



V CONVEGNO NAZIONALE

IL CONTROLLO DEGLI AGENTI FISICI:
AMBIENTE, SALUTE E QUALITÀ DELLA VITA

NOVARA 6-7-8 GIUGNO 2012



CARATTERIZZAZIONE DELLA RISPOSTA DI DOSIMETRI PASSIVI A TRACCE NUCLEARI AD ELEVATE CONCENTRAZIONI DI RADON

DOTT. RIC. DANIELE FRANCI⁽¹⁾

DOTT. FRANCESCO CARDELLINI⁽²⁾

DOTT. TOMMASO AURELI⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARPA LAZIO, SEZIONE PROVINCIALE DI ROMA

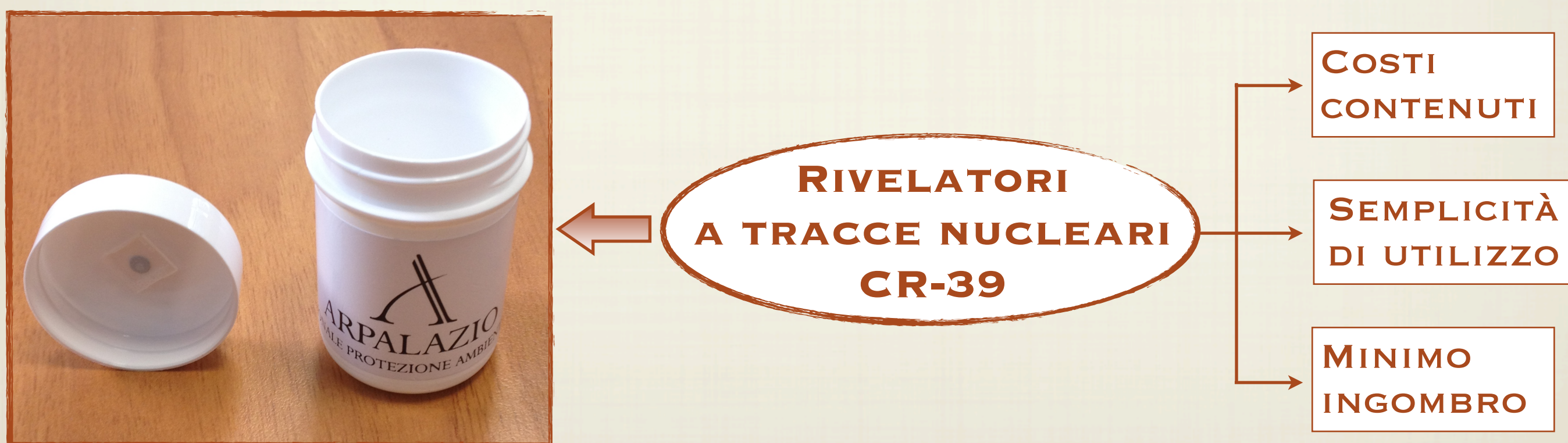
⁽²⁾ INMRI, ENEA C.R. CASACCIA

SOMMARIO

- STUDIO DELLA RISPOSTA DI RIVELATORI A TRACCE NUCLEARI CR-39
- NON LINEARITÀ DELLA RISPOSTA AD ELEVATI LIVELLI DI RADON
- FORMULAZIONE DI UN MODELLO TEORICO
- VALIDAZIONE ATTRAVERSO SIMULAZIONI MC
- DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CURVA DI CALIBRAZIONE PER UN LOTTO DI RIVELATORI
- PANORAMICA SU APPROFONDIMENTI FUTURI

INTRODUZIONE

- LA CONCENTRAZIONE DI RADON IN LOCALI INDOOR DIPENDE DA PARAMETRI AMBIENTALI (TEMPERATURA, PRESSIONE, VENTILAZIONE DEI LOCALI, ...)
- GRANDEZZA FORTEMENTE VARIABILE NEL TEMPO
- NECESSITÀ DI MISURE INTEGRATE (6 / 12 MESI) PER OTTENERE UN VALORE MEDIATO NEL TEMPO



LINEARITÀ DELLA RISPOSTA

- PARTICELLE α DANNEGGIANO IL POLIMERO LUNGO IL LORO PERCORSO CREANDO TRACCE LATENTI
- A SEGUITO DI UN OPPORTUNO TRATTAMENTO CHIMICO, LE TRACCE SONO VISIBILI AL MICROSCOPIO ($R \sim 25 \mu\text{m}$)
- DALLA DENSITÀ DI TRACCE LETTE SI PUÒ RISALIRE AL VALORE DI ESPOSIZIONE

RIVELATORE IDEALE

ESPOSIZIONE
 \propto
DENSITÀ DI TRACCE

$$Exp = K_{cal} \cdot d_{read}$$

LINEARITÀ DELLA RISPOSTA

- PARTICELLE α DANNEGGIANO IL POLIMERO LUNGO IL LORO PERCORSO CREANDO TRACCE LATENTI
- A SEGUITO DI UN OPPORTUNO TRATTAMENTO CHIMICO, LE TRACCE SONO VISIBILI AL MICROSCOPIO ($R \sim 25 \mu\text{m}$)
- DALLA DENSITÀ DI TRACCE LETTE SI PUÒ RISALIRE AL VALORE DI ESPOSIZIONE

RIVELATORE IDEALE

ESPOSIZIONE
 \propto
DENSITÀ DI TRACCE

CALCOLATA

$$\overbrace{\text{Exp}}^{\text{CALCOLATA}} = K_{\text{cal}} \cdot \overbrace{d_{\text{read}}}^{\text{MISURATA}}$$

\downarrow \downarrow

$[\text{kBq} \cdot \text{h}/\text{m}^3]$ $[\text{trks}/\text{mm}^2]$

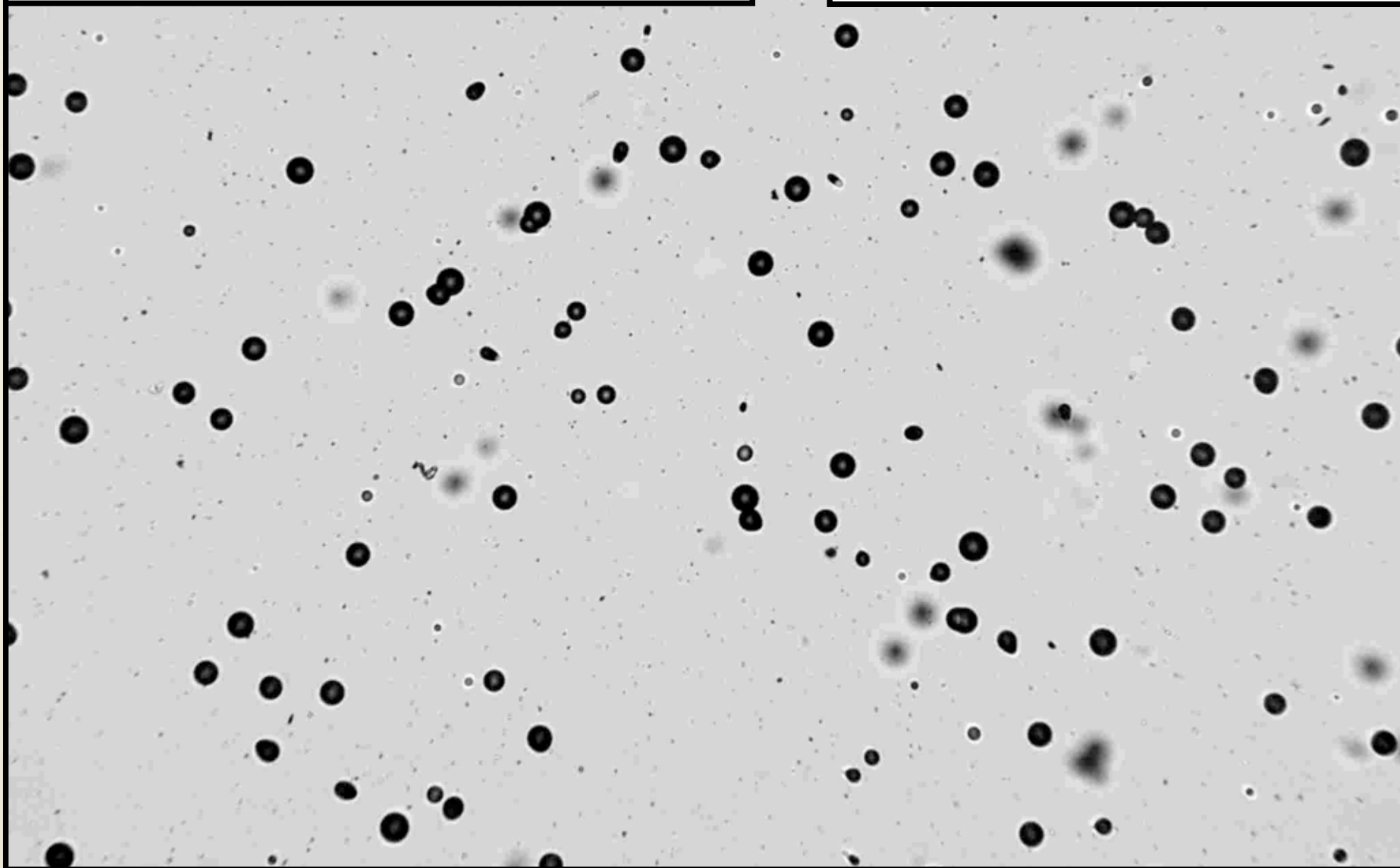
PURTROPPO RIVELATORE REALE \neq RIVELATORE IDEALE!

