

Nowa metoda obrazowania za pomocą promieniowania rentgenowskiego rozproszonego wstecznie

Krzysztof Kacperski, Jan Klimaszewski, Tymoteusz Kosiński, Natalia Kozak, Tomasz Zakrzewski, Mariusz Chabera, Sławomir Wronka

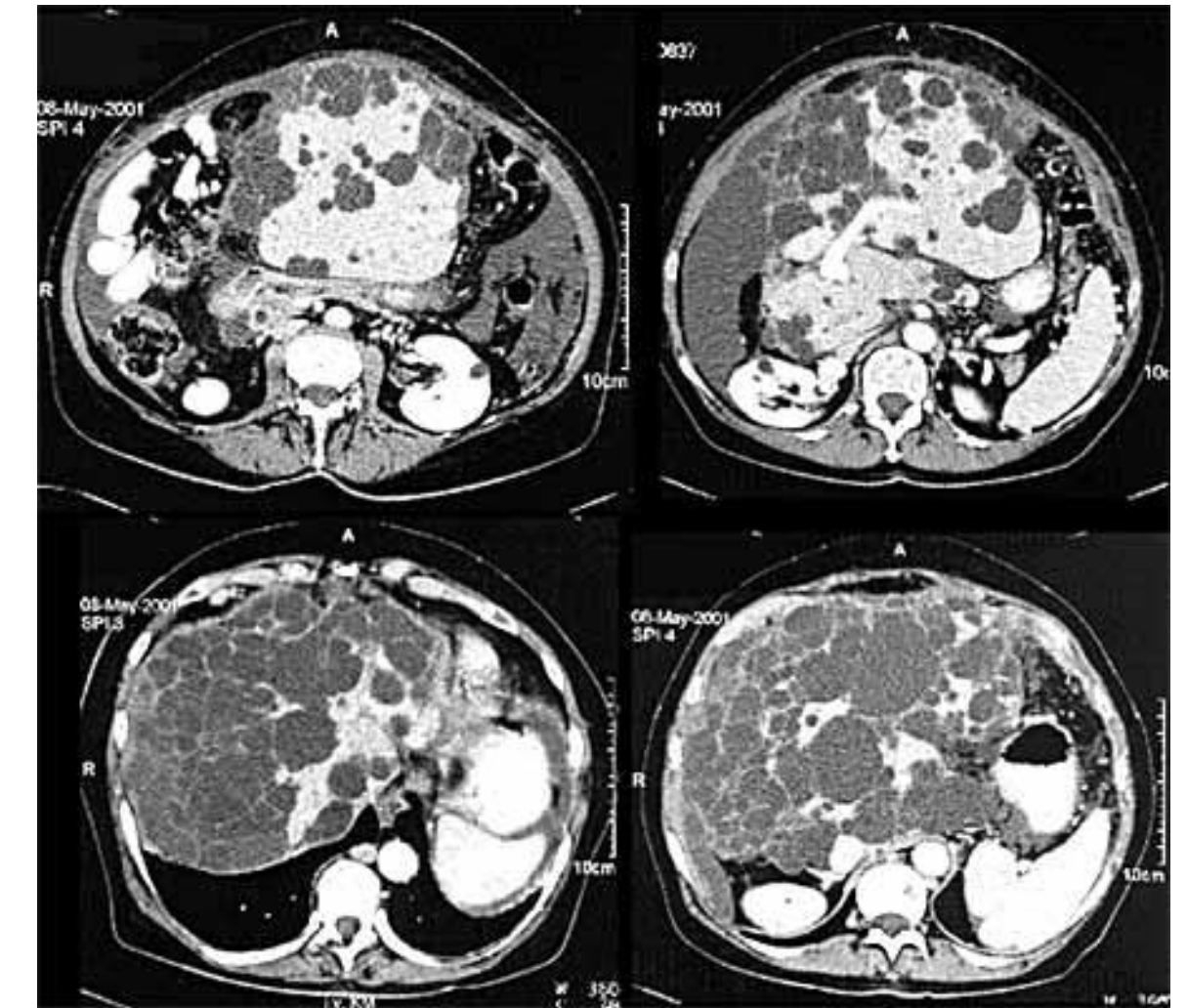
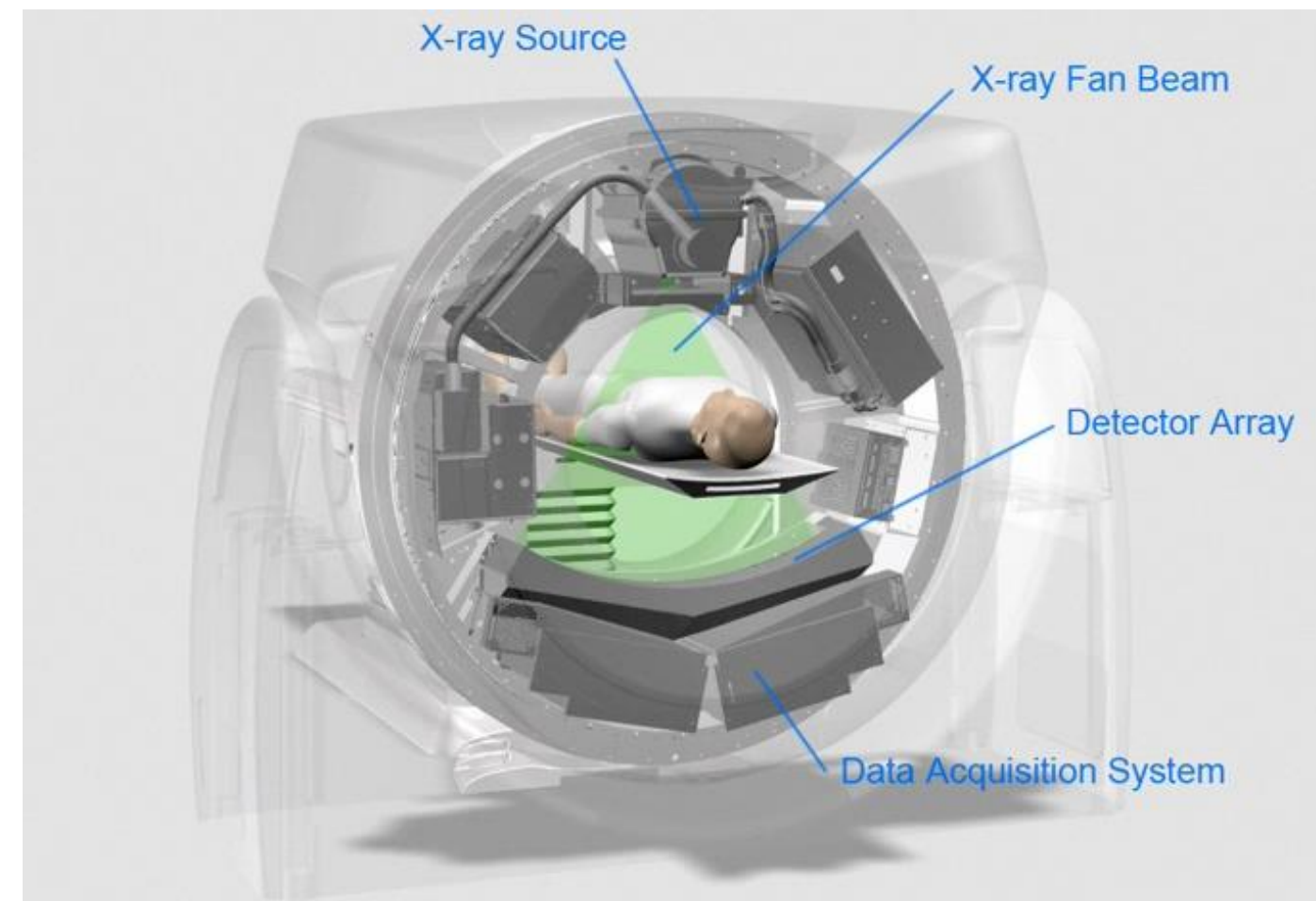


**NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH**
ŚWIERK

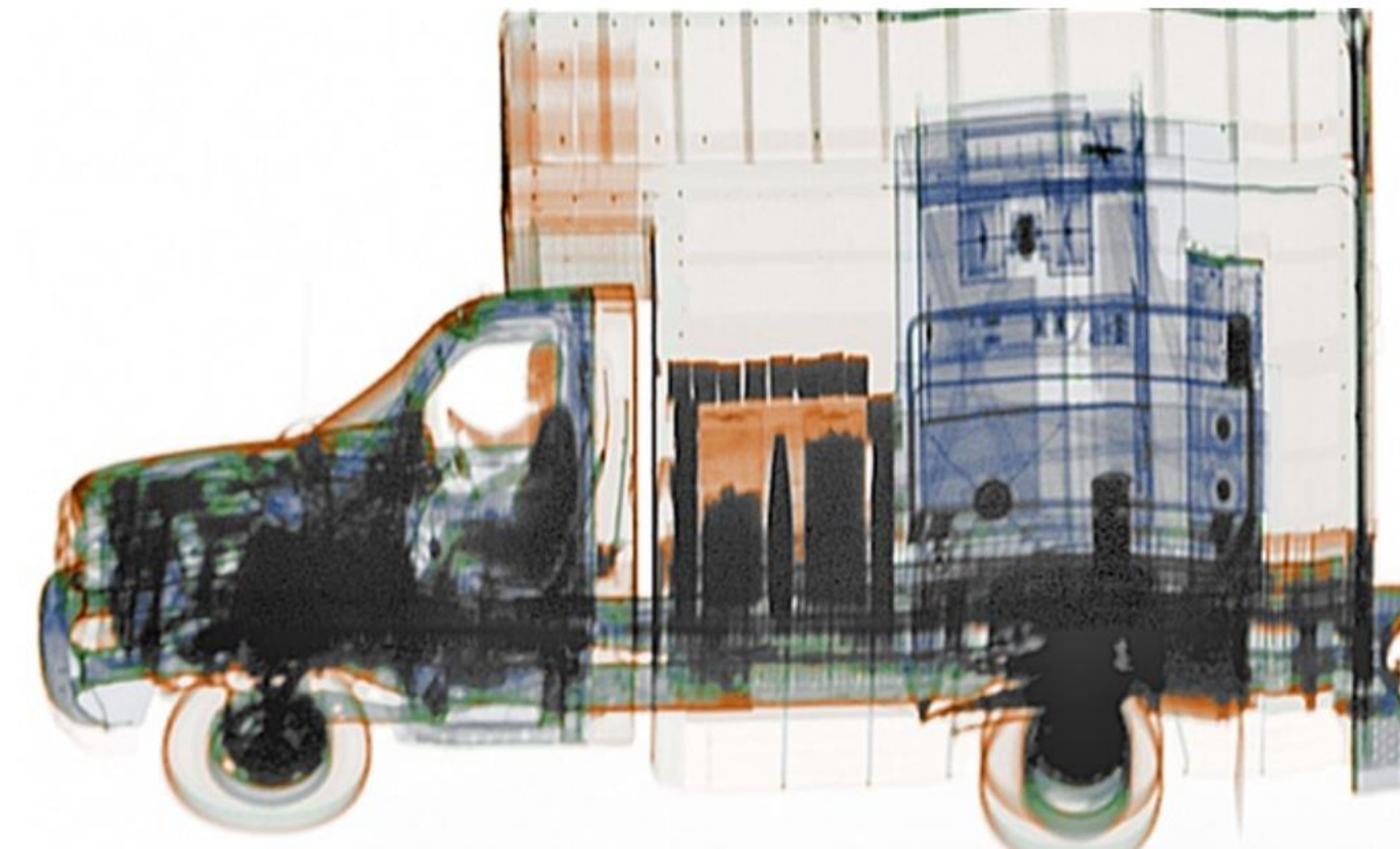
Obrazowanie za pomocą promieniowania RTG

Transmisyjne: Rentgenografia, CT

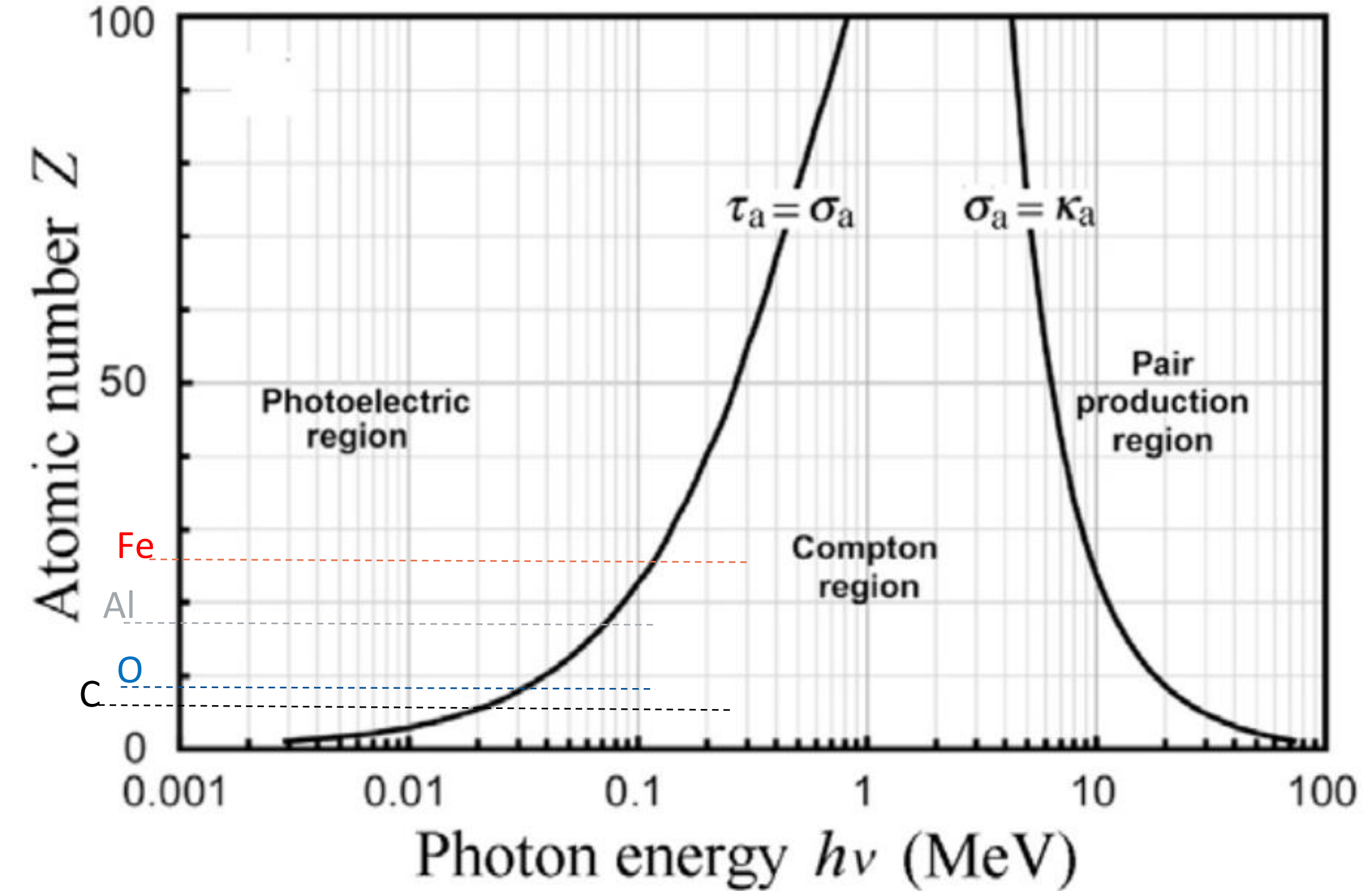
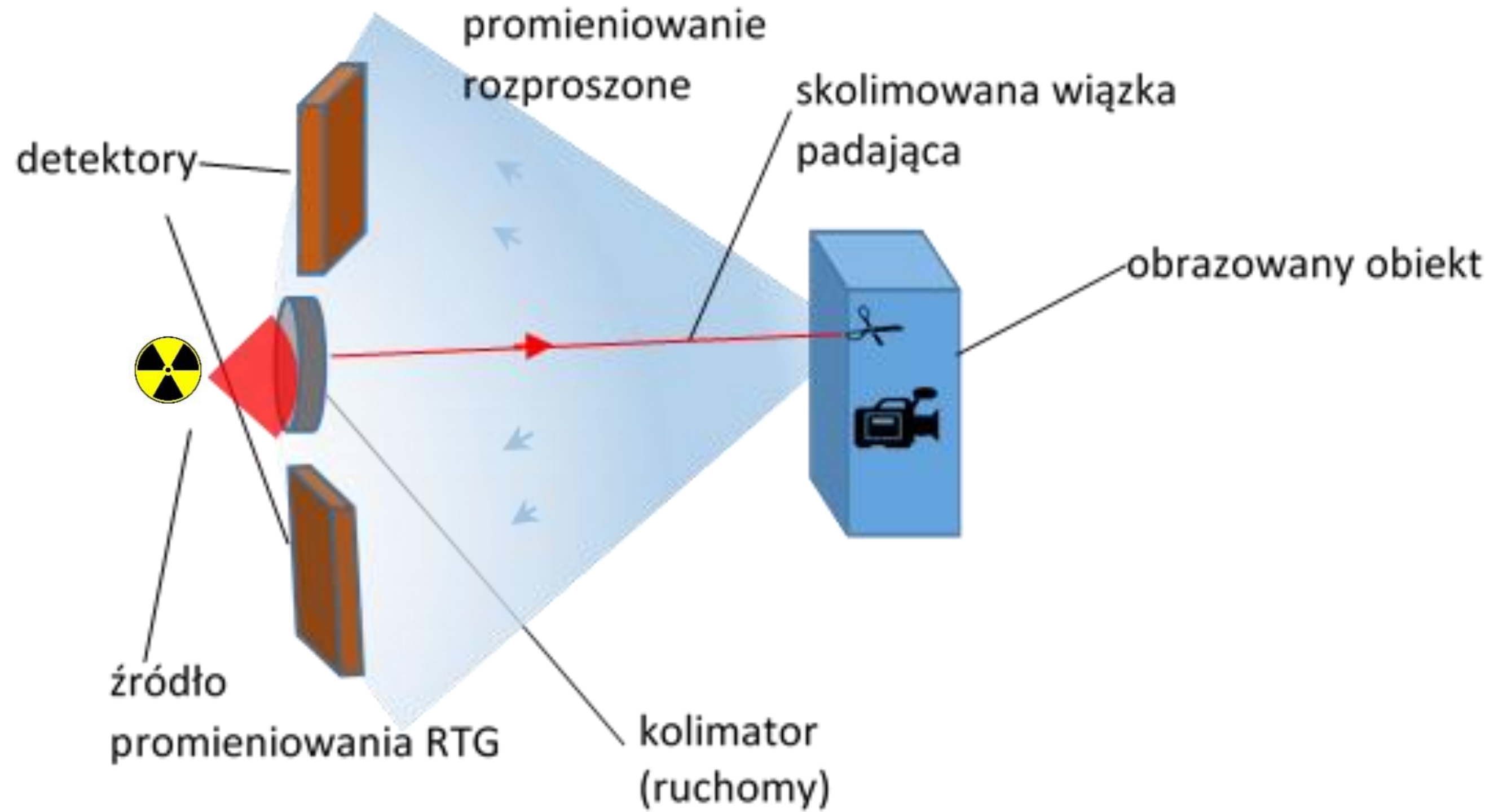
Pomiar osłabienia wiązki promieniowania przez obiekt



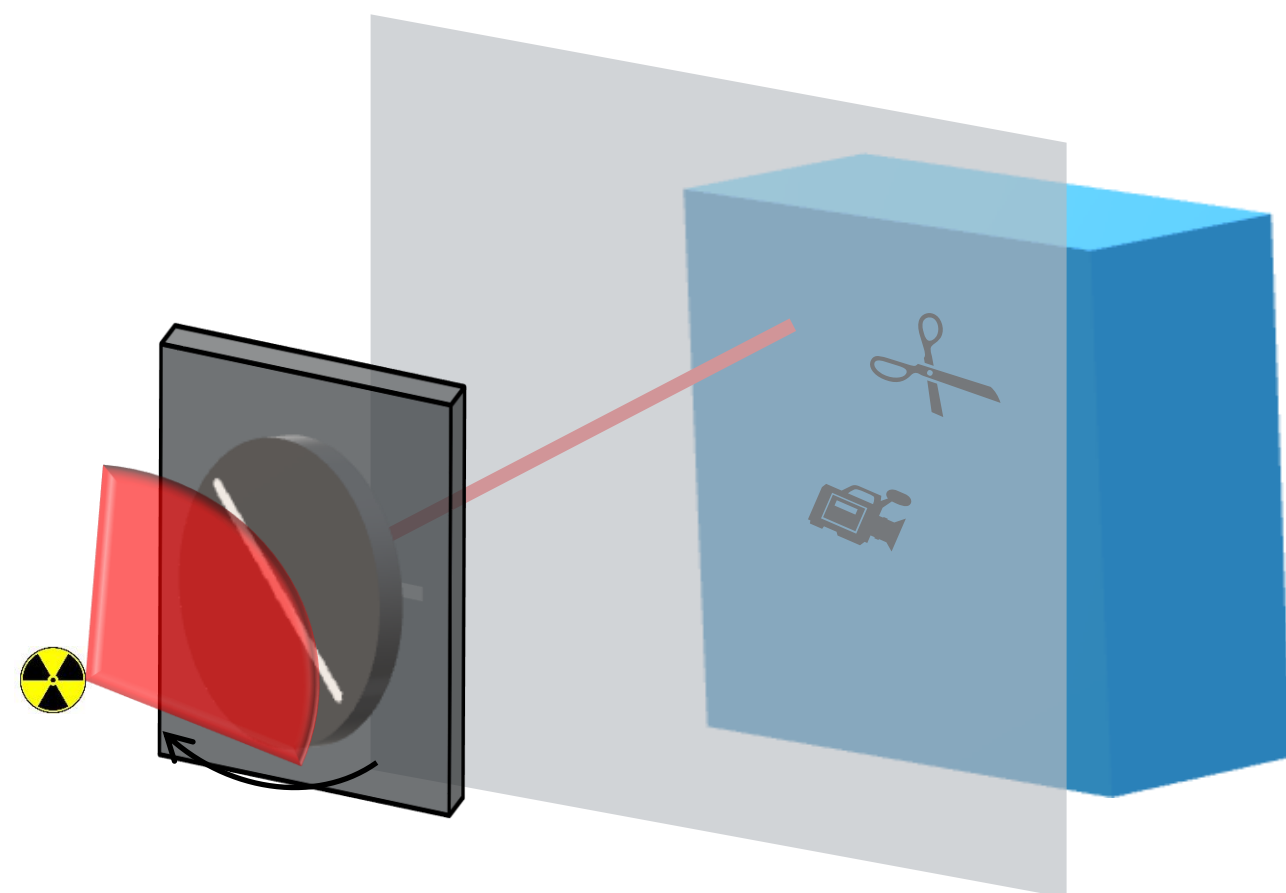
- Medyczne
- Bezpieczeństwo
- Badania nieniszczące



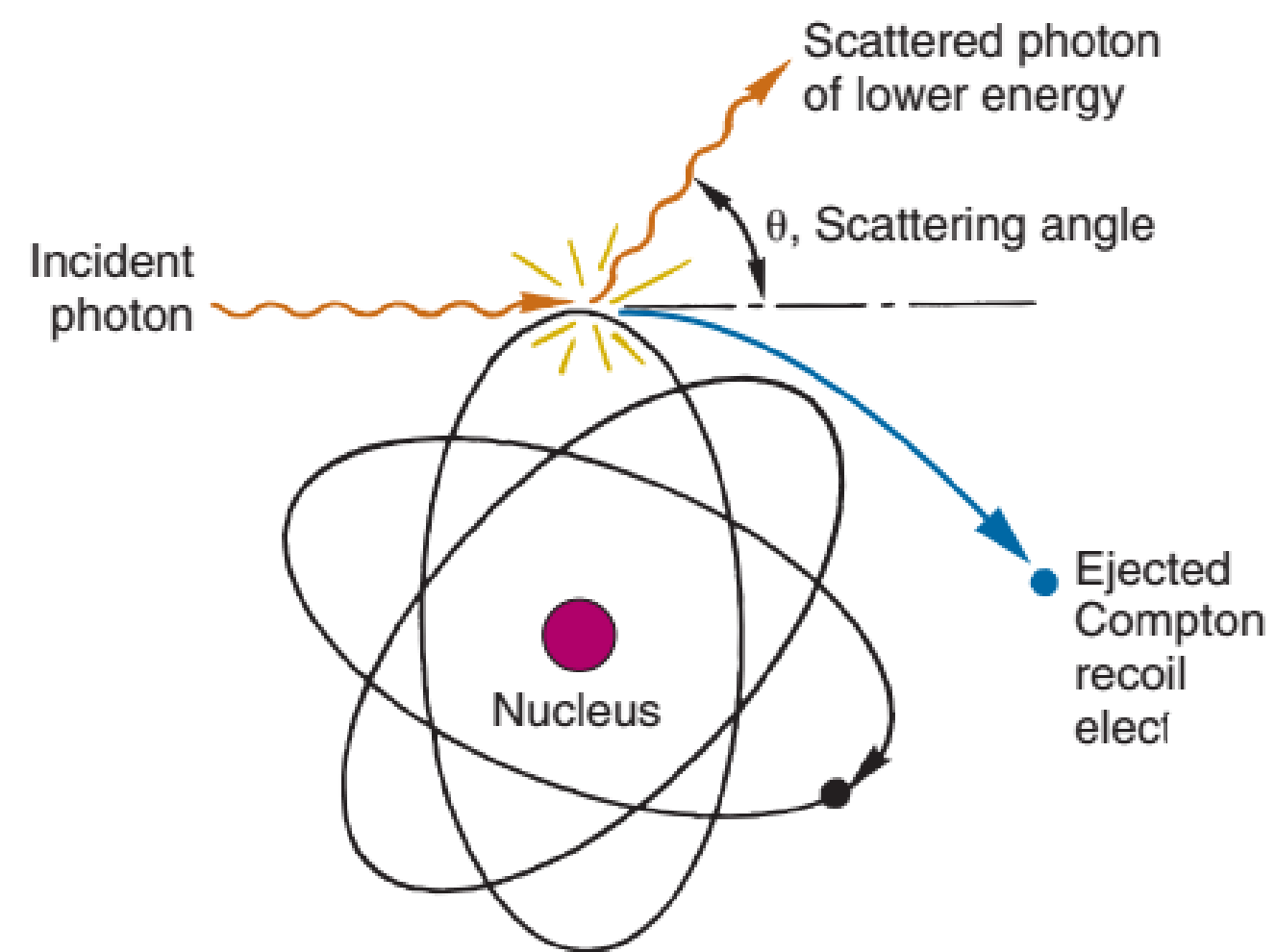
Obrazowanie za pomocą promieniowania rozproszonego wstecznie (Compton backscatter imaging)



