

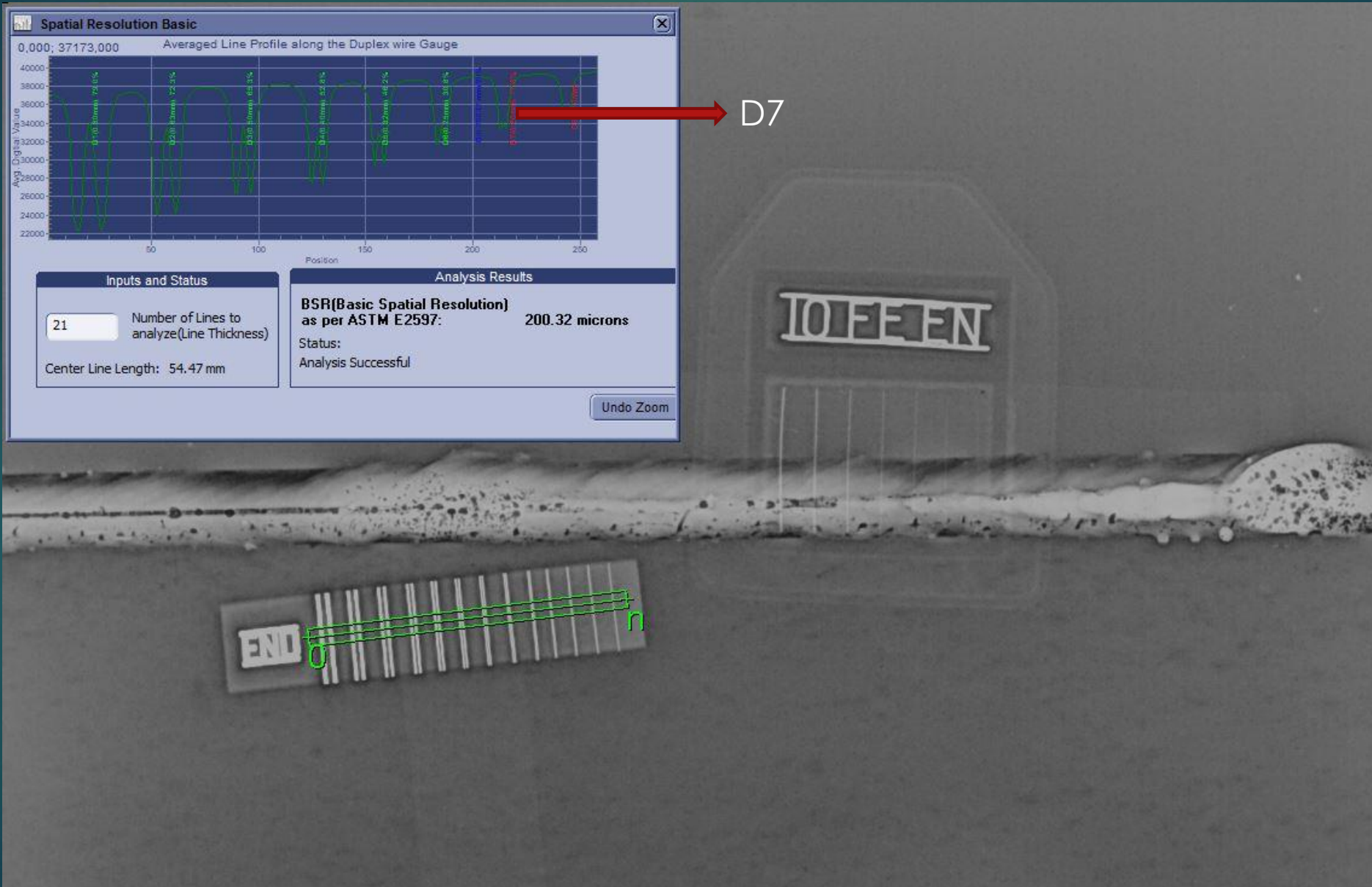
Röntgencsövek fókuszfolt mérése digitális technikával



8 mm-es acéllemez, 200 μm mátrixdetektor

2

RAKK Eger
2023.03.21-23.



MSZ EN ISO 17636-2

Table B.14 — Maximum image unsharpness for all techniques Class B

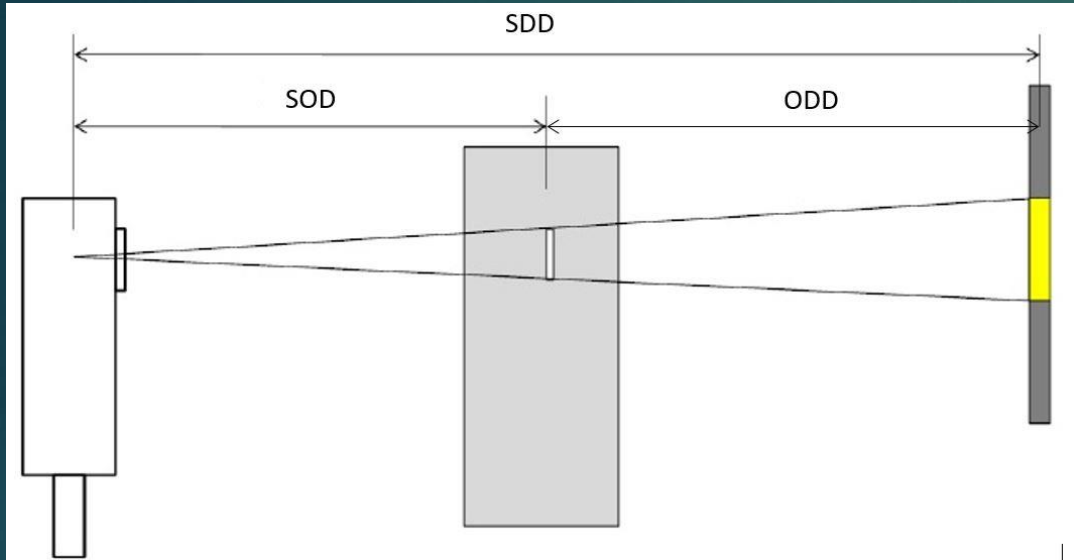
Image Quality Class B: Duplex wire ISO 19232-5		
Penetrated thickness w^a mm	Minimum IQI value and maximum unsharpness (ISO 19232-5) ^b mm	Maximum basic spatial resolution (equivalent to wire thickness and spacing) ^b SR_b^{image} mm
$w \leq 1,5$	D 13+ 0,08	0,04
$1,5 < w \leq 4$	D 13 0,10	0,05
$4 < w \leq 8$	D 12 0,125	0,063
$8 < w \leq 12$	D 11 0,16	0,08
$12 < w \leq 40$	D 10 0,20	0,10
$40 < w \leq 120$	D 9 0,26	0,13
$120 < w \leq 200$	D 8 0,32	0,16
$w > 200$	D 7 0,40	0,20

^a For double wall technique, single image, the nominal thickness t shall be used instead of the penetrated thickness w .

^b The IQI reading for system selection (see Annex C) applies for contact radiography. If geometric magnification technique (see 7.7) is used, the IQI reading shall be performed in the corresponding reference radiographs.



