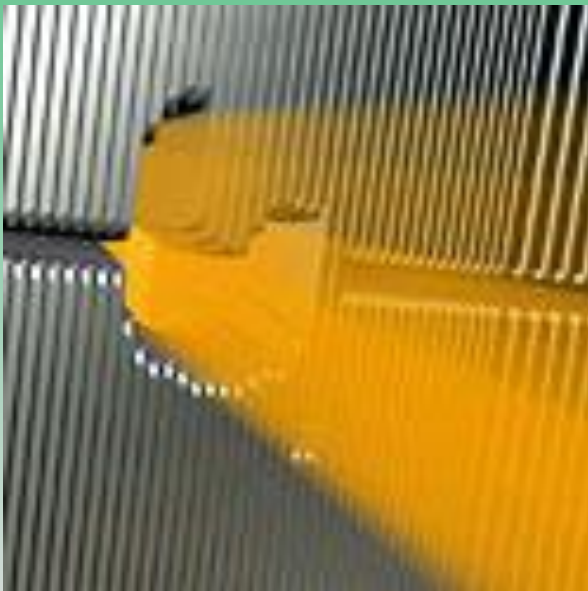




Meranie statických a dynamických dozimetrických parametrov Millennium 120 MLC



D. Lojko

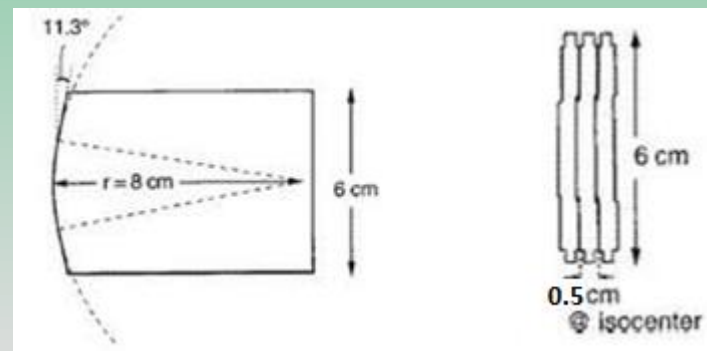
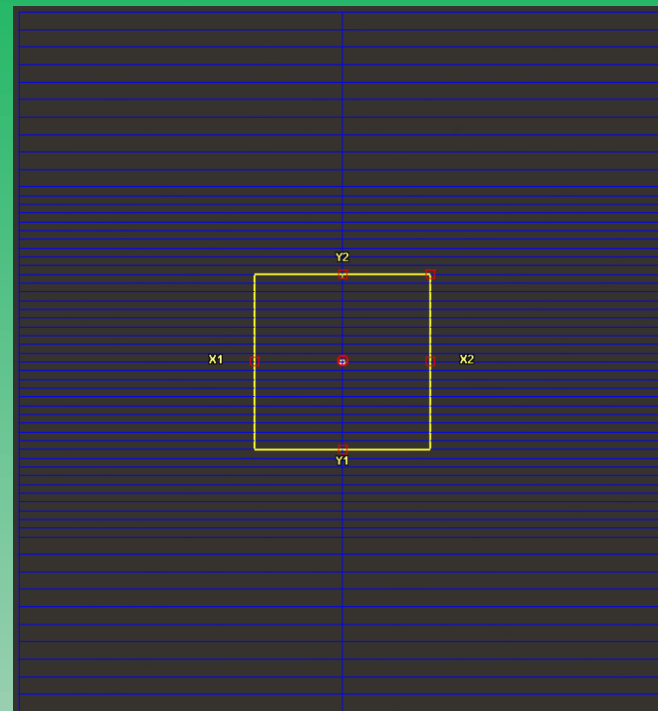
M. Filipová

K. Poláková

R. Nachtmann

Charakteristika Millennium 120 MLC

- Maximálna veľkosť poľa: 40 x 40 cm
- Stredných 20cm: šírka lamely 0.5 cm
- Vonkajších 20cm: šírka lamely 1 cm
- Výška lamely: 6 cm
- Polomer konca lamely: 8 cm
- Tongue and groove offset: 0.4 mm
- Orientácia lamiel: v smere clony X
- Max. vzdialenosť susedných lamiel na rovnakej strane: 15 cm



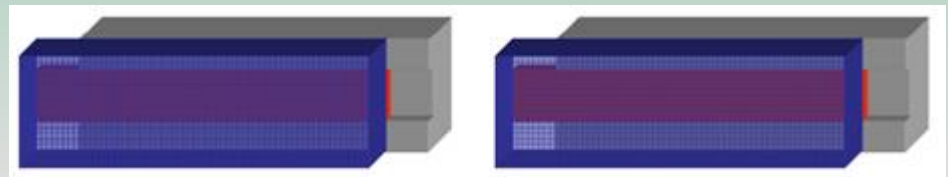
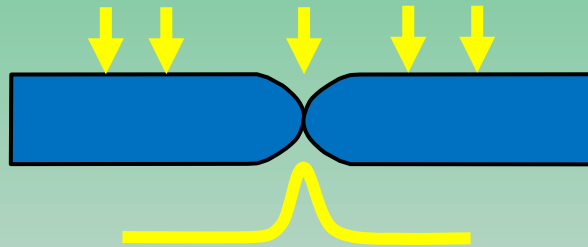
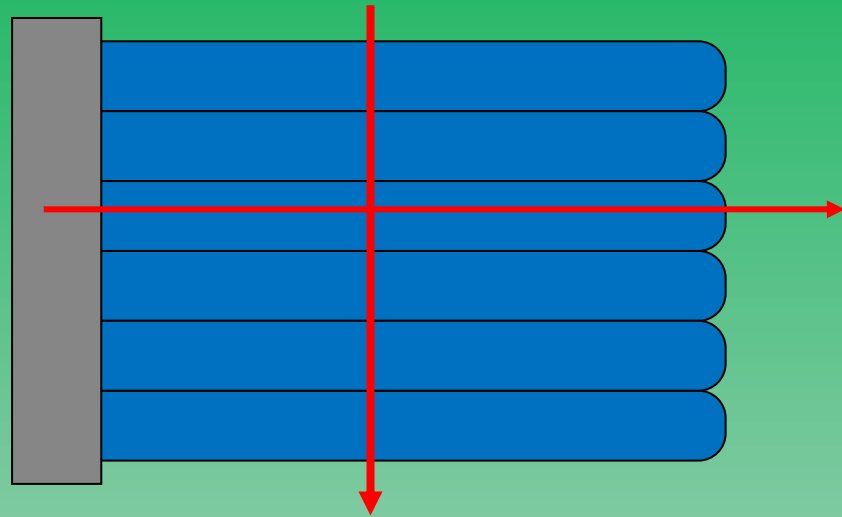
Charakteristika Millennium 120 MLC

(parametre udávané výrobcom)

- Zhoda svetelného a radiačného poľa: do 1 mm
- Polotieň (20-80%) pre pole 10x10 cm:
 - do 7 mm pre $< 10\text{MV}$
 - do 8.5 mm $> 10\text{MV}$
- Priemerná transmisia lamely: $< 2.5 \%$
- Max. interleaf leakage: $< 4.0 \%$
- Presnosť nastavenia koncovej pozície: do 1 mm v izocentre
- Reprodukovateľnosť: do 0.5 mm v izocentre

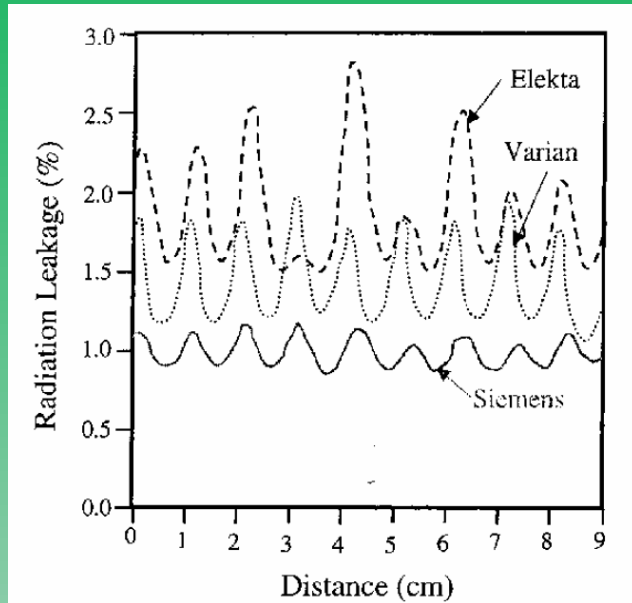
Statické parametre MLC

- **Transmisia**
 - Interleaf leakage
 - Intraleaf leakage
- **Efekt zaoblenej hrany MLC***
- **Tongue-and-groove efekt**



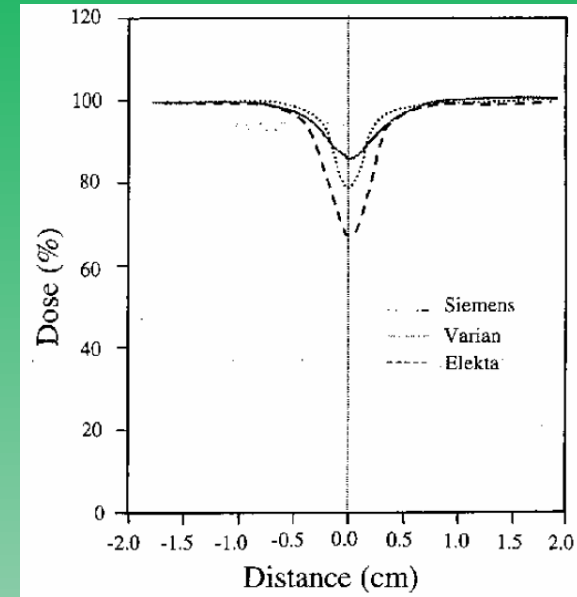
Dozimetrické parametre MLC - literatúra

Interleaf leakage



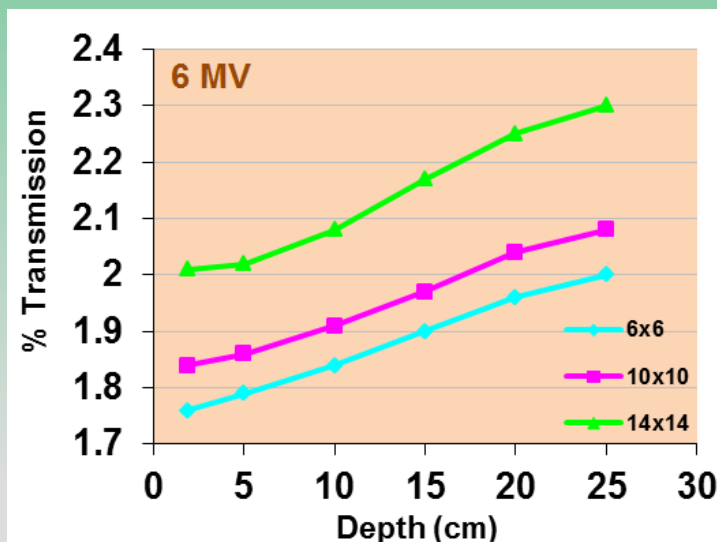
Huq et al., 2002

Tongue and groove efekt

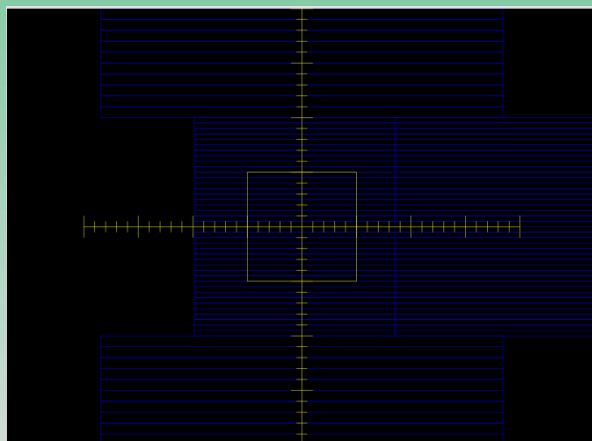
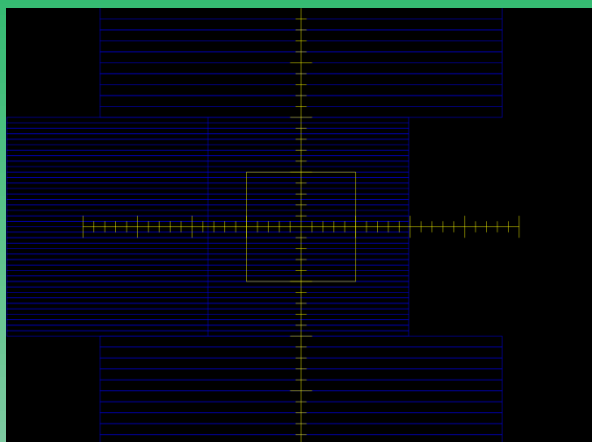


*Vplyv veľkosti poľa
a hĺbky na transmisiiu*

LoSasso et al., 1998



Meranie transmisie MMLC



Meranie podľa procedúry odporúčanej výrobcom:

- Pole 10x10 cm, zatvorené MLC mimo poľa
- Ionizačná komora typ “farmer”
- Referenčná geometria (SSD a hĺbka)

$$T = \frac{\frac{A+B}{2}}{OPEN}$$

- Parameter v plánovacom systéme (1 hodnota)

Dosimetric Data

Machine: Clinac2

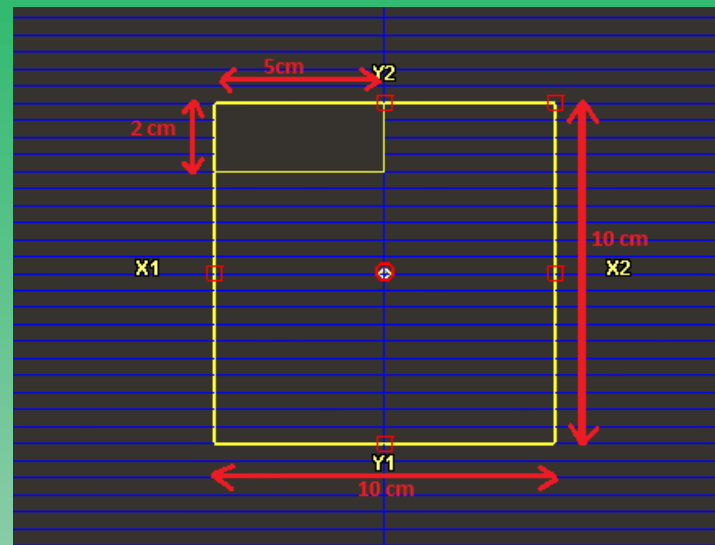
Energy: 6X

OK Cancel

Material	Parameter	Value
MLC	Transmission Factor	0.014000
MLC	Dosimetric Leaf Gap [cm]	0.230000

