

RADIOPROTEZIONE NELLE ATTIVITÀ AEROPORTUALI

a cura di Stefano Giunti

Esperto di radioprotezione di Grado III n. 456

CORSO DI RADIOPROTEZIONE

argomenti

- **La radioprotezione aeroportuale per la movimentazione di merce radioattiva**
 - Gli elementi di protezione da esposizione esterna
 - La regola della distanza
 - La regola del tempo
 - I colli e l'indice di trasporto
- **La radioprotezione aeroportuale per gli addetti al controllo dei bagagli a mano mediante macchine radiogene**
 - Macchine radiogene «standard»
 - «Nuove» macchine tomografiche
- **La radioprotezione aeroportuale per i bagagli da stiva**

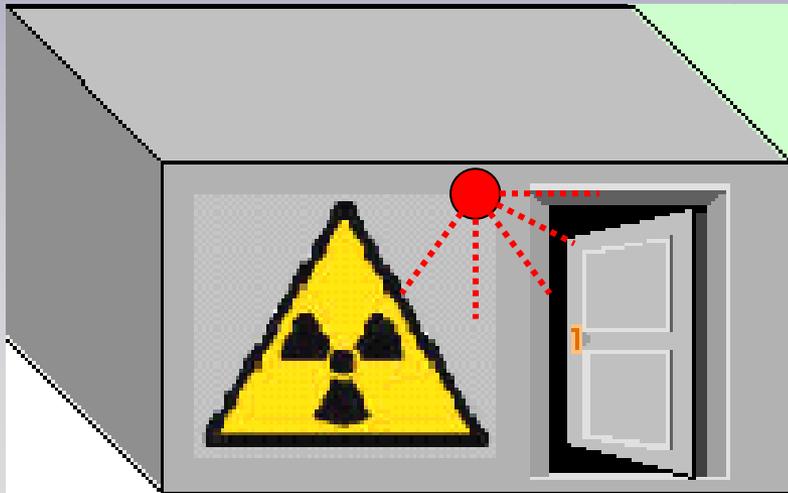
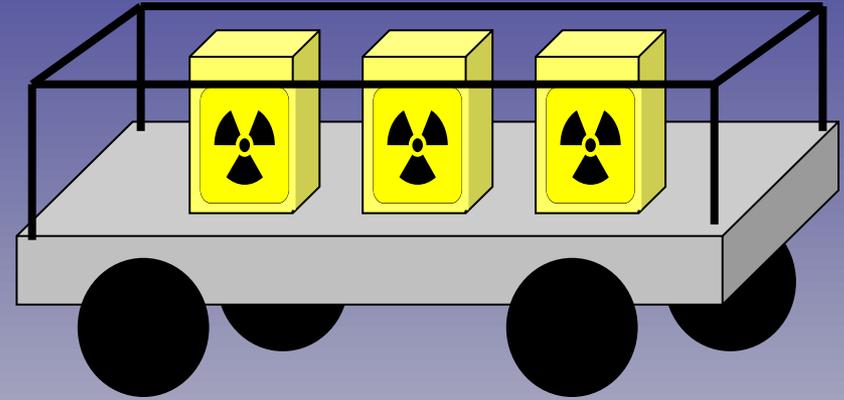
Movimentazione di merce radioattiva

DEFINIZIONI

Carrelli interpista RRR

Carrelli per il trasporto dei colli sfusi di merce radioattiva sul piazzale, dotati di adeguate sponde di contenimento del carico sui quattro lati ed identificabili dalla scritta "RRR".

È prevista un'area dedicata al loro ricovero quando sono vuoti



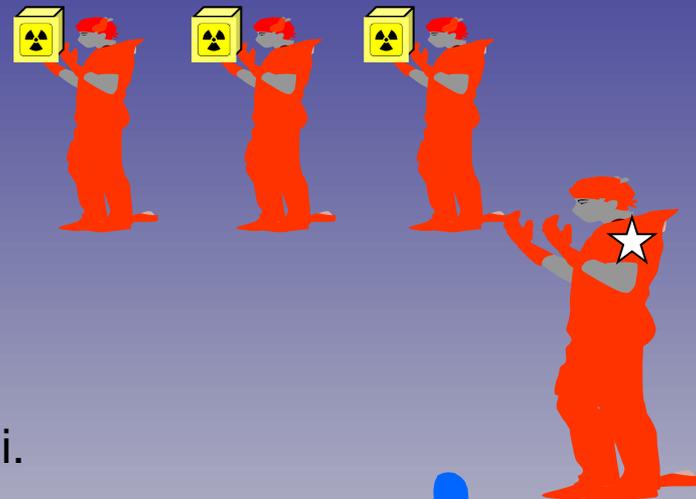
Locali di deposito temporaneo

Depositi per la detenzione della merce radioattiva in corso di trasporto.

DEFINIZIONI

Squadra di C/S – OUA (Operatore Unico Aeroportuale)

Personale che si occupa del carico e scarico della merce dalla stiva degli aeromobili.

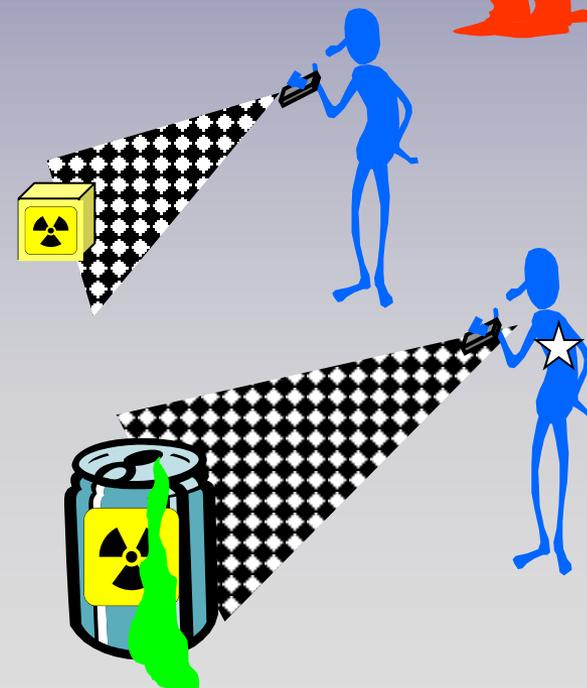


Responsabile delle operazioni di C/S (Team-Leader o Agente Rampa)

Persona responsabile preposto al controllo e verifica dell'attuazione delle disposizioni.

Servizio di Sicurezza e Vigilanza (SSV)

Personale debitamente addestrato ed autorizzato ad effettuare, con l'ausilio dell'apposita strumentazione (rilevatori geiger), le misure delle radiazioni emesse dai colli in situazioni standard (il **Responsabile Security (R.S.V.)** può farle sia in situazioni standard, sia di pre-emergenza).



Elementi di protezione da esposizione esterna

Gli elementi di protezione dalle radiazioni ionizzanti sono di 3 tipi, riportati in ordine di importanza decrescente:

- Distanza
- Tempo
- Schermature

Distanza

L' intensità della radiazione emessa da una sorgente varia seguendo la “legge dell' inverso del quadrato della distanza”

Es: se

ad 1 m misuro 100 $\mu\text{Sv/h}$,

a 2 m misuro 25 $\mu\text{Sv/h}$ ($100/2^2$)

a 3 m misuro circa 11 $\mu\text{Sv/h}$ ($100/3^2$)...

... quindi la radiazione diminuisce molto rapidamente all' aumentare della distanza dalla sorgente.

La regola della **DISTANZA**

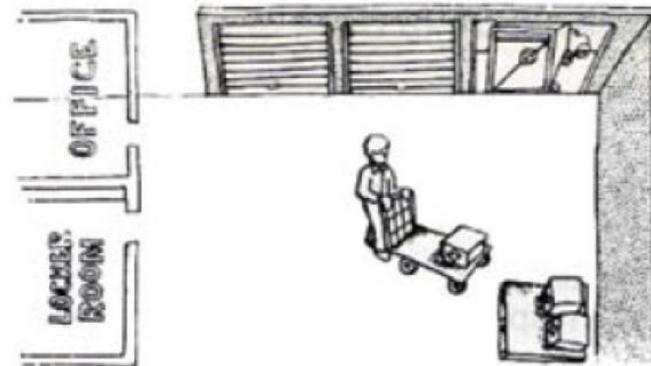
Il livello di radiazione diminuisce molto rapidamente quando ci si allontana dai colli RRR o dalle macchine radiogene

*“Mantieni i colli **a distanza** da te e dagli altri operatori”*

- Se sposti un carico per un certo tratto, usa un carrello, starai così a qualche metro dai colli;



- posiziona i colli in modo che anche gli altri non siano costretti a starvi troppo vicino;
- se i colli sono in attesa della partenza, non lasciarli in magazzino, portali nel deposito RRR.



Tempo

All'aumentare del tempo di esposizione aumenta la dose assorbita.

A parità di intensità di dose, se in un minuto di esposizione la dose assorbita è di 1 μSv , in due minuti di esposizione la dose assorbita sarà di 2 μSv .

Programmarsi in modo da ridurre al minimo il tempo di permanenza nei pressi delle sorgenti.

La regola del tempo

La regola del **TEMPO**

*“Rimani a contatto con i colli per il **minor tempo possibile**”*

- Non trascorrere tempi di riposo accanto a i colli radioattivi;
- non usare il deposito dei colli come luogo di ritrovo nel tempo libero;
- non svolgere operazioni che richiedono tempo accanto ai colli, per es. l'esame della documentazione di accompagnamento;
- durante la movimentazione, maneggia i colli in modo veloce e deciso senza perdere tempo.



Non soffermarti senza motivo accanto ai colli.

