



Dipartimento di Prevenzione  
**Servizio Prevenzione Igiene e Sicurezza  
negli Ambienti di Lavoro (SPISAL)**  
Via IV Novembre, 46 – 36100 VICENZA VI  
**Direttore: Dr. Celestino Piz**

li \_\_\_\_\_

## **PREVENIRE LE COLLISIONI MACCHINE – PEDONI (dispositivi d'aiuto alla conduzione dei mezzi)**

### **Sommario**

▶ INTRODUZIONE .....	2
▶ IL CONTESTO .....	2
▶ L'AIUTO ALLA GUIDA.....	2
▶ DEFINIRE I PROPRI BISOGNI DI RILEVAZIONE.....	3
▶ SEGNALAZIONE DI PERSONE CON "SCRUTATORE LASER" .....	5
▶ SEGNALAZIONE DI PERSONE CON "TECNICHE ULTRASONORE" .....	10
▶ RIVELAZIONE DI PERSONE CON "ONDE ELETTROMAGNETICHE" .....	18

### **Indice delle figure**

<i>Figura 1: Schema del principio di funzionamento "scrutatore laser" .....</i>	5
<i>Figura 2: Vista dall'alto.....</i>	6
<i>Figura 3: Vista lateralmente Attenzione l'altezza della zona di intercettazione in rapporto al suolo deve permettere di intercettare una persona sdraiata al suolo.....</i>	6
<i>Figura 4: Principio d'intercettazione dell'ostacolo .....</i>	10
<i>Figura 5: Tecnica usata per la misura della distanza .....</i>	11
<i>Figura 6: Zone di ricezione .....</i>	12
<i>Figura 7: Capacità di ricezione del trasduttore in funzione del materiale (poco o molto assorbente).....</i>	13
<i>Figura 8: Capacità di ricezione del trasduttore in funzione del materiale (riflessi, superficie irregolare).....</i>	14
<i>Figura 9:Influenza del vento sulla ricezione .....</i>	15
<i>Figura 10: Disposizione possibile di un'unità di rilevazione monoblocco (R = ricettore, T = emettitore).....</i>	16
<i>Figura 11: Schema del principio di funzionamento.....</i>	18
<i>Figura 12: Zona di rivelazione .....</i>	19
<i>Fig. 13: Esempio di installazione di un rivelatore su un dumper (antenna sopra avvisatore sonoro qui a fianco).....</i>	20
<i>Fig. 14: Badge portato alla cintura in una tasca o al polso.....</i>	21



Servizio Certificato ISO 9001:2008

## ► INTRODUZIONE

Questo piccolo manuale è la traduzione del documento “PREVENIRE LE COLLISIONI MACCHINE - PEDONI”, prodotto dal INRS (Istituto Nazionale di Ricerca e di Sicurezza francese).

Anche se i dispositivi per rilevare le persone sono ancora in una fase sperimentale (e per questo, come detto più avanti è fondamentale innanzitutto mettere in atto delle misure di sicurezza di tipo organizzativo), abbiamo pensato che fosse utile tradurlo perché anche da noi sono accaduti infortuni sul lavoro, spesso mortali, dovuti all’investimento di macchine.

---

## ► IL CONTESTO

Gli infortuni a persone che lavorano in prossimità di macchine mobili sono ancora numerosi malgrado i progressi tecnici compiuti in merito a nuovi materiali e alla formazione dei conducenti di mezzi. Riguardano numerosi tipi di attività e di mezzi, per esempio:

- le costruzioni quando si utilizzano macchine da cantiere (pale cariatrici, livellatrici, escavatrici scaricatrici.....);
- la raccolta e la cernita di rifiuti (camion per rifiuti domestici, carrelli semoventi, cariatrici, carrelli telescopici);
- la movimentazione con carrelli semoventi, per esempio nel campo manifatturiero, l’industria agro alimentare, la logistica.

La prevenzione delle collisioni macchine – pedoni può essere realizzata in primo luogo con misure organizzative e con il miglioramento della visibilità. Tuttavia, quando queste misure sono insufficienti per garantire la sicurezza delle persone, possono rendersi necessarie delle misure tecniche complementari come l’installazione di rilevatori di persone.

Questo documento riporta lo stato delle conoscenze su **tre** tecniche di rilevazione in grado di contribuire alla prevenzione delle collisioni macchine-pedoni.

Dopo aver esposto i passaggi per definire il bisogno prima di installare un sistema tecnico di aiuto alla guida, questo opuscolo descriverà, per ciascuna tecnologia (laser, ultrasuoni e onde a radiofrequenza):

- principi di funzionamento;
- campo di applicazione;
- vantaggi e svantaggi;
- precauzioni d’uso.

Questo documento è destinato ad evolversi, sia per ciò che concerne i passaggi metodologici sia per la descrizione delle tecniche che possono essere utilizzate.

## ► L’AIUTO ALLA GUIDA

Nel campo dei dispositivi di rilevazione di persone utilizzanti per prevenire i rischi di collisione mezzi - persone, per sistema d’aiuto alla guida si intende un sistema tecnico che permette di rilevare delle persone in zone in cui il conducente ha una visibilità limitata, dovuta al compito che sta svolgendo o alla presenza di angoli morti.

Il conducente è informato da un segnale d’allarme della presenza di persone in situazione di pericolo nella zona di rilevazione sorvegliata; questo segnale può essere sonoro e/o visivo e deve essere percepito nell’ambito di lavoro del conducente. Tuttavia il conducente mantiene la completa gestione dei movimenti delle macchine. Il rilevatore non agisce automaticamente sui freni, è compito del conducente arrestare immediatamente la macchina in caso di allarme.

La presenza di questo dispositivo su una macchina non dispensa in alcun modo dal rispetto delle regole relative alla sicurezza dei luoghi di lavoro.

**Importante:** I dispositivi di rivelazione delle persone possono permettere, a seguito di un'analisi dei bisogni, di prevenire le collisioni mezzi - persone. Tuttavia questi dispositivi hanno delle limitazioni d'uso che possono impedire di rispondere efficacemente in tutte le situazioni. Attualmente non c'è una soluzione universale che permetta di rispondere all'insieme delle situazioni di rischio.

## ► DEFINIRE I PROPRI BISOGNI DI RILEVAZIONE

L'obiettivo del passaggio proposto è di definire completamente il bisogno **PRIMA** dell'installazione di un sistema di rilevazione. Questo passo viene **dopo** la ricerca delle misure organizzative o delle misure destinate a migliorare la visibilità.

### ☞ Identificare ogni situazione di rischio intorno al veicolo

L'identificazione si realizza considerando:

- **i movimenti della macchina** che presentano dei rischi significativi per le persone: avanzamento, retromarcia, movimenti degli elementi mobili...
- **le fasi particolari dei movimenti** che presentano dei rischi (avvio, movimenti consueti..)
- **la zona a rischio attorno alla macchina** dove circolano o stazionano persone.

### ☞ Stimare il livello di rischio su ogni situazione rischiosa

La stima del livello di rischio di ciascuna situazione tiene conto di:

- frequenza e durata dell'esposizione delle persone a rischio, in funzione sia dei movimenti che possono generare dei rischi sia della presenza di persone nelle zone a rischio,
- possibilità di evitare o limitare i danni, che dipende dalla visibilità del conducente nelle zone a rischio, dalla sua attività e dalla sua capacità di sorvegliare la zona a rischio durante la sua attività, velocità dei movimenti, presenza di allarmi, condizioni generali del cantiere (rumore luce ..).

### ☞ Studiare le possibilità di ricorrere a un dispositivo di segnalazione delle persone.

Per ciascuna delle situazioni a rischio, in funzione della stima dei rischi fatta, deve essere presa la decisione di ricorrere o meno a un dispositivo di segnalazione delle persone per prevenire le collisioni.

Se non si fa ricorso a un dispositivo di segnalazione significa che, tenendo conto della stima dei rischi e delle misure prese prima di questo passaggio (organizzative, miglioramento della visibilità...), la situazione non è stata considerata pericolosa.

### ☞ Specificare tecnicamente la o le caratteristiche della segnalazione.

Per ciascuna delle situazioni a rischio che deve essere "coperta" da un dispositivo di segnalazione bisogna specificare:

- la taglia dell'oggetto più piccolo da intercettare;
- la distanza di intercettazione, la dimensione e la localizzazione della/e zone da segnalare;
- i tempi di risposta richiesti;
- le aspetti avversi particolari (ostacoli nella zona di segnalazione, fumi, acqua..);
- il tipo di allarme;
- gli aspetti avversi ambientali particolari che possono mascherare gli allarmi (rumore ambientale, luce ...).

### ☞ Scegliere e mettere in pratica una soluzione tecnica.

È necessario scegliere una delle diverse soluzioni tecniche disponibili sul mercato che siano in grado di rispondere al bisogno tecnico specificato.

I dispositivi utilizzati devono inviare dei segnali d'allarme chiari. Le indicazioni di cosa si deve fare in caso di allarme devono essere tassative, chiare e semplici. Per esempio: "arresto immediato".

Il conduttore dovrà essere formato all'utilizzo del dispositivo.

