



SÄDEHOIDON KOHDISTUSKUVAUKSEN OPTIMOINTI



SISÄLTÖ

1. Kyselytutkimus
2. Monte Carlo simulaatiot
3. Epävarmuuksista
4. Yhteenveto



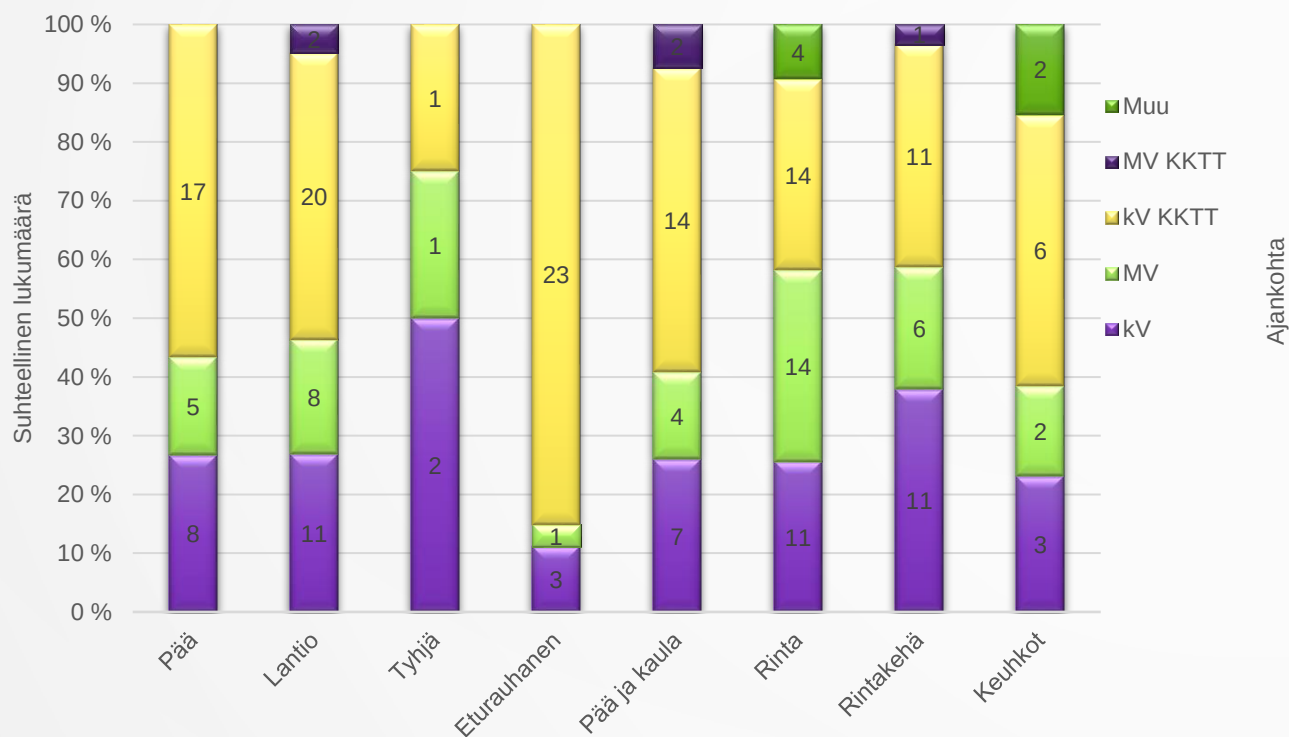
MENETELMÄT JA MATERIAALIT

- Kyselylomake (Milana Marjanović ja Teemu Siiskonen)
 - 1) Käytännöt ja sairaalassa käytössä oleva laitteisto
 - 2) Laitekohtaiset tekniset kysymykset (kV/MV natiiviröntgen + kV/MV KKTT) hoitoalueittain
- Laskennallinen osuus ImpactMC:llä
 - Kyselyyn pohjautuvien kuvausprotokollien simulointi
 - Helppokäyttöinen ja nopea
 - Ei sisällä laskureita
- ICRP:n vokselipohjainen ihmisenkaltainen fantomi
 - Erillinen työ, jossa samaa fantomia muokattiin esittämään eri anatomiaa.

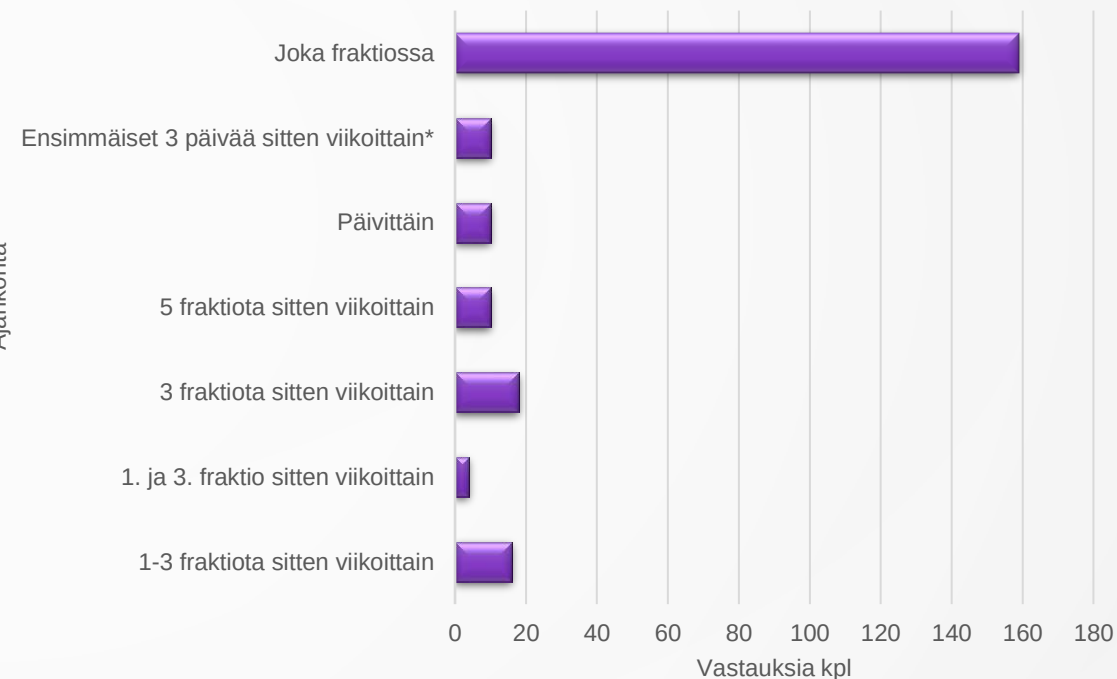


KYSELYN TULOKSET LYHYESTI

Käytettyjen modaliteettien jakauma eri kuvausalueiden kesken (yht. = 214)



Yleisimmät kuvantamistaajuuudet (yht. = 227)





KYSELYN TULOKSET LYHYESTI

	Kyllä	Ei	Muu	Ei vastausta
Mittaa annoksia	11	19	1	3
Varmistaa mittaukset	14	17	0	3
Kansalliset suositukset	3	25	4	2

Mittaa annoksia = kuvantamisannokset mitattu tai luettu laitteelta.