Limita il tempo di contatto



Non fermarti a socializzare accanto ai colli



Non usare i colli come appoggio per scrivere o svolgere altre operazioni

Schermature

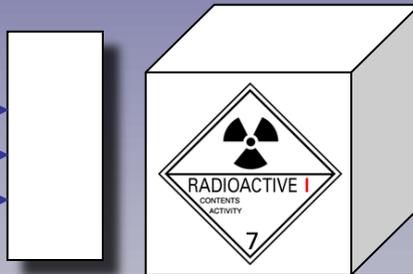
- Per schermature si intendono tutti quei dispositivi atti ad impedire (o ridurre) le emissioni delle sorgenti radioattive. Possono essere proprie del collo/macchina o relative al deposito in cui sono custodite o, ancora, indossate come indumenti protettivi dagli operatori.
- Normalmente i colli e le macchine sono schermati in modo adeguato
- La schermatura dei lavoratori, generalmente, non è necessaria. Naturalmente occorre effettuare una valutazione ad hoc, in funzione della situazione specifica.

COLLI CONTENENTI SOSTANZE RADIOATTIVE (indicativamente...)

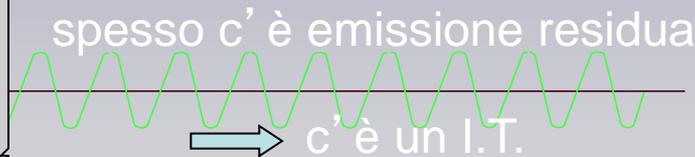
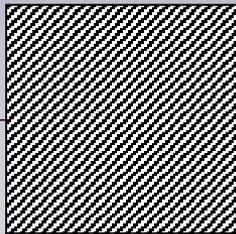
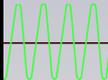
ALFA



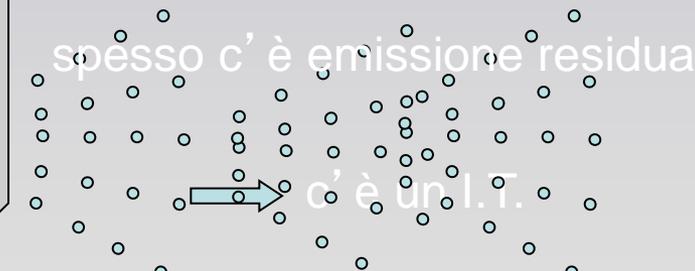
BETA



GAMMA



NEUTRONI



l'indice di trasporto (I.T.)

L'indice di trasporto di un collo è un valore derivato dal rateo di dose misurato ad 1 m dal collo ed espresso in microsievert/ora

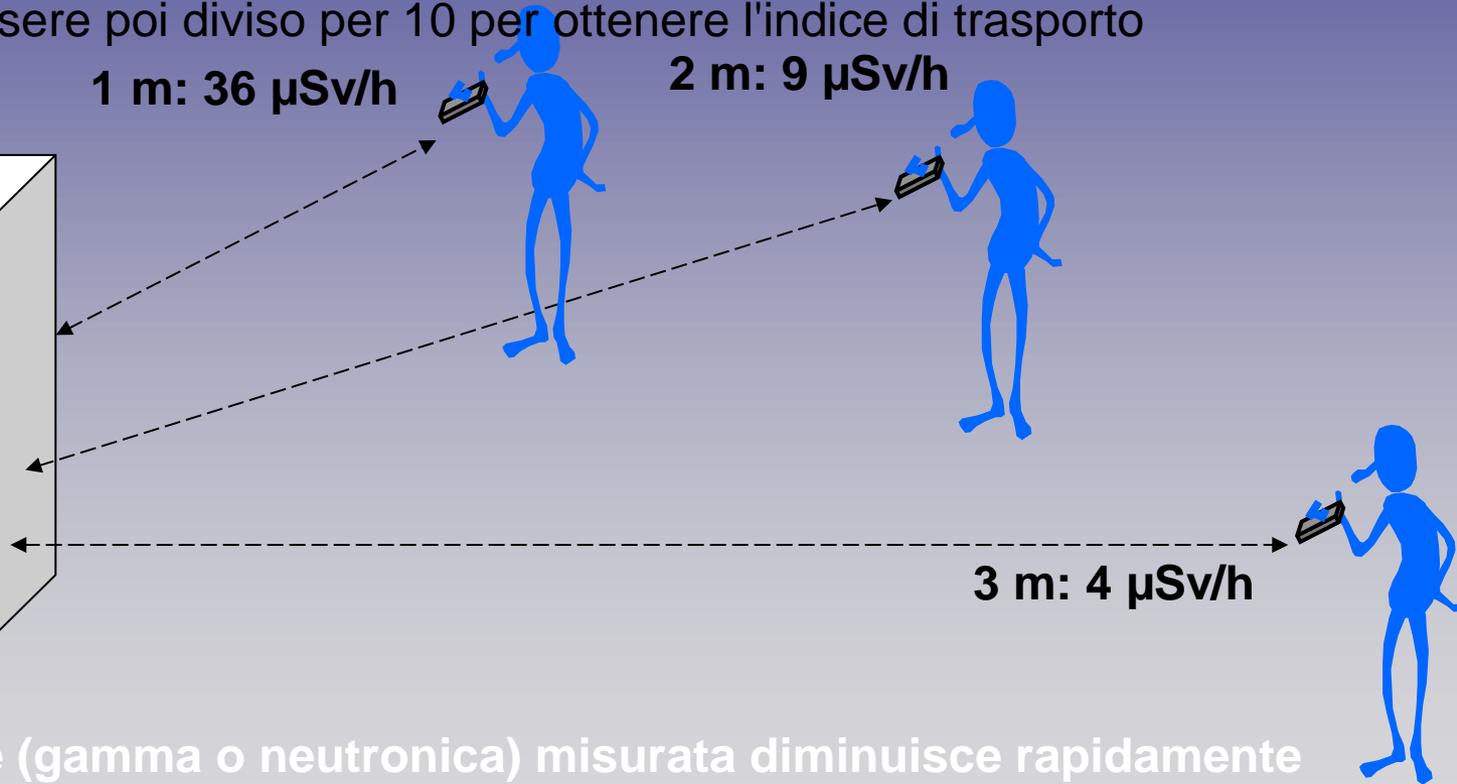
Si riferisce al valore massimo di rateo di dose misurato girando intorno al collo in tutte le posizioni ad una distanza di 1 m

Tale valore deve essere poi diviso per 10 per ottenere l'indice di trasporto

1 m: 36 $\mu\text{Sv/h}$

2 m: 9 $\mu\text{Sv/h}$

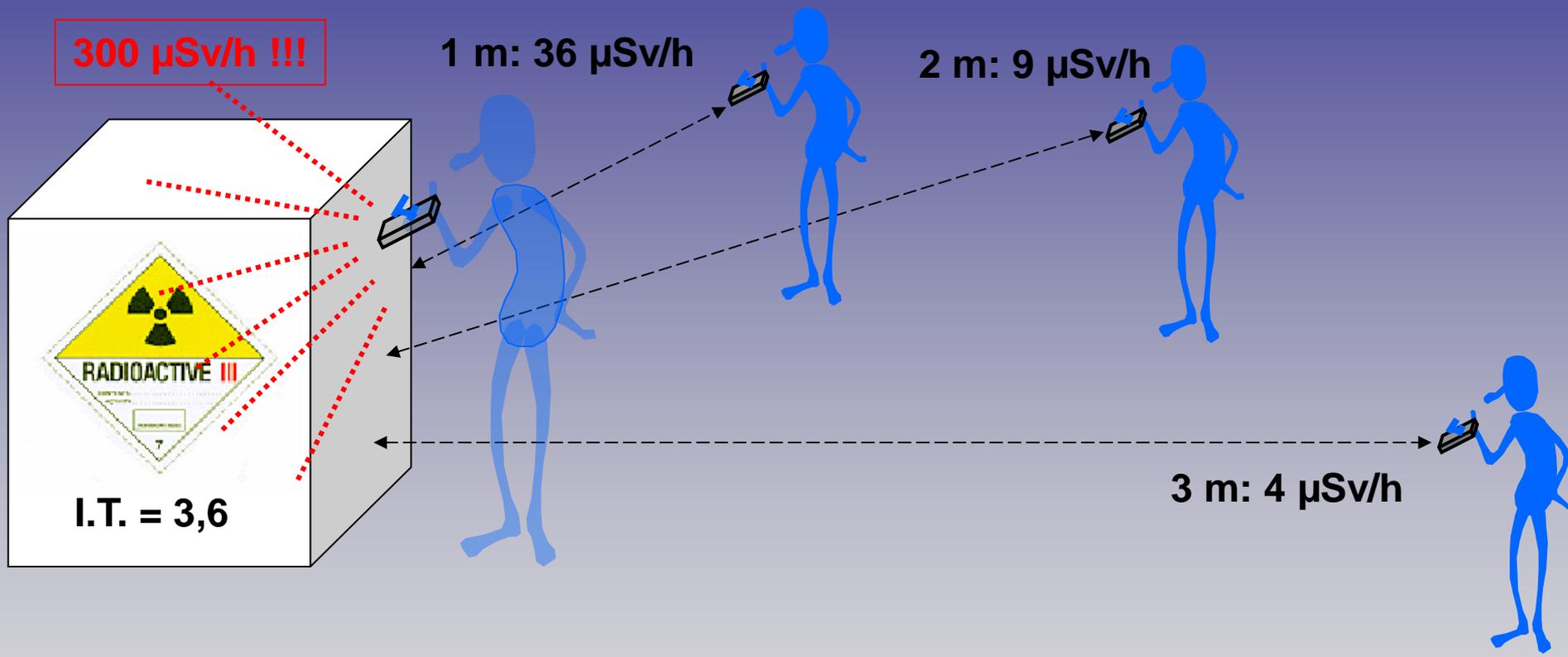
3 m: 4 $\mu\text{Sv/h}$



La radiazione (gamma o neutronica) misurata diminuisce rapidamente con la distanza dalla sorgente.