Se i dispositivi non rispondono o rispondono in maniera insufficiente al bisogno di segnalazione specificato, si dovrà rivedere la problematica nel complesso.

#### ☞ Valutare le misure installate

Il bilancio dovrà considerare il punto di vista delle diverse persone coinvolte, con l'obiettivo di conoscere il loro grado di soddisfazione rispetto al dispositivo installato.

#### **Un sistema di segnalazione mal accettato non sarà utilizzato o disconnesso**

Questo potrebbe succedere in particolare se il sistema provoca:

- **troppi allarmi reali o troppi falsi allarmi**, dovuti a un sistema mal adattato alle situazioni di lavoro e non specifico. Un sistema d'allarme permanente rischia di essere inibito o gli allarmi lanciati non attireranno l'attenzione del conducente. La perdita di produttività della macchina dovuta ai molteplici allarmi più o meno reali sarà un fattore di insoddisfazione supplementare;
- **troppe non segnalazioni**, dovute a un sistema mal adattato ai bisogni o all'ambiente di lavoro.

In entrambi i casi il conducente perderà immancabilmente la fiducia che dovrebbe riporre in questo aiuto alla guida.

## ► SEGNALAZIONE DI PERSONE CON “SCRUTATORE LASER”

### 1. DESCRIZIONE

#### 1.1 Principio

Lo scrutatore laser è un dispositivo ottico che analizza la zona di rilevazione (interna o esterna) per mezzo di un fascio laser infrarosso.

Questo principio si basa sull'emissione, in una direzione fissata da un sistema di specchi rotanti, di un impulso luminoso. Se questo impulso incontra un oggetto o un corpo che abbia un coefficiente di riflessione sufficiente, si riflette verso il dispositivo. Il tempo tra l'emissione dell'impulso e la ricezione da parte del captatore è misurato elettronicamente dallo “scrutatore” (misura del “tempo di volo” della luce). Il fascio di emissione laser è in seguito spostato, dallo specchio girevole, di un valore angolare definito.

Viene quindi emesso un nuovo impulso luminoso e scatta una nuova misura del tempo.

Questo processo ripetitivo permette un'analisi dello spazio piano di un settore circolare definito e legato alla struttura del dispositivo. La conoscenza della distanza e della posizione angolare dell'oggetto intercettato in rapporto all'intercettatore permette di conoscere la posizione precisa dell'oggetto nel piano della scena tenuta in osservazione.

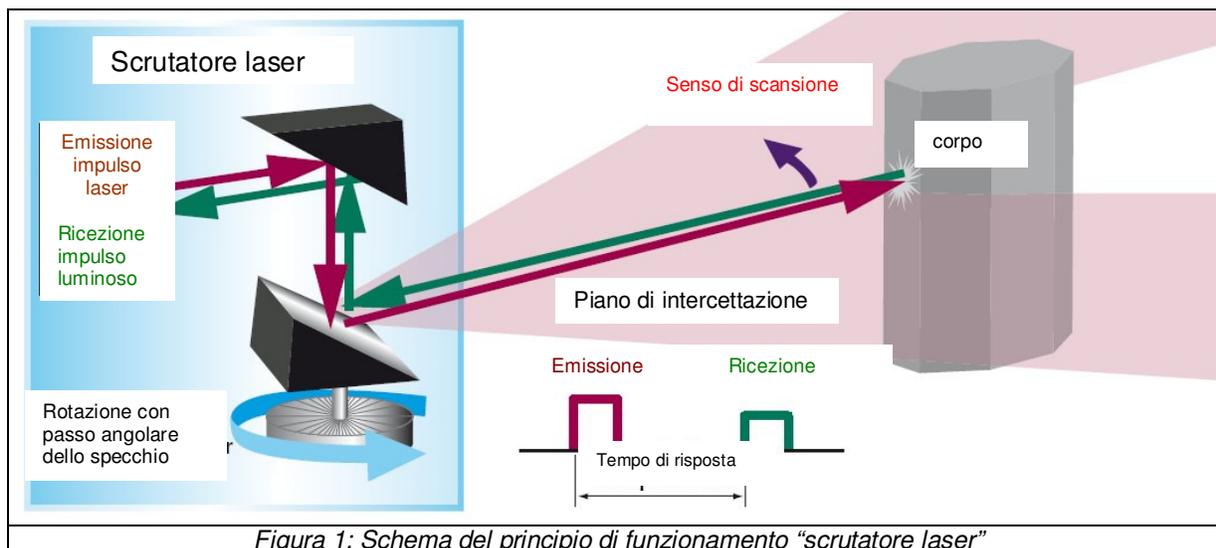


Figura 1: Schema del principio di funzionamento “scrutatore laser”

#### 1.2 Campo di intercettazione

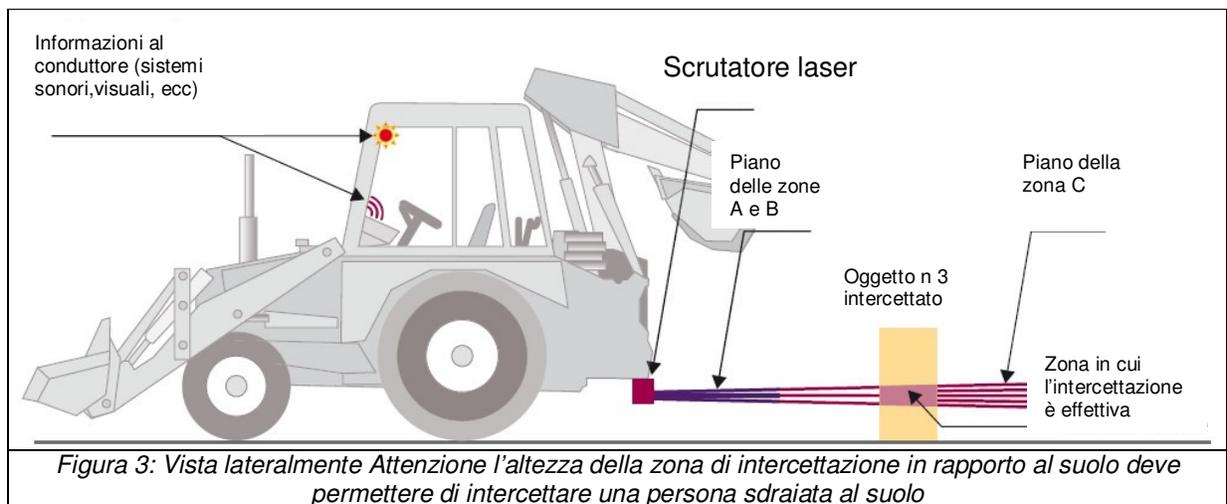
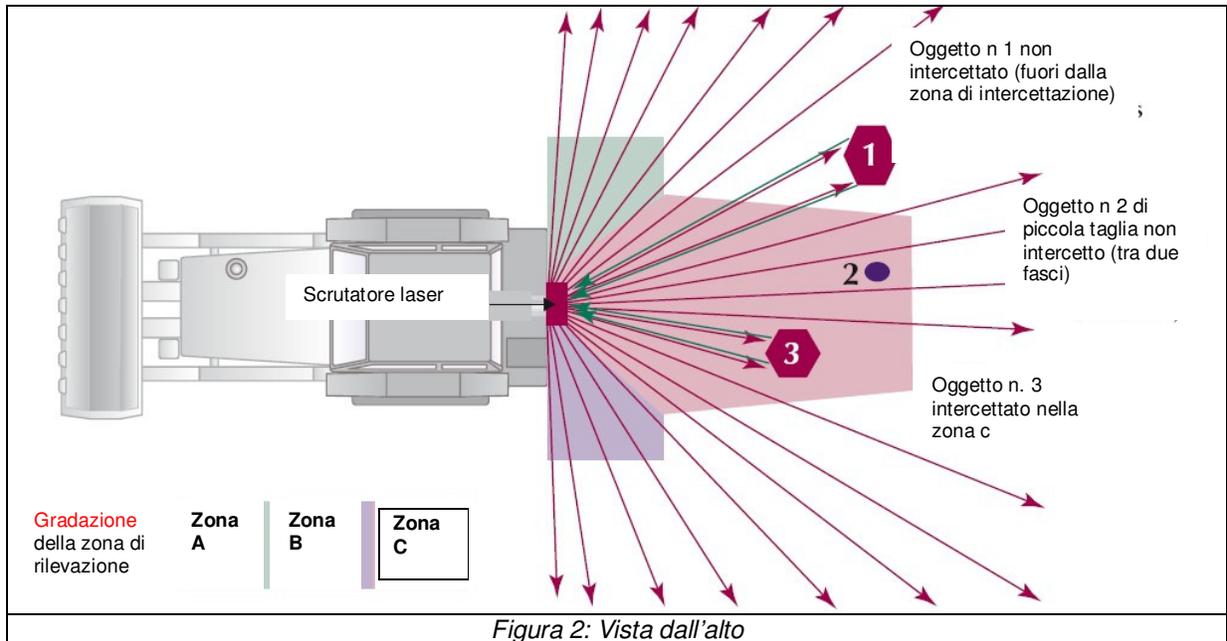
L'utilizzatore può programmare una o più zone di intercettazione di dimensioni precise utilizzando un computer e un sistema di programmazione specifico di configurazione dello scrutatore laser. Queste zone che possono avere delle forme relativamente complesse sono, una volta definite, caricate e memorizzate nello scrutatore. Può essere definita ed attivata una seconda zona di intercettazione, se esiste un'entrata dedicata. Questa possibilità permette di configurare per esempio delle dimensioni di zone di intercettazione diverse in funzione della velocità e dei movimenti di lavoro della macchina. Dei segnali di uscita specifici corrispondenti alle zone di intercettazione definiti, permettono di inviare delle informazioni al conduttore della macchina, in caso di intrusioni nelle zone sorvegliate.

