



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA**



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

**“USO DELLE TECNOLOGIE RFID PER IL MONITORAGGIO DI
OSPITI DI STRUTTURE PER ANZIANI”**

**“USE OF RFID TECHNOLOGIES FOR MONITORING NURSING
HOME GUEST”**

Relatore: Chiar.mo Prof. Ing. Stefano Vitturi

Laureando: Paolo Agnolin

ANNO ACCADEMICO 2022 – 2023

Data di laurea 16 novembre 2023

1. Indice

1.	INDICE	2
2.	RINGRAZIAMENTI.....	5
3.	INTRODUZIONE.....	6
4.	LA TECNOLOGIA RFID.....	7
4.1.	Definizioni di base.....	7
4.2.	I Tag	9
4.3.	Le antenne.....	12
4.4.	EPC e EPCglobal.....	13
4.5.	Come vengono letti i Tag?	14
5.	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE.....	15
5.1.	I reader Impinj.....	16
5.2.	Impinj R700	16
6.	QUICK START: PRIMO AVVIO DEL DISPOSITIVO	18
7.	ITEMTEST.....	24
7.1.	Il preset di default (the Default Inventory Preset)	24
7.2.	Il preset attivo (Active preset).....	25
8.	INSTALLATION AND OPERATIONS GUIDE	30
8.1.	REQUISITI HARDWARE	30
8.2.	Ambienti operativi supportati: RShell.....	30
8.3.	Protocolli di comunicazione supportati: LLRP e IoT.....	32
8.4.	Connettere Impinj R700 al PC tramite micro USB	33
9.	WEBUI.....	34
9.1.	Accesso all'interfaccia WebUI	34
9.2.	Gesrtione dei preset in WebUI, le configurazioni del reader	36
9.3.	Lettura dei Tag da shell (o prompt dei comandi in windows)	38
10.	RSHELL.....	40

11.	SVILUPPO DI APPLICAZIONI.....	41
12.	SDK JAVA PER LO SVILUPPO DI APPLICAZIONI	42
13.	I TAG DEL PROGETTO	45
13.1.	Tag disponibili.....	45
14.	PREDISPOSIZIONE DELL'AMBIENTE DI TEST.....	49
14.1.	Presets e configurazione di default.....	49
14.2.	Scenarios	51
14.3.	Ambiente di prova	53
15.	MISURE SVOLTE.....	55
15.1.	Tipi di misure effettuate sui Tag	55
15.2.	Convenzioni e metodi usate per i grafici	57
15.3.	Inventario dei Tag (<i>Inventory</i>).....	57
15.3.1.	Misure per l'inventario dei Tag	58
15.3.2.	Osservazioni finali.....	68
15.4.	Verifica dell'equivalenza dei Tag (imbustati senza finestra).....	69
15.4.1.	Misure	69
15.4.2.	Esito delle misure e osservazioni	76
15.5.	Margin test o power sweep test	79
15.5.1.	Misure	80
15.5.2.	Esito delle misure e osservazioni	84
15.6.	Verifica dell'influenza dei vestiti.....	85
15.6.1.	Misure	85
15.6.2.	Esito delle misure e osservazioni	89
15.7.	Verifica dell'influenza del piano del Tag (angolatura).....	90
15.7.1.	Misure	90
15.7.2.	Esito delle misure e osservazioni	94
15.8.	Influenza della distanza sull'RSSI. Preset: default.....	95
15.8.1.	Misure	95

15.8.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	121
15.9.	Influenza della distanza sull’RSSI. Preset: test.....	122
15.9.1.	Misure	122
15.9.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	128
15.10.	Influenza di una persona in prossimità di un Tag	129
15.10.1.	Misure	129
15.10.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	131
15.11.	Misura con due antenne	132
15.11.1.	Misure	132
15.11.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	143
15.12.	Verifica dell’equivalenza dei Tag con busta con finestra	145
15.12.1.	Misure	145
15.12.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	153
15.13.	Verifica dell’influenza dei vestiti	155
15.13.1.	Misure	155
15.13.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	160
15.14.	Verifica dell’influenza del piano del Tag (Tag nudo).....	161
15.14.1.	Misure	161
15.14.2.	Esito delle misure e osservazioni.....	167
16.	CONCLUSIONI.....	168
	APPENDICE: DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE	171
	GLOSSARIO	175
	INDICE DELLE FIGURE.....	180
	BIBLIOGRAFIA	182

2. Ringraziamenti

Ringrazio quanti mi hanno supportato in questo cammino consentendomi di raggiungere il traguardo finale ed in particolar modo il professor Stefano Vitturi, il mio relatore, che mi ha proposto questo interessante lavoro e mi ha messo a disposizione la tecnologia necessaria per svolgerlo al meglio.

Novembre 2023

Paolo Agnolin

3. Introduzione

RFID (Radio-Frequency IDentification), è una tecnologia per la localizzazione di oggetti mediante segnali radio. Si basa su etichette, **Tags**, contenenti le informazioni relative all'oggetto su cui sono poste; entro una certa distanza possono essere lette da un dispositivo detto **lettore** o **reader** che riceve i loro segnali radio riflessi o emessi.

In questo lavoro abbiamo usato il reader ***RAIN RFID Impinj R700*** per misurare l'emissione di potenza di un insieme di Tag campione. Sono state condotte prove di vario genere per capire quali fattori influenzano l'emissione dei Tag e quindi la loro leggibilità. Si vorrebbe utilizzarli applicati sui capi di abbigliamento degli ospiti di una casa di riposo per monitorarne entrate ed uscite da un certo ambiente.

4. La tecnologia RFID

4.1. Definizioni di base

La tecnologia RFID si basa sulla comunicazione a radio-frequenza. I Tags sono dei transponder dotati di un numero identificativo univoco. I Tag RFID, in particolare quelli passivi hanno un costo molto contenuto (intorno ai 0,05 €), e non richiedono alimentazione. Per questo possono essere applicati a individui e cose in diversi campi. Attualmente si usano già in campi come: logistica, inventario, supply chain, automazione, marketing, e molti altri, tra cui diverse applicazioni nell'ambito dell'Internet of Things (IoT) (RFID.it, 2023).

Nella forma più comune, un Tag ha l'aspetto di un'etichetta con l'antenna visibile in trasparenza. Viene chiamato anche wet inlay, quando è adesivo, oppure dry inlay quando non lo è. Un Tag è costituito principalmente da un chip e mediante l'antenna riceve il segnale radio emesso da un reader. I Tag attivi hanno una fonte di alimentazione autonoma per aumentare la potenza di trasmissione e quindi la distanza di lettura. I Tag passivi non sono dotati di alimentazione interna: viene utilizzato un condensatore che, una volta carico, genera il campo elettromagnetico che trasporta le informazioni contenute nel chip. Esistono anche Tag semi-attivi in cui l'alimentazione serve per funzioni aggiuntive, come sensori di temperatura o di movimento. Spesso al reader possono essere collegate più antenne, per individuare Tag in punti diversi, oppure per coprire accuratamente un determinato varco.

Esistono diverse categorie di RFID a seconda delle frequenze, le più comuni, normate da standard ISO sono le seguenti.

125/134 kHz – RFID LF (Low Frequencies), a basse frequenze - standard **ISO 18000-2**. Hanno distanza di lettura di pochi centimetri e bassa velocità di trasmissione di dati. Sono utilizzati soprattutto per l'identificazione di animali, ma anche per distributori automatici, antifurti, controllo accessi.

13,56 MHz – RFID HF (High Frequencies), ad alte frequenze - standard **ISO 18000-3**. La distanza di lettura è fino a 10 cm e la velocità da bassa a media. Questa frequenza è chiamata anche **NFC** (Near Field Communication).

860-960 MHz – RFID UHF (Ultra High Frequencies), ad altissima frequenza - standard **ISO 18000-6**. La distanza di lettura raggiunge alcuni metri per i Tag passivi. Vi sono differenze tra i lettori UHF con standard USA e quelli con standard europeo. Storicamente si sono diffusi 2 standard operativi leggermente diversi relativamente alla frequenza utilizzata, ma è stato codificato uno standard chiamato **RAIN** per i Tag che sono compatibili con entrambi. Il mercato europeo opera ad una frequenza intorno ad 860 MHz quello americano 960 MHz. Lo standard ISO 18000-63 contraddistingue Tag UHF passivi che operano a entrambe le frequenze, in modo che possano essere utilizzati a livello globale senza problemi. I Tag RAIN sono molto usati per la logistica, l'inventariato, il cronometraggio, il controllo accessi. I Tag che esamineremo in questo lavoro sono di questo tipo.

5,8 GHz – RFID SHF (Super High Frequencies), - standard **ISO 18000-5**. Comprende solo Tag attivi che possono raggiungere una distanza di rilevamento di centinaia di metri come per esempio il Telepass.

Per operare a livello internazionale è stato progettato il protocollo di seconda generazione **EPC Gen2 V2** (GS1, 2015) dove la sigla **EPC** significa Electronic Product Code. EPC Gen2 prevede che i tag contengano solamente un unico codice, un numero di serie. Più precisamente il **protocollo di interfaccia aerea EPC Gen2 di GS1**, pubblicato per la prima volta da EPCglobal nel 2004, definisce i requisiti fisici e logici per un sistema RFID con Tag passivi, operanti nella gamma di frequenze UHF da 860 MHz a 960 MHz. Negli ultimi dieci anni, EPC Gen2 si è affermato come standard per implementazioni UHF in più settori ed è al centro di sempre più implementazioni RFID.

RAIN RFID (RAdio Frequency IdentificatioN RFID), è un'alleanza globale che promuove l'adozione universale della tecnologia RFID UHF in modo simile ad altre organizzazioni di tecnologia wireless tra cui NFC Forum, WiFi Alliance e Bluetooth. RAIN utilizza il protocollo GS1 UHF Gen2 che ISO/IEC ha standardizzato come 18000-63. La parola RAIN rimanda al collegamento tra UHF RFID e il cloud. Qui i dati basati su RFID possono essere archiviati, gestiti e condivisi via Internet utilizzando un lettore per leggere e scrivere un elemento Taggato, gestire i dati e agire di conseguenza. RAIN RFID è una tecnologia wireless passiva e senza batteria che collega miliardi di oggetti di uso quotidiano a Internet. E' il nome che marca prodotti e tecnologie RFID UHF passivi che aderiscono agli standard globali. I sistemi RAIN RFID consentono ad aziende e consumatori di identificare, individuare, autenticare e interagire

con ogni articolo contrassegnato da un tag RAIN RFID, fornendo dati e approfondimenti ricchi e in tempo reale.

4.2. I Tag

La tecnologia UHF permette di identificare in anti-collisione un numero molto elevato di transponder (oltre le 700 unità). Il numero massimo dipende dalla velocità di transito, dalla tipologia di informazioni da rilevare per ciascun transponder e dal tipo di controller RFID che viene utilizzato e dai Tag stessi.

I **Chip UHF** possono essere classificati in diversi modi, ma principalmente in base alle dimensioni e alle caratteristiche dell'EPC, del TID e della memoria utente. La capacità di memoria (user memory) di un chip UHF è attualmente di 512 bit (64 byte) o 1024 bit (128 byte). Sono stati annunciati chip con capacità di 8 kbyte, i cui costi però risultano essere ancora elevati.

La distanza di comunicazione della tecnologia UHF è uno dei punti di forza di questa particolare frequenza. La distanza varia in funzione dei reader e dei Tag utilizzati. I palmari mobili dotati di tecnologia RFID UHF consentono di comunicare con i Tag a distanze di 4-6 metri, mentre i controller di tipo Long Range UHF rilevano i Tag a 10/15 metri. La grandezza di un Tag (in particolar modo della sua antenna) è il fattore che incide maggiormente sulla sua distanza di lettura.

Vi sono 4 aspetti principali da tenere in considerazione quando si applica un Tag: dimensioni, orientamento, angolatura, posizionamento. In inglese, si parla di analisi **SOAP (Size, Orientation, Angle, Placement)**. Di seguito sono riportate le informazioni su ciascuno di questi aspetti, in modo da selezionare il Tag ideale.

- **Dimensioni.** I tag devono adattarsi alle dimensioni dell'oggetto su cui si applicano inoltre un Tag più grande (quindi con un'antenna più grande), riuscirà a ricevere più energia dal reader e quindi potrà essere letto a distanze maggiori. In questo studio abbiamo avuto a disposizione tag di diverse misure.
- **Orientamento (rotazione dell'antenna del Tag rispetto all'antenna del reader).** L'orientamento del Tag (verticale o orizzontale o in altro modo), in relazione all'antenna del sistema RFID, è un fattore critico per ottenere tassi di lettura ideali. Per trovare l'orientamento che produce le migliori percentuali di lettura, il Tag deve essere **ruotato** su

una superficie piana e con diversi orientamenti. Le nostre misure di tipo “Tag antenna verticale” e “Tag antenna orizzontale” ci hanno permesso di verificare questa caratteristica anche se l'utilizzo di antenne polarizzate circolarmente aiuta a mitigare questo problema.

- **Angolatura (piano del Tag vs piano dell'antenna).** Maggiore è l'angolatura del Tag, più breve è il raggio di lettura. Quando possibile la parte frontale del Tag dovrebbe essere rivolta verso l'antenna poiché anche un piccolo angolo potrebbe causare una diminuzione della portata di lettura del Tag. Per mitigare questo problema si usano più antenne per irradiare il Tag da più angolazioni. Le nostre misure con il Tag “parallelo” e “perpendicolare” all'antenna ci hanno permesso di verificare questo aspetto.
- **Posizionamento.** La leggibilità del Tag cambia a seconda del punto dove viene applicato. L'ideale sarebbe applicare il Tag in modo che generi le letture migliori. Ad esempio, su una scatola di cartone, dovrebbe essere scelto il lato rivolto verso il lettore RFID e quindi testare in vari punti di quella faccia per trovare quello che produce i risultati migliori. Nel nostro caso abbiamo provveduto a fare letture cumulative di tutti i Tag disposti su una superficie estesa ad una certa distanza dall'antenna.

La temperatura operativa di un Tag UHF cambia a seconda del Tag stesso. Per i Tag più comuni, chiamati wet inlay (vale a dire delle semplici etichette in plastica con integrati il chip e l'antenna), la temperatura operativa è compresa tra -20°C e +70°C. Per temperature più estreme, vengono realizzati Tag appositi, con involucri più isolanti, adatti a resistere in contesti più ostili.

Esistono materiali che interferiscono o ostacolano la lettura di Tag UHF. Il metallo, il carbonio e tutti i materiali conduttori non "radiotrasparenti" possono creare l'effetto Gabbia di Faraday. In frequenze UHF sono attenuate soprattutto dai liquidi. Esistono tuttavia dei transponder che possono essere applicati ai liquidi con opportuni materiali isolanti. Per i materiali metallici, invece, sono stati progettati dei Tag appositi, chiamati schermati, o anti-metal, o anche on-metal, che garantiscono una lettura ottimale anche se applicati su superfici metalliche.

Di seguito mostriamo l'elenco dei chip più comuni con la casa produttrice. Nei riquadri sono contenuti i Tag che abbiamo studiato.

Specifiche tecniche dei Chip RFID UHF Alien

Chip UHF	TID	EPC	Memoria utente	Read Sensitivity
Alien Higgs 3	64 Bit	96 Bit	512 Bit	-18 dBm
Alien Higgs 4	96 Bit	128 Bit	128 Bit	-19 dBm
Alien Higgs 9	48 Bit	96 Bit (espandibile fino a 496 Bit)	688 Bit	-22.5 dBm

Specifiche tecniche dei Chip RFID UHF NXP

Chip UHF	TID	EPC	Memoria utente	Read Sensitivity
NXP UCODE 7	96 Bit	128 Bit	--	-19 dBm
NXP UCODE 7xm	96 Bit	fino a 448 Bit	1 KBit	-19 dBm
NXP UCODE 7xm+	96 Bit	fino a 448 Bit	2 KBit	-19 dBm
NXP UCODE 8	96 Bit	128 Bit	--	-23 dBm
NXP UCODE 8m	96 Bit	96 Bit	32 Bit	-23 dBm
NXP UCODE 9	96 Bit	96 Bit	--	-24 dBm
NXP UCODE DNA	96 Bit	224 Bit	Fino a 3 KBit	-19 dBm
NXP UCODE G2iL / G2iL+	64 Bit	128 Bit	--	-18 dBm
NXP UCODE G2iM	96 Bit	256 Bit	--	-17.5 dBm
NXP UCODE G2iM+	96 Bit	448 Bit	Fino a 640 Bit	-17.5 dBm
NXP UCODE G2XL	64 Bit	240 Bit	--	N/A
NXP UCODE G2XM	64 Bit	240 Bit	512 Bit	N/A

Specifiche tecniche dei Chip RFID UHF Impinj				
Chip UHF	TID	EPC	Memoria utente	Read Sensitivity
Impinj Monza 4QT	96 Bit	128 Bit	512 Bit	-22 dBm
Impinj Monza 4E	96 Bit	496 Bit	128 Bit	-22 dBm
Impinj Monza 4D	96 Bit	128 Bit	32 Bit	-22 dBm
Impinj Monza 4i	96 Bit	256 Bit	480 Bit	-22 dBm
Impinj Monza 5	96 Bit	128 Bit	32 Bit	-20 dBm
Impinj Monza R6	96 Bit	96 Bit	--	-22.1 dBm
Impinj Monza R6-A	96 Bit	96 Bit	--	-22.1 dBm
Impinj Monza R6-P	96 Bit	96-128 Bit*	32-64 Bit*	-22.1 dBm
Impinj Monza X	96 Bit	128 Bit	8 KBit	-21.6 dBm
Impinj M730	96 Bit	128 Bit	--	-24 dBm
Impinj M750	96 Bit	96 Bit	32 Bit	-24 dBm
Impinj M770	96 Bit	128 Bit	32 Bit	-24 dBm
Impinj M775	96 Bit	128 Bit	32 Bit	-24 dBm
Impinj M780	96 Bit	496 Bit	128 Bit	-23.5 dBm
Impinj M781	96 Bit	128 Bit	512 Bit	-23.5 dBm
Impinj M830	96 Bit	128 Bit	--	-25.5 dBm
Impinj M850	96 Bit	96 Bit	32 Bit	-25.5 dBm

4.3. Le antenne

Un'antenna a **polarizzazione lineare** è un dispositivo che genera un'onda elettromagnetica tale che il suo campo elettrico giace su un piano (e di conseguenza il campo magnetico giace su un piano perpendicolare ad esso). Questo permette di aumentare la distanza di lettura, riuscendo ad incrementare la capacità di penetrazione dell'onda radio emessa. Le **antenne a polarizzazione circolare** emettono invece onde radio il cui vettore campo elettrico ha modulo

costante e ruota a velocità costante su un piano perpendicolare alla direzione dell'onda: in questo caso il raggio d'azione del reader è minore ma vi sono più possibilità di energizzare il Tag. Queste antenne si usano in situazioni nelle quali i Tag applicati sui prodotti non possono essere controllati. In caso di reader cui sono collegate antenne a polarizzazione lineare le etichette dovranno essere allineate con molta precisione in direzione dell'antenna stessa. Le antenne che abbiamo a disposizione sono a polarizzazione circolare. Per gestire la lettura di più Tag contemporaneamente i reader sono dotati di algoritmi anti-collisione, che regolano gli intervalli di tempo nei quali devono essere letti i Tag: in questo modo non si verificano interferenze e non si corre il rischio di ricevere informazioni errate o imprecise.

Le interfacce disponibili lato host sono le più comuni per i lettori RFID UHF e comprendono: Ethernet RJ45, USB, RS232, RS485, TTL, WiFi, GPRS, TTL/RS232.

4.4. EPC e EPCglobal

Associati ai Tag troviamo sempre due concetti molto importanti; EPC e EPCglobal.

L'**Electronic Product Code (EPC)** è nato per l'esigenza di avere un identificatore universale (utilizzando un codice numerico peculiare per ogni diversa merce), che fornisce un'identità unica per ogni oggetto fisico in qualsiasi parte del mondo.

La rappresentazione canonica di una EPC è un **URI (Uniform Resource Identifier)**, una sequenza univoca di caratteri che identifica una risorsa logica o fisica utilizzata dalle tecnologie WEB. Gli URI possono essere utilizzati per identificare qualsiasi cosa, inclusi oggetti del mondo reale, come persone e luoghi, concetti o risorse informative come pagine web e libri. Esistono vari tipi di URI:

- **URL (Uniform Resource Locator)**: sono URI che forniscono un mezzo per localizzare e recuperare risorse di informazioni su una rete (su Internet o su un'altra rete privata, come un file system di computer o una Intranet)
- **URN (Uniform Resource Name)**: sono URI forniscono solo un nome univoco, senza mezzi per individuare o recuperare la risorsa o le informazioni su di essa.

La struttura EPC è definita nell'**EPCglobal Tag Data Standard (GS1, 2023)**, uno standard disponibile gratuitamente. Come si legge nel sito web, **EPCglobal (GS1, s.d.)**, è un'iniziativa di GS1 volta a innovare e sviluppare standard guidati dal settore per l'Electronic Product Code

(EPC) per supportare l'uso dell'identificazione a radiofrequenza (RFID) e consentire la visibilità globale degli articoli (EPCIS). Gli standard sono stati sviluppati in due aree:

- **Tag EPC/RFID.** L'Electronic Product Code (EPC) è la sintassi degli identificatori univoci assegnati a oggetti fisici, unità di carico, posizioni o altre entità identificabili che svolgono un ruolo nelle operazioni aziendali. L'EPC Tag Data Standard (TDS) di GS1 specifica il formato dei dati dell'EPC e fornisce codifiche per gli schemi di numerazione, comprese le chiavi GS1, all'interno di un EPC. Gli standard GS1 sono focalizzati sui Tag RFID passivi UHF e HF.
- **Servizi di informazione EPC (EPCIS).** EPCIS è lo standard principale di condivisione dei dati di GS1 per consentire visibilità all'interno delle organizzazioni e lungo l'intera catena di fornitura di partner commerciali e altre parti interessate. Aiuta a fornire il "**cosa, quando, dove, perché e come**" di prodotti e altre risorse, consentendo l'acquisizione e la condivisione di informazioni interoperabili su stato, posizione, movimento e catena di custodia.

4.5. Come vengono letti i Tag?

Il compito principale del reader è l'*Inventory*. Esso consiste nel rilevare i Tag presenti nella Field Of View (FOV) delle antenne leggendone gli EPC. RFID Gen2 definisce 4 differenti sessioni per l'*Inventory*. Per ogni sessione ciascun Tag ha un flag di stato impostato su A (default state) o B (inventoried state). Normalmente durante l'*Inventory* i Tag in stato A vengono interrogati e passano allo stato B in cui rimangono per un certo intervallo di tempo. Durante questo tempo non rispondono più al reader. Essendo gli stati A e B vincolati alla Session, diversi reader che operano in differenti sessioni non interferiscono fra loro.

5. Descrizione della strumentazione

Il dispositivo Impinj R700 RAIN RFID READER è prodotto da Impinj Inc.¹, azienda attualmente leader del mercato, che produce chip RFID UHF passivi, reader e antenne RFID e applicazioni software per la codifica di chip. Le sue applicazioni permettono di connettere in modalità wireless alla rete Internet (Internet of Things - IoT), oggetti di uso quotidiano, come abbigliamento, componenti delle automobili, bagagli e spedizioni. La piattaforma Impinj usa RAIN RFID per fornire dati ad applicazioni aziendali e di consumo.

La strumentazione a disposizione è la seguente:

- 1 reader Impinj R700

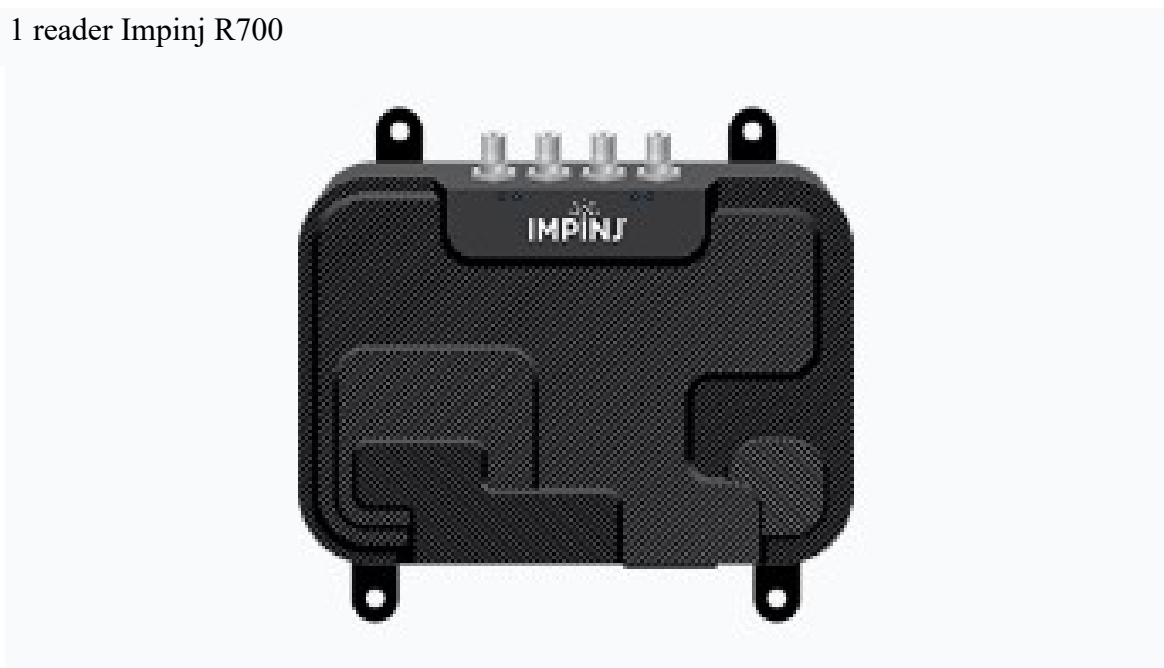





Figura 1 Il reader Impinj R700

- 4 antenne a polarizzazione circolare
 - Frequenza 840 ~ 940 MHz Guadagno 9.5 dBi VSWR ≤ 1.3
- 4 cavi coassiali da 8 metri
- Alimentatore tp-link TL-POE160S
- Tag RFID di vario tipo

¹ Impinj, Inc. è stata fondata nel 2000 e ha sede a Seattle, Washington. E' stata fondata da Carver Mead e Chris Diorio sulla base dei loro studi condotti presso il California Institute of Technology.

5.1. I reader Impinj

I reader Impinj sono dispositivi edge che consentono comunicazioni wireless bidirezionali tra applicazioni e oggetti di uso quotidiano. Possono leggere, scrivere e autenticare endpoint o Tag. La famiglia di lettori fissi Impinj comprende gli R700 progettati per applicazioni RAIN con i quali gli sviluppatori IoT possono creare e distribuire soluzioni personalizzate con strumenti relativamente semplici da facili da usare e programmare. Oltre a questi ci sono i **reader Speedway**, lettori fissi ad alte prestazioni ed i **Gateway Impinj** per monitorare, individuare e tenere traccia degli oggetti Taggati in ambienti di grandi dimensioni individuandone la posizione.

Impinj Fixed Reader Portfolio		 R700	 R420	 R220
SPECIFICATIONS	Air interface protocol	RAIN RFID / ISO 18000-63 and EPCglobal Gen2v2 compliant		
	Antenna ports	4	4	2
	Read zones (max)	32	32	16
	Read rate (max per-second)	1,100	1,100	200
	Transmit power (max, dBm)	33	32.5	32.5
	Receive sensitivity (dBm)	-92	-84	-84
	Processor speed (GHz)	1 (Dual-core)	0.4 (Single core)	0.4 (Single core)
	Random-access memory (MB)	1024	256	256
	Custom-application partition (CAP) size (MB)	128	32	32
FEATURES	Impinj IoT device interface	✓		
	Support for USB peripherals (slots)	3	1	1
	General-purpose input/output (GPIO) connector	Integrated	Accessory	Accessory
	Gigabit Ethernet network connectivity	✓		
	Power Sources	802.3af PoE/ 802.3at PoE+	All regions: AC-DC adapter All regions except EU2: IEEE 802.3af PoE EU2: IEEE 802.3at PoE+	

IMPINJ © 2021, Impinj, Inc. www.impinj.com Impinj product performance is based on Impinj's modeling and test data, actual results may vary.

Figura 2 Caratteristiche di R700 con quelle degli altri lettori Impinj

5.2. Impinj R700

Il reader **RFID Impinj R700 RAIN** (Impinj, Inc., 2021) è un lettore RFID a quattro porte conforme al protocollo GS1 UHF Gen2V2 standardizzato ISO/IEC come 18000-63. E' progettato specificamente per soddisfare le richieste di soluzioni IoT e implementazioni RAIN di livello aziendale.

Specification	Description
Air Protocol	EPCglobal UHF Class 1 Gen 2 / ISO 18000-63 RFID
Transmit Power	10 – 30 dBm (PoE All Models, Japan) 10 – 31.5 dBm (PoE+, ETSI Lower Band) 10 – 33 dBm (PoE+, FCC / ETSI Upper Band)
Transmit Power Resolution	0.25 dB
Transmit Power Accuracy	+/- 0.5 dB
Frequency Range	IPJ-R700-341 Global Reader: 902 – 928 MHz IPJ-R700-241 ETSI Reader 865 – 868 MHz, 915 – 921 MHz IPJ-R700-441 Japan Reader 916.7 to 920.9 MHz
Return Loss	10 dB min
Read Rate	Up to 1100 reads per second
Antenna Impedance	50 ohms
Max Receive Sensitivity	-92 dBm at 10-3-bit error rate, Dense Reader M8 reader mode
Gen 2 Reader Modes	Static and Dynamic RF Modes various per region

Figura 3 Specifiche del reader RFID Impinj R700

Specification	Description
Network	10/100/1000 Base-T Ethernet (RJ45)
Antenna Ports	4 monostatic ports (RP-TNC)
USB	3 Type A host, 1 micro device
Power	PoE (802.3af), PoE+ (802.3at) with LLDP for power negotiation
General Purpose I/O	3 out, 2 in optically isolated
General Purpose I/O Header	Phoenix Contact 9 pin 3.81 mm pitch

Figura 4 Connettività di Impinj R700

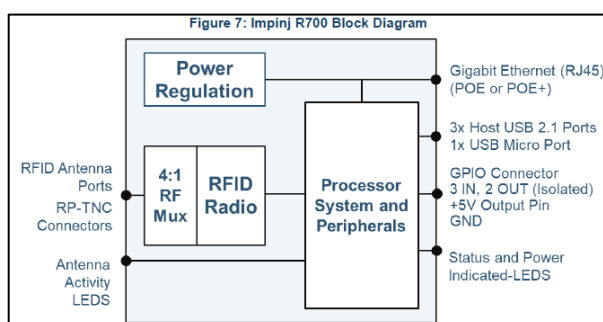


Figura 5 Diagramma a blocchi di Impinj R700

Impinj raccomanda di alimentare il reader con un dispositivo PoE o PoE+ attraverso la porta ethernet. E' possibile usare un alimentatore non PoE ma con possibili cali di prestazioni.

Il reader può essere configurato anche per rispondere a segnali GPIO (General Purpose Input/Output, un'interfaccia informatica hardware disponibile su alcuni dispositivi elettronici per interagire con un'altra periferica.

6. Quick Start: primo avvio del dispositivo

Tutta la documentazione ed il software utilizzati sono facilmente reperibili nel sito Impinj (Impinj, Inc. Mike Lenehan, 2023). Abbiamo iniziato lo studio dei Tag partendo dall'installazione e collegamento del reader mediante la Quick Start Guide (Impinj, Inc., 2021). Per i test sui Tag abbiamo fatto riferimento alla guida *ItemTest UserGuide* (Impinj, Inc., 2022) che descrive nei dettagli il software di test per ambiente Windows *ItemTest*. Descriviamo brevemente i passaggi per il primo avvio del reader

1. Installazione di Impinj ItemTest Software

Abbiamo installato il software *Impinj ItemTest Software* (V2.9.0). Questa applicazione ha richiesto preliminarmente il .NET 6.0 SDK.

2. Collegamento dell'antenna

Abbiamo collegato al reader un'antenna tra quelle in dotazione. E' una scelta tra quelle approvate dal produttore; esso richiede che vengano montate antenne di produzione propria o in conformità con le specifiche descritte nel datasheet. Il documento contiene un elenco dettagliato di antenne e cavi approvati sconsigliando l'utilizzo di qualsiasi altra antenna che potrebbe influire negativamente sulle prestazioni o causare danni al lettore.

3. Alimentazione del lettore tramite PoE (Power over Ethernet), e collegamento con la rete

E' stato utilizzato un alimentatore PoE il tp-link TL-POE160S (TP-Link, 2023). Questo dispone di 2 porte che vanno collegate come segue:

- Collegare mediante un cavo appropriato la porta Ethernet del reader alla porta PWR+DATA OUT dell'alimentatore Poe.
- Collegare mediante un cavo ethernet l'altra porta dell'alimentatore (DATA IN), direttamente ad un computer o ad un router.

Particolare attenzione è stata fatta nel non scambiare le porte dell'alimentatore. Il produttore consiglia una sorgente IEEE 802.3at PoE+. Una sorgente POE+ consente la funzionalità completa del lettore, inclusa la massima potenza di trasmissione del lettore, È possibile utilizzare una sorgente PoE IEEE 803.af ma la potenza di trasmissione del lettore e alcune funzionalità saranno limitate.

4. Accensione del lettore e aggiornamento del firmware

Nel nostro caso non è stato necessario aggiornare il firmware del dispositivo. Nel sito support.impinj.com e digitando "firmware più recente" nella barra di ricerca avremmo potuto verificare se il firmware del dispositivo era il più recente. Il metodo è il seguente:

- Mediante un browser web andare alla pagina support.impinj.com. Nella parte support cliccare su "latest firmaware"
- Fare clic sul collegamento *Latest firmware, utilities, and development libraries for Impinj readers and gateways* e prendere nota della versione firmware disponibile elencata nella pagina
- Determinare il nome host del reader per connettersi a una rete con un server DHCP. Nel nostro caso **impinj-15-60-9e²**
- In una nuova scheda del browser, connettersi al lettore Impinj R700 utilizzando l'URL [http://impinj-15-60-9e³](http://impinj-15-60-9e3). Essendo una connessione http e non https è possibile che i browser di ultima generazione diano messaggio di certificato non valido ma nel nostro caso si può proseguire senza problemi accettando il rischio.
- Accedere al lettore utilizzando le credenziali predefinite:
 - nome utente: **root**
 - password: **impinj**
- Aperta la pagina web di configurazione del lettore, annotare la versione del software in *details*.
 - Confrontare il numero di versione del software con la versione del firmware del punto precedente
- Se è disponibile un firmware del reader più recente sarà necessario:
 - scaricare il file di aggiornamento del firmware dal portale di supporto o contattare un partner Impinj autorizzato

² Il nome host del reader Impinj R700 è **impinj-XX-XX-XX** (XX-XX-XX sono le ultime 3 coppie di cifre esadecimali dell'indirizzo MAC del lettore. L'indirizzo MAC è stampato sulle etichette affisse sul lettore e sulla confezione di spedizione. Nota: se ci si sta connettendo ad una rete con IP statico la procedura di connessione è presente nel manuale *Impinj R700 Installation and Operation Guide*. Se il reader è connesso ad una rete che non dispone di DHCP o lo si connette direttamente ad un PC il reader ha un IP di default 169.254.1.1 o eventualmente scelto a caso dal reader tra 169.254.xxx.xxx

³ <http://<Nome host o IP statico>>

- fare clic sul pulsante *scegli* accanto a Select upgrade file nella pagina di configurazione web
- trovare il file di aggiornamento del firmware
- Fare clic su Upgrade (l'operazione potrebbe richiedere diversi minuti)
- Fare clic su Riavvia (alla fine)

5. Lettura dei TAG con il programma Impinj ItemTest

Quando il collegamento fisico tra reader e PC è stato stabilito si passa alla lettura dei Tag. Il software è *Impinj ItemTest*:

- Aprire l'applicazione software *Impinj ItemTest*
- Aggiungere una nuova *data source*: host name = impinj-15-60-9e

E' importante che sia selezionata la corretta *Data Source Interface* del dispositivo. Il default è *Impinj IoT Device Interface* (Impinj, Inc.), poiché la *Impinj LLRP Interface* è quella di basso livello. Quest'ultima dovrà essere usata se si vogliono utilizzare le librerie Java per creare applicazioni (in caso contrario in Java, all'avvio di una applicazione che usi le librerie disponibili, si otterrà il messaggio "Failed to get the session"). L'interfaccia del dispositivo IoT fornisce meno opzioni rispetto all'interfaccia LLRP ma permette all'utente di configurare ciascuna antenna individualmente. Quest'ultima caratteristica è stata usata in questo lavoro durante la prova con le due antenne.

Come descritto in seguito le due interfacce sono esclusive. Si può passare da una all'altra usando comandi testuali nella RShell⁴ o mediante click su un pulsante nella WebUI. Di queste caratteristiche parleremo tra breve ma nel frattempo nella dialog *Add Data Source* andrà scelta la *Data Source Interface* corretta (cioè Impinj IoT Device Interface), o il software non si collegherà col dispositivo.

Se non si conoscesse l'host name sarebbe possibile fare click sul pulsante con la lente di ingrandimento per attivare la ricerca del dispositivo e poi selezionarla e aggiungerla con *Add data Source*.

⁴ Per usare la *IoT User Interface* HTTPS deve essere attivato. Nei Firmware recenti lo è di default ma se dovesse essere necessario attivarlo manualmente in RShell si può: 1) attivare una command-line application (CMD in Windows), 2) scrivere ssh root@impinj-15-60-9e, 3) password = impinj, 4) scrivere: config network https enable

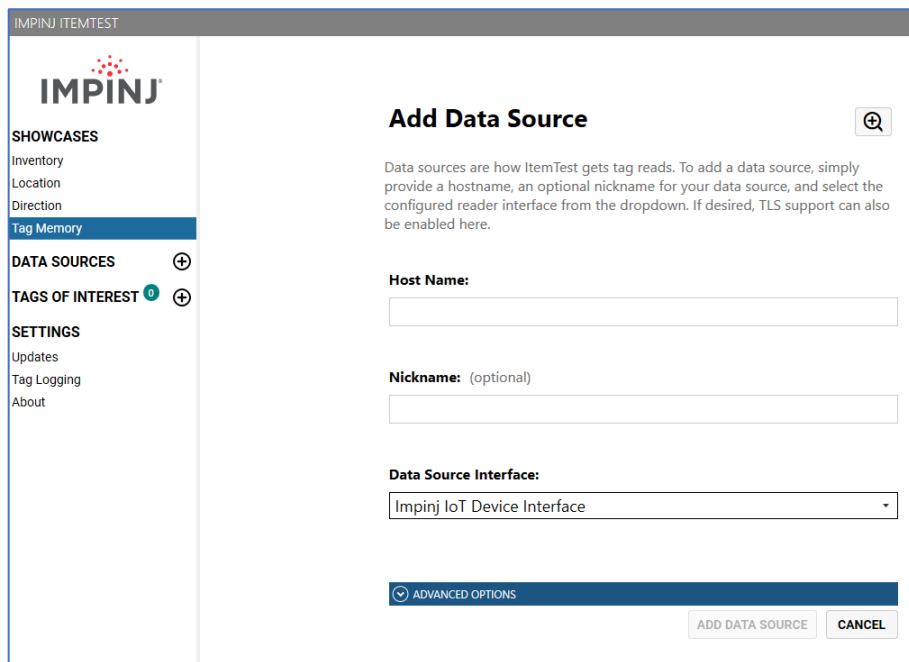


Figura 6 La dialog Add Data Source

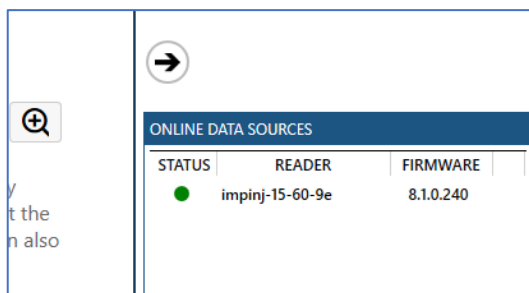


Figura 7 Datasources disponibili

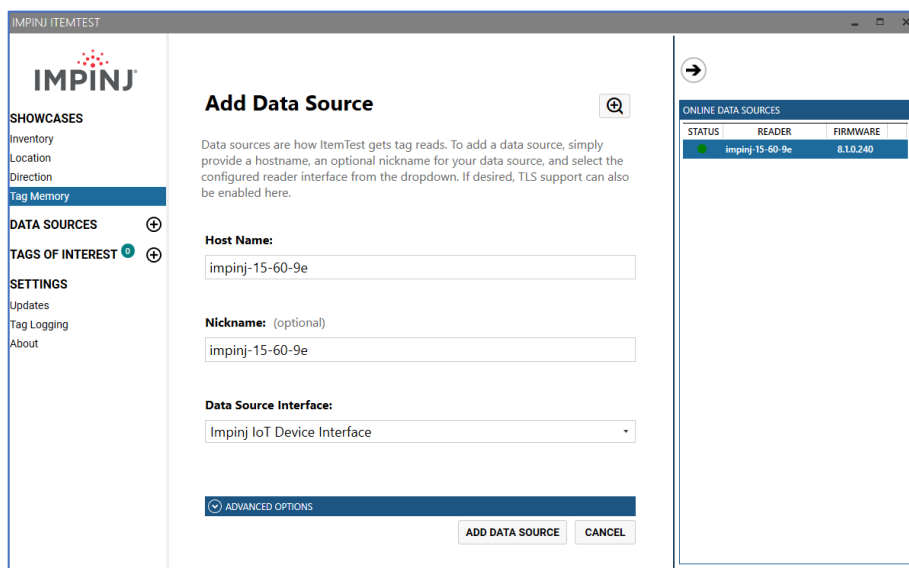


Figura 8 Finestra Add Data Source con il nostro reader

- Per verificare la lettura dei Tag cliccare *Inventory*⁵ in *Showcases* (*Inventory* è l'unica opzione disponibile per il reader R700)
- Posizionare i Tag nel FOV dell'antenna
- Avviare l'operazione di inventario dei Tag facendo clic sul pulsante con la freccia cerchiata⁶. La lettura dei Tag inizia. Si sta usando la configurazione di default del reader; il *preset default*. La lista inizia a popolarsi di righe corrispondenti ai Tag letti. Si possono leggere l'EPC, il numero di conteggi, la potenza ricevuta massima e media (dBm) ed altre informazioni. Inoltre:
 - In basso alla pagina è possibile legger il *read rate* espresso in conteggi/s
 - A lettura ultimata è possibile selezionare col mouse la lista ottenuta e salvarla in un file (esempio Excel), mediante *copia-incolla*. I valori incollati hanno una numero di cifre decimali molto più grande di quello visibile sulla lista.
 - Fare clic sull'intestazione di una colonna per ordinare in base a un attributo specifico
 - Fare clic con il pulsante destro del mouse su qualsiasi intestazione di colonna per selezionare quali attributi visualizzare
 - Man mano che il tempo di ultima lettura del Tag aumenta la riga diventa progressivamente grigia

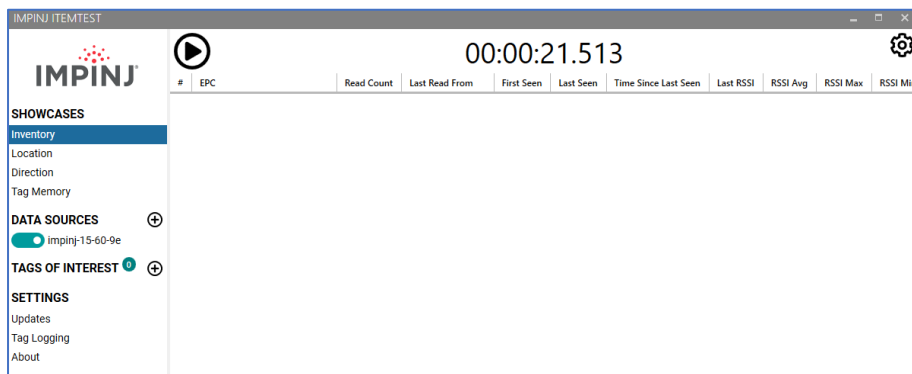


Figura 9 Lista dei Tag vuota

⁵ *Inventory* è il nome di questa attività. Indica al reader di leggere i Tag nel FOV delle antenne

⁶ D'ora in poi chiameremo questa operazione *run*

#	EPC	Read Count	Last Read From	First Seen	Last Seen	Time Since Last Seen	Last RSSI	RSSI Avg	RSSI Max	RSSI M
1	E28069950000500E7A91E8BA 206		impinj-15-60-9e 17.715	47.881	0.121		-60.000	-59.147	-50.000	-73.000
2	E28069950000400E7A9204BA 191		impinj-15-60-9e 17.886	47.881	0.121		-63.500	-60.810	-46.500	-72.000
3	E28011700000021166F0AAEF 172		impinj-15-60-9e 17.895	47.881	0.121		-65.000	-62.349	-54.000	-69.500
4	E2806995000070038DF5595D 176		impinj-15-60-9e 17.895	47.881	0.121		-49.000	-49.352	-42.000	-68.000
5	E28069950000400E7A9208BA 166		impinj-15-60-9e 17.895	47.881	0.121		-63.000	-61.839	-53.000	-69.500
6	E28069950000400089C53440 155		impinj-15-60-9e 17.895	47.975	0.028		-70.500	-68.605	-57.500	-72.500
7	E28069950000500089C53040 51		impinj-15-60-9e 17.976	31.128	16.874		-69.500	-64.531	-56.500	-71.500
8	E2806995000070038DF5355D 27		impinj-15-60-9e 18.150	28.362	19.641		-68.500	-63.566	-59.000	-68.500
9	E28069950000500F611385FD 158		impinj-15-60-9e 18.150	47.881	0.121		-66.000	-64.889	-57.000	-72.500
10	E28069950000400E7A9210BA 157		impinj-15-60-9e 18.367	47.881	0.121		-63.000	-61.700	-52.500	-67.000
11	E28069950000500089C52440 150		impinj-15-60-9e 18.367	47.881	0.121		-67.000	-64.180	-53.000	-70.500
12	E28069950000400F611371FD 130		impinj-15-60-9e 18.367	44.321	3.681		-67.500	-65.712	-60.000	-70.000
13	E28011700000021166F0AAEB 46		impinj-15-60-9e 18.367	31.479	16.524		-72.500	-68.129	-62.500	-74.000
14	E28011700000021166EF53F4 29		impinj-15-60-9e 18.378	33.225	14.777		-73.500	-69.424	-65.000	-76.500
15	E2806995000060038DF5895D 10		impinj-15-60-9e 18.378	27.347	20.656		-63.000	-61.740	-58.500	-66.000
16	E2806995000060038DF5495D 14		impinj-15-60-9e 18.378	27.347	20.656		-62.000	-60.923	-57.500	-66.500
17	E28069950000500E7A90D0BA 13		impinj-15-60-9e 18.471	26.581	21.422		-61.000	-55.656	-49.500	-61.000
18	E28069950000500F61136DFD 97		impinj-15-60-9e 18.471	47.194	0.808		-67.500	-64.035	-55.500	-68.500
19	E28011700000021166EF52FD 15		impinj-15-60-9e 18.471	27.347	20.656		-59.500	-57.958	-55.000	-61.500
20	E2806995000060038DF5505D 151		impinj-15-60-9e 18.471	47.881	0.121		-56.000	-55.335	-44.500	-63.500
21	E28011700000021166F0ABE1 109		impinj-15-60-9e 18.605	47.568	0.434		-66.000	-66.370	-62.500	-70.000
22	E28011700000021166EF53F5 14		impinj-15-60-9e 18.605	27.597	20.406		-65.000	-65.760	-61.000	-71.000
23	E28069950000500E7A920CBA 151		impinj-15-60-9e 18.605	47.881	0.121		-68.000	-66.579	-60.500	-70.000
24	E28011700000021166F0ABE3 27		impinj-15-60-9e 18.605	28.221	19.781		-75.500	-70.618	-65.500	-76.000

Figura 10 Lista dei Tag popolata. In grigio quelli letti da più tempo

- Per interrompere l'operazione di inventario dei Tag fare click sul pulsante stop (quadrato cerchiato)

Il reader è stato collegato e provato. E' possibile quindi passare al test dei Tag o creare applicazioni seguendo la ricca documentazione disponibile nel sito Impinj.

7. ItemTest

Questo software è stato brevemente introdotto nel paragrafo precedente, qui ne descriveremo ulteriori funzionalità. Particolare attenzione va posta alla sezione *Configuring Data Sources* poiché per ottenere risultati ottimali le origini dati della sezione *Showcase* devono essere configurate correttamente. La pagina di configurazione riflette le differenze tra i reader. Ad esempio, poiché solo xArrays e xSpans possono essere configurati per lo Showcase direzionale, i pulsanti Ottimizza e Seleziona appaiono solo per quei lettori.

7.1. Il preset di default (the Default Inventory Preset)

La *Data Source Configuration*, è un compito fondamentale per condurre test efficaci, eseguire dimostrazioni/verifiche sui Tag e soprattutto nell'uso quotidiano nelle applicazioni. Una molteplicità di impostazioni selezionabili dall'utente controlla i comportamenti del lettore. I parametri principali sono la potenza dell'antenna in dBm e la sensibilità del lettore RSSI in dBm. Una volta determinate le impostazioni ottimali, è possibile salvarle in un *preset* creato dall'utente che può essere esportato in un file in formato JSON per usi successivi. I preset fanno risparmiare tempo e garantiscono un'applicazione coerente delle impostazioni. L'utilità del download/upload dei file di configurazione è palese dato che *Impinj ItemTest* è per Windows mentre un browser web con la WebUI (Web User Interface - che ci permette di accedere ai parametri del reader e di cui parleremo in seguito), può funzionare su sistemi operativi differenti come per esempio Linux. Ma non solo, quando si è trovata una configurazione ottimale con *ItemTest*, il *preset* può essere usato in una applicazione aziendale.

ItemTest dispone di *preset* LLRP e IoT di default disponibili per tutti i modelli di lettori. Essi costituiscono il punto di partenza per creare un *preset Inventory* personalizzato per l'origine dati a disposizione. Il *preset default* viene automaticamente selezionato all'avvio dell'*ItemTest* (infatti questo è quello che ci ha permesso di usare fin da subito il reader). Si può modificare direttamente il *preset default* o crearne prima una copia da modificare. Esso non può in ogni caso essere cancellato - si modificherà sempre la copia. Se il *preset* creato e personalizzato viene salvato esso risulta memorizzato nel reader e lo si trova disponibile qualunque sia il metodo di accesso al reader scelto.

Per modificare i parametri del *preset default* è necessario fare clic sul nome del reader (Impinj-15-60-9e), per accedere alla maschera di modifica. Si possono modificare la *Power* (dBm), e sensibilità (*Rx Sensitivity*) (dBm) della/e antenna/e (ricordiamo che in *IoT interface* possiamo modificare la configurazione delle antenne separatamente). La sezione *Tag Event Configuration* è l'elenco dei campi che vogliamo vedere nell'*Inventory* e comprende: *EPC*, *Read count*⁷ (numero di conteggi per quel Tag), *Last Read From* (il reader che ha visto il tag) ed ancora la *RSSI Average*, l'*Antenna* che ha individuato il tag.

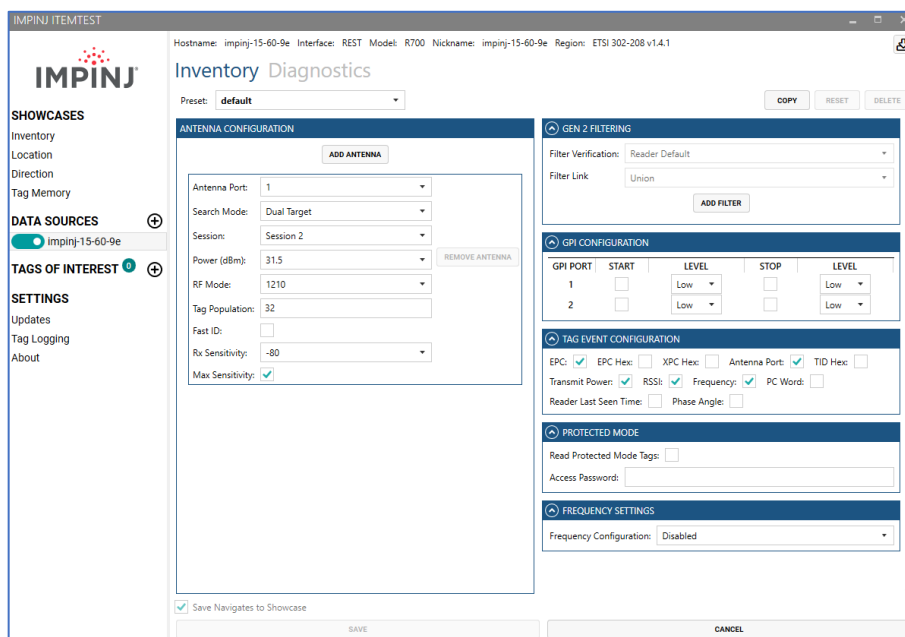


Figura 11 Configurazione dell'Inventory della DataSource

7.2. Il preset attivo (Active preset)

Il preset utilizzato quando si esegue un *Inventory* è il *preset attivo*. Per attivare un *preset* (quindi si vuole che il reader *usi* quel *preset*), si dovrà cliccare su *salva* ed il nome del preset sarà scritto in **grassetto** per indicare che si stanno usando i suoi parametri; esso sarà quindi il nuovo *preset attivo*. Una *Datasource* può avere diversi preset configurati per l'interfaccia LLRP o IoT. È possibile visualizzare i parametri degli altri preset senza renderli attivi. Per modificare, memorizzare nel reader e rendere attivo il *preset* fare clic su *salva*.

⁷ Ogni conteggio corrisponde ad una riga del file *log* (se attivato), ove vengono salvate le letture. Della lettura viene salvato un timestamp con l'istante di lettura, la RSSI ed altre informazioni

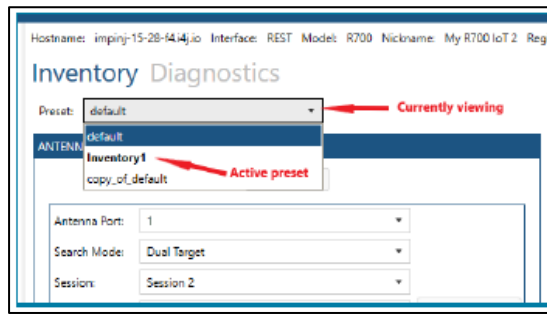


Figura 12 Attivazione del preset Inventory1

E' possibile configurare *preset* per la *LLRP Interface* o per la *IoT Interface*, naturalmente le opzioni disponibili saranno diverse ma alcuni parametri saranno presenti sia in una che nell'altra configurazione. Oltre a potenza e sensibilità delle antenne è possibile configurare *RF Mode* che definisce la trasmissione dei dati via etere tra l'antenna del lettore e il Tag, il *Search Mode* che definisce come avviene la lettura dei tag e la *Session* di cui abbiamo già parlato. E' la combinazione di *RF Mode*, *Search Mode* e *Session* che definisce lo *Scenario* e quindi il comportamento del reader durante *l'Inventory*.

Altre funzionalità interessanti del programma *ItemTest* sono le seguenti.

Tag Memory Showcase. Può essere utilizzato per leggere e scrivere i vari banchi di memoria di un singolo Tag. Un esempio potrebbe essere la scrittura di informazioni identificative aggiuntive nella memoria utente di un Tag, ad esempio un collegamento a un sito Web, il nome dell'utente o altro. Per attivarlo si può cliccare sulla voce relativa oppure eseguire il *run* di un *Inventory* e cliccare col tasto destro del mouse su un qualunque Tag che appare sulla lista selezionando poi *Tag Memory Access*. Esiste la possibilità di impedire l'accesso alla memoria del tag impostando una password di accesso.

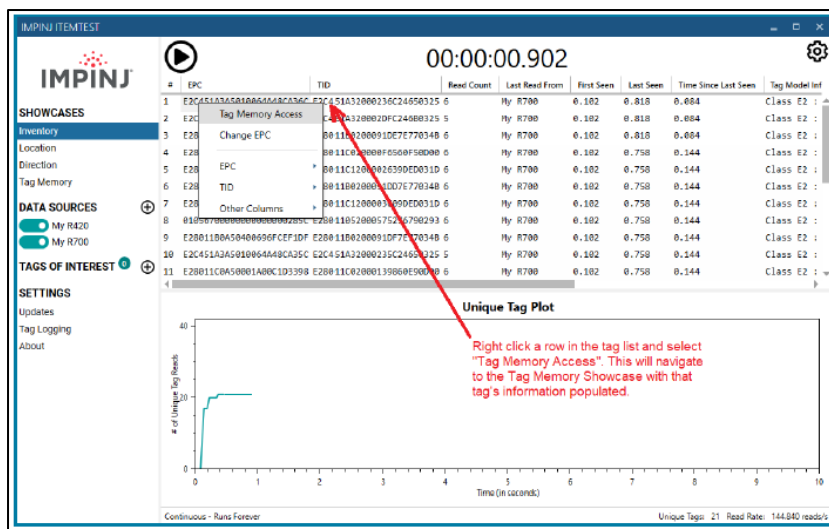


Figura 13 Attivazione di Tag Memory Access

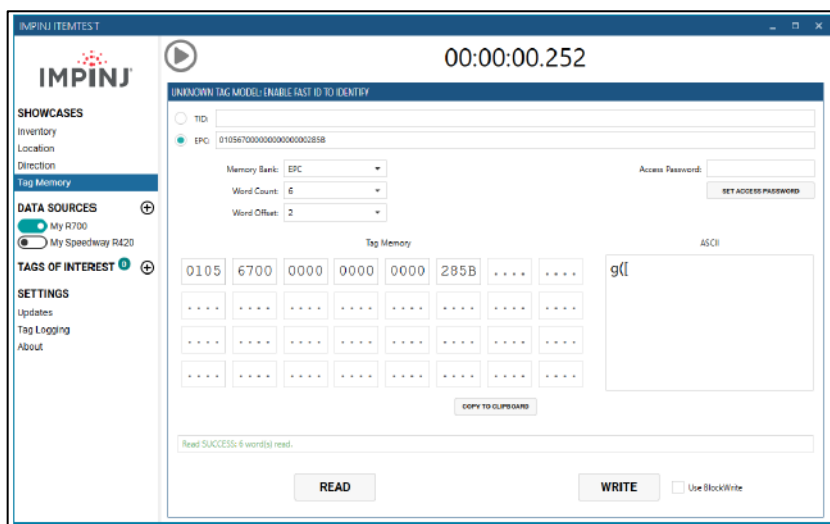


Figura 14 Tag Memory Showcase

Tag of Interest. ItemTest consente di colorare e raggruppare i Tag utilizzando un file TOI (*Tag Of Interest*). ItemTest manterrà le statistiche sui conteggi dei Tag specificati nel file TOI e se visti dall'antenna applicherà un colore impostato durante la visualizzazione dei Tag stessi. Per aggiungere TOI è necessario cliccare sul pulsante "+" accanto alla sezione *Tag Of Interest* sul lato sinistro dell'applicazione e verrà richiesto di inserire il percorso del file TOI.

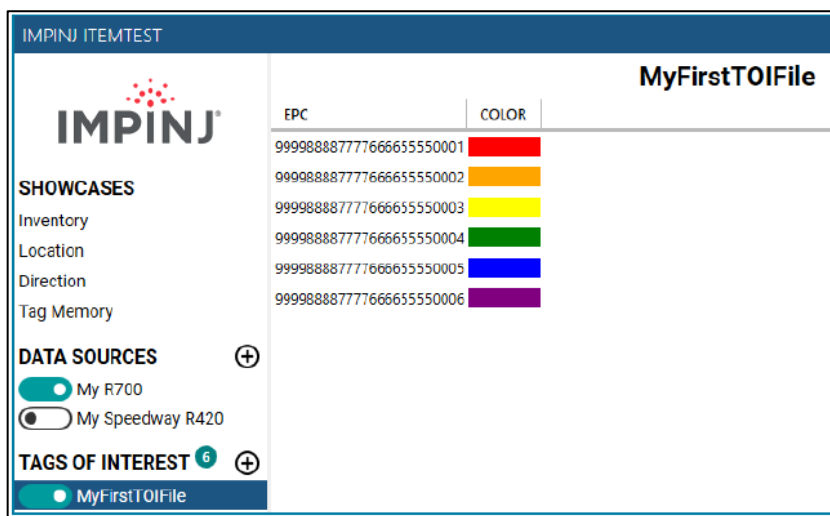


Figura 15 Tag of Interest

Il pulsante Impostazioni (⚙️) presente sulla maschera *Inventory* può essere usato per modificare la modalità delle esecuzioni dell'*Inventory*. Useremo questa possibilità nelle misure successive, in particolare per il **Margin Test**. Un'altra opzione interessante è *Show unique Tags plots* che permette di individuare con un grafico il momento in cui il Tag viene letto per la prima volta.

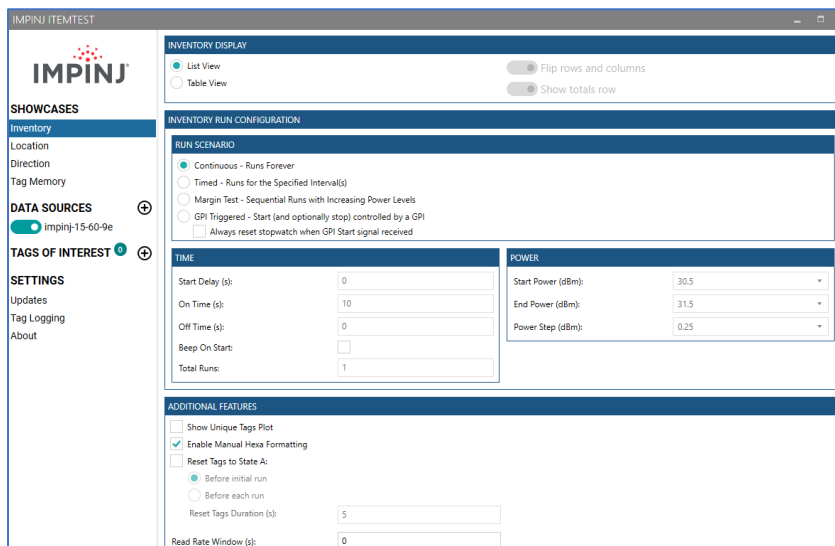


Figura 16 Impostazioni dell'Inventory

Nella parte **Tag Logging** abbiamo la possibilità di salvare in un file CSV i dati letti durante il *run*, gli EPC dei Tag assieme a molte altre informazioni come il timestamp di lettura e la potenza ricevuta. Mediante questi file abbiamo fatto utili grafici. Con generate *Unique Tag plot* possiamo aver un file CSV aggiuntivo che elenca in modo univoco i tag letti.

