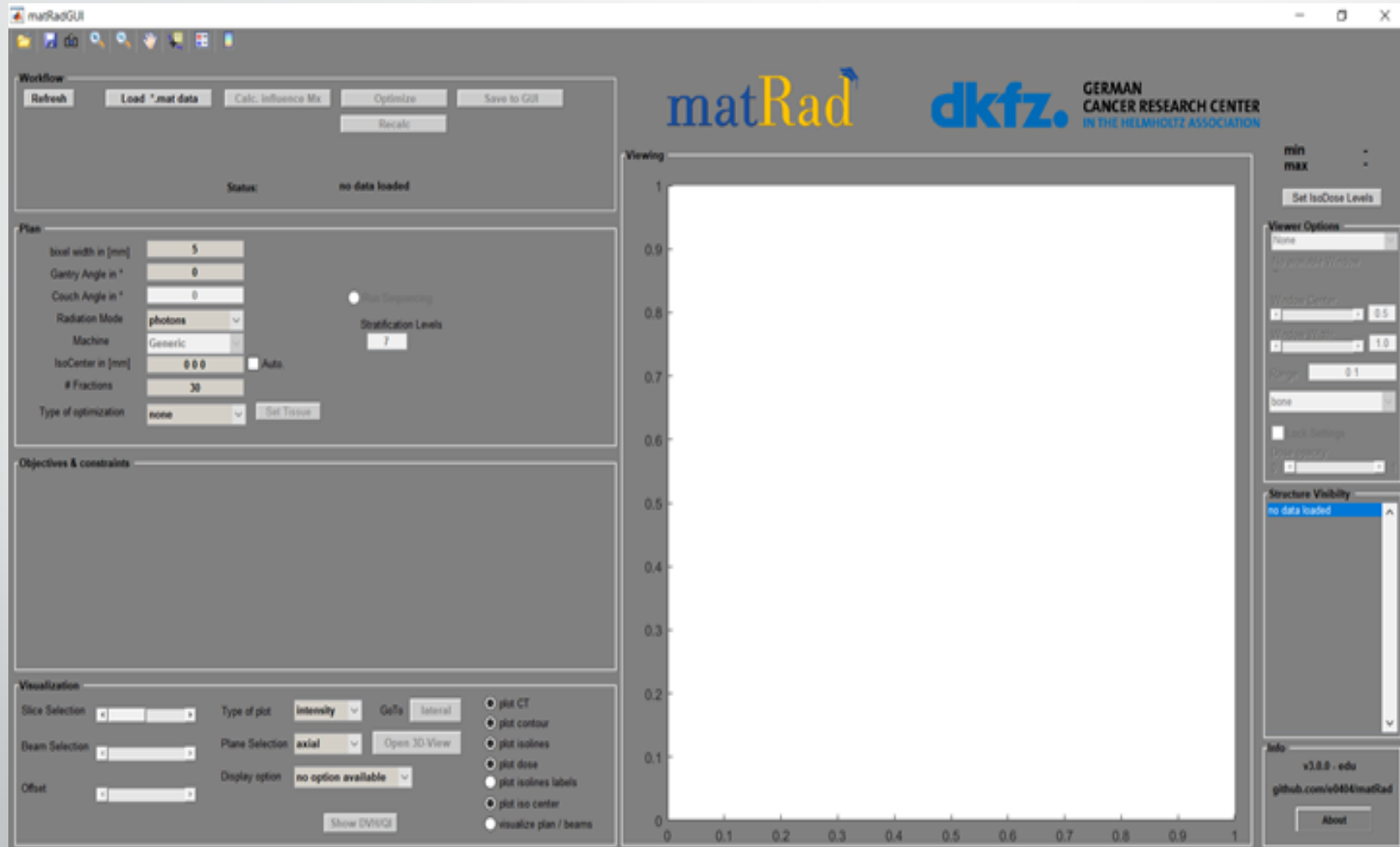




# SPINDULINIO GYDYMO PLANAVIMO ĮVADAS

**Dr. Jurgita Laurikaitienė**

**matRad** - tai programa skirta spindulinio gydymo planavimui, apšvitai naudojant fotonus, protonus arba anglies jonus.



# KĄ VEIKSIME?

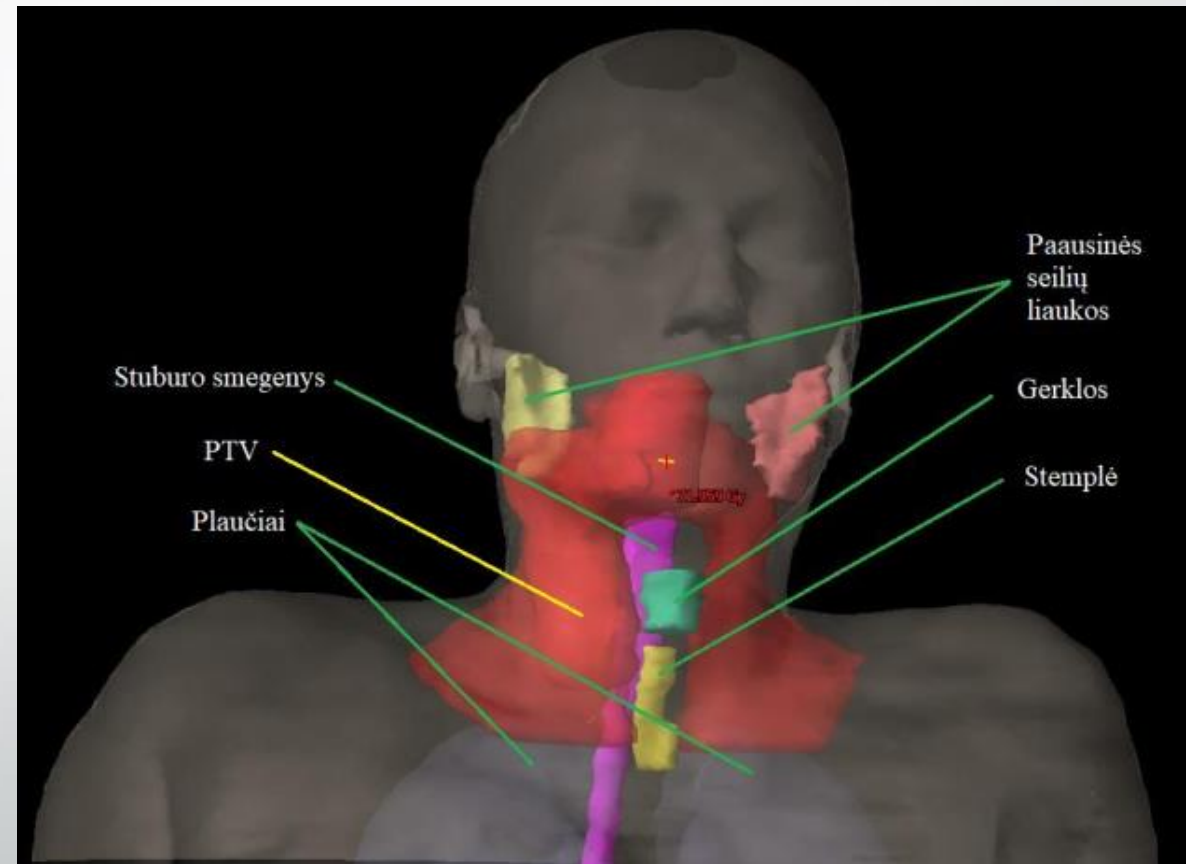
- Susipažinsime* su sąvokomis, kurios bus naudojamos programoje **matRad**.
- Paaiškinsime* programoje **matRad** naudojamų mygtukų funkcijas.
- Pademonstruosime*, kaip naudojantis programa **matRad**, suplanuoti **galvos ir kaklo** gydymą pacientui.
- Pateiksime* spindulinio gydymo planavimo užduotis, kurias savarankiškai planuosite, naudodamiesi programa **matRad**.
- Aptarsime* Jūsų gautus rezultatus.

