

# Hands-on

Nicoletta Protti

Università di Pavia, Dipartimento di Fisica &  
INFN, sezione di Pavia



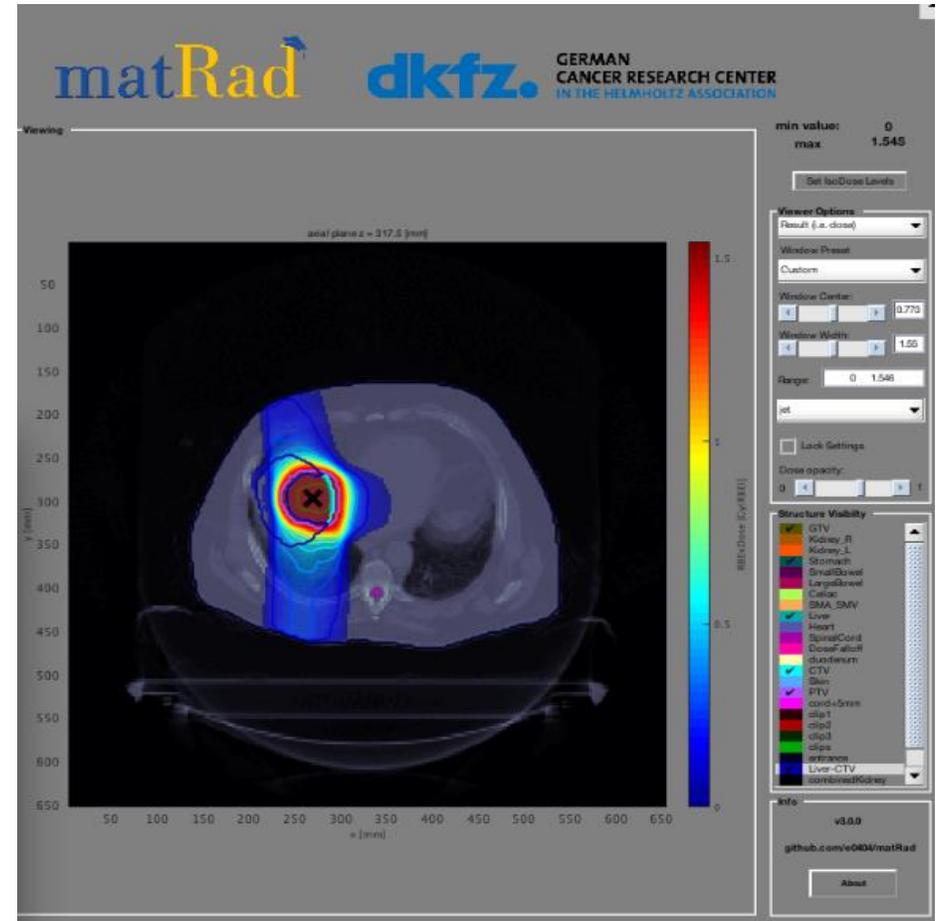
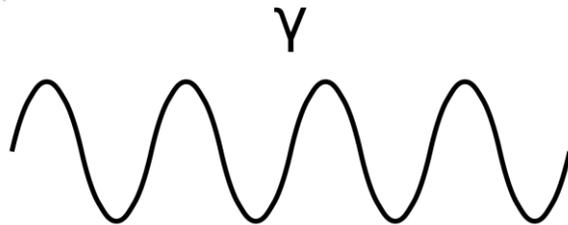
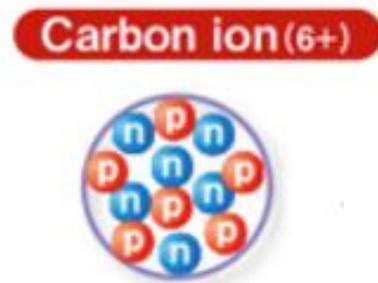
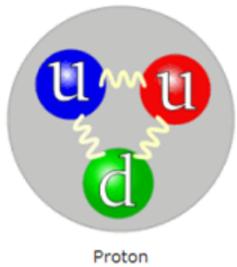
UNIVERSITÀ  
DI PAVIA



# Cos'è matrad?

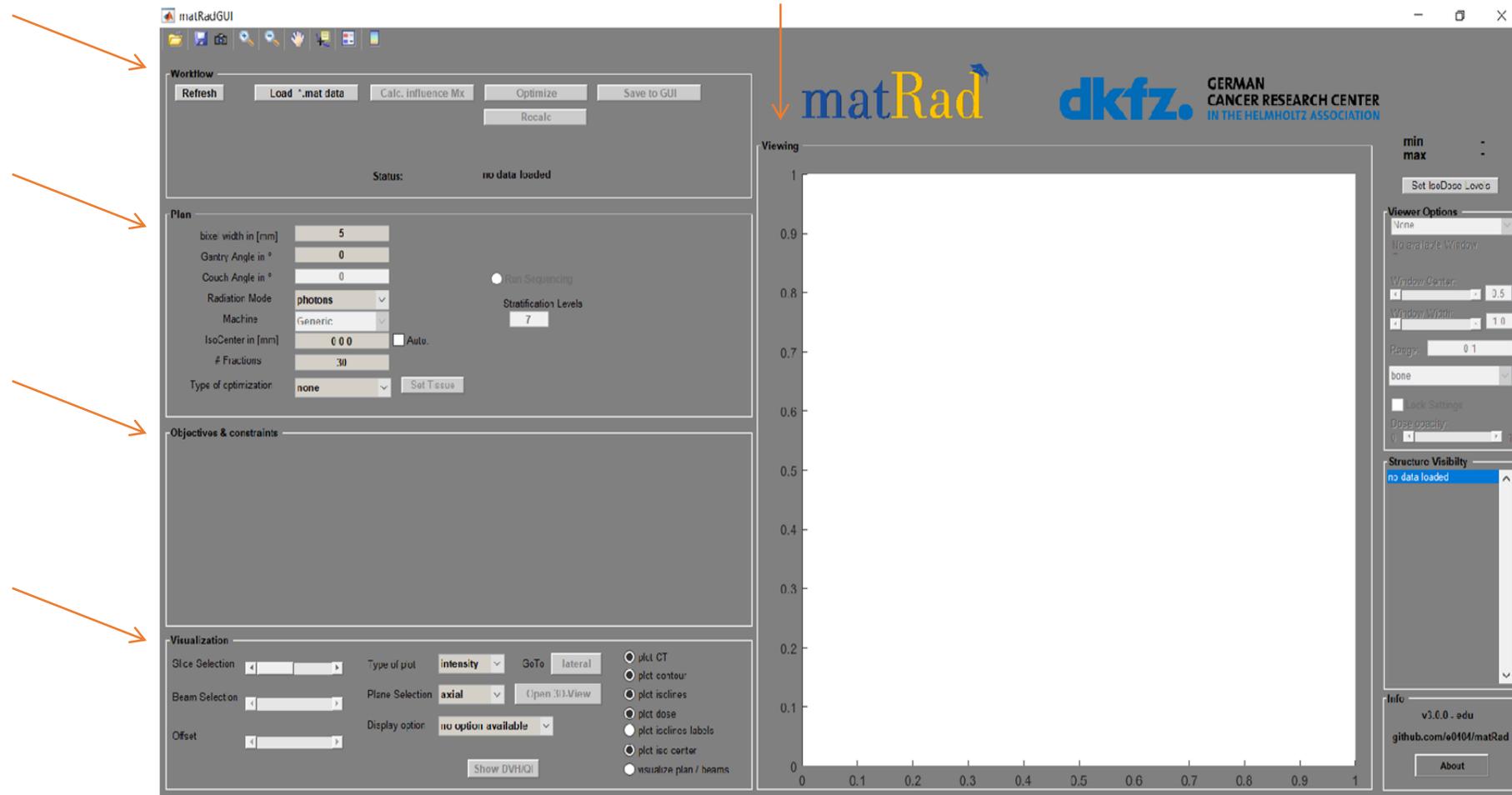
matRad è un tool kit che permette l'ottimizzazione dei piani di trattamento con fotoni, protoni e ioni (C) a scopo educativo e di ricerca. Download gratuito da: <https://github.com/e0404/matRad/releases/tag/v2.10.1> (versione «Blaise» che utilizzeremo questo pomeriggio)

matRad è stato sviluppato dal German Cancer Research Center (DKFZ)



# Per iniziare: l'interfaccia di matRad

Quando si avvia matRad viene visualizzato il pannello di avvio composto in pratica da 5 sezioni.



# I parametri del piano

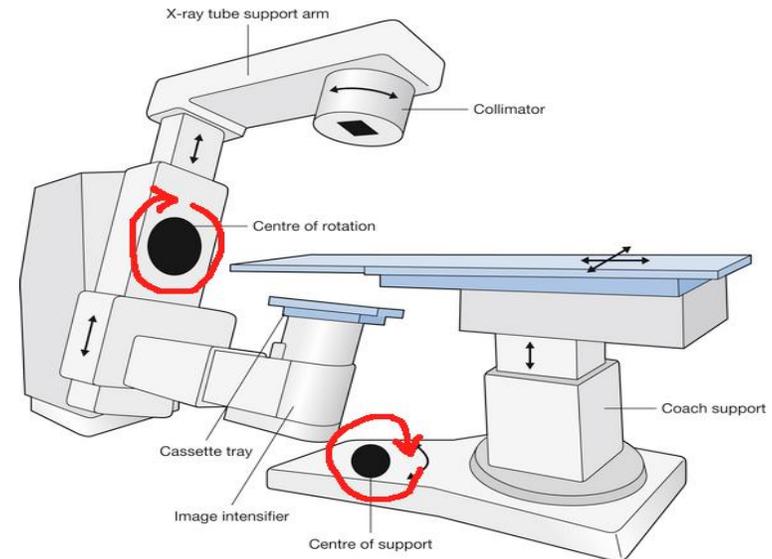
- **Dimensione de bixel width:** sezione quadrata.
- **Angoli del gantry e del lettino:** si forniscono coppie ordinate di valori che impostano gli angoli del gantry e i rispettivi angoli del lettino => se imposto 5 valori per il gantry, DEVO dare 5 angoli del lettino (compresi tra 0° e 359°).
- **Tipo di radiazione:** seleziona la particella da usare.
- **Isocentro:** verificare che l'impostazione "Auto" sia attivata.
- **Frazioni:** il numero di ripetizioni del trattamento.
- **Run sequenziale:** usato per collimare il fascio.

Plan

bixel width in [mm]	5
Gantry Angle in °	0 72 144 216 288
Couch Angle in °	0 0 0 0 0
Radiation Mode	photons
Machine	Generic
IsoCenter in [mm]	251.3 236.4 162.6 <input checked="" type="checkbox"/> Auto.
# Fractions	30
Type of optimization	none <input type="button" value="Set Tissue"/>

Run Sequencing

Stratification Levels



**Workflow**

Refresh Load \*.mat data Calc. influence Mx Optimize Save to GUI

Recalc

Status: ready for dose calculation

---

**Plan**

bixel width in [mm]: 5

Gantry Angle in °: 0 72 144 216 288

Couch Angle in °: 0 0 0 0 0  Run Sequencing

Radiation Mode: photons Stratification Levels: 7

Machine: Generic

IsoCenter in [mm]: 251.3 236.4 162.6  Auto.

# Fractions: 30

Type of optimization: none

---

**Objectives & constraints**

+/-	VOI name	VOI type	OP	Function	p	Parameters
-	Core	OAR	2	Squared Overdosing	300	d <sup>max</sup> : 25
-	OuterTarget	TARG...	1	Squared Deviation	1000	d <sup>ref</sup> : 50
-	BODY	OAR	3	Squared Overdosing	100	d <sup>max</sup> : 30
+	Core					

↓

---

**Visualization**

Slice Selection:  Type of plot: intensity GoTo:   plot CT

Beam Selection:  Plane Selection: axial   plot contour

Offset:  Display option: no option available  plot isolines

plot dose  plot isolines labels

plot iso center  visualize plan / beams

**matRad** **dkfz.** GERMAN CANCER RESEARCH CENTER IN THE HELMHOLTZ ASSOCIATION

min value: -1000 max: 1040.