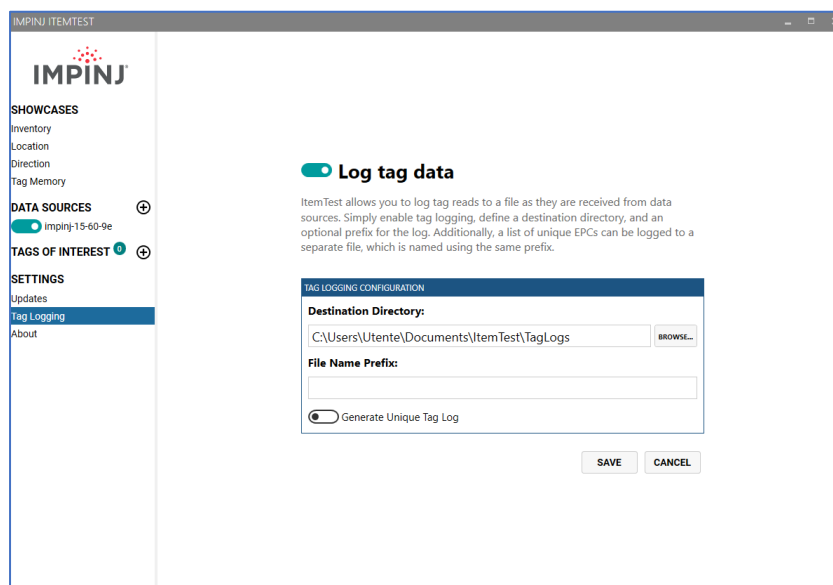


Figura 17 Tag Logging

Un esempio di file *log* è il seguente. Il nome del file con prefisso a scelta e 20230917__2023-09-17_17-56-39.csv

```
// 17/09/2023 17:56:39
```

```
// TODO: Atlas Inventory Comma  
Separated Configuration Header
```

// Timestamp, EPC, TID, Antenna, RSSI,
Frequency, Hostname, PhaseAngle,
DopplerFrequency

2023-09-17T17:56:39.5852609+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	-60	866,9	impinj-15-60-9e	866900
2023-09-17T17:56:39.5972366+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	-56	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.5973690+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	51,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.5974534+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	50,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
2023-09-17T17:56:39.5975359+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	-51	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8342010+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	54,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8342917+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	55,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8352143+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	57,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8352400+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	58,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8352646+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	59,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:39.8352834+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	64,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900
			-			
2023-09-17T17:56:40.0840657+02:00	E28069950000400E7A9120BA	1	66,5	866,9	impinj-15-60-9e	866900

8. Installation and Operations Guide

Le lettura di questo manuale ci ha fornito istruzioni dettagliate per l'installazione, la connessione, la configurazione, il funzionamento, l'aggiornamento e risoluzione dei problemi del lettore Impinj R700. Alcune informazioni importanti che abbiamo potuto ricavare dalla sua lettura sono descritte in seguito.

8.1. Requisiti hardware

Per collegare il reader a un PC (Windows, Mac o Linux) è necessaria una rete TCP/IP. La connessione di rete deve fornire alimentazione (PoE o PoE+), come descritto precedentemente. E' possibile il collegamento alla porta micro USB che però non abbiamo provato. Sono necessarie una o più antenne RFID UHF approvate da Impinj, inclusi il cavo o i cavi RF associati con un'interfaccia con connettore maschio RP-TNC. Gli adattatori WiFi supportati includono il Panda PAU06 802.11n o qualsiasi dispositivo con chipset Ralink RT2870, non abbiamo provato tuttavia questo tipo di connessione.

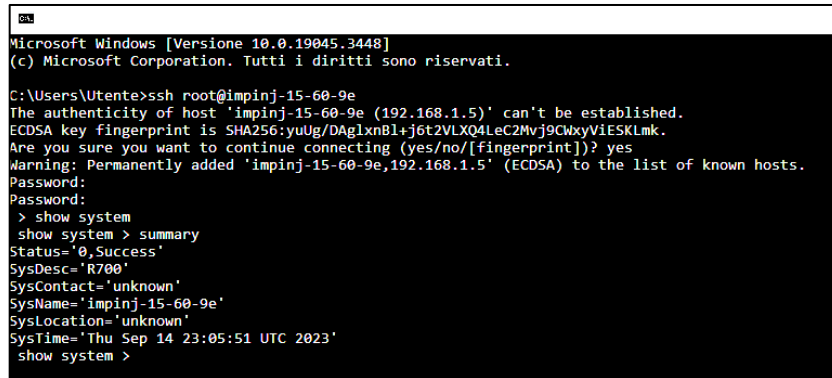
8.2. Ambienti operativi supportati: RShell

Si tratta dell'interfaccia a riga di comando del reader. Per accedere alla console *RShell (Reader Shell)*, del dispositivo usata per la configurazione ed il monitoraggio al pari dell'interfaccia web WebUI, gli ambienti sono diversi a seconda dell'interfaccia di connessione usata.

Interfaccia	Protocollo	Strumenti raccomandati	
		Microsoft Windows	Linux
Ethernet	SSH porta 22	SSH o Putty	SSH
USB Host	SSH porta 22	SSH o Putty	SSH

In Windows la connessione con RShell essere aperta da una console di comandi CMD collegandosi col seguente comando⁸:

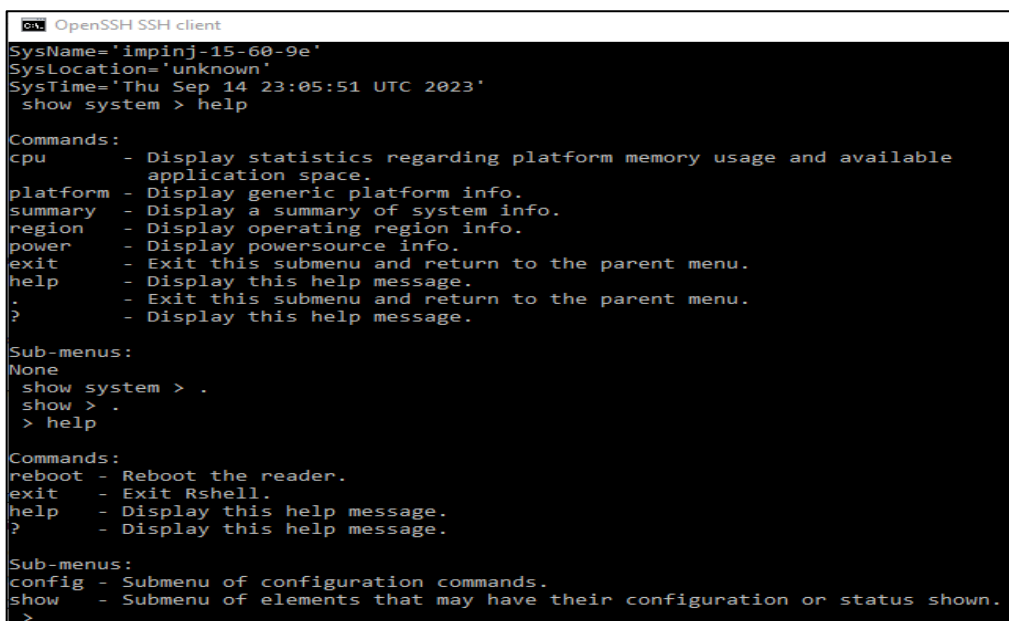
```
ssh root@impinj-15-60-9e
username: root
password: impinj
```



```
Microsoft Windows [Versione 10.0.19045.3448]
(c) Microsoft Corporation. Tutti i diritti sono riservati.

C:\Users\Utente>ssh root@impinj-15-60-9e
The authenticity of host 'impinj-15-60-9e (192.168.1.5)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is SHA256:yuUg/DAGlxnB1+j6t2VLXQ4LeC2Mvj9CWxyVIESKLmk.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no/[fingerprint])? yes
Warning: Permanently added 'impinj-15-60-9e,192.168.1.5' (ECDSA) to the list of known hosts.
Password:
Password:
> show system
show system > summary
Status='0,Success'
SysDesc='R700'
SysContact='unknown'
SysName='impinj-15-60-9e'
SysLocation='unknown'
SysTime='Thu Sep 14 23:05:51 UTC 2023'
show system >
```

Figura 18 Console con i comandi per la connessione a RShell



```
OpenSSH SSH client
SysName='impinj-15-60-9e'
SysLocation='unknown'
SysTime='Thu Sep 14 23:05:51 UTC 2023'
show system > help

Commands:
cpu - Display statistics regarding platform memory usage and available
application space.
platform - Display generic platform info.
summary - Display a summary of system info.
region - Display operating region info.
power - Display powersource info.
exit - Exit this submenu and return to the parent menu.
help - Display this help message.
. - Exit this submenu and return to the parent menu.
? - Display this help message.

Sub-menus:
None
show system > .
show > .
> help

Commands:
reboot - Reboot the reader.
exit - Exit Rshell.
help - Display this help message.
? - Display this help message.

Sub-menus:
config - Submenu of configuration commands.
show - Submenu of elements that may have their configuration or status shown.
>
```

Figura 19 Esito del comando help digitato in RShell

⁸ in generale sarà root@impinj-XX-XX-XX con XX-XX-XX ultime cifre del numero MAC esadecimale del dispositivo

8.3. Protocolli di comunicazione supportati: LLRP e IoT

Abbiamo già visto che per il controllo client del reader ovvero la comunicazione con lo stesso si dispone di due protocolli:

- *EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1*
- *IoT Device Interface Protocol (IoT)*. IoT Impinj fornisce un'API REST per l'interfacciamento con il lettore e un'interfaccia utente Web intuitiva per una facile configurazione del reader.

Le interfacce LLRP e IoT sono mutuamente esclusive. E' possibile passare da una all'altra mediante RShell o il WebUI (che vedremo nel prossimo capitolo). In RShell il comando è il seguente:

```
config rfid interface
```

con i seguenti parametri: *llrp* abilita *Impinj LLRP Interface*, *rest* abilita *Impinj IoT* (e il default al primo avvio del reader).

Se si vuole usare il WebUI per cambiare interfaccia, dopo aver eseguito l'accesso (spiegato nella parte Web UI seguente), si dovrà cliccare su *Change Interface*. Nel farlo comparirà un messaggio che informa l'utente in modo molto dettagliato delle peculiarità di una o dell'altra interfaccia

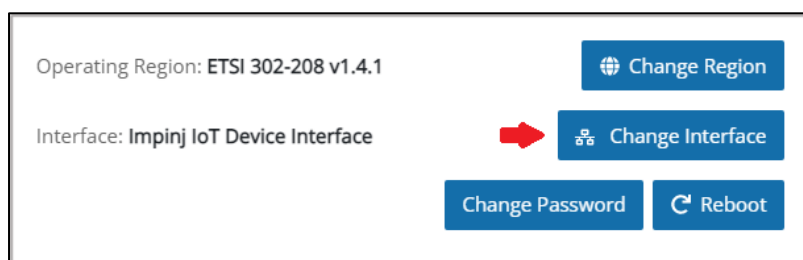


Figura 20 Change interfce in WebUI

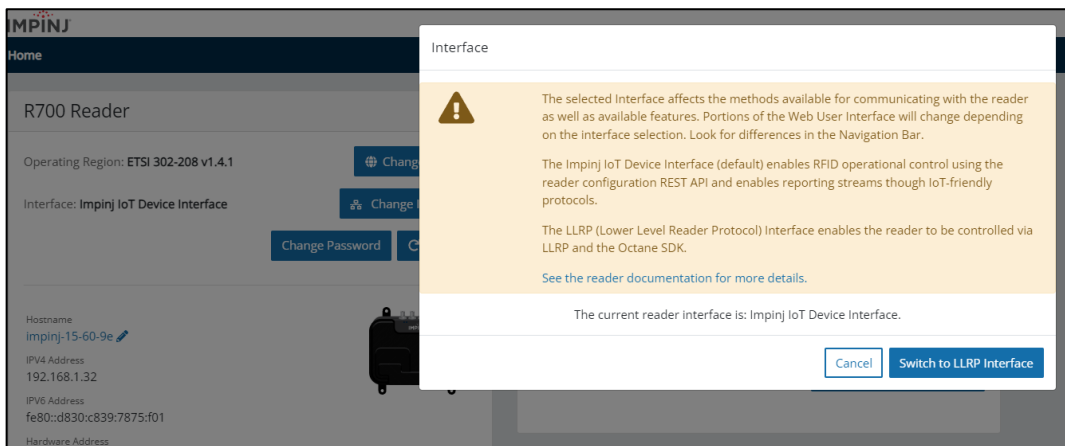


Figura 21 Messaggio in WebUI al cambio dell'interfaccia

8.4. Connettere Impinj R700 al PC tramite micro USB

Mentre la connessione Ethernet è descritta anche nella *Quick Start Guide* per connettersi con la micro USB il procedimento è più complesso. Si dovrà usare un cliente SSH come per esempio PuTTY per configurare la porta seriale (COM1 per esempio). Per una dettagliata descrizione si veda il paragrafo **To connect an Impinj R700 reader to your PC over the host USB connection** (Impinj, Inc., 2022-2023) pag. 22, della guida *Installation and Operations Guide*.

9. WebUI

L'interfaccia utente Web (*WebUI*), è uno strumento a disposizione dell'utente per la gestione degli eventi e dei *preset* del dispositivo. È possibile accedere all'interfaccia tramite un browser Web (supportati sono solo Chrome 96.x, Firefox 95.x e Safari 15.x). L'ambiente è utile per la configurazione rapida o la risoluzione dei problemi ma anche per impostare la lettura dei Tag ovvero di eseguire le attività di *Inventory*. In esso infatti possono essere importati i *preset*. Il protocollo principale usato è l'HTTP. Brevemente la WebUI fornisce la possibilità di:

- Accedere e navigare nell'interfaccia utente web di Impinj
- Gestire il reader
- Impostare l'autenticazione
- Definire i preset RFID
- Utilizzare strumenti e protocolli standard

Molto utile risulta l'icona “?” che permette di accedere a informazioni specifiche all'interno del sito Web. L'utilità dell'interfaccia *WebUI* è palese se si considera che il software Impinj ItemTest è solo per sistemi operativi Windows.

9.1. Accesso all'interfaccia WebUI

Per accedere all'interfaccia WebUI digitare in un browser supportato l'indirizzo

<https://impinj-15-60-9e>

(come sempre questo vale per il nostro dispositivo). Appariranno alcuni messaggi relativi alla sicurezza come per esempio i seguenti



Figura 22 Messaggio di sicurezza del browser quando si accede alla WebUI



Figura 23 Messaggio di sicurezza del browser quando si accede alla WebUI

Dato che si tratta di un'operazione voluta risponderemo in modo affermativo anche se una spiegazione e dettagliata dell'argomento è disponibile on line in (Impinj, Inc Daniel Cohen, 2023). Verranno richieste le credenziali di accesso che per default sono:

utente: root

password: impinj

esattamente come accade in RShell; l'interfaccia *WebUI* consente tutte le configurazioni già permesse dalla RShell tra cui anche l'aggiornamento del firmware ed il cambio del protocollo secondo quanto già detto in precedenza.

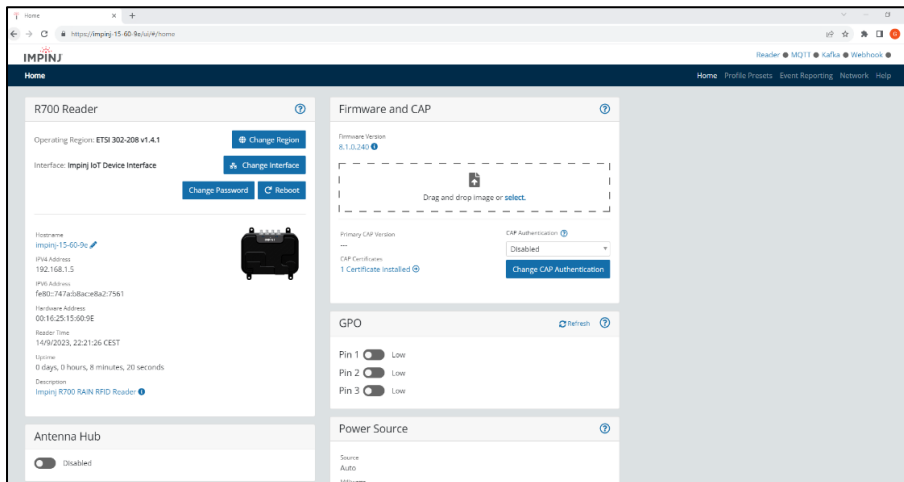


Figura 24 Interfaccia WebUI

9.2. Gestione dei preset in WebUI, le configurazioni del reader

Un parte molto importante dell'interfaccia *WebUI* è quella dei *presets*. Abbiamo già avuto modo di definire la loro importanza. In questo caso ne descriviamo l'uso nella *WebUI*. Cliccando *Profile Presets* si apre la pagina dei preset dove è possibile ritrovare quelli memorizzati nel reader, modificarli e crearne di nuovi. Anche qui il preset *default* sarà solo clonabile, mai cancellabile, e modificabile con memorizzazione con diverso nome. *Download* e *Upload* permettono di salvare e caricare i preset informato JSON.

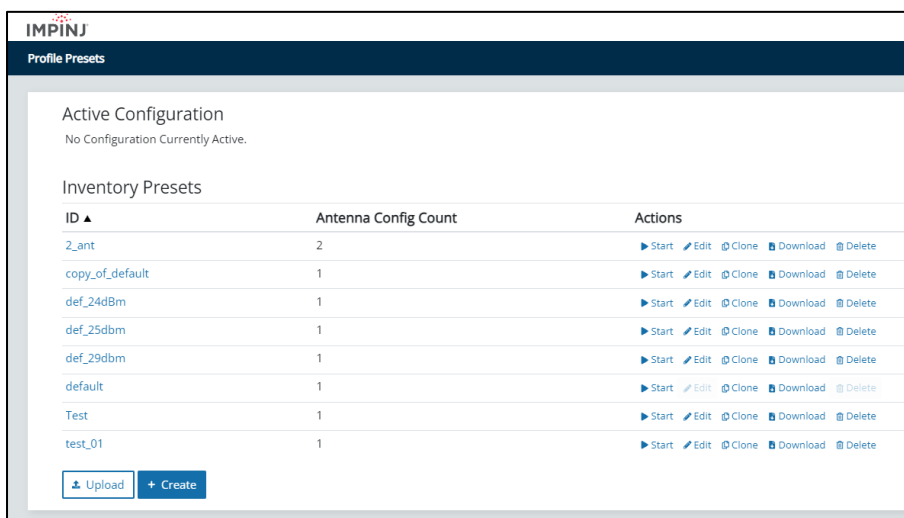


Figura 25 Profile preser di WebUI

Cliccando su Edit possiamo modificare un preset già presente nel reader.

Editing Test

Antenna Configurations

Port 1 Delete Clone

Antenna Name	Antenna Port	Transmit Power (dBm)
	1	2200
Session	Population Estimate	Receive Sensitivity (dBm)
2	32	-70
Tag Access Password Hex	FastID	Search Mode
	Enabled	Dual Target
RF Mode		
3 - Dense Reader M8		

Power Sweeping
Enables inventory rounds to be performed at progressively higher power levels, repeating once the configured Transmit Power is reached.

Tag Authentication
Enables a tag authentication challenge to be sent to each inventoried tag.

Filters

[Add Filter](#)

Figura 26 Modifica del preset 1/3

Tag Memory Reads

[Add Tag Memory Read](#)

Add Antenna Config

Event Configuration

Common
Configuration that applies to all events.

Include Reader Hostname

Tag Inventory - Included Fields

Controls which fields are included in Tag Inventory events.

<input checked="" type="checkbox"/> Antenna Port	<input checked="" type="checkbox"/> EPC	<input type="checkbox"/> EPC Hex
<input checked="" type="checkbox"/> Frequency	<input type="checkbox"/> Last Seen Time	<input type="checkbox"/> PC Word
<input type="checkbox"/> Phase Angle	<input checked="" type="checkbox"/> TID	<input type="checkbox"/> TID Hex
		<input checked="" type="checkbox"/> Transmit Power
		<input type="checkbox"/> Peak RSSI

Tag Inventory - Behavior

Controls how and when Tag Inventory events are reported.

Reporting Interval (s): 0

Tag Cache Size: 2048

Antenna Identifier: Port

Tag Identifier: EPC

Figura 27 Modifica del preset 2/3

Antenna

Controls which antenna related events are reported.

Enable Activation Event

Start Triggers

[Create Start Trigger](#)

Stop Triggers

[Create Stop Trigger](#)

Frequency Configuration

Frequency Order

Available Frequencies
+ 865700 kHz
+ 866300 kHz
+ 866900 kHz
+ 867500 kHz

Cancel Save

Figura 28 Modifica del preset 3/3

9.3. Lettura dei Tag da shell (o prompt dei comandi in windows)

Quando un preset è stato configurato per poterlo utilizzare lo si dovrà avviare col tasto start: si sta eseguendo il *run* dell'*Inventory*. Una attenta osservazione delle operazioni che stiamo svolgendo ci porta a metterle a confronto con quanto fatto nell'*ItemTest*: configurazione della data source e avvio. Nel caso del WebUI il lettore comincerà a leggere i Tag nel FOV delle antenne montate e configurate nel preset.

Il modo in cui i risultati delle letture sono recuperati dal reader è detto **event reporting**. Abbiamo 4 metodi a disposizione: HTTP Streaming, MQTT, Kafka, and Webhooks. Gli ultimi tre hanno lo svantaggio di essere applicazioni di terze parti mentre HTTP ha lo svantaggio di permettere al massimo la connessione di 5 client contemporaneamente.

Come spiegato nell'articolo *How to configure HTTP and HTTPS on the Impinj R700 Reader – Impinj Support Portal* (Impinj, Inc. Daniel Cohen, 2023), i dati dei Tag possono essere recuperati mediante il protocollo HTTPS. L'articolo suggerisce di non abilitare HTTP e HTTPS in contemporanea, bensì di disabilitare (per esempio con comandi RShell⁹), HTTP. Questo per non rendere inavvertitamente disponibili in rete le credenziali di accesso al reader. Possiamo quindi aprire un prompt di comandi di Windows e mediante un comando *curl* accedere all'end point del dispositivo (eventualmente possiamo reindirizzare i dati in un file).

Il comando è in tutta generalità:

```
curl -u root:impinj -k https://impinj-xx-xx-xx/api/v1/system/hostname
```

e nel nostro caso diventa:

```
curl -u root:impinj -G -4 -k https://impinj-15-60-9e/api/v1/data/stream
```

Nota: l'opzione `--insecure (-k)` viene passata a *curl* per consentirgli di connettersi a un certificato non affidabile o autofirmato. Dovremo utilizzare questa opzione per tutti i comandi curl

Otterremo quindi la visualizzazione della lista dei Tag letti.

⁹ InRShell. Disabilitazione di HTTP: > config network http disable

Abilitazione di HTTPS > config access authentication basic > config network https enable

```

curl: Prompt dei comandi
{"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.408269750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.408824750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.409240875Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.409647250Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.410034125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.410404125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.410778625Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.411150125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.411511Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.41188625Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.657382Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.657957Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.658386125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.659038625Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.659470125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.659867750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.660238Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.660591125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.660969Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.661395500Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.907498125Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.908066750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.908496875Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.908919500Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.909308875Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.909670375Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.910040750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.910394875Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.910751250Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent": {"timestamp": "2023-09-25T22:00:12.911637750Z", "eventType": "tagInventory", "tagInventoryEvent":

```

Figura 29 Visualizzazione dell'endpoint del reader col comando curl

Con un semplice copia-incolla possiamo vedere il risultato delle letture come di seguito. Si nota il timestamp della lettura, l'EPC il numero della porta (antenna) e così via.

```

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.101669375Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antenna
Port": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.101902625Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antenna
Port": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.101991750Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antenna
Port": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.102069750Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antenna
Port": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.102149750Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antenna
Port": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

{"timestamp": "2023-09-
17T16:42:16.351744Z", "eventType": "TagInventory", "TagInventoryEvent": {"epc": "4oARcAAAAhFm8Kvj", "antennaPor
t": 1, "peakRssiCdbm": -4450, "frequency": 866900, "transmitPowerCdbm": 3150}}

```

10.RShell

Introduciamo brevemente RShell (Reader Shell), un'interfaccia a comandi (CLI) per la gestione del reader. Essa è in un certo senso alternativa alla *WebUI*. Possiamo connetterci ad RShell come specificato sopra tramite il prompt di comandi (in ambiente Windows), ed usando SSH. Riportiamo qui le istruzioni necessarie:

```
ssh root@impinj-15-60-9e
```

```
username:root
```

```
password: impinj
```

Alcuni comandi interessanti sono descritti nella tabella seguente:

config rfid interface llrp	si attiva il protocollo LLRP (importante per l'uso delle librerie Java)
config rfid interface rest	si attiva IoT (interfaccia alternativa rispetto alla LLRP)
Show network	mostra i parametri di rete
show rfid stat	visualizza i parametri e le statistiche RFID di un lettore. Alcuni parametri interessanti sono i seguenti: Antenna<n>OperationalStatus → mostra se l'antenna <n> è fisicamente collegata e funzionante Antenna<n>UniqueInventoryCount → mostra il numero di Tag unici visto dall'antenna <n> Antenna<n>TotalInventoryCount → numero di Tag totali visto dall'antenna <n>
config network https enable	Attiva il protocollo http

11.Sviluppo di applicazioni

Il metodo oggi più usato è sviluppare un'applicazione che riceva post HTTP in formato JSON. Questo metodo è supportato da tutti i principali linguaggi di programmazione ed è disponibile un'ampia varietà di strumenti di programmazione. Poiché la pubblicazione HTTP è un approccio standard per l'invio di dati su Internet, Impinj Speedway Connect può pubblicare dati su un'applicazione cloud senza preoccuparsi di essere bloccato da un firewall.

La pagina https://platform.impinj.com/site/docs/reader_api/index.gsp contiene la descrizione di tutte le API Impinj Reader Configuration REST. Lo scopo principale dell'API REST è consentire agli sviluppatori di iniziare rapidamente a ricevere dati da un lettore utilizzando impostazioni predefinite senza la necessità di specificare parametri di configurazione RFID dettagliati. Man mano che la familiarità degli sviluppatori con i concetti RFID migliora essi possono sovrascrivere impostazioni specifiche fornendo nuove preimpostazioni utilizzando JSON. Tutti gli **endpoint** di configurazione del sistema sono disponibili indipendentemente dall'interfaccia RFID selezionata (LLRP o Impinj Iot Device Interface). Gli endpoint di configurazione del sistema sono quelli che iniziano con il prefisso di sistema **/api/v1/system** ed infatti è esattamente ad un endpoint come questo che ci ha permesso di leggere i dati con curl. Tutti gli altri endpoint, per la configurazione e il controllo RFID, richiedono la selezione dell'interfaccia del dispositivo IoT che deve essere quindi abilitata.

12.SDK Java per lo sviluppo di applicazioni

Per l'uso di Java esistono due tipi di librerie:

- **LTK Libraries** for Impinj Speedway RAIN RFID readers che è più complessa
- **Octane SDK** (è più semplice): è una libreria di sviluppo che supporta applicazioni C# e Java per lettori e gateway Impinj RAIN RFID. Questa libreria utilizza Octane LTK come libreria di base. Octane SDK consente lo sviluppo di software molto più semplice rispetto a Octane LTK. Esiste la versione per .NET e per Java. In quest'ultimo caso Impinj mette a disposizione due opzioni: installare la libreria da riga di comando con Netbeans o Eclipse.

Nota importante: l'interfaccia del reader dovrà essere preventivamente impostata come LLRP (o da WebUI o con RShell)¹⁰ e non come IoT altrimenti si otterrà l'eccezione seguente:

Octane SDK exception: Error connecting to the reader (impinj-15-60-9e): Failed to get the session.

Abbiamo seguito le istruzioni per Java con Netbeans e provato la classe *ReadTags* per leggere i Tag. Dopo aver creato un progetto Java in Netbeans ed aggiunto le librerie in *OctaneSDKJava-4.0.0.0-jar-with-dependencies.jar* abbiamo utilizzato uno degli esempi proposti dal produttore (*..Impinj_SDK_Java_v4.0.0\samples\com\example\sdksamples*), che ci ha permesso di avere a disposizione tutte le classi. I risultati ottenuti con l'avvio di *ReadTags* sono stati i seguenti (abbiamo usato per la prova uno dei Tag a disposizione (Tag di tipo 1), ove si vede la lettura del Tag.

```
Connecting
log4j:WARN No appenders could be found for logger (org.llrp.ltk.net.LLRPIoHandlerAdapterImpl).
log4j:WARN Please initialize the log4j system properly.
log4j:WARN See http://logging.apache.org/log4j/1.2/faq.html#noconfig for more info.
Applying Settings
Starting
Press Enter to exit.
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
```

¹⁰ La parte Reader WebUI User Guide precedente descrive come passare da una interfaccia all'altra

EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1
EPC: E280 1170 0000 0211 66F0 ABE3 Reader_ip: impinj-15-60-9e antenna: 1

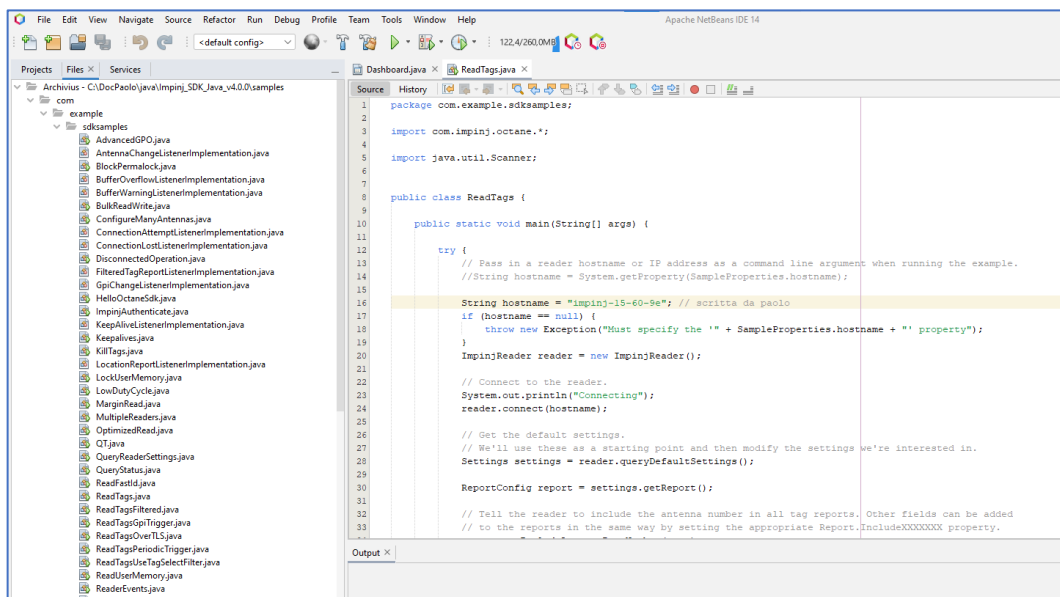


Figura 30 Netbeans con le librerie Java

```
1 package com.example.sdksamples;
2
3 import com.impinj.octane.*;
4
5 import java.util.Scanner;
6
7
8 public class ReadTags {
9
10     public static void main(String[] args) {
11
12         try {
13             // Pass in a reader hostname or IP address as a command line argument when running the example.
14             //String hostname = System.getProperty(SampleProperties.hostname);
15
16             String hostname = "impinj-15-60-9e"; // scritta da paolo
17             if (hostname == null) {
18                 throw new Exception("Must specify the '" + SampleProperties.hostname + "' property");
19             }
20             ImpinjReader reader = new ImpinjReader();
21
22             // Connect to the reader.
23             System.out.println("Connecting");
24             reader.connect(hostname);
25
26             // Get the default settings.
27             // We'll use these as a starting point and then modify the settings we're interested in.
28             Settings settings = reader.queryDefaultSettings();
29
30             ReportConfig report = settings.getReport();
31
32             // Tell the reader to include the antenna number in all tag reports. Other fields can be added
33             // to the reports in the same way by setting the appropriate Report.IncludeXXXXXXX property.
```









Figura 31 La classe Java testata

13.I Tag del progetto

A partire da questo capitolo inizieremo a descrivere misure effettuate sui Tag disponibili. Grazie al software *Impinj ItemTest* abbiamo potuto misurare la potenza ricevuta (RSSI) dai Tag letti. I Tag sono stati disposti in vari modi rispetto all'antenna/e e irradiati con potenze differenti a seconda del test in corso. Mediante i file di log ottenuti con ciascun *run* abbiamo ottenuto grafici significativi che ci hanno permesso capire come le caratteristiche dei Tag dipendono da Size, Orientation, Angle, Placement (SOAP), distanza dall'antenna e presenza di un ostacolo.

13.1. Tag disponibili

Abbiamo 7 tipi di Tag a disposizione. Per distinguerli e abbiamo assegnato arbitrariamente a ciascun gruppo un numero identificativo da 1 a 5. I Tag del gruppo sono stati 2 suddivisi in 2, 2 bis e 2 ter poiché erano contenuti nella stessa busta originale ma avevano forme diverse. I Tag, sostenuti da una pinzetta, sono stati fotografati e ne è stata misurata la dimensione dell'antenna visibile in controluce.

#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information	Misure Antenna b x h (mm) superficie (mm ²)
1	10	POLIAMMIDE UHF			Class E2: Monza R6-P	45x20 = 900
2	7	CASSNY UHF	Stessa busta		Class E2: NXP Semiconducto r UCODE9	95x25 = 2375
2 bis	10		Stessa busta		Class E2: Monza R6-P	43x20 = 860
2 ter	6		Stessa busta		Class E2: NXP Semiconducto r UCODE9	50x30 = 1500
3	15	UCODE9 7020			Class E2: NXP Semiconducto r UCODE9	70x20 = 1400
4	2	HOKEY NAT		 	Class E2: Alien Technology: Higgs 3	70x15 = 1050
5	64	UCODE9 9075			Class E2: NXP Semiconducto r UCODE9	95x20 = 1900

Per le informazioni sui Tag disponibili è possibile consultare la documentazione tecnica on line dalla quale abbiamo ricavato le seguenti tabelle¹¹.

NXP UCODE 9 (NXP Semiconductors, 2006-2023) privo di memoria utente

Key Features	<p>Read sensitivity: -24 dBm</p> <p>Write sensitivity: -22 dBm</p> <p>Encoding speed: 32 bits in 0.96 ms</p> <p>Drop-in antenna replacement for UCODE 8</p> <p>Self-adjust</p> <p>Memory safeguard</p> <p>Pre-serialization of 96-bit EPC</p>
Memory	<p>96-bit of EPC memory</p> <p>Supports pre-serialization of 96-bit EPC</p> <p>96-bit Tag Identifier (TID) factory-locked</p> <p>48-bit unique serial number factory-encoded into TID</p> <p>32-bit kill password to permanently disable the tag</p> <p>Wide operating temperature range: -40 °C up to +85 °C</p> <p>100k write cycle endurance</p> <p>20 years data retention</p>

Alien Higgs 3 (Alien Technology, LLC., 2020) con 512 bit di memoria utente

Highlights	<p>Highly Integrated and Cost Effective</p> <p>Large User Memory</p> <p>EPCglobal Gen2 and ISO/IEC 18000-6c</p> <p>800 Bits of Memory</p> <p>96-EPC Bits extensible to 480 Bits</p> <p>512 User Bits</p> <p>64 Bit Unique TID (unalterable serial number)</p> <p>32 Bit Access and 32 bit kill passwords</p> <p>User Memory can be Block Perma-Locked as well as read password protected in 64 Bit Blocks</p> <p>Low power operation for both read and programming</p> <p>Exceptional operating range, up to 10m</p>
------------	--

¹¹ Durante l'*Inventory* dei tag con il *preset Test* abbiamo potuto leggere le caratteristiche dei Tag che abbiamo usato per fare la ricerca on line dei loro datasheet

Impinj Monza R6 (Impinj, Inc, 2021) privo di memoria utente

Features	<p>Industry leading read sensitivity of up to -22.1 dBm with a dipole antenna, combined with excellent interference rejection, delivers exceptional read reliability</p> <p>Superior write sensitivity of up to -18.8 dBm with a dipole antenna for unparalleled encoding reliability</p> <p>Inlay compatibility between all Monza 6 family of tag chips</p> <p>Fast memory write speed of 1.6 ms for 32 bits</p> <p>Encoding throughput up to 9,500 tags/minute using the Impinj STP® source tagging platform</p> <p>Up to 96 bits of EPC memory</p> <p>96 bits of Serialized TID with 48-bit serial number</p> <p>EPCglobal and ISO 18000-63 compliant, Gen2v2 compliant</p> <p>Unmatched data integrity with Integra™ Technology for encoding diagnostics</p> <p>Maintains performance across different dielectrics with AutoTune™ Technology</p> <p>Reduced tag manufacturing variability via Enduro™ Technology</p> <p>FastID™ mode enables 2x to 3x faster EPC+TID inventory for authentication and other TID-based applications</p> <p>TagFocus™ mode suppresses previously read tags to enable capture of more tags</p> <p>Scalable serialization built-in with Monza Self-Serialization</p> <p>Impinj's field-rewritable NVM, optimized for RFID, provides 100,000 cycle or 50-year retention reliability</p>
----------	--

14. Predisposizione dell'ambiente di test

Il software *Impinj ItemTest* riconosce il reader come una *Datasource*; nel nostro caso Impinj-15-60-9e. L'ambiente di prova è una stanza che contiene oggetti di vario tipo, oltre ai Tag e alle antenne, che possono creare interferenze, assorbimenti e riflessioni dei segnali emessi dalle antenne. E' in un certo senso l'ambiente di prova più adatto per nostri scopi. Antenne e Tag sono stati posti su supporti per tenerli in posizione durante il *run*.

14.1. Presets e configurazione di default

Al comando *save* il *preset* viene memorizzata nel reader ed impostato come *attivo*. *ItemTest* passa alla sezione *Inventory* e rimane in attesa del *run* da parte dell'utente.

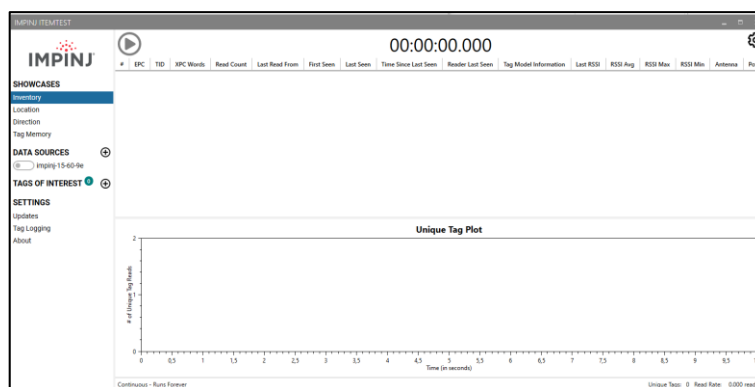


Figura 32 Impinj ItemTest pronto per l'inizio della lettura dei tag (run)

I preset hanno molti parametri configurabili. Abbiamo scelto di partire dal preset *default* modificandone alcuni parametri in particolar modo la **potenza emessa dall'antenna (Power default = 31.5 dBm = valore massimo)**, e la **Rx Sensitivity -80 dBm (massimo)**. Altri parametri importanti sono **RF mode**, **Search mode**, **Session**; li descriviamo brevemente.

RF mode (reader mode), impostato per default a 1210 (Europa) = 1002 è molto importante. I reader modes definiscono la trasmissione dei dati via etere tra l'antenna del lettore e il Tag. I reader modes differenti consentono all'utente di trovare il giusto compromesso tra velocità di lettura e resistenza alle interferenze. Si agisce in particolare sullo schema di modulazione che codifica i dati. Maggiore è il numero di modulazioni utilizzate per codificare ciascun bit, più resistente alle interferenze di altri dispositivi presenti sarà la trasmissione. Per illustrare come i

segnali vengono modulati per codificare i dati binari, di seguito sono inclusi 3 esempi, che inviano le stesse informazioni con diversi livelli di modulazione.

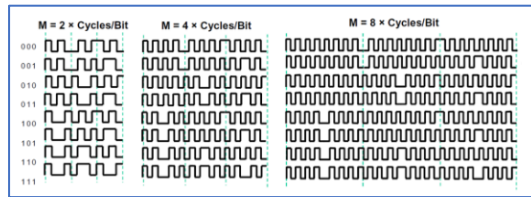


Figura 33 Confronto tra i Miller di diverso tipo

Il Miller (M) imposta il numero di modulazioni utilizzate per codificare ciascun bit. Un Miller più alto significa più modulazioni per bit, che generalmente richiedono più tempo di trasmissione, ma producono un segnale più robusto. Nel nostro caso non avendo altri dispositivi presenti abbiamo lasciato il valore di default il *mode 1210 = 1002 (Auto Set Dense Reader Deep Scan)*; il reader passa automaticamente un sottoinsieme di modi per ottimizzare la propria configurazione. Le prestazioni sono affidabili in ambienti in cui i Tag si muovono poco. Nel nostro caso i Tag erano fissati su supporti e quindi si è ritenuto che questa fosse la configurazione più adatta.

Search mode. Nel nostro caso il valore impostato è quasi sempre quello di default *Dual Target*. Il lettore legge prima tutti i Tag nello stato 'A'. Dopo esser stato letto il Tag passa allo stato "B". Quando non ci sono più Tag nello stato A il reader legge quelli nello stato B. Questi, in risposta al reader tornano nello stato A. Questo processo viene ripetuto indefinitamente a meno di timeout impostati (Impinj, Inc. Mike Lenehan, 2023).

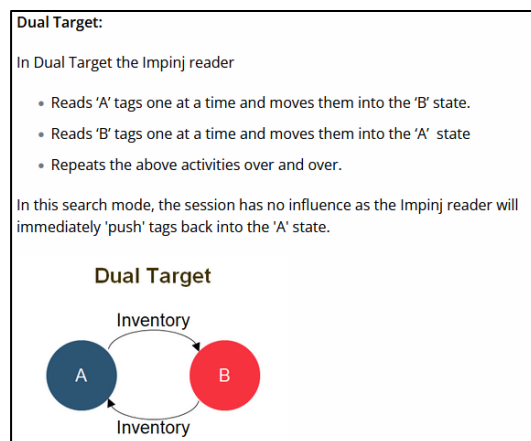


Figura 34 Significato di Search Mode Dual Target (support.impinj.com (Mike Lenehan Impinj, inc., 2023))

Un'altra possibilità è il Search mode = Single target. Il reader legge i Tag nello stato A che in risposta passano allo stato B. A questo punto è il parametro **session** che controllerà se il Tag

può essere letto ripetutamente. Questa modalità può funzionare meglio in ambienti dinamici e ad alta densità di Tag.

Session. E' il terzo parametro che assieme ai due precedenti costituisce la configurazione più adatta per una applicazione.

Le Session sono così definite:

- Session 0: richiede che il Tag torni allo stato A ogni volta che viene inventariato. Questa sessione è ottimale quando vogliamo leggere più volte lo stesso Tag, al contrario è poco efficiente quando abbiamo una numerosa popolazione di Tag. Impinj sconsiglia l'uso della Session 0 se non per utenti esperti poiché potrebbe accadere una notevole diminuzione delle prestazioni del reader stesso.
- Session 1: il Tag rimane nello stato B per un tempo massimo tra 0.5 e 5 secondi. Lo stesso Tag verrà perciò letto meno volte rispetto al caso precedente.
- Session 2 e 3: il Tag deve rimanere nello stato B per almeno 2 secondi dopo che la potenza RF va a 0. Non c'è un limite superiore di durata nello stato B. Queste sessioni sono ottimali in un ambiente con molti Tag.

Nel nostro caso abbiamo lasciato quella di default pari a 2.

14.2. Scenarios

Esistono combinazioni dei tre precedenti parametri proposte da Impinj definite **Scenarios** (Impinj, Inc. Jonathan Newkirk, 2023) che dipendono dalla popolazione e stazionarietà dei Tag da leggere.

Inventorying Stationary Tags: per le applicazioni in cui un reader sta tentando di inventariare tutti gli articoli taggati in una zona specifica e gli articoli non sono in movimento, ad es. un armadietto intelligente:

Parameter	Value
Reader Mode	1002 - AutoSet Dense Reader Deep Scan
Session	2 or 3
Search Mode	Single Target

Figura 35 Inventorying Stationary Tags

Detecting when a Tagged Item is removed from an area: per le applicazioni in cui è importante sapere quando un tag viene rimosso da una posizione specifica, ad es. monitoraggio degli strumenti o uno scaffale intelligente:

Parameter	Value
Reader Mode	1 - Hybrid
Session	2 or 3
Search Mode	Dual Target B to A Select

Figura 36 Detecting when a Tagged Item is removed from an area

Items moving through a portal: per le applicazioni in cui viene utilizzato un singolo lettore per determinare quando gli oggetti si spostano attraverso un'area, ad esempio una porta di carico o un corridoio, utilizzare le seguenti impostazioni.

Parameter	Value
Reader Mode	4 - Max Miller or 5 - Max Miller ETSI
Session	2 or 3
Search Mode	Single Target

Figura 37 Items moving through a portal

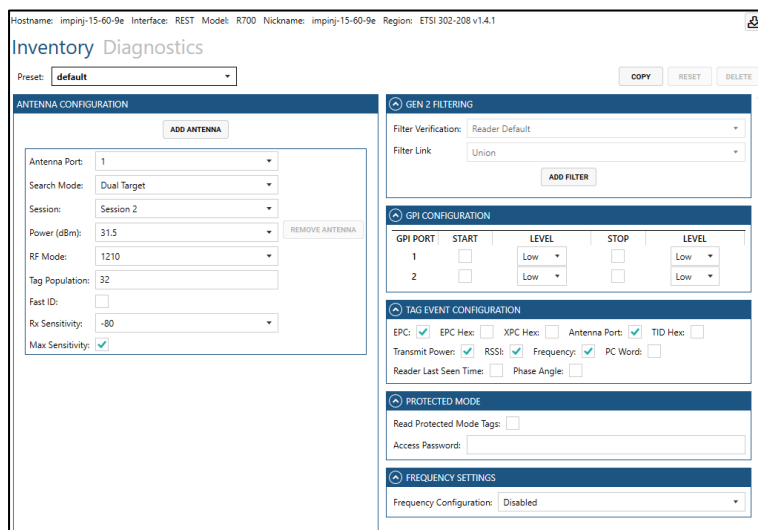



Figura 38 Schermata principale con attivo il preset default

(si noti il pulsante download in alto a destra)

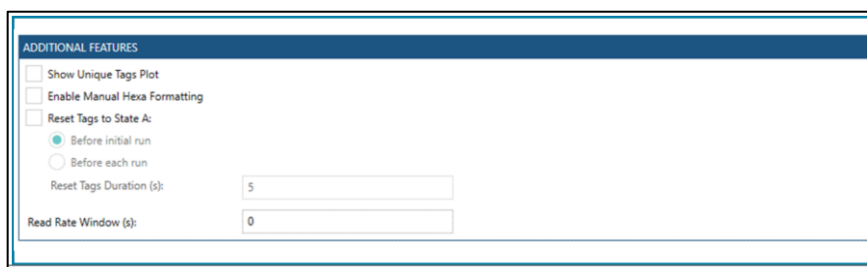
Una funzionalità interessante che però non è stata attivata poiché presumibilmente avrebbe forzato i Tag a comportarsi in modo diverso da quanto impostato con gli altri parametri è la possibilità di effettuare il *Reset Tags to State A*. Come descritto nel manuale di ItemTest

(Impinj, Inc., 2022), è possibile forzare il Tag a tonare nello stato *A prima* di iniziare il *run* dell'*Inventory*.



#	EPC	Read Count	Last Read From	First Seen	Last Seen	Time Since Last Seen	Last RSSI	RSSI Avg	RSSI Max
1	6CED9979d14D1EFB0F936A28 68		My Reader	0.623	5.850	0.101	-56.500	-24.133	-20.500
2	6CED9979d14D1EFB0F936A29 68		My Reader	0.623	5.850	0.101	-63.500	-27.602	-24.000
3	308833B2DD9014000000020 34		My Reader	0.623	5.850	0.101	-38.500	-38.348	-38.000

Figura 39 Dettaglio di SHOWCASE - INVENTORY con evidenziato il pulsante di configurazione



ADDITIONAL FEATURES

- Show Unique Tags Plot
- Enable Manual Hexa Formatting
- Reset Tags to State A:
 - Before initial run
 - Before each run

Reset Tags Duration (s):

Read Rate Window (s):

Figura 40 Additional features: "Reset Tags to State A"

Il preset default ha come parametri i seguenti: Search Mode = Dual Target, Session = Session 2, RF Mode = 1210.

14.3. Ambiente di prova

La posizione di default di antenna e Tag è stata definita in modo che l'antenna sia disposta su di un piano perpendicolare al pavimento a circa 1.2 m da terra (misurati da centro antenna), con la freccia visibile posteriormente rivolta verso l'alto. I Tag da misurare sono disposti su un piano parallelo a quello dell'antenna a 2.5 metri di distanza a 1.2 m da terra. L'antenna interna del Tag (visibile in controluce), dovrà essere orizzontale. Solo nel caso dei Tag di tipo 1 la posizione di default per una maggior maneggevolezza nella busta di plastica è con l'antenna verticale. Inizialmente i tag sono stati misurati all'interno di comuni buste di plastica per documenti formato A5; tutto questo per una maggiore maneggevolezza. In seguito si sono usate delle pinzette metalliche rivestire di nastro adesivo per non rovinare i Tag.

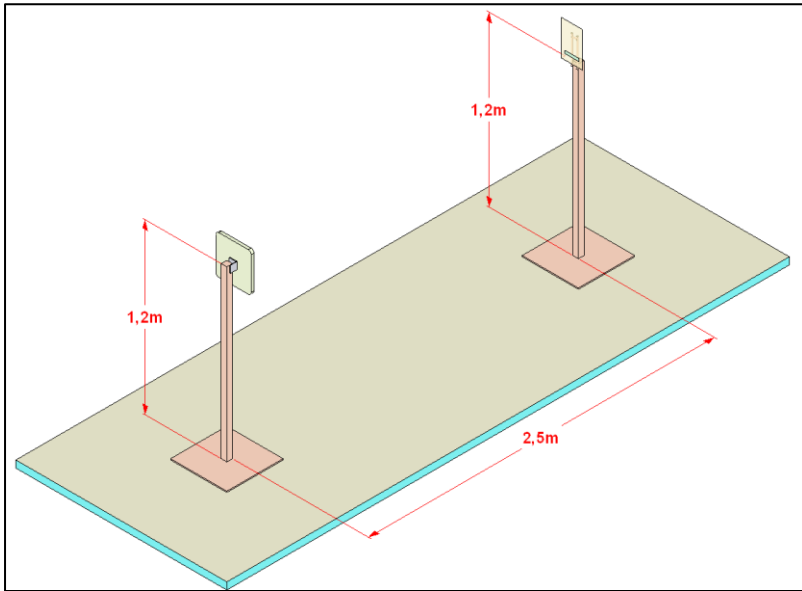


Figura 41 L'ambiente di prova

15. Misure svolte

15.1. Tipi di misure effettuate sui Tag

I Tag sono stati misurati in vari modi; ad esempio abbiamo notato che se l'antenna è orizzontale o verticale (nel senso della sua base maggiore), la RSSI non rimane costante come invece ci si aspetterebbe.

Con una antenna abbiamo svolto tutte le misure seguenti

Inventario di tutti i Tag a disposizione misurando la RSSI di tutti raggruppati per tipo, tutti insieme.

Successivamente sono stati scelti 3 Tag per tipo e inseriti in buste trasparenti per fogli A5 per permetterne una maggiore maneggevolezza. Essi sono stati misurati così:

- Verifica dell'equivalenza dei Tag. Tag in busta trasparente parallela all'antenna per la scelta di un solo Tag tra i tre.

Con il Tag scelto tra i tre:

- Margin test. Tag nudo e parallelo all'antenna: misura RSSI a potenze differenti
- Verifica influenza di vestiti. Tag in busta trasparente parallela all'antenna + panno coprente
- Verifica influenza piano del tag (angolatura). Tag in busta trasparente posta perpendicolarmente all'antenna su un piano parallelo al pavimento
- Influenza della distanza:
 - Tag in busta trasparente parallela all'antenna a distanza di: 4.5 m, 3 m, 2.2 m, 1 m
 - Tag nudi paralleli all'antenna con le antenne orizzontali a distanza di 4.5 m, 3 m, 2.2 m, 1 m
 - Tag nudi paralleli all'antenna con le antenne ruotate di 90° a distanza di 4.5 m, 3 m, 2.2 m, 1 m
 - Misura con preset *test* (tag protetti e paralleli all'antenna)
- Influenza di una persona in prossimità del Tag a varie distanze e sensibilità. Preset *test* e *test_01*.

Con due antenne abbiamo svolto tutte le misure seguenti

Abbiamo scelto il Tag 2 –A e verificato come è possibile regolare la RX Sensitivity delle antenne per fare sì che una sola antenna legga il Tag.

Con una antenna ma con busta con finestra abbiamo svolto tutte le misure seguenti

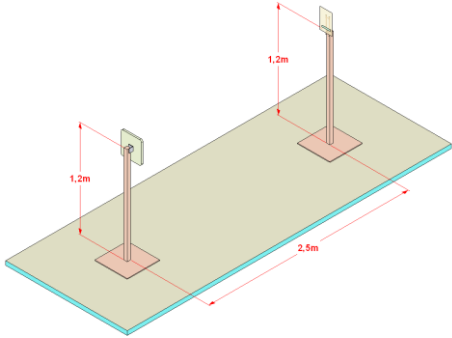


Abbiamo ripreso i tre Tag del campione iniziale ed abbiamo praticato una finestra sulla busta A5 usata in precedenza in corrispondenza dell'antenna. La RSSI dei 3 Tag campione iniziali è stata misurata così:

- Verifica dell'equivalenza dei Tag. Tag in busta trasparente parallela all'antenna con finestra per l'antenna per la scelta di un solo Tag tra i tre

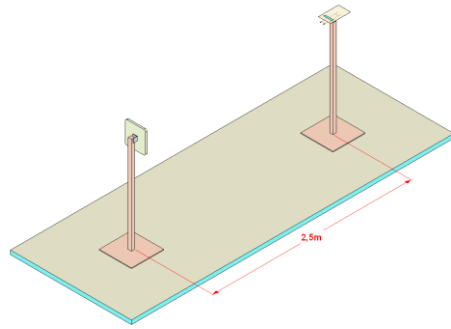
Con il Tag scelto tra i tre:

- Verifica influenza di vestiti. Tag in busta trasparente (con finestra per antenna), parallela all'antenna + panno
- Verifica influenza piano del tag. Tag nudi perpendicolari all'antenna su un piano parallelo al pavimento.

Per la una maggiore comprensione delle varie configurazioni si faccia riferimento alla tabella seguente

Tag in busta parallela all'antenna (Posizione di default)	
Tag nudo con antenna orizzontale	
Tag nudo con antenna verticale	

Tag protetto con busta parallela al pavimento



15.2. Convenzioni e metodi usate per i grafici

Tranne che per l'Inventario di tutti i Tag, i grafici seguenti sono stati ottenuti principalmente a partire dal *log* prodotto da *ItemTest*. I *log* sono in formato CSV, le loro righe sono state accodate in un unico file Excel e poi usate per creare grafici di vario tipo. Per esempio i grafici “a scalini” sono ottenuti accodando le letture di un Tag contenute in 3 o 4 file *log* eseguite una di seguito all'altra. In ordinata si ha la RSSI (dBm), mentre in ascissa la variabile *Read Counts*. Quest'ultima corrisponde al Timestamp memorizzato nel *log* che tuttavia non è stato usato direttamente. La risoluzione temporale delle letture è molto elevata. Una lettura di circa 300 conteggi con preset e ambiente *default* corrisponde a un tempo di circa 15-16 secondi con un *read count* medio di 20 count/s. Il *read rate* è leggibile in basso a destra nella finestra di *Inventory* ed aggiornato durante il *run*. In alcuni test abbiamo verificato il valore letto dal reader calcolandolo “a mano” come media conteggi/tempo. Anche il valore medio della RSSI è leggibile durante la lettura. Nel caso di un unico Tag è stato interessante osservare che calcolo a mano corrisponde a quello (più preciso), dato dal reader.

15.3. Inventario dei Tag (*Inventory*)

Avendo molti Tag a disposizione si è proceduto a farne l'Inventario e a verificare come varia la RSSI in funzione della potenza emessa dall'antenna. Usando una procedura inusuale, pur avendo a disposizione il *log* si è usato il copia-incolla dei valori registrati direttamente da *Showcase Inventory* verificando tramite l'opzione *unique Tag* la corrispondenza tra i Tag del *log* e quelli della *Showcase*.

15.3.1. Misure per l'inventario dei Tag

- Scopo: per ogni tipo di Tag a disposizione abbiamo misurato la RSSI in funzione della potenza dell'antenna.
- Campione Tag: tutti i Tag di ciascun tipo sono contenuti in buste di plastica per poterli sostenere alla stessa distanza dall'antenna. Tutti sono disposti entro un'area circolare di 30 cm circa di diametro
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna – Tag = 1 m
- Altezza centro antenna da suolo = 1.2 m. Altezza Tag a partire da = 1,2 m in buste di plastica o nudi in modo da poterli leggere tutti
- Orientamento Tag: se possibile, con l'antenna interna orizzontale
- Configurazione reader:
 - Iniziale *preset default* (power = 31.5 dBm = 1412 mW (preset: default = def_31dBm.json))
 - *Preset default* con power = 29 dBm = 794 mW (preset: def_29dBm.json)
 - *Preset default* con power = 25 dBm = 316 mW (preset: def_25dBm.json)
 - *Preset default* con power = 24 dBm = 251 mw (preset: def_24dBm.json)
- Logging attivato con funzionalità *unique tag* per l'identificazione dei Tag univoci. Con copia-incolla abbiamo portato i valori delle letture da *Inventory* in un file Excel per l'analisi e il grafico
- Effettuate misure di circa 50 conteggi per Tag
- Dati delle misure in:
 - ..\20231009_08_identificazione_Tag
 - ..\20231011_01_identificazione_Tag
 - ..\20231016_01_identificazione_Tag

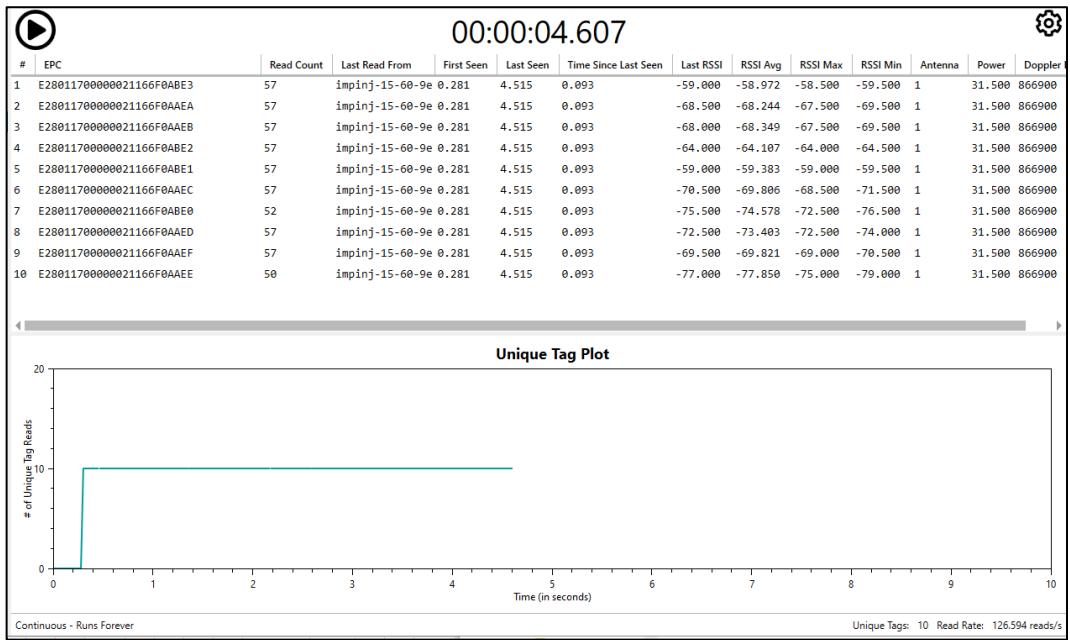

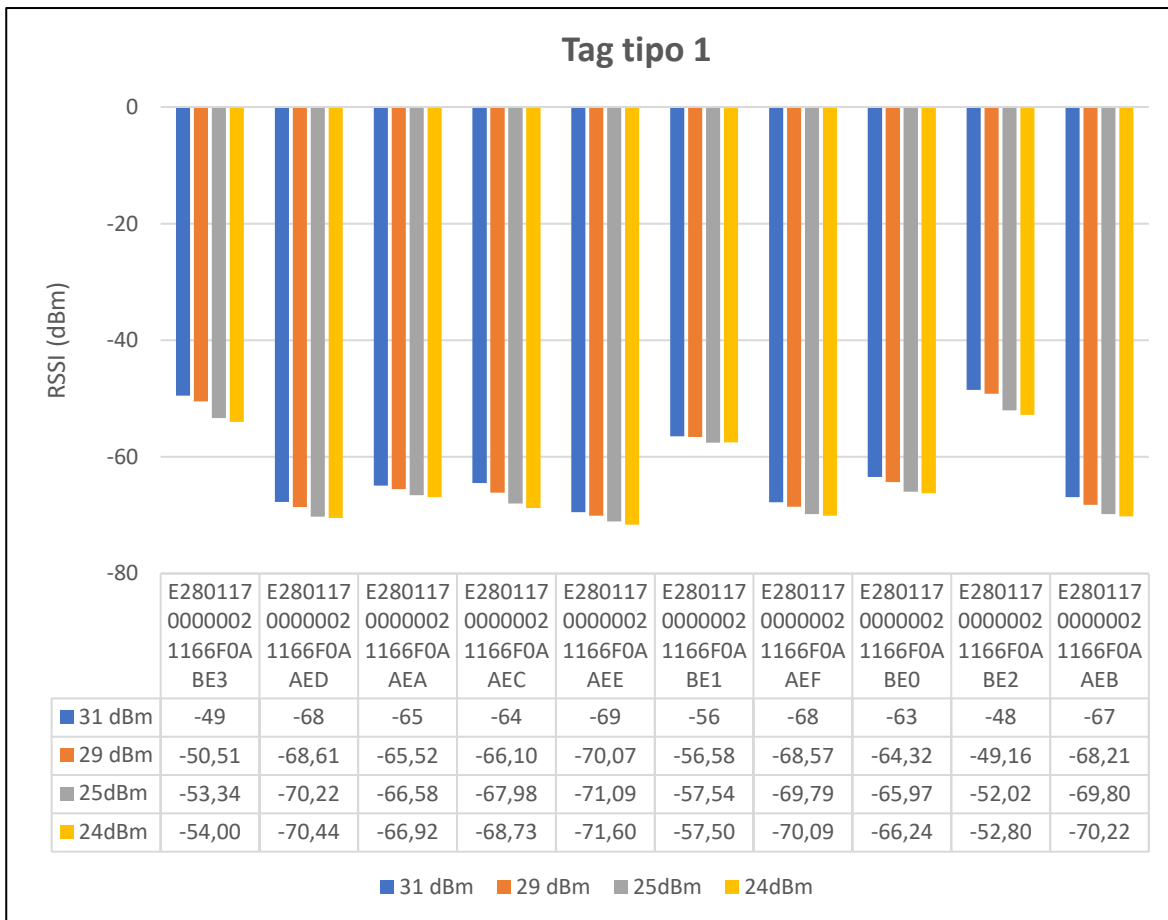


Figura 42 Esempio di Showcase Inventory. Preset default (31.5 dBm)

Tag tipo 1

#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
1	10	POLIAMMIDE UHF			Class E2: Monza R6-P



Osservazioni:

- la RSSI è direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna.
- ad 1 m di distanza tutti i Tag vengono letti entro la sensibilità massima (-80 dBm), del reader.