# SAVOKOS

Įprastai pagal, gautus kompiuteriniu tomografo įrenginiu, žmogaus kūno anatominius vaizdus yra apibrėžiami švitinamos srities tūriai bei kritiniai organai:

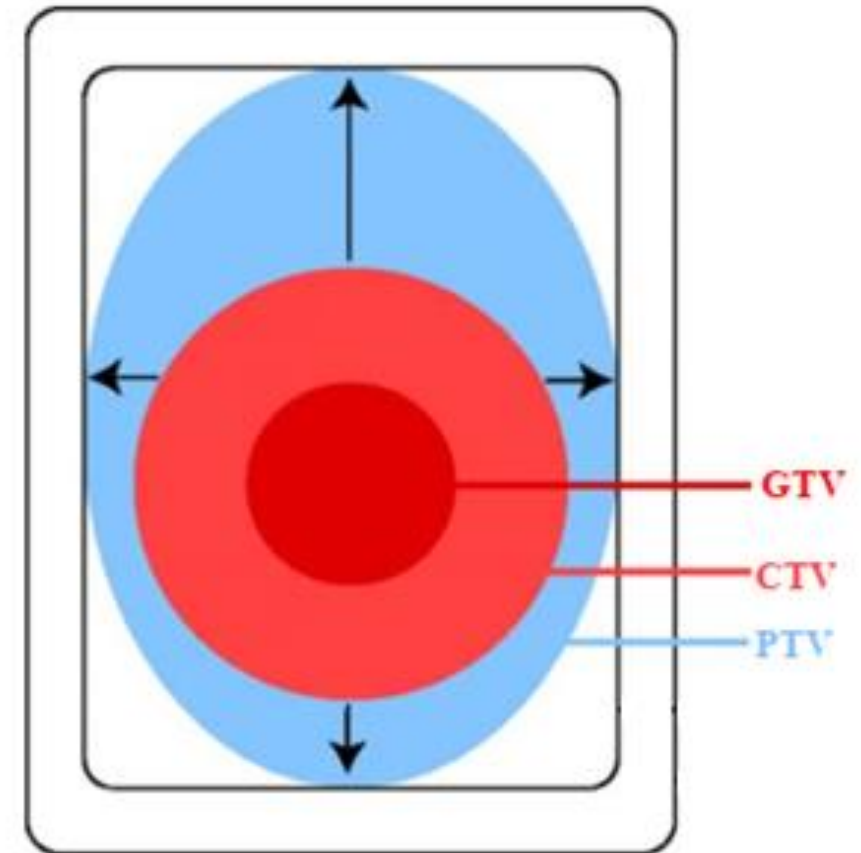
- ✓ naviko tūrio sritis (angl. *gross tumor volume* – **GTV**)
- ✓ klinikinis taikinio tūris (angl. *clinical target volume* – **CTV**)
- ✓ planuojamas taikinio tūris (angl. *planning target volume* – **PTV**)
- ✓ kritiniai organai (angl. *organs at risk*), tai struktūros, kurios įprastai yra daug jautresnės spinduliuotei nei kiti sveiki audiniai.

## Kritiniai organai bei planuojamo taikinio tūrio sritis



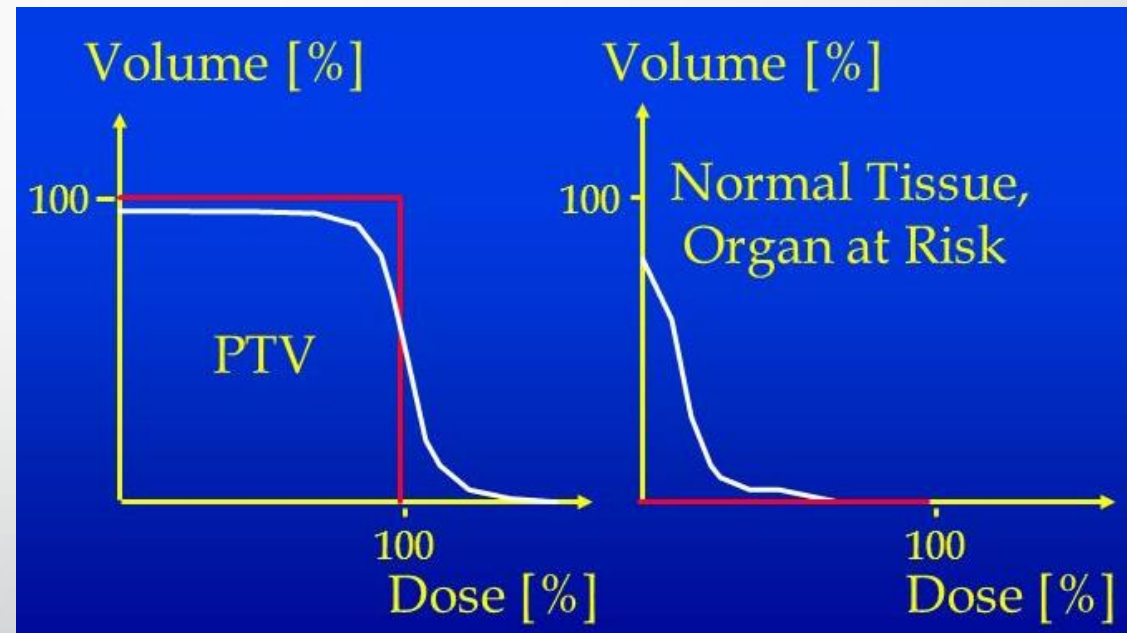
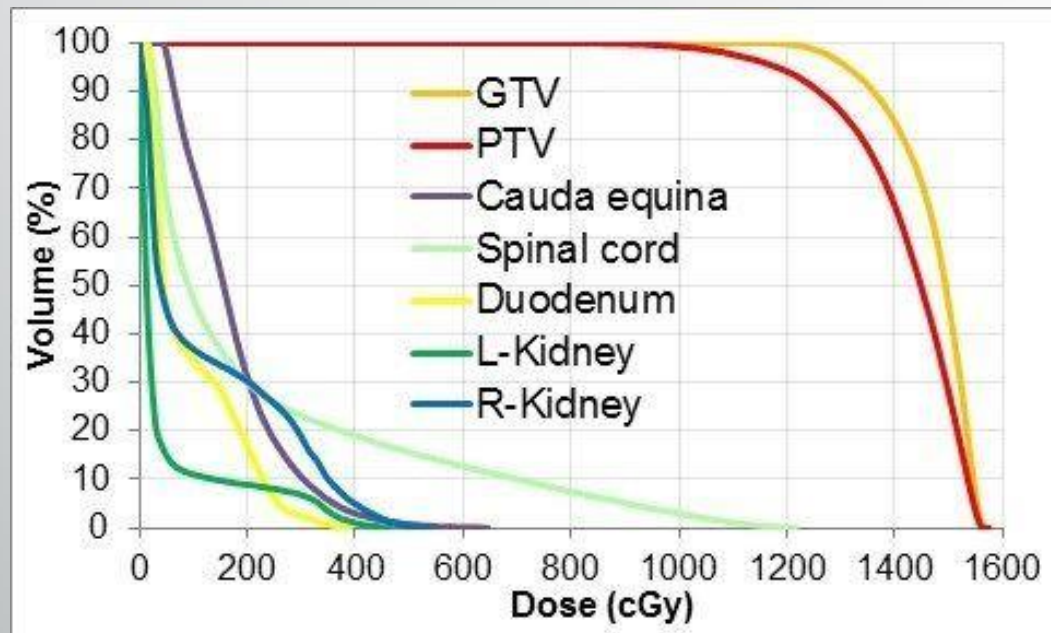
- ✓ **GTV** sritis, tai naviko tūris matomas iš atitinkamų vizualizavimo priemonių, pavyzdžiui, rentgeno nuotraukų ir/ar KT.
- ✓ **CTV** sritis, tai **GTV** sritis su sritimi įvertinančia galimas metastazavimo sritis, pavyzdžiui, limfmazgius.
- ✓ **PTV** sritis, tai apšvitos sritis, planuojant spindulinį gydymą švitinimo laukai parenkami taip, kad apimtų visą **PTV** sritį.