Per prevenire rischi di collisione tra macchina e pedoni, è necessario definire in modo preciso le dimensioni e la posizione nello spazio di ciascuna zona di intercettazione.

Tra i parametri da prendere in considerazione, uno dei più importanti è senza dubbio la distanza percorsa dalla macchina durante il tempo che intercorre tra l'istante della prima intercettazione e l'arresto della macchina. Questa distanza dipenderà:

- dalla velocità massima della macchina di cui si è tenuto conto per stabilire il bisogno di intercettazione corrispondente;

- dei tempi di risposta certa dello scrutatore laser legati ai suoi parametri. Questi includono le incertezze delle misure e i tempi necessari all'attivazione degli allarmi per il conduttore della macchina;
- dei tempi di scansione del conduttore della macchina;
- della velocità di avvicinamento di una parte del corpo dell'individuo (vedi la norma EN 999) nella zona protetta corrispondente.



### 1.3 Capacità di individuazione

La figura 2 illustra come la capacità di individuazione dipende dai parametri geometrici quali:

- la forma e la taglia dell'oggetto;
- l'orientamento dell'oggetto nello spazio e la sua distanza rispetto al "captatore";
- la risoluzione angolare (angolo che separa due emissioni luminose consecutive nella fase di individuazione).

Essa dipende anche dal coefficiente di riflessione dell'oggetto e dalla lunghezza d'onda di funzionamento del laser.

La tavola che segue presenta l'ordine di grandezza dei coefficienti di riflessione di alcuni materiali

Natura dell'oggetto	Coefficiente di riflessione
Carta bianca	Circa 100%
Cartone grigio	Circa 20%
Cartone nero opaco	Circa 20%
Gommapiuma nera	Circa 2%

In questo tipo di applicazione il coefficiente di riflessione di un oggetto esprime la capacità di riflettere l'energia luminosa ricevuta verso il recettore, ma questa re - emissione può subire un'attenuazione di fatto dall'ambiente (nebbia, particelle in sospensione nell'aria) o delle condizioni in cui si trova il sistema ottico dello scrutatore laser (presenza di sporcizia, vapore.....).

L'energia luminosa ricevuta dal recettore dello scrutatore laser deve quindi essere superiore alla soglia minima prevista nelle sue specifiche o dai suoi parametri al fine di assicurare la funzione di intercettazione.

#### 1.4 Messa in opera

L'installazione dello scrutatore laser deve essere effettuata con cura. Deve rispettare le prescrizioni del costruttore, come il montaggio, (in particolare il suo orientamento e la sua inclinazione) e tener conto delle zone da sorvegliare. In caso di forti vibrazioni, sono raccomandati dei supporti anti vibranti (silent blocs).

All'esterno è indispensabile uno schermo, specificamente per evitare che il sistema di captazione sia abbagliato dall'irraggiamento diretto del sole. Per prevenire i rischi di condensa a livello del sistema ottico, devono essere messi in opera tutti i sistemi di pulizia previsti.

L'installazione di un'interfaccia collegata elettricamente allo scrutatore laser deve permettere di inviare al conduttore della macchina delle informazioni immediate e pertinenti (sonore e/o visuali e/o vibratoria) per segnalare tutte le intrusioni nelle zone di controllo ed avere dei tempi di reazione i più brevi possibile sugli organi di frenata.

L'impostazione dei parametri dello scrutatore è una fase delicata perché la scelta delle opzioni ha delle conseguenze dirette sui tempi di risposta del dispositivo e sulla capacità di intercettazione.

Possono essere impostati diversi parametri come:

- la risoluzione angolare
- la sensibilità
- i "filtri" messi a disposizione dell'utilizzatore, questi permettono di ridurre l'intercettazione parassita" dovuta alla presenza di pioggia, neve o particolato nel campo di sorveglianza e possono aumentare considerevolmente i tempi in cui si manifesta l'informazione di intercettazione.

Queste scelte devono restare coerenti con le dimensioni delle zone da intercettare specificate. Ogni modifica dei parametri dello scrutatore deve essere imperativamente oggetto di analisi per verificare che il tempo di risposta del dispositivo non sia superiore al valore iniziale specificato.

#### 1.5 Materiali disponibile sul mercato

Sul mercato sono disponibili vari modelli di scrutatore. Alcuni sono capaci di sopportare un ambiente climaticamente severo in cui le temperature possono variare tra - 30 °C e + 50 °C .

L'angolo di sorveglianza corrente su cui può essere programmata la zona da controllare è compreso tra 100° e 180°. La distanza può arrivare fino a 80 m ma le possibilità di intercettazione sono limitate di fatto dalla qualità di riflessione del materiale da intercettare.

## 2. VANTAGGI

L'intercettazione di persone per mezzo di uno scrutatore laser permette di:

- intercettare tutte le persone che stazionano o circolano in una zona a rischio nelle vicinanze della macchina, senza ricorrere a un rivelatore specifico;

- ❑ definire precisamente la planimetria dei campi di intercettazione ed anche la taglia minima degli oggetti che si vogliono intercettare;
- ❑ modificare la forma e la taglia dei campi di sorveglianza, in funzione delle fasi di utilizzo del veicolo, con l'utilizzo di un'opportuna interfaccia.

### 3. INCONVENIENTI

L'intercettazione di persone con uno scrutatore laser:

- ❑ è relativamente complessa da mettere in opera, particolarmente per i numerosi parametri da regolare e per la mancanza d'informazioni che permettano di gestire le conseguenze di questi regolazioni sulle caratteristiche delle funzioni di intercettazione (incidenza sulla sensibilità, tempi di risposta..),
- ❑ non permette di prescindere degli ostacoli che si trovano nella zona di sorveglianza che saranno intercettati se la loro taglia corrisponde alla regolazione impostata sul dispositivo
- ❑ è sensibile alla presenza di polveri/nebbie ambientali,
- ❑ la presenza di superfici riflettenti aumenta l'imprecisione del dispositivo e quindi la sua scarsa efficienza,x
- ❑ necessita di un tempo di attesa per il suo riscaldamento nel caso il dispositivo all'accensione abbia atteso a basse temperature (<2 °C).

### 4. PRECAUZIONI DURANTE L'USO

Ulteriori precauzioni generali relative al sistema di rilevamento delle persone consistono nella necessità che chi opera nei pressi delle macchine operatrici indossi indumenti sufficientemente riflettenti: tutti i materiali scuri o opachi (come stivali in gomma nera) rischiano di non esser individuati dal sistema di rilevazione. A tal fine dovranno quindi esser messe in atto delle misure organizzative.

Il rilevatore dovrà quindi esser installato in modo che non si creino delle zone di NON visibilità supplementari, impedisca la manovra di parti della macchina, ostacoli l'accesso a parti della stessa per le manutenzioni o ne pregiudichi l'integrità (foratura non autorizzata di certe parti, ecc...).

L'installazione dovrà tener conto dell'attività principale del mezzo, delle caratteristiche del sistema di rilevazione e delle esigenze dell'utilizzatore.

#### 4.1 verifica e controllo periodico di funzionamento

Deve essere effettuato un controllo sistematico e regolare per verificare che il sistema ottico non sia sporco o incrostato. È obbligatorio procedere alla pulizia e alla manutenzione del dispositivo secondo le indicazioni del costruttore.

La geometria delle zone di individuazione è legata al posizionamento meccanico del intercettatore lettore e per questo conviene assicurarsi che questo abbia conservato la sua posizione sulla macchina (specialmente in caso di smontaggi frequenti). È necessario anche verificare che un oggetto di test del diametro corrispondente a quello del più piccolo oggetto da individuare attivi le informazioni procedure di individuazione previste quando è posizionato in tutti i punti della zona da individuare.

Queste verifiche devono essere effettuate ad ogni rimessa in servizio del lettore per assicurarsi che i parametri di individuazione effettivi siano quelli che sono stati definiti per l'applicazione.

#### 4.2 Formazione

L'efficacia del sistema di intercettazione rilevamento dipende dal fatto che siano indossati abiti sufficientemente riflettenti e dalle misure organizzative messe in atto, da qui l'importanza di sensibilizzare e informare gli utilizzatori sulle finalità e sulla specificità di questo sistema di intercettazione rilevamento prima di utilizzarlo.