Ograniczenia obrazowania typu backscattering



Rozpraszanie Comptonowskie



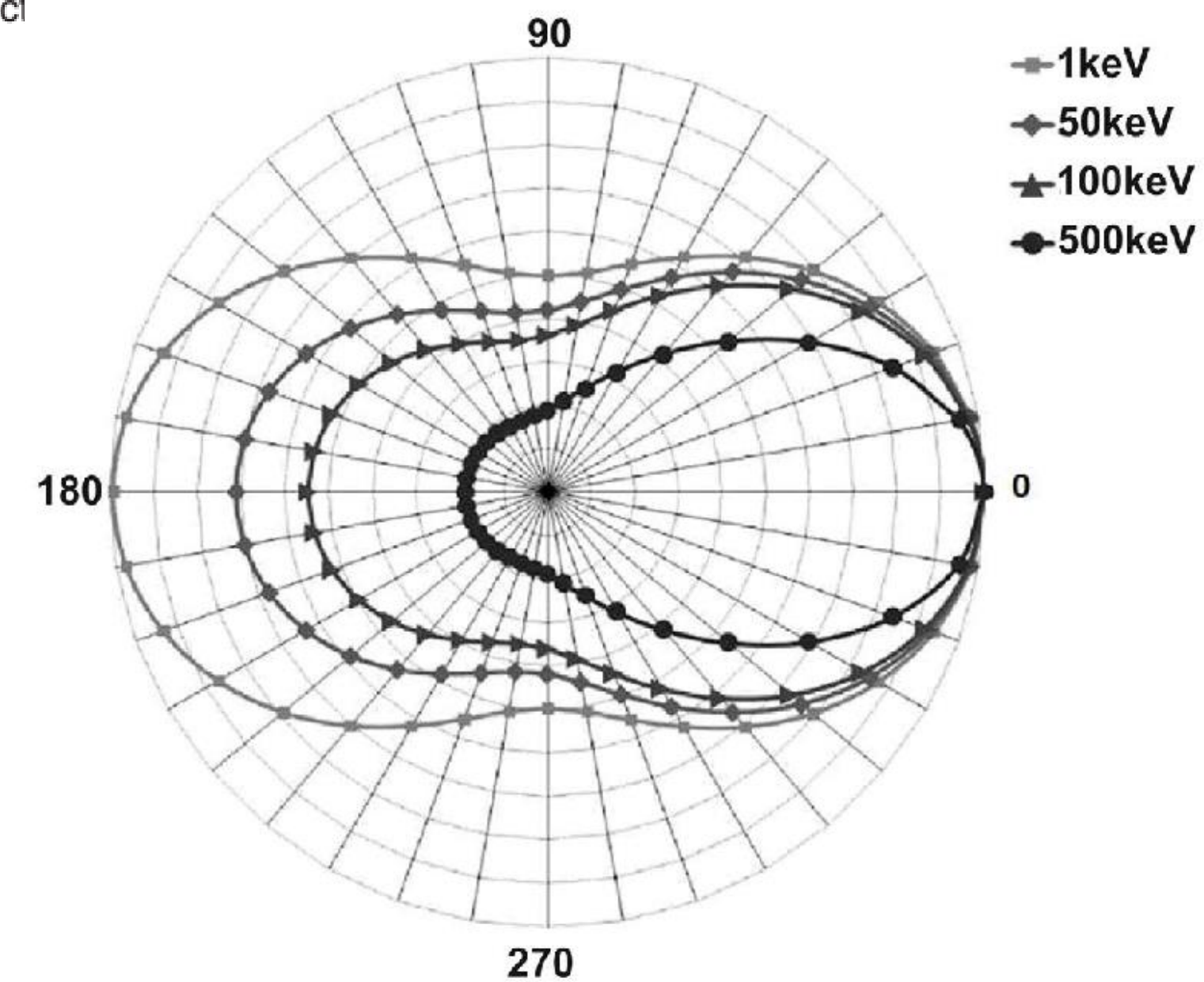
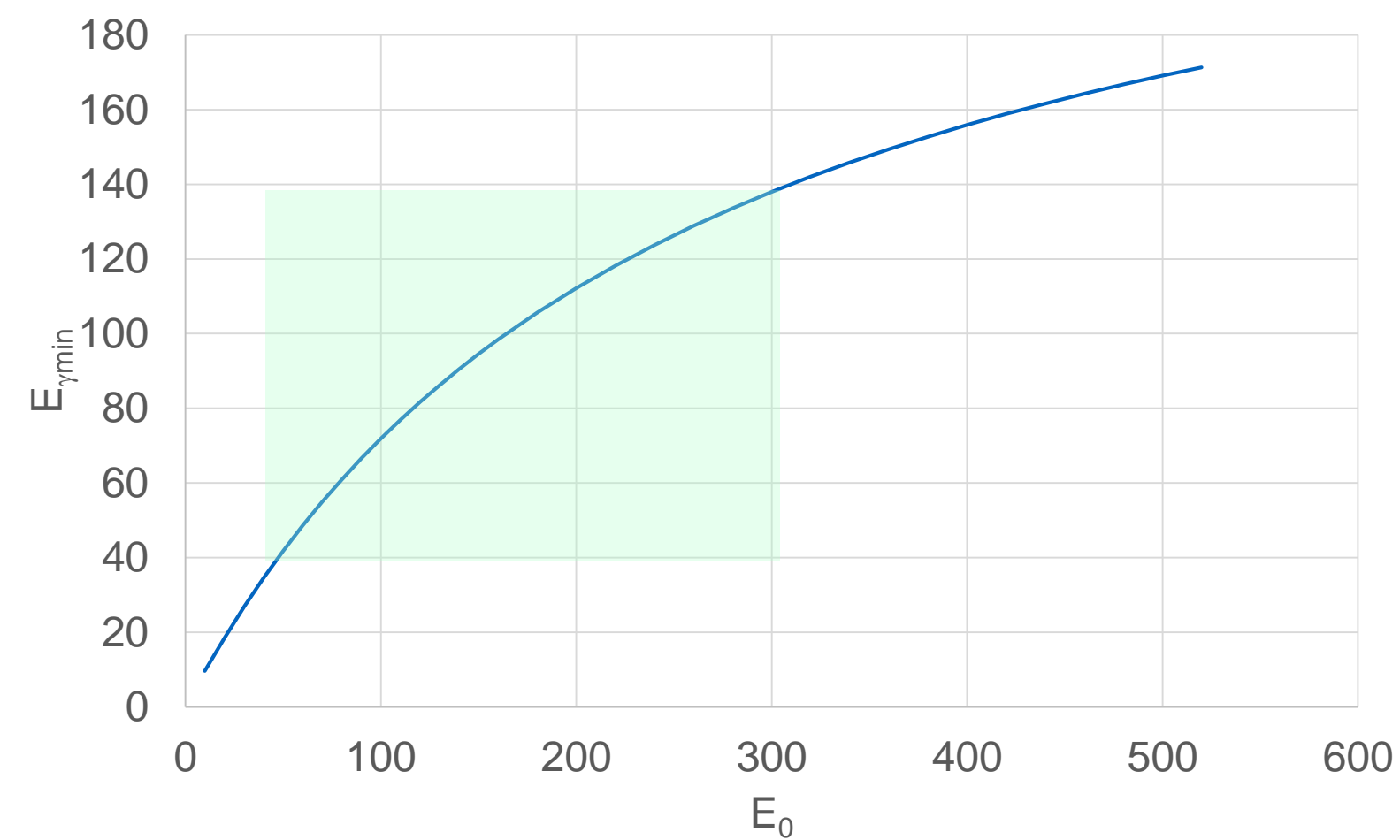
$$E_{\gamma sc} = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{511 \text{ keV}} (1 - \cos(\theta))}$$

Max. Energia fotonów rozproszonych 100 - 130 keV

Max. Grubość penetrowanej przesłony:

Woda: 10 – 20 cm

Stal: 5 – 10 mm



Metoda Flying Spot

Działające urządzenie: Rapiscan Secure 1000



US005181234A

United States Patent [19]
Smith

[11] **Patent Number:** 5,181,234
[45] **Date of Patent:** Jan. 19, 1993

[54] **X-RAY BACKSCATTER DETECTION SYSTEM**

[75] Inventor: Steven W. Smith, Poway, Calif.
[73] Assignee: IRT Corporation, San Diego, Calif.
[21] Appl. No.: 704,292
[22] Filed: May 22, 1991

Related U.S. Application Data

[63] Continuation-in-part of Ser. No. 563,041, Aug. 6, 1990, abandoned.
[51] Int. Cl.⁵ G01N 23/04; G06K 9/46
[52] U.S. Cl. 378/87; 378/57; 378/62; 378/70; 378/146; 378/901; 382/16; 382/22; 250/472.1
[58] Field of Search 378/87, 62, 57, 70, 378/86, 88, 146, 901, 99; 250/472.1; 382/16, 22

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

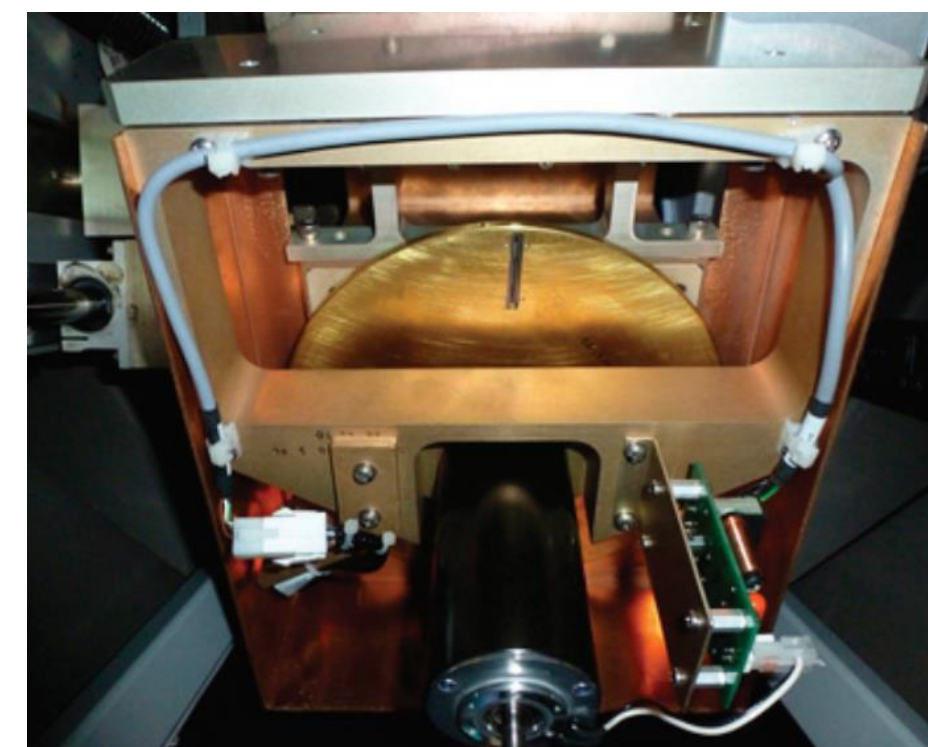
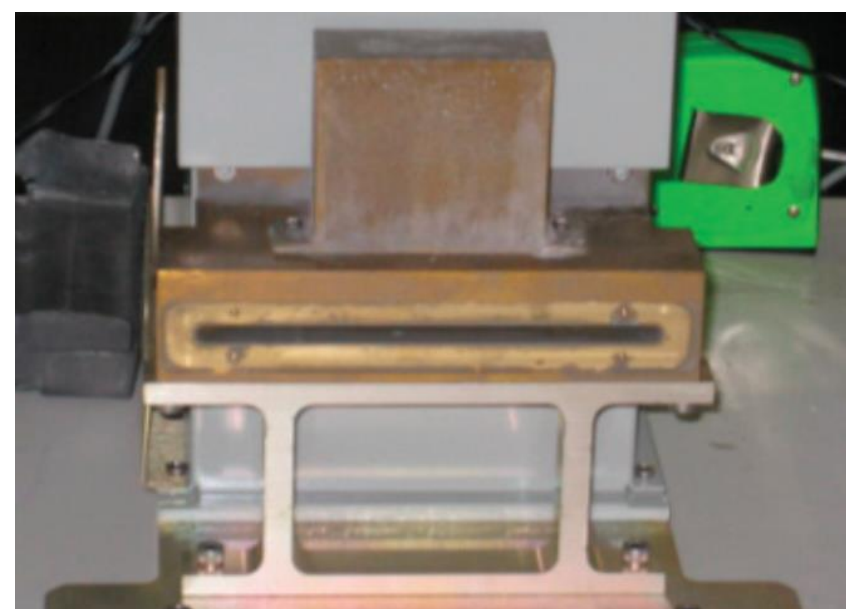
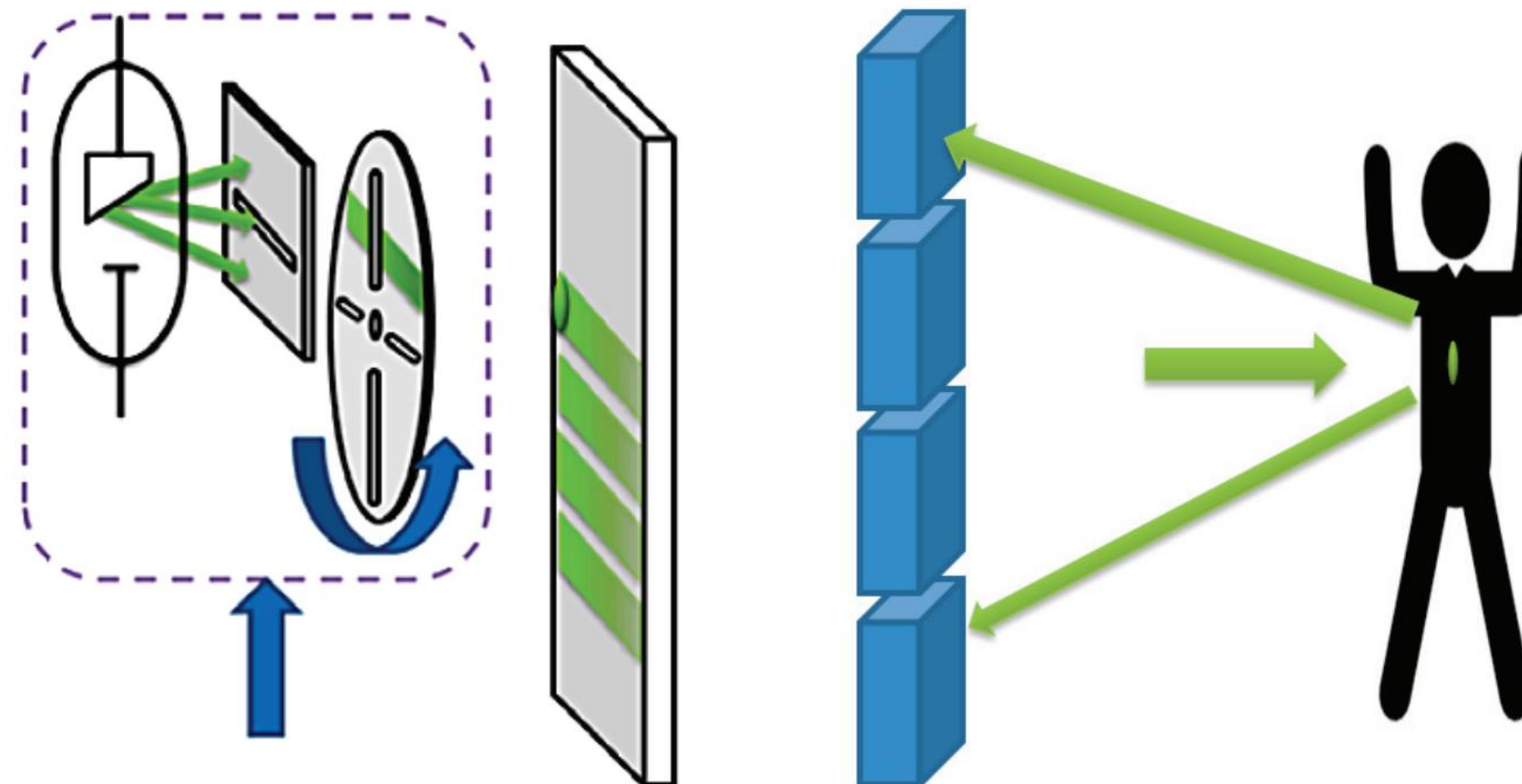
Re. 28,544	9/1975	Stein et al.	378/57
4,799,247	1/1989	Annis et al.	378/87
4,864,142	9/1989	Gomberg	378/57
4,974,247	11/1990	Friddell	378/87
5,022,062	6/1991	Annis	378/86

Primary Examiner—Constantine Hannaher
Assistant Examiner—Kim-Kwok Chu
Attorney, Agent, or Firm—Brown, Martin Haller & McClain

ABSTRACT

[57] A pencil beam of X-rays is scanned over the surface of the body of a person being examined. X-rays that are scattered or reflected from the subject's body are detected by a detector. The signal produced by this scattered X-ray detector is then used to modulate an image display device to produce an image of the subject and any concealed objects carried by the subject. The detector assembly is constructed in a configuration to automatically and uniformly enhance the image edges of low atomic number (low Z) concealed objects to facilitate their detection. A storage means is provided by which previously acquired images can be compared with the present image for analyzing variances in similarities with the present image, and provides means for creating a generic representation of the body being examined while suppressing anatomical features of the subject to minimize invasion of the subject's privacy.

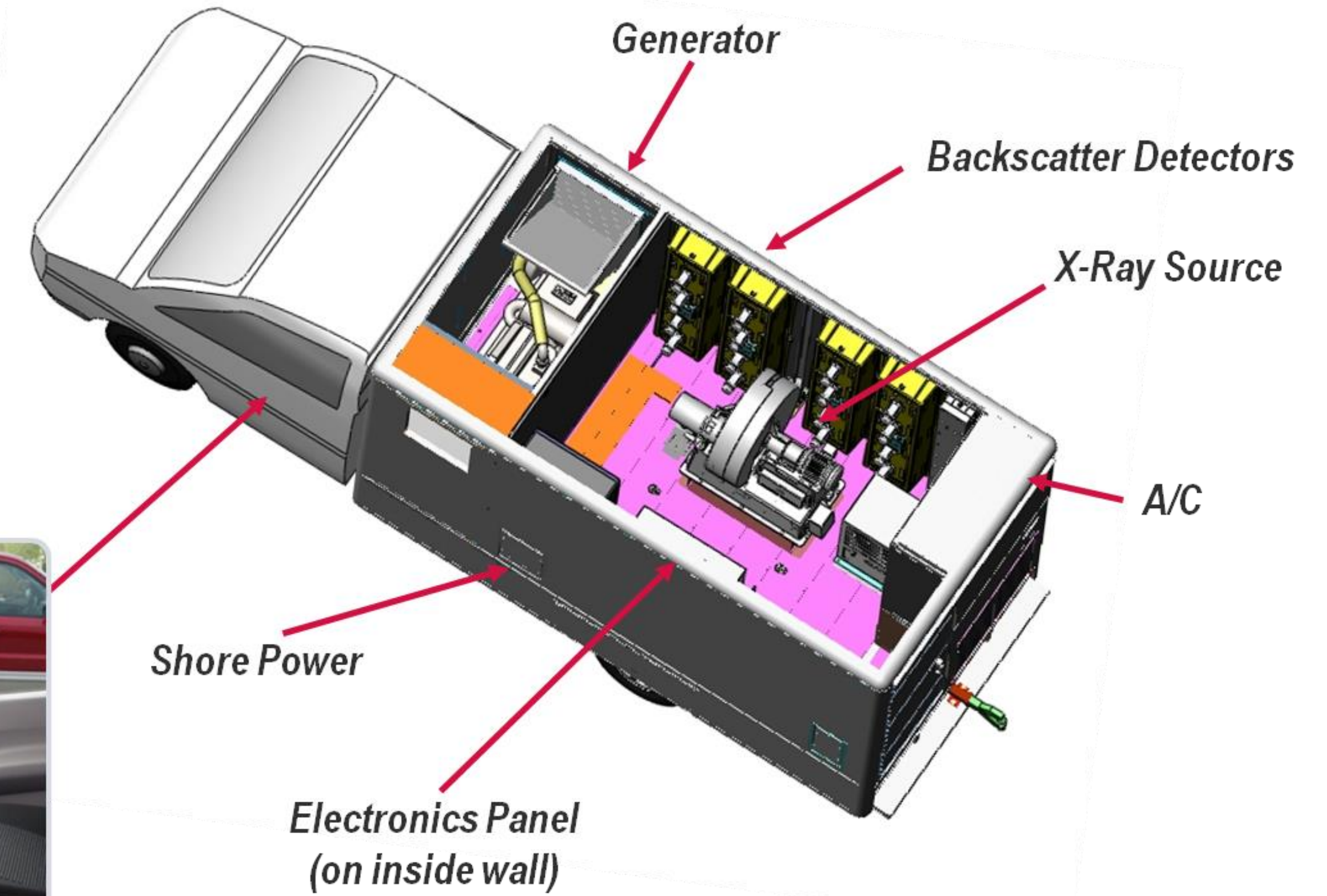
42 Claims, 6 Drawing Sheets



Napięcie lampy: 50 kV
Czas skanowania: ~ 6 s

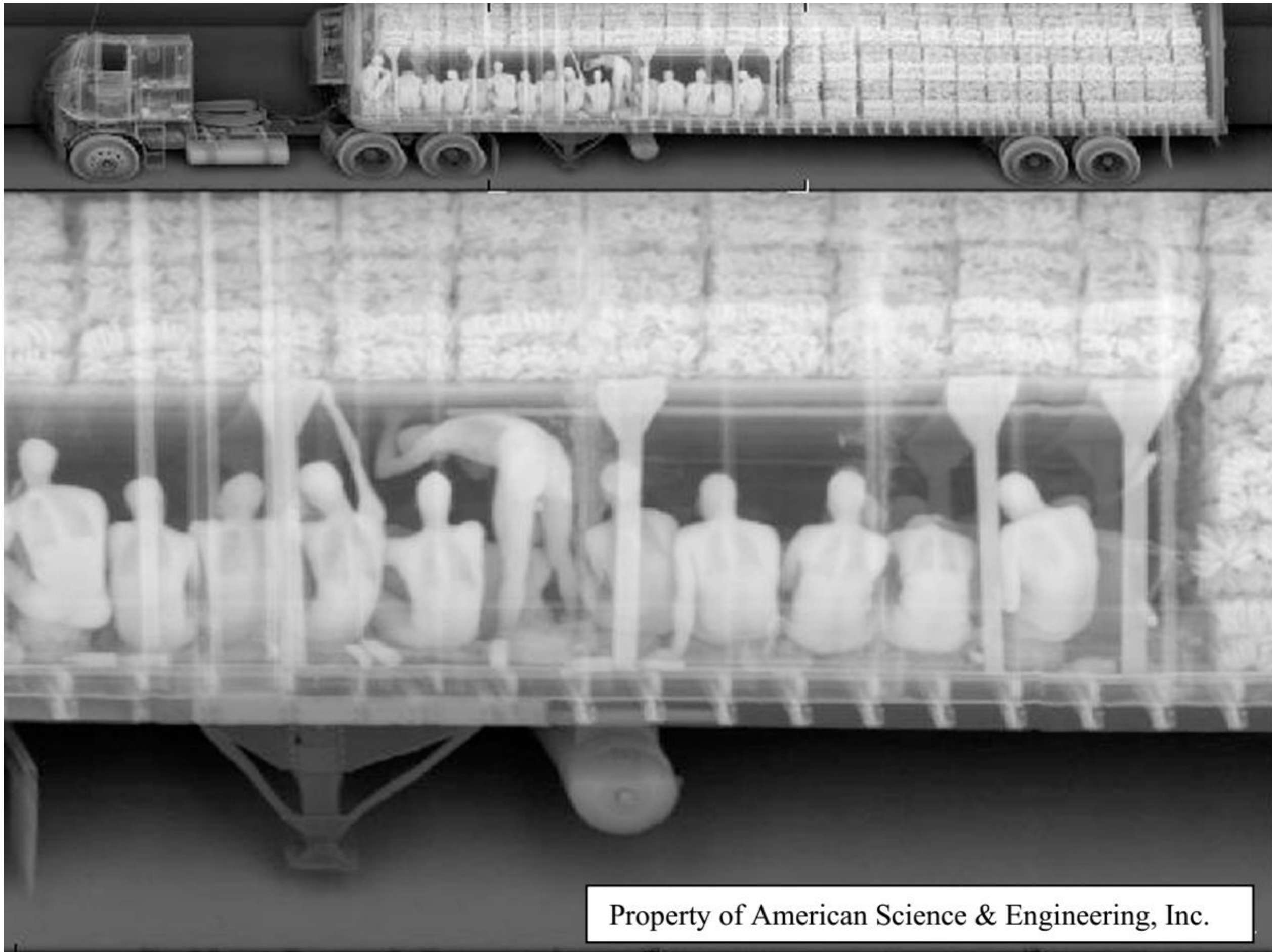
Dawka promieniowania na skan: ~ 30 nSv ! (promieniowanie tła w Polsce: 270 nSv/h)

Działające urządzenie: mobilny skaner ZBV (AS&E)

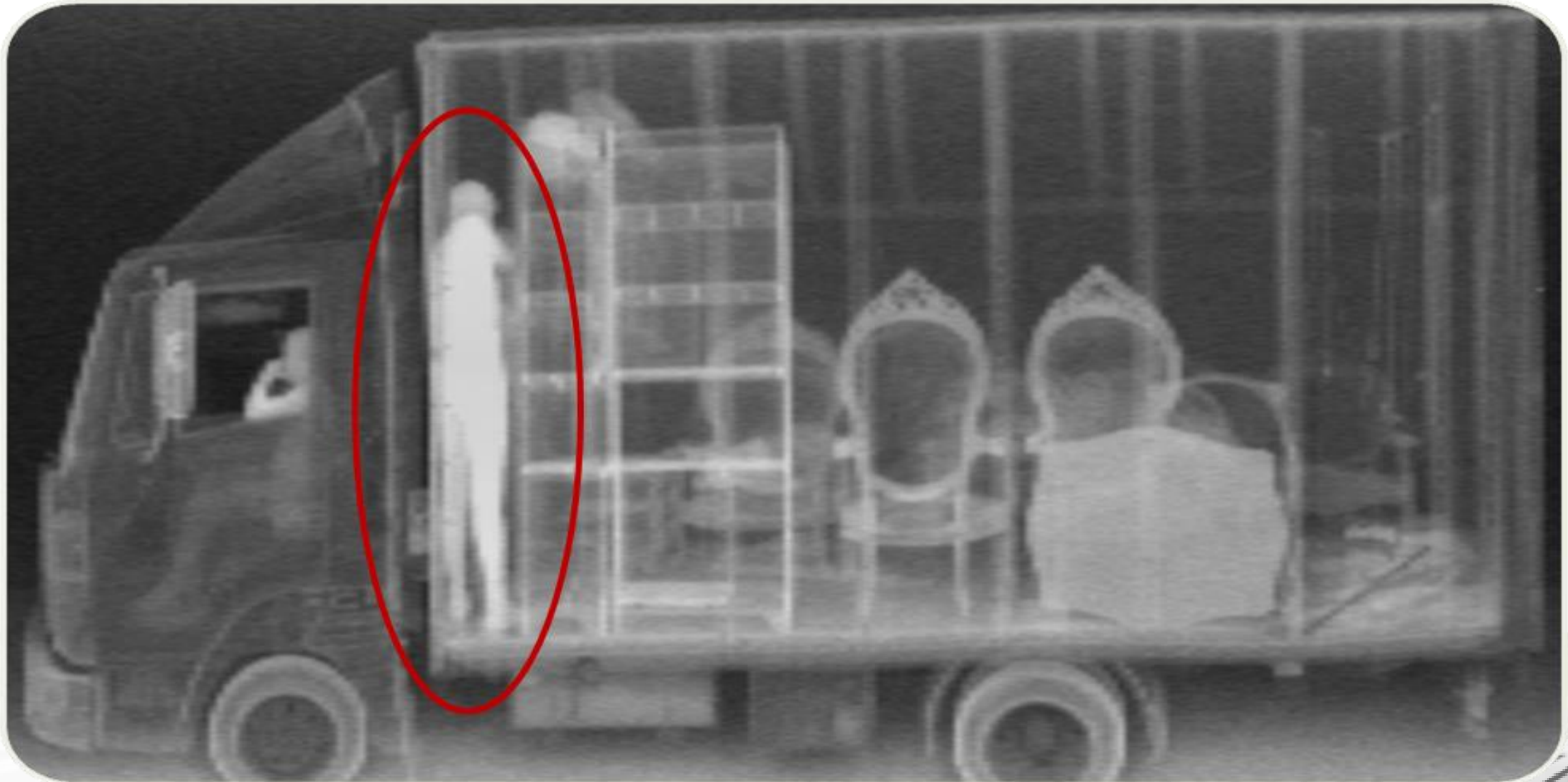


Napięcie lampy: 225 kV
Szybkość skanowania: do 10 km/h

Property of American Science & Engineering, Inc.



Property of American Science & Engineering, Inc.



