

Misura di livello a principio radiometrico

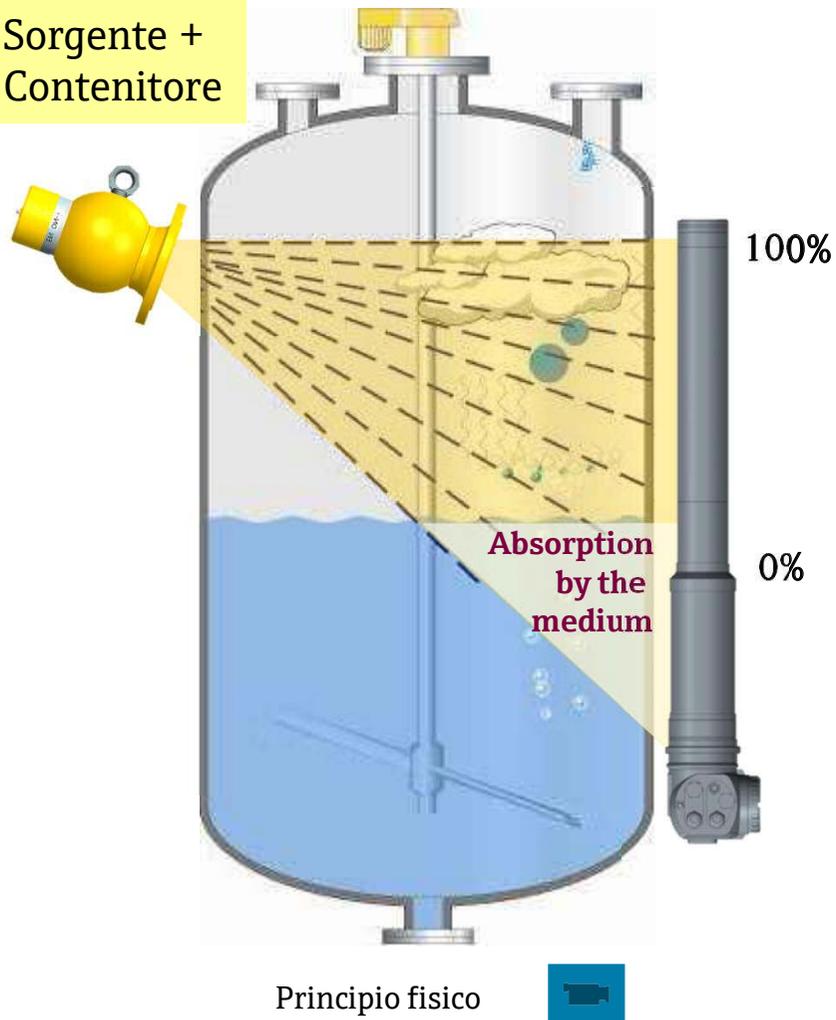


Applicazione delle radiazioni gamma in ambito industriale



Sistema di misura radiometrico

Sorgente +
Contenitore

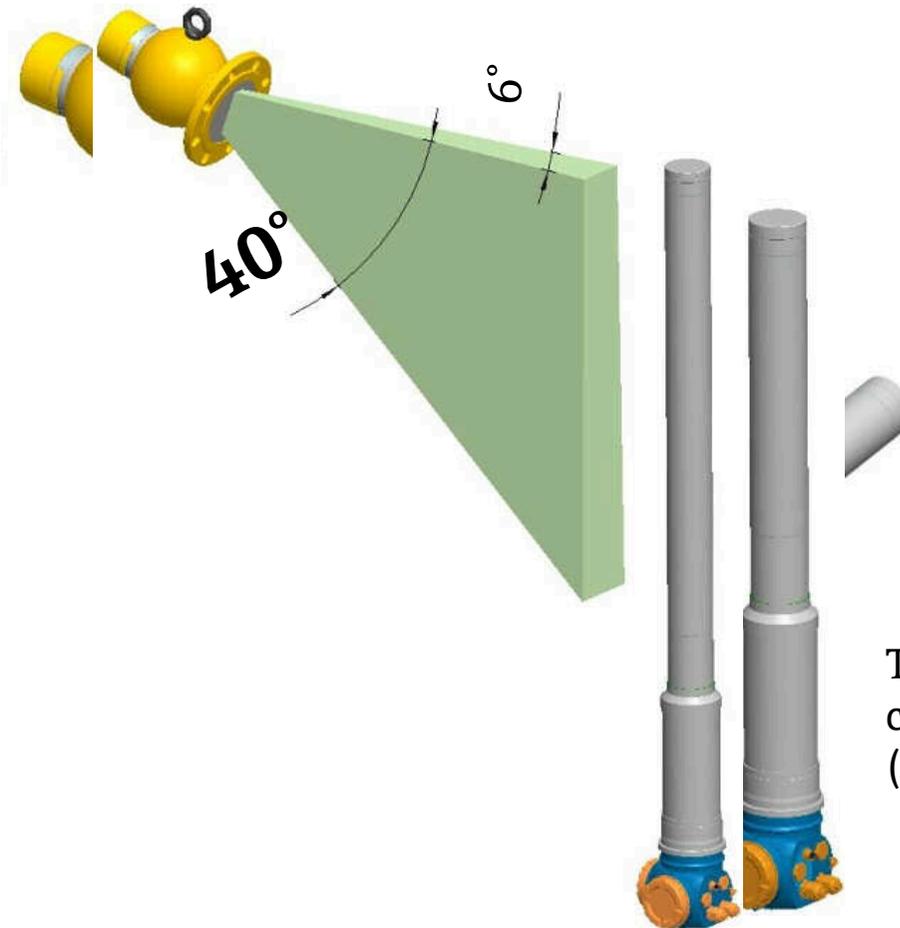


- **La sorgente** emette radiazioni
- Le radiazioni sono attenuate al passaggio attraverso i materiali
- Il **Detector**, montato sul lato opposto del serbatoio, converte le radiazioni in segnali elettrici
- Distanza e strutture sono valori costanti

Il principio di misura è basato sull'assorbimento delle radiazioni generato dal fluido da misurare.

Raggio di apertura

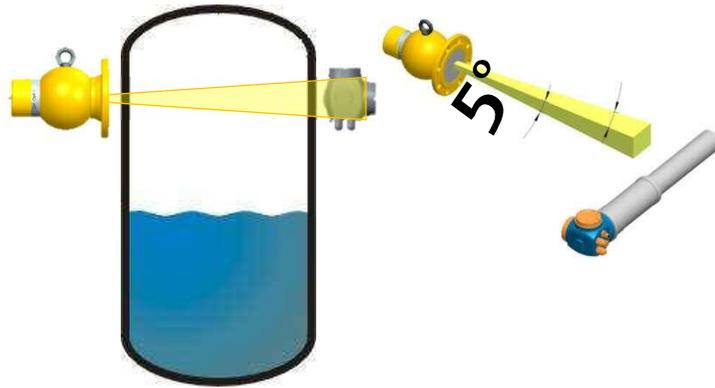
Sorgente +
contenitore



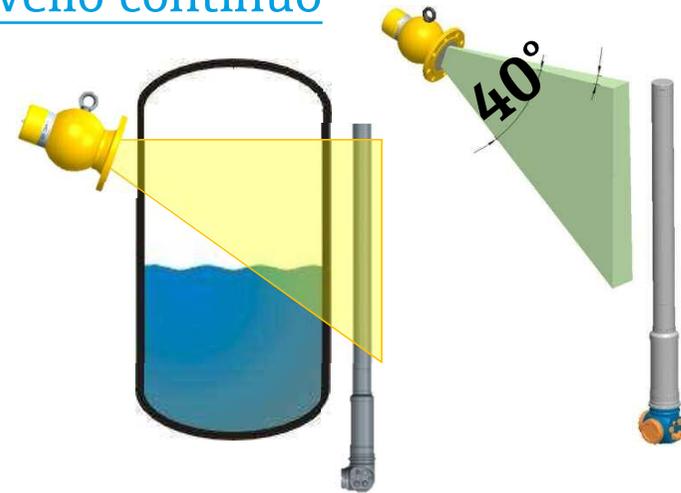
Trasmettitore
compatto
(Detector)

Compiti di misura

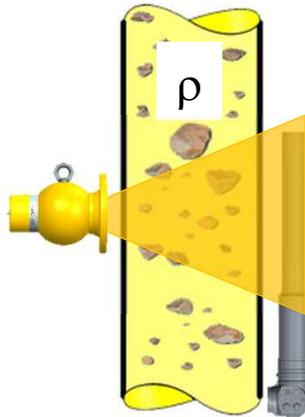
Controllo



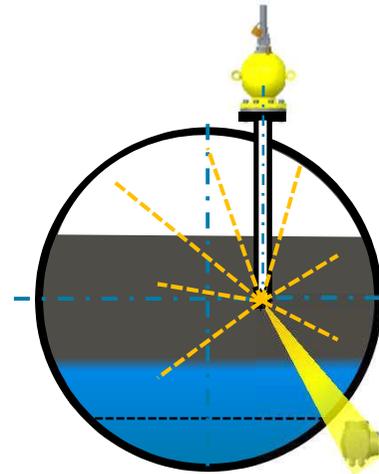
Livello continuo



Densità



Interfase / Profilo di densità

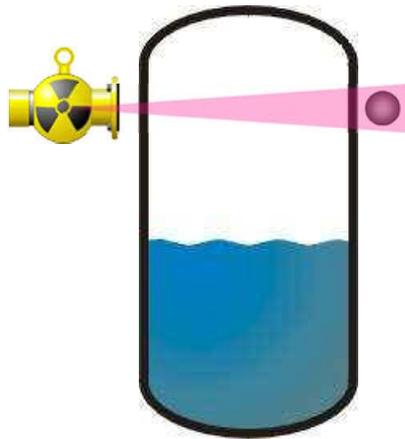


Nastri



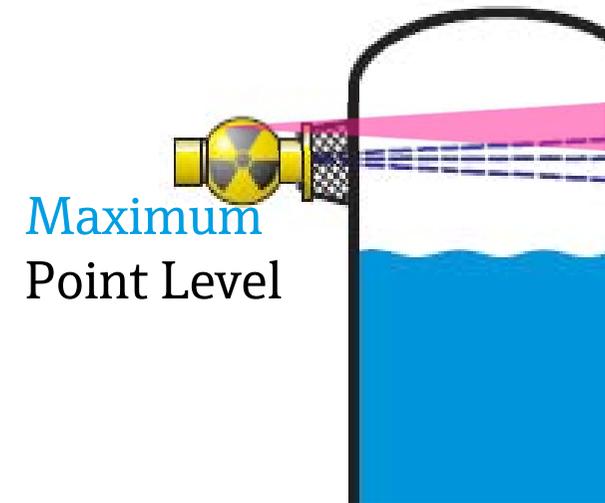
Compiti di misura radiometrici

Controllo di Livello

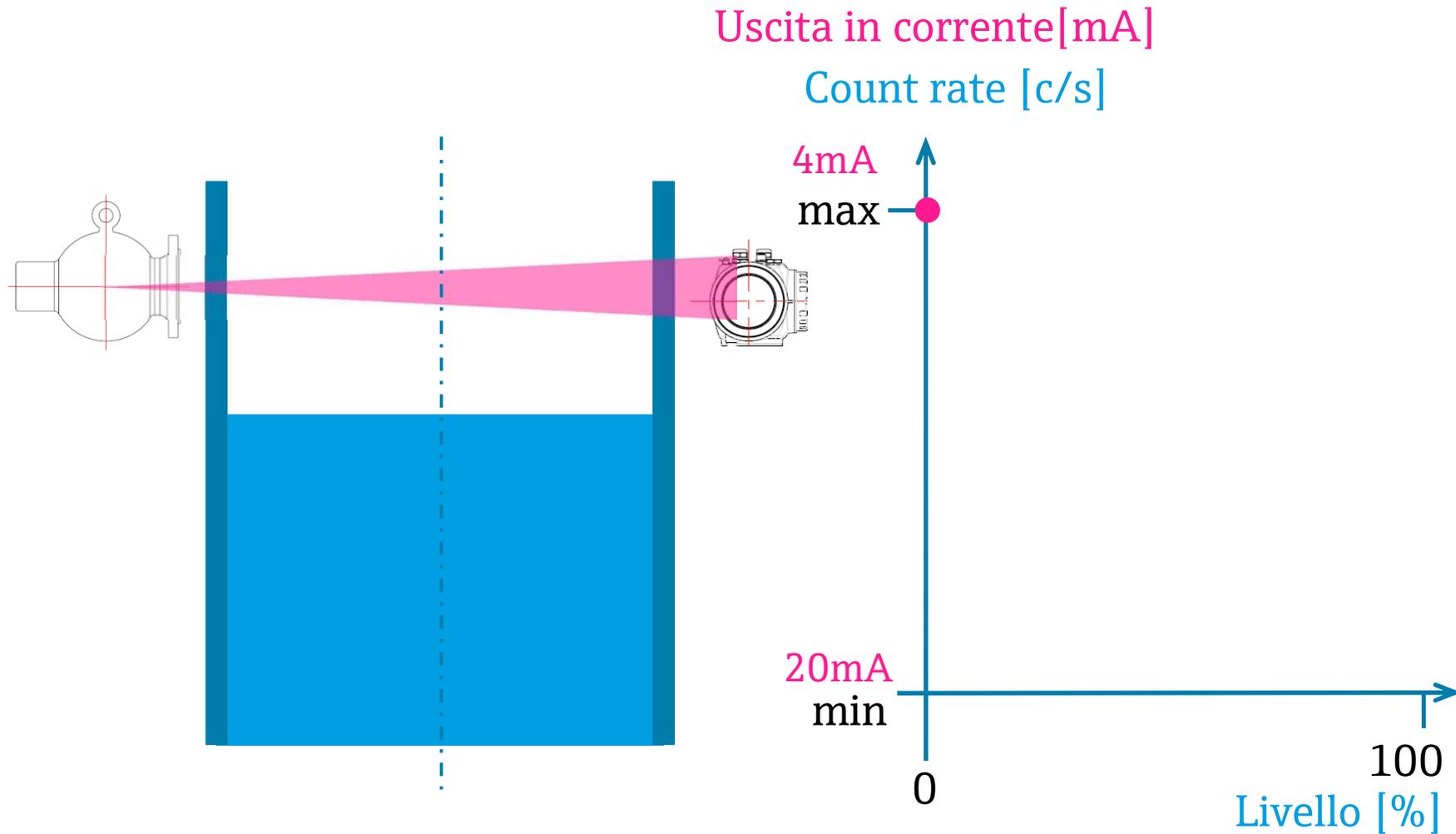


Contenuti

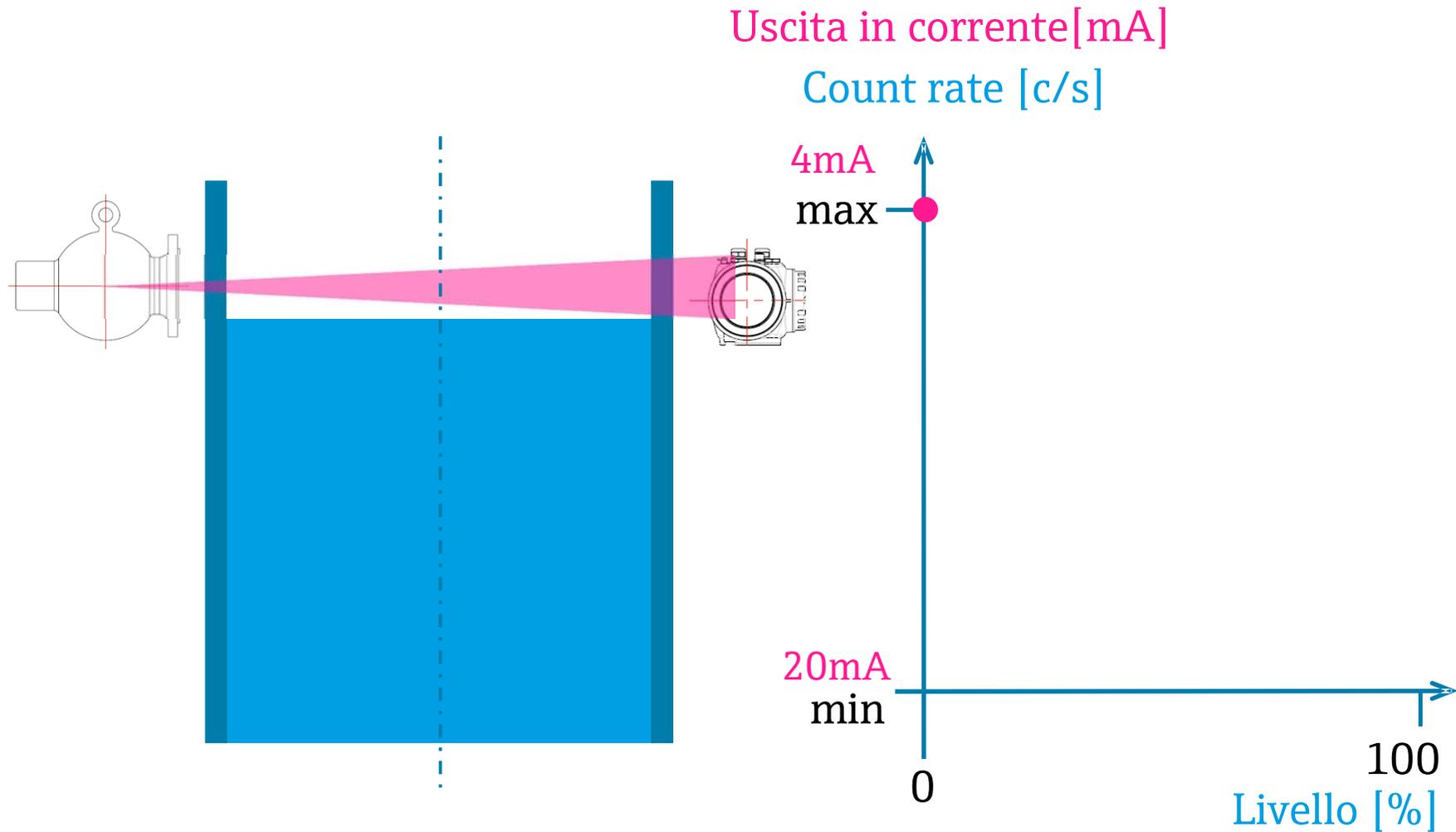
- Installazione meccanica
- Principio di funzionamento
- Variazioni cps
- SIL – Safety related signal
- SIL / MAX
- SIL / MIN
- Solidi sfusi
- Rilevamento Build up



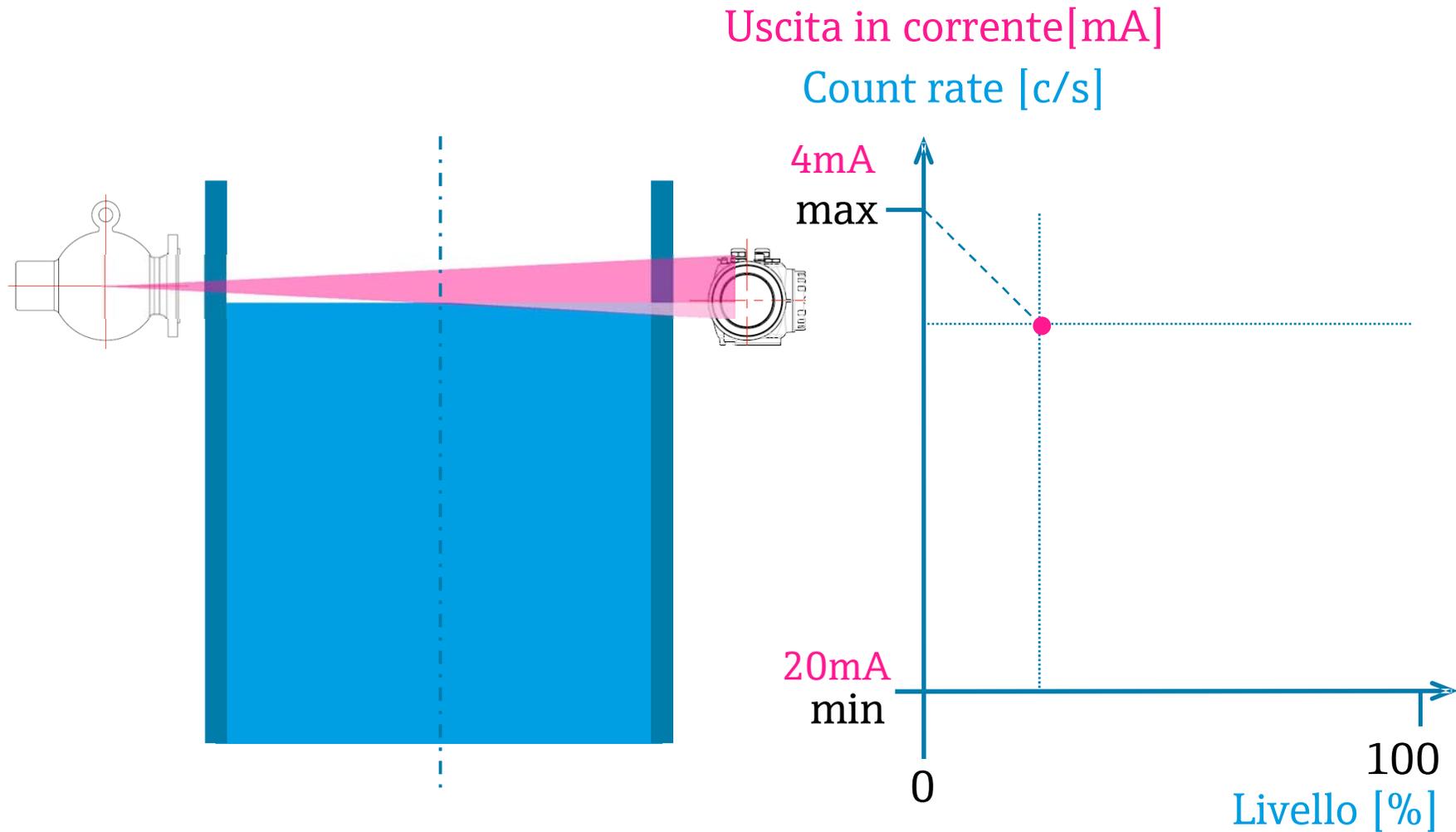
Controllo di livello – Principio di funzionamento



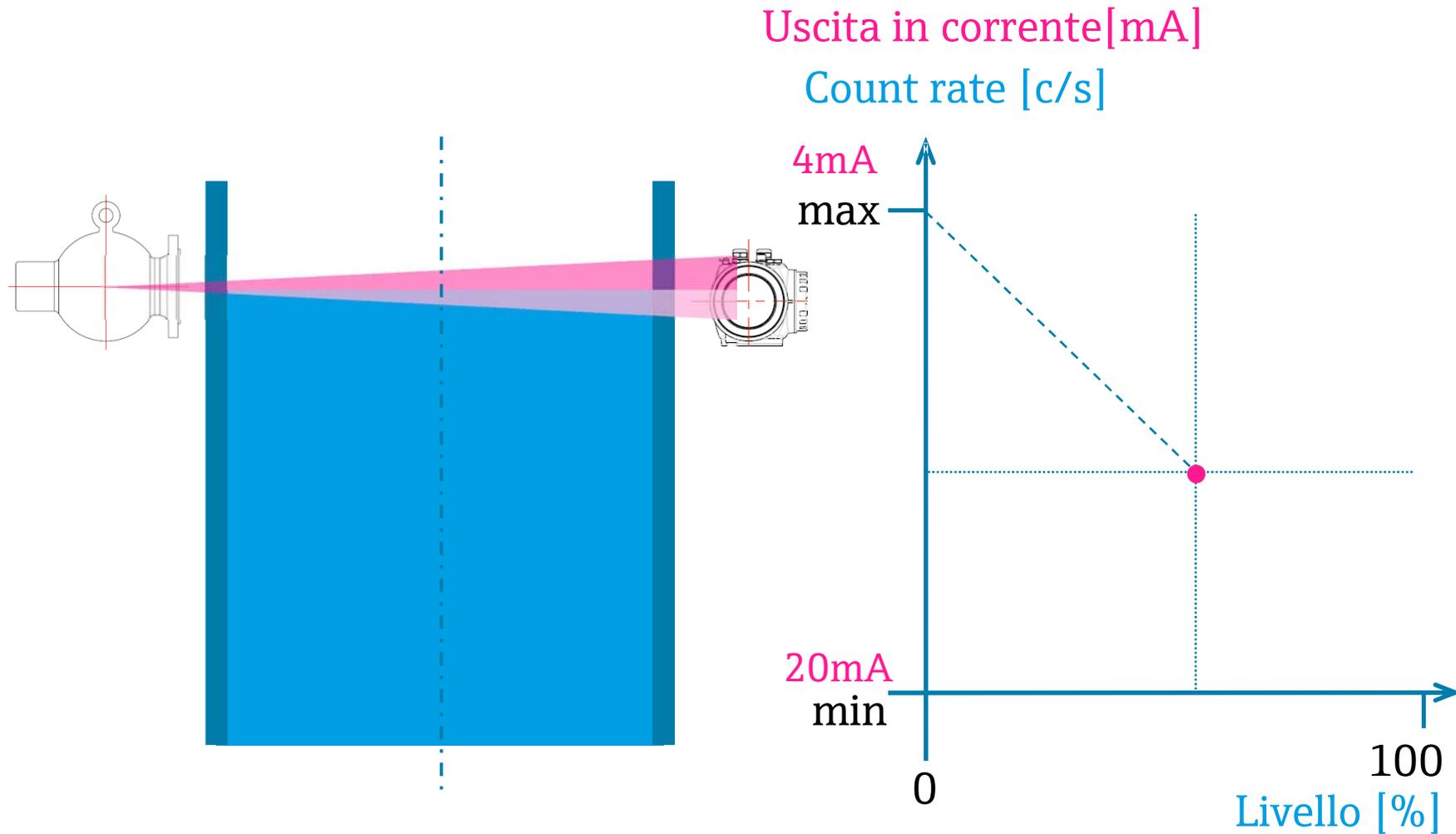
Controllo di livello – Principio di funzionamento



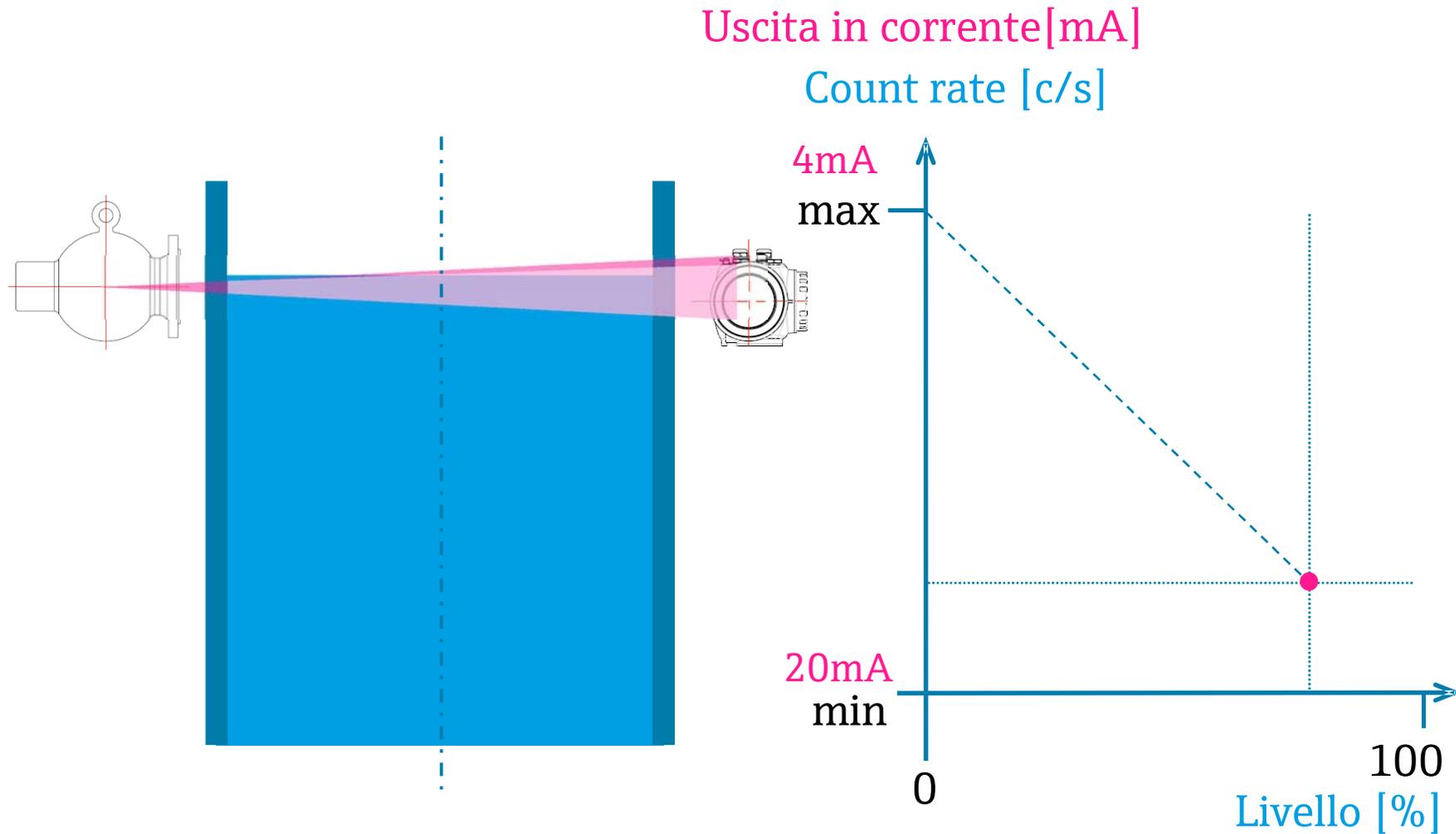
Controllo di livello – Principio di funzionamento