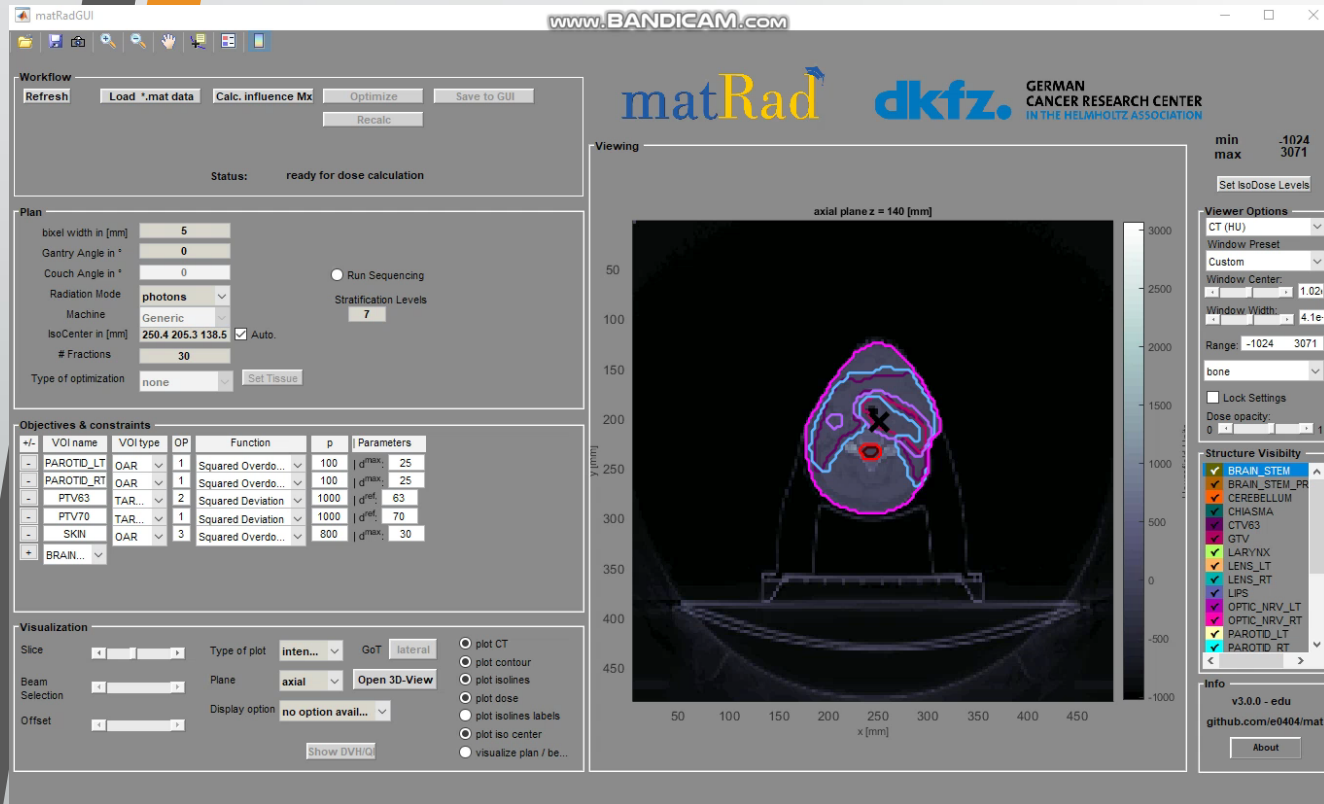
## Švitinamos srities tūriai



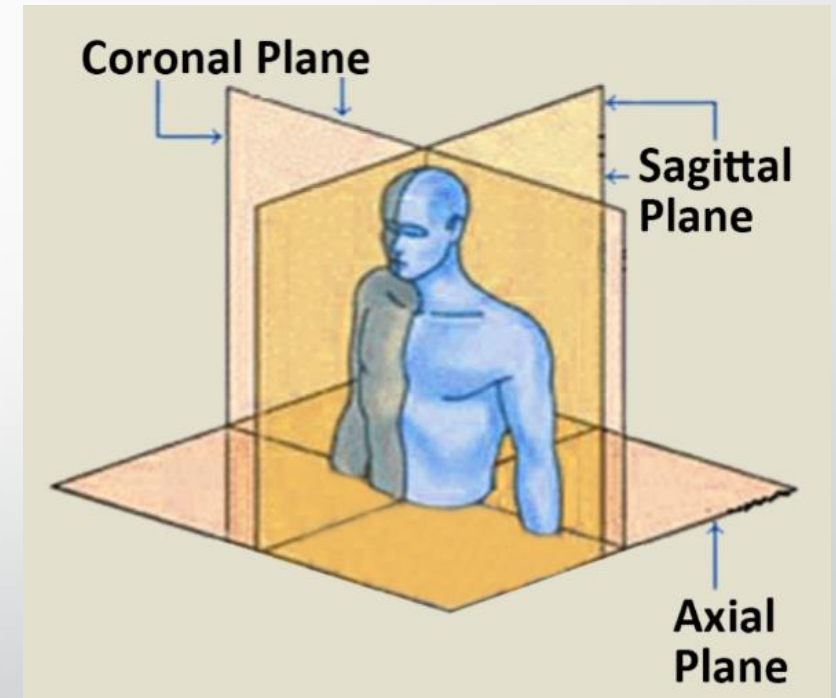
# SAVOKOS

**Dozės-tūrio histograma (DVH – angl. *dose volume histogram*).** Žinant kritinių organų tolerancijos lygius pagal tūrių dozines histogramas (DVH) yra galimybė įvertinti galimas kritinių organų reakcijas.