Działające urządzenie: skaner ręczny Mini Z (AE&E)



SYSTEM SPECIFICATIONS

X-ray Source: 10-watt 70 keV X-ray tube

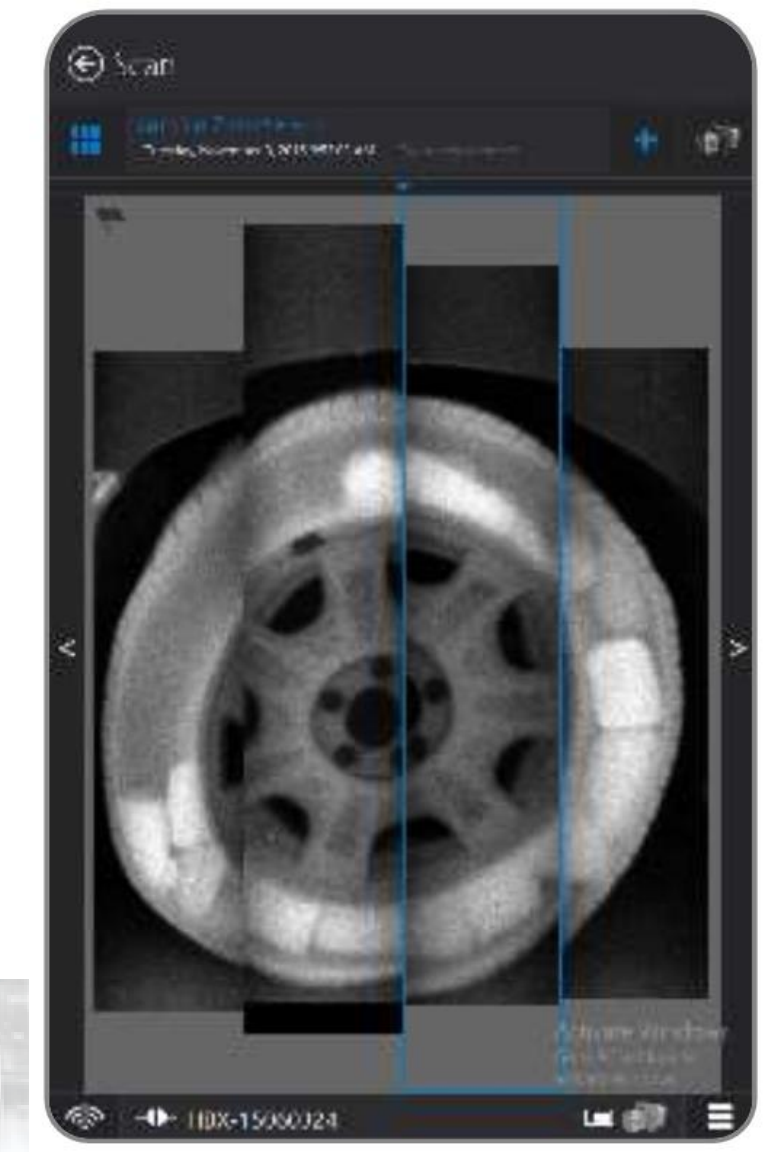
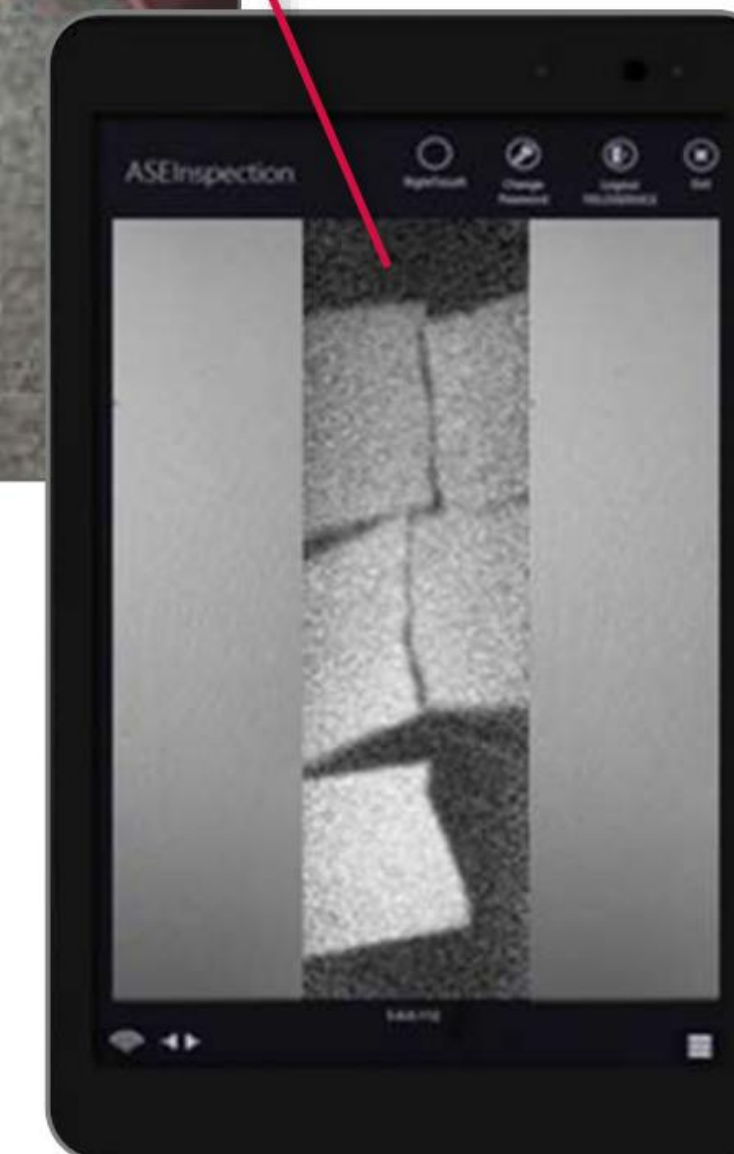
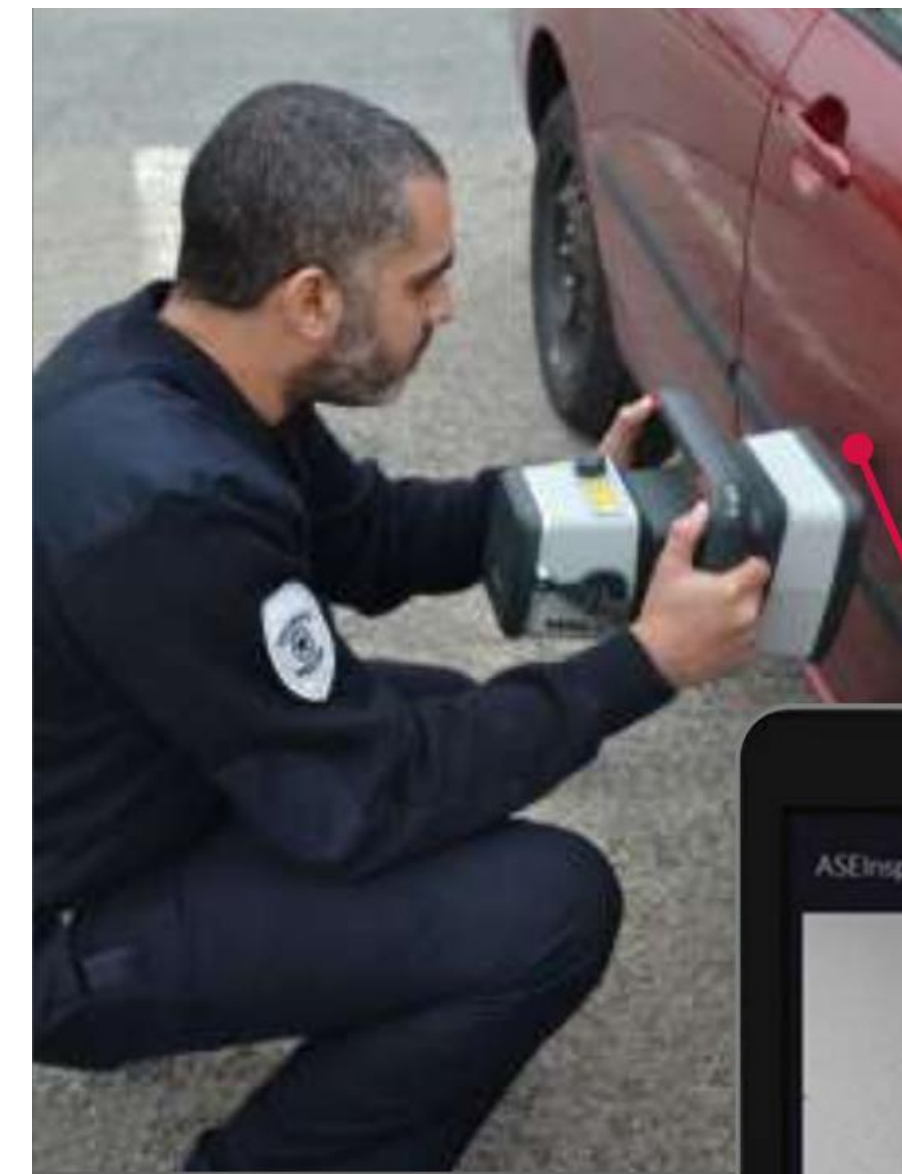
Interconnection options: Wireless connection through built-in Wi-Fi; optional hard-wire via Ethernet cable

Scanner Dimensions

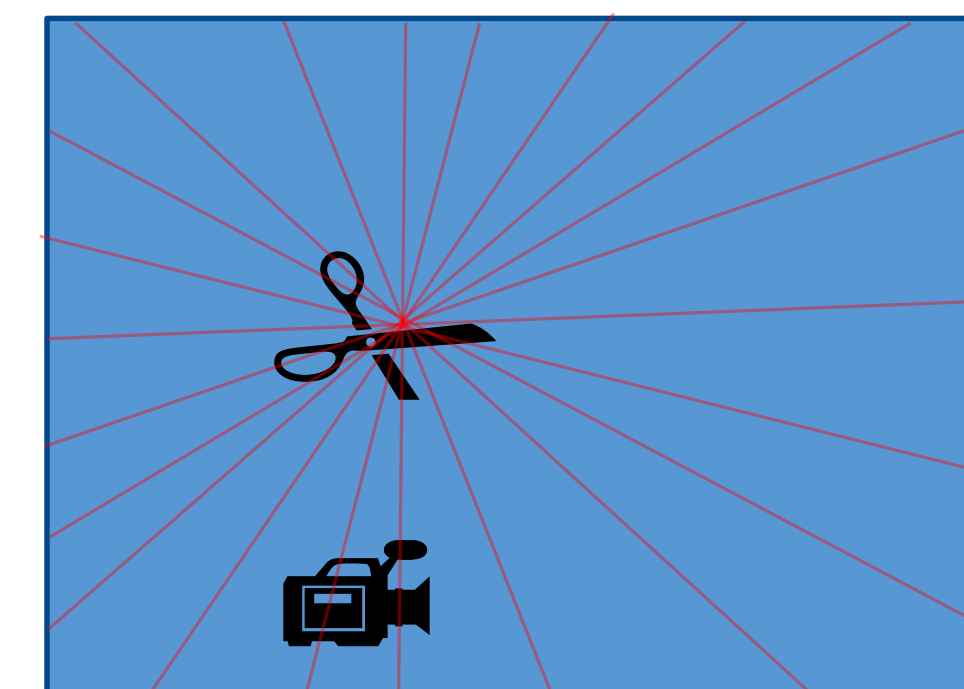
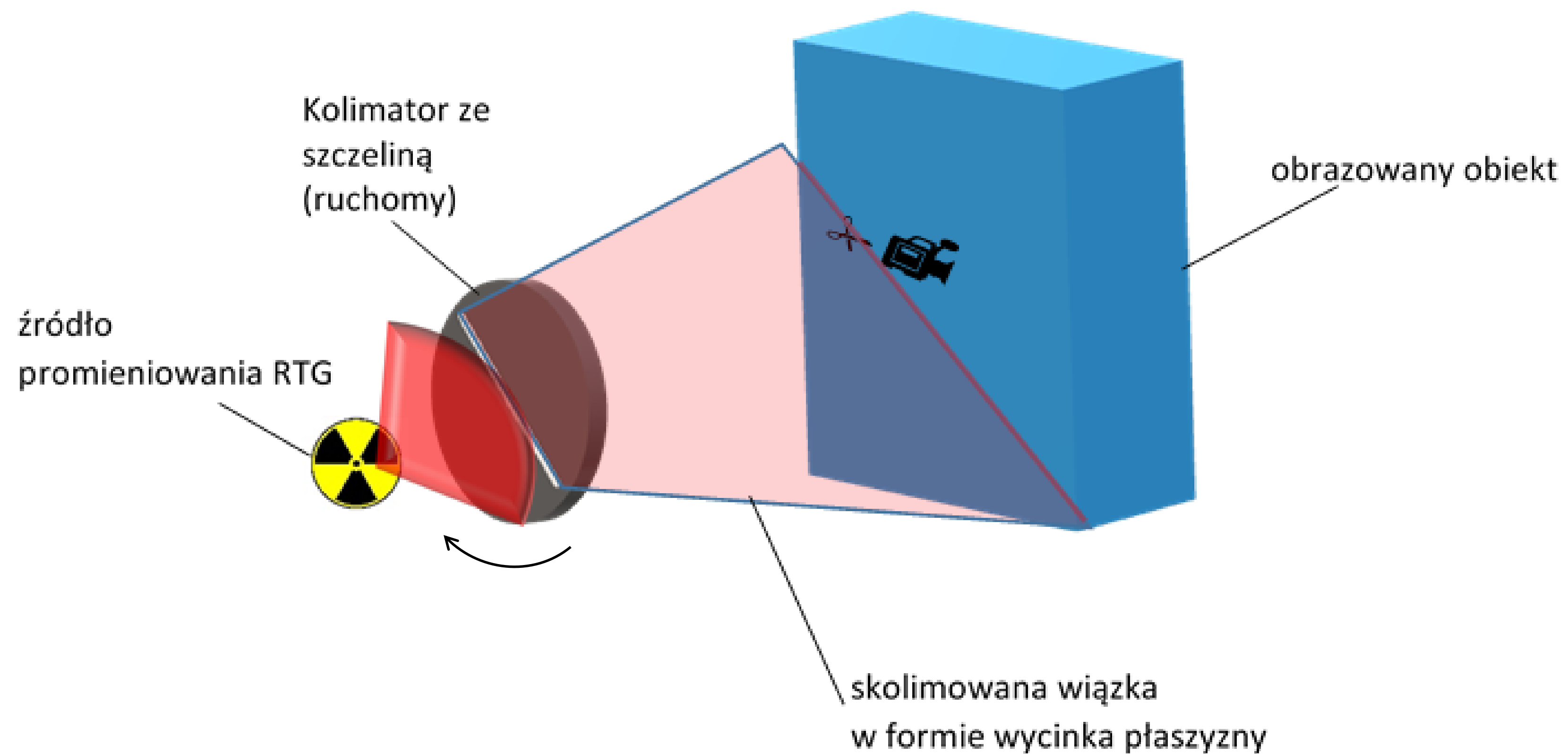
Length: 29.2 cm (11.5 in)
Width: 24.8 cm (9.8 in)
Height: 19.4 cm (7.6 in)
Weight: 4.2 kg (9.2 lbs)

Scanner Battery

Operating Time: Four hours (typical) per battery; two batteries provided
Scan Speed: Nominal 15 cm (6 in) per second
Tablet Battery: Six hours, typical
System Software: Microsoft Windows 8.1 tablet edition with ASEInspection software



Nowa metoda: Obrazowanie „spinning (flying) line”

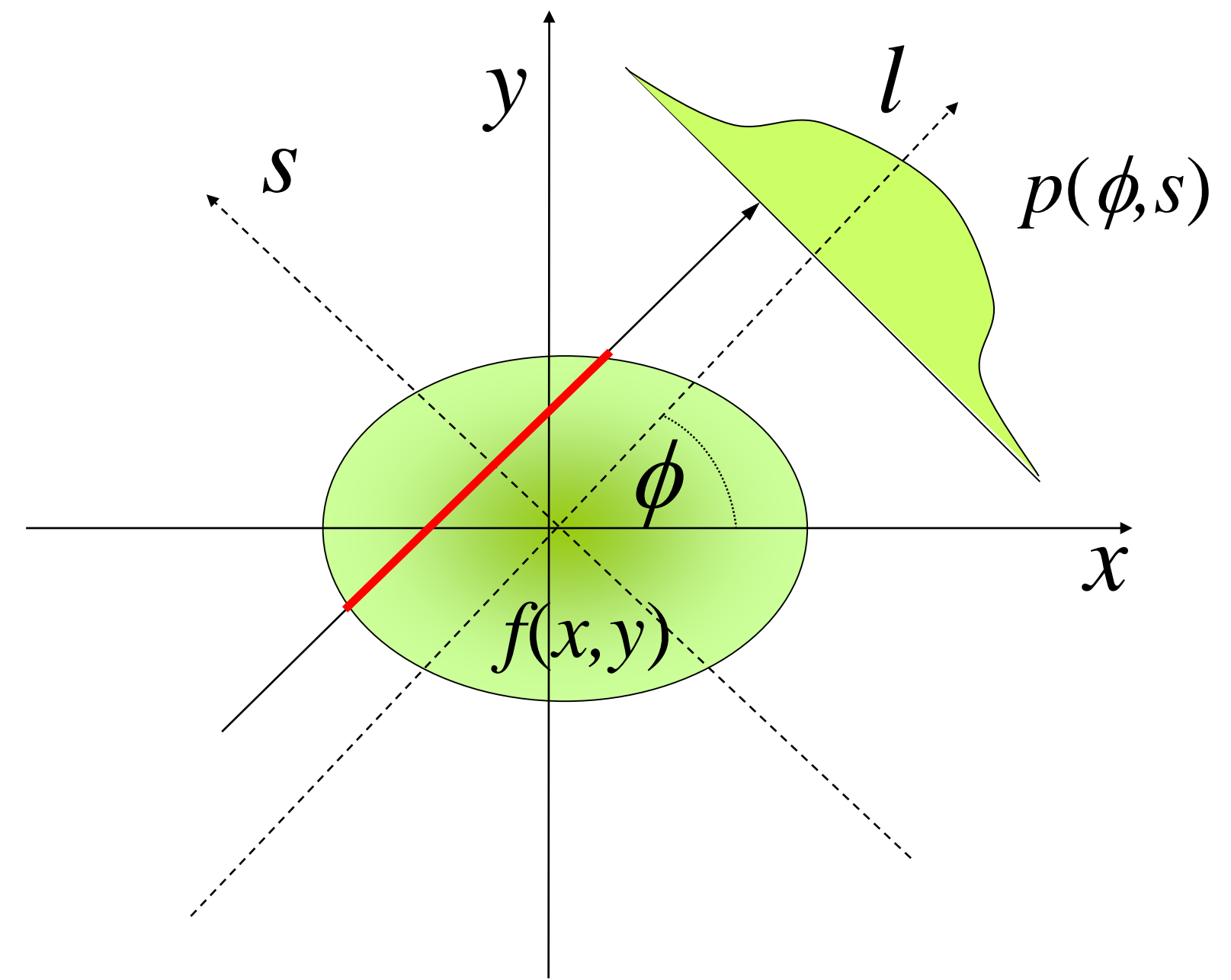


Tomografia - transformata Radona

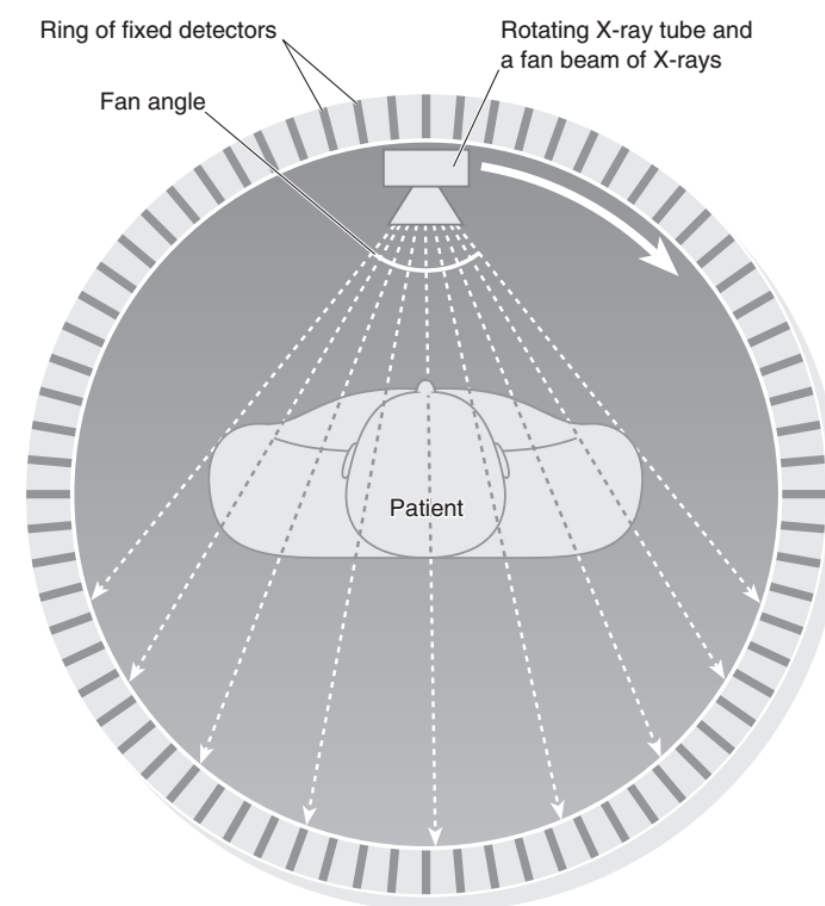
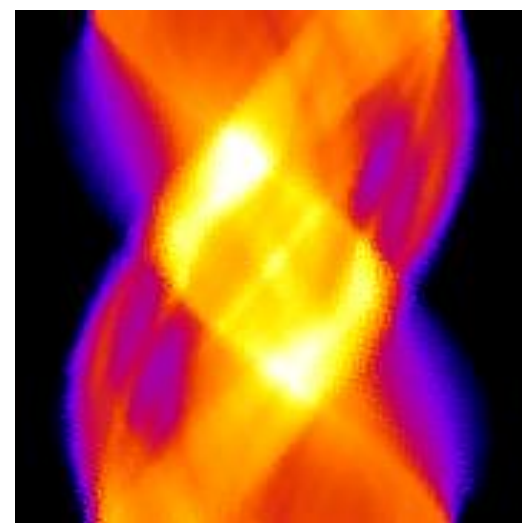
Projekcje (transformacja Radona):

$$p(\phi, s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dl$$

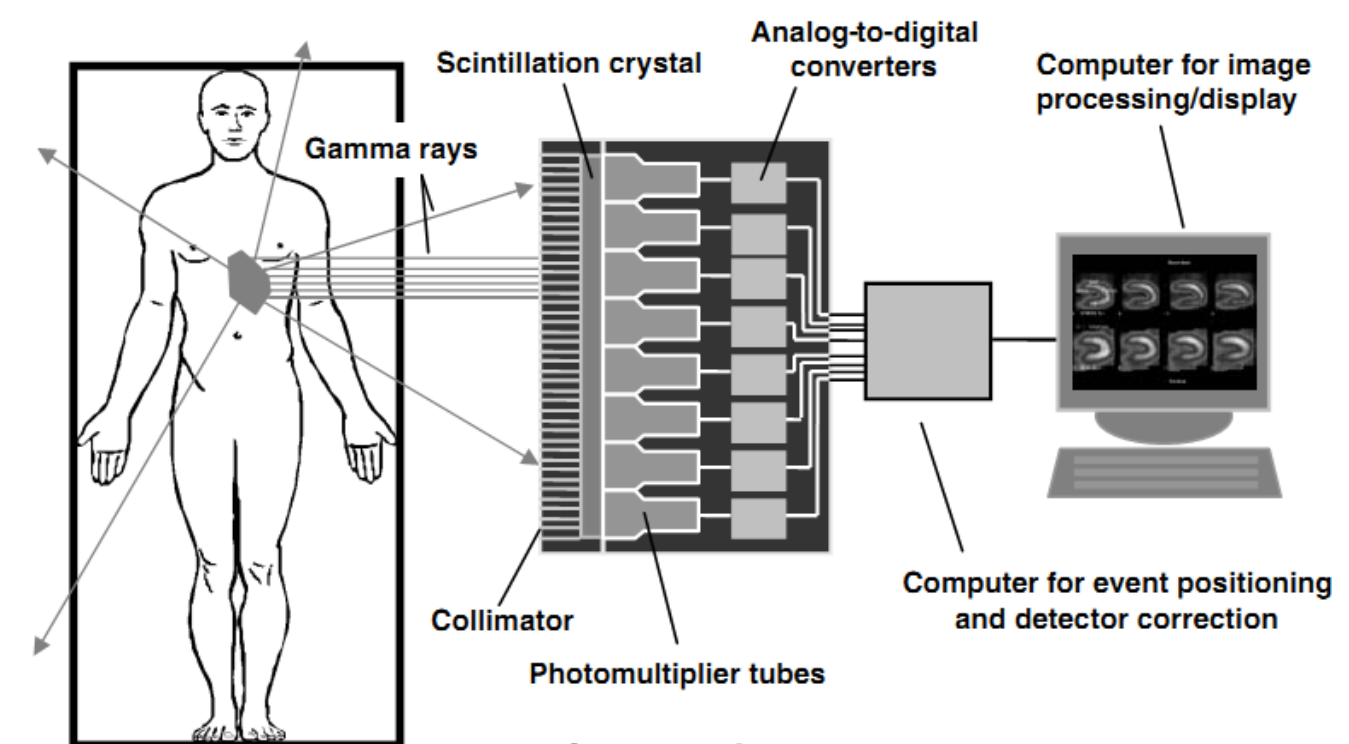
$$= \int_{-\infty}^{\infty} f(l \cos \phi - s \sin \phi, l \sin \phi + s \sin \phi) dl$$



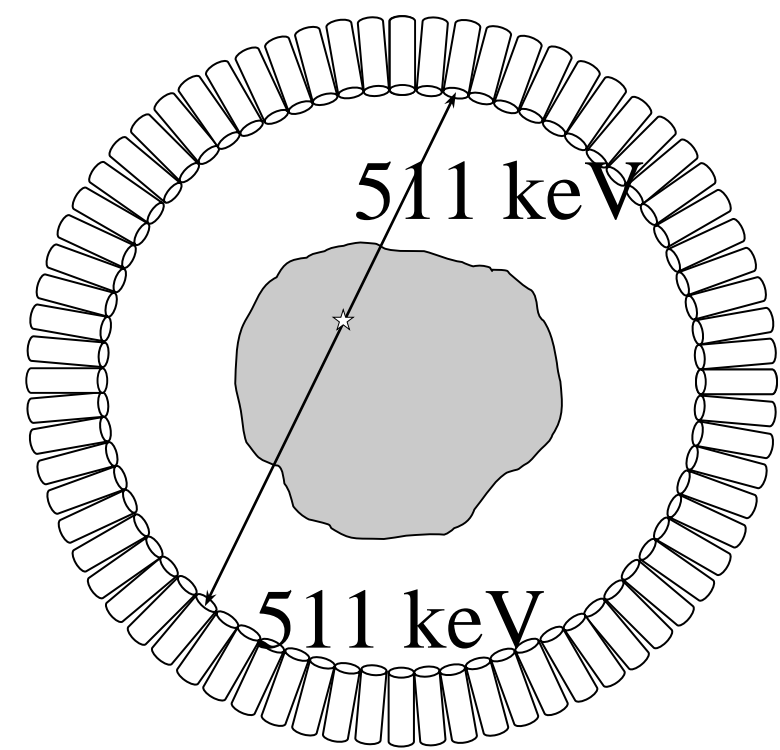
$$f(x, y) \longleftrightarrow p(\phi, s)$$