**Viewer Options**

CT (HU) Window Preset: Custom

Window Center: 20.2 Window Width: 2.04e

Range: -1000 1040

bone  Lock Settings

Dose opacity: 1

**Structure Visibility**

- Core
- OuterTarget
- BODY

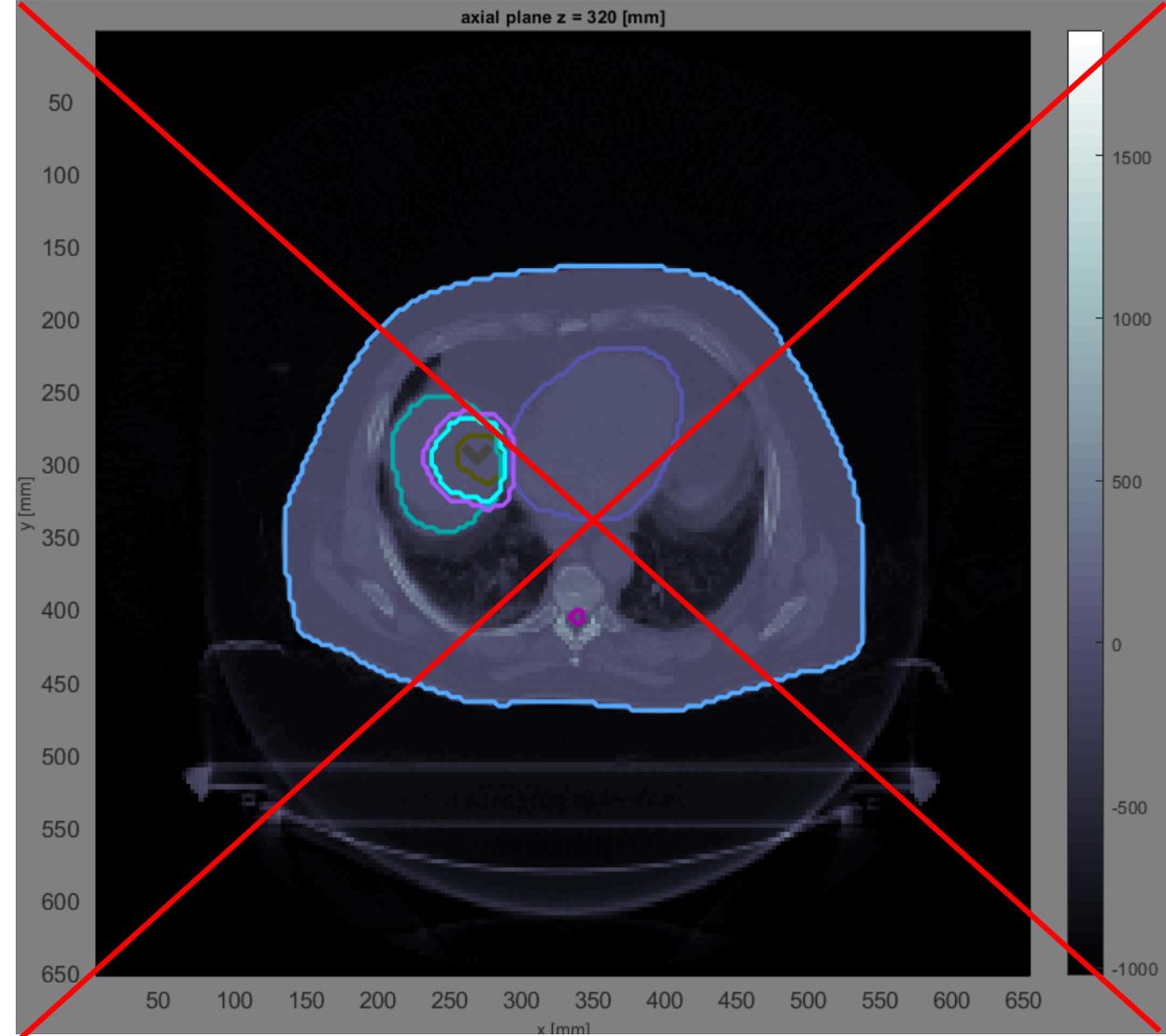
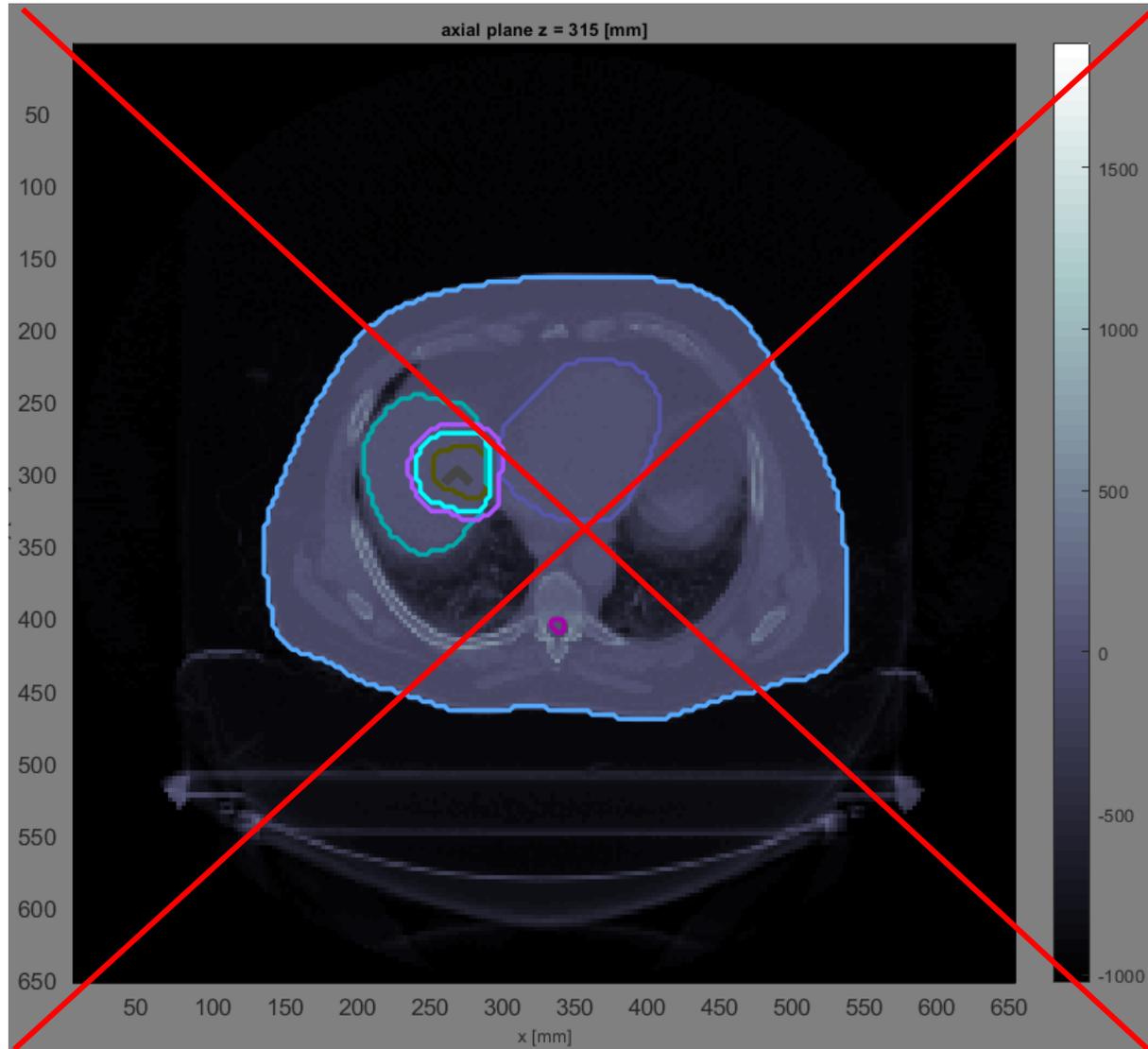
**Info**

v3.0.0 - edu

github.com/e0404/matRad

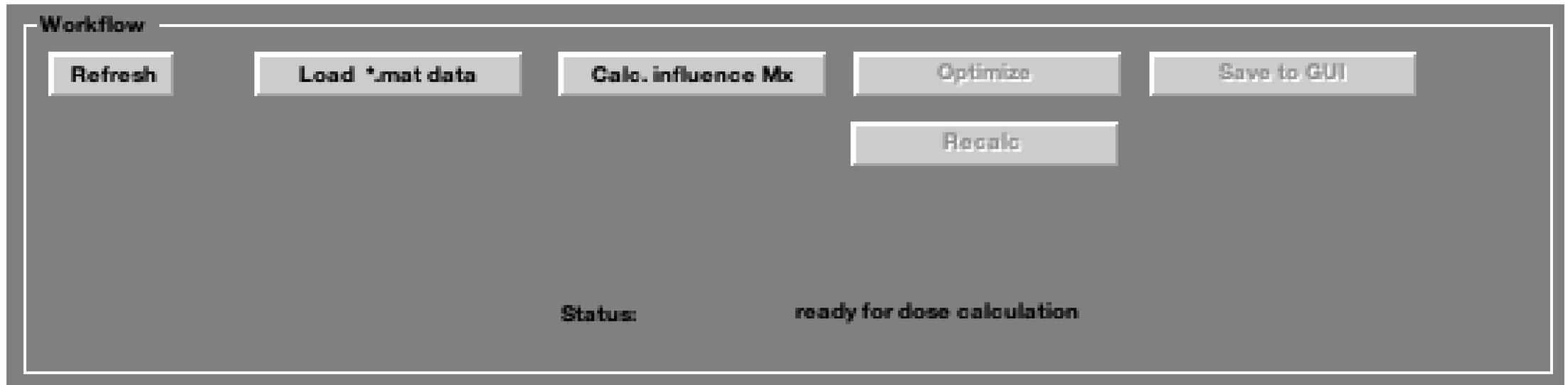
ATTENZIONE: in ogni simulazione ricordarsi di visualizzare il segno dell'isocentro (X), muovendosi da una sezione all'altra nel pannello di visualizzazione.

# Assenza del simbolo dell'isocentro: cattiva visualizzazione



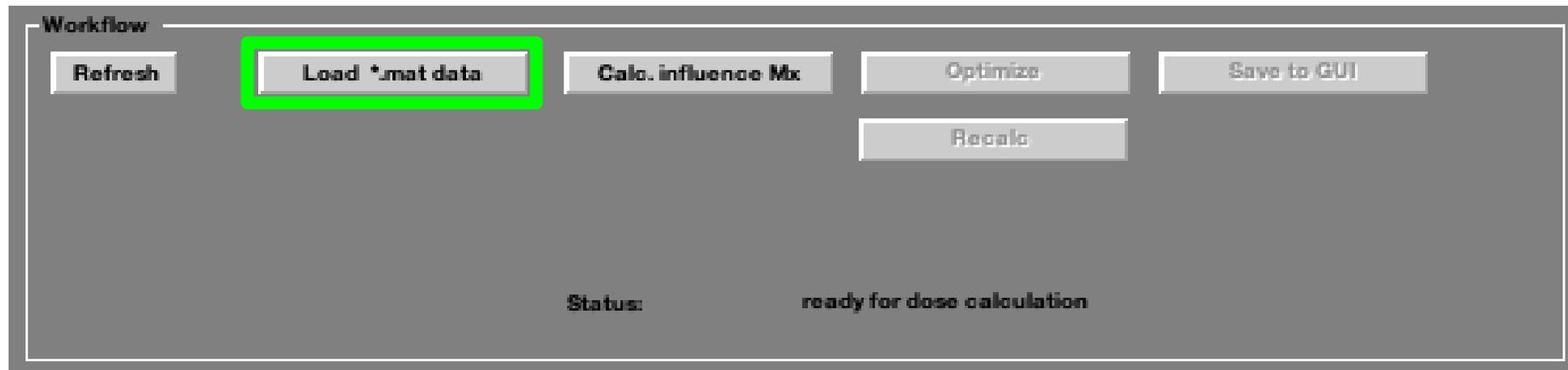
# Il workflow della simulazione

Il primo pannello si chiama “workflow” e presenta delle opzioni (tasti) che attivano i vari comandi lungo cui procede la simulazione.



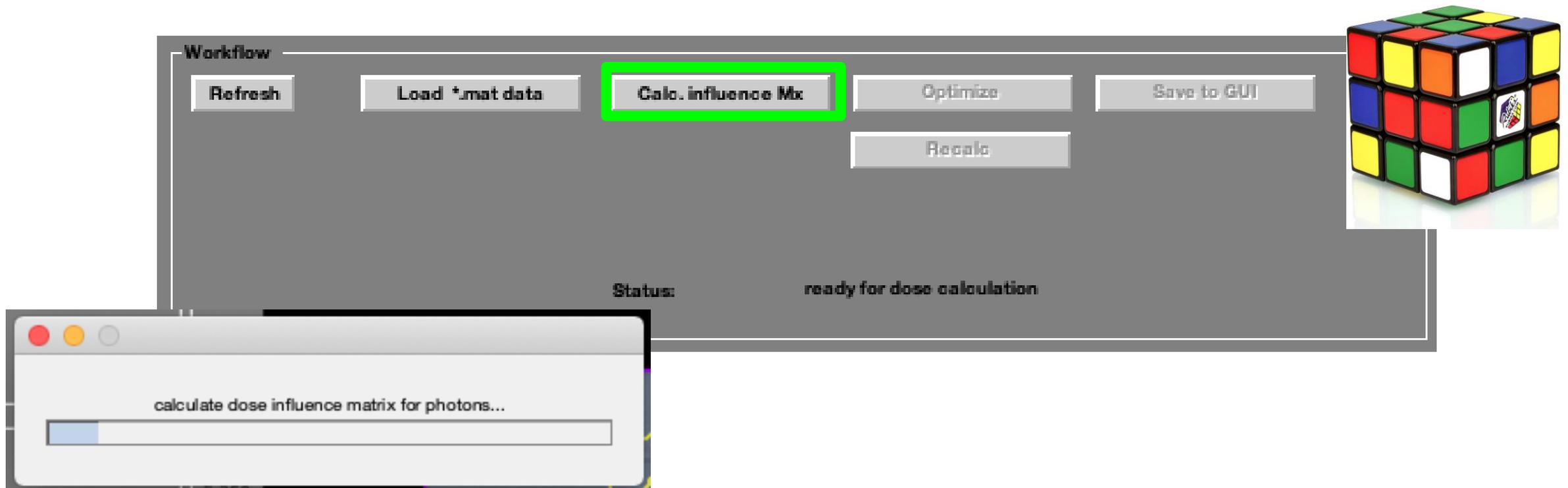
# Il workflow della simulazione

**Load \*.mat data:** carica i dati (immagini CT) per ogni caso disponibile. Gestisce informazioni relative al tessuto del target così come dei tessuti sani circostanti e copre una porzione estesa del corpo umano. Tutto ciò viene mostrato nel pannello grande a destra.



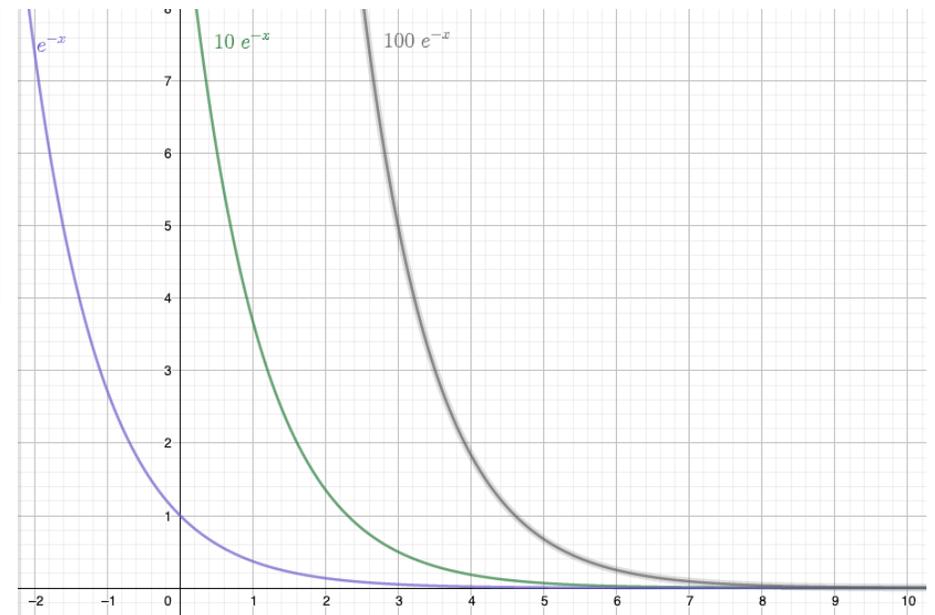
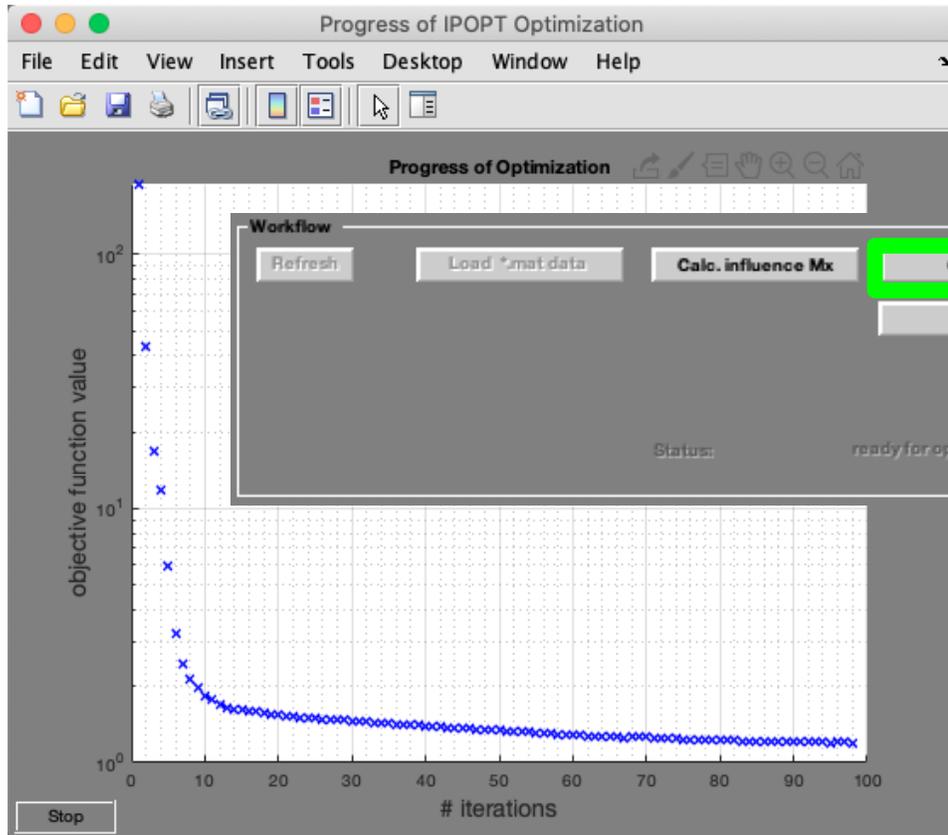
# Il workflow della simulazione

**Calc. influence Mx:** è il comando che calcola la “influence matrix” della dose da radiazione. I volumi sono composti da cubetti di lato pari al bixel. Quando premuto, viene mostrata una barra di caricamento/progressione.