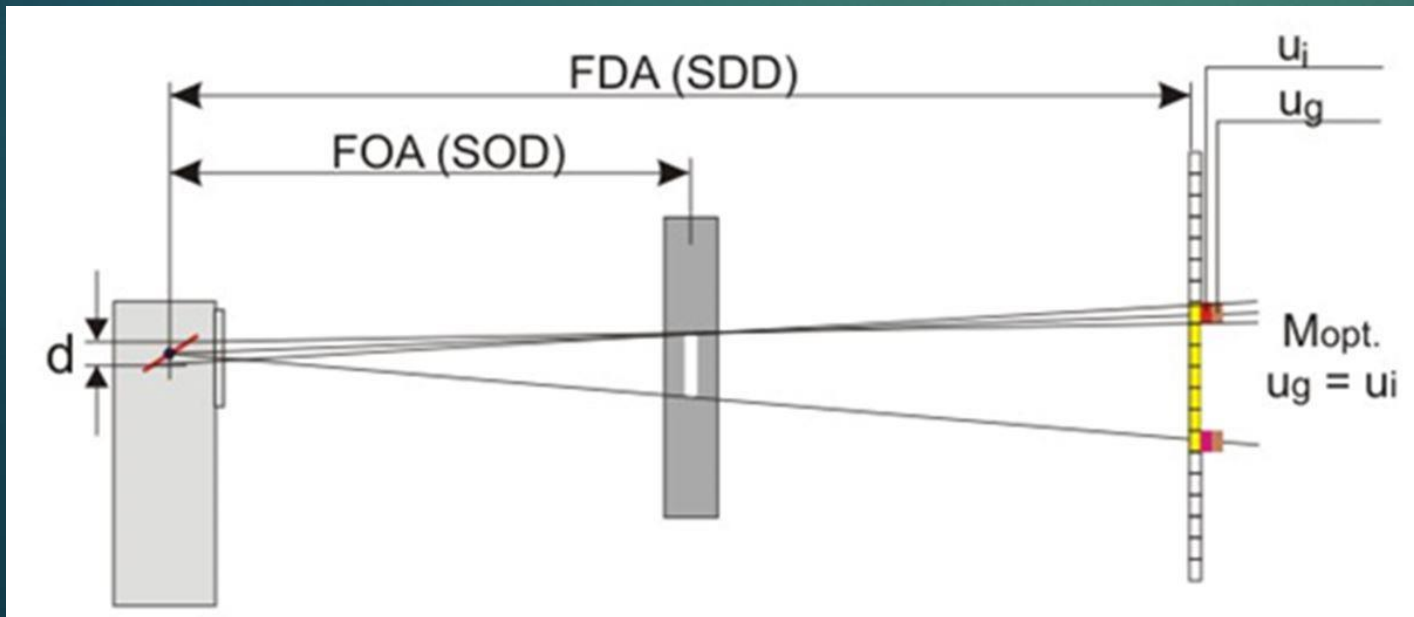
Nagyítás, életlenség



$$M = \frac{FDA}{FOA} = \frac{SDD}{SOD}$$

$$M_{opt} = \frac{u_i}{d} + 1$$

$$u_g = d \cdot (M - 1)$$

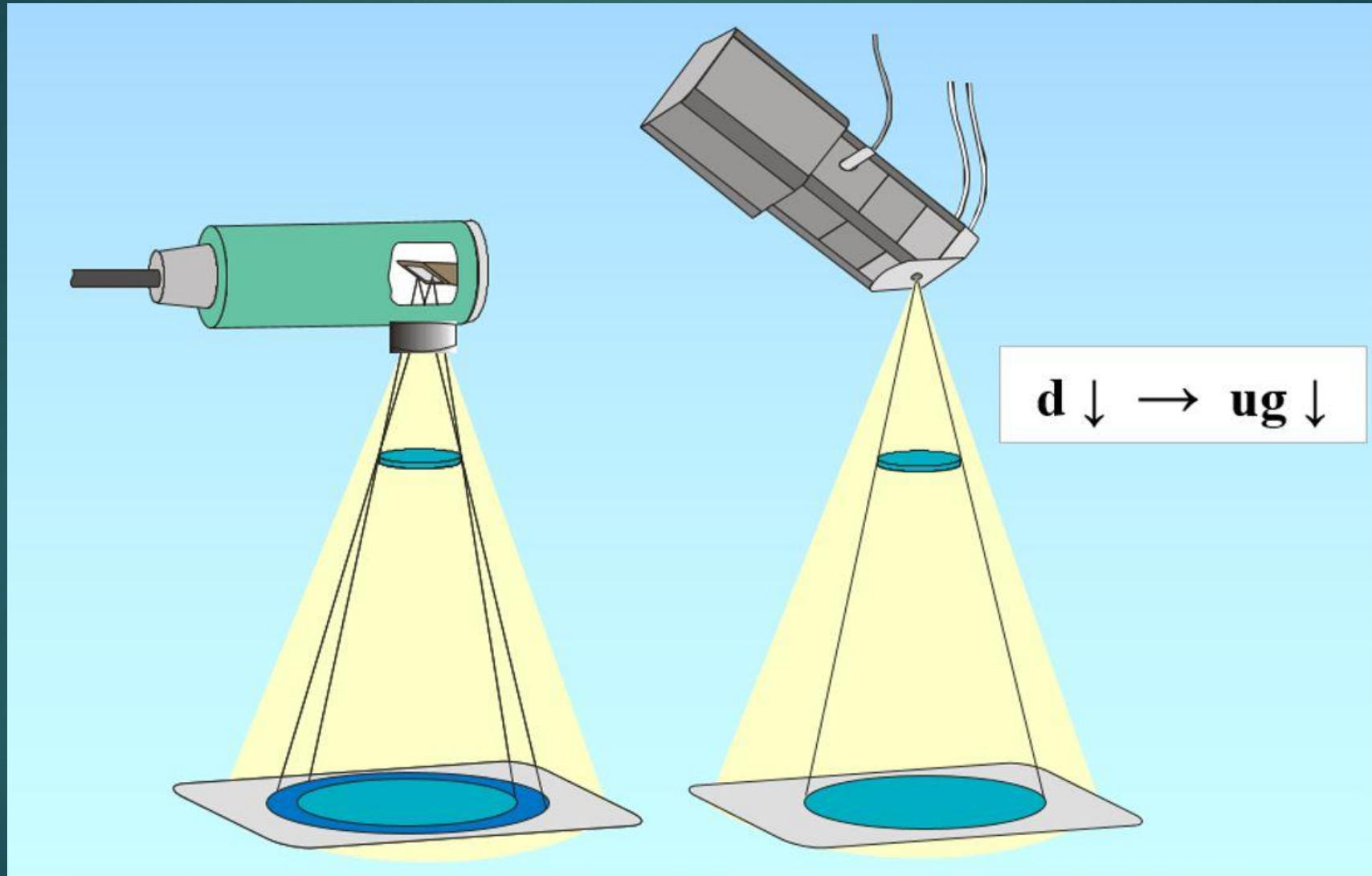


$$u_t \approx \sqrt{u_g^2 + u_i^2}$$

$$SR_b^{kép} = u_t / 2$$

Nagyítás, életlenség

5



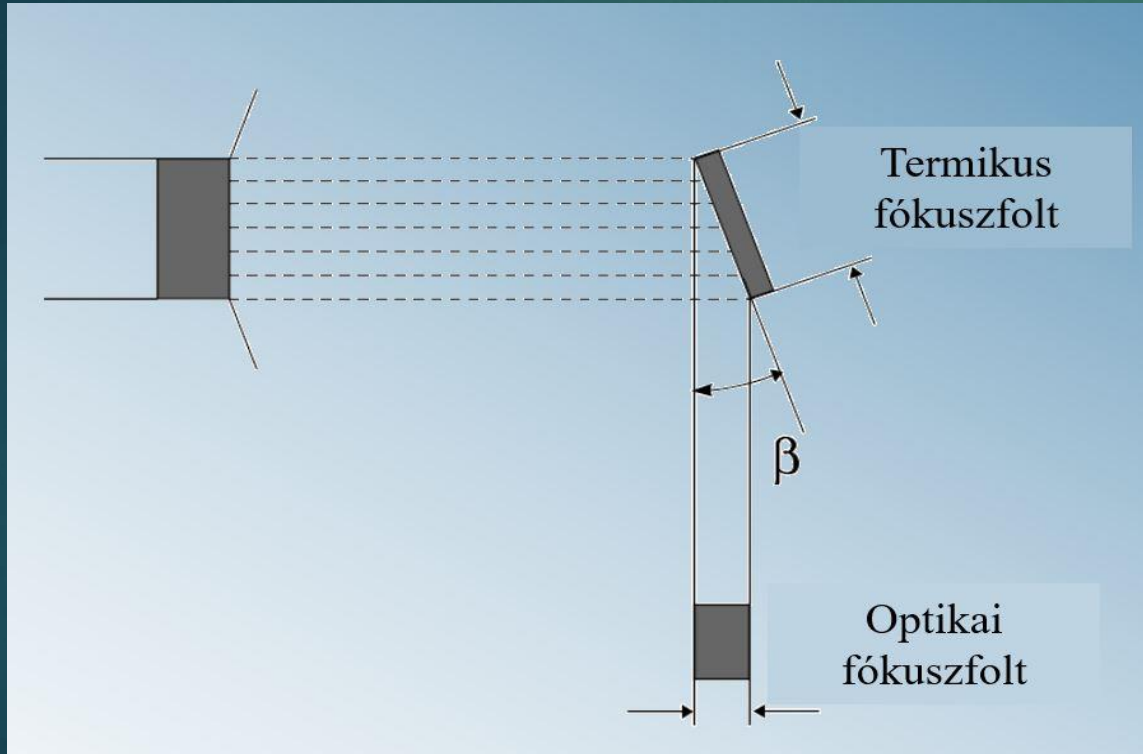
RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

A fókuszfolt nagyságának mérése

6



RAKK Eger
2023.03.21-23.

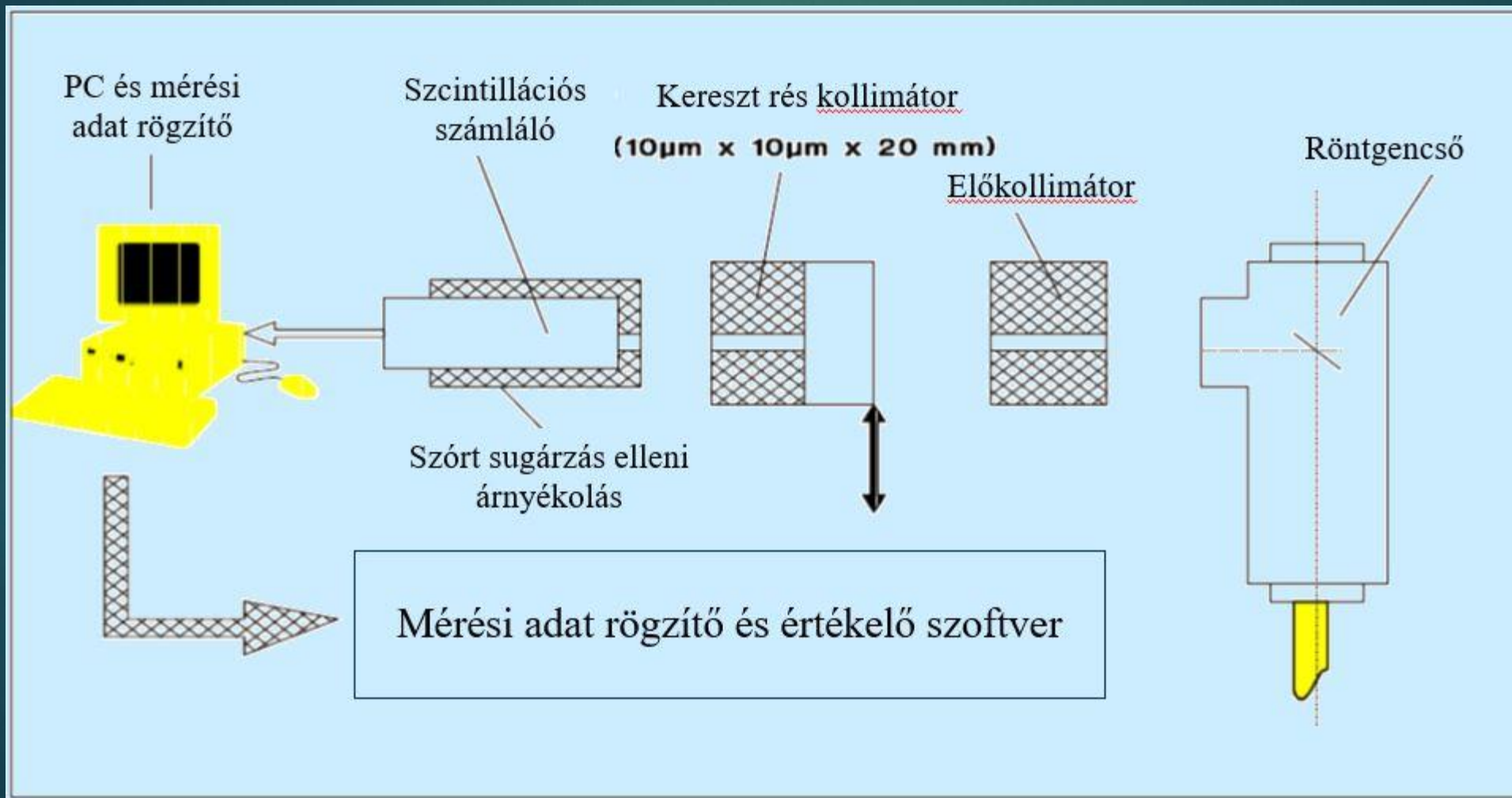


Benedek Béla

A fókuszfolt nagyságának mérése

7

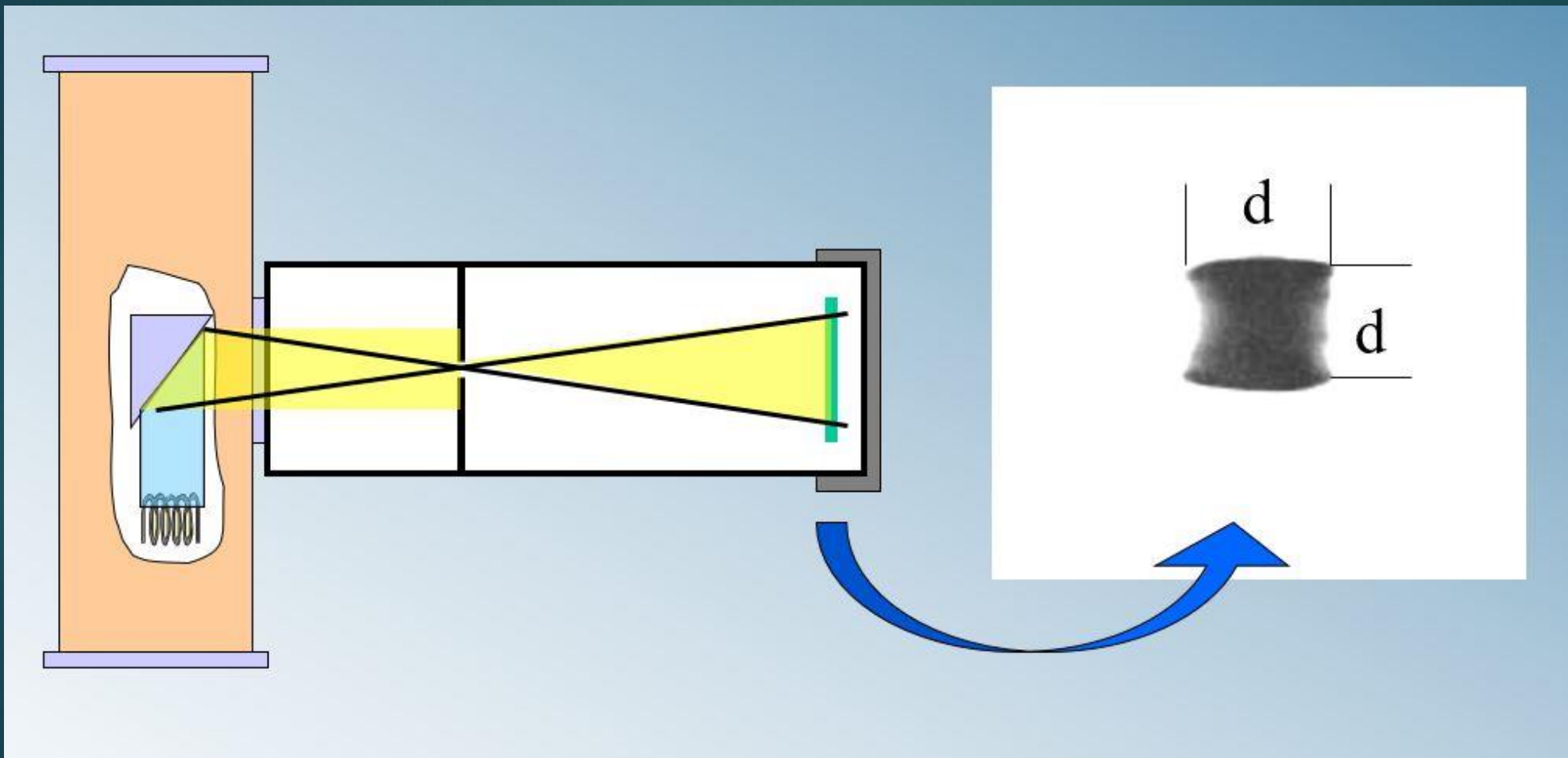
MSZ EN 12543-1, -2, -3, -4, -5



RAKK Eger
2023.03.21-23.