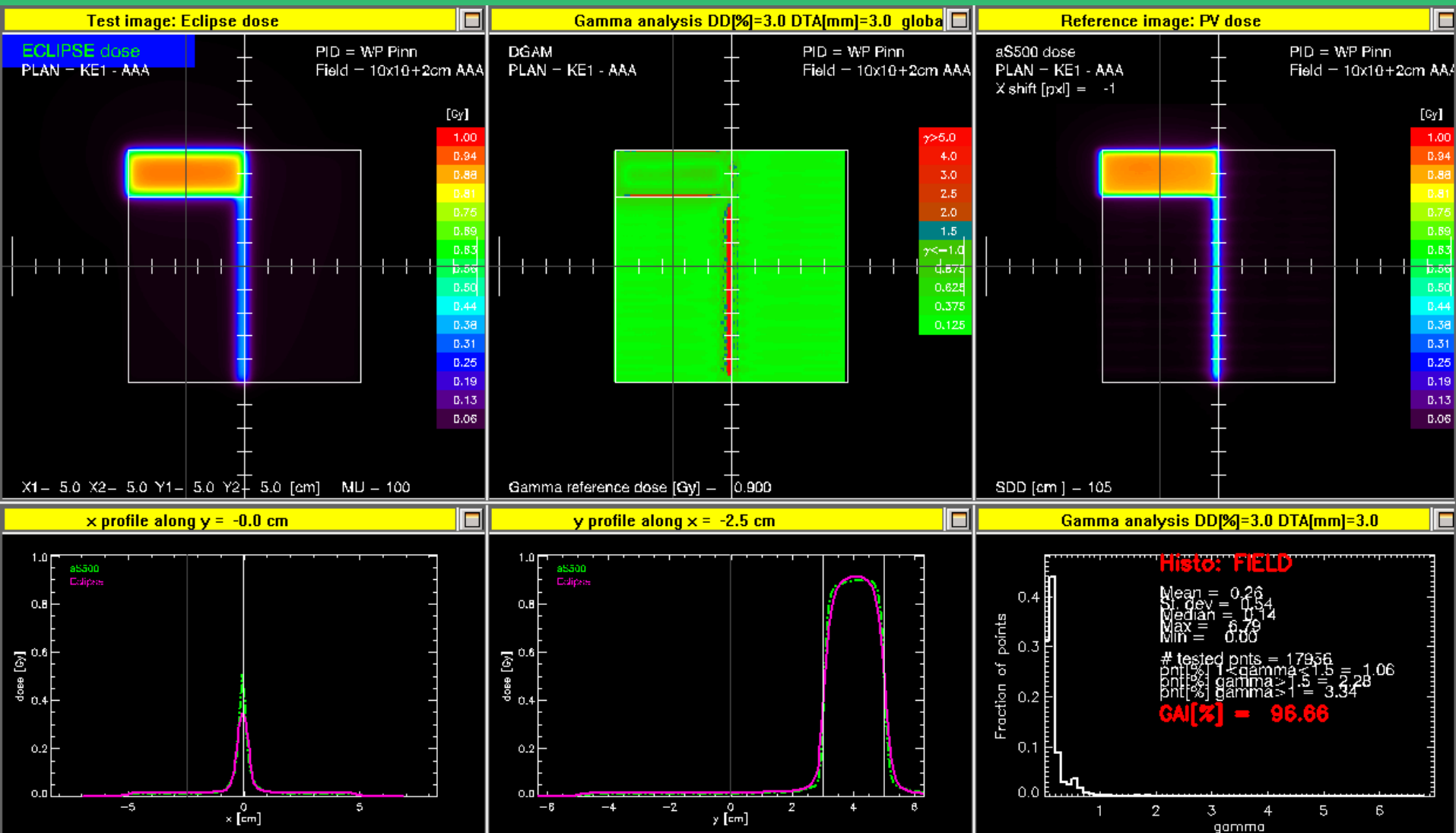
Plán testovania statických dozimetrických parametrov MMLC

- Vodný fantóm
- Pole 10x10 cm
- Zatvorené MLC v strede poľa
- Otvorené MLC 2x5 cm v ľavom hornom rohu
- 100 MU
- Sledovanie dávky v:
 - Otvorenej časti 2x5 cm (OF)
 - Strede poľa (efekt zaoblenej hrany MLC)
 - Pod zatvoreným MLC v pravej časti (transmisia)
- Porovnanie výsledkov pre:
 - Meranie (Epiqa) vs. TPS Eclipse v. 8.6 (AAA)
 - Meranie (Epiqa) vs. TPS Oncentra Masterplan v. 3.3 (CC & PB)

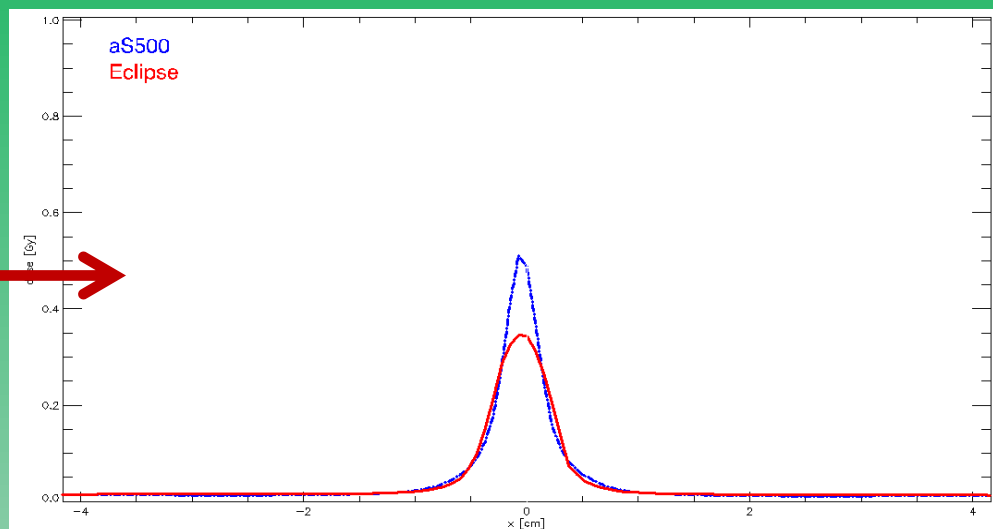
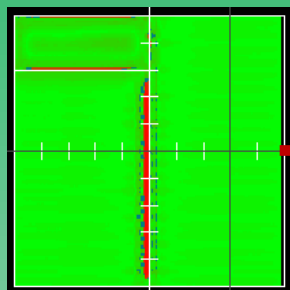


Plán testovania statických dozim. parametrov

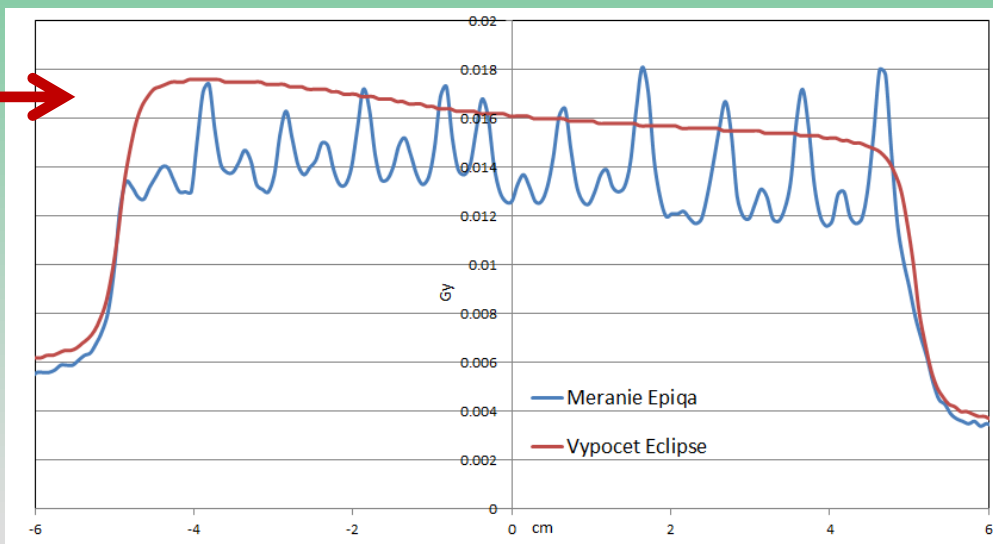
Eclipse (AAA) vs. meranie (Epiqa)



Plán testovania statických dozim. parametrov *Eclipse (AAA) vs. meranie (Epiqa) – zoom profilov*

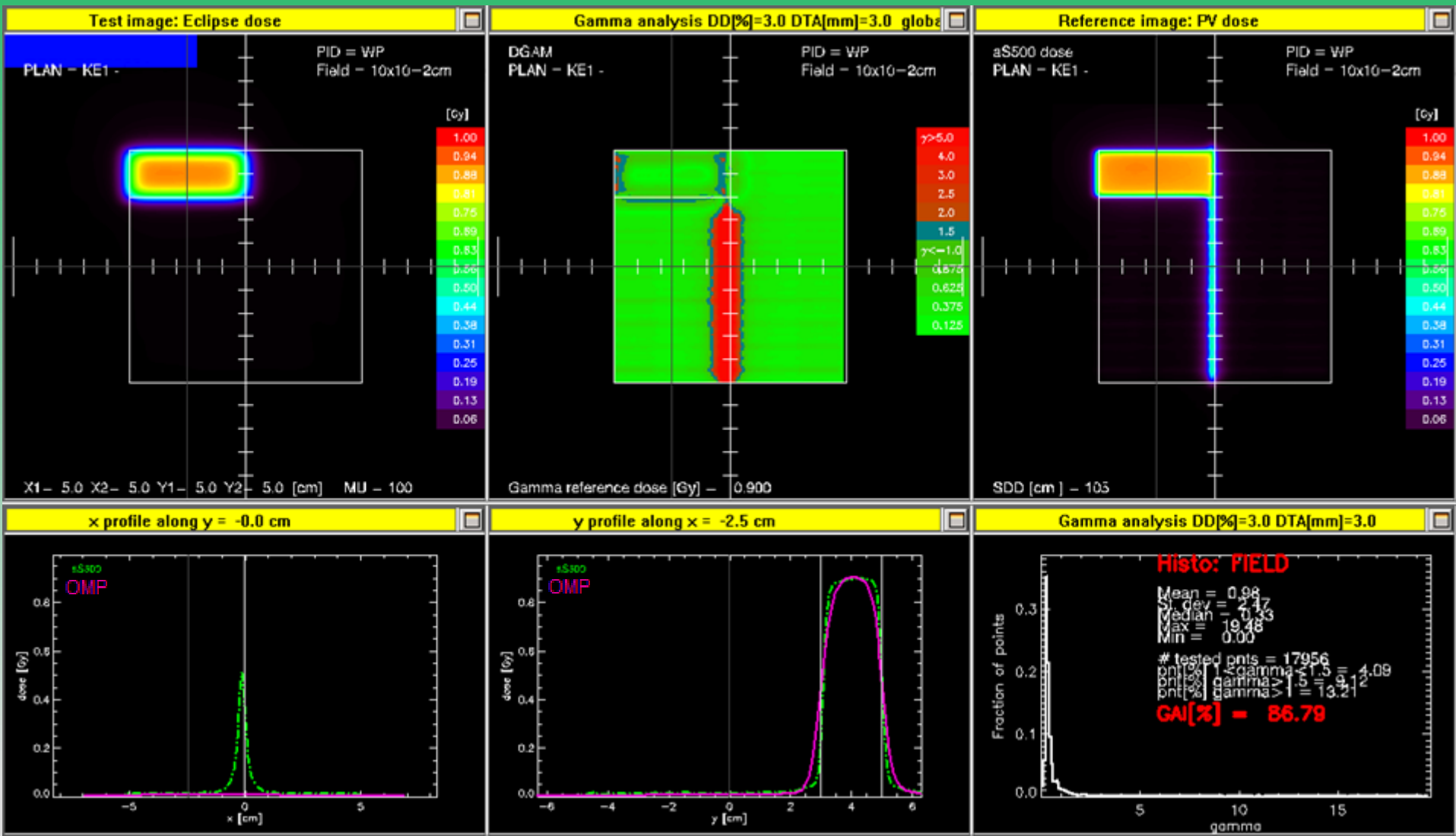


Efekt zaoblenej hrany MLC
(profil v smere X)

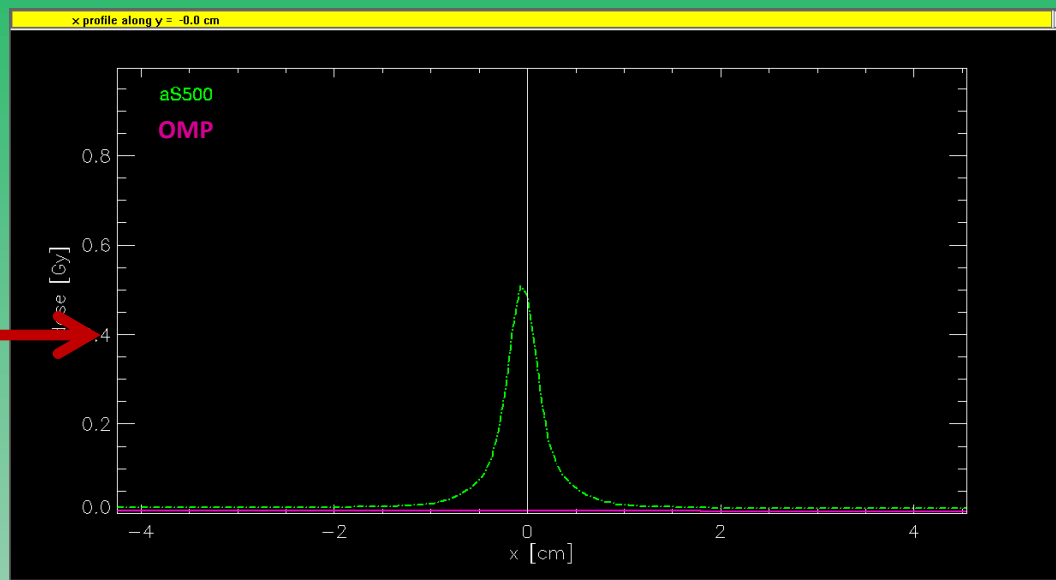


**Transmisia - intraleaf a
interleaf leakage**
(profil v smere Y)

Plán testovania statických dozim. parametrov *Oncentra Masterplan (CC & PB) vs. meranie (Epiqa)*



Plán testovania statických dozim. parametrov *Oncentra Masterplan (CC & PB) vs. meranie (Epiqa)*



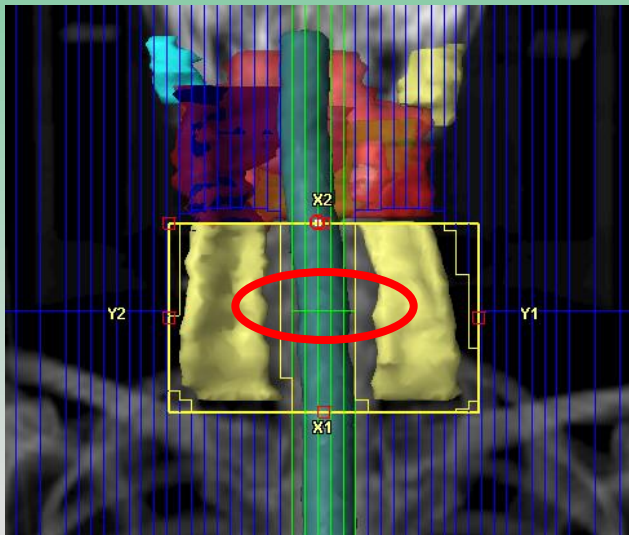
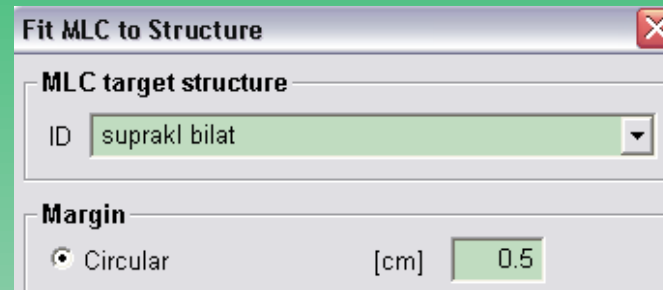
- Efekt zaoblenej hrany MLC ?
- Transmisia ?