Muut kansalliset suositukset = paikalliset suositukset tai kansalliset suositukset vain laadunvarmistuksen osalta.



LASKENNALLINEN OSUUS

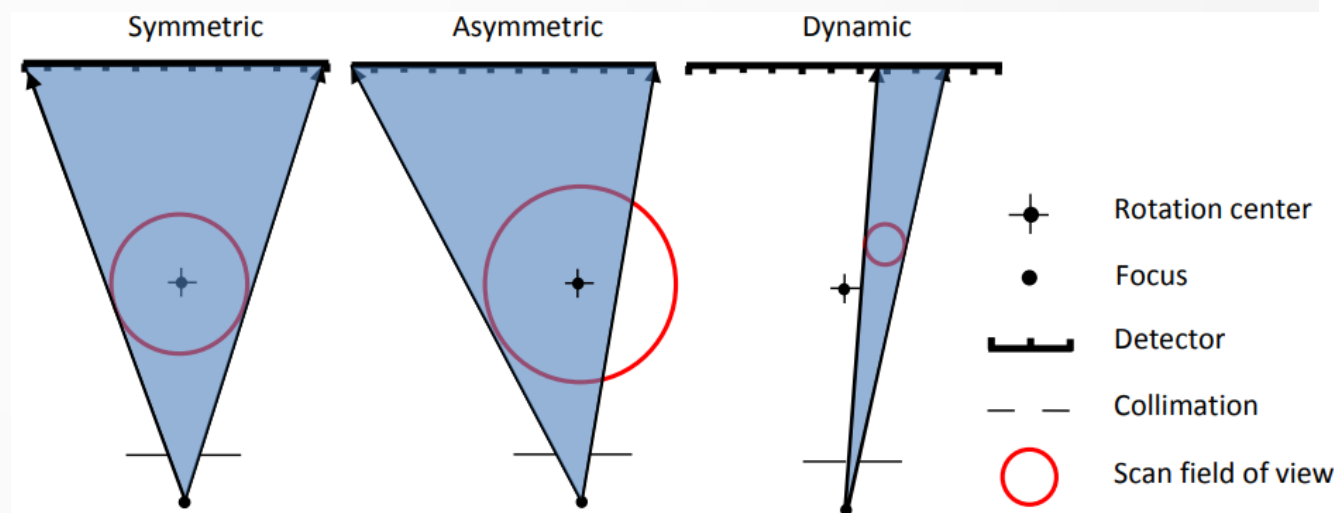
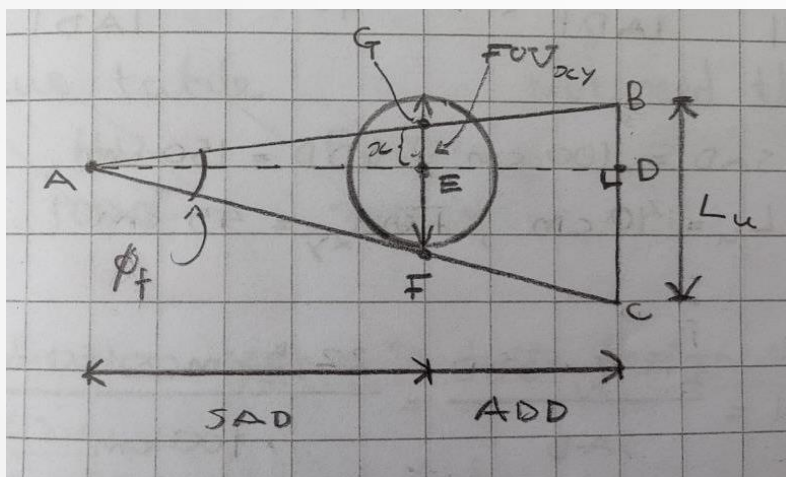
- Lantion ja eturauhasen kuvantamiseen käytettyjä protokollia yhteensä 43 kappaletta.
- Ylimääräisten vastausten karsiminen: osa kuvausparametreista ei vaikuta annoksiin, identtiset protokollat...
- Valintaperusteet

	Kohde alue	Putken jännite [kV]	Protokollien lkm
• Jännite	Lantio	120	2
• Virta	-""-	125	7
• Kuvausalueen pituus	-""-	140	1
• Projektoiden lukumäärä	Eturauhanen	120	4
	-""-	125	2
	Yhteensä		16



KEILAN GEOMETRIA

- Vastausten perusteella röntgenkeilan muotoa ei voida määritellä täsmällisesti.
- Sen sijaan geometrian arvioimiseksi käytettiin trigonometriaa.
- Oletuksina 1) keila osuu täysin ilmaisinpaneeliin ja 2) keilan toisen reunan etäisyys isosentrisestä isosentrin kohdalla on puolet näkökentästä.