DIPENDENZA DELLA RISPOSTA DAL NUMERO DI TRACCE

BASSA ESPOSIZIONE:

LE TRACCE SONO BEN SEPARATE E TUTTE
QUELLE CHE SI FORMANO SONO RIVELATE.
REGIME PROPORZIONALE

$$E_{\text{Exp}} = K_{\text{cal}} \cdot d_{\text{tracks}}$$

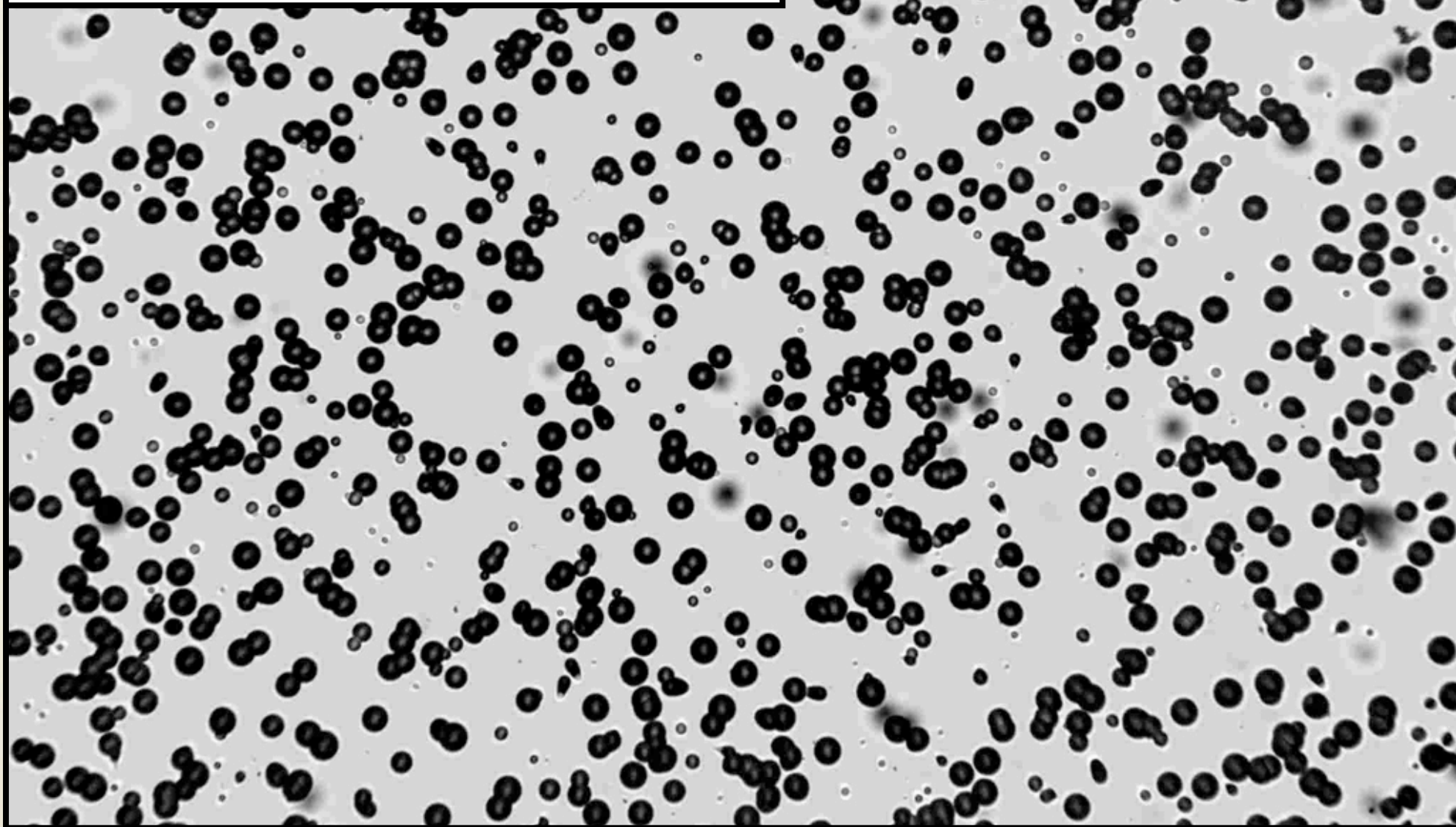


DIPENDENZA DELLA RISPOSTA DAL NUMERO DI TRACCE

ALTA ESPOSIZIONE:

LE TRACCE SI SOVRAPPONGONO E L'ALGORITMO DI RICONOSCIMENTO NON RIESCE A RIVELARE TUTTE LE TRACCE CHE SI SONO FORMATE. REGIME NON PROPORZIONALE

$$\text{Exp} = K_{\text{cal}} \cdot d_{\text{tracks}}$$

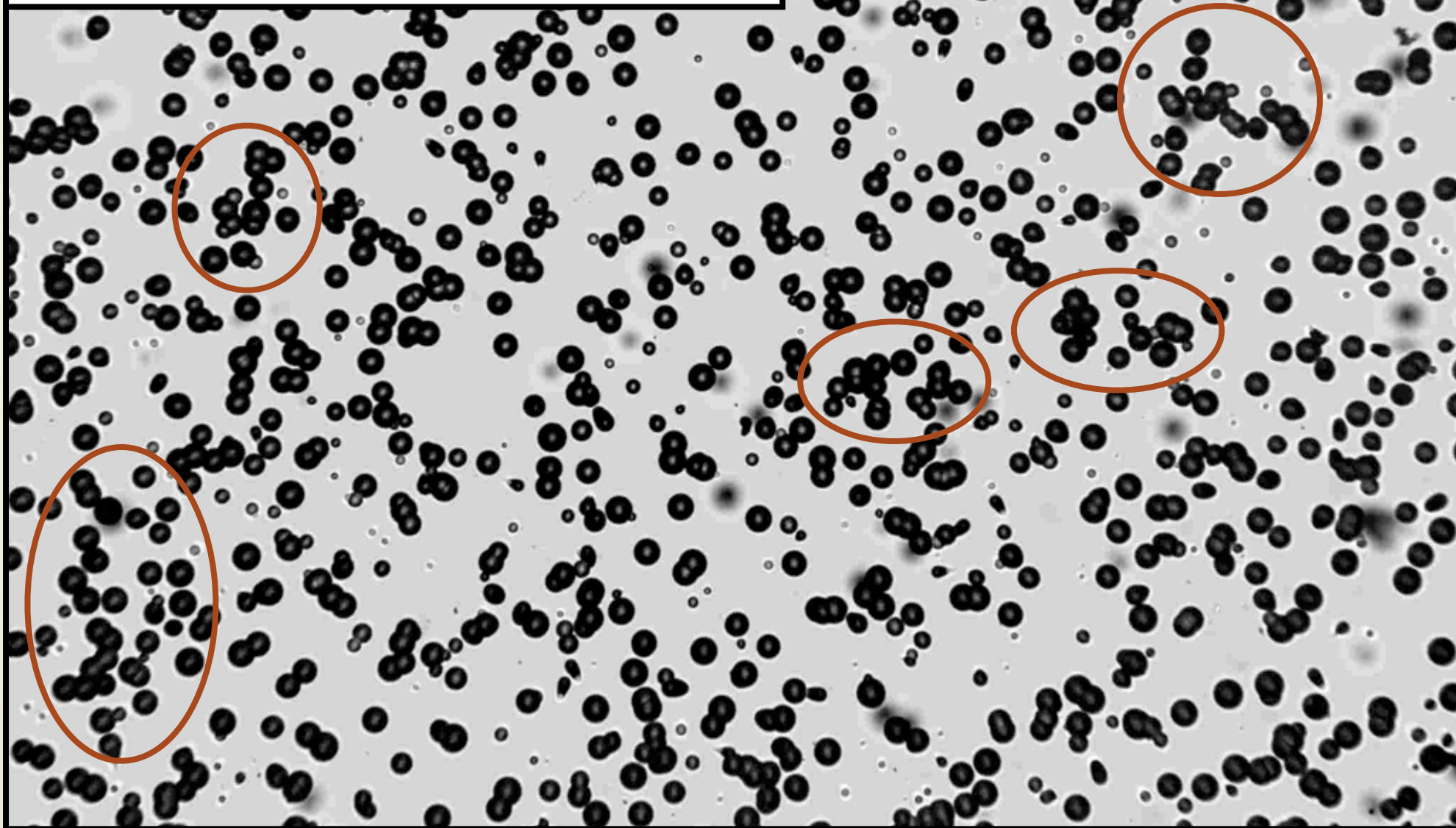


DIPENDENZA DELLA RISPOSTA DAL NUMERO DI TRACCE

ALTA ESPOSIZIONE:

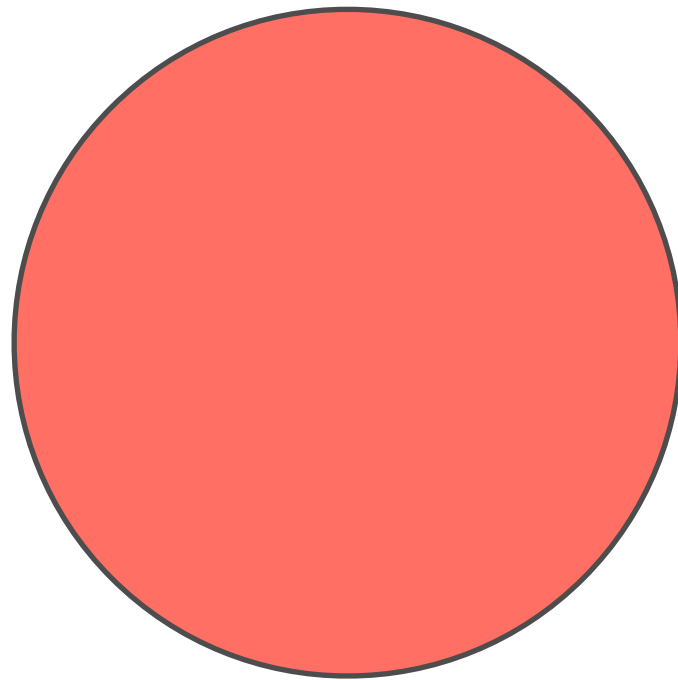
LE TRACCE SI SOVRAPPONGONO E L'ALGORITMO DI RICONOSCIMENTO NON RIESCE A RIVELARE TUTTE LE TRACCE CHE SI SONO FORMATE. REGIME NON PROPORZIONALE

$$Exp = f(d_{tracks})$$



LA SOVRAPPOSIZIONE DELLE TRACCE

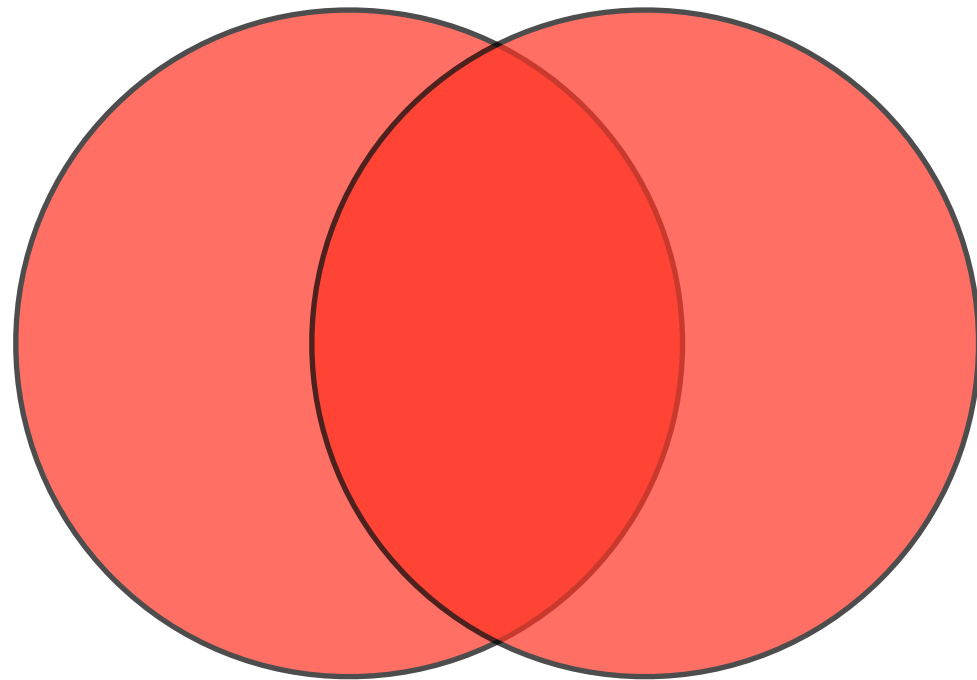
TRACCIA ISOLATA



$$N_{\text{read}} = N_{\text{single}}$$
$$1 = 1$$

SOVRAPPOSIZIONE A 2 TRACCE

IPOTESI: ALGORITMO CHE NON DISTINGUE TRACCE SOVRAPPOSTE

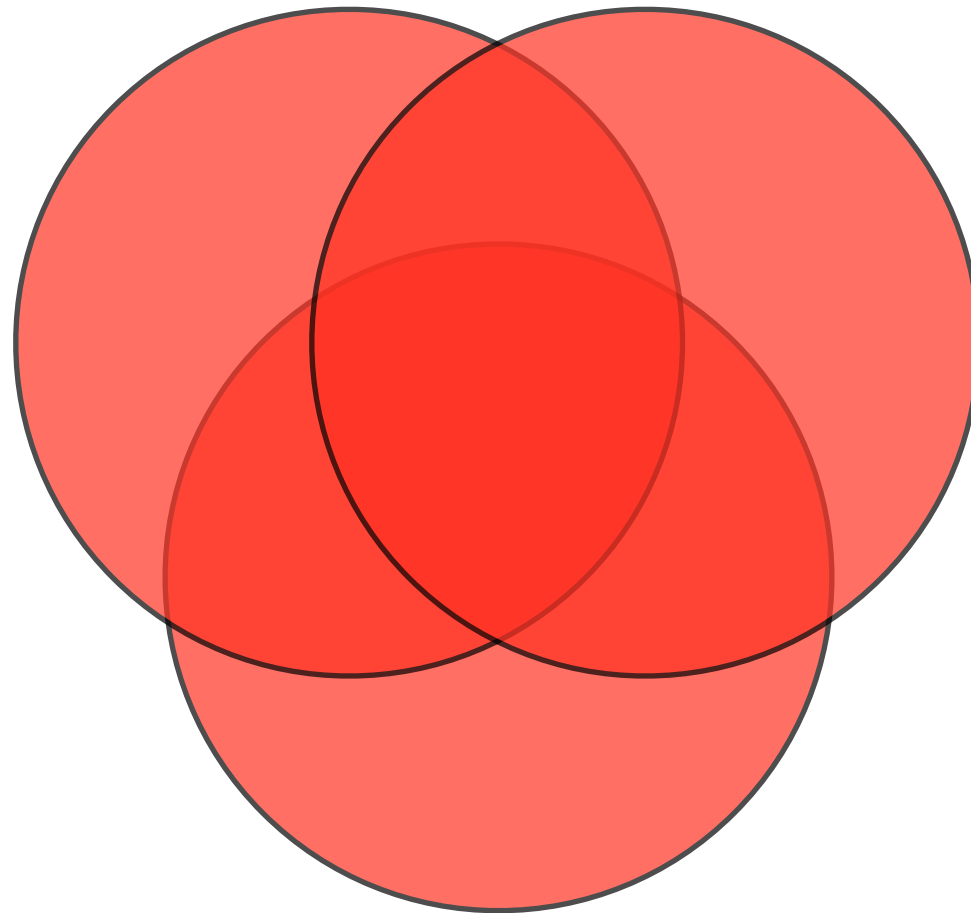


$$N_{\text{read}} = N_{\text{single}} - N_{\text{pair}}$$

1 = 2 - 1

SOVRAPPOSIZIONE A 3 TRACCE

IPOTESI: ALGORITMO CHE NON DISTINGUE TRACCE SOVRAPPOSTE

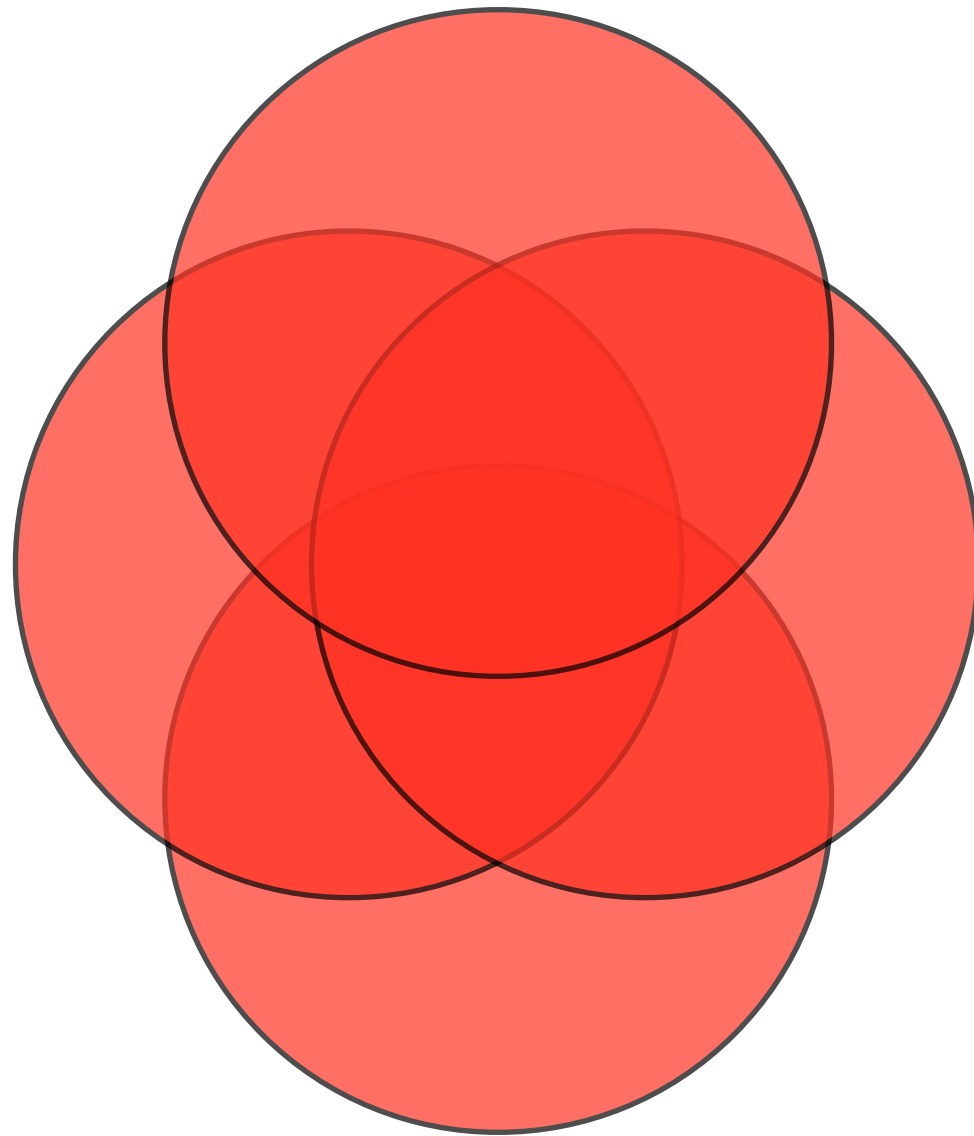


$$N_{\text{read}} = N_{\text{single}} - N_{\text{pair}} + N_{\text{triple}}$$

1 = 3 - 3 + 1

SOVRAPPOSIZIONE A 4 TRACCE

IPOTESI: ALGORITMO CHE NON DISTINGUE TRACCE SOVRAPPOSTE



$$N_{\text{read}} = N_{\text{single}} - N_{\text{pair}} + N_{\text{triple}} - N_{\text{quad}}$$