CT

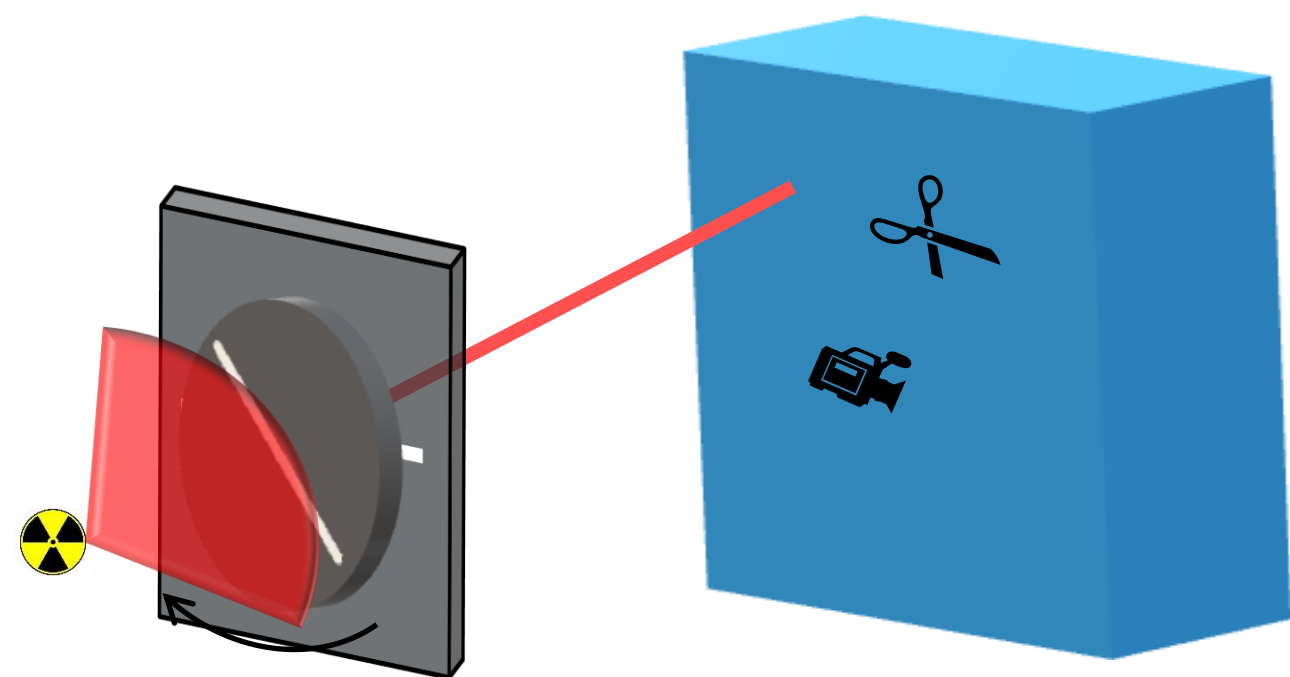


SPECT



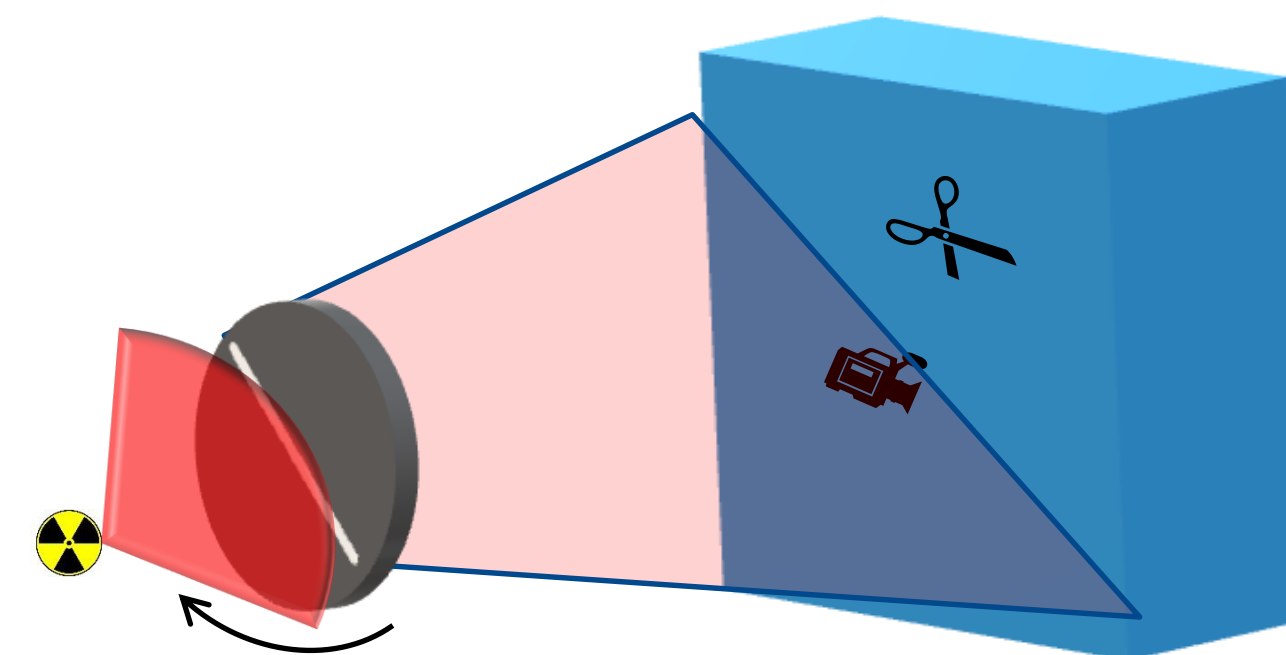
PET

Flying spot



obraz

Nasza metoda: Spinning line



Rekonstrukcja tomograficzna

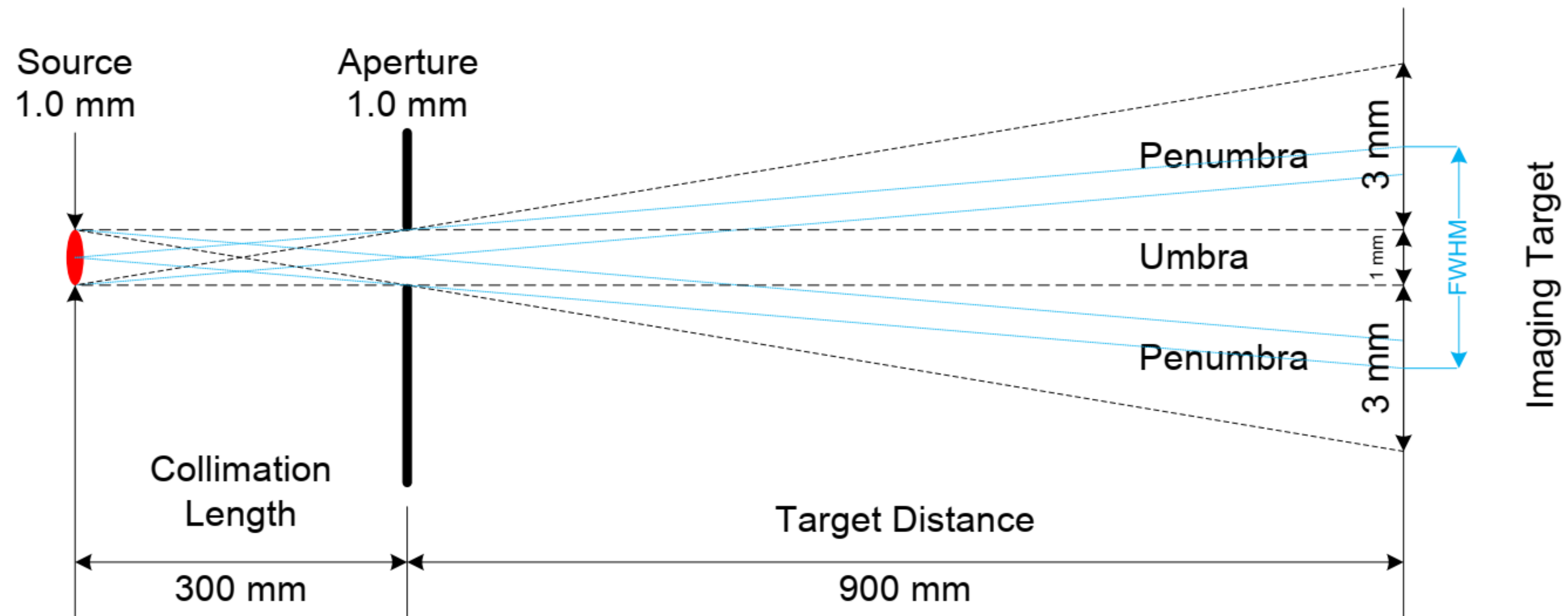


obraz

Zalety nowej metody w stosunku do metody „flying spot”:

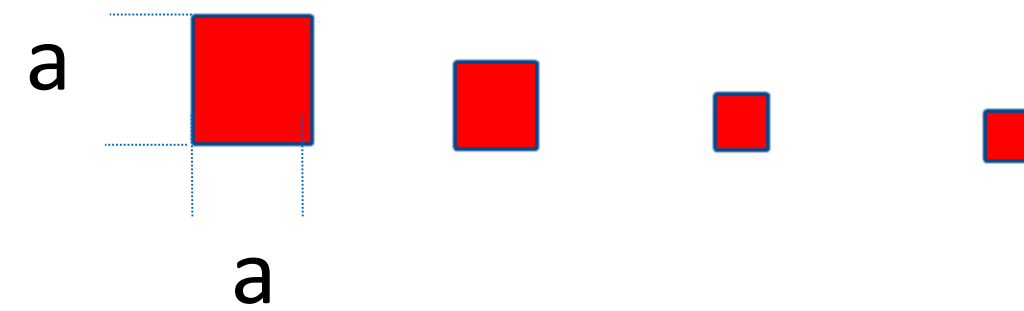
- Przy stałej mocy lampy RTG **natężenie wiązki** przechodzącej przez szczelinę o długości L jest **dużo większe** ($\sim L/a$ razy) niż przechodzącej przez kolimator w formie otworu o rozmiarze a porównywalnym do szerokości szczeliny. Oznacza to, że obraz o porównywalnej jakości będzie można uzyskać w **krótszym czasie** (**lepsze wykorzystanie wiązki** emitowanej z lampy RTG).
- Alternatywnie, przy zachowanym czasie skanowania, obraz fotonów rozproszonych będzie możliwy do uzyskania przy **znacznie obniżonej mocy źródła** promieniowania. Może to być szczególnie przydatne w **urządzeniach przenośnych** przeznaczonych do zastosowań polowych, bez dostępu do odpowiednio wydajnych źródeł zasilania.
- Może też być realne zastosowanie **radioizotopowych źródeł** promieniowania gamma zamiast lamp rentgenowskich czy akceleratorów, podobnie jak np. w defektoskopach przemysłowych – źródła monoenergetyczne – możliwe uzyskanie obrazów o wyższym kontraście.

Backscatter - zdolność rozdzielcza



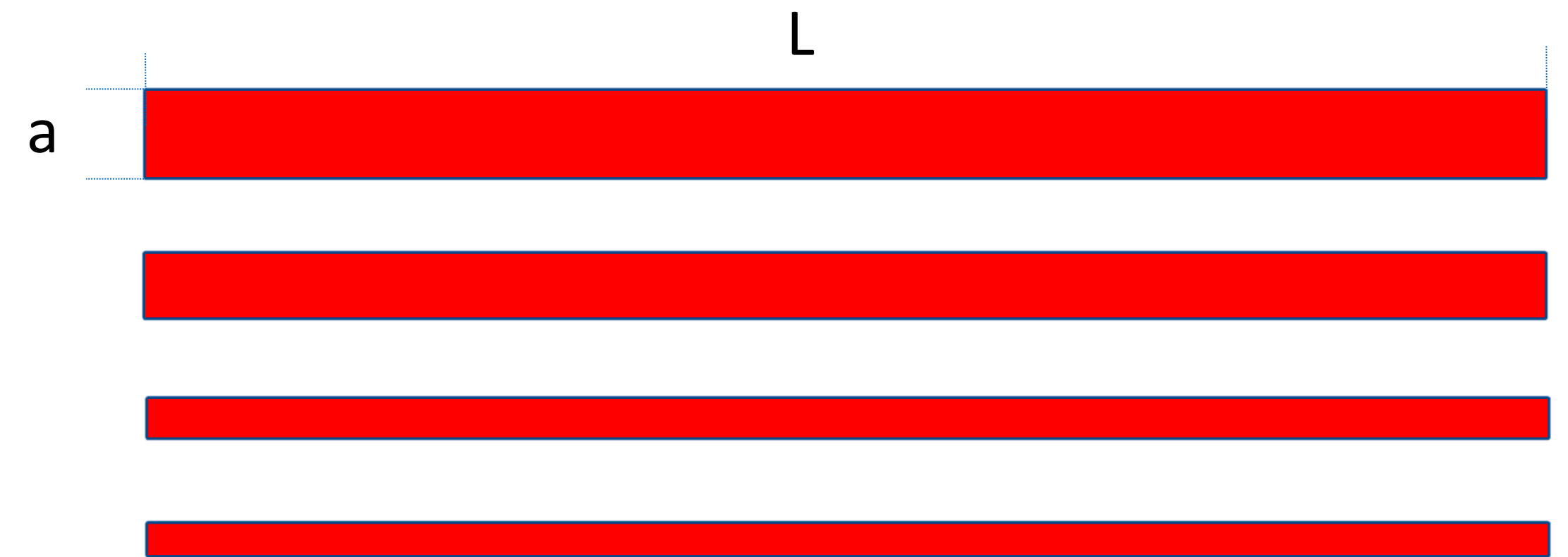
Zdolność rozdzielcza - czułość

Flying spot



czułość $\sim a^2$

Spinning line

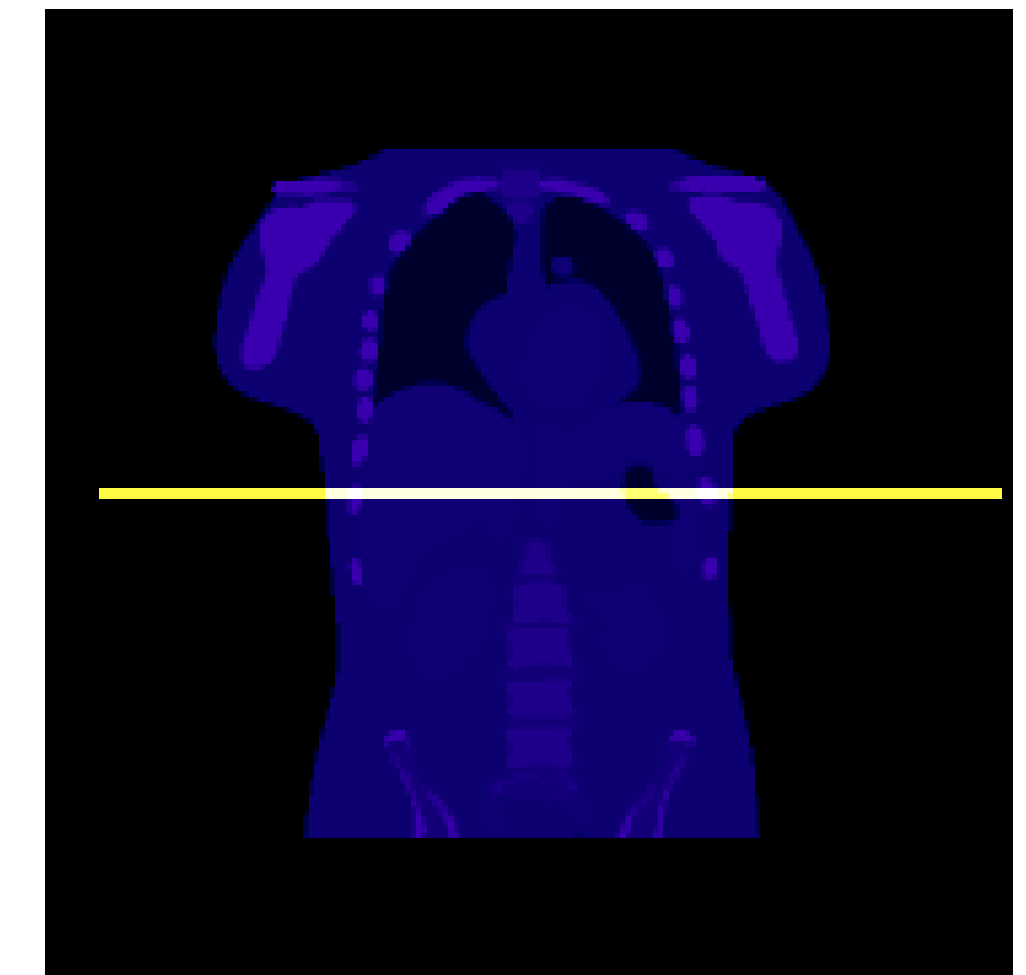
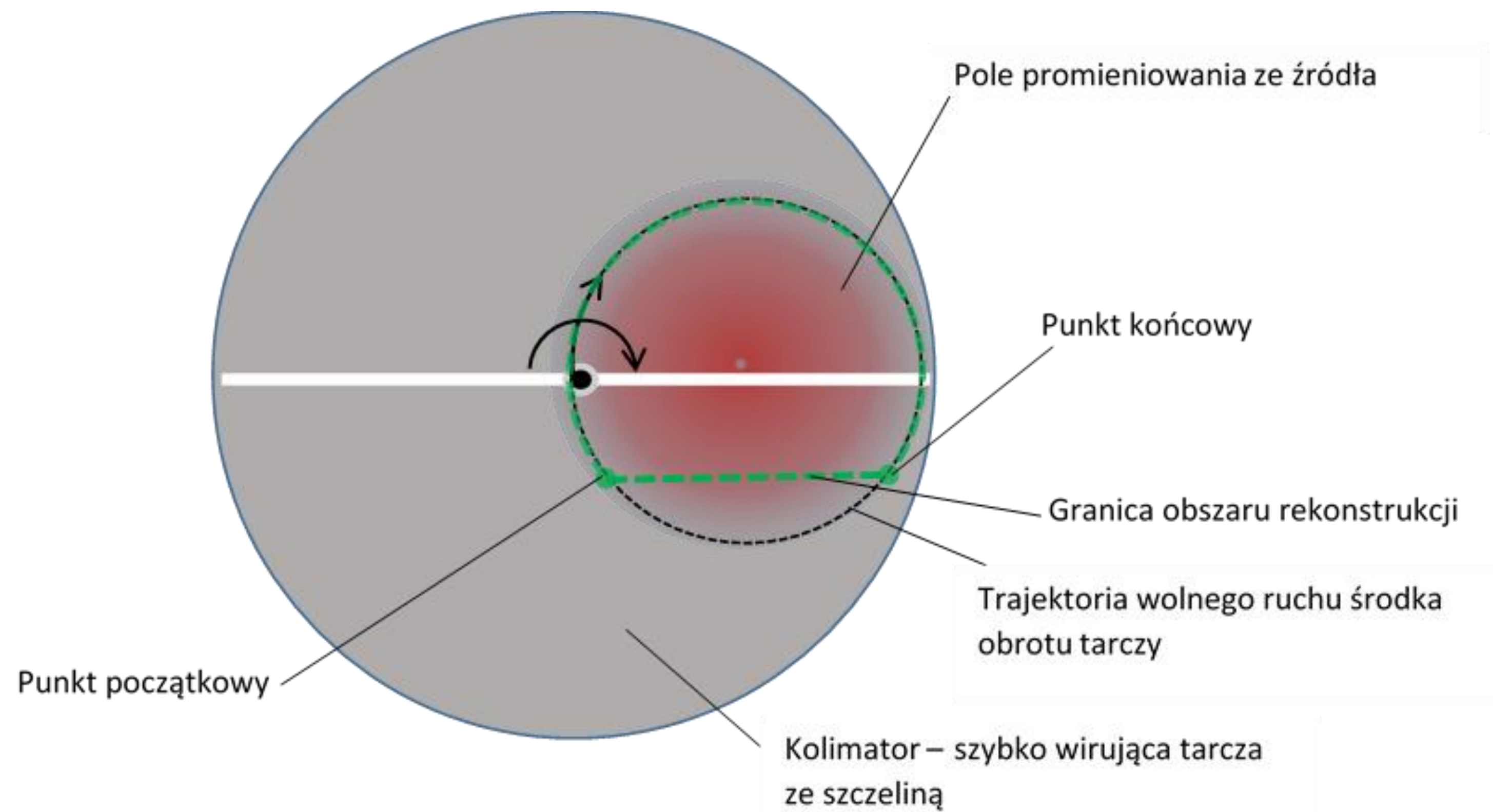


czułość $\sim a$

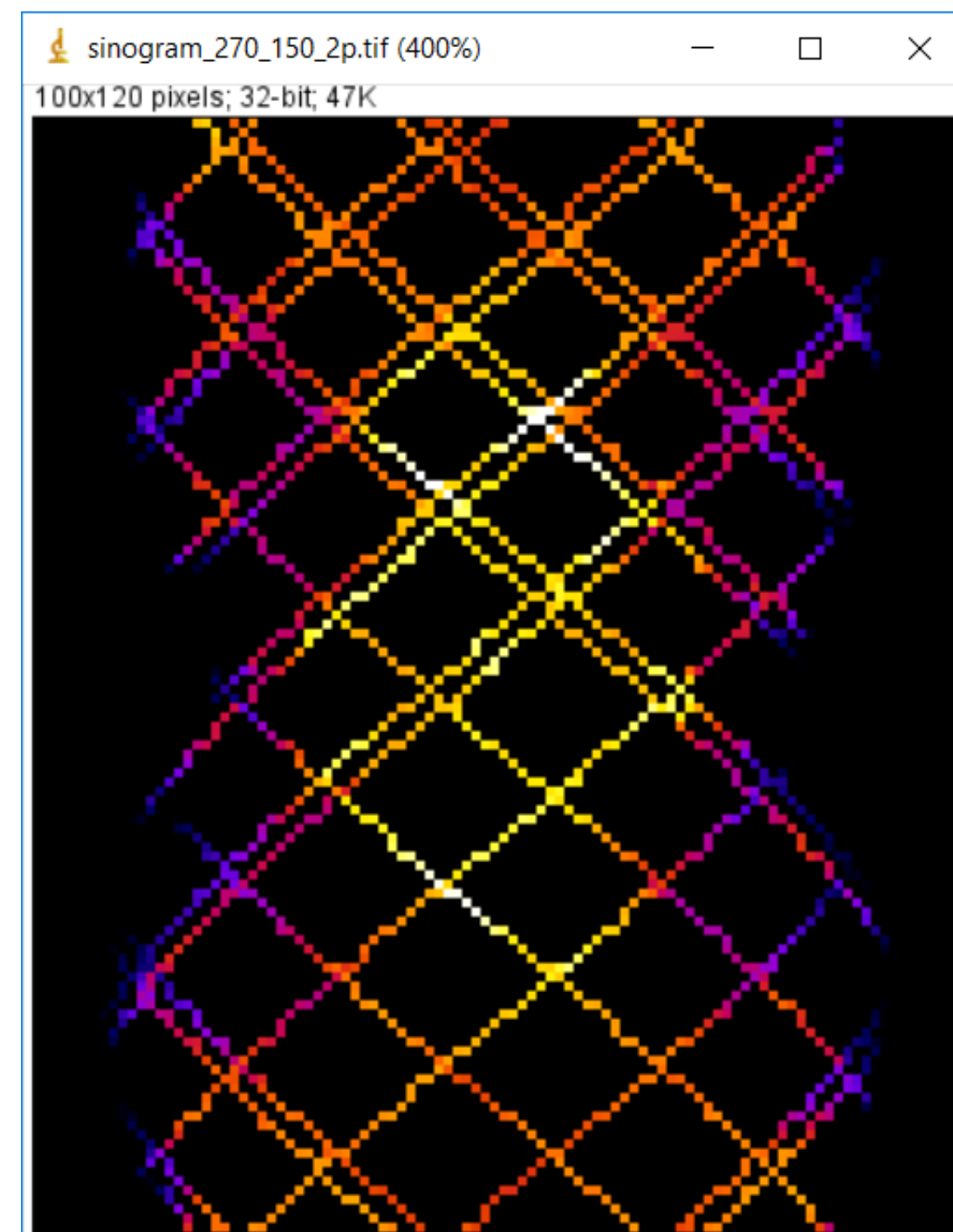
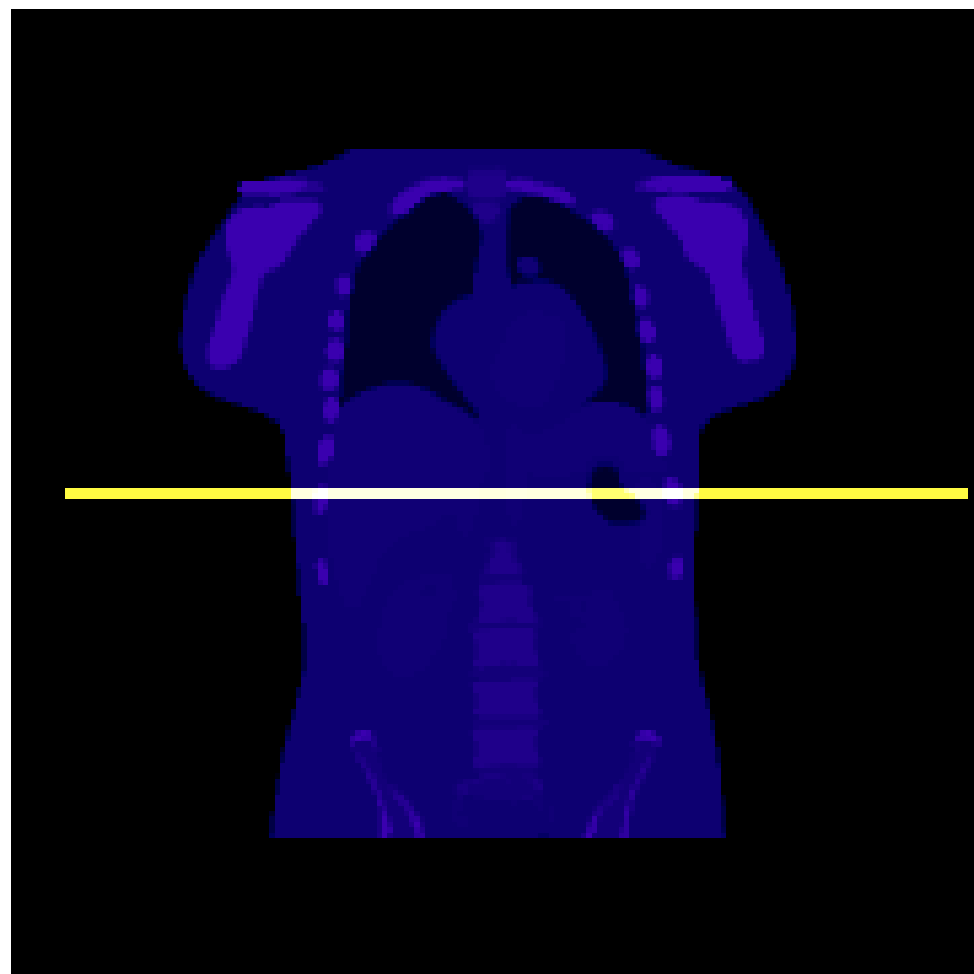
Skany o wysokiej zdolności rozdzielczej możliwe w akceptowalnym czasie skanowania.

Realizacja

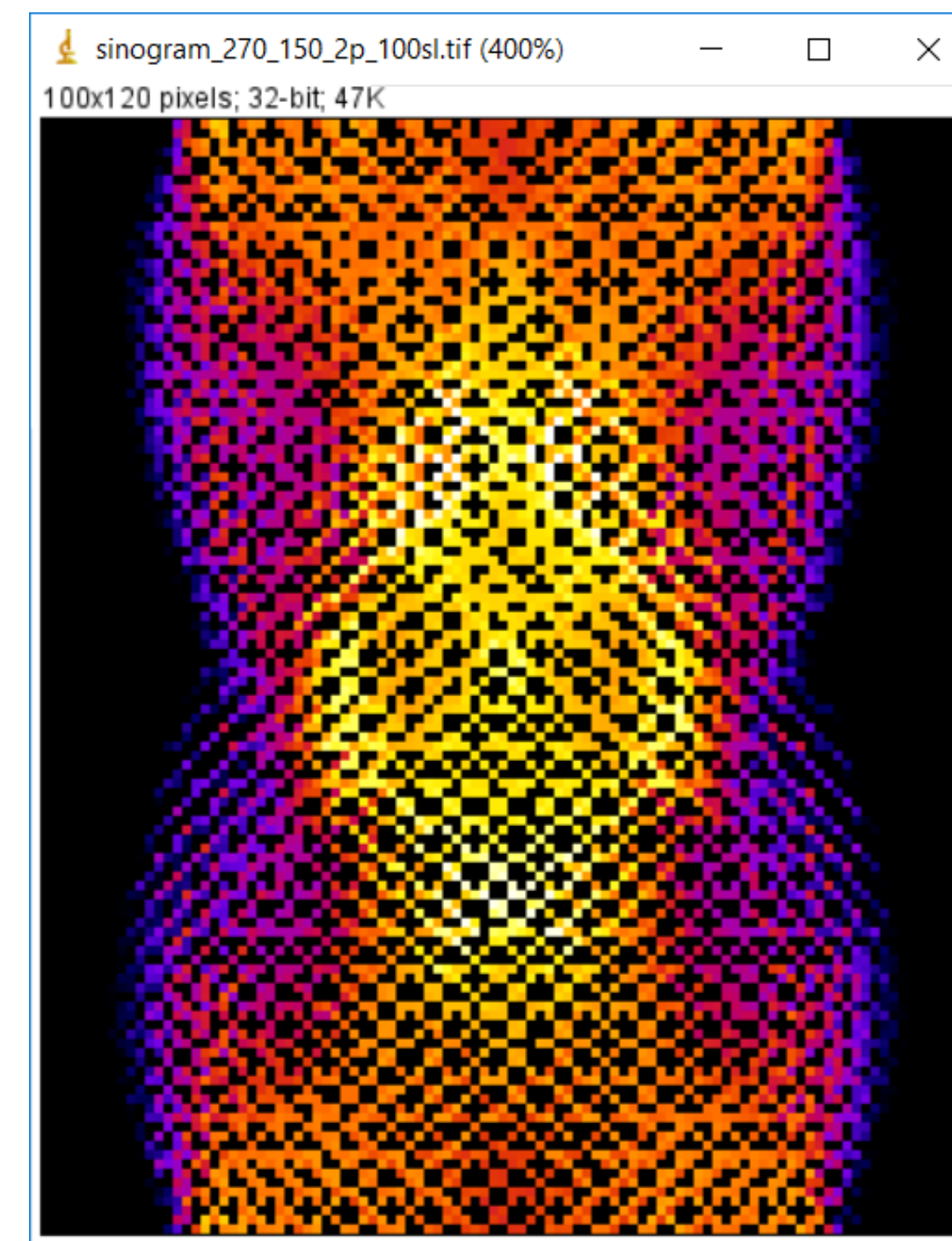
Szybko wirująca tarcza ze szczelinami, której oś obrotu obraca się wolno wokół pola promieniowania