Le persone incaricate della manutenzione e della taratura di questi intercettatori rilevatori devono essere formate sulla manutenzione preventiva e correttiva necessaria a mantenere efficace il

sistema di aiuto alla guida. L'attuazione delle misure organizzative deve responsabilizzare tutte le persone coinvolte perché le consegne siano rispettate e non siano percepite come una costrizione supplementare.

## ► SEGNALAZIONE DI PERSONE CON “TECNICHE ULTRASONORE”

### 1. DESCRIZIONE

#### 1.1 Principi

Questa tecnica sfrutta il principio di riflessione degli ultrasuoni sugli ostacoli che incontrano sul loro percorso.

Un impulso ultrasonoro viene emesso a intervalli fissi, il dispositivo si attiva da subito per ascoltare l'eco proveniente dalle riflessioni sull'ostacolo per calcolare i tempi di andata e ritorno e dedurre la distanza che separa l'intercettatore dall'ostacolo incontrato (vedere figure 4-5). L'intensità dell'eco dipende dalla distanza che separa il trasduttore dall'ostacolo, ma anche dai parametri legati al potere di riflessione di quest'ultimo.

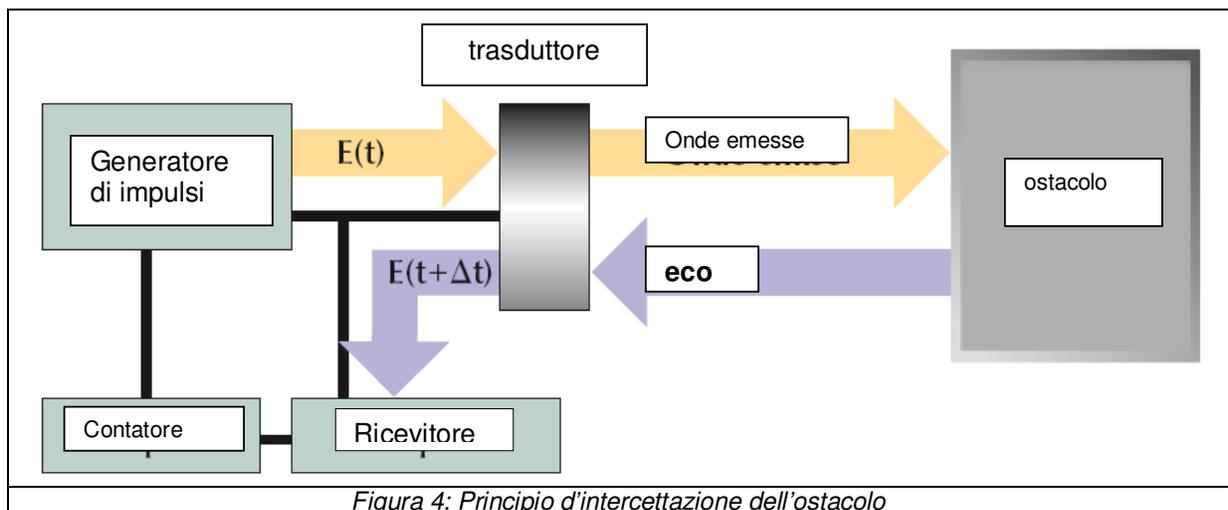


Figura 4: Principio d'intercettazione dell'ostacolo

L'emissione e la ricezione di impulsi possono appartenere a un unico trasduttore. In questo caso è necessario bloccare il canale di ricezione per evitare la confusione tra l'impulso emesso e l'eco legato all'ostacolo, che determina una distanza di non intercettazione davanti al trasduttore. Questo inconveniente sparisce utilizzando un emettitore e un ricevitore separati.

I trasduttori utilizzati sono sia di tipo piezo-elettrici quando l'impulso ultrasonoro è a frequenza elevata, sia a membrana vibrante quando è a bassa e media frequenza.

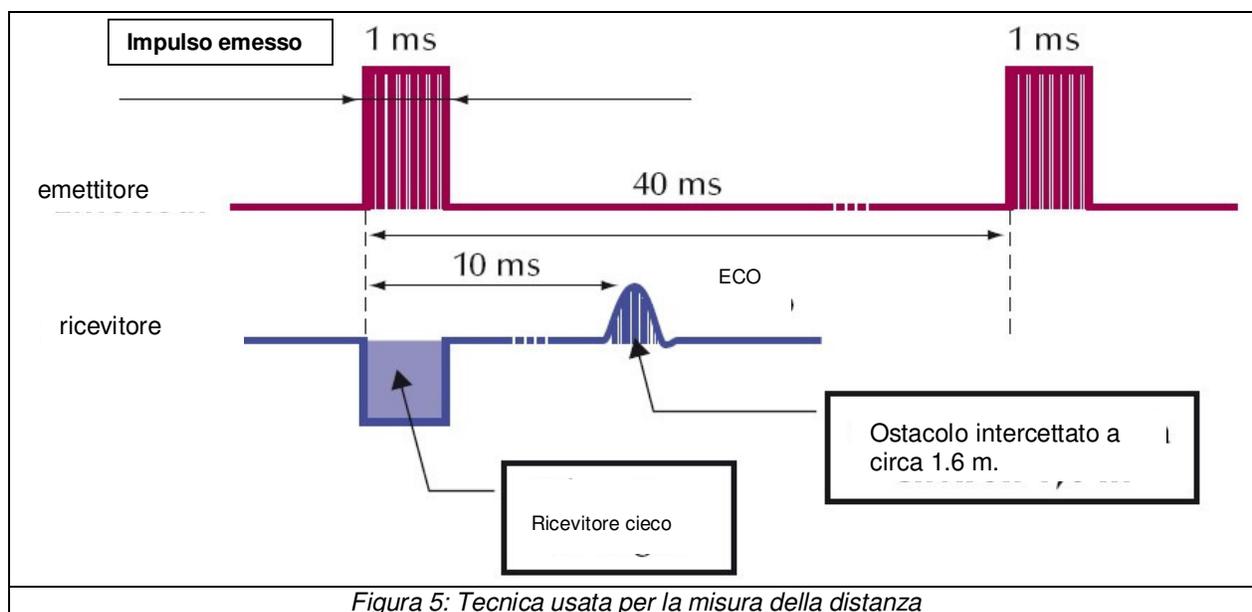


Figura 5: Tecnica usata per la misura della distanza

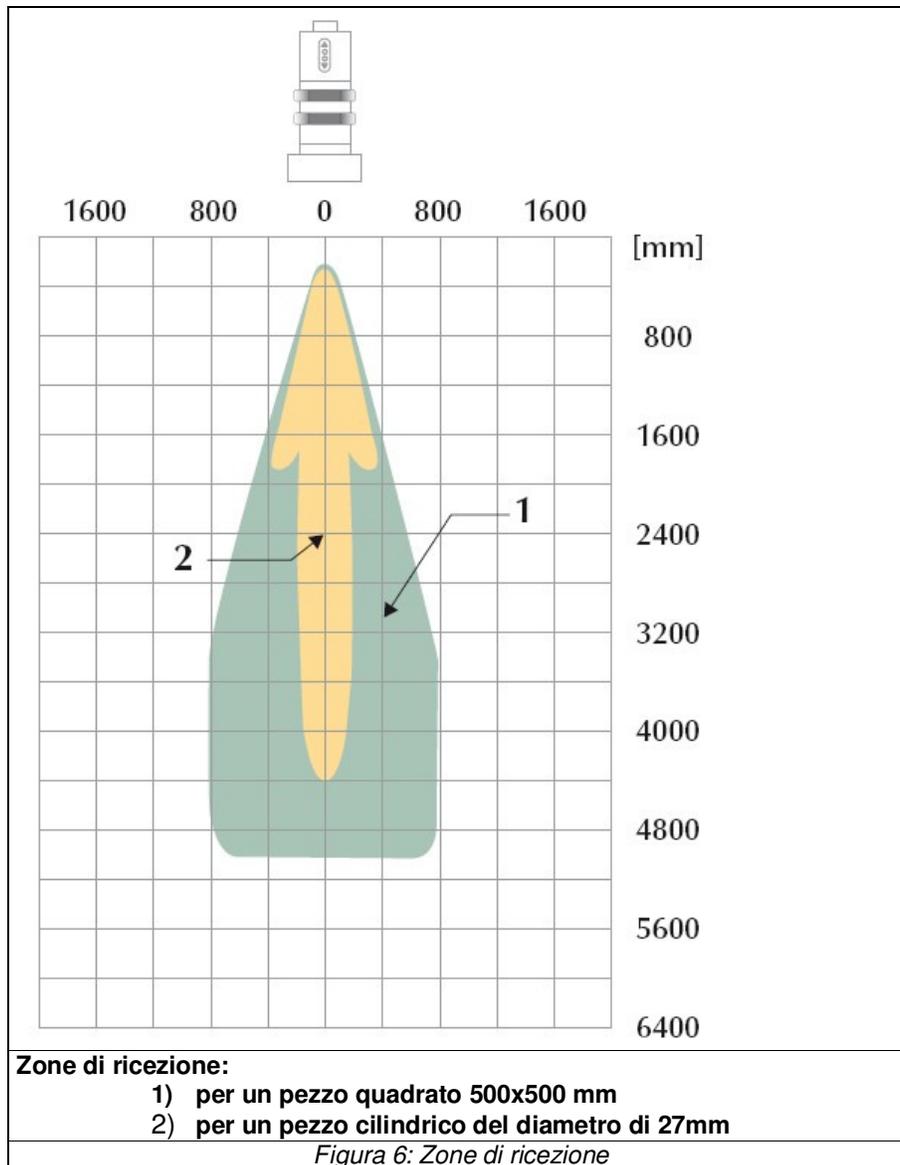
## 1.2 Campo di rilevazione

La norma ISO 16001 definisce la zona di rilevazione come quella in cui un bersaglio di prova (che rappresenta una persona) è individuato da un sistema di rilevazione. Nel caso degli ultrasuoni, per un captatore unico, questa zona corrisponde al lobo di ricezione. Per costruzione, è la superficie attiva del trasduttore che determina il lobo di emissione in cui sarà concentrata la maggior parte dell'energia emessa. A titolo indicativo la figura che segue mostra il lobo di intercettazione di un captatore per 2 bersagli di prova differenti.