# Il workflow della simulazione

**Optimize:** questo tasto si attiva al termine del calcolo della matrice. A questo punto il simulatore ricerca il flusso minimo di radiazione per bixel. Dopo la pressione, compare una finestra grafica in cui si forma un grafico con un andamento circa esponenziale decrescente.



# Visualizzazione dei risultati

**Show DVH/QI:** mostra i DVH relativi al piano di trattamento impostato.

Visualization

Slice Selection

Beam Selection

Offset

Type of plot: intensity

Plane Selection: axial

Display option: physicalDose

GoTo: lateral

Open 3D-View

plot CT

plot contour

plot isolines

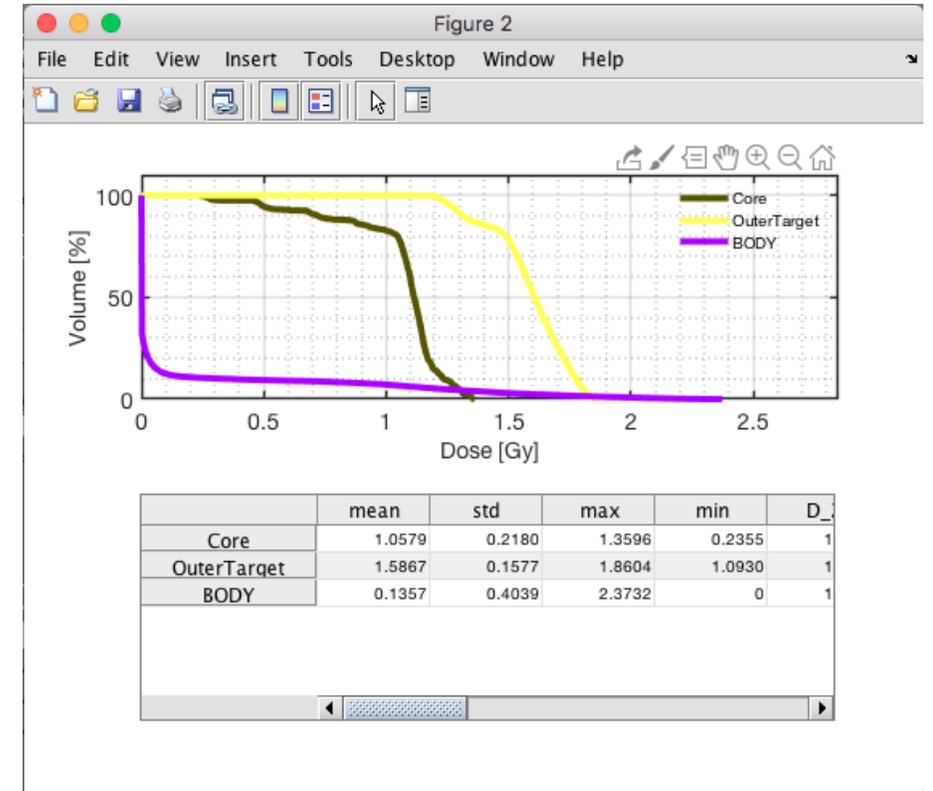
plot dose

plot isolines labels

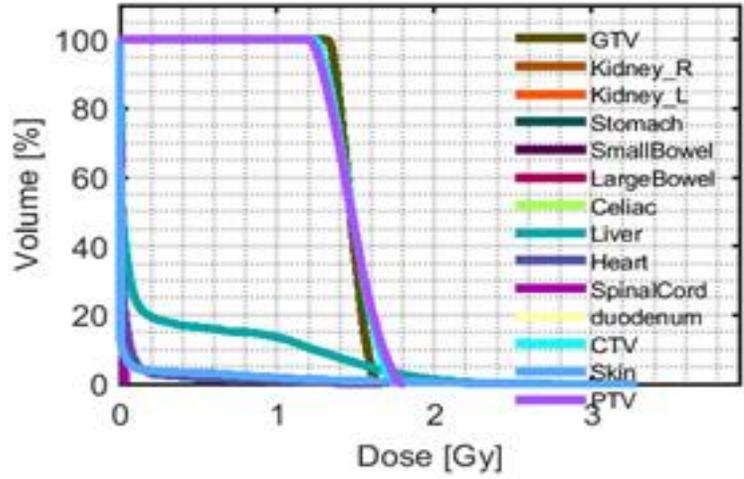
plot iso center

visualize plan / beams

**Show DVH/QI**



# Salvataggio del DVH



	max	min	mean
GTV	1.6394	1.3173	1.4714
Kidney_R	0	0	0
Kidney_L	0	0	0
Stomach	0	0	0
SmallBowel	0	0	0
LargeBowel	0	0	0
Celiac	0	0	0
Liver	2.6394	0	0.2547
Heart	1.6706	0	0.0370
SpinalCord	0.0383	0	0.0053
duodenum	0	0	0

Save As X

← → ↕ ↑ > This PC > Maxtor (F:) > application ↻ 🔍 Search application

Organize ▾ New folder 🖼️ ?

- 📁 This PC
- 📁 3D Objects
- 📁 Desktop
- 📁 Documents
- 📁 Downloads
- 📁 Music
- 📁 Pictures
- 📁 Videos
- 📁 OS (C:)
- 📁 Maxtor (F:)

File name: Photons ▾

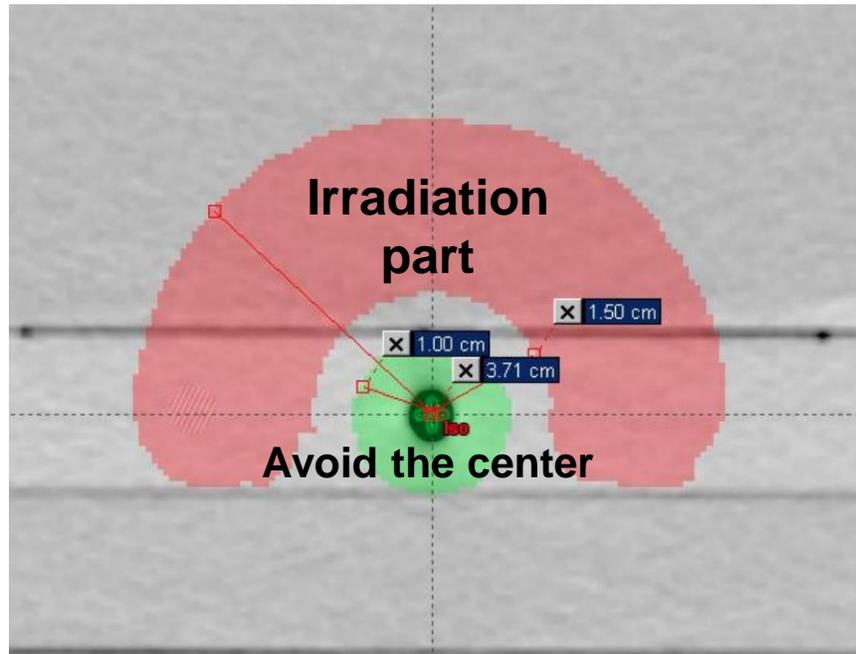
Save as type: MATLAB Figure (\*.fig) ▾

- MATLAB Figure (\*.fig)
- Bitmap file (\*.bmp)
- EPS file (\*.eps)
- Enhanced metafile (\*.emf)
- JPEG image (\*.jpg)**
- Paintbrush 24-bit file (\*.pcx)
- Portable Bitmap file (\*.pbm)
- Portable Document Format (\*.pdf)
- Portable Graymap file (\*.pgm)
- Portable Network Graphics file (\*.png)
- Portable Pixmap file (\*.ppm)
- Scalable Vector Graphics file (\*.svg)
- TIFF image (\*.tif)
- TIFF no compression image (\*.tif)

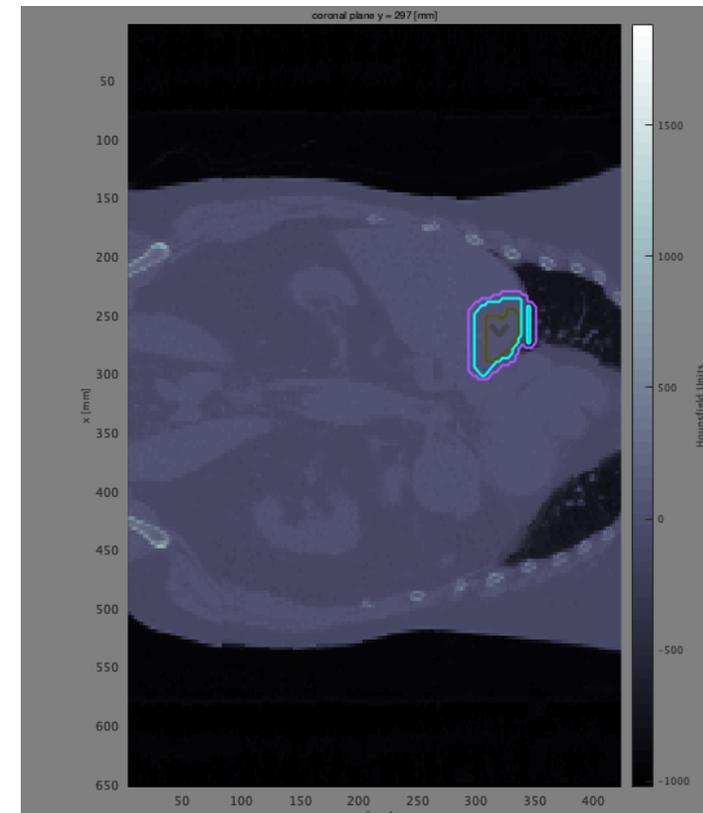
^ Hide Folders

# Esempi dell'hands-on

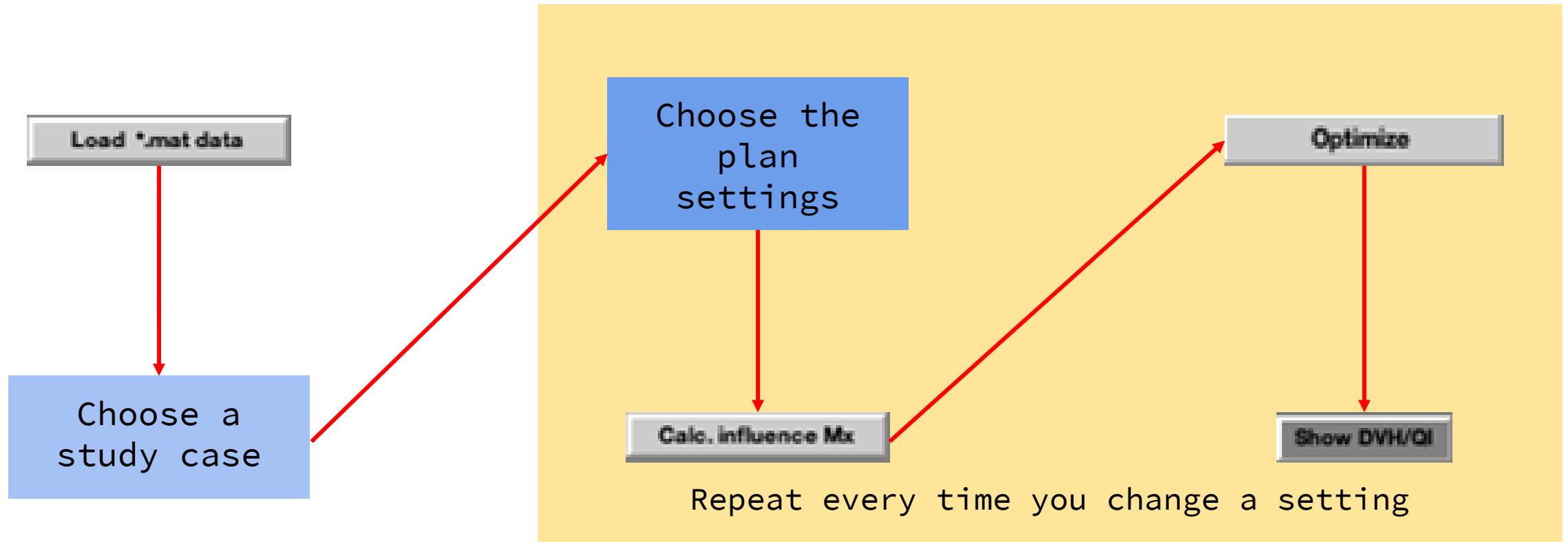
Fantoccio TG119 o C-phamtom



Tumore al fegato



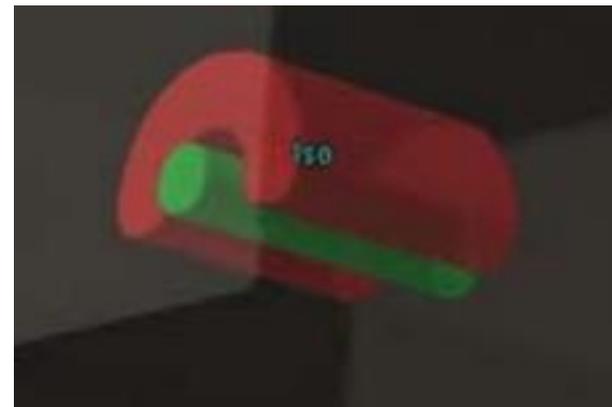
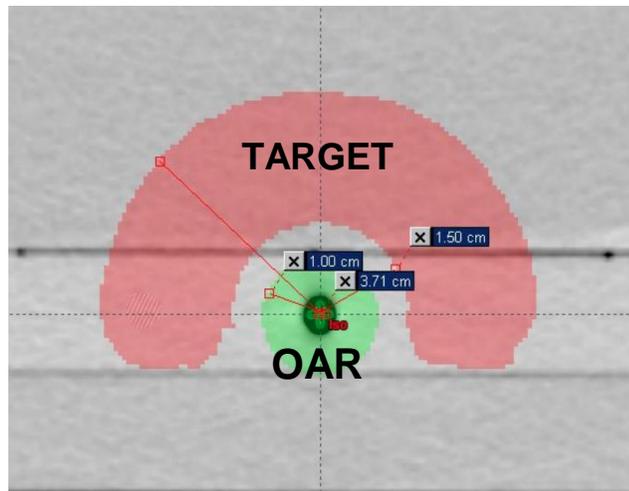
# Gli step della simulazione del piano di trattamento



