

# Esperienza Laboratorio di Fisica Medica: Raggi X

Simone Lossano, Lorenzo Marini, Jake Harold Pensavalle

November 18, 2019

## Contents

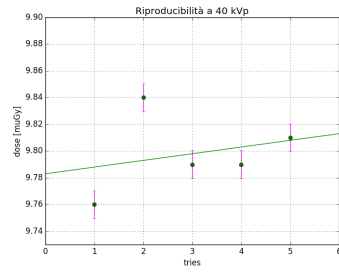
<b>1</b>	<b>Riproducibilità della radiazione emessa dal tubo</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Andamento della dose in aria in funzione di diversi parametri</b>	<b>4</b>
2.1	Linearità Dose in aria in funzione della corrente anodica . . . . .	4
2.2	Linearità Dose in aria in funzione della tempo di esposizione . . . . .	4
2.3	Linearità Dose in aria in funzione della differenza di potenziale tra gli elettrodi .	5
2.4	Linearità Dose in aria in funzione della distanza fuoco-camera a ionizzazione . .	6
<b>3</b>	<b>Calcolo degli spessori emivalenti (HVL)</b>	<b>8</b>
3.1	Confronto coefficienti di assorbimento: Aspettati Vs Sperimentali . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Effetto Heel</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Referenze</b>	<b>14</b>

# 1 Riproducibilità della radiazione emessa dal tubo

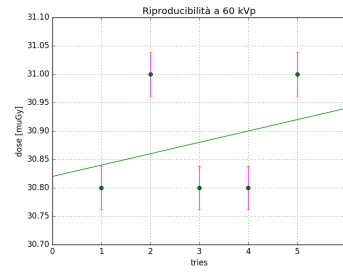
In questa prima sezione si prende manualità con lo strumento facendo una verifica della riproducibilità del fascio. Dai grafici prodotti si vede ad occhio che il fascio ha piccole variazioni e si può considerare il fascio abbastanza riproducibile, anche se dal test dell'  $R^2$  risulta riproducibile l'acquisizione a 80 kVp.

kVp	coefficiente angolare	intercetta	media	deviazione standard	$R^2$
40	0.005	9.783	9.789	0.010	0.247
60	0.020	30.820	30.880	0.038	0.289
80	0.150	53.970	54.420	0.743	0.867
90	0.030	67.790	67.880	0.068	0.247

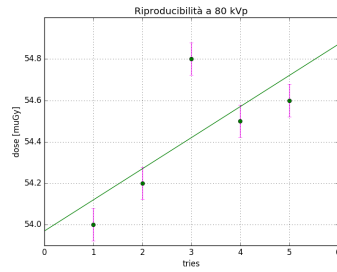
Tab.1: risultati fit lineare dei punti acquisiti per la riproducibilità della radiazione.



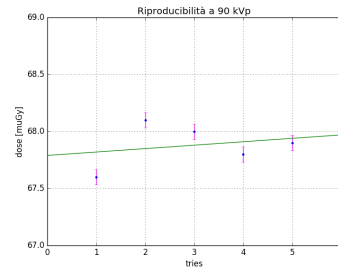
(a)



(b)



(c)



(d)

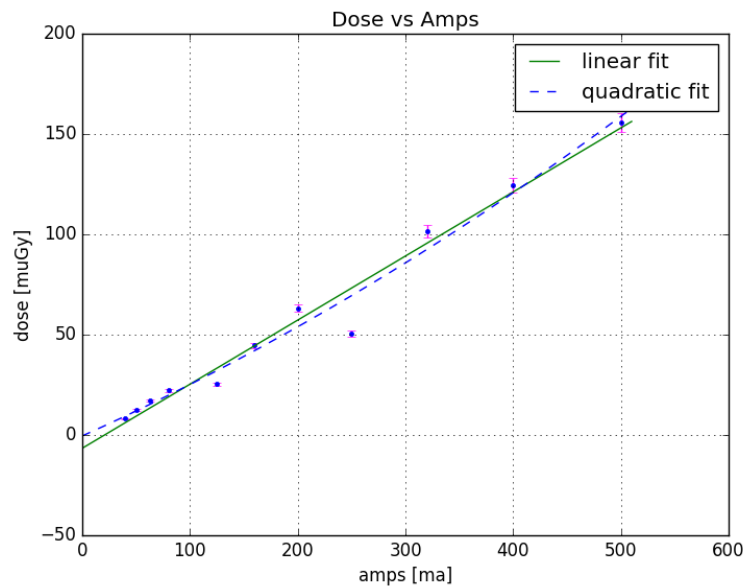
Grafici Riproducibilità della radiazione a vari valori di kVp.