### NOTA

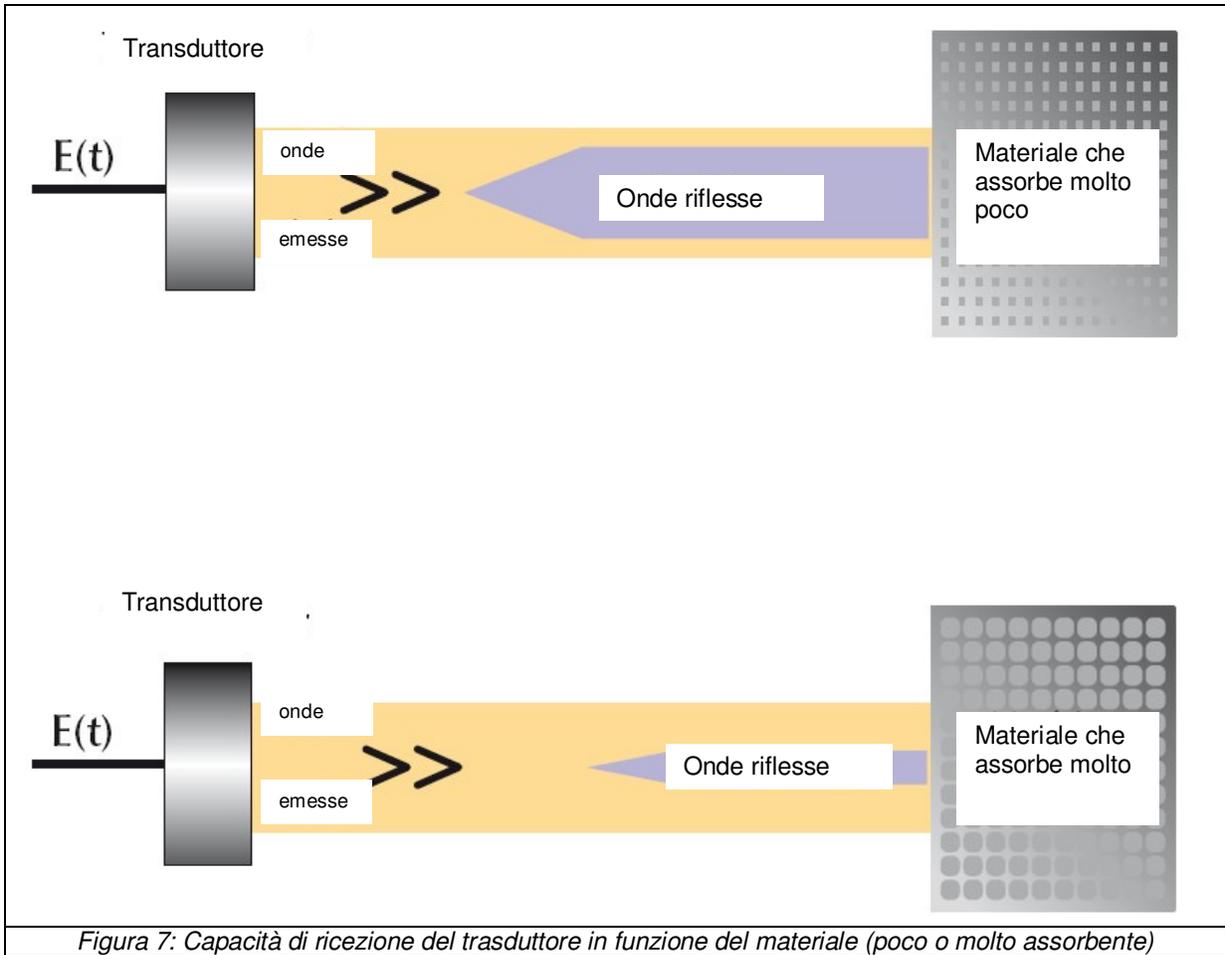
Nel caso di un utilizzo per una macchina "movimento terra", il lobo di ricezione dovrà essere determinato con un bersaglio di prova di 75 mm di diametro e 1,7 m di lunghezza per le prove in orizzontale. La procedura di prova è descritta nella norma ISO 16001. La determinazione del lobo di ricezione fornisce informazioni sulla zona dove si concentra l'energia di emissione. Tuttavia questo non significa che fuori da questa zona non ci siano ultrasuoni in grado di provocare degli echi parassiti per riflesso su ostacoli di più grandi dimensioni situati al bordo del lobo principale.

L'aumento della distanza di ricezione (soglia) è ottenuto spesso con l'aumento della sensibilità del recettore. Questa tecnica permette di aumentare il fattore di amplificazione della catena di misura, di captare gli echi più deboli prodotti dagli ostacoli lontani, ma anche gli echi parassiti prodotti dagli ostacoli situati ai bordi della zona di ricezione. Così più si aumenta la distanza di ricezione più si aumenta il rischio di provocare allarmi non giustificati.



In effetti, le capacità di ricezione del trasduttore dipendono dalla capacità di restituire, tutta o in parte, l'energia emessa perché è questo ritorno (eco) che provoca l'allarme. Le condizioni più influenti sono le seguenti:

- le proprietà fisiche dell'ostacolo (assorbimento, diffrazione, riflesso...) le figure qui sotto e della pagina seguente illustrano queste problematiche.



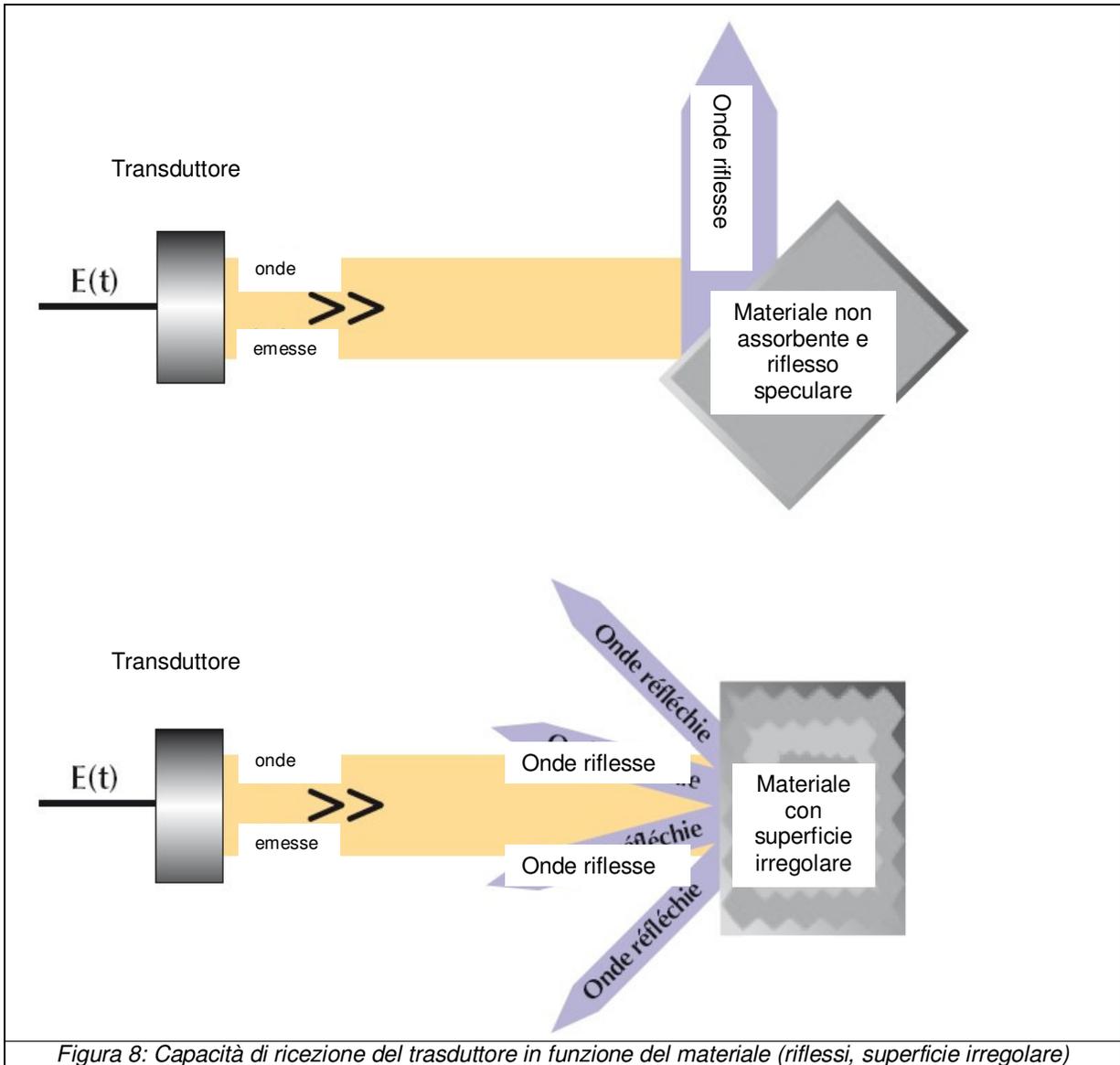


Figura 8: Capacità di ricezione del trasduttore in funzione del materiale (riflessi, superficie irregolare)