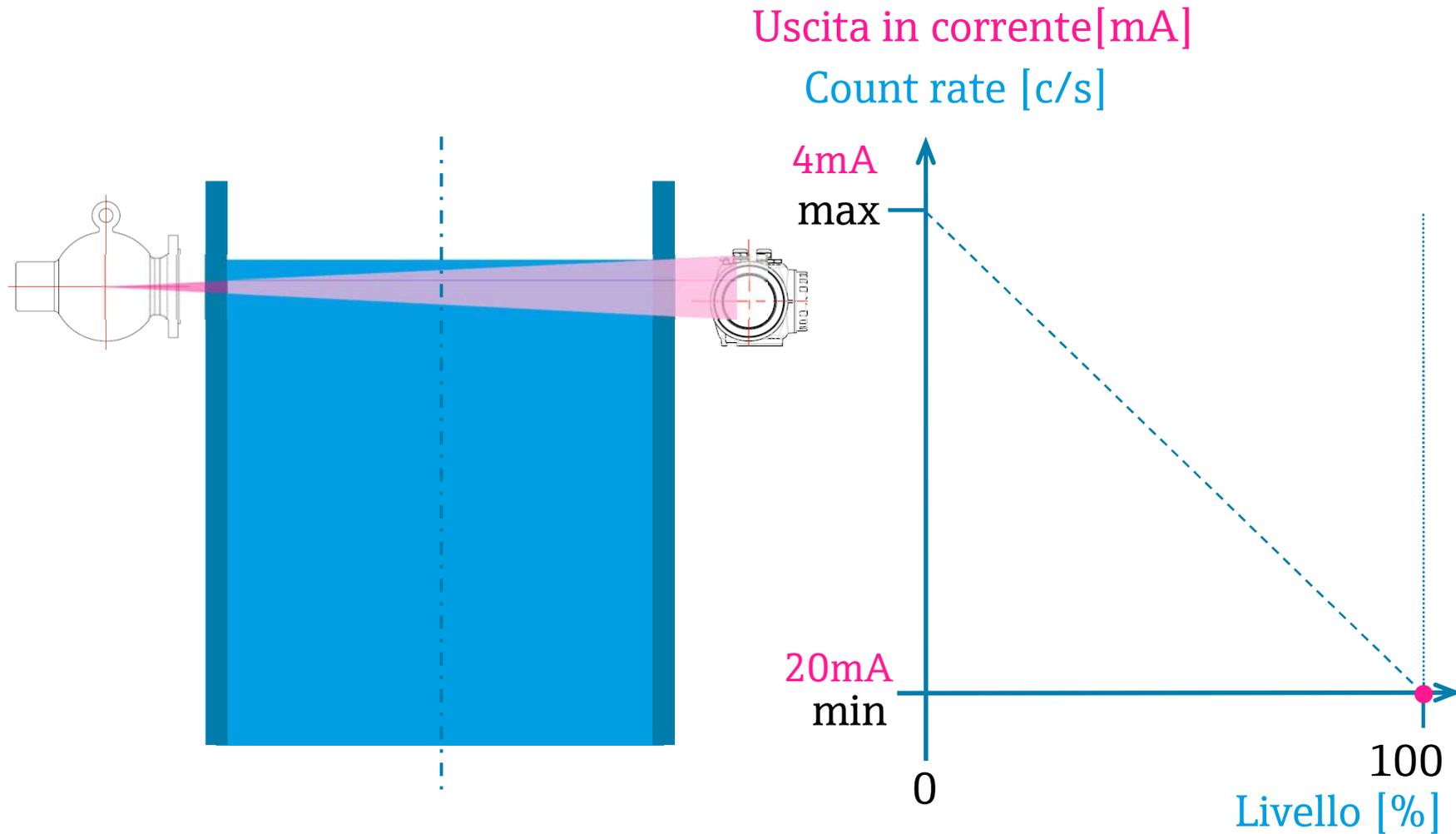
Controllo di livello – Principio di funzionamento



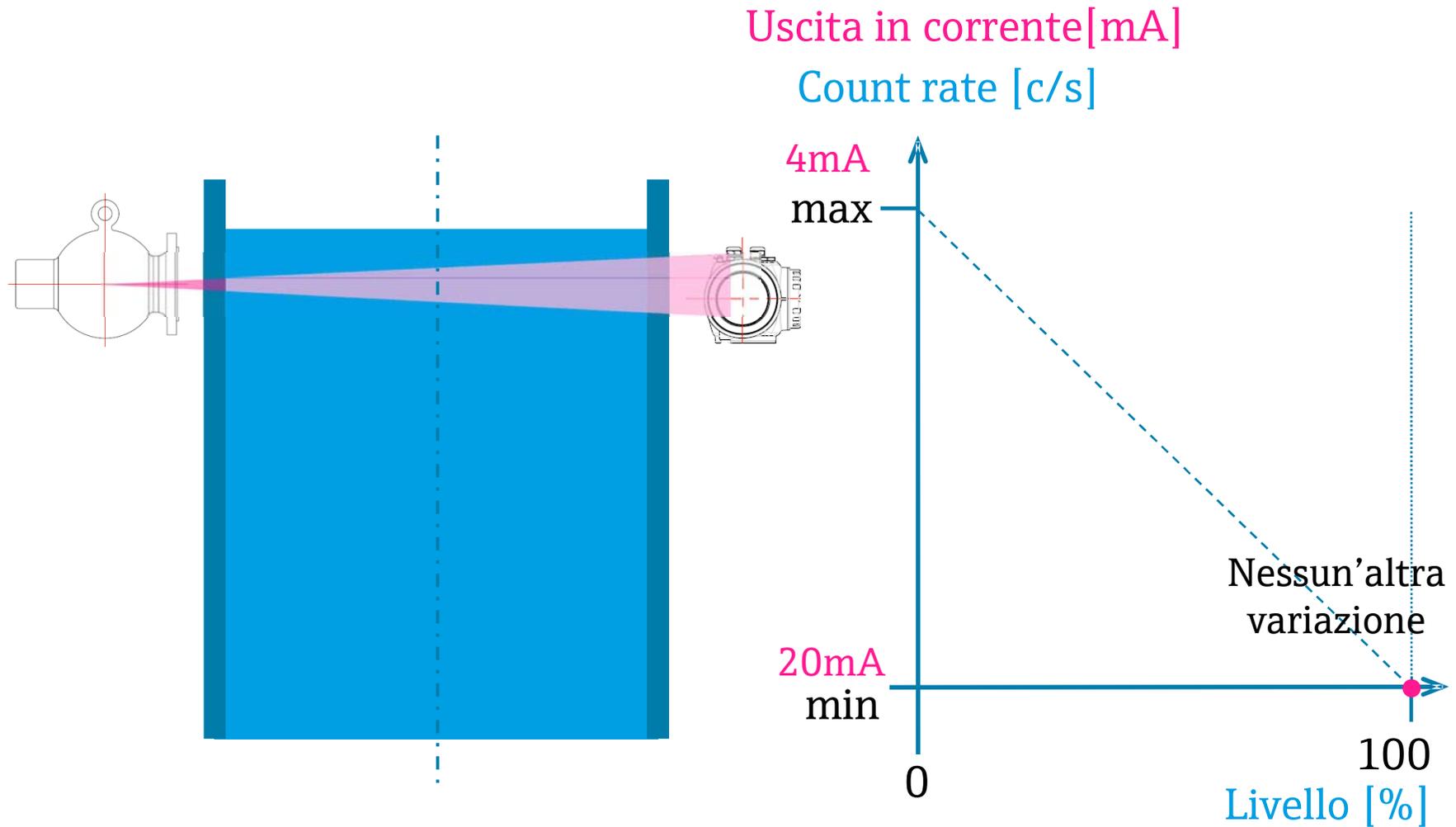
Controllo di livello – Principio di funzionamento



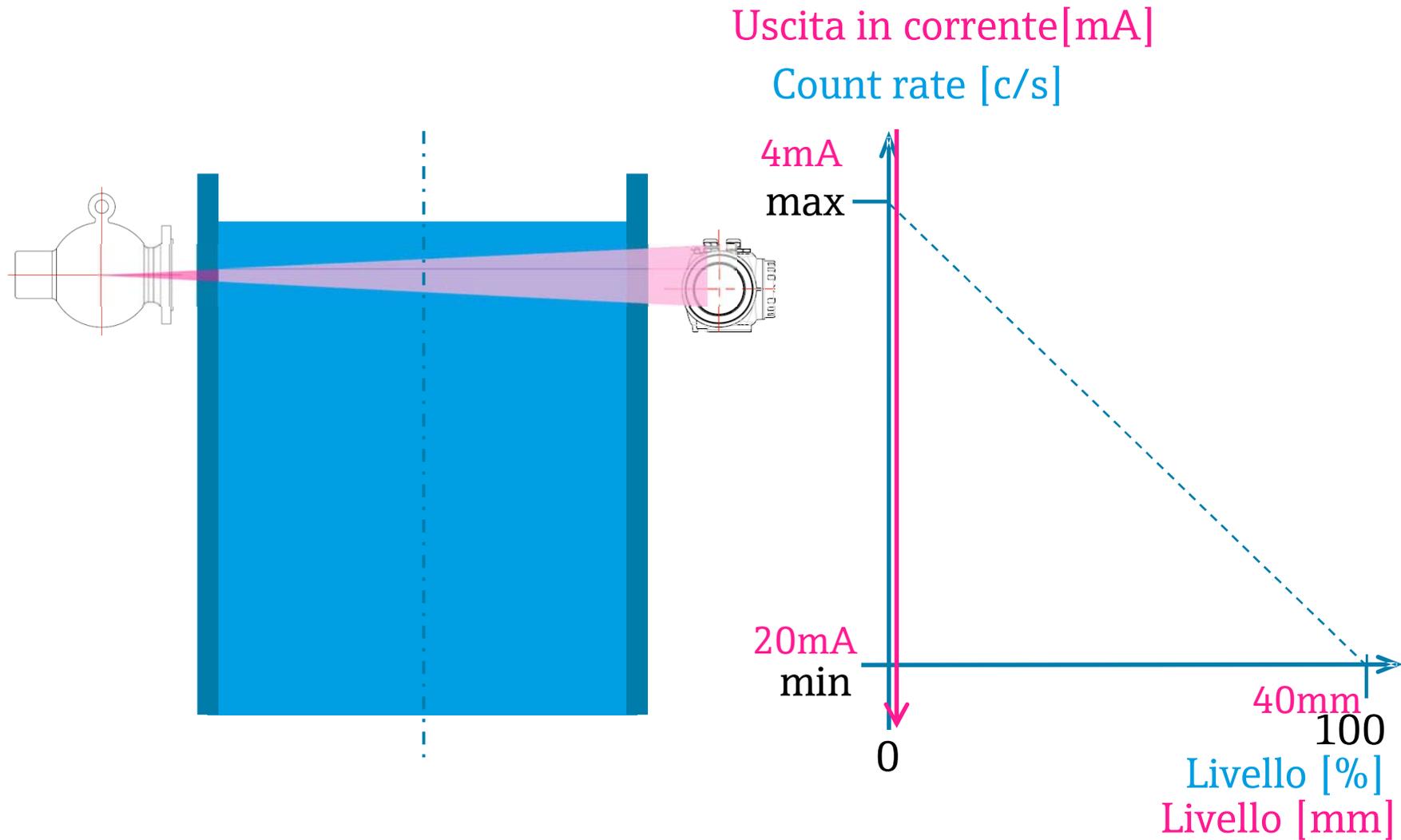
Controllo di livello – Principio di funzionamento



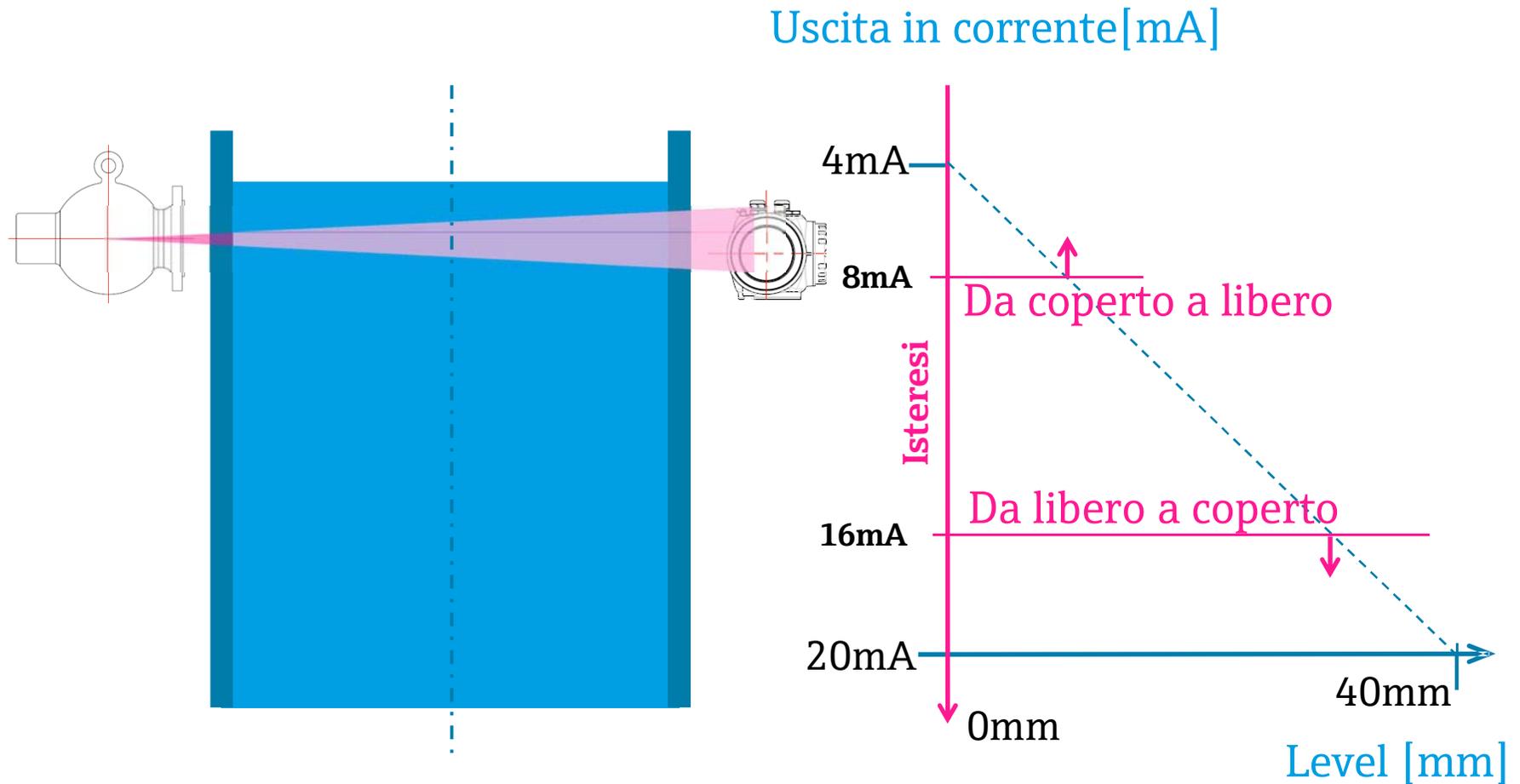
Controllo di livello – Principio di funzionamento



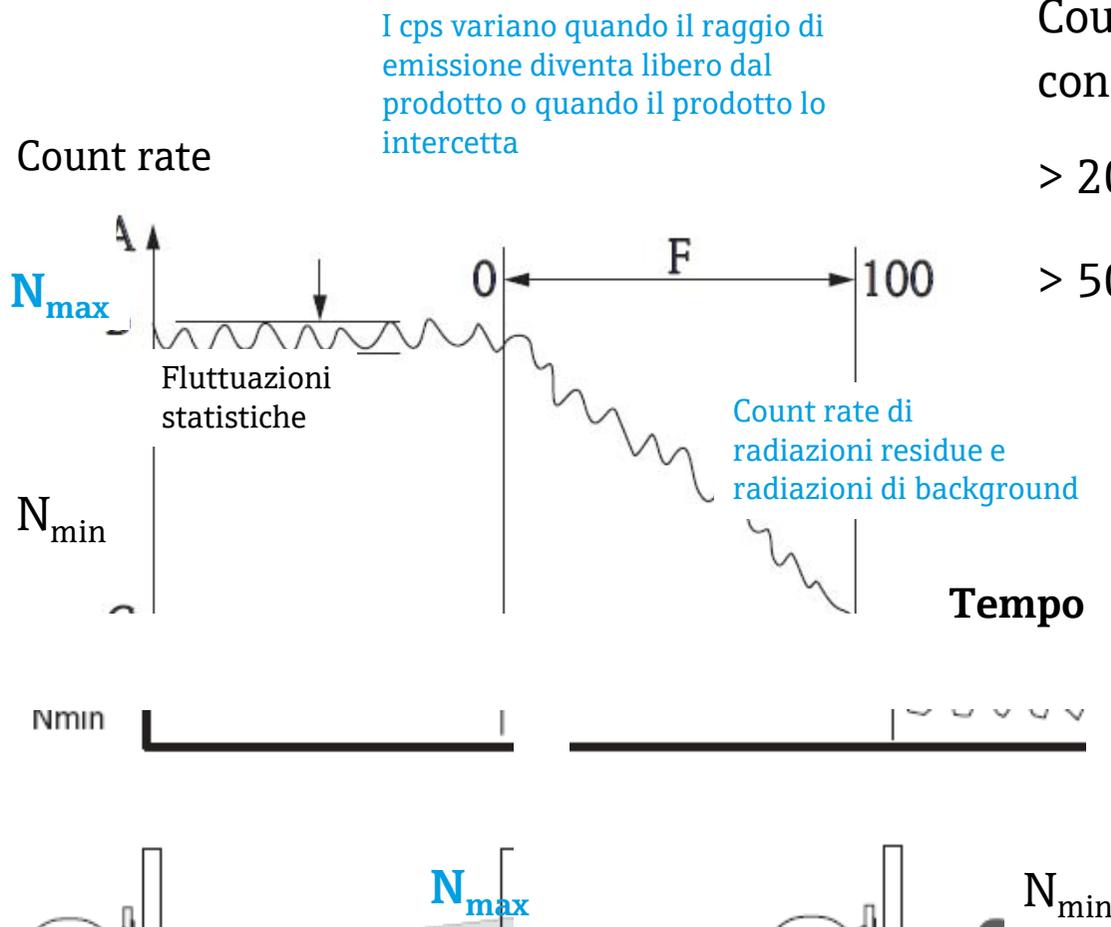
Controllo di livello – Principio di funzionamento



Controllo di livello – Principio di funzionamento



Controllo di livello – Variazioni Count rate



Count rate N_{max} per FMG60
con raggio libero

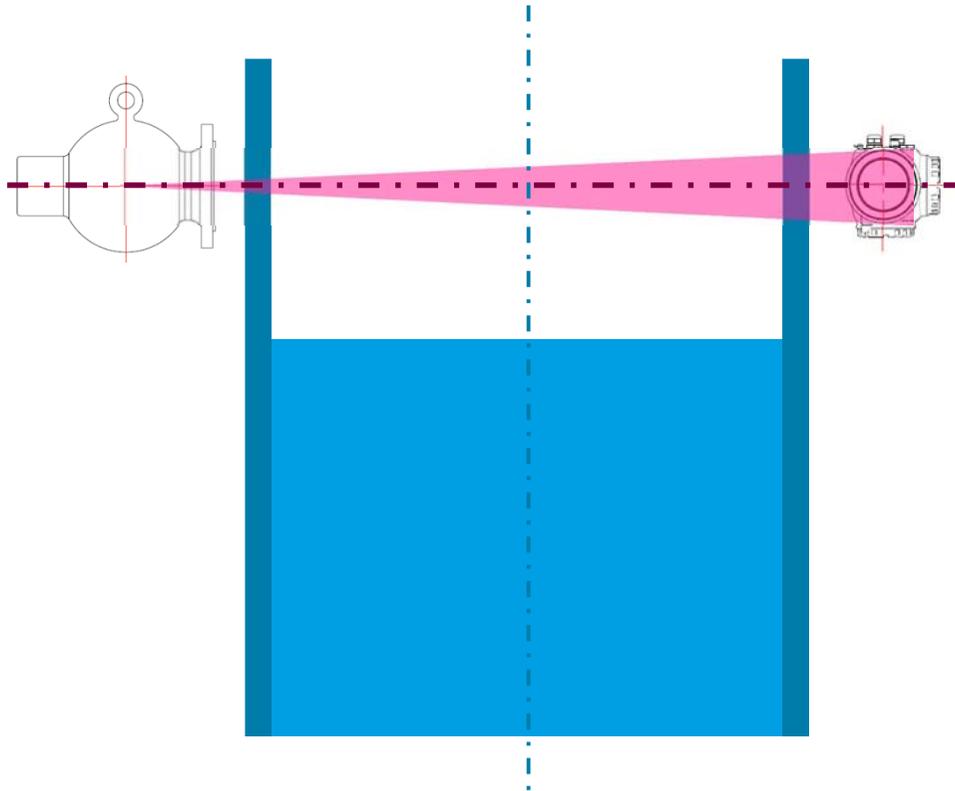
> 200 c/s per Cs137/Co60

> 500 c/s per SIL

Controllo di livello – Installazione meccanica

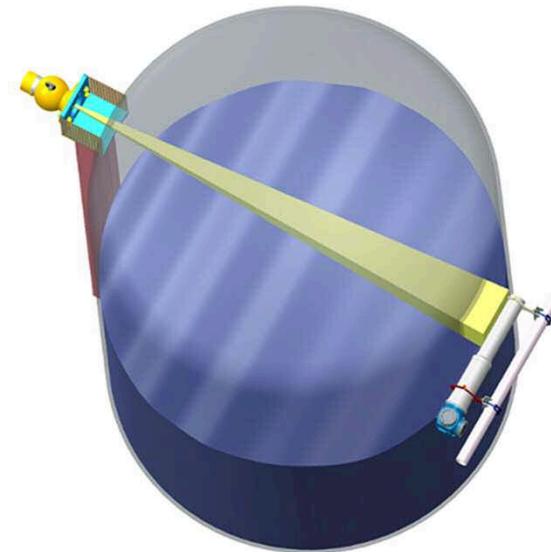
Sorgente

Detector



- Sorgente montata al punto di commutazione
- Detector montato orizzontalmente al punto di commutazione

- La parte sensibile del detector deve essere completamente coperta dal raggio di emissione



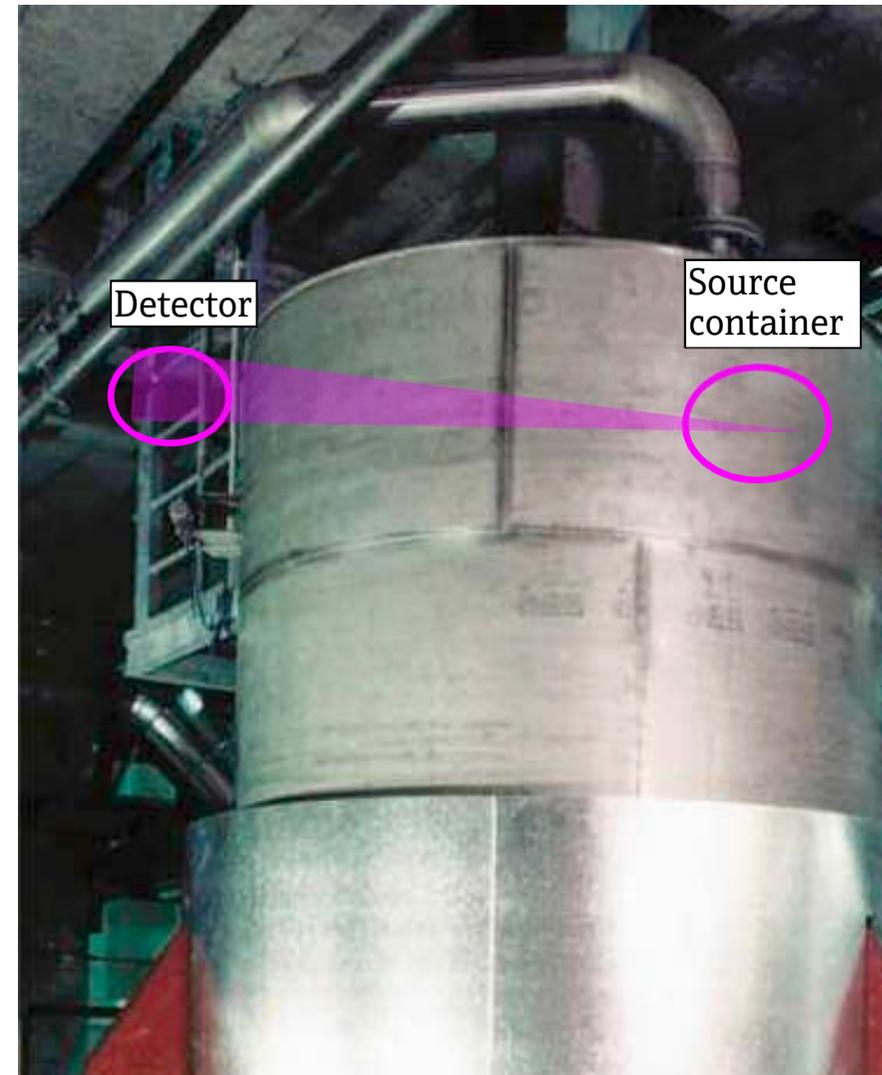
Pulp & Paper – Preriscaldatore cippato

Compito di misura:

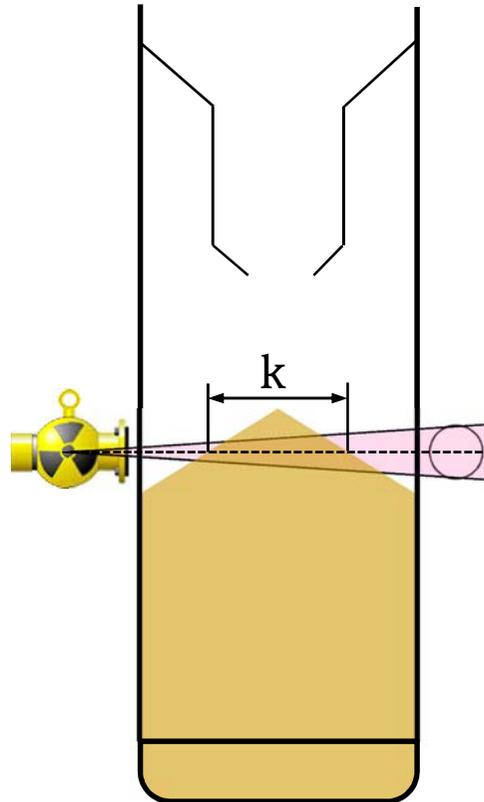
Controllo alto livello -
Protezione antitracimamento
nel preriscaldatore del cippato
in un impianto termomeccanico
di produzione pasta carta

Vantaggi:

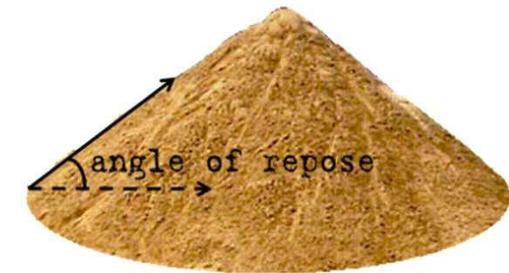
- Misura affidabile con
prodotto estremamente
appiccicoso e presenza di
forte build-up



Controllo di livello- Solidi sfusi



Rilevamento dell'angolo di riposo (cono)



Irradiazione k: La commutazione avviene in funzione dell'irradiazione attraverso il prodotto e dalla sua densità

FTG20 (Geiger Mueller) / switching time 5s:

$k \geq 285\text{mm}$ ($\rho=1000\text{kg/m}^3$)

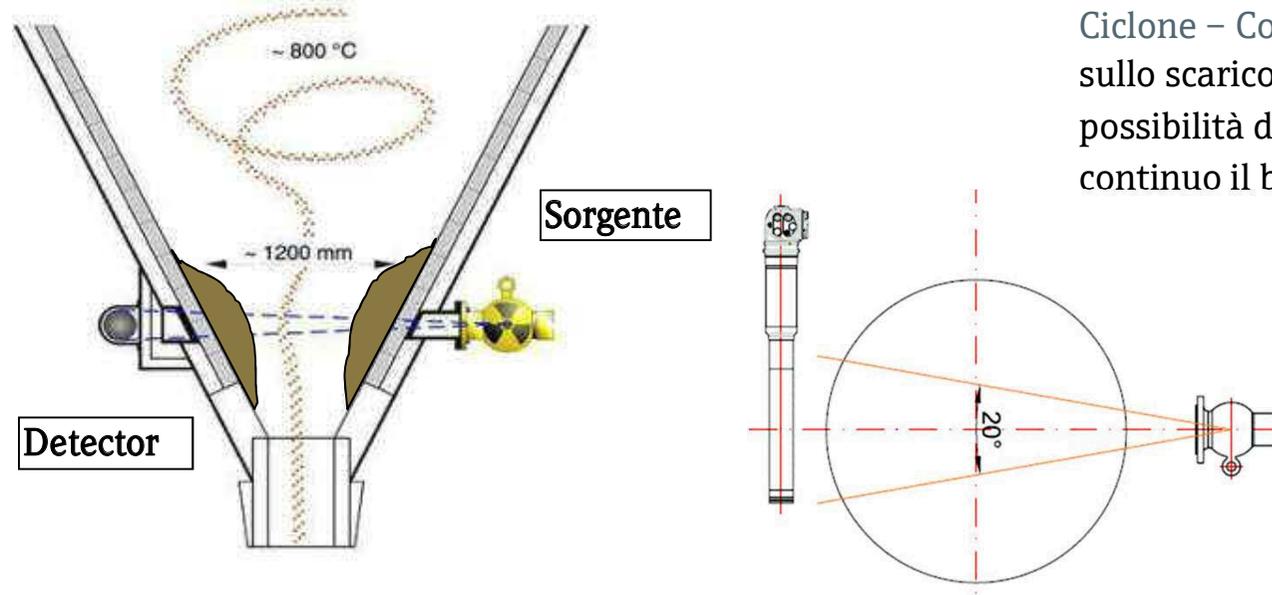
$\geq 508\text{mm}$ catalizzatore ($\rho=560\text{kg/m}^3$) !