1 = 4 - 6 + 4 - 1

FUNZIONE DI CALIBRAZIONE

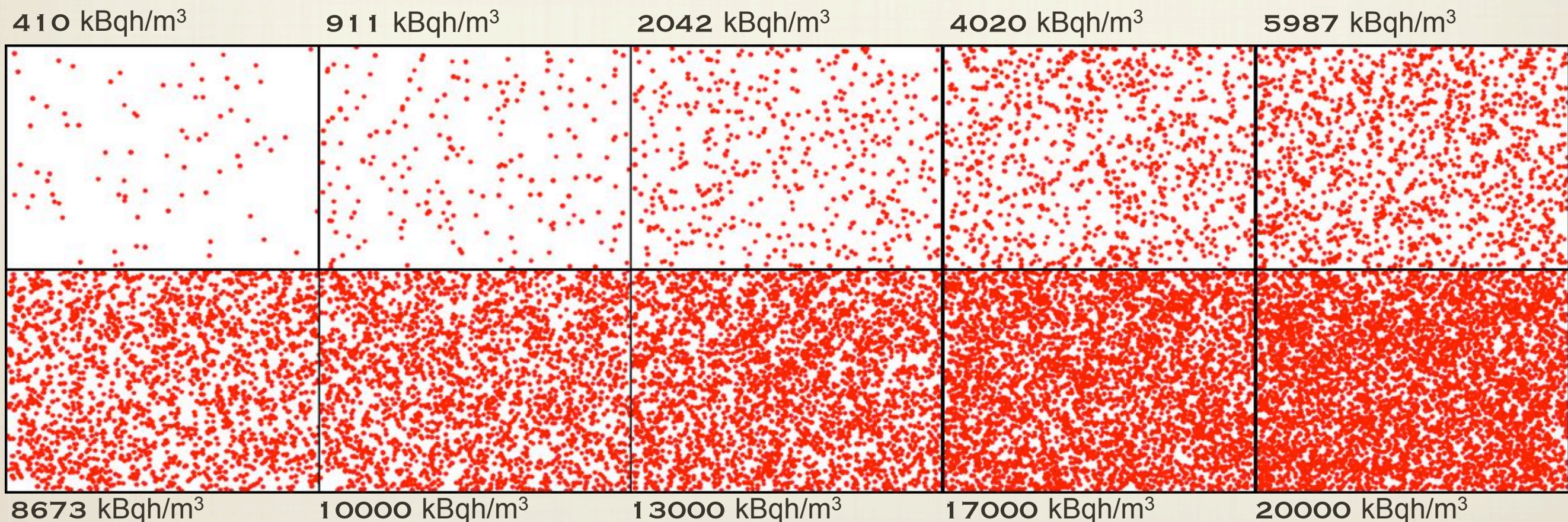
- SOMMO I CONTRIBUTI “DISPARI”
- SOTTRAGGO I CONTRIBUTI “PARI”
- NUMERO DI TRACCE SINGOLE \propto ESPOSIZIONE
- NUMERO COPPIE, TRIPLETTE E QUADRUPLETTI \propto A POTENZE CRESCENTI DELL’ESPOSIZIONE
- I PARAMETRI α_i DIPENDONO DALLA DIMENSIONE MEDIA DELLE TRACCE

$$d_{\text{read}} = \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^{i-1} \alpha_i \cdot (\text{Exp})^i$$
$$f^{-1}(\text{Exp})$$

**VALIDAZIONE DEL MODELLO
TEORICO MEDIANTE
SIMULAZIONI MONTE CARLO**

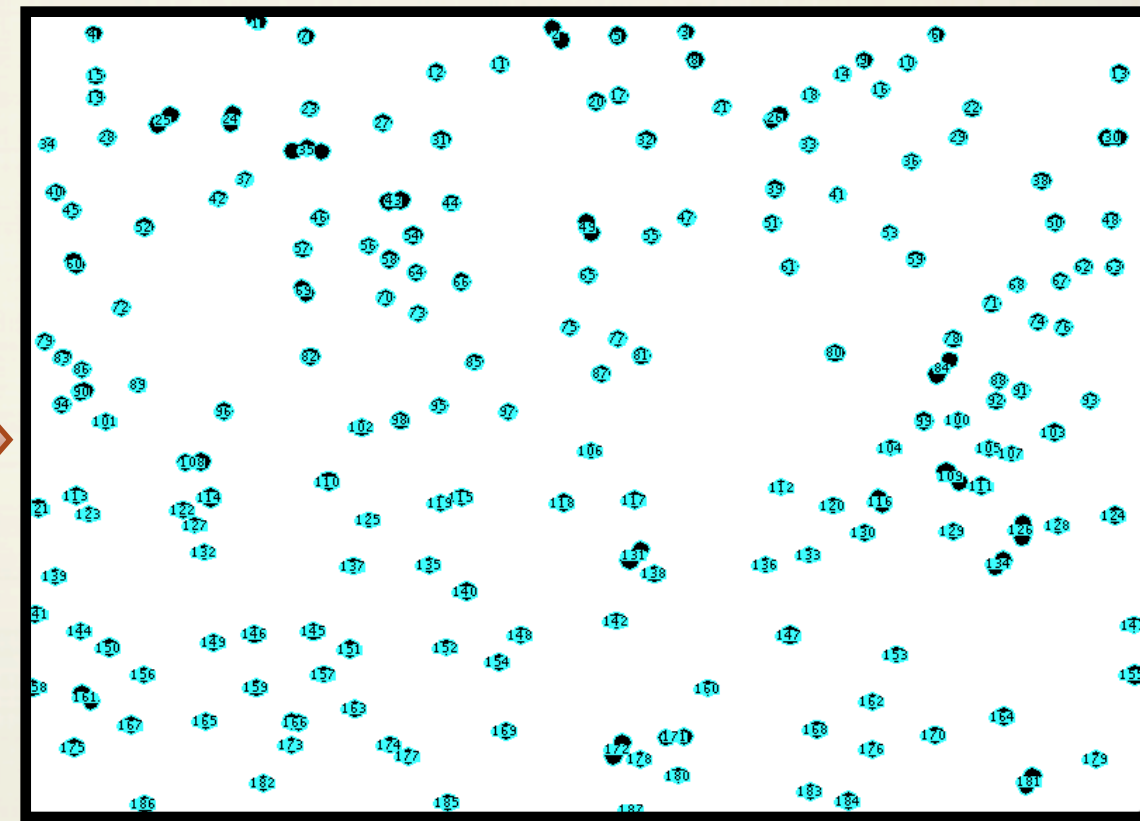
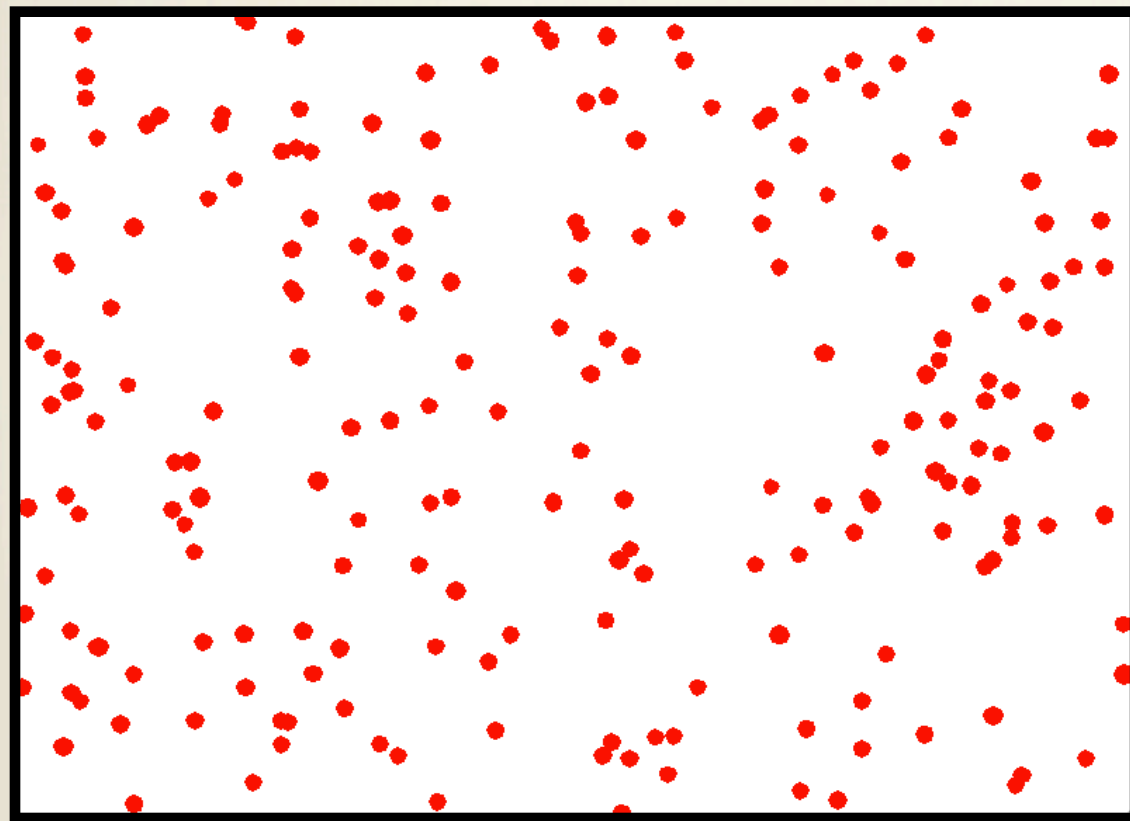
STUDIO MONTE CARLO