- Beam model pre Oncentra Masterplan v. 3.3 používaného na OÚSA nepočíta s transmisiou žiarenia cez lamely MLC, ani so zaoblenou hranou MLC
- Tieto parametre je možné dodefinovať na základe iteratívneho fitovania nameraných a vypočítaných dávkových profilov cez rôzne MLC tvarované polia
- Keďže Oncentra Masterplan sa na OÚSA používa len na 3D CRT, klinický efekt tohto nedostatku je zanedbateľný (ale treba na to myslieť pri plánovaní)

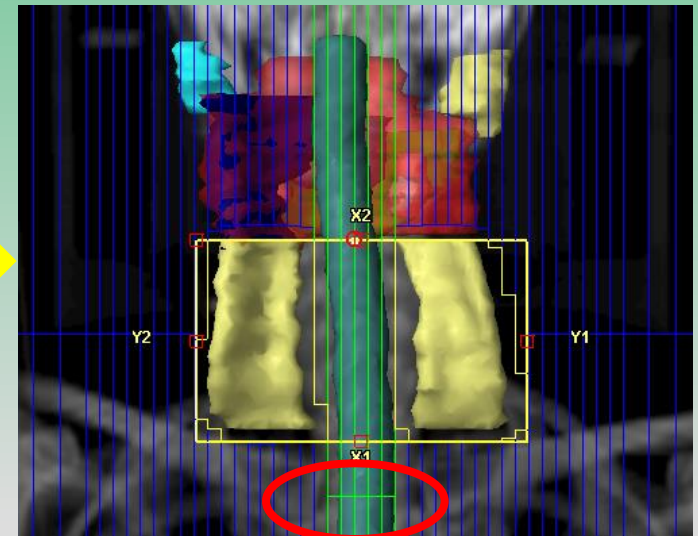
Príklad nesprávneho použitia MLC

Centrálne krytie miechy pri ožiarení supraklavikulárnych uzlín:

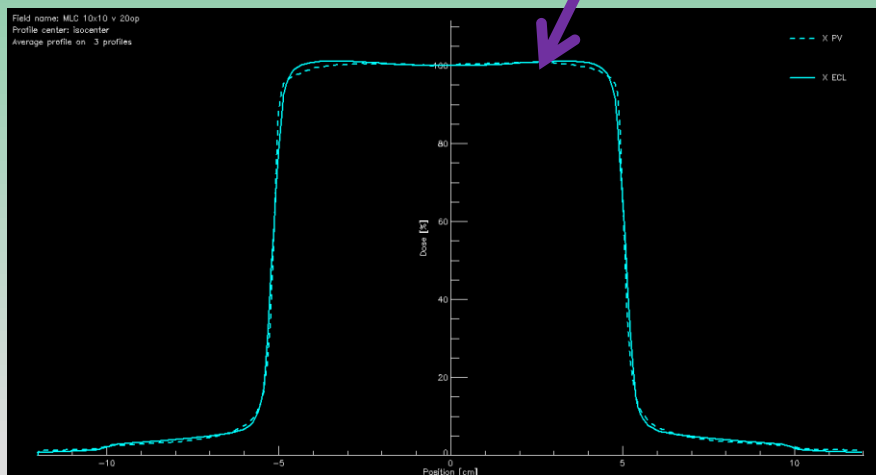
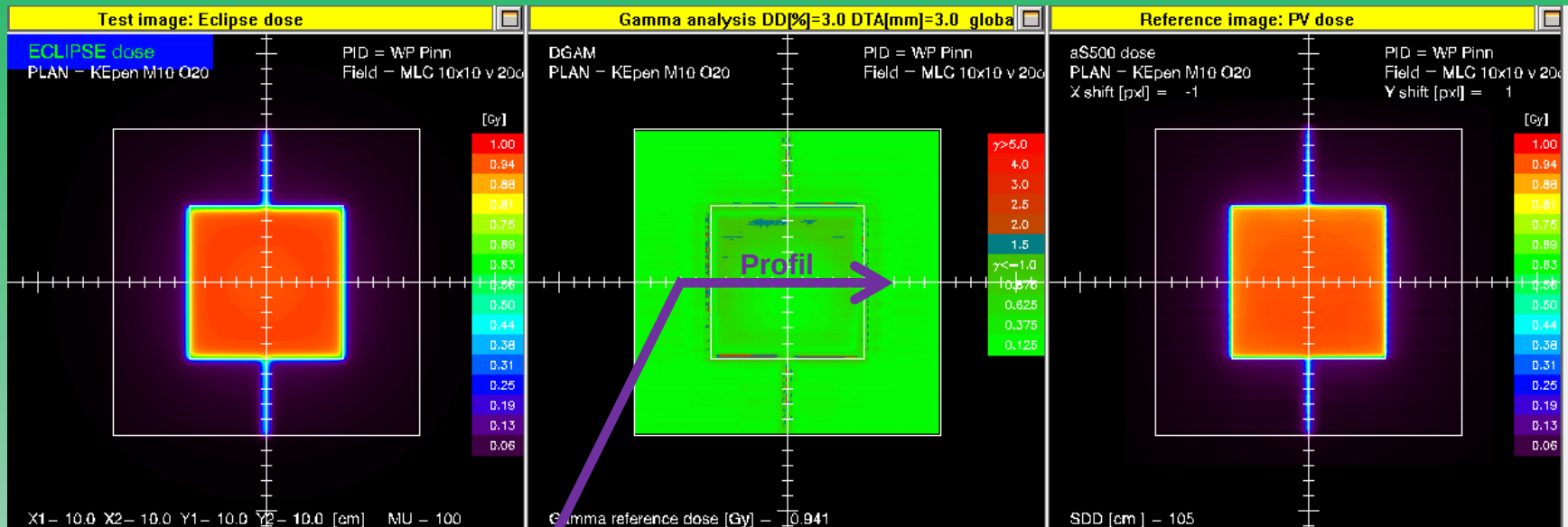
- Kolimátor 90° (pokrytie suprakl. bilat. + krytie miechy s MLC)
- Automatický fit MLC k PTV => spojenie lamiel MLC v strede poľa (miecha)
- Počíta s tým plánovací systém?
- Predávkovanie na miechu?



Manuálne
zatahnutie MLC



Meranie polotieňa pre pole 10x10 tvarované len s MLC



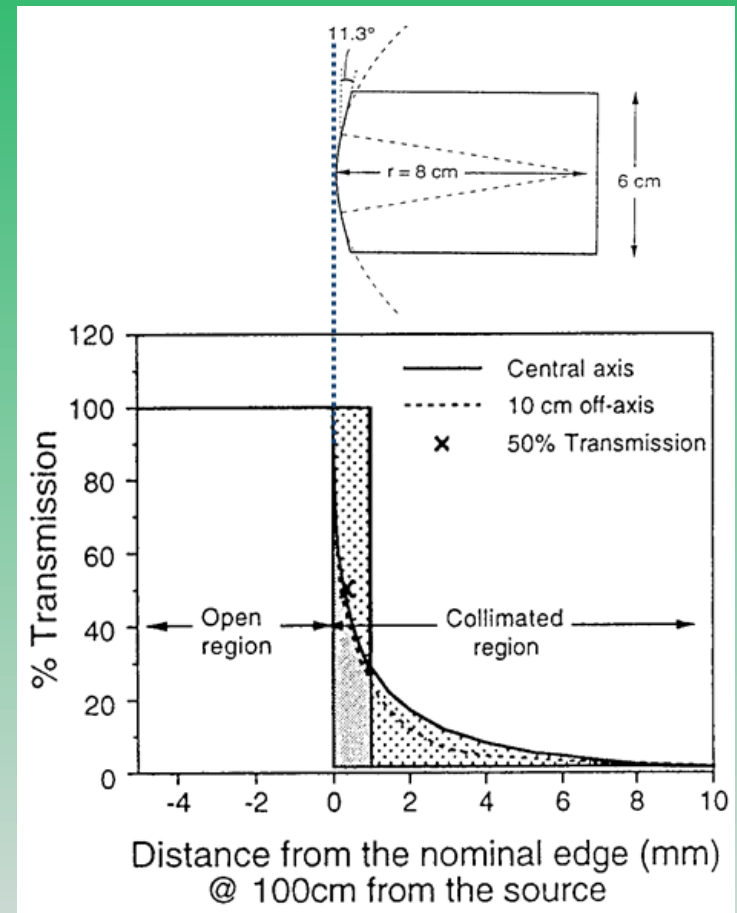
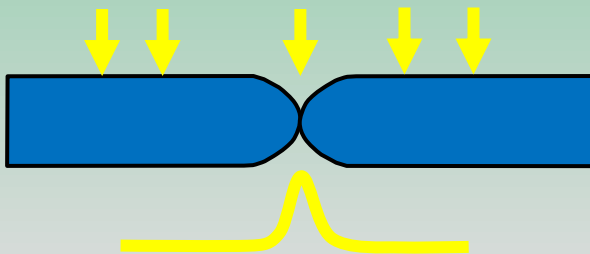
	Field size [cm]	Left pen [mm]	Right pen [mm]	Dmax [%]
X PV	10.25	3.3	2.6	100.8
X ECL	10.41	4.2	4.5	101.1

Varian: polotieň < 7mm pre < 10MV

Dynamické parametre MMLC

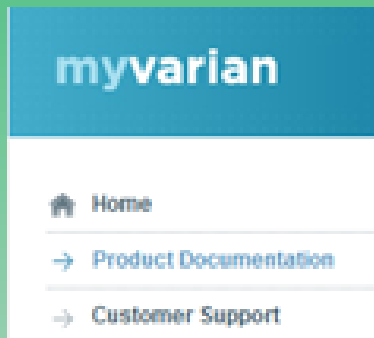
Dosimetric leaf gap (DLG)

- Náhrada za modelovanie zaoblenej hrany MMLC
- Vyjadruje zdanlivú zmenu polohy zaoblenej lamely voči polohe pohybujúcej sa nezaoblenej lamely
- Vyjadruje sa v mm



Meranie dosimetric leaf gap-u

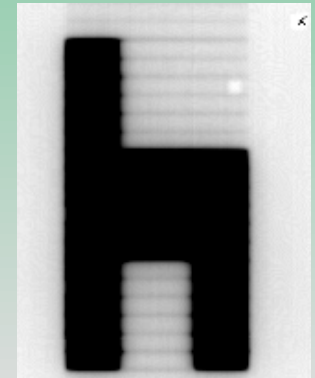
- Meranie DLG pomocou Varian procedúry
DICOM dáta a návod na *my.varian.com*



Dosimetric Leaf Gap Measurement Exercise	
Date: August 2011	
Attachment	Size
Dosimetric Leaf Gap Measurement Exercise.pdf	287.88 KB
DLG.zip	70.84 KB

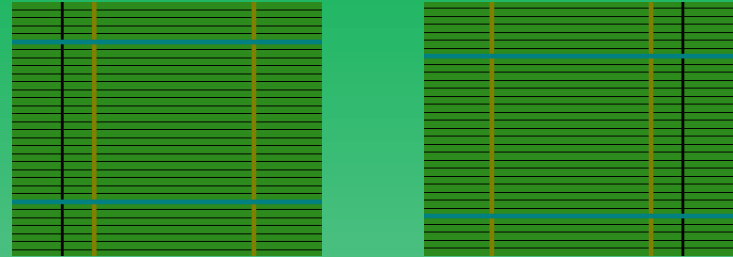
4X_DLG_HD120.dcm
4X_DLG_STD120.dcm
6X_DLG_HD120.dcm
6X_DLG_STD120.dcm
6XFFF_DLG_HD120.dcm
6XFFF_DLG_STD120.dcm
6XSRS_DLG_HD120.dcm
6XSRS_DLG_STD120.dcm
8X_DLG_HD120.dcm
8X_DLG_STD120.dcm
10X_DLG_HD120.dcm
10X_DLG_STD120.dcm
10XFFF_DLG_HD120.dcm
10XFFF_DLG_STD120.dcm
15X_DLG_HD120.dcm
15X_DLG_STD120.dcm
18X_DLG_HD120.dcm
18X_DLG_STD120.dcm
20X_DLG_HD120.dcm
20X_DLG_STD120.dcm

- Overenie DLG pomocou chair testu (Epiqa)