FMG60 (Scintillatore)/ switching time 7s :

$k \geq 57\text{mm}$ ($\rho=1000\text{kg/m}^3$)

$\geq 102\text{mm}$ catalizzatore ($\rho=560\text{kg/m}^3$)

Controllo di livello – Controllo intasamento



Ciclone – Controllo intasamento
sullo scarico del ciclone e
possibilità di monitorare in
continuo il buildup

Insert			
Sizing by Applicator	Value from Applicator	Selected depends on diameter	Value from table
Source	Dose rate Fi [$\mu\text{Sv/h}$]	FMG60 [mm]	Puls rate for $1\mu\text{Sv/h}$
50mCi Co60	1,57	800	4000

Calcolo dello spessore
del build up

Calculation				
Nmax [c/s]	Nmin [c/s]	delta Fs = Nmax/Nmin	delta deq	t of build up [mm]
6280	10	628	189,49	498,35

Cemento – Intasamento cicloni

Soluzione:

- Riduzione delle pareti del ciclone per limitare l'attività della sorgente
- Contenitore FQG62
- Sorgente Cs137 o Co60
- Detector FMG60
- Staffe FHG61

Benefici:

- Tutto in SS316
- Nessuna manutenzione
- Nessun down-time per intasamento



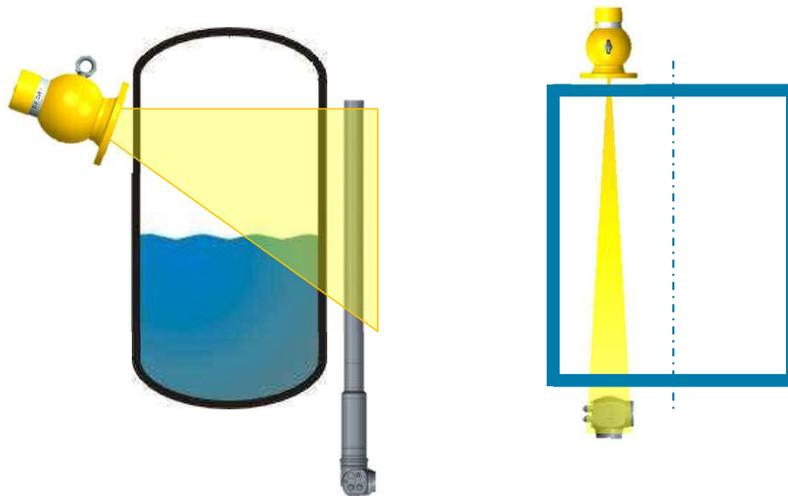
Contenitore sorgente



Detector FMG60

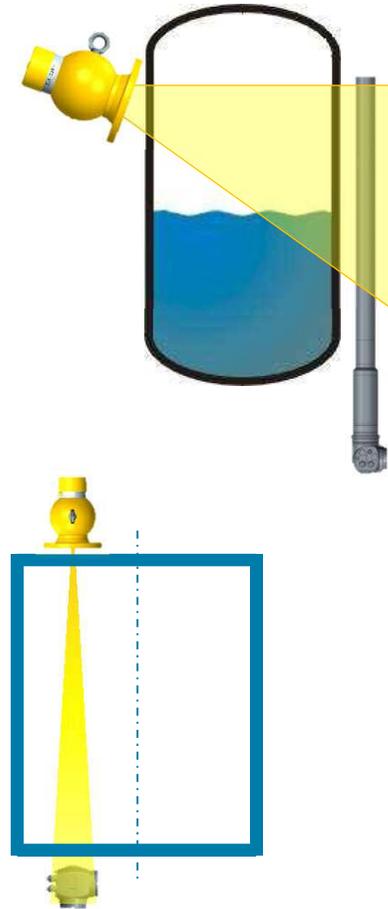
Compiti di misura radiometrici

Misura continua di livello

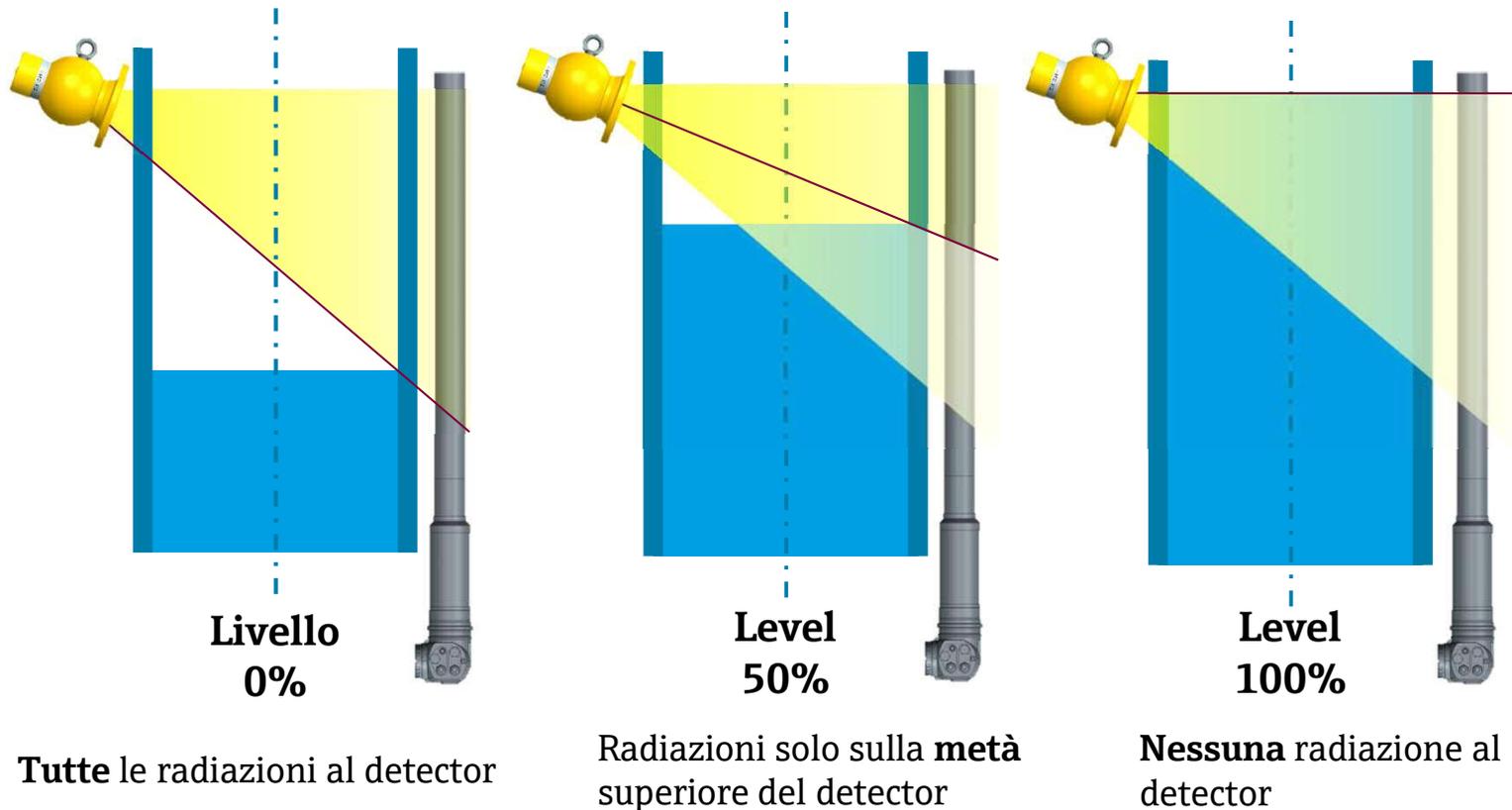


Contenuti

- Installazione meccanica
- **Principio di funzionamento**
- Count rate normalizzato
- Linearizzazione
- Range di misura / Lunghezza Detector
- Uso di sorgenti multiple
- Uso di detector multipli in cascata
- Misura continua associata al controllo
- **Principio di funzionamento ad assorbimento**
- Superfici turbolente / indistinte (sublimazione)
- Solidi sfusi
- Serbatoi pressurizzati
- Variazioni di pressione (densità vapore)
- Build up / Drift di zero
- Effetto scattering