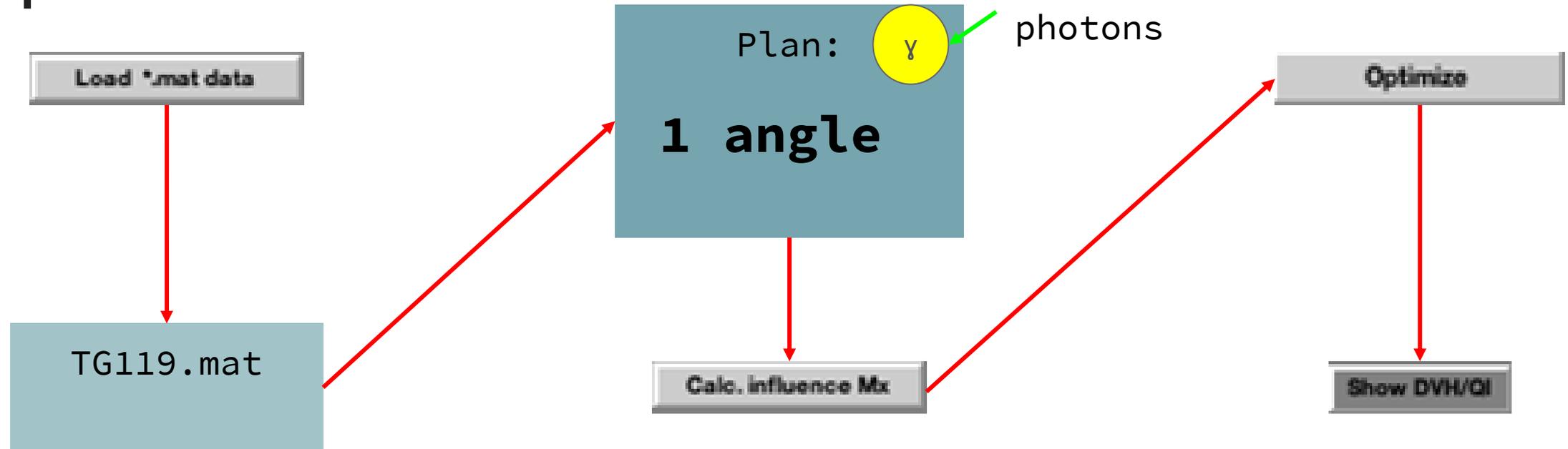
# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA)

Il fantoccio TG119 o C-phantom è un volume di materiale acrilico (tessuto equivalente) con una sagoma a forma di C (da cui il secondo nome). E' usato per verificare che la macchina acceleratrice stia lavorando correttamente (QA). E' standardizzato in forma, dimensione e composizione.

Obiettivo del piano da definire è EVITARE IL VOLUME CENTRALE (DARE MENO DOSE POSSIBILE, IDEALMENTE NULLA) + MASSIMIZZARE LA DOSE NELLA "C".

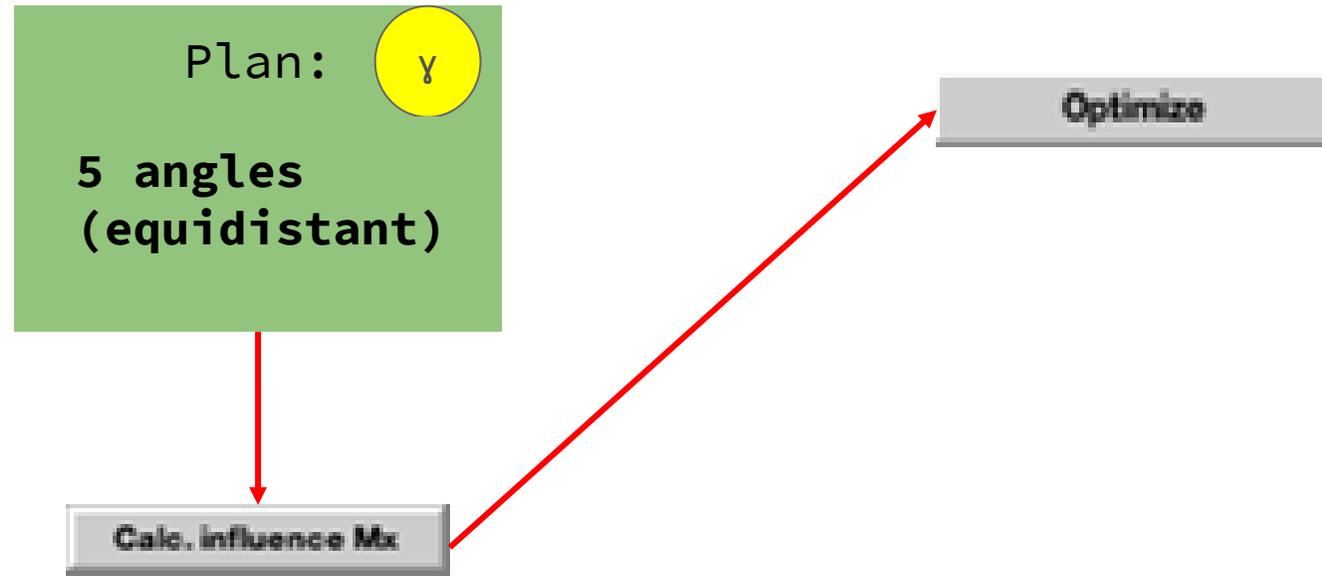


# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA) – piano 1



- 1) Eseguire Calcolo e Ottimizzazione con un singolo fascio -> si visualizza la mappa di dosi depositate
- 2) Valutare mediante il DVH e la tabella di fattori di qualità l'effetto del piano rispetto agli obiettivi stabiliti prima

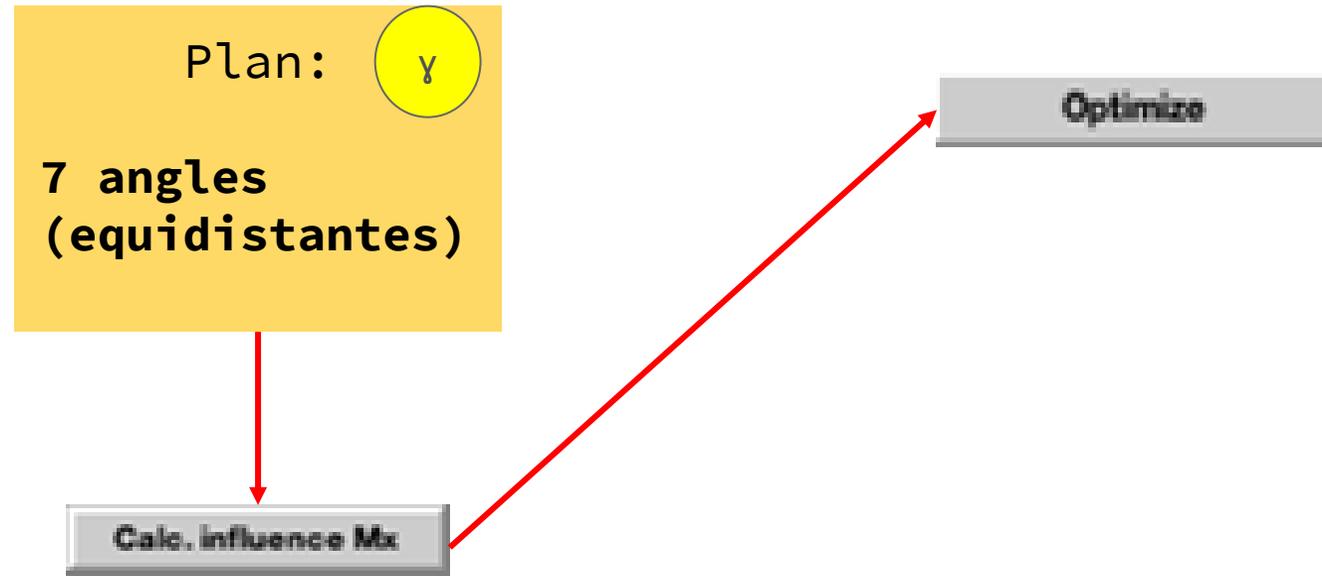
# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA) – piano 2



Ripetere Calcolo e Ottimizzazione inserendo 5 fasci, equidistanziati tra  $0^\circ$  e  $359^\circ$ . Analizzare sempre le mappe di dose, il DVH e i parametri di qualità.

# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA)

## – piano 3 FACOLTATIVO



I vostri PC hanno poco meno di 8 GB di RAM. Con questa memoria il calcolo di un piano con 7 (o più fasci) richiede moltissimo tempo! Se volete private alla fine (se avanza tempo) o a casa se vorrete scaricate matRad. In generale, è possibile usare fino a 15 fasci con tempi ragionevoli di calcoli (avendo tanta memoria!). Possiamo dire: maggiore la memoria (RAM), migliori le performance del software!

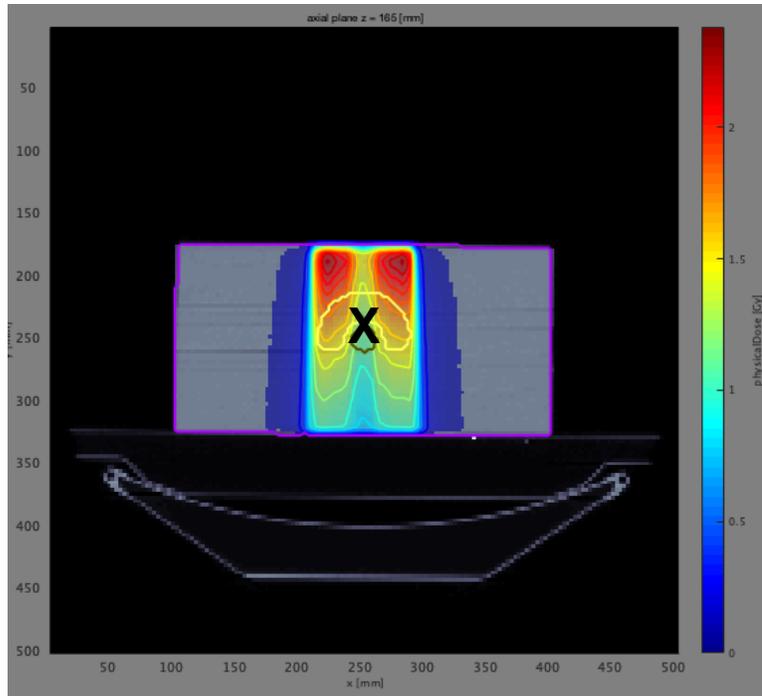
Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA)  
– piano 1, confronto tra i piani



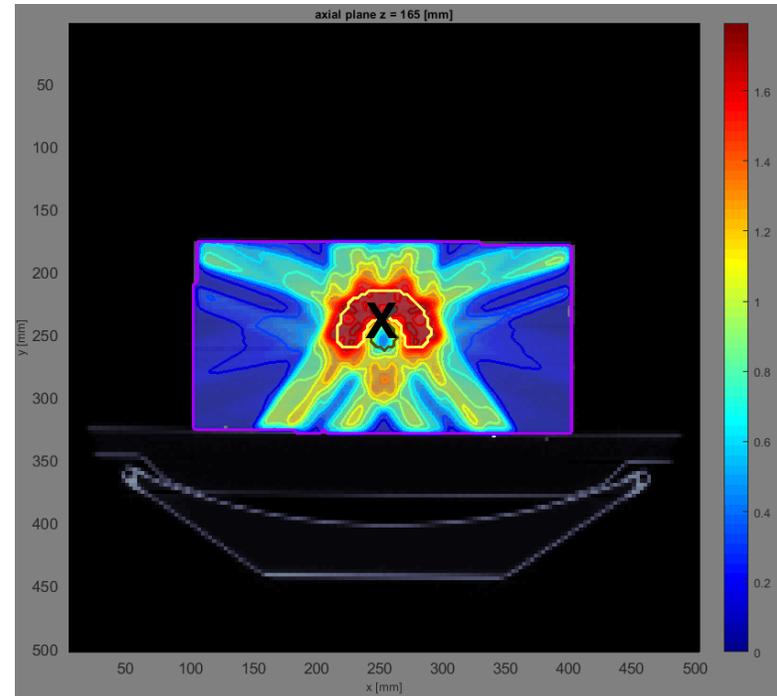
Nel seguito sono riportate anche le dosi per i 7 fasci.

# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA)

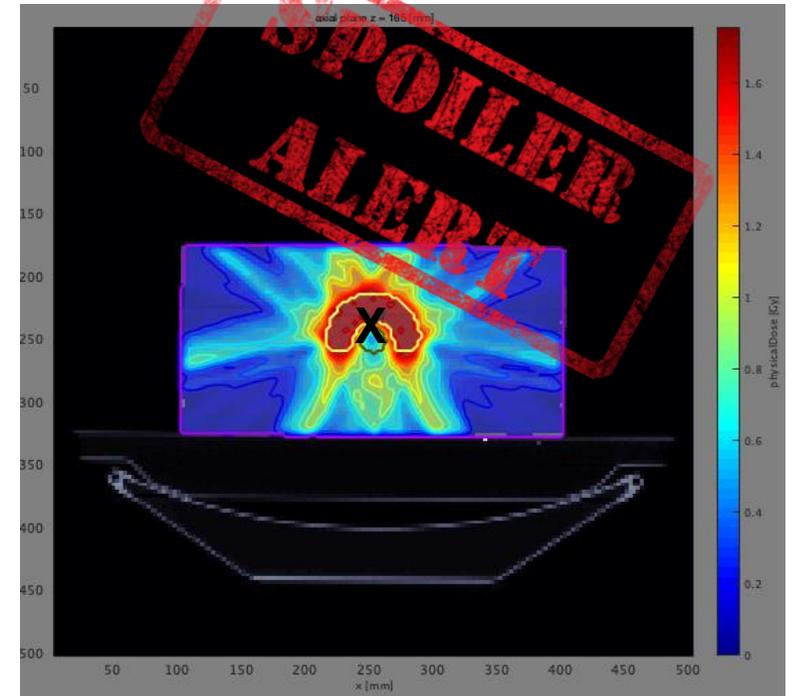
– piano 1, confronto tra i piani



1 angle (every  $0^\circ$ )



5 angles (every  $72^\circ$ )



7 angles (every  $51.4^\circ$ )

LEGENDA: zone rosse = alte dosi, zone blu = basse dosi, zone grige = assenza di dose

# Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA) – e se passiamo agli adroni?!