## 2 Andamento della dose in aria in funzione di diversi parametri

In questa sezione si studia l'andamento della Dose in aria in funzione di vari parametri, quali **la corrente anodica**, **il tempo di esposizione**, **la differenza di potenziale tra gli elettrodi** e **distanza fuoco-camera di ionizzazione**.

### 2.1 Linearità Dose in aria in funzione della corrente anodica

Dall' **interpolazione** si vede che i dati sono fittati meglio da una funzione lineare, grazie al valore più prossimo a 1 di  $R^2$ . Una migliore analisi futura può essere condotta eliminando gli outlier.



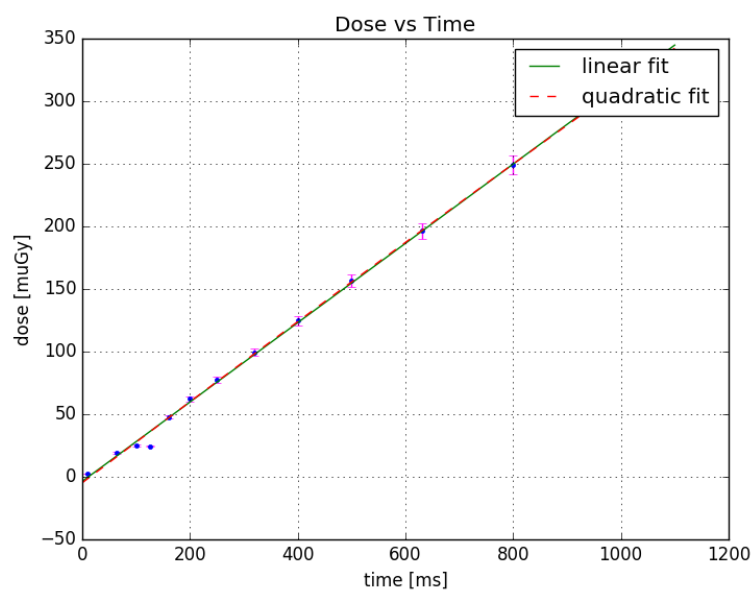
*Dose in funzione della corrente anodica.*

Modello	coefficiente di grado 2	coefficiente di grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	0.319	-6.619	0.986
Quadratico	0.0001	0.241	-0.469	0.975

*Tab.2: risultati fit lineare e quadratico dei punti acquisiti per la Dose in funzione della corrente anodica.*

### 2.2 Linearità Dose in aria in funzione della tempo di esposizione

Dall' **interpolazione** si vede che i dati sono fittati meglio da una funzione lineare, grazie al valore più prossimo a 1 di  $R^2$ . Anche qui una migliore analisi futura può essere condotta eliminando gli outlier.



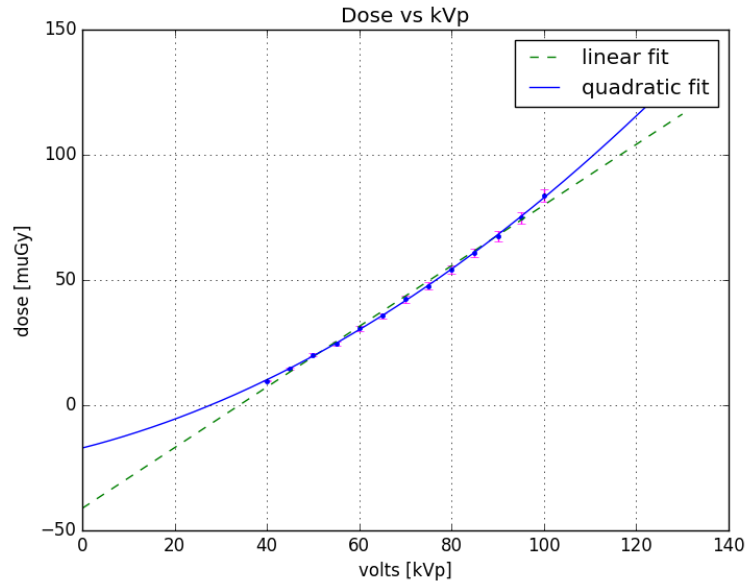
*Dose in funzione del tempo di esposizione.*

Modello	coefficiente di grado 2	coefficiente di grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	0.300	-3.616	0.999
Quadratico	0.0001	0.326	-4.791	0.998

*Tab.3: risultati fit lineare e quadratico dei punti acquisiti per la Dose in funzione del tempo di esposizione.*

### 2.3 Linearità Dose in aria in funzione della differenza di potenziale tra gli elettrodi

Dall' **interpolazione** si vede che i dati sono fittati meglio da una funzione **quadratica**, grazie al valore più prossimo a 1 di  $R^2$ .