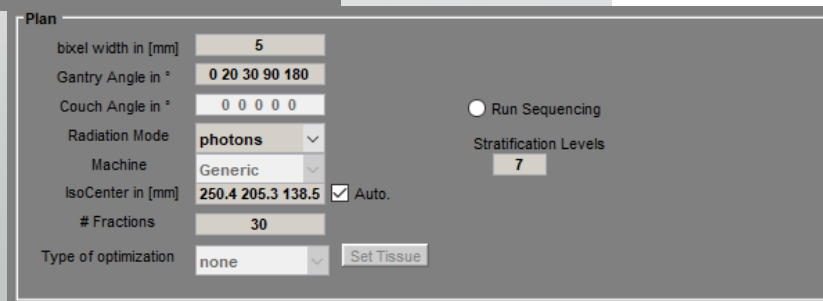
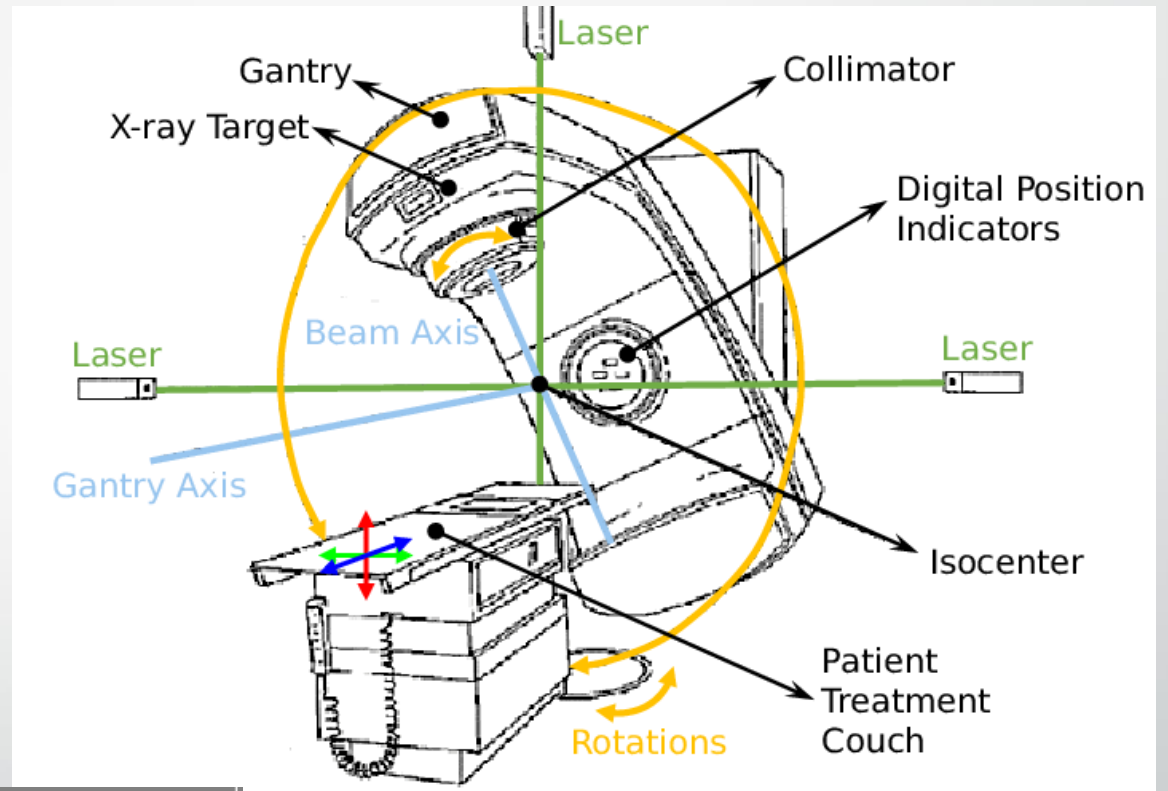
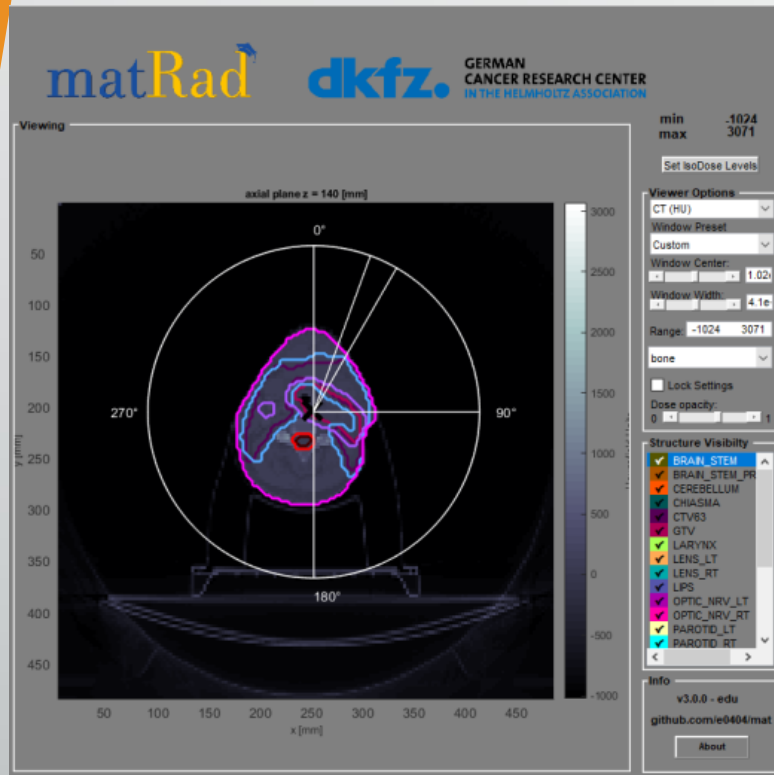


## Koronarinė, sagitalinė ir aksialinė plokštumos



# PLANAVIMAS PROGRAMA matRad

Programos matRad informaciniai langai bei įrenginio sukimosi ašys



Literatūra:

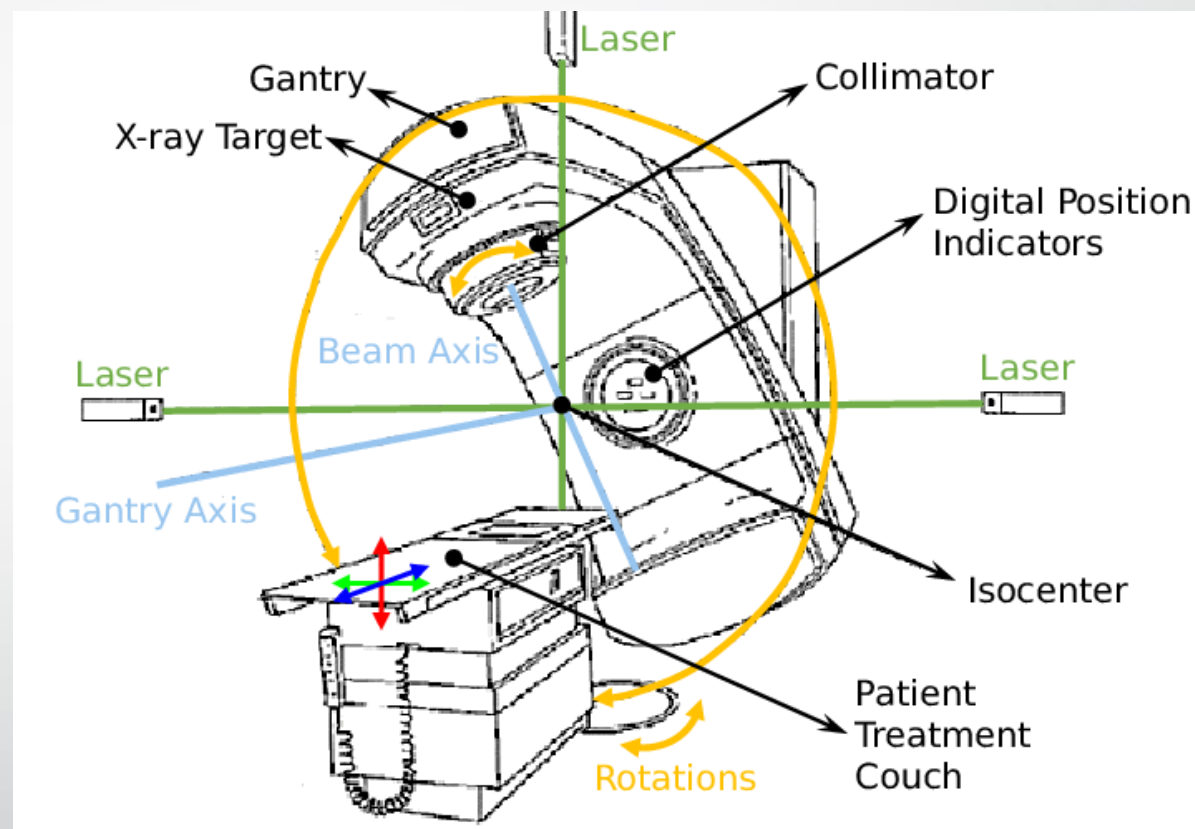
[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-depiction-of-a-linear-accelerator-LINAC-used-in-External-Beam-Radiation\\_fig1\\_334378462](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-depiction-of-a-linear-accelerator-LINAC-used-in-External-Beam-Radiation_fig1_334378462)