- le caratteristiche di supporto della propagazione: le onde ultrasonore usano l'aria come supporto di propagazione. Così tutte le modifiche delle caratteristiche di quest'ultima si tradurranno in una modifica delle caratteristiche di ricezione. Il caso peggiore è l'assenza momentanea di ricezione dovuta a una raffica di vento. La figura sotto illustra questo fenomeno.

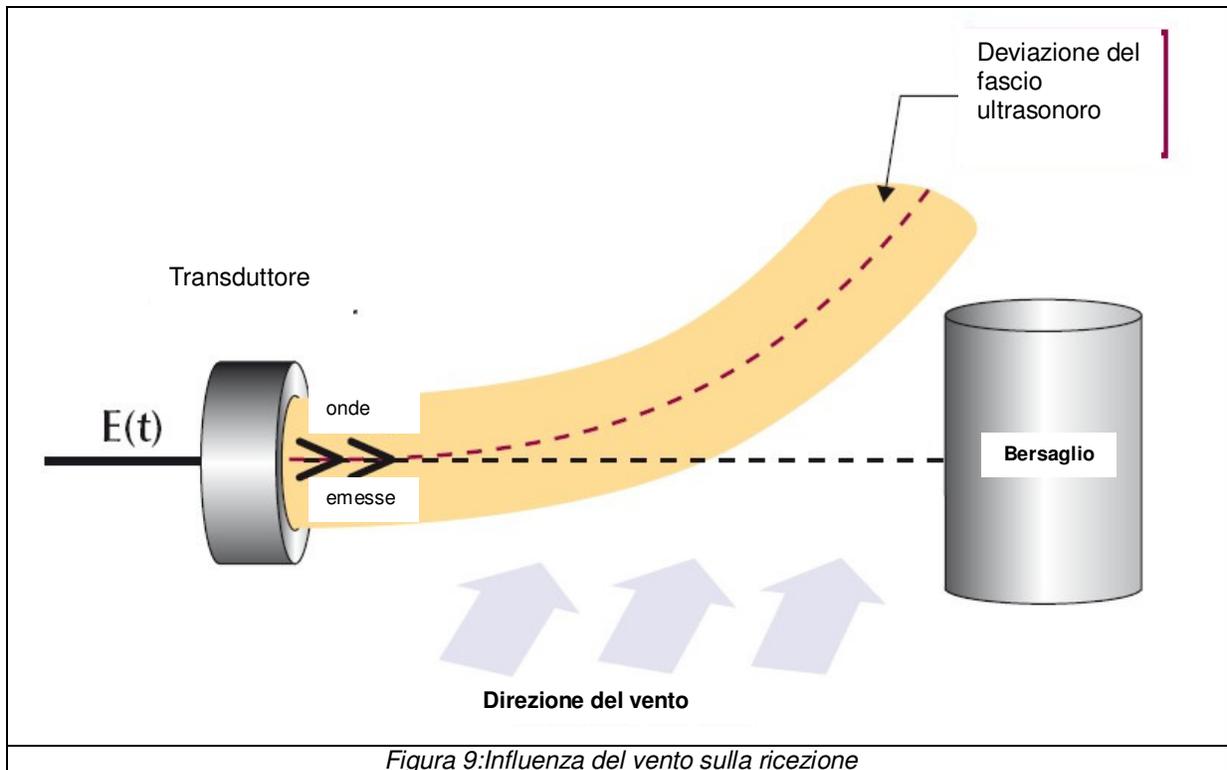


Figura 9: Influenza del vento sulla ricezione

### 1.3 Esempi di materiali disponibili sul mercato

I dispositivi disponibili sul mercato sono essenzialmente dedicati a delle applicazioni per le automobili ed utilizzati unicamente per le manovre di retromarcia a bassa velocità. Essi sono costituiti da rilevatori ultrasonici, da un'unità di controllo elettronico, da un'interfaccia di allarme in cabina e dalle connessioni corrispondenti.

I rilevatori ultrasonici sono costituiti, nella maggioranza dei casi, da più trasduttori ultrasonici "elementari" installati in modo da ottenere un campo di intercettazione omogeneo, senza tuttavia debordare da quest'ultimo per evitare delle rilevazioni non giustificate. Si possono prospettare più soluzioni:

- utilizzo di rilevatori monoblocco, composti da più coppie di emettitori-recettori sfasati angularmente gli uni rispetto agli altri per allargare il campo di rilevazione (vedi figura 10); essi sono concepiti per proteggere i trasduttori da traumi e dalle intemperie, la connessione è trattata a IP 67 (CEI 60529: gradi di protezione degli involucri per apparecchiature elettriche),
- trasduttori monofascio, ripartiti sulla larghezza della macchina.

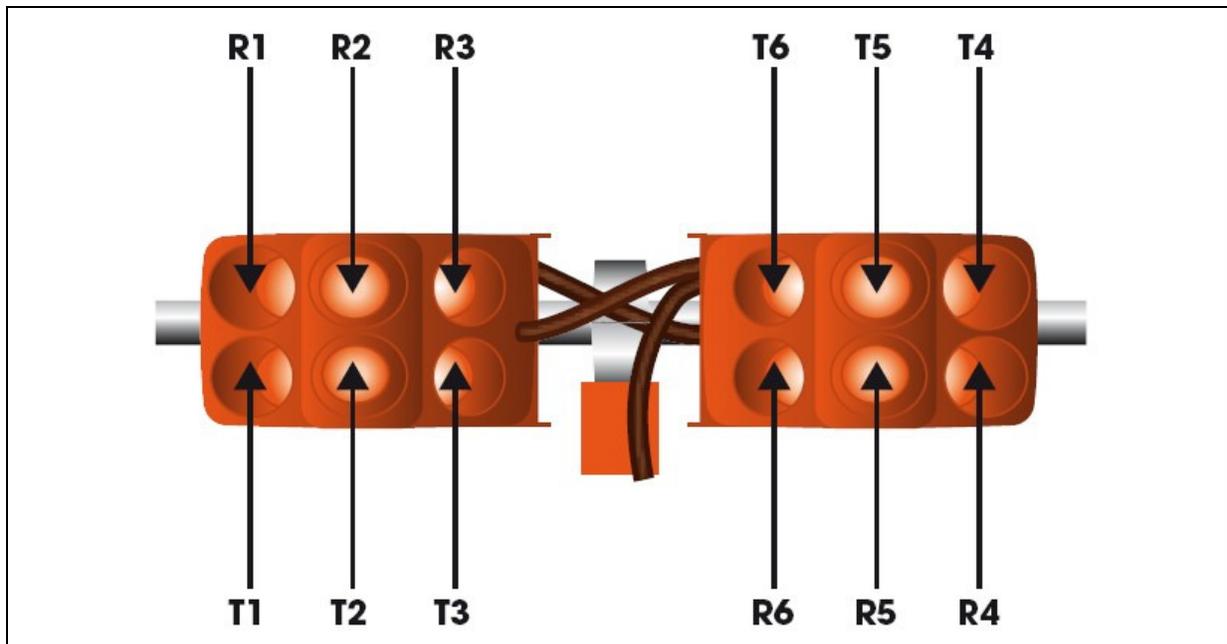


Figura 10: Disposizione possibile di un'unità di rilevazione monoblocco (R = ricevitore, T = emettitore)

L'unità di controllo raggruppa le seguenti funzioni:

- la gestione degli emettitori ultrasonori, fornendo a ciascuno di loro un segnale elettrico pulsato che permette di generare un treno di onde ultrasonore,
- l'utilizzo degli echi ricevuti dall'insieme dei recettori per ottenere la distanza che separa il trasduttore dall'ostacolo ed eventualmente la sua localizzazione, la precisione dipende dal numero di emettitori - ricettori utilizzati,
- la generazione di segnali d'allerta in funzione della distanza.