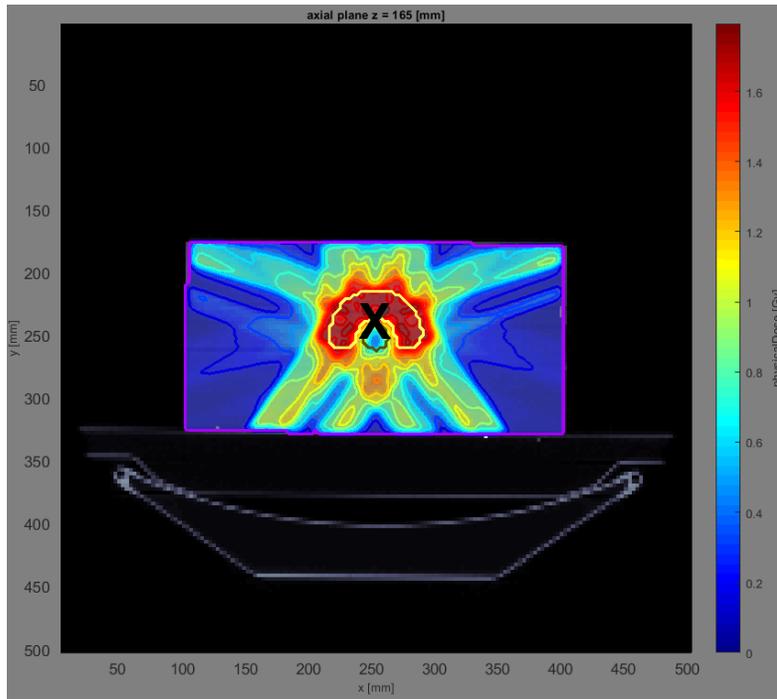
Provare il trattamento del TG119 sia con protoni che con ioni carbonio, considerando il singolo fascio (primo piano con fotoni) che i 5 fasci equidistanti (secondo piano con fotoni).



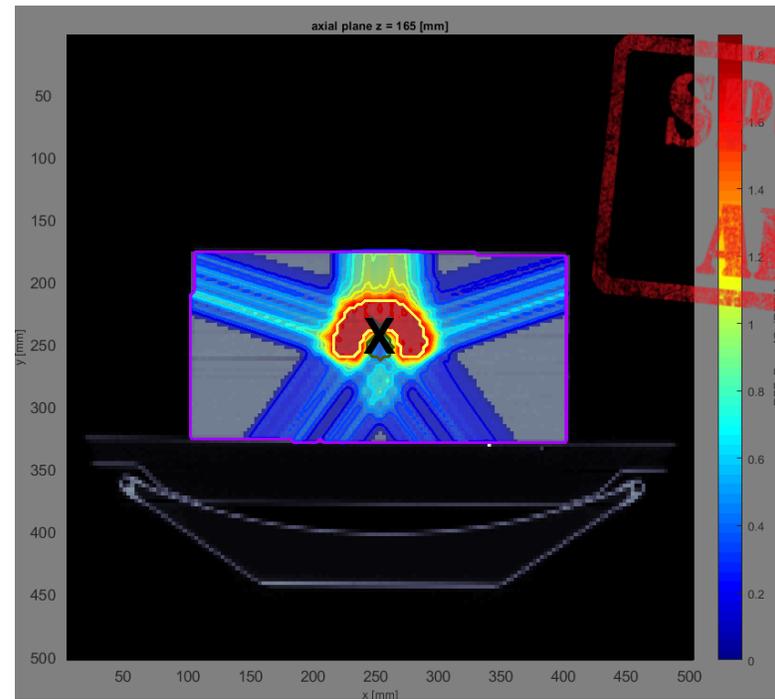
Esempi 1: fantoccio TG119 o C-phantom (QA)  
– e se passiamo agli adroni?!



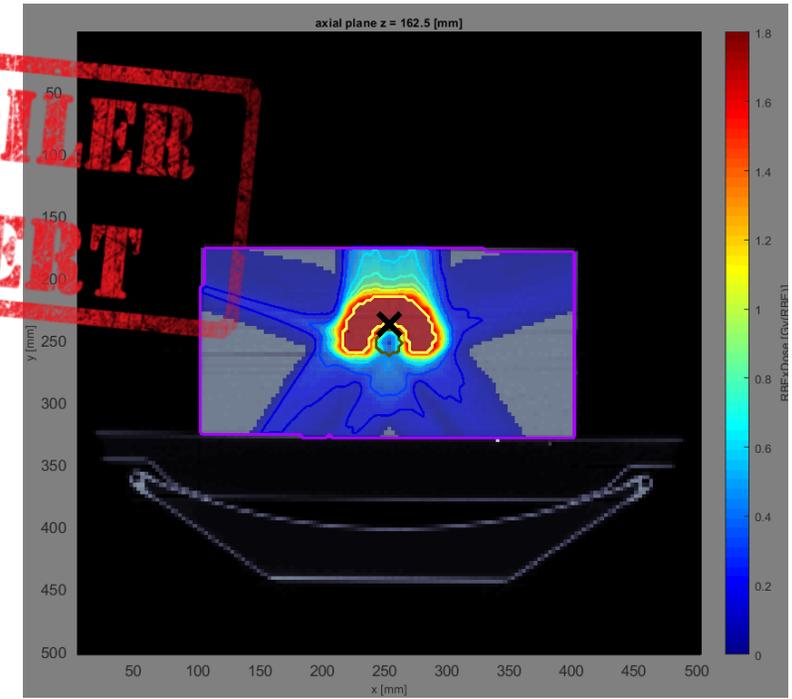
# Confronto tra fotoni, protoni e ione carbonio, 5 fasci



Photons



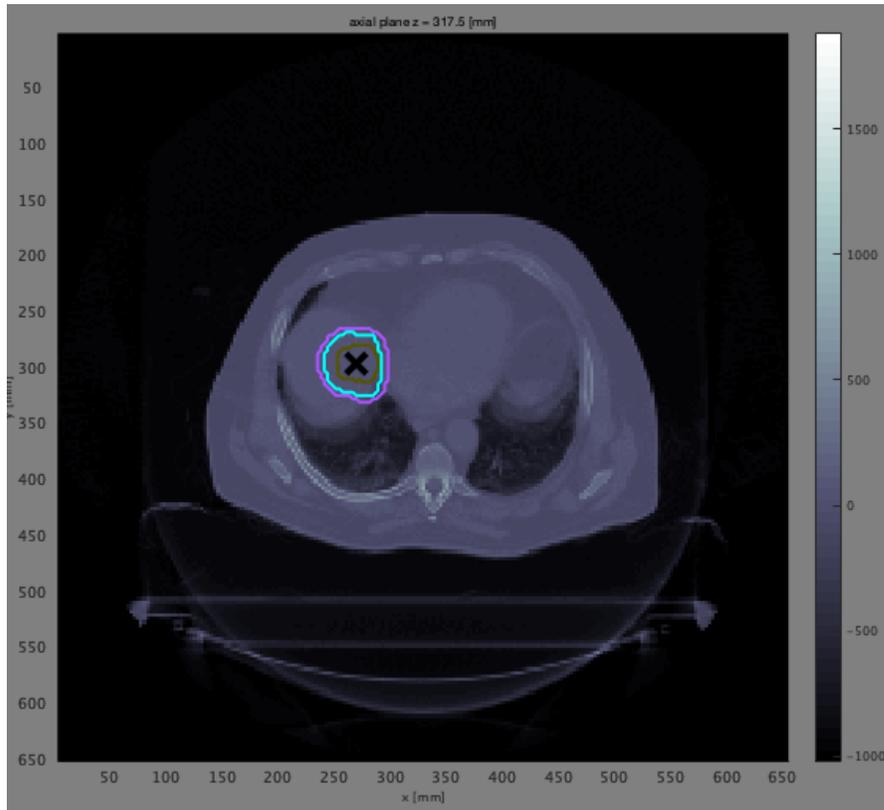
Protons



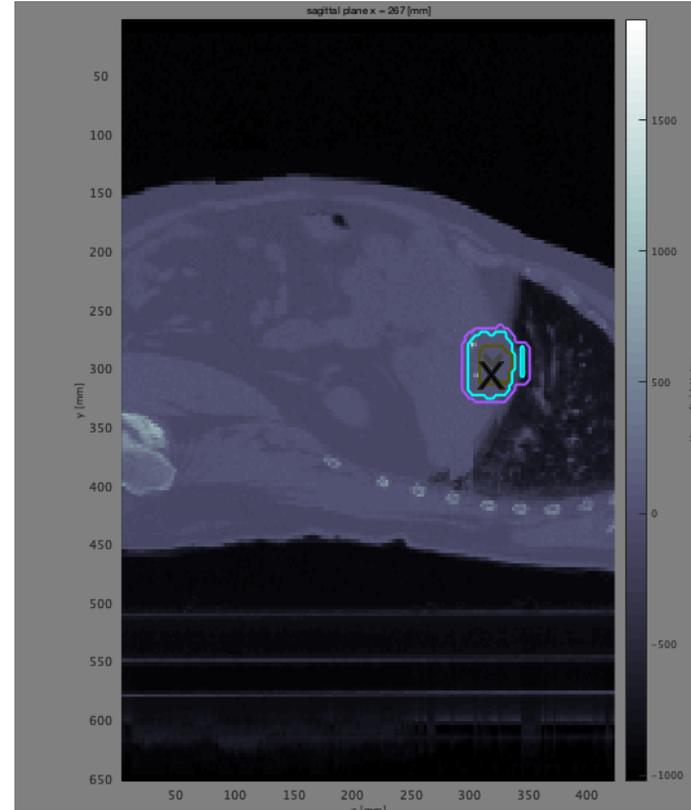
Carbon ions

LEGENDA: zone rosse = alte dosi, zone blu = basse dosi, zone grige = assenza di dose

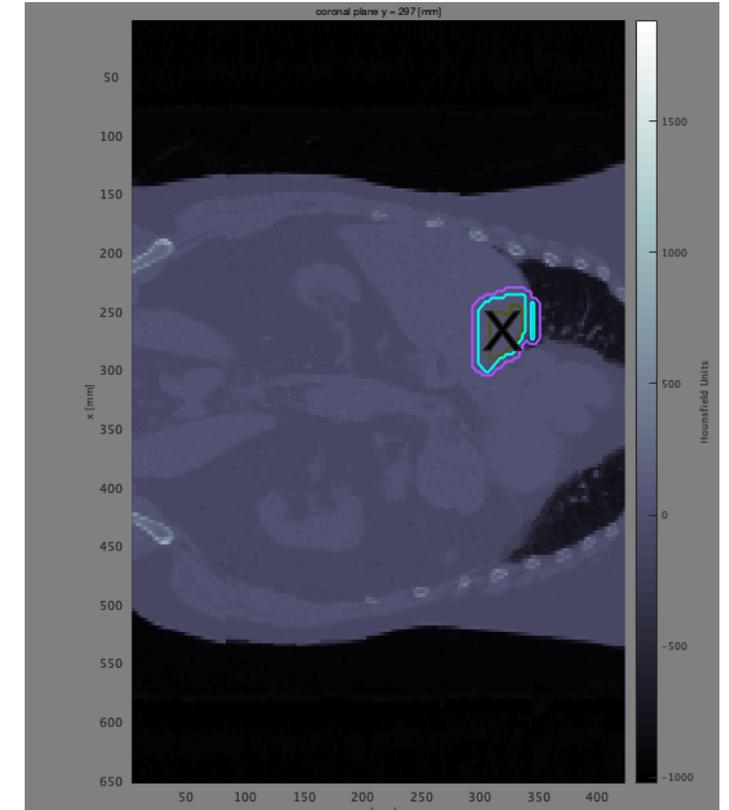
# Esempio 2: tumore al fegato (caso clinico)



Axial



Sagittal



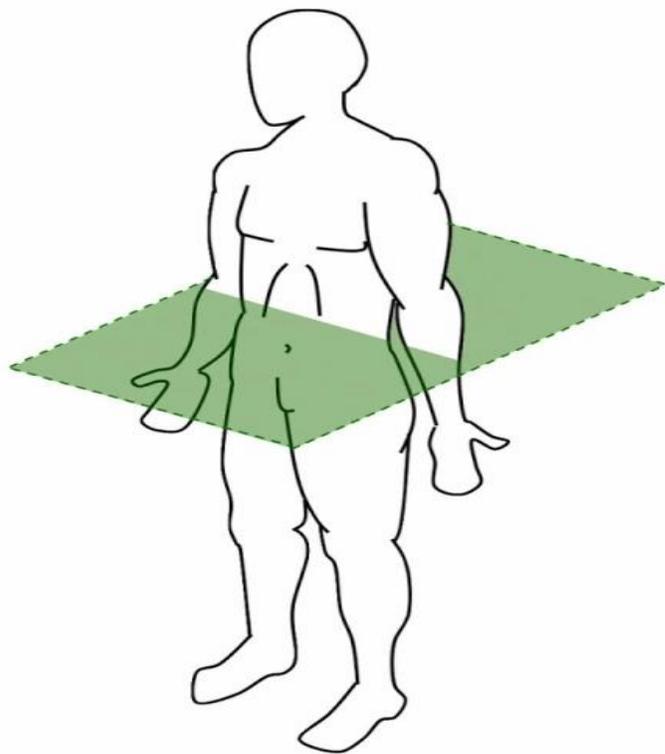
Coronal

Per chiarezza, abbiamo visualizzato solo GTV, CTV e PTV. Meglio non includere tutti gli organi per non appesantire troppo il calcolo.