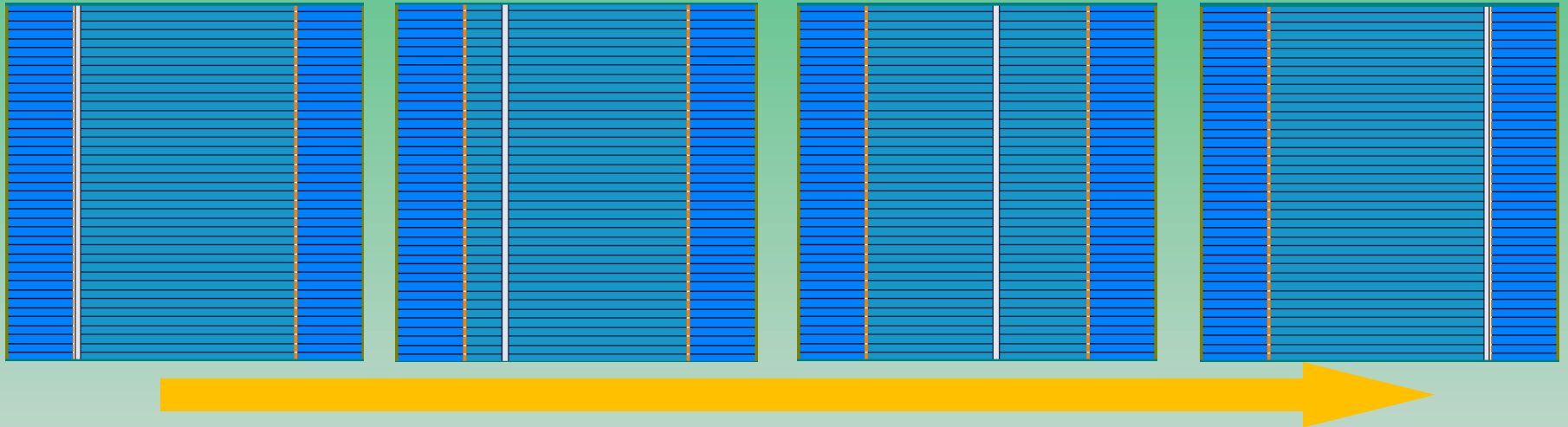


Meranie DLG pomocou Varian procedúry

1. Meranie príspevku transmisie

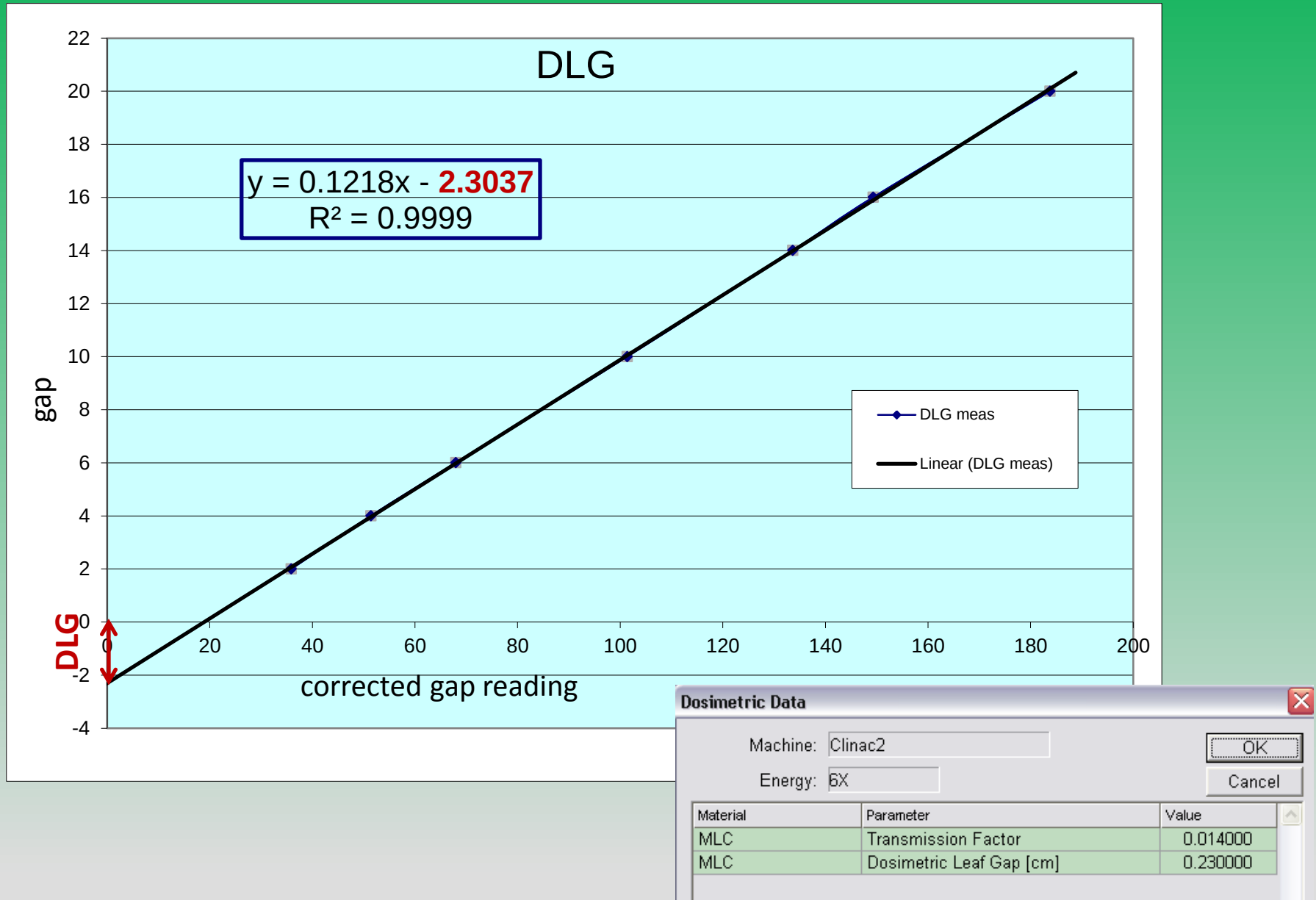


2. Meranie pravidelne sa posúvajúcich MLC lamiel s medzerou:
2mm, 4mm, 6mm, 10mm, 14mm, 16 mm, 18mm, 20 mm

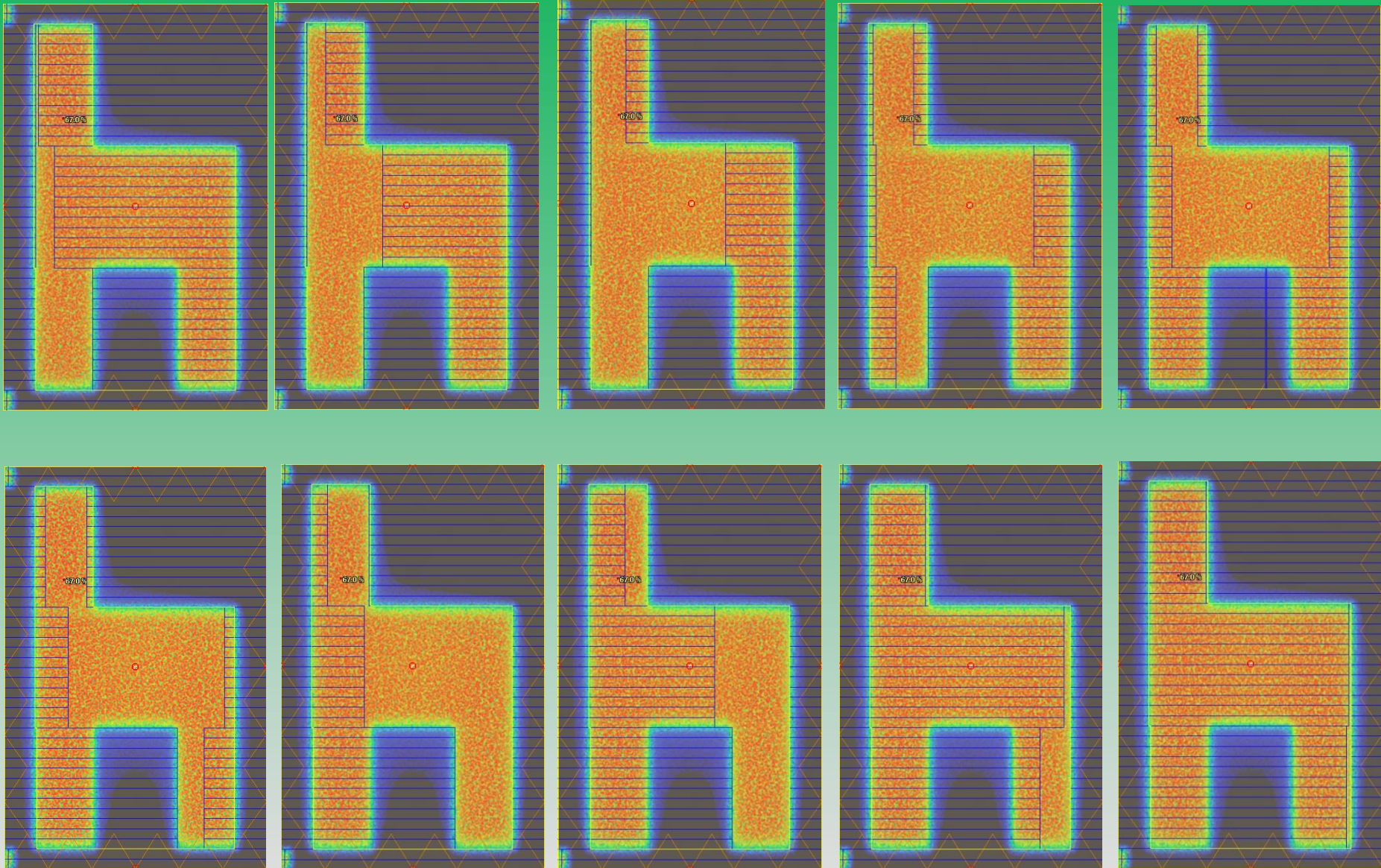


3. Výpočet pomocných parametrov
4. Vykreslenie hodnôt do grafu a určenie DLG z rovnice lineárnej regresie

Meranie DLG pomocou Varian procedúry

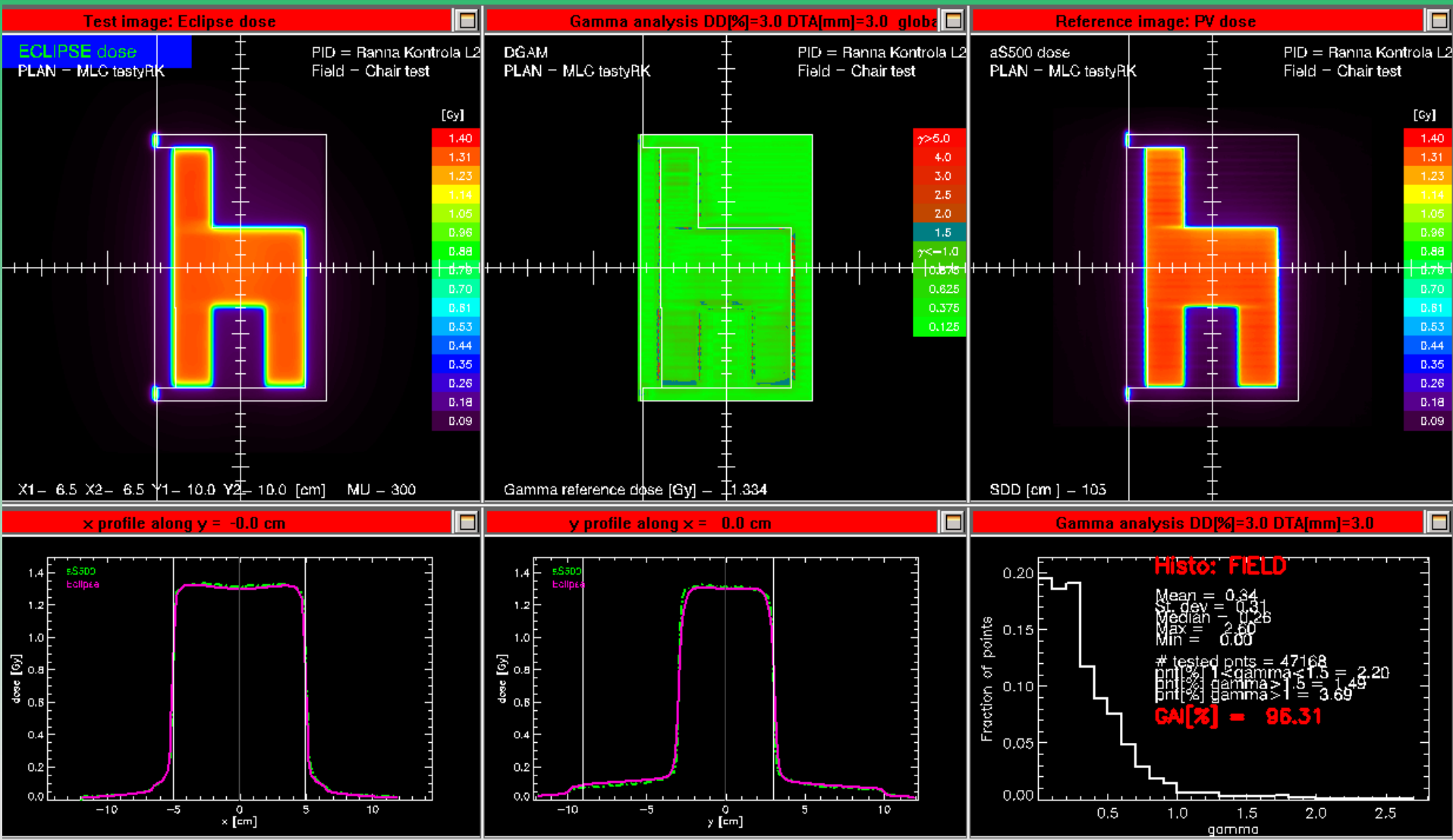


Overenie správnosti DLG - chair test



Overenie správnosti DLG - chair test

Vyhodnotenie v Epique: výpočet vs. meranie



Overenie správnosti DLG - chair test

Citlivosť chair testu na zmenu DLG

DLG 1.5 mm

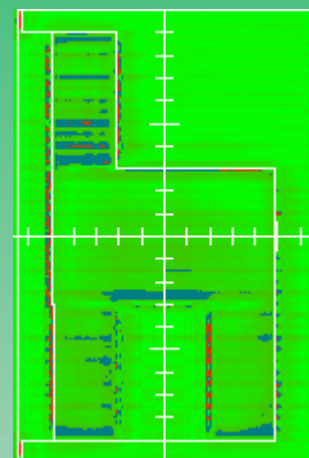
DLG 2 mm

DLG 2.3 mm

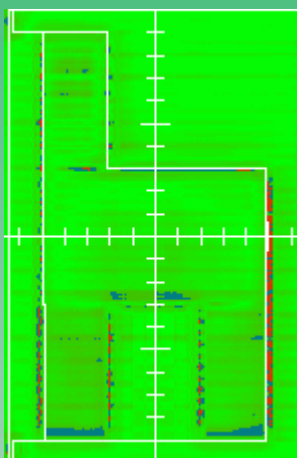
DLG 2.5 mm

DLG 2.7 mm

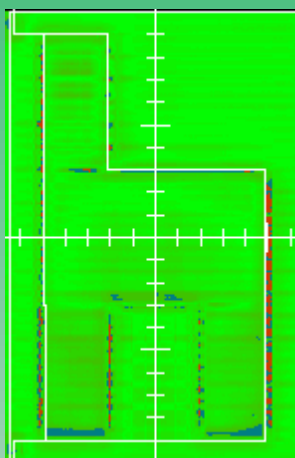
DLG 3 mm



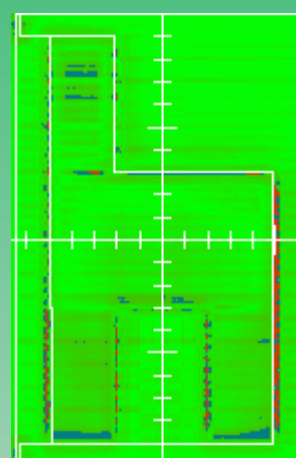
GAI[%] = 93.39



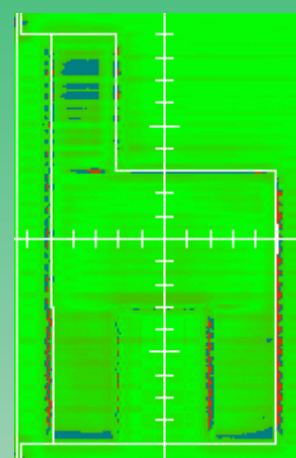
GAI[%] = 95.98



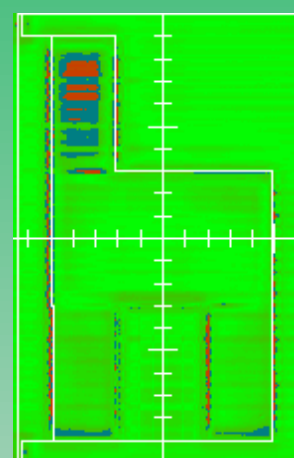
GAI[%] = 96.31



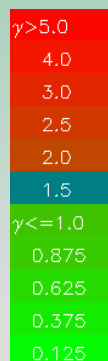
GAI[%] = 95.74



GAI[%] = 94.75



GAI[%] = 93.17

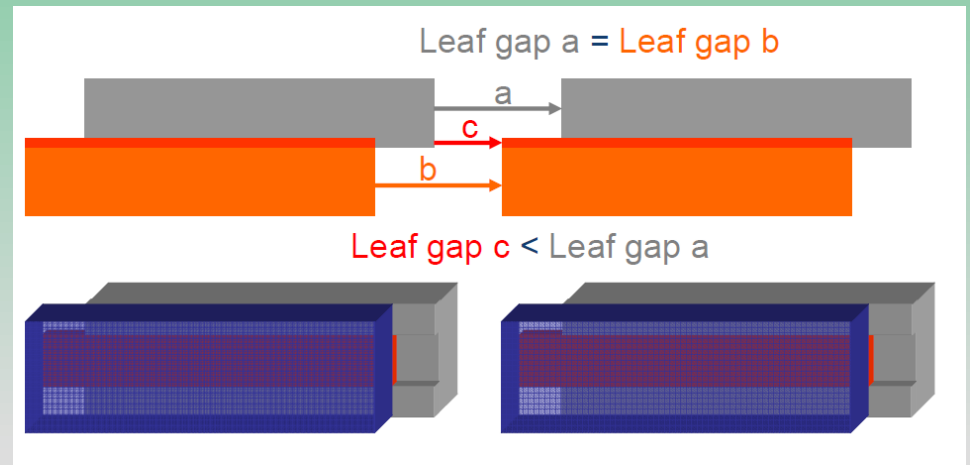
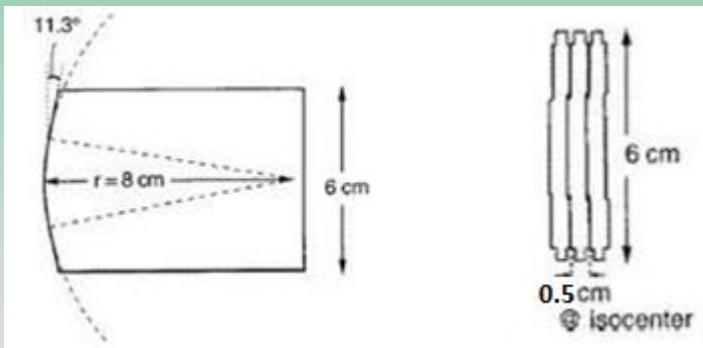