- IPOTESI VALIDATE ATTRAVERSO STUDIO MONTE CARLO
- SIMULAZIONE DI CR-39 A ESPOSIZIONI CRESCENTI
- ANALISI DELLE TRACCE CON SOFTWARE IMAGEJ
- DETERMINAZIONE DI $f^1(\text{Exp})$



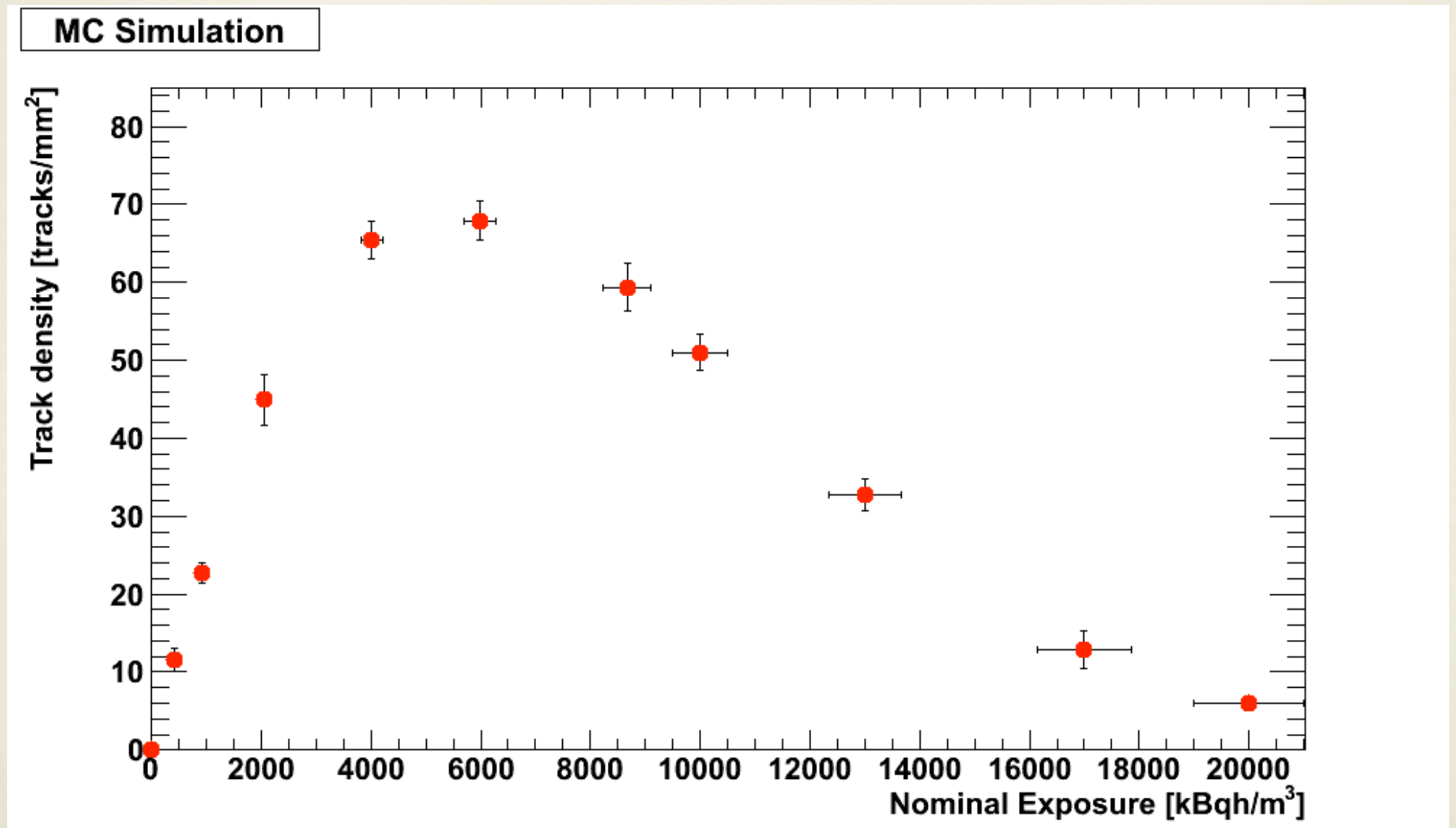
LETTURA IMMAGINI CON IMAGEJ

**IL SOFTWARE IMAGEJ CONTA IL NUMERO DI TRACCE
E NON DISTINGUE TRACCE SOVRAPPOSTE**



CURVA DI CALIBRAZIONE

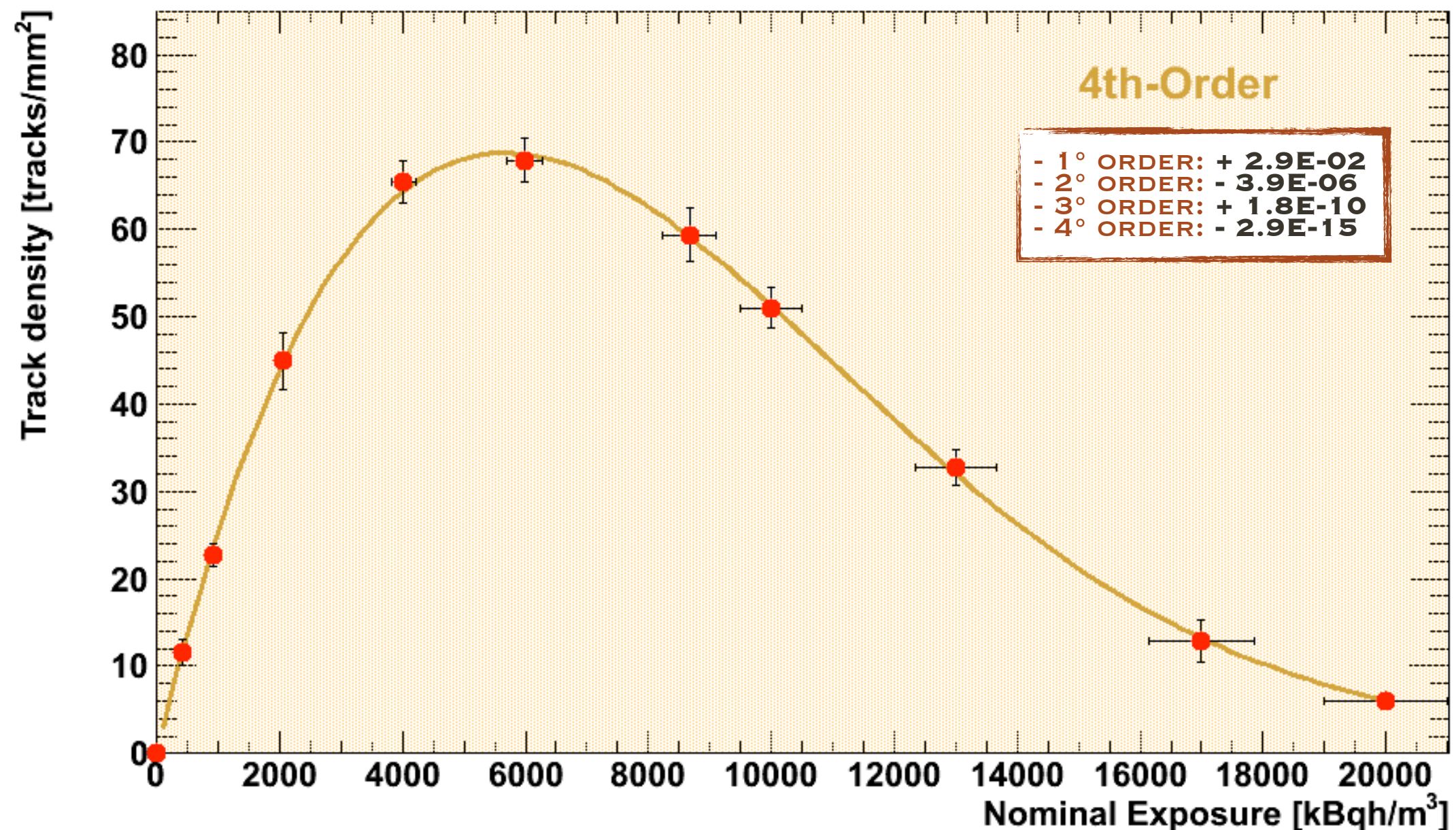
RISULTATI SIMULAZIONE NEL PLOT d_{read} VS EXP