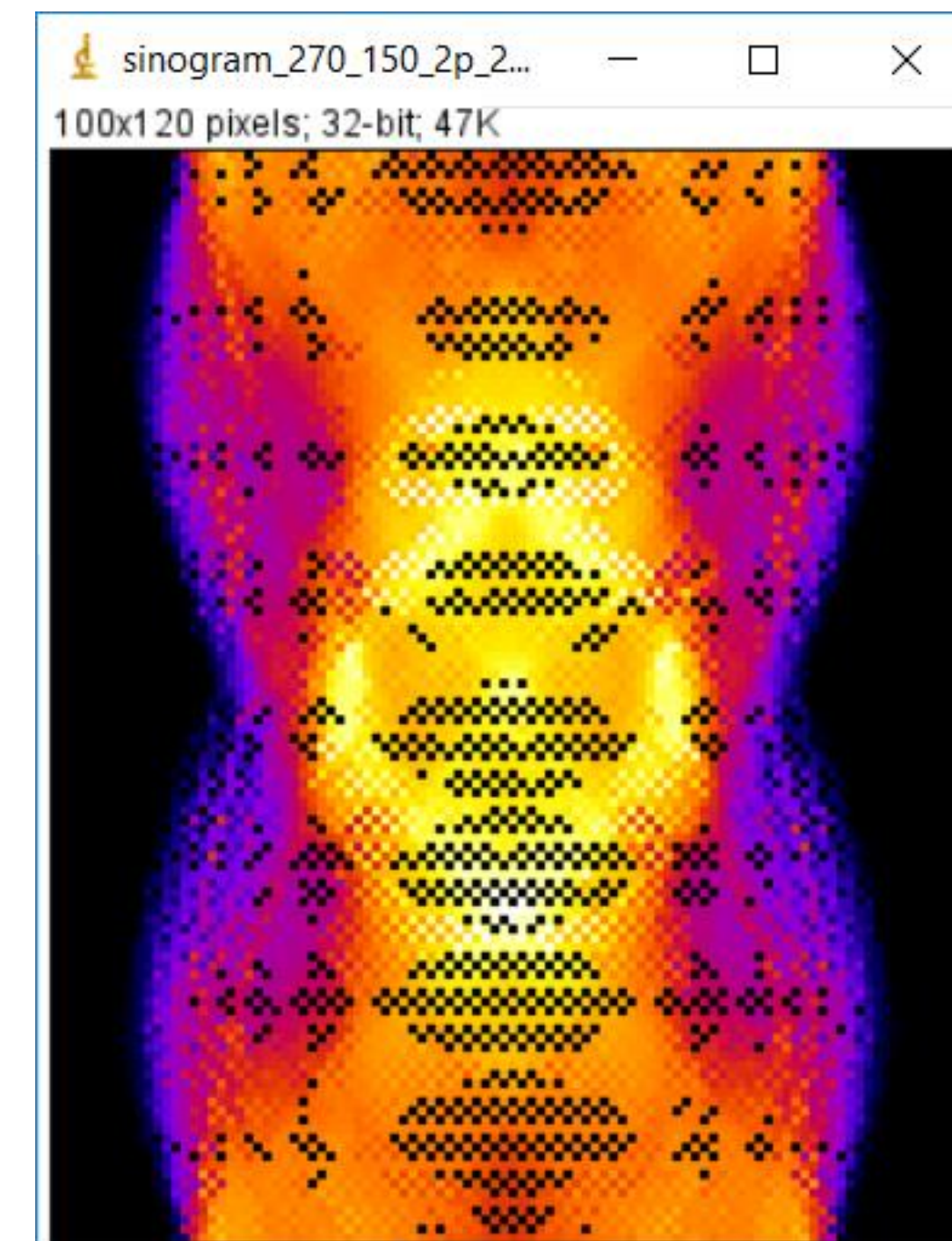
Tarcza: 2 szczeliny - symulacje



10 obrotów

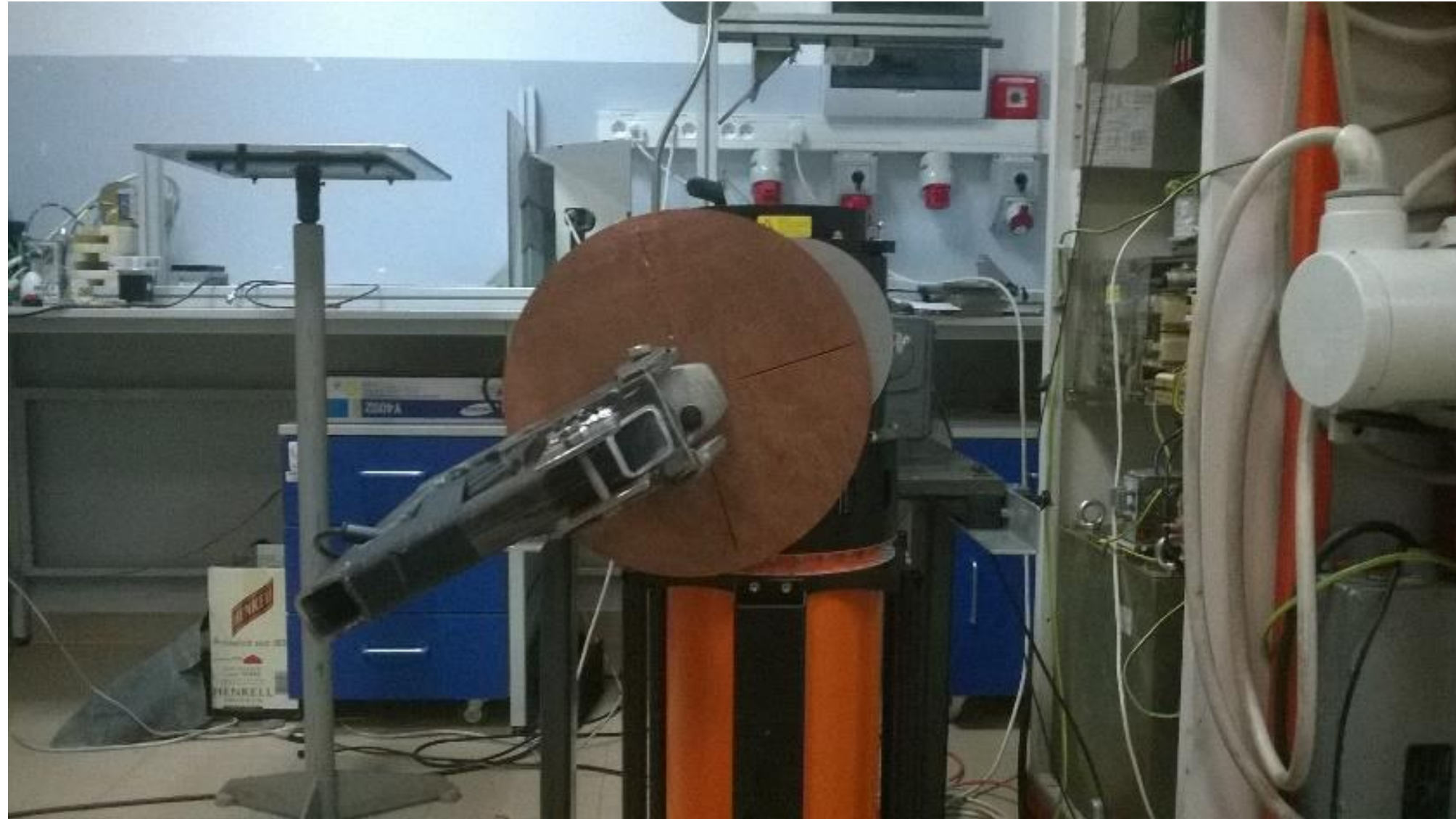


50 obrotów



120 obrotów

Prototyp skanera „spinning line”



Lampa RTG: Eresco 65 MF4;

$V_{\max} = 300 \text{ kV}; P_{\max} = 900 \text{ W}$

Ognisko: 3 mm

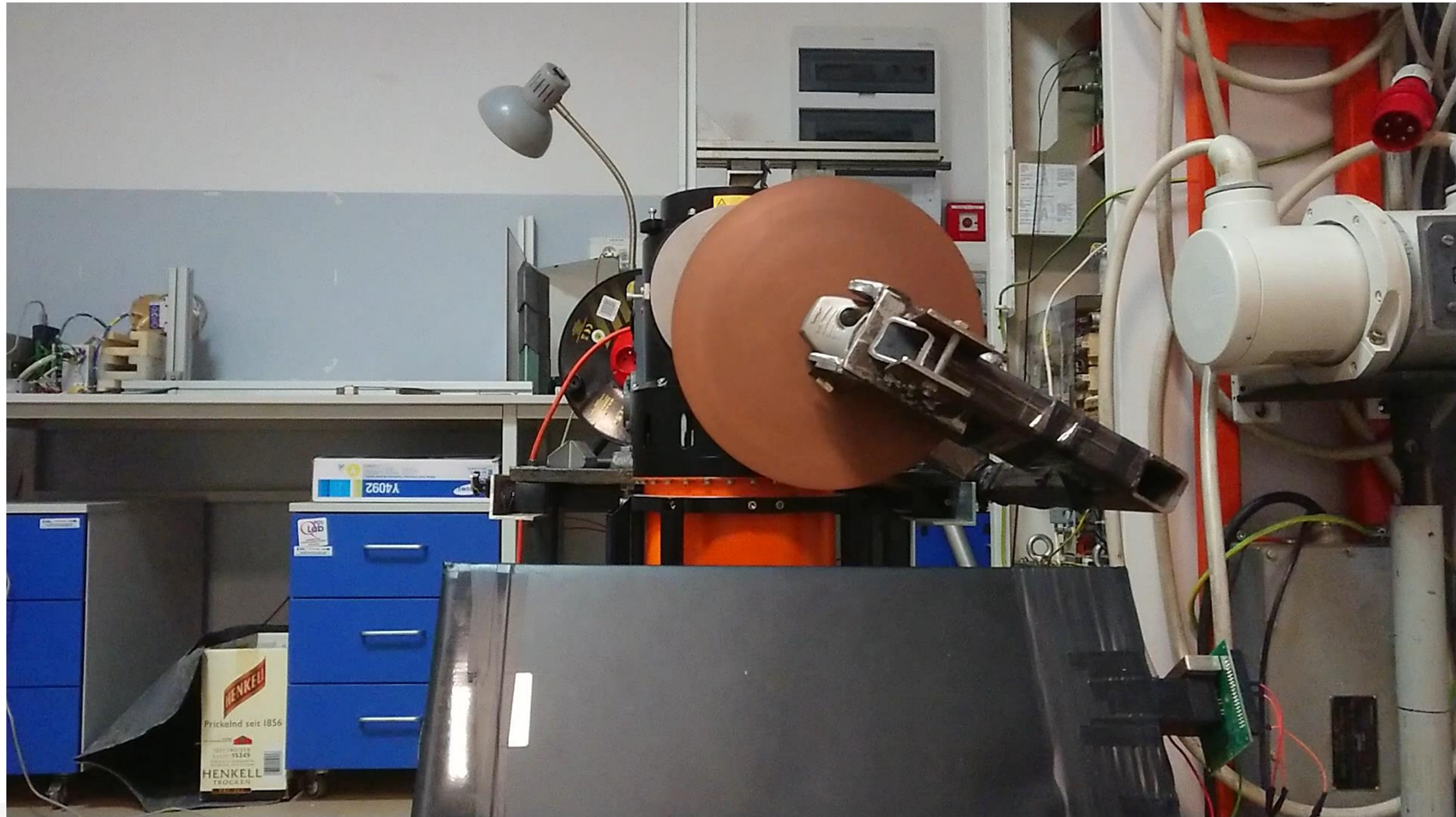
Tarcza: 5 mm Cu

Detektor: scyntylator plastikowy 47 x 20 x 3,5 cm

1 fotonowielacz 1,8 x 1,8 cm



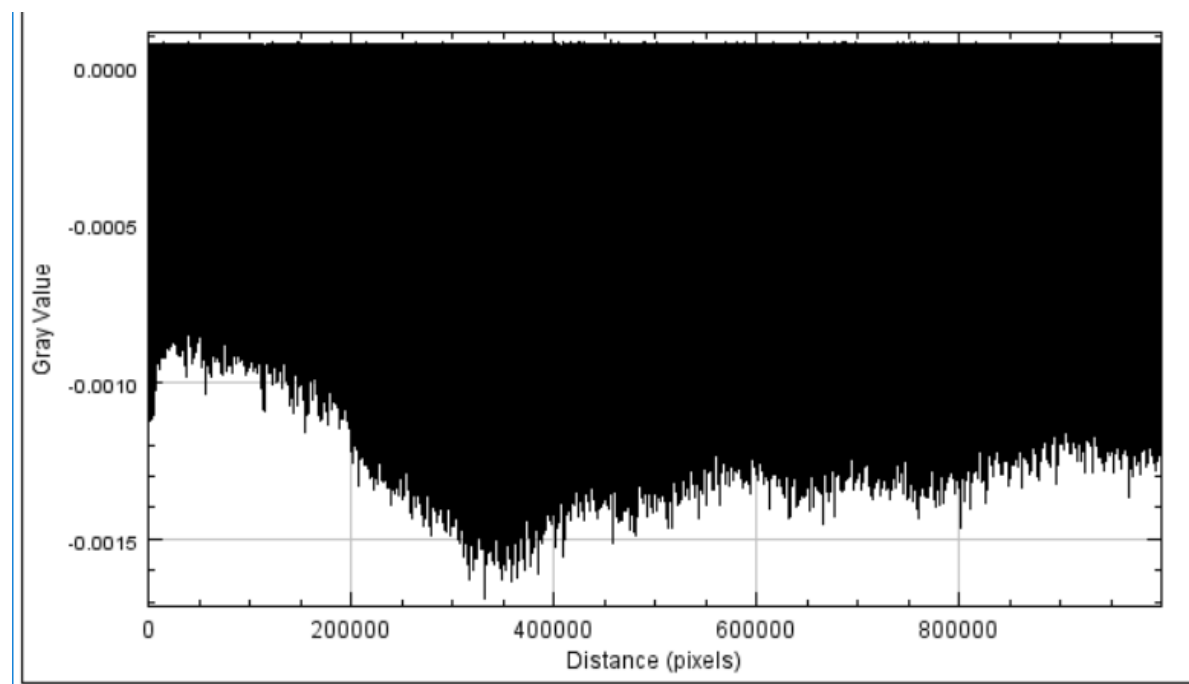
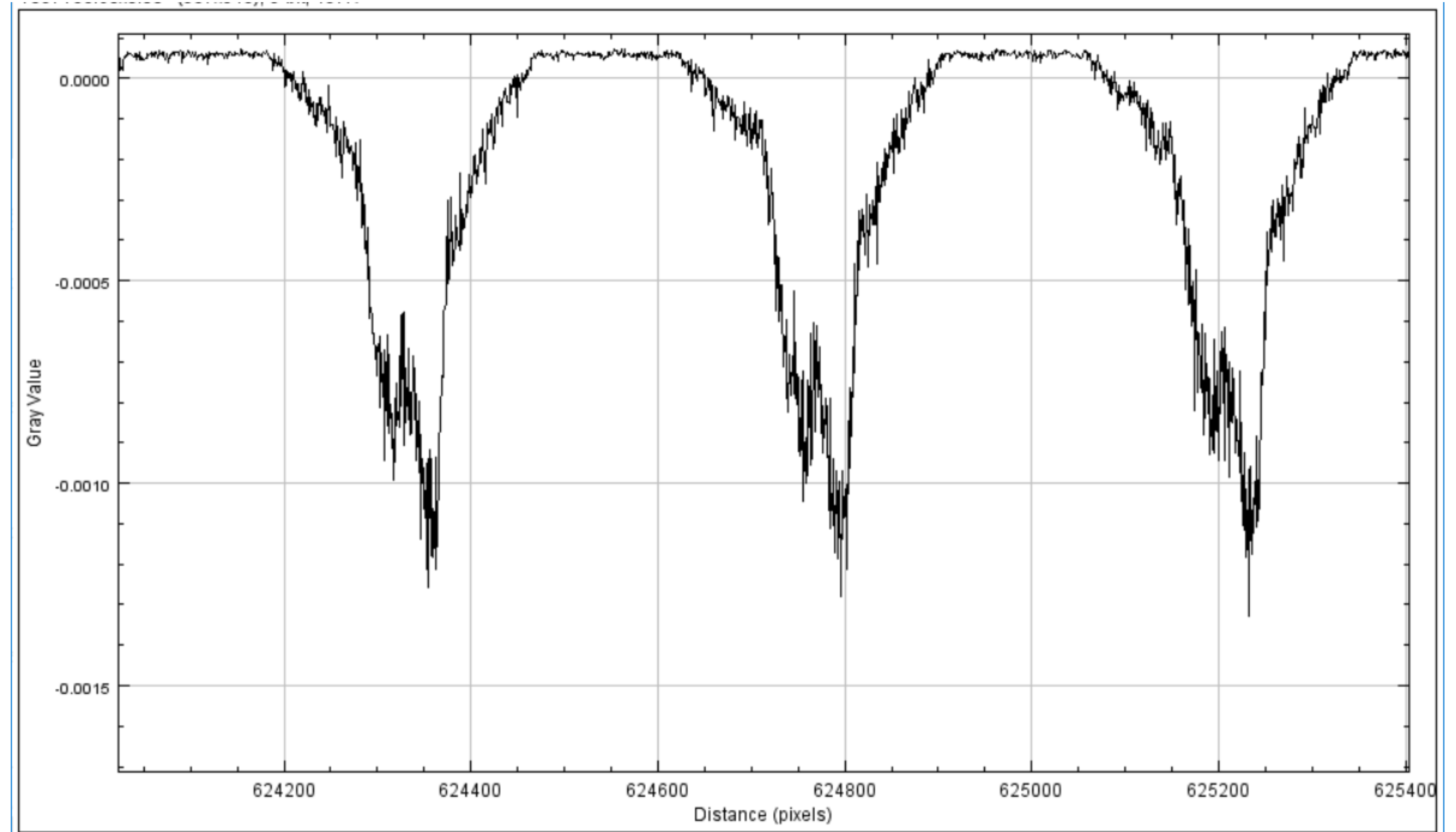
Prototyp skanera „spinning line“