*Dose in funzione della differenza di potenziale tra gli elettrodi.*

Modello	coefficiente di grado 2	coefficiente di grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	1.211	-41.165	0.997
Quadratico	0.005	0.470	-17.099	0.999

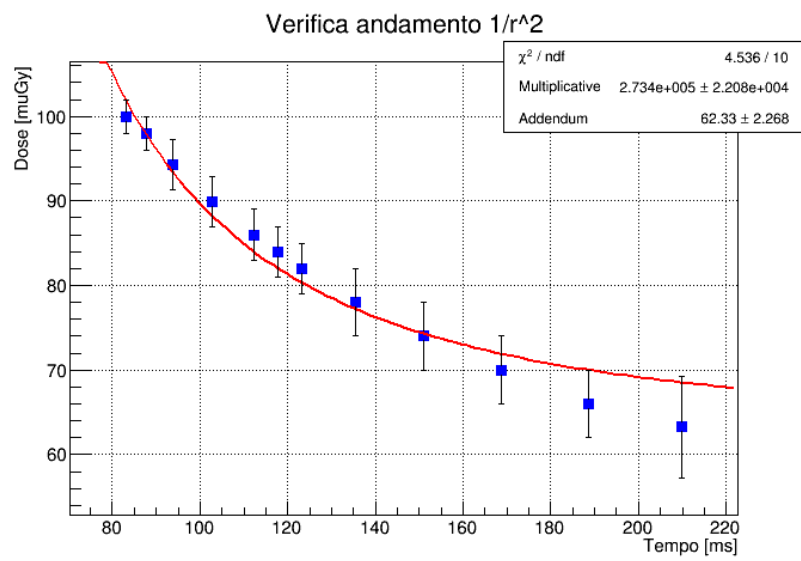
*Tab.4: risultati fit lineare e quadratico dei punti acquisiti per la Dose in funzione della differenza di potenziale tra gli elettrodi.*

## 2.4 Linearità Dose in aria in funzione della distanza fuoco-camera a ionizzazione

Come modello si è utilizzato

$$Dose = A \frac{C}{r^2} + B \quad (1)$$

Con A e B parametri stimati dal fit.



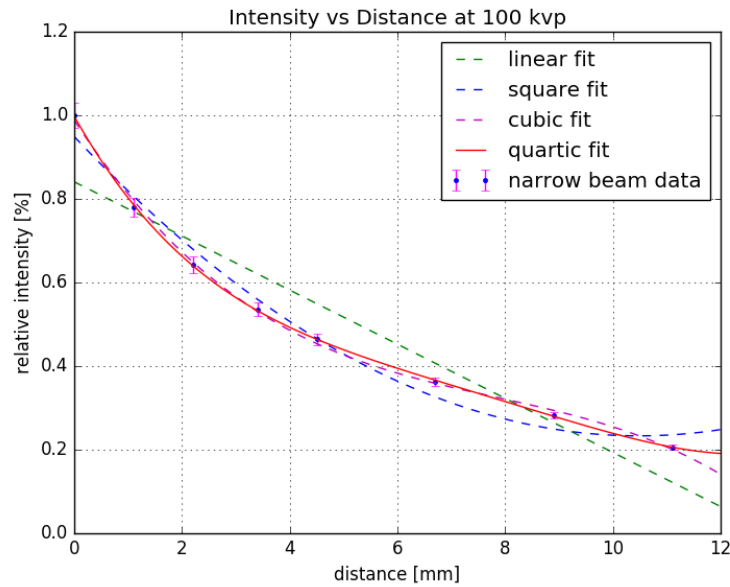
*Dose in funzione della distanza fuoco-camera a ionizzazione. Grazie al valore del  $\chi^2_{\text{redux}}$  di 0.454 non si ha ragione di rigettare l'ipotesi che il modello descriva bene i dati.*

### 3 Calcolo degli spessori emivalenti (HVL)

In questa sezione si stimano i valori di HVL per ricavare il coefficiente di assorbimento dell'alluminio con l'interpolazione, infatti l'andamento è esponenziale solo per valori elevati dello spessore. Dato HVL per stimare il coefficiente di assorbimento si usa:

$$\mu = \frac{0.693}{HVL} \quad (2)$$

Si riportano il grafico, il modello e il confronto tra valori attesi e valori sperimentali a vari valori di kVp e a ampiezze del fascio diverse.

