

# DOKĄD ZMIERZA DOZYMETRIA TERMOLUMINESCENCYJNA ?

*Maciej Budzanowski, IFJ PAN*



IFJ Seminarium XII 2005

# **METODY KONTROLI DAWEK**

---

## **AKTYWNE**

- ☐ komory jonizacyjne, liczniki proporcjonalne i GM
- ☐ liczniki scyntylacyjne
- ☐ detektory półprzewodnikowe

## **PASYWNE**

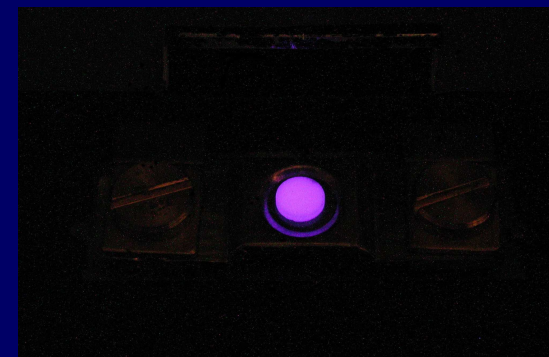
- ☒ detektory termoluminescencyjne (TLD)
- ☐ detektory filmowe (tzw. błony)
- ☐ detektory optoluminescencyjne (OSL)
- ☐ detektory bąbelkowe
- ☐ detektory śladów cząstek
- ☐ dozymetry żelazowo-żelazawy
- ☐ dozymetry alaninowe
- ☐ dozymetry barwnikowe

# **TERMOLUMINESCENCJA (TL)**

**Zjawisko występujące w niektórych materiałach, polegające na emisji światła pod wpływem dostarczonej energii cieplnej.**

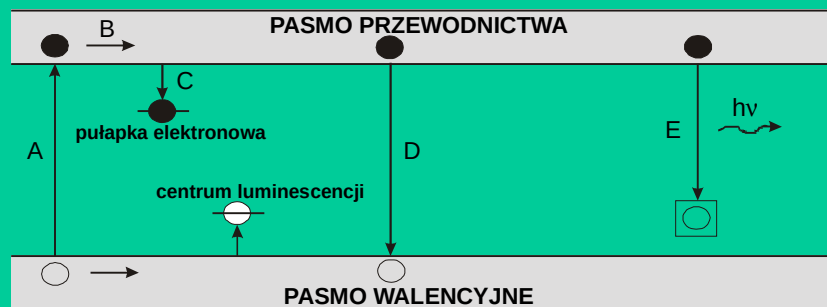


**Świecenie soli kuchennej po podgrzaniu**

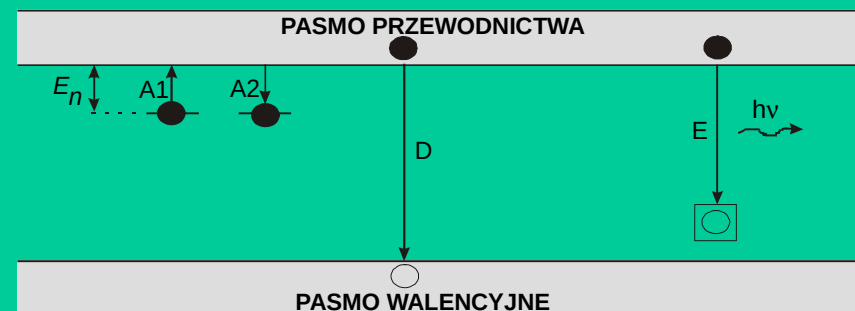


**Świecenie detektora  
TL z LiF:Mg, Ti w  
czytniku TL.**

# POWSTANIE ZJAWISKA TL



Jonizacja powodująca lokalizację elektronów i dziur w centrach powstałych wokół domieszek.



Rekombinacja pod wpływem temperatury

Model zmian w konfiguracji elektronów i dziur w dielektryku prowadzących do powstania zjawiska TL.



# HISTORIA TERMOLUMINESCENCJI NA ŚWIECIE

---

1663



**Sir Robert Boyle**  
(1672 – 1691)

Opisał świecenie diamentu w łóżku pod kołdrą

---

1904



**Maria Skłodowska**  
-Curie (1867- 1934)

Zauważyła i zinterpretowała zdolność emisji TL  
po ekspozycji na źródle radowym naturalnego  $\text{CaF}_2$

---

1950

**Farington Daniels,**  
Uniw. w Wisconsin,  
USA

Pierwsze zastosowanie w dozymetrii  
promieniowania jonizującego podczas testów  
jądrowych

---

## W POLSCE

---

1966



**Tadeusz Niewiadomski**  
(1920 – 1996)

Detektory TL na bazie  $\text{LiF}:\text{Cu,Ag}$  i  $\text{CaF}_2:\text{Mn}$  w  
rutynowych pomiarach dozymetrycznych w IFJ

