dati da un punto di vista tecnico.

Quindi lo Smartphone è stato in grado di rilevare i dati e di mandarli al sistema.

Naturalmente, per verificare che TD4 sia in grado di rilevare anche il ribaltamento, non si è potuto chiedere a Drass Srl di rovesciare volontariamente il muletto, per ovvie ragioni di sicurezza. Perciò è stata eseguita una simulazione sostituendo il muletto con una macchina telecomandata che presenta caratteristiche simili in termini di accelerazioni e velocità.

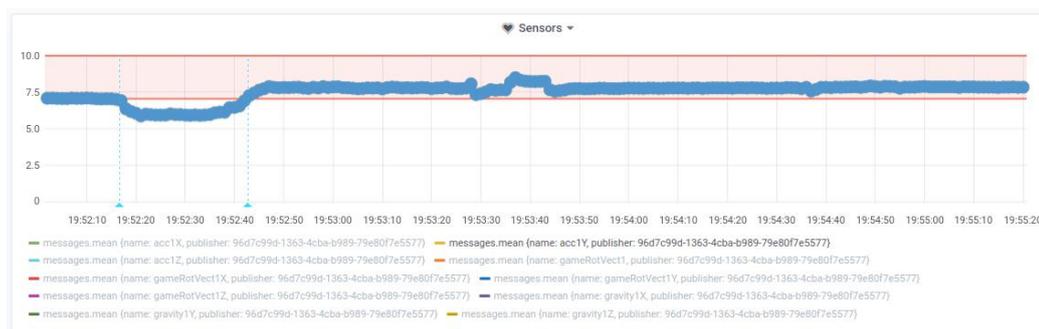


Figura 3.2: schermata di Grafana, mostra la telemetria in ingresso senza anomalie

Possiamo notare, nella Fig. 3.2, che dalle 19:52:20 alle 19:52:40, l'accelerazione del veicolo ha superato i limiti di sicurezza. In questo caso il sistema genera un alert, che verrà inviato sia a colui che sta utilizzando il mezzo in quel momento che al responsabile del magazzino e del sistema sicurezza.

L'alert arriverà direttamente sullo Smartphone degli interessati, che avranno preventivamente scaricato la app TD4.

## **4 Conclusioni**

Il lavoro di tesi e tirocinio svolto presso lo stabilimento di Livorno di Drass Srl ha riguardato lo studio del processo di gestione della sicurezza ai fini di introdurre la piattaforma True Detective 4.0, sviluppata dalla società Andromeda ESP, per aumentare il controllo sul processo e diminuire i rischi. Lo studio si è focalizzato sull'individuazione e analisi dei rischi del magazzino dell'azienda, al fine di poter realizzare e implementare la piattaforma sulle specifiche esigenze del cliente. Ho prima di tutto studiato il funzionamento del magazzino e le procedure di gestione della sicurezza, per poi analizzare il DVR e individuare gli aspetti di maggior rischio. Il muletto è risultato uno degli elementi con rischio medio, ossia per cui devono essere intraprese delle azioni di controllo; perciò, ho deciso introdurre la piattaforma per monitorare questo elemento. Successivamente ho deciso di rivalutare il rischio utilizzando la metodologia FMECA, che prevede l'individuazione degli effetti, dei modi di guasto e delle cause e la loro valutazione utilizzando l'indice RPN. In questo caso l'indice RPN si presta meglio alla quantificazione del rischio rispetto alla classica stima che prende in considerazione solo probabilità e impatto. Infatti, la piattaforma va ad agire proprio sulla rilevabilità della causa. L'indice RPN è stato calcolato prima e dopo l'implementazione della piattaforma, potendo così stimare il miglioramento. Infine, ho illustrato come si può implementare la piattaforma per i casi individuati e le simulazioni svolte, al fine di verificare il reale funzionamento del sistema. Dai test è emerso che il sistema funziona, è quindi in grado di rilevare gli eventi e gli stati per cui è stato pensato. Si ha così un aumento del controllo, in quanto la piattaforma è in grado di rilevare situazioni che altrimenti non sarebbero rilevabili o sarebbe troppo costoso rilevare.