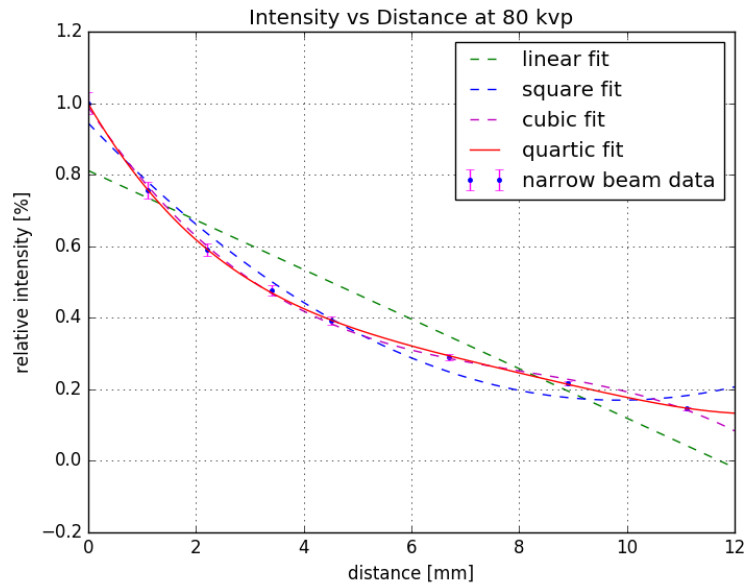


*Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 100 kVp con fascio stretto.*

Modello	coeff. grado 4	coeff. grado 3	coeff. grado 2	coeff. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.137	0.949	0.894
Cubico	-	0.001	0.022	-0.197	0.988	0.998
Quartico	0.0001	-0.003	0.037	-0.229	0.998	0.999

*Tab.5: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati*

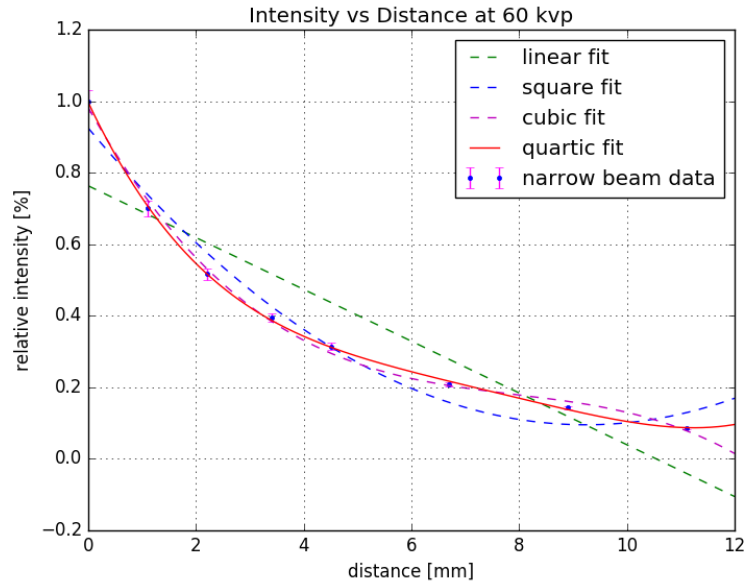




*Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 80 kVp con fascio stretto.*

Modello	coeff. grado 4	coef. grado 3	coef. grado 2	coef. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.069	0.811	0.868
Cubico	-	-0.001	0.025	-0.227	0.989	0.998
Quartico	0.0001	-0.003	0.04	-0.258	0.998	0.999