Gamma analýza 3 % 3 mm

Zmena DLG sa prejaví najmä v hornej časti “stoličky”

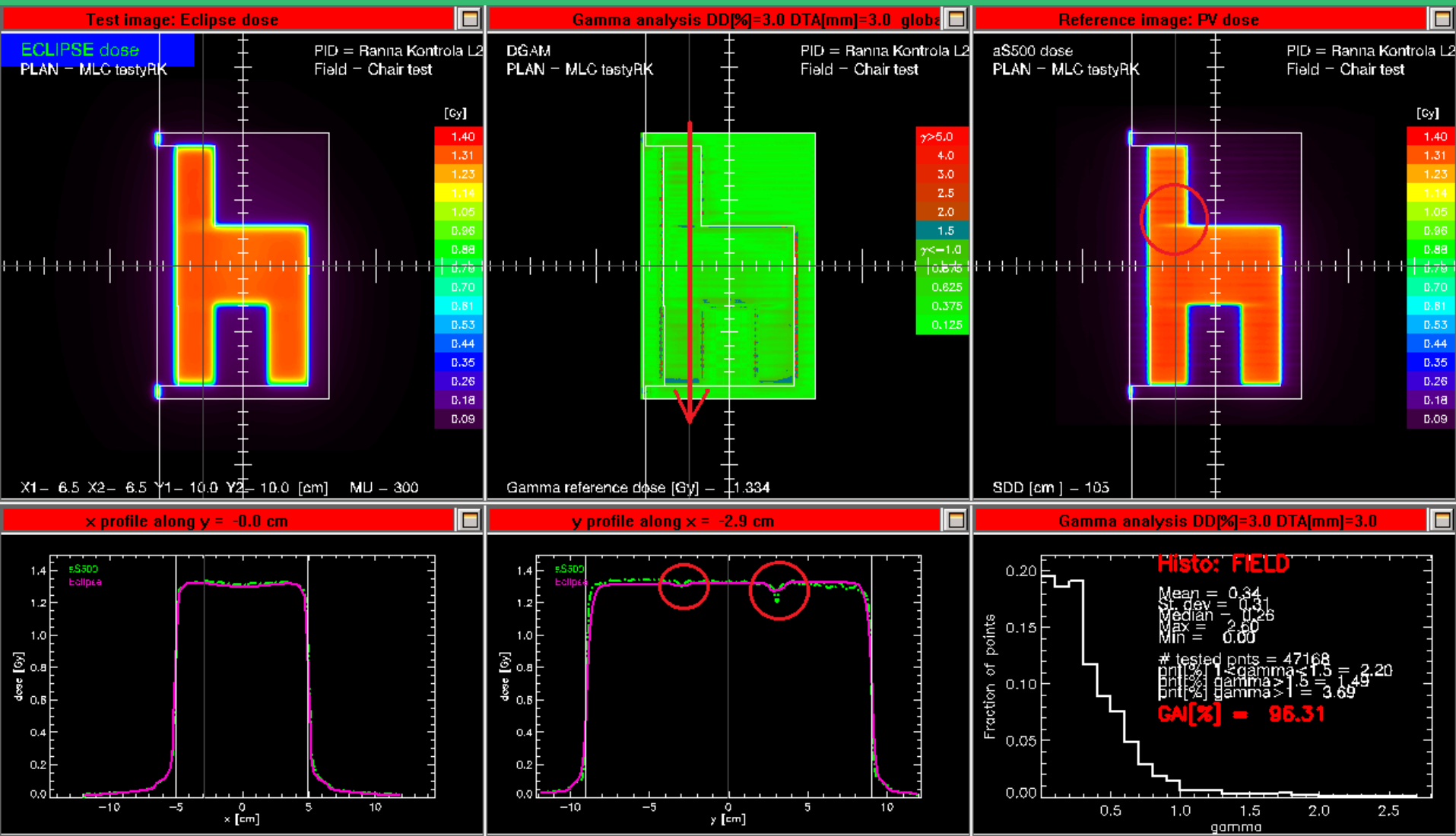
Tongue-and-groove efekt

- 2 susedné páry lamiel MLC sú navzájom naviazané pomocou “jazýčka” (tongue) a “žliabku” (groove) – 0.4mm
- Minimalizovanie transmisie cez MLC
- Môže mať za následok úzky pás poddávkovania s nízkou intenzitou
- Plánovací systém by sa mal snažiť predísť tomuto efektu synchronizovaním pohybu lamiel
- Plánovací systém by s tongue-and-groove efektom mal počítať
- Pri technike VMAT sa tento efekt eliminuje rotáciou kolimátora



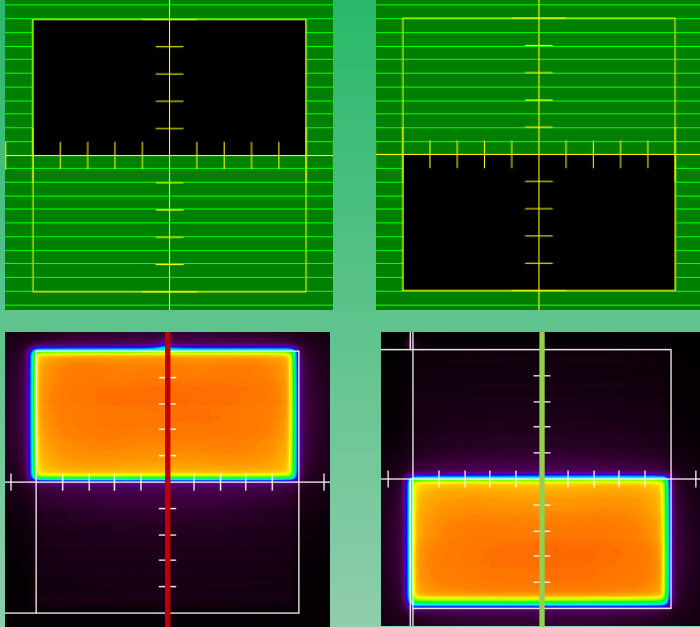
Tongue-and-groove efekt

Ukážka na chair teste: výpočet vs. meranie

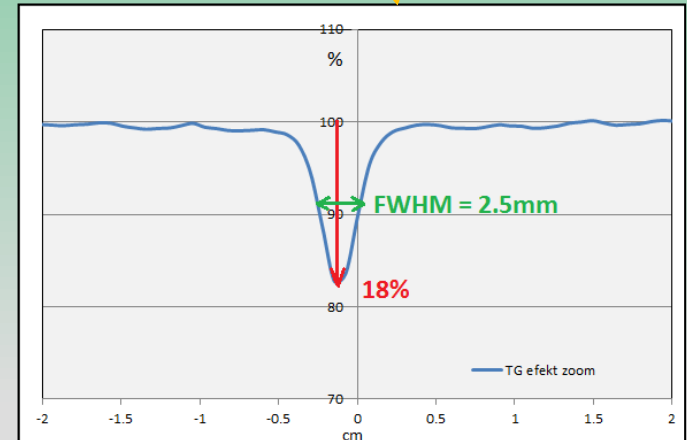
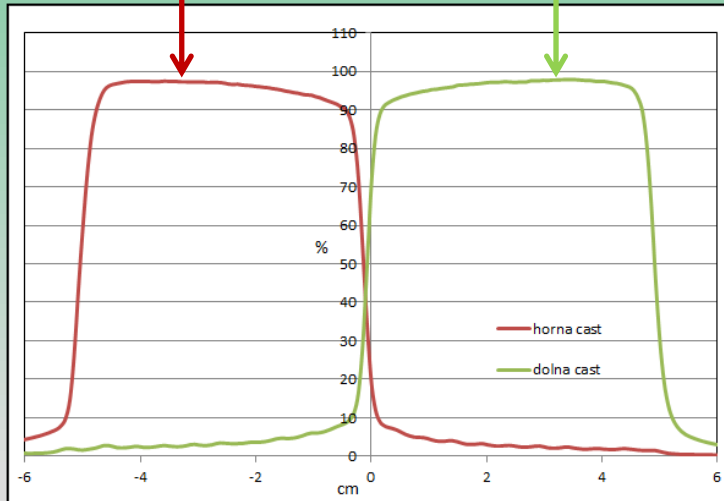
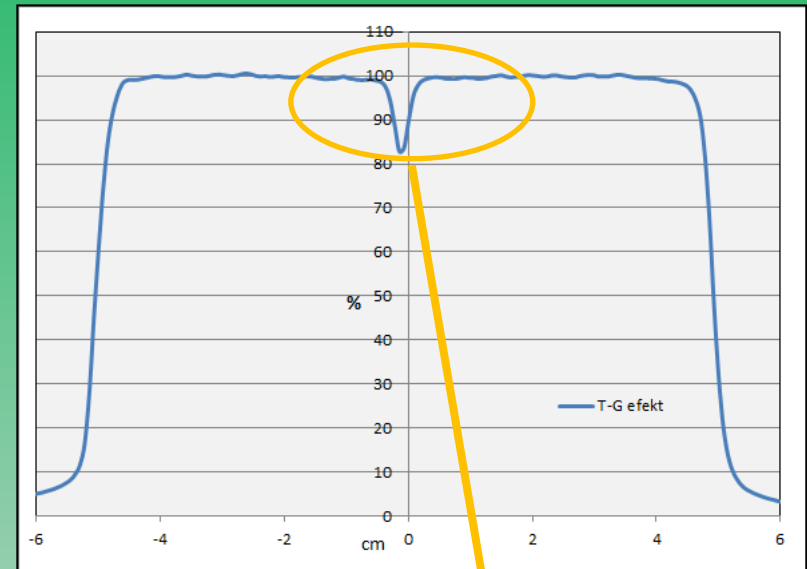