L'interfaccia d'allarme, installata in cabina, allerta il conduttore con un segnale appropriato (visivo/sonoro..). Questo segnale d'allarme dovrà avere caratteristiche che lo rendano percepibile dal conduttore e facilmente interpretato in maniera non equivoca. È consigliato un messaggio "tutto o niente".

Recentemente un costruttore ha proposto una soluzione "multicaptatura" che permette una miglior adattabilità ai bisogni degli utilizzatori. Questo dispositivo è composto da una decina di trasduttori di cui le caratteristiche (angolo d'apertura del fascio, portata, potenza d'emissione..) sono definiti dall'utilizzatore con un'unità di controllo che raggruppa le stesse funzioni descritte in precedenza e che permette, in più di parametrare il sistema di rilevazione. Esso deve anche poter adattare la zona di rilevazione a diversi tipi di veicoli e a differenti attività installando ed adattando i parametri di ciascun sensore in modo da coprire la zona di non visibilità con precisione. La resa del rilevatore sarà legata all'installazione dei trasduttori e alla loro taratura al fine di assicurare la copertura della zona di pericolo.

## 2. VANTAGGI

Le tecnologie ultrasonore beneficiano dell'esperienza apprezzabile delle numerose applicazioni di uso corrente (automobili trasporti su strade..) questi sistemi sono apprezzati dagli utilizzatori quando si tratta di eseguire manovre di retromarcia con ridotta visibilità. Le informazioni che danno al conduttore permettono di evitare danni materiali. L'affidabilità è riconosciuta e il loro costo ragionevole.

Il ricorso a questa tecnologia si giustifica a partire dalle seguenti constatazioni:

- una buona tenuta ai rischi climatici (pioggia, nebbia, neve) e fisici (traumi, vibrazioni);
- un range di funzionamento a temperature relativamente esteso (-20 ° o + 80 ° c);
- la sensibilità di intercettazione è sufficiente per percepire un'intrusione o un ostacolo;

- possono essere programmati più valori di soglia e di allarme;
- possibilità di associare questi dispositivi a un sistema televisivo a circuito chiuso (visualizzazione sullo schermo dell'ostacolo intercettato);
- campo di intercettazione volumetrico;
- 
- costo ragionevole.

### 3. INCONVENIENTI

I punti deboli di questa tecnica sono i seguenti:

- il tempo di risposta è notevole, superiore a 100 ms;
- la zona di interpretazione interamente legata all'installazione del trasduttore sulla macchina, l'intercettazione è incerta per alcuni ostacoli a causa della loro natura, lo stato della superficie, l'orientamento....;
- la distanza di intercettazione è ridotta (inferiore a 6 m);
- possibili fenomeni "parassiti" da parte di altra sorgente d'ultrasuoni;
- sensibilità al vento quando si utilizza un unico trasduttore dotato di un fascio di emissione stretto;
- necessità di procedere a un controllo periodico del buon funzionamento;
- rilevante sensibilità alla sporcizia.

### 4. PRECAUZIONI DURANTE L'USO

I dispositivi che utilizzano gli ultrasuoni come tecnica di rilevazione propongono una soluzione centrata sul rilevamento a corta distanza quando ci si sposta a velocità ridotta. La loro efficacia è riconosciuta solo in queste condizioni, e al di fuori di esse possibilità di utilizzarli decresce esponenzialmente e li rende inutilizzabili per l'elevato numero di allarmi non giustificati.

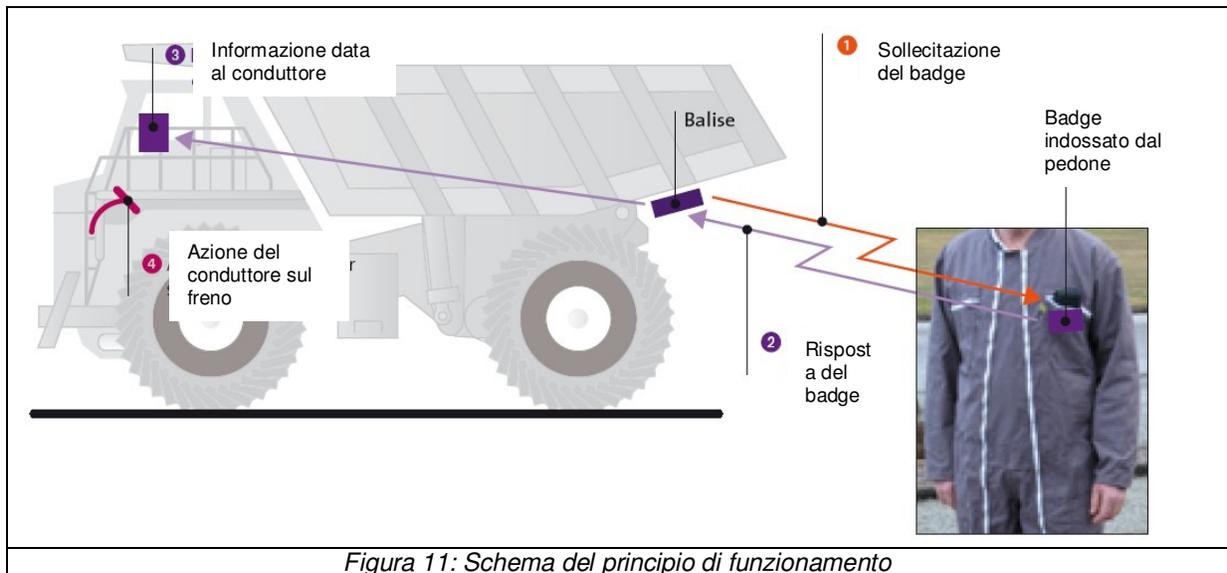
Il rilevatore deve essere installato in modo da non creare delle zone di non visibilità supplementari né impedire le manovre di organi della macchina, né intralciare l'accesso a parti della macchina dove si esegue manutenzione né arrecare danno all'integrità della macchina (perforazione non autorizzata di certe parti). La sua installazione dovrà tener conto dell'attività principale della macchina, delle caratteristiche del sistema di rilevazione e delle esigenze dell'utilizzatore.

## ► RIVELAZIONE DI PERSONE CON “ONDE ELETTROMAGNETICHE”

### 1. DESCRIZIONE

#### 1.1. Principio

Vengono montate sulla macchina una o più antenne, chiamate anche boe che emettono onde radio,. La persona da proteggere deve portare un distintivo elettromagnetico (a forma di scatola o braccialetto). Quando il distintivo si trova nella zona di emissione dell'antenna, invia un segnale al conduttore. La figura 11 riassume i principi di funzionamento.



La rivelazione con onde radio implica che si porti un badge, è necessario identificare le persone che hanno accesso alla zona di lavoro della macchina:

- persone che per la loro attività devono lavorare regolarmente in prossimità della macchina (per esempio: tirare il rastrello, posare canalizzazioni.),
- persone che devono trovarsi momentaneamente nella zona di spostamento della macchina (preparazione di cantiere, geometri, lavoranti, persone esterne..),
- i conduttori di macchine che possono occasionalmente divenire pedoni e, in questo modo, essere esposti al rischio di collisioni con altre macchine.

#### 1.2 Campo di intercettazione

La zona di intercettazione è regolabile agendo sulla potenza emessa dall'antenna. Essa è di forma quasi sferica (vedi figura 12). Si deve notare che la regolazione rigorosa della sua geometria non è possibile. Questa geometria permette di intercettare una persona che penetra lateralmente nella zona pericolosa ed una persona allungata al suolo.

Si può realizzare un bilanciamento tra la zona di intercettazione e la velocità; può essere necessario da una parte per l'aumento della distanza d'arresto a velocità elevata e dall'altra per l'eventuale co-attività macchina-pedone a velocità lenta.