A fókuszfolt nagyságának mérése

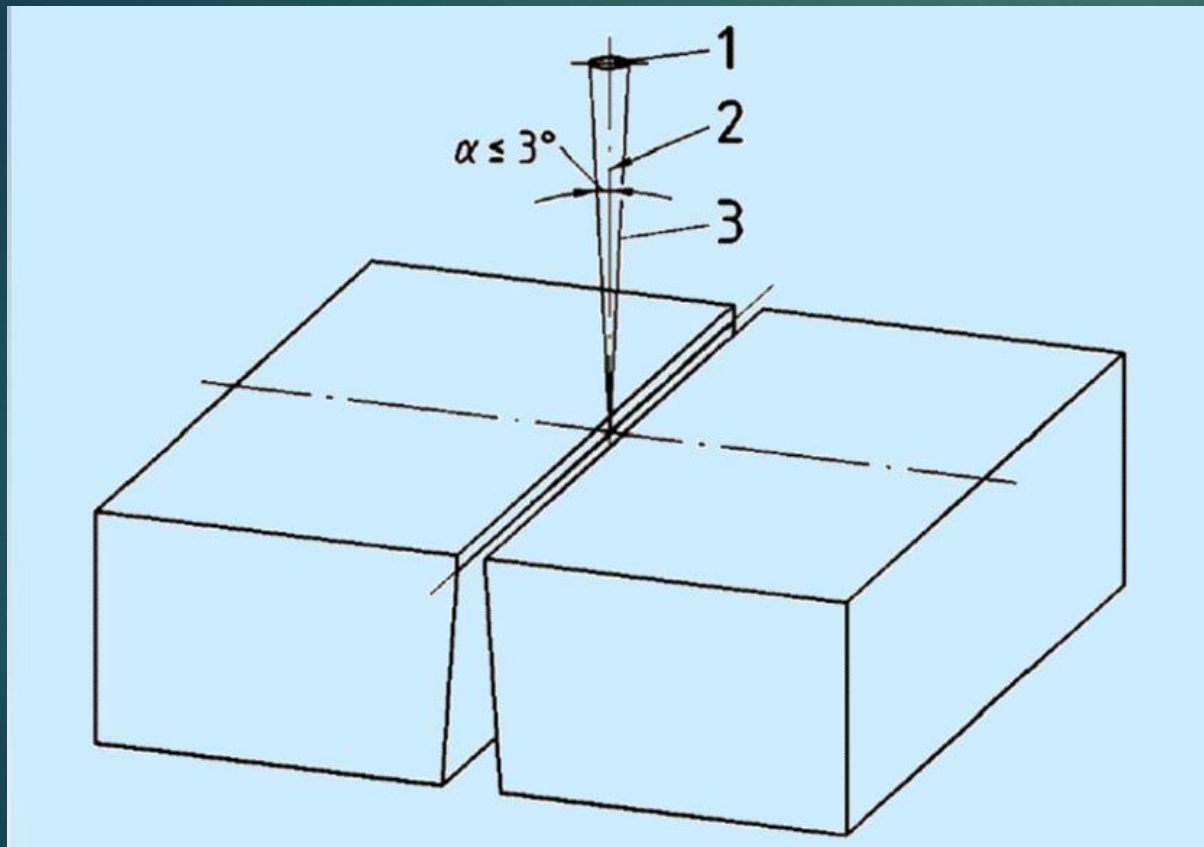
MSZ EN 12543-1, -2, -3, -4, -5



A fókuszfolt nagyságának mérése

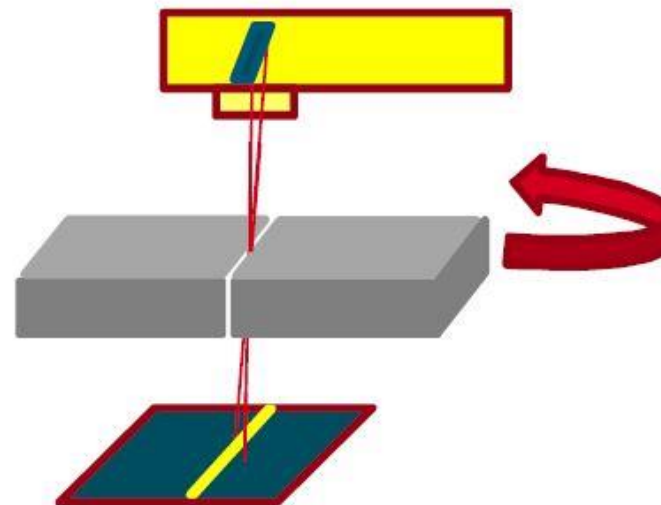
9

MSZ EN 12543-1, -2, -3, -4, -5



1. Fókuszfolt
2. A sugárzás iránya
3. Maximális eltérés a szimmetriatengelytől

Focal spot CT



RAKK Eger
2023.03.21-23.

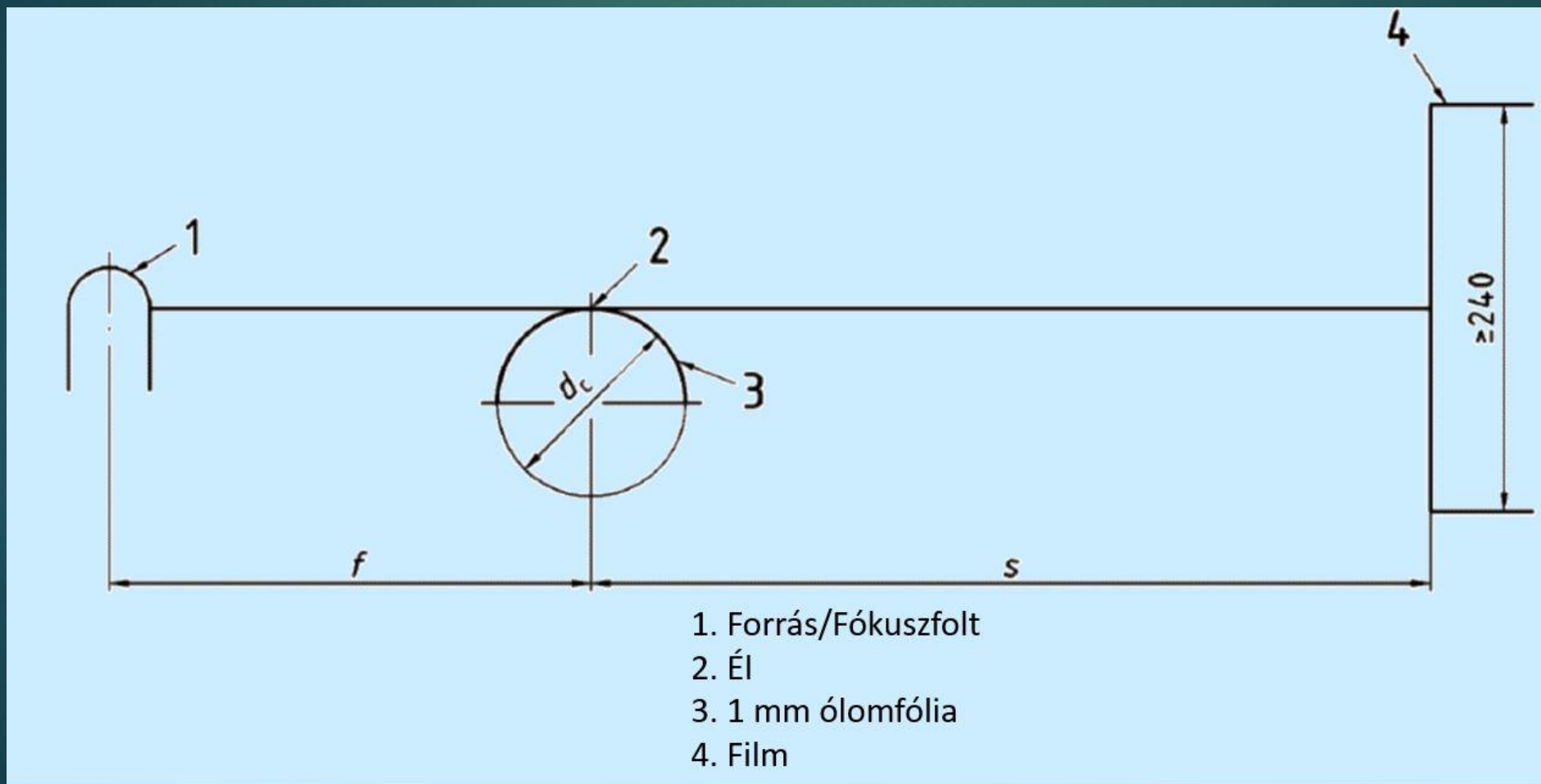


Benedek Béla

A fókuszfolt nagyságának mérése

10

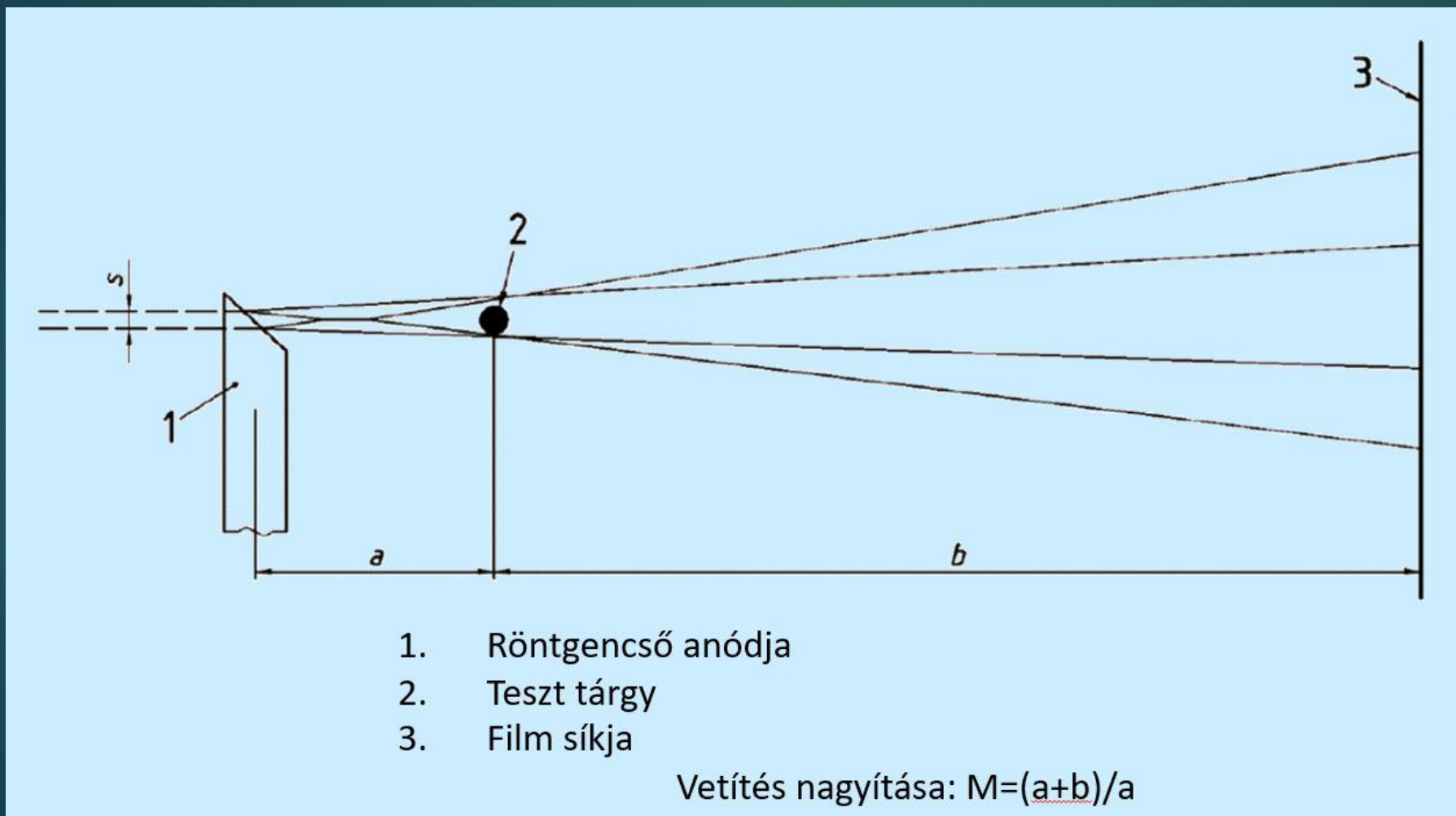
MSZ EN 12543-1, -2, -3, -4, -5



RAKK Eger
2023.03.21-23.

A fókuszfolt nagyságának mérése

MSZ EN 12543-1, -2, -3, -4, -5



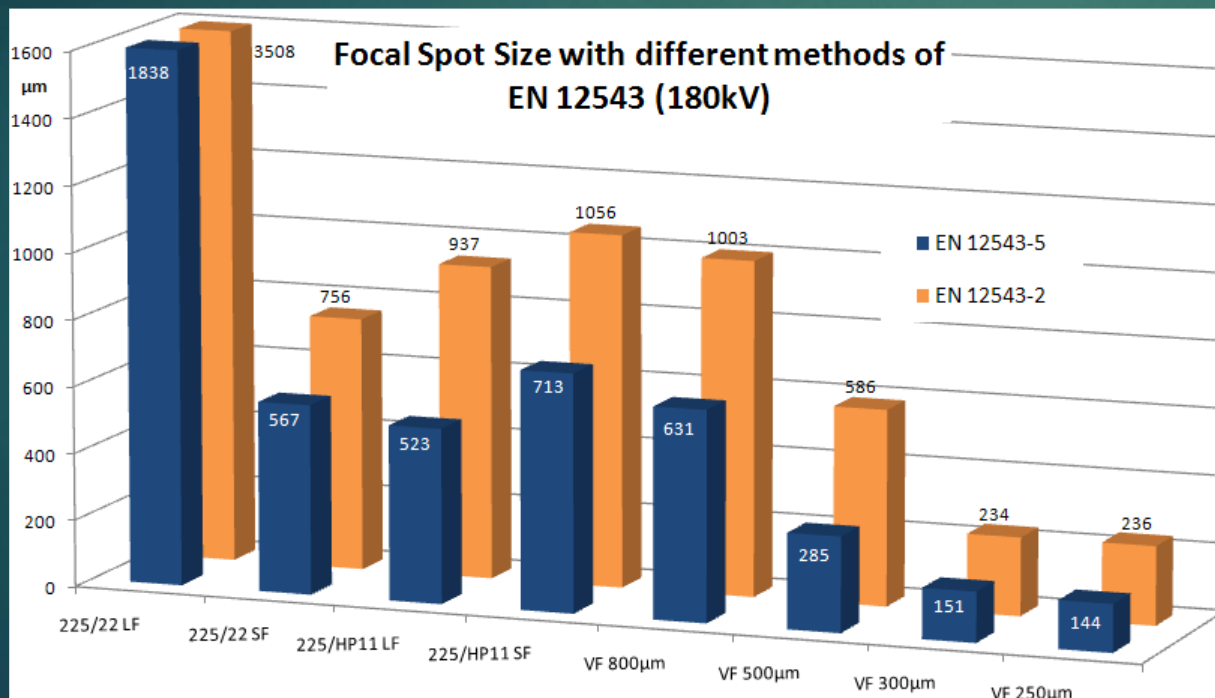
RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Probléma...