Tongue-and-groove efekt

Meranie efektu na súčte 2 statických polí

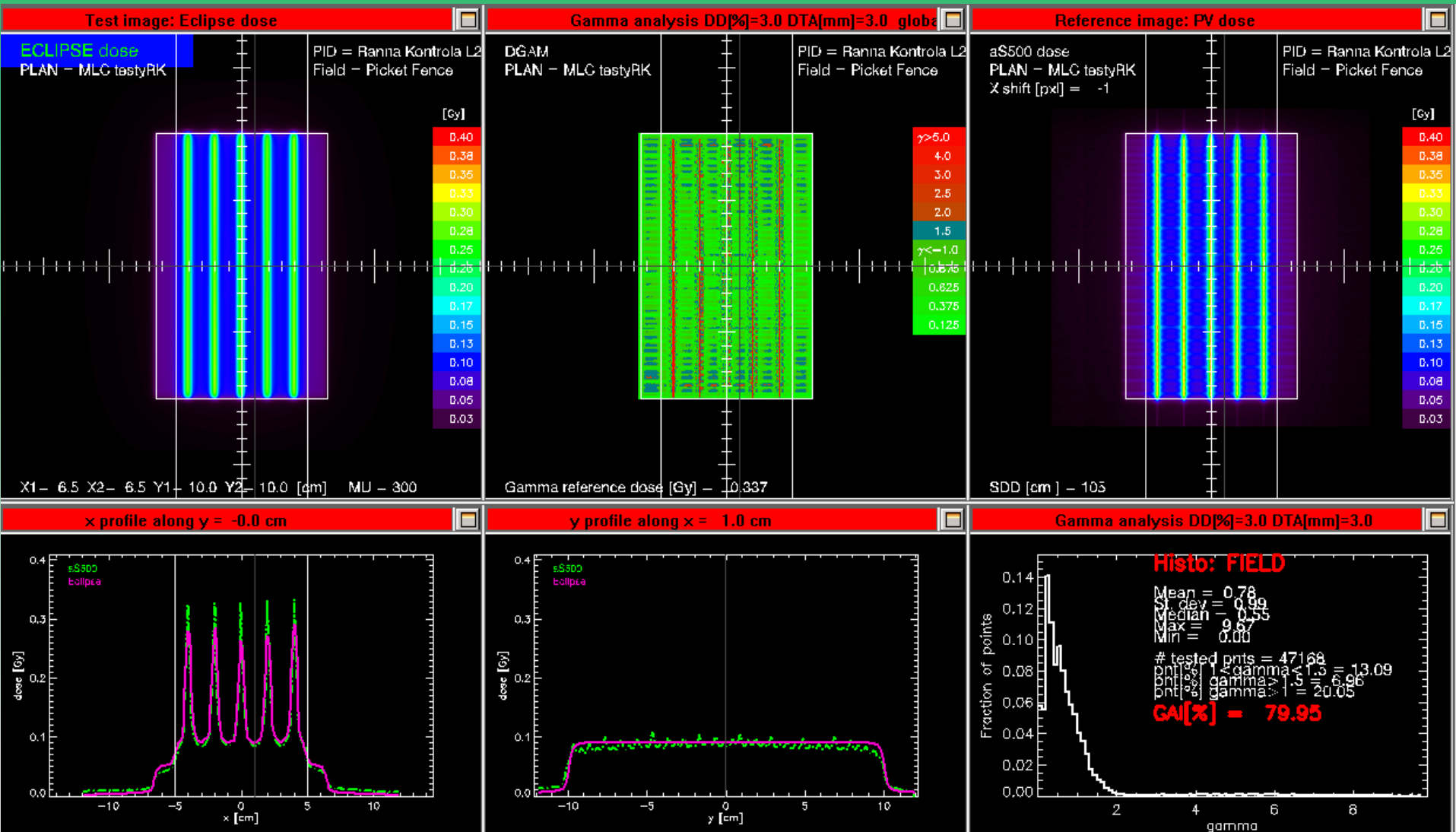


$\Sigma =$



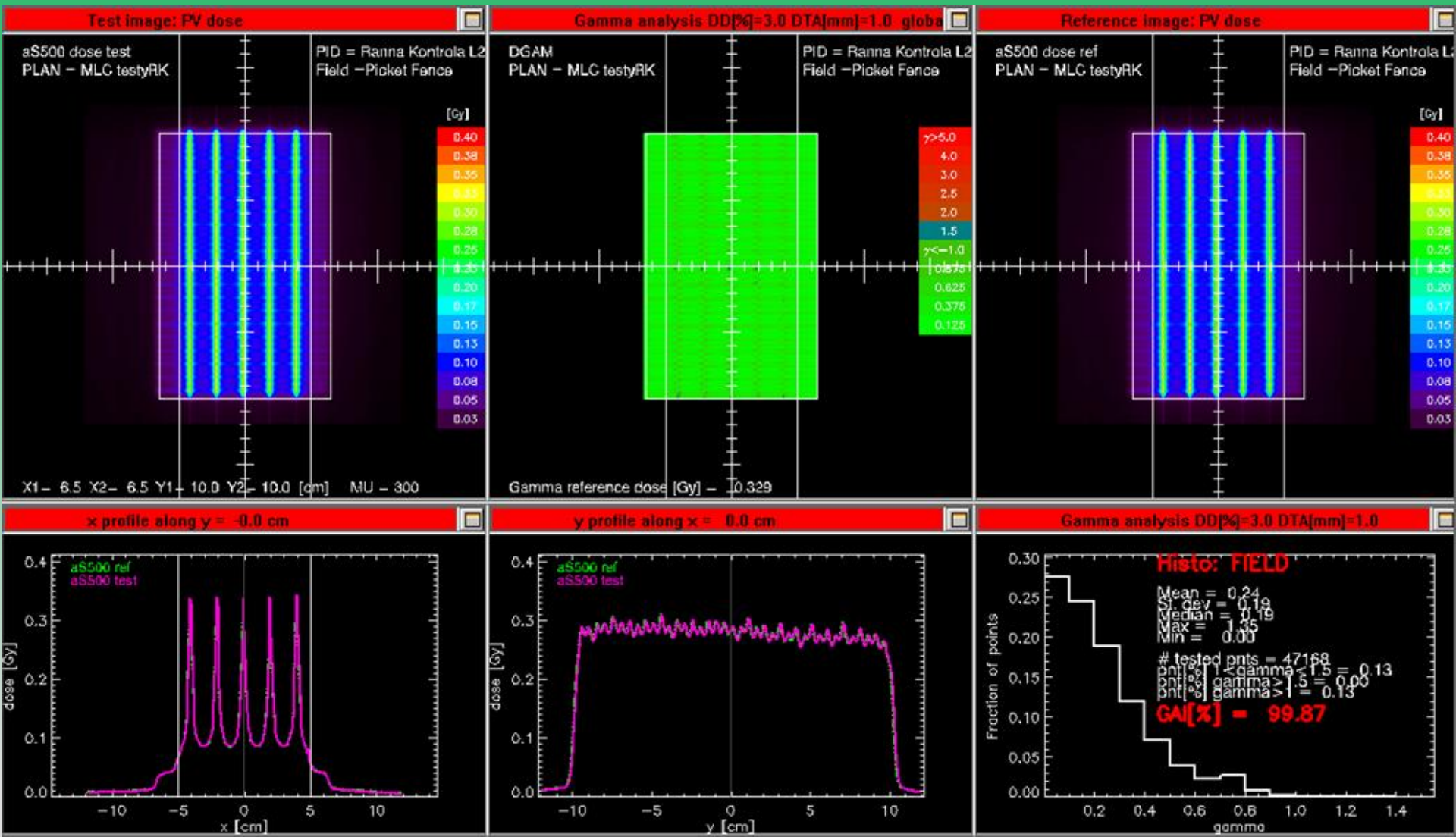
Picket fence test

výpočet (Eclipse) vs. meranie (Epiqa)



Picket fence test

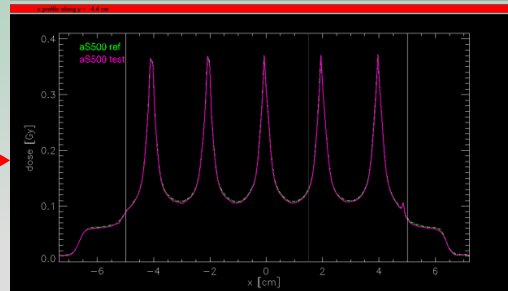
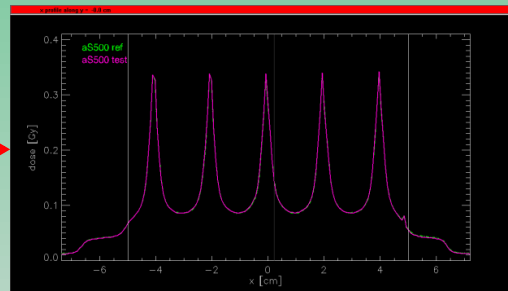
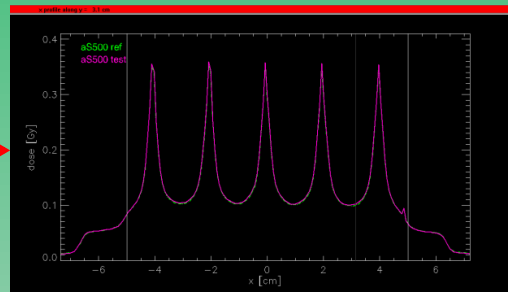
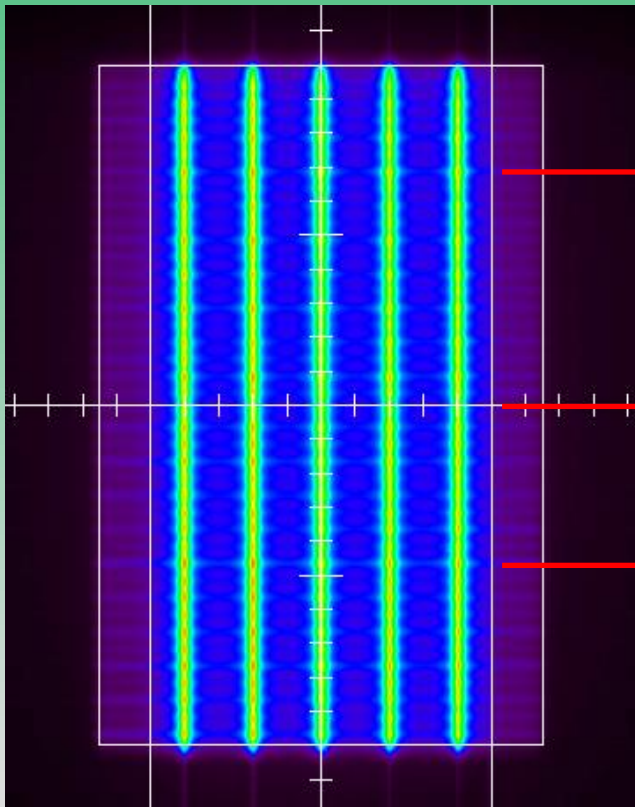
$meranie_{aktual}$ vs. $meranie_{ref}$ (Epiqa)



Picket fence test

Čo a ako vyhodnocovať?

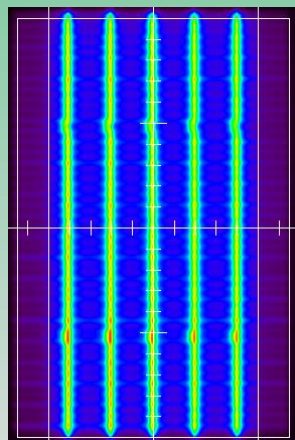
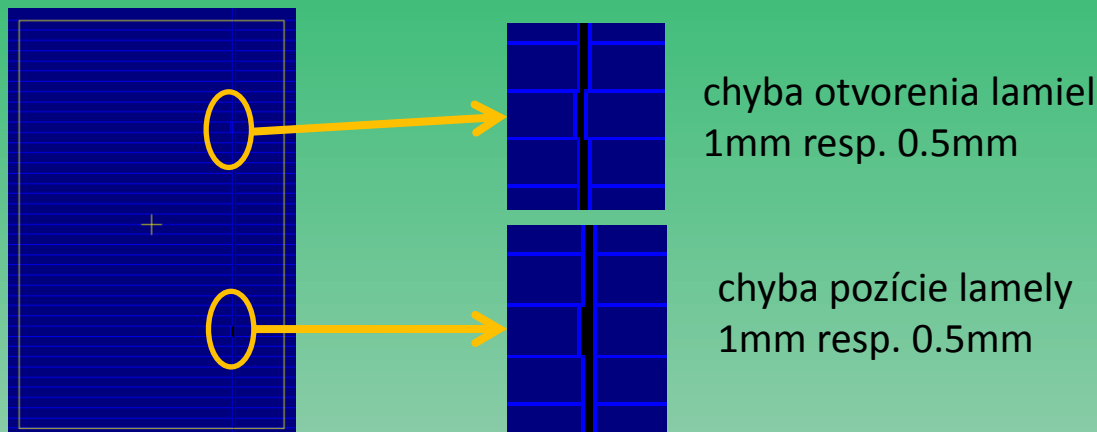
- meranie_{aktuálny stav} vs. meranie_{referenčné} (kontrola stability)
- gamma analýza 3% / 1mm
- vyhodnocovanie vodorovnosti čiar (okom) + pozrieť profily cez rôzne páry lamíel MLC



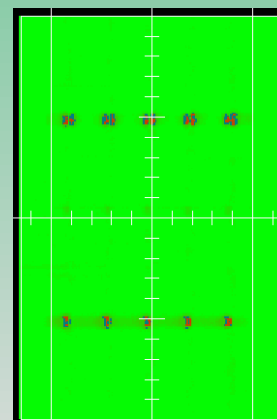
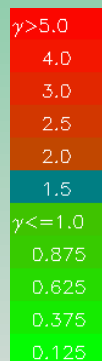
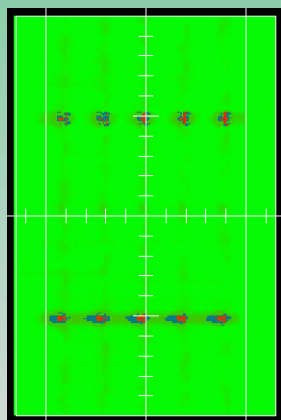
Citlivosť PF testu na presnosť pozície lamiel MLC

$meranie_{aktual}$ vs. $meranie_{ref}$ (Epiqa)

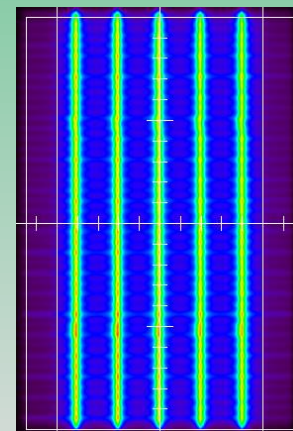
Simulácia chyby MLC manuálnou zmenou pozícií lamiel 20 & 40 MLC vo všetkých control pointoch



Nameraná dávková
distribúcia – chyba 1mm



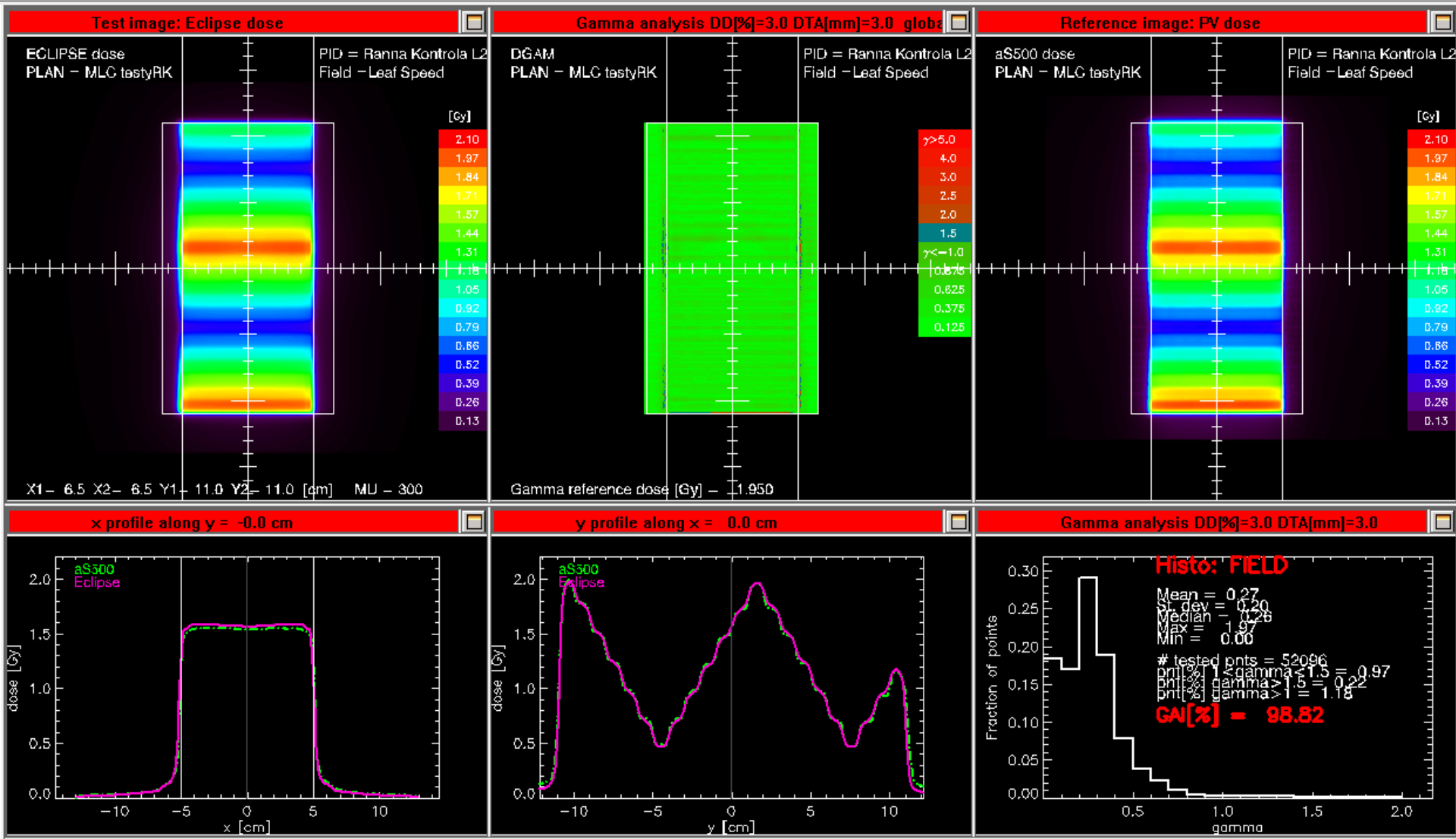
Gamma analýza 3% / 1 mm
(porovnanie s meraním bez chýb)



Nameraná dávková
distribúcia – chyba 0.5mm

Leaf speed test

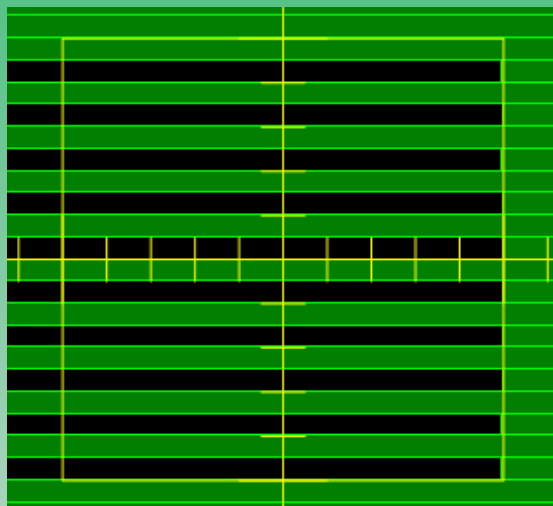
výpočet (Eclipse) vs. meranie (Epiqa)



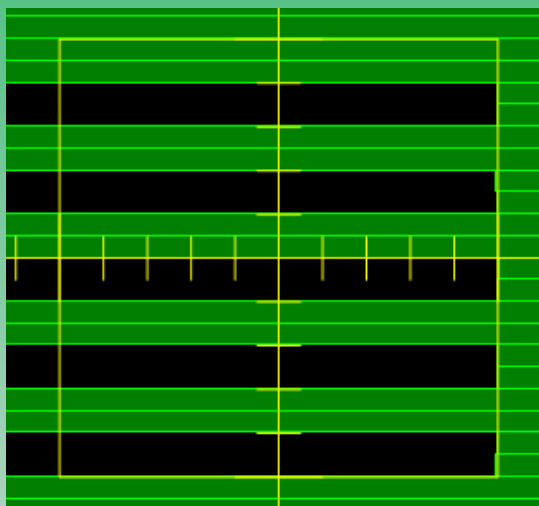
Určenie minimálnej veľkosti otvorenia lamiel MLC pre plánovacie systémy používané na OÚSA

- Akú veľkosť otvorenia lamiel statického MLC ešte klinicky používať?