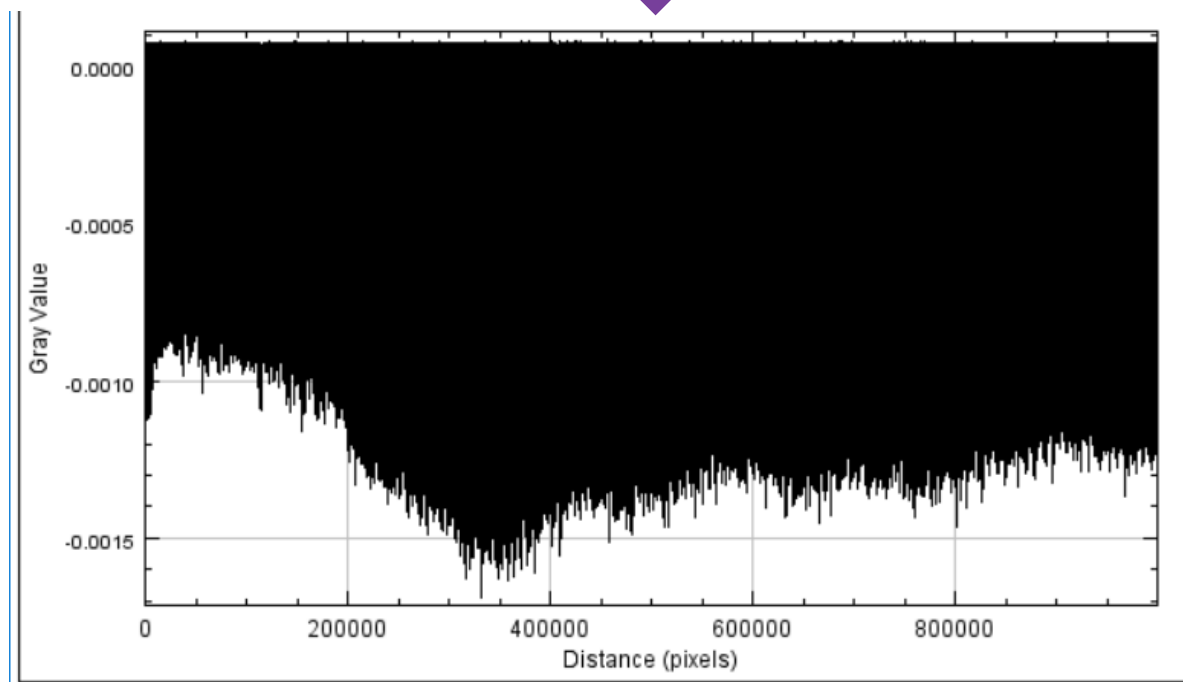
Pomiar – rekonstrukcja – obraz



Sygnal pomiarowy

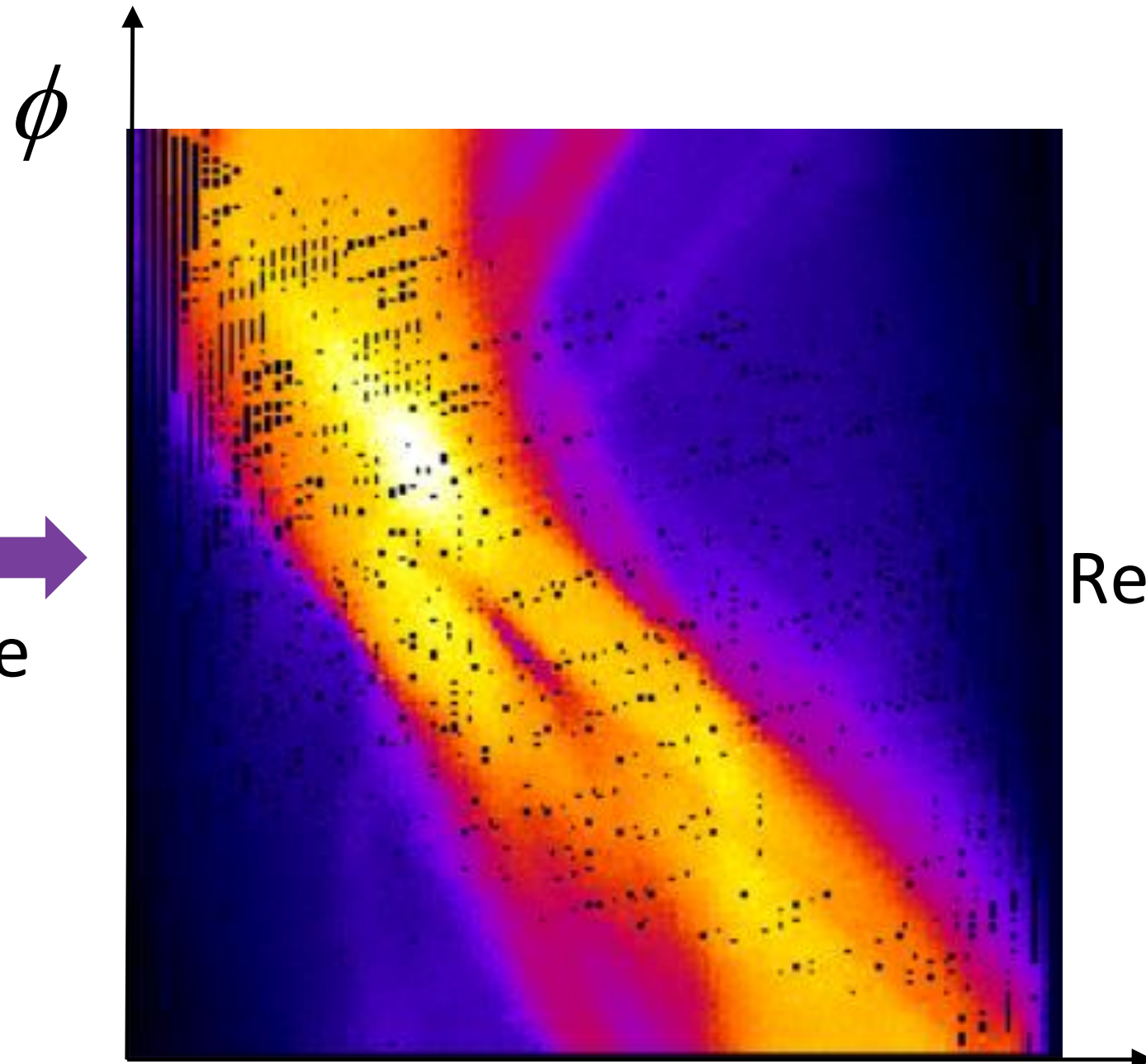


Pomiar – rekonstrukcja – obraz



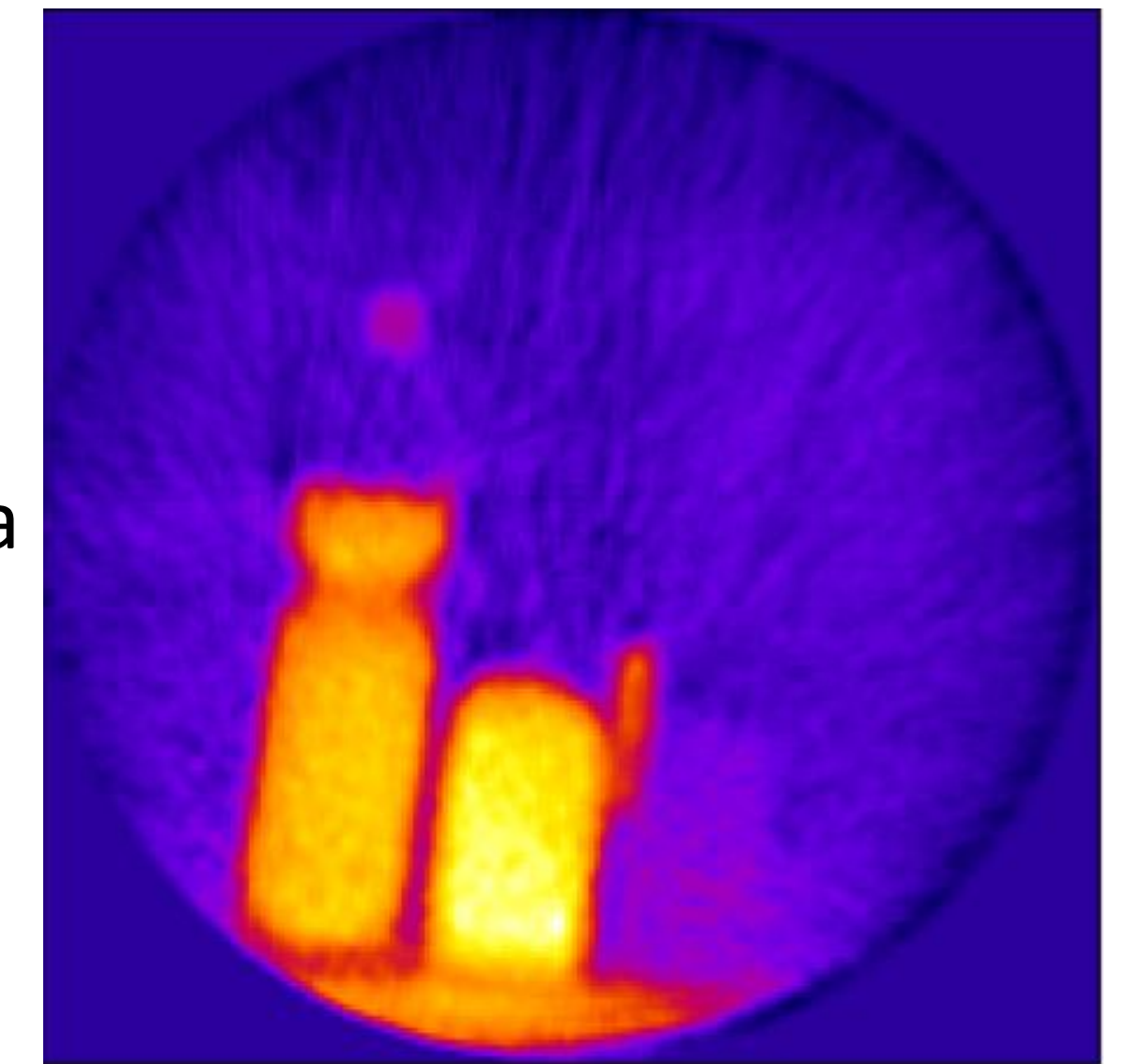
Sygnal pomiarowy

Sortowanie

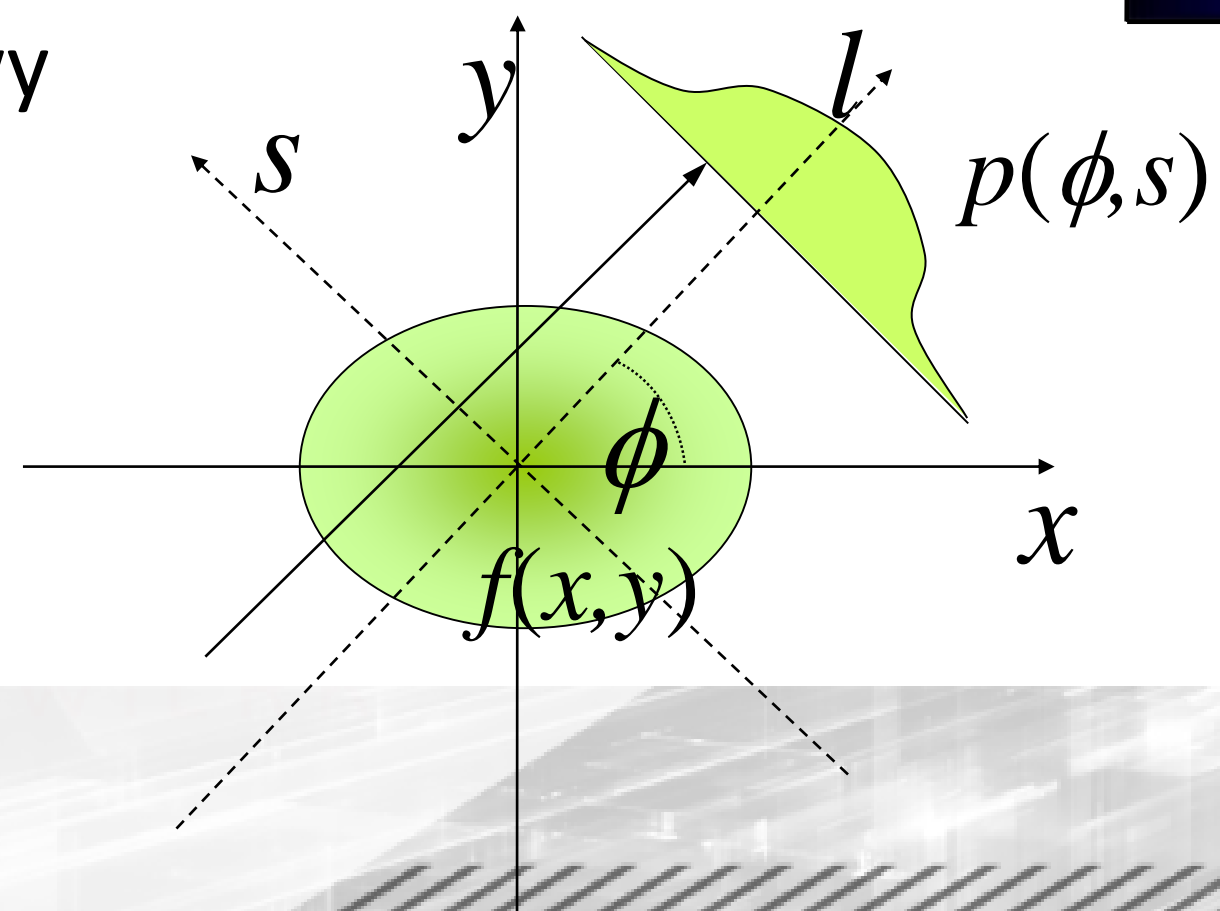


Sinogram

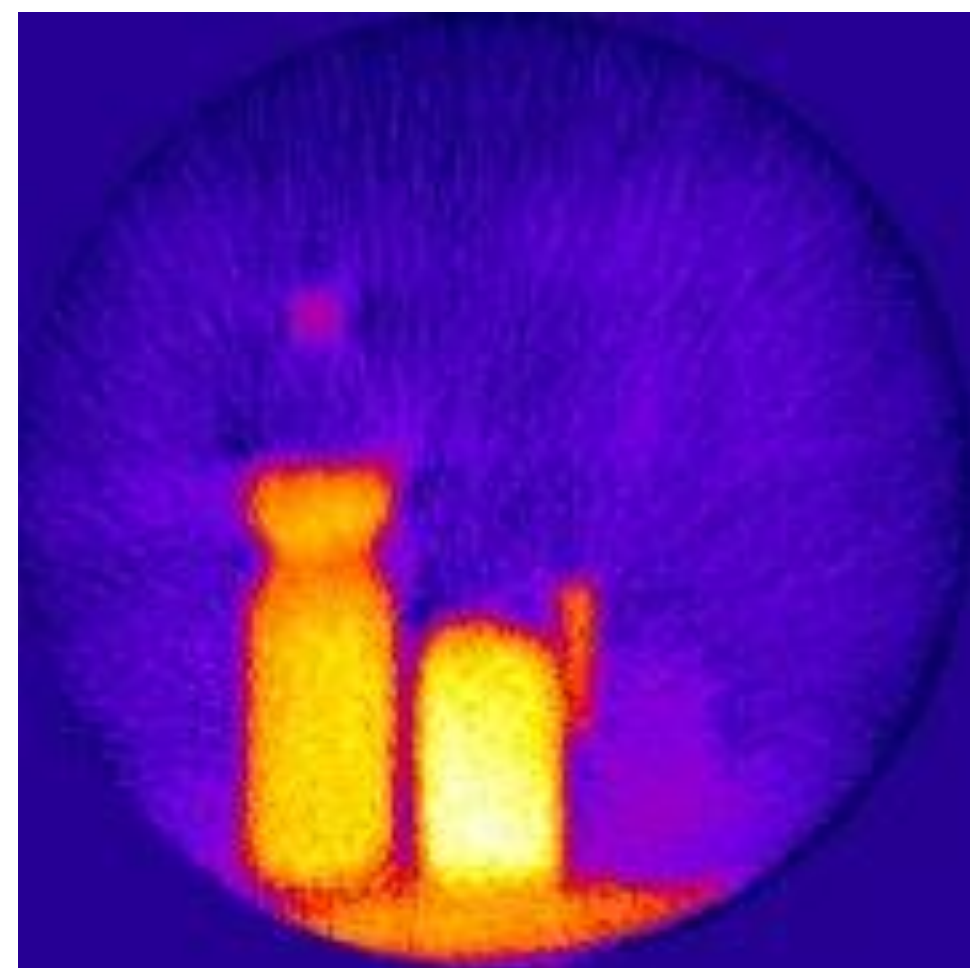
Rekonstrukcja



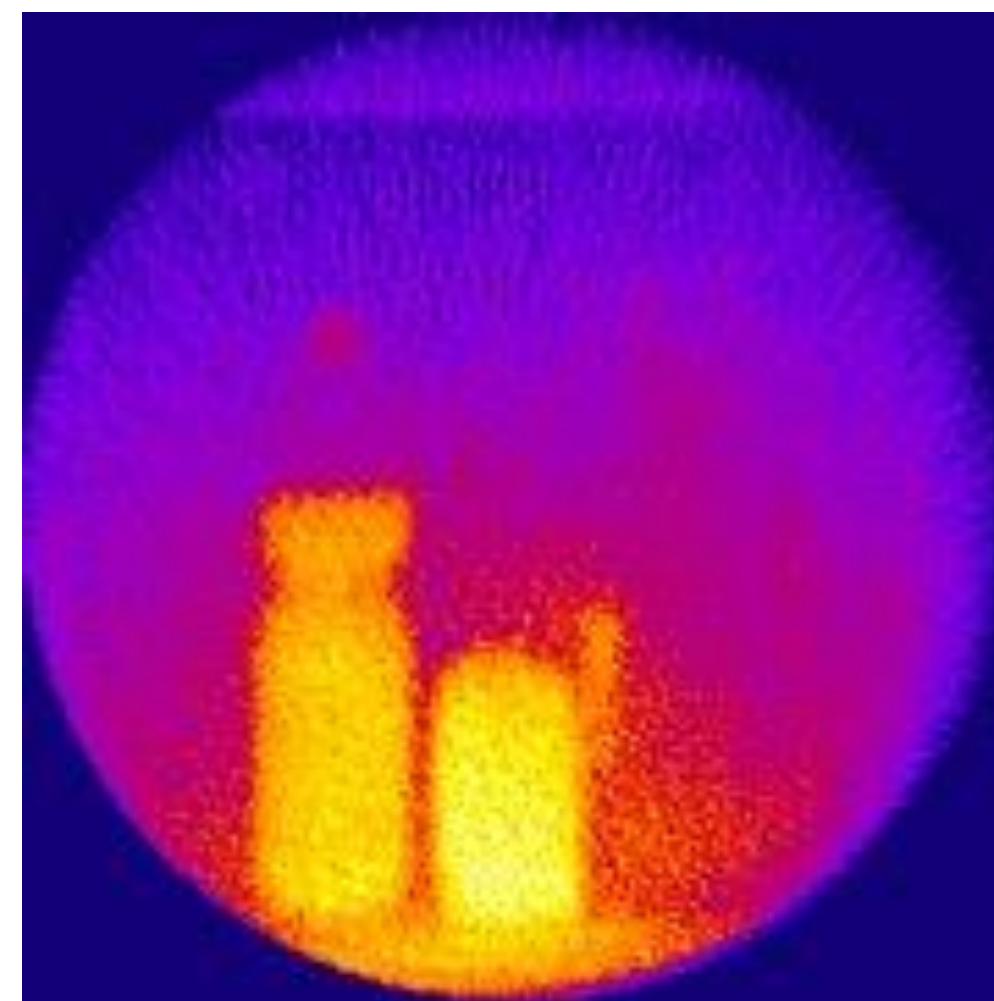
Zrekonstruowany obraz



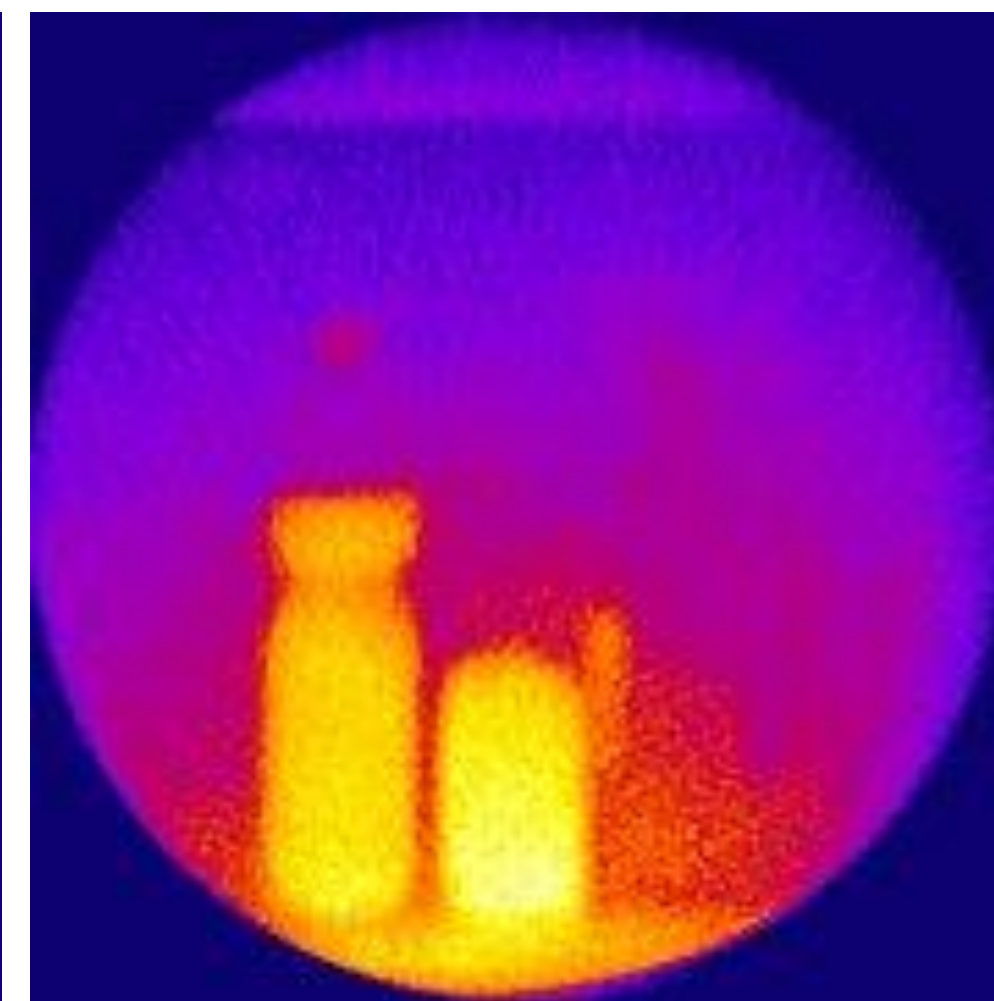
Przykładowe wyniki



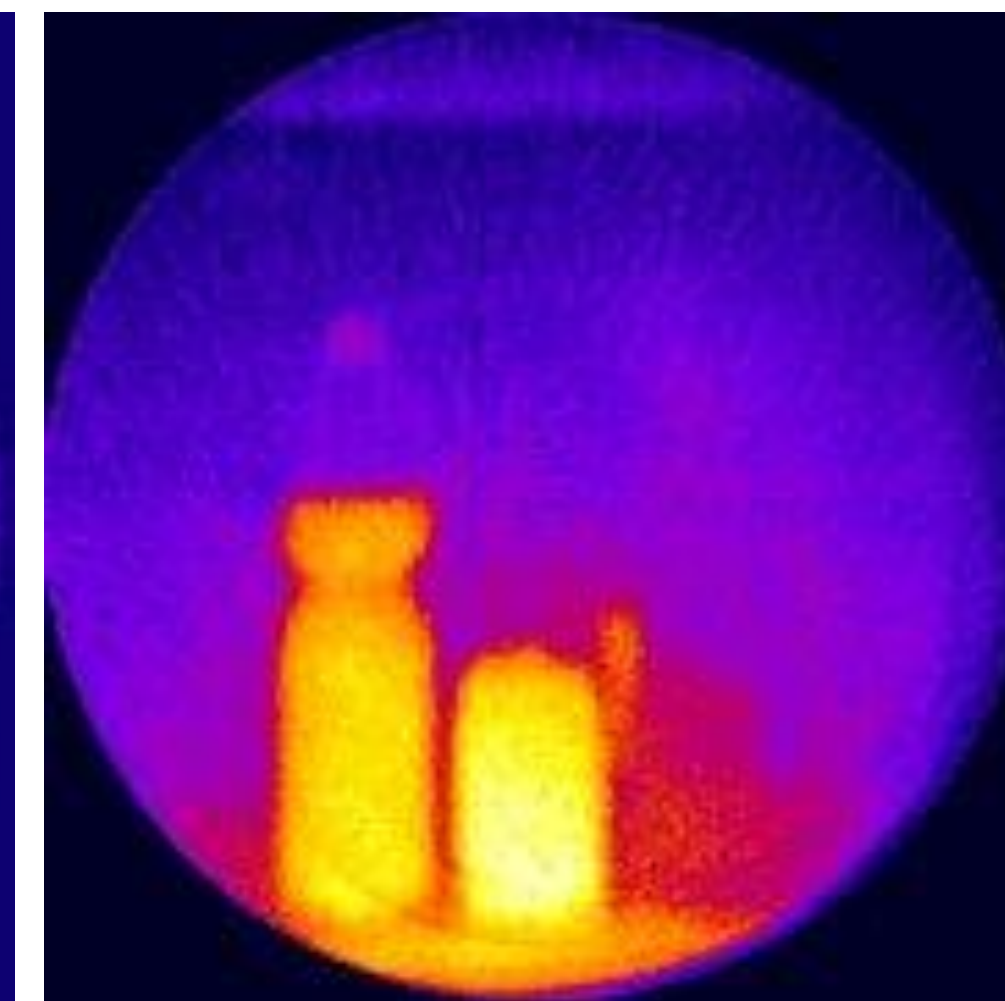
50 kV



50 kV

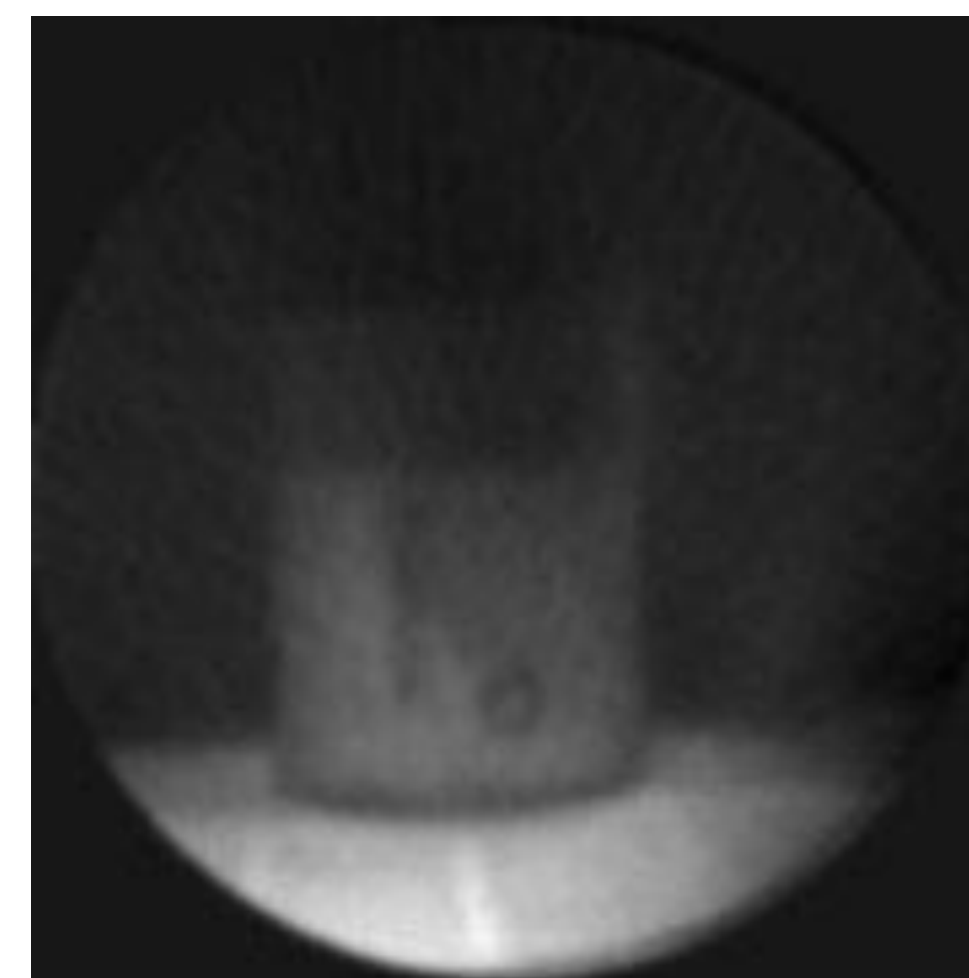
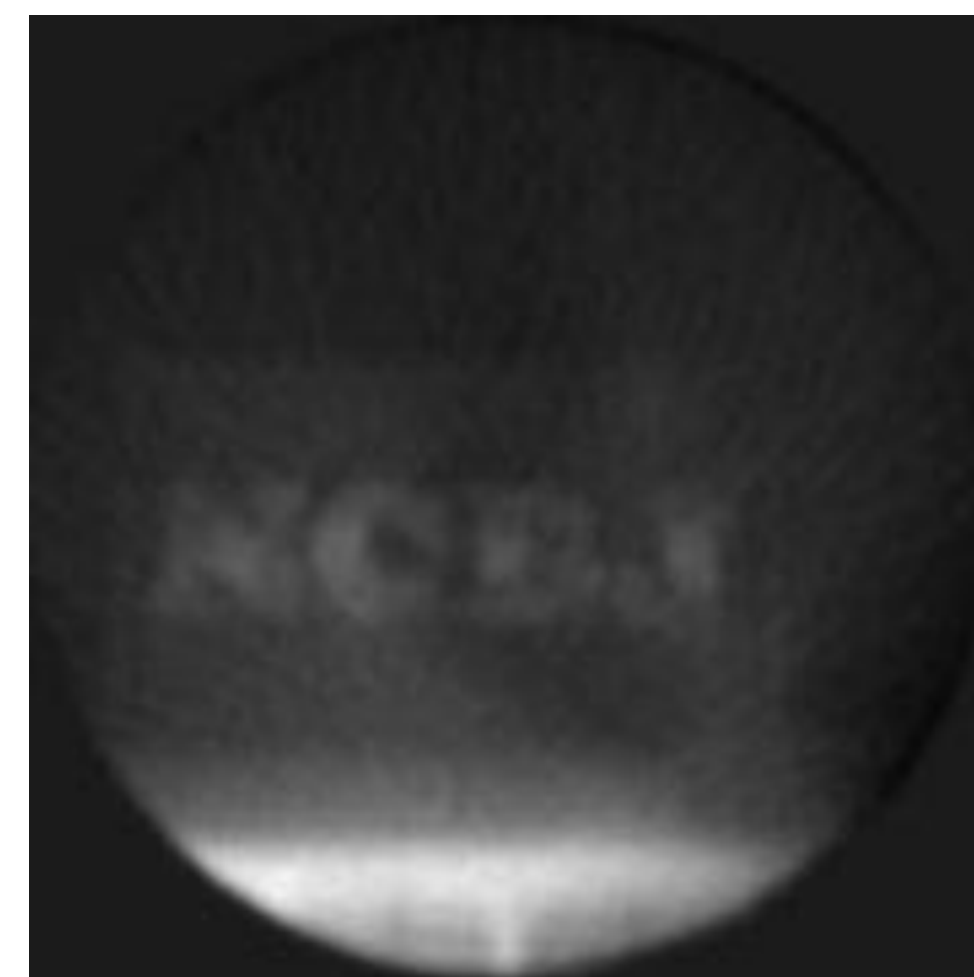


70 kV

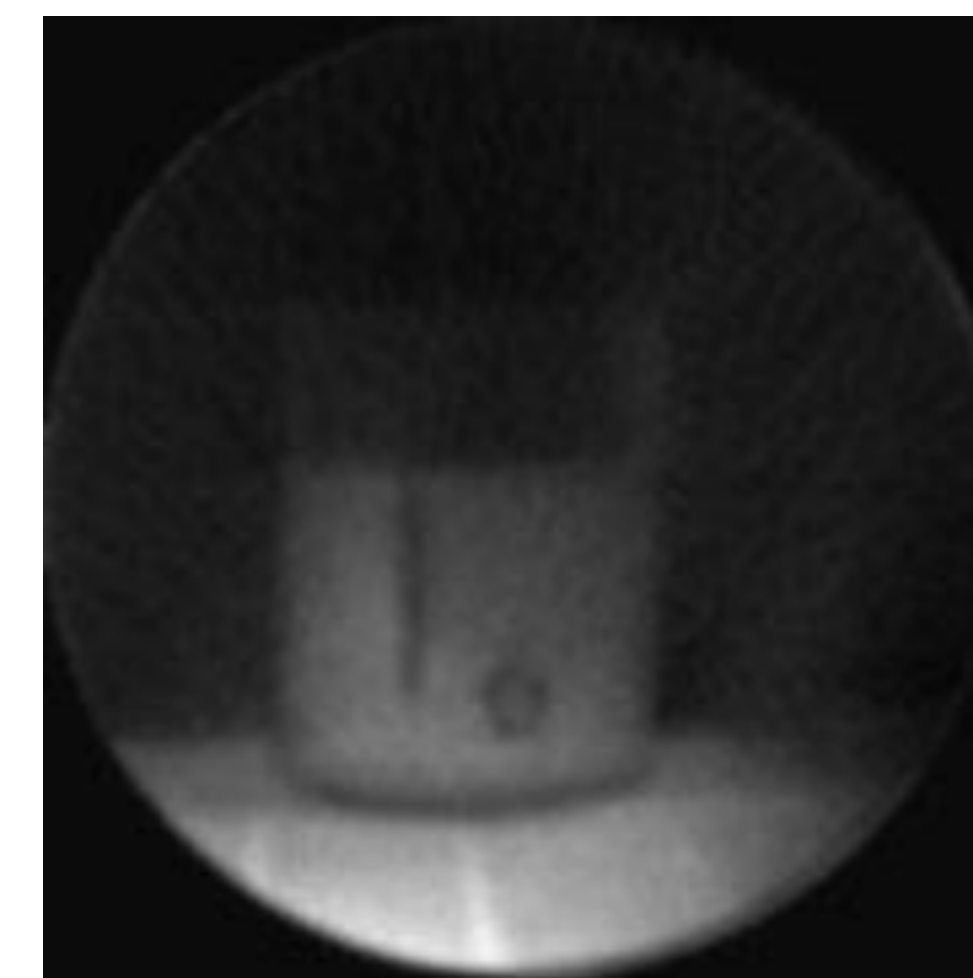


80 kV

Przykładowe wyniki

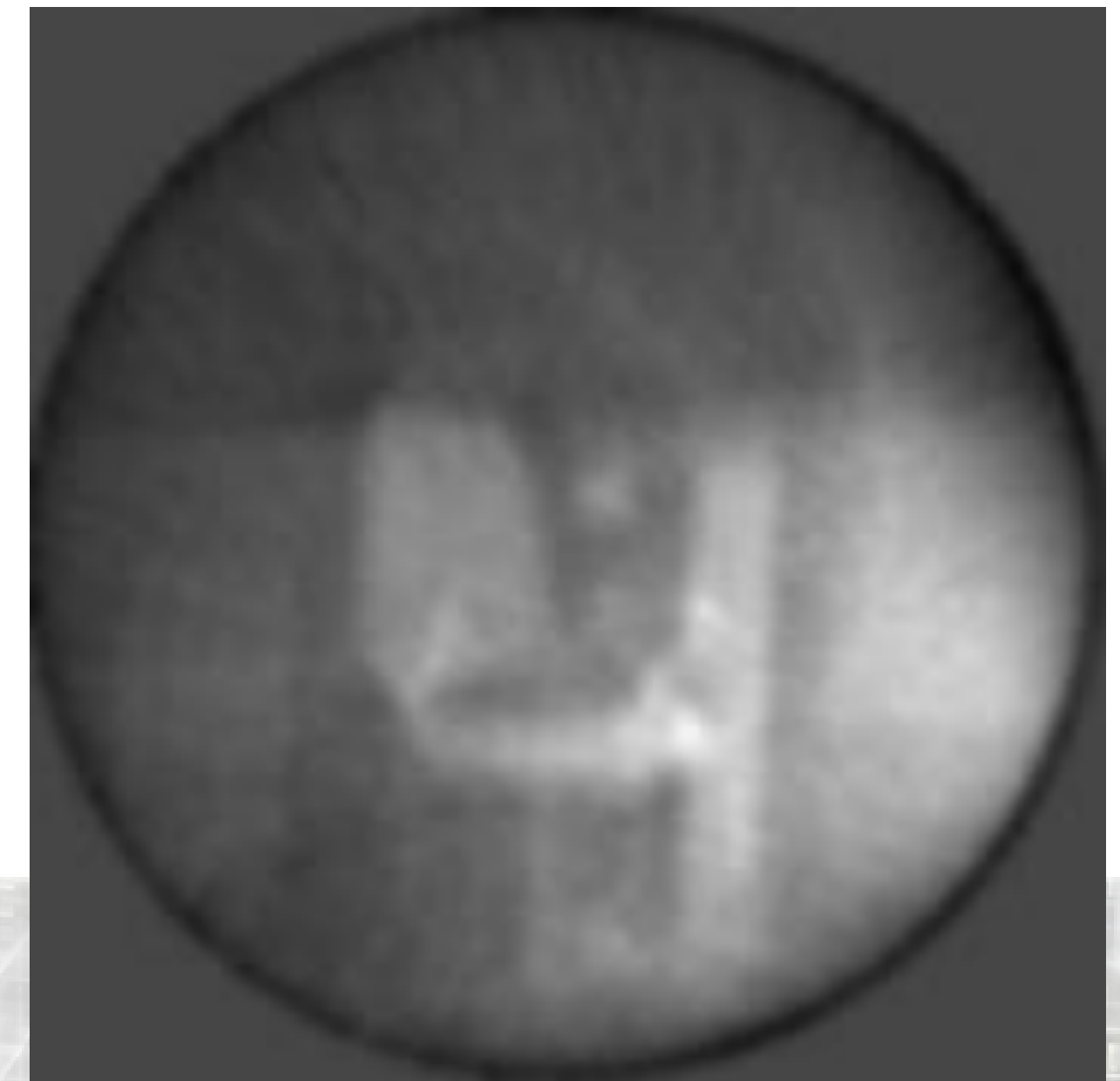
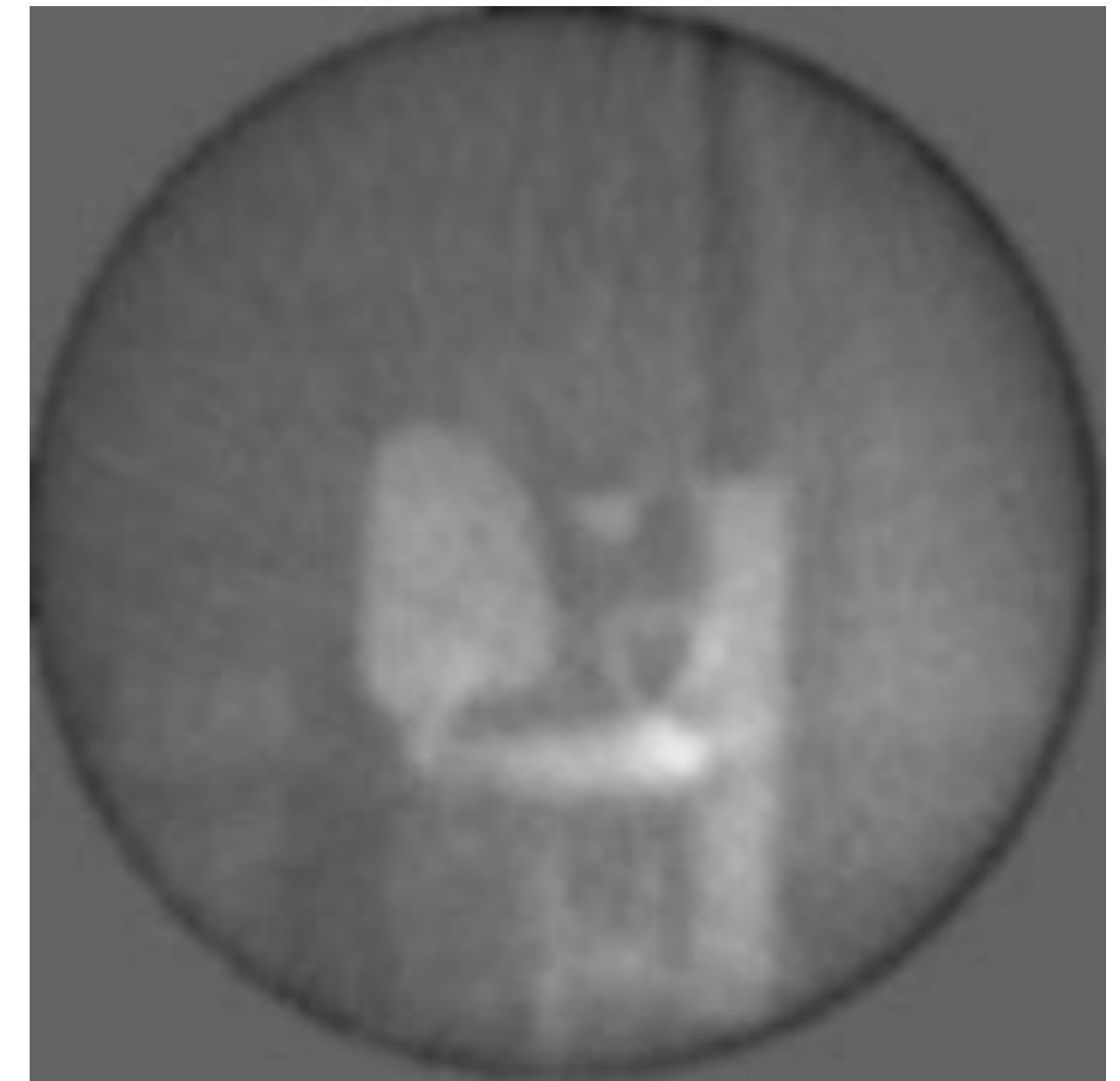
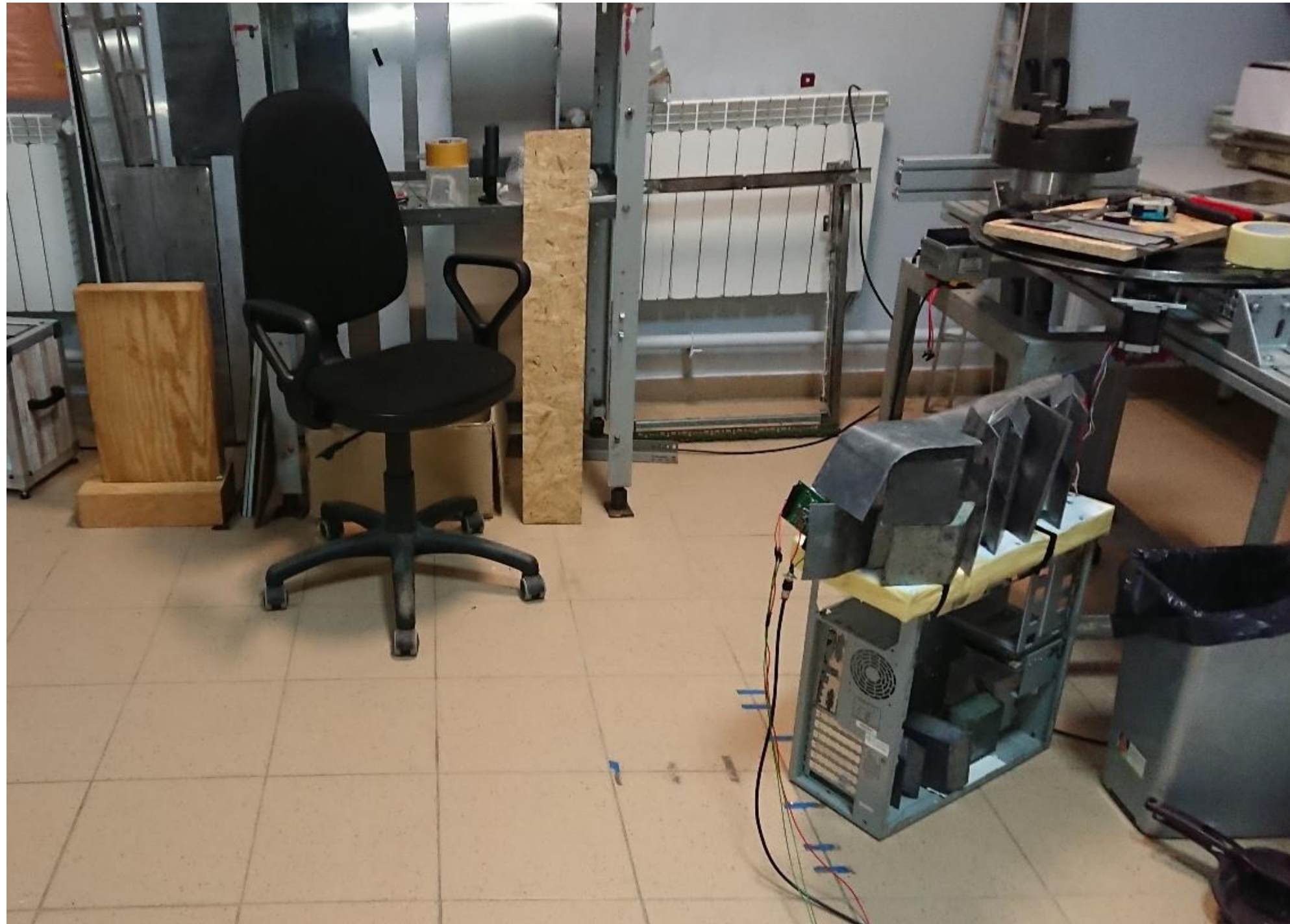