CURVA DI CALIBRAZIONE

CONSIDERIAMO AL MASSIMO INTERAZIONI A 4 TRACCE

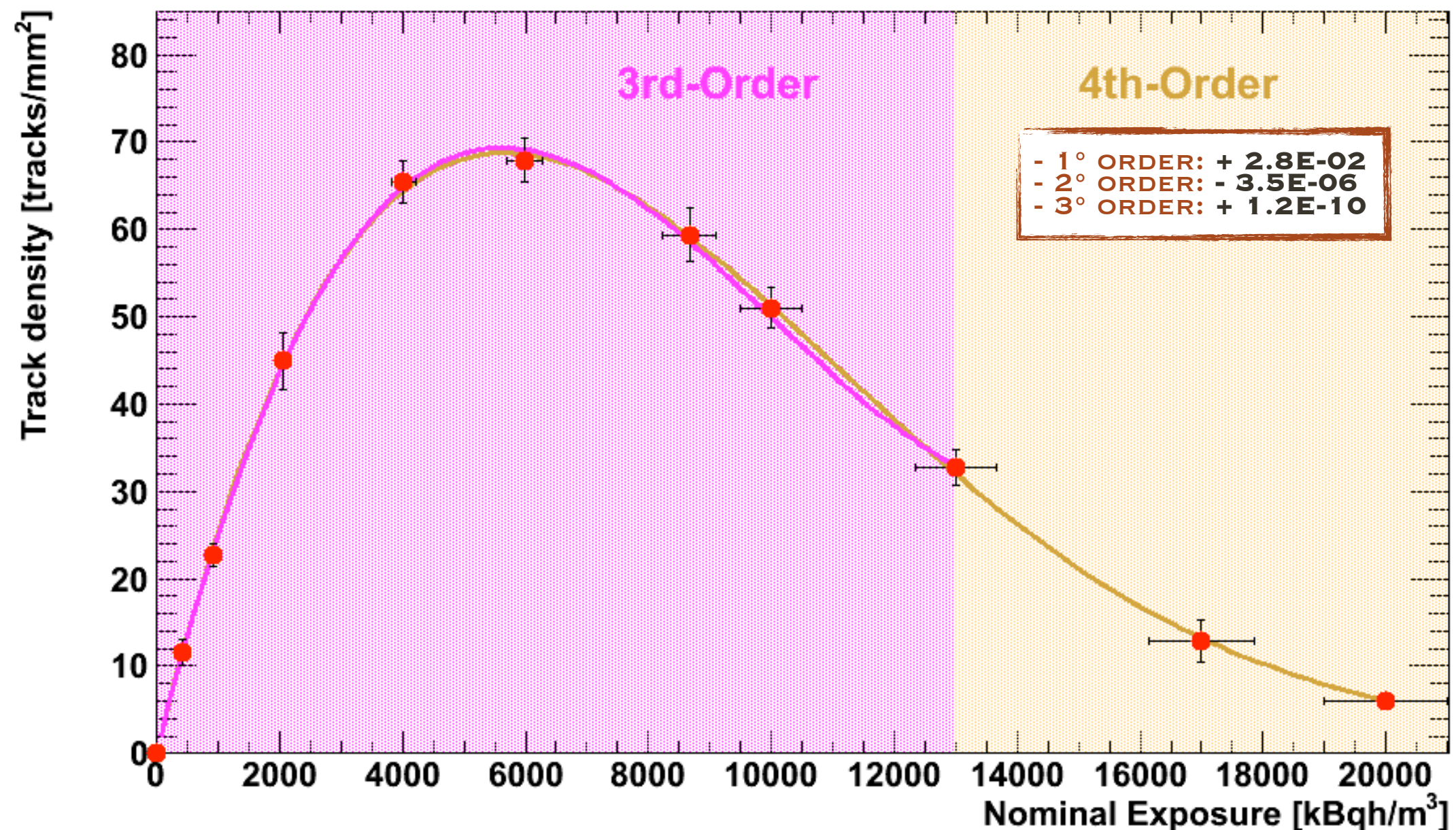
MC Simulation



CURVA DI CALIBRAZIONE

ORDINI SUPERIORI TRASCURABILI SCENDENDO IN EXP

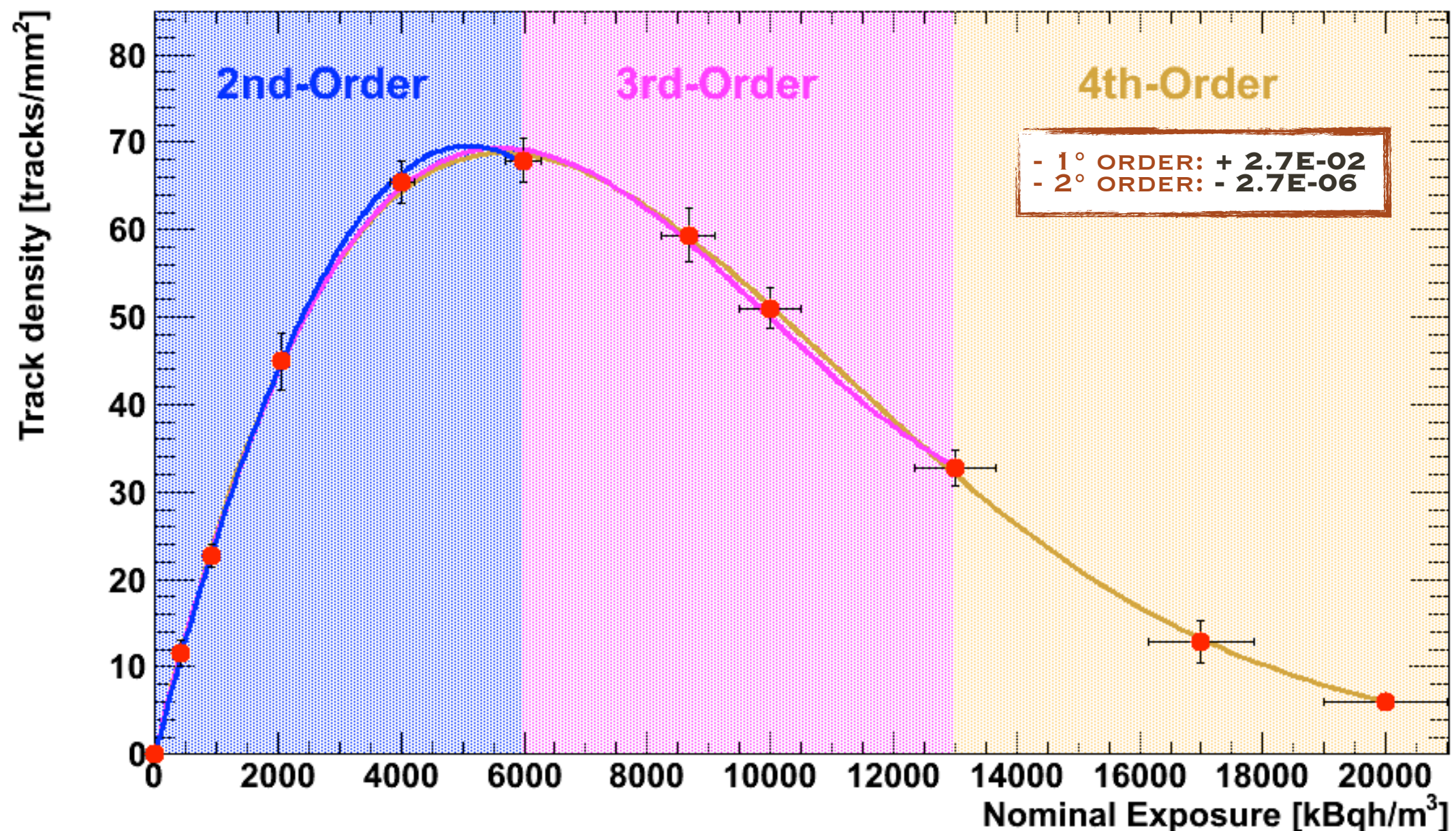
MC Simulation



CURVA DI CALIBRAZIONE

ORDINI SUPERIORI TRASCURABILI SCENDENDO IN EXP

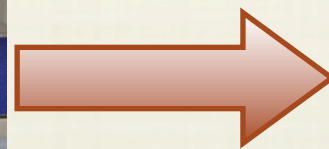
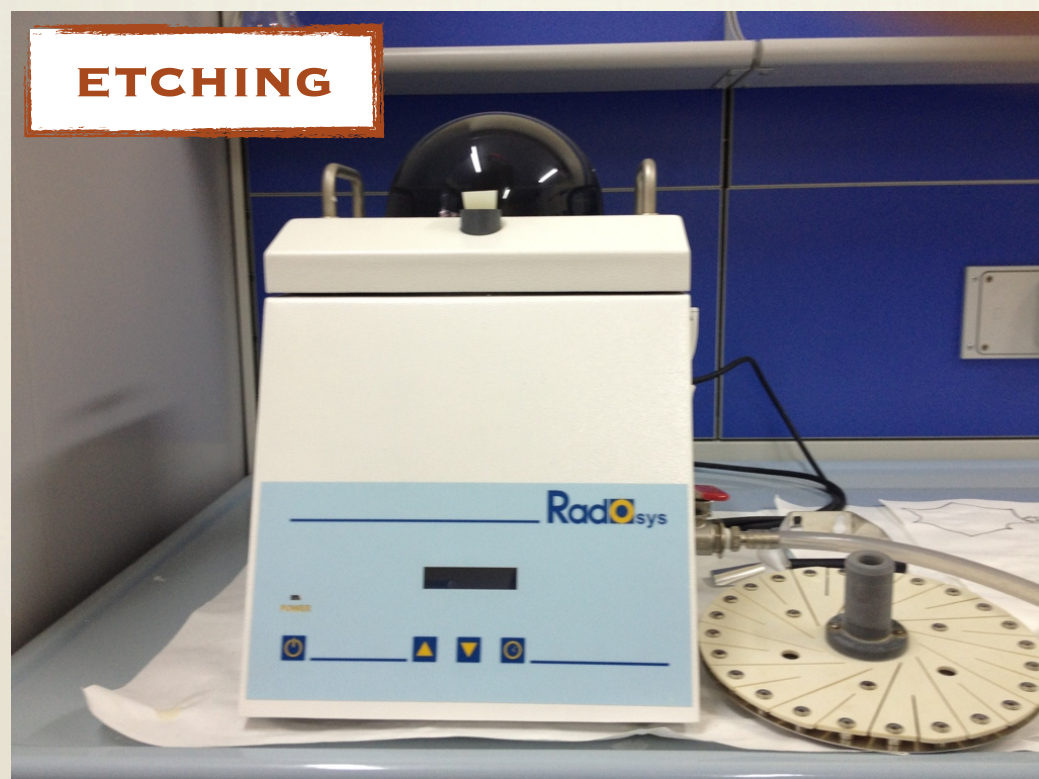
MC Simulation