Tag tipo 2


#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
2	7	CASSNY UHF	Sono contenuti nella stessa busta		Class E2: NXP Semiconductor UCODE9



Osservazioni:

- la RSSI è direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna
- ad 1 m di distanza alcuni Tag non vengono letti se la potenza minore di 25 dBm.

Tag tipo 2 bis

#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
2 bis	10	CASSNY UHF	Sono contenuti nella stessa busta		Class E2: Monza R6-P

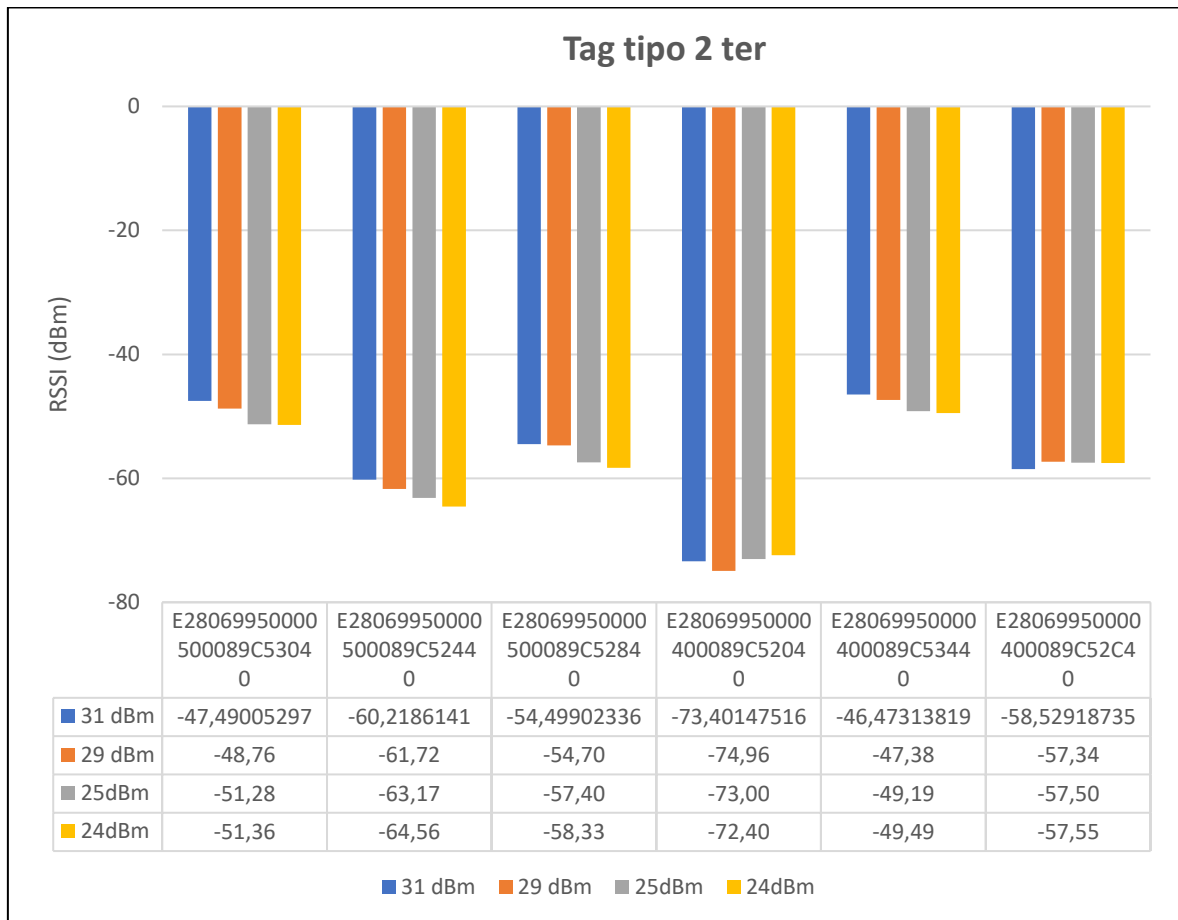


Osservazioni:

- la RSSI è direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna
- ad 1 m di distanza tutti i Tag vengono letti entro la sensibilità massima (-80 dBm)

Tag tipo 2 ter


#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
2 ter	6	CASSNY UHF	Sono contenuti nella stessa busta		Class E2: NXP Semiconductor UCODE9



Osservazioni:

- la RSSI è quasi sempre direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna
- ad 1 m di distanza tutti i Tag vengono letti entro la sensibilità massima (-80 dBm), del reader.

Tag tipo 3


#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
3	15	UCODE9 7020	Vedi internet per datasheet		Class E2: NXP Semiconductor UCODE9

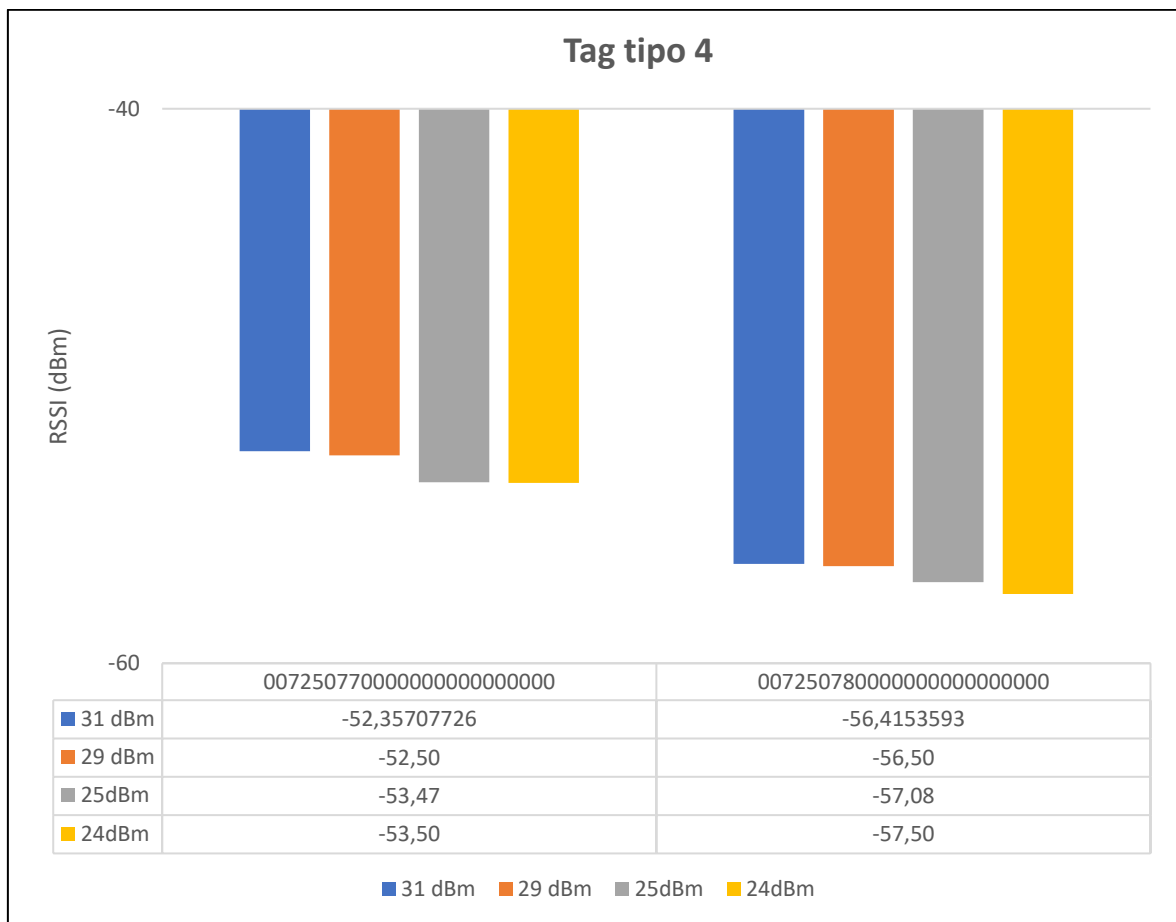


Osservazioni:

- alcuni Tag non venivano letti ad 1 m di distanza né dentro la busta di plastica né senza. Per cui si è deciso di avvicinare **antenna e Tag a 0,7 m**
- la RSSI è quasi sempre direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna. In alcuni casi la crescita non è netta e si vede piuttosto una costanza o decrescita della RSSI. Riteniamo che questo sia dovuto alla posizione dei Tag sul supporto posto di fronte all'antenna. Dato il numero consistente dei tag essi sono stati disposti sopra un foglio di cartone e tenuti in posizione con delle buste di plastica. Occupano un'area circolare di circa 30 cm di diametro.

Tag tipo 4

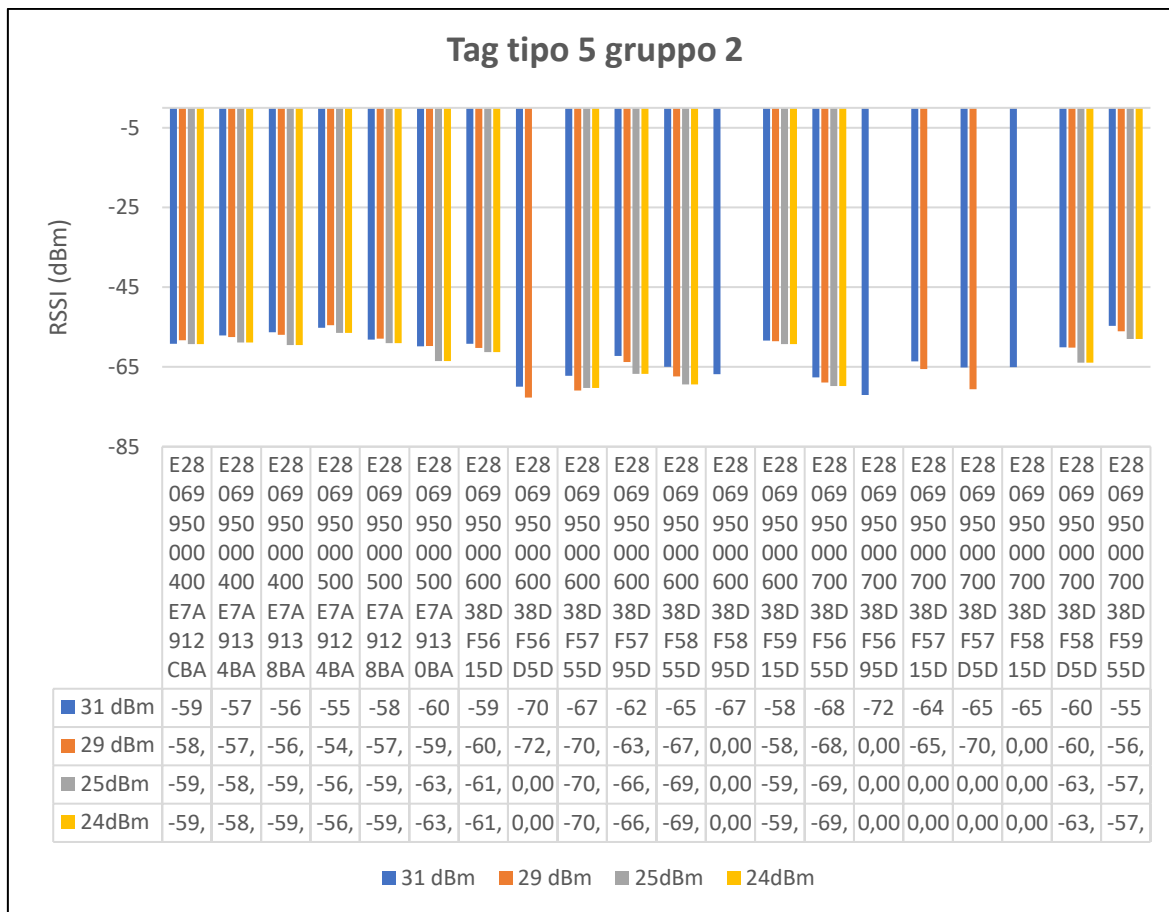
#	Numero di pezzi a disposizione	Descrizione	Note	Immagine	Tag model information
4	2	HOKEY NAT			Class E2: Alien Technology: Higgs 3



Osservazioni:

- la RSSI è quasi sempre direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna
- ad 1 m di distanza tutti i Tag vengono letti entro la sensibilità massima (-80 dBm), del reader.

che questo sia dovuto alla posizione dei Tag sul supporto posto di fronte all'antenna. Alcuni Tag non vengono letti a basse potenze. Questo può essere dovuto alla sua posizione sul supporto.



Osservazioni:

- dato l'alto numero dei Tag si è scelto di disporli tutti su un sostegno di cartone di circa 50 x 50 cm
- alcuni Tag non venivano letti ad 1 m di distanza né dentro la busta di plastica né senza. Per cui si è deciso di avvicinare antenna e Tag ponendoli alla **distanza di 0,7 m**
- la RSSI è quasi sempre direttamente proporzionale alla potenza dell'antenna. In alcuni casi la crescita non è netta e si vede piuttosto una costanza o decrescita della RSSI. Alcuni Tag non vengono letti a basse potenze. Questo può essere dovuto alla sua posizione sul supporto.

tra loro. Alcuni Tag non vengono letti a basse potenze. Si ritiene che questo comportamento sia dovuto alla posizione reciproca antenna-Tag.

15.4. Verifica dell'equivalenza dei Tag (imbustati senza finestra¹²)

I Tag sono stati inseriti in buste trasparenti per documenti formato A5 di 50 µm di spessore per evitare di danneggiarli se fissati al supporto. Si sono scelti a caso tre Tag e si è verificato che il segnale emesso ad una certa distanza in posizione di default fosse confrontabile entro gli errori. Abbiamo fatto l'assunzione che i Tag dello stesso tipo emettano con la stessa potenza se sottoposti alle stesse condizioni e quindi le misure successive sono state fatte con un solo Tag per tipo. Ogni Tag, tra i tre scelti, è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC.

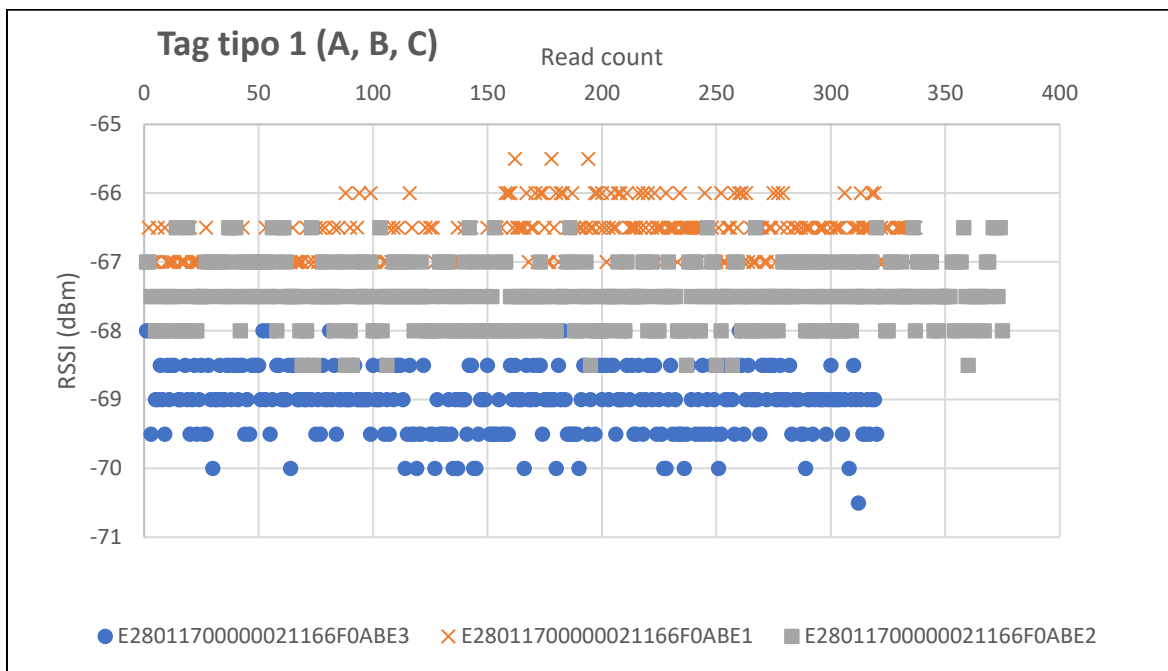
15.4.1. Misure

- Scopo: confronto valori RSSI di tre Tag scelti a caso per sceglierne 1 solo.
- Campione Tag: 3 Tag per tipo in buste di plastica
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna – Tag = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza Tag = 1.2 m
- Orientamento Tag: antenna del Tag orizzontale tranne che per il tag tipo 1 (per praticità)
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json)
- Logging attivato senza *unique Tag*
- Effettuiamo la misura di circa 300 conteggi per ogni Tag e interrompiamo la misura per poter sostituire il Tag (avremo un file di log per Tag)
- Dati delle misure in ...\\Misure\\log
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es: tipo_1_ABC.xlsx), per i calcoli e le verifiche. Media e scarto quadratico medio sono stati calcolati con Excel

¹² Le buste di plastica sono integre. Si contrappone alla misura in cui sulle buste è stata praticata un'apertura in corrispondenza dell'antenna.

Tag tipo 1 (imbustati senza finestra)

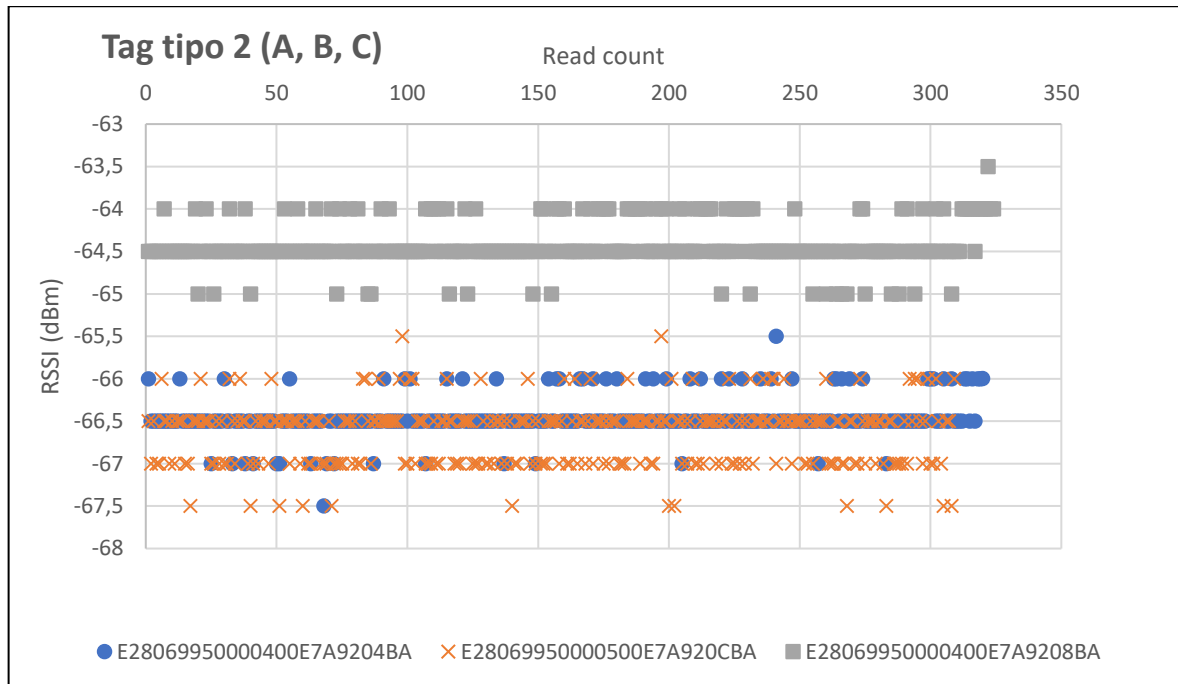
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
1	E28011700000021166F0ABE3	E28011700000021166F0ABE1	E28011700000021166F0ABE2



	A	B	C
Media (dBm)	-69,0	-66,7	-67,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,5	0,4	0,5

Tag tipo 2 (imbustati senza finestra)

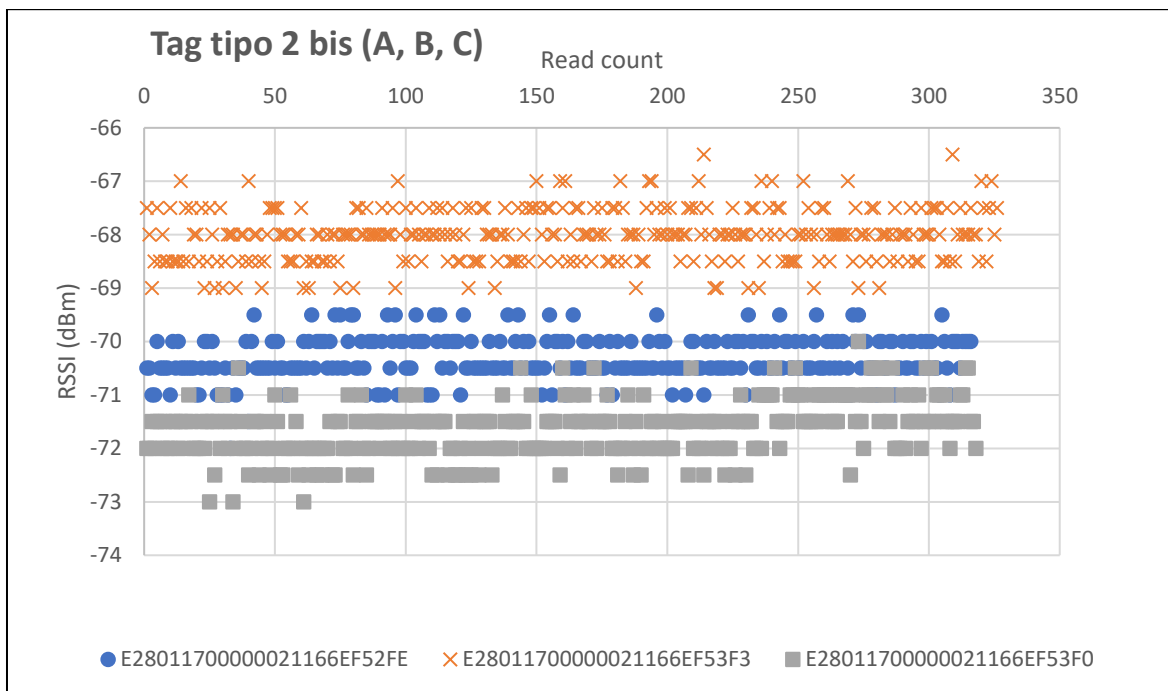
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2	E28069950000400E7A9204BA	E28069950000500E7A920CBA	E28069950000400E7A9208BA



Tag	A	B	C
Media (dBm)	-66,5	-66,7	-64,4
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,4	0,3

Tag tipo 2 bis (imbustati senza finestra)

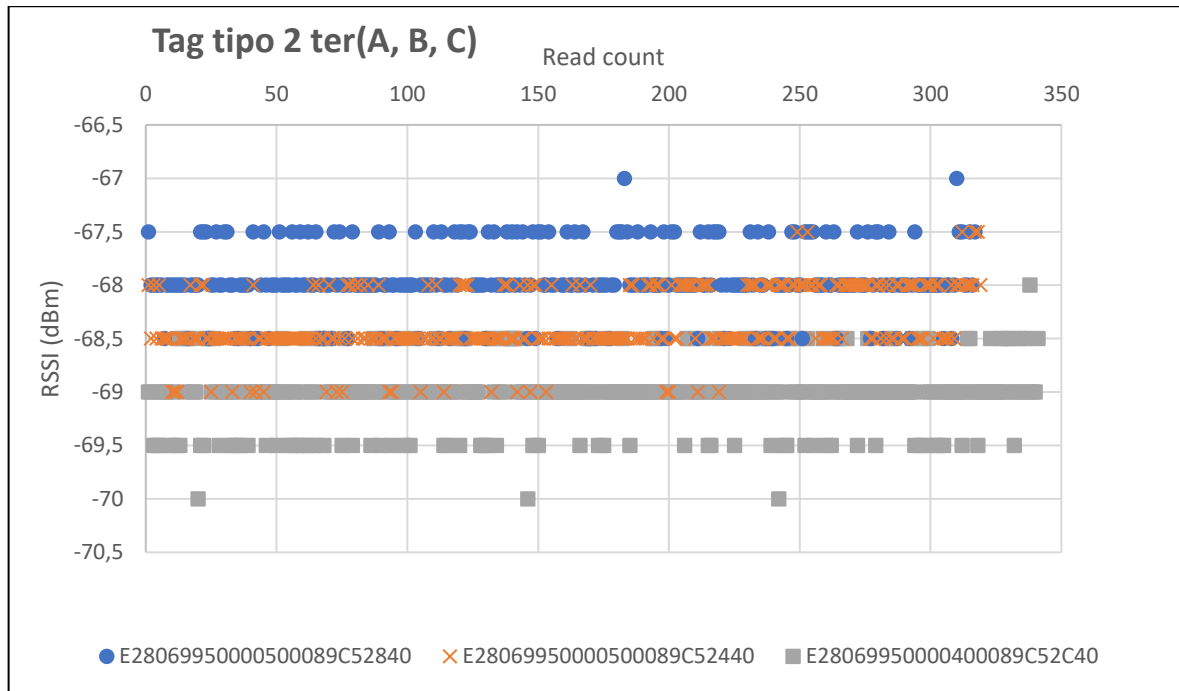
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2 bis	E28011700000021166EF52FE	E28011700000021166EF53F3	E28011700000021166EF53F0



Tag	A	B	C
Media (dBm)	-70,3	-68,0	-71,6
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,5	0,5

Tag tipo 2 ter (imbustati senza finestra)

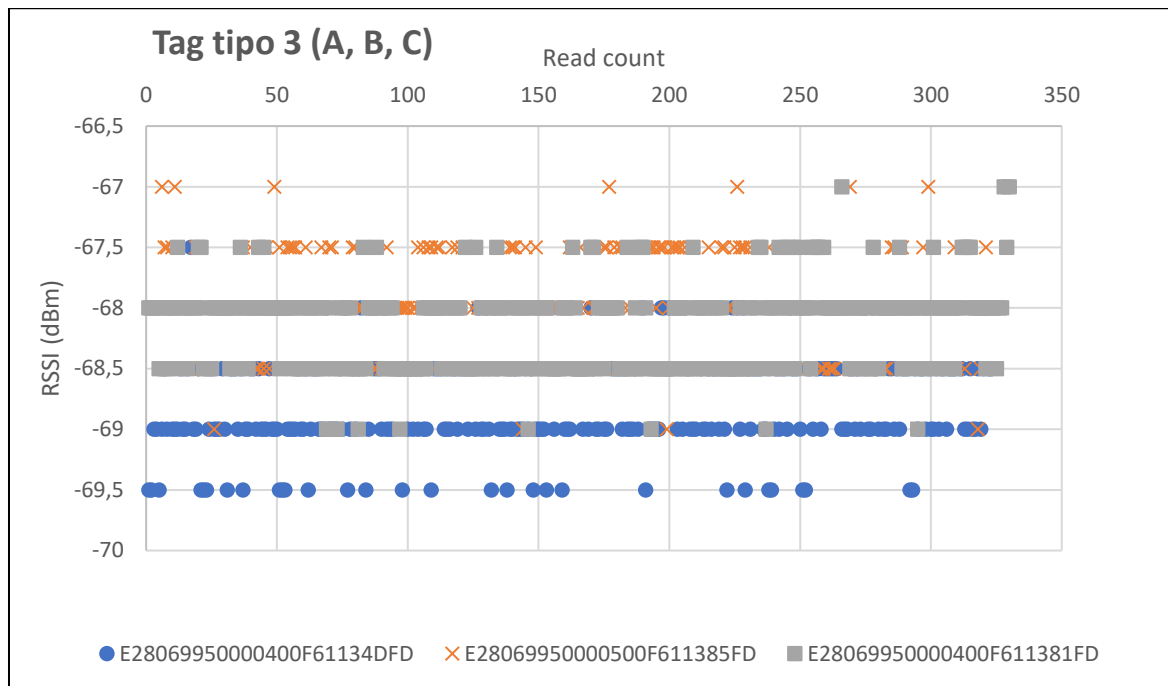
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2 ter	E28069950000500089C52840	E28069950000500089C52440	E28069950000400089C52C40



Tag	A	B	C
Media (dBm)	-67,9	-68,4	-68,7
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,5

Tag tipo 3 (imbustati senza finestra)

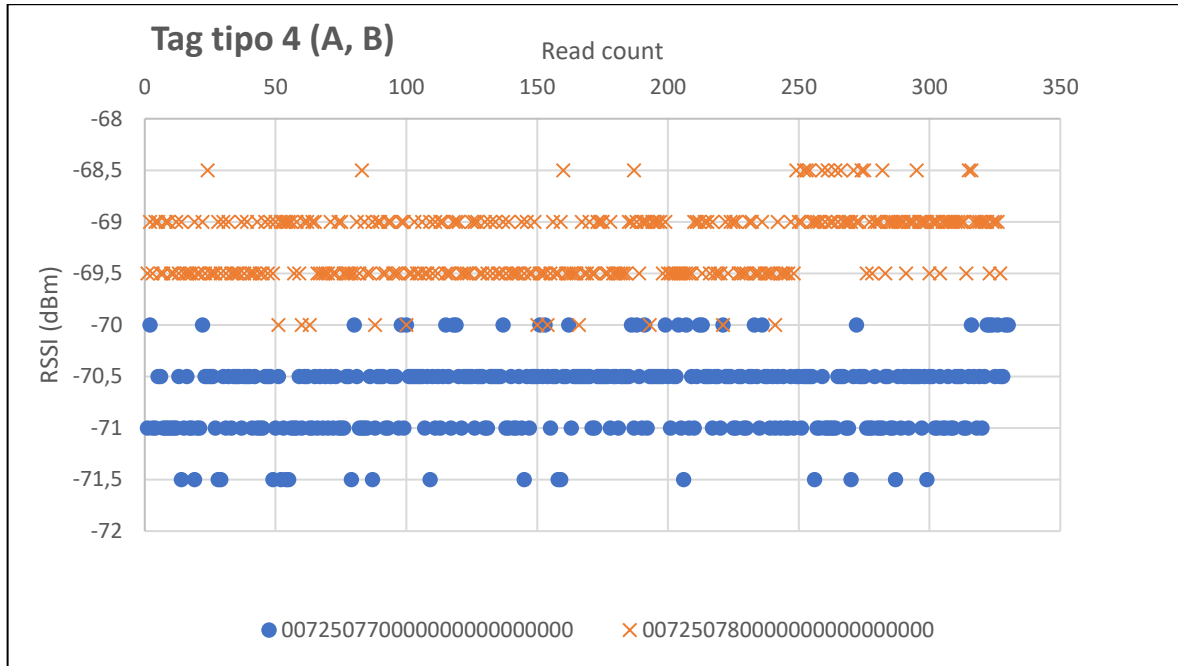
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
3	E28069950000400F61134DFD	E28069950000500F611385FD	E28069950000400F611381FD



Tag	A	B	C
Media (dBm)	-68,8	-68,0	-68,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,4	0,4

Tag tipo 4 (imbustati senza finestra)

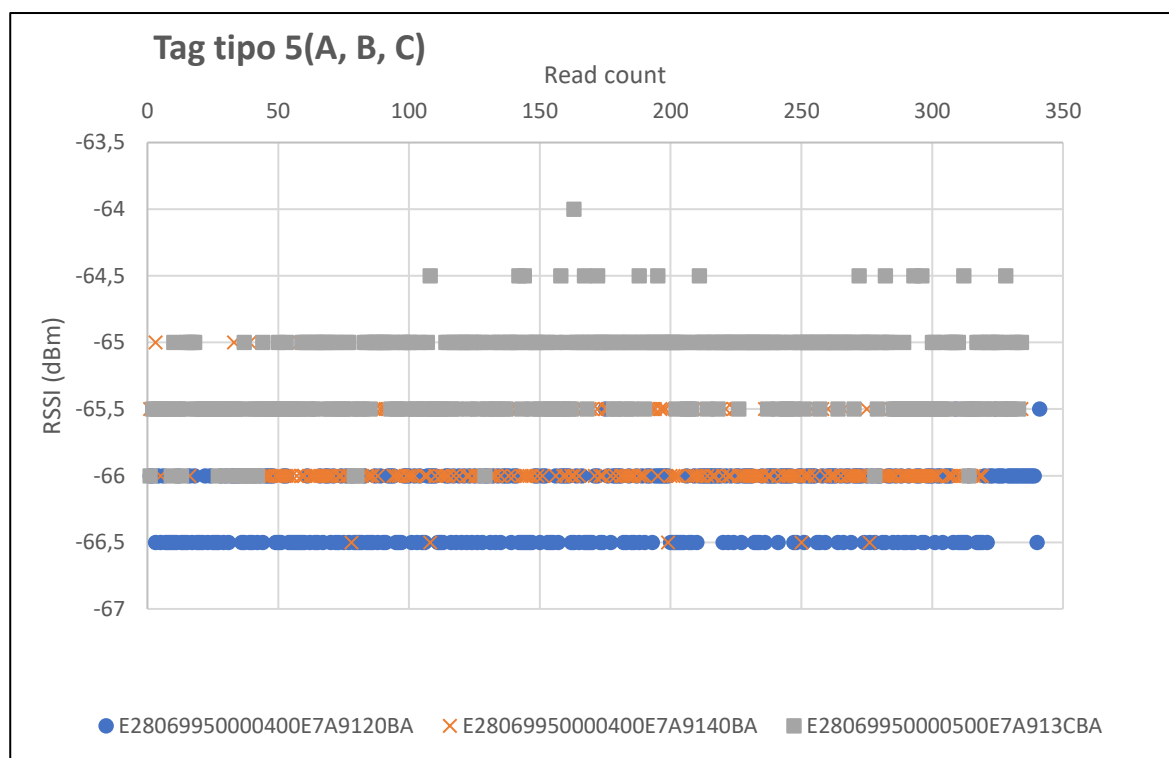
EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
4	007250770000000000000000	007250780000000000000000	----



Tag	A	B	n.d.
Media (dBm)	-70,7	-69,2	n.d.
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,3	n.d.

Tag tipo 5 (imbustati senza finestra)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
5	E28069950000400E7A9120BA	E28069950000400E7A9140BA	E28069950000500E7A913CBA



Tag	A	B	C
Media (dBm)	-66,2	-65,8	-65,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,3

15.4.2. Esito delle misure e osservazioni

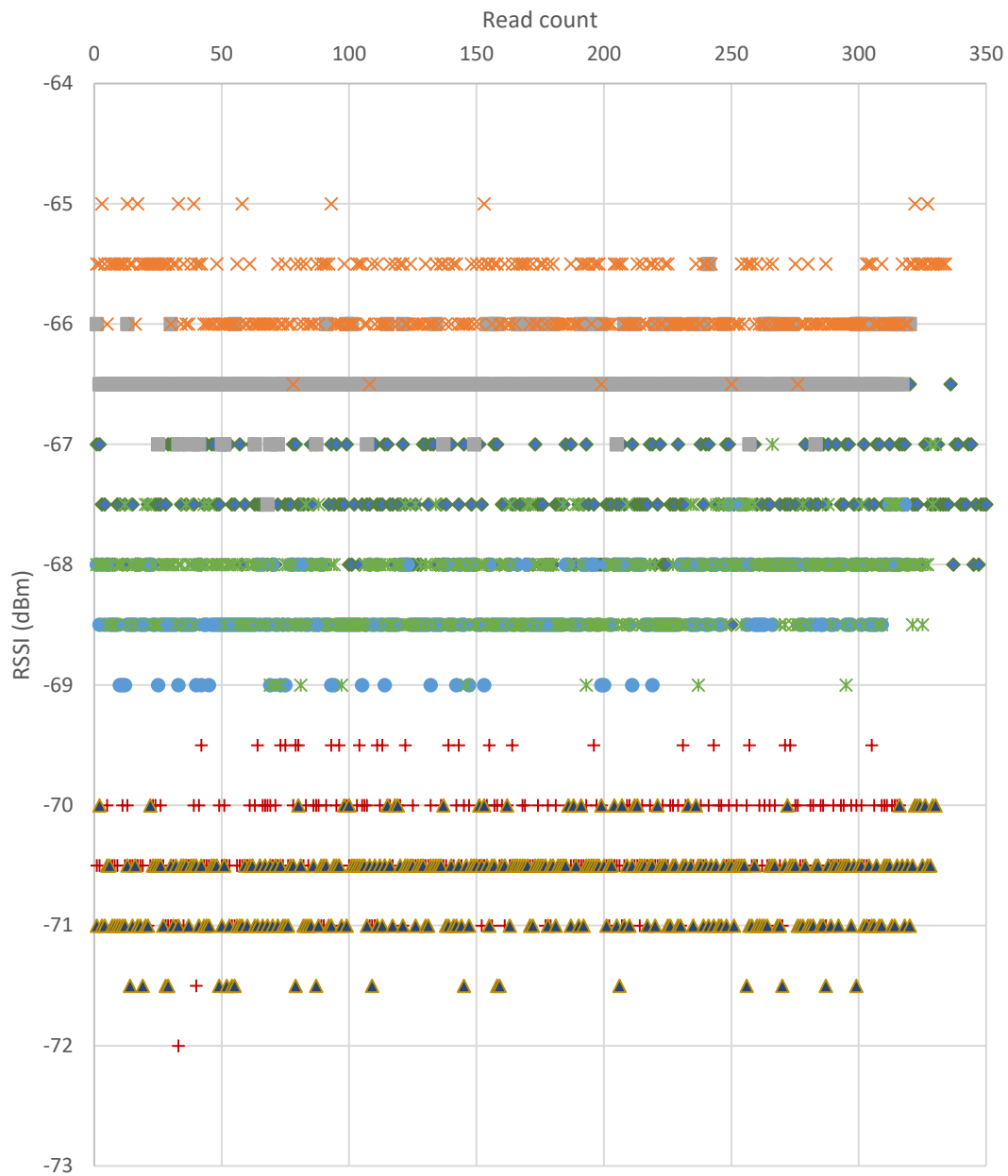
Abbiamo notato che tutti i Tag sono sempre leggibili dal reader in configurazione di default. A seconda del Tag la RSSI va da circa -71 dBm a circa -64 dBm. Esistono comunque differenze di emissione tra Tag anche quando sono dello stesso tipo. Sembra che i Tag più grandi

come il tipo 2 ed il tipo 5 emettano una potenza maggiore. Questo è ragionevole dato che essi sono quelli con le antenne più grandi.

Nell'impostare la potenza del reader e la sua sensibilità si dovrà tener conto delle potenze ricevute imponendo ad esempio valori che tali da permettere la lettura dei Tag del tipo scelto. Per le successive misure abbiamo scelto i Tag che presentavano approssimativamente valori intermedi di RSSI e d'ora in poi considereremo solo questi. La seguente tabella mostra i Tag scelti per le misure successive.

EPC				
#	Tag A	Tag B	Tag C	RSSI (dBm)
1			E2801170000021166F0A BE2	-67,5 ± 0,5
2	E28069950000400E7A920 4BA			-66,5 ± 0,2
2 bis	E2801170000021166EF52 FE			-70,3 ± 0,4
2 ter		E28069950000500089C524 40		-68,4 ± 0,3
3			E28069950000400F611381 FD	-68,1 ± 0,4
4	0072507700000000000000 00			-70,7 ± 0,4
5		E28069950000400E7A914 0BA		-65,8 ± 0,3

Tag scelti per le misure



- ◆ tipo 1 C (E28011700000021166F0ABE2) ■ tipo 2 A (E28069950000400E7A9204BA)
- + tipo 2 bis A (E28011700000021166EF52FE) ● tipo 2 ter B (E28069950000500089C52440)
- * tipo 3 C (E28069950000400F611381FD) ▲ tipo 4 A (00725077000000000000000000)
- × tipo 5 B (E28069950000400E7A9140BA)

15.5. Margin test o power sweep test

Questo test, (a nostro avviso fondamentale), permette di determinare la minima potenza necessaria per leggere un Tag o un gruppo di Tag. Utilizziamo quindi i Tag scelti nella prove precedente e ne misuriamo la RSSI quando nudi e orientati con l'antenna orizzontale. (Impinj, Inc., 2022).

Impostare *Margin Test* in *Inventory Run Scenario*. Impostare poi la potenza minima (di partenza), la massima e lo step di potenza. Sono state necessarie alcune prove prima di ottenere il *preset* ottimale. Per ogni step *Test Item* crea un file *log*.



The screenshot shows the 'INVENTORY RUN CONFIGURATION' window. It is divided into three main sections: 'RUN SCENARIO', 'TIME', and 'POWER'.
- **RUN SCENARIO:** Contains four radio button options: 'Continuous - Runs Forever' (selected), 'Timed - Runs for the Specified Interval(s)', 'Margin Test - Sequential Runs with Increasing Power Levels', and 'GPI Triggered - Start (and optionally stop) controlled by a GPI'. Below these is a checkbox for 'Always reset stopwatch when GPI Start signal received'.
- **TIME:** Includes input fields for 'Start Delay (s): 0', 'On Time (s): 10', 'Off Time (s): 0', a 'Beep On Start' checkbox, and 'Total Runs: 1'.
- **POWER:** Includes dropdown menus for 'Start Power (dBm): 29', 'End Power (dBm): 30', and 'Power Step (dBm): 0.25'.

Figura 43 Inventory Run Scenario



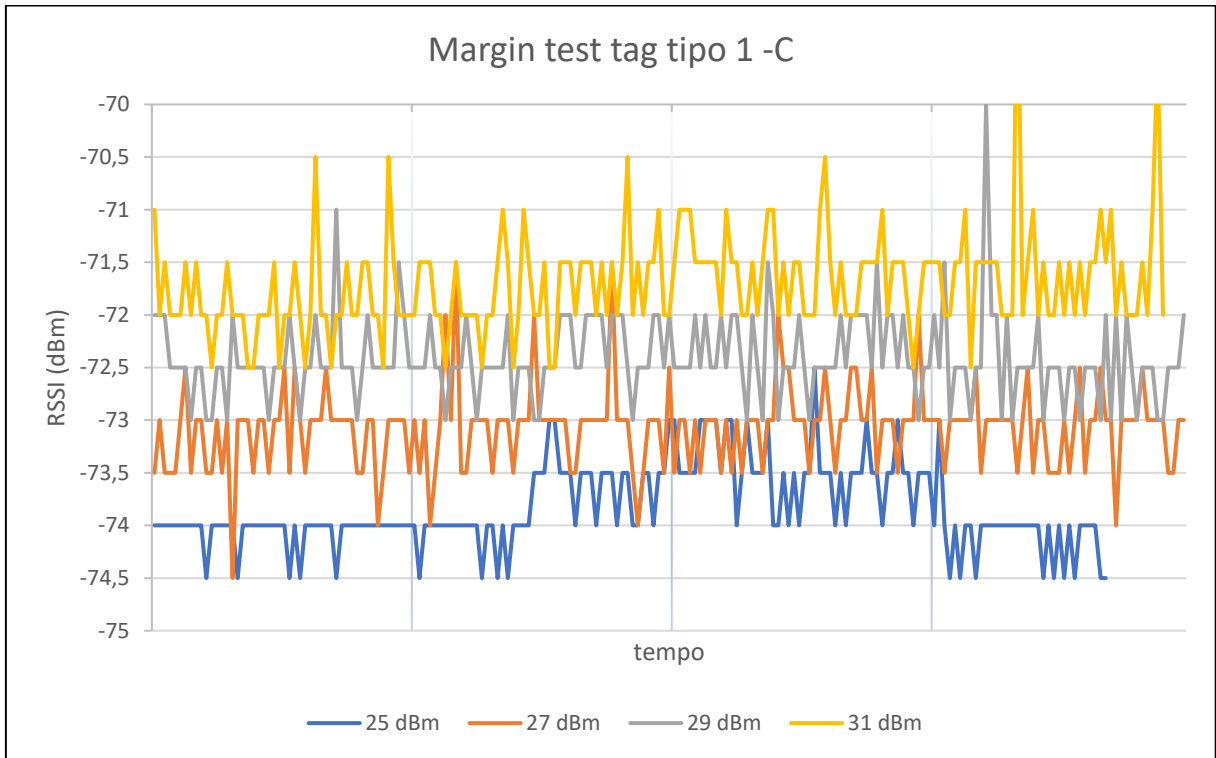
This is a close-up of the 'POWER' section from the configuration window. It shows three dropdown menus: 'Start Power (dBm): 18', 'End Power (dBm): 30', and 'Power Step (dBm): 0.5'. A red hand cursor icon is positioned below the 'Power Step' dropdown, indicating it is being interacted with.

Figura 44 Parametri del Margin Test

15.5.1. Misure

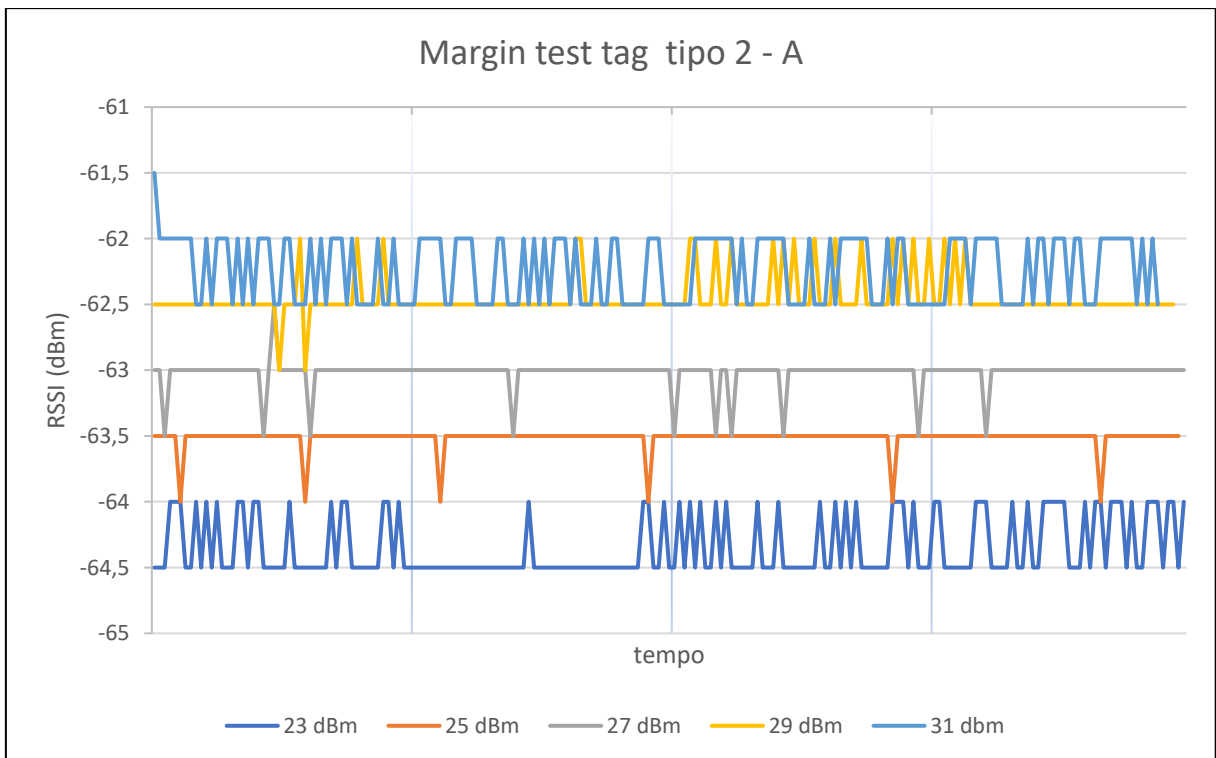
- Scopo: verificare come varia la RSSI del Tag in funzione della potenza dell'antenna
- Campione Tag: 1 Tag per tipo nudo
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna – Tag = 1.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza Tag = 1.2 m
- Orientamento Tag: antenna del Tag orizzontale
- Configurazione reader: margin test da *Inventory Run Configuration*
 - Potenza iniziale 23 dBm, potenza finale 31,5 dBm step 2 dBm
- Logging attivato senza *unique Tag*. Viene prodotto automaticamente un file *log* per ogni step di potenza. In questo modo possiamo fare il grafico
- Effettuiamo circa 200 conteggi per Tag (il valore è automatico)
- Dati delle misure in `..Misure\20231016_03_margin_test`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es: `tipo_1_C_margin_test_test.xlsx`), per i calcoli e verifiche

Tag 1 – C (nudo antenna orizzontale)



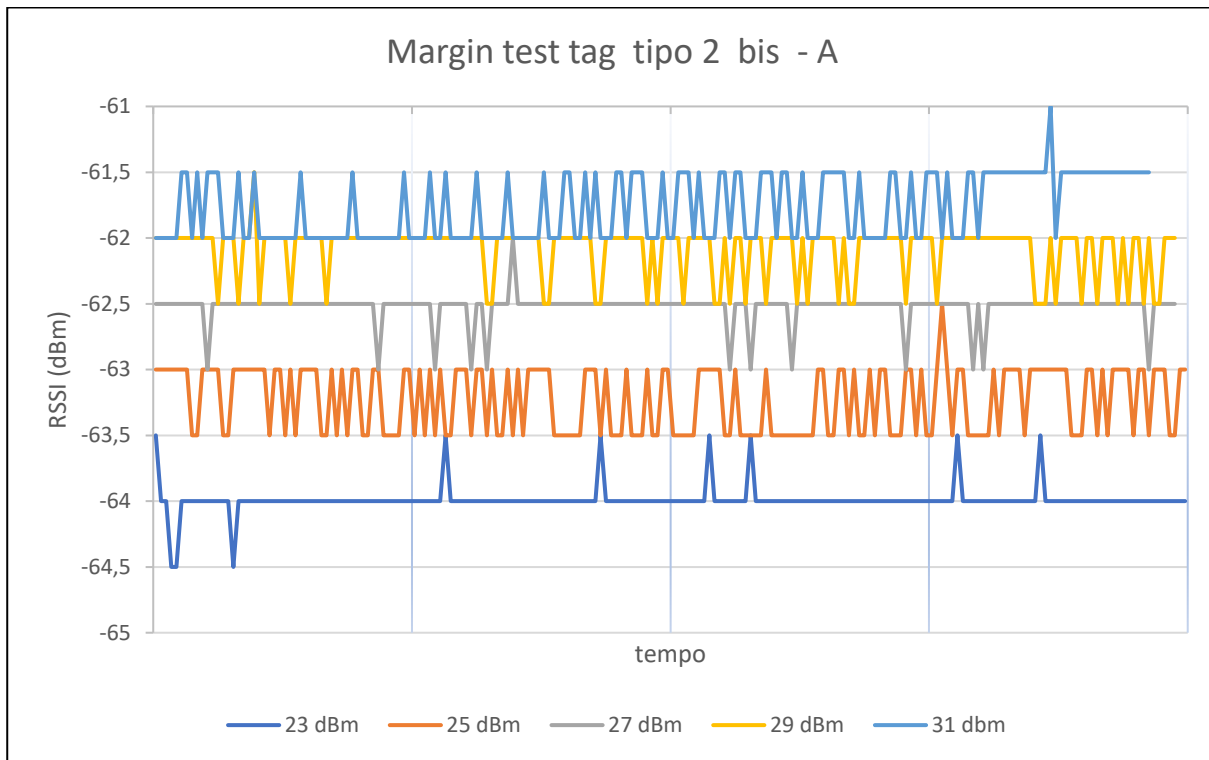
Osservazioni: il Tag **non** viene letto con potenza = 23 dBm.

Tag 2 – A (nudo antenna orizzontale)



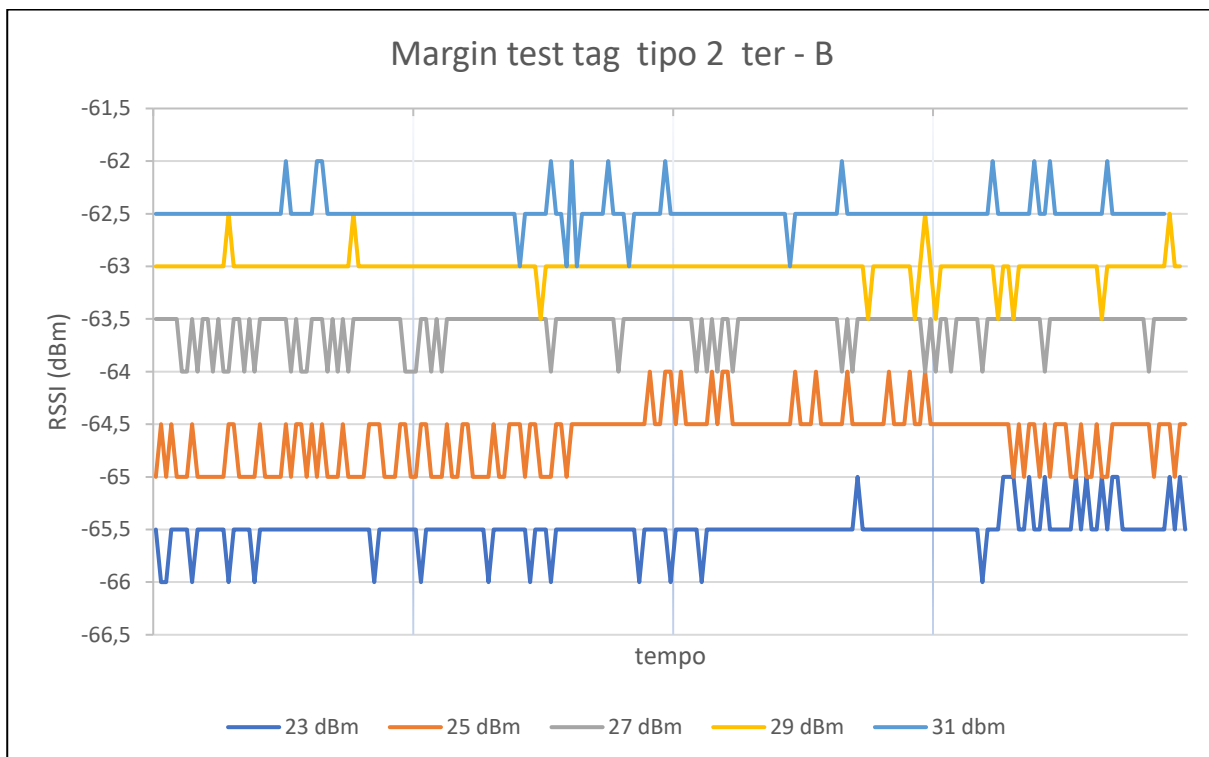
Osservazioni: il Tag viene letto a partire da 23 dBm.

Tag 2 bis – A (nudo antenna orizzontale)



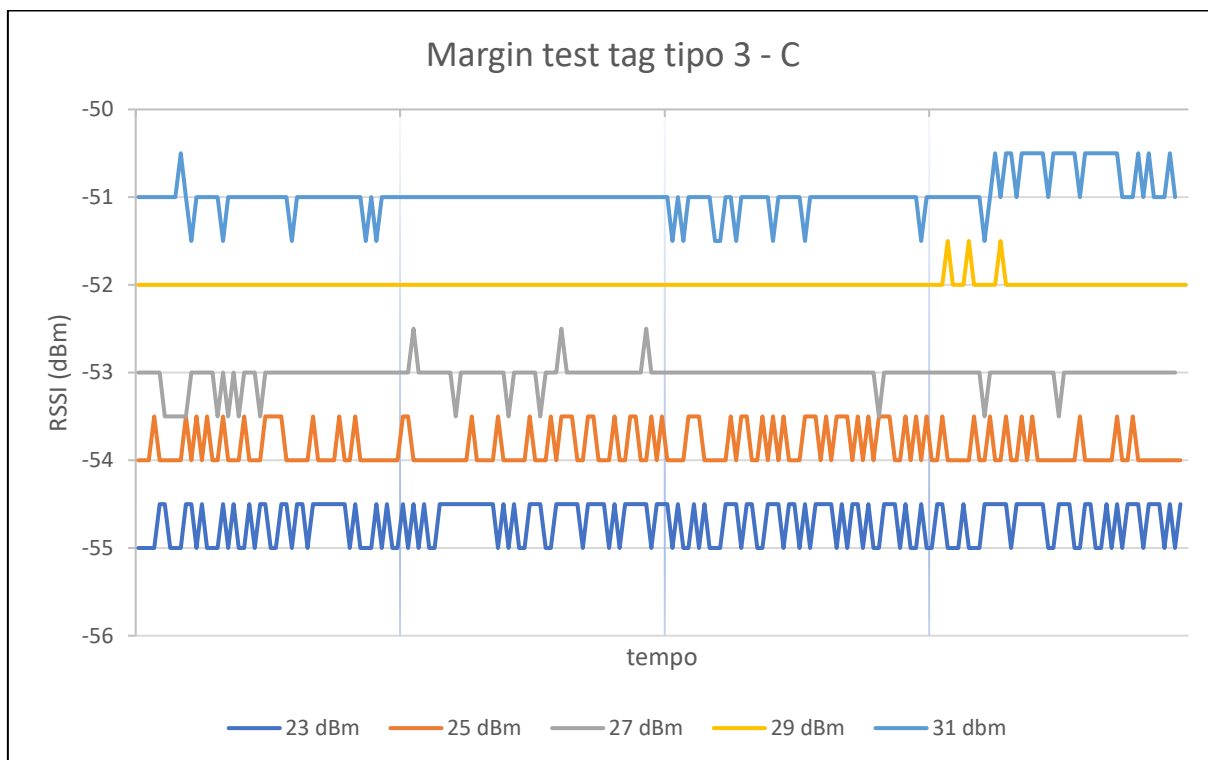
Osservazioni: il Tag **non** viene letto se posto dallo stesso lato del supporto (dove i precedenti) così, è stato cambiato di posto mettendolo dalla parte opposta del supporto. In questo modo il Tag viene letto già a partire da 23 dBm.

Tag 2 ter – B (nudo antenna orizzontale)



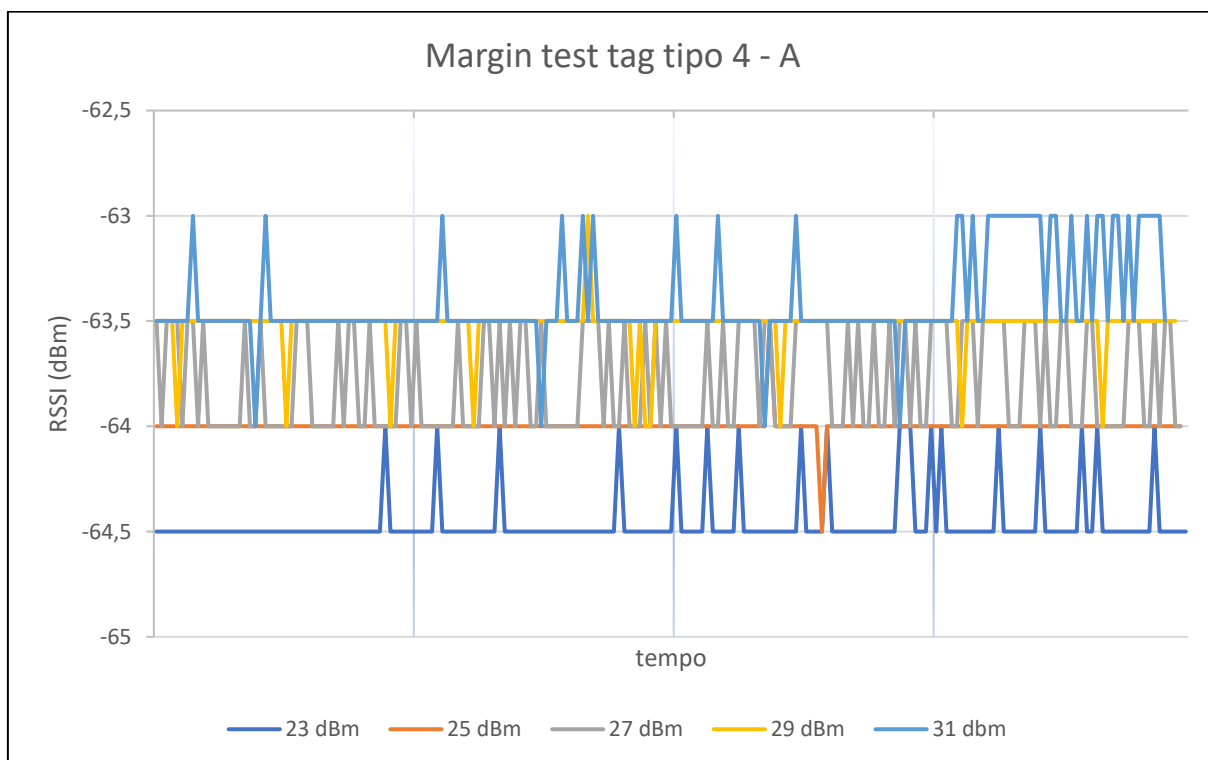
Osservazioni: il Tag viene letto a partire da 23 dBm.

Tag 3 – C (nudo antenna orizzontale)



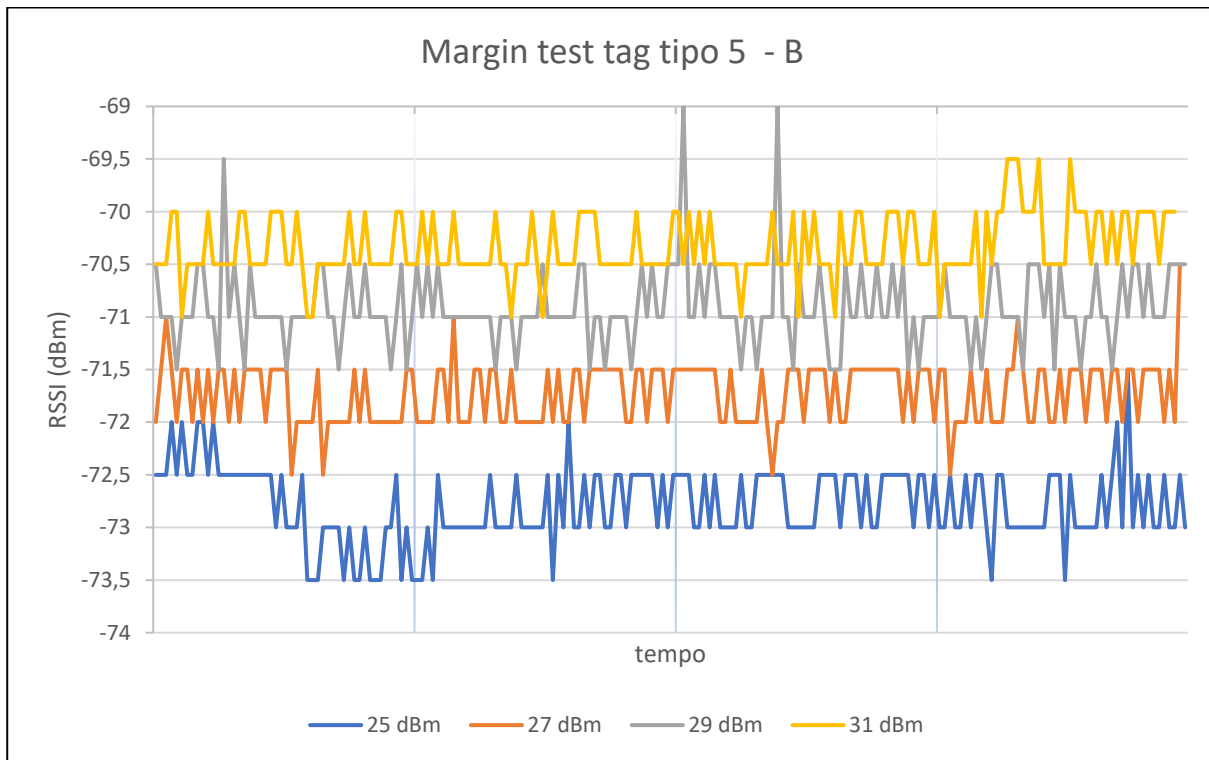
Osservazioni: il Tag **non** viene letto se posto dove i precedenti così, è stato cambiato di posto mettendolo dalla parte opposta del supporto. In questo modo il Tag viene letto già a partire da 23 dBm.