50 kV



70 kV

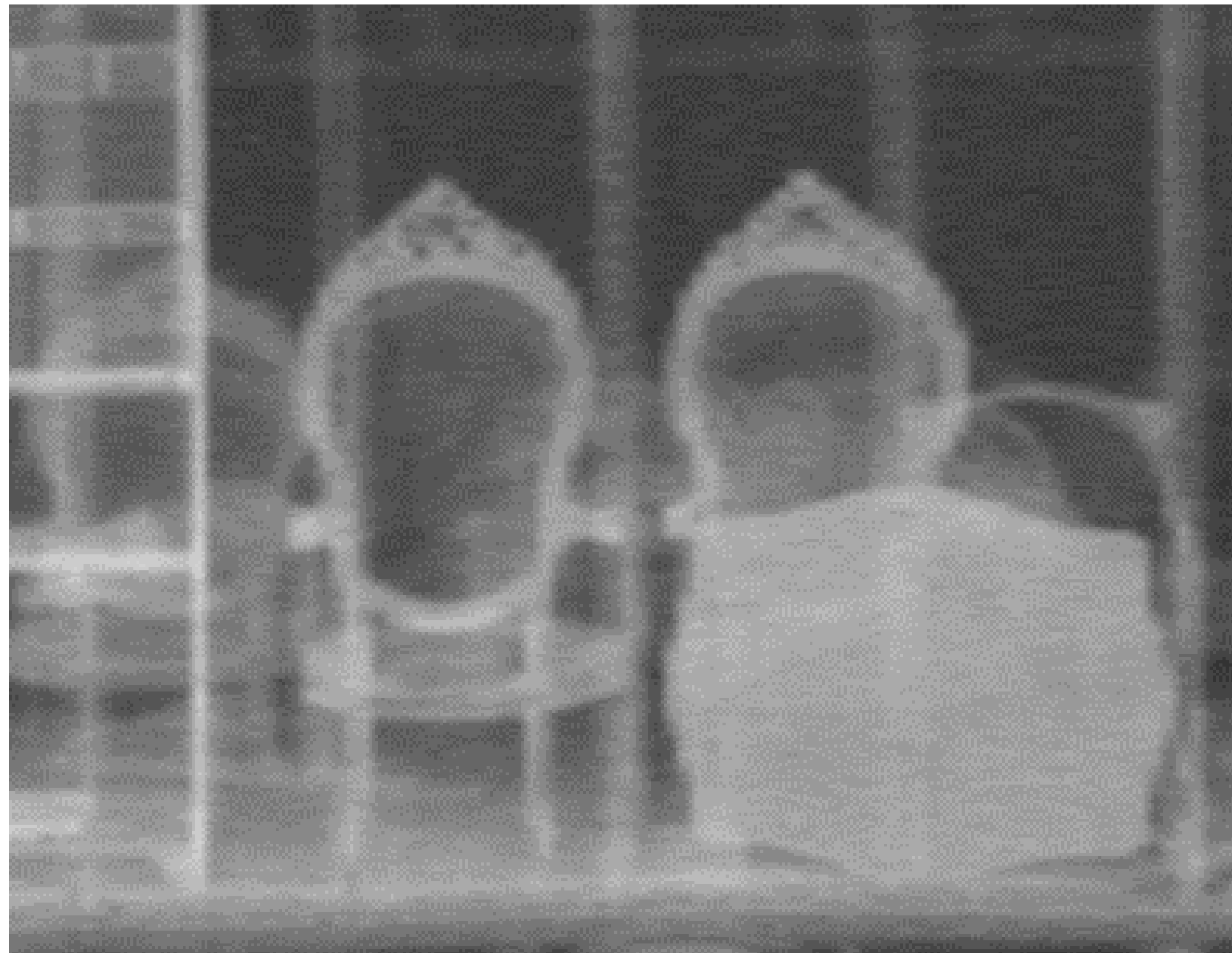
Przykładowe wyniki



70 kV

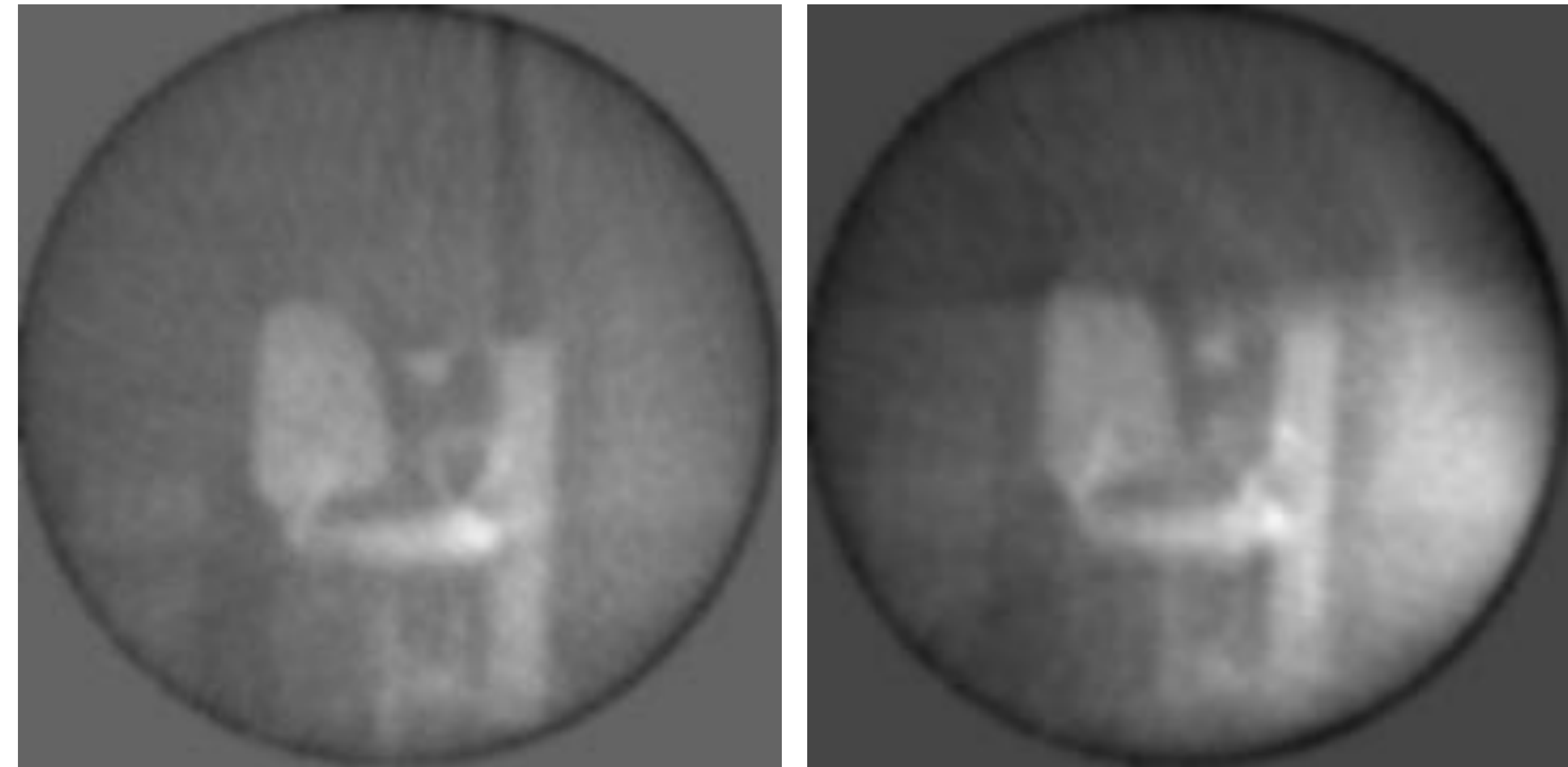
Prototyp „spinning line” vs. ZBV

Flying spot



225 kV

Spinning line



70 kV

Patent, projekty

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240067**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429032**

(22) Data zgłoszenia: **25.02.2019**

(51) Int.Cl.
G01N 23/203 (2006.01)
G01V 5/00 (2006.01)
G01N 23/20 (2018.01)

(54) **Sposób i układ do obrazowania obiektów za pomocą rozproszonych wstecznie fotonów promieniowania rentgenowskiego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
07.09.2020 BUP 19/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
14.02.2022 WUP 07/22

(73) Uprawniony z patentu:
**NARODOWE CENTRUM BADAŃ
JĄDROWYCH, Otwock, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
KRZYSZTOF KACPERSKI, Piastów, PL
SŁAWOMIR WRONKA, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Danuta Jankowska

1. Projekt „Opracowanie innowacyjnego mobilnego urządzenia kontroli bezpieczeństwa wykorzystującego technologię rozpraszania wstecznego fotonów (VESPER-VAN)”

finansowany w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014- 2020

Wykonawcy: MultiControl Sp. z o.o i NCBJ

2. Podwykonawcy w projekcie ISWOT:

Opracowanie innowacyjnego systemu wykrywania osób ukrytych w środkach transportu

(głównie na potrzeby Straży Granicznej)

finansowany przez NCBiR

Wykonawcy: Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, PW, ...

ISWOT

Lampa RTG:

Teledyne CP160

$V_{\max} = 160 \text{ kV}$

$P_{\max} = 80 \text{ W}$

Szerokość kątowna wiązki:

60°

Ognisko: 0,8 mm

Tarcza: 7 mm W

Detektory:

scyntylatory plastikowe

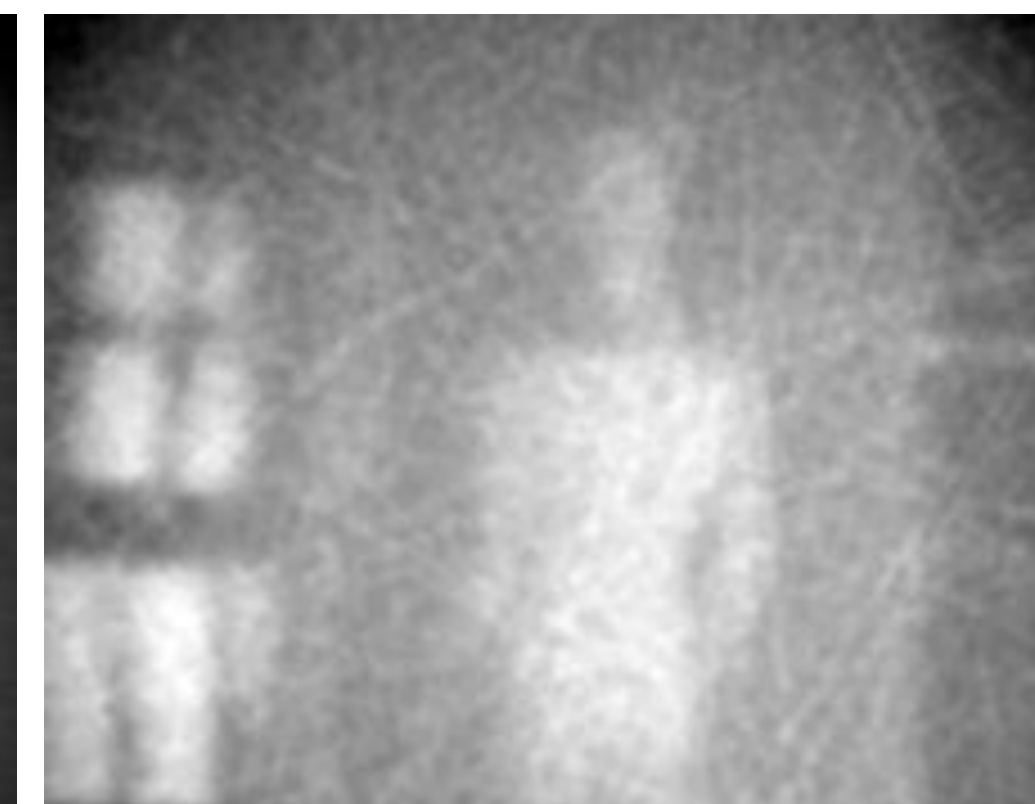
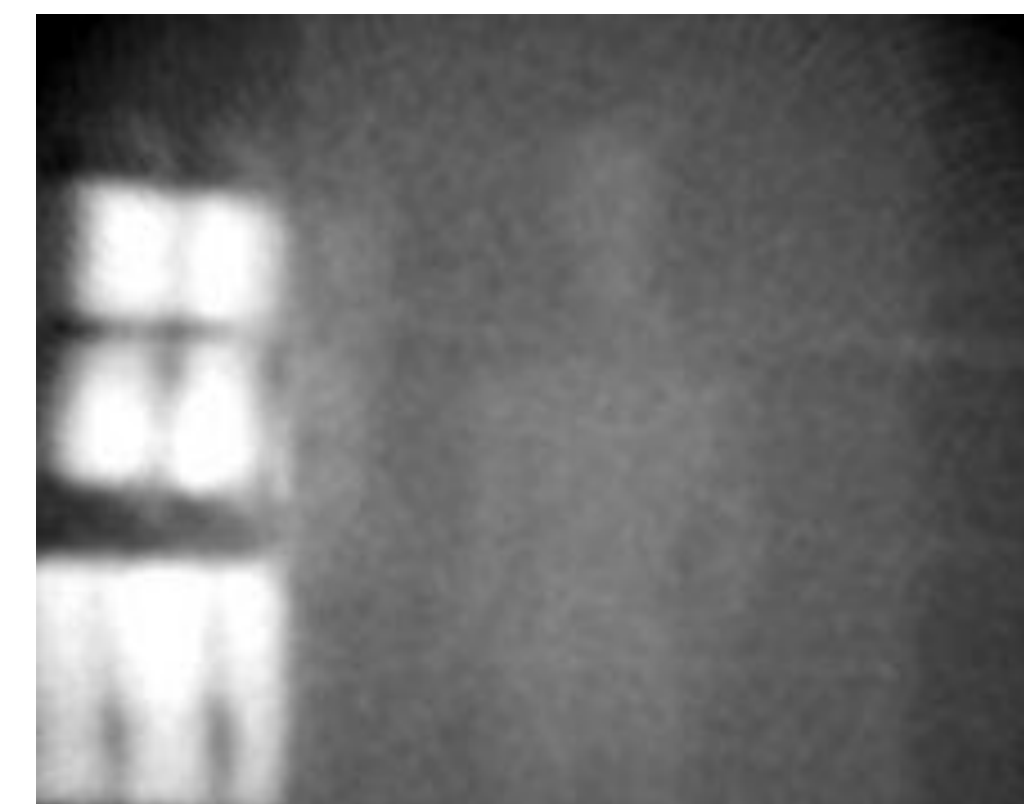
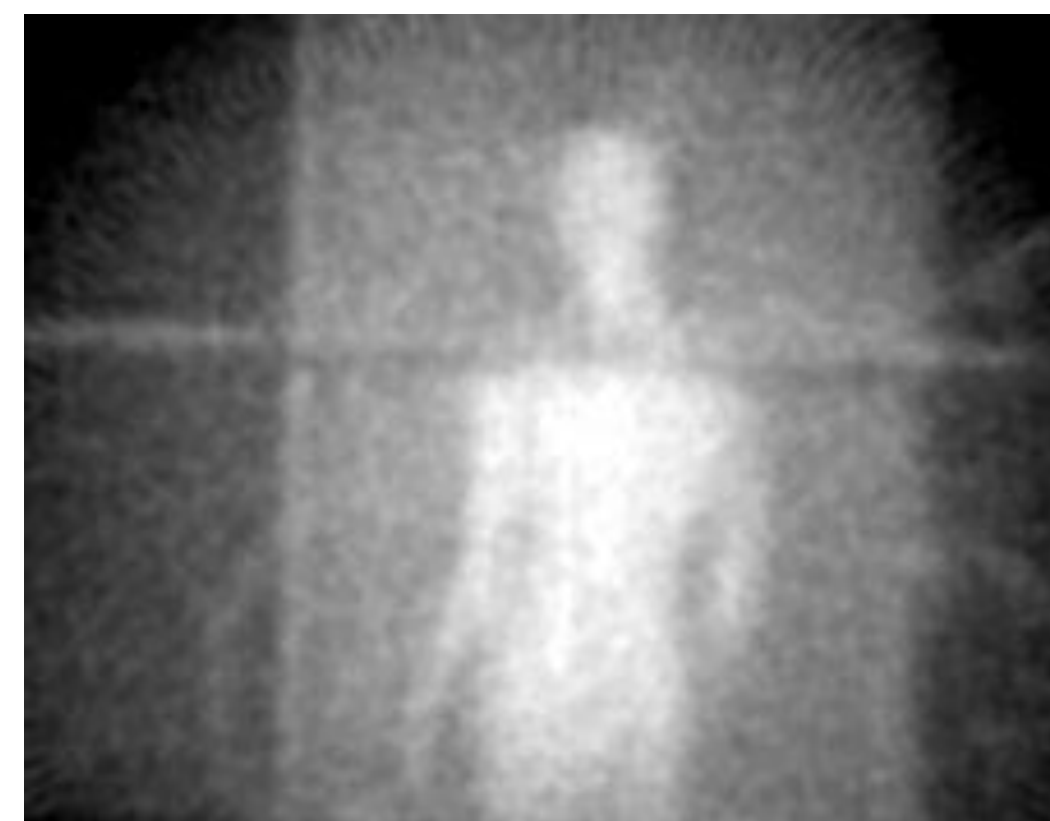
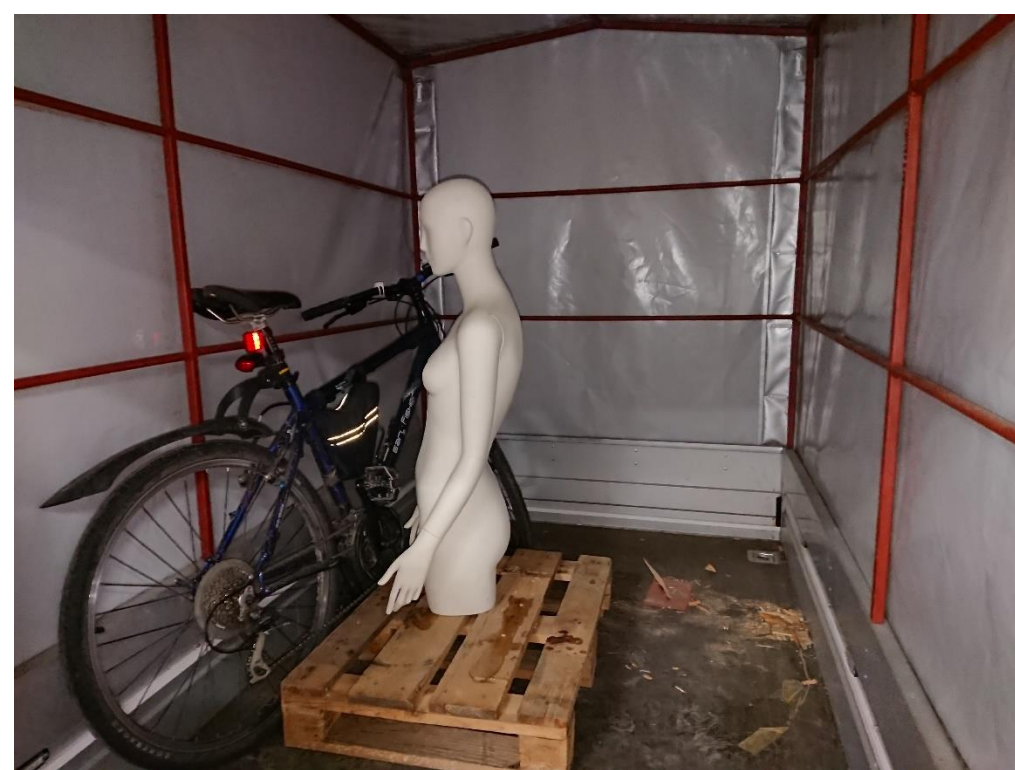
100 x 50 x 5 cm - 2x