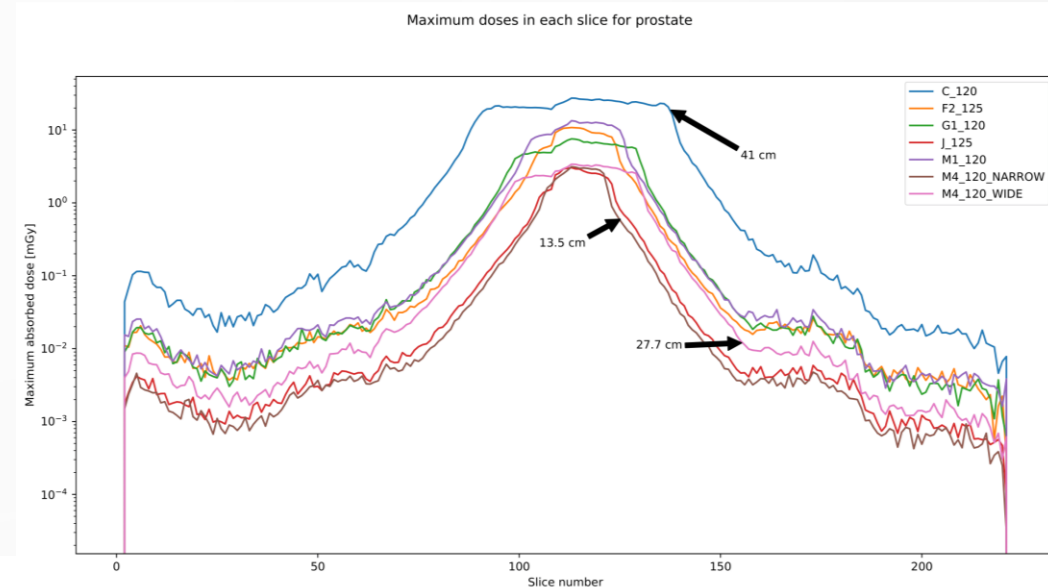
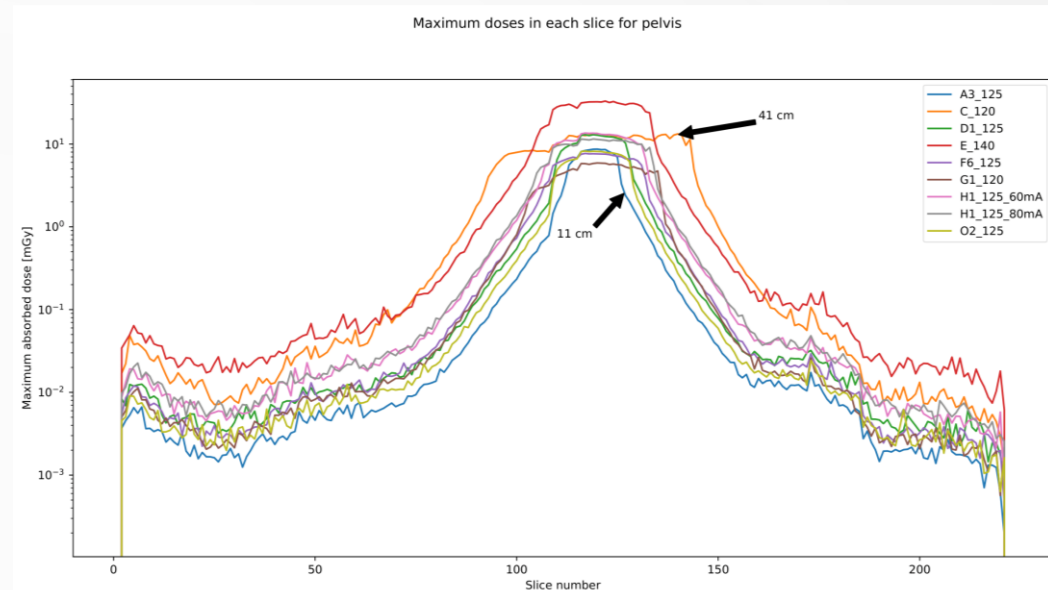


Kuva: ImpactMC:n ohjekirja



ELINANNOSLASKUT

- Käsiteltävien elinten määrittäminen tarkastelemalla maksimiannoksia leikkeittäin.
- Säteilyherkät elimet:
 - Suolisto
 - Sukurauhaset (eturauhanen)
 - Virtsarakko
 - Luu (punainen luuydin)





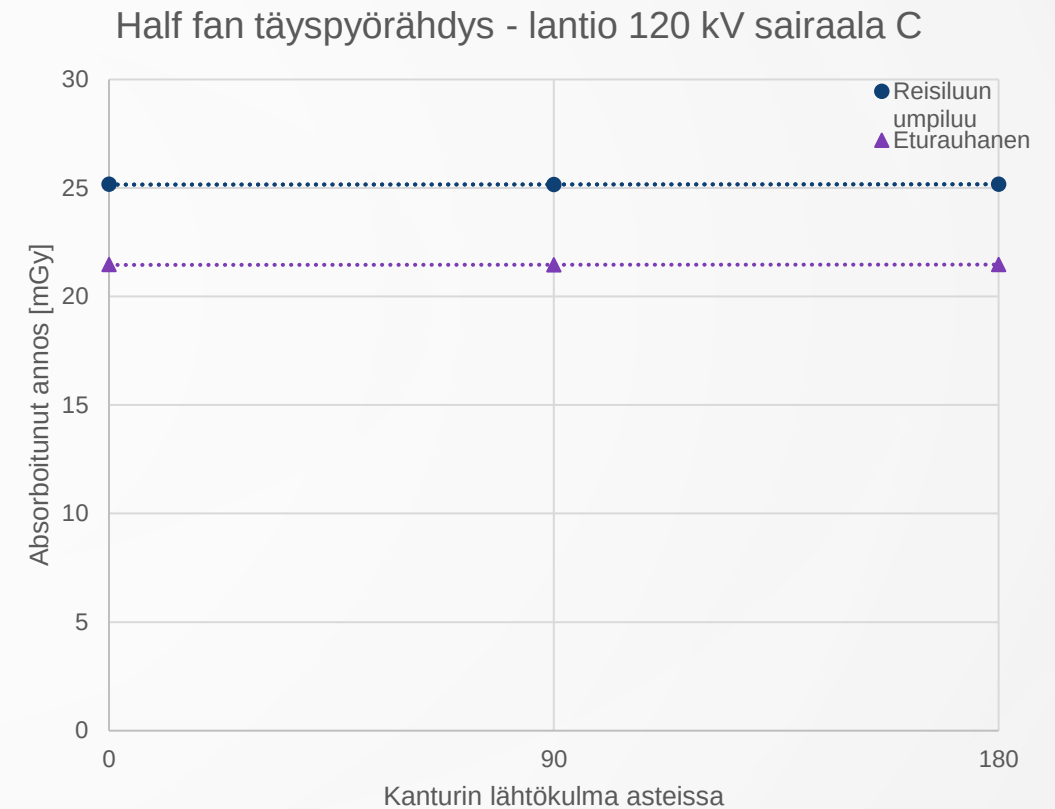
PUNAISEN LUUYTIMEN ANNOKSEN ARVIOINTI

- ICRP:n fantomissa punainen luuydin on sisälletetty hohkaluuhun (ICRP:n julkaisu 110).
- ImpactMC:llä ei ole mahdollista selvittää fotonivuon energiajakaumaa luussa.
- Käytetään arviointiin massaenergia-absorptiokertoimien suhteita (Johnson ym. Phys Med Biol. 2011 April 21; 56(8): 2347–2365. doi:10.1088/0031-9155/56/8/002)
- $$D_{ply} = D_{sp} \int_0^{E_{maks}} \frac{(\mu_{en}/(\rho))_{ply}(E)}{(\mu_{en}/\rho)_{sp}(E)} S(E) dE$$
- Edelleen fotonivuon energiajakauma $S(E)$ on tuntematon, mutta se voidaan arvioida.
- Tässä työssä oletettu, että se on sama kuin röntgenputken spektri...