**DETERMINAZIONE SPERIMENTALE
DELLA RISPOSTA DI UN LOTTO DI
RIVELATORI CR-39**

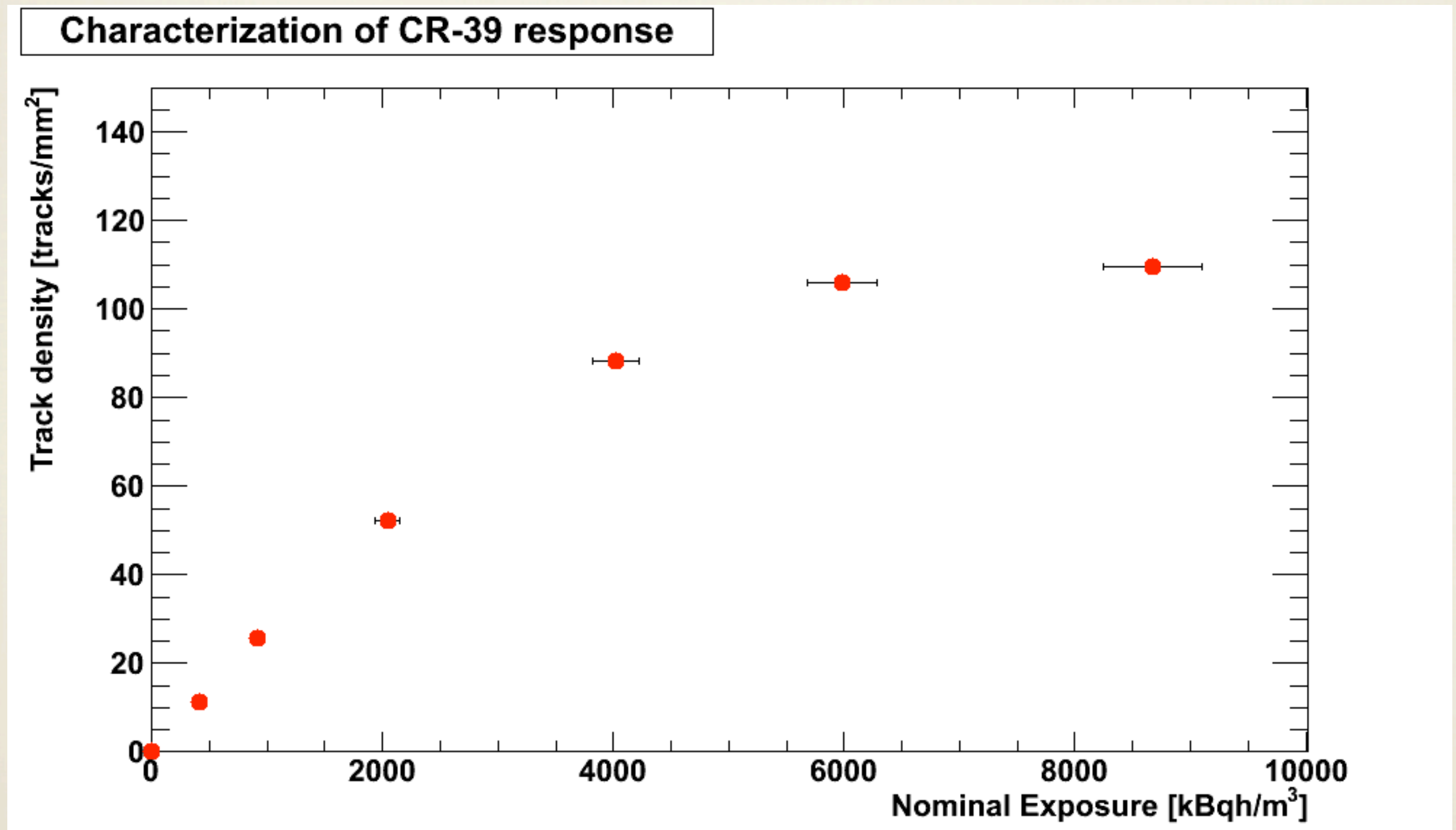
CARATTERIZZAZIONE DI UN LOTTO DI RIVELATORI CR-39

- DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CURVA DI CALIBRAZIONE PER UN LOTTO DI RIVELATORI
- SEI ESPOSIZIONI CERTIFICATE IN CAMERA RADON
- ETCHING: NaOH AL 25% , A 90°C PER 4 ORE
- LETTURA TRACCE CON SOFTWARE RADOSYS