(legge dell' inverso del quadrato della distanza)

l'indice di trasporto (I.T.)



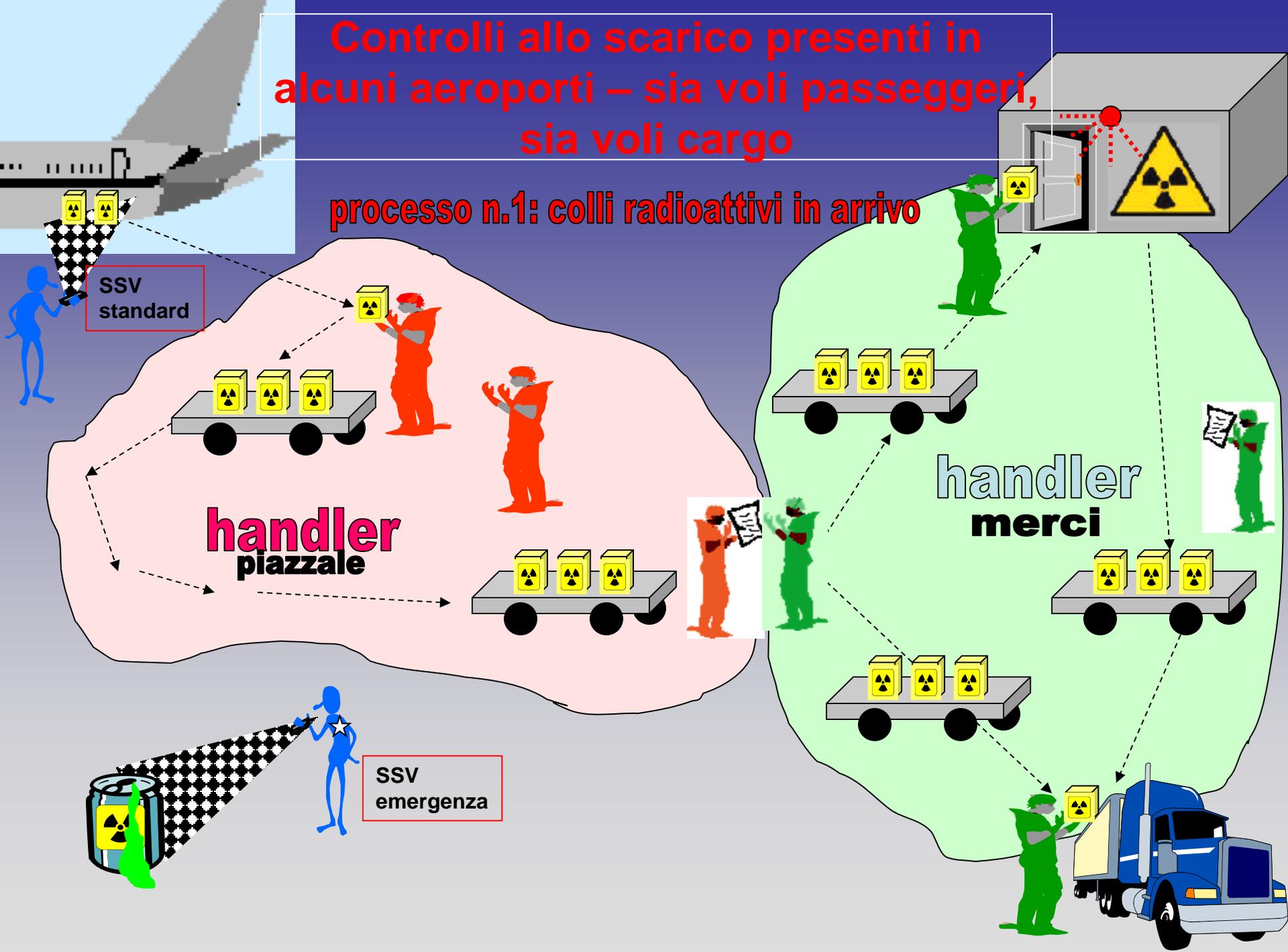
La radiazione (gamma o neutronica) misurata diminuisce rapidamente con la distanza dalla sorgente.

(legge dell' inverso del quadrato della distanza)

<p>ESENTI</p>	 <p>I-125, P-32, S-35</p>	 <p>I-123, I-131, In-111</p>	 <p>I-131, Mo-99</p>
<p>Dicitura "RADIOACTIVE" SOLO all'interno del collo</p>	<p>Cat. 1 et. Bianca  IT = 0</p>	<p>Cat. 2 et. Gialla  0 < IT ≤ 1</p>	<p>Cat. 3 et. Gialla  1 < IT ≤ 10</p>

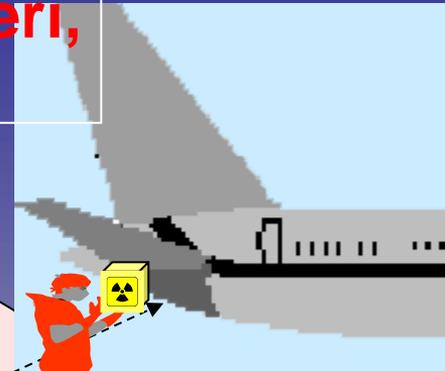
Controlli allo scarico presenti in alcuni aeroporti – sia voli passeggeri, sia voli cargo

processo n.1: colli radioattivi in arrivo

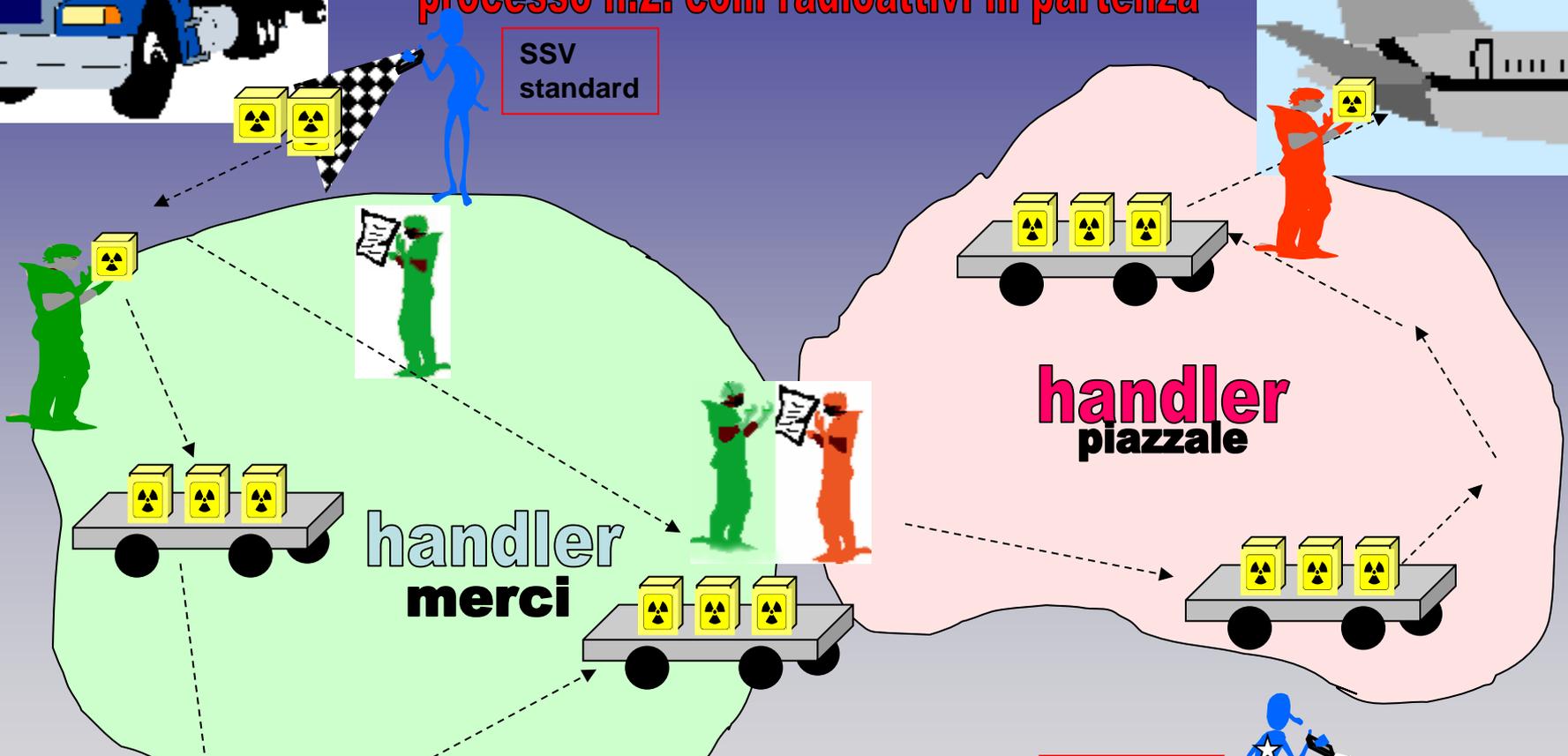


Controlli allo scarico presenti in alcuni aeroporti – sia voli passeggeri, sia voli cargo

processo n.2: colli radioattivi in partenza



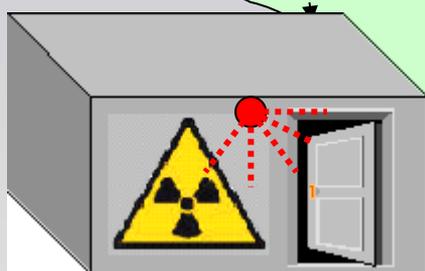
SSV standard



handler merci

handler piazzale

SSV emergenza



VALUTAZIONE DEL RISCHIO AI FINI DELLA CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI effettuata dall'esperto di radioprotezione applicata all'attività di movimentazione di merce radioattiva