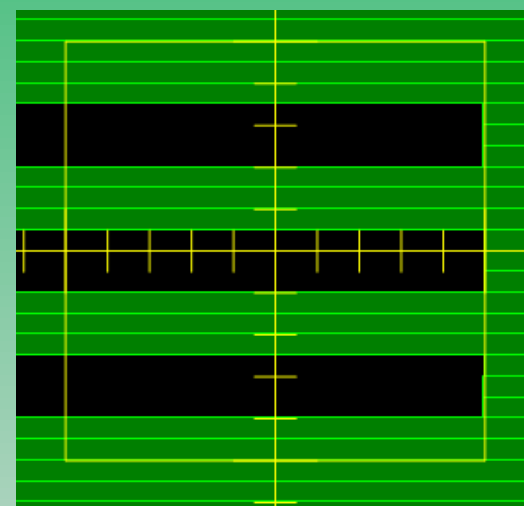
0.5 cm?



1 cm?



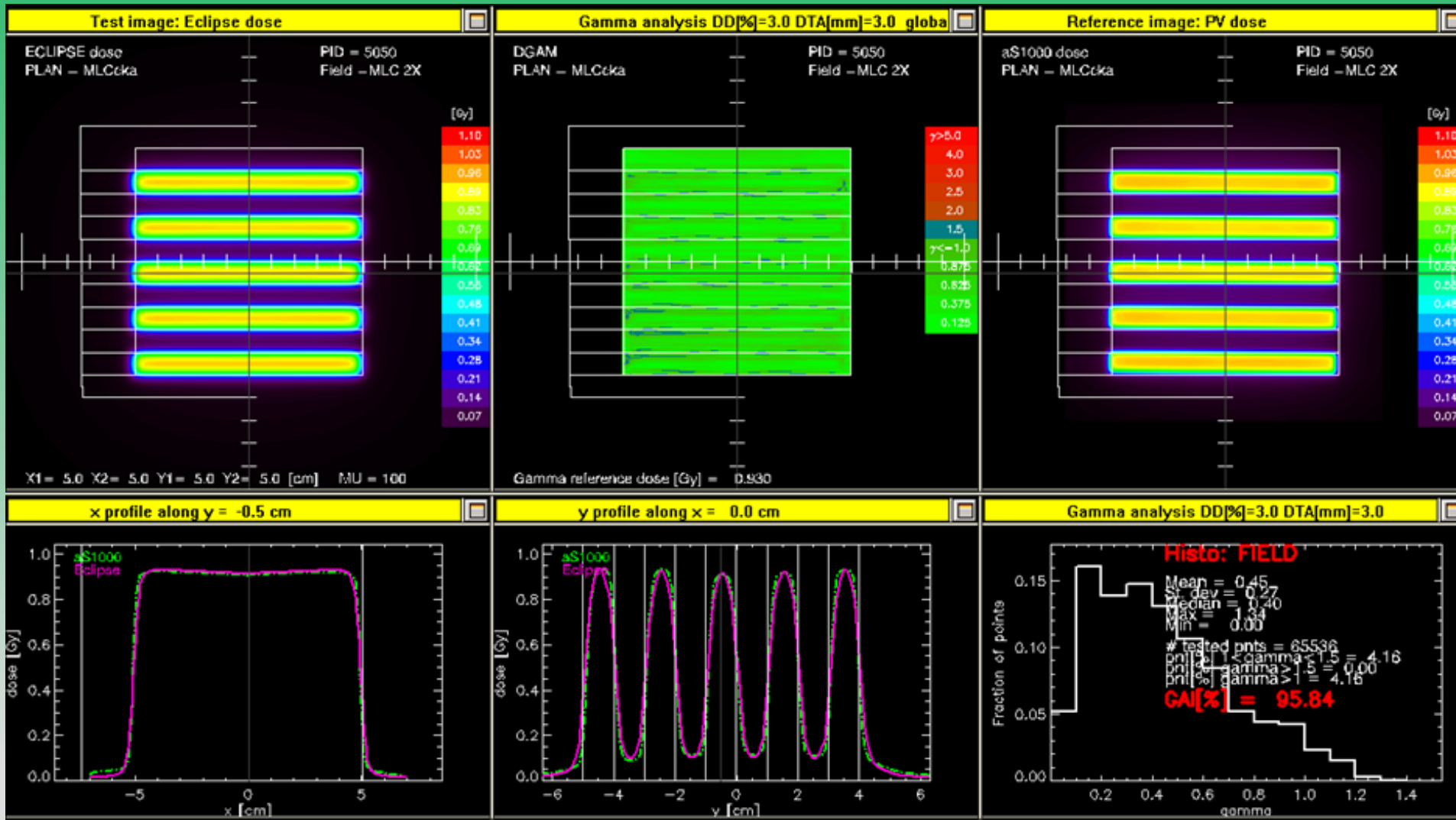
1.5 cm?



- Ako je to pre Eclipse a Oncentra Masterplan?
- Od čoho to závisí?
- Ako je to pre dynamické MLC?

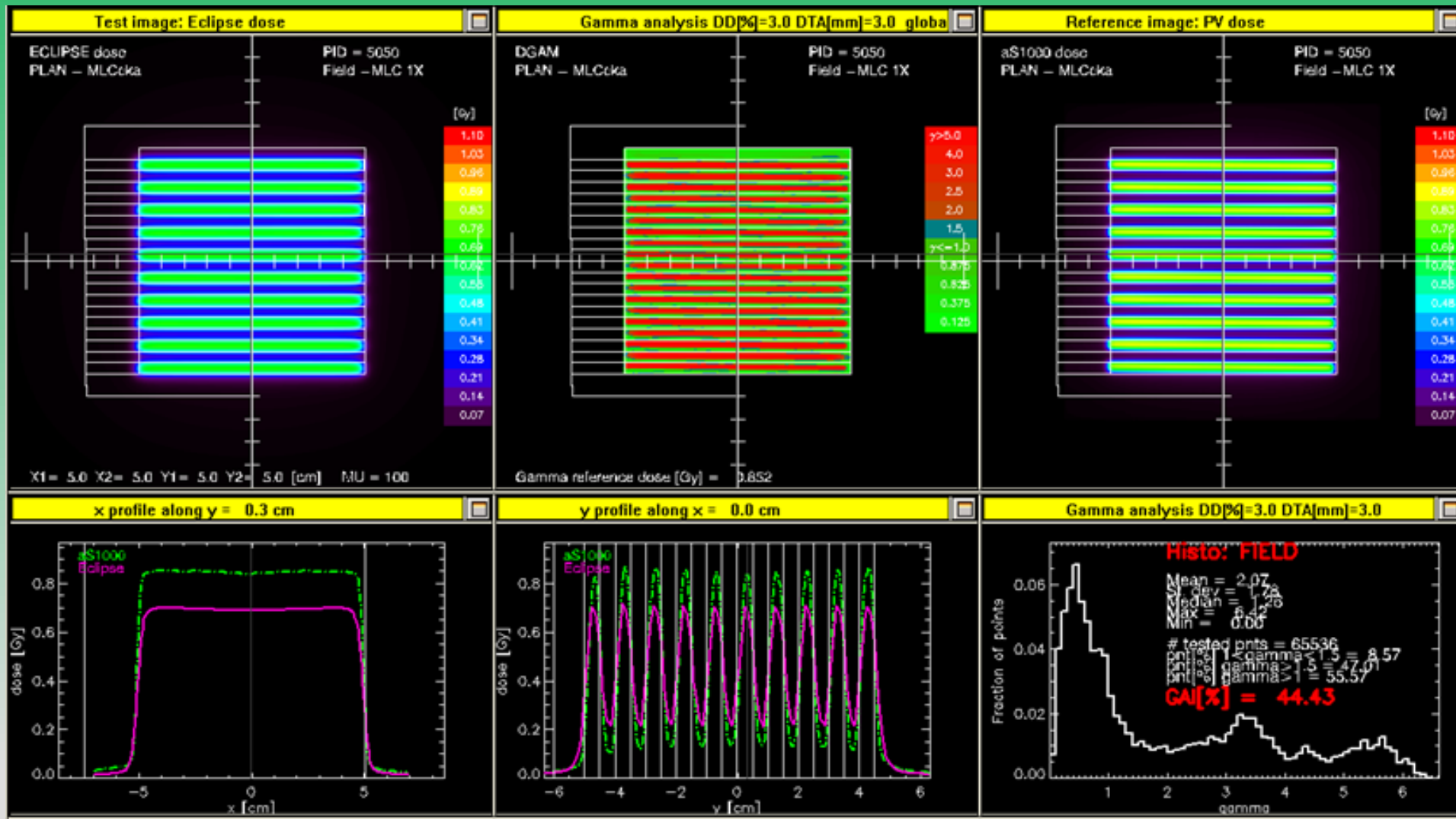
1cm (2 lamely otvorené, 2 zatvorené)

Eclipse (AAA) vs. meranie (Epiqa)



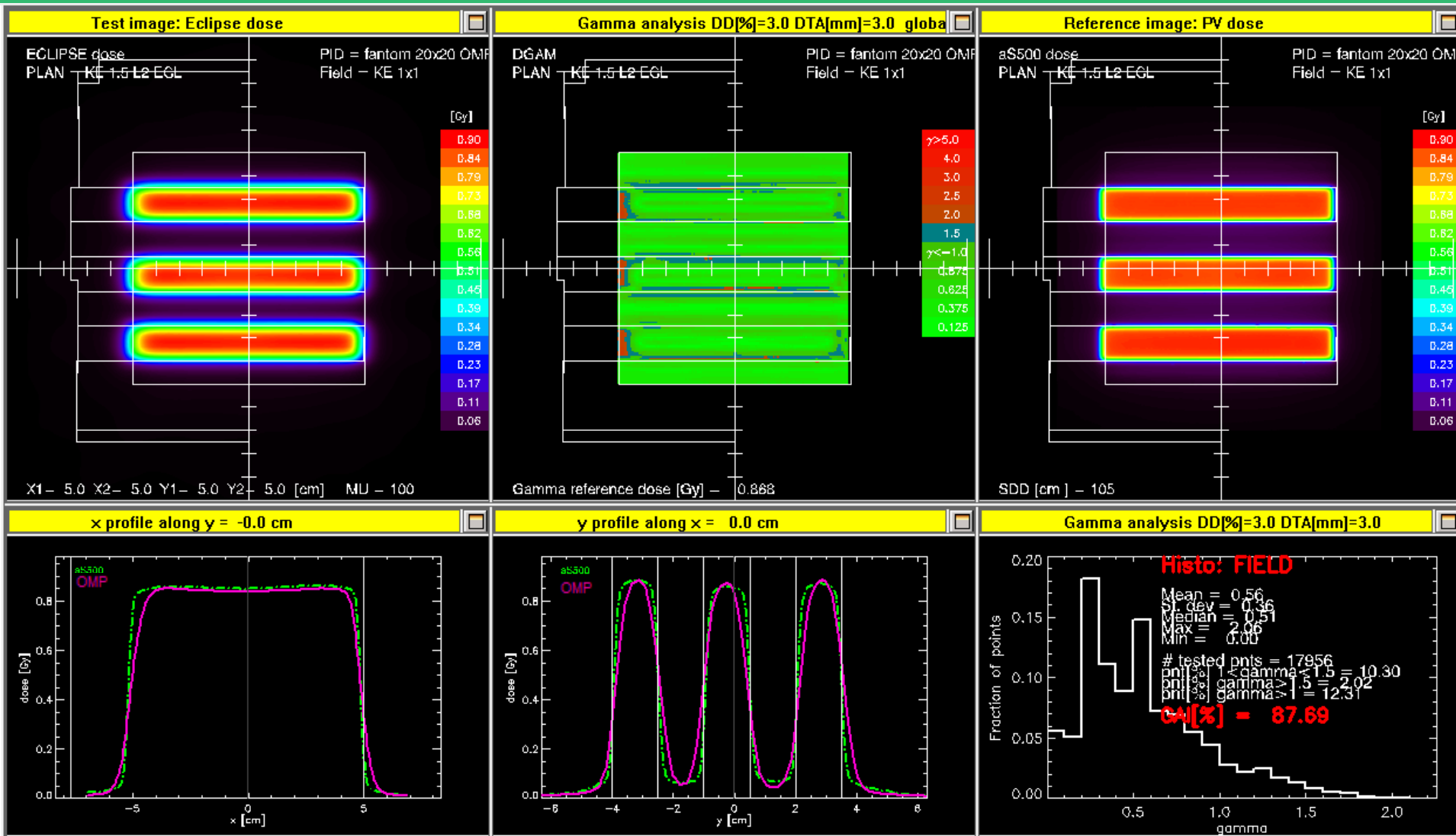
0.5 cm (1 lamela otvorená, 1 zatvorená)

Eclipse (AAA) vs. meranie (Epiqa)