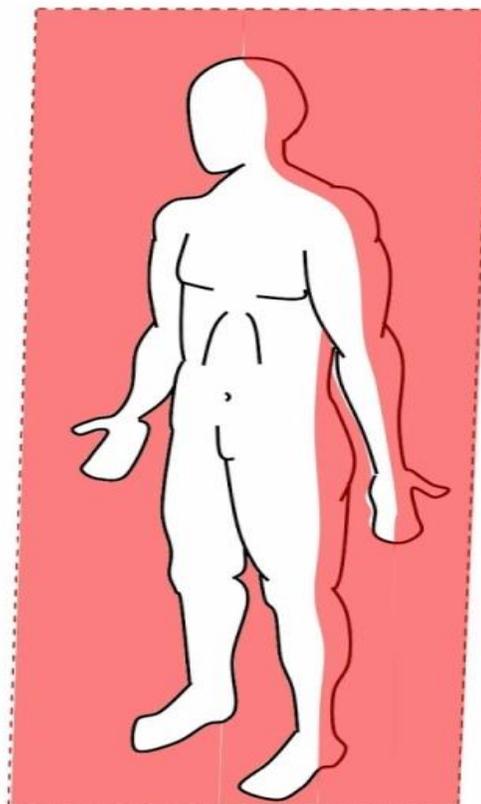
Per vedere le 3 proiezioni agire sul pannello di visualizzazione.

# RICHIAMO DI ANATOMIA: PIANI ANATOMICI

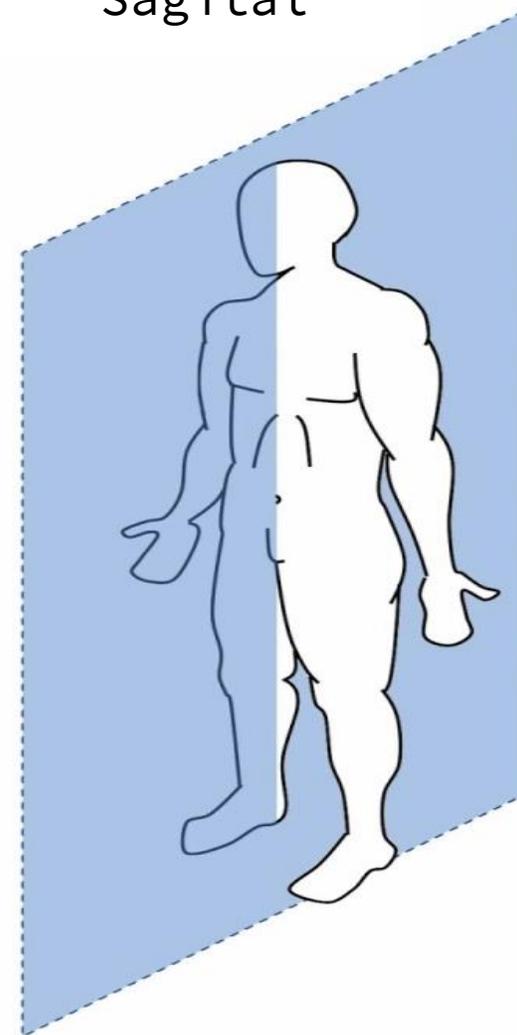
Axial



Coronal



Sagittal



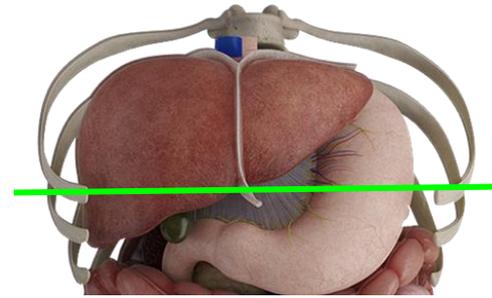
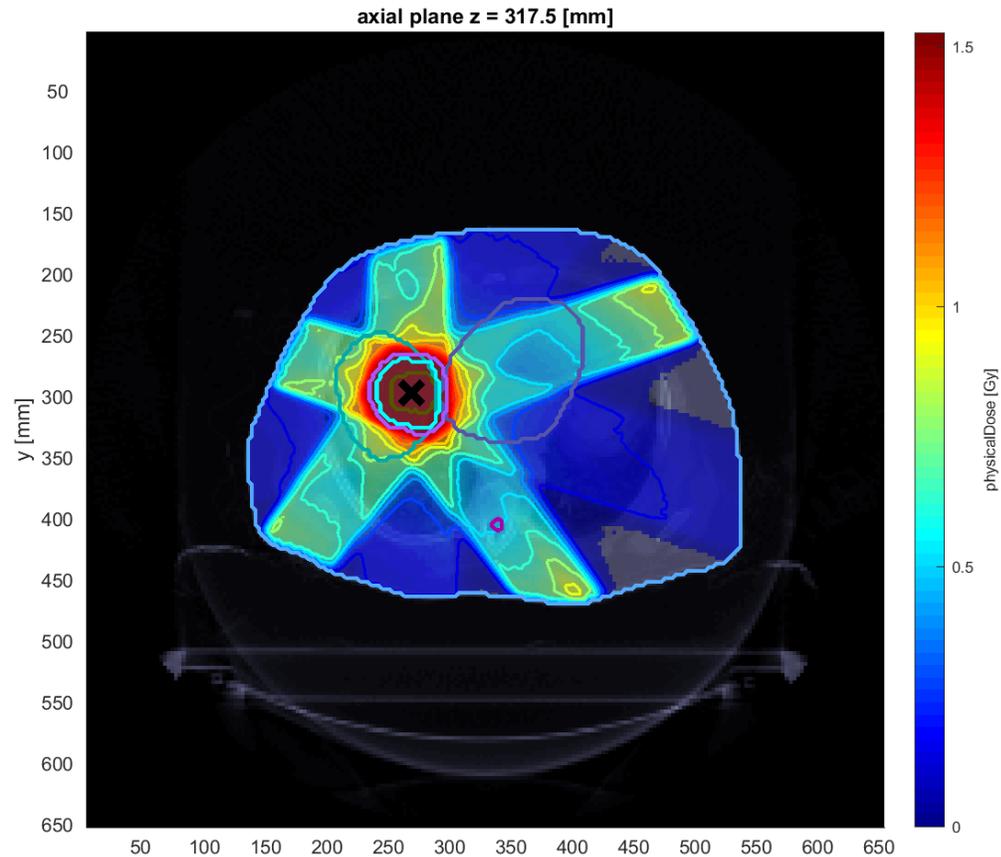
# Esempio 2: tumore al fegato (caso clinico)

1. Provate a definire un piano di trattamento a 5 fasci di fotoni, prima con distribuzione regolare sui  $360^\circ$ , poi nell'intervallo  $180^\circ$ - $360^\circ$ . Confrontando le mappe di dose, i DVH e i fattori di qualità, cosa possiamo concludere?
2. Provate a definire un piano di trattamento a fascio singolo (per esempio @ $315^\circ$ ) con protoni.
3. Ripetere le impostazioni del piano con protoni ma usando gli ioni carbonio.
4. Che differenze possiamo osservare?

Esempio 2a: 5 fasci distribuiti su  $0^{\circ}$ - $359^{\circ}$



# Esempio 2a: 5 fasci distribuiti su $0^{\circ}$ - $359^{\circ}$

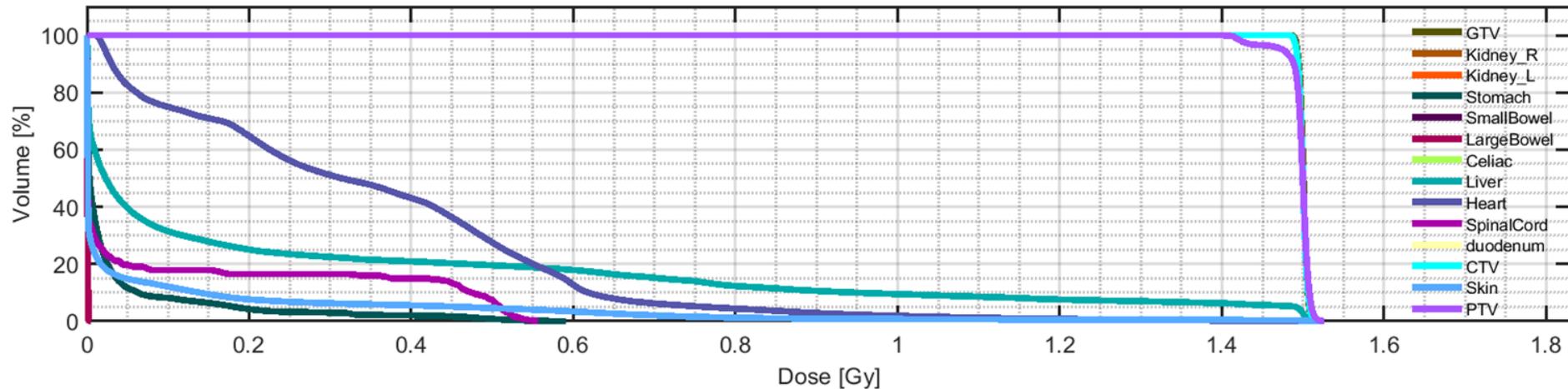


ATTENZIONE: la regione irraggiata contiene moltissimi organi diversi. Questo piano è davvero il migliore?

NB: un singolo piano NON Pu0' risolvere tutti i casi!

**SPOILER  
ALERT**

# Esempio 2a: 5 fasci distribuiti su 0°-359°



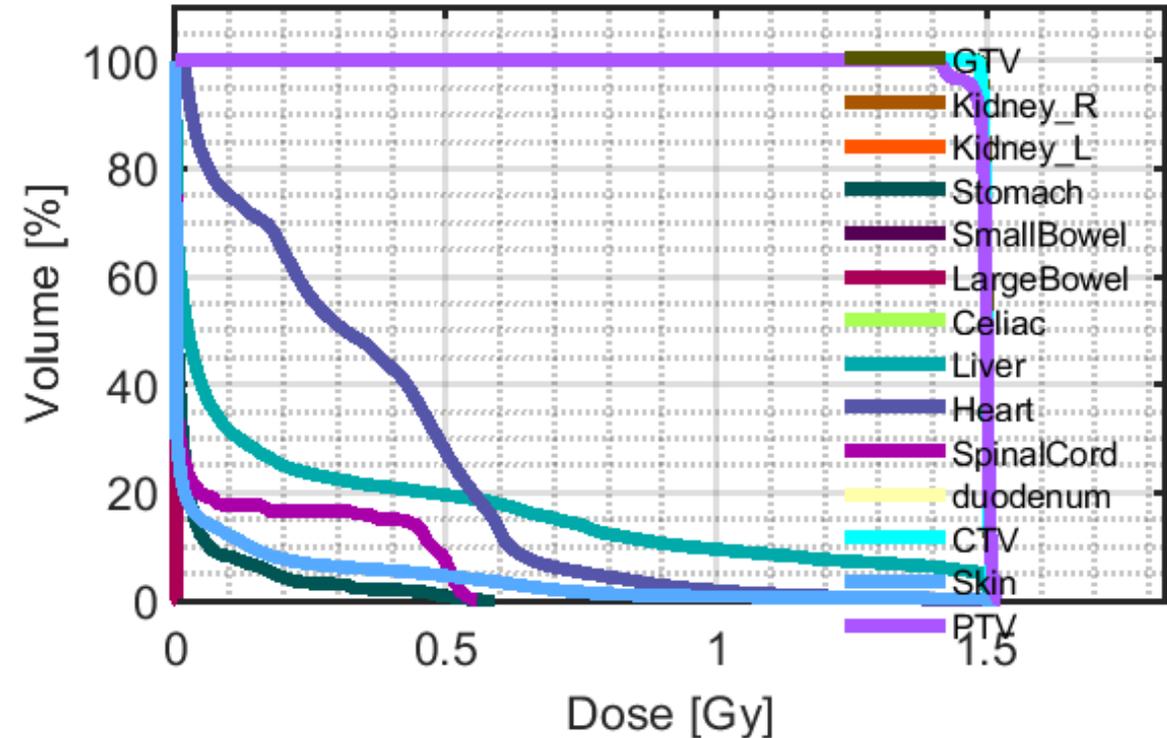
Per visualizzare meglio i DVH, riduciamo le strutture su cui facciamo il calcolo => Structure Visibility -> True solo su: fegato, PTV, CTV, GTV, 1 o 2 organi adiacenti (es. cuore e stomaco), midollo spinale e pelle. Ripetere il trattamento e rivisualizzare i DVH, etc...

	max	min	mean	std
GTV	1.5172	1.4871	1.5005	0.0044
Kidney_R	0	0	0	0
Kidney_L	0	0	0	0
Stomach	0.5919	0	0.0308	0.0836
SmallBowel	0	0	0	0
LargeBowel	0.0051	0	9.4490e-06	1.5622e-04
Celiac	0	0	0	0
Liver	1.5270	0	0.2438	0.4349
Heart	1.5090	0.0085	0.3399	0.2584
SpinalCord	0.5577	0	0.0851	0.1779
duodenum	0	0	0	0
CTV	1.5198	1.4840	1.5000	0.0049
Skin	1.5270	0	0.0569	0.1822