# PLANAVIMAS PROGRAMA matRad

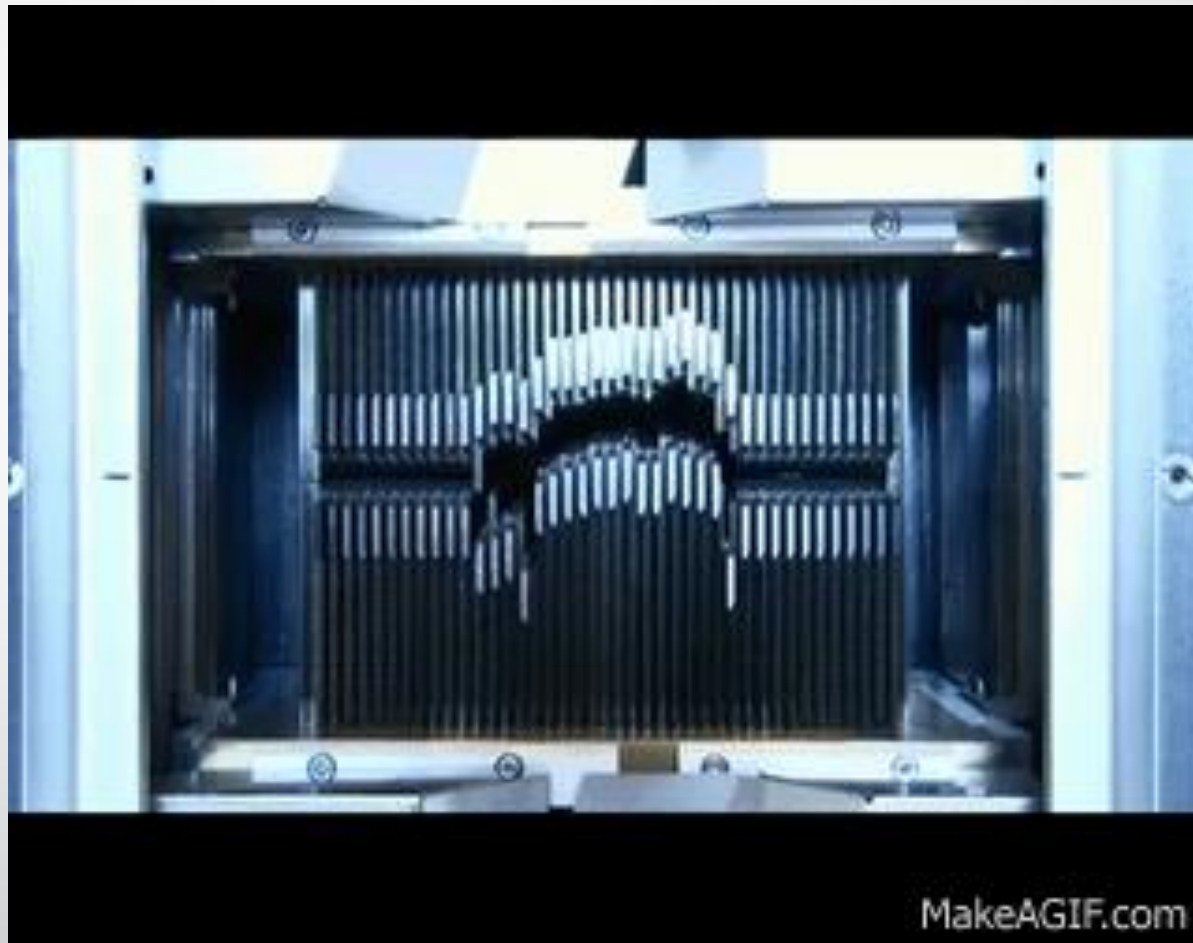
- ✓ Apšvitos režimas: pasirinkite apšvitos rūšį (fotonus, protonus arba anglies jonus).
- ✓ Frakcijų skaičius
- ✓ Izocentras

Plan	
bixel width in [mm]	5
Gantry Angle in °	0 20 30 90 180
Couch Angle in °	0 0 0 0 0
Radiation Mode	photons
Machine	Generic
IsoCenter in [mm]	250.4 205.3 138.5 <input checked="" type="checkbox"/> Auto.
# Fractions	30
Type of optimization	none <input type="button" value="Set Tissue"/>
	<input type="radio"/> Run Sequencing
	Stratification Levels <input type="text" value="7"/>



# DAUGIALAPIS KOLIMATORIUS

Šiuolaikiniuose įrenginiuose (pvz., linijiniuose greitintuvuose) apšvitos laukas formuojamas naudojant **pirminį kolimatorių** (angl. *primary collimator*) arba **daugialapį kolimatorių** (angl. *multi-leaf collimator*).

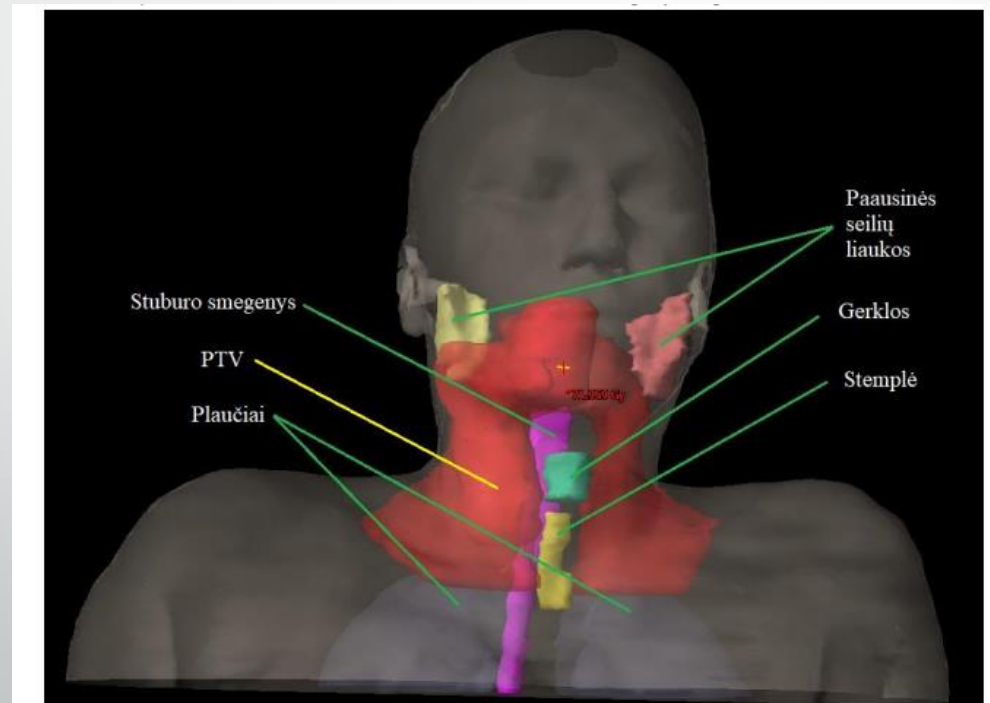


MakeAGIF.com



# KAS?

Galvos ir kaklo navikų spindulinio gydymo metu yra apšvitinami ir sveiki audiniai bei kritiniai organai, tokie kaip stuburo smegenys, stemplė, smegenų kamienas ir kt. Todėl pagrindinė, tiek galvos ir kaklo navikų, tiek kitų navikų, spindulinio gydymo planavimo užduotis yra apsaugoti sveikus audinius bei kritinius organus, neviršijant jiems leistino tolerancijos dozės lygio, tačiau nesumažinant maksimalios paskirtosios dozės navikui.