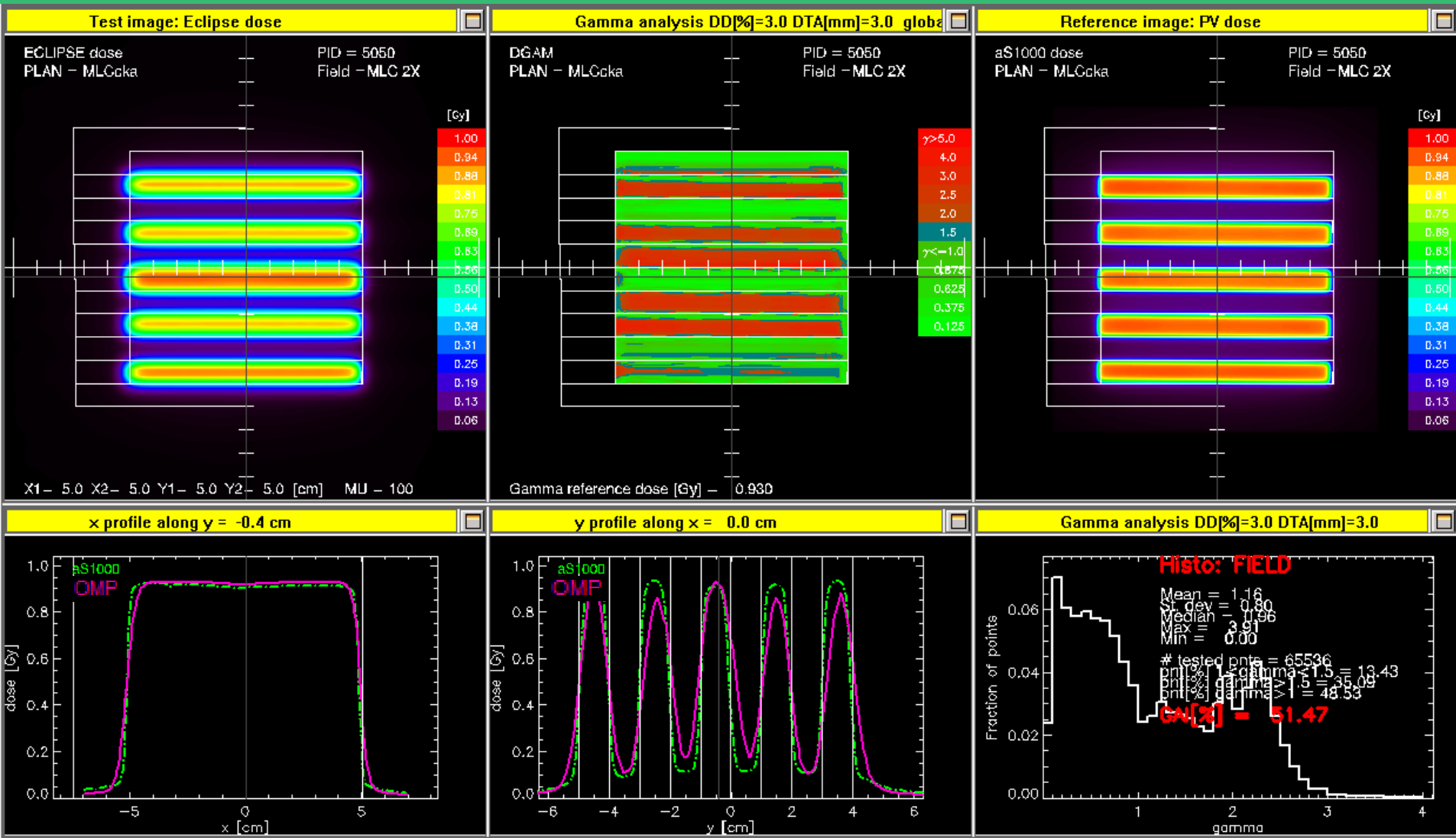
1.5 cm (3 lamely otvorené, 3 zatvorené)

Oncentra Masterplan (CC) vs. meranie (Epiqa)

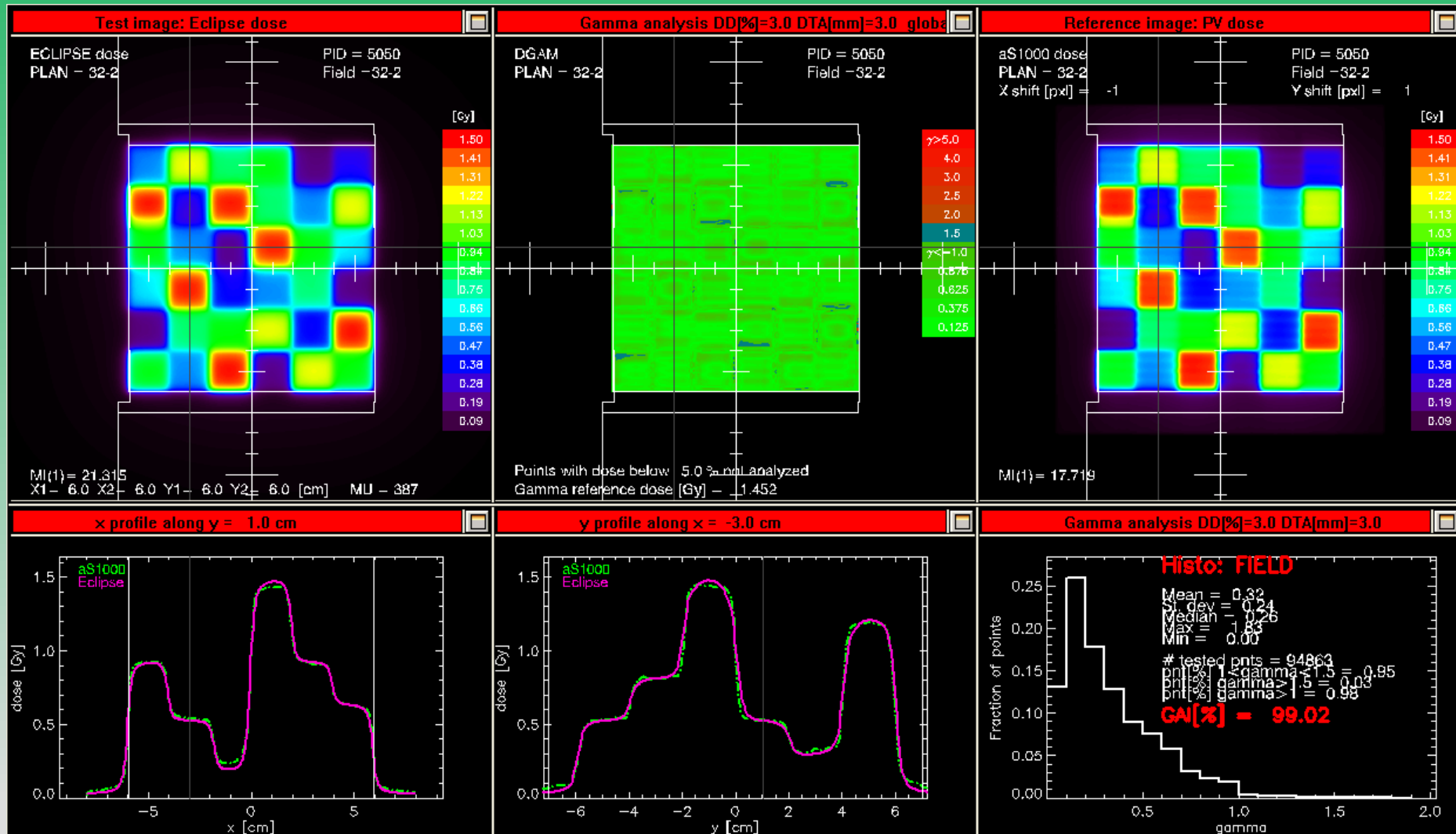


1 cm (2 lamely otvorené, 2 zatvorené)

Oncentra Masterplan (CC) vs. meranie (Epiqa)

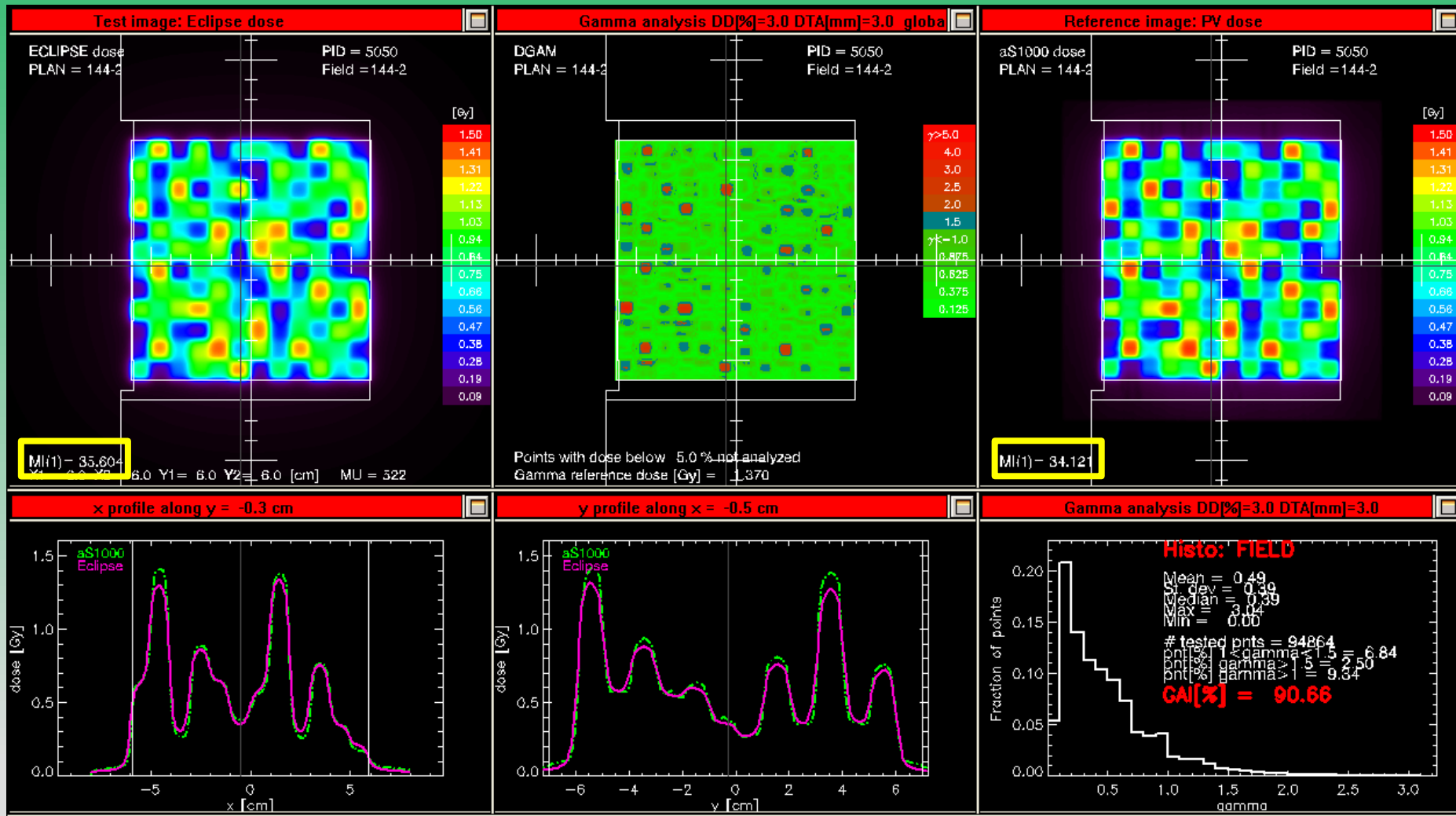


Akú veľkosť “otvorenia” dynamického MLC ešte klinicky používať? 2x2cm (4 lamely MLC) ?



Akú veľkosť “otvorenia” dynamického MLC ešte klinicky používať? 1x1cm (2 lamely MLC) ?

- Nezávisí od “otvorenia” MLC, ale od zložitosti výslednej fluencie (Modulation index), použitej výpočtovej mriežky a algoritmu...



What is an acceptably smoothed fluence? Dosimetric and delivery considerations for dynamic sliding window IMRT

Nicolini Giorgia¹, Fogliata Antonella¹, Vanetti Eugenio^{1,2},
Clivio Alessandro^{1,2}, Ammazzalorso Filippo⁴ and Cozzi Luca^{*1,3}

Abstract

Background: The study summarised in this report aimed to investigate the interplay between fluence complexity, dose calculation algorithms, dose calculation spatial resolution and delivery characteristics (monitor units, effective field width and dose delivery against dose prediction agreement) was investigated. A sample set of complex planning cases was selected and tested using a commercial treatment planning system capable of inverse optimisation and equipped with tools to tune fluence smoothness.

Methods: A set of increasingly smoothed fluence patterns was correlated to a generalised expression of the Modulation Index (MI) concept, in nature independent from the specific planning system used that could therefore be recommended as a predictor to score fluence "quality" at a very early stage of the IMRT QA process. Fluence complexity was also correlated to delivery accuracy and characteristics in terms of number of MU, dynamic window width and agreement between calculation and measurement (expressed as percentage of field area with a $\gamma > 1$ (%FA)) when comparing calculated vs. delivered modulated dose maps. Different resolutions of the calculation grid and different photon dose algorithms (pencil beam and anisotropic analytical algorithm) were used for the investigations.

Results and Conclusion: i) MI can be used as a reliable parameter to test different approaches/algorithms to smooth fluences implemented in a TPS, and to identify the preferable default values for the smoothing parameters if appropriate tools are implemented; ii) a MI threshold set at $MI < 19$ could ensure that the planned beams are safely and accurately delivered within stringent quality criteria; iii) a reduction in fluence complexity is strictly correlated to a corresponding reduction in MUs, as well as to a decrease of the average sliding window width (for dynamic IMRT delivery); iv) a smoother fluence results in a reduction of dose in the healthy tissue with a potentially relevant clinical benefit; v) increasing the smoothing parameter s , MI decreases with %FA: fluence complexity has a significant impact on the accuracy of delivery and the agreement between calculation and measurements improves with the advanced algorithms.

Záver I - MLC

V súčasnosti je už aj na Slovensku veľká väčšina klinických plánov tvarovaná pomocou MLC - či už statickým (3D CRT) alebo dynamickým (IMRT), preto:

- Je dôležité poznať parametre používaného MLC – jeho limity a dozimetrické vlastnosti a tie pravidelne kontrolovať
- Pravidelný QA program by mal zahŕňať aj kontrolu parametrov MLC, ktoré by sa mali vykonávať po každom servisnom zásahu do MLC
Na OÚSA: Chair test, PF test, LS test - vyhodnotenie v Epique
- Mali by sa používať len také veľkosti otvorenia MLC a fluencie dMLC, ktoré je možné overiť s dostatočnou presnosťou použitím dostupného dozimetrického aparátu (ion. komora, film, portál, 2D matica...)
Malo by platiť, že nepoužívam to, čo neviem overiť
- Na Slovensku nie sú dostatočné odporúčania na mechanické a dozimetrické QA MLC (čo? ako? kedy? merať)

Záver II - TPS

Na Slovensku sa klinicky používajú rôzne plánovacie systémy, preto je dôležité:

- Poznať vlastný plánovací systém a jeho limity
- Vedieť ako dokáže počítať s dozimetrickými parametrami MLC ako: transmisia, interleaf leakage, intraleaf leakage, T-G-efekt, dosimetric leaf gap
- Pri IMRT a VMAT, kde sa pozícia MLC v čase mení a veľká časť poľa je krytá len MLC, je nutné presne definovať transmisiu v plánovacom systéme
- Používať plány s takými pozíciami MLC, pri ktorých minimalizujeme zistené nedokonalosti plánovacieho systému
 - Ak náš plánovací systém neráta so zaoblenou hranou MLC, spájať lamely pod primárnymi clonami
 - Ak náš plánovací systém neráta s transmisiou MLC, minimalizovať oblasť vykrytú len MLC zatiahnutím primárnych clon X a Y
- Pri plánoch so statickým MLC určiť minimálnu veľkosť otvorenia MLC, ktorú ešte náš plánovací systém dokáže korektne vypočítať
- Počítať plány s dokonalejším výpočtovým algoritmom a hustejšou mriežkou

Ďakujem za pozornosť