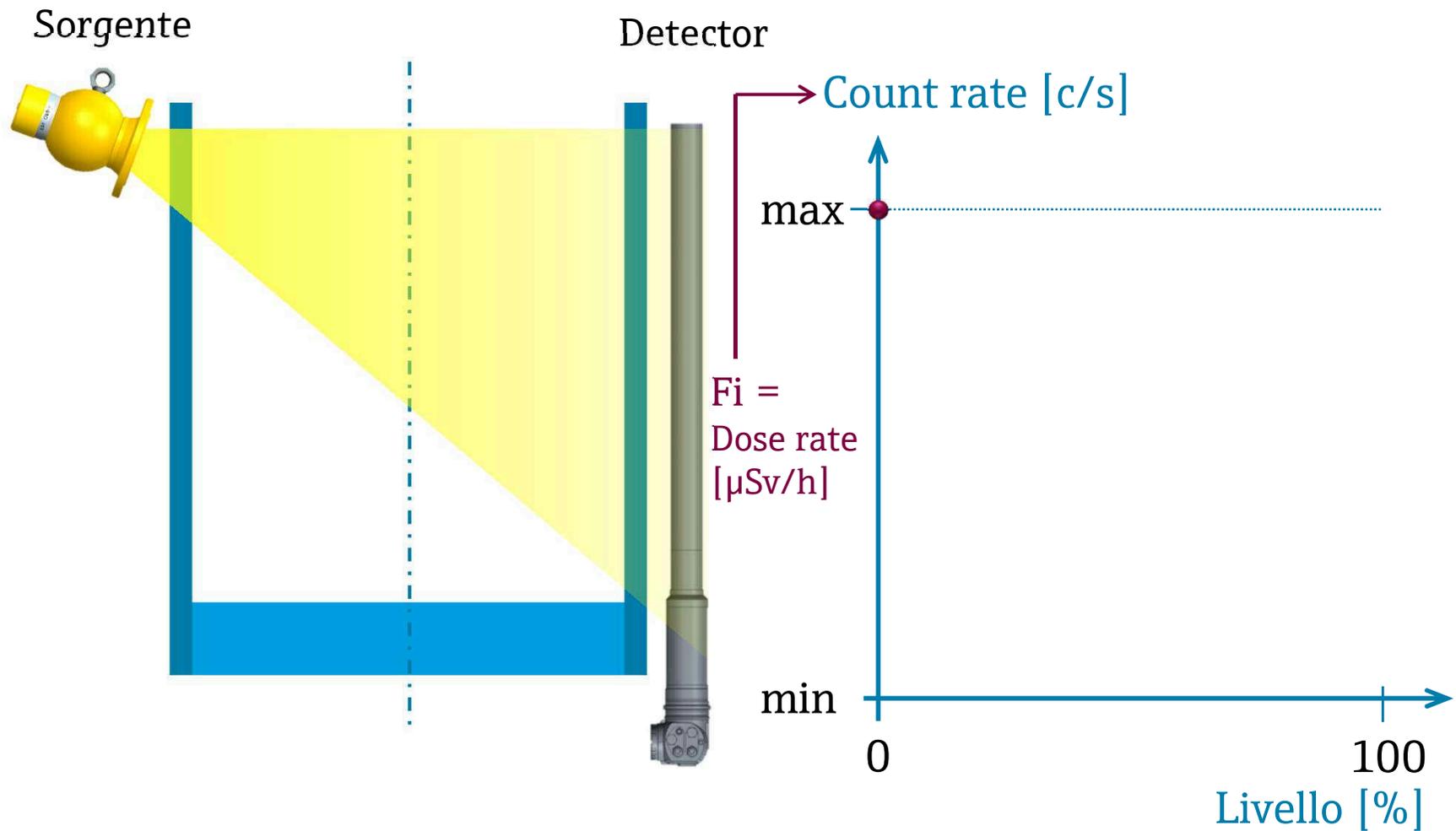


Principio di funzionamento

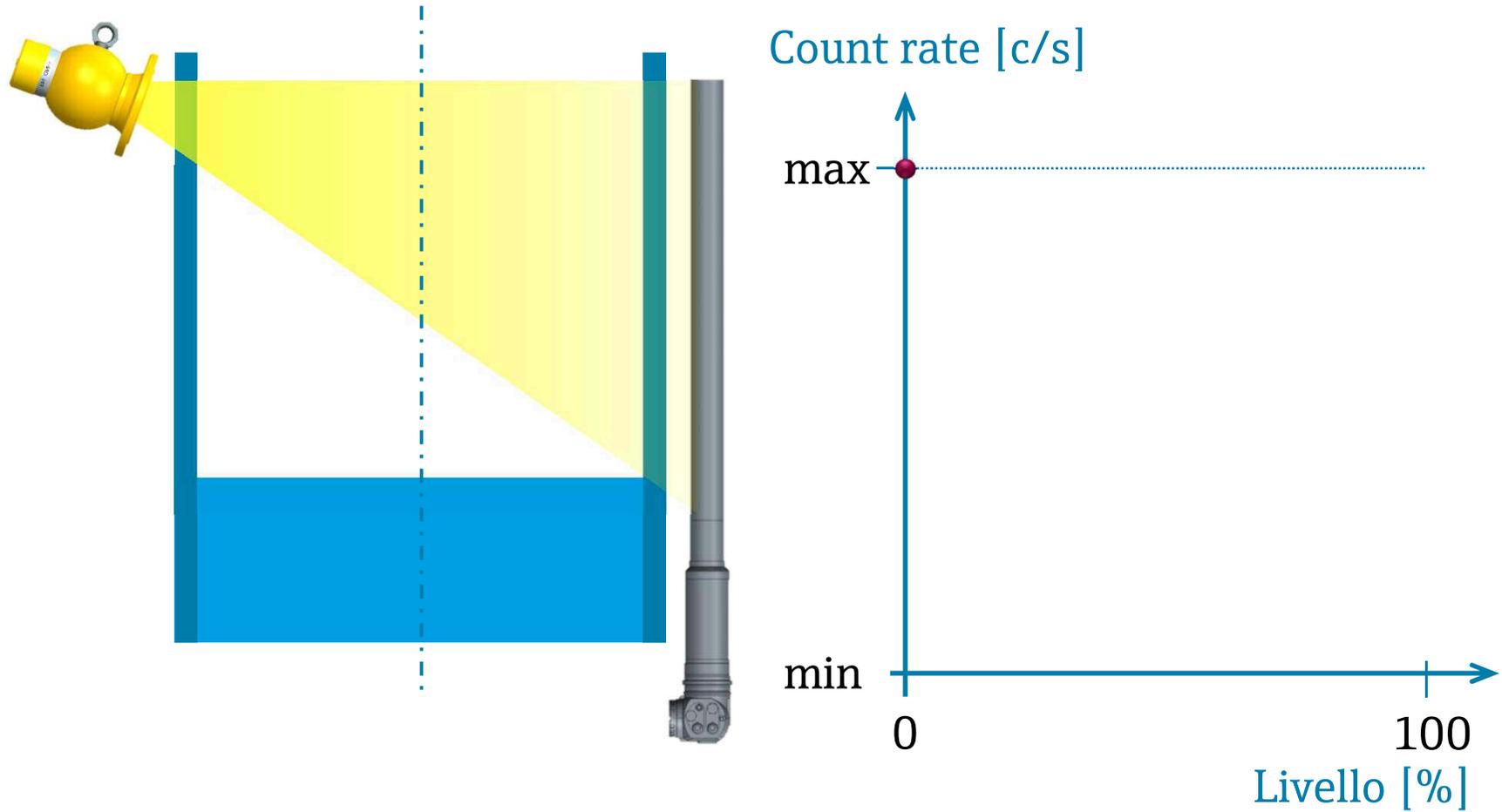


Il prodotto genera “un’ombra” sul detector

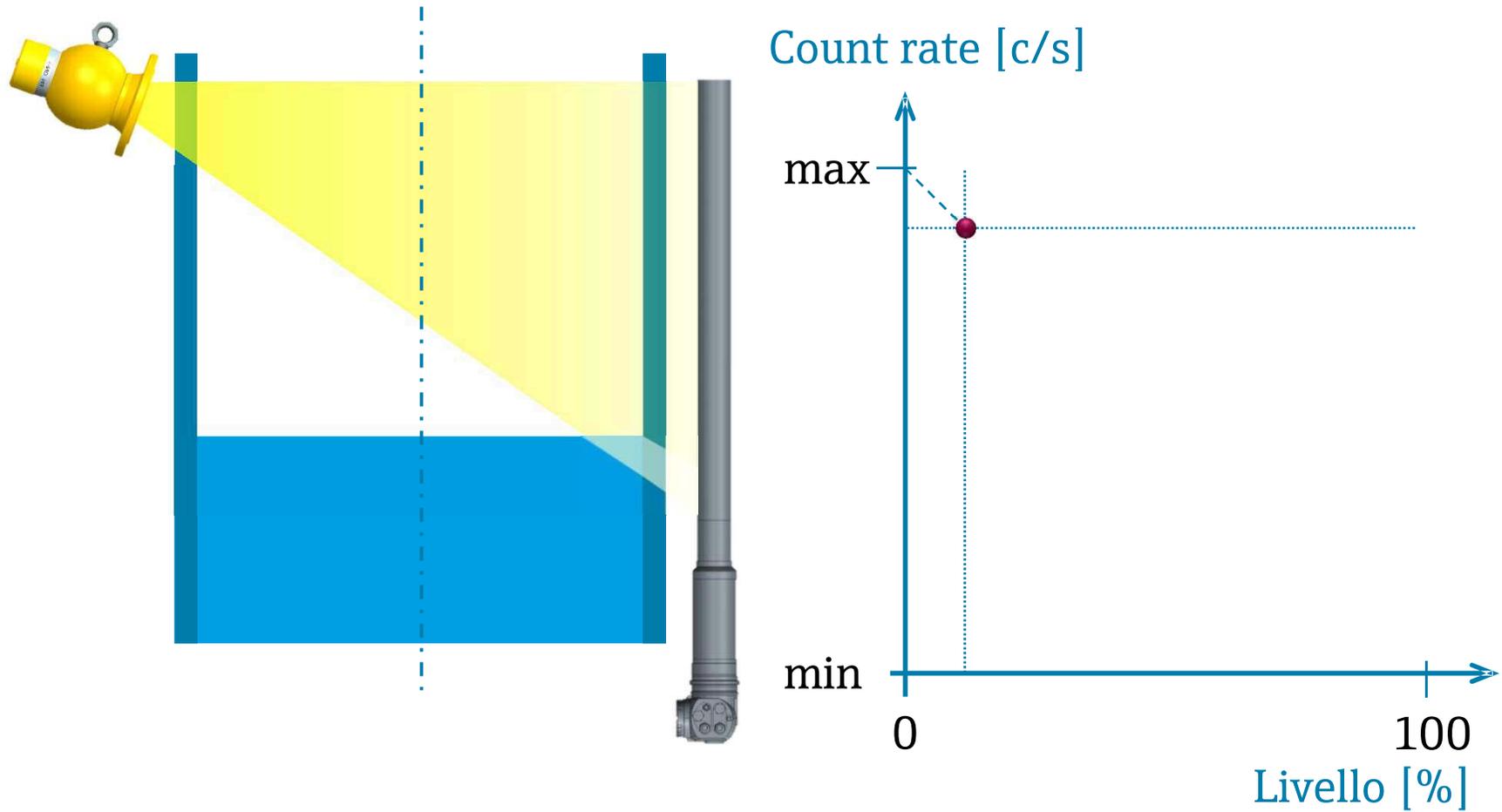
Principio di funzionamento



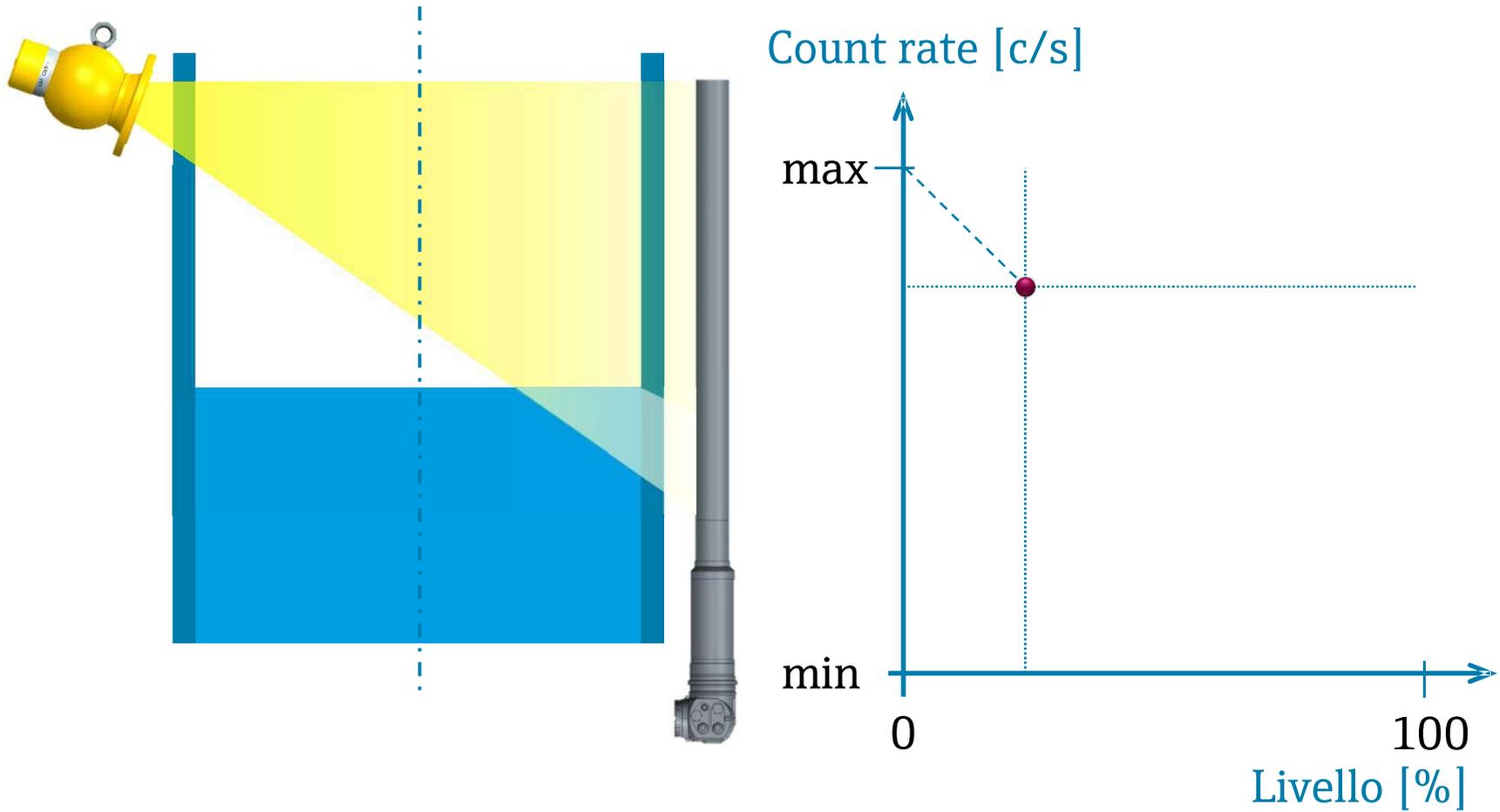
Principio di funzionamento



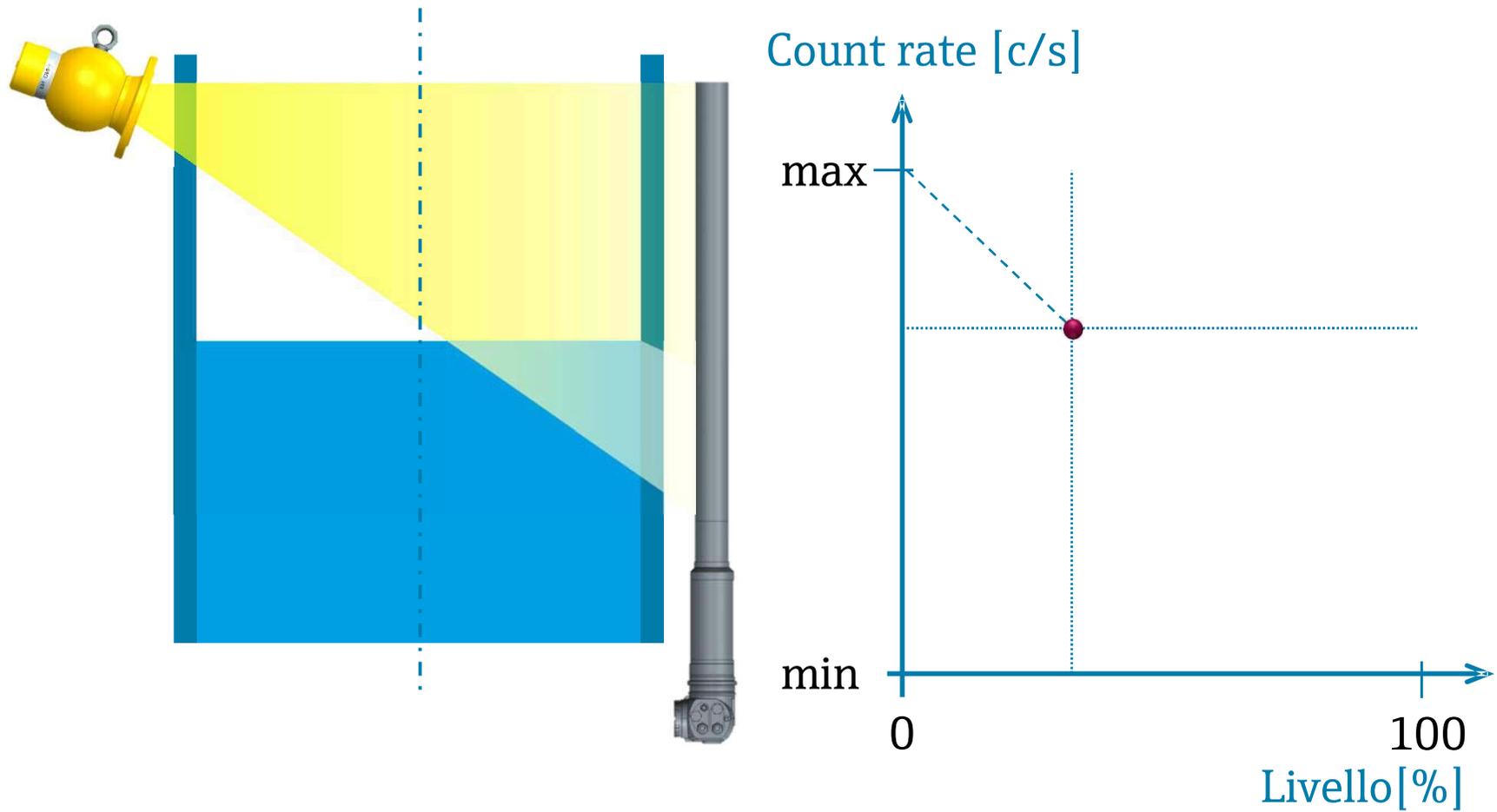
Principio di funzionamento



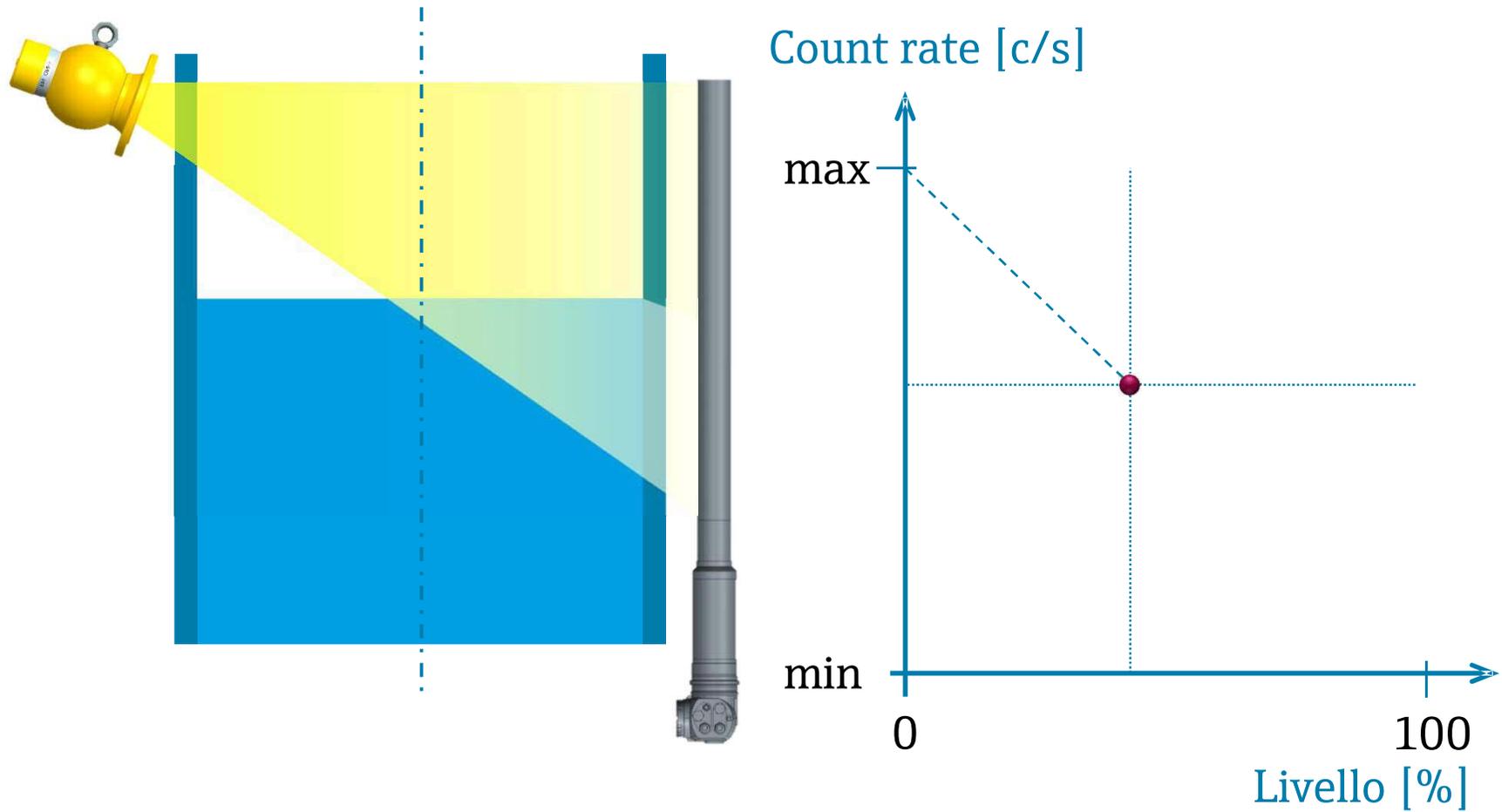
Principio di funzionamento



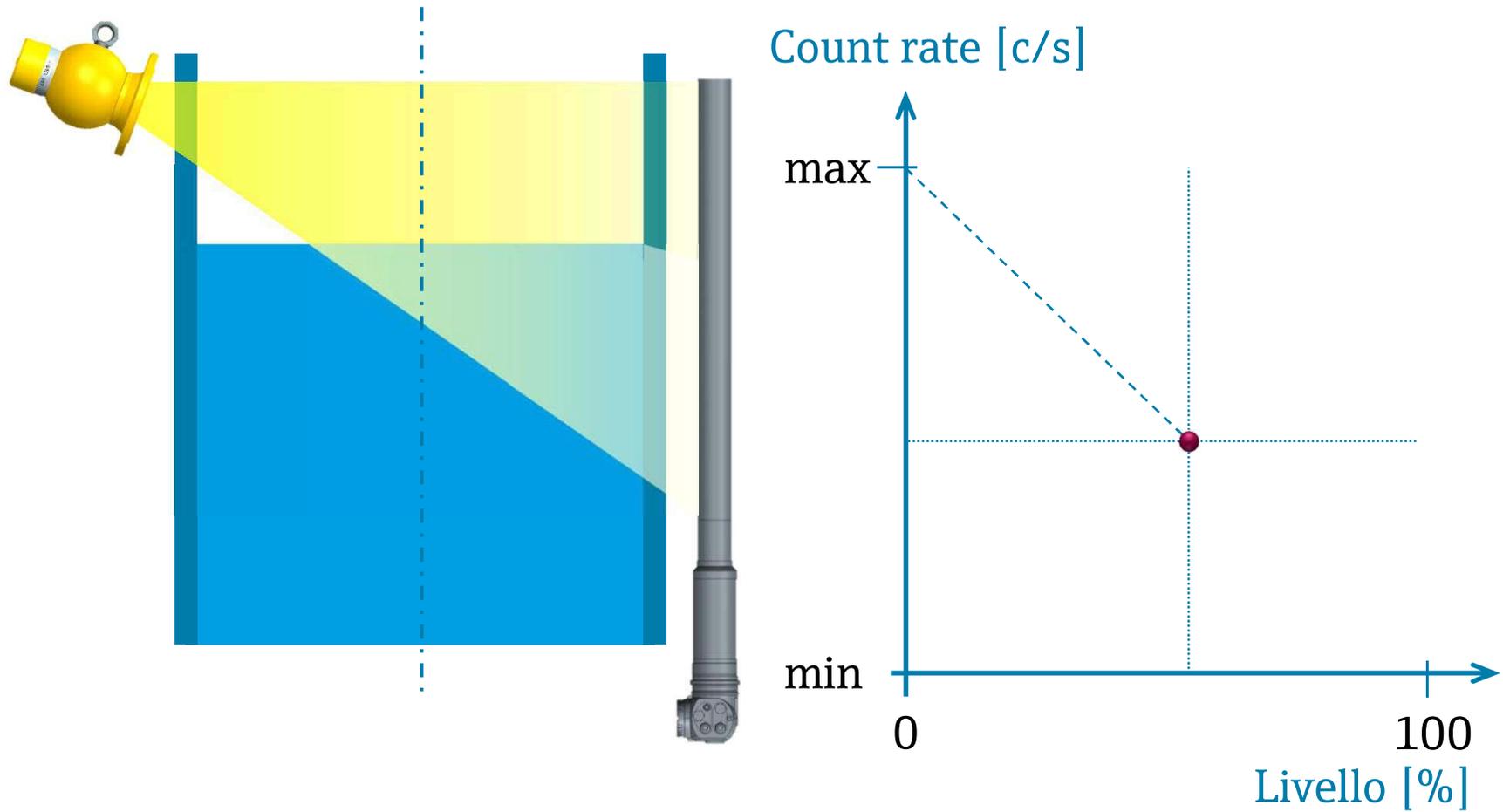
Principio di funzionamento



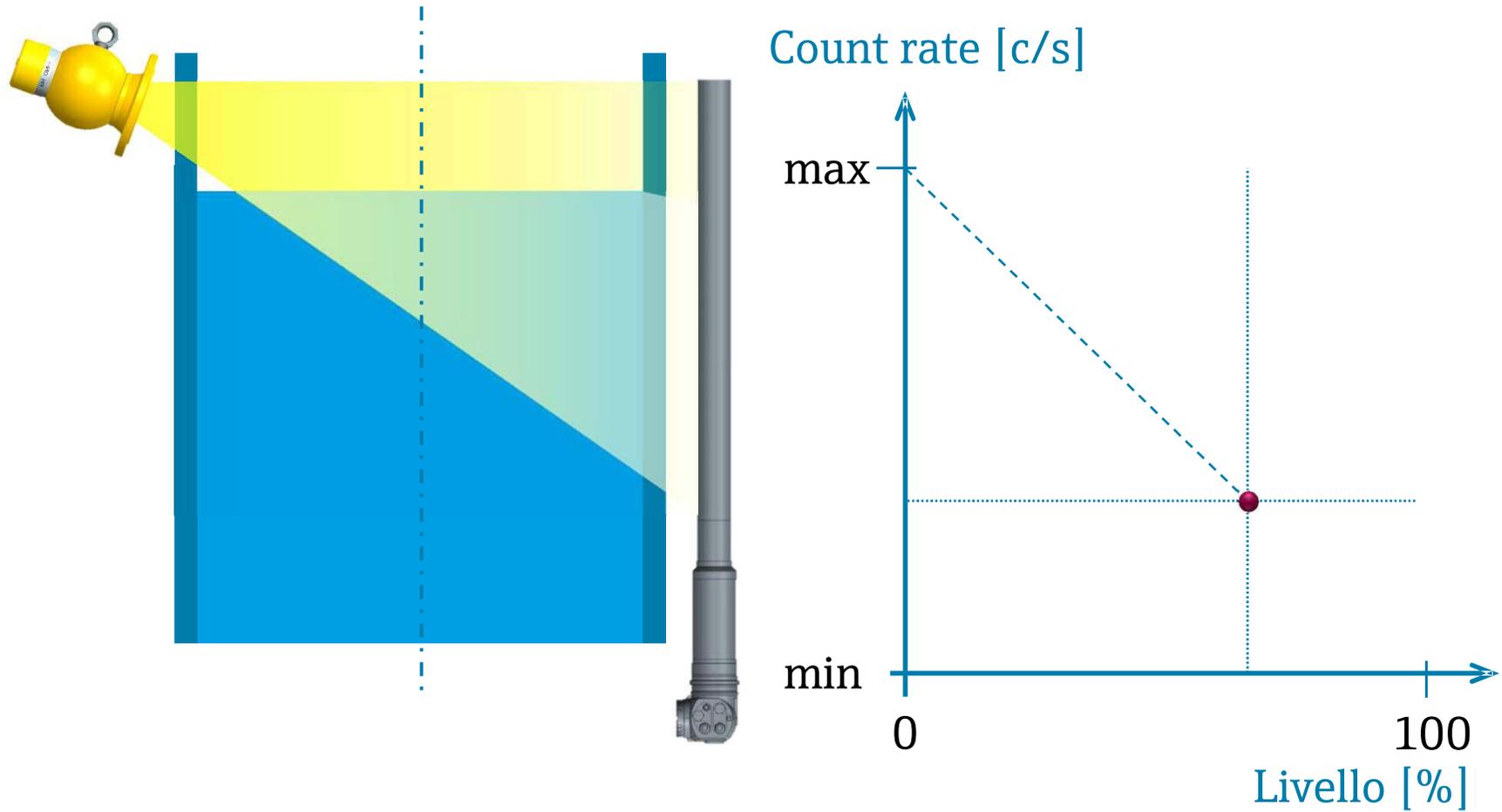
Principio di funzionamento



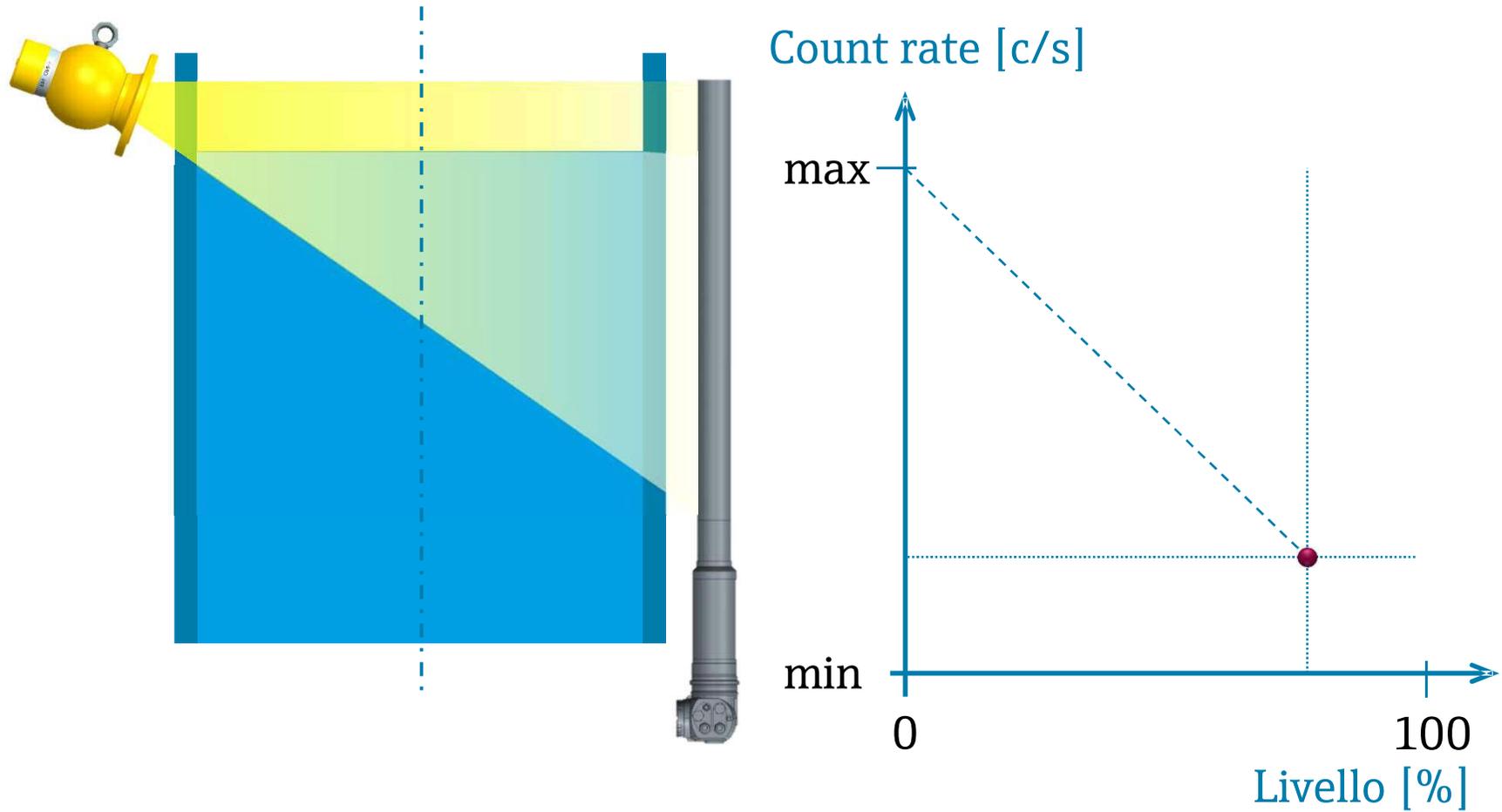
Principio di funzionamento



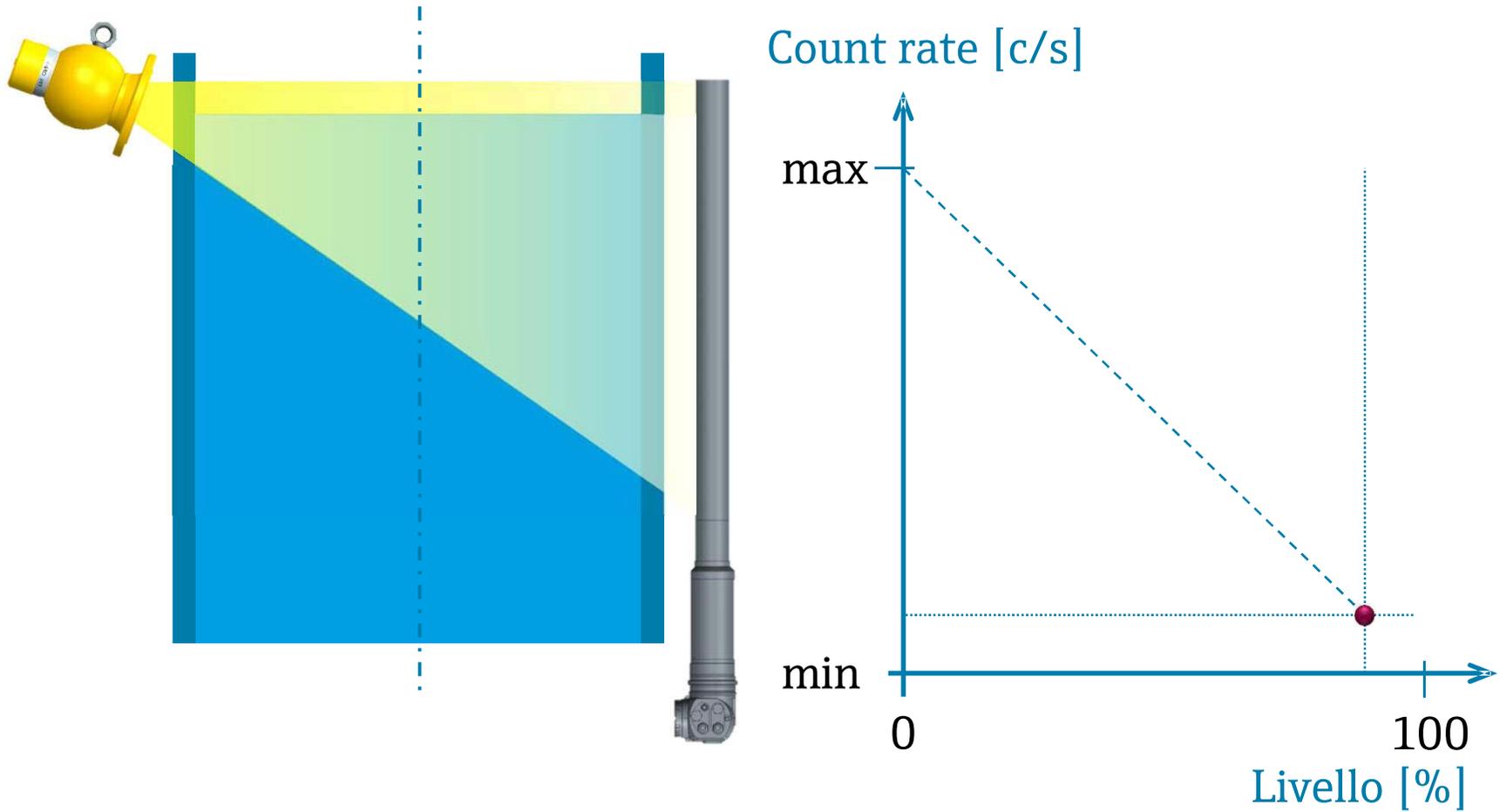
Principio di funzionamento



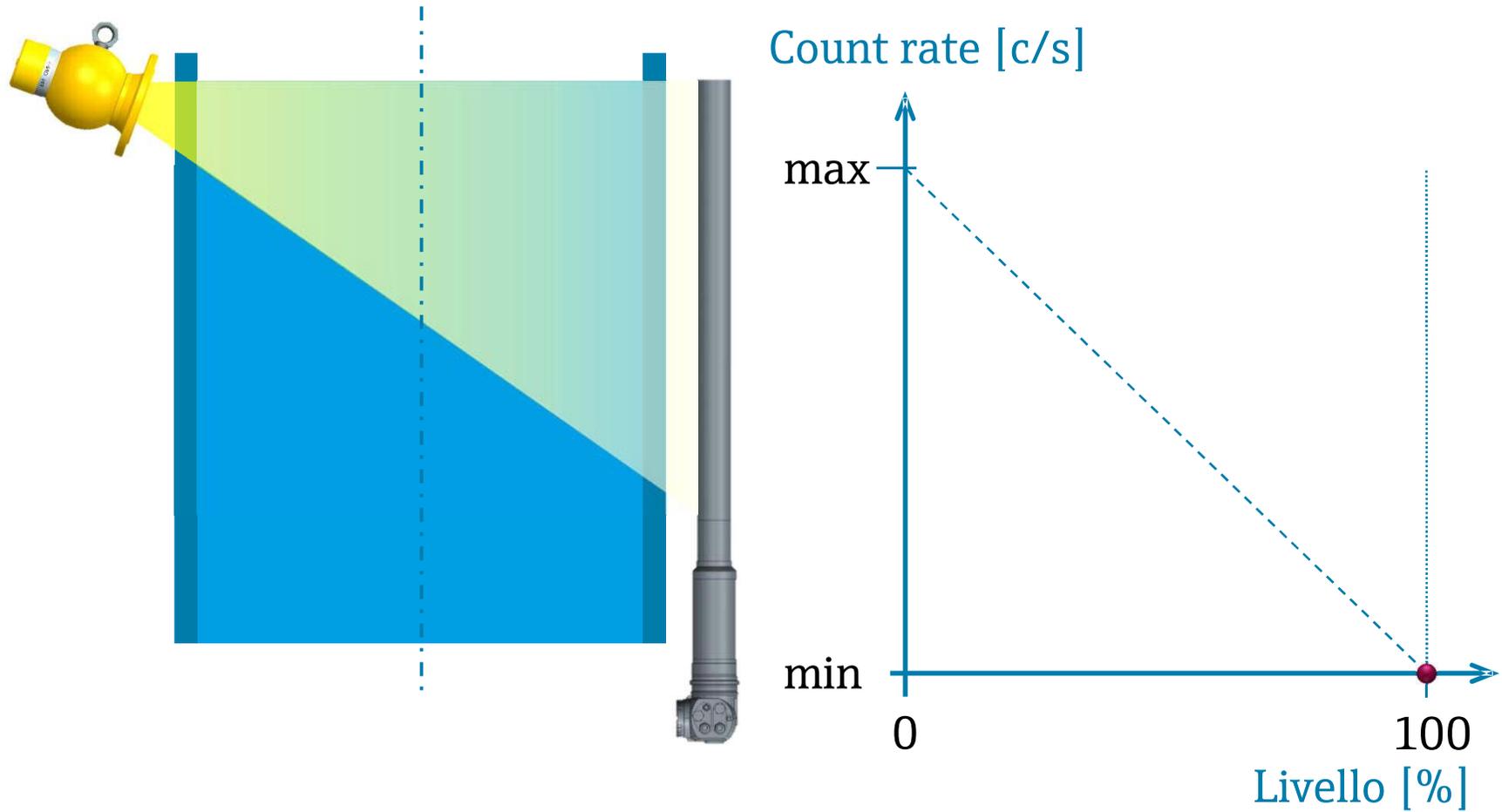
Principio di funzionamento



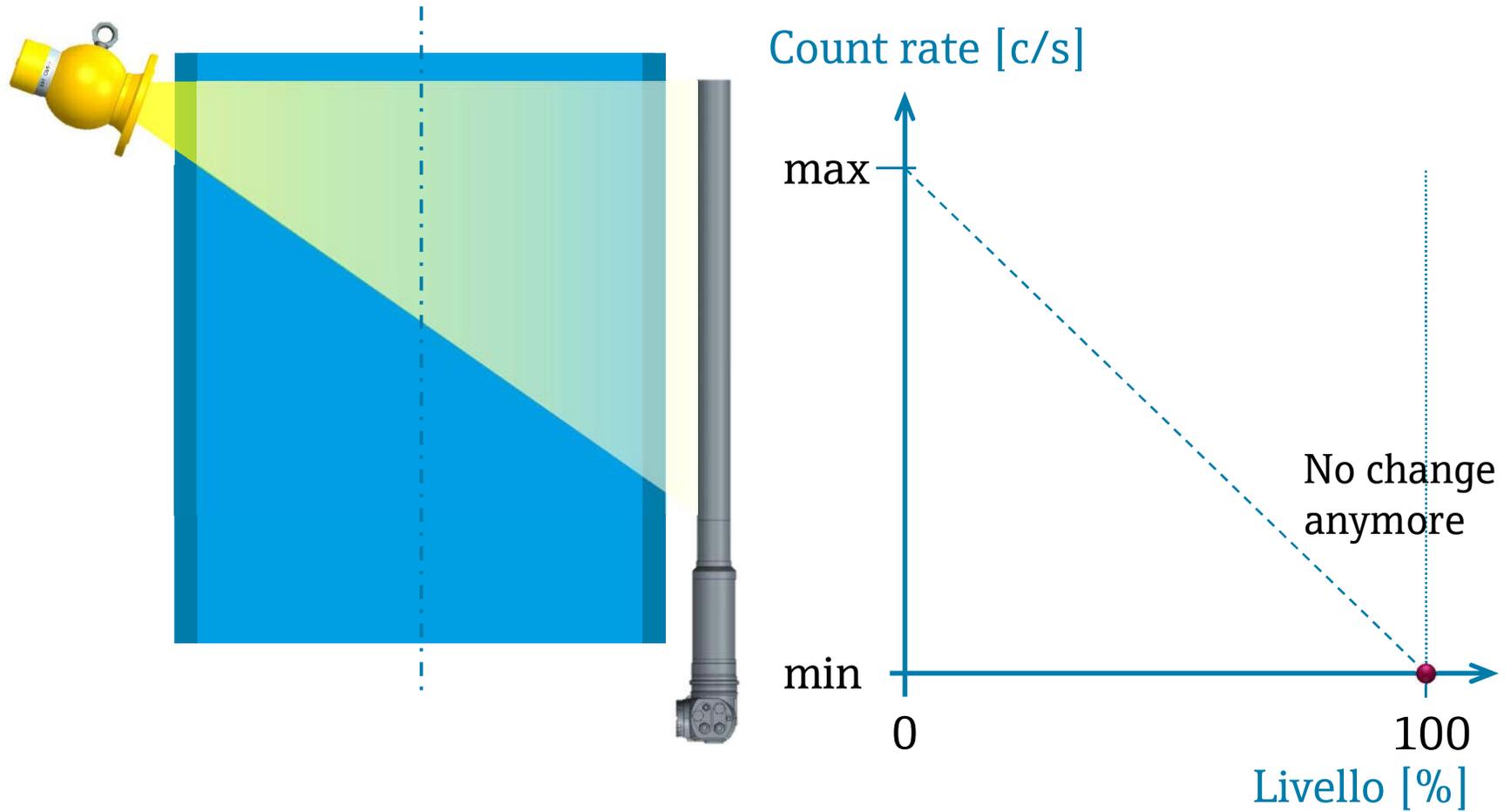
Principio di funzionamento



Principio di funzionamento

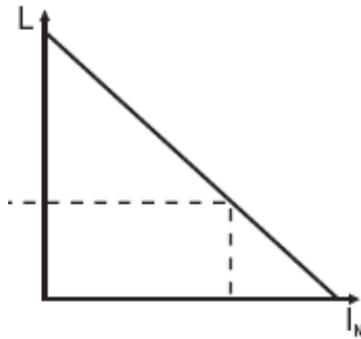


Principio di funzionamento



Linearizzazione

Lineare



- La relazione tra livello e pulse rate generalmente **non** è lineare.
- Per questo motivo il segnale deve essere **linearizzato**
- La **forma** della curva di linearizzazione **dipende dall'applicazione** (geometria e spessore delle pareti del vessel)

Standard

- Serbatoio verticale
- Una sola sorgente
- Pareti < 30mm

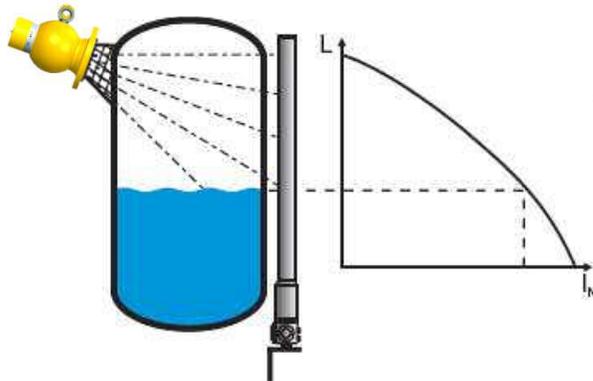


Tabella di linearizzazione

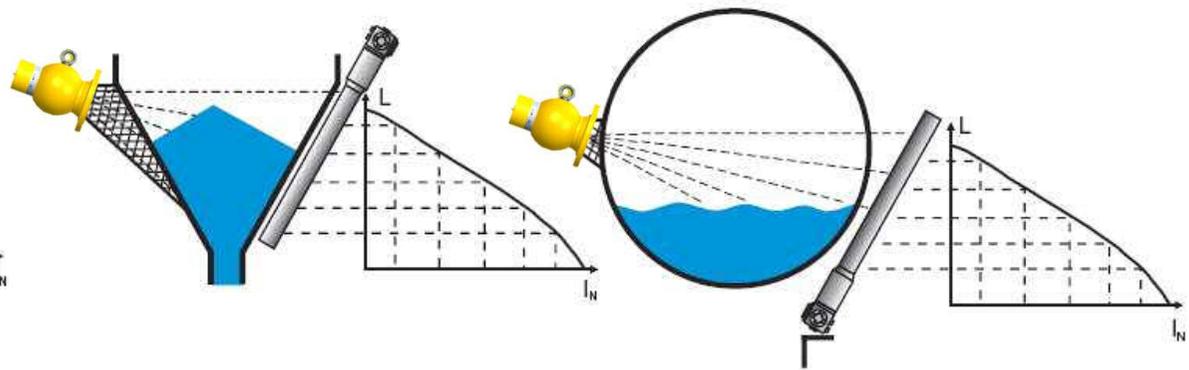
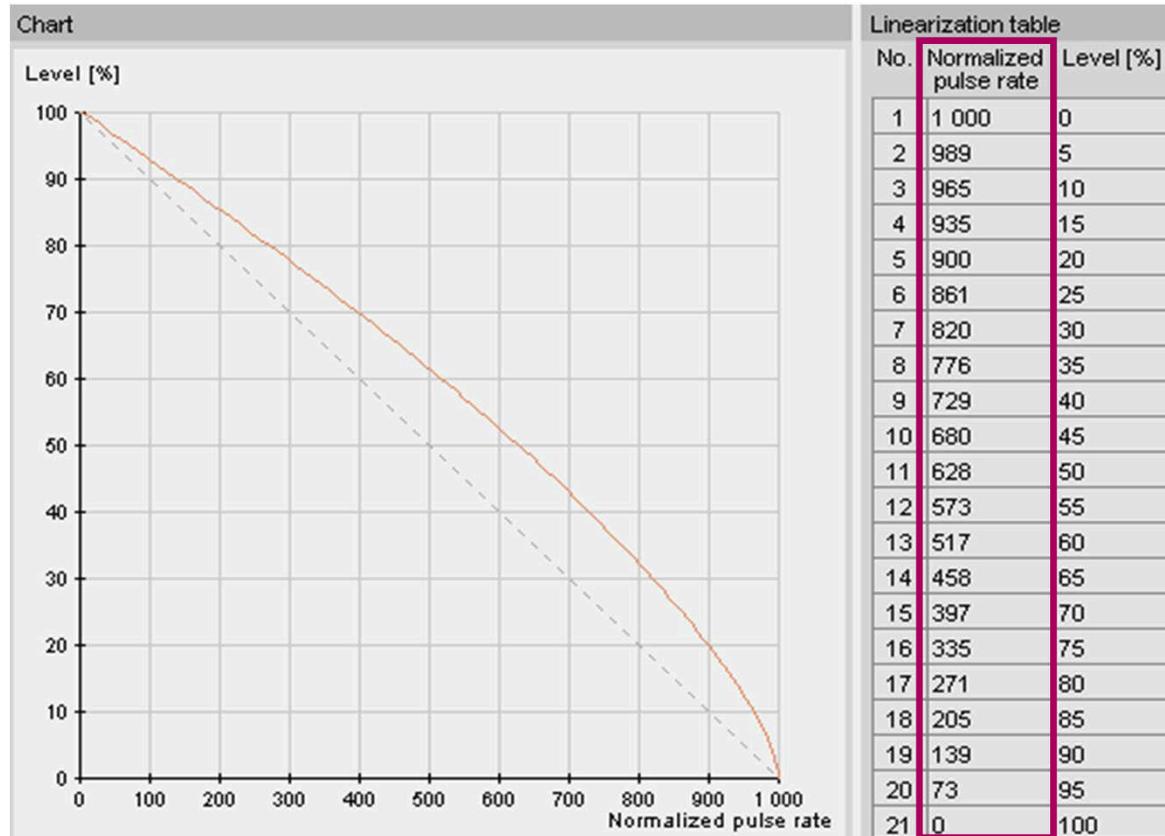