---

# **DETEKTORY TERMOLUMINESCENCYJNE (TLD)**

**Diamenty to najlepsze detektory TLD**



**Marilyn Monroe**

## **MATERIAŁY TERMOLUMINESCENCYJNE (TLD)**

LiF:Mg,Ti  
LiF:Mg,Cu,P  
CaSO<sub>4</sub>:Dy  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:C

Powszechnie stosowane

Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Mn  
Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Cu  
CaF<sub>2</sub>:Mn  
CaF<sub>2</sub>:Dy  
CaSO<sub>4</sub>:Tm  
Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Tb  
BeO  
MgO  
MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Dy  
MgB<sub>4</sub>O<sub>7</sub>:Tm

Rzadko stosowane

## **DETEKTORY TLD W IFJ**

W IFJ stosujemy własne spiekane detektory TLD na bazie:

- LiF:Mg, Ti (MTS-N)
- LiF:Mg, Cu, P (MCP-N)



# ZASTOSOWANIE TERMOLUMINESCENCJI

## DOZYMETRIA

### INDYWIDUALNA

- kończyny
- całe ciało
- tkanka

### ŚRODOWISKOWA

- kopalnie
- ziemia
- kosmos

### KLINICZNA

- diagnostyka radiologiczna
- radioterapia

### WYSOKIE DAWKI

- sterylizacja żywności
- testowanie materiałów
- reaktory jądrowe

### ARCHEOLOGIA

### KONTROLA ŻYWNOSCI

### DOZYM. RETROSPEKTYWNA

# ODCZYT DETEKTORA TL

---

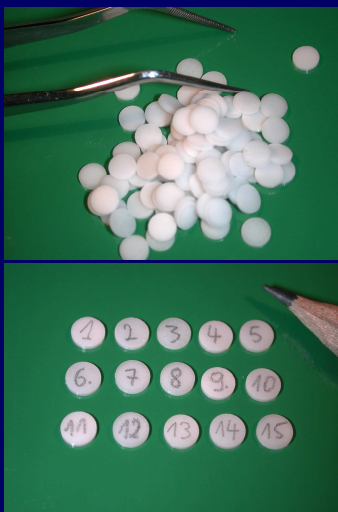
Natężenie TL [ $I_{imp}$ ]

Odczyt detektora TLD w czytniku przy podgrzewaniu liniowym  
– otrzymany wynik to tzw. krzywa termoluminescencyjna  
charakterystyczna dla danego materiału.

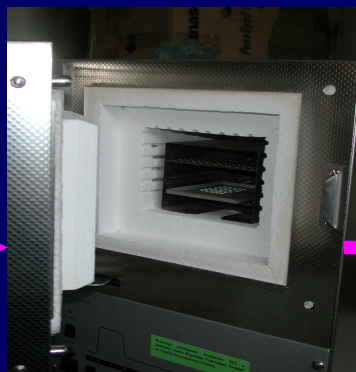


# JAK MIERZY SIĘ DAWKI DETEKTORAMI TLD ?

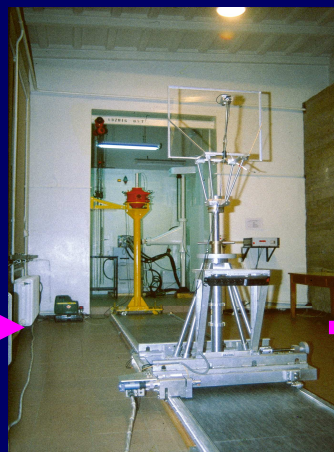
Przygotowanie wstępne obliczenie IWC –  
indywidualnego współczynnika czułości



Opisanie



Wygrzanie  
w piecu



Naświetlenie  
(gamma)