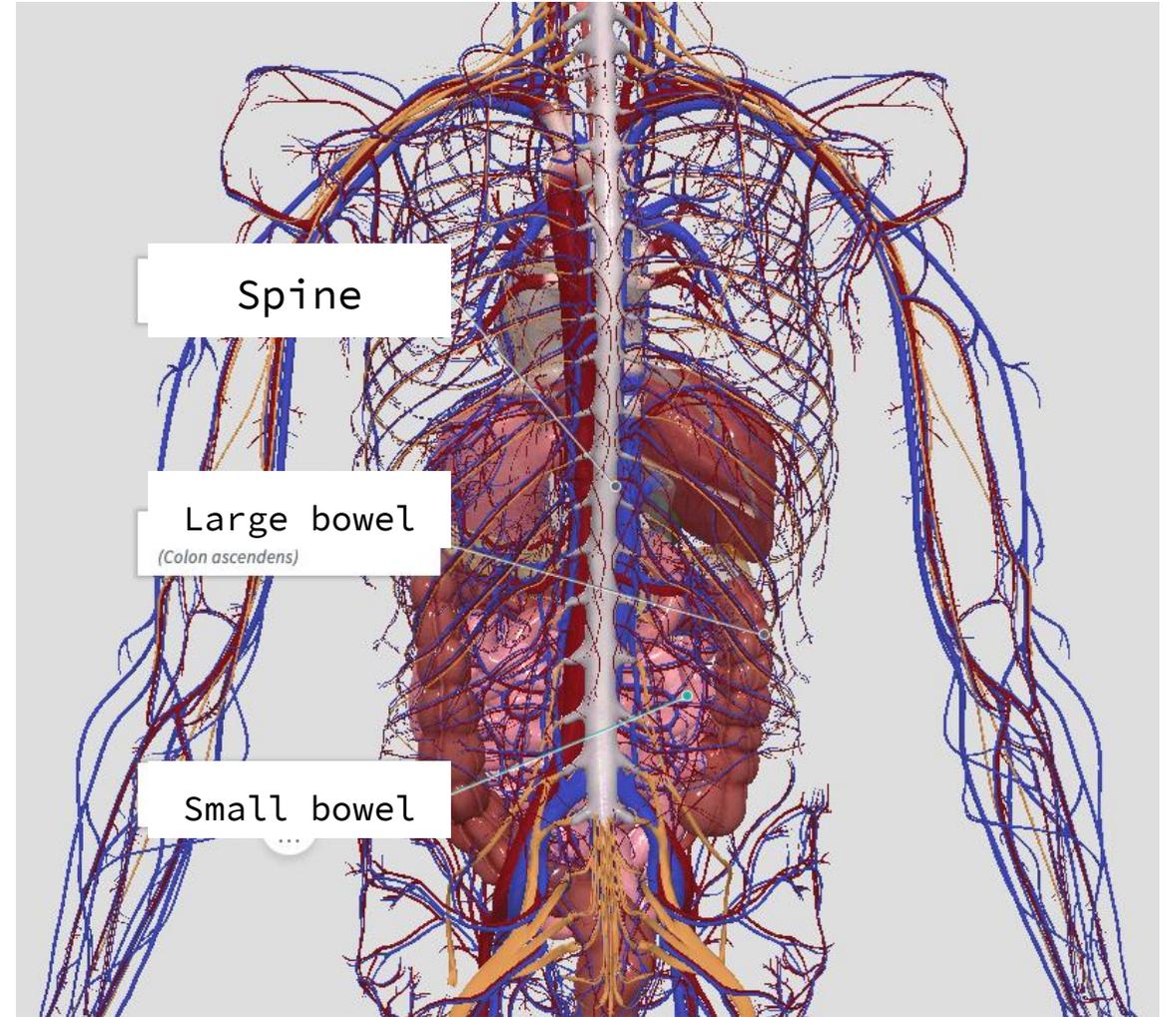
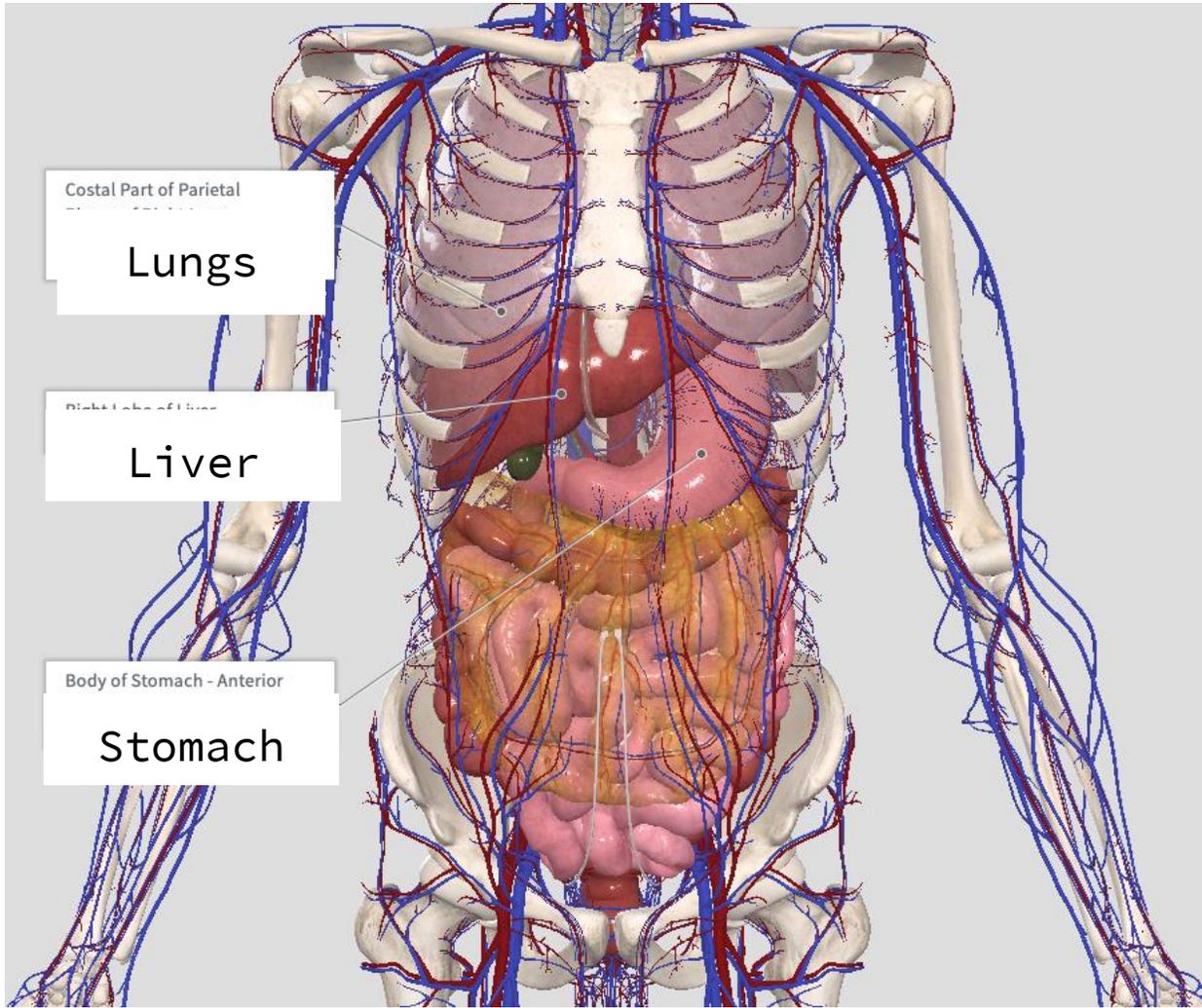
# Esempio 2a: 5 fasci distribuiti su 0°-359°

Con il DVH ripulito possiamo vedere meglio che:

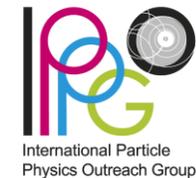
1. La dose è bassa nella maggior parte della pelle.
2. Abbastanza bassa nella maggior parte del midollo.
3. Abbastanza bassa nella maggior parte del stomaco.
4. GTV, PTV e CTV sono abbastanza sovrapposti. La radiazione viene distribuita in maniera intensa ed omogenea in tutti i volumi target.



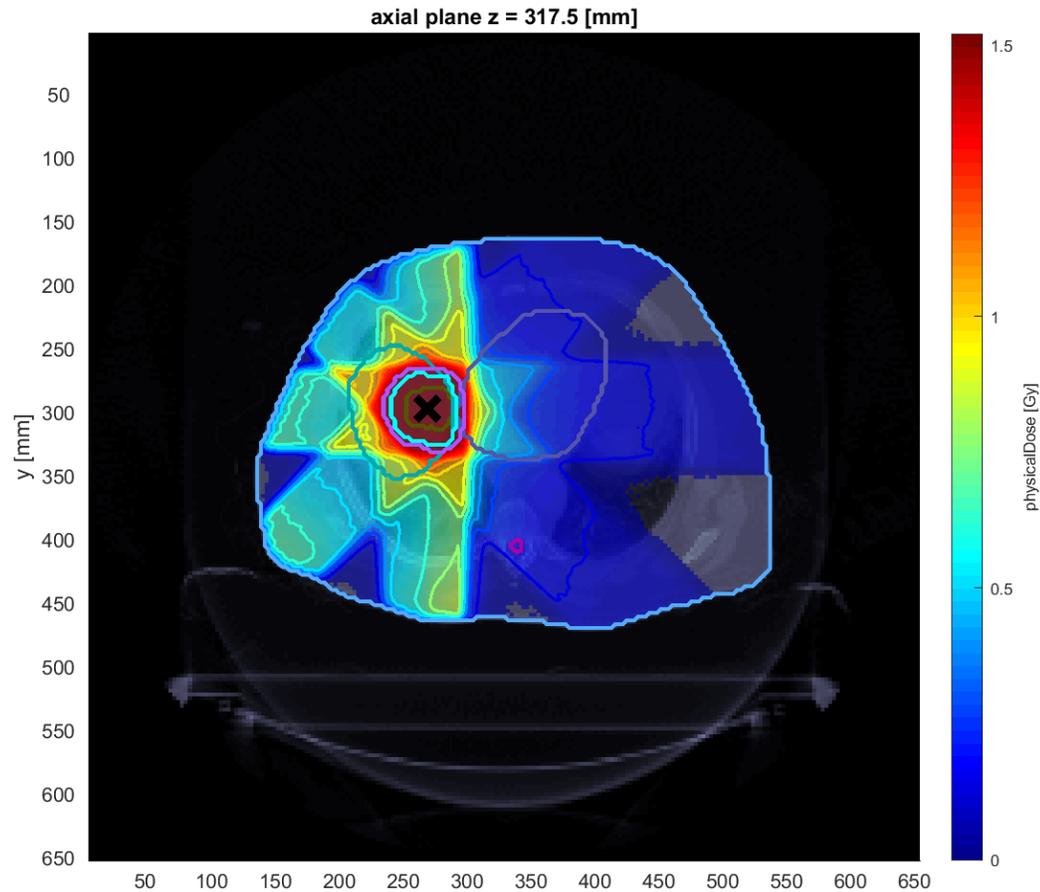
# (REMINDER DI ANATOMIA)



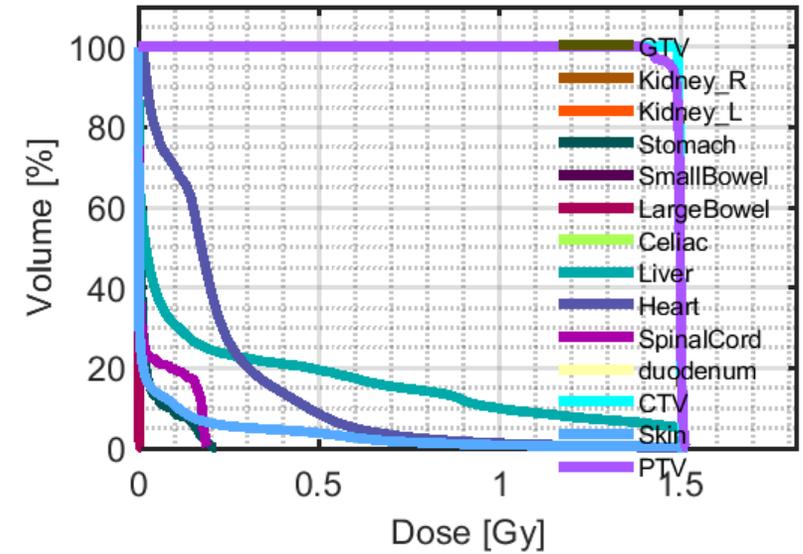
## 4. PLAN B: RIGHT SIDE OF THE ABDOMEN



# Esempio 2b: 5 fasci distribuiti su 180°-359°

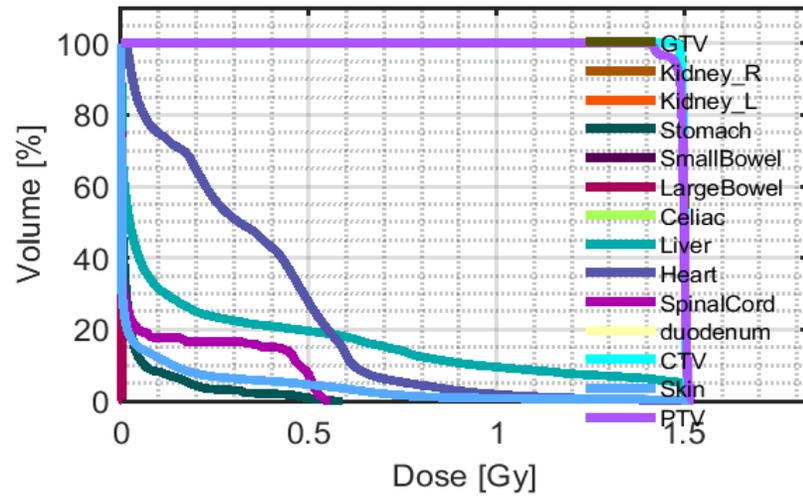


**SPOILER  
ALERT**

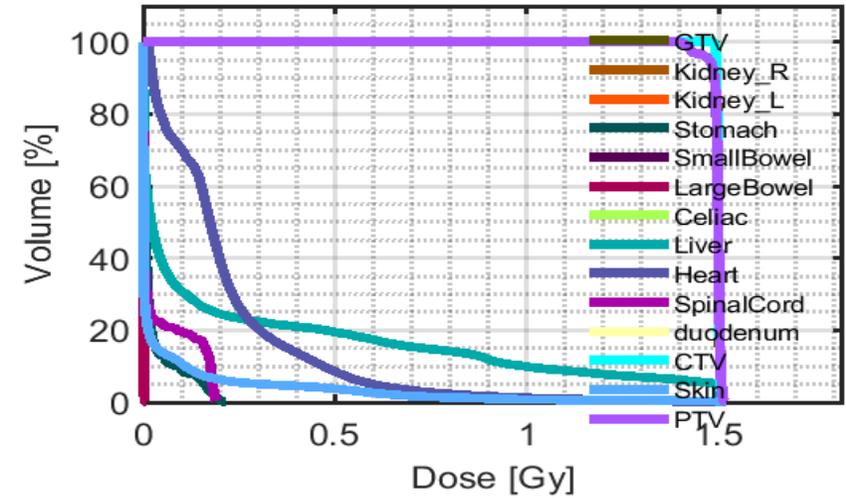


	max	min	mean	
GTV	1.5103	1.4874	1.4998	^
Kidney_R	0	0	0	
Kidney_L	0	0	0	
Stomach	0.2166	0	0.0232	
SmallBowel	0	0	0	
LargeBowel	0.0097	0	1.3198e-04	
Celiac	0	0	0	
Liver	1.5206	0	0.2458	
Heart	1.5045	0.0082	0.2159	
SpinalCord	0.1910	0	0.0372	
duodenum	0	0	0	v

# Esempio 2a vs 2b



	max	min	mean	std
GTV	1.5172	1.4871	1.5005	0.0
Kidney_R	0	0	0	
Kidney_L	0	0	0	
Stomach	0.5919	0	0.0308	0.0
SmallBowel	0	0	0	
LargeBowel	0.0051	0	9.4490e-06	1.5622e
Celiac	0	0	0	
Liver	1.5270	0	0.2438	0.4
Heart	1.5090	0.0085	0.3399	0.2
SpinalCord	0.5577	0	0.0851	0.1
duodenum	0	0	0	



	max	min	mean	
GTV	1.5103	1.4874	1.4998	^
Kidney_R	0	0	0	
Kidney_L	0	0	0	
Stomach	0.2166	0	0.0232	
SmallBowel	0	0	0	
LargeBowel	0.0097	0	1.3198e-04	
Celiac	0	0	0	
Liver	1.5206	0	0.2458	
Heart	1.5045	0.0082	0.2159	
SpinalCord	0.1910	0	0.0372	
duodenum	0	0	0	v

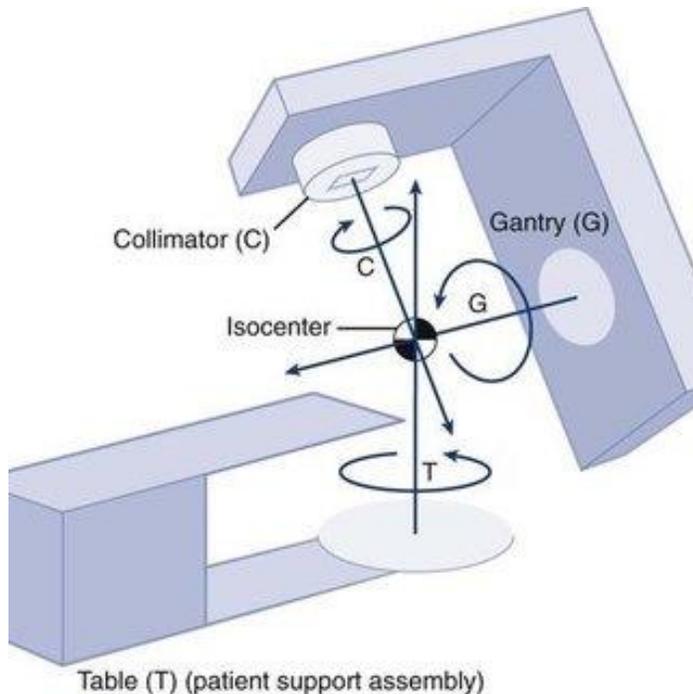
Minor dose agli OAR (alcuni) perché mi sono concentrata solo sull'emisfero interessato dalla malattia.