Tabella di linearizzazione



Pulse rate
normalizzato

$$I_N = \frac{I - I_0}{I_{\max} - I_0} \cdot 1000$$

- I_N = pulse rate normalizzato
- I_{\max} = pulse rate per livello 0%
- I_0 = pulse rate per livello 100%
- I = pulse rate misurato

Tool di calcolo online

https://portal.endress.com/webapp/applicator10/callapplicator.do?country=it&language=it

People for Process Automation **Endress**

MyApplicator | Contatti | Download | Condizioni d'uso | Re

← ▶ Applicator ▶ Dimensionamento ▶ Gamma ▶ Level

1 Selezione 2 **Dimensionamento** 3 Configurazione

Scegli lo strumento App

Applicator Sizing Gamma Dimensionamento della misura radiometrica

Dimensionamento	Codice d'ordine	Disegno	Grafico	Area di controllo	Calcolatore di conversione	Unità predefinite
-----------------	-----------------	---------	---------	-------------------	----------------------------	-------------------

Parametri generali

ⓘ Applicazione: Livello radiometrico
 ⓘ Forma del serbatoio: Serbatoio cilindrico verticale
 ⓘ Rivelatore: FMG60 PVT rivelatore
 ⓘ Schermatura: FQG60 / FQG61 / FQG62 / QG2000

Immagine applicativa

Fluidi

Acqua Densità 1 000

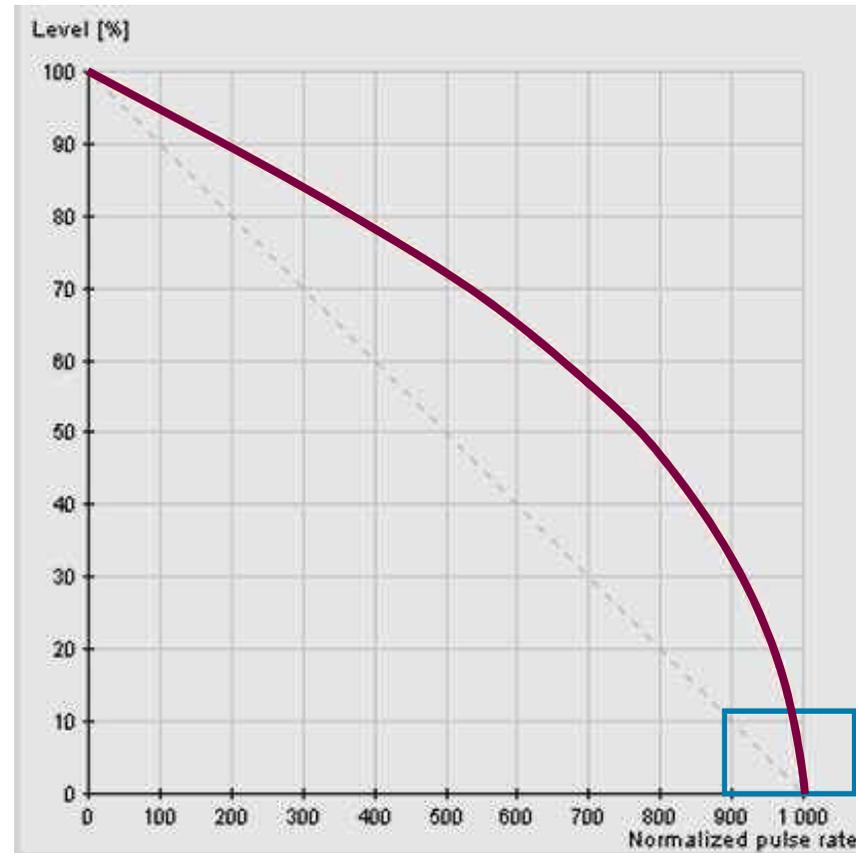
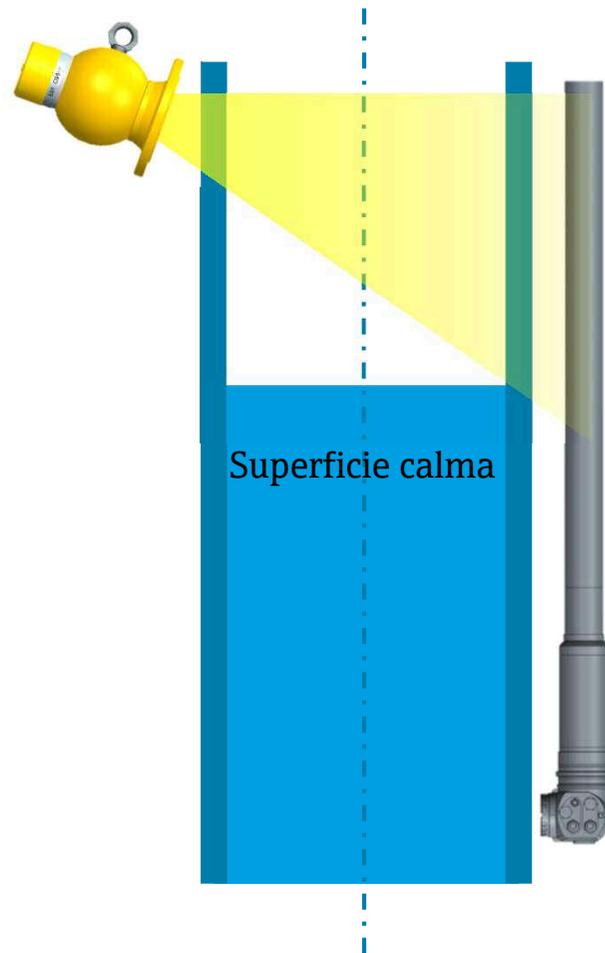
ⓘ Materiale nel percorso del fascio
 N. Nome Spessore S [mm] Materia
 1 Parete del serbatoio 20 Acciaio
 2 Isolamento 100 Lana di roccia
 3 Guscio 1 Alluminio
 *

Parametri in ingresso

ⓘ Campo di misura MB	1 000	mm
ⓘ Diametro interno ID	2 000	mm
ⓘ Distanza dal centro d	0	mm
ⓘ Testa torosferica h	0	mm

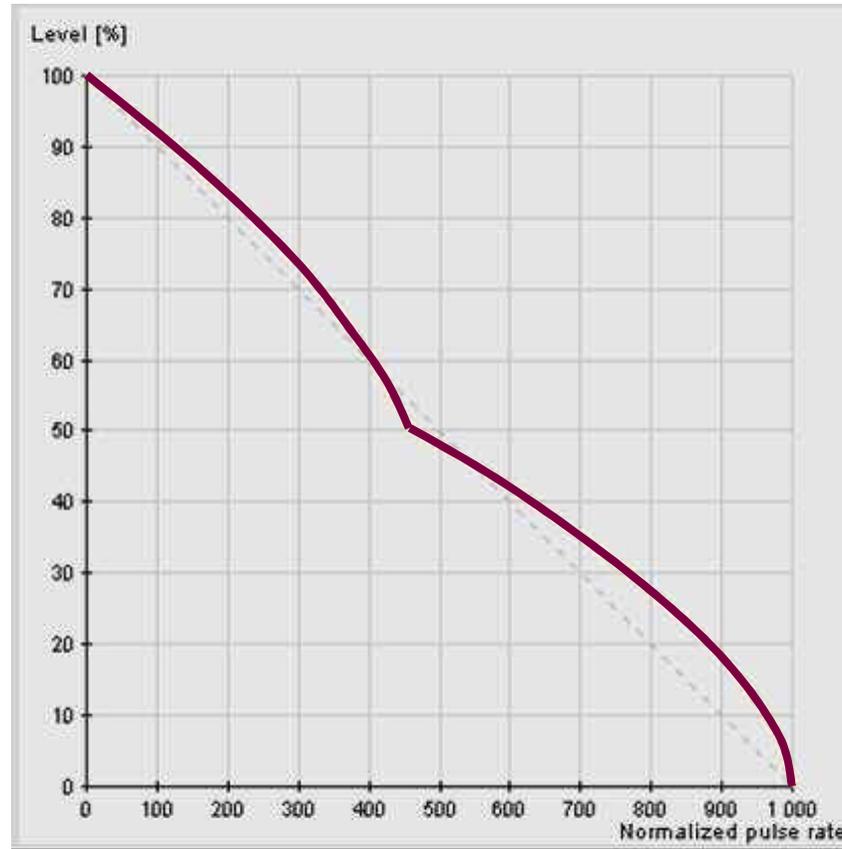
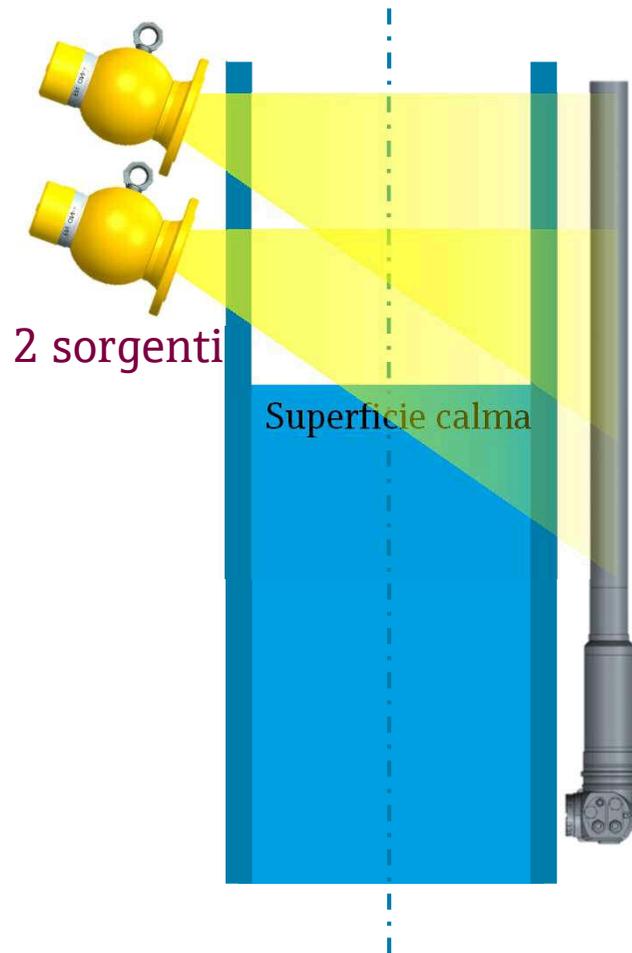
ⓘ Dettagli del sistema di riscaldamento o raffreddamento nel perc
 Calcolo della sorgente
 ⓘ Modulatore: No Si
 ⓘ Isotopo: Cs 137 Co 60
 ⓘ Attività della sorgente: 740 MBq (20 mCi) Cesio 137

Linearizzazione



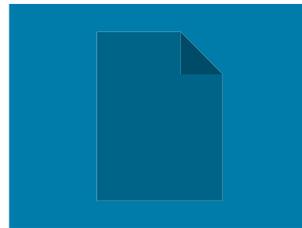
La differenza di pulse rate tra 0 e 10% è minima
→ seconda sorgente

Linearizzazione

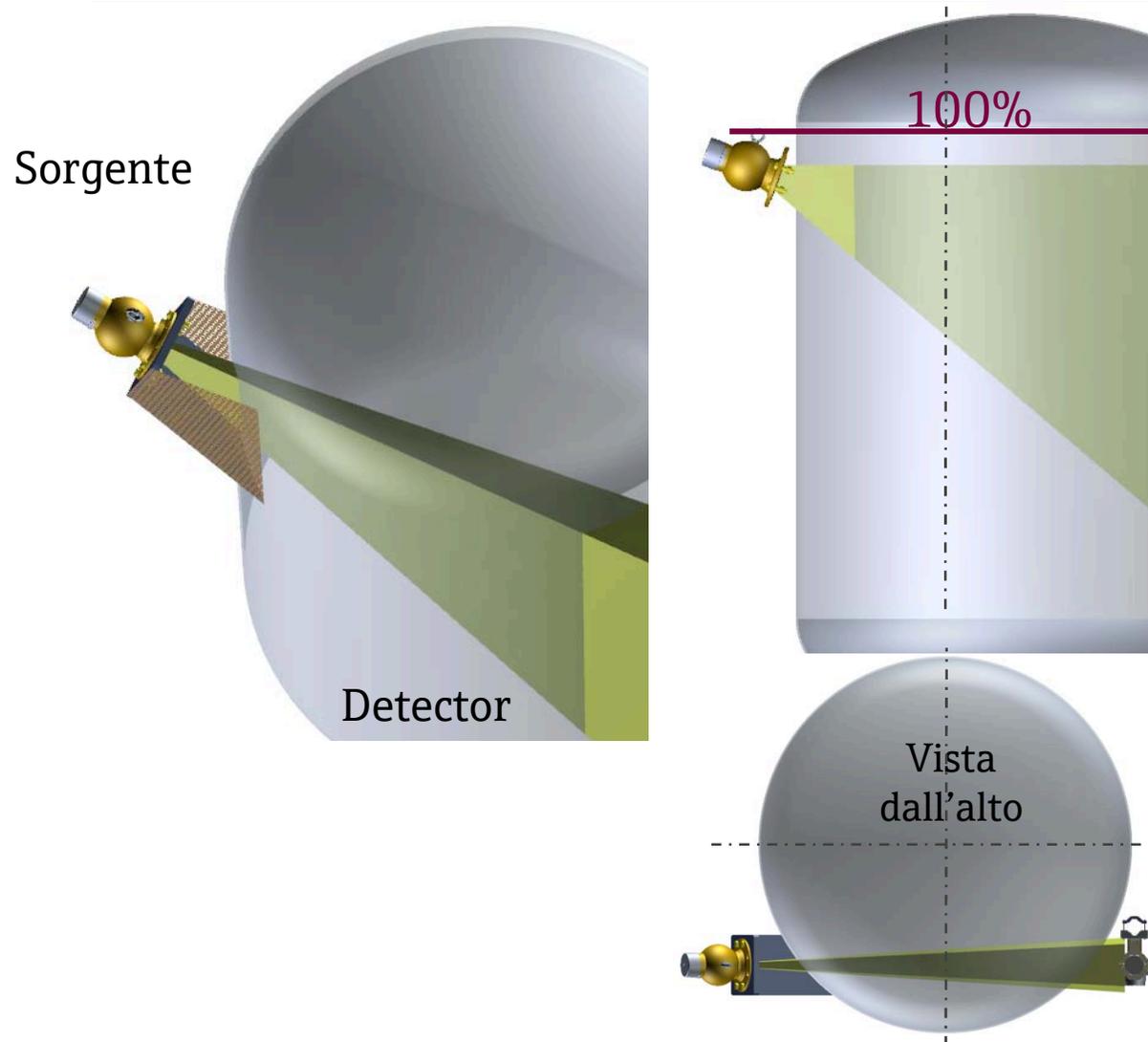


Miglior linearità con 2 sorgenti

Accuratezza – Fogli di calcolo

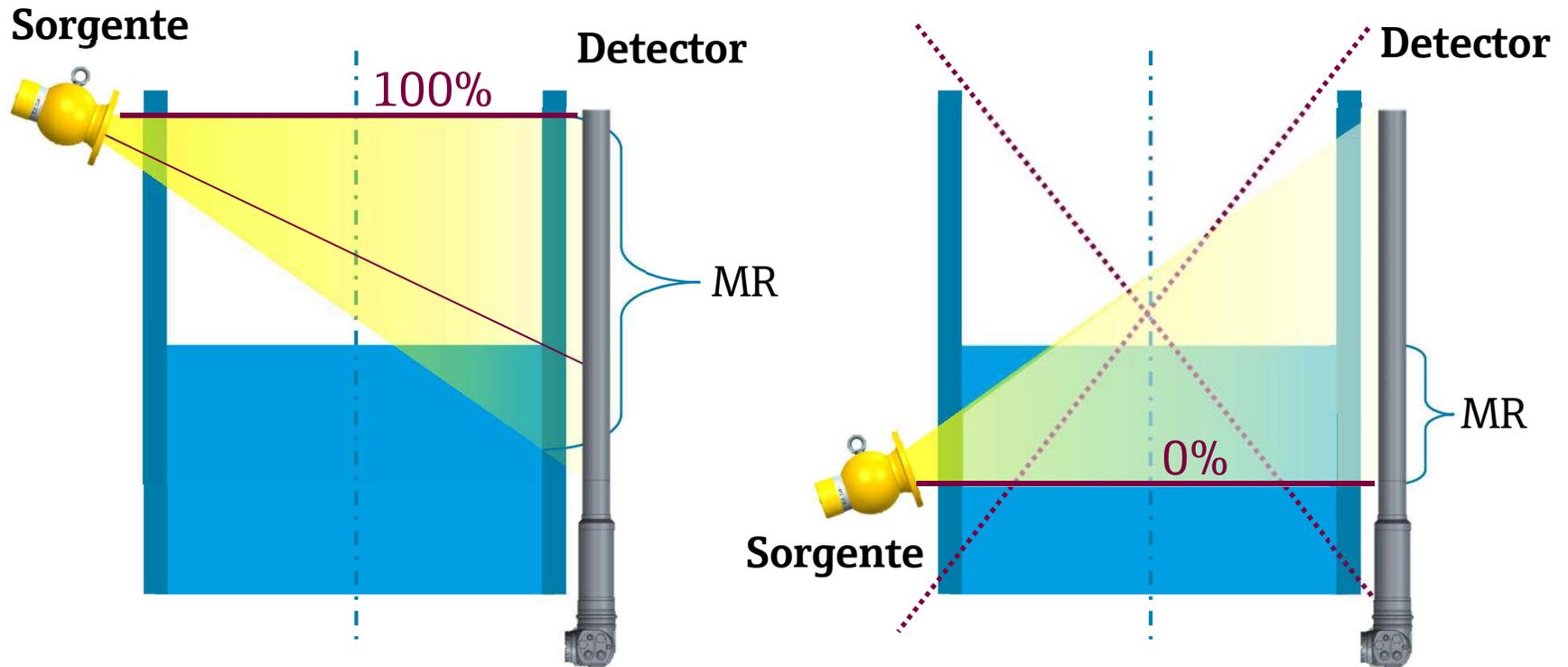


Installazione meccanica



- **Sorgente** montata alla quota del massimo livello (100%)
- **Detector** montato verticalmente partendo dalla quota del massimo livello
- La parte sensibile del detector deve essere completamente irradiata

Installazione meccanica



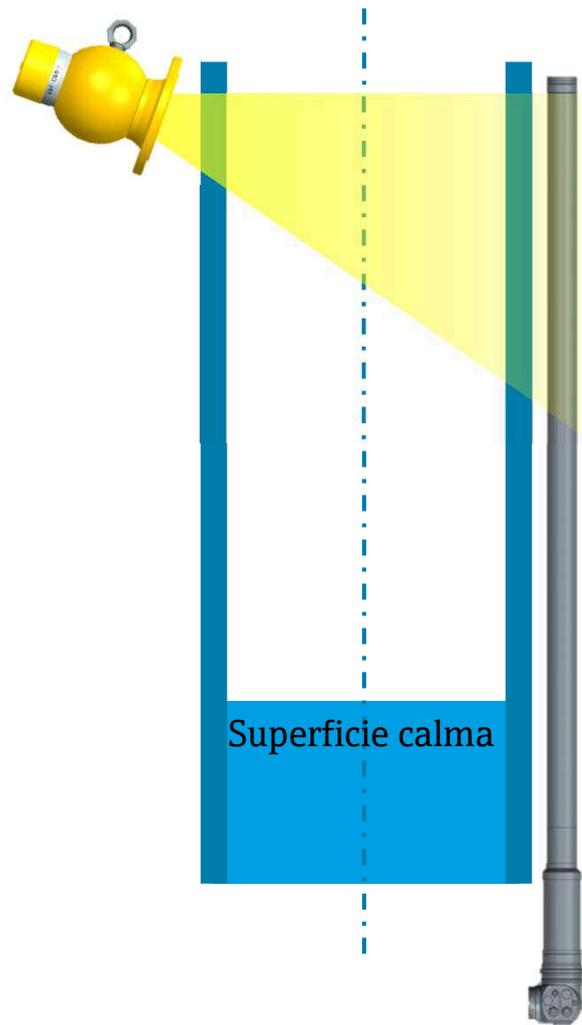
Sorgente montata alla quota del 100% del range

Disponibile
100% MR

Sorgente montata alla quota del 0% del range

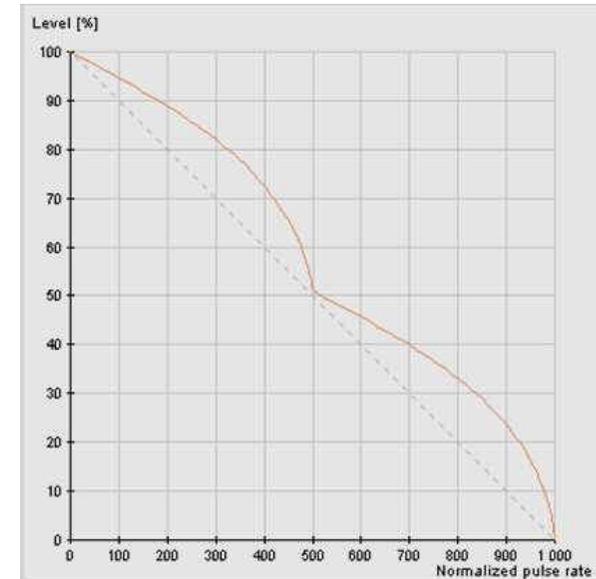
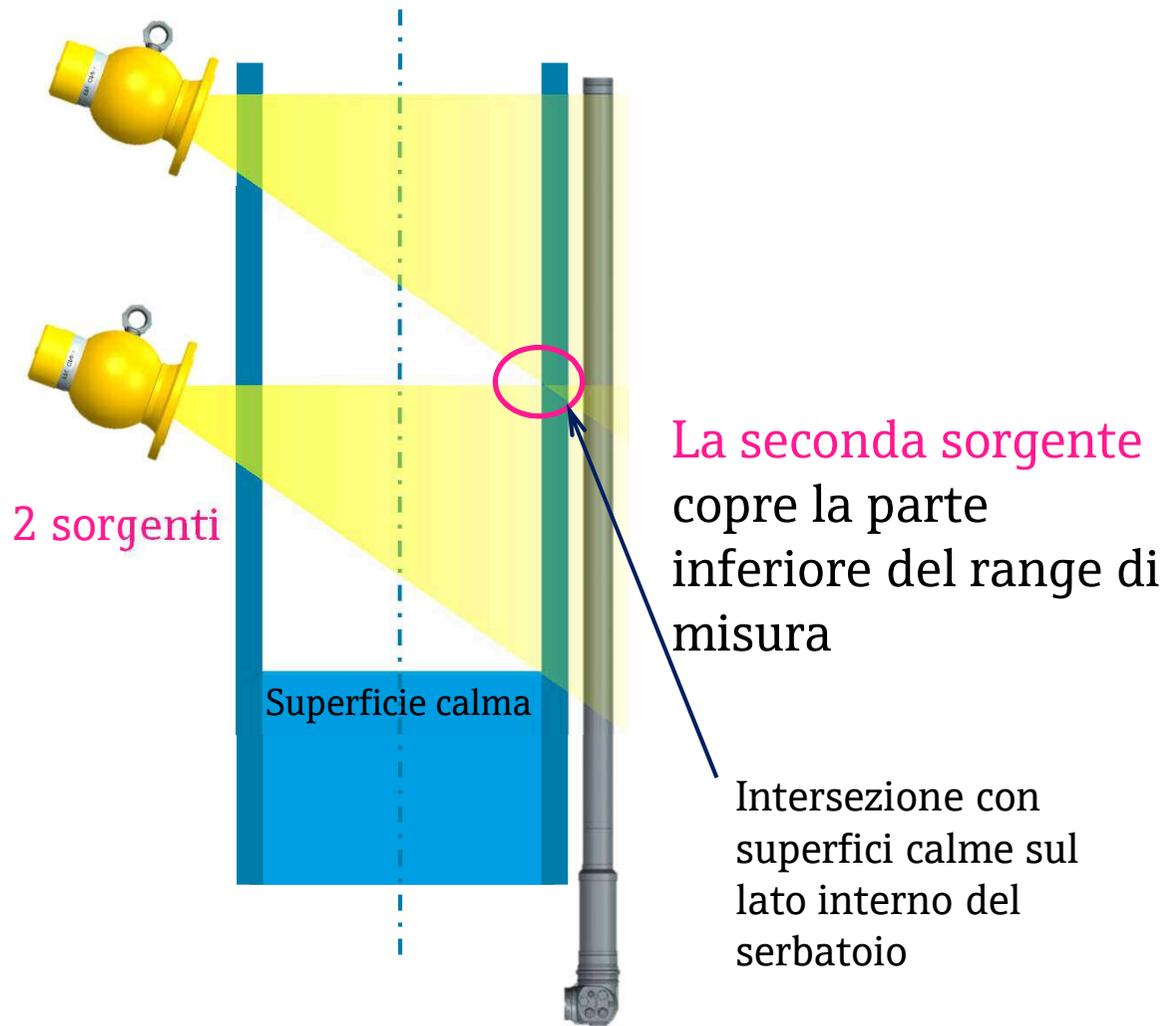
Già assorbimento totale
→ solo 30% of MR

Uso di sorgenti multiple

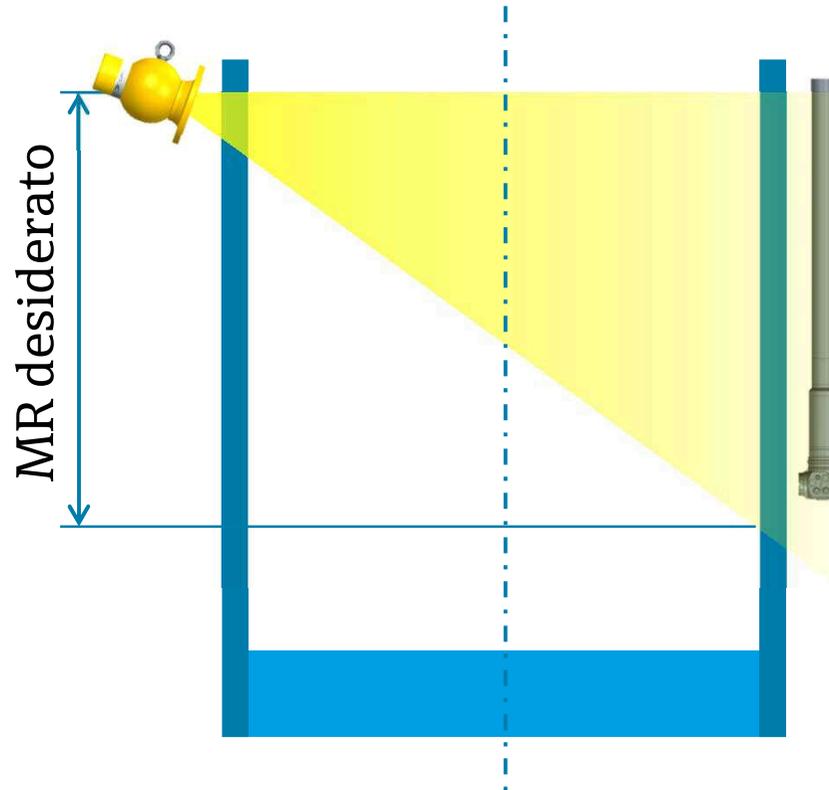


L'installazione in serbatoi di **ridotto diametro** e l'esigenza di **range di misura estesi** necessitano l'utilizzo di più di una sorgente