Rischio connesso alla presenza di sorgenti sigillate

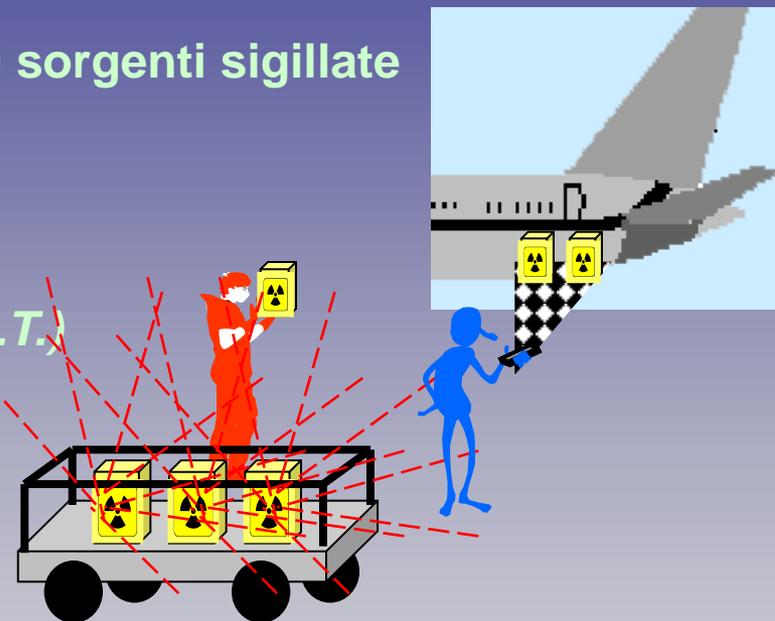
Rischio da esposizione esterna

- numero e tipologia di sorgenti
i colli che transitano, emissioni a distanza (I.T.) e a contatto
- modalità di intervento
tempi, distanza dell'operatore, ecc...
- numero di lavoratori addetti alle operazioni



Rischio da esposizione interna

- incorporazione di materiale radioattivo



STIMA

della **dose massima annua** che il singolo lavoratore è “**suscettibile di ricevere**”
come dose efficace, alle estremità, al cristallino

CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Esempio di stima di dosi per attività che prevede il deposito temporaneo

OUA. Supposti solo 5 operatori. Raddoppiamo carico reale.

Partenze: 504 etichette bianche, 12 GII e 2 GIII

Arrivi: 81 Etichette bianche, 225 GII e 14 GIII

Supponiamo presenza e uso di deposito per la detenzione temporanea

MAGAZZINO MERCI - Movimentazione dei colli

Periodo	Scalo
Stima dosi esterne	-

Personale coinvolto nella movimentazione	
Numero lavoratori	5

PARTENZE

categoria	PARTENZE		
	Bianca I	Gialla II	Gialla III
numero colli	504	12	2
IT medio (mRem/h)	0,05	0,25	5,5
Rateo di dose mani (mSv/h)	0,005	0,20	3,3
Percentuale colli sfusi	50%	50%	50%
Percentuale colli unità carico			

ARRIVI

ARRIVI		
Bianca I	Gialla II	Gialla III
81	225	14
0,05	0,25	1,0
0,005	0,20	0,6
50%	50%	50%

VALUTAZIONE FINALE

	dose efficace mSv	dose eq. alle mani mSv
partenze colli sfusi	0,020	0,044
partenze unità carico	0,000	0,000
arrivi colli sfusi	0,038	0,190
arrivi unità carico	0,000	0,000
TOTALE	0,059	0,234

→ lavoratori non esposti

CLASSIFICAZIONE DEI LAVORATORI

Esempio di stima di dose per attività che non prevede il deposito temporaneo – lavoratori non esposti

OUA. Supposti solo 5 operatori. Raddoppiamo carico reale.
 Partenze: 504 etichette bianche, 12 GII e 2 GIII
 Arrivi: 81 Etichette bianche, 225 GII e 14 GIII
 Supponiamo assenza di deposito per la detenzione temporanea

OUA - Movimentazione dei colli

Periodo	Scalo
Stima dosi esterne	-

Personale coinvolto nella movimentazione	
Numero lavoratori	5

PARTENZE

categoria	PARTENZE		
	Bianca I	Gialla II	Gialla III
numero colli	504	12	2
IT medio (mRem/h)	0,05	0,25	5,5
Rateo di dose mani (mSv/h)	0,005	0,20	3,3
Percentuale colli sfusi	50%	50%	50%
Percentuale colli unità carico			

ARRIVI

ARRIVI		
Bianca I	Gialla II	Gialla III
81	225	14
0,05	0,25	1,0
0,005	0,20	0,6
50%	50%	50%

VALUTAZIONE FINALE

	dose efficace mSv	dose eq. alle mani mSv
partenze colli sfusi	0,003	0,003
partenze unità carico	0,000	0,000
arrivi colli sfusi	0,005	0,005
arrivi unità carico	0,000	0,000
TOTALE	0,008	0,008

→ lavoratori non esposti

Imprevisti e incidenti

ESEMPI DI POSSIBILI SCENARI DI EMERGENZA (1di2)



“Incidente” del settembre 2017

Collo gravemente compromesso in seguito a caduta e schiacciamento da parte di muletto. Il contenitore primario è risultato completamente integro e non c'è stata alcuna fuoriuscita di sostanza radioattiva e quindi di contaminazione.



ESEMPI DI POSSIBILI SCENARI DI EMERGENZA (2di2)



“Incidente” del settembre 2019

Collo gravemente compromesso in seguito a caduta e schiacciamento da parte di muletto. Il contenitore primario è risultato assolutamente integro e non c'è stata alcuna fuoriuscita di sostanza radioattiva e quindi di contaminazione.



E' OBBLIGATORIO

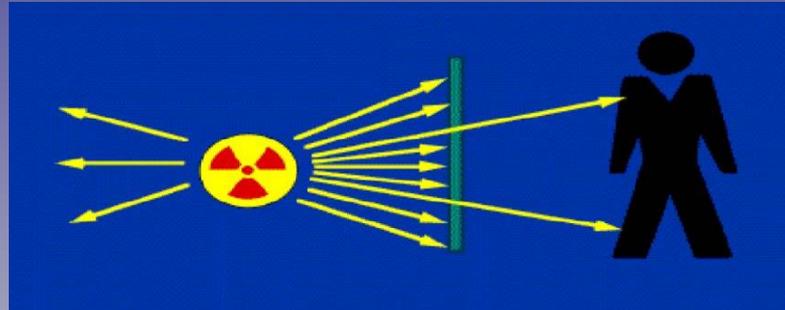
- 1. Segnalare immediatamente al proprio responsabile:**
 - ogni inconveniente che si dovesse manifestare nei dispositivi di sicurezza, di segnalazione, di protezione e di misura;
 - la caduta di un collo o il suo danneggiamento;
 - la fuoriuscita di sostanze dal contenitore di materiale radioattivo;
- 2. Fare allontanare tutte le persone ad una distanza di almeno 10 metri dal luogo dove è stato segnalato uno degli eventi del punto 1.**
- 3. Segnalare al proprio responsabile la presenza di un collo abbandonato contenente sostanze radioattive.**

L'operatore deve avvertire il proprio responsabile, il quale chiamerà la centrale operativa, che farà intervenire del personale esperto addetto alla gestione dell'emergenza.

**Macchine radiogene
Controllo bagagli a
mano**

Schermatura dei raggi X

Dipendenza del rischio dalla disponibilità di schermature



**Fattori di attenuazione alla tensione di funzionamento di 160 kV
e diversi spessori di piombo**

Spessore in Pb (mm)	160 kVp
0,22	2
0,8	10
1,6	100
2.0	330

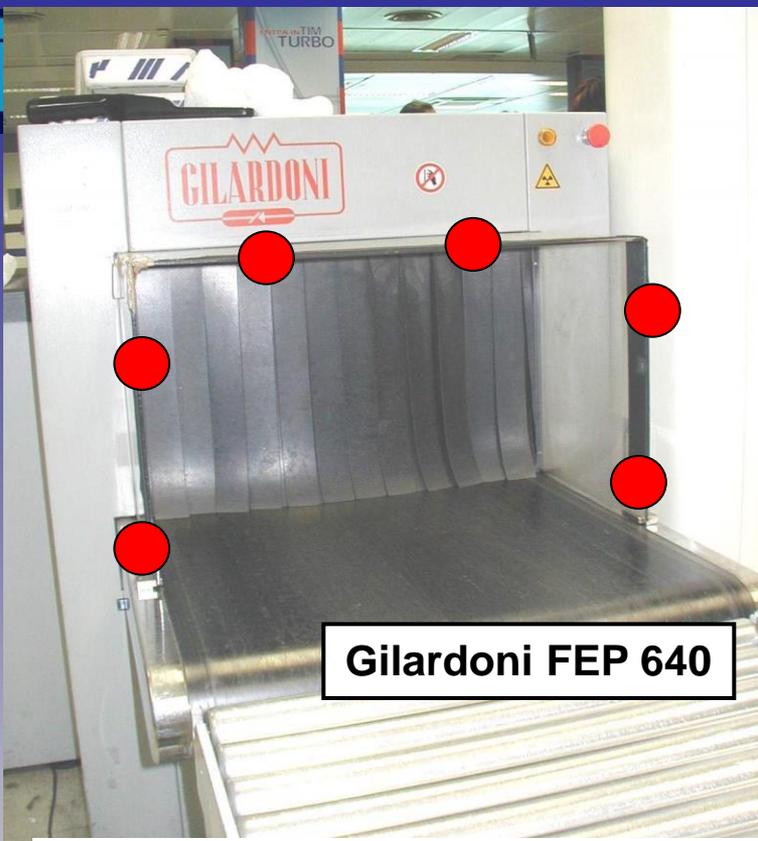
È VIETATO

1. Usare l'apparecchiatura radiogena senza essere stati preventivamente autorizzati.
2. Introdurre le mani e gli avambracci nel tunnel quando l'impianto è attivato. Le mani di norma devono essere tenute lontane dall'uscita del bagaglio dal tunnel, ad almeno un metro di distanza.
3. Rimuovere o modificare senza autorizzazione le presenti norme, i dispositivi di sicurezza (luci e pulsanti di arresto) e quelli di segnalazione (cartelli).
4. Compiere di propria iniziativa operazioni che possano in ogni modo compromettere la protezione e la sicurezza (es. interventi sulle tendine in gomma piombifera).