Kritiniai organai bei planuojamo taikinio tūrio sritis

# KIEK?

Organas	Reakcija	Dažnis (%)	Dozės-tūrio parametras	D <sub>max</sub> (Gy)	D <sub>vidutinė</sub> (Gy)
Smegenys	Simptominė nekrozė	<3 <5		<60 <65	
Smegenų kamienas	Nekrozė arba kaukolės neuropatija	<5 <5	D100 < 54 Gy D1-10cm <sup>3</sup> ≤ 59 Gy		
Stuburo smegenys	≥2 laipsnio mielopatija	<1		50	
Optinis nervas & chiazma	Optinė neuropatija	<3 3-7		<55 55-60	<50
Tinklainė	Aklumas	<1		<50	
Sraigė	Klausos praradimas	<15			≤45
Paausinė liauka 1	4 laipsnio kserostomija	<20			<20
Paausinė liauka 2		<20			<25
Gerklos	≥2 laipsnio edema	<20	V50<27%		<44
Stemplė	≥2 laipsnio ezofogitas	<30	V35<50% V50<40% V70<20%	<74 taške	
	≥3 laipsnio ezofogitas	≤10	V60<30%		<34

Literatūra:

Dr. Emami B, Tolerance of Normal Tissue to Therapeutic Radiation Department of Radiation Oncology, Reports of Radiotherapy and Oncology, Vol.1. No.1, 2013.

# KIEK?

Organas	Tūris (mL)	Didžiausias tūris (Gy)	Didžiausia dozė (Gy)	Reakcija (≥3 laipsnio)
Vienos frakcijos gydymas				
Smegenys	5-10	12*		Nekrozė (<20%)
Optinis kelias	<0,2	8	10 12	Neuritas Neuritas (<10%)
Sraigė			12 ≤14*	Klausos praradimas Klausos praradimas (<25%)
Smegenų kamienas	<1	10	15 <12,5*	Kaukolės neuropatija Kaukolės neuropatija (<5%)
Stuburo smegenys	<0,25 <1,2	10 7	14 13*	Mielitas Mielitas (<1%)
Iliolumbarinė arterija	<5	14	16	Neuritas
Kryžkaulio rezginys	<3	14,4	16	Meuropatija
Stemplė	<5	14,5	19	Stenozė/fistulė
Ipsilateralinis brachialinis rezginys	<3	14,4	16	Neuropatija
Širdis/širdplėvė	<15	16	22	Perikarditas
Didžiosios kraujagyslės	<10	31	37	Aneurizma
Trachėja ir ipsilateraliniai bronchai	<4	8,8	22	Stenozė/fistulė
Oda	<10	14,4	16	Išopėjimas

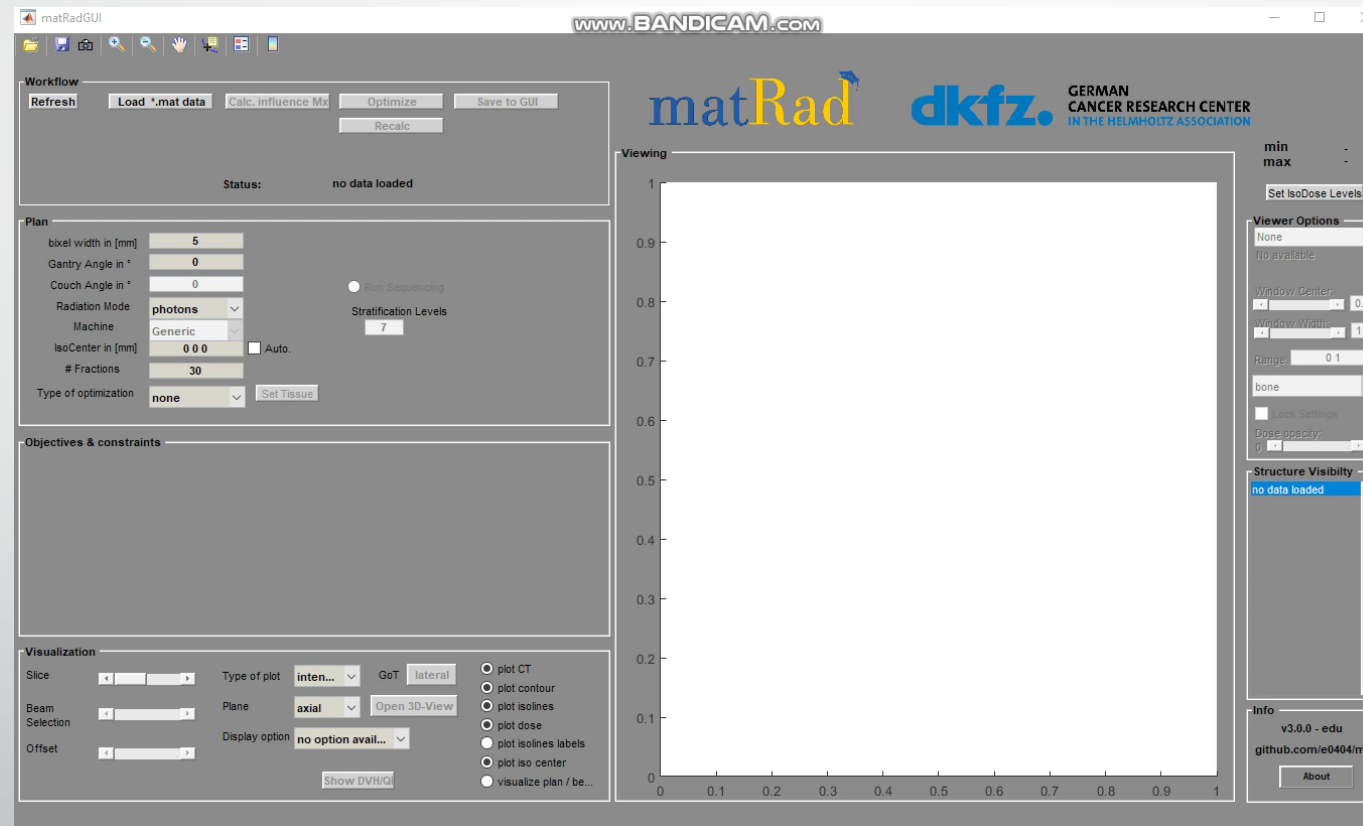
# KAIP? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

- ✓ Apšvitos protonais spindulinio gydymo planavimas galvos ir kaklo pacientui:
  - 1. 1 atvejis:** naudojama apšvitos laukų geometrija ( $-45^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ).
  - 2. 2 atvejis:** naudojama apšvitos laukų geometrija ( $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ).
  - 3. 3 atvejis:** naudojamas rankinis izocentro keitimas (260, 220, 150).
- ✓ Gautų rezultatų analizė ir palyginimas.

# KAIP? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

Apšvitos protonais spindulinio gydymo galvos ir kaklo planavimas pacientui:

1. 1 atvejis: naudojama apšvitos laukų geometrija (-45°, 0°, 45°).





# KAIP? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

Apšvitos protonais spindulinio gydymo galvos ir kaklo planavimas pacientui:

## 2. 2 atvejis: naudojama apšvitos laukų geometrija ( $90^\circ$ , $180^\circ$ , $270^\circ$ ).

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 ° -45 0 45  
 Couch Angle in ° 0 0 0  
 Radiation Mode protons  
 Machine Generic  
 IsoCenter in [mm] 250.4 205.3 138.5 Auto.  
 # Fractions 30  
 Type of optimization const\_RBExD Set Tissue

Objectives & constraints:

VOI name	VOI type	OP	Function	p	Parameters
PAROTD_LT	OAR	1	Squared Overdo...	100	$d_{max}$ : 25
PAROTD_RT	OAR	1	Squared Overdo...	100	$d_{max}$ : 25
PTV63	TAR...	2	Squared Deviation...	1000	$d_{ref}$ : 63
PTV70	TAR...	1	Squared Deviation...	1000	$d_{ref}$ : 70
SKIN	OAR	3	Squared Overdo...	800	$d_{max}$ : 30
BRAIN...					