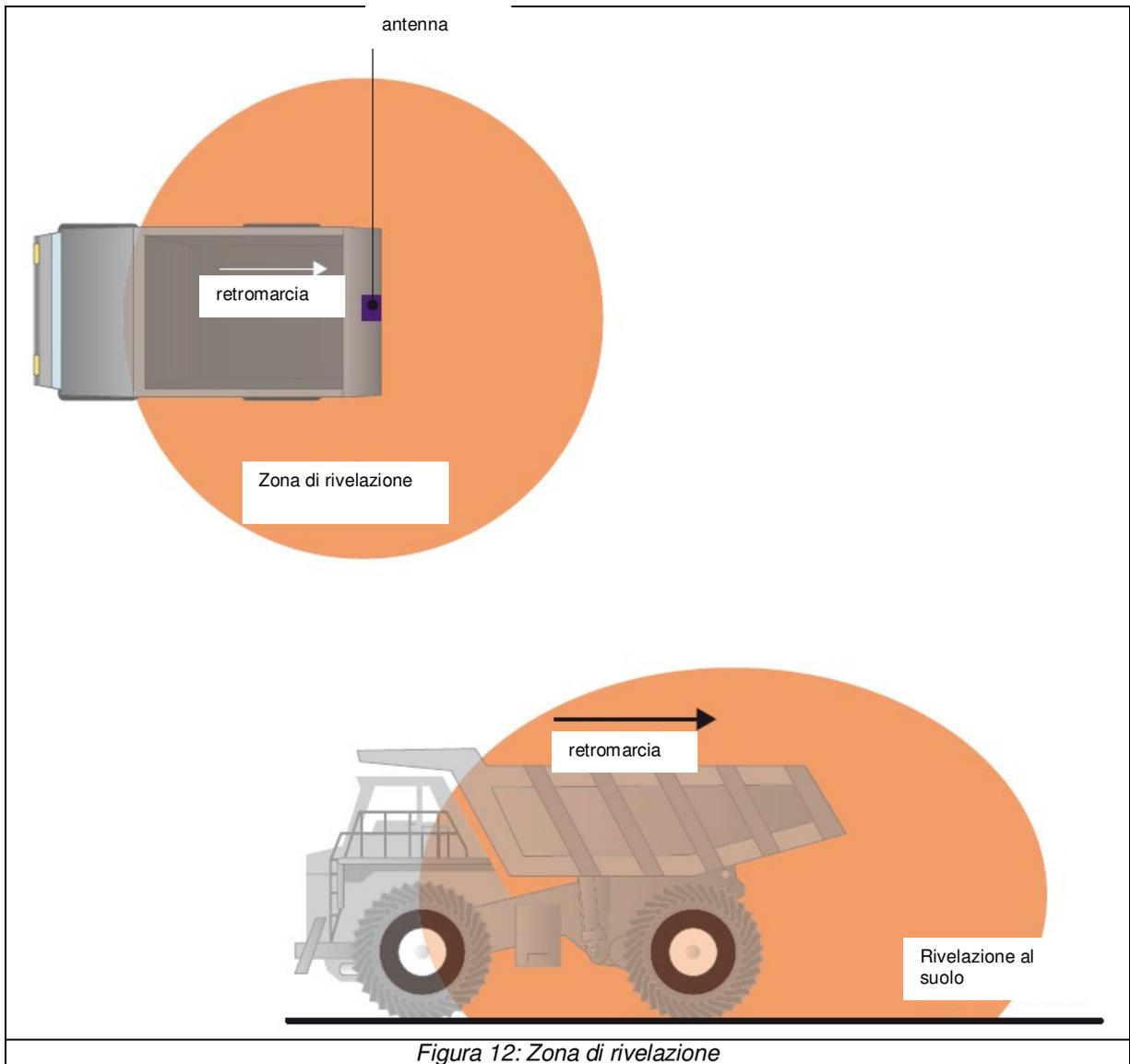


Figura 12: Zona di rivelazione

### 1.3 Messa in opera

Il conduttore è informato della presenza di un badge, dunque di una persona in situazione di pericolo con l'aiuto di un segnale sonoro. Il pedone da proteggere può così essere avvertito della vicinanza di una macchina da un segnale sonoro o vibrante emesso dal badge. In certe situazioni di lavoro, queste informazioni si rivelano inefficaci a causa dell'ambiente rumoroso, delle protezioni uditive o di vestiti ampi (caso del segnale vibrante).

La figura qui sotto mostra un rivelatore installato su un dumper.



*Fig. 13: Esempio di installazione di un rivelatore su un dumper (antenna sopra avvisatore sonoro qui accanto)*

#### 1.4 Materiali disponibili sul mercato

I rivelatori elettromagnetici sono proposti da più costruttori. Al momento dell'acquisto si dovrà verificare che gli equipaggiamenti siano stati ben concepiti per le macchine mobili rispettando le precauzioni date nel documento ED 6051 (vedi bibliografia a pag 23).

I badges si presentano come scatole portate alla cintura o inseriti nella tasca di un vestito di lavoro, ma anche sotto forma di braccialetto. In tutti i modi il badge non deve intralciare i movimenti di chi lo porta. Per questo, un massa di 100 gr. e delle dimensioni di 70X55 x20 mm costituisce il massimo da non oltrepassare.



*Fig. 14: Badge portato alla cintura in una tasca o al polso*

## 2. VANTAGGI

La rivelazione con onde radio:

- permette di rilevare le persone munite di badge; gli altri ostacoli non sono individuati,
- sono operativi indipendentemente dalla postura (in piedi, sdraiate) della persona da individuare,
- permette di trascurare la maggior parte degli ostacoli che mascherano parzialmente o totalmente la persona (paratie - veicoli..). Solo gli ostacoli completamente metallici senza apertura potrebbero a seconda della loro dimensione e della loro costituzione impedire la rivelazione del badge.
- Risponde, quando le regole dell'arte e le norme sono applicate, alle esigenze ambientali di un cantiere di lavoro: presenza di acqua, polvere, fango, temperature estreme radiazioni di luminosità, perturbazioni elettromagnetiche. Il rilevatore non disturba il funzionamento della macchina. Il livello di esposizione delle persone al campo elettromagnetico emesso dal rilevatore è molto inferiore a quello raccomandato dalla direttiva "campi elettromagnetici"

## 3. INCONVENIENTI

L'individuazione con onde radio:

- necessità di portare il badge. Questo significa identificazione obbligatoria di tutte le persone che possono approssimarsi alla macchina,

- necessità di gestire il badge. Questo implica verificare che sia indossato e funzioni bene (non immaginabile per certi cantieri con gli accessi privi di controllo),
- non permette di impostare precisamente la geometria dei campi di rilevazione. Si possono produrre delle rilevazioni intempestive quando delle persone devono lavorare regolarmente in prossimità della macchina (lavoro in coattività) senza per questo essere esposte al rischio di collisione. Questa limitazione può essere ottenuta quando le dimensioni della zona di rilevazione sono regolate in base alla velocità della macchina (vedi § 1.2).

#### 4. PRECAUZIONI DURANTE L'USO

Oltre alle precauzioni generali legate all'installazione degli rilevatori, è necessario adottare misure essenzialmente organizzative.

Il rilevatore deve essere installato in modo da non creare delle zone di non visibilità supplementari né rendere difficoltose manovre della macchina né impedire l'accesso a parti di essa su cui si deve effettuare manutenzione né danneggiare l'integrità (fori non autorizzati di certe parti). La sua installazione dovrà tener conto dell'attività principale della macchina, delle caratteristiche del sistema di rilevazione e delle esigenze dell'utilizzatore.

##### 4.1 Verifiche che il badge sia indossato

Il funzionamento del rilevatore necessita di assicurarsi che tutte le persone interessate indossino il badge. Questo badge deve essere indossato come se fosse un dispositivo di protezione individuale (DPI) e attaccato in modo sicuro ai vestiti di lavoro o esservi incorporato. Questo è possibile solo se le persone da proteggere, dunque da munire di badge, possono entrare nella zona a rischio da entrate particolari, dove vengono dotate di badge.

##### 4.2 Controllo periodico del funzionamento del badge

Il controllo periodico si effettua con l'aiuto di uno strumento per testare il badge tramite postazione fissa automatica (alimentata da rete) o mobile (alimentata da batteria). Il badge viene avvicinato allo strumento da test sia manualmente da chi ne è munito o automaticamente al momento del passaggio in prossimità dello strumento da test installato in postazione fissa. La periodicità ideale corrisponde a ciascuna volta che una persona prende posizione. L'evoluzione tecnica prevedibile per questo tipo di rilevatore potrà condurre ad una riduzione delle frequenze di controllo o a un autocontrollo permanente.

##### 4.3 Formazione

L'efficacia di un sistema di rilevazione dipende dal fatto di portare effettivamente il badge e dalle misure organizzative, da qui c'è l'importanza della sensibilizzazione e della formazione degli utilizzatori. Questi devono avere ricevuto una formazione adatta specificatamente a questo sistema di rivelazione prima di usarlo e conoscerne la finalità.

Le persone incaricate della manutenzione dei detector devono essere formate alla manutenzione preventiva e correttiva necessaria a mantenere questo sistema d'aiuto alla guida efficace. L'attivazione delle misure organizzative deve coinvolgere tutte le persone interessate perché le indicazioni vengano rispettate e non siano percepite come un vincolo aggiuntivo.

#### ► CONCLUSIONI

Come detto nell'introduzione i dispositivi per rilevare le persone, di cui abbiamo presentato tre tipologie, non sostituiscono le misure di sicurezza di tipo organizzativo ma ne sono un'eventuale integrazione. Speriamo che questo lavoro serva richiamare l'attenzione sul rischio di infortuni dovuti all'investimento di macchine.

IL DIRETTORE DEL SERVIZIO  
(Dott. Celestino Piz)

## BIBLIOGRAFIA – DOCUMENTI UTILI – LINKOPEDIA

- ISO 16001:2008 “Earth-moving machinery -- Hazard detection systems and visual aids -- Performance requirements and tests”
- Documento ED 6051 - Collisions engins-piétons- Choix et installation de détecteurs radioélectriques de piétons  
<http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6051/ed6051.pdf>
- Documento ED 6083 - Prévenir les collisions engins-piétons – Dispositifs d'avertissement  
<http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6083/ed6083.pdf>