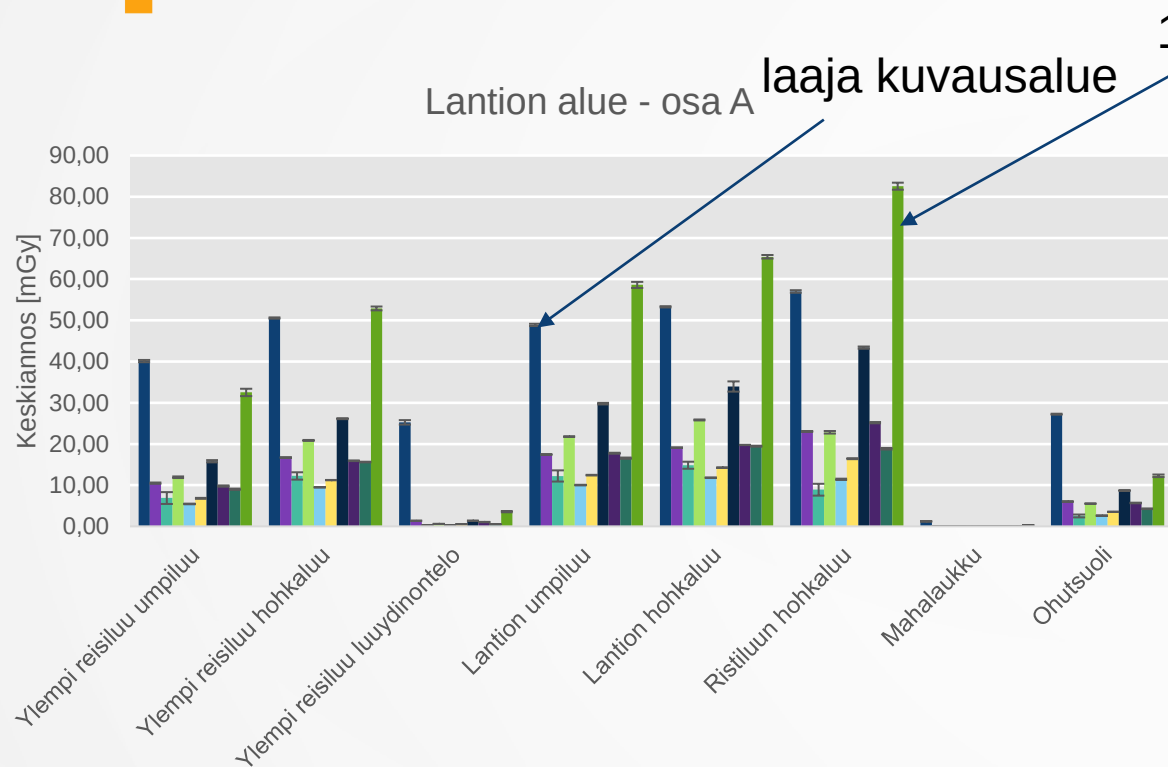
ELINANNOSTEN RIIPPUUUS LÄHTÖKULMASTA

- Half fan suodattimella keila on epäsymmetrinen.
- Vaikuttaako lähtökulma elinannoksiin, jos kanturi käy täyden kierroksen?
- Vaikutusta testattiin vaihtamalla lähtökulmaa $0 \rightarrow 90 \rightarrow 180$ astetta.
- Annokset eivät näytä riippuvan lähtökulmasta.



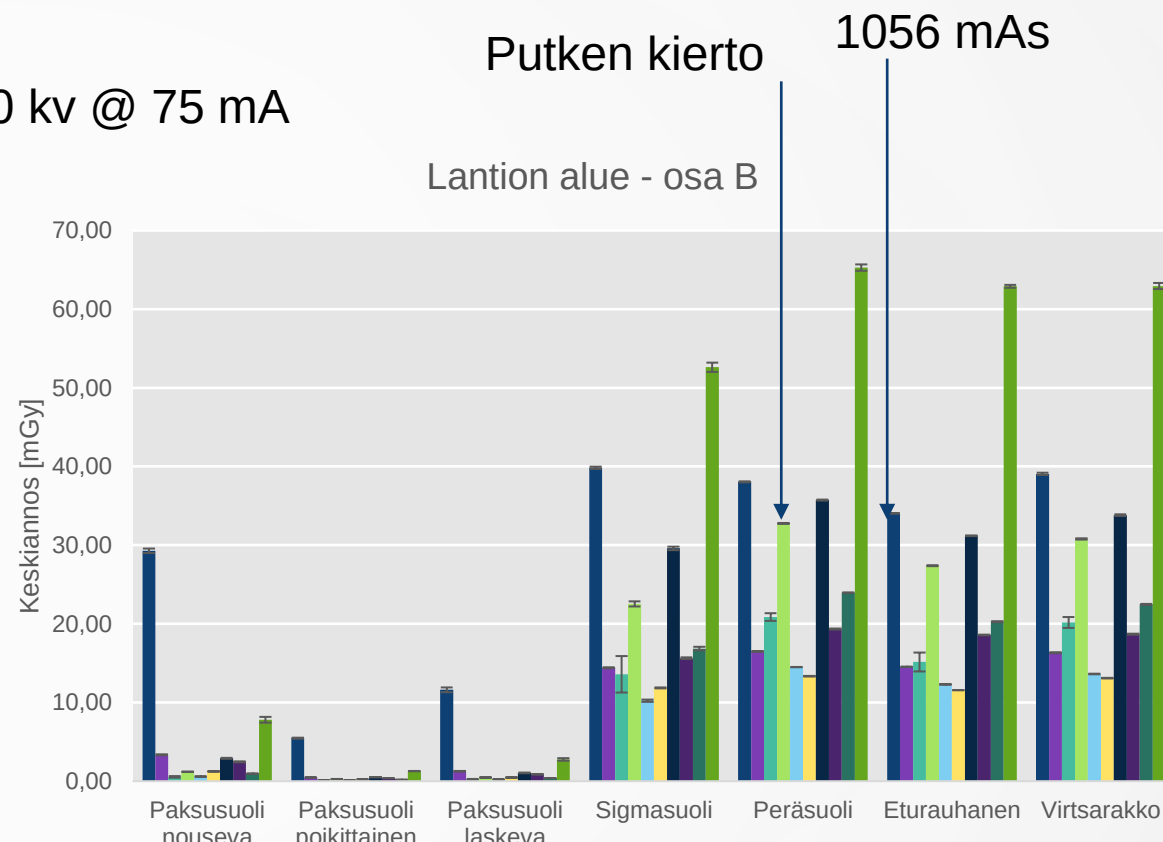


ELINANNOKSET - LANTIO



Elin

■ C, 120 kV ■ G1, 120 kV ■ A3, 125 kV ■ D1, 125 kV
■ F1, 125 kV ■ F6, 125 kV ■ H1, 60 mA, 125 kV ■ H1, 80 mA, 125 kV
■ O2, 125 kV ■ E, 140 kV