70 x 50 x 5 cm - 1x

10 fotopowielaczy $\varnothing 5 \text{ cm}$



ISWOT – przykładowe obrazy



za 5 mm stali

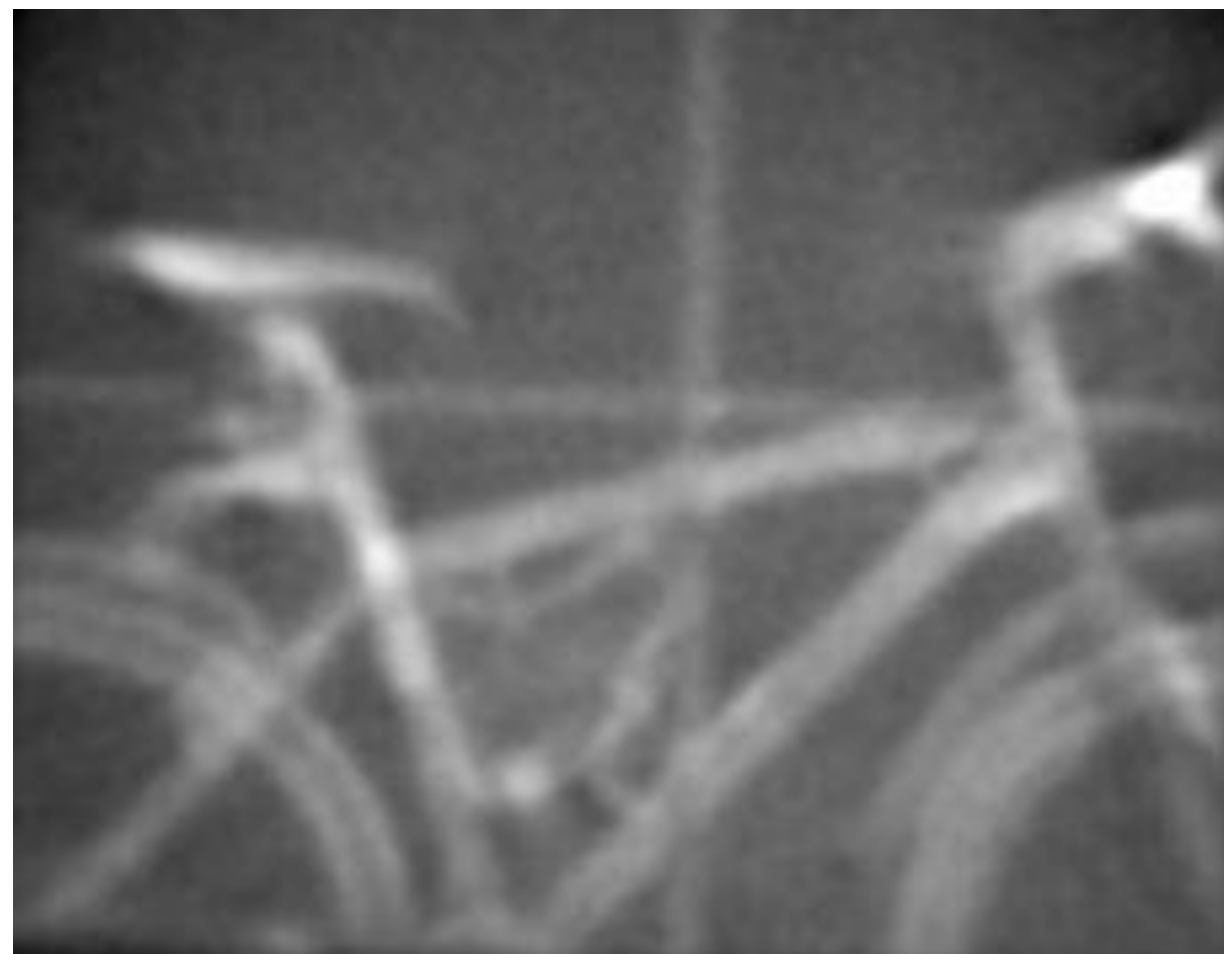
za 5 mm stali

wszystkie detektory

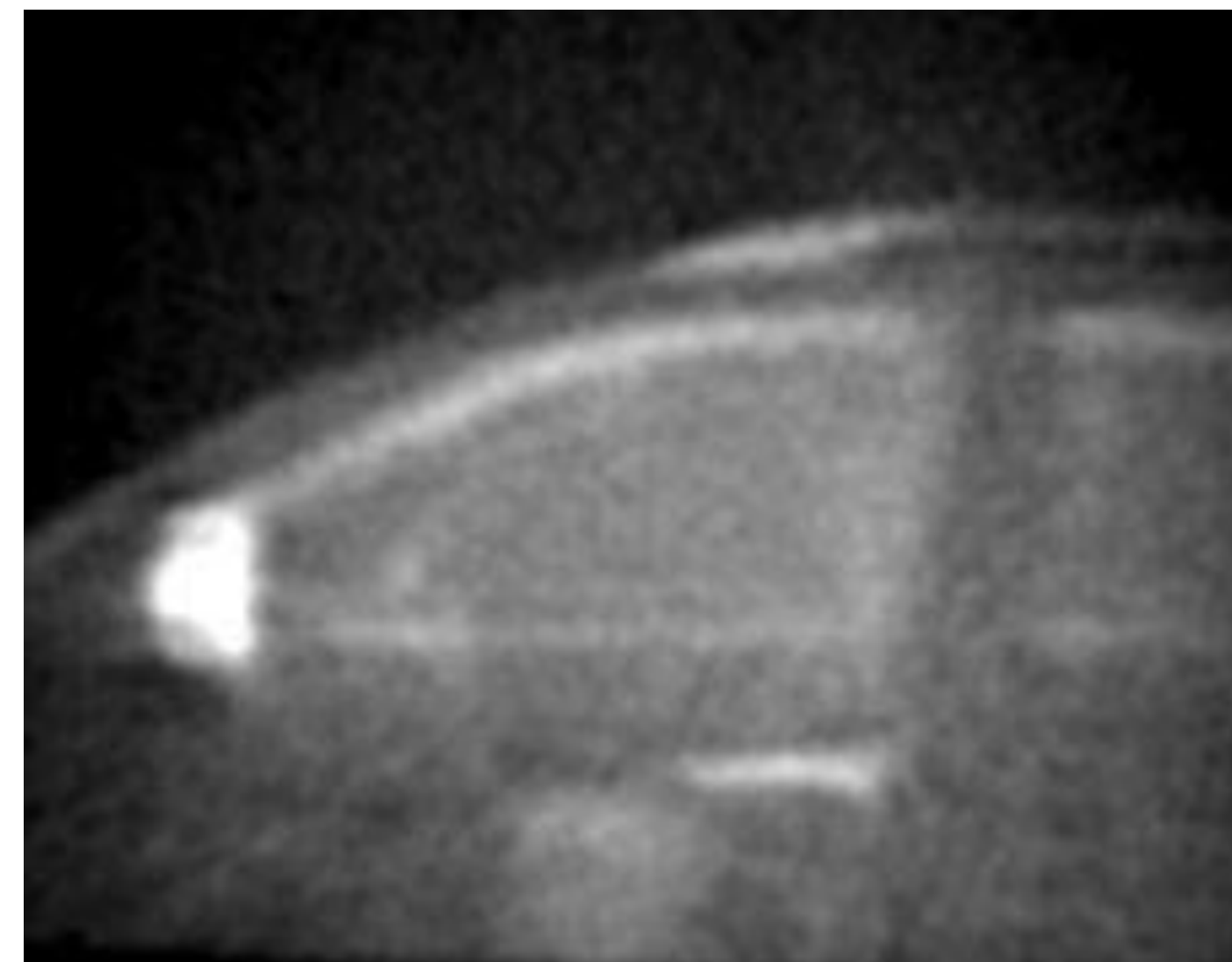
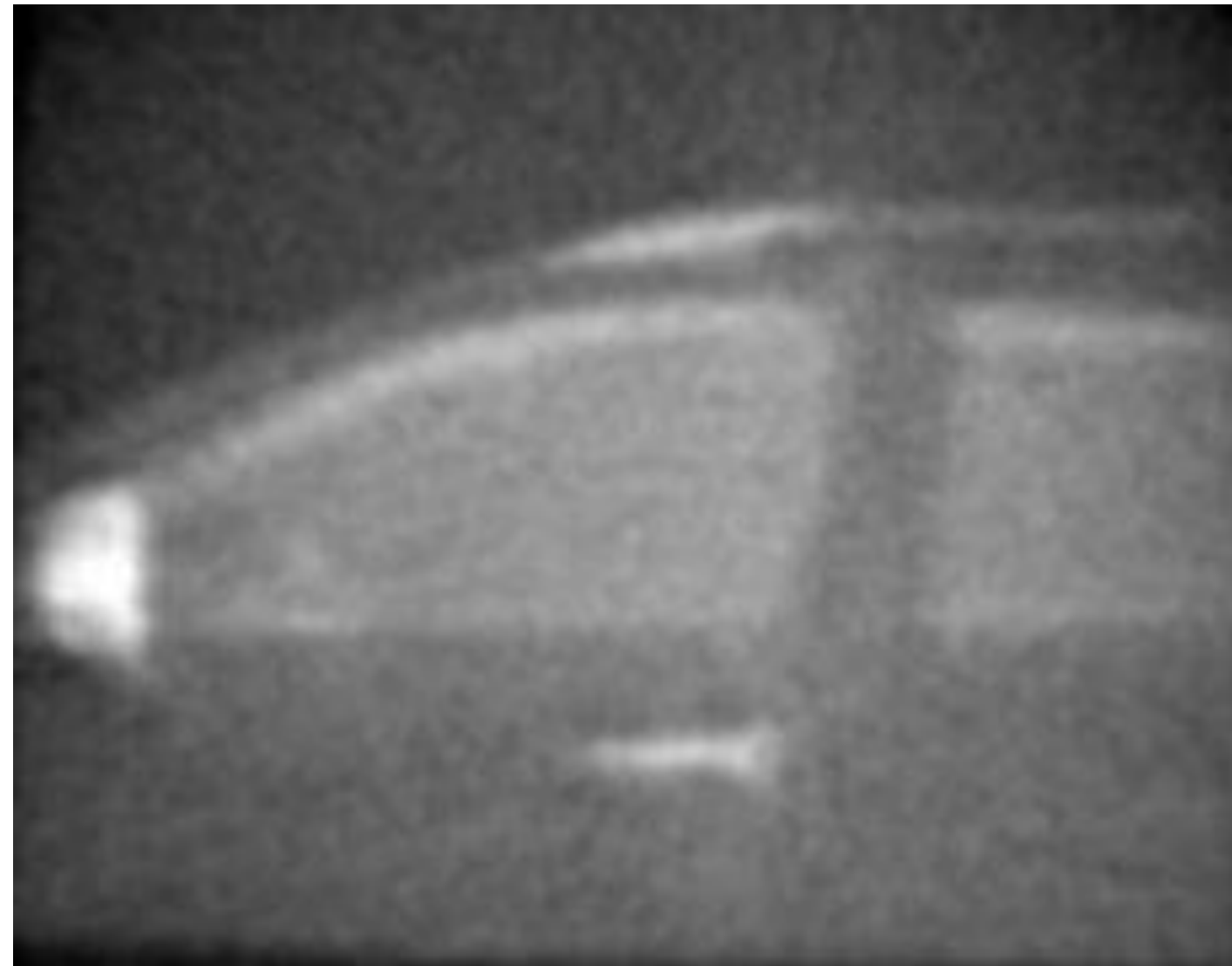
tylko detektor prawy

160 kV

ISWOT – przykładowe obrazy



ISWOT – przykładowe obrazy



VESPER-VAN



Lampa RTG:

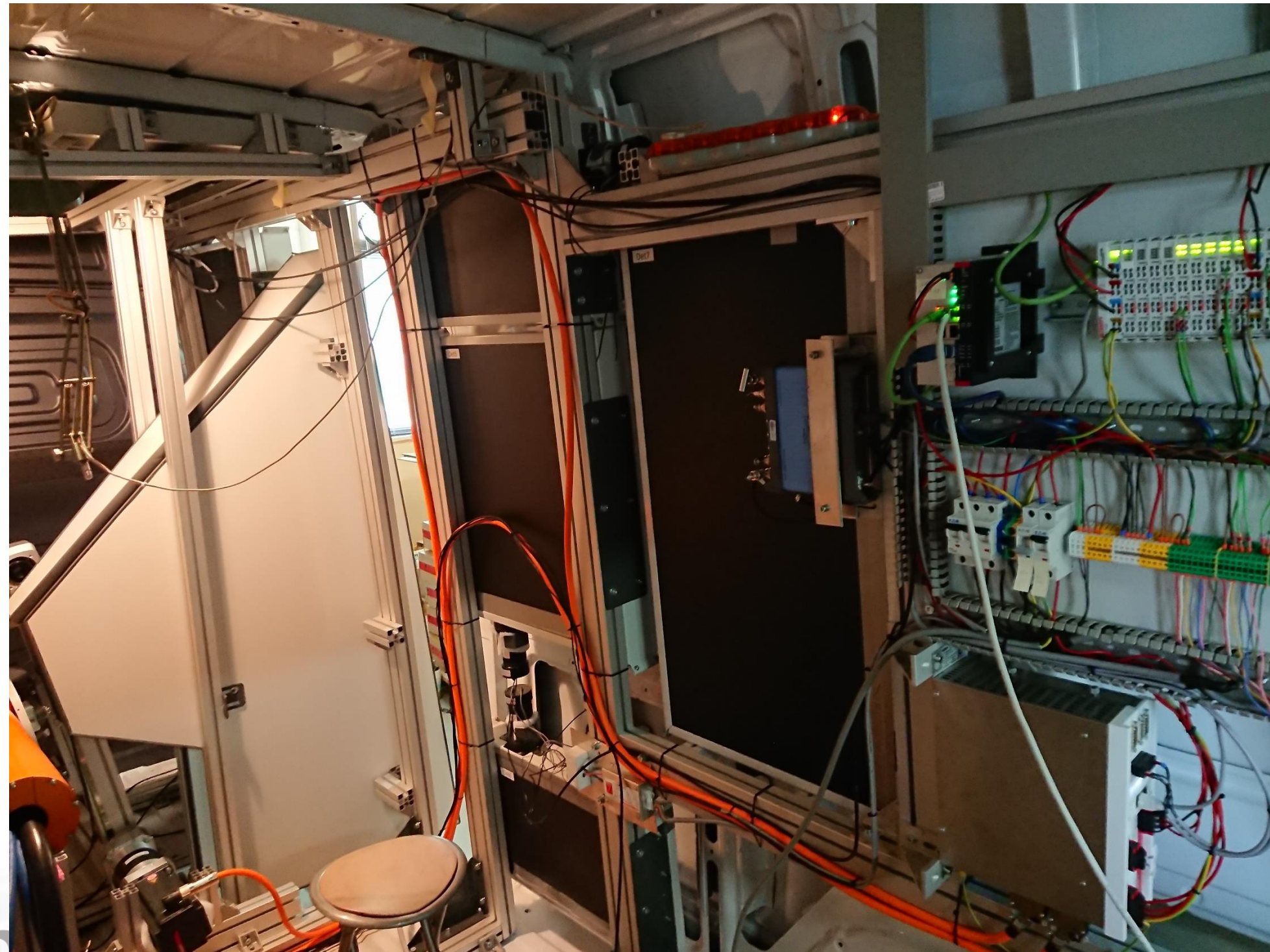
Comet MXR-225HP/11 FB

$V_{\max} = 225 \text{ kV}$

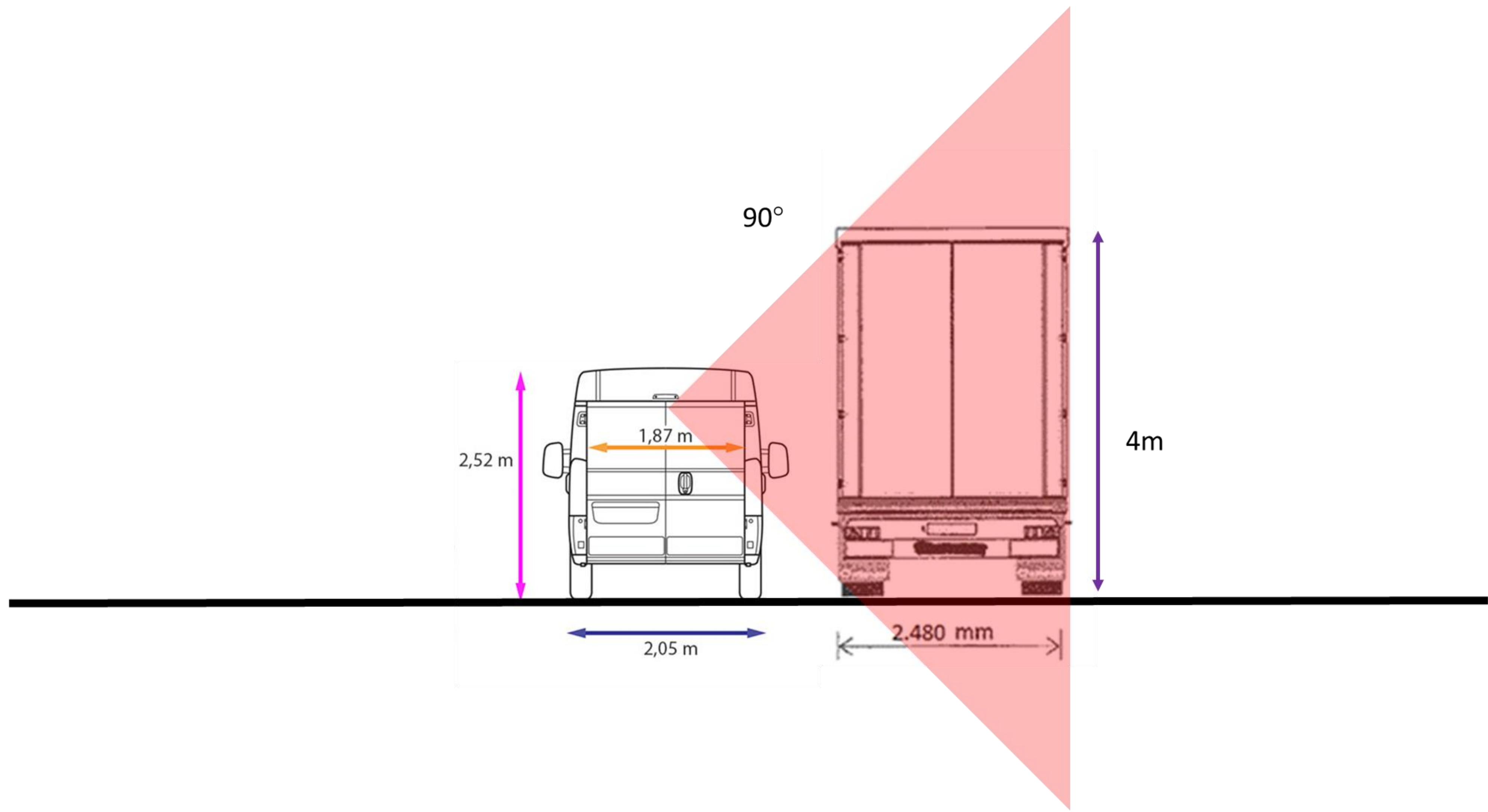
$P_{\max} = 1800/800 \text{ W}$

Szerokość kątowna wiązki: $90^\circ \times 25^\circ$

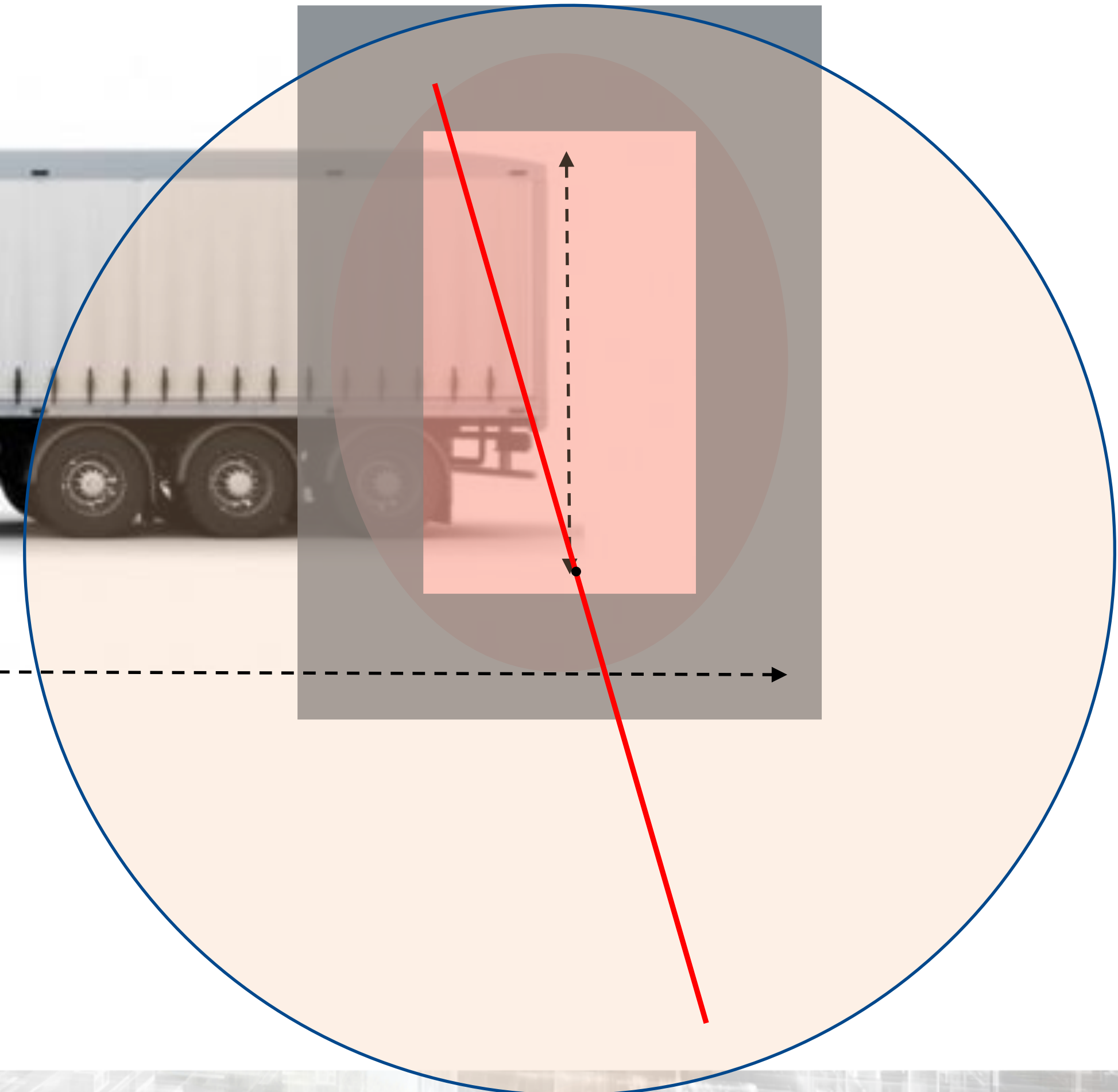
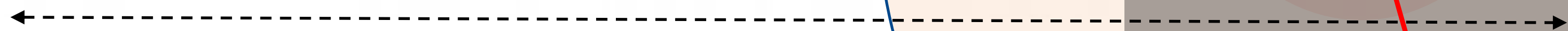
Ognisko: 1mm / 0,4 mm



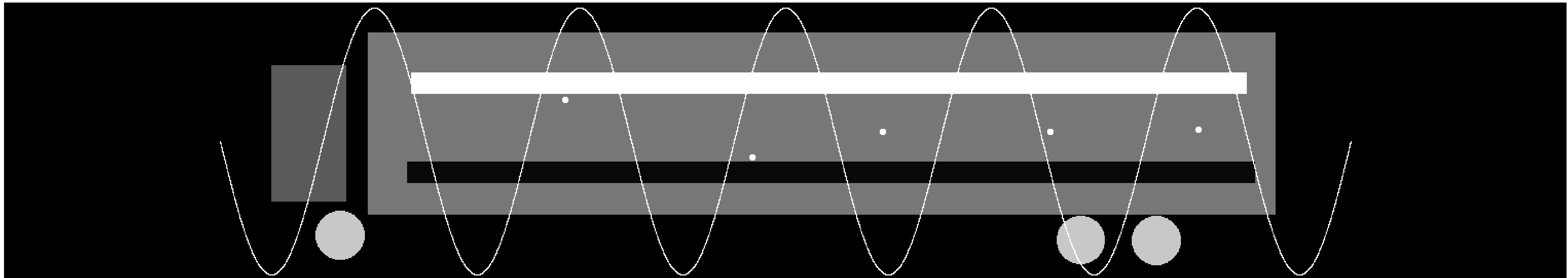
VESPER-VAN



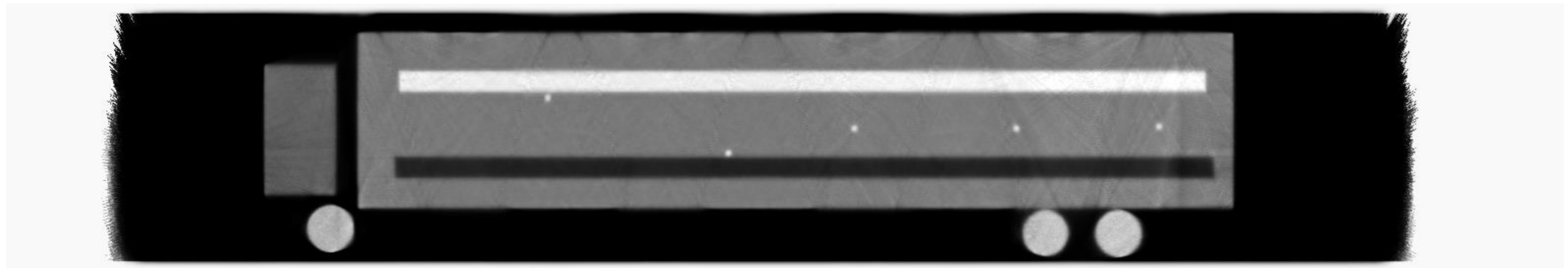
VESPER-VAN



Symulacje

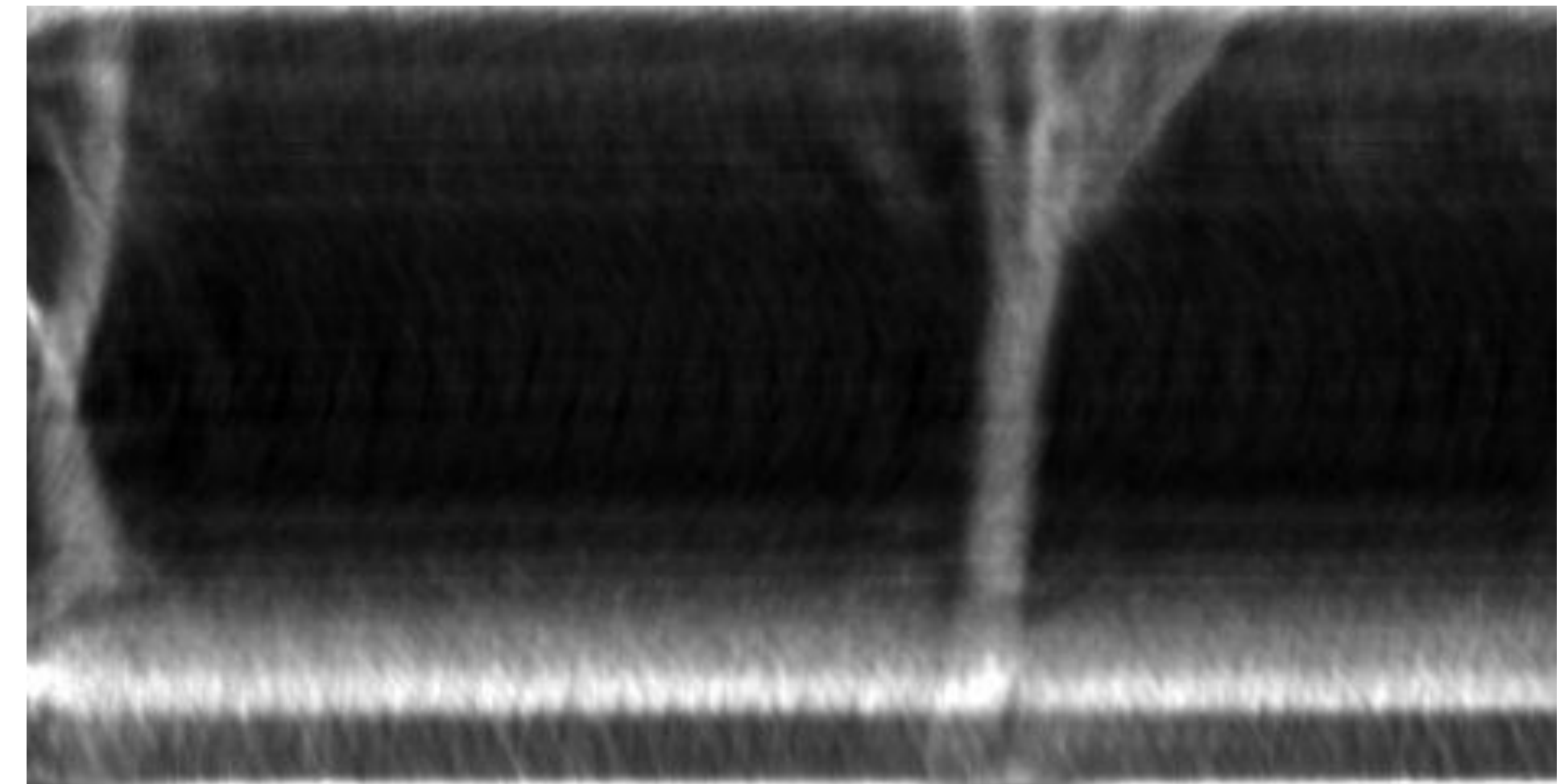
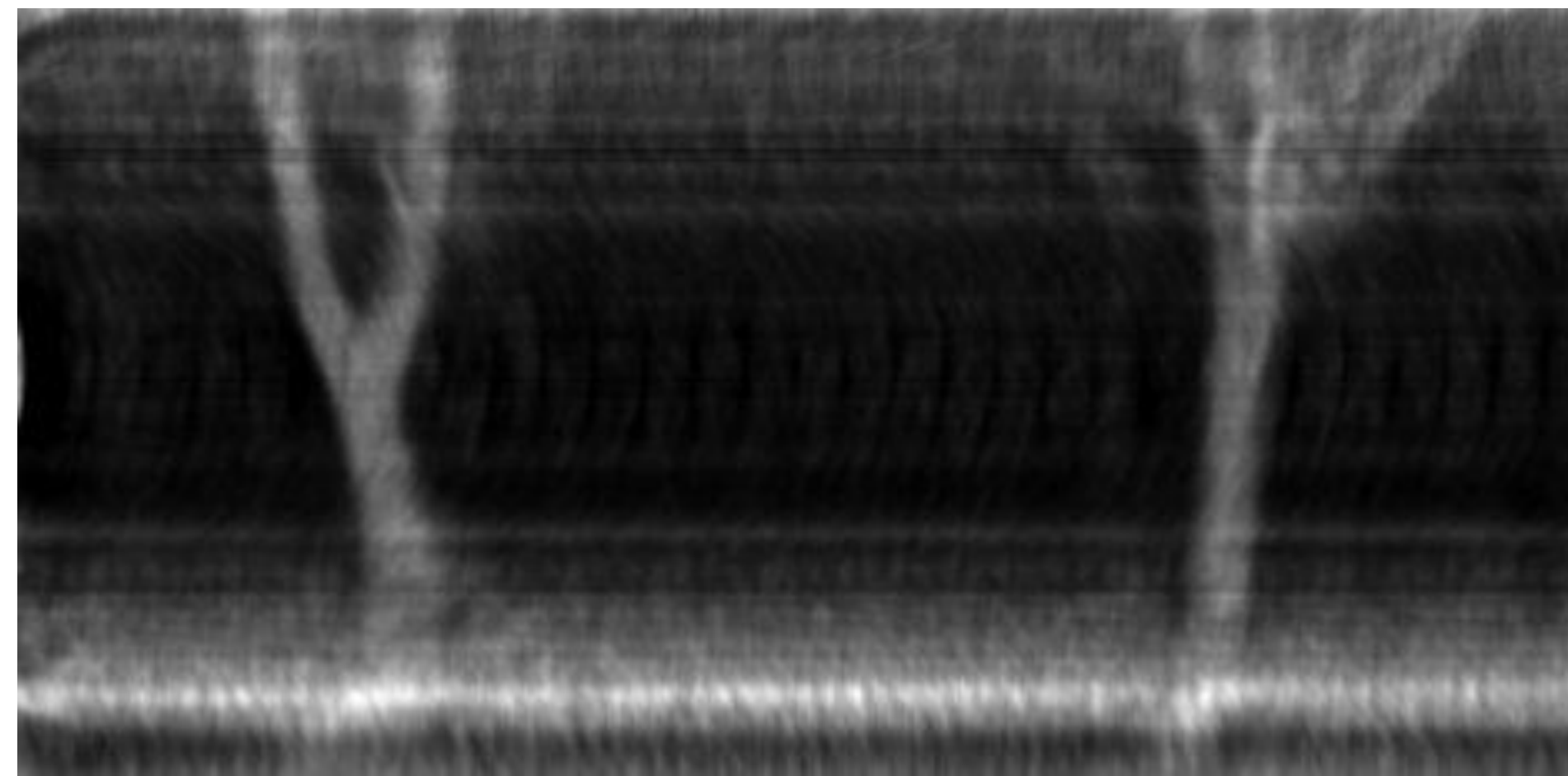


Obiekt skanowany z nałożoną trajekcją ruchu środka obrotu tarczy ze szczeliną.



Rekonstrukcja OSEM **6 iteracji**, zmienna liczba podzbiorów (88,88,80,40,20,8). Gaussowski filtr międzyiteracyjny, sigma = 0.35 pix.

VESPER-VAN – pierwsze obrazy



Dziękuję za uwagę



NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK

www.ncbj.gov.pl