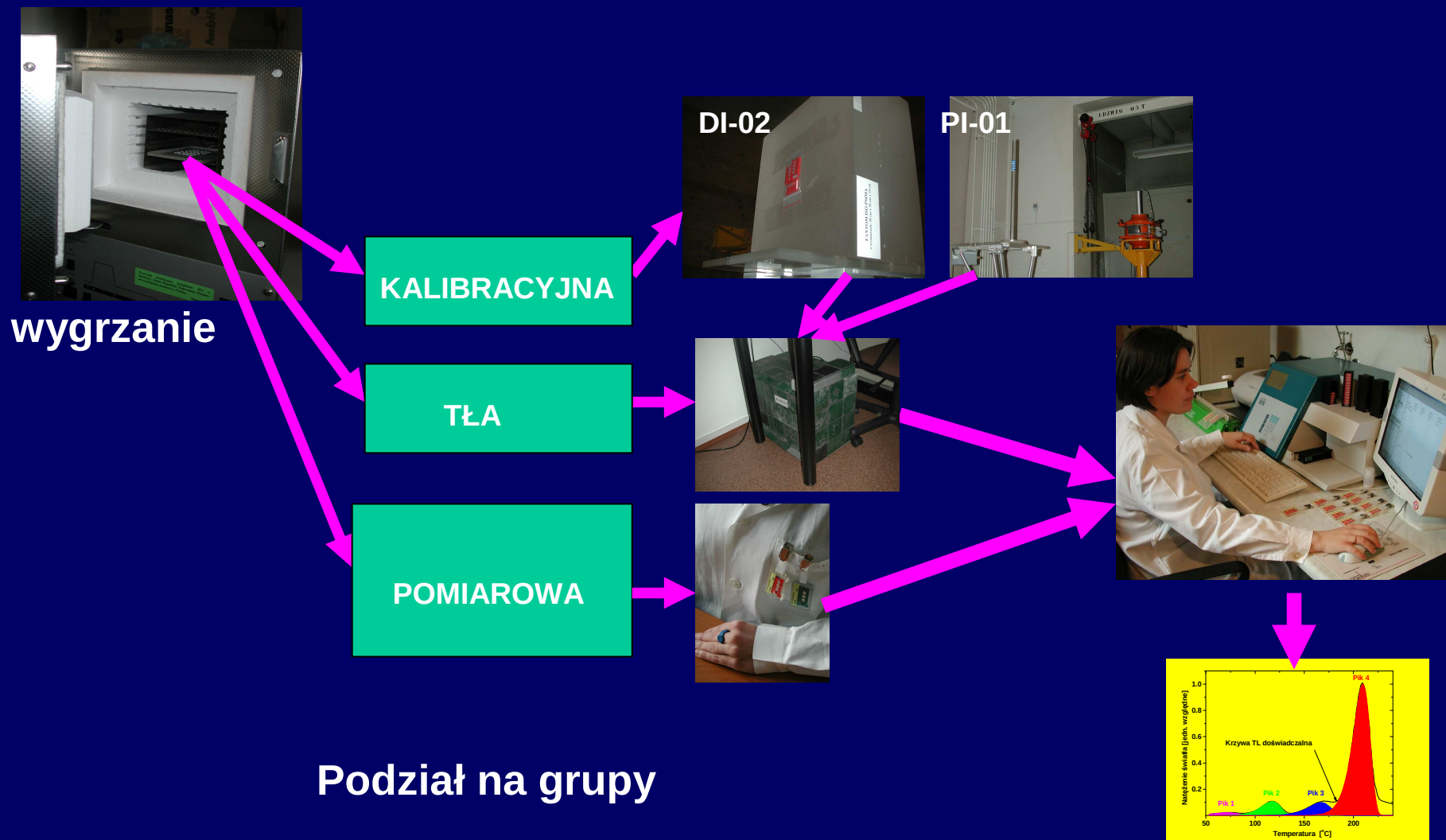
Odczyt w czytniku TL



Obliczenie IWC dla każdego detektora  
Detektor gotowy do pomiaru dawki

# JAK MIERZY SIĘ DAWKI DETEKTORAMI TLD ?

## Pomiar zasadniczy



Analiza wyników –  
wyznaczenie dawki



# CO MIERZYMY I WYZNACZAMY ?

**Wielkości mierzalne**, czyli takie które można wyznaczyć w drodze bezpośredniego pomiaru:

KERMA, K w [Gy]