È OBBLIGATORIO

1. Premere il pulsante di arresto sull'apparecchio se deve essere recuperato un bagaglio rimasto all'interno del tunnel.
2. Durante i periodi in cui l'apparecchio non viene utilizzato e non c'è presenza di presidio da parte di personale addetto, spegnere lo stesso e rimuovere la chiave, per evitarne usi impropri. La chiave deve essere riposta in luogo sicuro, non accessibile da personale non autorizzato.
3. Segnalare immediatamente ad un Responsabile ogni malfunzionamento dell'apparecchio o altre carenze, per esempio:
 - presenza di lacerazioni sulle tendine in gomma piombifera;
 - non funzionamento delle luci di segnalazione e dei pulsanti di arresto;
 - mancaza delle norme e dei cartelli di segnalazione del pericolo di radiazioni e di divieto di introduzione delle mani.
4. Notificare al datore di lavoro, da parte delle lavoratrici, il proprio stato di gravidanza, non appena accertato, al fine di ricevere le corrette indicazioni per lo svolgimento delle proprie mansioni in relazione all'esposizione a radiazioni ionizzanti.

DOSIMETRIA AMBIENTALE CON DOSIMETRI A FILM BADGE (in posizione per più di un mese)



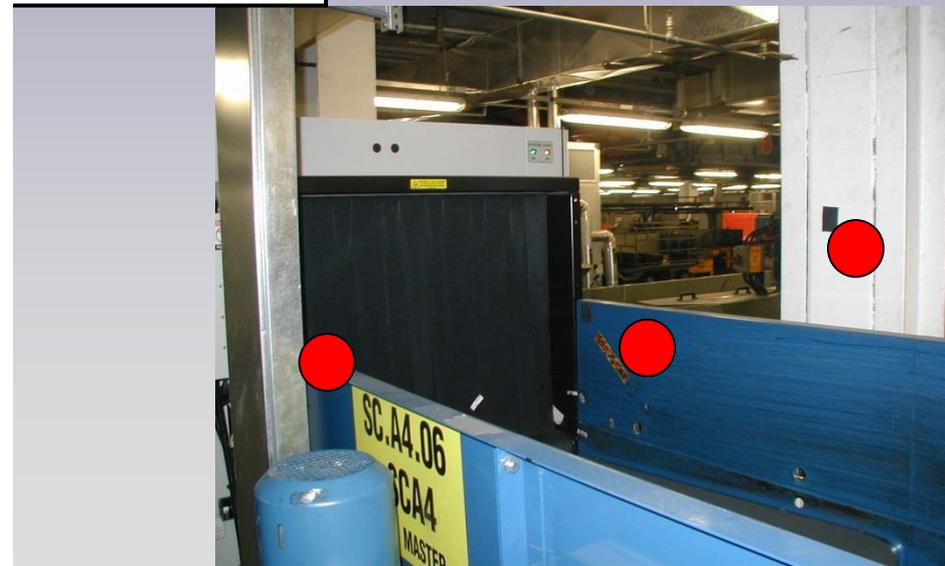
Gilardoni FEP 640



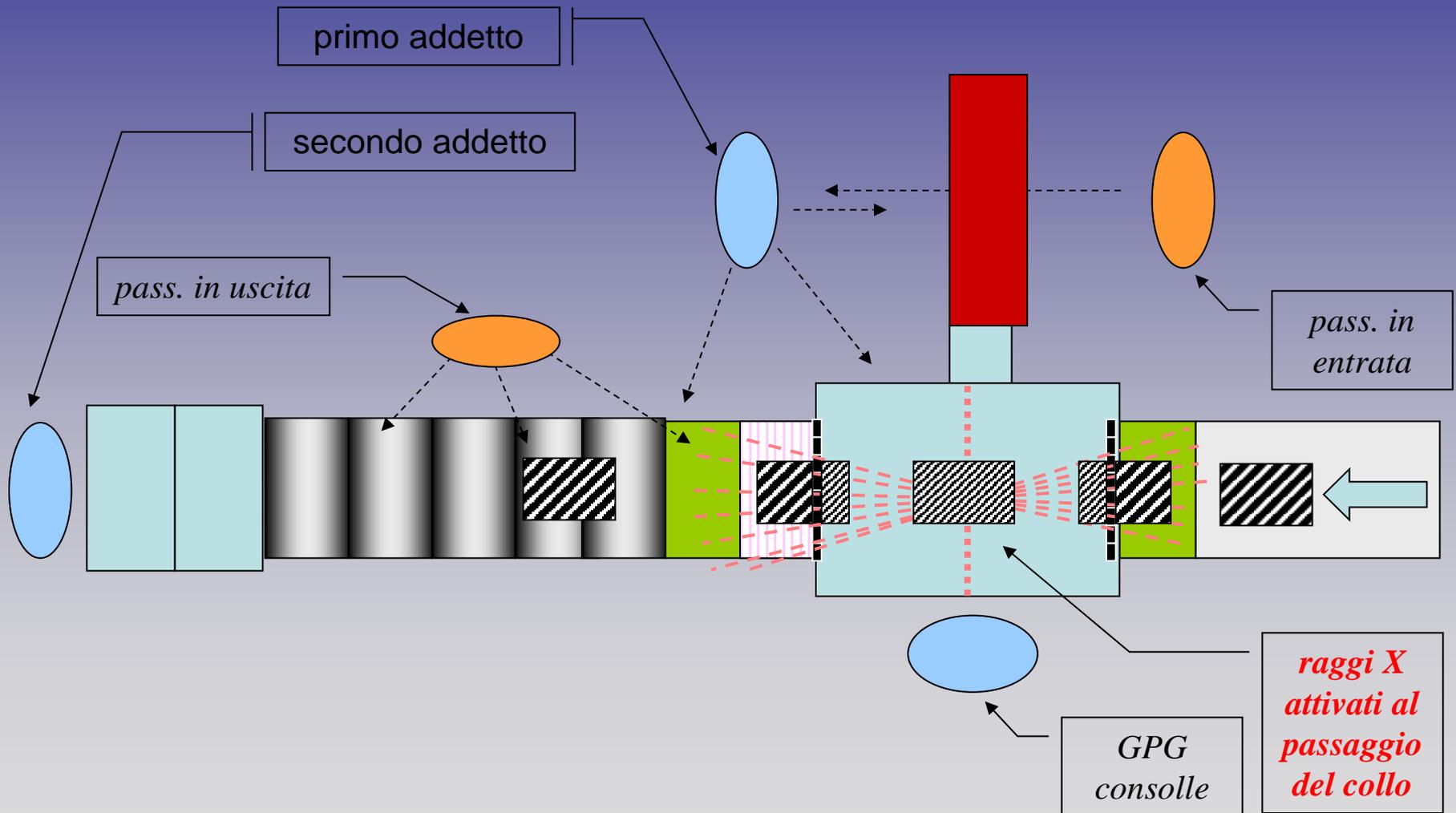
Perkin Elmer VIVID



Smiths Detection XCT

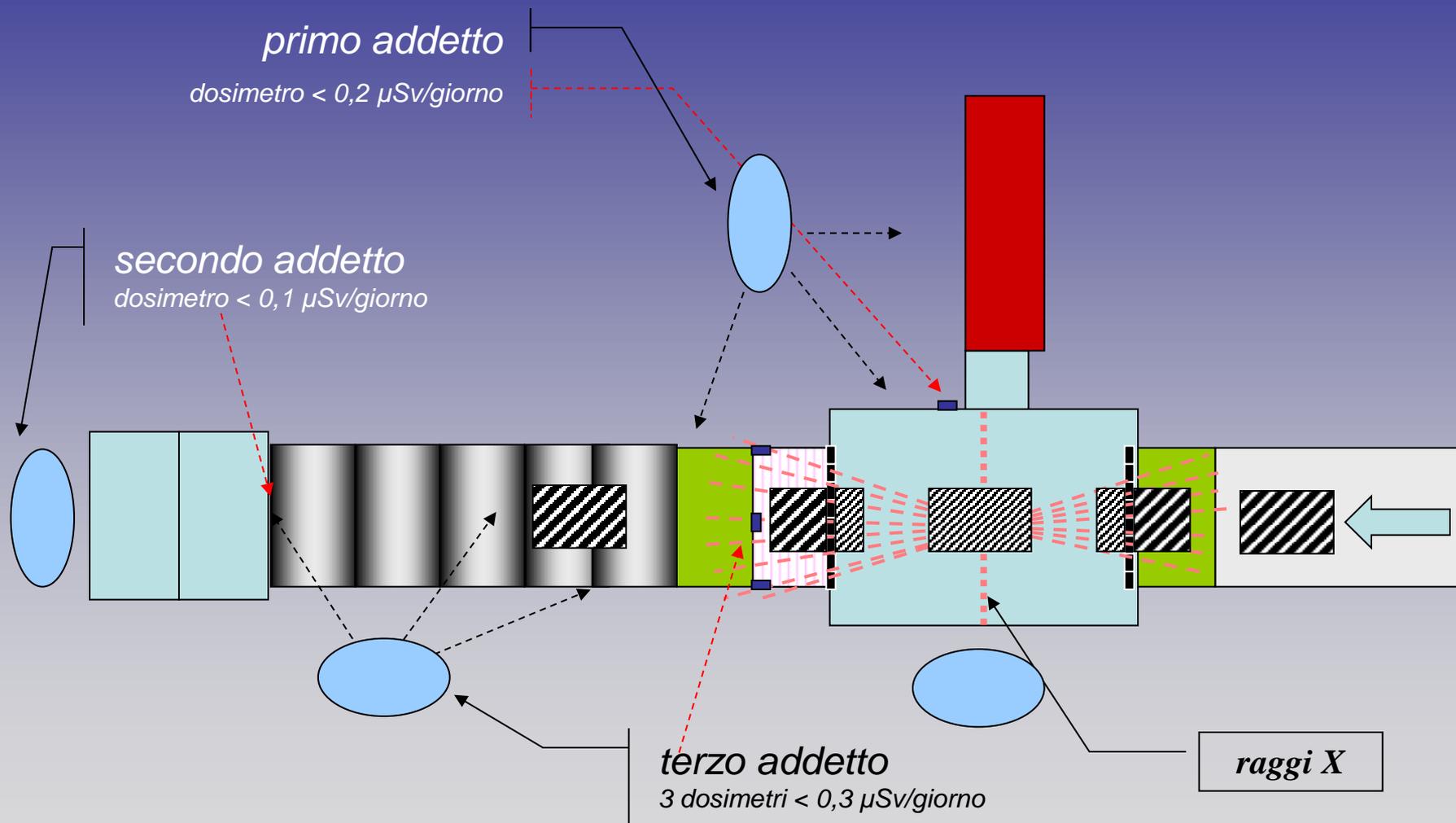


POSTAZIONI DEL PERSONALE PRESSO I FILTRI PARTENZE- MACCHINE STANDARD



DOSIMETRIA AMBIENTALE PRESSO I FILTRI DELLE PARTENZE

i dosimetri sono rimasti in posizione per circa tre mesi per valutare l'esposizione dei lavoratori



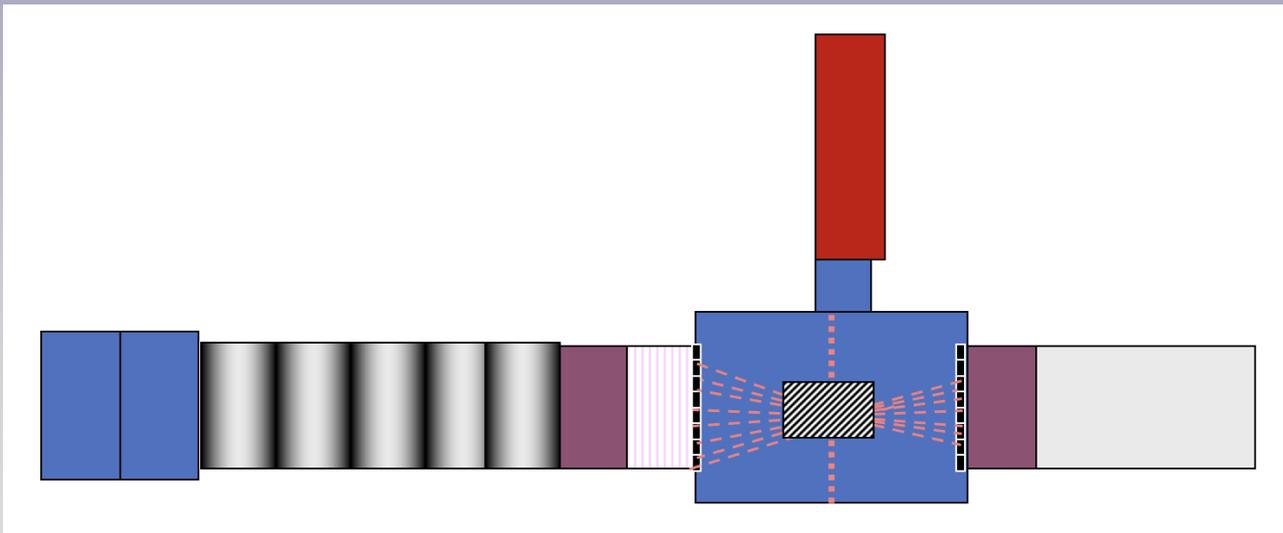
Le dosi indicate tengono conto della turnazione giornaliera e della posizione media degli operatori
 Ne consegue una dose efficace massima annua < 40 μSv
 (meno di un volo intercontinentale a/r per la Polinesia...)

Nuove esigenze e nuovi standard

- Nuovi standard di sicurezza aeroportuale stanno gradualmente comportando la sostituzione degli scanner radiologici per il controllo di sicurezza del bagaglio a mano trasportato a bordo dell'aeromobile.
- In particolare, stanno entrando in servizio nuove macchine radiologiche non più a singolo o doppio fascio ma con tecnologia tomografica computerizzata in grado di ricostruire in un'immagine tridimensionale il contenuto del bagaglio.

Possibile incremento di dose «al bagaglio»

L'introduzione di queste nuove tecnologie comporta modalità di irraggiamento del bagaglio tali da far prevedere, sulla base dei dati forniti dai costruttori, potenziali incrementi significativi della dose assorbita durante il transito del bagaglio all'interno del tunnel radiologico.



Potenziali problemi delle «nuove» macchine

- Possibili alterazioni ai dosimetri in transito
- Potenziali esposizioni al personale aeroportuale

Potenziali problemi delle «nuove» macchine

- **Possibili alterazioni ai dosimetri in transito**
- Potenziali esposizioni al personale aeroportuale

Possibili alterazioni a dosimetri in transito

- Fermo restando che queste macchine sono sempre certificate secondo le norme tecniche applicabili per quanto riguarda le massime esposizioni esterne al vano radiologico ai fini della radioprotezione del personale e della popolazione, l'incremento di dose al bagaglio potrebbe generare problemi al personale esposto a radiazioni ionizzanti che per ragioni lavorative si sposti per via aerea.