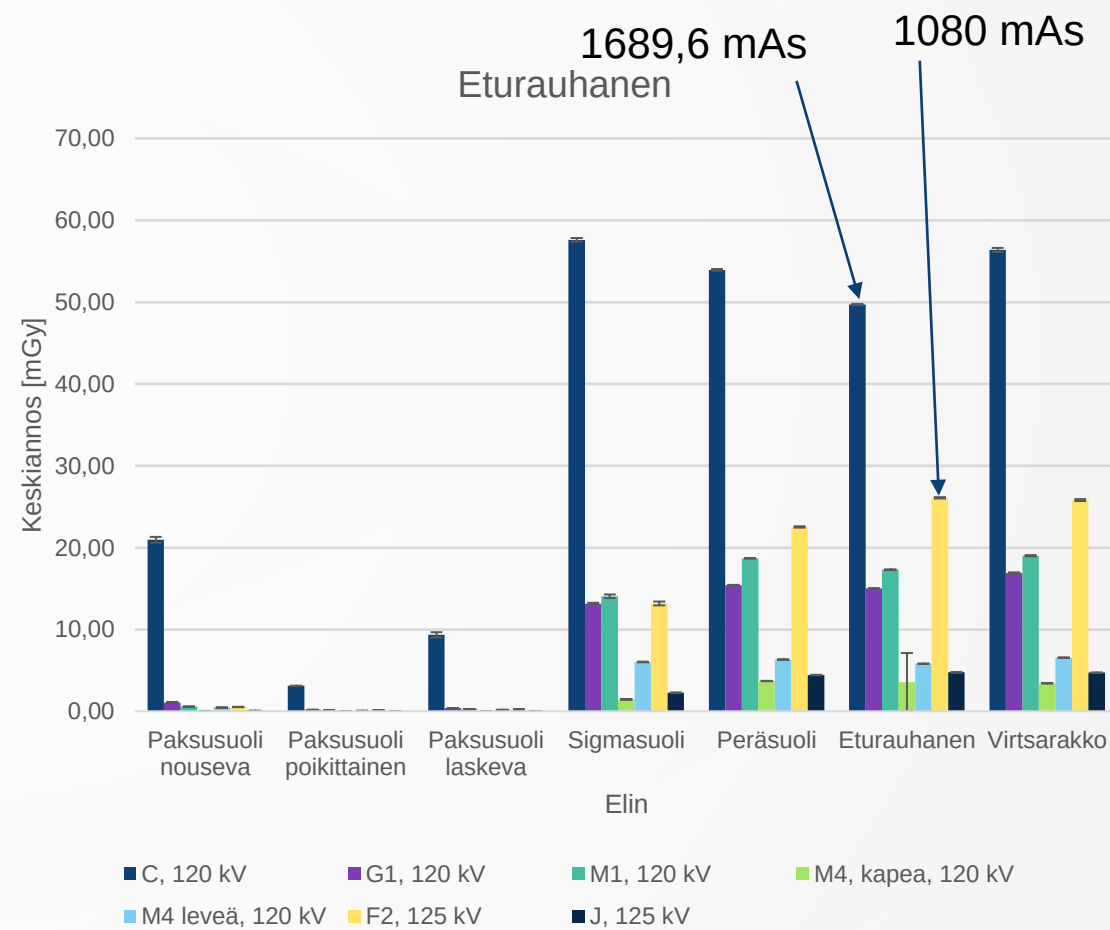
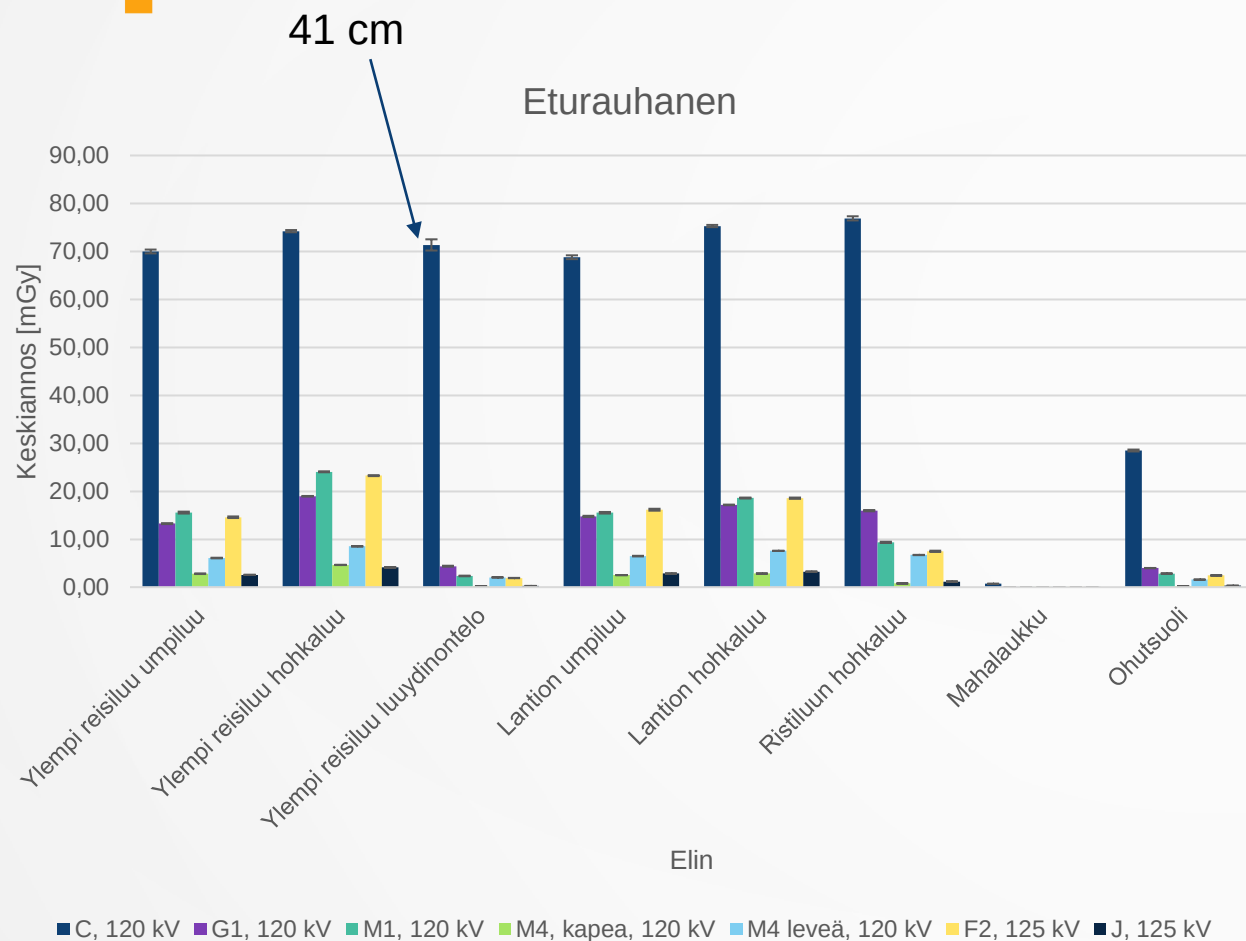