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

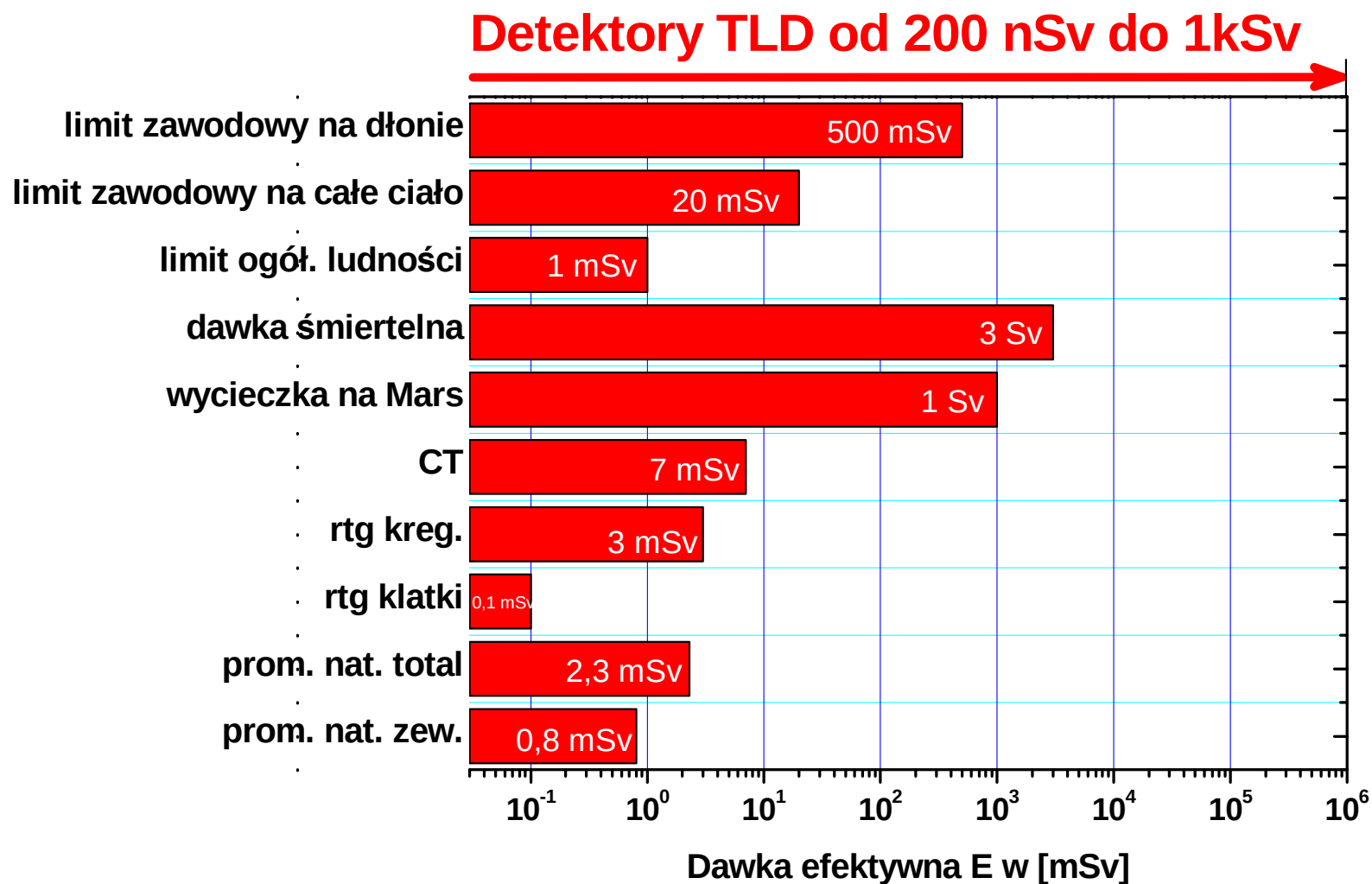
**Wielkości normatywne**, czyli takie które są miarą zagrożenia radiacyjnego człowieka zdefiniowane za pomocą parametrów zależnych od anatomii człowieka bądź umownie dobranych współczynników wagowych promieniowania,  $w_R$ , czy tkanek,  $w_T$ :

Dawka efektywna (skuteczna), E w [Sv]

**Wielkości operacyjne (robocze)**, czyli takie które można wyznaczyć, zostały tak zdefiniowane aby dla większości pól prom. były większe od wartości dawki efektywnej:

Indywidualny równoważnik dawki,  $H_p(d)$  w [Sv]

# PORÓWNANIE POZIOMU DAWEK



# **POMIARY INDYWIDUALNE**

---

# DAWKOMIERZE INDYWIDUALNE



Dawkomierze do pomiaru dawki od gamma i rtg na całe ciało.