- A gyártók az EN 12543-2 szerinti lyukkamerás mérést használják a fókuszméret megadására
- A különböző szabványos módszerekkel végzett mérések nagyon eltérő eredményeket adnak.



18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa
New Measurement Methods of Focal Spot Size and Shape of X-ray Tubes in Digital Radiological Applications in Comparison to Current Standards
Klaus BAVENDIEK, Uwe EWERT, Adrian RIEDO, Uwe HEIKE, Uwe ZSCHERPEL



Benedek Béla

RAKK Eger
2023.03.21-23.

1
2

Probléma...

1
3

Az u_f képéletlenség és SR_b felbontás mérése a gyakorlatban az ISO 19232-5 és az ASTM E 2002 szabványokban leírt duplex huzalos IQI mérésén alapul.

Csak az élmódszerrel mért fókuszpont méretek felelnek meg a duplex huzalos képminőség jelzővel végzett mérések eredményeinek.

A lyukkamerás mérési módszer eredményeit összhangba kell hozni a mért képéletlenségi értékekkel.

RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

MSZ EN 12543-2:2021

1
4

Az új szabvány az EN 12543-2:2008 szabvány helyébe lép.
A fő változások az előző kiadáshoz képest a következők:

- A dokumentumot műszakilag és szerkesztésileg átdolgozták;
- A digitális érzékelők alkalmazási köre 1000 kV-ig bővült;
- Az 1. táblázatot kibővítették a 10 mikron átmérőjű lyukakkal;
- Az egyszerű röntgencsőosztályozás érdekében az A mellékletben bevezették a fókuszpont-osztályokat (A.1 és A.2 táblázat);
- Az 5. fejezet egy új mérési eljárást vezet be: "Integrált vonalprofil";

RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Az 5. fejezet a digitális technikával végzett mérést részesíti előnyben ('preferred method').

- A fókuszolt képét a lyukkamerával digitális detektorra vetítik (képlemez vagy mátrixdetektor)
- A nagyítást a szabvány 2. táblázata szerint kell beállítani

Table 2 — Magnification for focal spot pinhole images

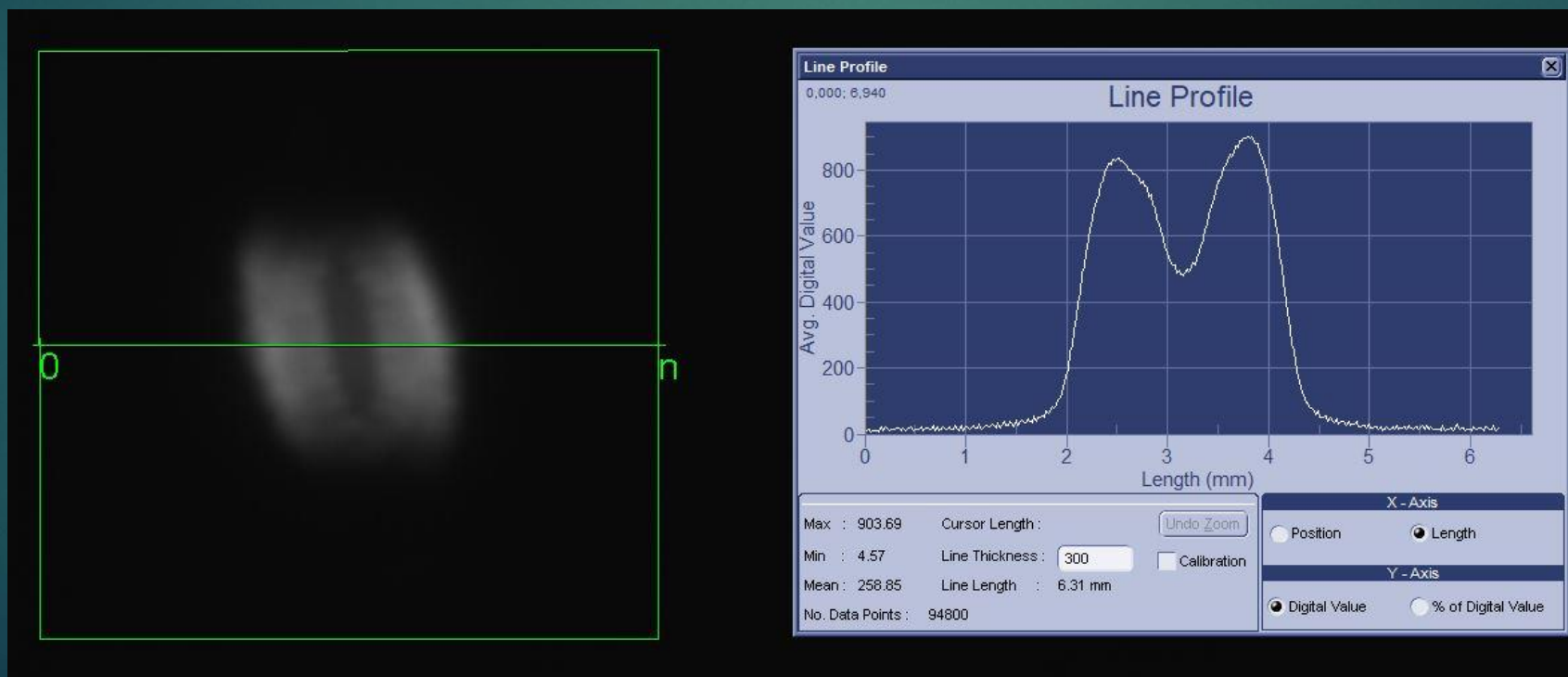
Anticipated Focal Spot Size d	Minimum Magnification n/m	Distance between Focal Spot and Pinhole m	Distance between Pinhole and Detector n
mm		m ^a	m ^a
0,1 to 1,0	5: 1	0,10	0,50
1,0 to 2,0	3: 1	0,25	0,75
> 2,0	1: 1	0,5	0,5

MSZ EN 12543-2:2021

1
6

- A kép pixelméretét 1% pontossággal kell kalibrálni
- A méretmeghatározáshoz vonalprofilokat kell húzni a folt szélességi és hosszúsági irányában
- A vonalprofilokkal lefedett terület legalább 9-szerese legyen a várható fókuszfolt területnek

RAKK Eger
2023.03.21-23.

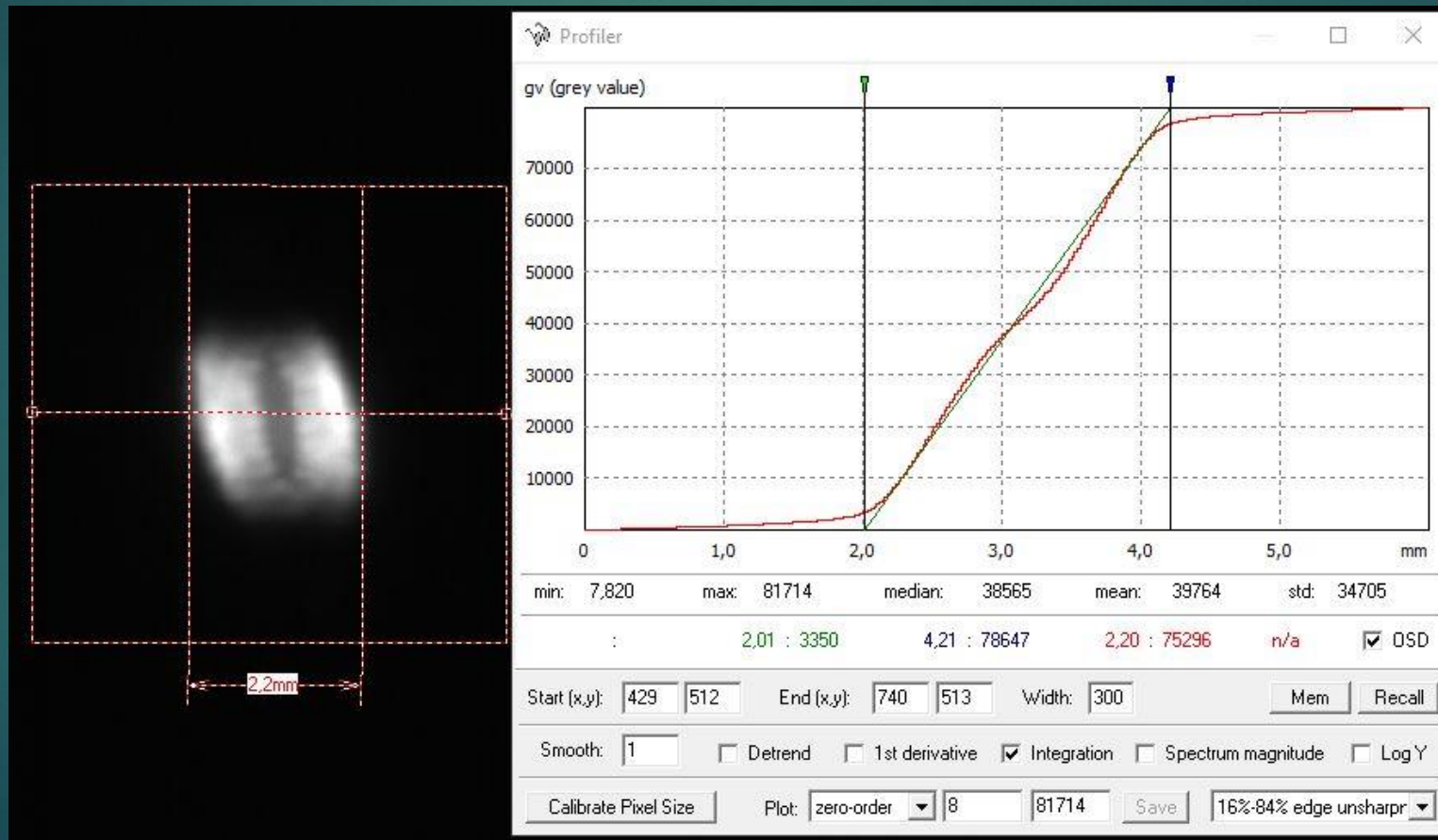


Benedek Béla

MSZ EN 12543-2:2021

1
7

- Az alapvonalat a vonalprofil mindkét végének lineáris interpolációjával (egyenes vonal) le kell vonni
- A vonalprofilt integrálni kell:



RAKK Eger
2023.03.21-23.