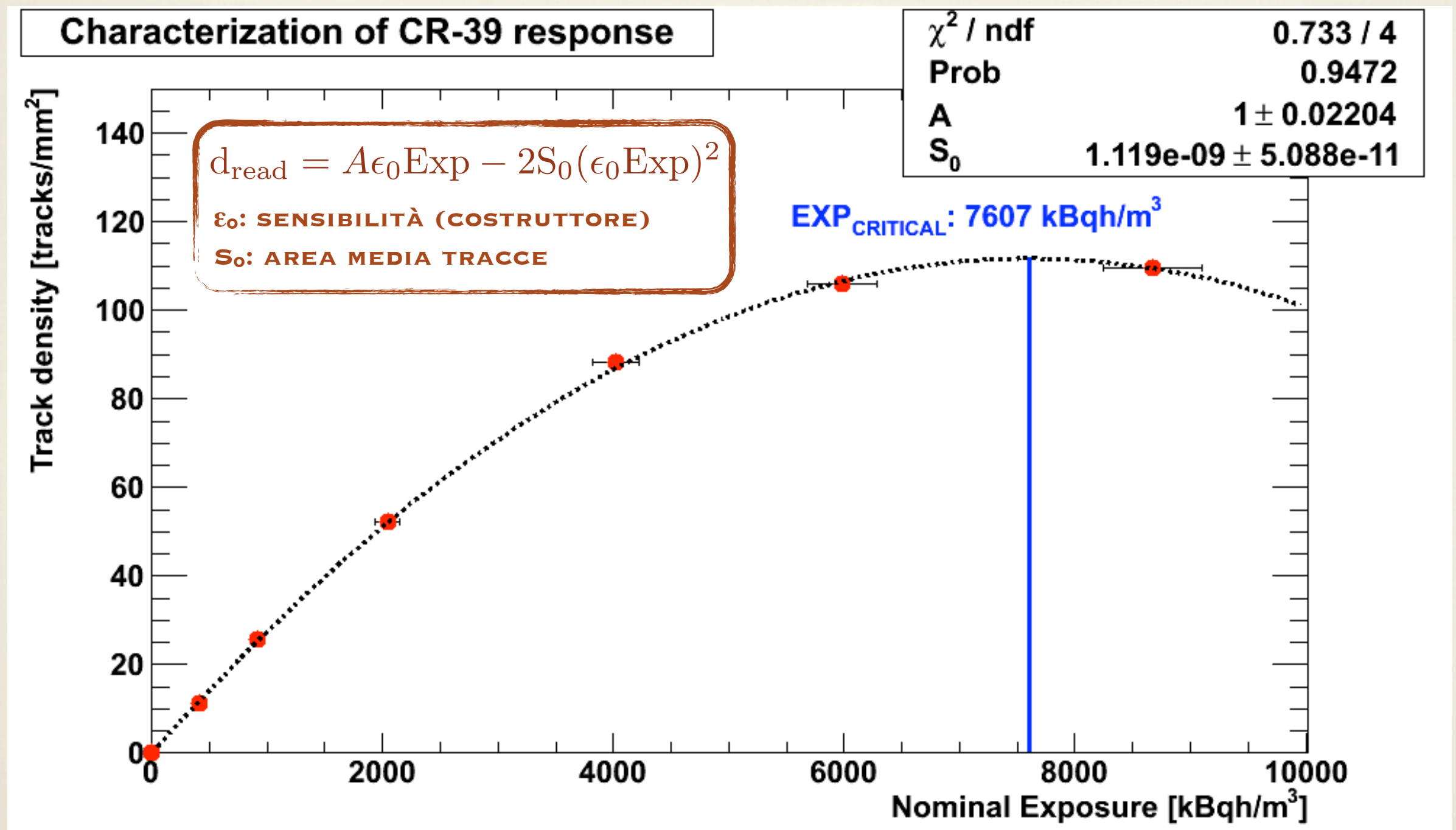
CURVA DI CALIBRAZIONE SPERIMENTALE

410, 911, 2042, 4020, 5987, 8673 kBqh/m³



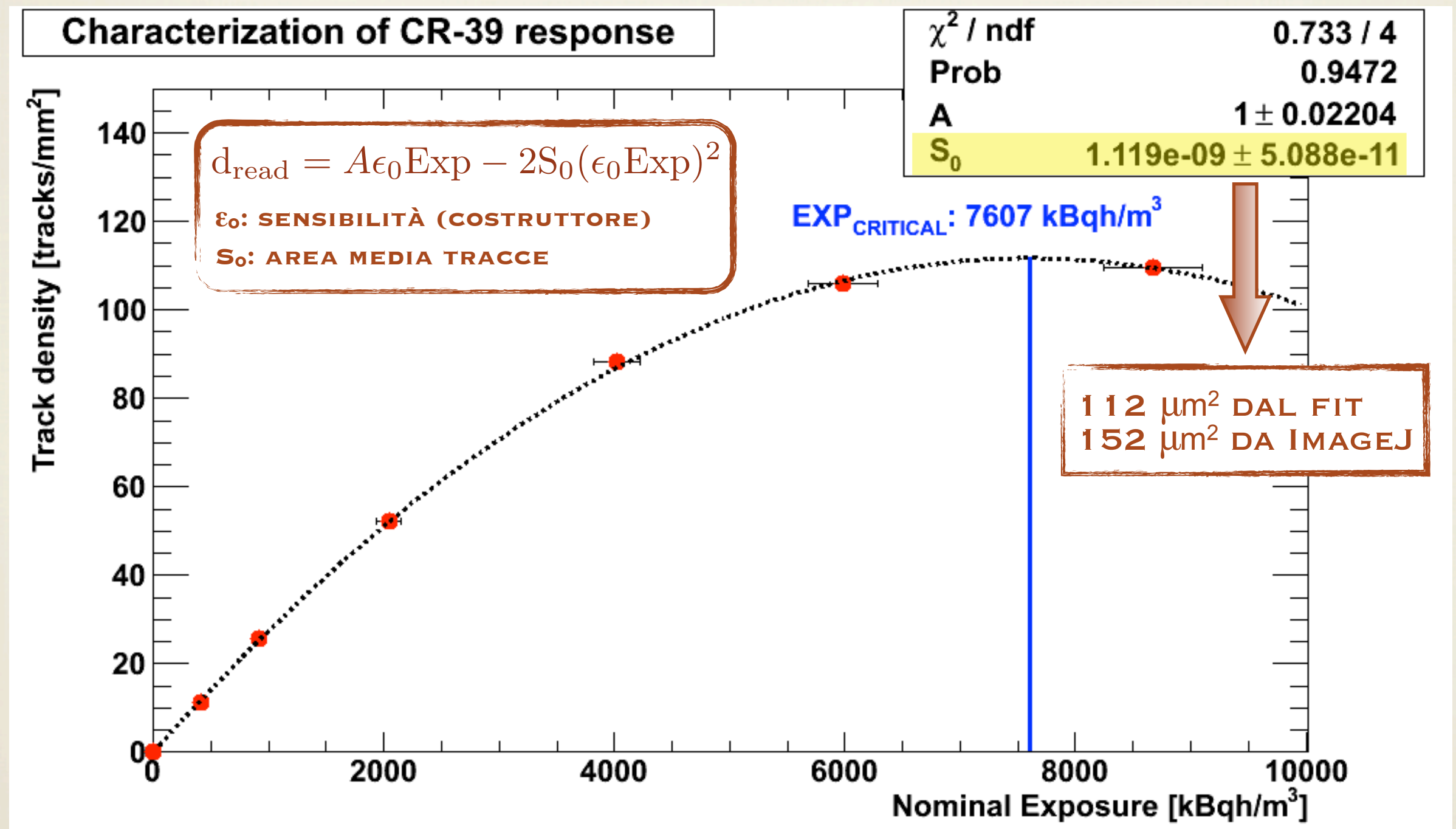
CURVA DI CALIBRAZIONE SPERIMENTALE

TRASCURIAMO INTERAZIONI > 2 TRACCE (PARABOLA)



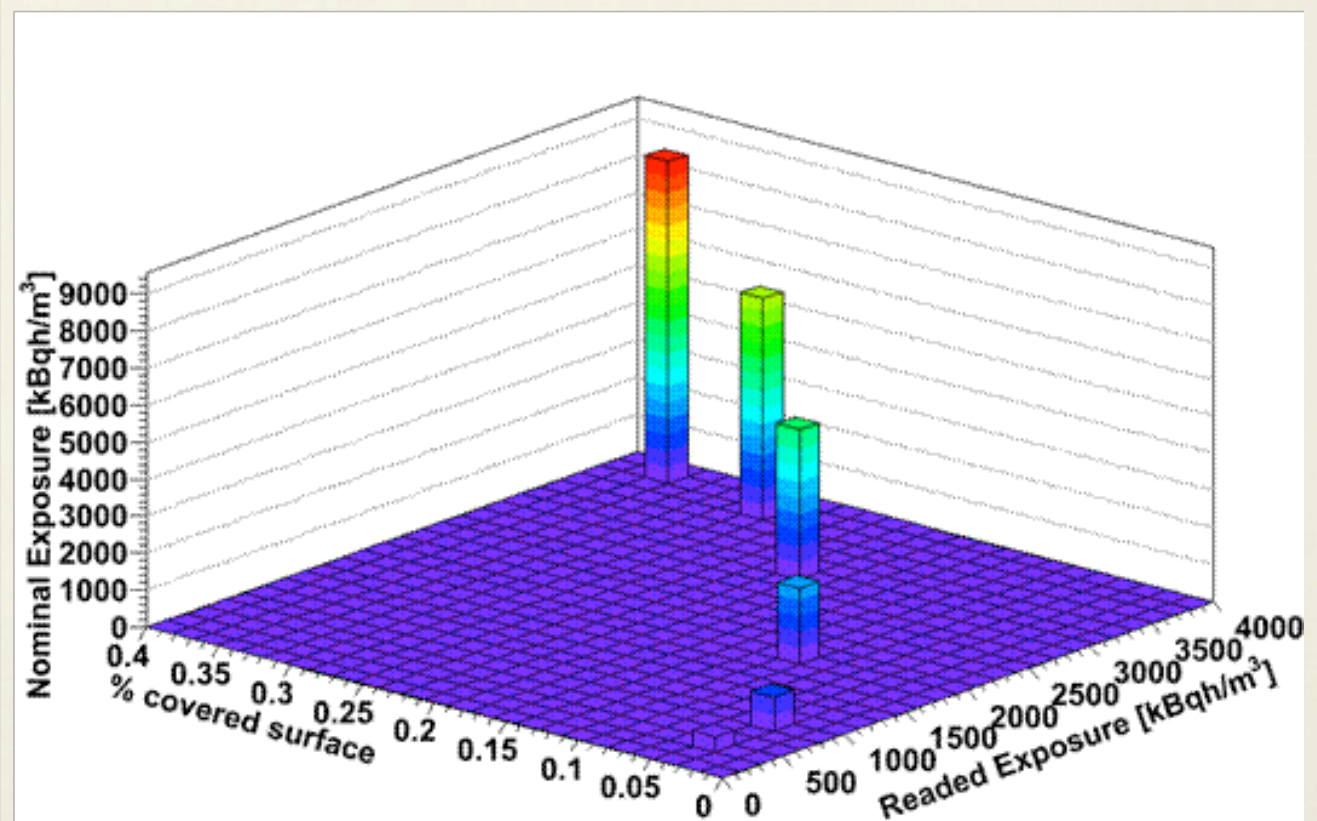
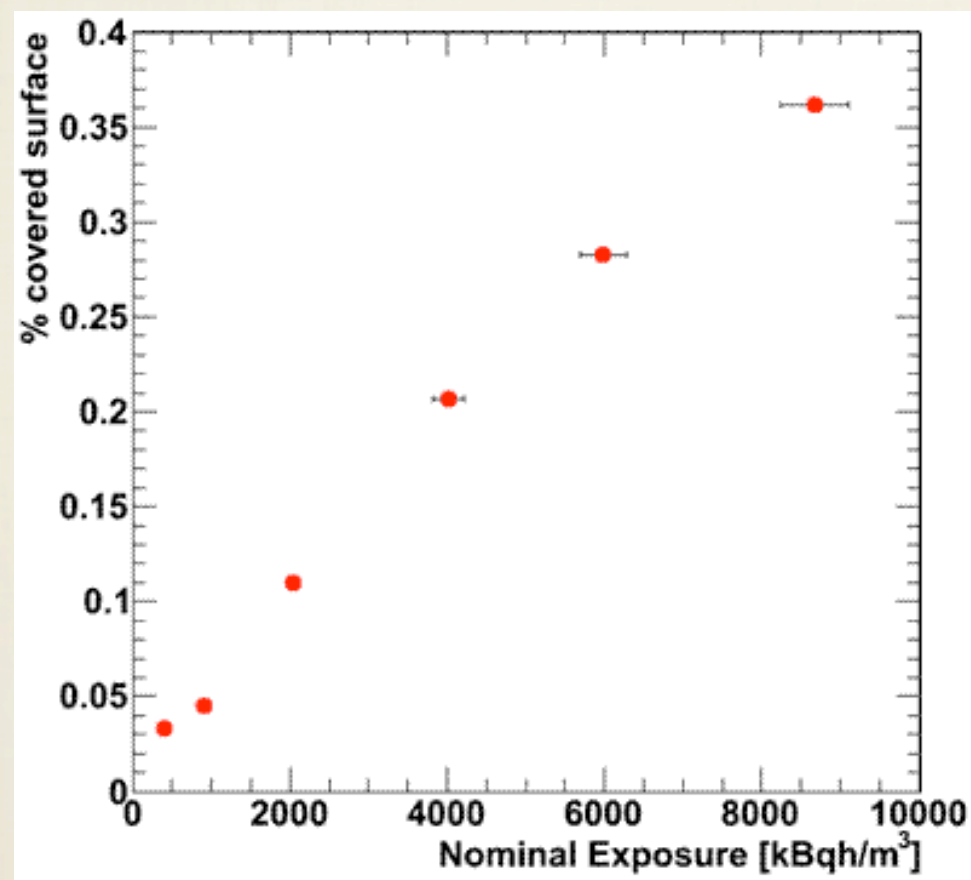
CURVA DI CALIBRAZIONE SPERIMENTALE

TRASCURIAMO INTERAZIONI > 2 TRACCE (PARABOLA)



PERCENTUALE DI SUPERFICIE COPERTA

- INCERTEZZE ELEVATE INTORNO ALLA ESPOSIZIONE CRITICA
- POSSIBILE SOLUZIONE: CALIBRAZIONE IN DUE DIMENSIONI
- UTILIZZO DI UNA GRANDEZZA MONOTONA RISPETTO ALL'ESPOSIZIONE: % SUPERFICIE COPERTA



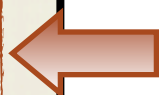
ULTERIORI STUDI ATTUALMENTE IN CORSO

CONCLUSIONI

- RISPOSTA DEI CR-39 DEGRADATA CAUSA SOVRAPPOSIZIONE
- POSSIBILE SOTTOSTIMA DEL RISULTATO
- CURVA DEL 2° ORDINE FORNISCE RISULTATI CORRETTI
- ULTERIORI STUDI SU % DI SUPERFICIE COPERTA

Esposizione nominale [kBqh/m3]	Esposizione misurata [kBqh/m3]	Esposizione cal. lineare [kBqh/m3]	Scarto [%]
410	395.4	385.0	6.1%
911	926.1	869.8	4.5%
2042	2051.8	1775.1	13.1%
4020	4109.9	2999.6	25.4%
5987	5878.9	3607.3	39.7%
8673	8628.4	3735.3	56.9%

SEI MESI
A
500 Bq/m³



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**