Uso di sorgenti multiple

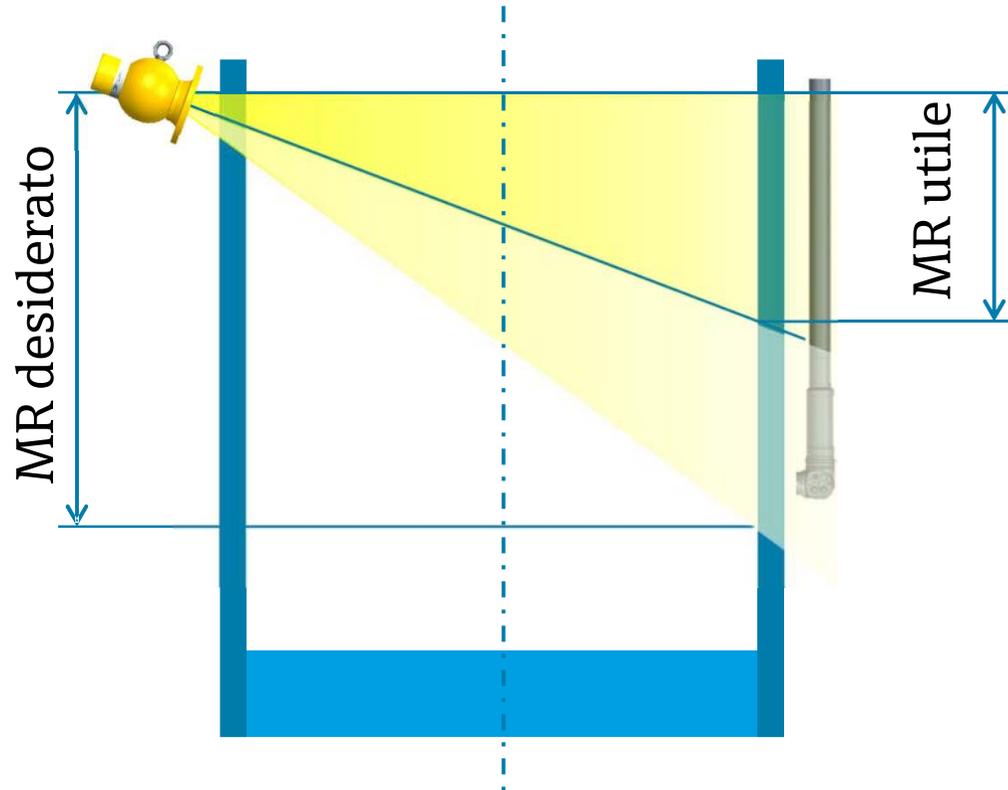


Uso di più detector

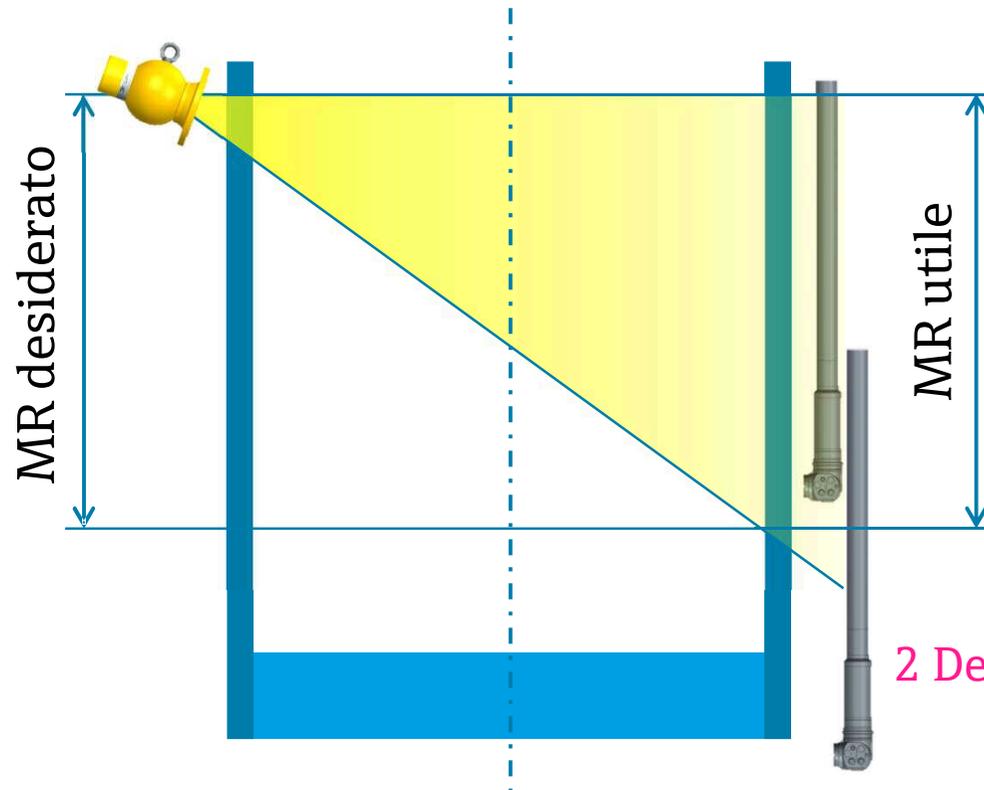


L'installazione in serbatoi di **grandi diametri** e l'esigenza di **range di misura estesi** necessitano l'utilizzo di più di un solo detector

Uso di più detector



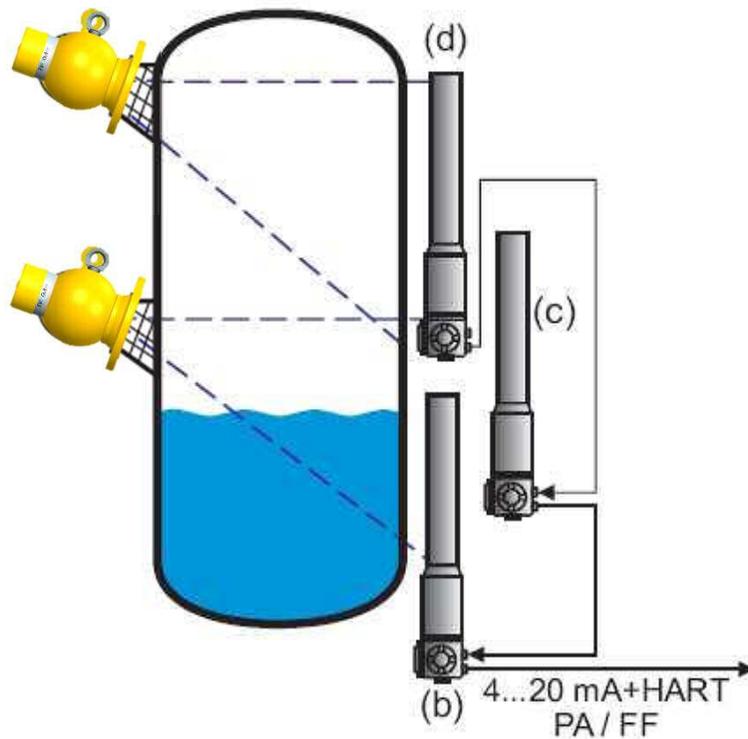
Uso di più detector



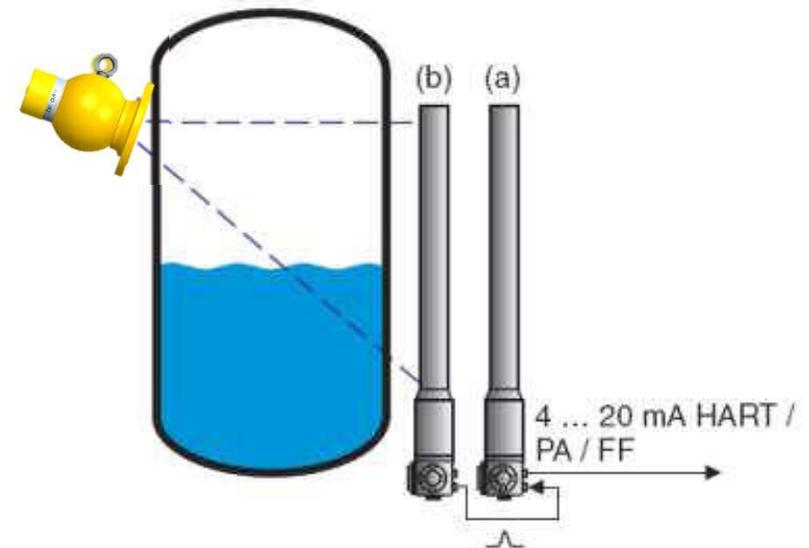
Il secondo detector
copre la parte più bassa
del range di misura

Più detector in cascata

Range di misura estesi



Doppia sensibilità



Petrochemical: PTA – Cristallizzatore Stage 1

Livello continuo

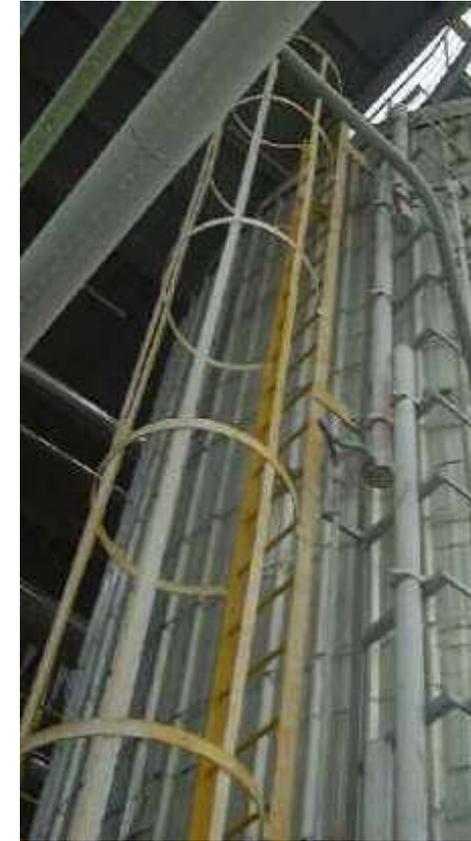
- Spessore delle pareti importante -> alta pressione e temperatura e inoltre build-up interno (25mm)
- Range di misura : 6000 - 8500mm
- Sorgente inserita in una tasca ricavata nella parete del vessel per ridurre gli spessori
- 2 detector in parallelo per doppia sensibilità



Petrochemical: PTA – Cristallizzatore Stage 3

Livello continuo

- Range di misura: 6000mm
- Pressione e temperatura ridotte
- Sorgenti esterne
- Solo una cascata è sufficiente

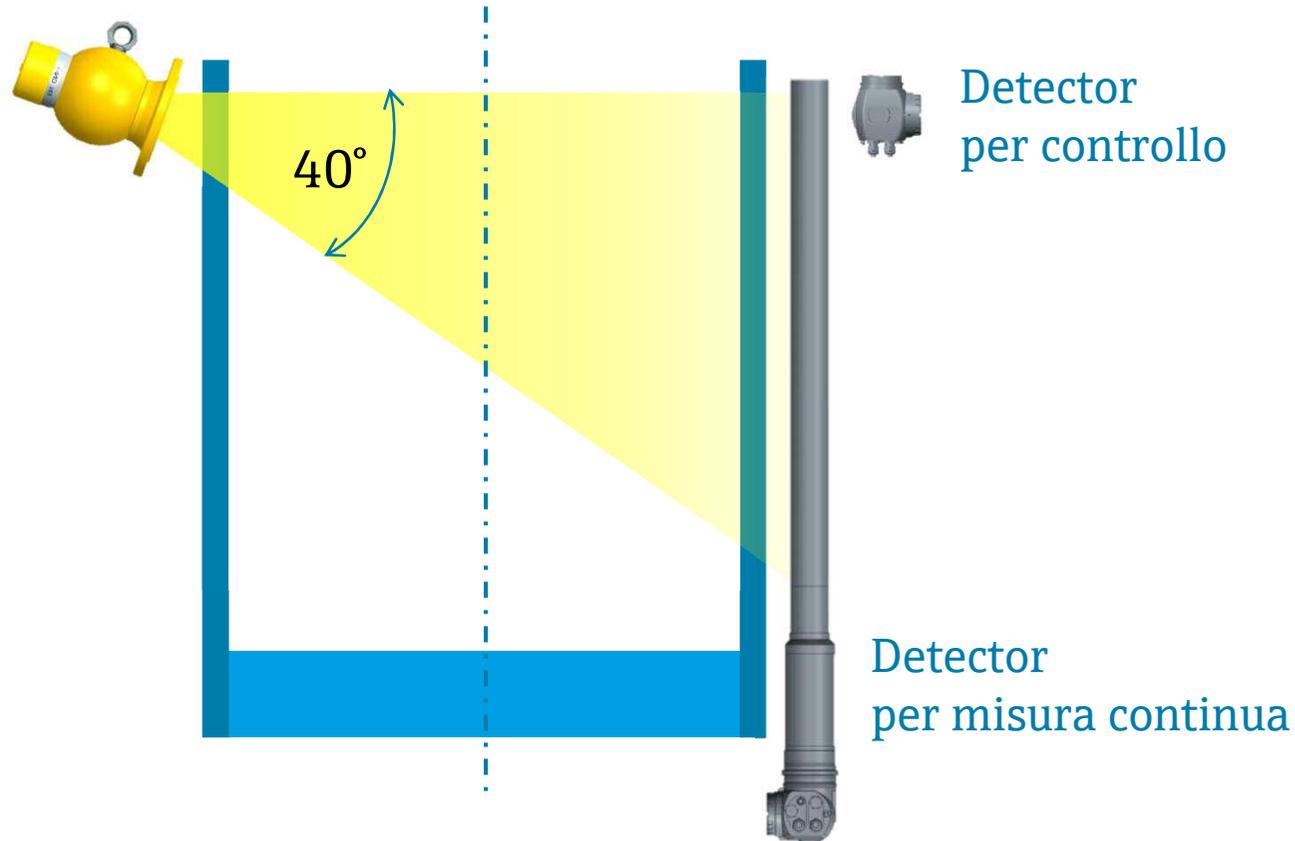


Detector

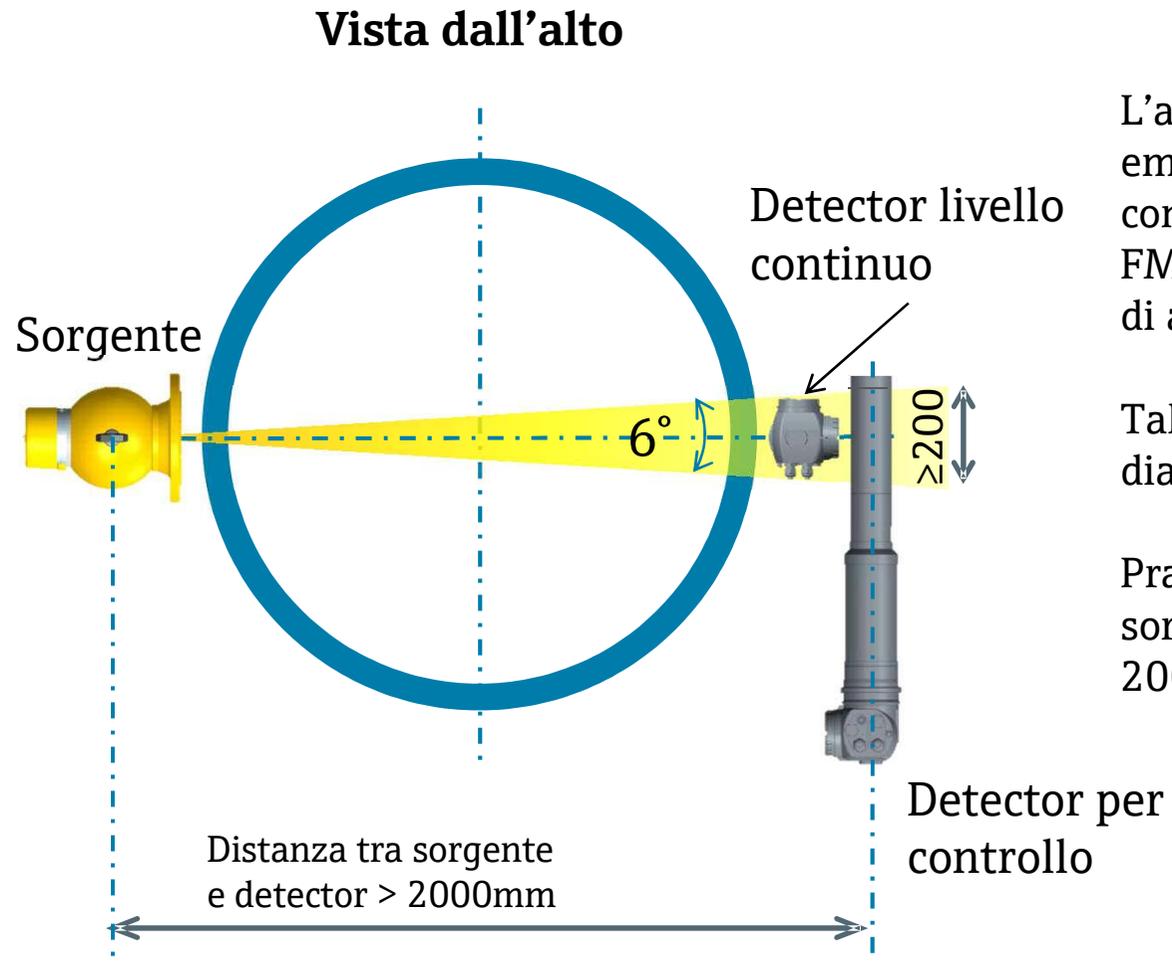
Contenitori sorgenti

Installazione livello continuo + controllo

Sorgente



Installazione livello continuo + controllo

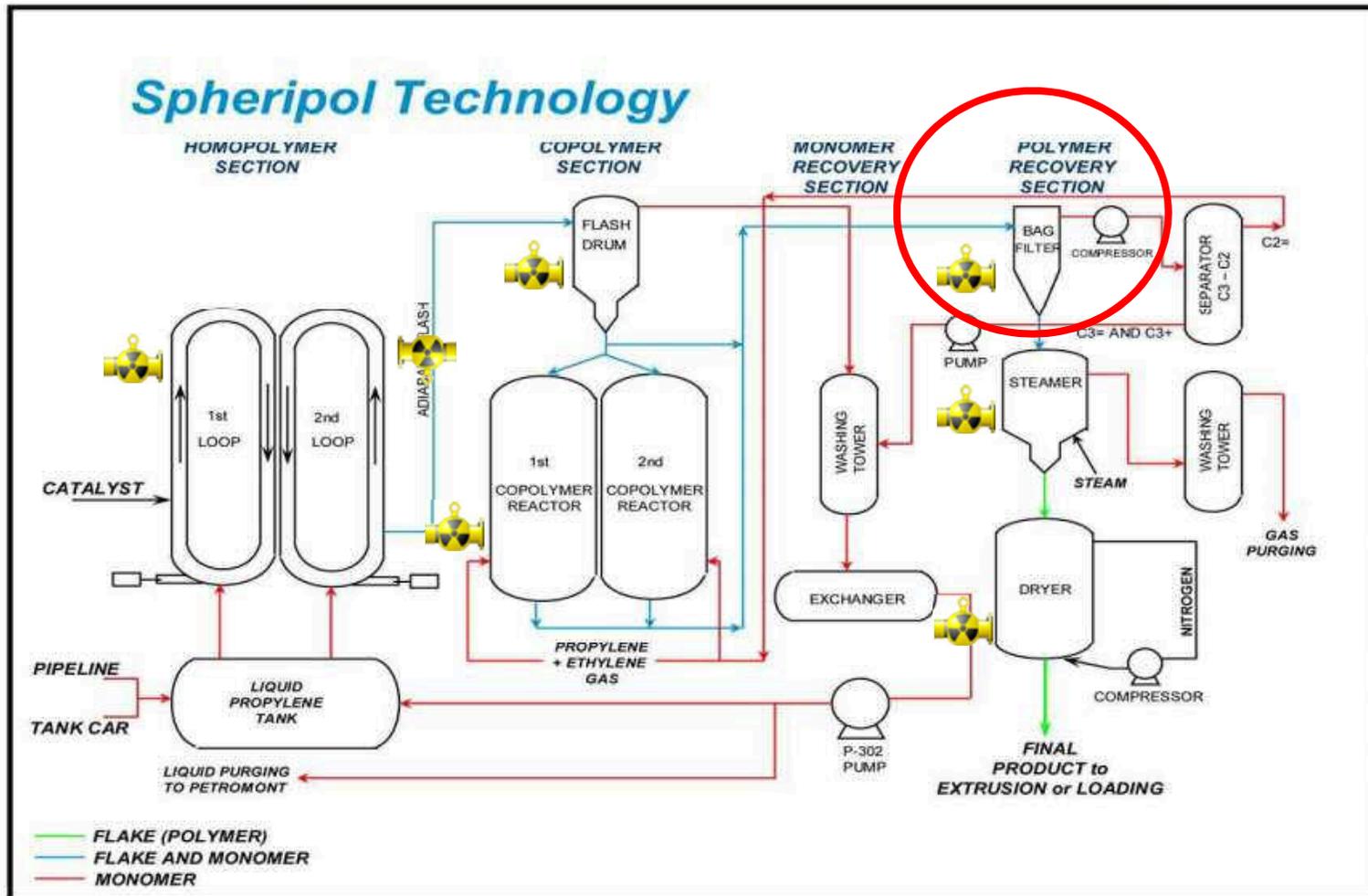


L'apertura del raggio di emissione sul detector per controllo di livello (Detector FMG60-200 mm) deve essere di almeno 200mm.

Tale apertura dipende dal diametro del serbatoio

Practicabile con distanza tra sorgente e detector > 2000mm.

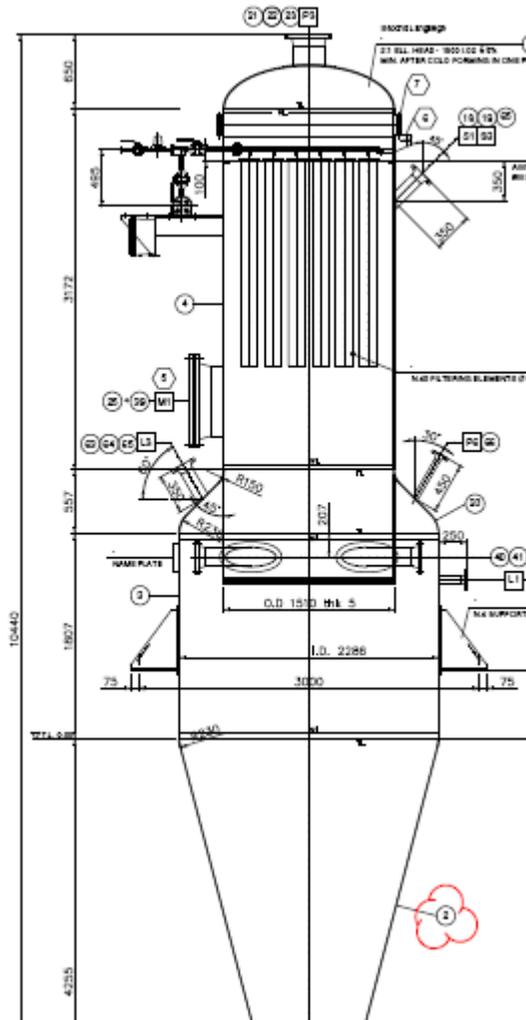
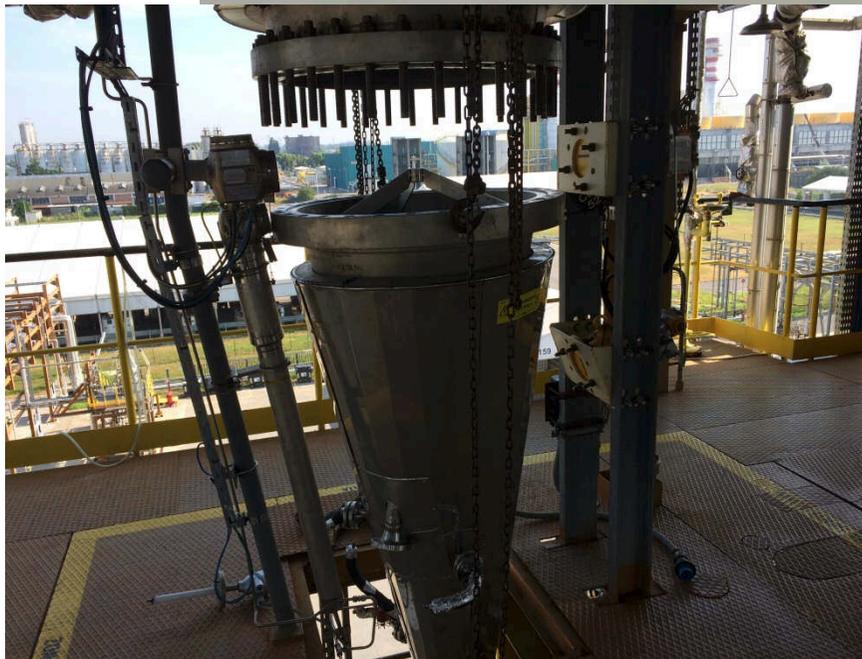
Petrochemical: PP Spheripol Basell - bag filter



Petrochemical: PP Spheripol Basell - bag filter

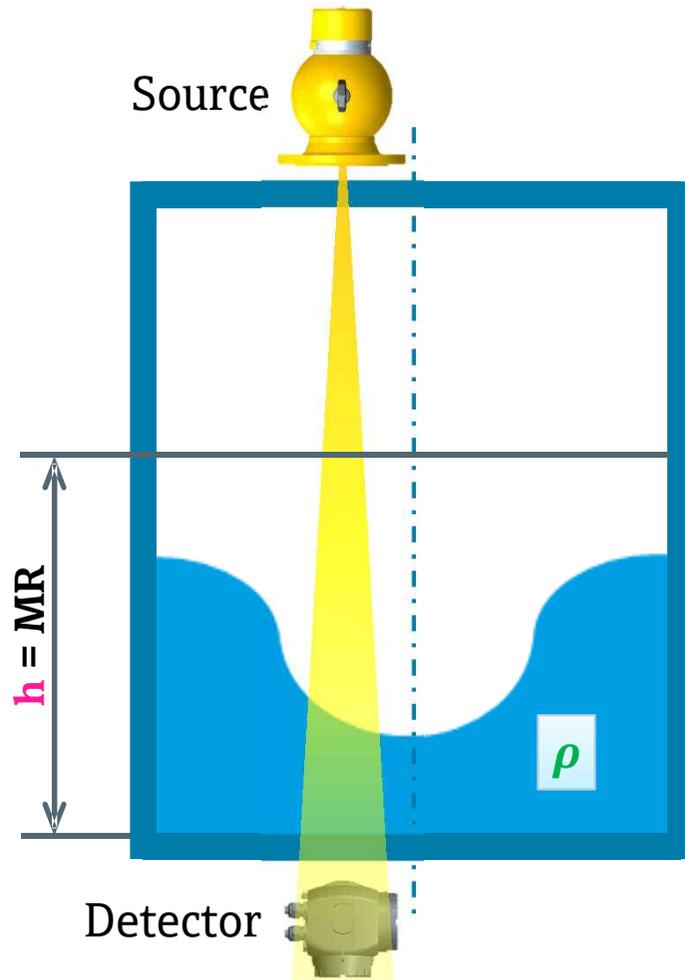
Soc. Azerbaijan

Pilot plant Ferrara

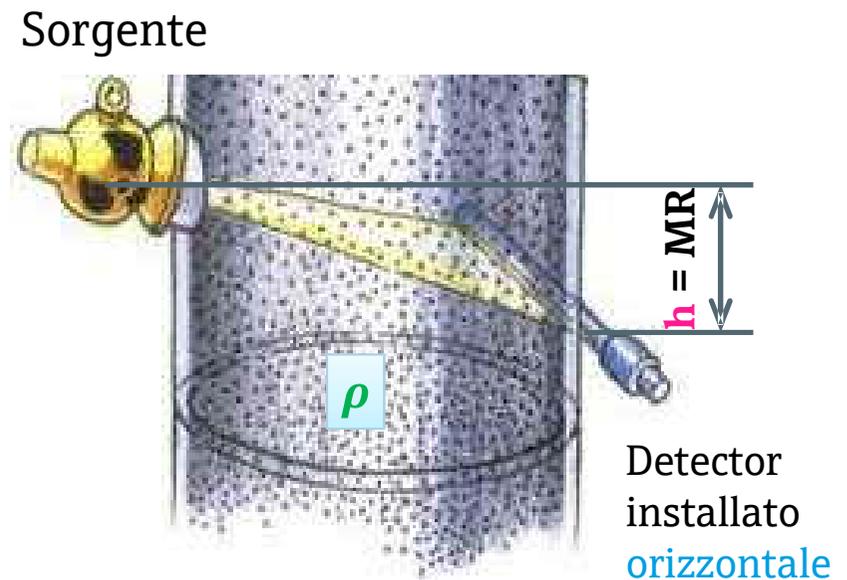


Principio ad assorbimento

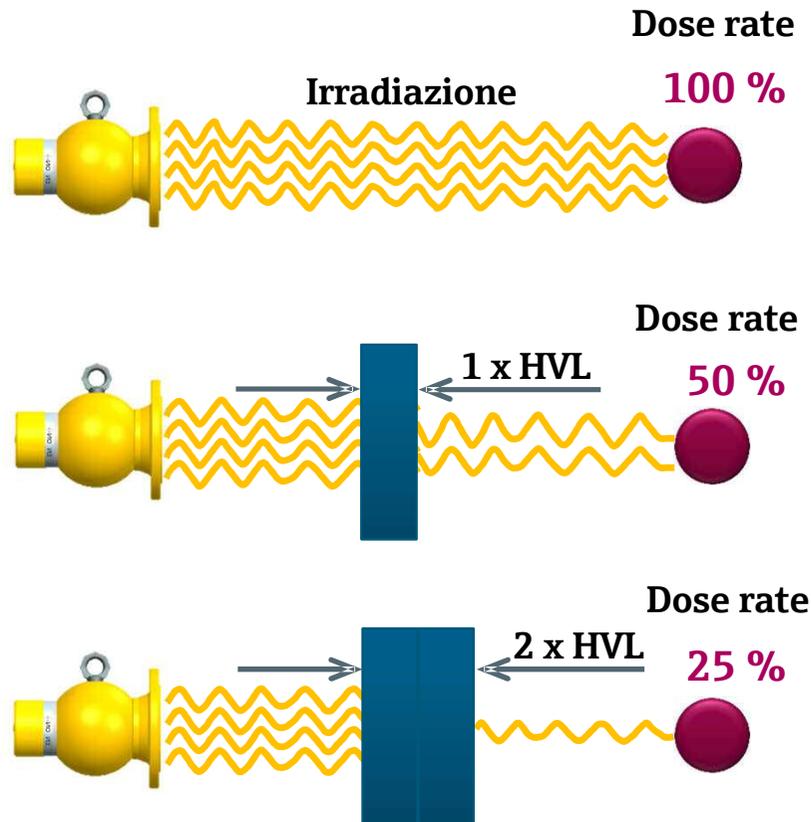
A densità costante \rightarrow misura l'altezza