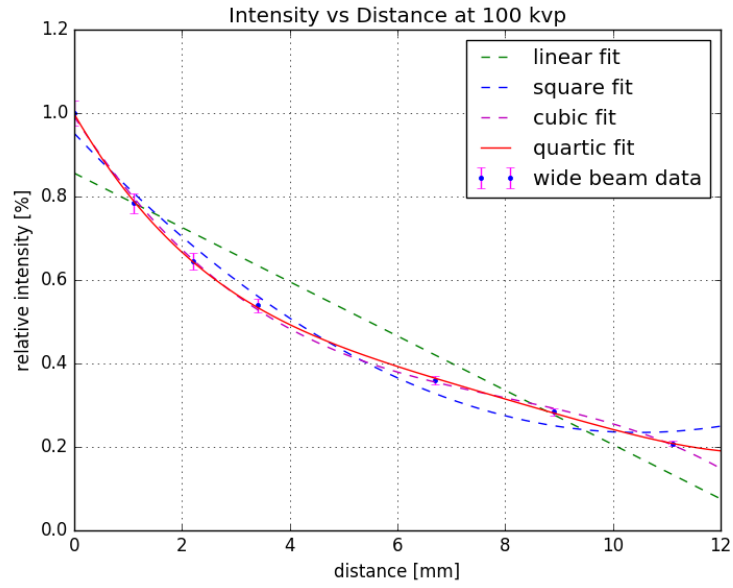
*Tab.6: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati*



*Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 60 kVp con fascio stretto.*

Modello	coeff. grado 4	coef. grado 3	coef. grado 2	coef. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.072	0.763	0.827
Cubico	-	-0.001	-0.031	-0.267	0.982	0.997
Quartico	0.0002	-0.005	0.056	-0.319	0.997	0.999

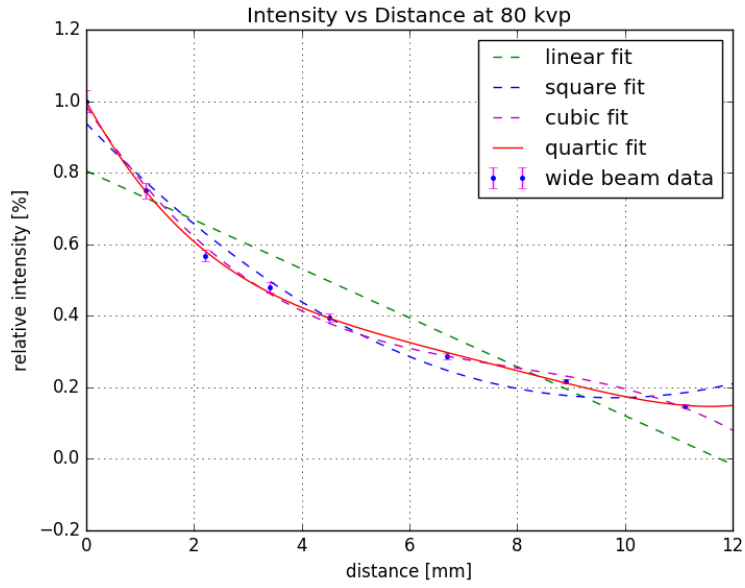
*Tab.7: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati*



*Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 100 kVp con fascio aperto.*

Modello	coeff. grado 4	coef. grado 3	coef. grado 2	coef. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.065	0.856	0.991
Cubico	-	-0.001	0.022	-0.199	0.992	0.984
Quartico	0.0009	0.003	0.034	-0.223	0.998	0.999

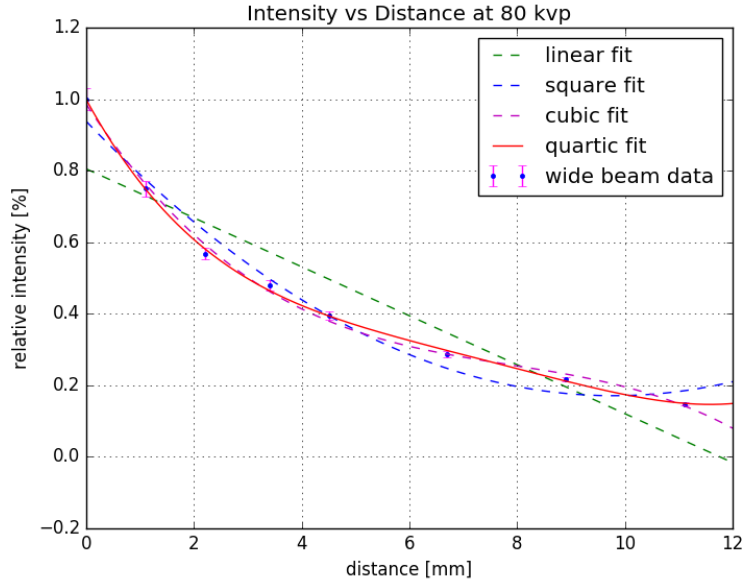
*Tab.8: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati*



Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 80 kVp con fascio aperto.