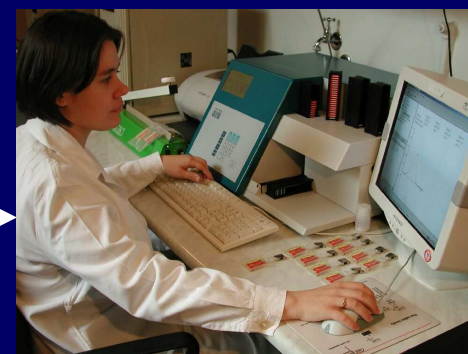
Dawkomierz DI-86



Proces odczytu DI-86



Dawkomierz DI-02



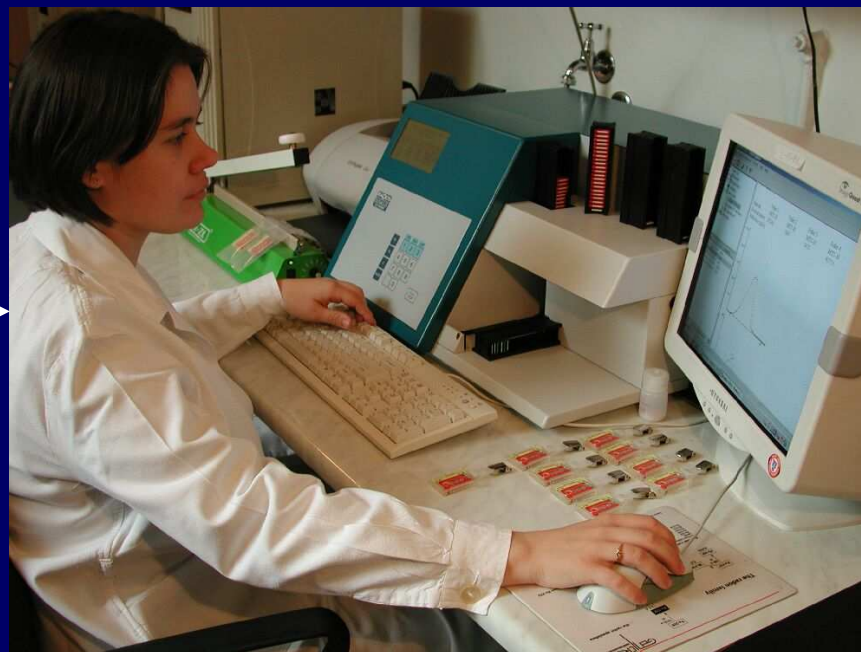
Proces odczytu DI-02

|                             |                           |
|-----------------------------|---------------------------|
| <b>Pomiar:</b>              | <b>Hp(10), Hp(0,07)</b>   |
| <b>Zakres dawek:</b>        | <b>0,1 mSv - 1 Sv</b>     |
| <b>Zakres energetyczny:</b> | <b>15keV – 3,0 MeV</b>    |
| <b>Okres pomiaru:</b>       | <b>od 1 do 3 miesięcy</b> |

## DAWKOMIERZ DI-02 odczyt



Przygotowanie



Odczyt w czytnik DOSACUS

**2 i 3 czytnik DOSACUS zostanie  
zakupiony w ramach FS !!**



# DAWKOMIERZE INDYWIDUALNE NA DŁONIE



**Wodoszczelne dawkomierze PI-01  
do pomiaru dawki na dłonie.**

**Pomiar:**  $H_p(10)$ ,  $H_p(0,07)$   
**Zakres dawek:** 0,1 mSv - 1 Sv  
**Zakres energetyczny:** 15keV – 3,0 MeV  
**Okres pomiaru\*):** od 1 do 3 miesięcy

*\*) wybór okresu pomiarowego należy do klienta*



**Przygotowanie do odczytu**



**Odczyt w czytniku TL**



# DAWKOMIERZ ŚRODOWISKOWY DS



## Dawkomierze DS do pomiaru dawek w środowisku pracy



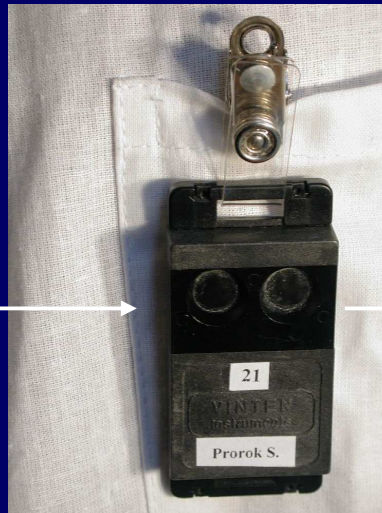
# Dawkomierz DS

|                             |                                                          |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Pomiar:</b>              | <b><math>K_{\text{air}}</math>, <math>H^*(10)</math></b> |
| <b>Zakres dawek:</b>        | <b>0,03 mGy- 1 Gy !!!</b><br><b>0,03 mSv - 1 Sv !!!</b>  |
| <b>Zakres energetyczny:</b> | <b>15keV – 3,0 MeV</b>                                   |
| <b>Okres pomiaru:</b>       | <b>od 1 do 3 miesięcy</b>                                |



## Dawkomierz DS „przeżył”

# DAWKOMIERZ NEUTRONOWY ALBEDO



Detektory z  $^6\text{LiF:Mg, Ti}$  i  $^7\text{Li:Mg, Ti}$  w osłonie z  $^{10}\text{B}$ .

Dawkomierz ALBEDO  
do pomiaru dawek od  
neutronów

|                |                |
|----------------|----------------|
| Pomiar:        | Hp(10)         |
| Zakres dawek:  | 0,1 mSv - 1 Sv |
| Okres pomiaru: | 1 miesiąc      |

## **RUTYNOWE POMIARY DAWEK**

---

**W IFJ PAN opracowano materiał TL, zbadano własności dozymetryczne, wdrożono do rutynowych pomiarów i zbudowano w najnowocześniejsze akredytowane laboratorium kontroli dawek w Polsce**