Tag tipo 4 – A (nudo antenna orizzontale)



Osservazioni: il Tag viene letto a partire da 23 dBm.

Tag tipo 5 – B (nudo antenna orizzontale)



Osservazioni: il Tag a 23 dBm non viene letto.

15.5.2. Esito delle misure e osservazioni

Le misure mostrano che tutti i tag tranne i tipo 1 e 5 sono sempre leggibili anche a basse potenze. I Tag tipo 2 sembrano più performanti confermando le osservazioni precedenti. I dati di fabbrica indicano per i tag *Rx Sensitivity* più basse di quelle iniziali usate nella prova. Nel nostro caso però non conosciamo le condizioni di prova usate. Ad esempio come distanza di lettura abbiamo scelto 1.5 m ritenendola una distanza adatta ai nostri scopi. Il motivo per cui i alcuni Tag non vengono letti a basse potenze potrebbe risiedere nel fatto che l'ambiente di prova non è ideale, si tratta di una stanza con altri oggetti presenti che possono creare interferenze di vario tipo.

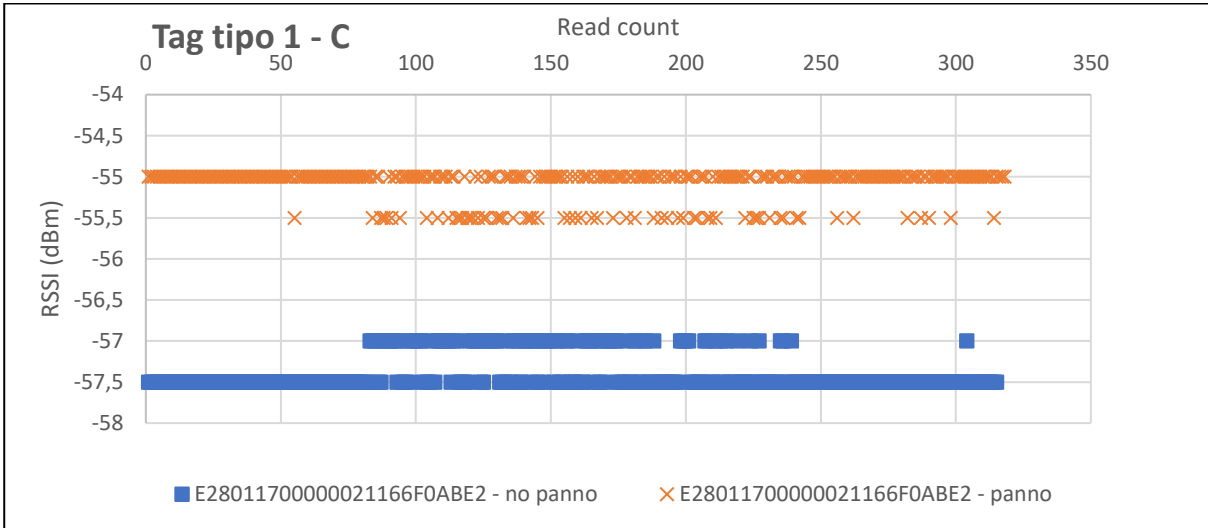
15.6. Verifica dell'influenza dei vestiti

I 7 Tag scelti sono stati posti in posizione e preset *default*. Ora si vorrebbe verificare l'influenza di un capo di vestiario interposto tra Tag e antenna sulla RSSI. Il capo di vestiario è stato simulato con un panno in cotone (modellizzazione di una maglietta). Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC. Abbiamo ri-misurato i valori del Tag “nudo” perché la misura è stata fatta in un giorno successivo alla prima e l'apparato di misura ha necessitato di un nuovo setup.

15.6.1. Misure

- Scopo: verificare l'influenza di un capo di vestiario sulla RSSI. Si vuole rispondere alla domanda: “come variano le misure con un panno interposto tra Tag e antenna?”
- Campione Tag: 1 Tag per tipo in busta senza finestra
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna - target = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Orientamento: antenna interna orizzontale (tranne per il Tag tipo 1)
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json)
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo due misure di circa 300 conteggi per Tag, interrompiamo la misura per poter interporre il panno di cotone davanti al Tag. Avremo quindi due file di log per Tag
- Dati delle misure in `..\Misure\20230928_log`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es: `tipo_1_C_panno.xlsx`) per i calcoli e le verifiche. Media e scarto quadratico medio sono stati calcolati con Excel

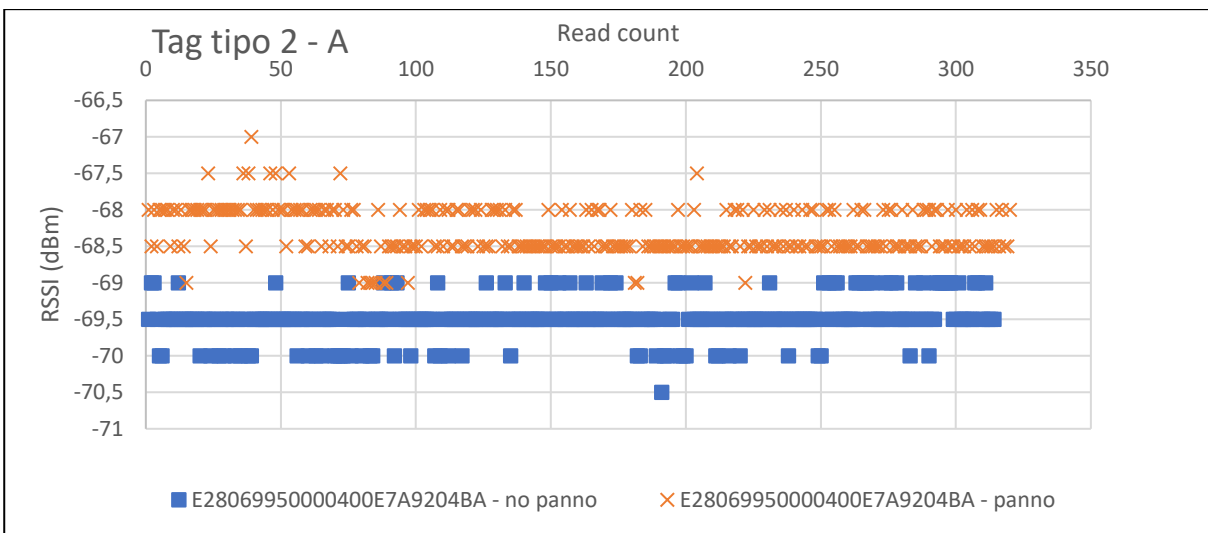
Tag tipo 1 – C (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-57,4	-55,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2

Osservazioni: se il Tag è coperto la RSSI migliora di poco

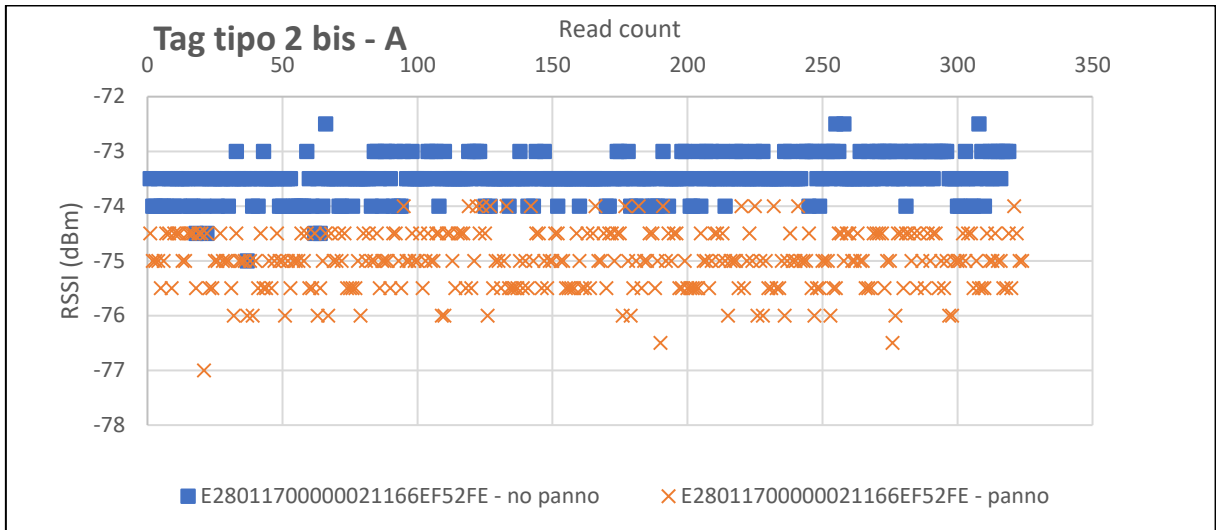
Tag tipo 2 – A (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-69,5	-68,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3

Osservazioni: se il Tag è coperto la RSSI migliora di poco

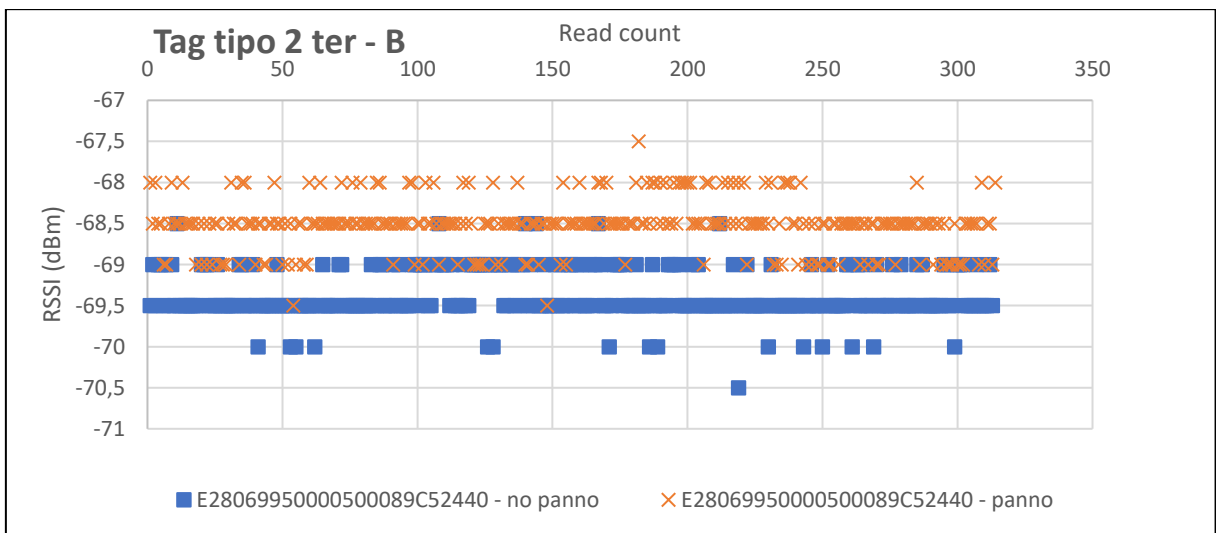
Tag tipo 2 bis – A (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-73,5	-75,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,5

Osservazioni: se il Tag è coperto la RSSI peggiora

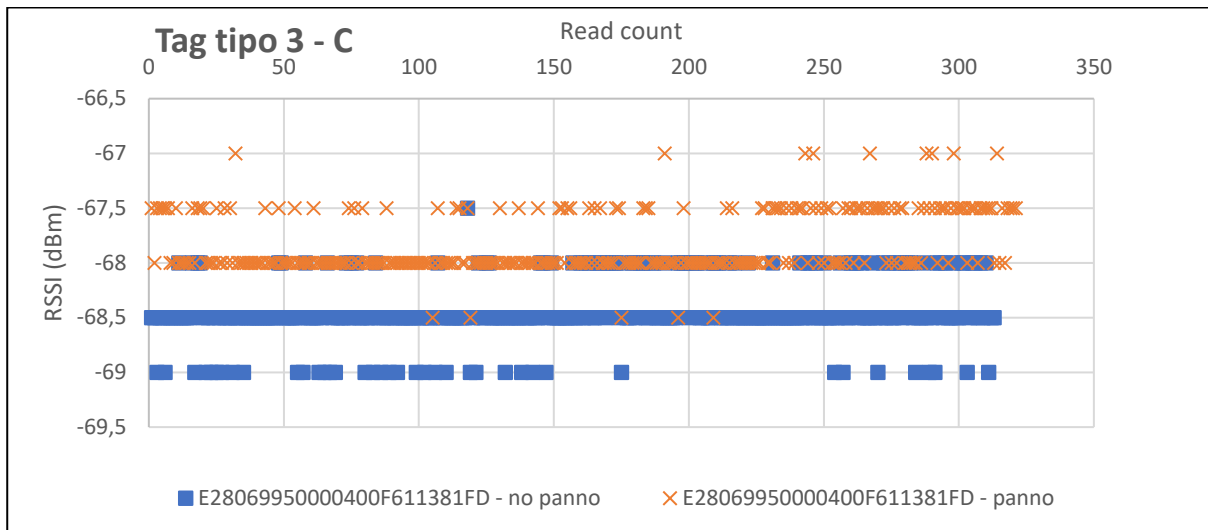
Tag tipo 2 ter – B (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-69,4	-68,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3

Osservazioni: se il Tag è coperto la RSSI migliora di poco

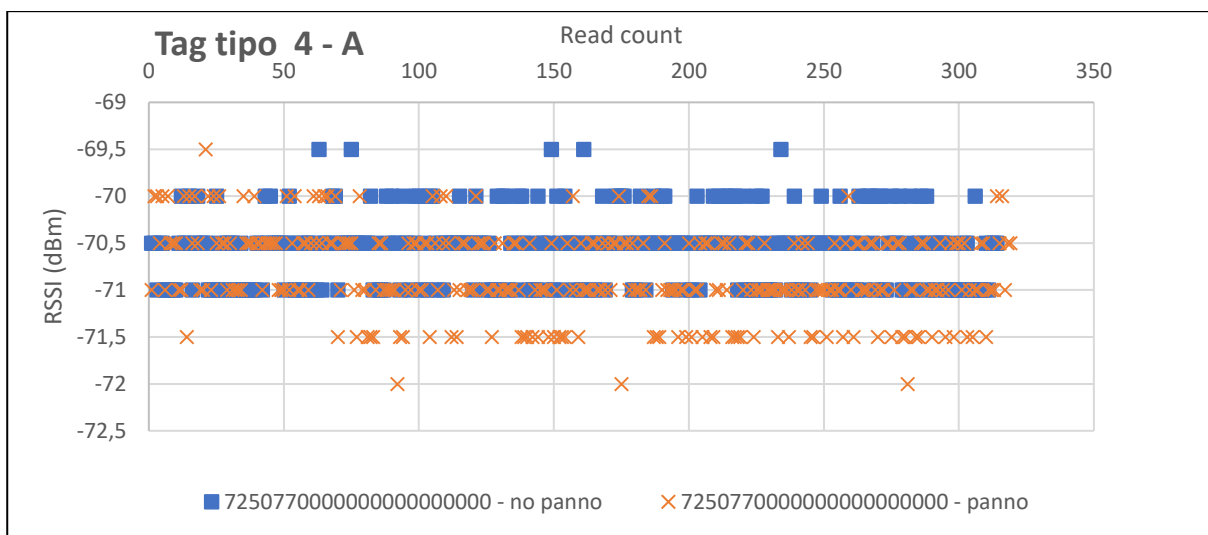
Tag tipo 3 – C (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-68,4	-67,8
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3

Osservazioni: la RSSI rimane invariata entro gli errori

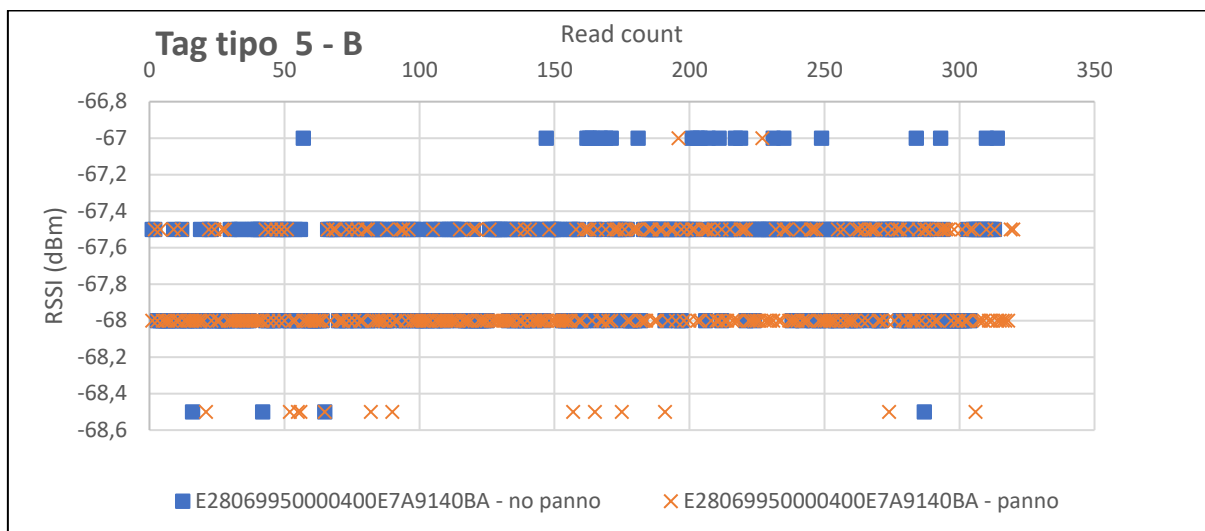
Tag tipo 4 – A (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-70,6	-70,8
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,5

Osservazioni: la RSSI rimane invariata entro gli errori

Tag tipo 5 – B (imbustati senza finestra con panno)



	No panno	Panno
Media (dBm)	-67,7	-67,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3

Osservazioni: Osservazioni: la RSSI rimane invariata entro gli errori

15.6.2. Esito delle misure e osservazioni

La presenza di un panno tra Tag e antenna influenza poco la RSSI. In un solo caso la presenza del capo sembra peggiorativa mentre negli altri casi la RSSI rimane invariata o migliora. Dal punto di vista della lettura il Tag campione è sempre leggibile. Dobbiamo però considerare che la misura è stata fatta in condizioni ideali di reader e banco di prova. Il reader è settato alla massima potenza, la distanza è di soli 2,5 m ed il Tag è parallelo all'antenna. Inoltre siamo in condizioni statiche ed anche la stanza è un caso particolare. Potrebbe essere interessante fare altre misure con capi di vestiario differenti e con altre (minori), potenze. Si conferma la maggiore potenza emessa dai tag più grandi.

15.7. Verifica dell'influenza del piano del Tag (angolatura)

Disponiamo i 7 Tag scelti su un piano perpendicolare a quello dell'antenna. Li mettiamo su un piano orizzontale mantenendo invariati gli altri parametri. Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC. Abbiamo rimisurato la RSSI del Tag in posizione di default e poi lo abbiamo disposto sul piano perpendicolare all'antenna e parallelo al terreno confrontandone i valori mediante grafici. Il Tag è a 1.2 m di altezza circa.

15.7.1. Misure

- Scopo: misura dell'influenza sulla RSSI del piano su cui è disposto il Tag rispetto a quello dell'antenna
- Campione: 1 Tag per tipo tra i 7 scelti in buste di plastica
- Tag e antenna: su piani paralleli per prendere il riferimento iniziale e poi perpendicolari
- Distanza antenna - target = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json)
- Logging attivato
- Effettuiamo due misure di circa 300 conteggi per Tag e interrompiamo la misura per poter girare il target. Avremo quindi due file di log per Tag
- Dati in ..\Misure\20230928_log
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es tipo_1_C_perp.csv) per i calcoli e le verifiche
- Nota: oltre a media e scarto quadratico medio abbiamo calcolato anche il numero di letture al secondo a partire dal CSV di log. Questo parametro è fornito anche dal reader durante la misurazione.

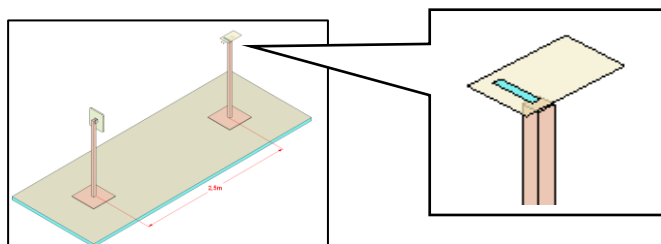
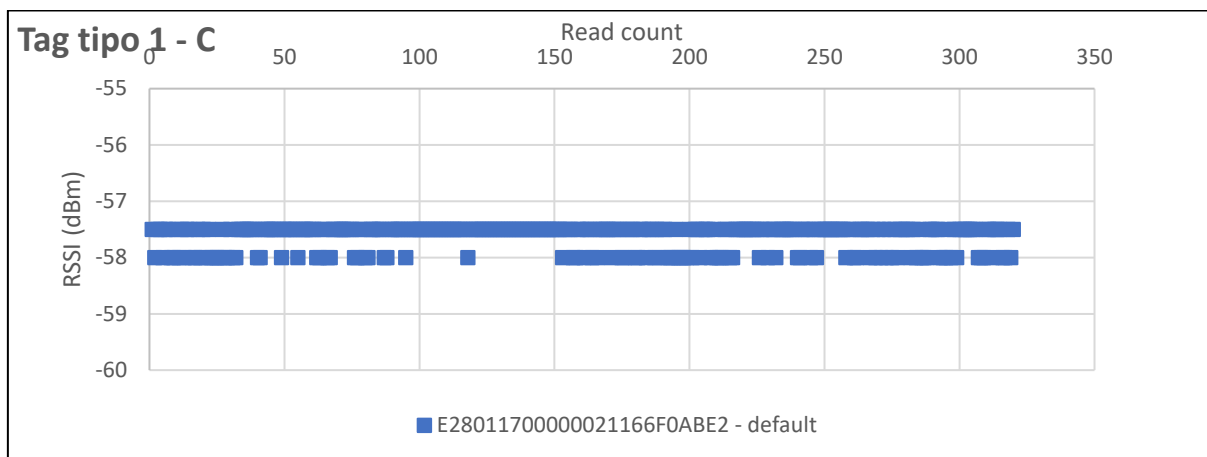


Figura 45 Posizione orizzontale del Tag in busta

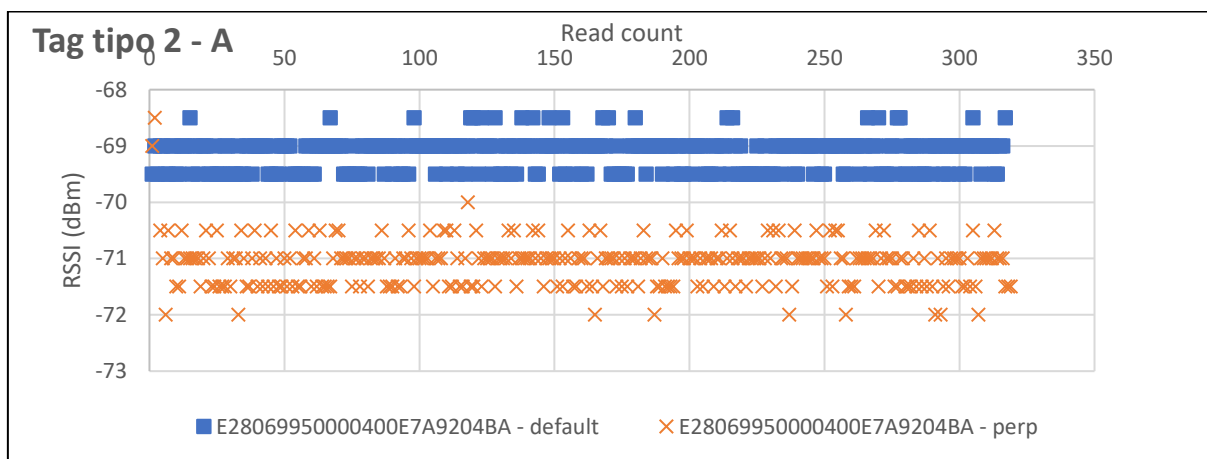
Tag tipo 1 – C tipo 1 (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-57,7	n. l.
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	n. l.
Conteggi/s	21,3	n. l.

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale **non viene letto**.

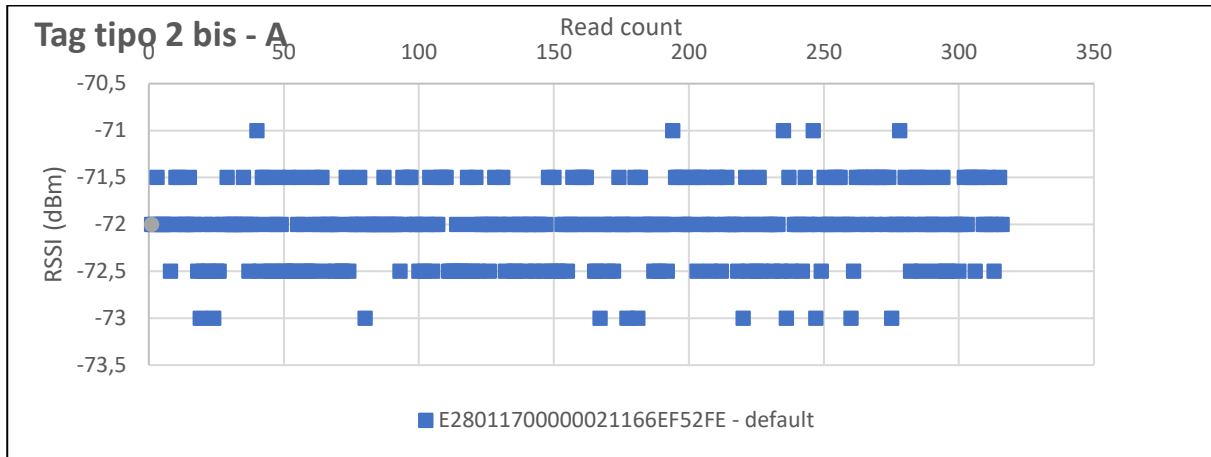
Tag tipo 2 –A (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-69,1	-71,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,4
Conteggi/s	21,1	19,7

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale peggiora la sua RSSI.

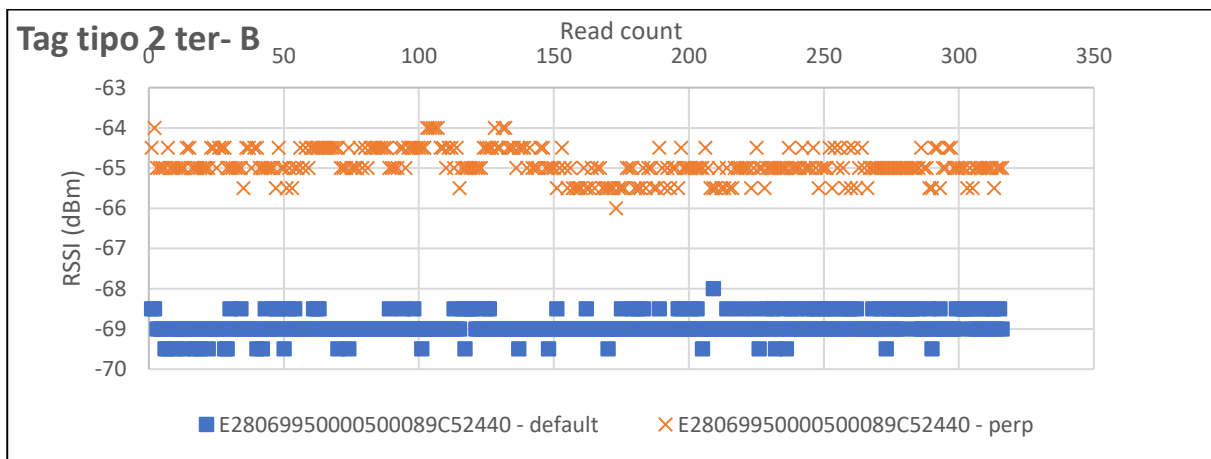
Tag tipo 2 bis – A (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-72,0	n. l.
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	n. l.
Conteggi/s	21,0	n. l.

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale a circa 1,2 metri di altezza non viene letto.

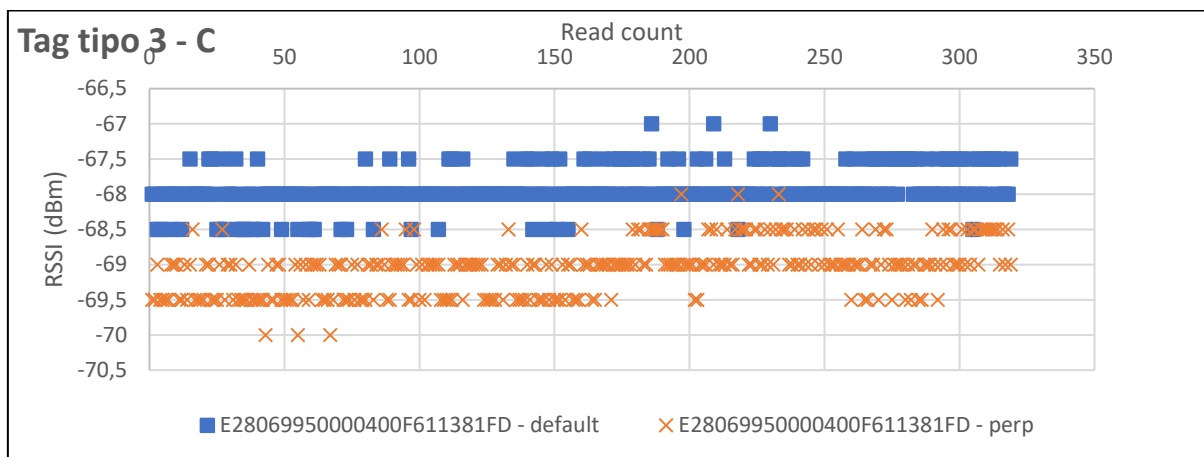
Tag tipo 2 ter – B (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-68,9	-64,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,4
Conteggi/s	21,0	21,0

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale migliora la sua RSSI.

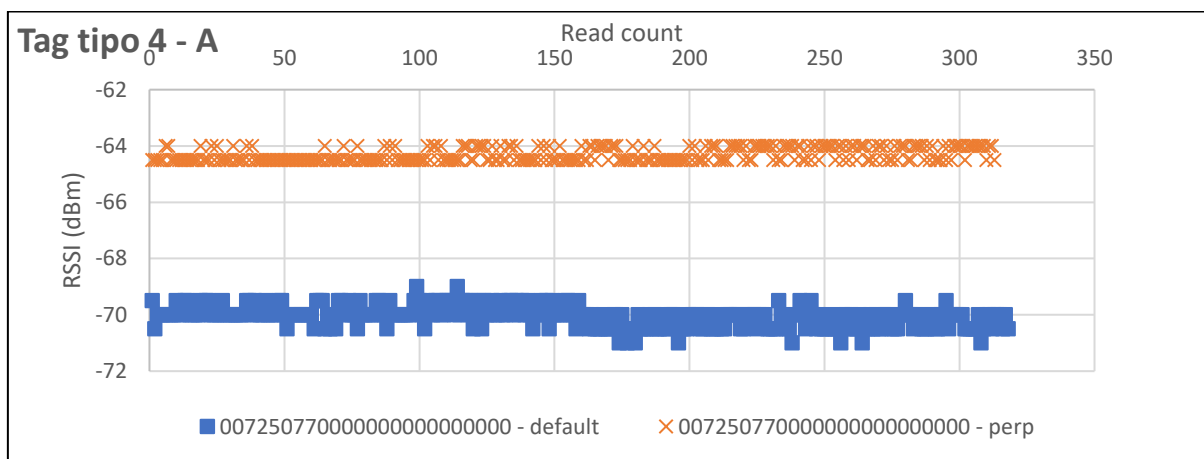
Tag tipo 3 – C (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-67,9	-69,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,4
Conteggi/s	21,2	21,2

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale peggiora la sua RSSI.

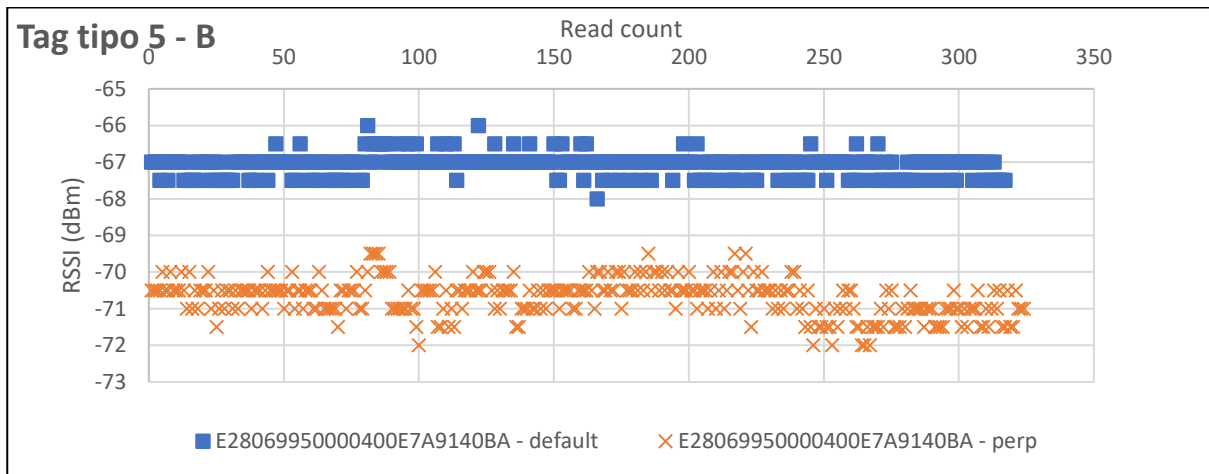
Tag tipo 4 – A (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-70,1	-64,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,2
Conteggi/s	19,8	20,8

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale migliora la sua RSSI.

Tag tipo 5 – B (imbustato senza finestra)



	Tag in posizione di default	Tag orizzontale
Media (dBm)	-67,1	-70,7
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,5
Conteggi/s	19,8	20,2

Osservazioni: il Tag in posizione orizzontale peggiora la sua RSSI.

15.7.2. Esito delle misure e osservazioni

I risultati mostrano che **il piano del Tag rispetto a quello dell'antenna è molto importante** solo in due casi abbiamo un miglioramento della RSSI mentre in tutti gli altri si ha un peggioramento fino ad arrivare a casi estremi in cui il Tag non viene visto dal lettore.

Una prima conclusione è che nell'applicazione finale l'antenna dovrà essere posta su un piano inclinato rispetto a quello dei Tag presumibilmente sopra una porta o un varco in modo da evitare, per quanto possibile, che il Tag giaccia su un piano perpendicolare a quello dell'antenna. Va anche detto però che le misure sono state effettuate in condizioni statiche con la distanza antenna-Tag fissata. Nelle situazioni reali, il soggetto è in movimento e l'angolo tra Tag ed antenna cambia continuamente. In alti termini il problema potrebbe non sussistere e manifestarsi semplicemente in una diminuzione del numero dei conteggi del reader che comunque rileverebbe la presenza del Tag e quindi del soggetto. La Impinj a tal proposito, ovvero per Tag in movimento, suggerisce preset adeguati come abbiamo già avuto modo di scrivere.

15.8. Influenza della distanza sull’RSSI. Preset: default

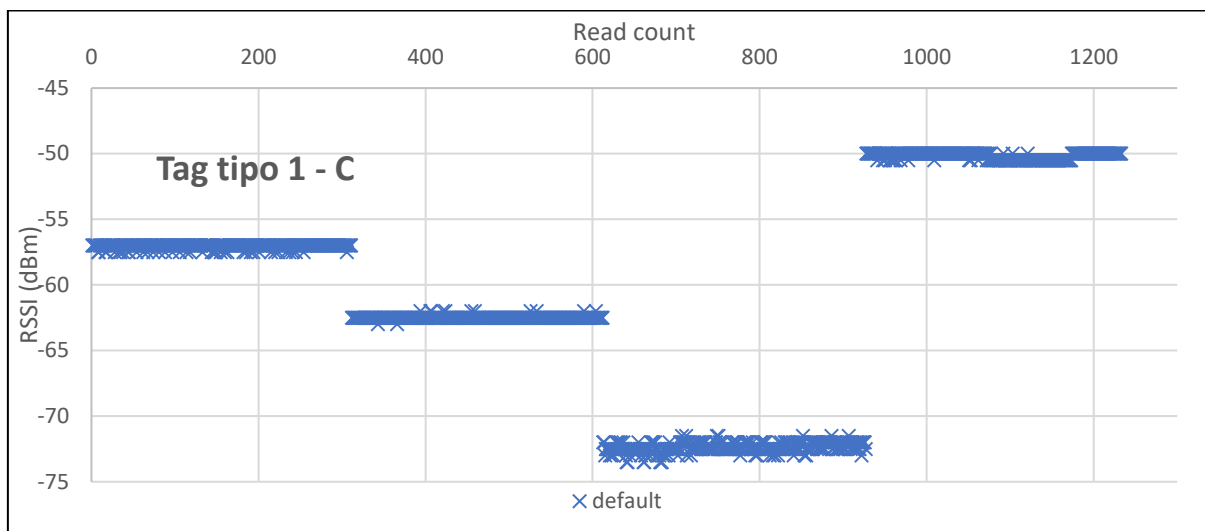
In questo paragrafo mostriamo i risultati della misura della RSSI per diverse distanze antenna-Tag. Si tratta di una misura importante poiché nell’applicazione reale le antenne dovranno essere poste a distanze tali da leggere i tag per l’identificazione. Partendo dalla distanza di 4 m ci siamo avvicinati utilizzando il *preset default*. Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell’antenna per poterne individuare l’EPC. Le misure sono state fatte i Tag protetti dalla busta di plastica, con i tag nudi e antenna orizzontale e tag nudi con antenna verticale.

15.8.1. Misure

- Scopo: misurare il legame tra RSSI e distanza
- Campione Tag: 1 Tag per tipo tra i 7 scelti
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza iniziale antenna - Tag = 4.5 m
 - Step a distanza $d = 3$ m, $d = 2.2$ m $d = 1$ m
- Altezza centro antenna - pavimento = altezza target = 1.2 m
- Orientamento Tag con la busta di plastica con l’antenna interna orizzontale tranne che per il tag 1 – C (per comodità)
- Configurazione reader Default: `impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json`
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo misure di circa 300 conteggi per Tag svolte in tre modi differenti:
 - Primo modo: tag in busta di plastica. Distanza fissa, interrompiamo la misura per poter cambiare il Tag, misuriamo così tutti i Tag dei vari tipi, avviciniamo il target e ricominciamo. Quindi, a distanza d misuriamo tutti i Tag prima di cambiare posizione
 - Secondo modo: come il precedente ma con i tag nudi e l’antenna orizzontale
 - Terzo modo: come il primo ma con i tag nudi e l’antenna verticale
- Dati delle misure (se non diversamente specificato), in `..\Misure\20230929_dist_default`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es: `tipo_1_C_preset_default.csv`), per i calcoli e le verifiche.
- Nota: per alcune misure (svolte in un momento successivo), sono stati calcolati la RSSI media e l’errore e confrontati i valori con quelli leggibili in *ItemTest*

- Nota 2: ove possibile abbiamo utilizzato correlazione lineare per interpolare i dati. A rigore questo non sarebbe corretto dato che l'andamento ideale è d^{-2} , con d distanza dall'antenna. Ma trattandosi di un ambiente non ideale ed essendo il nostro scopo quello di mostrare che la RSSI diminuisce con la distanza abbiamo ritenuto ugualmente valida l'interpolazione usata.

Tag tipo 1 – C (imbustato senza finestra)

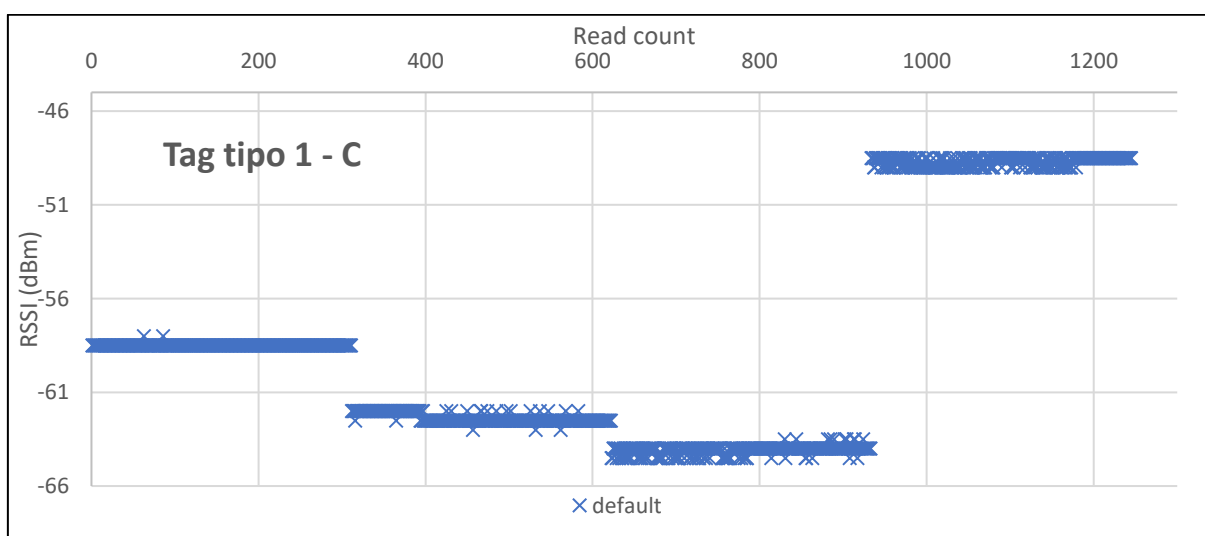


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-57,1	-62,5	-72,4	-50,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,1	0,4	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico solo per le prime tre distanze. Ci si aspetterebbe un aumento di RSSI man mano che la distanza diminuisce ma questo avviene solo quando la distanza è di 1m. Ritenendo che durante la misura sia stato trascurato qualche fattore abbiamo ritenuto opportuno ripetere la misura in una data successiva (vedi Tag tipo 1 – C (imbustato senza finestra) (ripetuta)).

Tag tipo 1 – C (imbustato senza finestra) (ripetuta)

(dati in 20231009_dist_default_Tag_1_C)

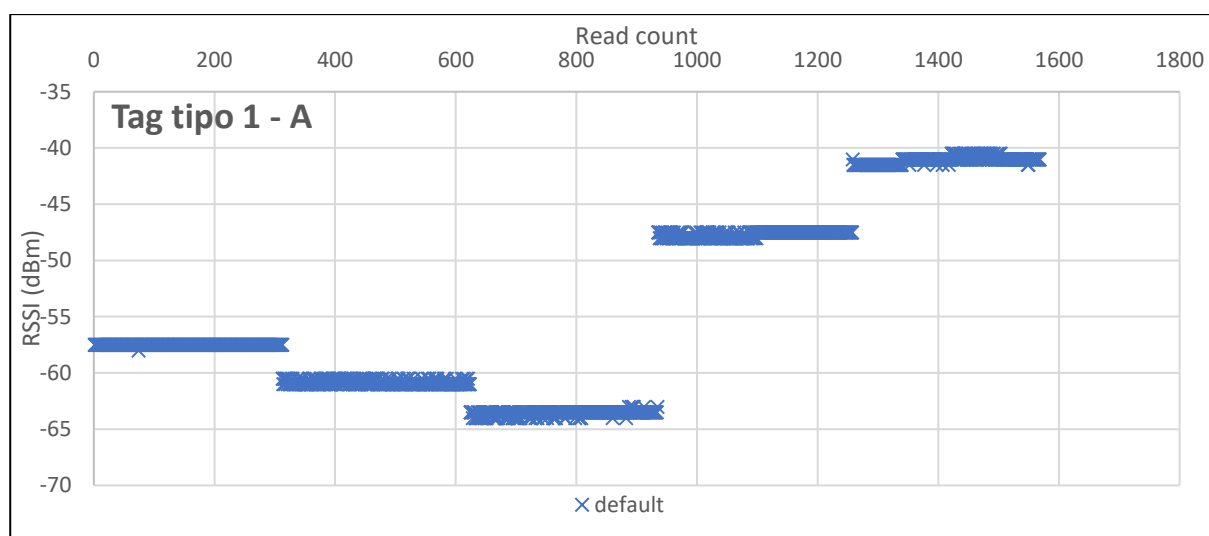


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-58,5	-62,4	-64,1	-48,7
Scarto quadratico medio (dBm)	0,0	0,2	0,2	0,2

Osservazioni: il Tag presenta un andamento della RSSI in funzione della distanza simile alla precedente misura. I valori sono diversi poiché è stato necessario procedere con un nuovo setup. Per indagare ulteriormente si è scelto di cambiare Tag prendendo il Tag 1- A (vedi Tag tipo 1 – A (indagine n. 1 imbustato senza finestra).

Tag tipo 1 – A (indagine n. 1 imbustato senza finestra)

(dati in 20231009_01_dist_default_Tag_1_A)



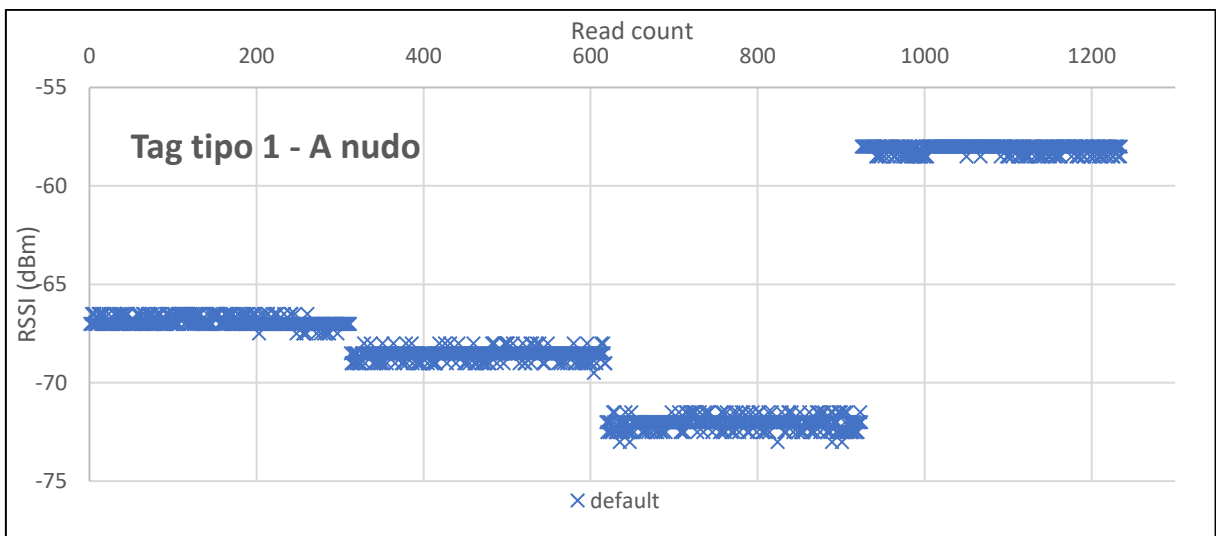
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m	0,5 m
Media (dBm)	-57,5	-60,8	-63,6	-47,7	-41,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3
Media da reader (dBm)	-57,502	-60,832	-63,572	-47,671	-41,069
Count/s	20,043	21,040	20,965	20,987	20,887

Osservazioni: il Tag 1 – A presenta un andamento della RSSI in funzione della distanza simile al Tag 1 - C. In questo caso per verificare ulteriormente si è aggiunta la misura a 0,5 m dall'antenna. Il Tag, come premesso, è contenuto nella busta di plastica che ne permette una

maggiore maneggevolezza. Per evitare quindi un possibile errore sistematico abbiamo scelto di misurare le prestazioni del Tag senza nessuna protezione sostenendo il Tag con una pinzetta.

Tag tipo 1 – A (indagine n. 2 nudo con antenna verticale)

(dati in 20231009_02_dist_default_Tag_1_A)

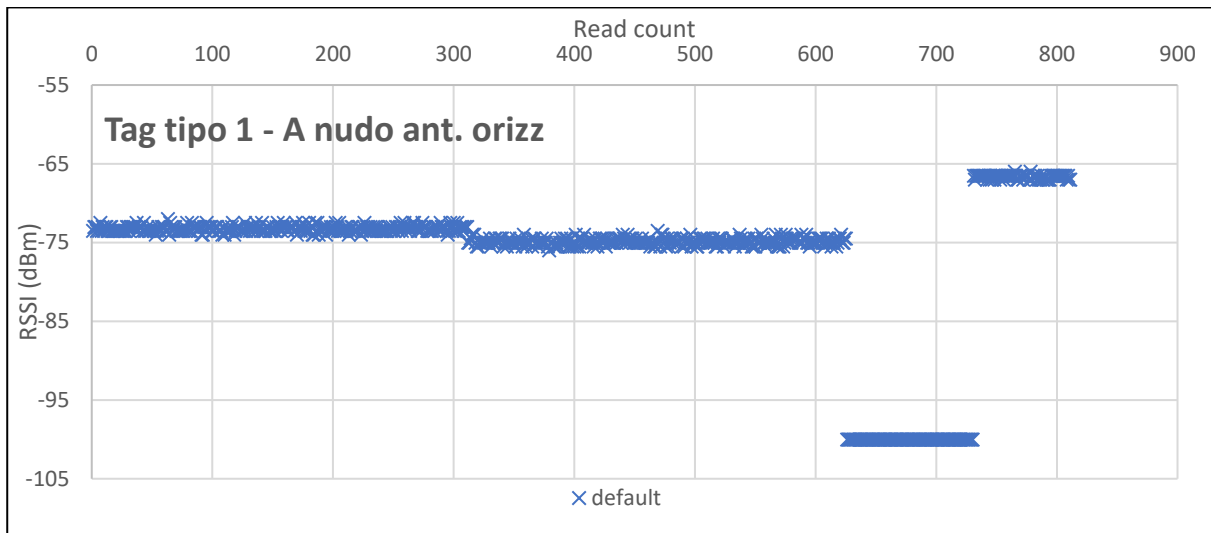


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-66,9	-68,6	-72,1	-58,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	2,5	0,2
Media da reader (dBm)	-66,858	-68,559	-72,042	-58,112
Count/s	20,944	20,856	21,756	21,063

Osservazioni: il Tag “nudo” presenta un andamento della RSSI in funzione della distanza simile a quello protetto. Sembra però che la protezione influenzi in modo migliorativo la RSSI trasmessa dal Tag.

Tag tipo 1 – A (indagine n. 3 nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231009_03_dist_default_Tag_1_A_orizz)

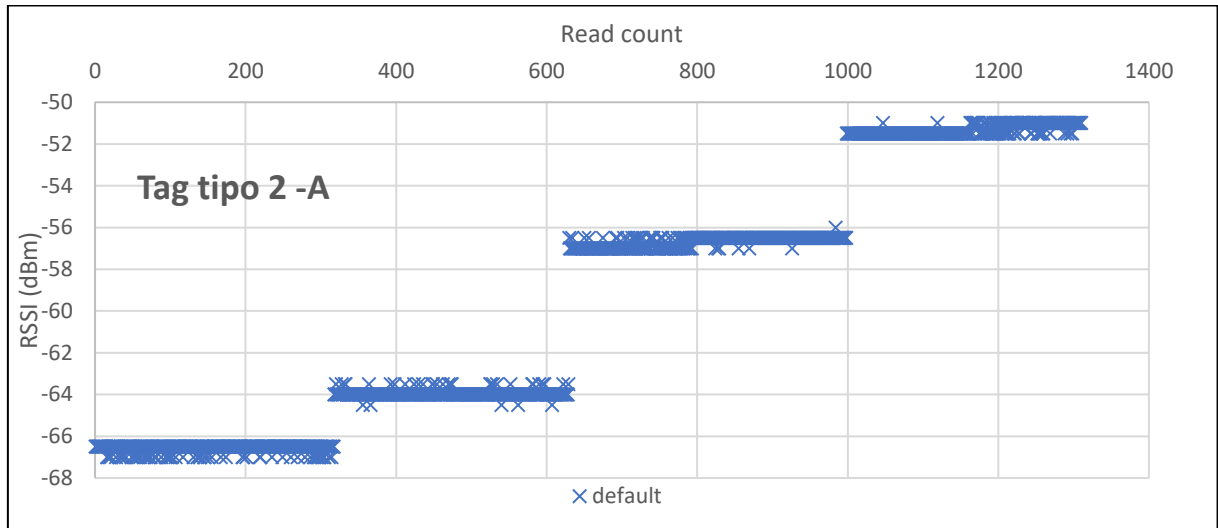


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,3 m	2,2 m	2,0 m	1,5 m	1 m	0,5 m
Media (dBm)	-73,2	-74,9	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	-66,6
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,4	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	0,3
Media da reader (dBm)	-73,2	-74,9	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	-66,6
Count/s	0,4	0,4	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.	0,3

Osservazioni: il Tag “nudo” con l’antenna orizzontale a $d = 2.3$ m, $d = 2.2$ m, $d = 2$ m, $d = 1.5$ m ed $d = 1$ m non viene letto. Per tracciare il grafico si è posta la RSSI (non misurabile) a -100.

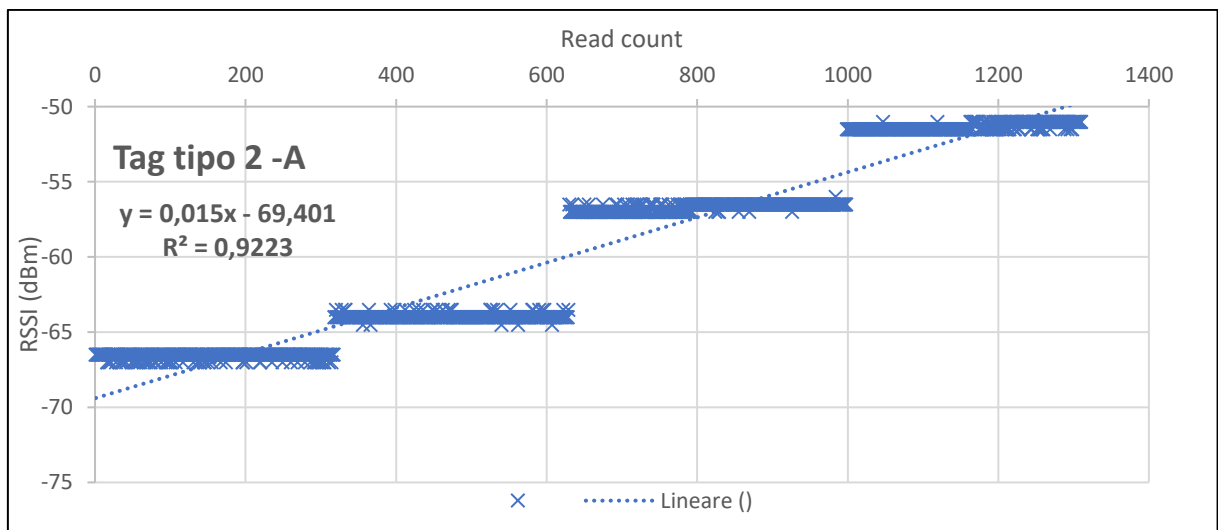
Osservazioni finali sul Tag 1. Il comportamento del tag 1 – A è stato confermato dall’indagine svolta con un secondo Tag di tipo 1. Probabilmente si tratta di un fenomeno di interferenza visto che si troviamo in una stanza e non in un ambiente ideale o dall’errato scenario scelto per la misura. Scegliendo *Session = 1* e *Single target* forse il Tag risulta sempre leggibile.