Modello	coeff. grado 4	coef. grado 3	coef. grado 2	coef. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.157	0.938	0.862
Cubico	-	-0.001	0.026	-0.238	0.986	0.997
Quartico	0.0001	-0.004	0.047	-0.274	0.999	0.999

Tab.9: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati



Intensità del fascio incidente in funzione dello spessore a 60 kVp con fascio aperto.

Modello	coeff. grado 4	coeff. grado 3	coeff. grado 2	coeff. grado 1	intercetta	$R^2$
Lineare	-	-	-	-0.072	0.762	0.824
Cubico	-	-0.001	0.032	-0.268	0.980	0.996
Quartico	0.0002	-0.005	0.057	-0.322	0.995	0.999

Tab.10: risultati fit lineare, cubico e quartico dei punti acquisiti per la intensità di radiazione(proporzionale alla dose) in funzione dello spessore . Si vede dal valore di  $R^2$  che il fit quartico descrive meglio i dati

### 3.1 Confronto coefficienti di assorbimento: Aspettati Vs Sperimentali

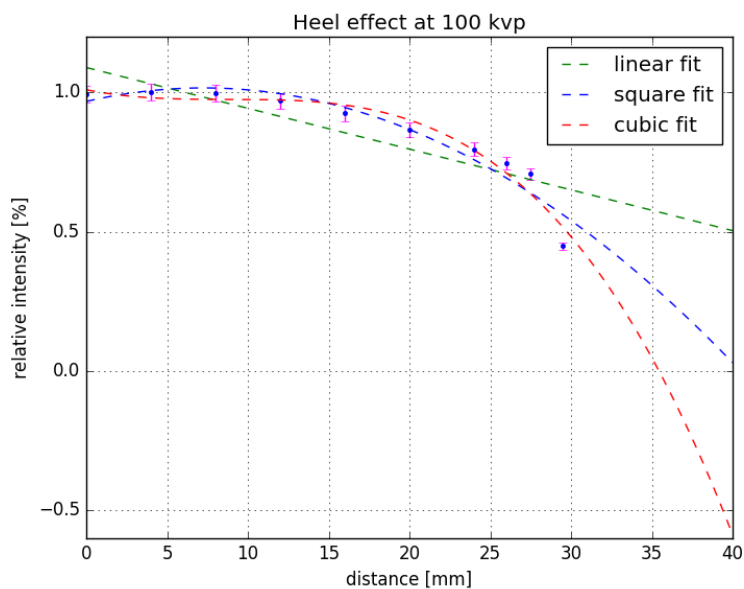
Avendo trovato la funzione che meglio descrive i dati sperimentali si può stimare HVL di ogni acquisizione, con incertezza associata alla lettura del valore sul display di Python, e calcolare il coefficiente di assorbimento con la formula (2) e confrontarlo col valore tabulato.

Apertura Fascio	kVp	HVL [cm]	$\frac{\mu}{\rho_{exp}} [\frac{cm^2}{gr}]$	$\frac{\mu}{\rho_{exp}} [\frac{cm^2}{gr}]$
Stretto	100	$0,388 \pm 0.001$	$0.622 \pm 0.001$	0.569
Stretto	80	$0,305 \pm 0.001$	$0.841 \pm 0.001$	0.569
Stretto	60	$0,233 \pm 0.001$	$1.101 \pm 0.001$	1.128
Largo	100	$0,394 \pm 0.001$	$0.659 \pm 0.001$	0.569
Largo	80	$0,298 \pm 0.001$	$0.861 \pm 0.001$	0.569
Largo	60	$231 \pm 0.001$	$1.111 \pm 0.001$	1.128

Tab.11: Confronto tra assorbimento massico sperimentale e tabulato. Le discrepanze sono dovute al fatto che il coefficiente d'assorbimento trovato è un coefficiente d'assorbimento medio. Inoltre per gli 80 kVp si riporta il valore più vicino tabulato, ma i valori tabulati non sono riportati a tutte le energie.

## 4 Effetto Heel

Facendo variare la posizione della camera a gas abbiamo verificato che l'energia del fascio non è la stessa in prossimità del catodo e dell'anodo.



*Effetto Heel.*

## 5 Referenze

Il repository su GitHub in cui vi sono immagini, programmi Python e Root è <https://github.com/Jake145/Gruppo3-Lab-Fisica-Medica.git>