Elin

■ C, 120 kV ■ G1, 120 kV ■ A3, 125 kV ■ D1, 125 kV
■ F1, 125 kV ■ F6, 125 kV ■ H1, 60 mA, 125 kV ■ H1, 80 mA, 125 kV
■ O2, 125 kV ■ E, 140 kV



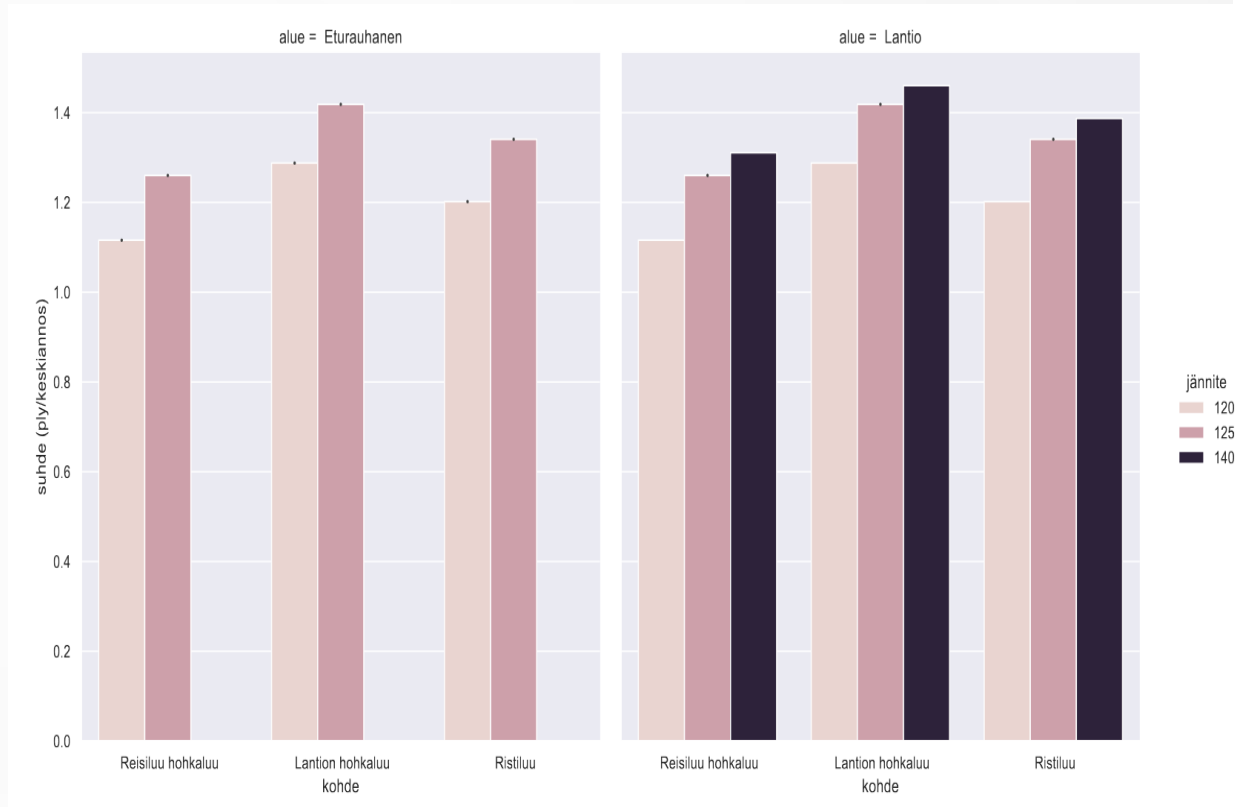
ELINANNOKSET - ETURAUHANEN





PUNAISET LUUYTIMEN ANNOKSET

- Annos punaiseen luuytimeen arvioitu massaenergia-absorptiokertoimien suhteiden avulla.
- Annos punaiseen luuytimeen hieman suurempi kuin ympäröivään hohkaluuhun.
- Väärä spektri, mutta suunta on oikea.





ELINANNOKSET VS. CTDI(W)

Lantio

	C	G1	A3	D1	F1	F6	H1, 60 mA	H1, 80 mA	O2	E
Reisiluu SP	50.5	16.7	12.3	20.9	9.5	11.2	26.1	15.9	15.6	52.9
Lantio SP	53.3	19.1	14.8	25.8	11.8	14.3	33.9	19.8	19.5	65.4
Eturauha nen	34.1	14.5	15.1	27.4	12.3	11.6	31.2	18.6	20.3	62.9
Virtsarak ko	39.1	16.3	20.2	30.8	13.6	13.1	33.8	18.7	22.5	62.9
CTDI(W)	22.0	11.0	17.8	16.0	16.0	3.7	16.0	21.6	11.5	36.8

Eturauhanen

	G1	M1	M4, kapea	M4, leveä	F2	J
Reisiluu SP	18.9	24.1	4.65	8.57	23.28	4.14
Lantio SP	17.6	18.6	2.89	7.63	18.55	3.25
Eturauha nen	15.0	17.3	3.57	5.85	26.09	4.79
Virtsarak ko	16.9	19.0	3.44	6.56	25.83	4.73
CTDI(W)	11.0	12.2	-	-	16.0	3.7