Tag tipo 2 – A (imbustato senza finestra)

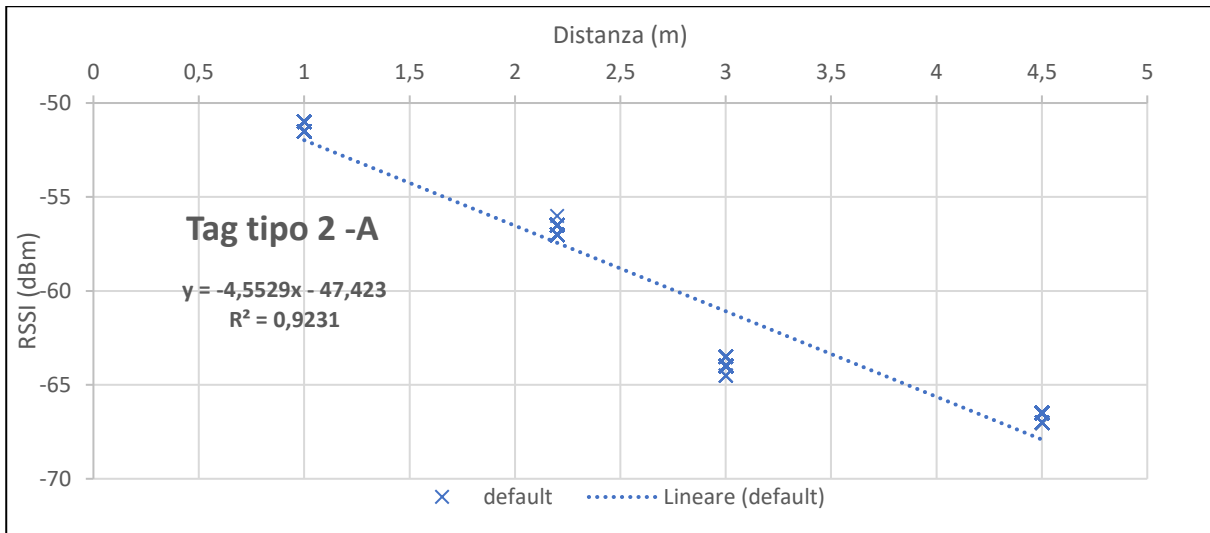


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-66,6	-64,0	-56,7	-51,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2	0,2	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Calcoliamo e rappresentiamo l'indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

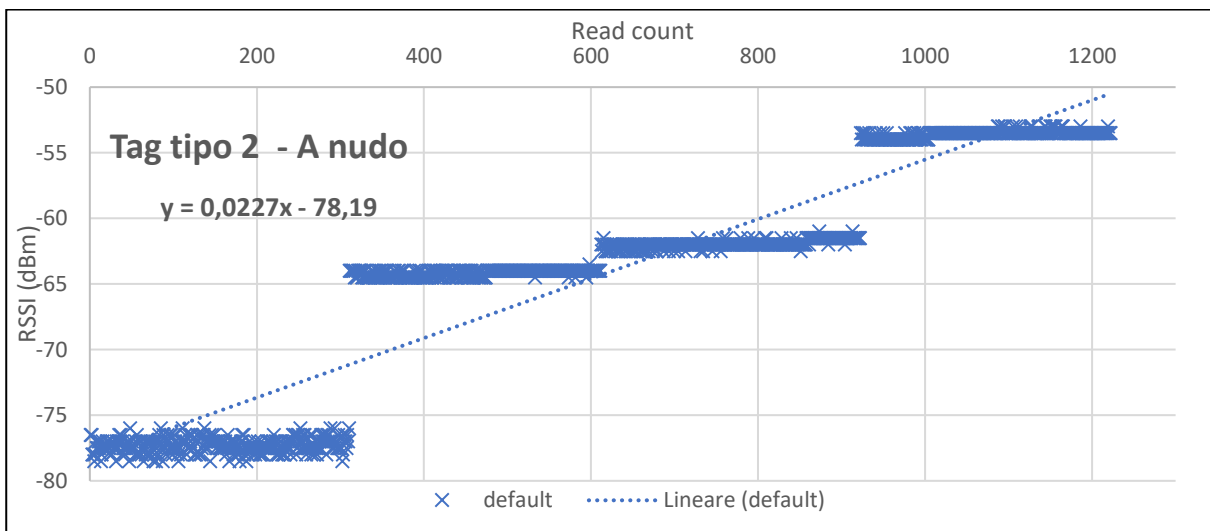


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico molto esplicativo che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



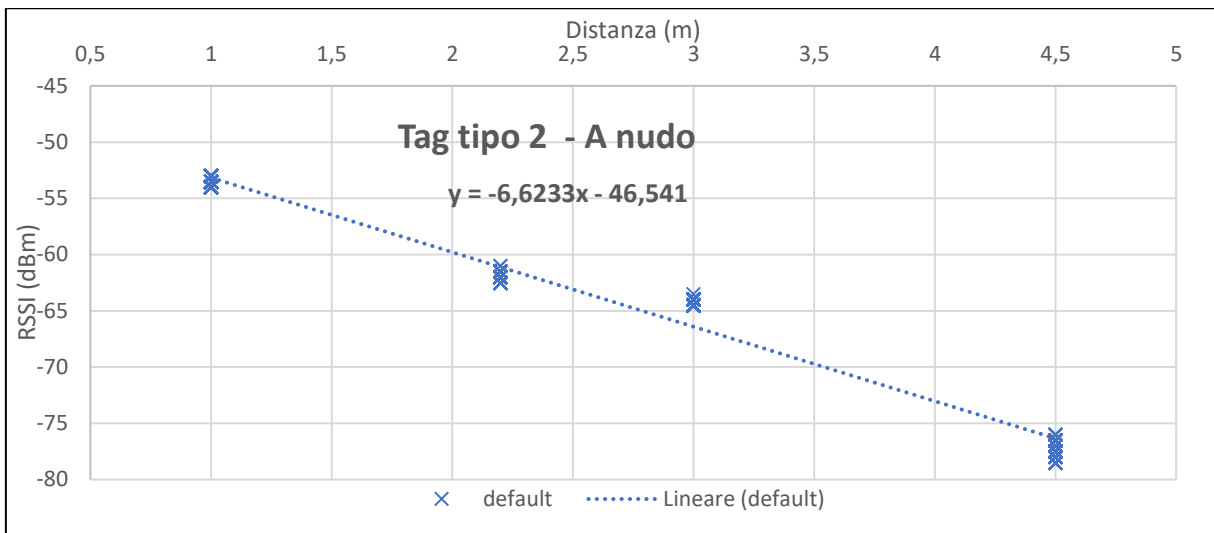
Tag tipo 2 – A (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231009_04_dist_default_Tag_2_A_nudo)



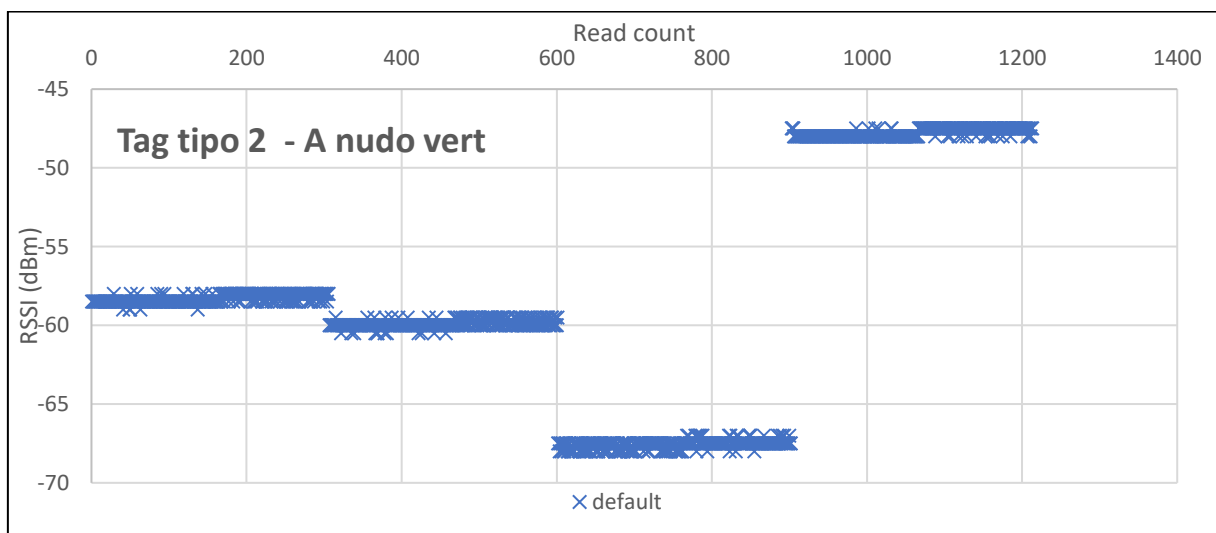
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-77,3	-64,2	-61,9	-53,6
Scarto quadratico medio (dBm)	0,6	0,2	0,3	0,3

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico e dall'interpolazione. A differenza del Tag protetto dalla busta i valori della RSSI sembrano più piccoli. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



Tag tipo 2 – A (nudo antenna verticale)

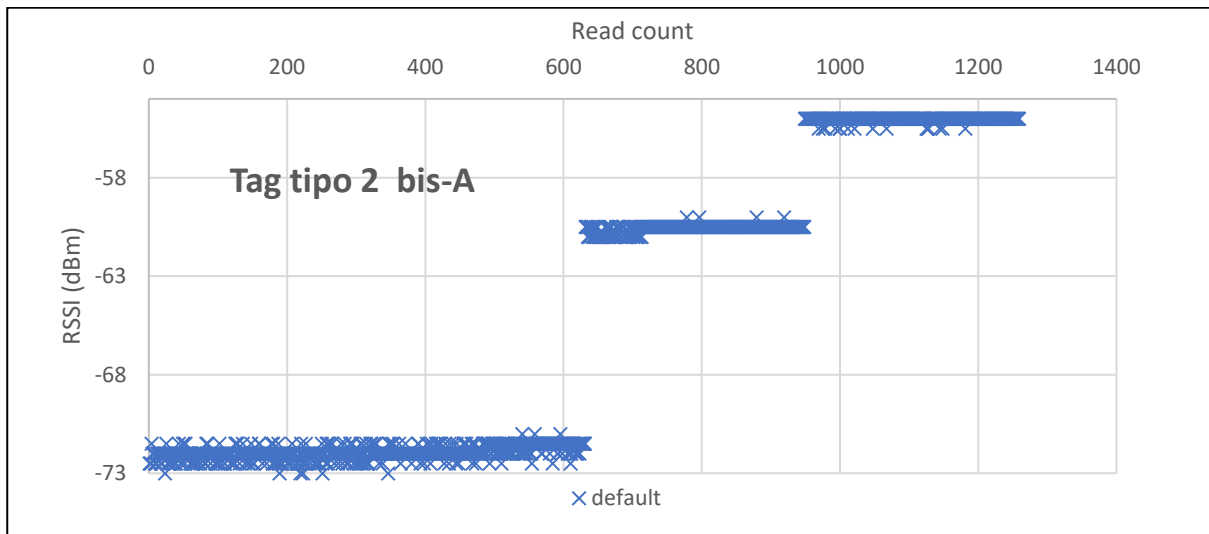
(dati in 20231009_05_dist_default_Tag_2_A_nudo_vert)



Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-58,3	-59,9	-67,6	-47,8
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,2	0,3	0,2

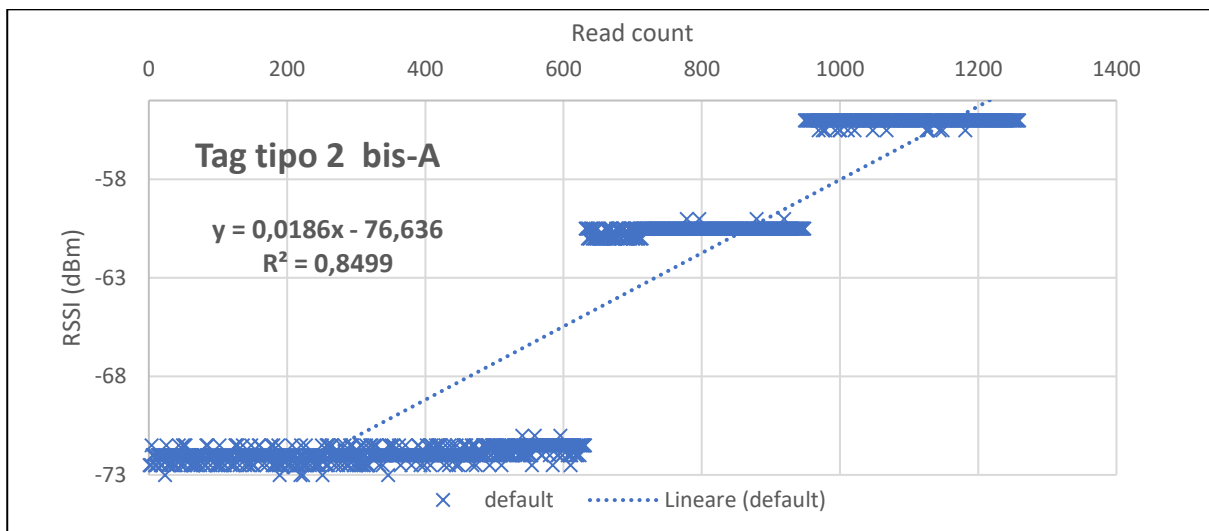
Osservazioni: è interessante osservare che il comportamento è analogo al Tag 1 – C ed 1 – A quando la loro antenna è verticale

Tag tipo 2 bis – A (imbustato senza finestra)

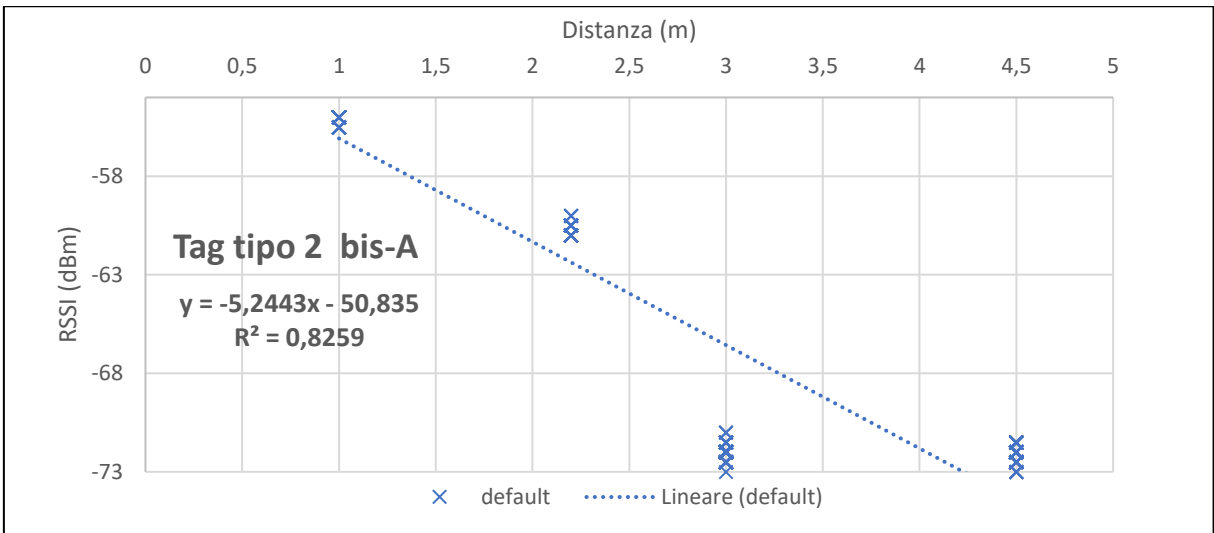


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-72,1	-71,8	-60,6	-55,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,2	0,1

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI si evince dal grafico. Seppur le distanze maggiori abbiano RSSI visivamente molto simile i valori medi testimoniano un aumento di RSSI man mano che la distanza diminuisce. Calcoliamo e rappresentiamo l'indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

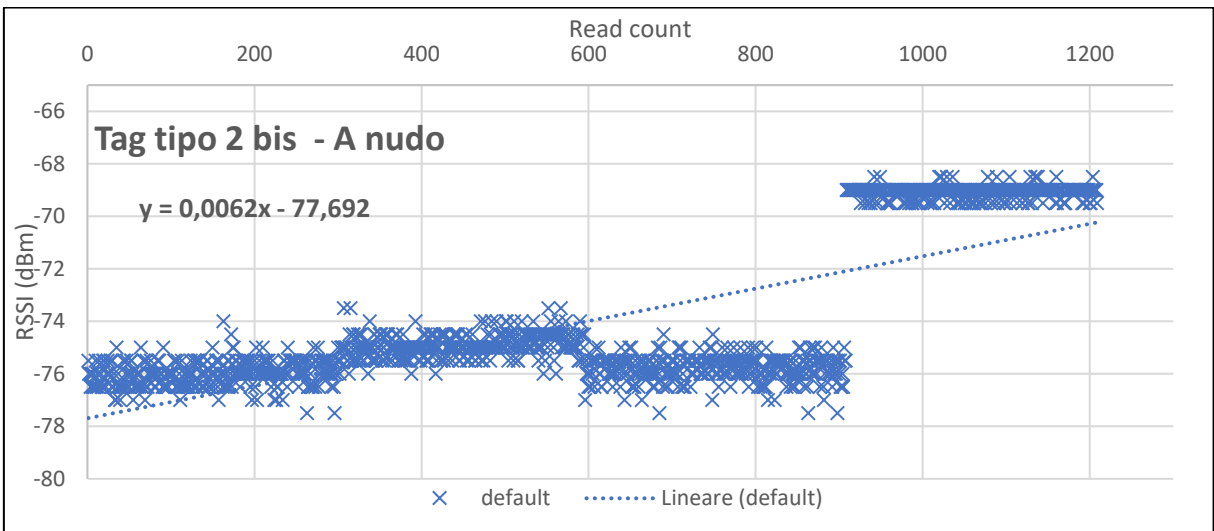


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



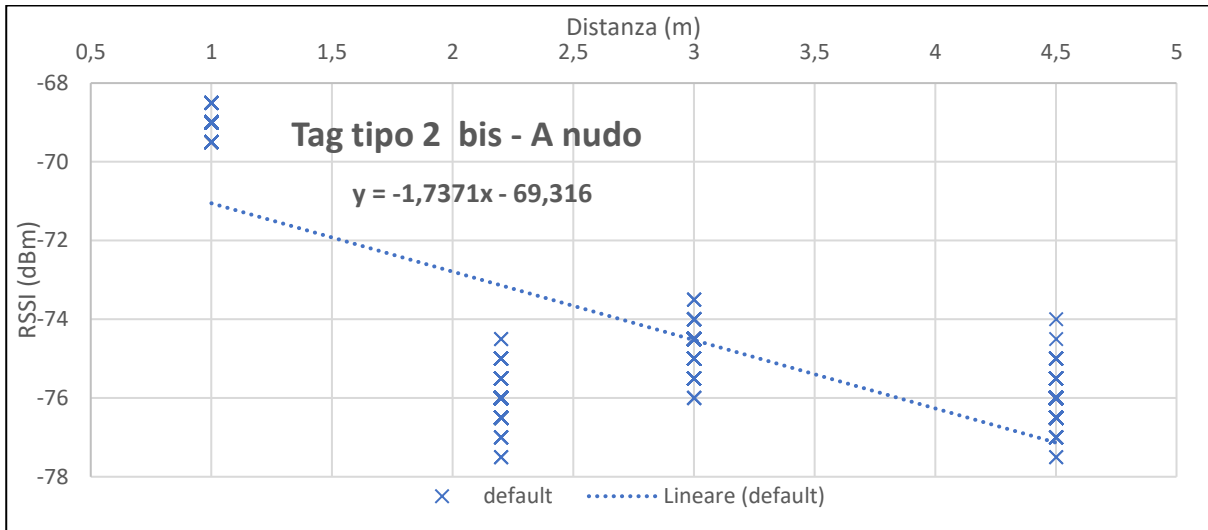
Tag tipo 2 bis – A (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231009_06_dist_default_Tag_2_bis_A_nudo)



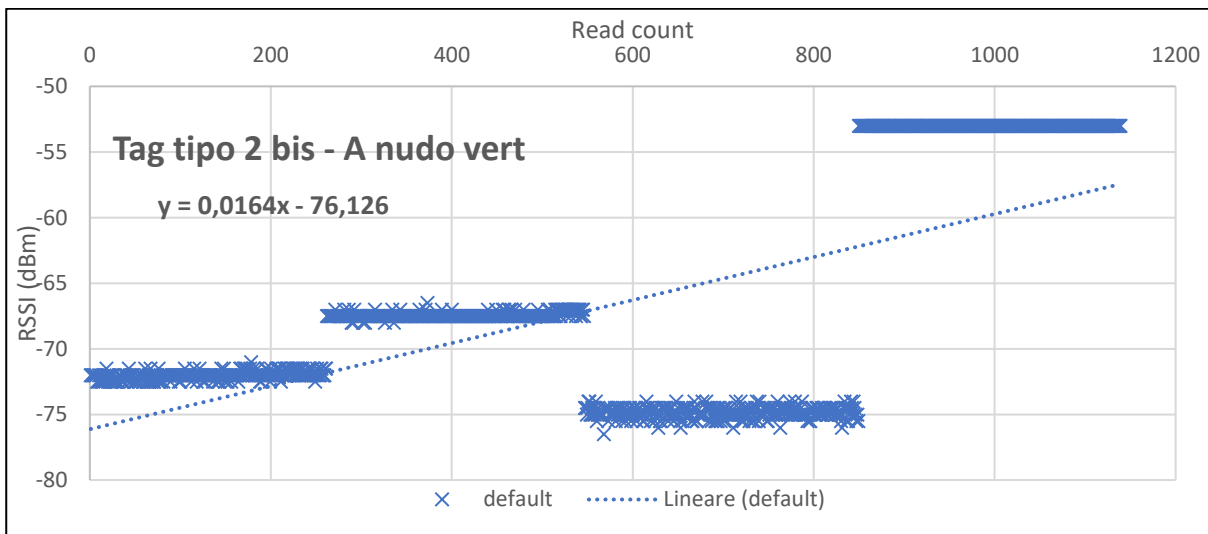
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-76,0	-74,9	-75,8	-69,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,5	0,5	0,5	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico e, entro gli errori, crescente. C'è una grande dispersione rispetto ai casi precedenti. A 2.2 m notiamo una diminuzione della RSSI. Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico.



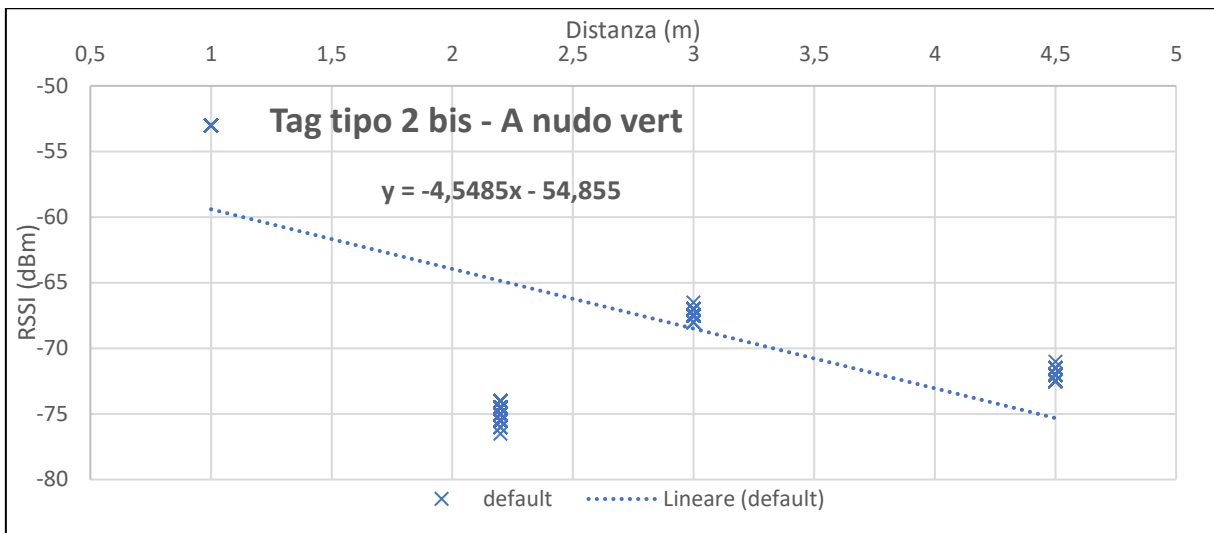
Tag tipo 2 bis – A (nudo antenna verticale)

(dati in 20231009_07_dist_default_Tag_2_bis_A_nudo_vert)

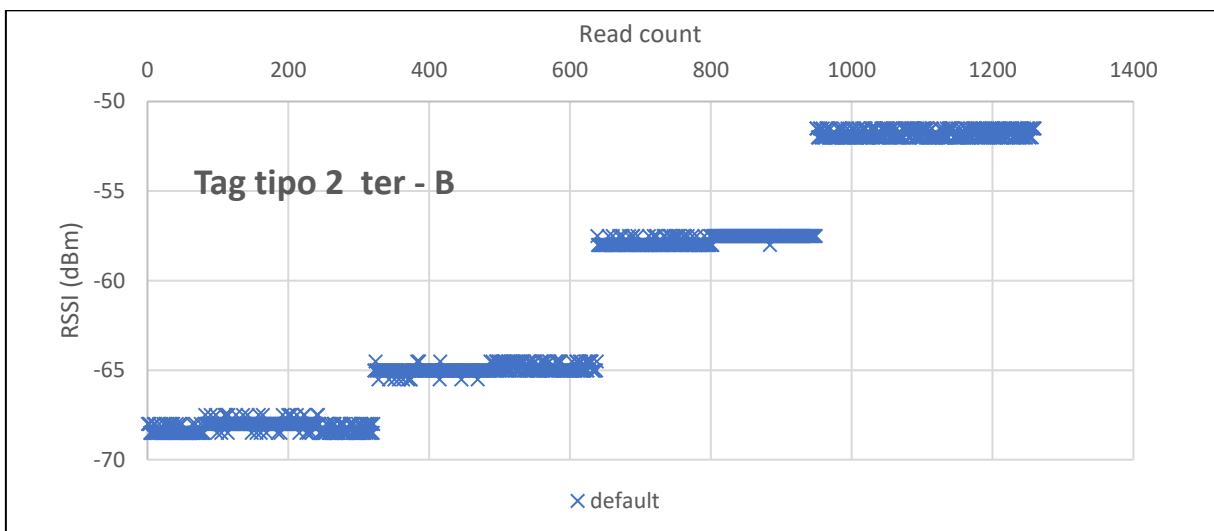


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-72,0	-67,4	-74,8	-53,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,2	0,4	0,0

Osservazioni: l’influenza della distanza sulla RSSI si evince dal grafico ed appare crescente anche se con l’eccezione a $d = 2.2$ m.

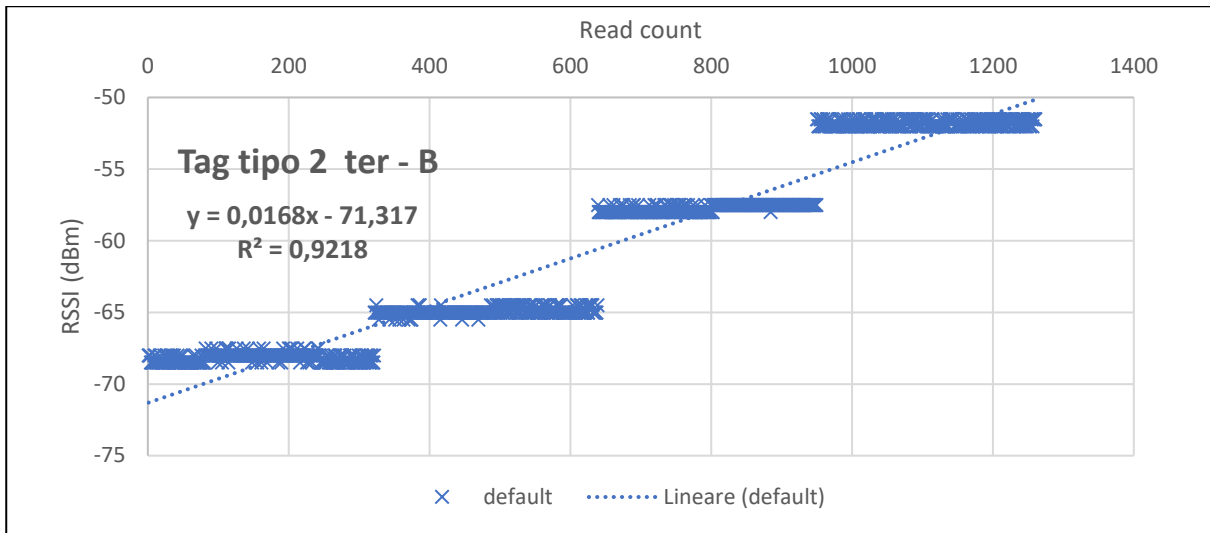


Tag tipo 2 ter – B (imbustato senza finestra)

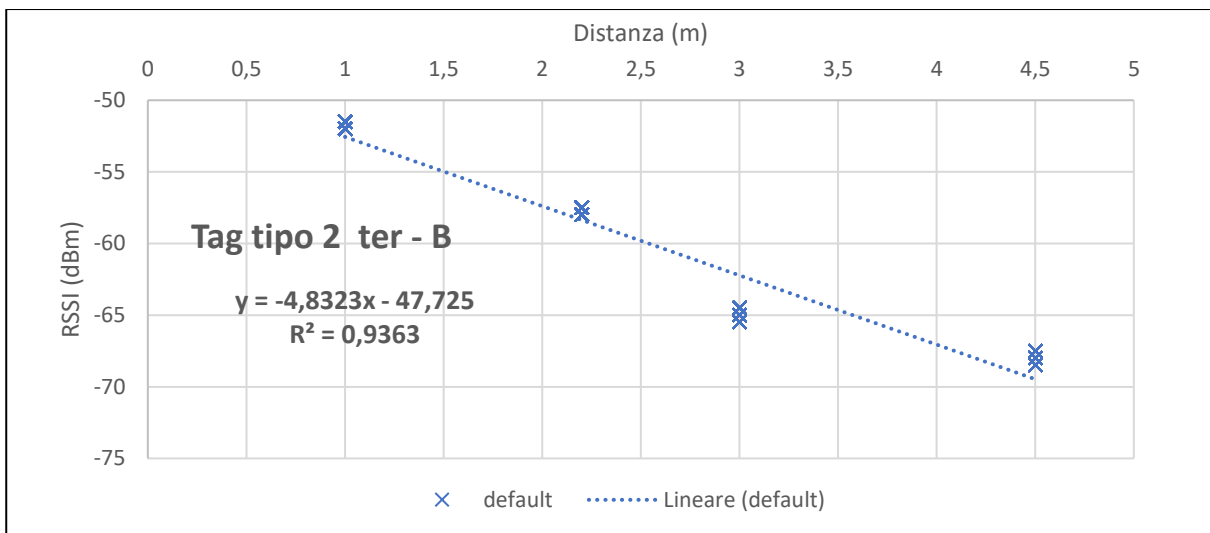


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-68,2	-64,9	-57,7	-51,8
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,2	0,2	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Calcoliamo e rappresentiamo l'indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

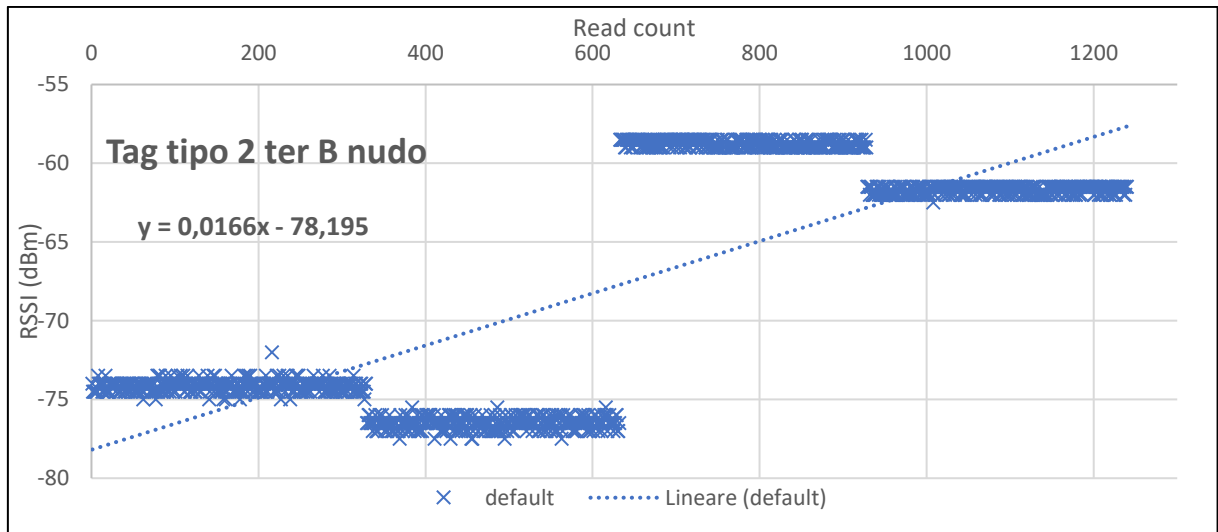


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico molto esplicativo che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



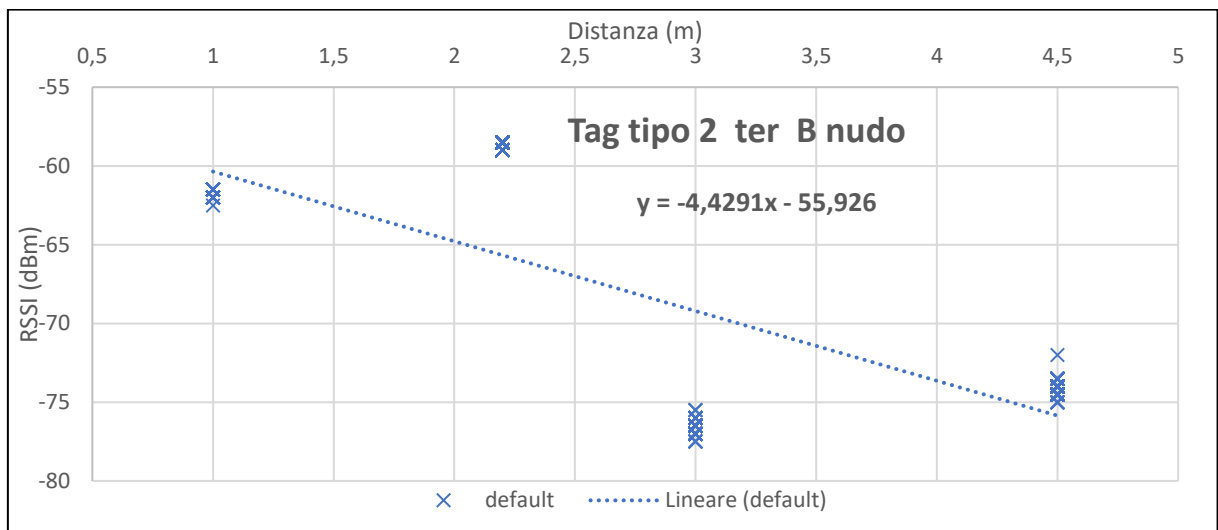
Tag tipo 2 ter – B (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231012_01_dist_default_Tag_2_ter_B_nudo)



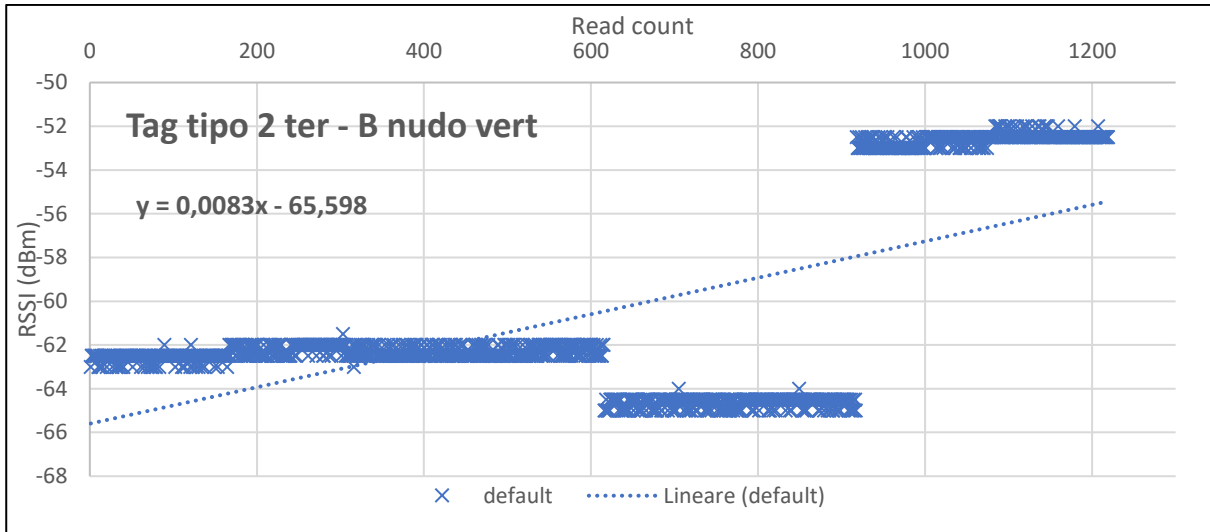
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-74,2	-76,5	-58,8	-61,7
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,4	0,3	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico e, la tendenza è, crescente. S sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze e otteniamo il seguente grafico.



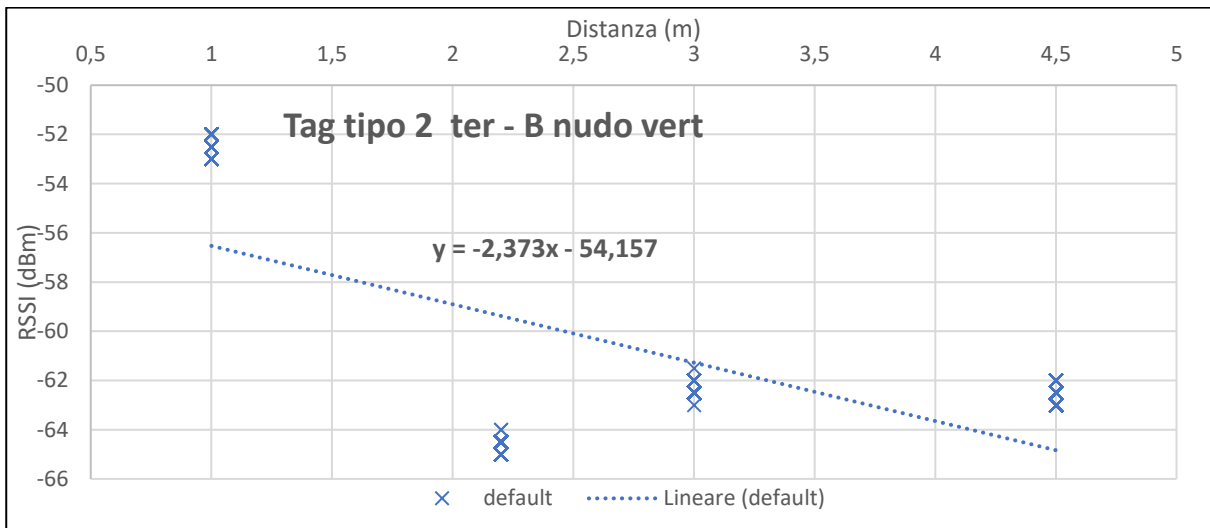
Tag tipo 2 ter – B (nudo antenna verticale)

(dati in 20231012_02_dist_default_Tag_2_ter_B_nudo_vert)

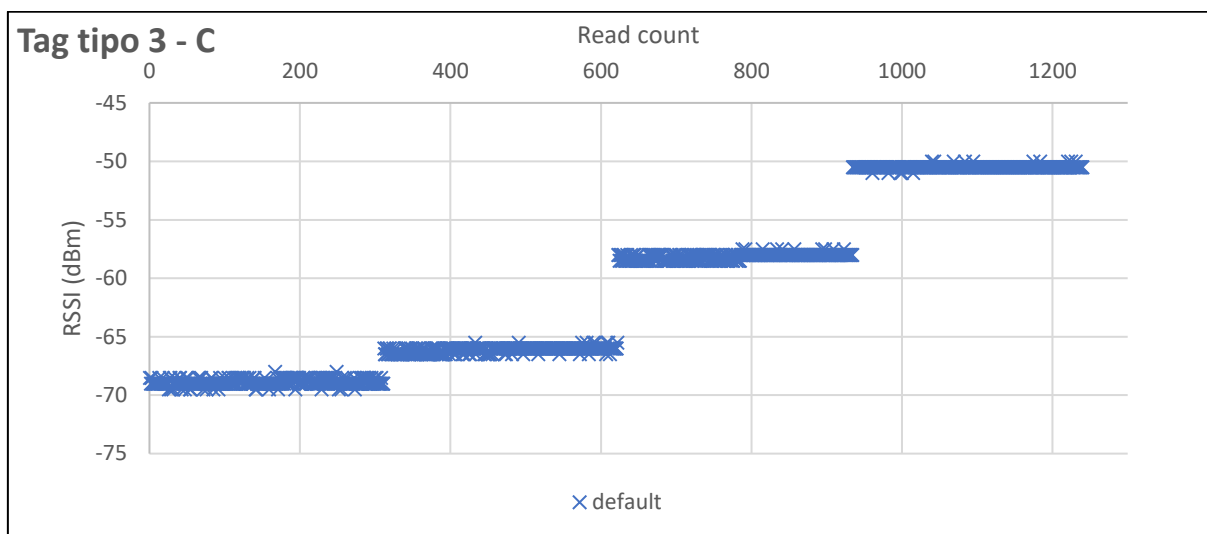


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-62,4	-62,3	-64,7	-52,6
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,2	0,3

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico e la tendenza è, crescente seppur con l'eccezione a 2.2 m.

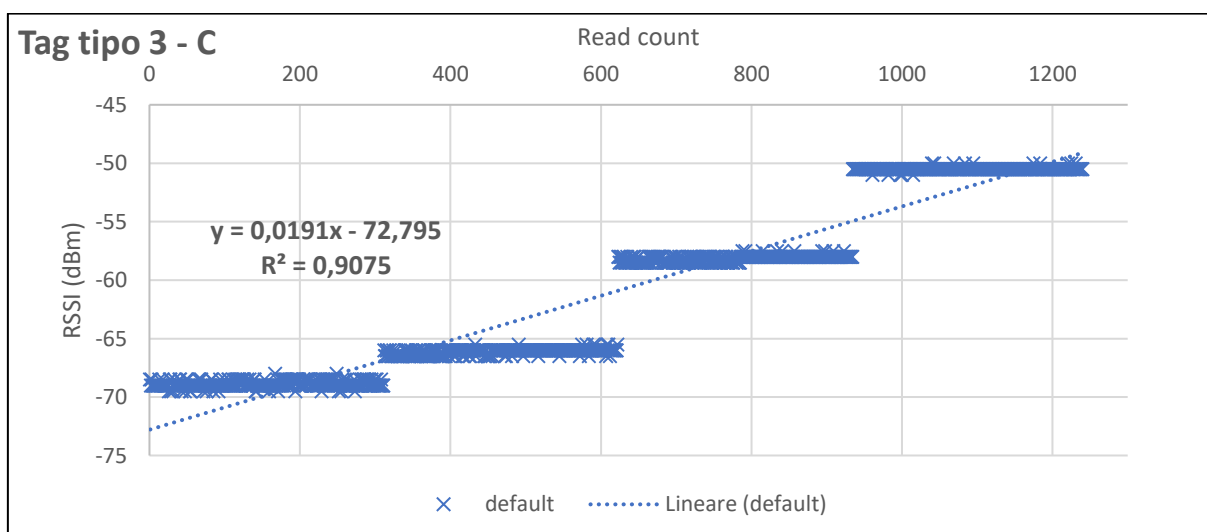


Tag tipo 3 – C (imbustato senza finestra)

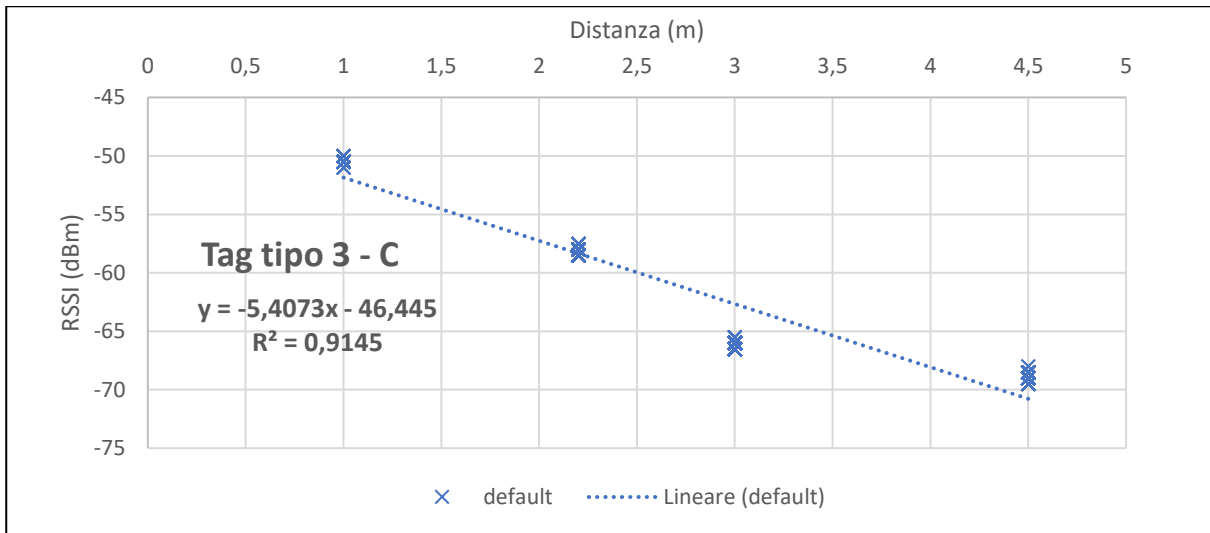


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-68,9	-66,1	-58,1	-50,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	4,0	0,3	0,1

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Per questo grafico calcoliamo e rappresentiamo l'indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

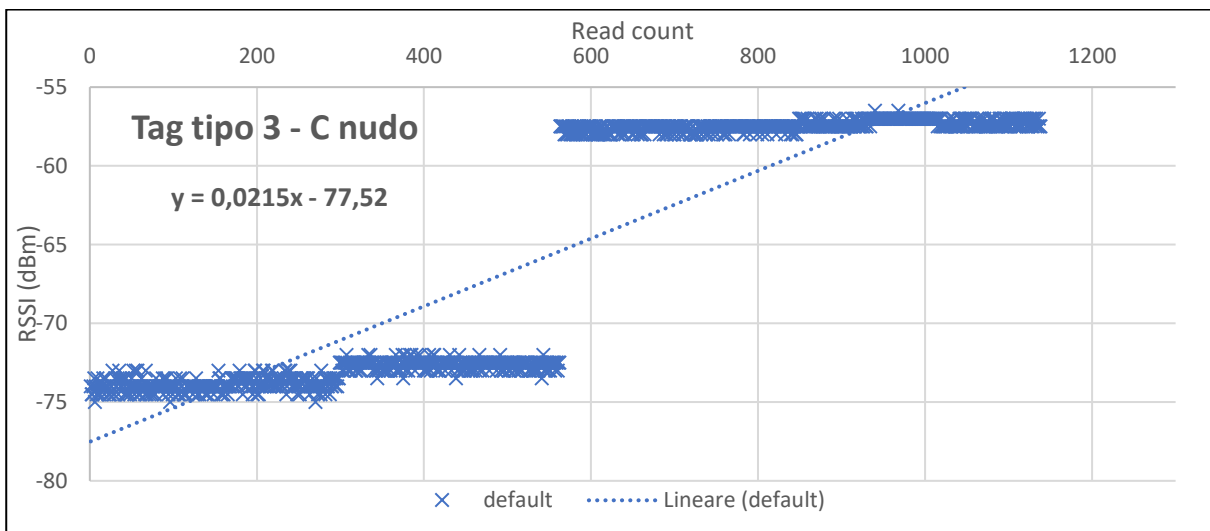


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico molto esplicativo che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



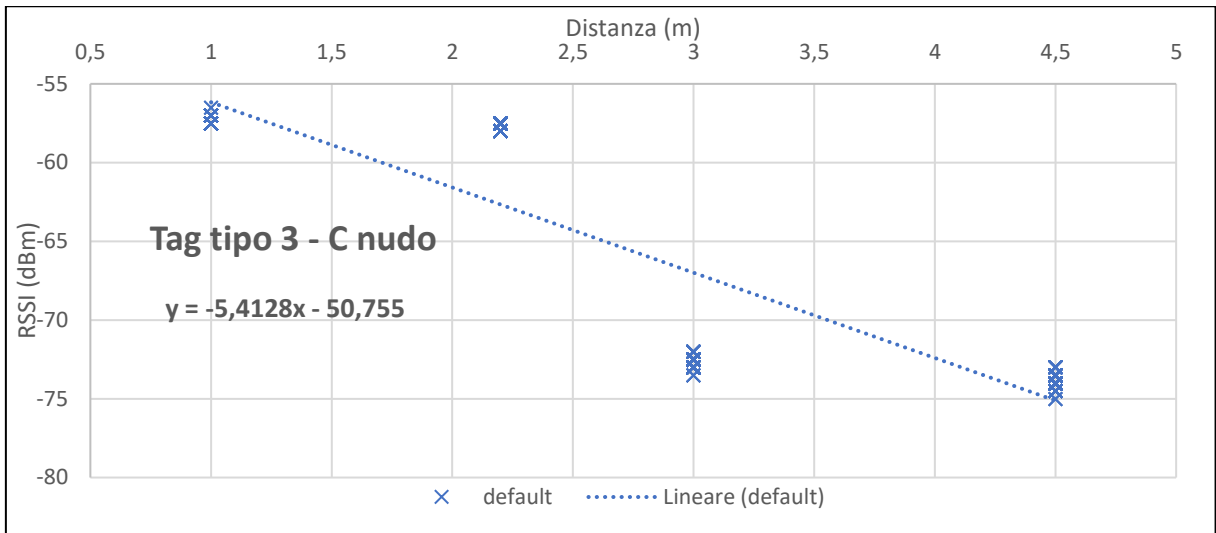
Tag tipo 3 – C (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231012_03_dist_default_Tag_3_C_nudo)



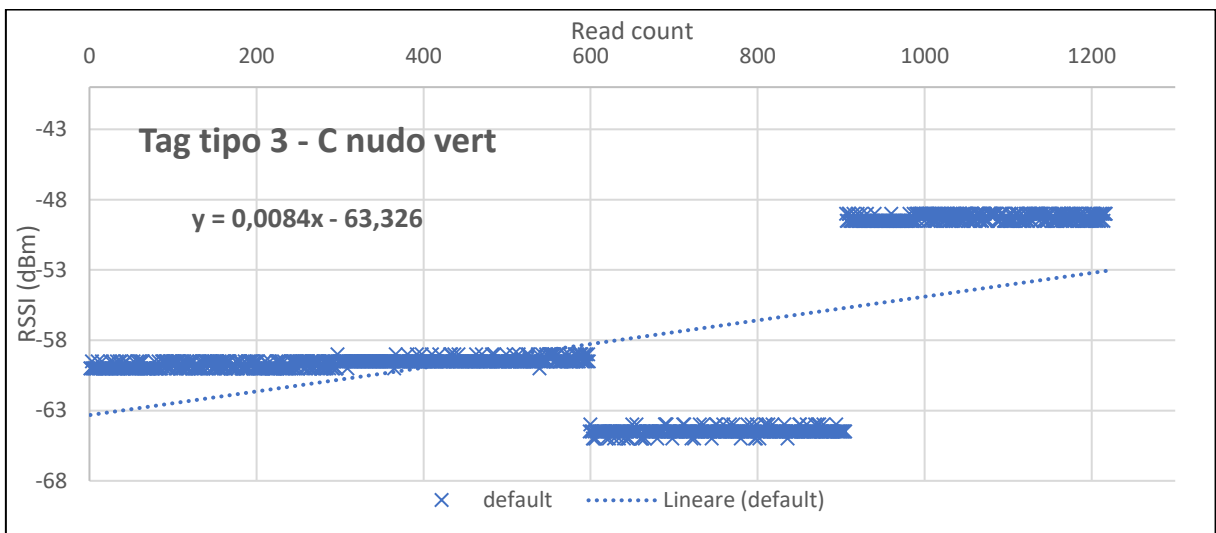
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-73,9	-72,6	-57,6	-57,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,3	0,2	0,3

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è visibile dal grafico, c'è un notevole salto di potenza tra la misura a 3 m e 2.2 m. Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico.



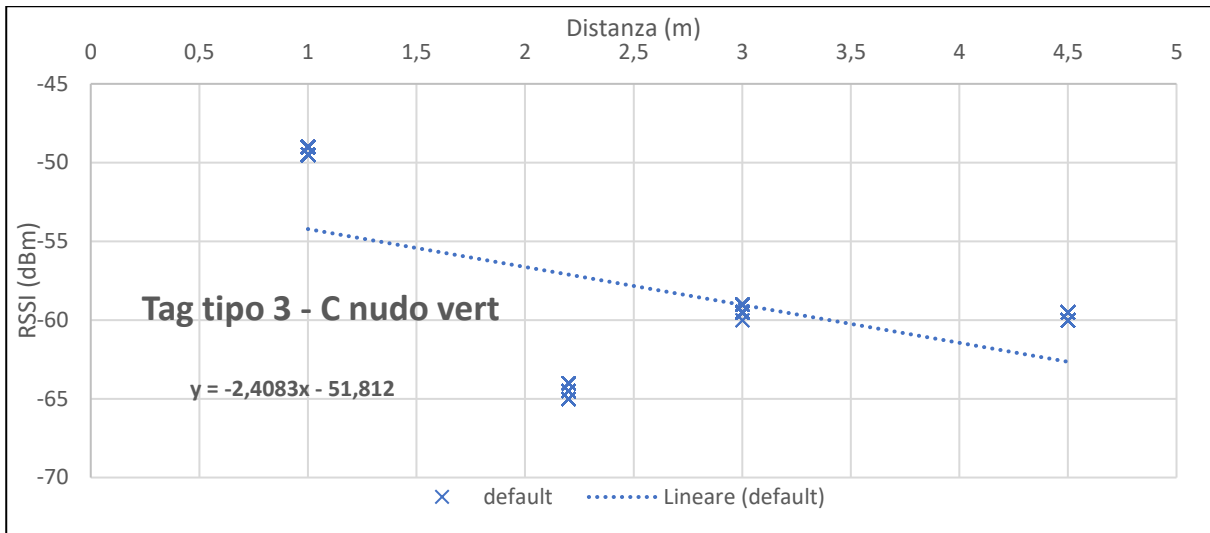
Tag tipo 3 – C (nudo antenna verticale)

(dati in 20231012_04_dist_default_Tag_3_C_nudo_vert)

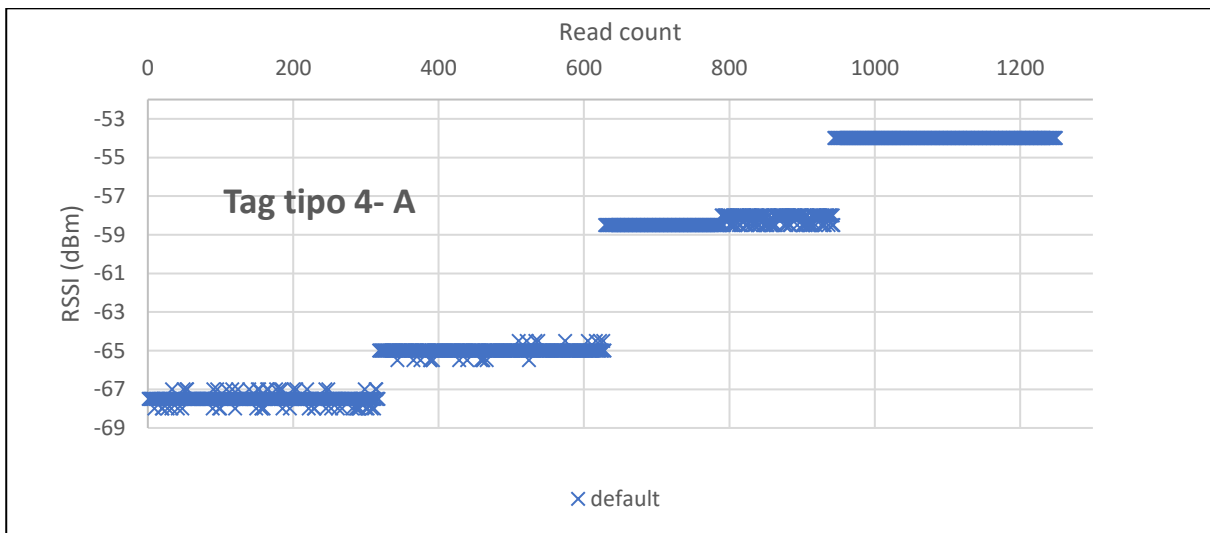


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-59,8	-59,4	-64,5	-49,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2	0,2	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico e, la tendenza è, crescente. Anche in questo caso abbiamo un'eccezione a 2.2 m Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico.

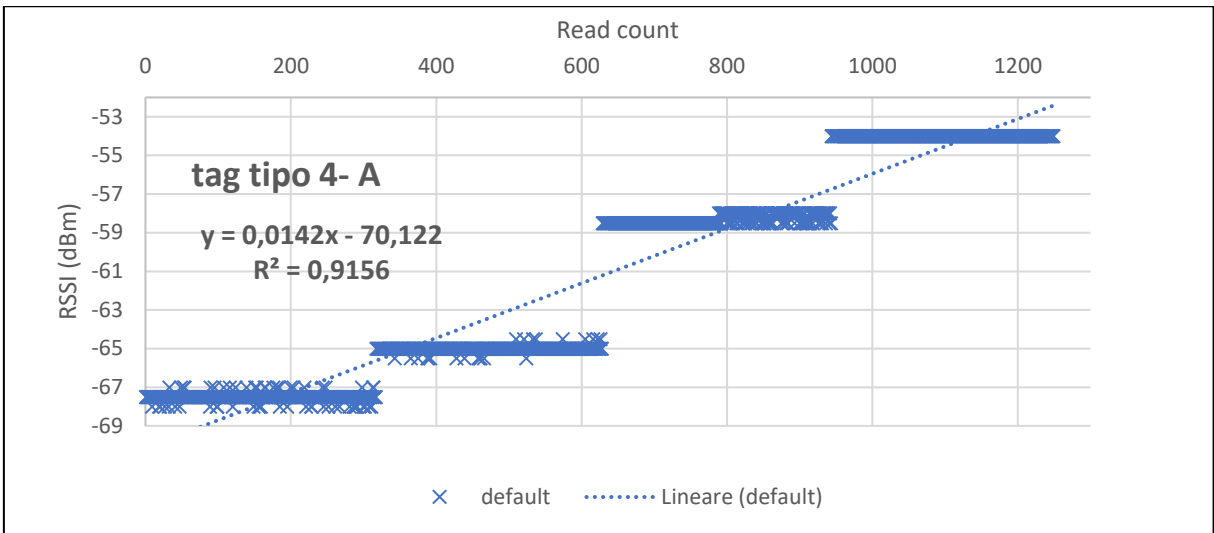


Tag tipo 4 – A (imbustato senza finestra)

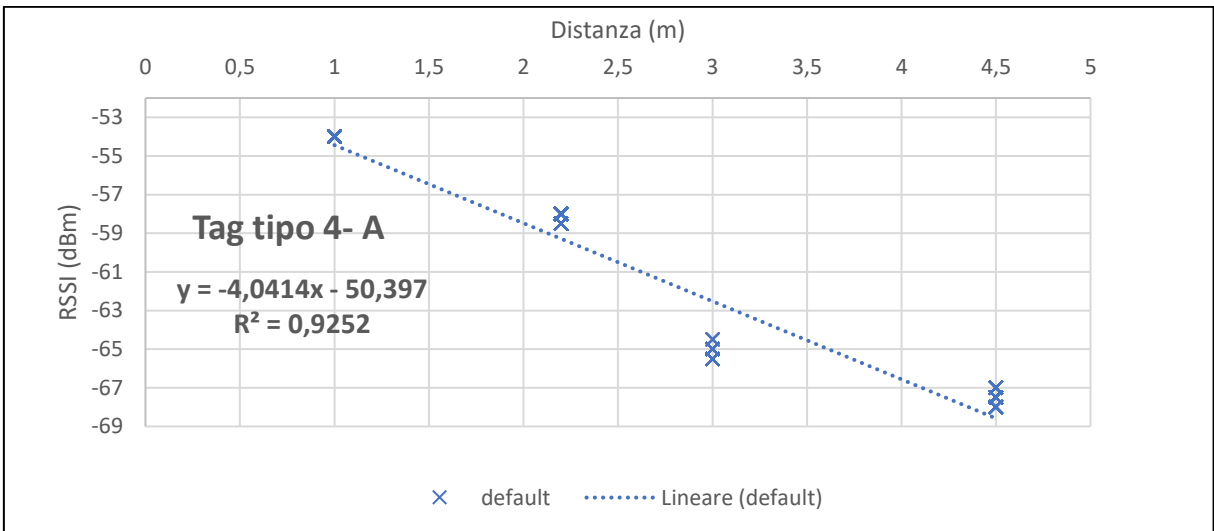


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-67,5	-65,0	-58,3	-54,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,1	0,2	0,0

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Calcoliamo e rappresentiamo l'indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

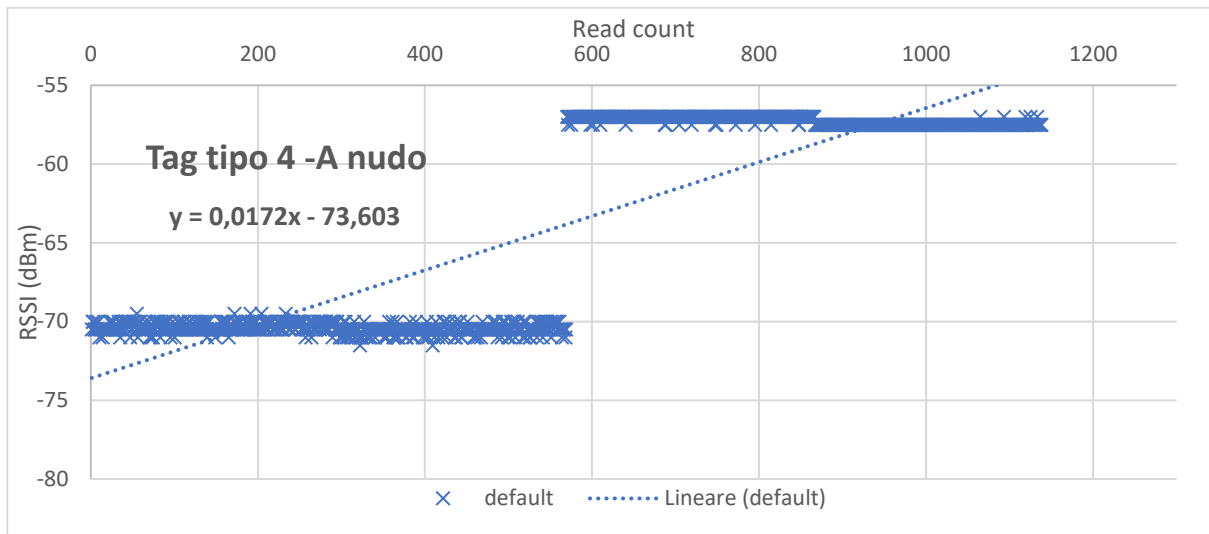


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico molto esplicativo che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



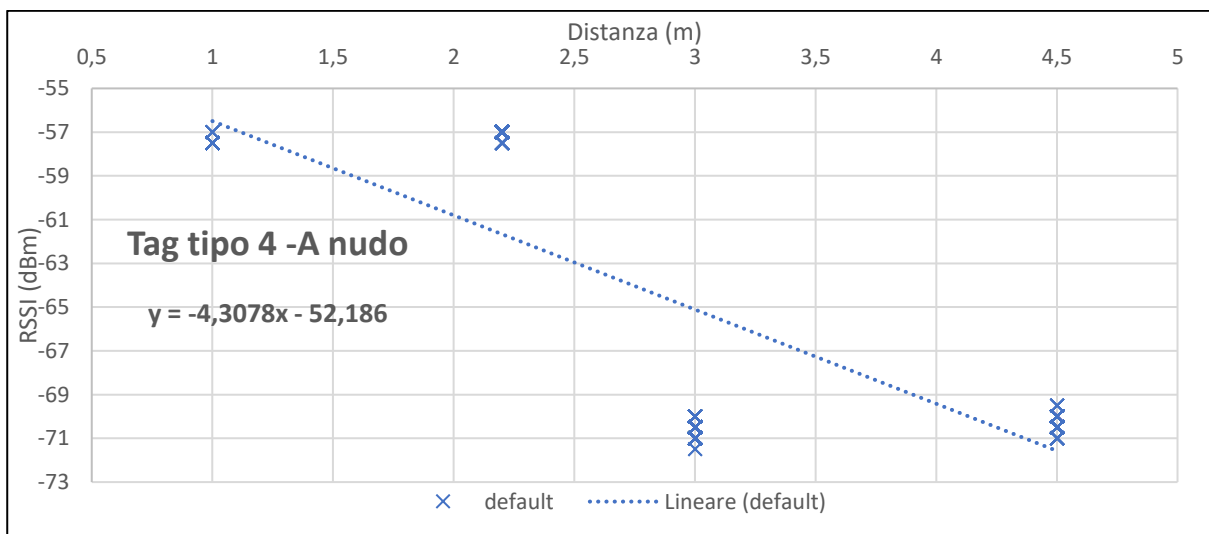
Tag tipo 4 – A (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231012_05_dist_default_Tag_4_A_nudo)



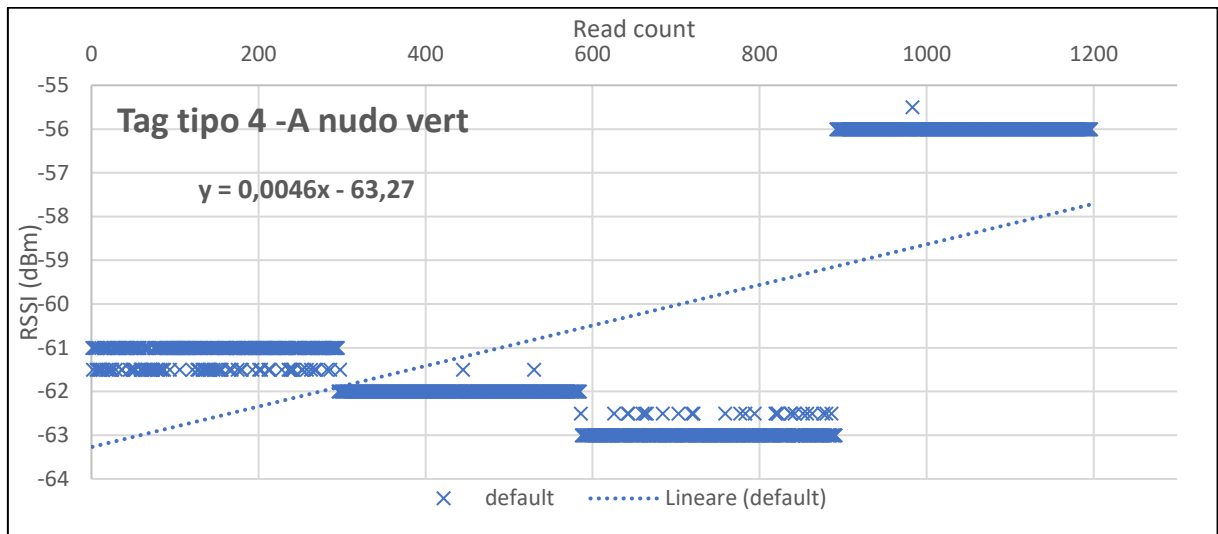
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-70,3	-70,5	-57,0	-57,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,1	0,1

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Anche in questo caso si nota un grande gap tra in 3 m e 2.2 m. Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico.