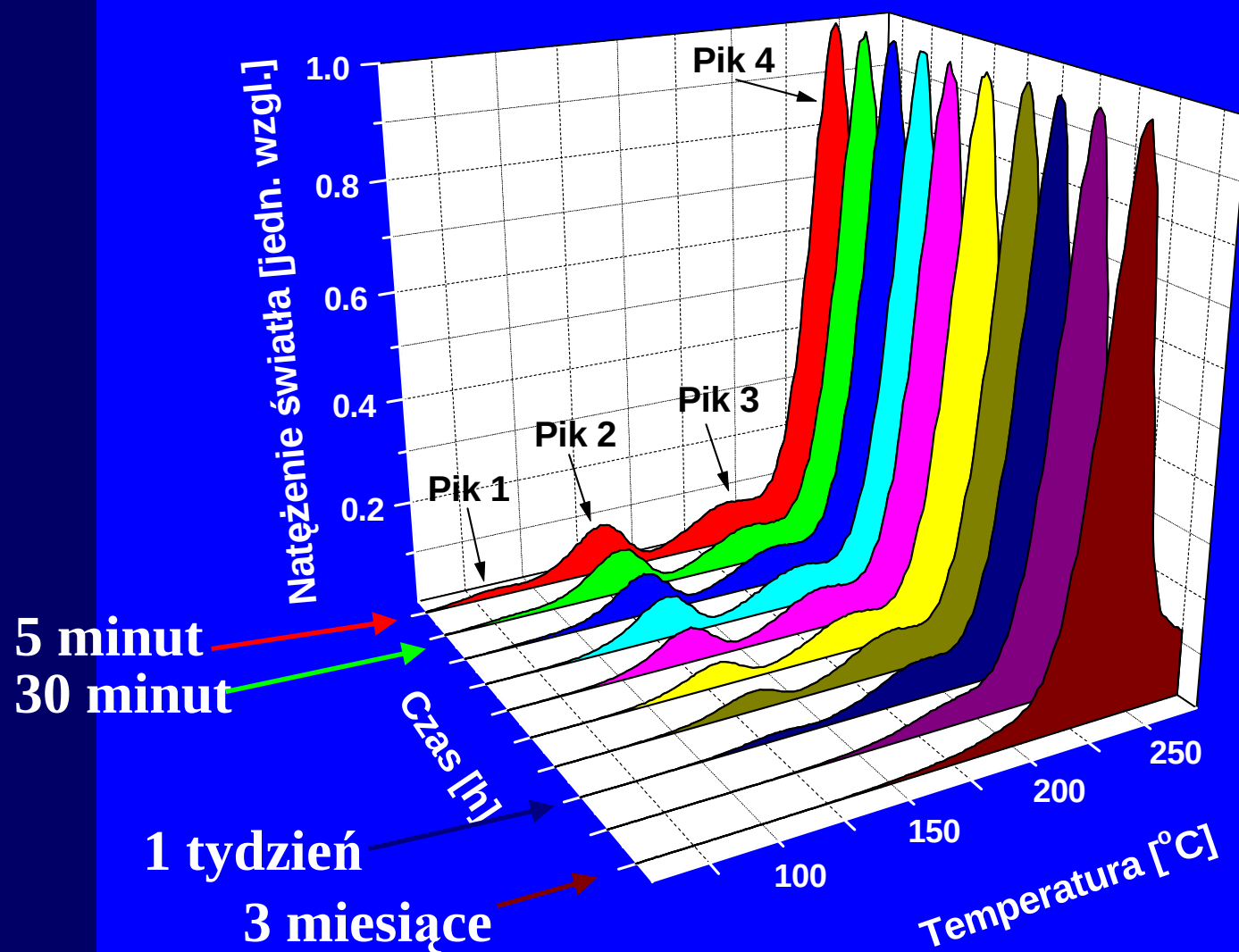
# POMIAR CZASU EKSPOZYCJI



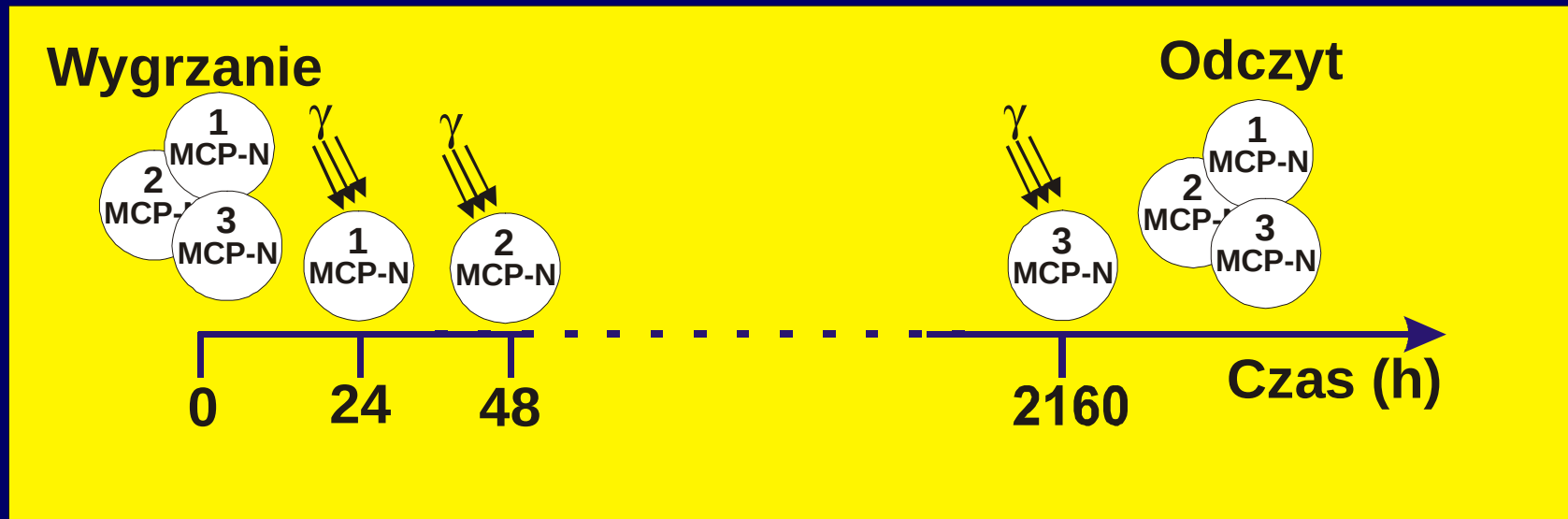
Czy można zmierzyć czas kiedy detektor TLD został naświetlony promieniowaniem jonizującym ?