- Operatori con dosimetri personali passivi (o attivi): il passaggio dei dosimetri, inseriti nel bagaglio a mano, potrebbe alterare le valutazioni di dose riferibili alle sole attività lavorative.
- Negli scanner radiologici tradizionalmente presenti negli scali aeroportuali tale problema è sempre stato trascurabile per l'esiguità della dose rilasciata al bagaglio e quindi all'eventuale dosimetro in esso contenuto, non superiore a qualche decina di μSv .

Prove eseguite

- Al fine di quantificare il contributo di dose dato dai “nuovi” scanner CT, abbiamo effettuato alcune prove sulle macchine recentemente installate nell’ambito aeroportuale nazionale
- Le misure sono state effettuate ponendo dosimetri a film badge e a TL all’interno di bagagli di diversa tipologia, posizionati a differenti altezze rispetto al piano del nastro trasportatore e a distanza variabile dalle pareti del tunnel e in condizioni di traffico e affollamento bagagli standard.
- I risultati delle misure, per le principali tipologie di esposizione, sono riportati nella tabella seguente, in cui un dosimetro a TL e uno a film sono stati disposti affiancati all’interno del bagaglio.



Risultati delle prove

Prova	Descrizione prova	Dose totale TL (μSv)	Dose totale badge (μSv)	Dose TL per singolo passaggio (μSv)	Dose badge per singolo passaggio (μSv)
1	5 passaggi ad altezza nastro - posizione centrale	4055	3296	811	659,2
2	5 passaggi a circa 10 cm h - posizione centrale	3373	2891	674,6	578,2
3	5 passaggi a circa 22 cm h - posizione centrale	3162	3095	632,4	619
4	3 passaggi a circa 22 cm h - lato operatore	1924	1711	641,3	570,3
5	3 passaggi a circa 22 cm h - lato passeggero	1952	1748	650,7	582,7

Alterazioni ai dosimetri: conclusioni

- L'ordine di grandezza della lettura dosimetrica media è di alcune centinaia di μSv a passaggio;
- è presente un'ampia variabilità delle letture per vari fattori, tra cui l'algoritmo di elaborazione delle immagini o l'intervento manuale dell'operatore, che possono trattenere o meno il bagaglio erogando intensità e durate dell'esposizione differenti, l'affollamento della linea bagagli, ecc.

→ il contributo di dose di queste nuove macchine per ciascun passaggio aeroportuale non potrà più essere trascurato nel processo di valutazione della dose del lavoratore.

Sarebbe quindi auspicabile, a maggior ragione per la già citata ampia variabilità dei dati di esposizione, che fosse consentito (e fortemente raccomandato) evitare il transito dei dosimetri passivi all'interno dei tunnel radiologici.

Potenziali problemi delle «nuove» macchine

- Possibili alterazioni ai dosimetri in transito
- **Potenziali esposizioni al personale aeroportuale**

Regolamenti e norme internazionali

I limiti previsti dai vari regolamenti e dalle norme internazionali differiscono da paese a paese ma sono generalmente nel range tra 1 $\mu\text{Sv/h}$ e 5 $\mu\text{Sv/h}$ a 10 cm. In alcuni casi i limiti si applicano ai valori medi misurati, in altri casi ai valori massimi.