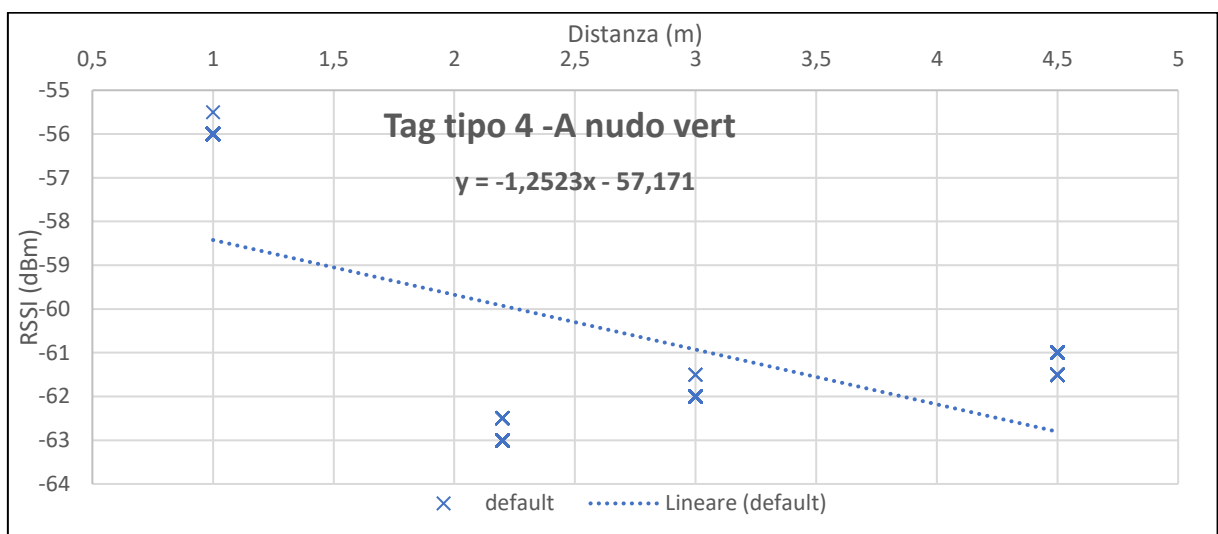
Tag tipo 4 – A (nudo antenna verticale)

(dati in 20231012_06_dist_default_Tag_4_A_nudo_vert)

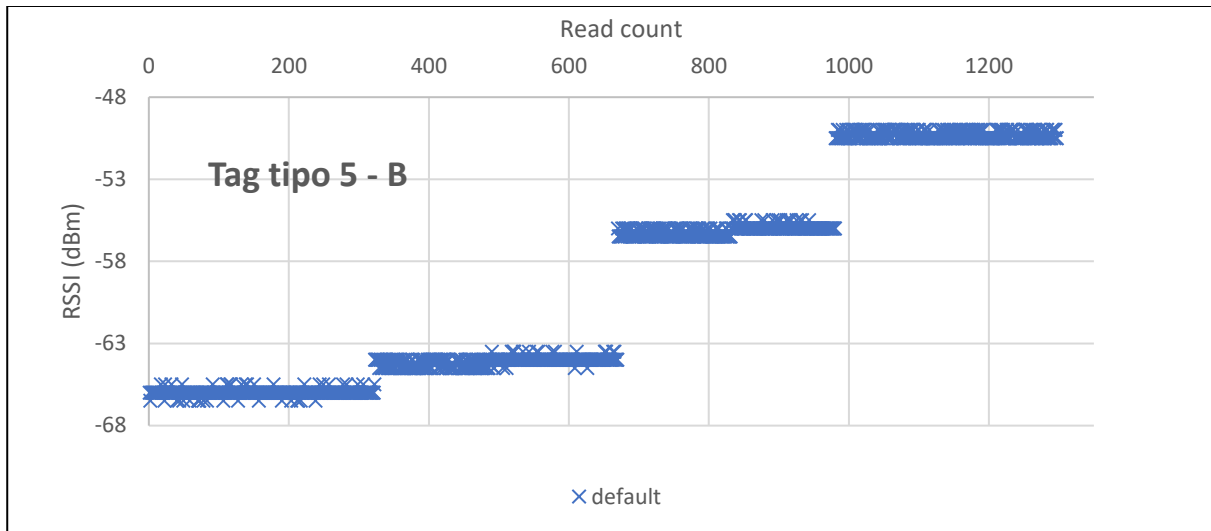


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-61,1	-62,0	-63,0	-56,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,1	0,1	0,0

Osservazioni: il tag mostra una anomalia rispetto a quanto ci aspettiamo. In particolare la RSSI diminuisce come accade per il tag tipo 1 mostrando il valore atteso a piccola distanza. Questo comportamento si nota anche dal grafico della distanza.

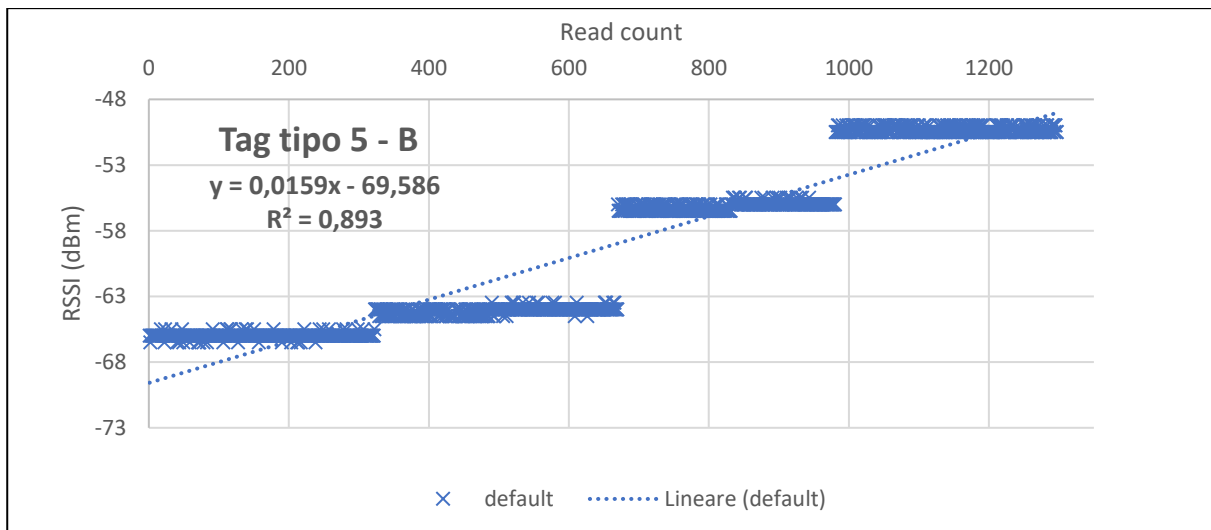


Tag tipo 5 –B (imbustato senza finestra)

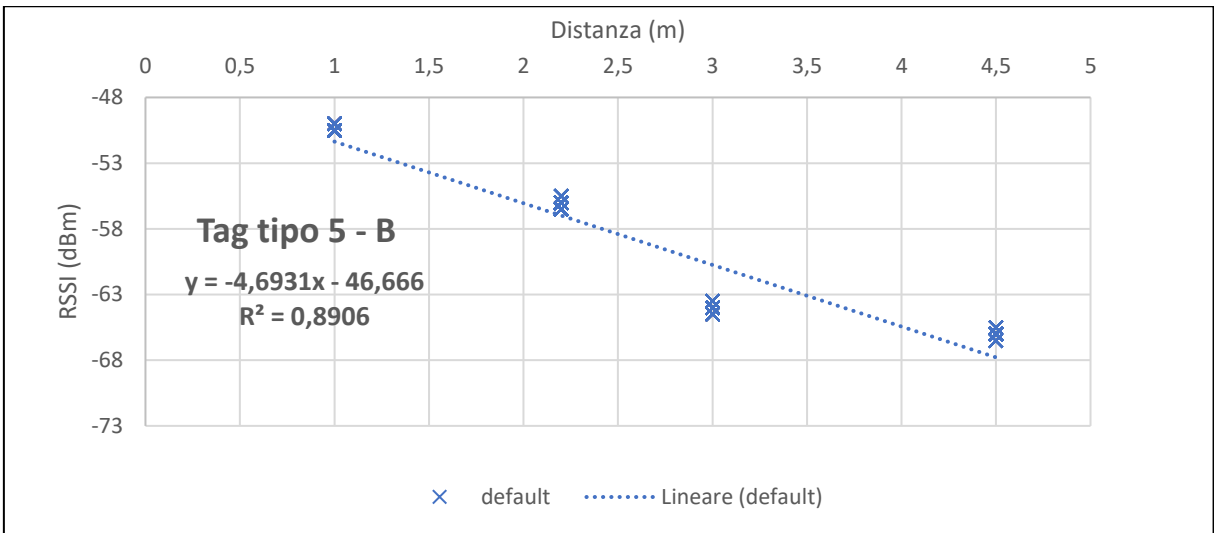


Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-66,0	-64,1	-56,1	-50,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,3	0,3	0,2

Osservazioni: l’influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico come nei casi “migliori”. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta. Calcoliamo e rappresentiamo l’indice di correlazione e la linea di tendenza (lineare).

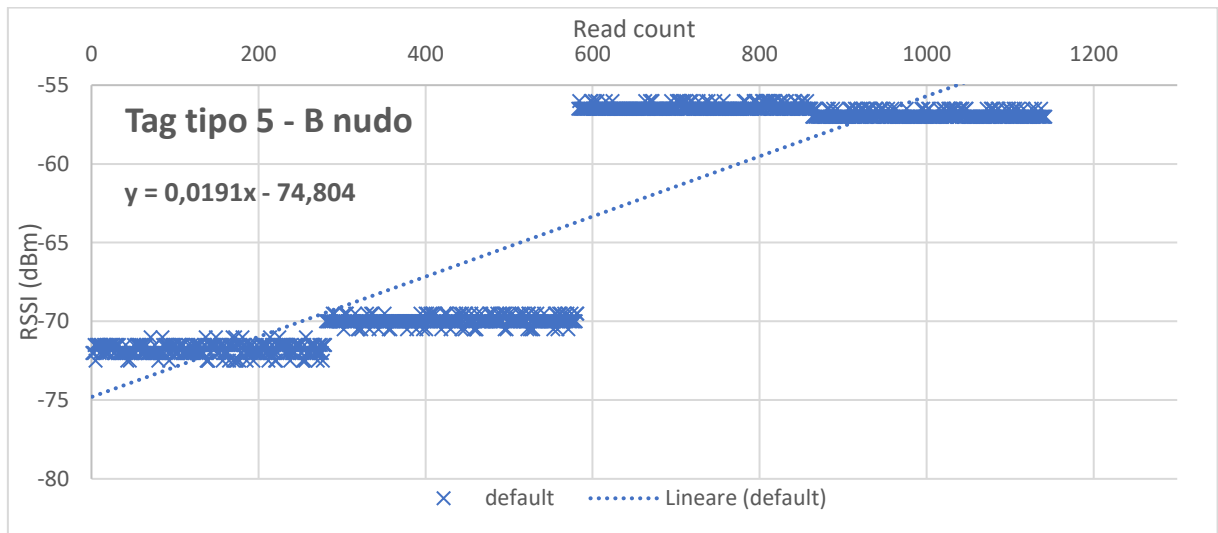


Se in ascissa sostituiamo i conteggi con intervalli di distanze otteniamo il seguente grafico molto esplicativo che illustra una netta correlazione tra distanza e RSSI.



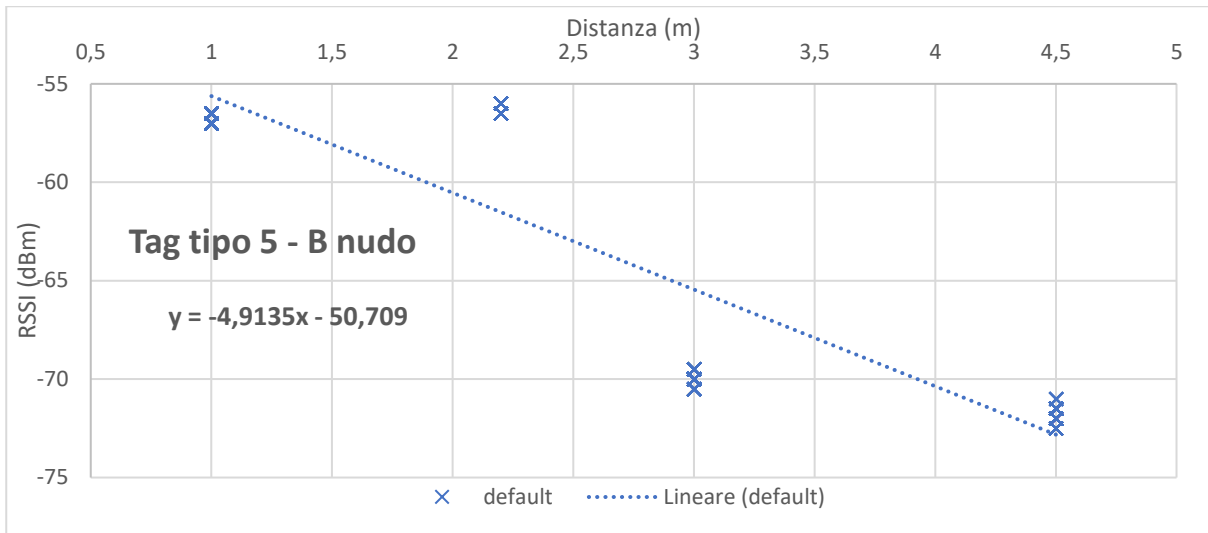
Tag tipo 5 – B (nudo antenna orizzontale)

(dati in 20231012_07_dist_default_Tag_5_B_nudo)



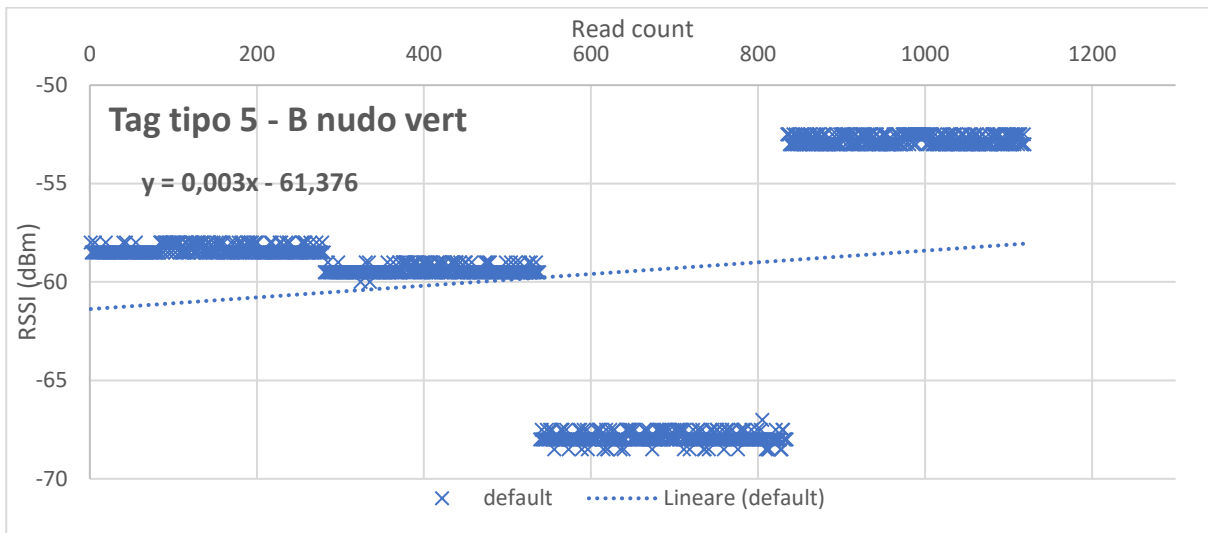
Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-71,8	-70,0	-70,0	-56,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,3	0,3	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza diminuisce la RSSI aumenta anche se alla distanza di 2,2 e 1 metro i valori medi della RSSI sono uguali



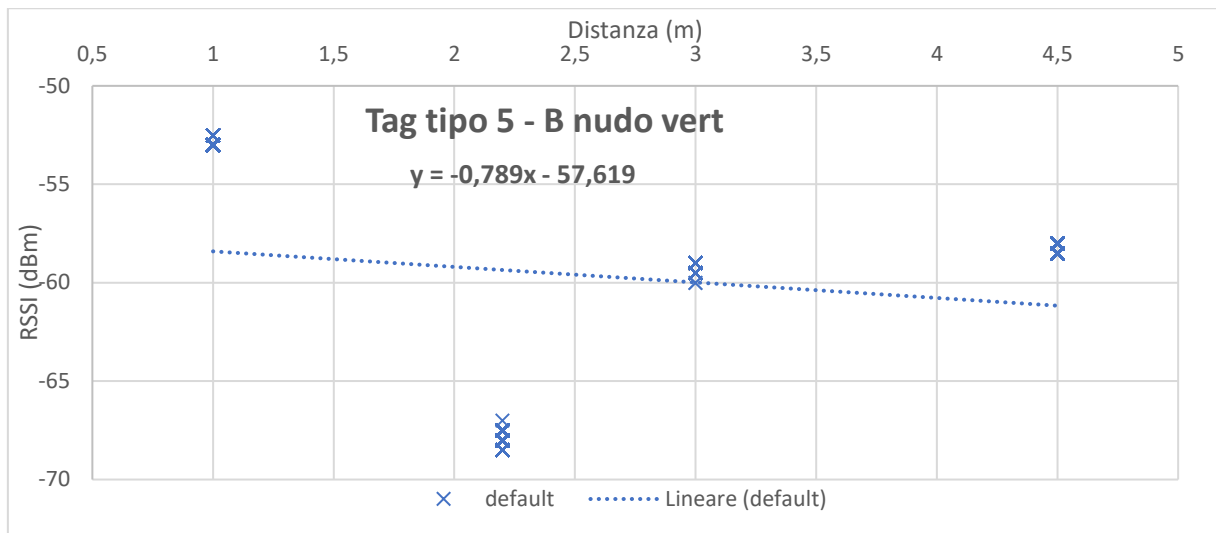
Tag tipo 5 – B (nudo antenna verticale)

(dati in 20231012_08_dist_default_Tag_5_B_nudo_vert)



Distanza antenna-Tag	4,5 m	3 m	2,2 m	1 m
Media (dBm)	-58,4	-59,4	-67,9	-52,8
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2	3,0	0,2

Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico ma le letture della RSSI a distanze intermedie presentano delle anomalie



15.8.2. Esito delle misure e osservazioni

Molti Tag mostrano che la RSSI cresce quando la distanza dall'antenna diminuisce. In alcuni casi questa dipendenza risulta evidente mentre in altri l'andamento è meno netto. I Tag tipo 1 – C e 1 – A mostrano RSSI inaspettate, decrescenti, alle distanze più grandi. La misura del Tag 1 – C è stata ripetuta dopo una settimana circa ma l'esito è stato lo stesso. La misura a 2.2 metri risulta minore di quella a 3 m se il Tag è verticale e talvolta anche quando è in posizione orizzontale. Sembrerebbe un fenomeno che dipende dall'ambiente di prova e non dal Tag poiché il primo caso si verifica per tutti Tag. Dato che il reader ha una sensibilità massima di -80 dBm possiamo concludere che i Tag possono venire letti a distanza di poco maggior a 4.5 m. Per il nostro scopo questa distanza è adeguata. Distanze maggiori non sarebbero probabilmente necessarie ma va tenuto presente che i Tag esaminati erano spesso nudi e statici e non applicati su un soggetto vestito in movimento. L'interpolazione mostra un R buono ma, come detto all'inizio del paragrafo non è l'approssimazione più corretta.

15.9. Influenza della distanza sull’RSSI. Preset: test

In questa misura abbiamo cambiato il preset utilizzando uno con potenze e sensibilità minori. I 7 Tag scelti sono stati posizionati su un piano parallelo a quello dell’antenna. Partendo dalla distanza di 1 m ci siamo allontanati ed abbiamo misurato la RSSI. Questo è stato fatto usando il *preset test*. Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell’antenna per poterne individuare l’EPC. Il preset test è caratterizzato da una bassa potenza di 22 dBm e da una Rx Sensitivity di -70 dBm quindi di 10 dBm inferiore a quella massima. Anche l’RF mode è cambiato impostando il valore 3 = *Dense Reader* adatto per ambienti con grandi interferenze o dove i Tag si spostano lentamente o sono stazionari.

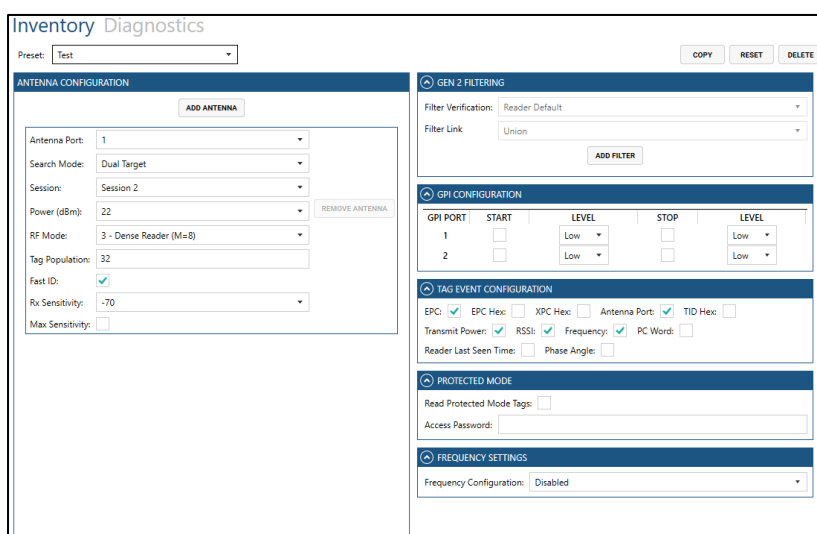


Figura 46 Schermata del preset test

15.9.1. Misure

- Scopo: misurare il legame tra RSSI e distanza con un preset diverso dal default
- Campione Tag: 1 Tag per tipo tra i 7 scelti
- Target e antenna su piani paralleli
- Distanza iniziale antenna - Tag = 1 m
 - Step a distanza $d = 1\text{ m}, 1.5\text{ m}, 2\text{ m}$
- Altezza centro antenna –pavimento = altezza target = 1.2 m
- Orientamento Tag con la busta di plastica con l’antenna interna orizzontale tranne che per il tag 1 – C (per comodità)
- Configurazione reader: `impinj-15-60-9e-openapi-schema_test.json`

- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo due misure di circa 300 conteggi per Tag e interrompiamo la misura per poter cambiare il target. Allontaniamo il target e ricominciamo
- Dati delle misure (se non diversamente specificato), in `..\Misure\20230929_dist_test`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file (es: `tipo_1_C_preset_test.xlsx`), per poter disegnare i grafici i valori. Le medie non sono state calcolate.
- Nota: i dati dei file di *log* sono stati accodati a partire dall'ultimo per poter ottenere grafici confrontabili con quelli delle misure precedenti

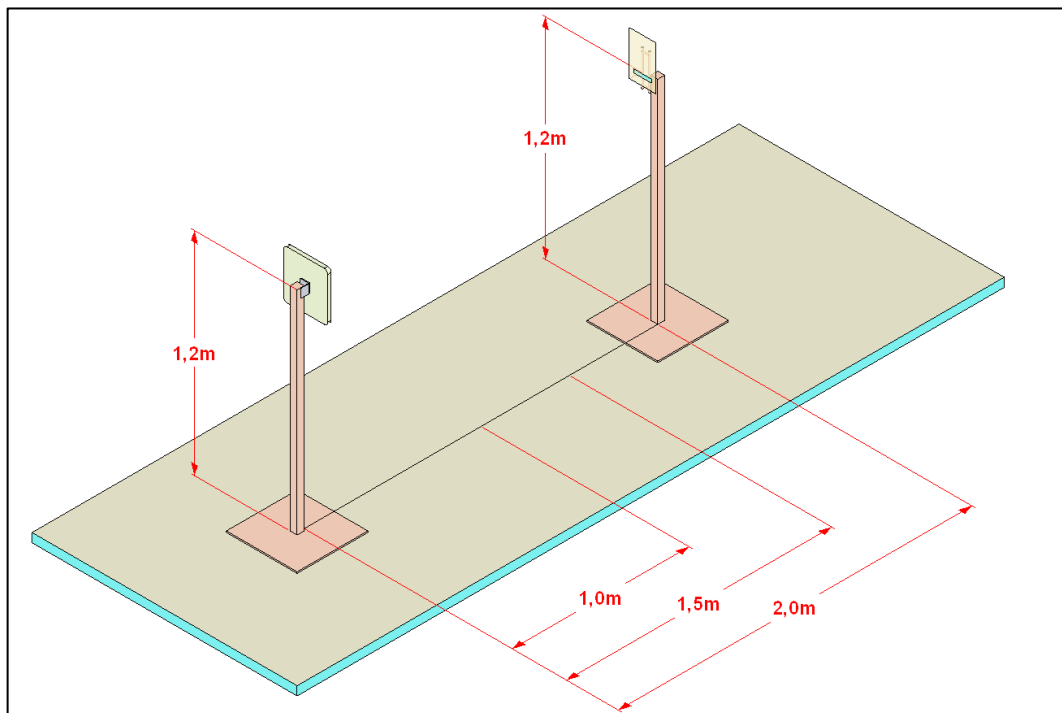
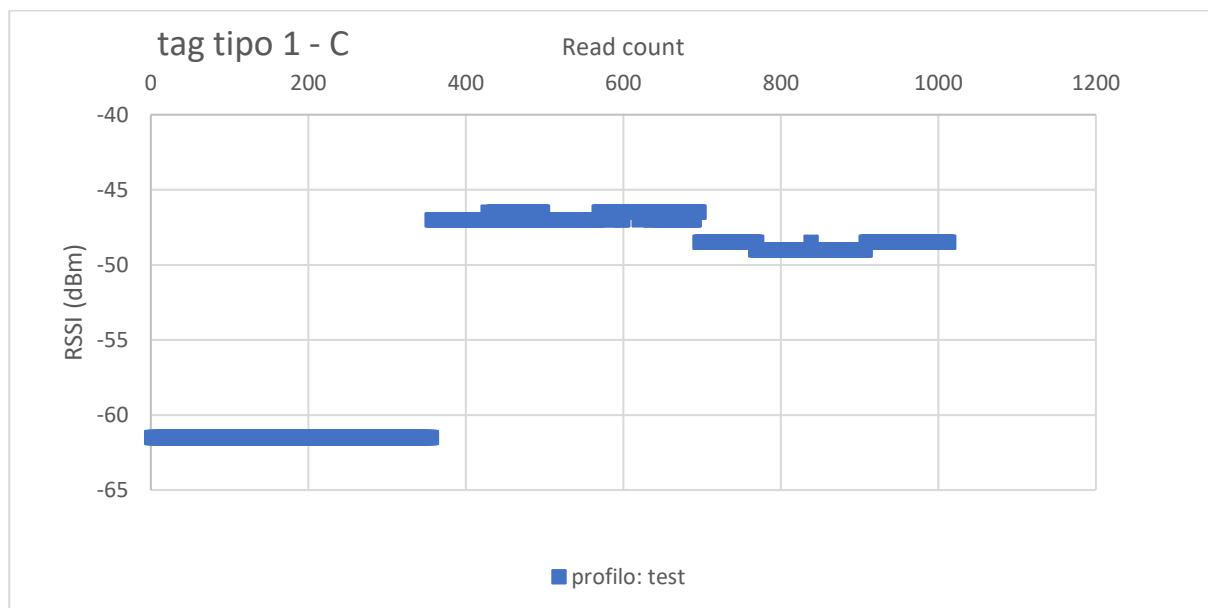


Figura 47 Schema dell'ambiente di misura

Tag tipo 1 – C (imbustato senza finestra)



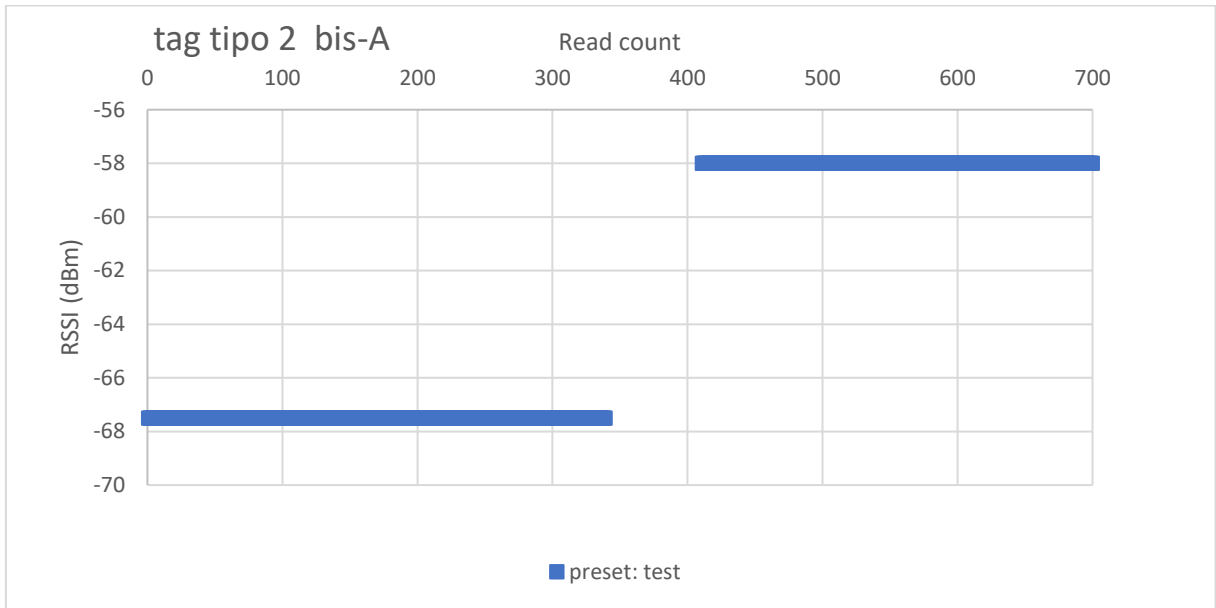
Osservazioni: la dipendenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico solo per le prime due distanze. Ci si aspetterebbe un aumento di RSSI man mano che la distanza diminuisce che non avviene per la distanza di 1 metro

Tag tipo 2 – A (imbustato senza finestra)



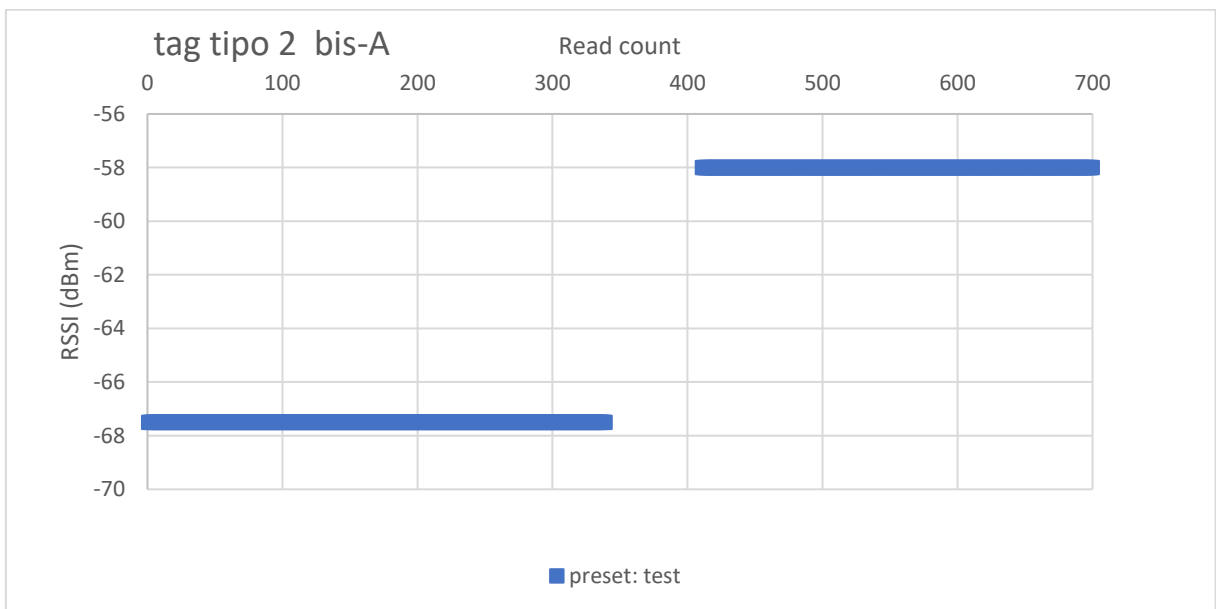
Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Come per le altre misure effettuate su questo Tag il comportamento del Tag tipo 2 sembra più regolare e prevedibile degli altri.

Tag tipo 2 – A (imbustato senza finestra)



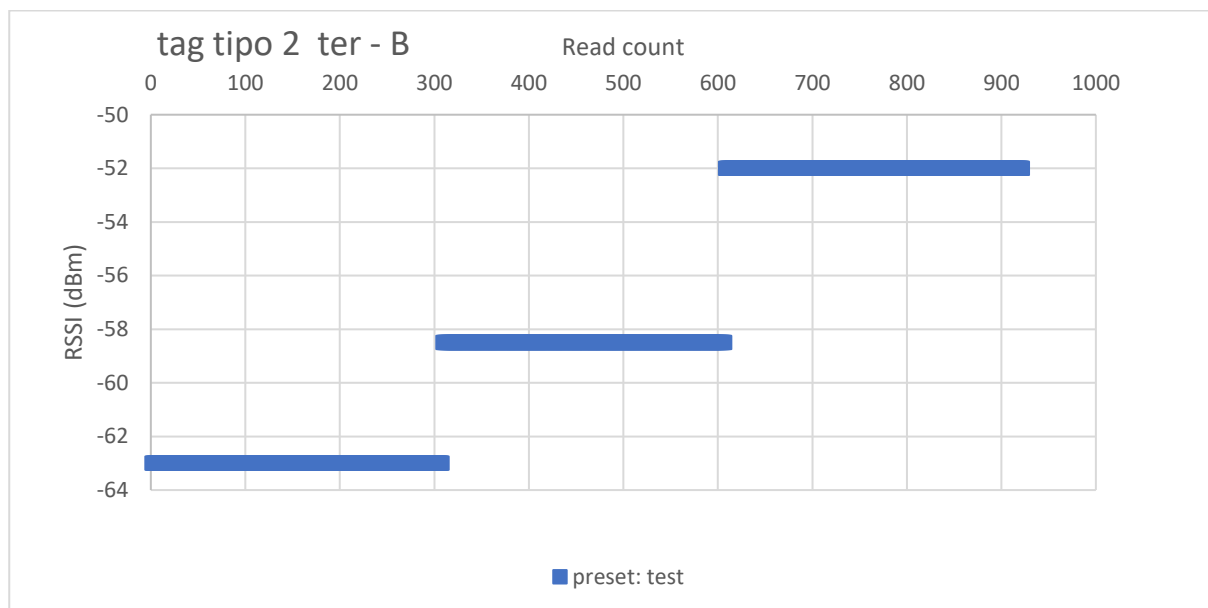
Osservazioni: il Tag non è leggibile a $d = 1,5$ m ma l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico per i valori rimanenti. E' possibile che lo Scenario scelto influenzi la lettura del Tag che quindi non cambia dallo stato "B" allo stato "A" dopo la lettura a $d = 1$ m.

Tag tipo 2 bis – A (imbustato senza finestra)



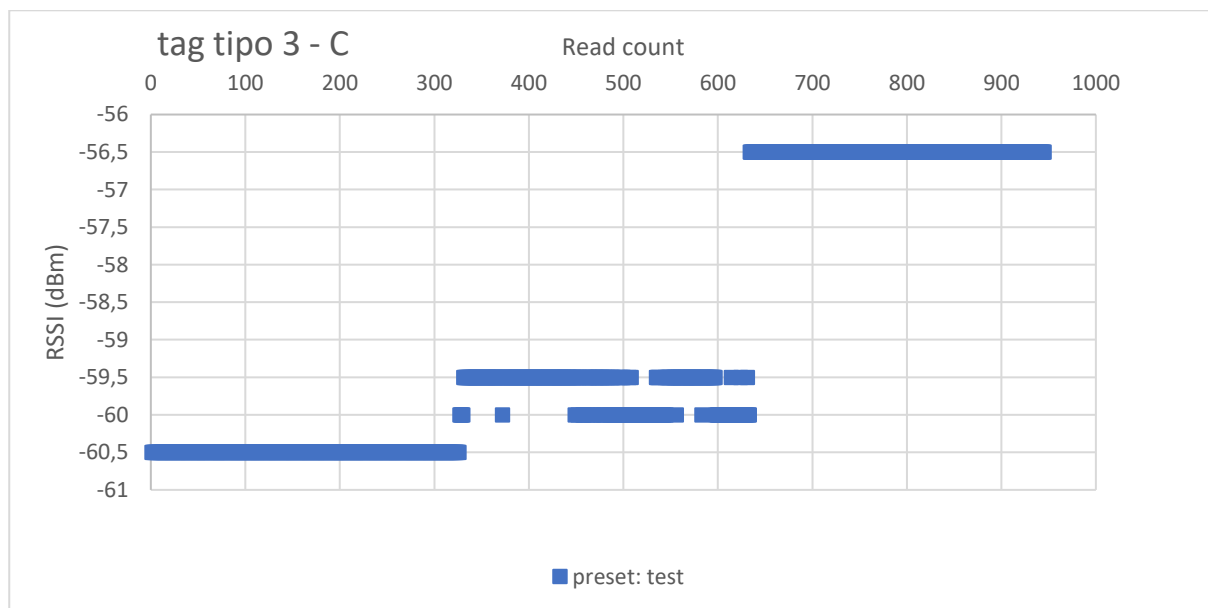
Osservazioni: il Tag non è leggibile a $d = 1,5$ m ma l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico per i valori rimanenti.

Tag tipo 2 ter – B (imbustato senza finestra)



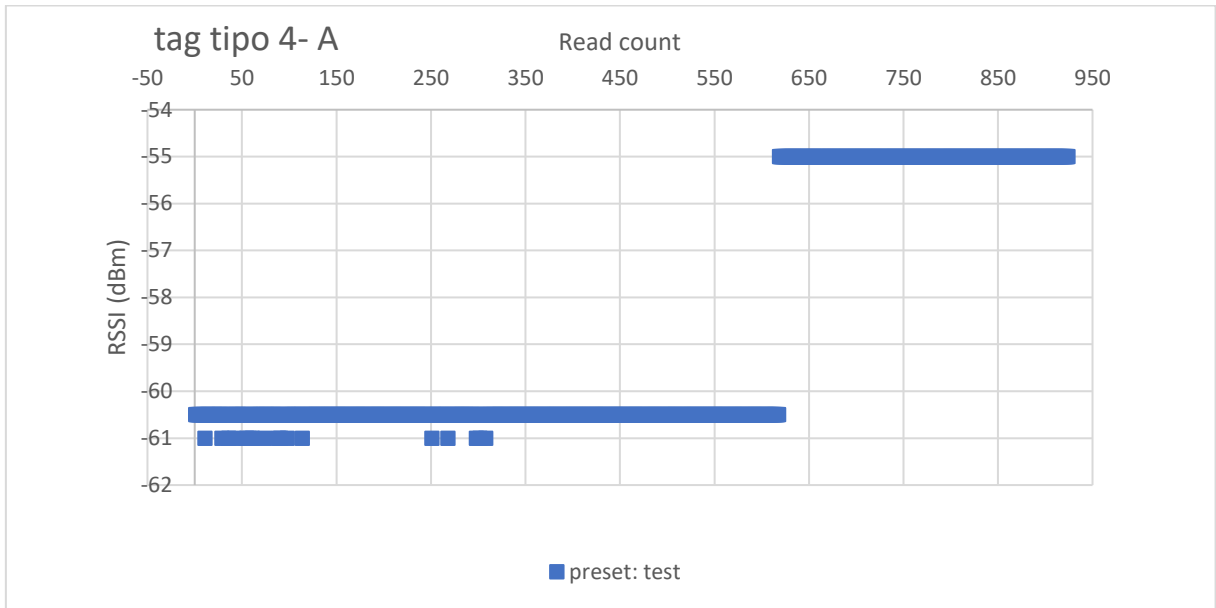
Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico.

Tag tipo 3 – C (imbustato senza finestra)



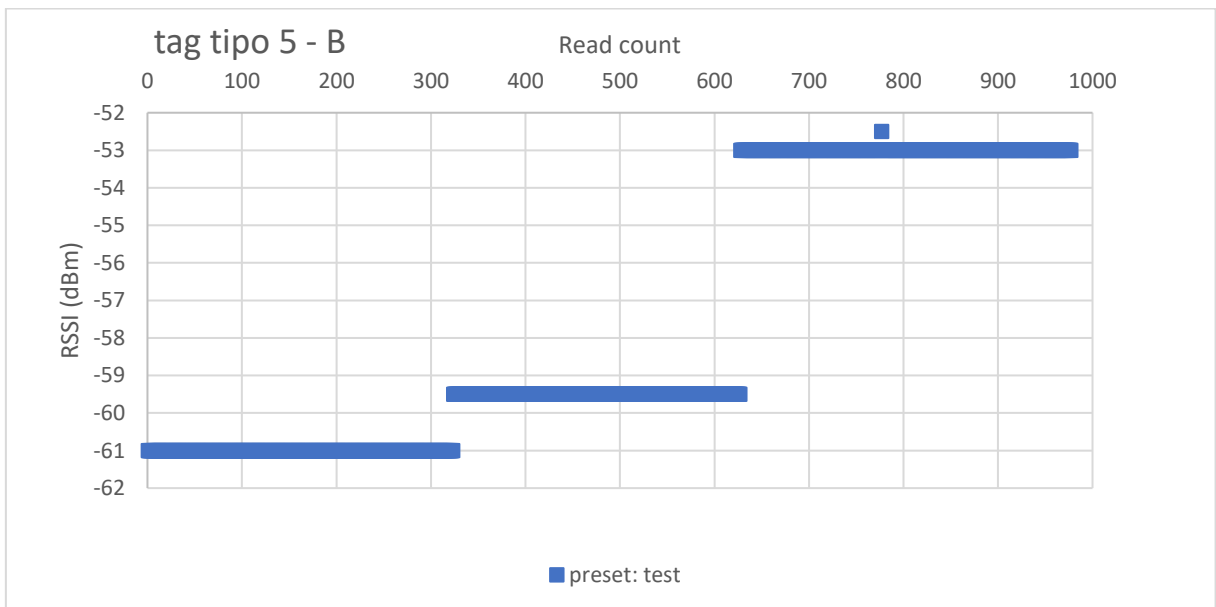
Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico.

Tag tipo 4 – A (imbustato senza finestra)



Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico seppur la misura a 1,5 metri abbia una RSSI confrontabile con quella a 2 m.

Tag tipo 5 – B (imbustato senza finestra)



Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico.

15.9.2. Esito delle misure e osservazioni

Il legame tra RSSI è quasi sempre evidente. Possiamo confrontare la misura a $d = 1$ m dall'antenna con quella effettuate in precedenza con il target *default* notando che le misure qui effettuate hanno RSSI minore delle precedenti

15.10. Influenza di una persona in prossimità di un Tag

Vogliamo osservare qualitativamente se la presenza/movimento di una persona in prossimità del Tag in posizione statica ne modifica la RSSI. Vista la natura della misura pur attivando il logging ci basiamo sulla lettura dei Tag visibile sulla parte INVENTORY di Impinj ItemTest. Poniamo il Tag 2.5 m di distanza tenendo lontani gli altri tag per individuare il suo EPC univoco, verificiamo se il tag è leggibile e in caso contrario lo avviciniamo. Sono state svolte due tipi di misure: la prima col *preset test* definito precedentemente e la seconda con il *preset test_01* la cui unica differenza è di avere la sensibilità ridotta a -50 dbm. La presenza di una persona influisce la lettura? Se un target non viene letto ma ci si avvicina si crea una perturbazione che attiva la lettura? Otteniamo una RSSI misurabile?

Per il file di *log* i dati sono stati salvati in file come per esempi:

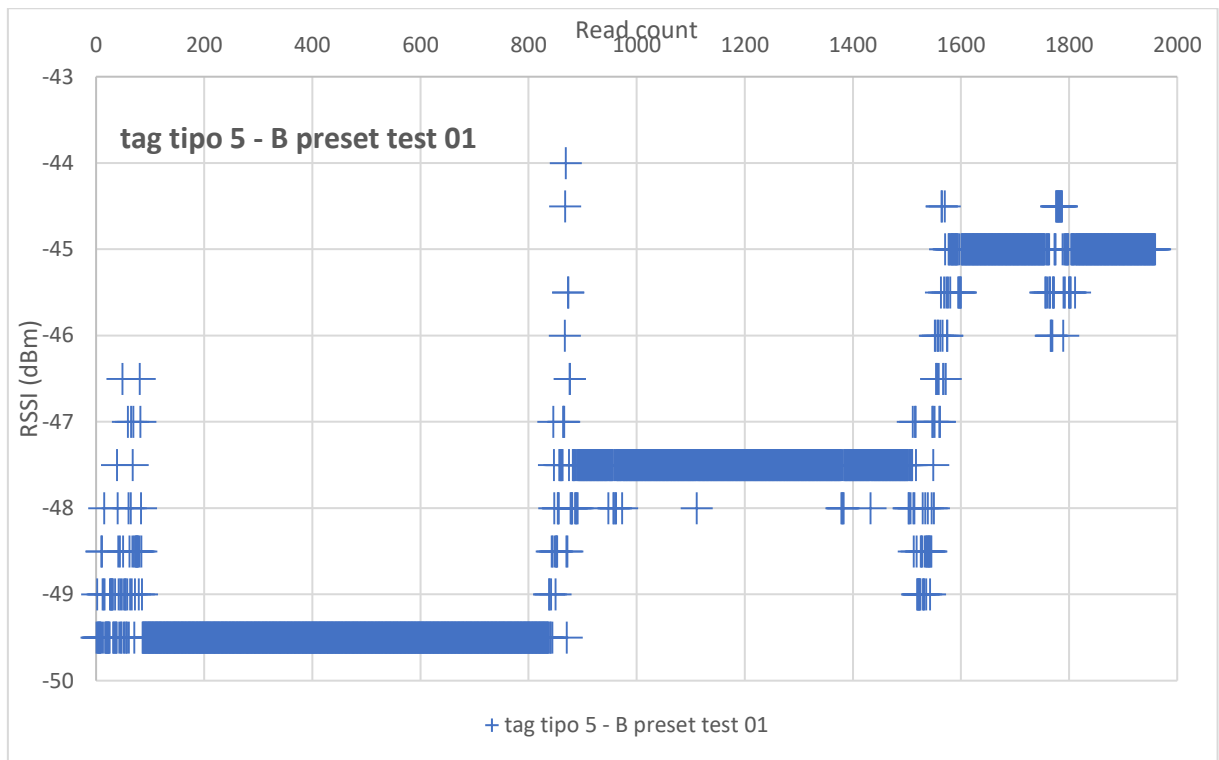
15.10.1. Misure

- Scopo: misurare l'influenza di una persona sulla lettura di un Tag
- Campione Tag: 1 Tag per tipo tra i 7 scelti
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza iniziale antenna - target = 2.5 m e poi diminuita con step 0.1 m verso l'antenna
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Orientamento Tag con la busta di plastica con l'antenna interna orizzontale tranne che per il tag 1 - C (per comodità)
- Configurazione reader: preset test e test_01
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo le misure di continuo finché il tag viene letto
- Dati delle misure in ..Misure\20230929_dist_test.
 - I file sono per esempio: *tipo_2_bis_A_2500mm_2023-09-29_13-02-59* oppure *tipo_2_bis_A_2500mm_test_01_2023-09-29_13-21-31*

La seguente tabella illustra i risultati:

#	Tag A	Tag B	Tag C	Avviene la lettura? Preset test	Avviene la lettura? Preset test_01
1			E2801170 00000211 66F0ABE 2	Solo se si passa tra antenna e Tag all'antenna	No
2	E2806995 0000400E 7A9204B A			Sì sempre	No
2 bis	E2801170 00000211 66EF52F E			Solo se si passa dietro al Tag	No
2 ter		E2806995 00005000 89C52440		Sì sempre	No
3			E2806995 0000400F 611381F D	Sì sempre	No
4	00725077 00000000 00000000			Se ci passo dietro	No
5		E2806995 0000400E 7A9140B A		Sì sempre	No (*)

(*) Dati i risultati ottenuti col Tag tipo - 5 abbiamo indagato ulteriormente su di esso spostando il Tag di 10 cm alla volta verso l'antenna fino alla distanza di 80 cm. La prima lettura avviene a d = 100 cm. (Dati in: Tag_5_B_test_01__2023-09-29_13-26-44.csv)



15.10.2. Esito delle misure e osservazioni

Come si evince dai risultati ottenuti **la RxSensitivity del reader ha un ruolo molto importante**. Nel caso del *preset Test_01* non sempre il Tag era leggibile ma lo diventava avvicinandosi. L'aumento della Rx Sensitivity (meno negativa), comporta una diminuzione della FOV dell'antenna. In questo modo è stato possibile impedire all'antenna di leggere i Tag se il preset attivo era Test_01 che ha una alta Rx Sensitivity: quando il Tag viene individuato la potenza emessa aumenta al diminuire della distanza.

15.11. Misura con due antenne

Utilizziamo ora il Tag 2 A nudo per svolgere la misura con 2 antenne. Scegliamo questo Tag perché ha dimostrato un comportamento prevedibile nelle varie misure svolte fino ad ora. Vogliamo capire come varia la RSSI con la distanza quando due antenne sono poste una di fronte all'altra. Ci aspettiamo che la RSSI di un'antenna diminuisca man mano che ci si allontana da essa e contemporaneamente la RSSI dell'altra aumenti di una quantità pari a quella persa dalla prima. Questo, almeno, in un ambiente ideale.

15.11.1. Misure

- Scopo: usando due antenne misuriamo come varia la RSSI del Tag man mano che ci si allontana da una antenna e ci si avvicina all'altra.
- Campione Tag: il tipo 2 A
- Target e antenne: su piani paralleli
- Distanza antenna - target = variabile da 3.5 m a 1 m (vedi tabelle successive)
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1,2 m
- Orientamento target nudo con l'antenna interna orizzontale
- Configurazione reader: vedi tabelle successive RF mode = 1002, Search mode = Dual target
- Logging attivato senza *unique tag*
- Preset iniziale default da cui creiamo il preset (impinj-15-60-9e-2_ant.json), al quale aggiungiamo la seconda antenna sulla porta 2
- Effettuiamo misure brevi di circa 50 conteggi ciascuna e salviamo tutti i log in solo file Excel per i calcoli e i grafici
- Dati delle misure in varie cartelle es. 20231012_09_tag_2_A_2_antenne

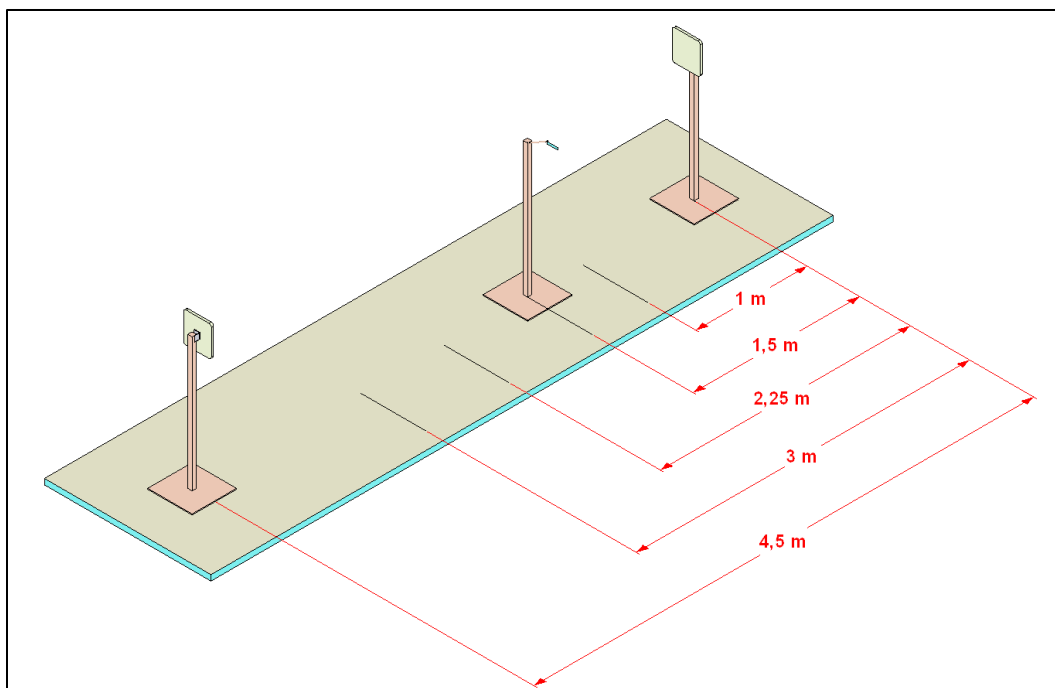


Figura 48 Schema dell'ambiente di prova

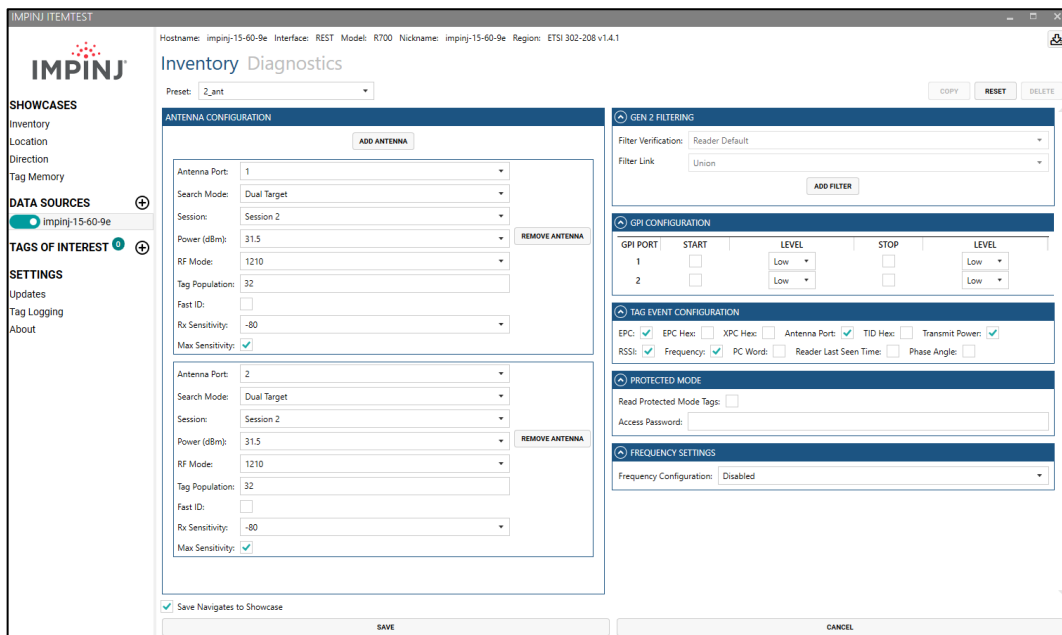


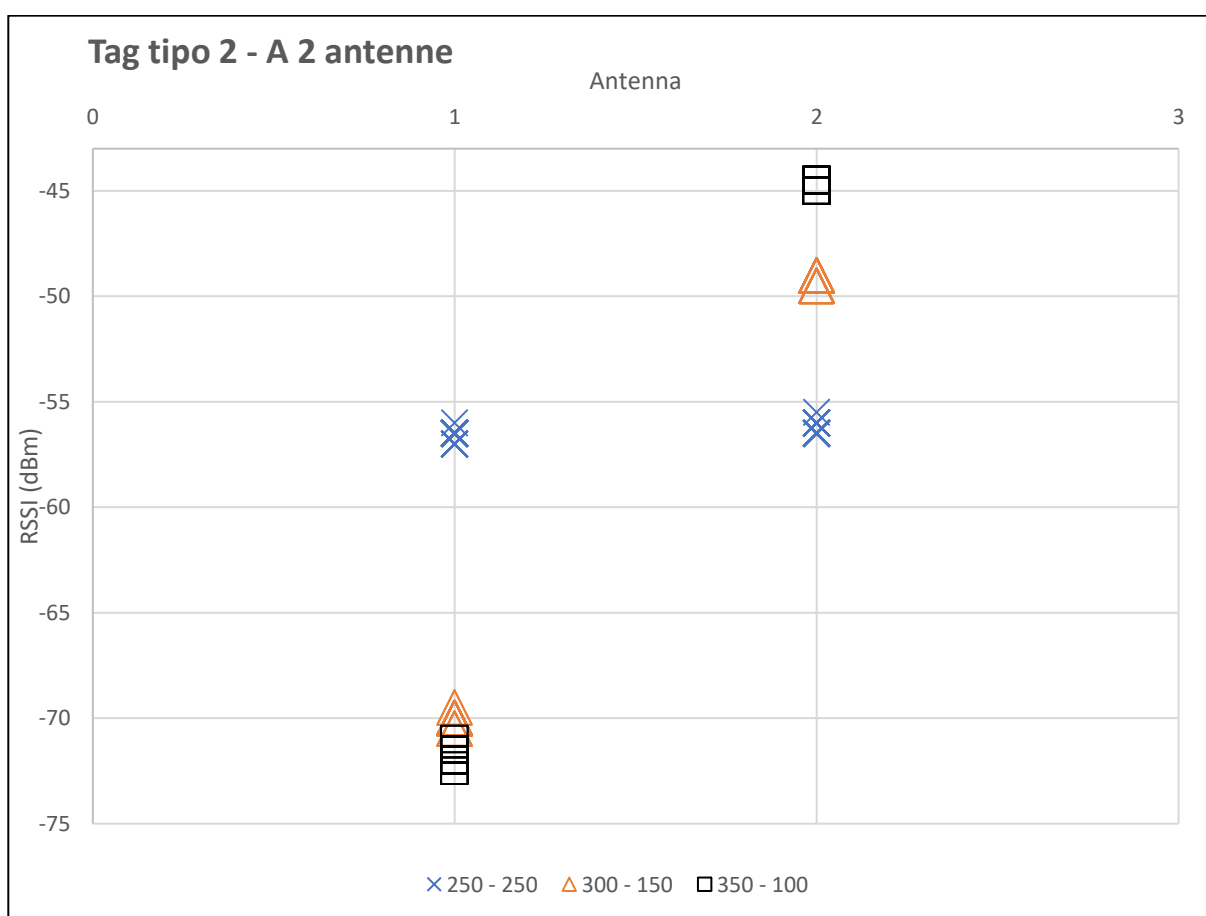
Figura 49 Schermata del preset2_ant che configura 2 antenne

Misura 1: potenza massima e sensibilità massima per entrambe le antenne A

(tag nudo con antenna orizzontale) (Dati in 20231012_09_Tag_2_A_2_antenne)

Partiamo dal centro e ci spostiamo verso l'antenna 2.

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant.1 (dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens. ant.2 (dBm)
tipo_2_A_225_225	225	31,5	-80	225	31,5	-80
tipo_2_A_300_150	300	31,5	-80	150	31,5	-80
tipo_2_A_350_100	350	31,5	-80	100	31,5	-80



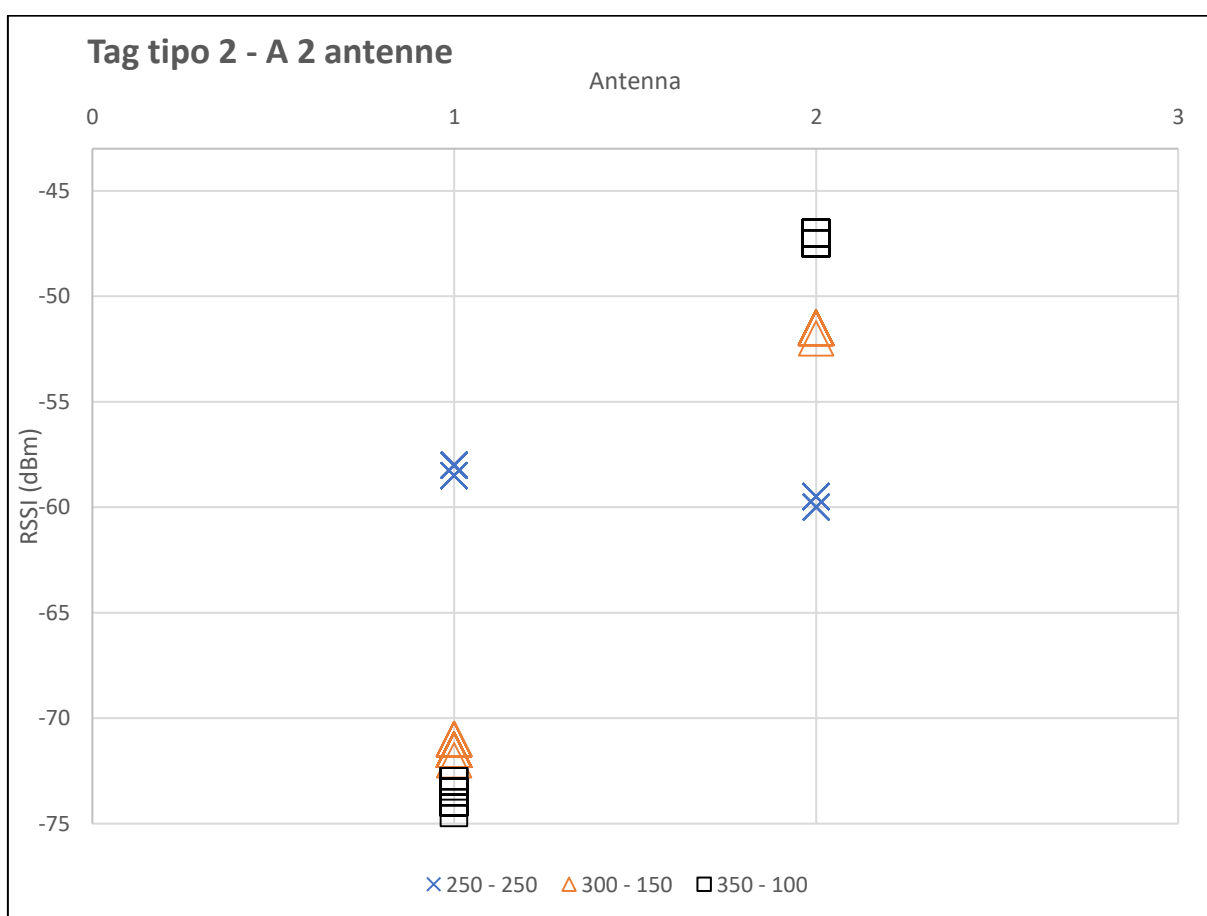
Osservazioni: l'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza del Tag dalle due antenne cambia, avvicinandosi all'antenna 2, la RSSI misurata diminuisce per l'antenna 1 ed aumenta sulla 2. A metà distanza si equivalgono anche se l'antenna 2 registra una RSSI leggermente più alta.

Misura 2: potenza 25 dBm per entrambe le antenne e sensibilità massima

(tag nudo con antenna orizzontale) (Dati in 20231012_10_Tag_2_A_2_antenne_p25)

Partiamo dal centro e ci spostiamo verso l'antenna 2

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant. 1 (dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens. ant.2 (dBm)
tipo_2_A_225_225_p25	225	25	-80	225	25	-80
tipo_2_A_300_150_p25	300	25	-80	150	25	-80
tipo_2_A_350_100_p25	350	25	-80	100	25	-80



Osservazioni: come ci si aspetta la RSSI è minore per entrambe le antenne se confrontata con la misura 1 (in cui la potenza delle antenne era massima). L'influenza della distanza sulla RSSI è evidente dal grafico. Man mano che la distanza del Tag dalle due antenne cambia, avvicinandosi all'antenna 2, la RSSI misurata diminuisce per l'antenna 1 ed aumenta sulla 2. A metà distanza si equivalgono.