# TEMPERATUROWY ZANIK NATĘŻENIA (fading)

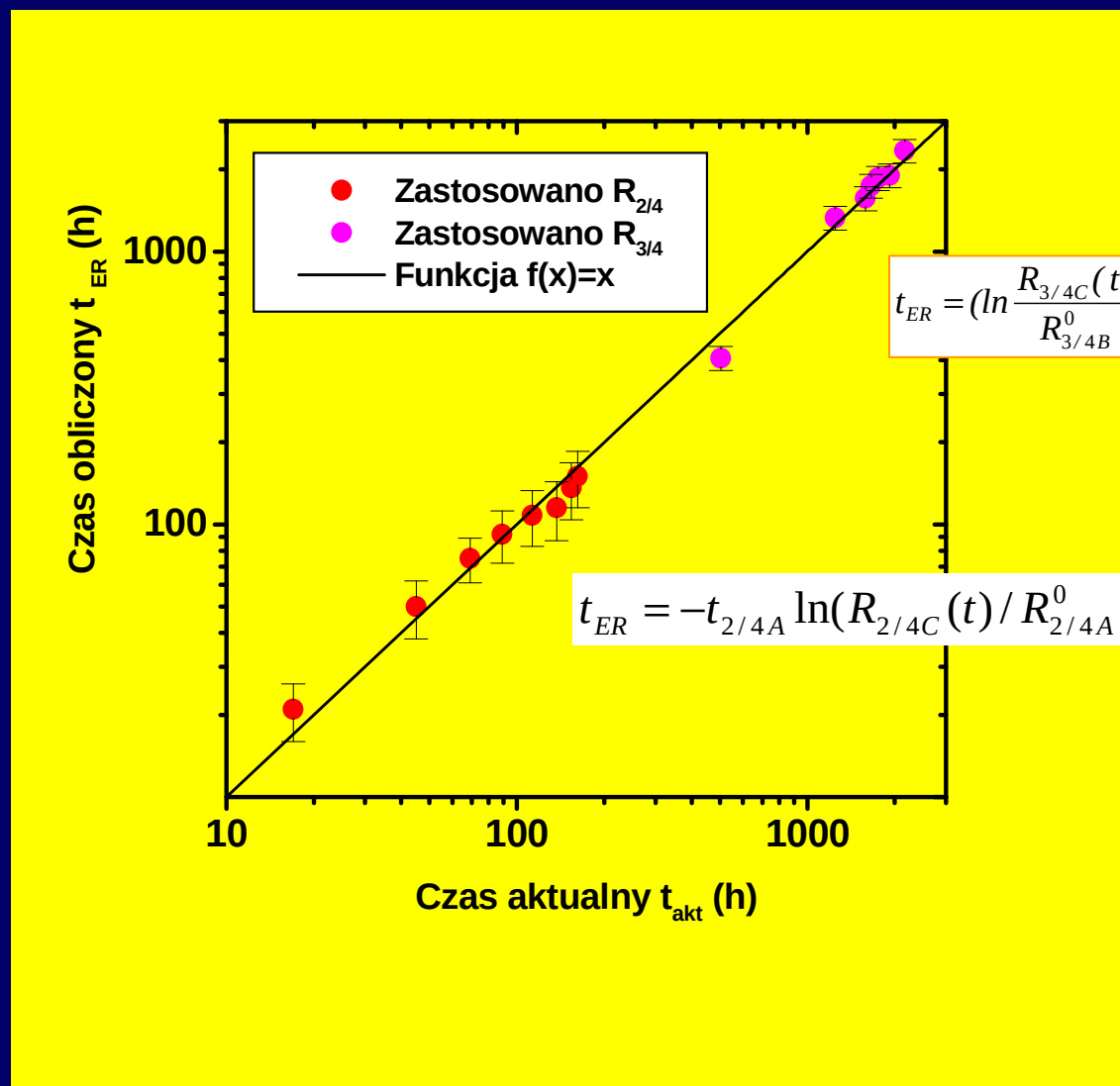


# SYMULACJA AWARYJNEJ EKSPOZYCJI DETEKTORA



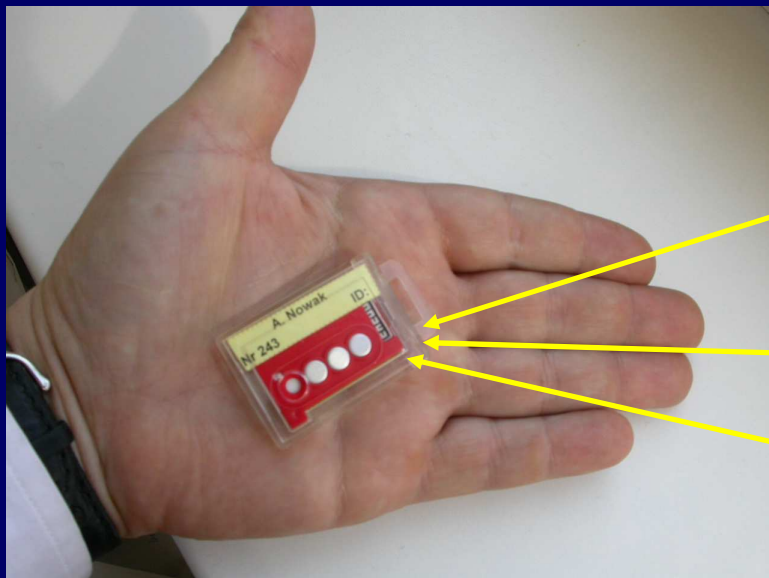


# PORÓWNANIE WARTOŚCI CZASU OBLICZONEGO I AKTUALNEGO



# IDENTYFIKACJA TYPU EKSPOZYCJI

---