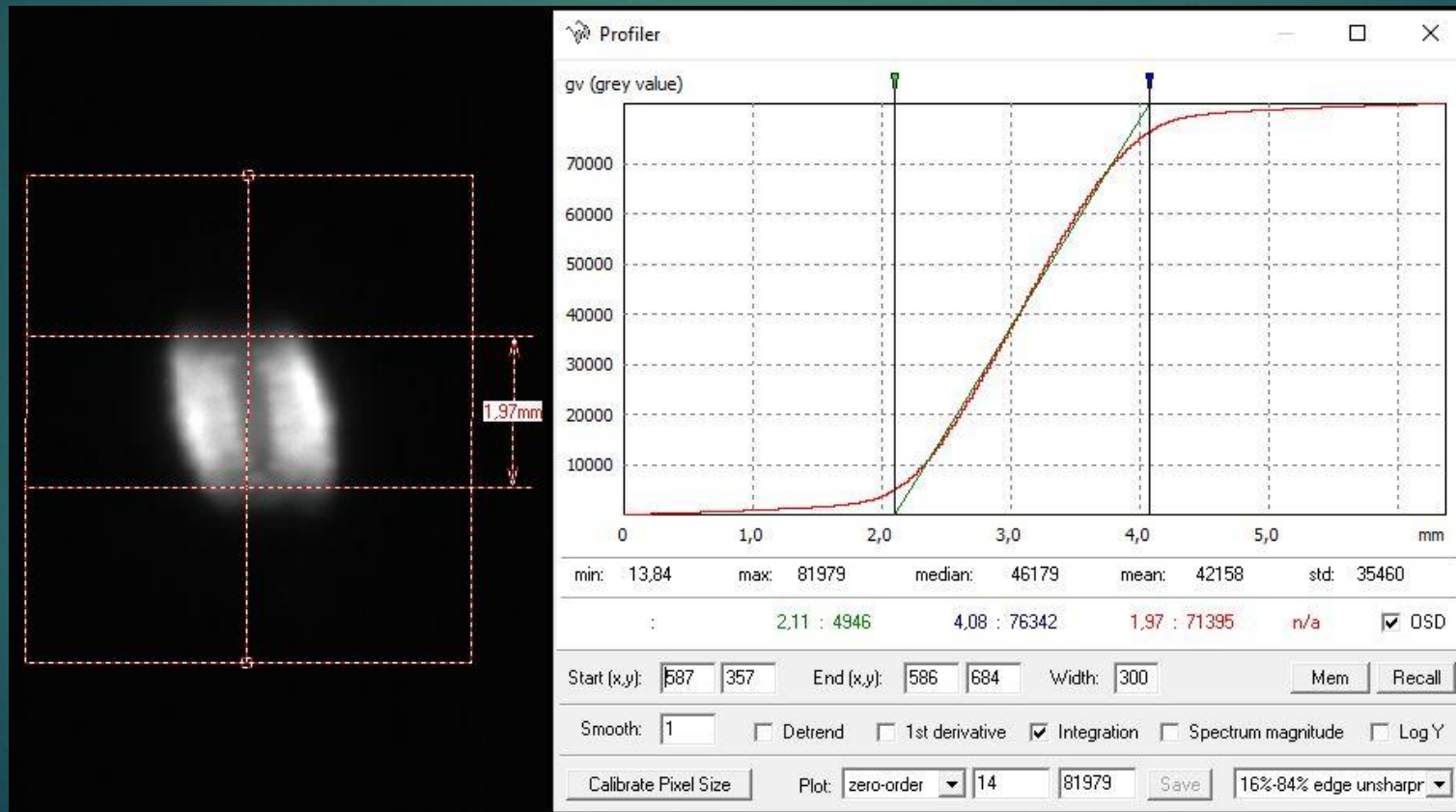
Benedek Béla

MSZ EN 12543-2:2021

1
8

- Az így kapott görbe maximális értékének 16 és 84 %-os pontjai közötti távolságot 1,47-tel való szorzással extrapoláljuk.
- Az eredmény a fókuszpont mérete az integrált vonalprofil irányában.

RAKK Eger
2023.03.21-23.



MSZ EN 12543-2:2021

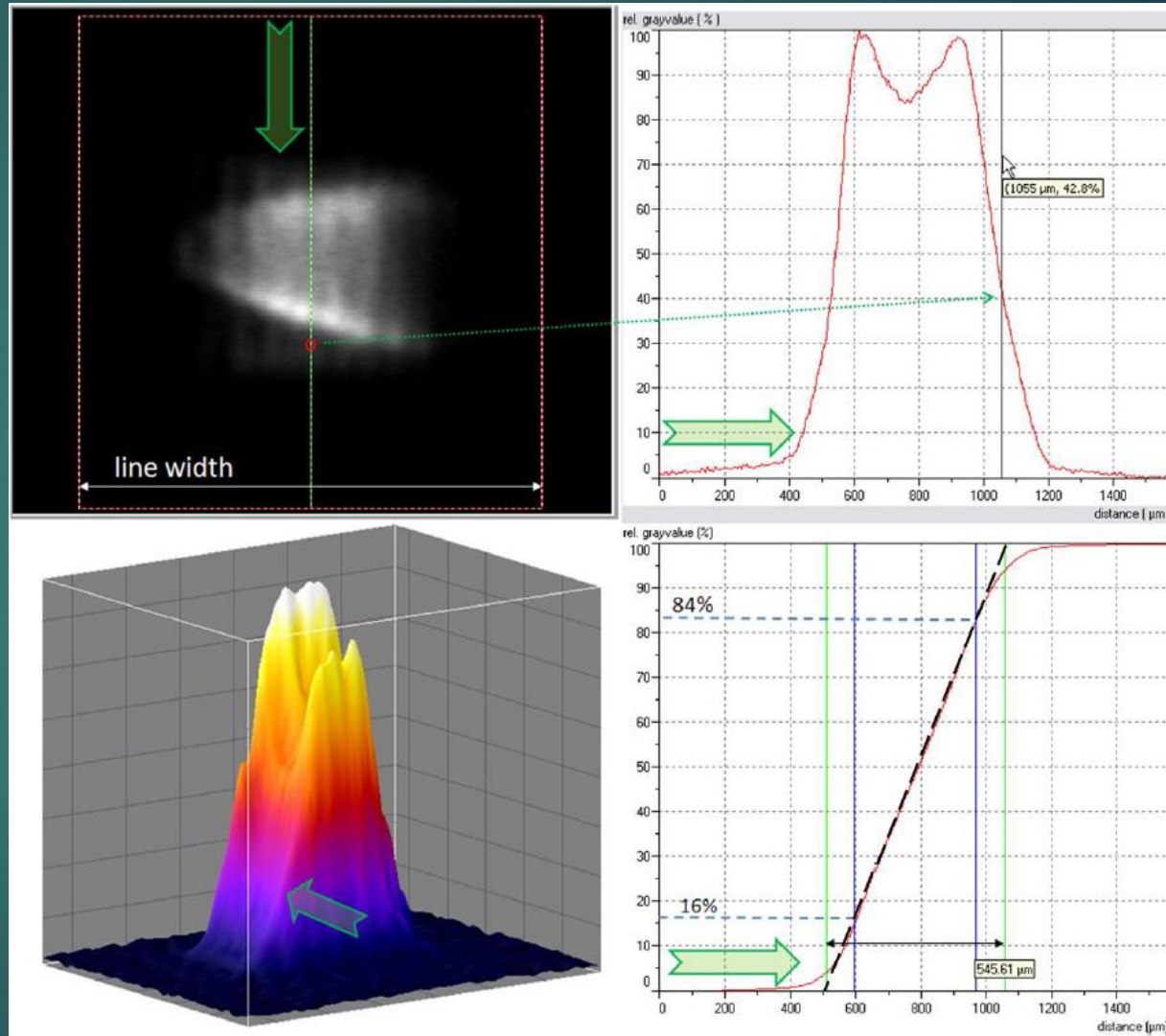
Klasens-módszer

- Philips Research Reports 1946
- ASTM E 1000

$$84\% - 16\% = 68\%$$

$$100\% / 68\% = 1,47$$

Az ILP-módszer bizonyította megbízhatóságát, megfelelő eredményeket biztosít a felhasználó számára. A radiográfiai felvételeken mért képéletlenség és a fókuszpont méretekből számított képéletlenség pontosan illeszkedik egymáshoz.



A röntgencsővek fókuszfolt méretének új osztályozása

Table A.1 — Nominal Values of Focal Spot Sizes d and Corresponding Classes

Nominal focal spot size (SS) in mm	Measured focal spot size d in mm		Class number
d	If $d > 4$ mm the measured size d shall be given in FS 0		FS 0
4	4	$\geq d >$ 3,2	FS 1
3,2	3,2	$\geq d >$ 2,5	FS 2
2,5	2,5	$\geq d >$ 2	FS 3
2	2	$\geq d >$ 1,6	FS 4
1,6	1,6	$\geq d >$ 1,27	FS 5
1,27	1,27	$\geq d >$ 1	FS 6
1	1	$\geq d >$ 0,8	FS 7
0,8	0,8	$\geq d >$ 0,63	FS 8
0,63	0,63	$\geq d >$ 0,5	FS 9
0,5	0,5	$\geq d >$ 0,4	FS 10
0,4	0,4	$\geq d >$ 0,32	FS 11
0,32	0,32	$\geq d >$ 0,25	FS 12
0,25	0,25	$\geq d >$ 0,2	FS 13
0,2	0,2	$\geq d >$ 0,16	FS 14
0,16	0,16	$\geq d >$ 0,127	FS 15
0,127	0,127	$\geq d >$ 0,1	FS 16
0,1 ^a	0,1	$\geq d >$ 0,08	FS 17

NOTE Additionally to d , the dimensions of length and width could be indicated, as shown in the example of Table A.2.

^a Measurements of spot sizes $< 0,1$ mm may be accepted here, despite the reduced accuracy. Alternatively EN 12543-5 may be used.

- A szélesség és a hosszúság értékeit külön-külön kell mérni, és a két érték közül a nagyobbat kell a d fókuszpont mért méretének tekinteni.
- Ezt a fókuszpontméretet kell használni a megfelelő névleges fókuszpontméret és fókuszpontosztály hozzárendeléséhez.
- Az ASTM E 1165 szabvány ugyanazokat az értékeket adja meg ugyanazon mérési eljárásnak köszönhetően.

Table A.2 — Example of a Classification Result for a Measured Nominal Value of Focal Spot Size d , Spot Length l , Spot Width w and Corresponding Class for an Example Tube “Company XXR 225-22”

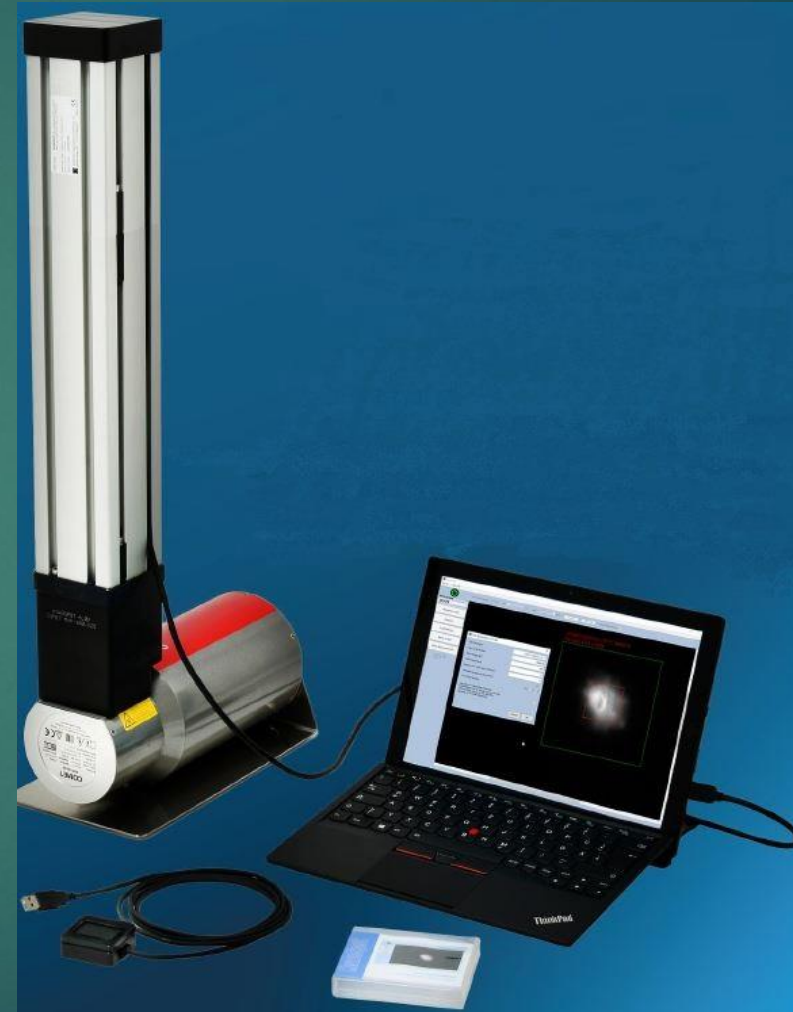
	Measured Width (w)		Measured Length (l)	Reported Width (w)		Reported Length (l)	Nominal spot size	Focal Spot Class
Large Focus (3 000 W)	2,32 mm	X	1,63 mm	2,5 mm	X	2,0 mm	2,5 mm	FS 3
Small Focus (300 W)	0,46 mm	X	0,45 mm	0,5 mm	X	0,5 mm	0,5 mm	FS 10

Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

2
1

Elvárások:

- Kompakt felépítés → minden egyben
- Gyors eredményt biztosítson → kis méretű mátrixdetektor
- Egyszerűen állítható nagyítás → moduláris felépítés
- Cserélhető furatos elemek (pinholes) → 10, 30, 100 μm
- Rögzítő adapterek röntgencsővekhez
- A felvételek szabványos értékelését biztosító szoftver



RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

2
2

A mátrixdetektor:

- Képméret: 30x20 mm
- Pixelméret: 20 μm
- SR_b detector: 25 μm
- iSR_b detector: 30,5 μm
- Dinamika: 57 dB
- Pixelszám: 1000x1500
- Szcintillátor: CsJ
- Interfész: USB 2.0



RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

2
3

A nagyítás beállítása:

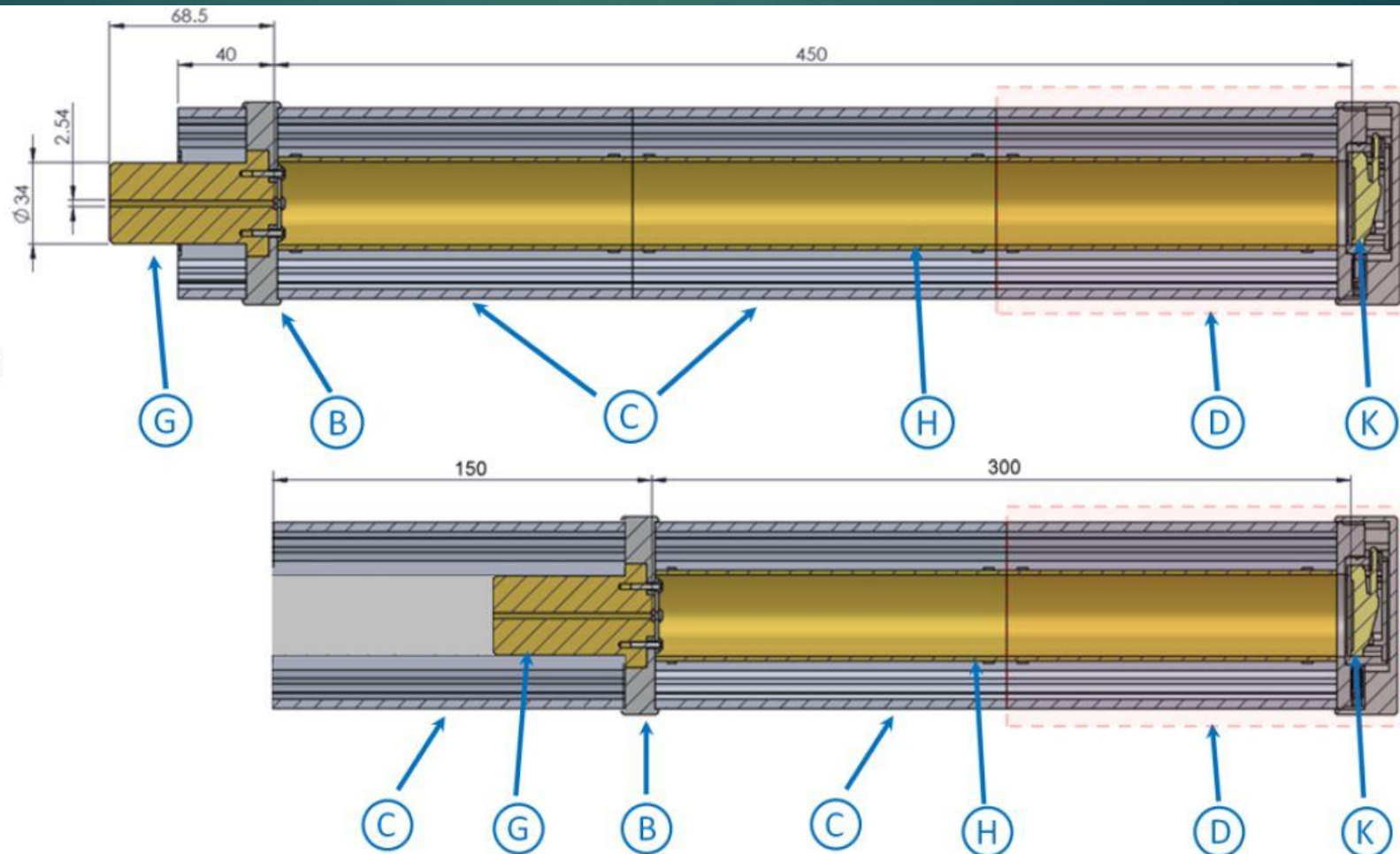
C: C-element with
15cm length

D: D-element with
15cm length
and DDA

G: Collimator

H: Internal shielding

K: DDA



RAKK Eger
2023.03.21-23.

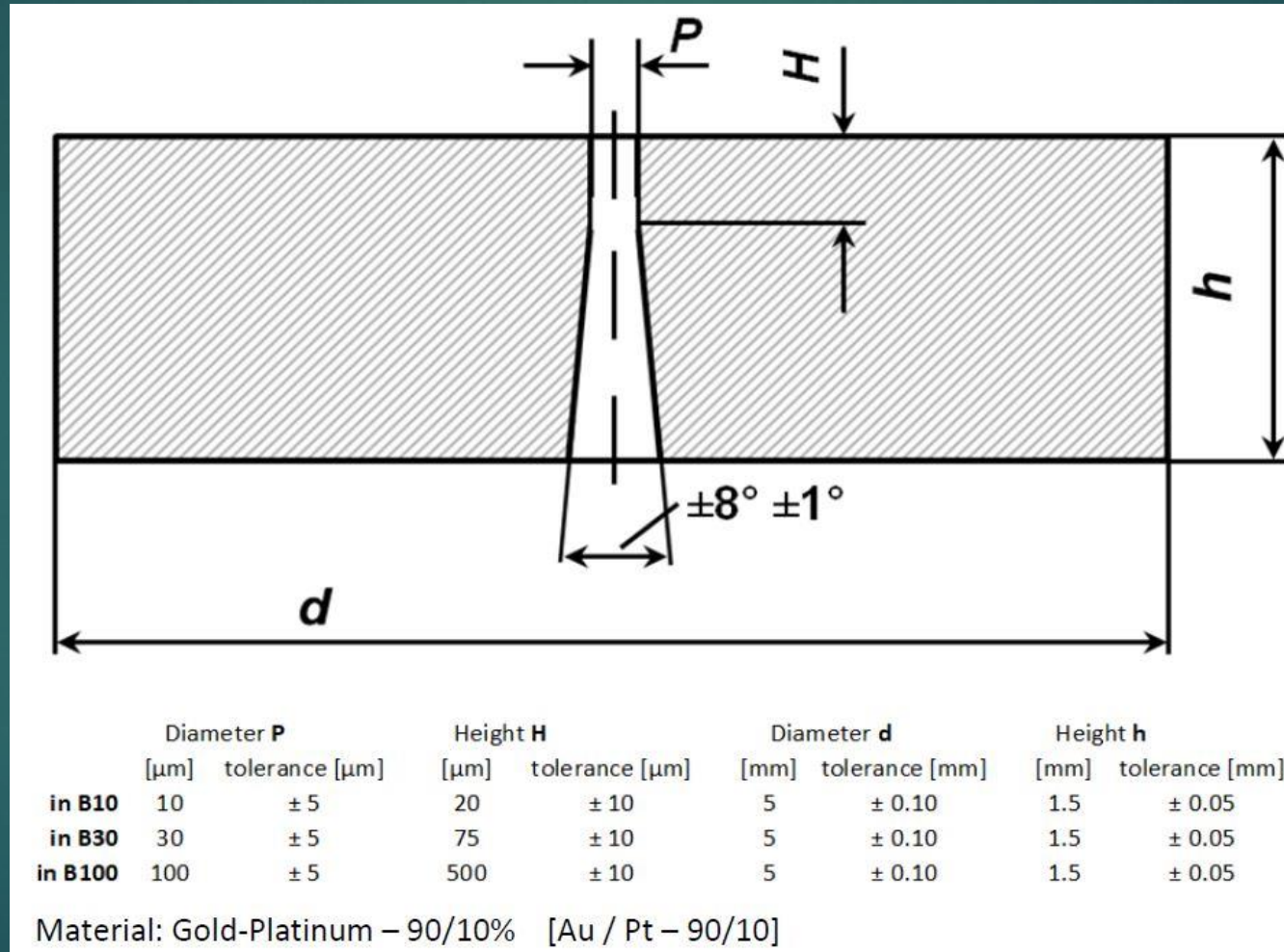


KE-TECH
ketech.hu

Benedek Béla

Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

Furatos elem (pinhole):

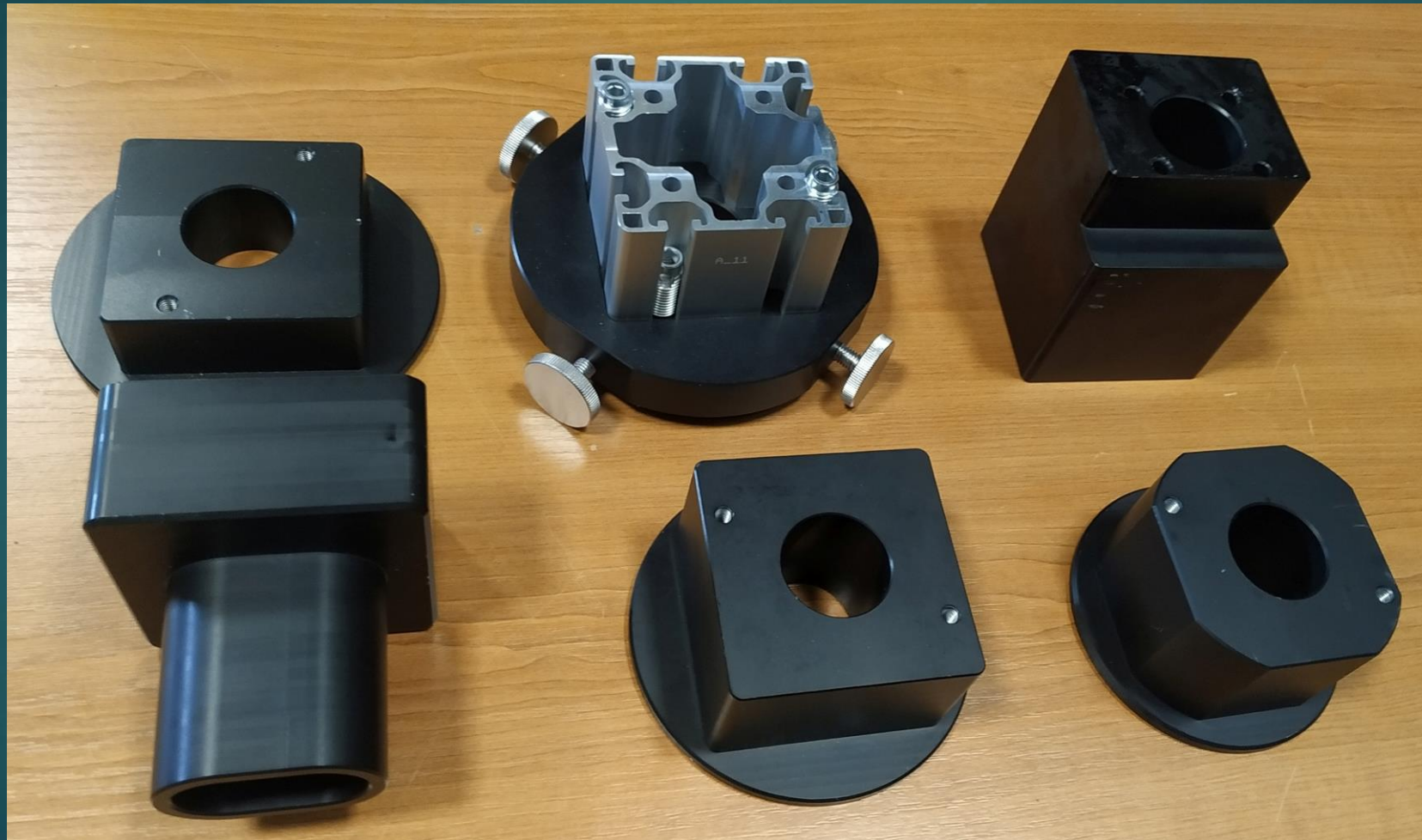


RAKK Eger
2023.03.21-23.



Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

Rögzítő adapterek különböző röntgensövekhez:



Digitális lyukkamera – gyakorlati megvalósítás

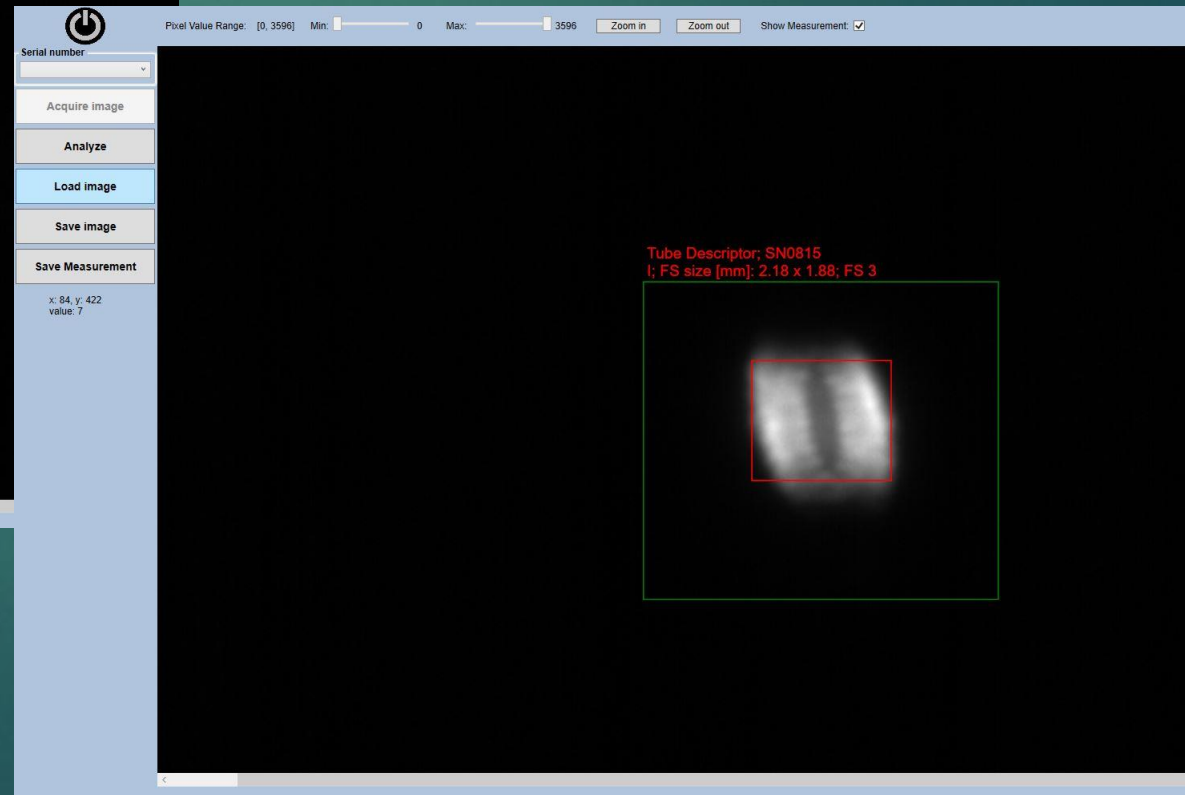
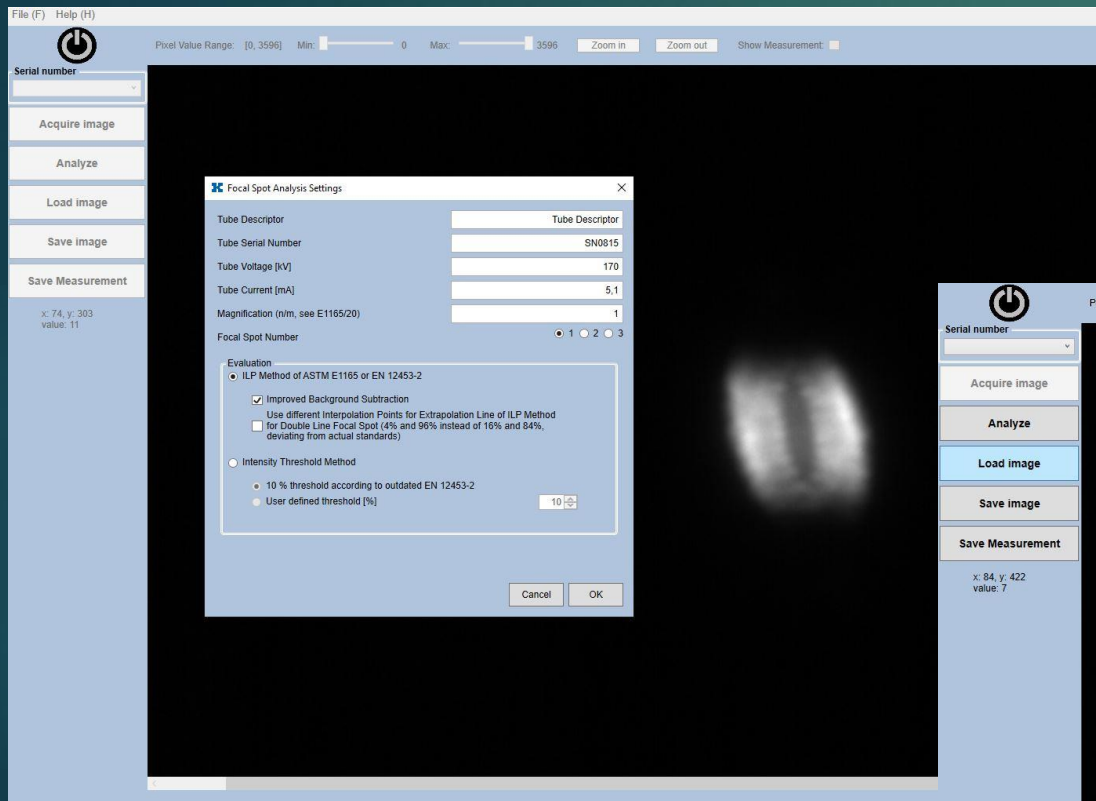
2
6

Értékelő szoftver:

Fókuszfolt méret: 2,18 x 1,88 mm

17-18-as diákon, iSee! Szoftverrel
értékelve: 2,20 x 1,97 mm

RAKK Eger
2023.03.21-23.

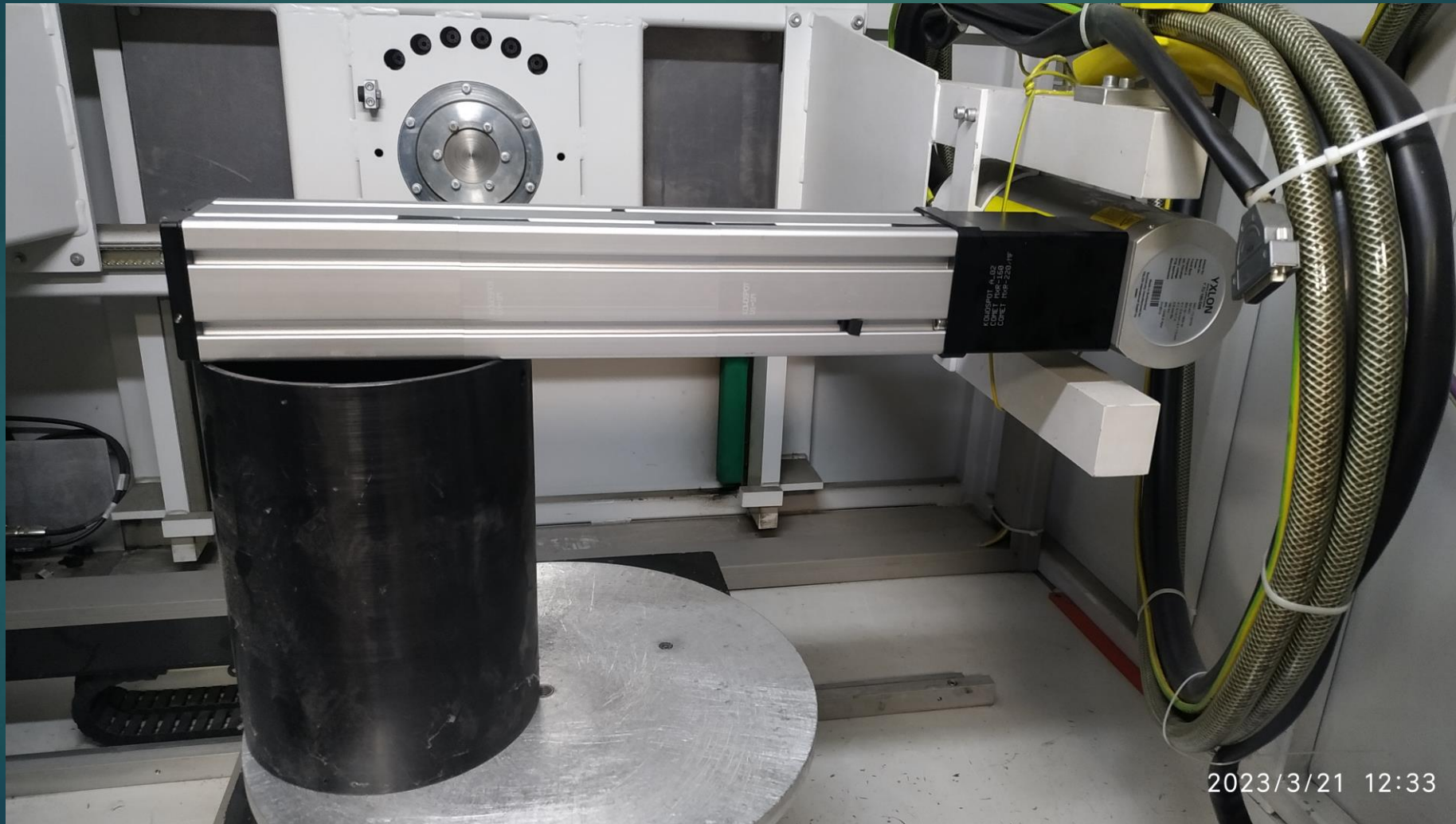


Benedek Béla

Digitális lyukkamera – próbamérések

2
7

Mérési elrendezés:



RAKK Eger
2023.03.21-23.

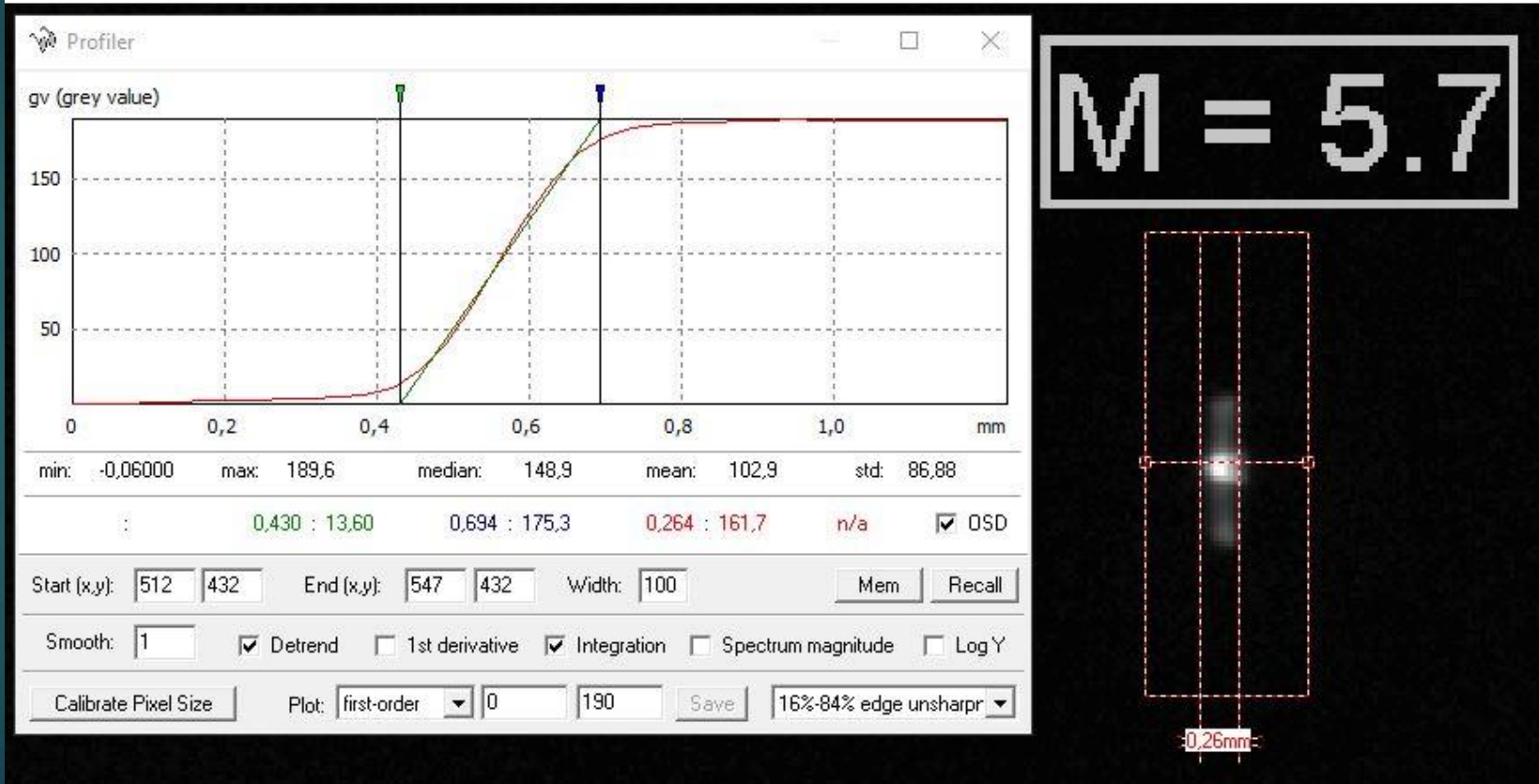


Benedek Béla

Digitális lyukkamera – próbamérések

2
8

1. Fókuszolt kivetítése a kabin beépített detektorára
(pixelméret $200\ \mu\text{m}$, nagyítás $M = 5,7$, pinhole: $30\ \mu\text{m}$),
kisfókusz:



RAKK Eger
2023.03.21-23.