Visualization:

Slice: 1 Type of plot: inten... GoT: lateral  
 Beam Selection: 1 Plane: axial Open 3D-View  
 Offset: 1 Display option: physicalDose  
 Show DVH/QI

Viewing:

axial plane z = 190 [mm]

0°  
 270°  
 90°  
 180°

min 0  
 max 2.266  
 Set IsoDose Levels

Viewer Options:

Result (i.e. dose)  
 Window Preset: Custom  
 Window Center: 1.13  
 Window Width: 2.27  
 Range: 0 2.266  
 jet  
 Lock Settings  
 Dose opacity: 1

Structure Visibility:

- BRAN\_STEM
- BRAN\_STEM\_PR
- CEREBELLUM
- CHIASMA
- CTV63
- GTV
- LARYNX
- LENS\_LT
- LENS\_RT
- LPS
- OPTIC\_NRV\_LT
- OPTIC\_NRV\_RT
- PAROTD\_LT
- PAROTD\_RT

Info:

v3.0.0 - edu  
 github.com/e0404/mat  
 About

# KAIP? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

Apšvitos protonais spindulinio gydymo galvos ir kaklo planavimas pacientui:

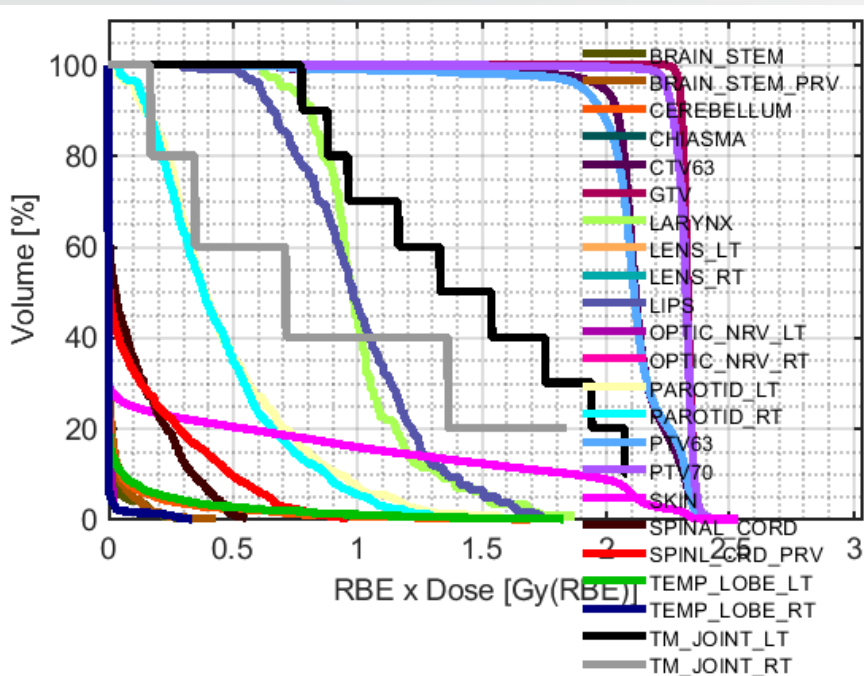
**3.** 3 atvejis: naudojamas rankinis izocentro keitimas (260, 220, 150).

The screenshot displays the matRad GUI interface for proton therapy planning. The central viewing window shows an axial CT slice at z = 140 mm, with target and organ-at-risk contours overlaid. The interface is divided into several panels:

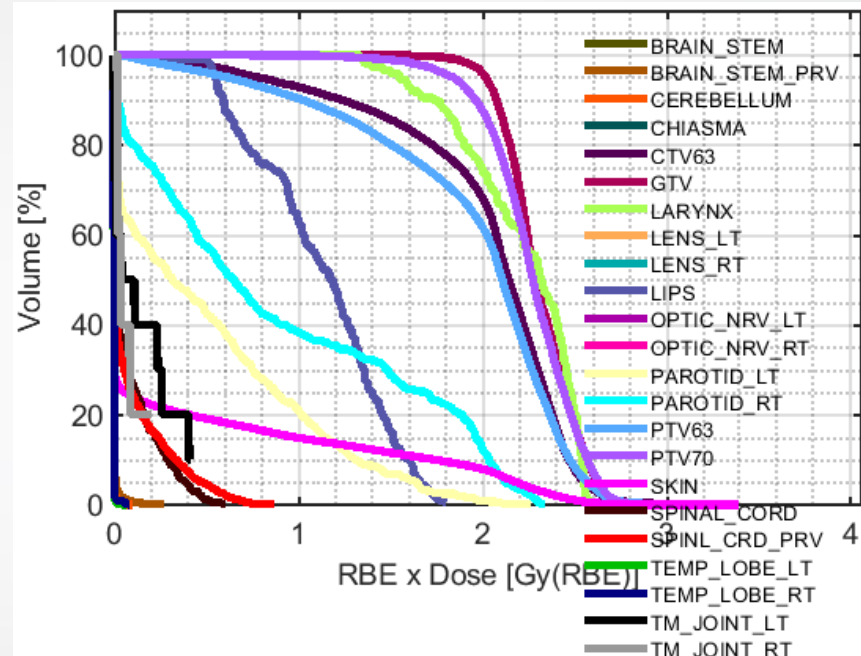
- Workflow:** Refresh, Load \*.mat data, Calc. influence Mx, Optimize, Save to GUI, Recalc. Status: ready for dose calculation.
- Plan:**
  - boxel width in [mm]: 5
  - Gantry Angle in °: -45 0 45
  - Couch Angle in °: 0 0 0
  - Radiation Mode: protons
  - Machine: Generic
  - IsoCenter in [mm]: 250.4 205.3 138.5 (checked Auto)
  - # Fractions: 30
  - Type of optimization: const\_RBExD
- Objectives & constraints:**

+/	VOI name	VOI type	OP	Function	p	Parameters
-	PAROTD_LT	OAR	1	Squared Overdo...	100	d <sup>max</sup> : 25
-	PAROTD_RT	OAR	1	Squared Overdo...	100	d <sup>max</sup> : 25
-	PTV63	TAR...	2	Squared Deviation	1000	d <sup>ref</sup> : 63
-	PTV70	TAR...	1	Squared Deviation	1000	d <sup>ref</sup> : 70
-	SKIN	OAR	3	Squared Overdo...	800	d <sup>max</sup> : 30
+	BRAIN...					
- Visualization:** Slice: 1, Type of plot: inten..., GoT: lateral, Beam Selection: 1, Plane: axial, Display option: no option avail..., Offset: 1.