Misura 3: potenza 25 dBm come per la misura 2 con sensibilità diverse

(tag nudo con antenna orizzontale) (Dati in 20231012_11_Tag_2_A_2_antenne_p25_Rx-55)

Per le due antenne. La scelta della potenza e della sensibilità è stata fatta in base alla misura 2. La sensibilità dell'antenna 1 è stata impostata a – 55 dBm per far sì che essa non legga il Tag a 2,5 m di distanza

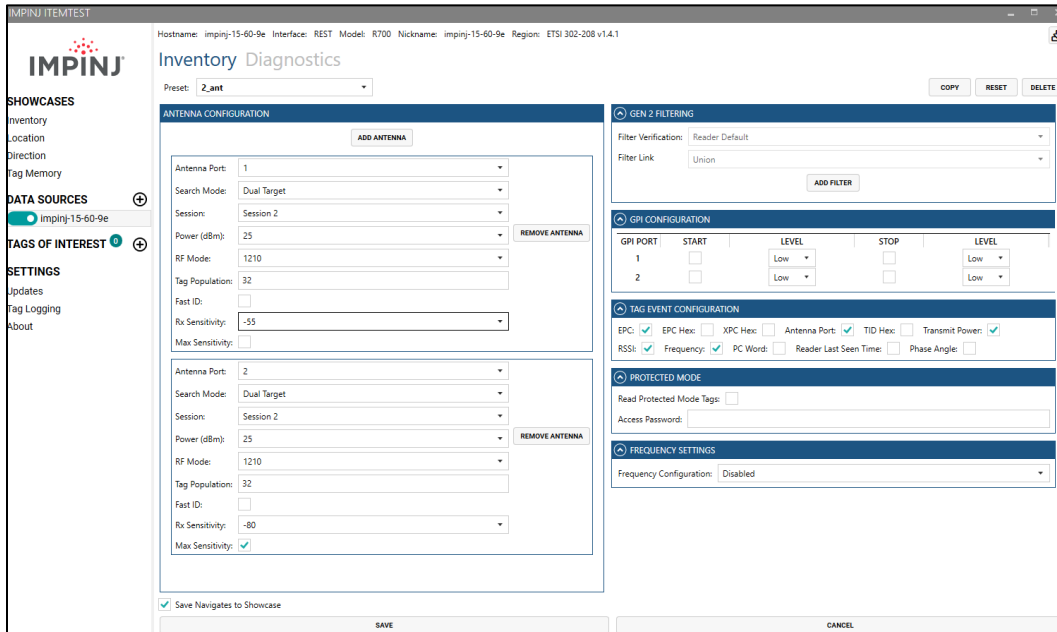
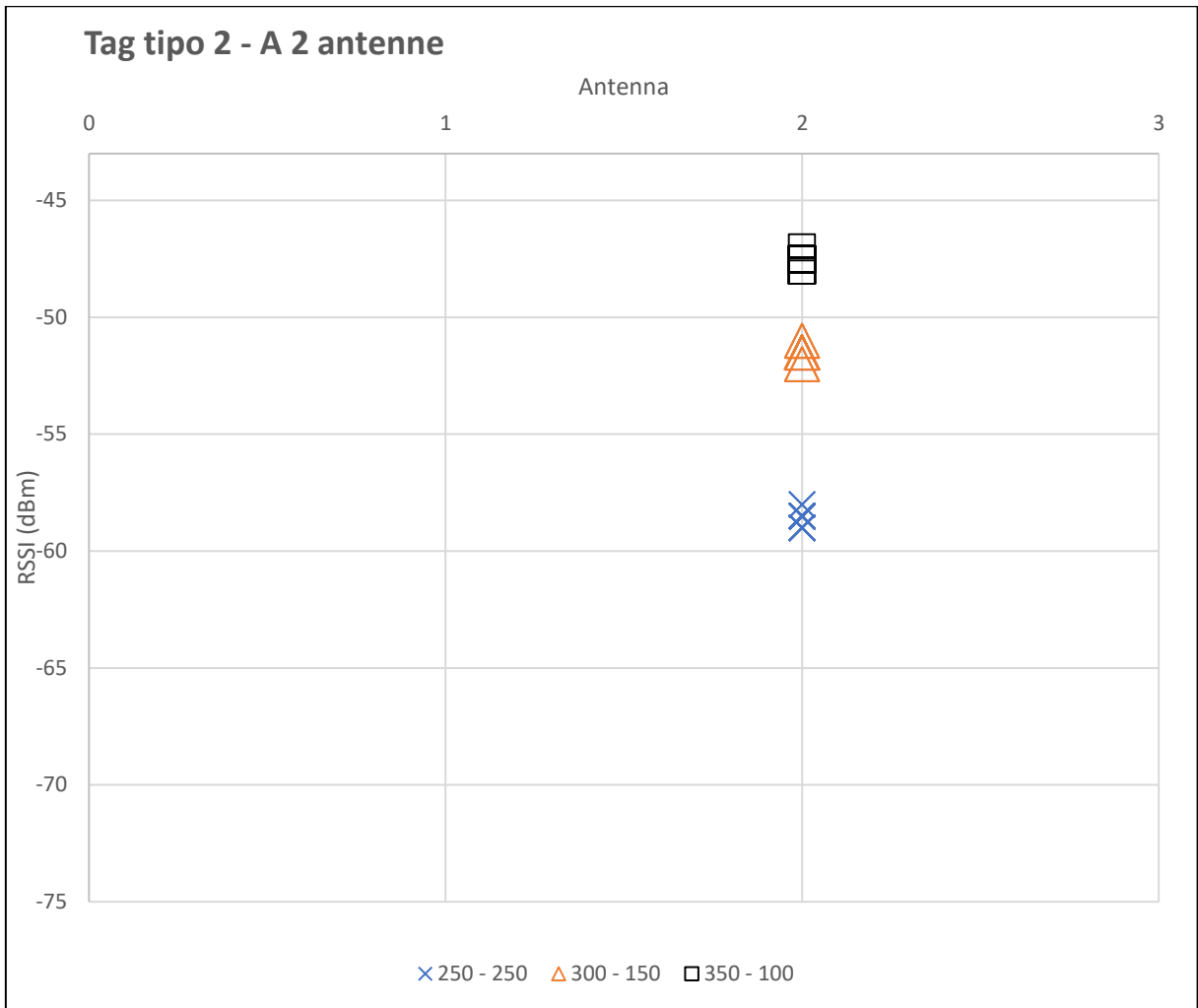


Figura 50 Schermata del preset usato per la misura 3

Partiamo dal centro e ci spostiamo verso l'antenna 2

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant.1(dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens.ant.2 (dBm)
tipo_2_A_225_225_p25	225	25	-55	225	25	-80
tipo_2_A_300_150_p25	300	25	-55	150	25	-80
tipo_2_A_350_100_p25	350	25	-55	100	25	-80



Osservazioni: come previsto solo l'antenna 2 legge il Tag. Per essa rimane l'influenza della distanza sulla RSSI come ci si aspetta.

Misura 4: affiniamo e completiamola misura 3 per capire il comportamento dell'antenna 1 (tag nudo con antenna orizzontale) (Dati 0231016_02_Tag_2_A_2_antenne_p24_Rx-56)

Sensibilità di entrambe a -56 dBm. Spostiamo il Tag da 1 m di distanza dall'antenna 1 verso l'antenna 2. Vogliamo capire a quale distanza il Tag non viene più letto dall'antenna 1, a quale distanza non vien letto da nessuna antenna e quando poi ricomincia ad essere letto dall'antenna 2.

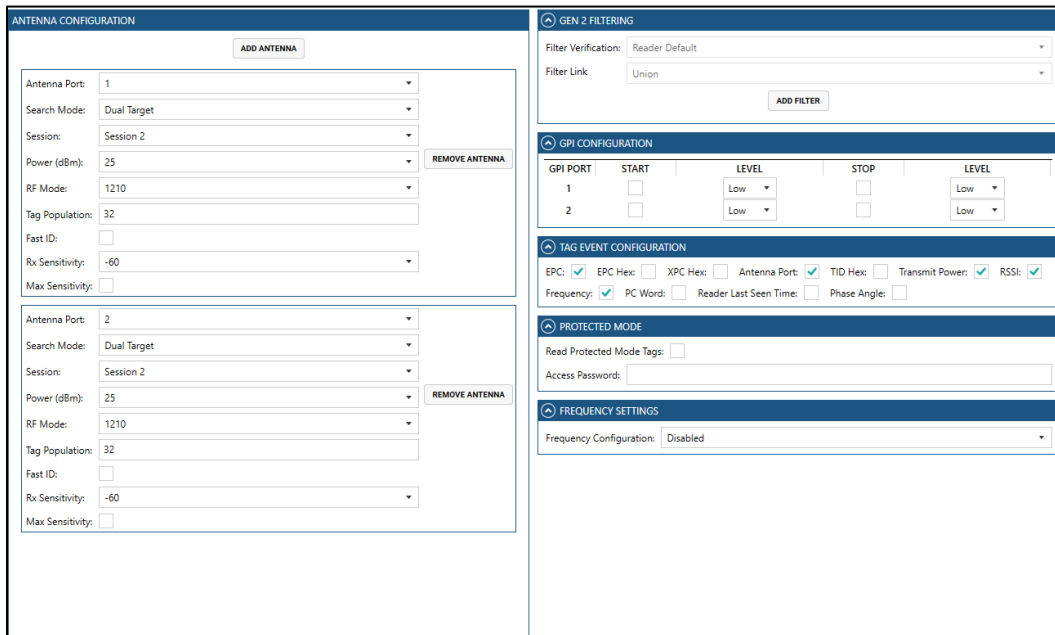
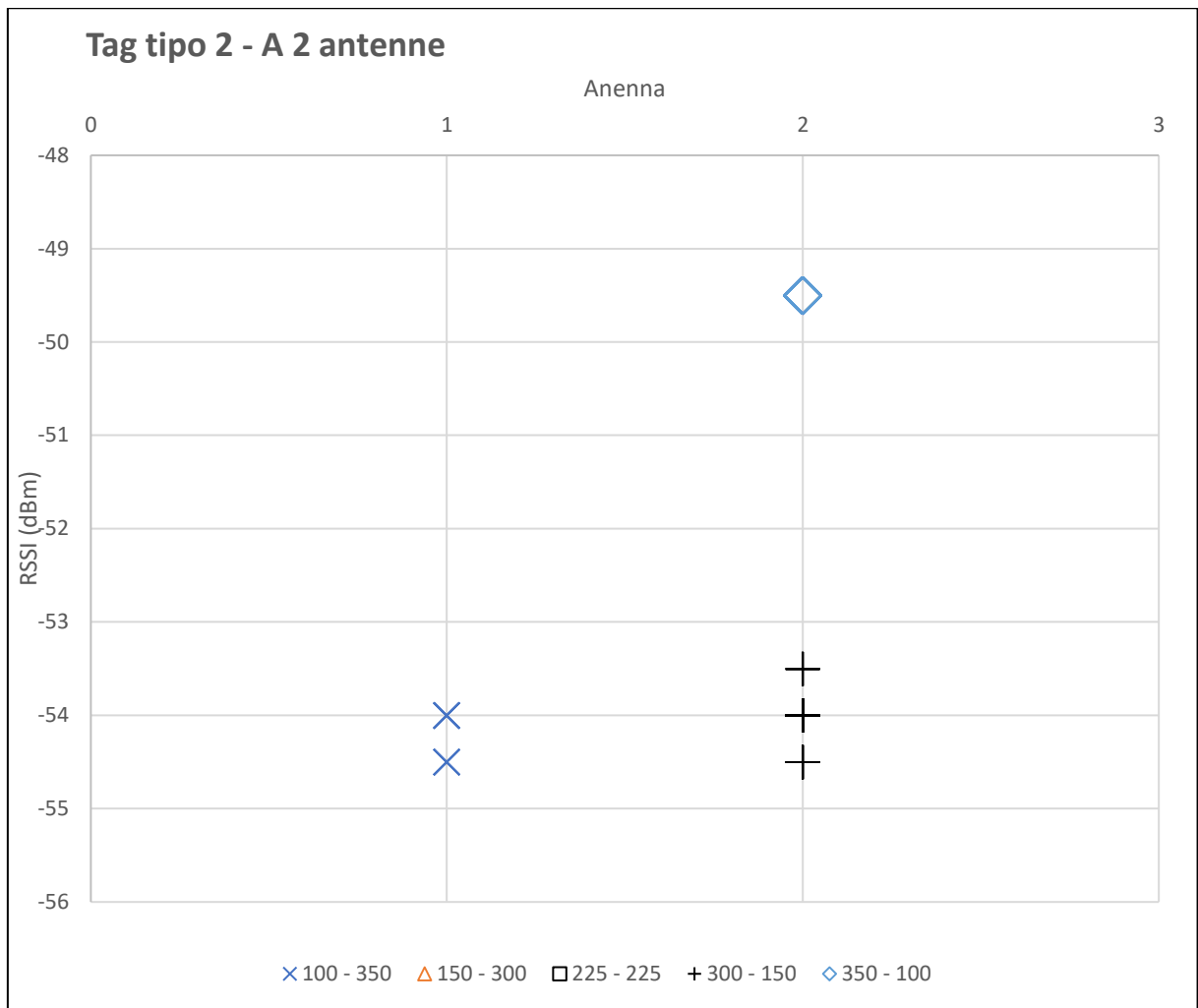


Figura 51 Schermata del preset usato per la misura 4

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant. 1 (dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens. ant. 2 (dBm)
tipo_2_A_100_350_p24	100	24	-56	350	24	-56
tipo_2_A_150_300_p24	150	24	-56	300	24	-56
tipo_2_A_225_225_p24	225	24	-56	225	24	-56
tipo_2_A_300_150_p24	300	24	-56	150	24	-56
tipo_2_A_350_100_p24	350	24	-56	100	24	-56



Osservazioni: sono state necessarie alcune prove per trovare il giusto settaggio dei parametri di potenza e sensibilità delle antenne. Si voleva che essi fossero gli stessi. Ma con la potenza di 25 dBm il Tag veniva letto dall'antenna 1 anche alla distanza di 1,5 m pur non essendo letto da 1 m. Questo probabilmente per lo stesso motivo che ha portato letture inusuali precedentemente.

Un'ipotesi è anche che lo scenario scelto non sia quello giusto ed in particolare il *Search Mode* = *Dual target*.

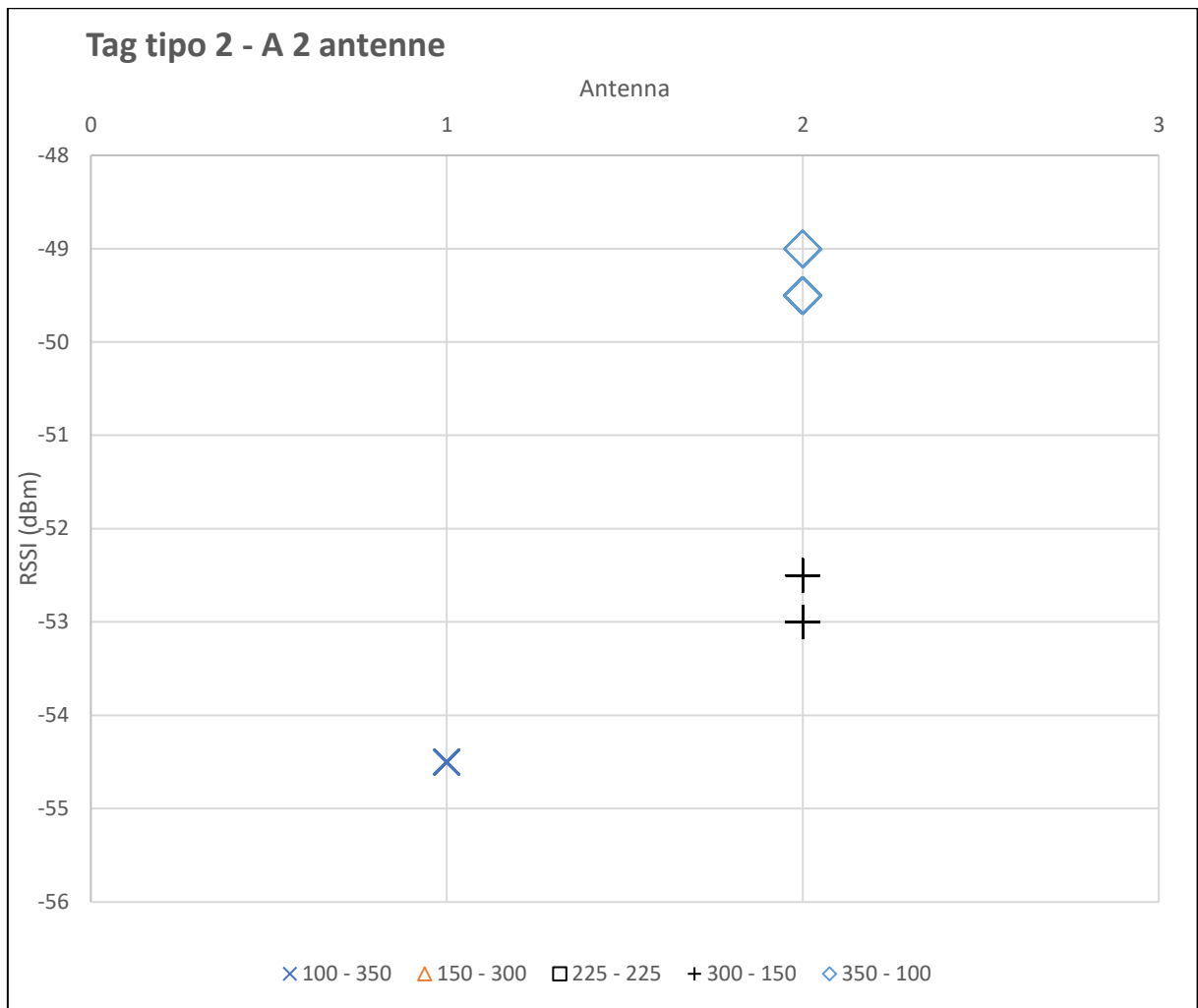
Come ci si aspetta il Tag viene letto solo dall'antenna 1 entro 1 m di distanza, da nessuna antenna tra 1,5 e 2,25 metri e poi solo dall'antenna 2. Si evidenzia una asimmetria nella lettura dato che l'antenna 2 legge anche a 1,5 metri di distanza ma guardando anche i grafici precedenti si nota che l'antenna 2 misura RSSI in generale più alta della 1.

Misura 5: simile a misura 4 con sensibilità e potenze diverse (tag nudo con antenna orizzontale) (Dati in 20231018_01_Tag_2_A_2_antenne_p25_Rx-55)

Sensibilità di entrambe le antenne a -55 dBm e potenze a 25 dBm. Spostiamo il Tag da 1 m di distanza dall'antenna 1 verso l'antenna 2. Vogliamo capire a quale distanza il Tag non viene più letto dall'antenna 1, a quale distanza non vien letto da nessuna antenna e quando poi ricomincia ad essere letto dall'antenna 2.

Figura 52 Schermata del preset usato nella misura 5

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant. 1 (dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens. ant. 2 (dBm)
tipo_2_A_100_350_p25	100	25	-55	350	25	-55
tipo_2_A_150_300_p25	150	25	-55	300	25	-55
tipo_2_A_225_225_p25	225	25	-55	225	25	-55
tipo_2_A_300_150_p25	300	25	-55	150	25	-55
tipo_2_A_350_100_p25	350	25	-55	100	25	-55



Osservazioni: il Tag viene letto solo dall'antenna 1 entro 1 m di distanza, da nessuna antenna tra 1,5 e 2,25 metri e poi solo dall'antenna 2 a partire da 3 m. Si conferma l'asimmetria nella lettura da parte dell'antenna 2 riscontrata nella misura 4 dato che l'antenna 2 legge anche a 1,5 metri di distanza ma guardando anche gli altri valori si nota che l'antenna 2 misura RSSI in generale più alta della 1. Data la maggiore potenza delle antenne, che rispetto alla misura 4 passa da 24 a 25 dBm i valori della RSSI sono più alti della misura 4.

Misura 6: simile a misura 4 con sensibilità e potenze diverse

(tag nudo con antenna orizzontale) (Dati in ..\20231018_02_Tag_2_A_2_antenne_p27_Rx-55)

Sensibilità di entrambe le antenne a -55 dBm e potenze a 27 dBm. Spostiamo il Tag da 1 m di distanza dall'antenna 1 verso l'antenna 2. Vogliamo capire a quale distanza il Tag non viene più letto dall'antenna 1, a quale distanza non vien letto da nessuna antenna e quando poi ricomincia ad essere letto dall'antenna 2.

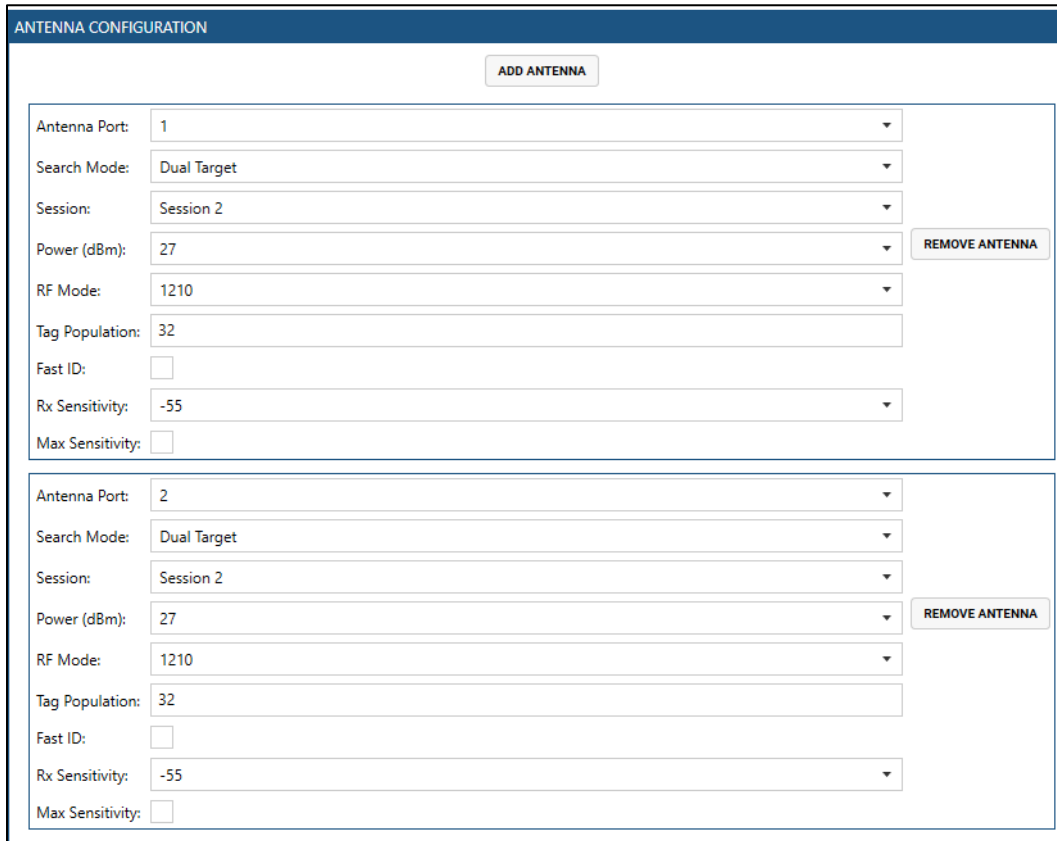
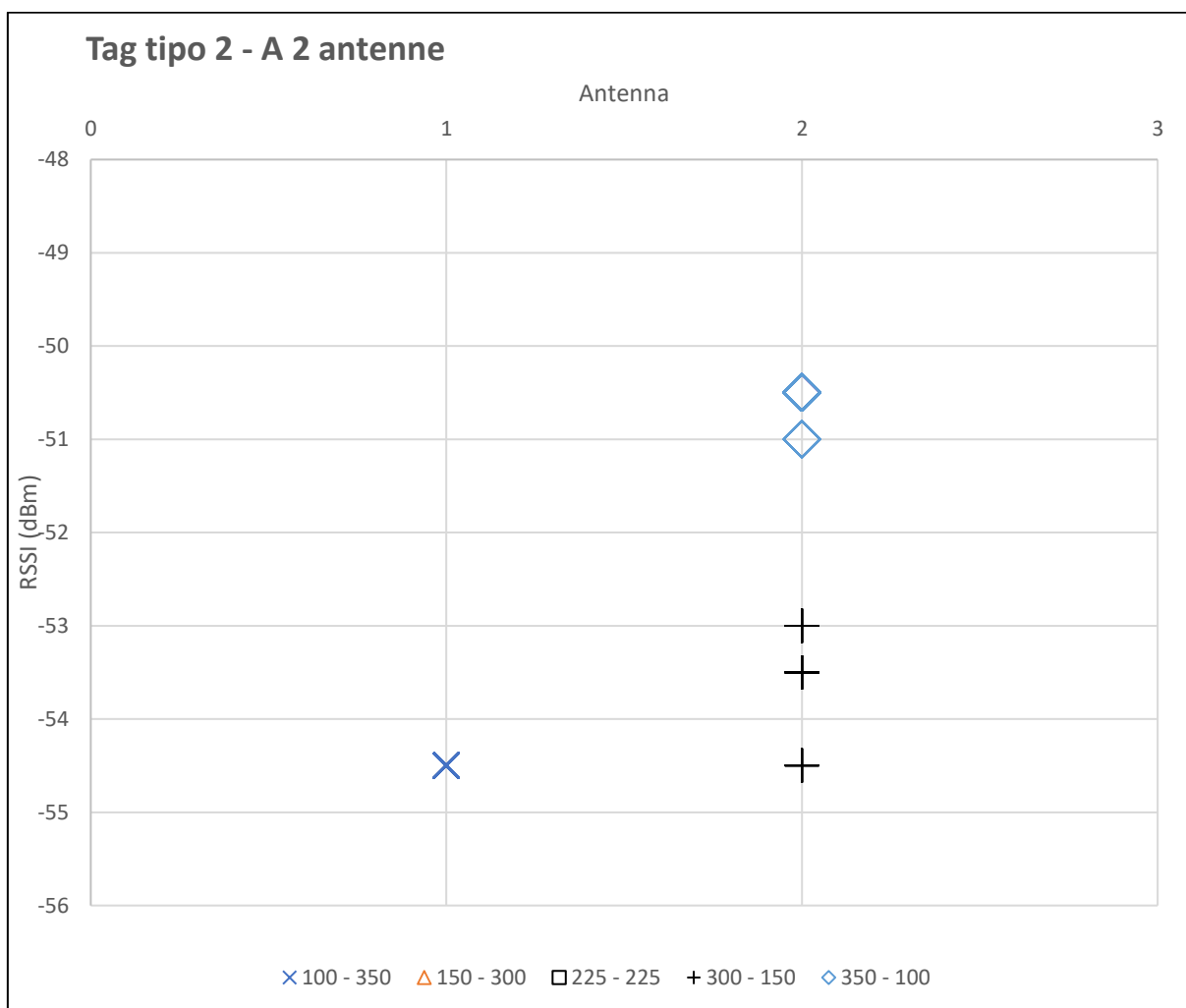


Figura 53 Schermata del preset usato nella misura 6

Log	Distanza da ant. 1 (cm)	Power ant. 1 (dBm)	Rx sens. ant. 1 (dBm)	Distanza da ant. 2 (cm)	Power ant. 2 (dBm)	Rx sens. ant. 2 (dBm)
tipo_2_A_100_350_p25	100	27	-55	350	27	-55
tipo_2_A_150_300_p25	150	27	-55	300	27	-55
tipo_2_A_225_225_p25	225	27	-55	225	27	-55
tipo_2_A_300_150_p25	300	27	-55	150	27	-55
tipo_2_A_350_100_p25	350	27	-55	100	27	-55



Osservazioni: il Tag viene letto solo dall'antenna 1 entro 1 m di distanza, da nessuna antenna tra 1,5 e 2,25 metri e poi solo dall'antenna 2 a partire da 3 m. Si conferma l'asimmetria nella lettura da parte dell'antenna 2 riscontrata nelle misure 4 e 5. Anche se la potenza è maggiore (rispetto alla misura 4 passa a 27 dBm), i valori della RSSI sono confrontabili con quelli della misura 5.

15.11.2. Esito delle misure e osservazioni

I risultati ottenuti mostrano come sia possibile far leggere i Tag da una sola antenna alla volta in un ambiente con molte antenne presenti. Dal punto di vista pratico è quindi possibile individuare la presenza di un oggetto o di una persona quando passa o staziona in prossimità di

un'antenna ed escluderne invece la presenza in un altro luogo monitorato da una seconda antenna. I parametri su cui si deve agire sono:

- la potenza dell'antenna, non troppo alta per non energizzare i Tag in prossimità delle altre antenne,
- la sensibilità di ciascuna antenna per ridurre il suo FOV
- lo scenario usato che nelle nostre prove è stato:
 - RF = 1002 per imporre al reader di ottimizzare la sua configurazione
 - il Search Mode = Dual target avendo misurato un Tag alla volta
 - Session = 2 avendo interrotto l'emissione dopo ciascuna misura
- Uno Scenario alternativo, (non provato ma suggerito da Impinj) potrebbe essere:
 - RF = 1002 inalterato
 - il Search Mode = Single target se in presenza di più Tag
 - Session = 1 per imporre al Tag di invertire il suo stato da "B" (inventoried), a "A" (default = pronto per la nuova lettura), questo naturalmente se si vuole leggere il Tag più volte.

15.12. Verifica dell'equivalenza dei Tag con busta con finestra

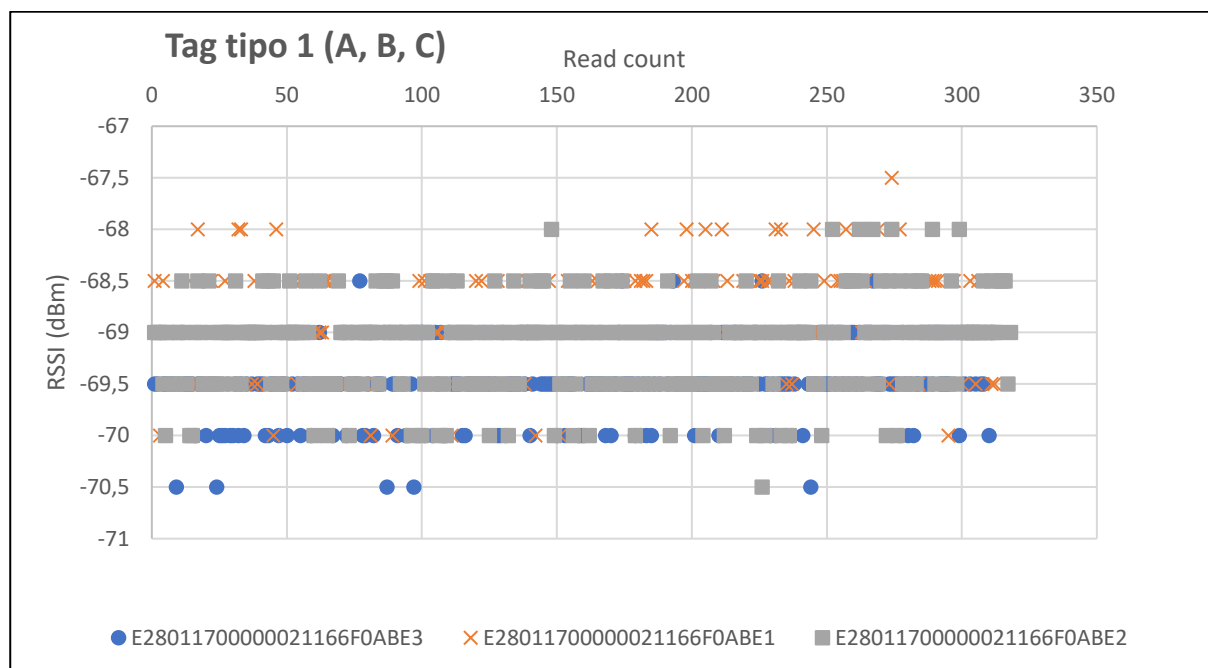
Oltre alle misure con le buste di plastica per contenere e dare rigidità ai Tag abbiamo ritenuto opportuno misurarli praticando delle finestre tali da scoprirne l'antenna. Abbiamo scelto tre Tag per tipo e verificato che la RSSI emessa dalla posizione di default sia uguale tra loro entro gli errori di misura. Ogni Tag, tra i tre scelti, è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC.

15.12.1. Misure

- Scopo: confronto valori RSSI di tre Tag in busta con finestra per sceglierne 1 solo.
- Campione Tag: 3 Tag per tipo in busta con finestra
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna – target = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Orientamento target caso migliore, con l'antenna del Tag orizzontale
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json)
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo una misura di circa 300 conteggi per ogni Tag e interrompiamo la misura per poter sostituire il Tag, avremo un file di log per Tag
- Dati delle misure in `..\Misure\20231004_log_default_scelta_Tag`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file es `tipo_1_ABC.xlsx` per i calcoli e le verifiche
- Nota: riportiamo nelle tabelle il valore di numero di conteggi e la RSSI media che software *Impinj ItemTest* calcola in automatico durante il *run*. Si noti il numero di decimali ben superiore a quello che si può leggere nel log.

Tag tipo 1 (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
1	E28011700000021166F0ABE3	E28011700000021166F0ABE1	E28011700000021166F0ABE2

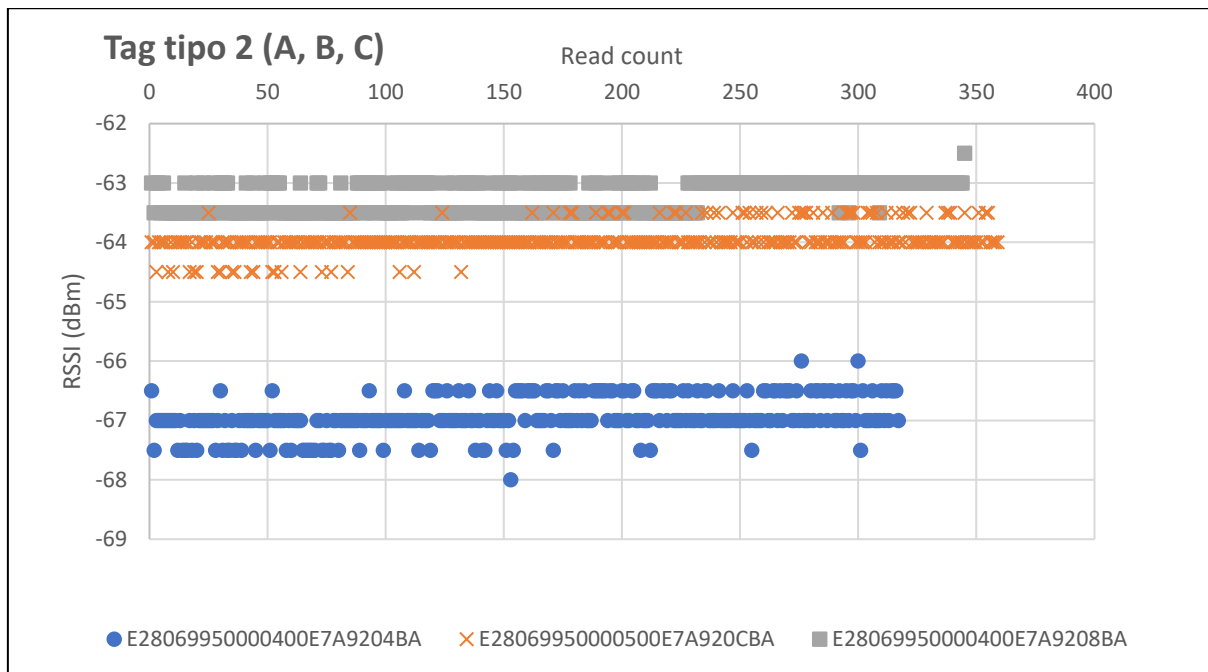


	A	B	C
Media (dBm)	-69,5	-68,9	-69,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,4	0,5
Media da reader (dBm)	-69,450	-68,923	-69,091
Count/s	19,839	19,841	19,856

Osservazioni: entro gli errori la RSSI è la stessa. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tar tipo 2 (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2	E28069950000400E7A9204BA	E28069950000500E7A920CBA	E28069950000400E7A9208BA

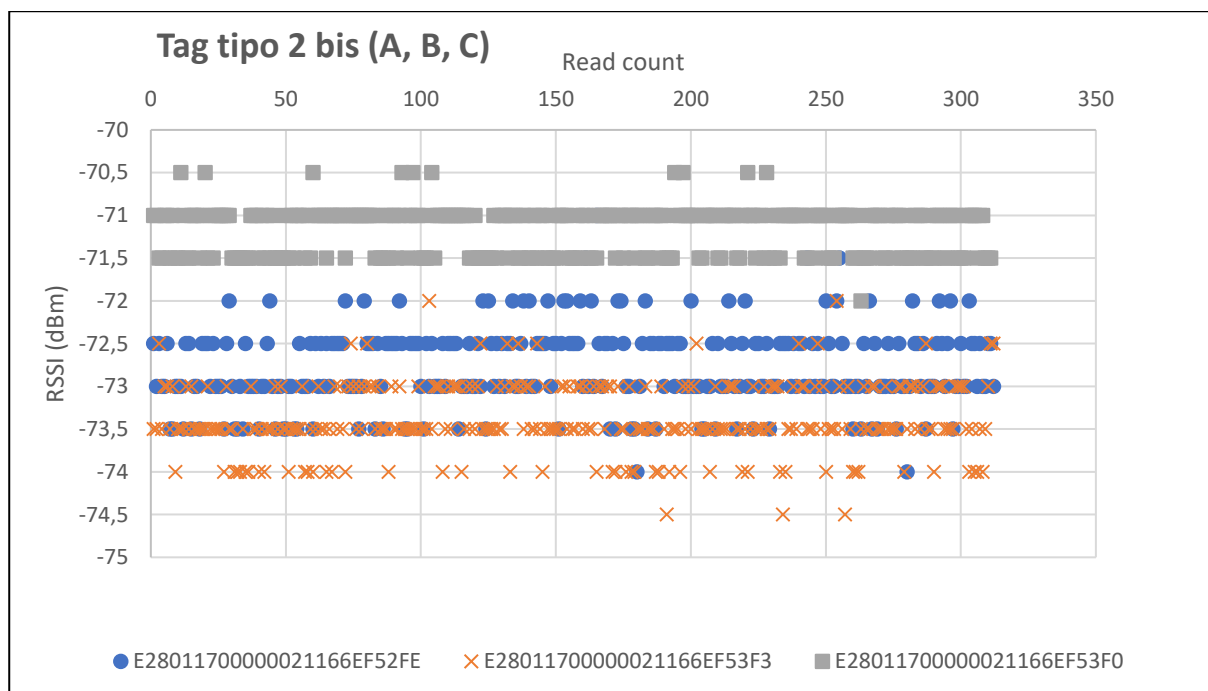


	A	B	C
Media (dBm)	-66,9	-64,0	-63,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,3	0,3
Media da reader (dBm)	-66,920	-63,945	-63,215
Count/s	19,84	19,984	19,792

Osservazioni: il Tag A ha una RSSI molto più bassa degli altri. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tag tipo 2 bis (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2 bis	E28011700000021166EF52FE	E28011700000021166EF53F3	E28011700000021166EF53F0

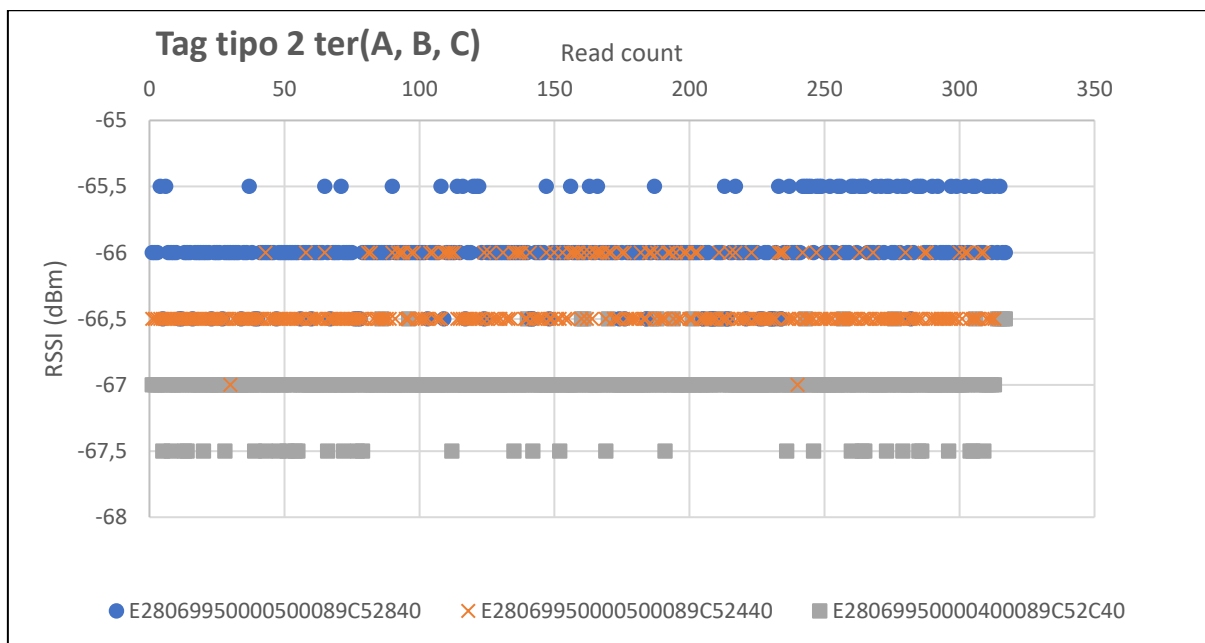


	A	B	C
Media (dBm)	-72,8	-73,4	-71,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,5	0,4	0,3
Media da reader (dBm)	20,007	19,869	20,292
Count/s	-72.763	-73,363	-71,166

Osservazioni: i Tag A e B hanno una RSSI confrontabile entro gli errori. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tag tipo 2 ter (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
2 ter	E28069950000500089C52840	E28069950000500089C52440	E28069950000400089C52C40

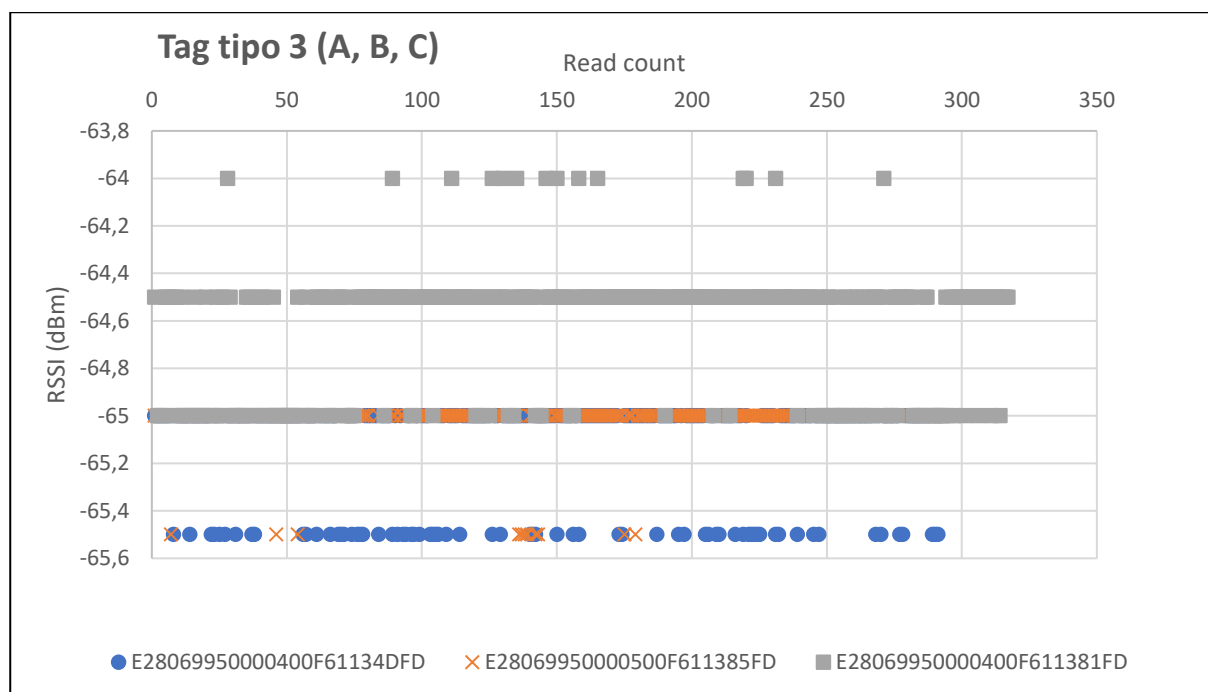


	A	B	C
Media (dBm)	-66,0	-66,4	-67,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,2	0,2
Media da reader (dBm)	20,264	20,053	20,160
Count/s	-65,960	-66,380	-67,014

Osservazioni: i Tag A e B hanno una RSSI confrontabile entro gli errori. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tag tipo 3 (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
3	E28069950000400F61134DFD	E28069950000500F611385FD	E28069950000400F611381FD

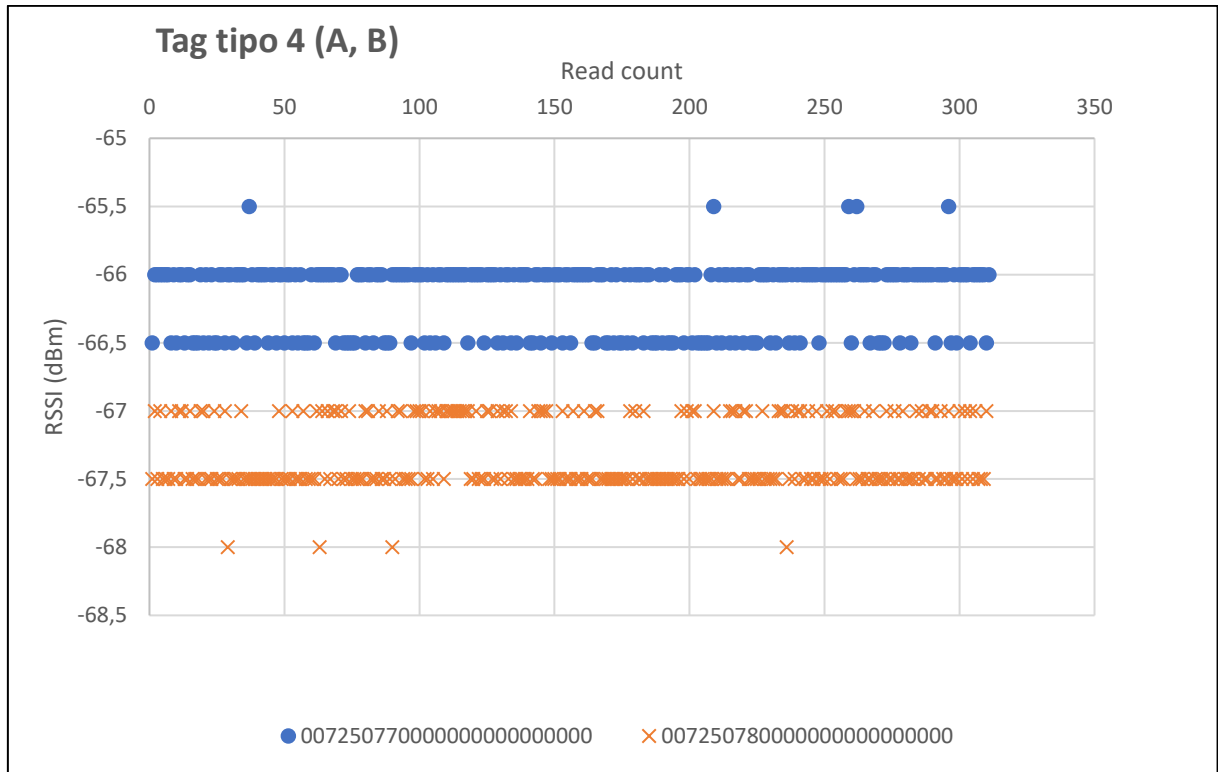


	A	B	C
Media (dBm)	-65,1	-65,0	-64,6
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,1	0,3
Media da reader (dBm)	-65,112	-64,988	-64,624
Count/s	20,315	20,490	20,452

Osservazioni: i Tag hanno una RSSI confrontabile entro gli errori. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tag tipo 4 (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
4	007250770000000000000000	007250780000000000000000	

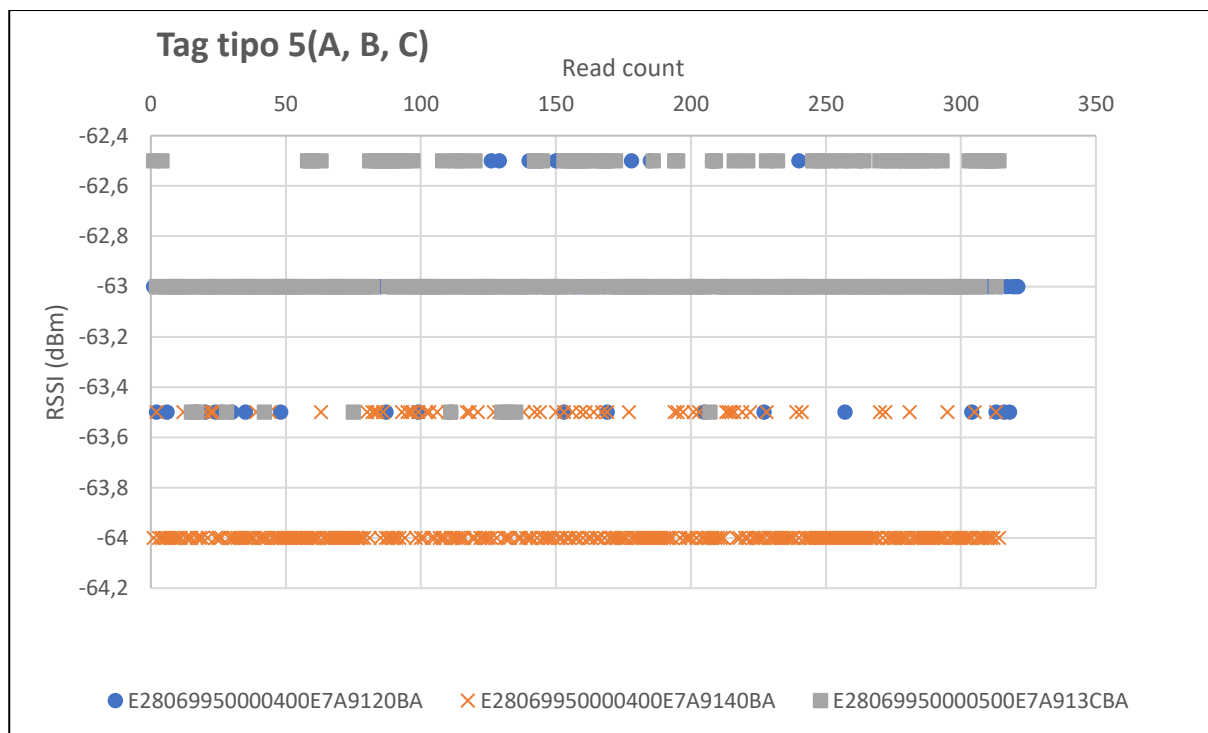


	A	B	n.d.
Media (dBm)	-66,2	-67,3	n.d.
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2	n.d.
Media da reader (dBm)	-66,150	-67,329	n.d.
Count/s	20,229	20,177	n.d.

Osservazioni: i Tag hanno RSSI non confrontabili. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

Tag tipo 5 (protetto con busta con finestra antenna verticale)

EPC			
#	Tag A	Tag B	Tag C
5	E28069950000400E7A9120BA	E28069950000400E7A9140BA	E28069950000500E7A913CBA



	A	B	C
Media (dBm)	-63,0	-63,9	-62,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2	0,2
Media da reader (dBm)	-63,006	-63,892	-62,897
Count/s	20,664	20,529	20,567

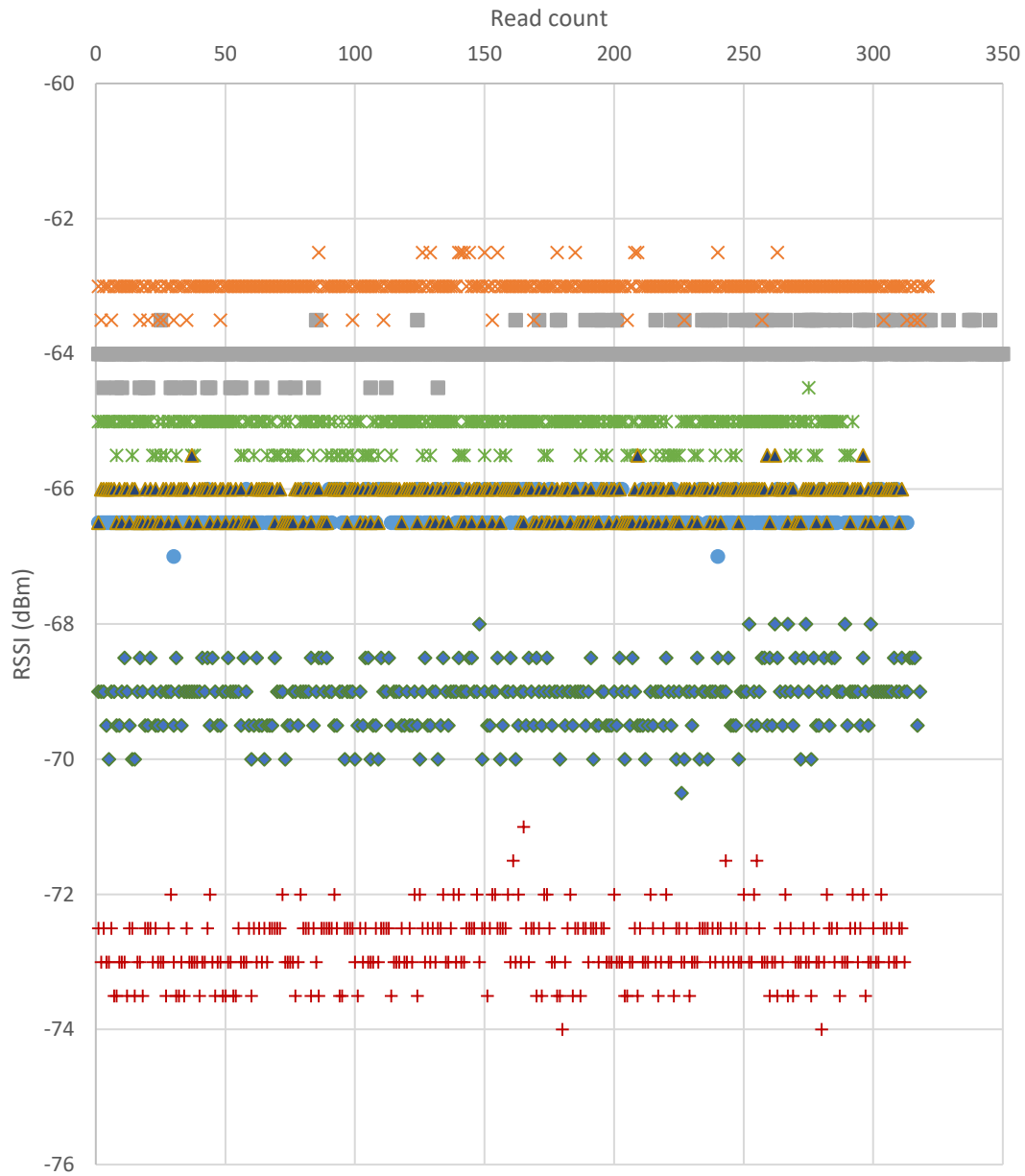
Osservazioni: i Tag A e C hanno RSSI confrontabili. Il confronto con i valori del Tag in busta mostra che comunque i Tag sarebbero leggibili.

15.12.2. Esito delle misure e osservazioni

Tutti i Tag sono sempre leggibili dal reader in configurazione di default. A seconda del Tag la RSSI va da -71 dBm a -64 dBm. Esistono comunque differenze di emissione tra Tag anche quando sono dello stesso tipo. Nell'impostare la potenza del reader e la sua sensibilità si dovrà dunque tener conto di questo impostando valori che tali da permettere la lettura dei Tag del tipo scelto. Per le successive misure abbiamo scelto i Tag che presentavano approssimativamente valori intermedi di RSSI tra i tre esaminati e d'ora in poi considereremo solo questi. La seguente tabella mostra i Tag scelti per le misure successive.

EPC				
#	Tag A	Tag B	Tag C	RSSI (dBm)
1			E2801170000021166F0 ABE2	-69,1 ± 0,5
2		E28069950000500E7A9 20CBA		-64,0 ± 0,3
2 bis	E2801170000021166EF 52FE			-72,8 ± 0,5
2 ter		E28069950000500089C5 2440		-66,4 ± 0,2
3	E28069950000400F6113 4DFD			-65,1 ± 0,2
4	00725077000000000000 000			-66,2 ± 0,2
5	E28069950000400E7A9 120BA			-63,0 ± 0,2

Tag scelti per le misure



- ◆ tipo 1 C (E28011700000021166F0ABE2) ■ tipo 2 B (E28069950000500E7A920CBA)
- + tipo 2 bis A (E28011700000021166EF52FE) ● tipo 2 ter B (E28069950000500089C52440)
- * tipo 3 A (E28069950000400F61134DFD) ▲ tipo 4 A (00725077000000000000000000)
- × tipo 5 A (E28069950000400E7A9120BA)

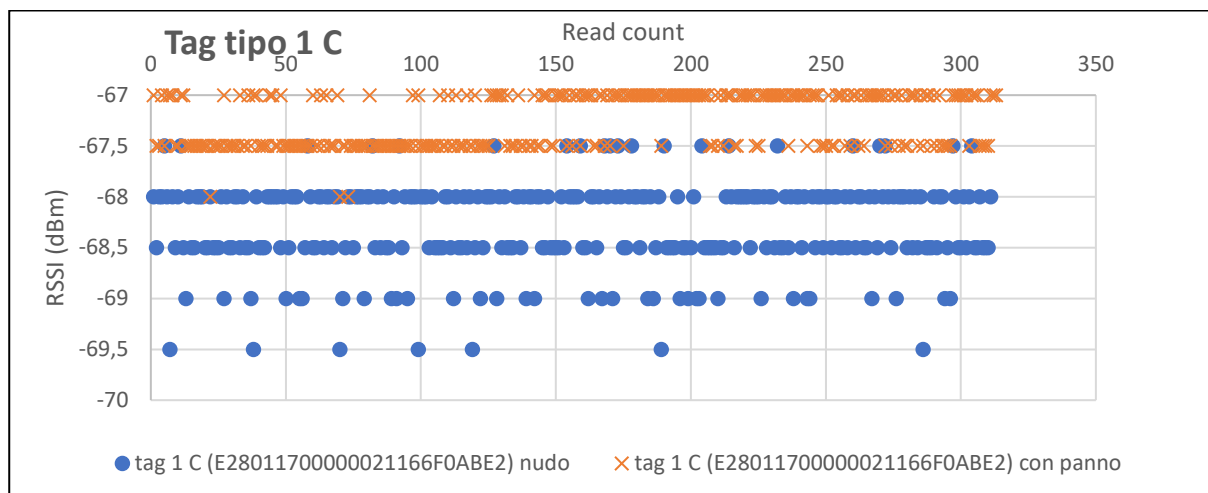
15.13. Verifica dell'influenza dei vestiti

I 7 Tag scelti in precedenza sono stati posti in posizione di default e con *preset default*. In questa seconda prova abbiamo verificato l'influenza sulla RSSI di un capo di vestiario interposto tra Tag e antenna. Il capo di vestiario è stato simulato con un panno in cotone (modellizzazione di una maglietta). Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC. Abbiamo misurato i valori della RSSI del Tag "nudo" per prenderli come riferimento dato che la misura è stata fatta in un giorno successivo alla prima e l'apparato di misura ha necessitato di un nuovo setup.

15.13.1. Misure

- Scopo: verificare l'influenza di un capo di vestiario sulla RSSI. Come variano le misure con un panno interposto tra Tag e antenna?
- Campione Tag: 1 Tag per tipo in busta **con** finestra
- Target e antenna: su piani paralleli
- Distanza antenna - target = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Orientamento: antenna interna orizzontale (tranne per il Tag tipo 1)
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema_Default.json)
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo due misure di circa 300 conteggi per Tag, e interrompiamo la misura per poter interporre il panno di cotone davanti al Tag. Avremo quindi due file di log per Tag
- Dati delle misure in `..\Misure\20231005__log_default_panno`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file es *tipo_1_C_panno.xlsx* per i calcoli e le verifiche
- Nota: da *ItemTest* ricopiamo il numero di conteggi e la RSSI media

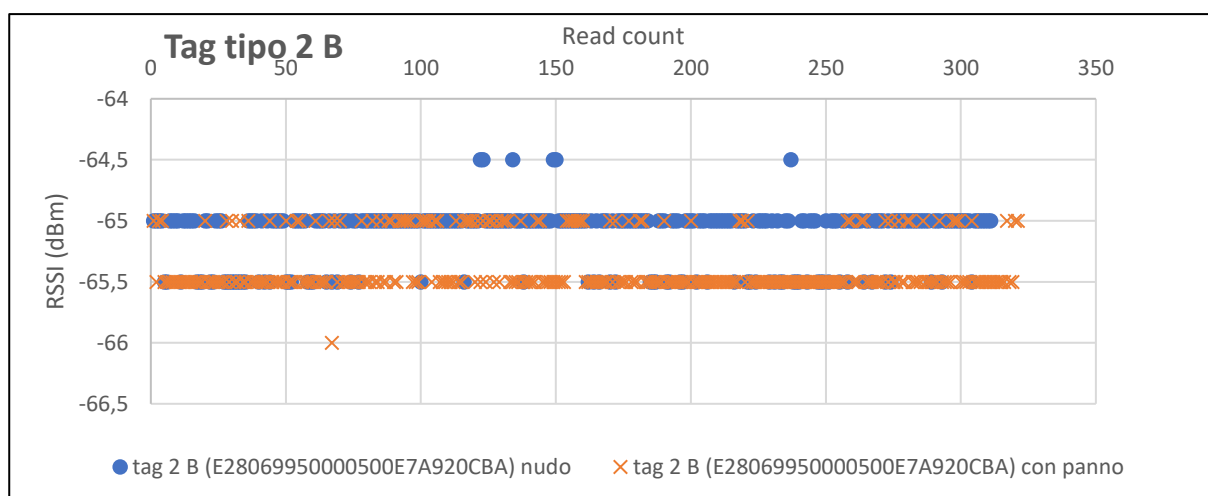
Tag tipo 1 – C (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28011700000021166F0ABE2 nudo	E28011700000021166F0ABE2 con panno
Media (dBm)	-68,3	-67,3
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,3
Media da reader (dBm)	-68,266	-67,244
Count/s	19,997	20,400

Osservazioni: il Tag migliora di poco le prestazioni RSSI.

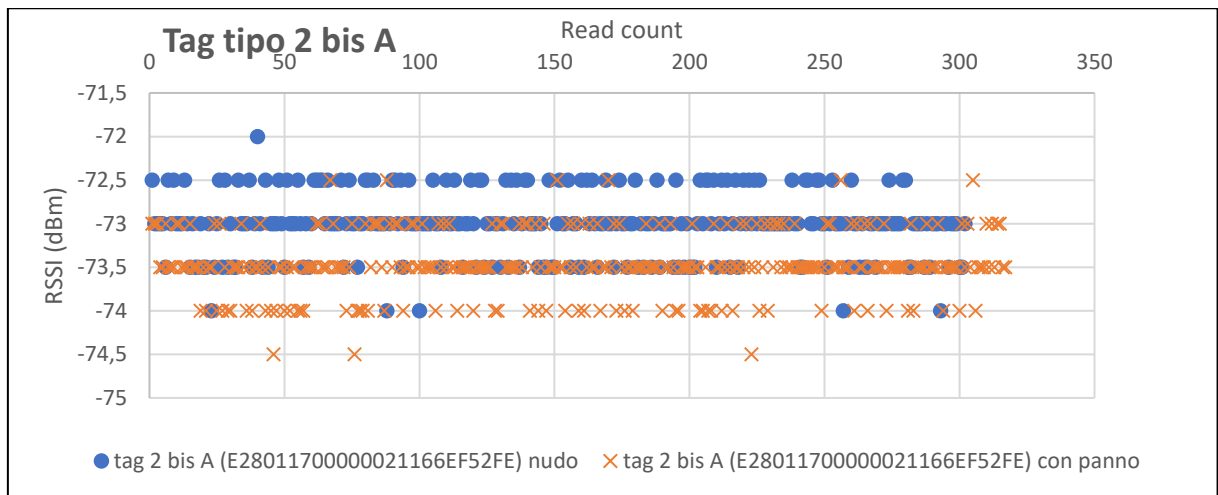
Tag tipo 2 – B (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28069950000500E7A920CBA nudo	E28069950000500E7A920CBA con panno
Media (dBm)	-65,1	-65,4
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2
Media da reader (dBm)	-65,101	-65,365
Count/s	20,427	20,801

Osservazioni: il Tag non cambia RSSI entro gli errori.