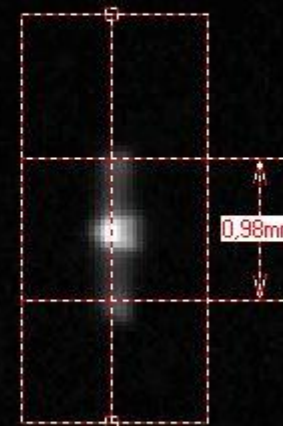
Benedek Béla

Digitális lyukkamera – próbamérések

1. Fókuszolt kivetítése a kabin beépített detektorára (pixelméret 200 μm , nagyítás $M = 5,7$, pinhole: 30 μm), ksfókusz :

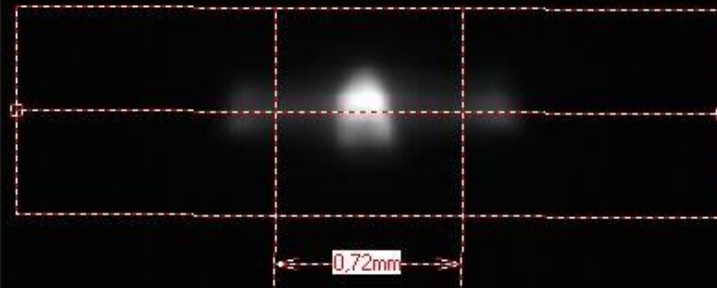
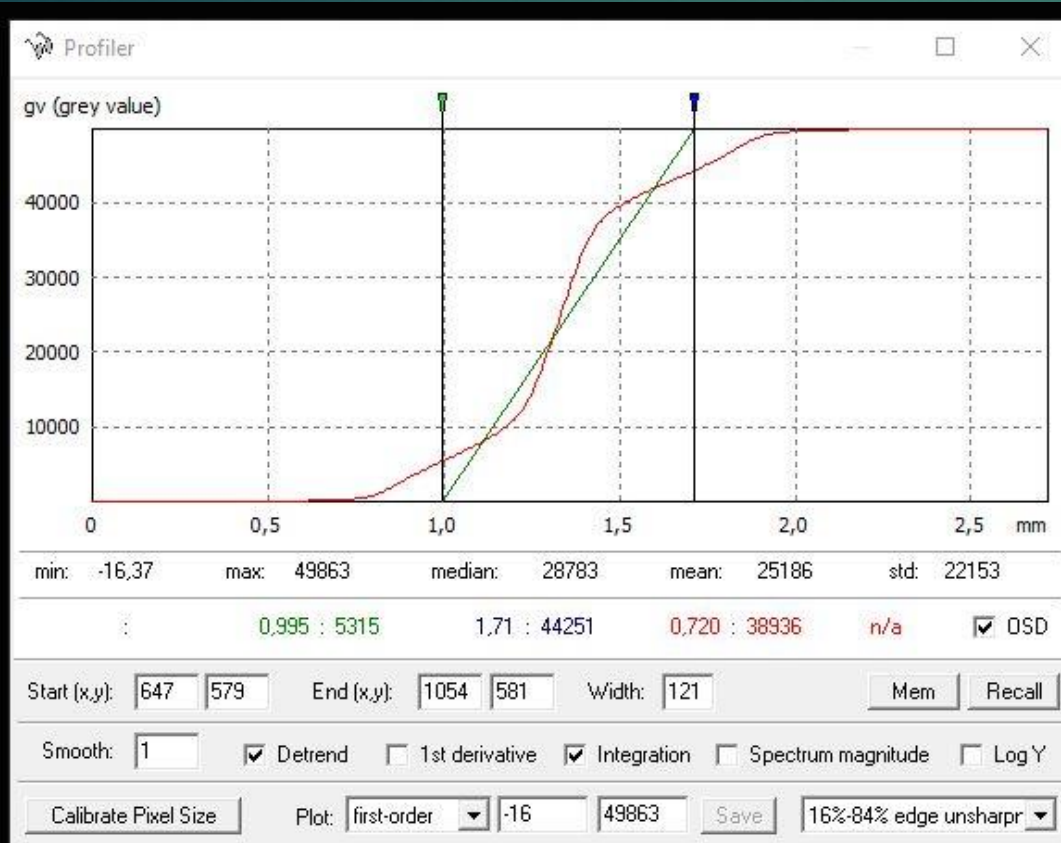


M = 5.7



Digitális lyukkamera – próbamérések

Fókuszolt kivetítése a fókuszkamera saját detektorára (pixelméret $20\ \mu\text{m}$, nagyítás $M = 3$, pinhole: $30\ \mu\text{m}$), kisfókusz, értékelés iSee! szoftverrel :

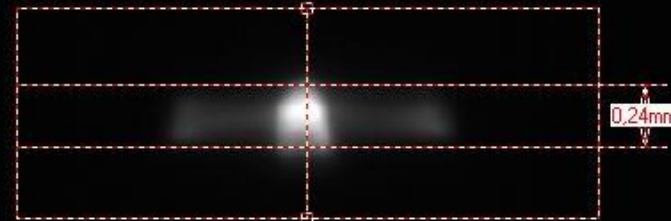
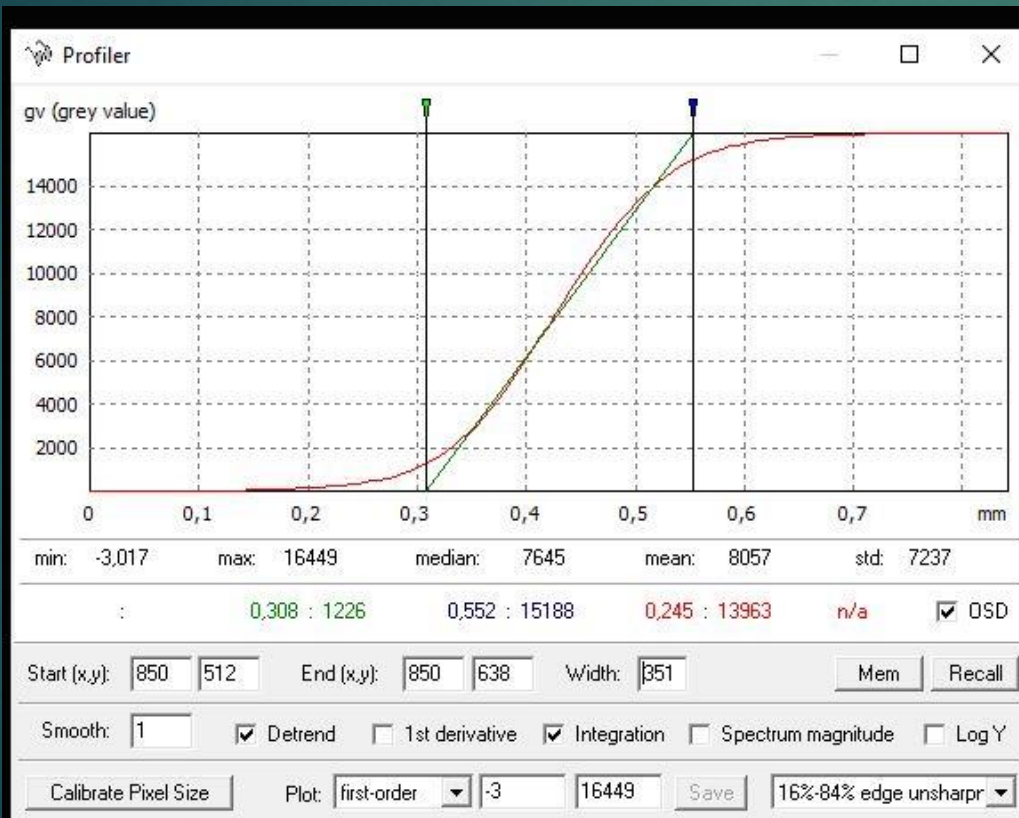


Digitális lyukkamera – próbamérések

3
1

Fókuszolt kivetítése a fókuszkamera saját detektorára
(pixelméret $20\ \mu\text{m}$, nagyítás $M = 3$, pinhole: $30\ \mu\text{m}$), kislókus, értékelés iSee! szoftverrel :

RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Digitális lyukkamera – próbamérések

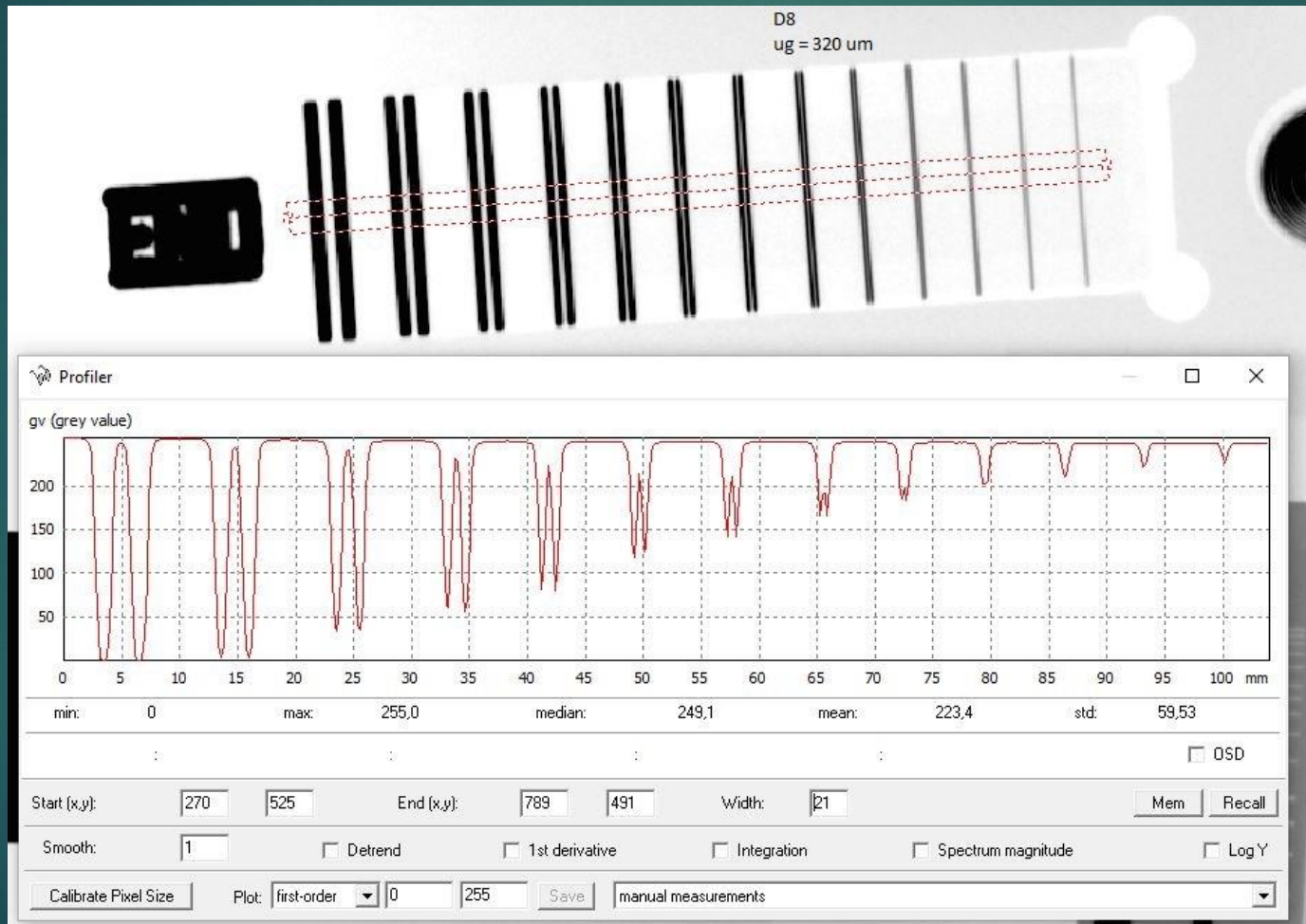
Fókuszolt kivetítése a fókuszkamera saját detektorára (pixelméret $20\ \mu\text{m}$, nagyítás $M = 3$, pinhole: $30\ \mu\text{m}$), kisfókusz, értékelés a berendezés saját szoftverével:



0,70 x 0,24 mm

Digitális lyukkamera – próbamérések

Életlenség mérése duplex képminőségjelzővel (19232-5),
nagyítás $M = 2$:



Digitális lyukkamera – próbamérések

3
4

Mérések összegzése:

	XRD0822 FPD 200 μm	Fókuszkamera	
	iSee!	iSee!	Saját sw
Kisfókusz	0,26 x 0,98 mm	0,24 x 0,72 mm	0,24 x 0,70 mm
Nagyfókusz	0,62 x 0,66 mm	0,61 x 0,62 mm	0,60 x 0,61 mm
Kisfókusz Duplex u_g $M = 2$	~0,3 mm		

RAKK Eger
2023.03.21-23.



Benedek Béla

Köszönöm a figyelmet!