U.S. FDA CFR 21 part 1020.40

RED act (Canada)

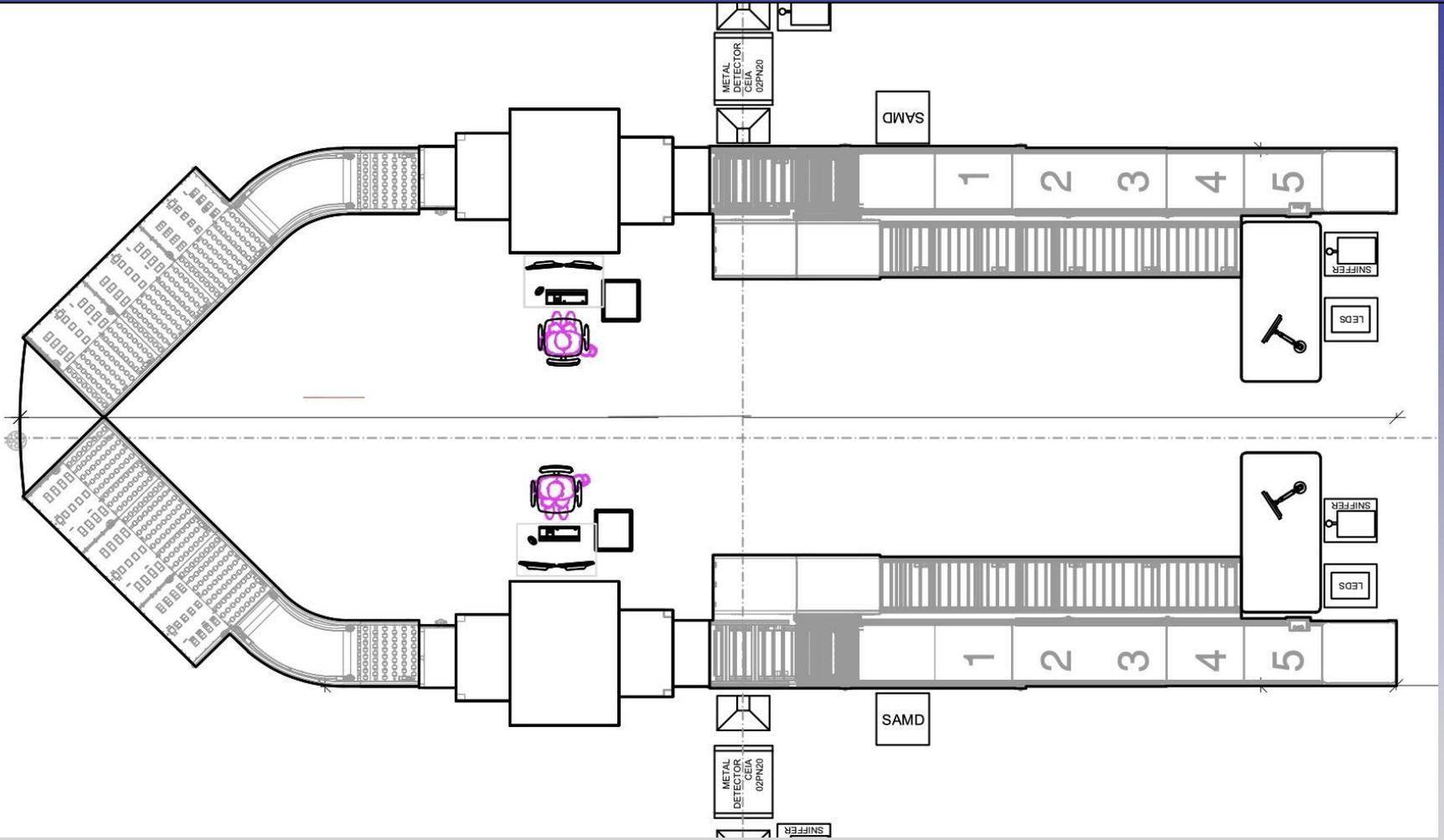
IRR99 (UK)

NCF 74-100 (France)

UNE 73-302 (Spain)

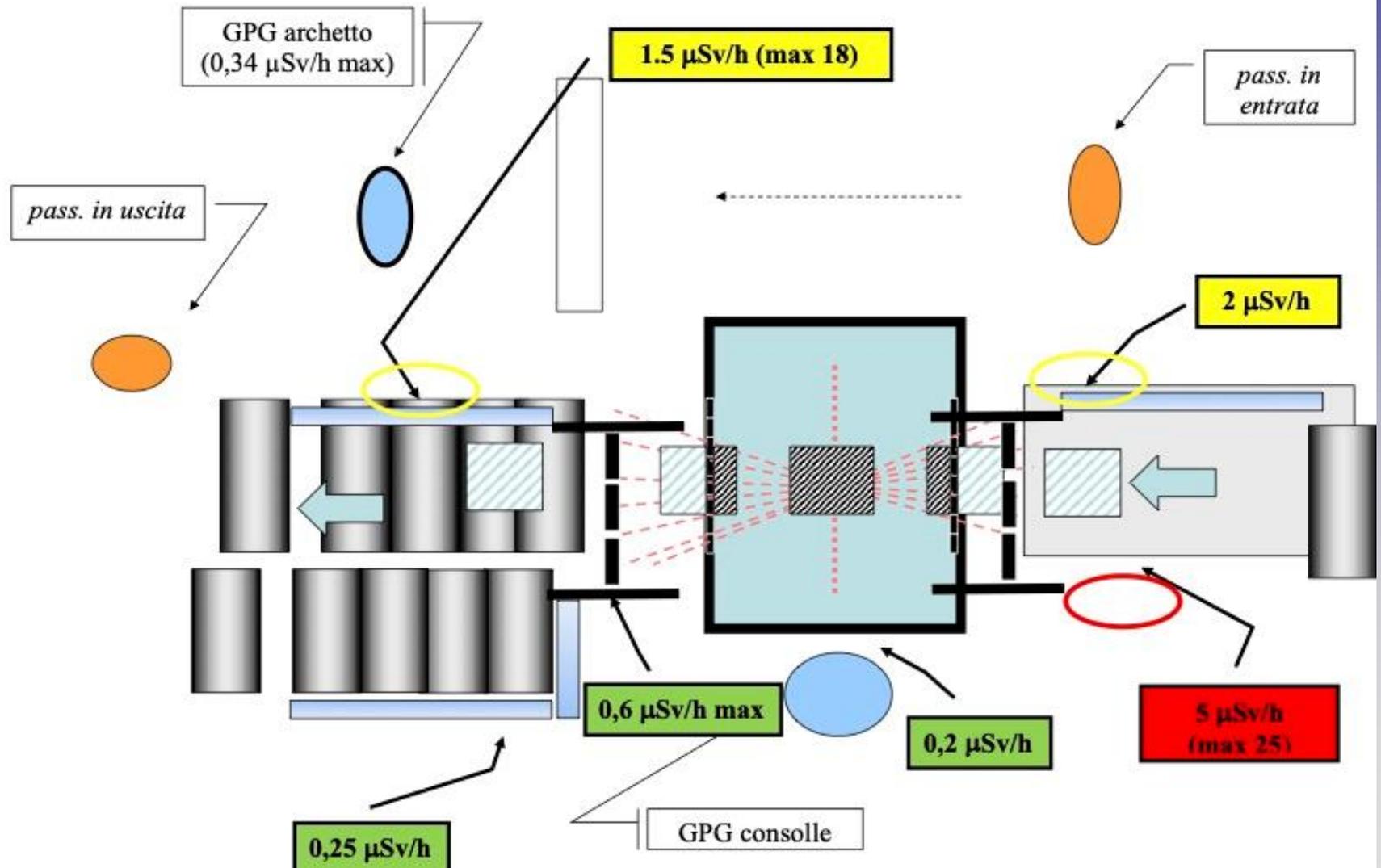
GB18871-2002 (China)