SÄHKÖMÄÄRÄ VS ANNOS - LANTIO

	Q [mAs]	CTDI(w) [mGy]	Elinannos [mGy]		
			Eturauhanen	Peräsuoli	Reisiluu PLY
C	1056	22,0	34,1	38,0	56,4
G1	528	11,0	14,5	16,5	21,0
A3	676	17,8	15,1	20,8	15,4
D1	1080	16,0	27,4	32,8	26,3
F1	696,8	17,8	12,3	14,5	11,9
F6	529	11,8	11,6	13,3	14,1
H1, 60 mA	1080	16,0	31,2	35,7	32,9
H1, 80 mA	1074	21,5	18,6	19,3	20,1
O2	684	11,5	20,3	23,9	19,7
E	1687,5	36,8	62,9	65,3	69,4



SÄHKÖMÄÄRÄ VS ANNOS - ETURAUHANEN

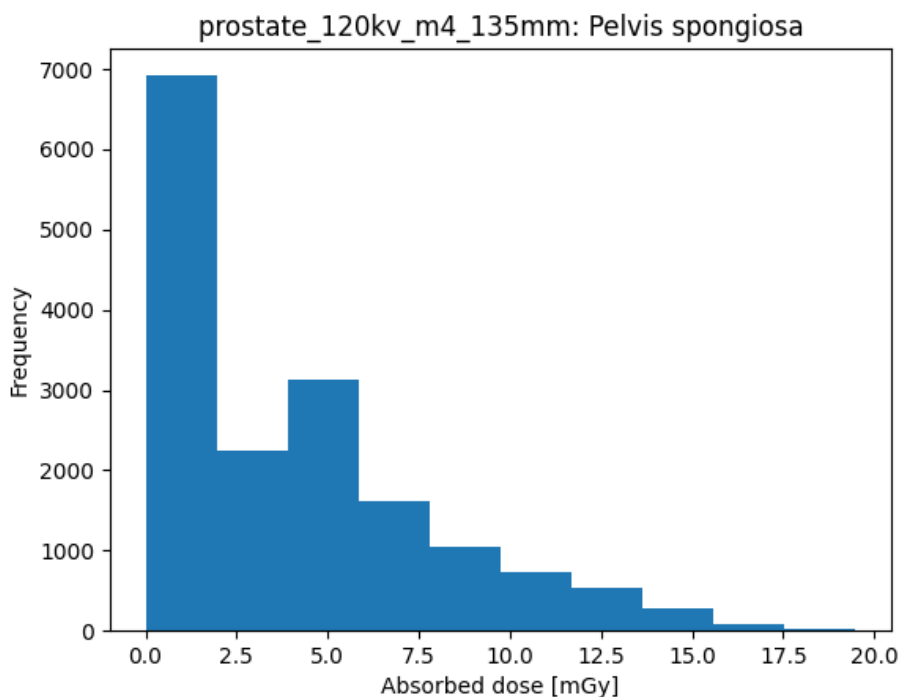
	Q [mAs]	CTDI(w) [mGy]	Elinannos [mGy]		
			Eturauhanen	Peräsuoli	Reisiluu PLY
C	1689,6	32,2	49,7	54,0	82,8
G1	528	11,0	15,0	15,4	21,1
M1	844,8	12,2	17,3	18,7	26,9
M4 kapea	211,2	-	3,6	3,7	5,2
M4 leveä	211,2	-	5,9	6,4	9,6
F2	1080	16,0	26,1	22,5	29,3
J	252	3,7	4,8	4,4	5,2