Ad altezza costante \rightarrow misura la densità



Principio ad assorbimento / Half Value Layer



HVL dipende da:

- Densità del prodotto
- Isotopo della sorgente

1 HVL per Cs 137

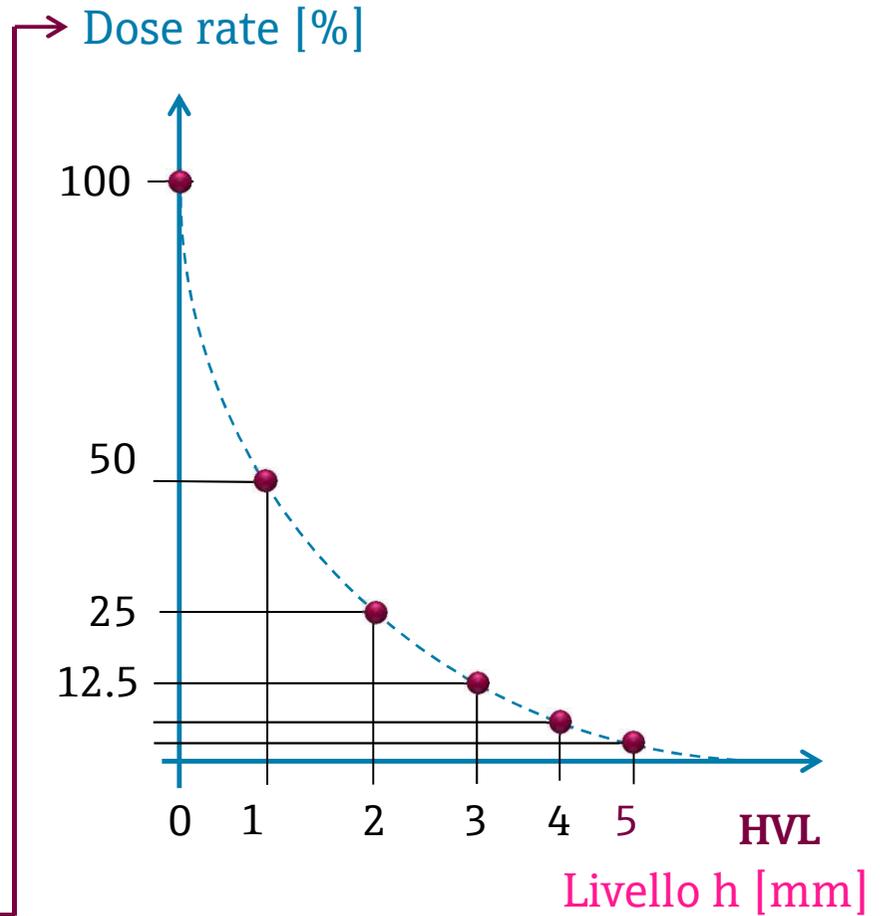
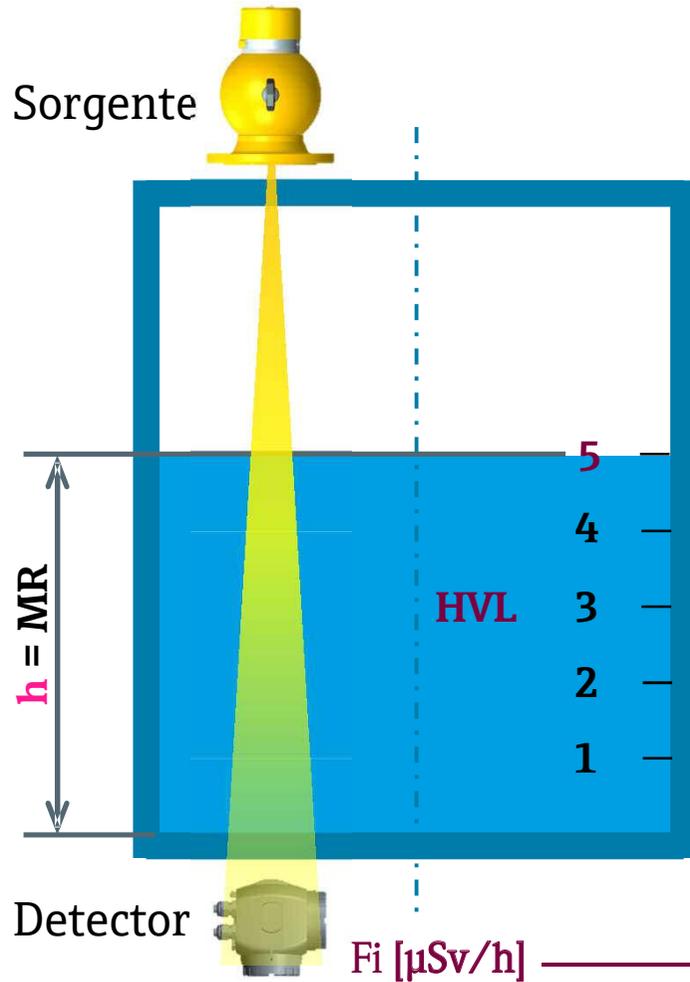
14.5 mm acciaio
9 mm piombo
90 mm acqua
40 mm cemento

1 HVL for Co 60

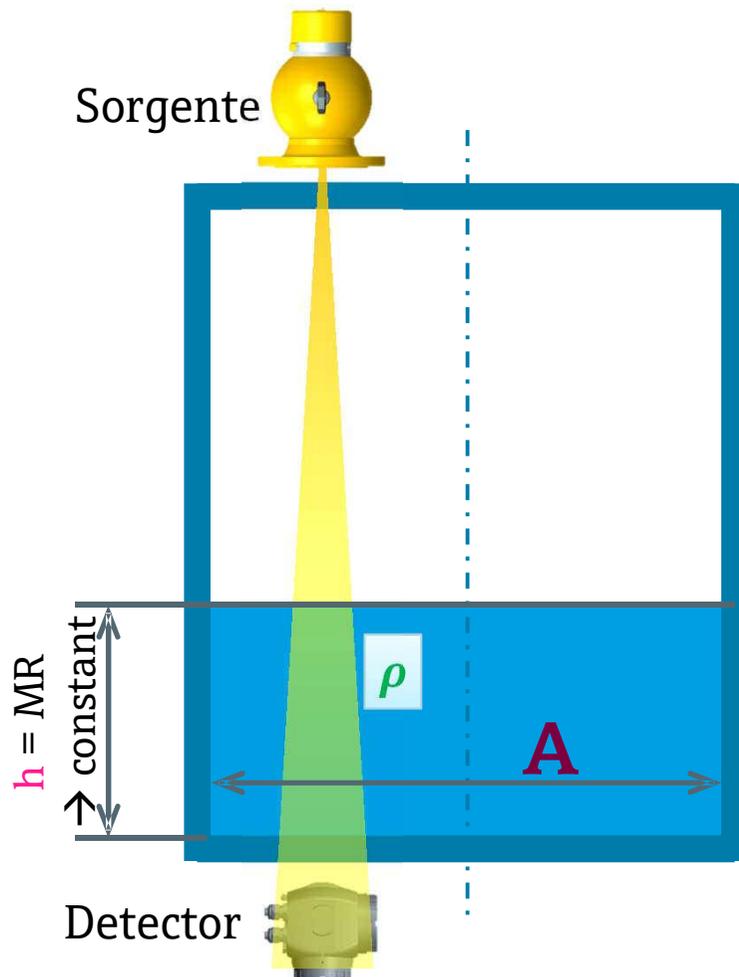
20 mm acciaio
12 mm piombo
120 mm acqua
55 mm cemento

Maggiore l'energia irradiata, maggior spessore deve avere il materiale attraversato.

Principio ad assorbimento / Half Value Layer



Principio ad assorbimento - Funzionamento



$$H \sim e^{-\mu \cdot \rho \cdot h}$$

H = Dose radiante [$\mu\text{Sv/h}$]
(proporzionale ai cps)

μ = Coefficiente di assorbimento

ρ = Densità prodotto [g/cm^3]
deve essere costante

h = Attraversamento prodotto,
(diametro interno del tubo) [mm]

Massa del prodotto:

$$m = \rho \cdot h \cdot A$$

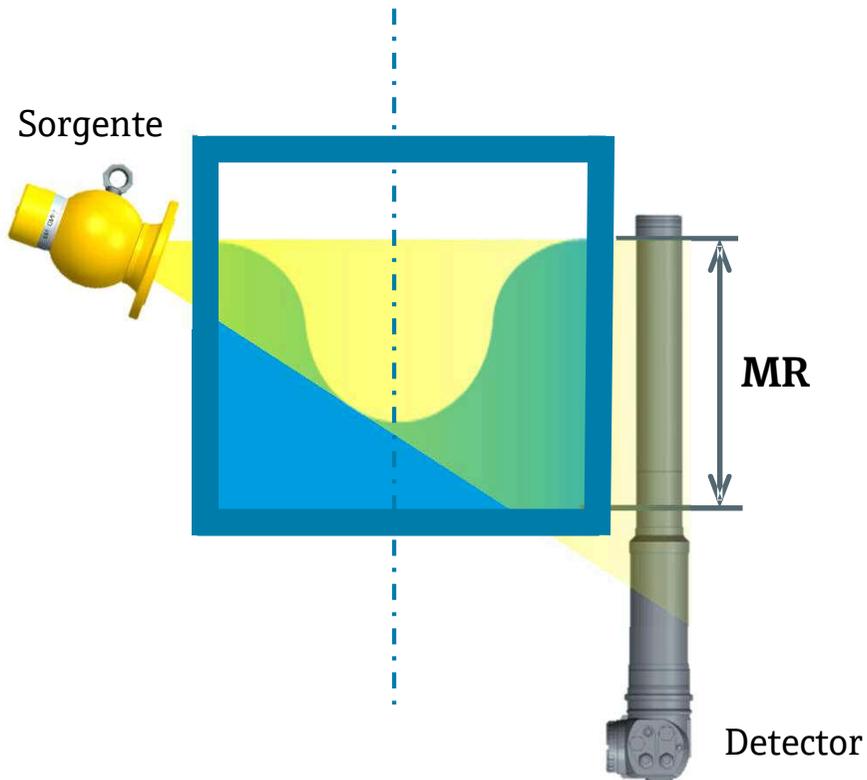
m = Massa

A = Area ($A = \pi r^2$)

Superficie irregolare / disposizione a rientranza

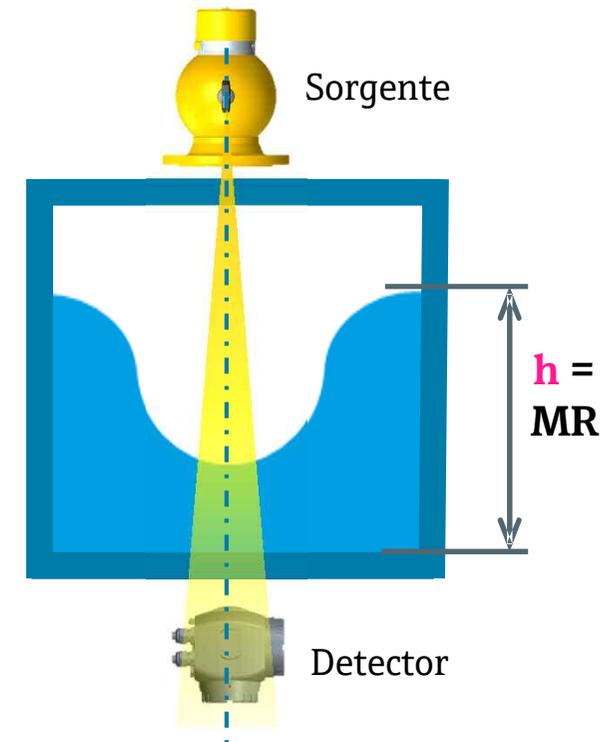
Principio standard livello

Non è possibile la misura a causa della disposizione del prodotto

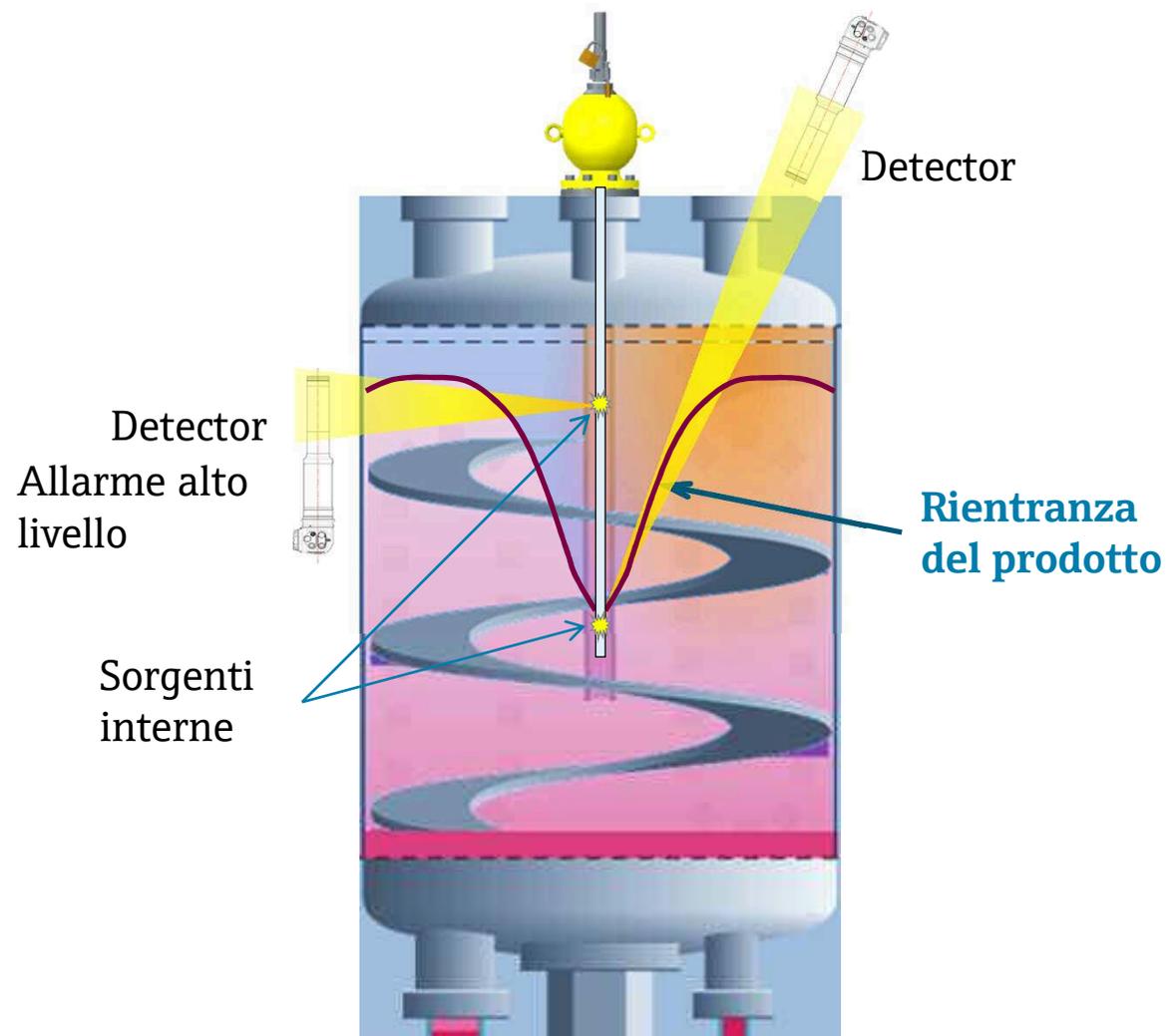


Principio ad assorbimento

E' possibile misurare indipendentemente dalla disposizione



Superficie irregolare / disposizione a rientranza

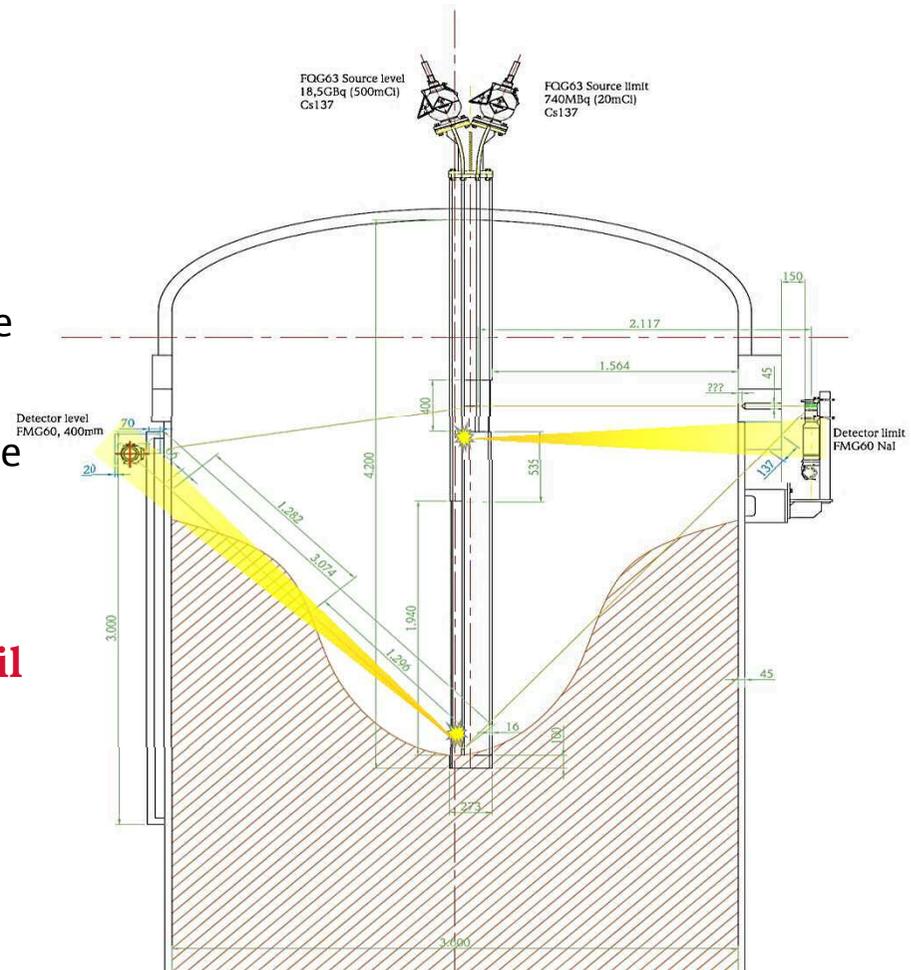


PP - Novolen Process – Reattore

Misura continua sul lato del reattore e controllo alto livello.

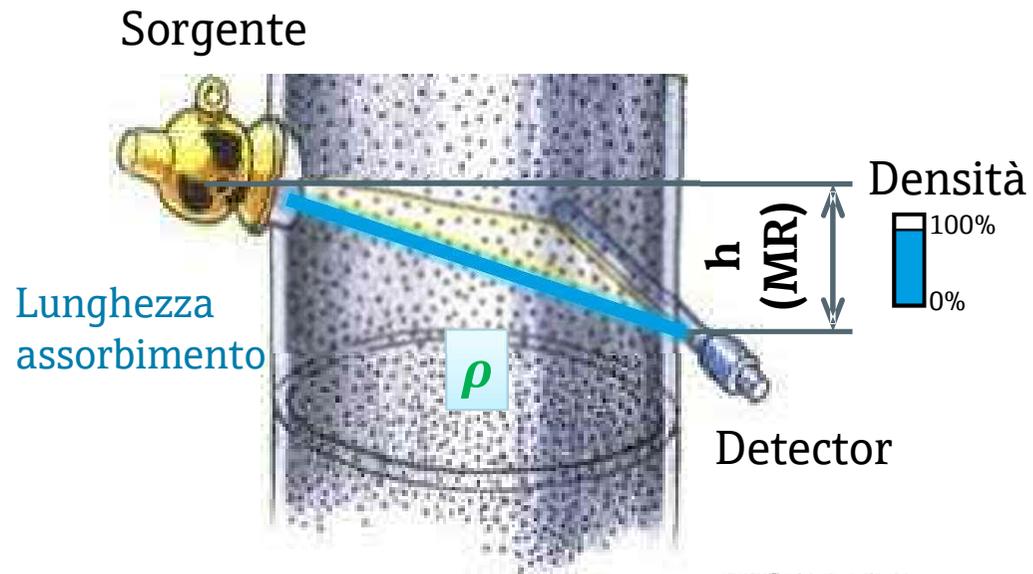
- Minima distanza sorgente-detector
 - Minore attività
 - Minore influenza della fase gassosa
- Detector posizionabile ad altezze diverse
-> guida realizzata da Ekato
- Sorgente posizionabile ad altezze diverse
 - Sorgente retraibile lungo il dip tube

Diverse posizioni richieste per adattare il sistema di misura alle varie fasi di processo.



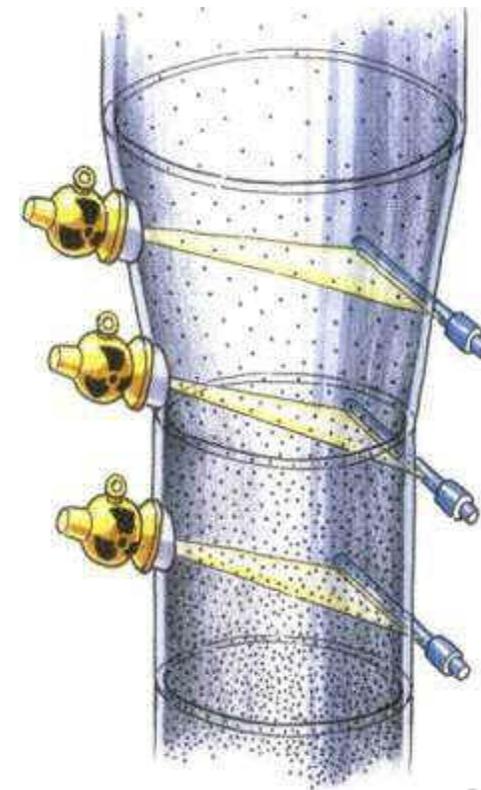
Assenza di superficie distinta

Con altezza costante → si misura la densità

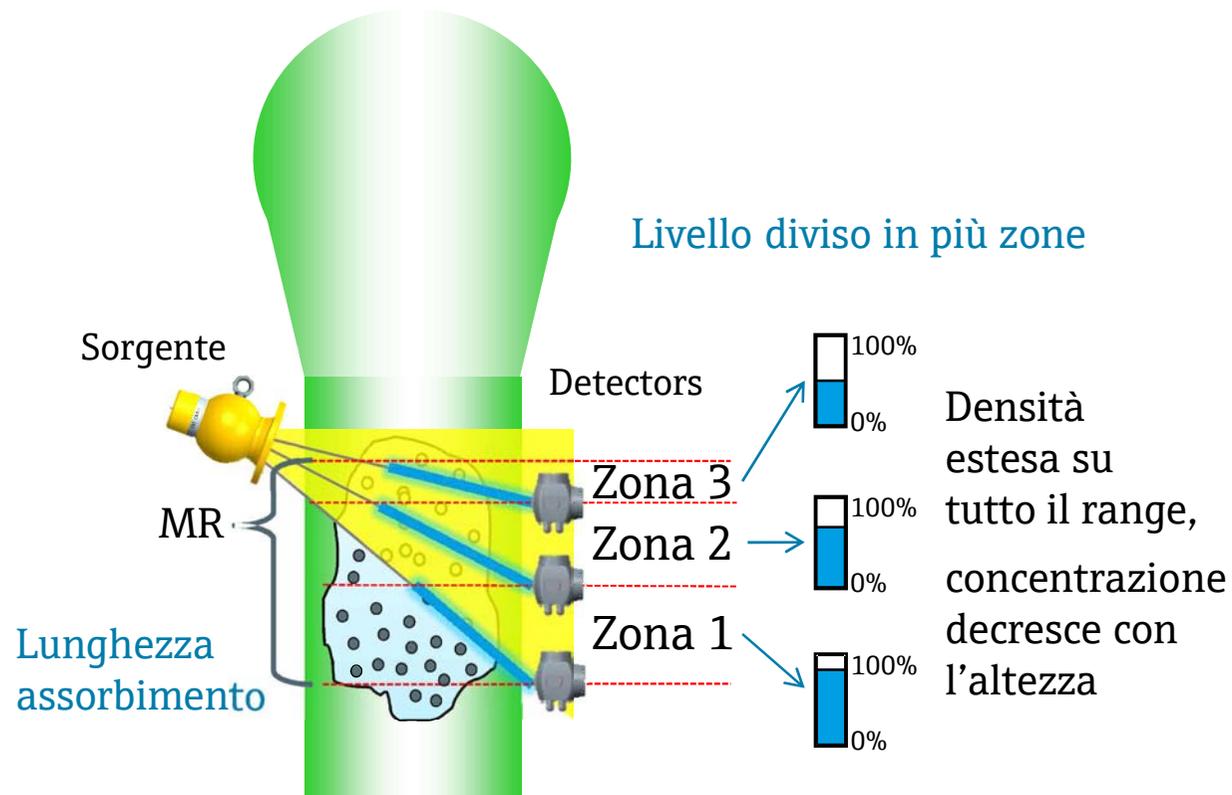


- Detector in modalità di misura densità
- Detector installati in orizzontale

Per range ampi →
Livello diviso in più zone



Assenza di superficie distinta

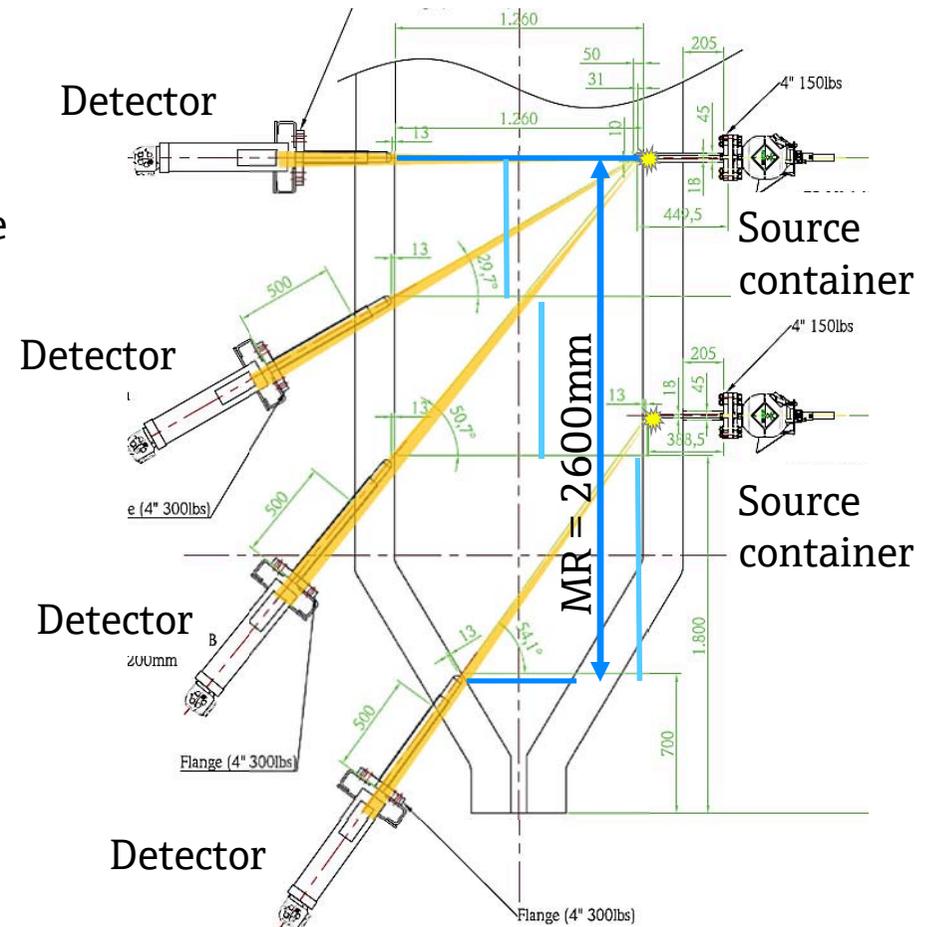


Aspetti critici:

- Assenza di superficie distinta nel letto di fluidizzazione
- Profilo di densità esteso su ampio range di misura
- La concentrazione decresce con l'altezza
- Densità media 300 kg/m³

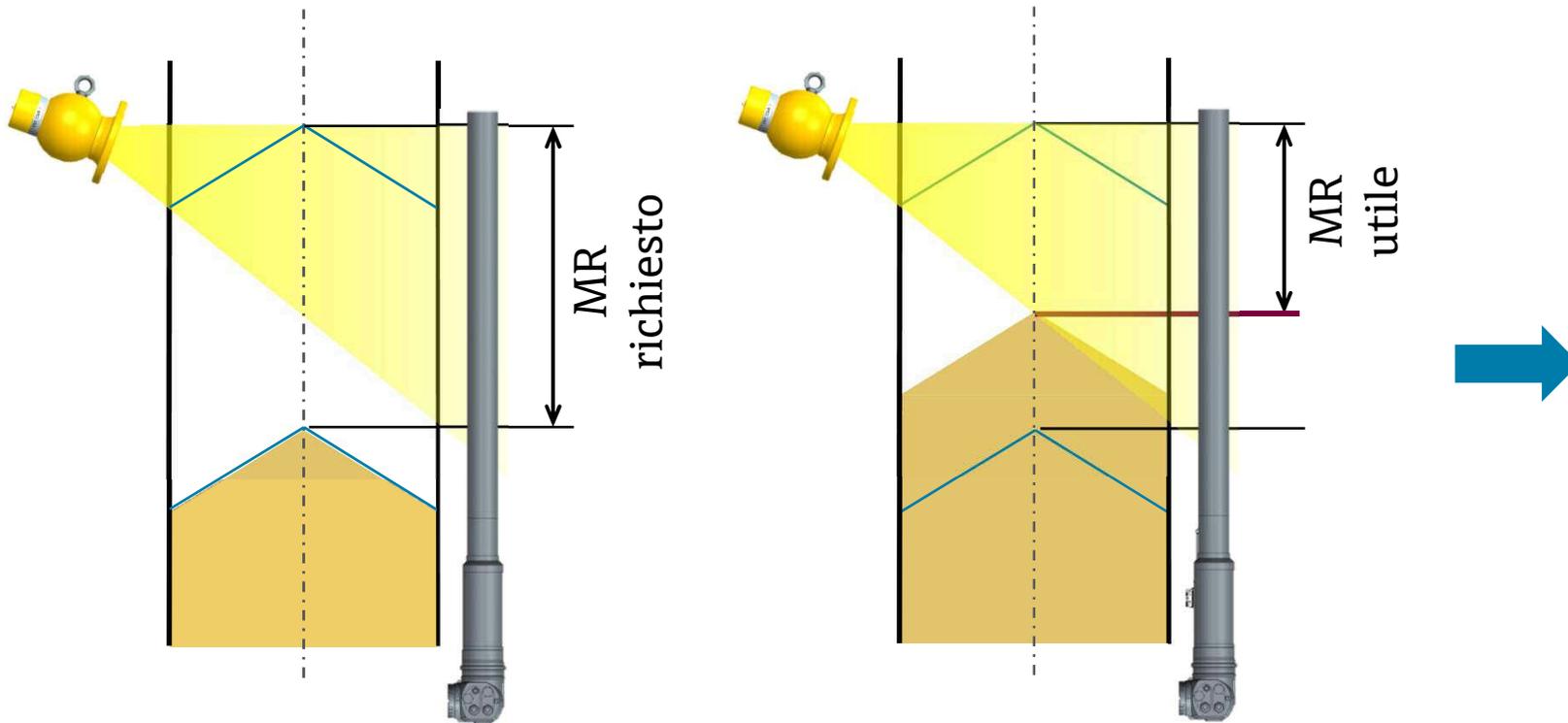
PE – Lupotech: HP separator

- Principio ad assorbimento per la misura di livello, diviso in più zone
- Sorgente interna e incavo nella parete del reattore sul lato detector per ridurre gli spessori
- Detector supplementare per compensazione della fase gassosa



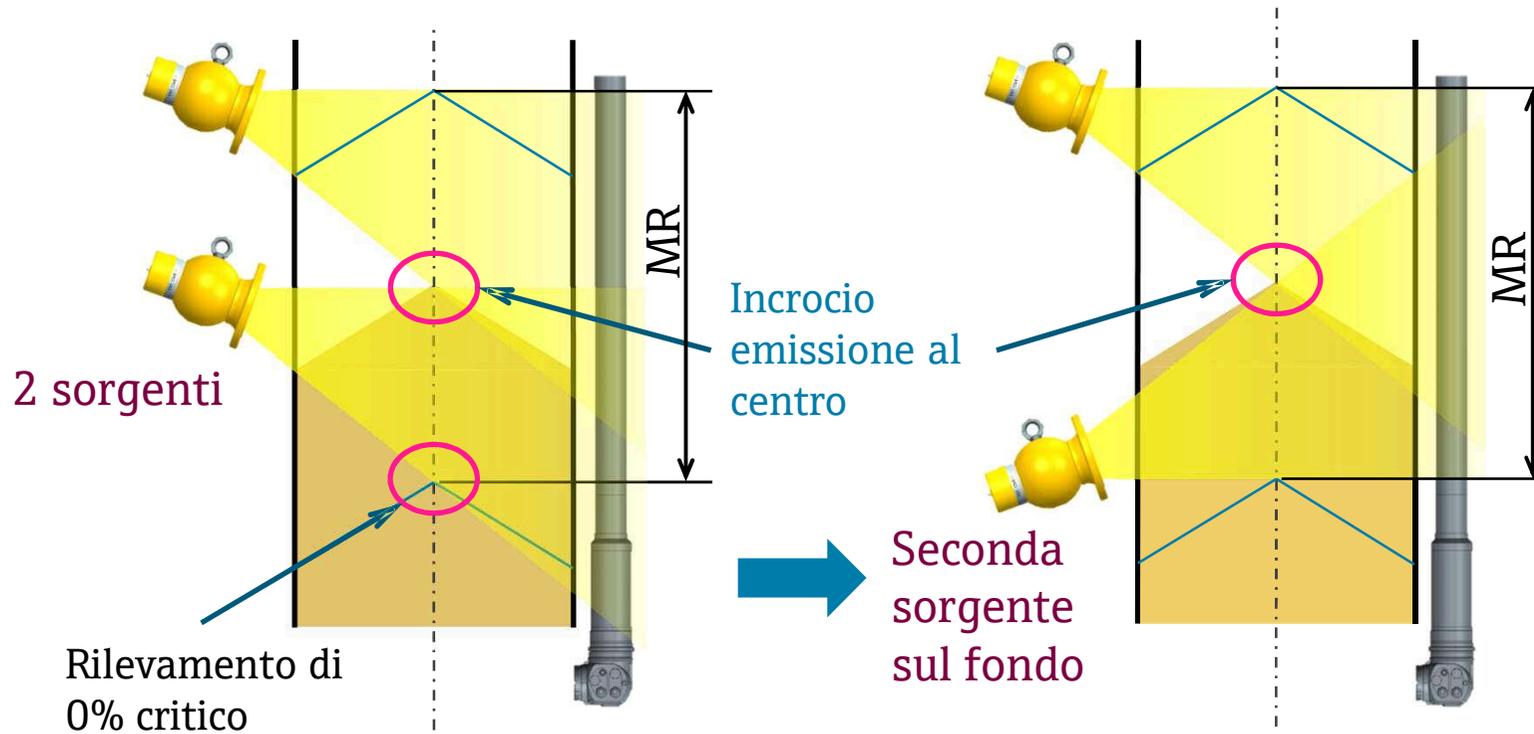
Solidi sfusi

Rilevamento dell'angolo di riposo (cono)

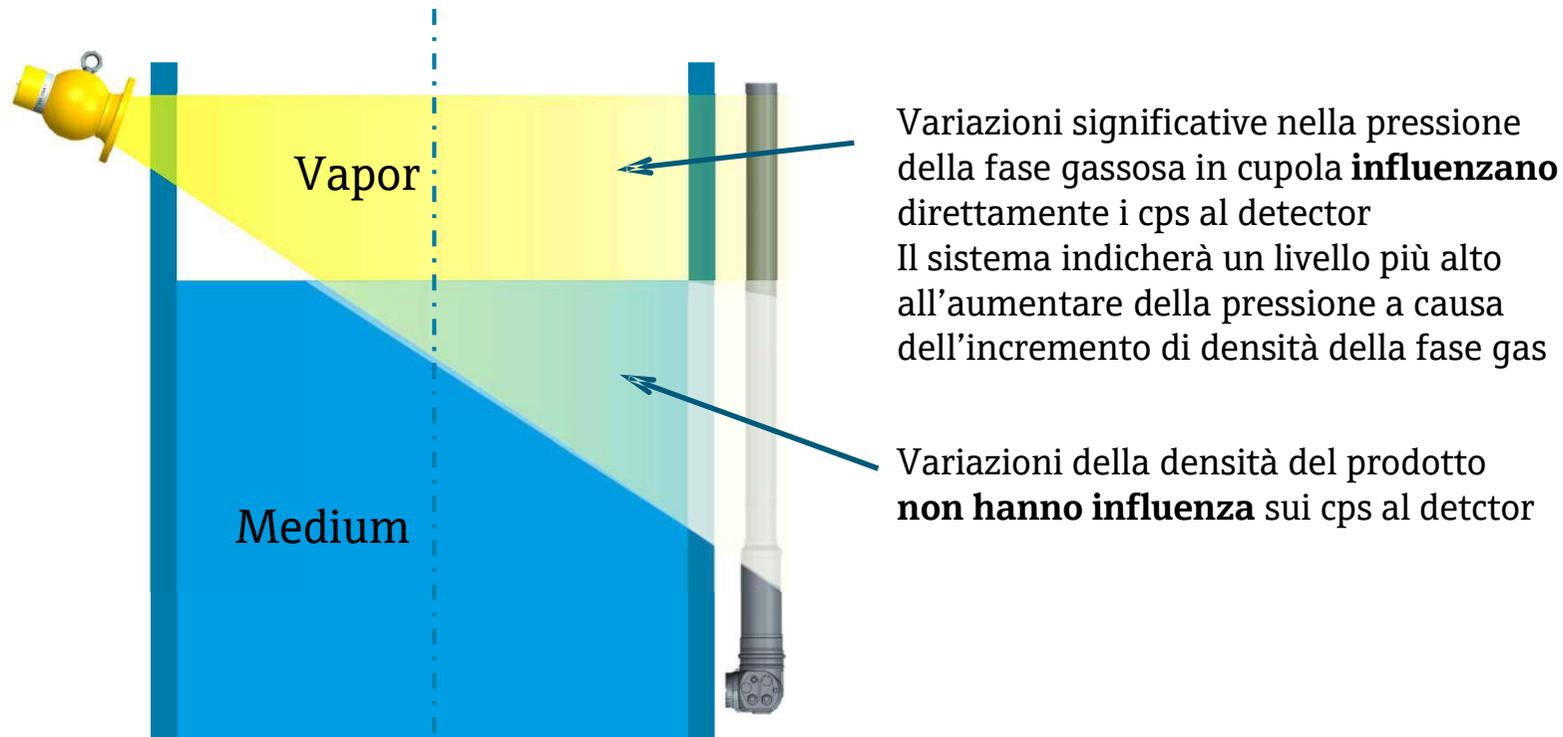


Solidi sfusi

Rilevamento dell'angolo di riposo (cono)



Serbatoi in pressione / Compensazione della fase gassosa



La compensazione è solo necessaria per **misura continua o controllo di livello** come illustrato sopra, non è necessaria per le misure di densità.

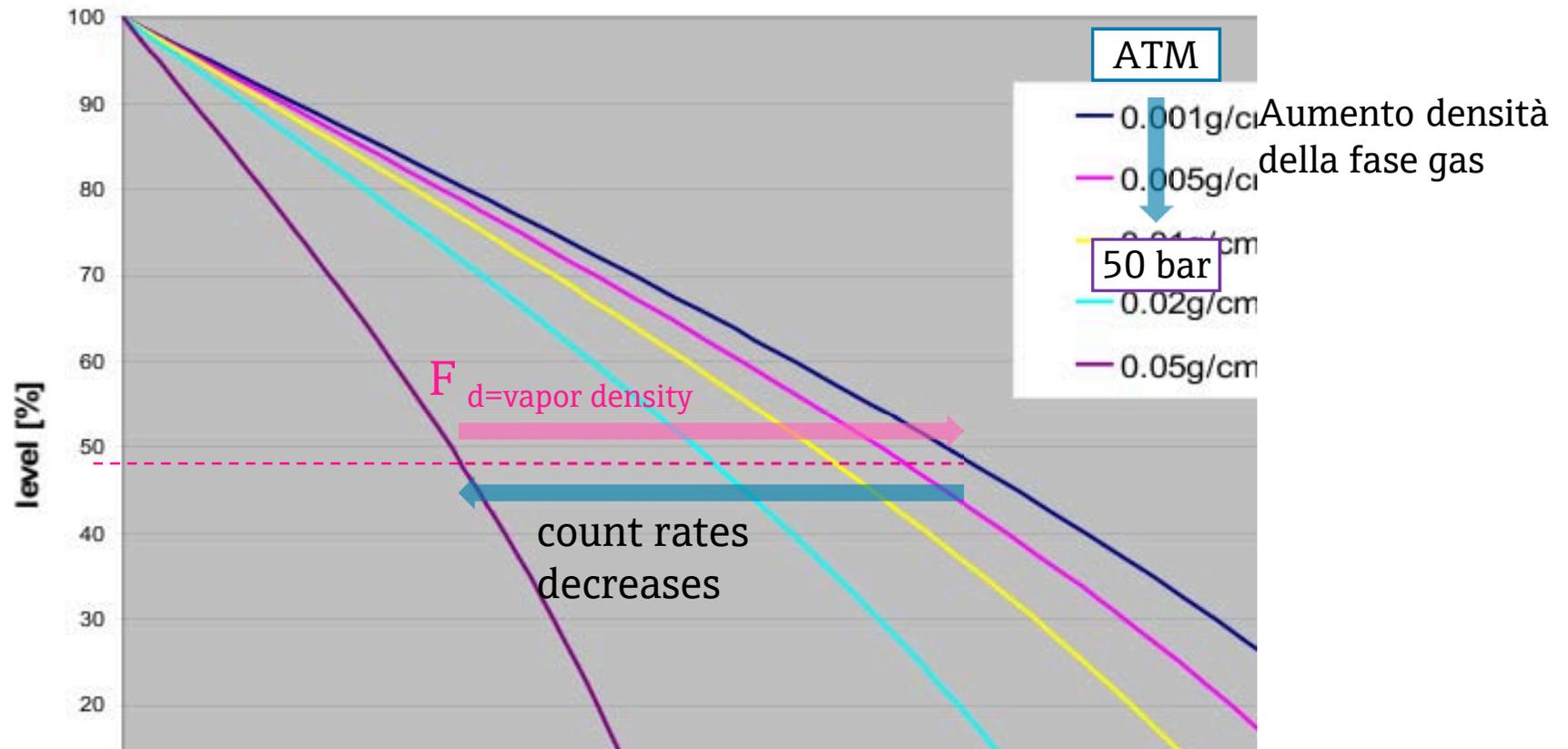
La compensazione per le misure di interfase viene definita “compensazione di densità”.

Serbatoi in pressione / Compensazione della fase gassosa

1	Compensazione del segnale di livello	Misura della densità della fase gassosa	Detector addizionale montato in orizzontale	<p>Densità gas Livello RSG40 Livello compensato</p>
2		Misura di pressione e temperatura	Segnali da sensori di pressione e temperatura	<p>Temperatura Pressione Livello RSG40 Livello compensato</p>
3	Riduzione dell'influenza delle variazioni di pressione	Riduzione della distanza tra sorgente e detector	Più sorgenti inserite in dip pipe interno, contenitore speciale con estensione per sorgenti multiple (fino a 9)	
4		Isotopo differente, Co60 contro Cs137		

Comportamento dei cps al variare della pressione

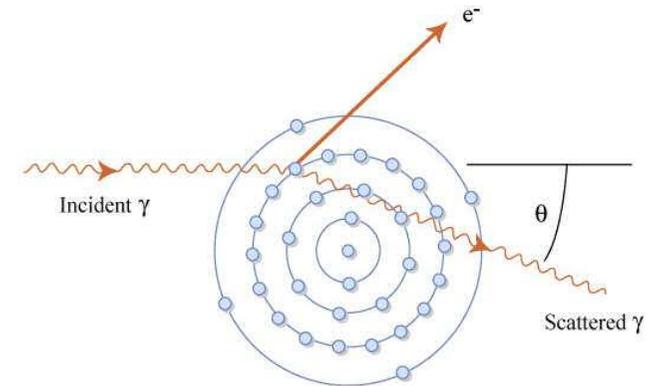
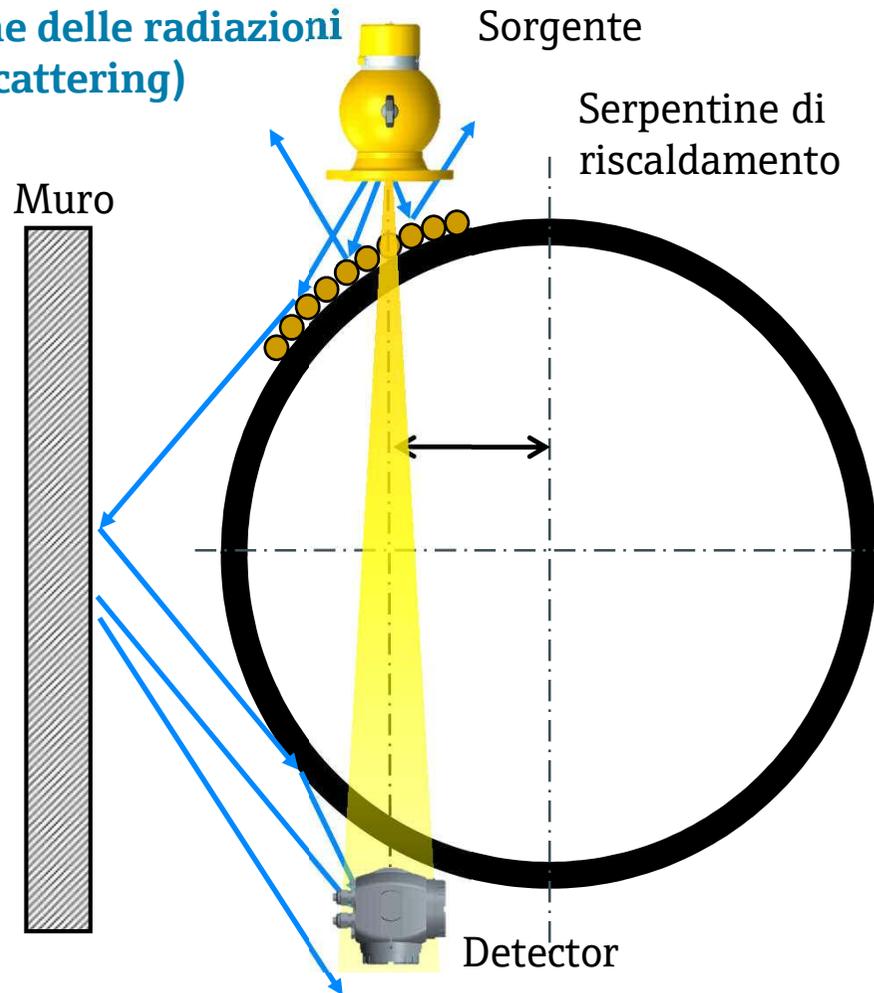
Behaviour of count rate / changing vapor density



$$\text{Count rate (@atm)} = \text{Count rate (@x g/cm}^3\text{)} * F_d \text{ (@x g/cm}^3\text{)}$$

Livello – Effetto Scattering

Riflessione delle radiazioni (effetto scattering)



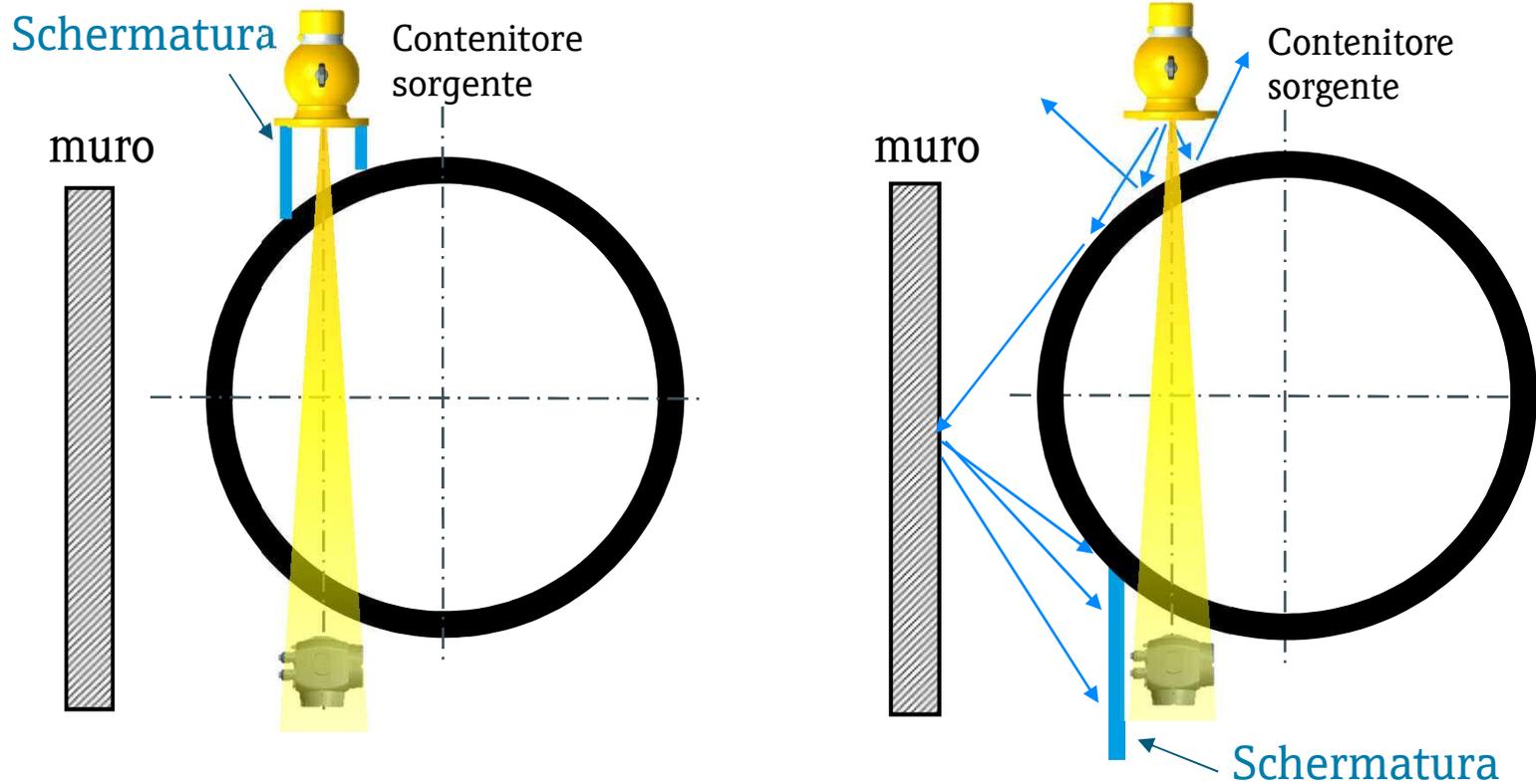
Principali cause di scattering:

- Posizione contenitore sorgente (su corda, distante dalla parete del serbatoio)
- Presenza di muri vicini
- Superficie irregolare delle pareti del serbatoio (es. serpentine di riscaldamento)

Livello – Effetto Scattering/ Schermatura

Adeguata schermatura al contenitore
riduce / elimina l'effetto scattering

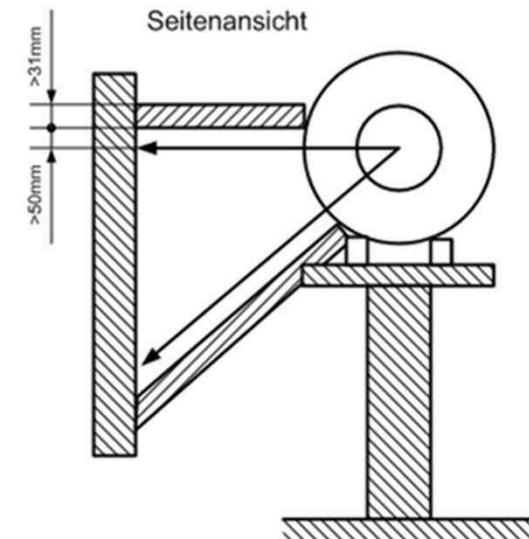
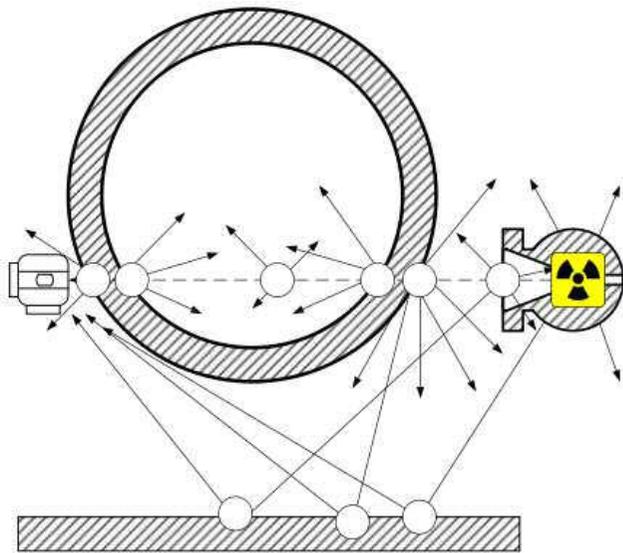
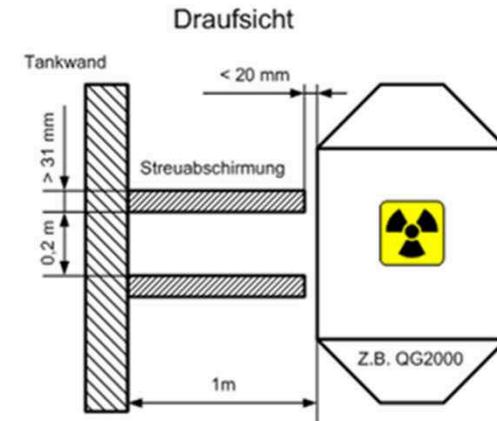
Adeguata schermatura al detector
riduce l'effetto scattering



Importante: la schermatura deve essere aderente alla parete!

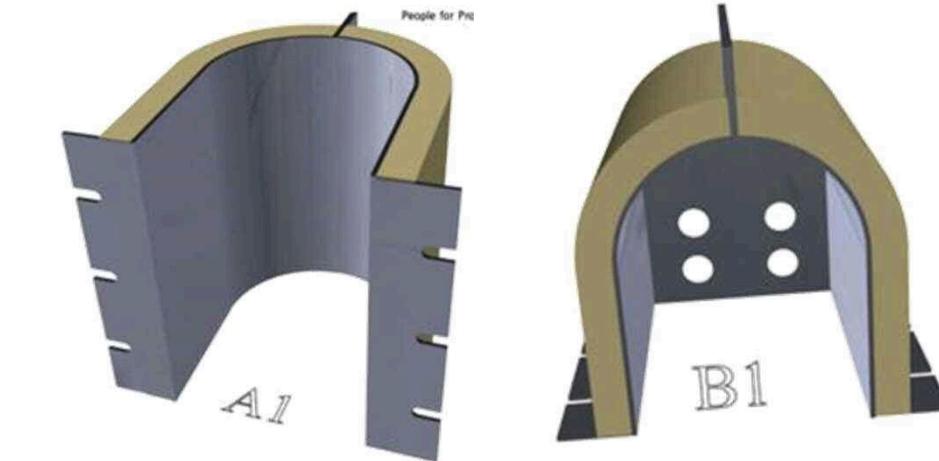
Effetto Scattering/ Schermatura al contenitore

Activity		Thickness for Co60 [mm]	Thickness for Cs137 [mm]
mCi	GBq		
250	9.25	13	10
500	18.5	22	18
1000	37	31	26
2000	74	40*)	34
4000	148	49*)	42
8000	296	58*)	50



Effetto Scattering/ Schermatura al detector

Per FMG60



Grazie per l'attenzione

Luca Romani

Product Manager Level measurement

luca.romani@it.endress.com