FACOLTATIVO: CASO CLINICO DELL'HEAD&NECK (SULLA FALSARIGA DEL CASO DEL FEGATO)

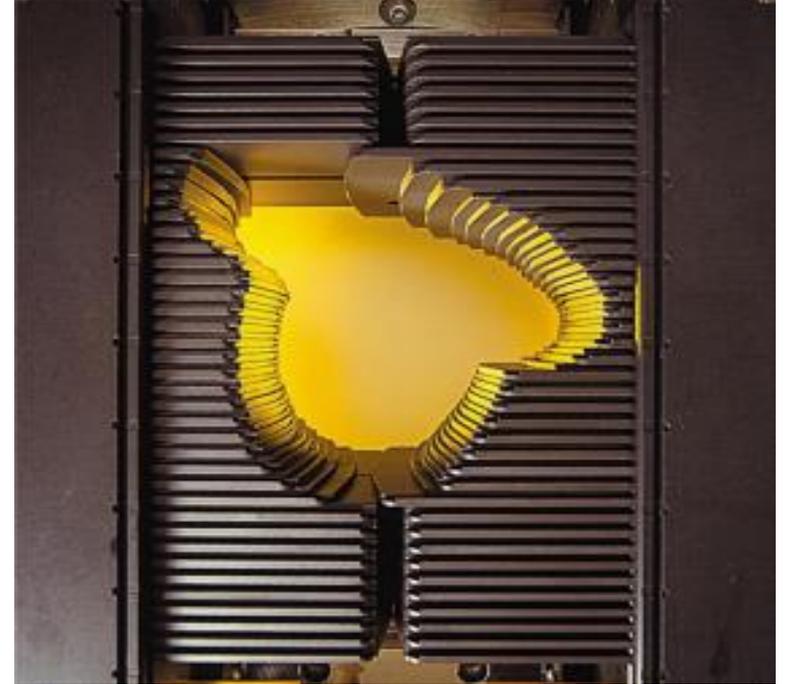
# I parametri del piano

Il collimatore dà una forma specifica alla sezione del fascio in modo che coincida con il profilo del volume obiettivo che deve essere irraggiato.

Noi lavoreremo sempre con l'opzione disattivata.



*Collimator and target shaping*

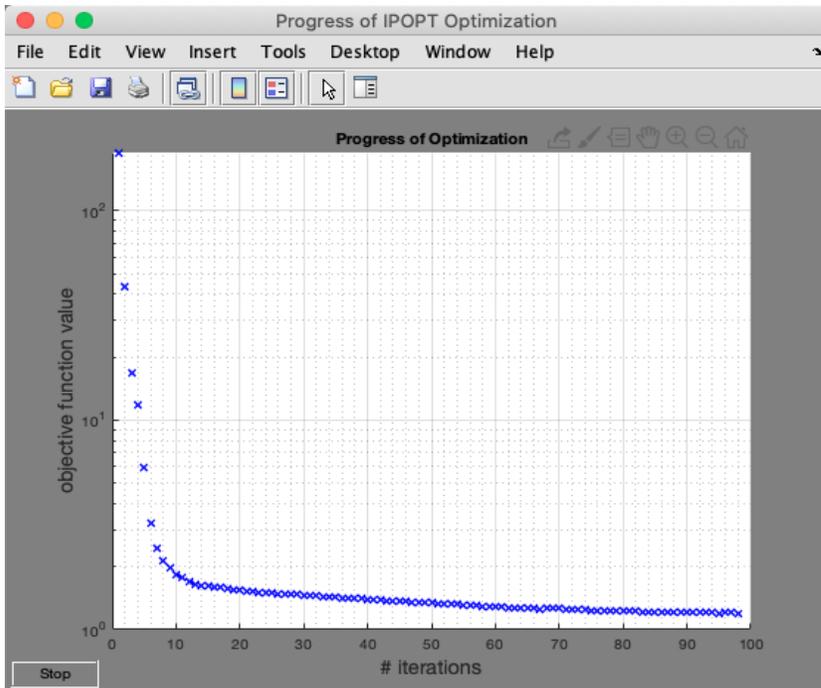


L'isocentro è il punto attraverso cui passa il centro del fascio (a qualunque inclinazione).

Per semplicità gli sviluppatori della versione demo che useremo consigliano di non dare angoli diversi da 0 al lettino.

# Il workflow della simulazione – la funzione esponenziale

Il tasto di ottimizzazione ottimizza un problema di ottimizzazione con vincolo non lineare mediante un algoritmo a punto interno. La funzione obiettivo e i vincoli sono costruiti a partire dagli obiettivi fissati nel pannello O&C.

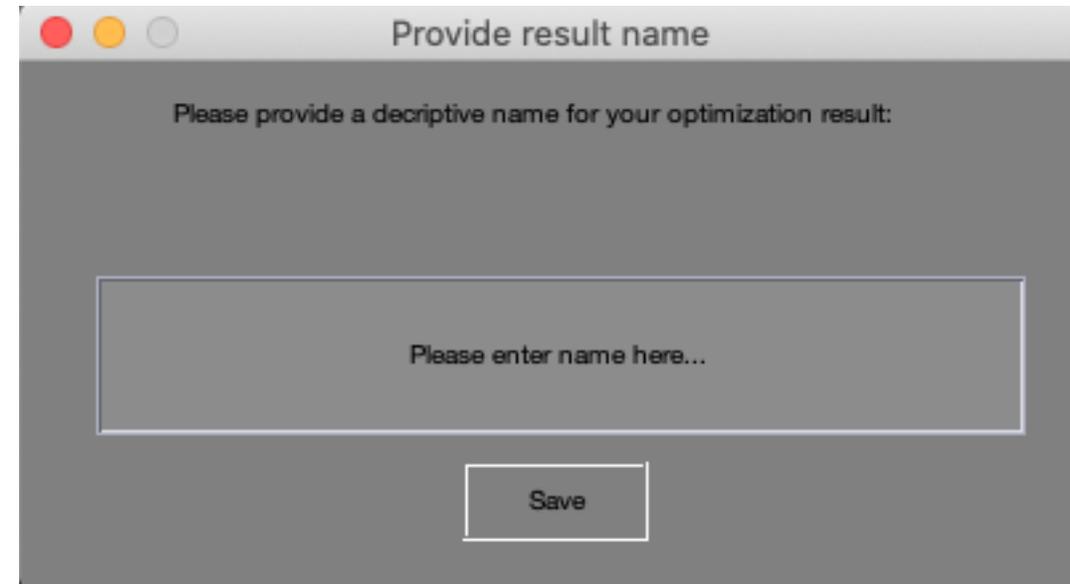
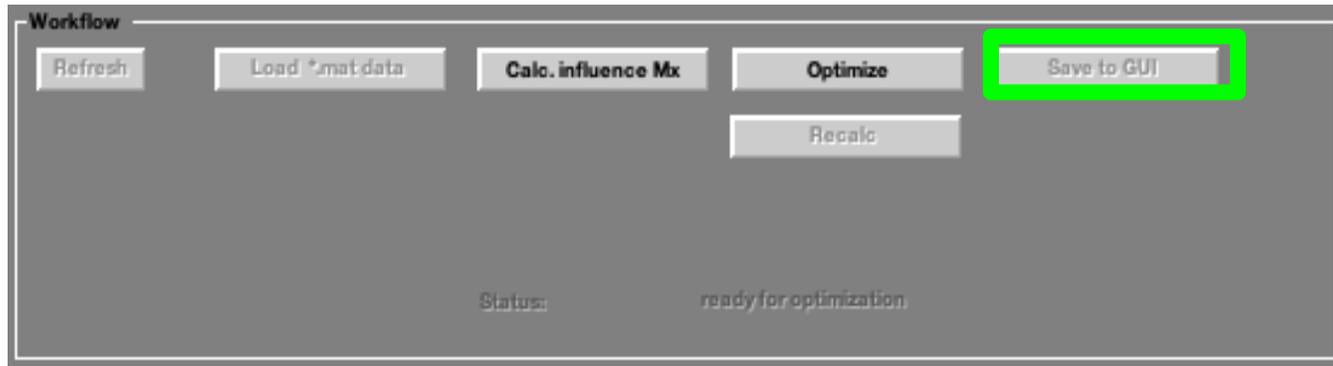


Objectives & constraints						
+/-	VOI name	VOI type	OP	Function	p	Parameters
-	Core	OAR	2	Squared Overdosing	300	$d^{max}$ : 25
-	OuterTarget	TAR...	1	Squared Deviation	1000	$d^{ref}$ : 50
-	BODY	OAR	3	Squared Overdosing	100	$d^{max}$ : 30
+	Core					

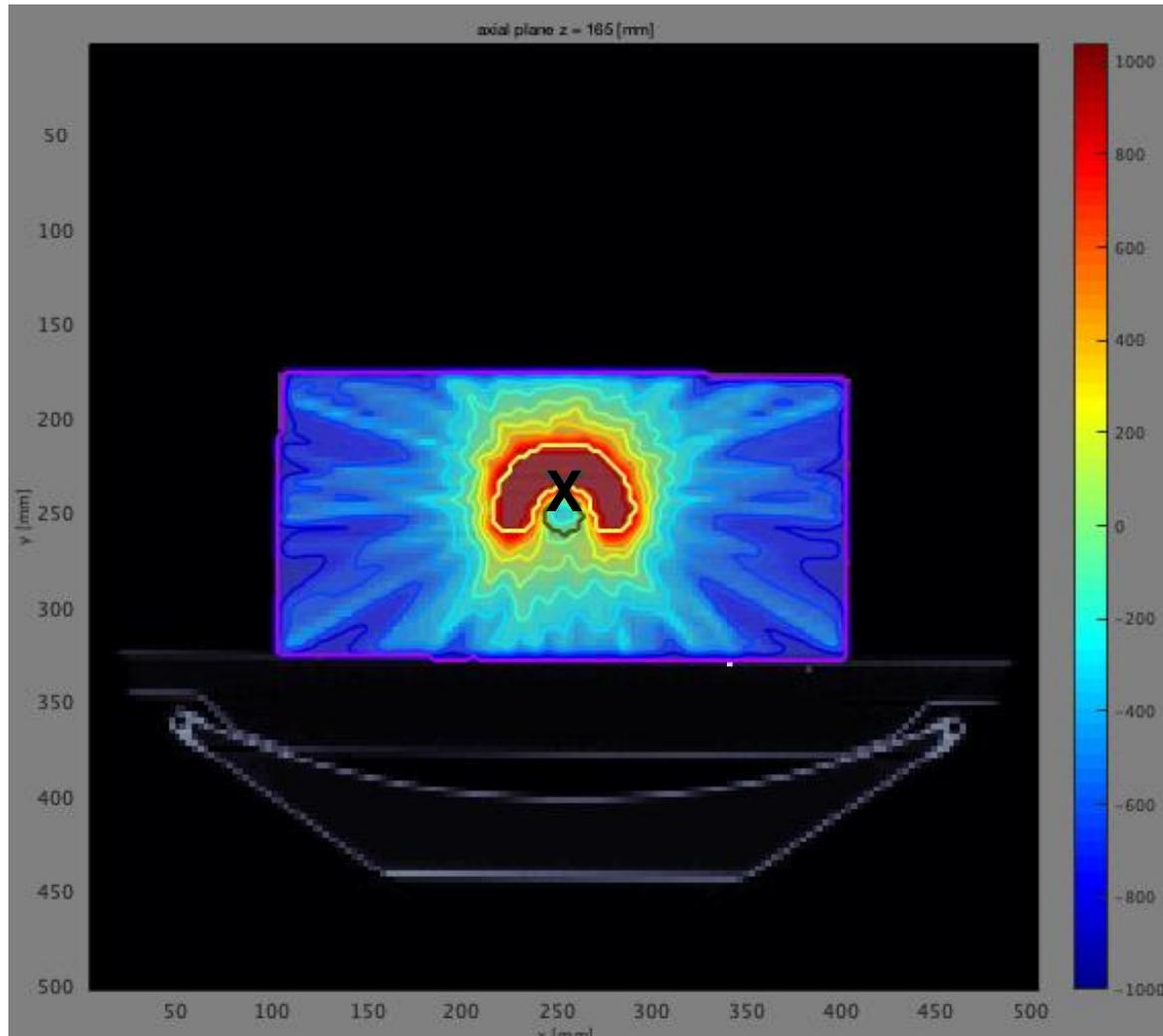
O&C includono gli organi di interesse (cioè il volume obiettivo), così come gli organi a rischio (e.g il corpo, il core, etc.) coinvolti nell'irraggiamento e dove non vogliamo distribuire una dose eccessiva.

# Il workflow della simulazione

**Save to GUI:** salva il set up di irraggiamento costruito chiedendo di nominare il file.



### 3.1.3 THE BEST PLAN WE FOUND



**15 angles**, every  $24^\circ$ : with 16 GB of RAM.

It is better to set an *odd* number of angles.

The beams are focused almost only in the c-shape of the target, which is the part that we want to irradiate.



ARISTOTLE  
UNIVERSITY OF  
THESSALONIKI

Instituto de  
Ciencias  
Nucleares  
UNAM



International Particle  
Physics Outreach Group