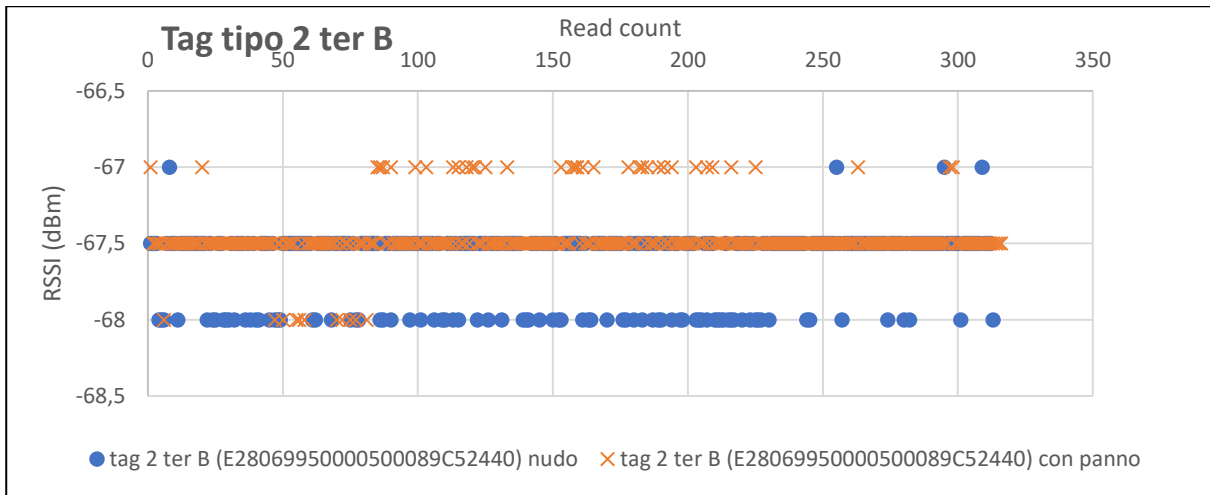
Tag tipo 2 bis – A (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28011700000021166EF52FE nudo	E28011700000021166EF52FE con panno
Media (dBm)	-73,0	-73,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,4
Media da reader (dBm)	-72,993	-73,449
Count/s	20,432	20,664

Osservazioni: il Tag non cambia RSSI entro gli errori.

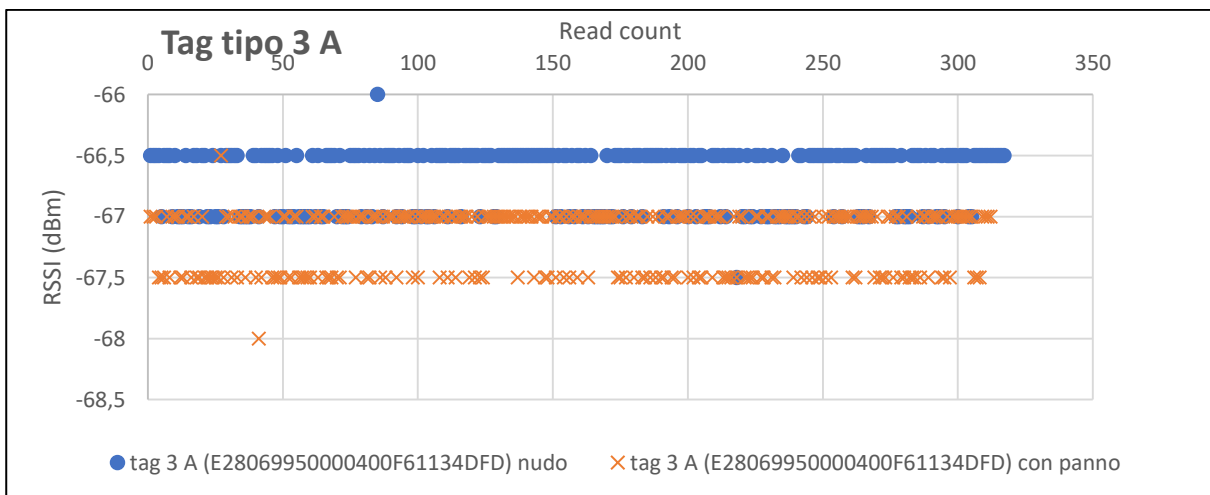
Tag tipo 2 ter – B (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28069950000500089C52440 nudo	E28069950000500089C52440 con panno
Media (dBm)	-67,6	-67,5
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2
Media da reader (dBm)	-67,621	-67,445
Count/s	20,477	20,764

Osservazioni: il Tag non cambia RSSI entro gli errori.

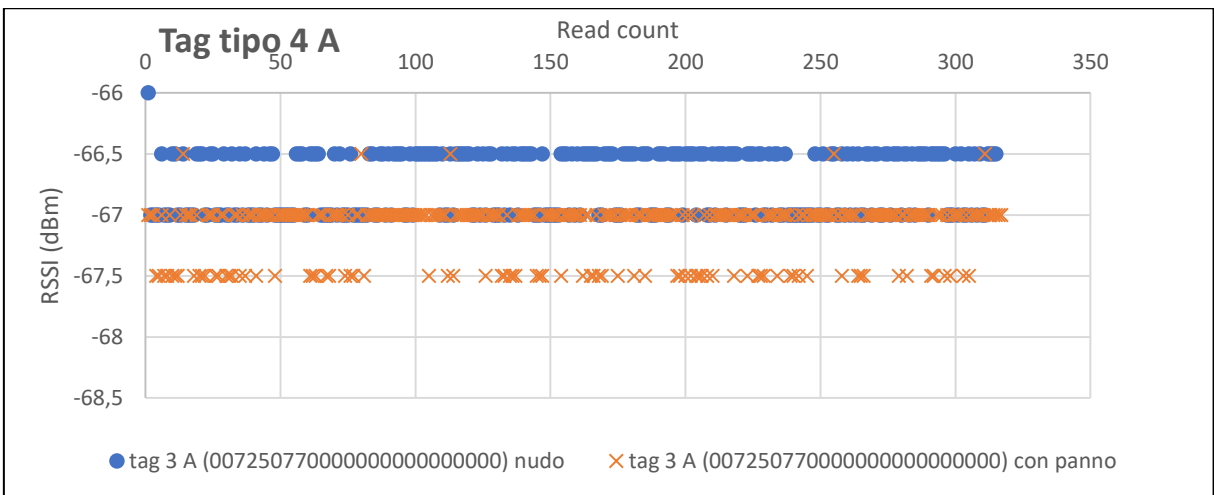
Tag tipo 3 – A (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28069950000400F61134DFD nudo	E28069950000400F61134DFD con panno
Media (dBm)	-66,7	-67,2
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,3
Media da reader (dBm)	-66,677	-67,186
Count/s	20,257	20,575

Osservazioni: il Tag non cambia RSSI entro gli errori.

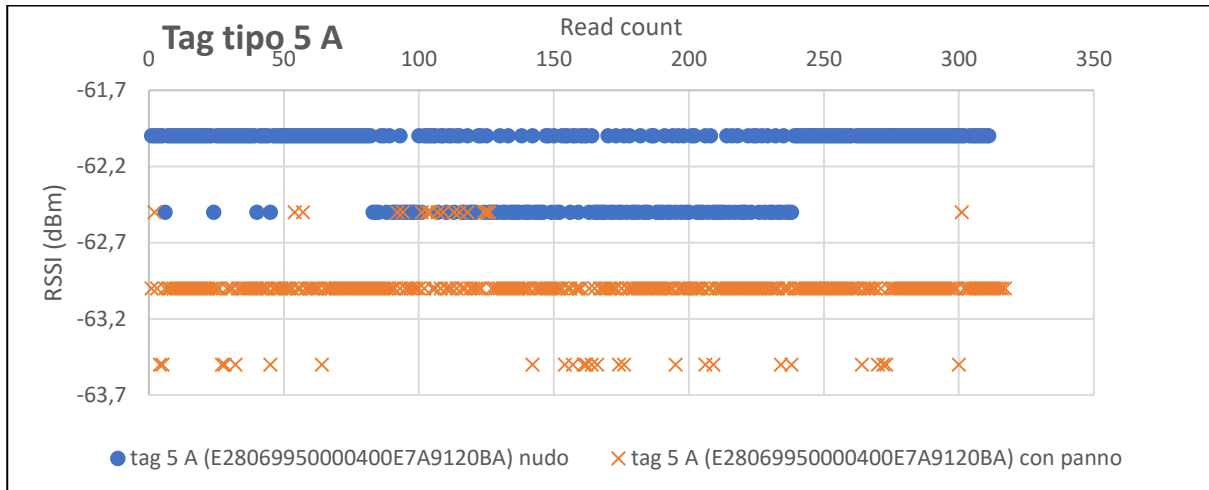
Tag tipo 4 – A (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	007250770000000000000000 nudo	007250770000000000000000 con panno
Media (dBm)	-66,7	-67,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,2
Media da reader (dBm)	-66,731	-67,113
Count/s	20,509	20,786

Osservazioni: il Tag non cambia RSSI entro gli errori.

Tag tipo 5 – A (protetto con busta con finestra antenna verticale)



	E28069950000400E7A9120BA nudo	E28069950000400E7A9120BA con panno
Media (dBm)	-62,2	-63,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,2	0,2
Media da reader (dBm)	-62,149	-63,010
Count/s	20,529	20,693

Osservazioni: il Tag peggiora di poco le prestazioni RSSI.

15.13.2. Esito delle misure e osservazioni

Le misure indicano che la RSSI non è praticamente influenzata dalla presenza di un panno e quindi presumibilmente dai vestiti sui quali il Tag è applicato. Le RSSI sono sempre al di sopra della *Rx Sensitivity* del reader pur essendo a 2,5 m di distanza. Dobbiamo però considerare che la misura è stata fatta in condizioni ideali di reader e ambiente di prova. Il reader è settato alla massima potenza ma questo non è scontato. Infatti potrebbe essere volutamente diminuita la sensibilità dell'antenna per scopi di progetto.

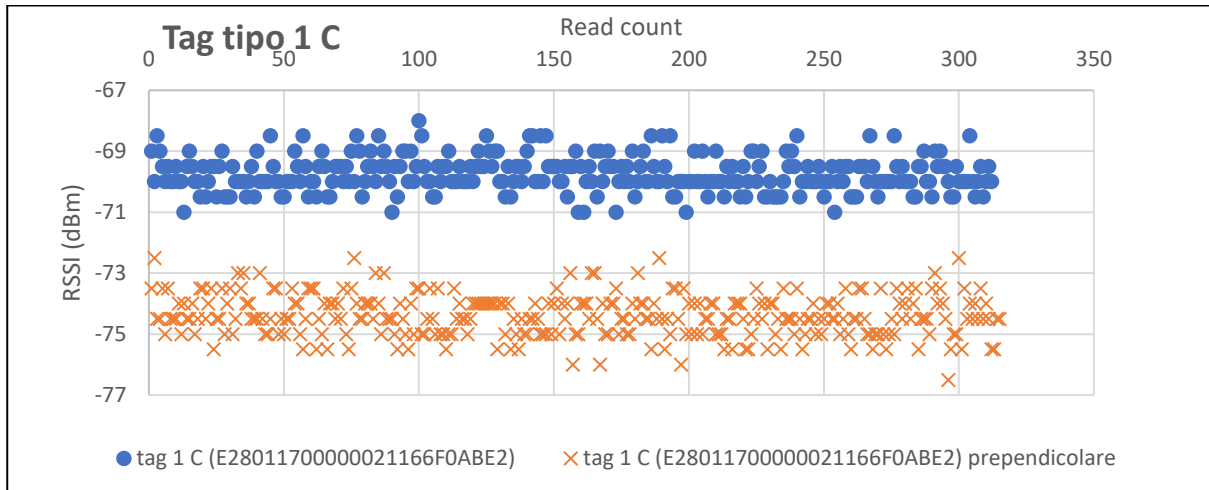
15.14. Verifica dell'influenza del piano del Tag (Tag nudo)

Disponiamo i 7 Tag scelti su un piano perpendicolare a quello dell'antenna. Li mettiamo su un piano orizzontale sempre mantenendo costanti le altre configurazioni di default. Ogni Tag è stato misurato singolarmente tenendo gli altri fuori portata dell'antenna per poterne individuare l'EPC. Abbiamo dapprima rimisurato i valori del Tag in posizione di default e poi lo abbiamo disposto sul piano perpendicolare all'antenna e parallelo al terreno confrontandone i valori. Per questa misura abbiamo tolto il Tag dalla busta di plastica dato che qualche volta risultava illeggibile. In ogni posizione il Tag risulta quindi nudo.

15.14.1. Misure

- Scopo: misura dell'influenza sulla RSSI del piano su cui è disposto il Tag rispetto a quello dell'antenna
- Campione: 1 Tag per tipo nudo (tenuto in posizione con pinzette)
- Target e antenna: su piani paralleli per prendere il riferimento iniziale e poi perpendicolari (il Tag si dispone orizzontalmente, parallelo al pavimento)
- Distanza antenna - target = 2.5 m
- Altezza centro antenna da suolo = altezza target = 1.2 m
- Configurazione reader: default (impinj-15-60-9e-openapi-schema.json)
- Logging attivato senza *unique tag*
- Effettuiamo due misure di circa 300 conteggi per Tag, e interrompiamo la misura per poter girare il target. Avremo quindi due file di log per Tag
- Dati delle misure in `..\Misure\20231005__log_default_perp`
- Uniamo in seguito i file CSV in un unico file es `tipo_1_C_perp.csv` per i calcoli e le verifiche
- Nota: riportiamo nelle tabelle il valore di numero di conteggi e la RSSI media che software *Impinj ItemTest* calcola in automatico durante il *run*

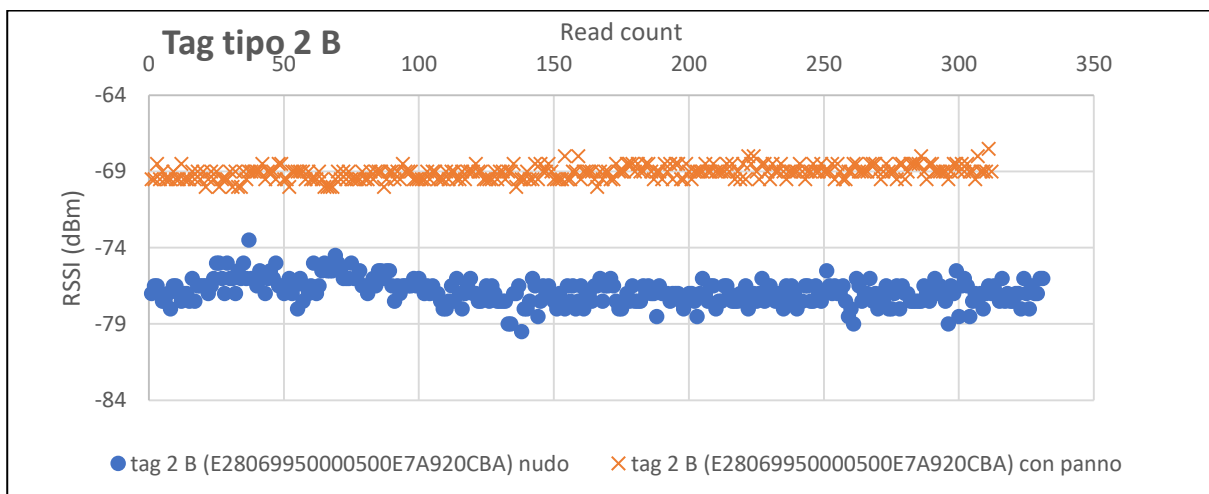
Tag tipo 1 – C (nudo su piano orizzontale)



	E28011700000021166F0ABE2	E28011700000021166F0ABE2 perpendicolare
Media (dBm)	-69,8	-74,4
Scarto quadratico medio (dBm)	0,6	0,7
Media da reader (dBm)	-69,712	-74,339
Count/s	19,811	20,363

Osservazioni: ci sono state difficoltà a posizionare il Tag a 1,2 metri orizzontale (default) perché non veniva letto. La misura è stata quindi ottenuta spostando leggermente il Tag più in alto o più in basso fino a venir letto ma ne è risultata una grande dispersione ed un basso count rate per la letture col *preset default*. Il Tag così come è stato letto migliora la RSSI.

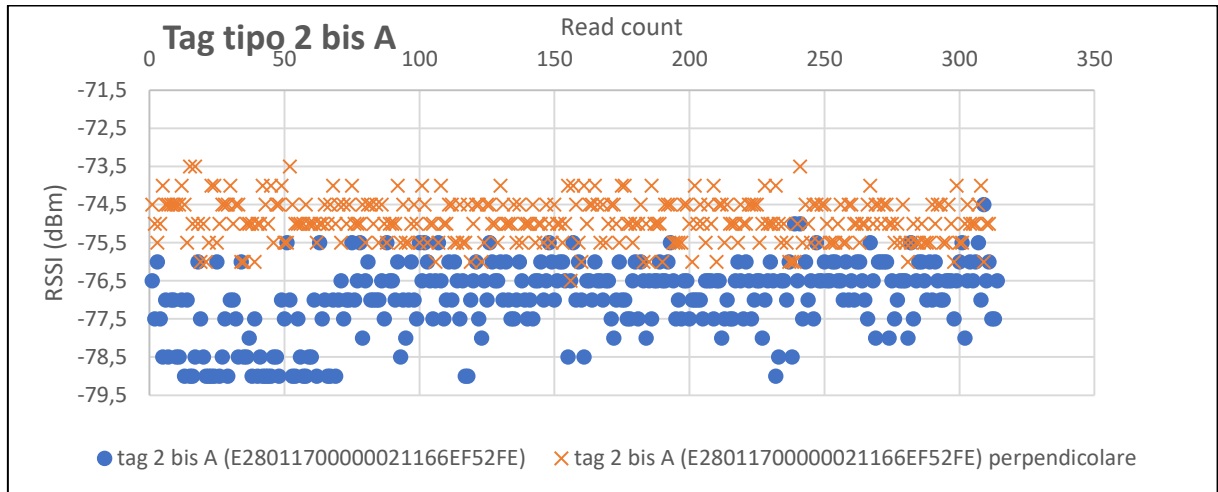
Tag tipo 2 – B (nudo su piano orizzontale)



	E28069950000500E7A920CBA	E28069950000500E7A920CBA perpendicolare
Media (dBm)	-76,9	-69,1
Scarto quadratico medio (dBm)	0,8	0,4
Media da reader (dBm)	-76,789	-69,066
Count/s	20,134	20,493

Osservazioni: il Tag migliora la RSSI se perpendicolare.

Tag tipo 2 bis – A (nudo su piano orizzontale)

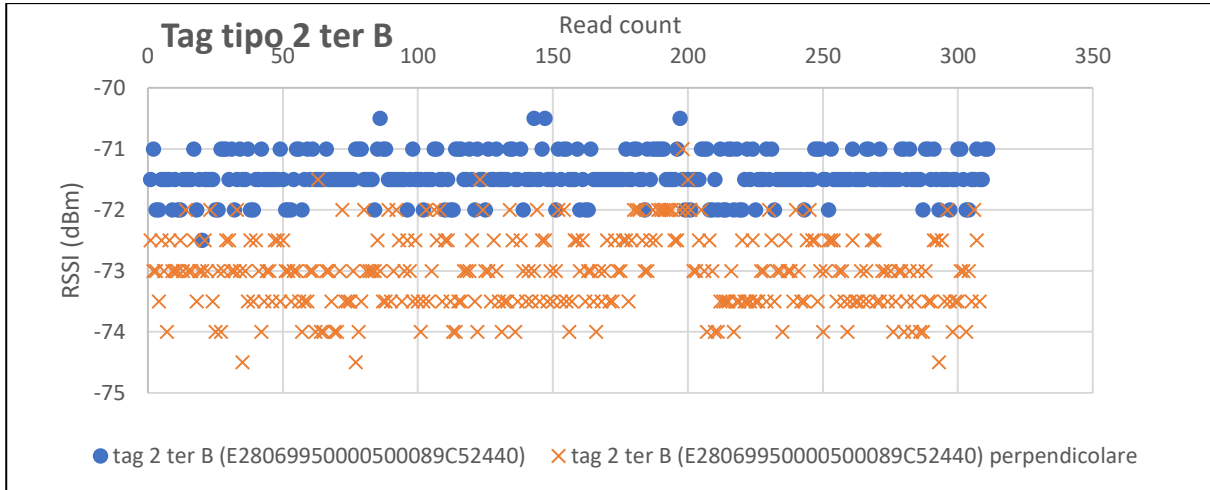


	E28011700000021166EF52FE	E28011700000021166EF52FE perpendicolare
Media (dBm)	-77,0	-74,9
Scarto quadratico medio (dBm)	1,0	0,6
Media da reader (dBm)	-76,887	-74,890
Count/s	18,997	20,878

Osservazioni: ci sono state difficoltà a posizionare il Tag a 1,2 metri orizzontale (default) perché non veniva letto. La misura è stata quindi ottenuta spostando leggermente il Tag più in alto o

più in basso fino a venir letto ma ne è risultata una grande dispersione ed un basso count rate.
 Il Tag così come è stato letto migliora la RSSI.

Tag tipo 2 ter – B (nudo su piano orizzontale)

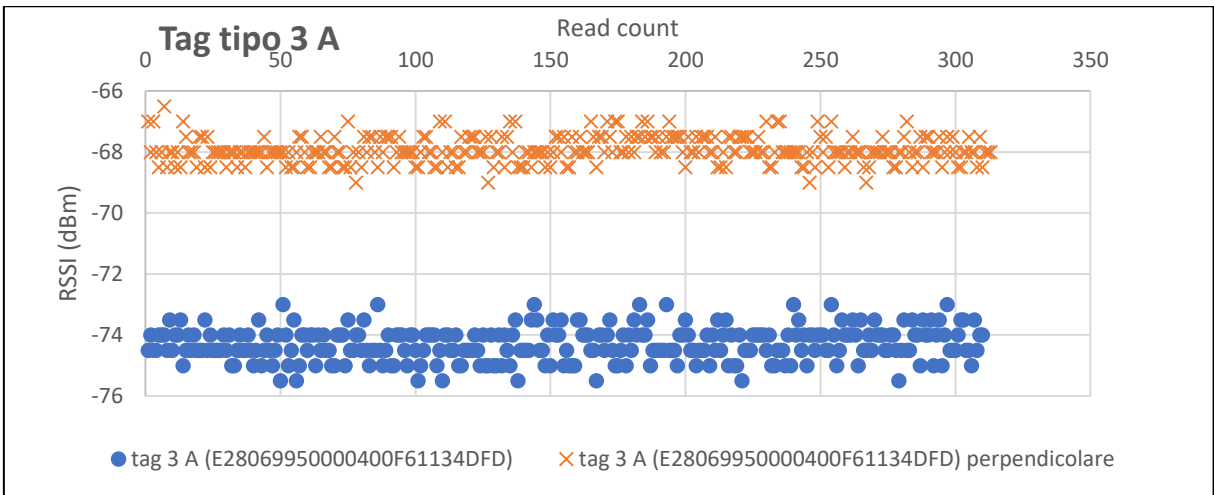


	E28069950000500089C52440	E28069950000500089C52440 perpendicolare
Media (dBm)	-71,4	-73,0
Scarto quadratico medio (dBm)	0,3	0,6
Media da reader (dBm)	-71,426	-72,990
Count/s	19,664	19,341

Osservazioni: ci sono state difficoltà a posizionare il Tag a 1,2 metri perpendicolare perché non veniva letto. La misura è stata quindi ottenuta spostando leggermente il Tag più in alto o più in basso fino a venir letto. Il Tag così come è stato letto peggiora la RSSI.

Per la posizione orizzontale si nota una grande dispersione delle misure. Il count rate è basso. Il Tag migliora la RSSI.

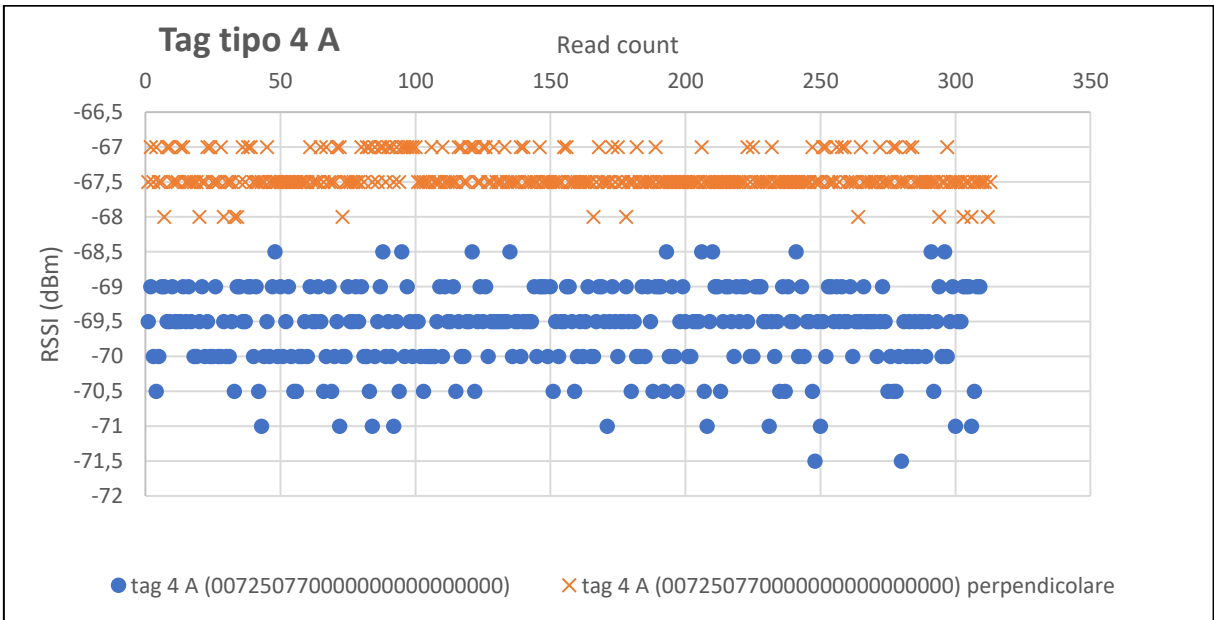
Tag tipo 3 – A (nudo su piano orizzontale)



	E28069950000400F61134DFD	E28069950000400F61134DFD perpendicolare
Media (dBm)	-74,3	-67,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,5	0,4
Media da reader (dBm)	-74,273	-67,898
Count/s	20,183	20,234

Osservazioni: il Tag migliora la RSSI.

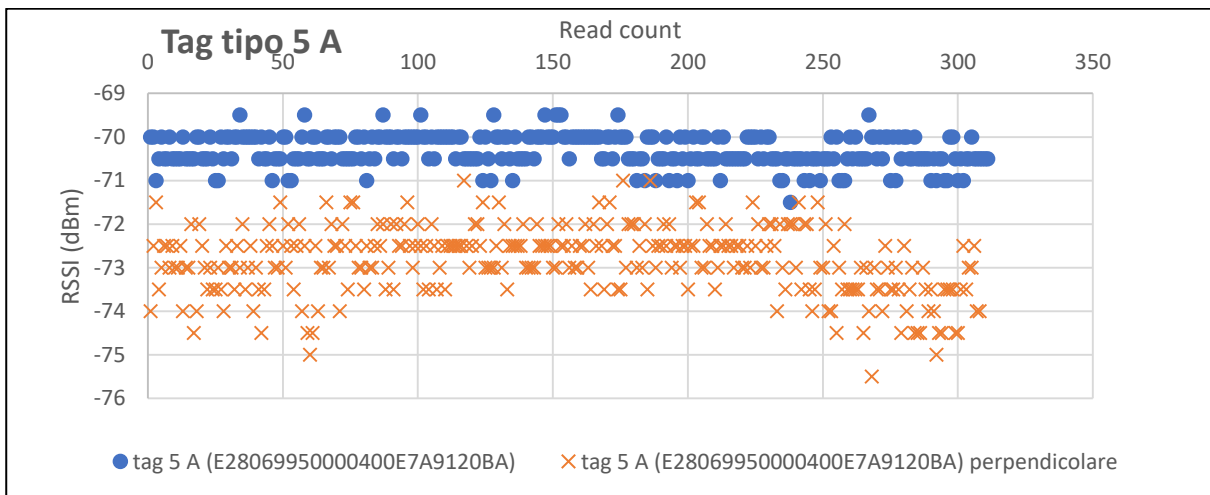
Tag tipo 4 – A (nudo su piano orizzontale)



	007250770000000000000000	007250770000000000000000 perpendicolare
Media (dBm)	-69,6	-67,4
Scarto quadratico medio (dBm)	0,6	0,2
Media da reader (dBm)	-69,577	-67,401
Count/s	19,279	20,014

Osservazioni: il Tag non era leggibile in posizione di default perché tenendolo con la pinzetta la sua posizione è cambiata leggermente rispetto alle misure preliminari. Questo si nota anche una grande dispersione delle misure confermata dal basso count rate. In ogni caso il Tag migliora la RSSI.

Tag tipo 5 – A (nudo su piano orizzontale)



	E28069950000400E7A9120BA	E28069950000400E7A9120BA perpendicolare
Media (dBm)	-70,3	-72,9
Scarto quadratico medio (dBm)	0,4	0,8
Media da reader (dBm)	-70,298	-72,791
Count/s	19,827	19,157

Osservazioni: ci sono state difficoltà a posizionare il Tag a 1,2 metri perpendicolare perché non veniva letto. La misura è stata quindi ottenuta spostando leggermente il Tag più in alto o più in basso fino a venir letto. Il Tag così come è stato letto migliora la RSSI ma si vede anche una grande dispersione delle misure confermata dal basso count rate.

15.14.2. Esito delle misure e osservazioni

Il Tag disposto su un piano orizzontale cambia la sua RSSI. Si dovrà tenere conto di questo quando si sceglierà la posizione delle antenne rispetto alle quali il Tag non dovrà essere visto “di taglio”. Complessivamente i Tag nudi sono stati misurati con difficoltà data la loro fragilità.

16. Conclusioni

Mediante il reader Impinj R700 ed il suo software di prova abbiamo misurato l'emissione RSSI di un campione di Tag UHF. Si voleva capire quali sono i fattori che influenzano l'emissione dei Tag e quindi la loro lettura per mezzo del reader poiché si vorrebbe applicarli su abiti per monitorare entrate ed uscite degli ospiti di una casa di riposo. Inoltre, l'uso del dispositivo ci ha permesso di capire quali sono i suoi parametri di configurazione fondamentali e di modificarli per gli scopi di progetto.

Potenza dell'antenna (*Power*), e sensibilità (*RX Sensitivity*) sono tra i più importanti. Maggiore è la potenza maggiore sarà la distanza di lettura mentre, diminuendo la sensibilità (più negativa), si riusciranno ad individuare segnali più deboli. Altri tre parametri che costituiscono uno *Scenario* sono l'*RF Mode*, il *Search Mode*, e la *Session*. L'*RF Mode* agisce sulla modulazione che codifica i dati emessi dall'antenna rendendo la lettura più o meno soggetta ad interferenze. Abbiamo usato l'impostazione di fabbrica secondo cui il reader ottimizza la propria configurazione. Il *Search Mode* si riferisce al comportamento del reader durante la lettura dei Tag. L'impostazione *Dual Target* fa sì che i tag letti passino dallo stato A (default), a B (*inventoried*). Quando non rimane più nessun Tag nello stato A il reader legge i Tag nello stato B che in seguito alla lettura passano allo stato A. La *Session*, infine, regola il comportamento del Tag dopo la lettura ed in particolare il tempo in cui rimane nello stato B. Impinj propone diversi *Scenarios*, cioè combinazioni di questi tre parametri, a seconda dell'uso. Nel nostro caso abbiamo mantenuto quasi sempre le impostazioni di default e agito soprattutto sui Tag.

Abbiamo svolto molte misure sui Tag sia protetti in buste di plastica per non danneggiarli che tenuti da pinzette e, ancora, con buste con ritagliata una finestra per l'antenna. Tutti i dati sono stati riportati in grafici per una analisi più agevole e se necessario sono state calcolate medie ed errori. Dapprima abbiamo misurato la RSSI di tutti i Tag per aver il quadro complessivo del materiale a disposizione. Misurando con diverse *Power* ci siamo resi conto che, anche se sono della stessa famiglia, i Tag non rispondono tutti allo stesso modo ma con piccole differenze gli uni rispetto agli altri. I Tag ci sono stati consegnati in buste; li abbiamo tenuti distinti e catalogati in 7 tipi diversi. Per le misure ne abbiamo scelti solo tre per ciascun tipo, ne abbiamo misurato l'equivalenza e scelto quello intermedio per le misure successive.

Un test importante è stato il *Margin Test* con il quale si sollecita il Tag con potenze crescenti da un minimo ad un massimo e se ne registra l'emissione. I risultati hanno confermato che i tag con antenna più grande sono più performanti.

La lettura di un Tag dipende solitamente da tre fattori: *Size, Orientation, Angle, Placement (SOAP)*. Le dimensioni dell'antenna, *Size*, influiscono sulla leggibilità del Tag come abbiamo verificato con le nostre misure. L'*Orientation*, ovvero se l'antenna del Tag è verticale o orizzontale è un altro fattore di cui tenere conto; i tag rispondono in modo diverso. Allo stesso modo, il piano del Tag rispetto a quello dell'antenna, *Angle*, influisce molto sulla lettura. Nel caso estremo il Tag non è leggibile. L'uso di due antenne con diverse inclinazioni potrebbe essere utile per ridurre al minimo la possibilità che un Tag non venga letto.

I tag sono stati misurati a varie distanze dall'antenna ed abbiamo appurato, come ci si aspetta, che la RSSI aumenta al diminuire della distanza seppure con delle eccezioni. Per questo motivo le misure sono state ripetute, ma il risultato è rimasto invariato. I comportamenti anomali si sono verificati anche per altri Tag, sempre alla stessa distanza. Sembrerebbe però un fenomeno legato alla stanza, cioè all'ambiente scelto per le prove. Questa contiene oggetti di vario tipo, mobili, pareti ecc., tutto contribuisce a creare riflessioni ed interferenze non prevedibili a priori. La configurazione reader-antenne dovrà tenere conto di questo per esempio impostando il corretto *preset* (cioè l'insieme di parametri del reader che ne costituiscono una configurazione), e disponendo le antenne in modo opportuno.

Abbiamo appurato che i vestiti rappresentati da un panno non influiscono molto sulla leggibilità ma nel nostro caso la lettura è stata fatta in condizioni "ideali": Tag fermo rispetto all'antenna e panno leggero.

Il test della distanza con *preset* diversi dal *default*, con minori *Power* e *Rx Sensitivity*, ha confermato l'andamento della RSSI che in questo caso è risultata minore rispetto al *default*. Si voleva inoltre vedere quale influenza avesse una persona in prossimità del Tag facendo una misura puramente qualitativa. Indicativamente la domanda che ci siamo posti era: tag non letto – ci avviciniamo al Tag – Tag letto? Quali sono i parametri affinché la lettura venga o no influenzata da una persona? Anche in questo si è confermato il ruolo fondamentale della *Rx Sensitivity*.

Una interessante misura è stata quella con due antenne. Esse sono state disposte una di fronte all'altra con il Tag al centro del segmento che le unisce abbiamo misurato la RSSI spostando il Tag verso una delle due. In un secondo momento abbiamo cambiato *Power* e *Rx Sensitivity* di

una sola delle due antenne in modo che una sola delle due leggesse il Tag. Possiamo così individuare un Tag in prossimità di un'antenna rispetto ad un'altra.

Possiamo concludere che l'uso dei Tag UHF è una tecnologia che può essere usata per il monitoraggio di persone. I Tag usati dovrebbero avere un'antenna sufficientemente grande per garantirne la lettura in tutte le circostanze e le antenne andranno posizionate in modo da leggere i Tag anche se applicati in posizioni "non ideali". In ultima istanza il reader Impinj R700 è sicuramente un valido dispositivo per eseguire la lettura dei Tag grazie anche alle molte possibilità di configurazione che lo contraddistinguono.

Appendice: documentazione disponibile

Tutta la documentazione, il software *ItemTest* e le librerie per lo sviluppo di applicazioni si trovano nella pagina support.impinj.com (Impinj, Inc., 2012 - 2022). La documentazione è aggiornata spesso dal produttore e quindi è conveniente verificare periodicamente la presenza di aggiornamenti importanti.

Nella tabella seguente vengono elencati i vari documenti/file che hanno fatto parte di questo studio e molti altri che costituiscono approfondimenti importanti sulle funzionalità del reader e sulla creazione di applicazioni.

Contenuto	Download	Note
Firmware	Current Firmware	Riservato ai partner autorizzati Impinj
	Current Firmware Release Notes	
Documentation	Quick Start Guide (Impinj, Inc., 2021) (Impinj R700 Quick Start Guide 20210423.pdf)	In ambiente Windows® permette un rapido avvio del dispositivo
	700 Product Brief & Datasheet (Impinj R700 RAIN RFID Reader Datasheet V4_1 20210715.pdf)	Datasheet del prodotto
	Certified Regions and Geographies	Illustra le diverse regioni e aree geografiche in cui ciascun lettore Impinj è certificato. L'argomento è soggetto a modifiche. Certificazione significa avere un numero di identificazione della regione LLRP e un certificato normativo ove richiesto. La certificazione normativa è volontaria in alcuni paesi. N/D indica che non esiste alcuna certificazione per quel dispositivo e quindi questo prodotto non può essere utilizzato in quella regione.
	Installation and Operations Guide (Impinj_R700_Installation_Operations_Guide.pdf)	Fornisce istruzioni dettagliate per l'installazione, la connessione, la configurazione, il funzionamento, l'aggiornamento e risoluzione dei problemi del reader R700. Permette di comprendere a che cosa serve il protocollo LLRP, come si può configurare il lettore con la giusta sensibilità delle antenne o come resettarlo in caso di problemi. Permette anche di creare un file di diagnosi da inviare ai tecnici Impinj nel caso fosse necessario.
	Reader WebUI User Guide (Impinj_R700_WebUI_User_Guide.pdf)	Uso dell'interfaccia utente Web nella gestione degli eventi e dei <i>preset</i> del dispositivo. Mediante l'interfaccia web, che possiamo considerare alternativa a RShell (interfaccia testuale per la configurazione), abbiamo la possibilità di configurare ed attivare il dispositivo in tutte le sue funzionalità. Possiamo anche

	caricare i <i>preset</i> preventivamente preparati, salvarli sul dispositivo ed attivarne il <i>run</i> .
Impinj R700 Antenna Hub Guide (Impinj_R700_Antenna_Hub_Guide.pdf)	Descrive l'installazione, la configurazione e il funzionamento dell'hub antenna Impinj R702. Il dispositivo non è disponibile.
RShell Reference Manual (Impinj_RShell_Reference_Manual.pdf)	RShell è l'interfaccia a riga di comando del lettore RFID Impinj R700. È possibile accedere all'interfaccia dopo aver effettuato l'accesso tramite una connessione seriale o SSH. In ambiente Windows possiamo usare la RShell mediante il prompt dei comandi (CMD): collegandoci al dispositivo con SSH secondo le modalità spiegate nel manuale ed accennate in questo lavoro possiamo configurare il reader mediante comandi RShell. Nota: ci sono cenni della RShell nel manuale Installation and Operations Guide che fornisce i primi rudimenti per l'uso della RShell.
Impinj R700 Regulatory Information (Impinj_R700_RAIN_RFID_Reader_Regulatory_Information_20210422.pdf)	Dichiarazione di conformità EU ed altre dichiarazioni.
Impinj R700 Drawing & CAD files (cartella compressa)	Disegni tecnici di reader e antenne
Impinj Octane Firmware Upgrade Reference Manual (Impinj_Reader_Firmware_Upgrade_Manual.pdf)	Istruzioni per l'aggiornamento del firmware Nota: ci sono cenni di come aggiornare il firmware anche nella installation and Operations Guide
Impinj Octane LLRP Manual	Descrive le funzionalità del protocollo LLRP (Low Level Reader Protocol) della versione software Impinj Octane 8.1.7 per il lettore Impinj R700, comprese le estensioni personalizzate Octane LLRP. Octane™ LLRP Toolkit (LTK) fornisce librerie Microsoft.NET, Java, C++ e C per lo sviluppo di applicazioni che richiedono un controllo di basso livello dei lettori Impinj® utilizzando il protocollo EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1.
Impinj LTK Programmer's Guide	Fornisce al programmatore esperto le informazioni necessarie per scrivere applicazioni RFID comunicare con i lettori Impinj Speedway™ (es. Impinj R700) tramite Octane™ LLRP. Fornisce agli ingegneri del software e/o dei sistemi informazioni per la creazione di applicazioni che faranno comunicare e controllare i lettori tramite il protocollo di lettura di basso livello (LLRP). E' necessaria la conoscenza preliminare di programmazione in C/C++, Java o or C#.
R700 Embedded Reader Development Guide (Impinj_R700_Embedded_Dev_Guide.pdf (*))	Questo documento descrive l'architettura del sistema e della piattaforma e le funzionalità di base di Impinj R700 e derivati da R700. È destinato agli sviluppatori di software embedded personalizzato da eseguire sui lettori della serie Impinj R700.

	Impinj Octane SNMP Manual (Impinj_R700_SNMP_8.1.zip)	Descrive il Simple Network Management Protocol (SNMP) di Impinj Octane
	RoHS Compliance EU Declaration of Conformity UK Declaration of Conformity	Certificazione RoHS, EU e UK
	Impinj R700 Technical FAQ	FAQ importanti (Impinj, Inc. Ted Yaku, 2023)
Software Utility	Impinj ItemTest Software v2.9.0 Required .NET: .NET 6.0 SDK	Applicazione software per testare il collegamento con i reader Impinj, gateway creare <i>preset</i> esportabili. L'uso di questo software è descritto dal manuale incluso nella cartella compressa (manuale ItemTestUserGuide.pdf), ed anche nella Quick Start Guide. Si tratta del software principalmente usato in questo scritto anche per il test dei Tag. I file di <i>log</i> prodotti sono stati rielaborati per poter presentare i risultati delle misure in forma grafica.
Development Libraries	Host Libraries - SDK .NET (v4.2.0) via NuGet.org* - SDK Java (v4.2.0) - LTK .NET (v11.4.0) via NuGet.org* - LTK Java (v11.4.0) - LTK C++ Linux (v11.2.0) - LTK C (v11.2.0) - LTK Impinj Definition Files (v10.50.0)	Librerie ed esempi per la creazione di applicazioni in ambienti .NET, Java, C++ ecc.. Abbiamo provato la SDK Java su Netbeans per Windows.
	RESTful Interface - Impinj IoT Device Interface	L'interfaccia del dispositivo Impinj IoT (Impinj IoT Interface), include un'API REST di configurazione del lettore e un'interfaccia utente Web che consentono agli sviluppatori IoT di connettere facilmente le applicazioni per configurare e controllare i dispositivi e di elaborare dati RAIN. Con il supporto nativo per formati di dati e protocolli standard del settore, come lo streaming HTTP e l'output MQTT, l'interfaccia IoT di Impinj semplifica la scalabilità progettando rapidamente soluzioni che si integreranno con le piattaforme IoT.
	Embedded/On-Reader Development Embedded Development Tools v8.1 (8.1.0_Octane_Embedded_Development_Tools.tar.gz) Embedded Development Quick Start Guide (Impinj_R700_8.0_ETK_Quick_Start_Guide.pdf)	Si tratta di tool di sviluppo per Linux
	- Impinj Embedded Developer's Guide (Impinj_Reader_Gateway_Emb_Developers_Guide.pdf)	Questo documento descrive la piattaforma Impinj Speedway e l'architettura di alto livello. È indirizzato a sviluppatori di software embedded che progettano software applicativo personalizzato da eseguire su

		<p>prodotti Impinj Speedway Reader, xPortal, xArray e xSpan Gateway.</p> <p>Descrive ad alto livello come utilizzare le funzionalità di base del reader. Questo documento fornisce inoltre informazioni dettagliate sull'architettura della piattaforma fornito da Impinj agli sviluppatori di software incorporato di applicazioni personalizzate.</p> <p>Le informazioni contenute in questo documento si riferiscono al firmware del lettore Impinj, versione 8.1.</p>
	- R700 Embedded Reader Development Guide	Vedi sopra
Application Notes	<p>Speedway to R700: Migration Application Note (R420 R700 Differences)</p> <p>Configure Inventory using presets</p> <p>Troubleshooting MQTT Brokers</p> <p>Connecting GPIO Devices to Impinj R700</p> <p>...More Application Notes</p>	Documentazione varia per l'uso del reader

Glossario

AccessSpec

Specifica di accesso. Insieme di informazioni che viene passato al reader per descrivere una serie di operazioni da eseguire su un Tag. Include un set di filtri che descrive la popolazione di Tag a cui si applica questa regola. Include anche un elenco di comandi di lettura, scrittura, blocco e kill da eseguire su ciascun Tag che corrisponde al filtro.

AISpec

Antenna Inventory Specification. Un ROSpec contiene un elenco di AISpec che vengono eseguiti in ordine. Ogni AISpec contiene parametri RF, parametri di inventario e durata.

AntennaConfiguration

Ogni AISpec potrebbe contenere uno o più parametri AntennaConfiguration. Questi parametri descrivono i parametri RF (potenza, frequenza, sensibilità di ricezione) e le impostazioni Gen2 (modalità, filtri, sessione) da utilizzare durante un'esecuzione AISpec.

CLI

Command line interface. Interfaccia con riga di Comando es. RShell. È possibile accedere all'interfaccia dopo aver effettuato l'accesso tramite una connessione seriale o SSH. È possibile utilizzare la CLI per configurare, mantenere e interrogare lo stato del reader.

cURL

cURL viene utilizzato nelle righe di comando o negli script per trasferire i dati. Esegue trasferimenti Internet per le risorse specificate come URL utilizzando i protocolli Internet. E' utilizzato in automobili, televisori, router, stampanti, apparecchiature audio, telefoni cellulari, tablet, dispositivi medici, set-top box, giochi per computer, lettori multimediali ed è il motore di trasferimento Internet per migliaia di applicazioni software in oltre venti miliardi di installazioni. Tutto ciò che è correlato ai trasferimenti di protocollo Internet può essere considerato di competenza di Curl. La libreria viene utilizzata in ogni tipo immaginabile di dispositivo incorporato in cui sono necessari trasferimenti Internet: infotainment per auto, televisori, lettori Blu-Ray, set-top box, stampanti, router, sistemi di gioco, ecc.

Custom Extension

Un meccanismo di LLRP che consente ai fornitori di aggiungere funzionalità oltre il comportamento standard di LLRP.

Data Source

Un reader o un gateway Impinj

Dispositivo edge

Endpoint della rete ovvero l'interfaccia tra il data center e il mondo reale. I dispositivi edge raccolgono o comunicano informazioni. Vanno dai semplici sensori ai complessi sistemi industriali: possono essere scanner e smartphone, dispositivi medici e strumenti scientifici, veicoli a guida autonoma e macchine automatizzate, vale a dire ogni "cosa" che fa parte dell'Internet of Things. Come dice il nome si trovano sul confine tra i processi digitali e l'ambiente fisico.

Electronic Product Code (EPC)

Sia un numero univoco che identifica un Tag RFID RAIN sia un banco di memoria in cui detto numero è memorizzato.

Effective/Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP)

La potenza elettromagnetica effettiva irradiata da un'antenna ideale che emette un'intensità del segnale sfericamente uniforme in tutte le direzioni.

Gateway

Un lettore Impinj con antenne integrate. Impinj xPortal, xSpan e gateway xArray sono gateway

GS1

Organizzazione non profit che sviluppa e mantiene standard globali per la comunicazione tra imprese. Il più noto fra questi standard è il codice a barre, un simbolo grafico stampato sui prodotti che può essere scannerizzato elettronicamente. Più di 100 milioni di prodotti riportano i codici a barre GS1 e generano più di sei miliardi di scansioni al giorno. GS1 è formata da 115 organizzazioni (Member Organization, o M.O.) e fornisce servizi a più di due milioni di aziende a livello globale. Gli standard e i servizi GS1 sono progettati per migliorare l'efficienza, la sicurezza e la visibilità delle supply chain, attraverso strumenti fisici e digitali, in un'ampia gamma di settori diversi.

Nome host

Nome del dispositivo. Si tratta, nel caso di Impinj R700, della parola: impinj-XX-XX-XX.

Qui al posto dei caratteri XX-XX-XX dovremo scrivere le ultime 3 coppie di cifre

esadecimali dell'indirizzo MAC del lettore, ad esempio impinj-16-60-9e è il nostro dispositivo. Con la scrittura di <https://impinj-16-60-9e> nella barra dell'indirizzo di un browser web supportato possiamo accedere alla pagine web della WebUI (*Web User Interface*)

Utilizzando Utente: root e password di default: impinj

EPCglobal

Vedi paragrafo specifico

FOV

Field-of-view. L'estensione angolare osservabile da un reader in un dato momento. Questo è in genere correlato al tipo, al numero e alla posizione delle antenne.

Impinj LTK

Si tratta della LTK, che è stata estesa, compilata, testata e confezionata da Impinj per l'uso con Readers.

LLRP

The EPCglobal Low Level Reader Protocol standard. LLRP è un protocollo binario standard, asimmetrico, utilizzato per la comunicazione tra un'applicazione client e il lettore. LLRP controlla la sensibilità di ricezione del lettore, la configurazione della potenza di trasmissione dell'antenna e la configurazione operativa del lettore.

Per ulteriori informazioni, consultare i seguenti documenti:

- Standard LLRP Questo documento fornisce le specifiche dello standard LLRP ratificato da EPCglobal (GS1, 2007)

Octane LTK (Impinj)

Octane™ LLRP Toolkit (LTK) fornisce librerie Microsoft .NET, Java, C++ e C per lo sviluppo di applicazioni che richiedono un controllo di basso livello dei lettori Impinj® utilizzando il protocollo EPCglobal Low Level Reader Protocol (LLRP) v1.0.1. Questa libreria è destinata all'uso come libreria di base per Octane SDK che risulta più semplice e consigliata per lo sviluppo di applicazioni.

Octane SDK (Impinj)

Octane™ SDK fornisce librerie Java e .NET per sviluppare applicazioni RAIN RFID basate su host (off-reader). L'SDK fornisce un modo semplice ma potente per controllare i lettori Impinj®

e raccogliere dati senza la necessità di comprendere i costrutti di livello inferiore del protocollo LLRP (Low Level Reader Protocol). Il pacchetto della libreria include esempi che mostrano come utilizzare la libreria.

Reader

Lettore Impinj senza antenne integrate. I lettori Impinj Speedway Revolution R120, R220 e R420 e Impinj R700 sono reader. Il termine reader è usato come sinonimo di R700 RFID reader.

RO

Reader Operations. Il gruppo istituito all'interno di EPCglobal per definire LLRP.

ROSpec

Reader Operation Specification. Questo elemento di dati viene passato al Lettore per descrivere un'operazione di inventario attivata e delimitata (inizio e fine).

RSSI

Received Signal Strength Indicator. Misurata in dBm è la Potenza ricevuta dal Tag letto dal reader.

Rx Sensitivity

Misura della potenza minima del segnale che un ricevitore può rilevare. Indica il segnale più debole che saremo in grado di identificare ed elaborare. Rappresenta quindi quanto debole può essere un segnale in ingresso per essere ricevuto con successo dal ricevitore; se il livello di potenza è basso avremo la possibilità di ricevere ed elaborare segnali deboli e tutti i segnali al di sotto della soglia impostata saranno ignorati. Ad esempio, una sensibilità del ricevitore di -80 dBm è più performante di -70 dBm, o in altri termini ricevitore di -80 dBm è più sensibile e può ricevere segnali di potenza inferiore rispetto all'altro.

Showcase

Tipi di dispositivi che ItemTest può gestire. Esistono quattro tipi di *Showcase*: Inventory, Location, Direction, e Tag Memory Access.

- I lettori SpeedwayR e R700 supportano solo le *Showcase Inventory* e *Tag Memory Access*
- I gateway xSpan supportano tutti i tipi Showcase tranne Location
- I gateway xArray supportano tutti e quattro i tipi Showcase.

SNMP - Simple Network Management Protocol

E' un protocollo a livello applicazione definito dall'IAB (*Internet Architecture Board*) nell'RFC1157 per lo scambio di informazioni di gestione tra dispositivi di rete. Il protocollo fa parte della suite di protocolli TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). SNMP è uno dei protocolli ampiamente accettati per la gestione e il monitoraggio degli elementi di rete. La maggior parte degli elementi di rete di tipo professionale sono accompagnati da un agente SNMP. Questi agenti devono essere attivati e configurati per comunicare con il sistema di gestione della rete (NMS).

SSH

Secure SHell - protocollo che permette di stabilire una sessione remota cifrata tramite interfaccia a riga di comando con un altro host di una rete informatica. Ha sostituito l'analogo, ma insicuro, Telnet. Mediante SSH possiamo accedere alla RShell del reader che permette di vederne i parametri, monitorarne il funzionamento e modificare la sua configurazione.

STL

Standard Template Library.

Tag Identifier (TID)

Sia un numero univoco e **non modificabile** scritto su un TAG dal produttore (del Tag), sia un nome del banco di memoria in cui è memorizzato detto numero.

Tag of Interest (TOI):

Un Tag RFID RAIN di cui si conosce il codice elettronico del prodotto (EPC) prima della sua lettura.

Indice delle figure

Figura 1 Il reader Impinj R700	15
Figura 2 Caratteristiche di R700 con quelle degli altri lettori Impinj.....	16
Figura 3 Specifiche del reader RFID Impinj R700.....	17
Figura 4 Connettività di Impinj R700	17
Figura 5 Diagramma a blocchi di Impinj R700	17
Figura 6 La dialog Add Data Source	21
Figura 7 Datasources disponibili.....	21
Figura 8 Finestra Add Data Source con il nostro reader.....	21
Figura 9 Lista dei Tag vuota	22
Figura 10 Lista dei Tag popolata. In grigio quelli letti da più tempo	23
Figura 11 Configurazione dell'Inventory della DataSource	25
Figura 12 Attivazione del preset Inventory1	26
Figura 13 Attivazione di Tag Memory Access.....	26
Figura 14 Tag Memory Showcase.....	27
Figura 15 Tag of Interest.....	27
Figura 16 Impostazioni dell'Inventory	28
Figura 17 Tag Logging	28
Figura 18 Console con i comandi per la connessione a RShell.....	31
Figura 19 Esito del comando help digitato in RShell	31
Figura 20 Change interfce in WebUI.....	32
Figura 21 Messaggio in WebUI al cambio dell'interfaccia.....	33
Figura 22 Messaggio di sicurezza del browser quando si accede alla WebUI.....	35
Figura 23 Messaggio di sicurezza del browser quando si accede alla WebUI.....	35
Figura 24 Interfaccia WebUI	36
Figura 25 Profile preser di WebUI	36
Figura 26 Modifica del preset 1/3	37
Figura 27 Modifica del preset 2/3	37
Figura 28 Modifica del preset 3/3	37
Figura 29 Visualizzazione dell'endpoint del reader col comando curl	39
Figura 30 Netbeans con le librerie Java.....	43
Figura 31 La classe Java testata	44
Figura 32 Impinj ItemTest pronto per l'izio della lettura dei tag (run).....	49

Figura 33 Confronto tra i Miller di diverso tipo	50
Figura 34 Significato di Search Mode Dual Target (support.impinj.com (Mike Lenehan Impinj, inc., 2023))	50
Figura 35 Inventorying Stationary Tags.....	51
Figura 36 Detecting when a Tagged Item is removed from an area.....	52
Figura 37 Items moving through a portal.....	52
Figura 38 Schermata principale con attivo il preset default	52
Figura 39 Dettaglio di SHOWCASE - INVENTORY con evidenziato il pulsante di configurazione.....	53
Figura 40 Additional features: "Reset Tags to State A".....	53
Figura 41 L'ambiente di prova.....	54
Figura 42 Esempio di Showcase Inventory. Preset default (31.5 dBm)	59
Figura 43 Inventory Run Scenario	79
Figura 44 Parametri del Margin Test.....	79
Figura 45 Posizione orizzontale del Tag in busta	90
Figura 46 Schermata del preset test	122
Figura 47 Schema dell'ambiente di misura	123
Figura 48 Schema dell'ambiente di prova.....	132
Figura 49 Schermata del preset2_ant che configura 2 antenne.....	133
Figura 50 Schermata del preset usato per la misura 3	136
Figura 51 Schermata del preset usato per la misura 4	138
Figura 52 Schermata del preset usato nella misura 5.....	140
Figura 53 Schermata del preset usato nella misura 6.....	142

Bibliografia

- Alien Technology, LLC. (2020, February 21). *Higgs® 3 - Alien Technology*. Retrieved from [www.alientechnology.com: https://www.alientechnology.com/products/ic/higgs-3/](https://www.alientechnology.com/products/ic/higgs-3/)
- GS1. (2007, August 13). *Low Level Reader Protocol v 1.0.1 - llrp_1_0_1*. Retrieved from [gs1.org: https://gs1.org/sites/default/files/docs/epc/llrp_1_0_1-standard-20070813.pdf](https://gs1.org/sites/default/files/docs/epc/llrp_1_0_1-standard-20070813.pdf)
- GS1. (2015, October). *Conformance Requirements*. Retrieved from [www.gs1.org: https://www.gs1.org/docs/epc/Gen2_conformance_requirements.pdf](https://www.gs1.org/docs/epc/Gen2_conformance_requirements.pdf)
- GS1. (2023). *EPC Tag Data Standard (TDS) | GS1*. Retrieved from [www.gs1.org/: https://www.gs1.org/standards/tds](https://www.gs1.org/standards/tds)
- GS1. (n.d.). *www.gs1.org/epcglobal*. Retrieved from [www.gs1.org: https://www.gs1.org/epcglobal](https://www.gs1.org/epcglobal)
- Impinj, Inc. (2021). *Impinj Monza R6 - Impinj Monza R6 Tag Chip Datasheet V7 20210521.pdf*. Retrieved from [www.impinj.com: https://support.impinj.com/hc/article_attachments/1500019253582/Impinj_Monza_R6_Tag_Chip_Datasheet_V7_20210521.pdf](https://support.impinj.com/hc/article_attachments/1500019253582/Impinj_Monza_R6_Tag_Chip_Datasheet_V7_20210521.pdf)
- Impinj, Inc Daniel Cohen. (2023, March 16). *support.impinj.com*. Retrieved from [SSL Certificate errors when connecting to the Impinj R700 Reader – Impinj Support Portal: https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/360018843520](https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/360018843520)
- Impinj, Inc. (2012 - 2022). *Impinj Support Portal*. Retrieved from [support.impinj.com: https://support.impinj.com/hc/en-us](https://support.impinj.com/hc/en-us)
- Impinj, Inc. (2021). *Impinj R700 Quick Start Guide - Impinj R700 Quick Start Guide 20210423.pdf*. Retrieved from [support.impinj.com: https://support.impinj.com/hc/article_attachments/1500012132321](https://support.impinj.com/hc/article_attachments/1500012132321)
- Impinj, Inc. (2021). *Impinj R700 RAIN RFID Reader*. Retrieved from [www.impinj.com: https://support.impinj.com/hc/article_attachments/4403752110867/Impinj_R700_RAIN_RFID_Reader_Datasheet_V4_1_20210715.pdf](https://support.impinj.com/hc/article_attachments/4403752110867/Impinj_R700_RAIN_RFID_Reader_Datasheet_V4_1_20210715.pdf)
- Impinj, Inc. (2022). *Impinj ItemTest Software – Impinj Support Portal*. Retrieved from [www.impinj.com: https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/204059593-Impinj-ItemTest-Software](https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/204059593-Impinj-ItemTest-Software)
- Impinj, Inc. (2022-2023). *Customer Support - Impinj_R700_Installation_Operations_Guide.pdf - Tutti i documenti*. Retrieved from [www.impinj.com: https://impinj.sharepoint.com/sites/CustomerSupport/Shared%20Documents/Forms/Allite](https://impinj.sharepoint.com/sites/CustomerSupport/Shared%20Documents/Forms/Allite)

ms.aspx?ga=1&id=%2Fsites%2FCustomerSupport%2FShared%20Documents%2FSupport%20Portal%2FSystems%2FR700%2FDocumentation%2FImpinj%5FR700%5FDocumentation%5Fv8%2E1%2E7%2FImpinj%5F

Impinj, Inc. Daniel Cohen. (2023, March 16). *How to configure HTTP and HTTPS on the Impinj R700 Reader – Impinj Support Portal*. Retrieved from support.impinj.com:

<https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/360017447560-How-to-configure-HTTP-and-HTTPS-on-the-Impinj-R700-Reader>

Impinj, Inc. (n.d.). *Impinj IoT Device Interface | Impinj Developers*. Retrieved from platform.impinj.com:

https://platform.impinj.com/site/docs/reader_api_welcome/index.gsp?&_ga=2.158842042.107084331.1694405118-1788435025.1690948382

Impinj, Inc. Jonathan Newkirk. (2023, August 31). *What Reader Mode, Session, and Search Mode should I use for my application?* Retrieved from support.impinj.com:

<https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/360017167239-What-Reader-Mode-Session-and-Search-Mode-should-I-use-for-my-application->

Impinj, Inc. Mike Lenehan. (2023, August 31). *Impinj R700 Reader Documents & Downloads – Impinj Support Portal*. Retrieved from support.impinj.com: <https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/360011676720-Impinj-R700-Reader-Documents-Downloads>

Impinj, Inc. Mike Lenehan. (2023, March 11). *Understanding EPC Gen2 Search Modes and Sessions – Impinj Support Portal*. Retrieved from support.impinj.com:

<https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/202756158-Understanding-EPC-Gen2-Search-Modes-and-Sessions>

Impinj, Inc. Ted Yaku. (2023, August 25). *Impinj R700 RAIN RFID Reader Technical FAQ – Impinj Support Portal*. Retrieved from support.impinj.com: <https://support.impinj.com/hc/en-us/articles/4402809200147-Impinj-R700-RAIN-RFID-Reader-Technical-FAQ?>

NXP Semiconductors. (2006-2023). *UCODE® 9 Accelerates the IoT | NXP Semiconductors*. Retrieved from www.nxp.com: <https://www.nxp.com/products/rfid-nfc/ucode-rain-rfid-uhf/ucode-9-accelerates-the-iot:SL3S1206FUD2>

RFID.it. (2023). *rfid.it*. Retrieved from Tag RFID, lettori e antenne UHF - RFID.it: <https://rfid.it/it/>

TP-Link. (2023). *TL-POE160S | Injector PoE+ IEEE802.3af/at | TP-Link Italia*. Retrieved from www.tp-link.com: <https://www.tp-link.com/it/business-networking/accessory/tl-poe160s/>