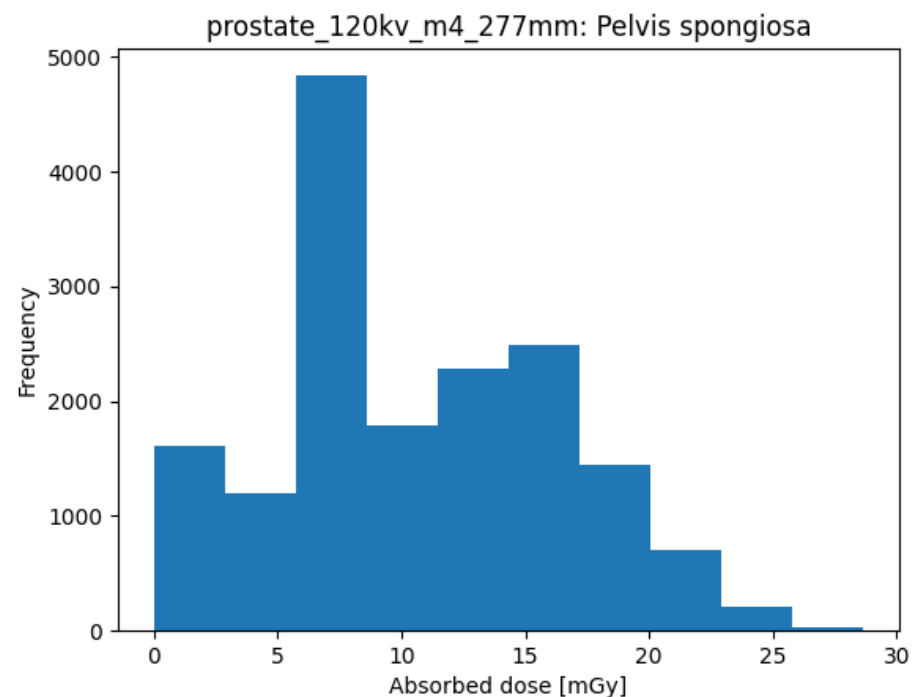
ANNOSTILAVUUSHISTOGRAMMIT

Kuinka jokin elin osuu keilaan? Esimerkkinä lantion hohkaluu

Kapea keila 135 mm



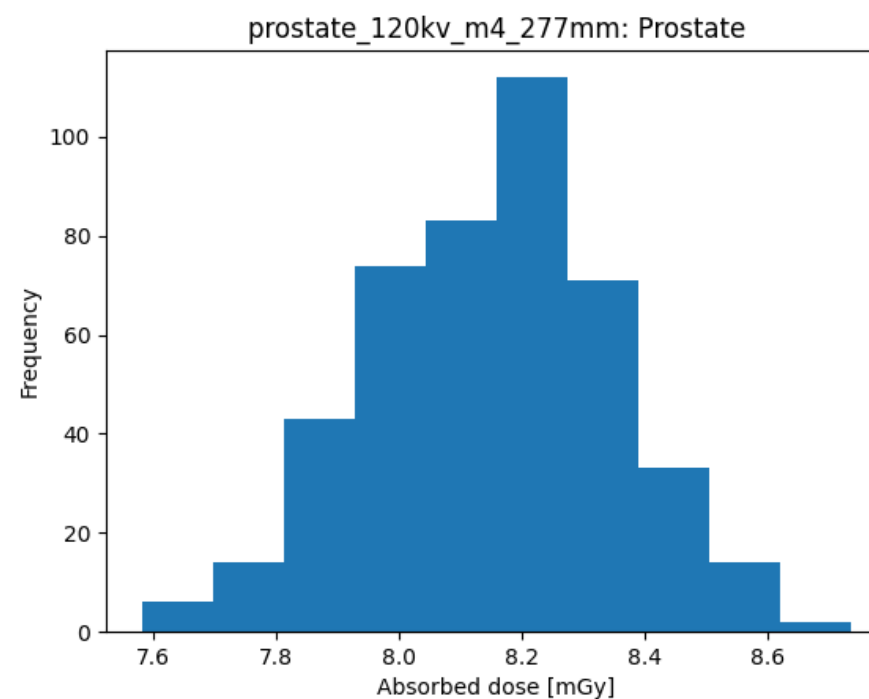
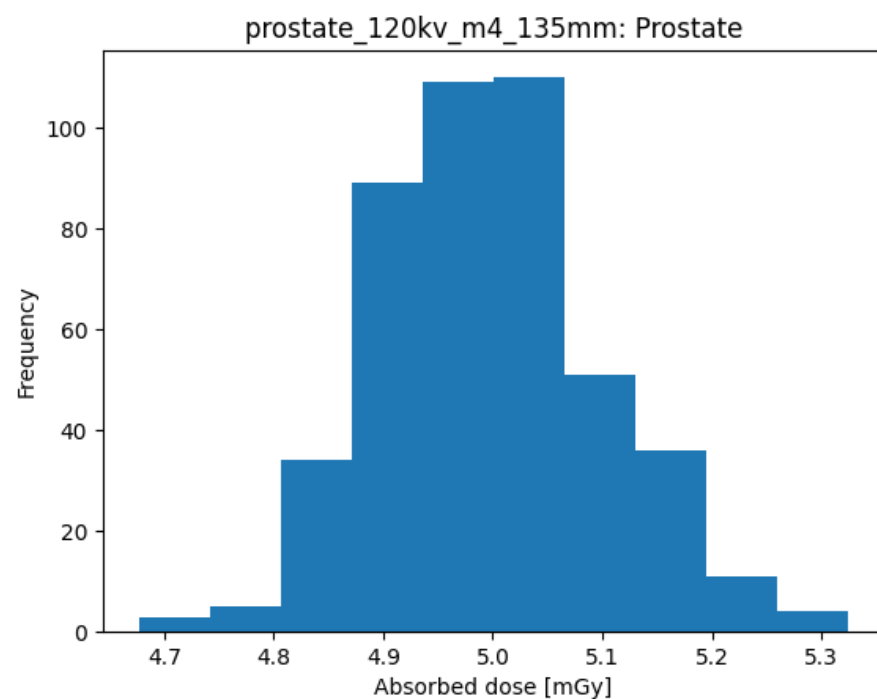
Leveämpi keila 277 mm





ANNOSTILAVUUSHISTOGRAMMIT

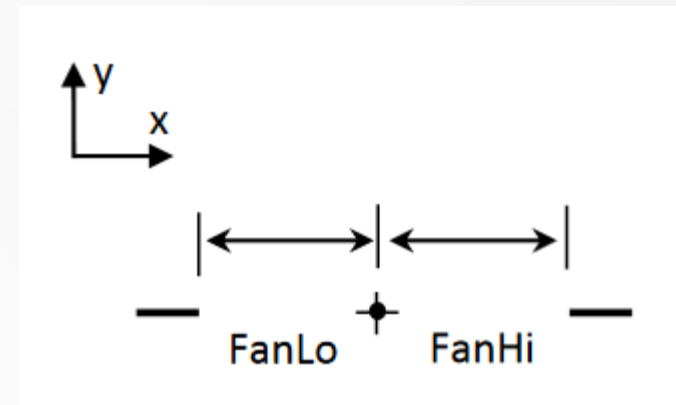
Samat protokollat mutta eri elin. Eturauhanen on täysin keilassa.
Huom. pienet erot annoksissa...





EPÄVARMUUDET

- Simulaatioiden tilastollinen epävarmuus on $\sim 1\%$ luokkaa.
- Suurin yksittäinen epävarmuus annoksiin aiheutunee keilan määrittämisestä.
- Testaaminen säätämällä parametreja (FanLo ja FanHi) ja vertaamalla annoksia.
- Alkuperäiset arvot (FanLo ja FanHi): -19,67 mm ja 247,0 mm
- Säädot per puoli: + 10 mm, - 5 mm ja - 10 mm.
- Muita epävarmuuksia:
 - Annoksen konversiokerroin
 - Punainen luuydin (spektri)
 - Vokselit itsessään
 - Laitteen mallinnus



Elin	Elinannos [mGy]	Fan lo	Fan hi
Virtsarakko	23,8	21,4%	8,5%
Peräsuoli	22,5	14,2%	0,2%
Eturauhanen	26,1	11,9%	0,1%
Reisiluun hohkaluu	23,3	7,7%	-0,1%
Ristiluun hohkaluu	7,5	10,7%	0,0%
Lantion hohkaluu	18,6	7,5%	-0,2%



LOPUKSI

- Lasketuissa elinannoksissa on suuria eroja protokollien välille.
- Elinannokset poikkeavat CTDI_w arvoista .
- Tulokset linjassa kirjallisuusarvojen kanssa, esim. virtsarakko 17 - 61 mGy (tässä työssä 13 - 63 mGy).
 - Ding, G. X., Duggan, D. M., & Coffey, C. W. (2008). Accurate patient dosimetry of kilovoltage cone-beam CT in radiation therapy. *Medical Physics*, 35(3), 1135–1144. <https://doi.org/10.1118/1.2839096>
 - Marchant, T. E., & Joshi, K. D. (2016). Comprehensive Monte Carlo study of patient doses from cone-beam CT imaging in radiotherapy. *Journal of Radiological Protection*, 37(1), 13. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/37/1/13>
- Epävarmuudet: tilastollinen epävarmuus, keilan geometria,...
- Seuraavat askeleet:
 - Tarkempi analyysi keilan geometrian määrittämisen vaikutuksesta
 - Vertailu MCNP:llä saatuihin tuloksiin (Tri. Paolo Ferrari)
 - Kokeelliset mittaukset työn alla