# KIEK IR KODĖL? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

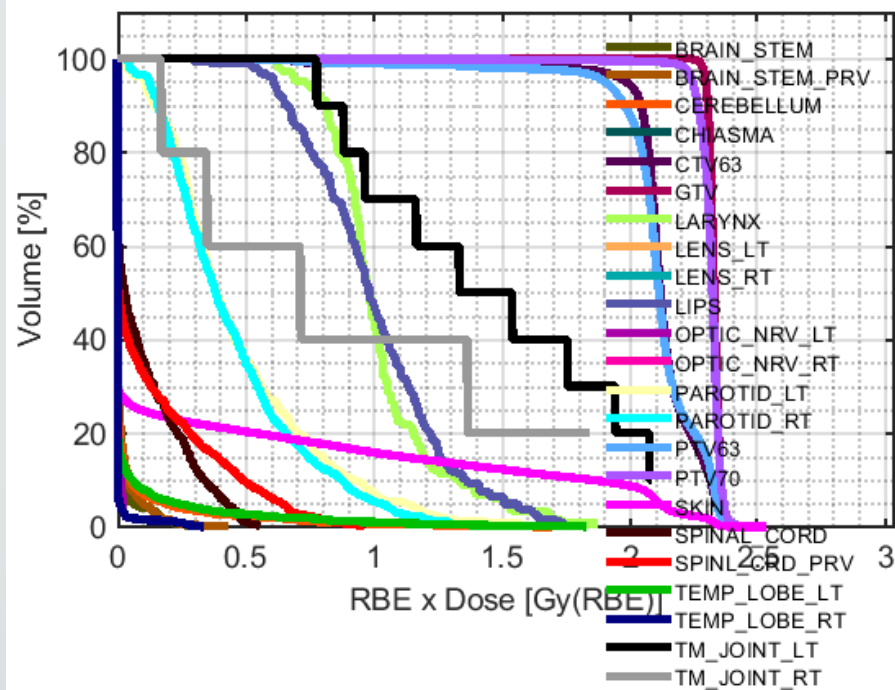


	max	min	mean	std
BRAIN_STEM	0.3170	0	0.0129	0.0385
BRAIN_STEM_PRV	0.4313	0	0.0158	0.0432
CEREBELLUM	1.6981	0	0.0364	0.1509
CHIASMA	0.0073	0	8.2292e-04	0.0017
CTV63	2.5314	0.5659	2.1253	0.1847
GTV	2.4883	2.2034	2.3294	0.0217
LARYNX	1.8731	0.6194	1.0258	0.2243
LENS_LT	0	0	0	0
LENS_RT	0	0	0	0
LIPS	1.7514	0.2939	1.0053	0.2744
OPTIC_NRV_LT	0.0217	0	0.0024	0.0063
OPTIC_NRV_RT	3.0268e-04	0	2.1849e-05	7.1181e-05
PAROTID_LT	1.7289	0.0048	0.4741	0.3070
PAROTID_RT	1.4413	0.0404	0.4521	0.2776
PTV63	2.5314	0.3749	2.1107	0.2064
PTV70	2.5314	0.7591	2.3130	0.0740

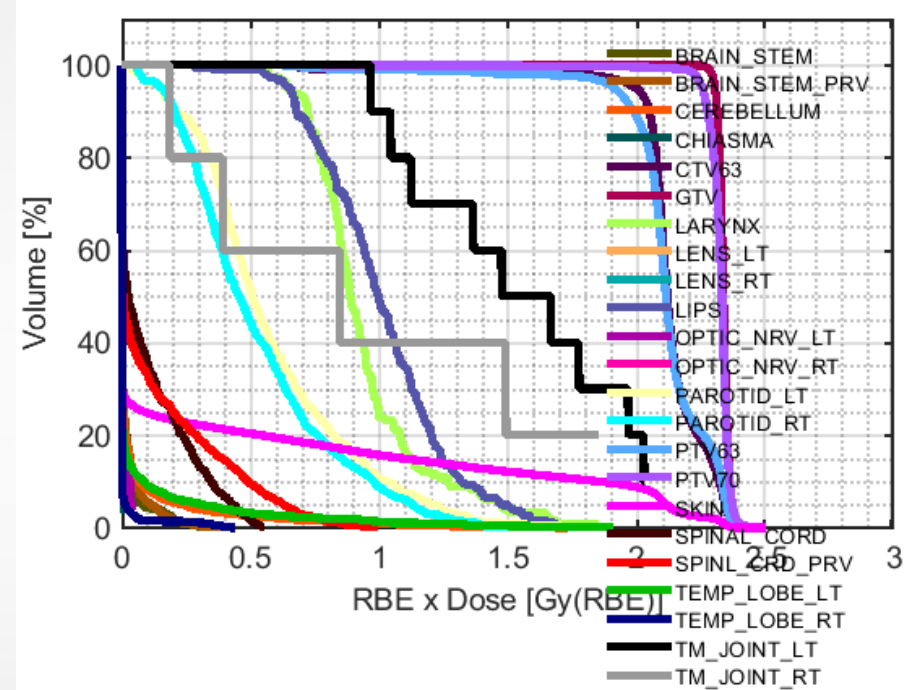


	max	min	mean	std
BRAIN_STEM	0.0865	0	0.0014	0.0071
BRAIN_STEM_PRV	0.2768	0	0.0029	0.0163
CEREBELLUM	0.1057	0	6.4096e-04	0.0043
CHIASMA	0	0	0	0
CTV63	3.3915	0.0440	2.0090	0.5205
GTV	2.8363	1.4315	2.3106	0.1916
LARYNX	2.5875	1.3372	2.2132	0.3258
LENS_LT	0	0	0	0
LENS_RT	0	0	0	0
LIPS	1.8043	0.2318	1.1254	0.3630
OPTIC_NRV_LT	0	0	0	0
OPTIC_NRV_RT	0	0	0	0
PAROTID_LT	2.2666	0	0.5119	0.5501
PAROTID_RT	2.3429	0	0.8955	0.7697
PTV63	3.3915	0.0102	1.9281	0.5857
PTV70	2.8798	0.6427	2.2656	0.2538

# KIEK IR KODĖL? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!



	max	min	mean	std
BRAIN_STEM	0.3170	0	0.0129	0.0385
BRAIN_STEM_PRV	0.4313	0	0.0158	0.0432
CEREBELLUM	1.6981	0	0.0364	0.1509
CHIASMA	0.0073	0	8.2292e-04	0.0017
CTV63	2.5314	0.5659	2.1253	0.1847
GTV	2.4883	2.2034	2.3294	0.0217
LARYNX	1.8731	0.6194	1.0258	0.2243
LENS_LT	0	0	0	0
LENS_RT	0	0	0	0
LIPS	1.7514	0.2939	1.0053	0.2744
OPTIC_NRV_LT	0.0217	0	0.0024	0.0063
OPTIC_NRV_RT	3.0268e-04	0	2.1849e-05	7.1181e-05
PAROTID_LT	1.7289	0.0048	0.4741	0.3070
PAROTID_RT	1.4413	0.0404	0.4521	0.2776
PTV63	2.5314	0.3749	2.1107	0.2064
PTV70	2.5314	0.7591	2.3130	0.0740



	max	min	mean	std
BRAIN_STEM	0.3347	0	0.0159	0.0454
BRAIN_STEM_PRV	0.4187	0	0.0182	0.0469
CEREBELLUM	1.7368	0	0.0424	0.1642
CHIASMA	0.0136	0	0.0019	0.0037
CTV63	2.5011	0.5612	2.1283	0.1846
GTV	2.4529	2.1937	2.3368	0.0210
LARYNX	1.8525	0.5421	0.9442	0.2368
LENS_LT	0	0	0	0
LENS_RT	0	0	0	0
LIPS	1.6898	0.2812	1.0104	0.2529
OPTIC_NRV_LT	0.0411	0	0.0049	0.0121
OPTIC_NRV_RT	0.0015	0	9.1243e-05	2.6712e-04
PAROTID_LT	1.7191	0.0103	0.5791	0.3139
PAROTID_RT	1.5223	0.0574	0.5261	0.2971
PTV63	2.5011	0.4787	2.1158	0.2006
PTV70	2.5011	0.7597	2.3212	0.0717

# KAIP? Užduotis – galvos ir kaklo planavimo atvejis!

- ✓ Apšvitos fotonais ir protonais spindulinio gydymo planavimas galvos ir kaklo pacientui:
  - 1. 1 atvejis:** apšvita - **fotonais**, naudojama apšvitos laukų geometrija, pvz., **315°, 0° ir 45°**).
  - 2. 2 atvejis:** apšvita - **protonais**, naudojama apšvitos laukų geometrija, pvz., **315°, 0° ir 45°**).
- ✓ Gautų rezultatų analizė ir palyginimas.