Rulliera



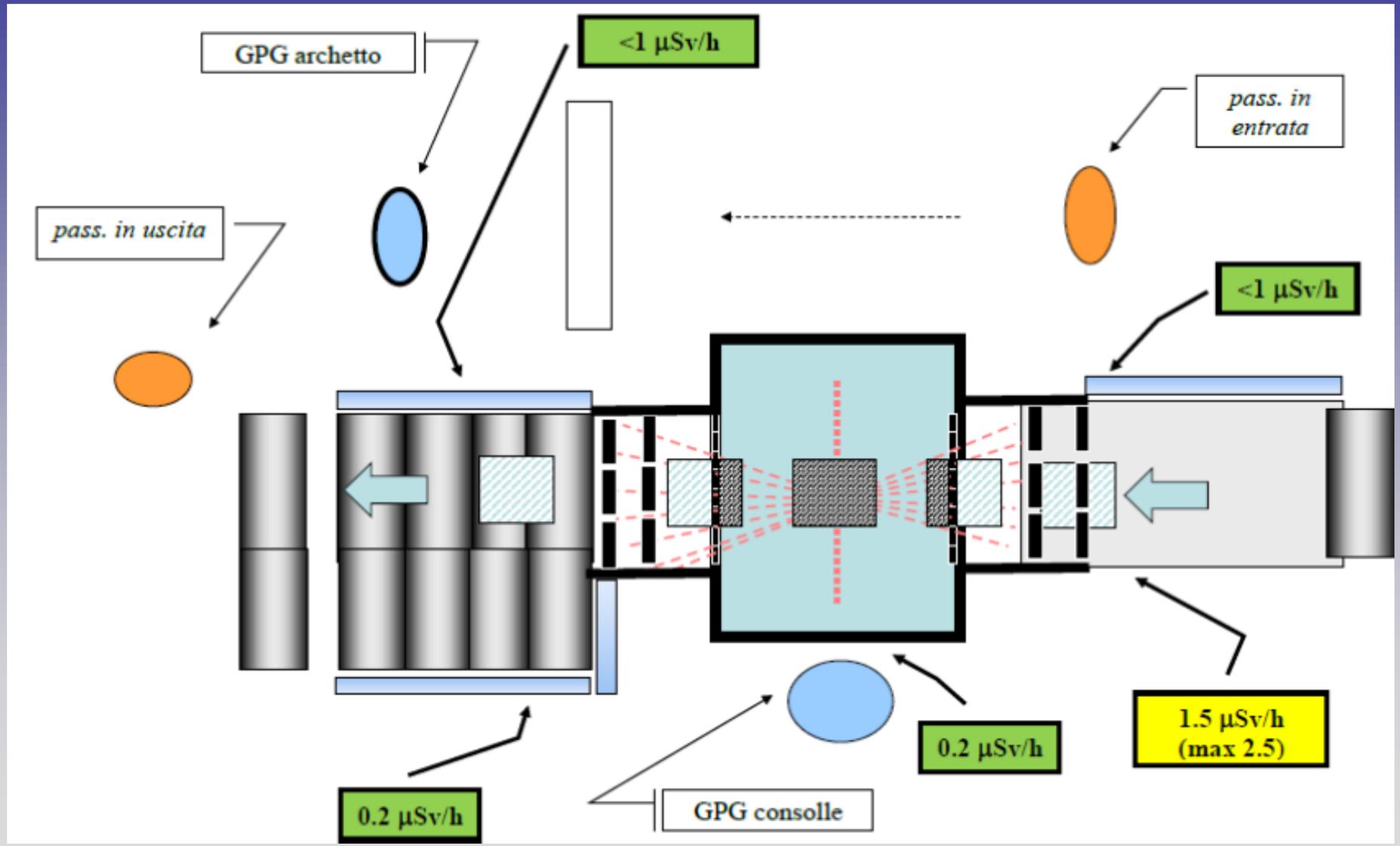
POSTAZIONI PRESSO I FILTRI PARTENZE CON MACCHINE CTIX

Senza protezioni aggiuntive

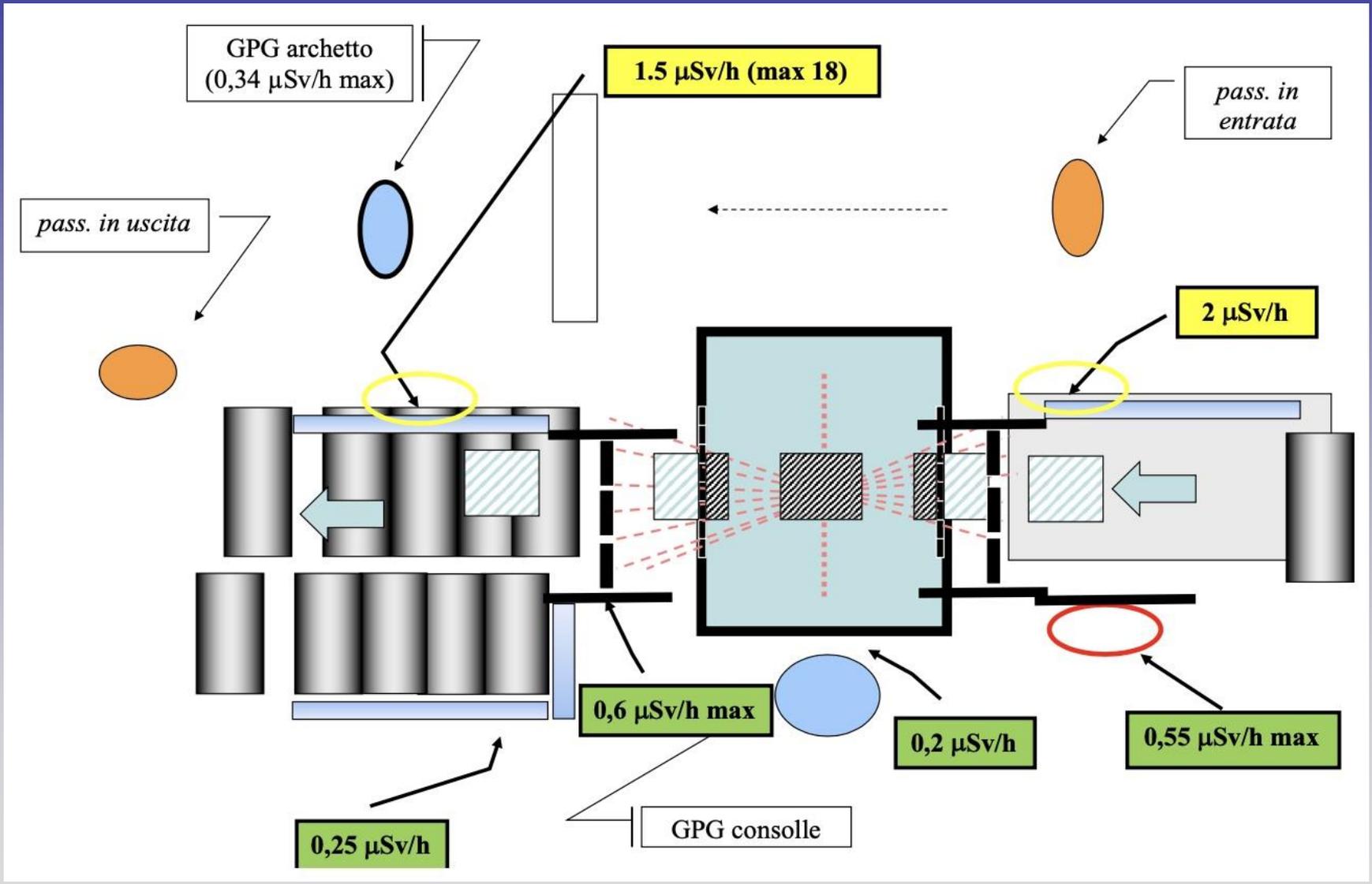


POSTAZIONI PRESSO I FILTRI PARTENZE CON MACCHINE CTiX

Esempio di protezioni aggiuntive – 4ª fila di lamelle



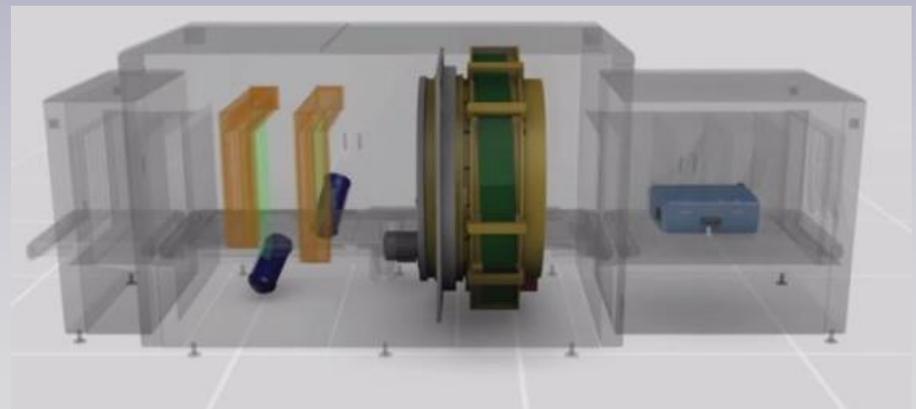
POSTAZIONI PRESSO I FILTRI PARTENZE CON MACCHINE CTiX Con protezioni aggiuntive – paratia laterale



**Macchine radiogene
Controllo bagagli da
stiva**

Gli impianti sono utilizzati per il controllo radiologico di security dei bagagli da stiva finalizzato alla rilevazione di materiali esplosivi e oggetti pericolosi potenzialmente presenti all'interno.

Lo Standard 3 ECAC prevede sia un controllo con due fasci lineari disallineati di raggi X a differenti energie ("dual view-dual energy" LS Tube A e B) per la ricostruzione di immagini 2D, sia un controllo tomografico per la ricostruzione volumetrica dell'immagine 3D tramite XCT a singola energia.



POSTAZIONI PRESSO BHS CON MACCHINE XTC

Rimozione di due tendine in gomma piombifera e conseguente incremento dei ratei di dose

La ditta fornitrice delle macchine oggetto della variazione, ha rimosso due tendine di gomma piombifera (una in entrata e una in uscita) sulle macchine allo scopo di ridurre i blocchi nel funzionamento delle macchine con bagagli leggeri che vengono fermati all'interno delle macchine stesse

apparecchio	carenatura val. max	uscita bagaglio val. max	1 m dall'uscita val. max	entrata bagaglio val. max	Posizione video val. max
XCT per smist. bagagli	0,3	16,2	9	42	-
XCT per smist. bagagli	0,25	19,3	9,2	43	-

POSTAZIONI PRESSO BHS CON MACCHINE XTC XCT – con protezione aggiuntive in seguito alla rimozione di una tendina in ingresso e di una tendina in uscita



prototipo



definitivo



POSTAZIONI PRESSO BHS CON MACCHINE XTC

Riduzione dei ratei di dose con aggiunta di carenatura

apparecchio n. serie	carenatura val. max	uscita bagaglio val. max	1 m dall'uscita val. max	entrata bagaglio val. max	Posizione video val. max
XCT per smist. bagagli	0,34	1,84	0,58	1,95	-
XCT per smist. bagagli	0,35	1,88	0,5	2,05	-

Esempi









**Grazie
per l'attenzione!**