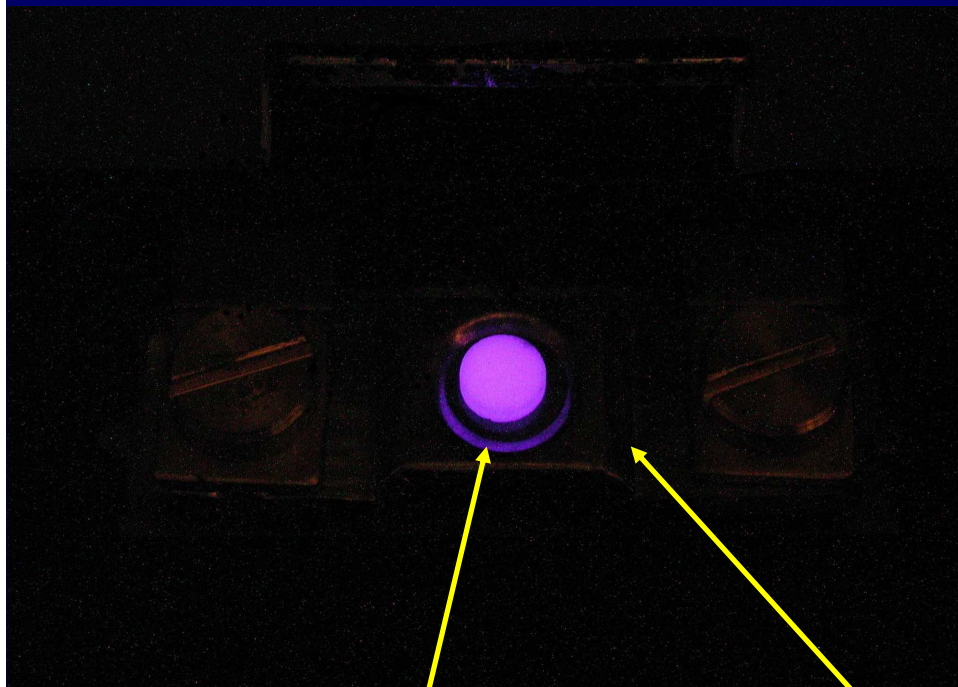


Czy dawkomierz był ekspozycyjny statycznie czy dynamicznie ?

Informacja o kącie ekspozycji ?

Informacja o kierunku wiązki przy ekspozycji statycznej ?

# PICTURE IN STANDARD TL READER



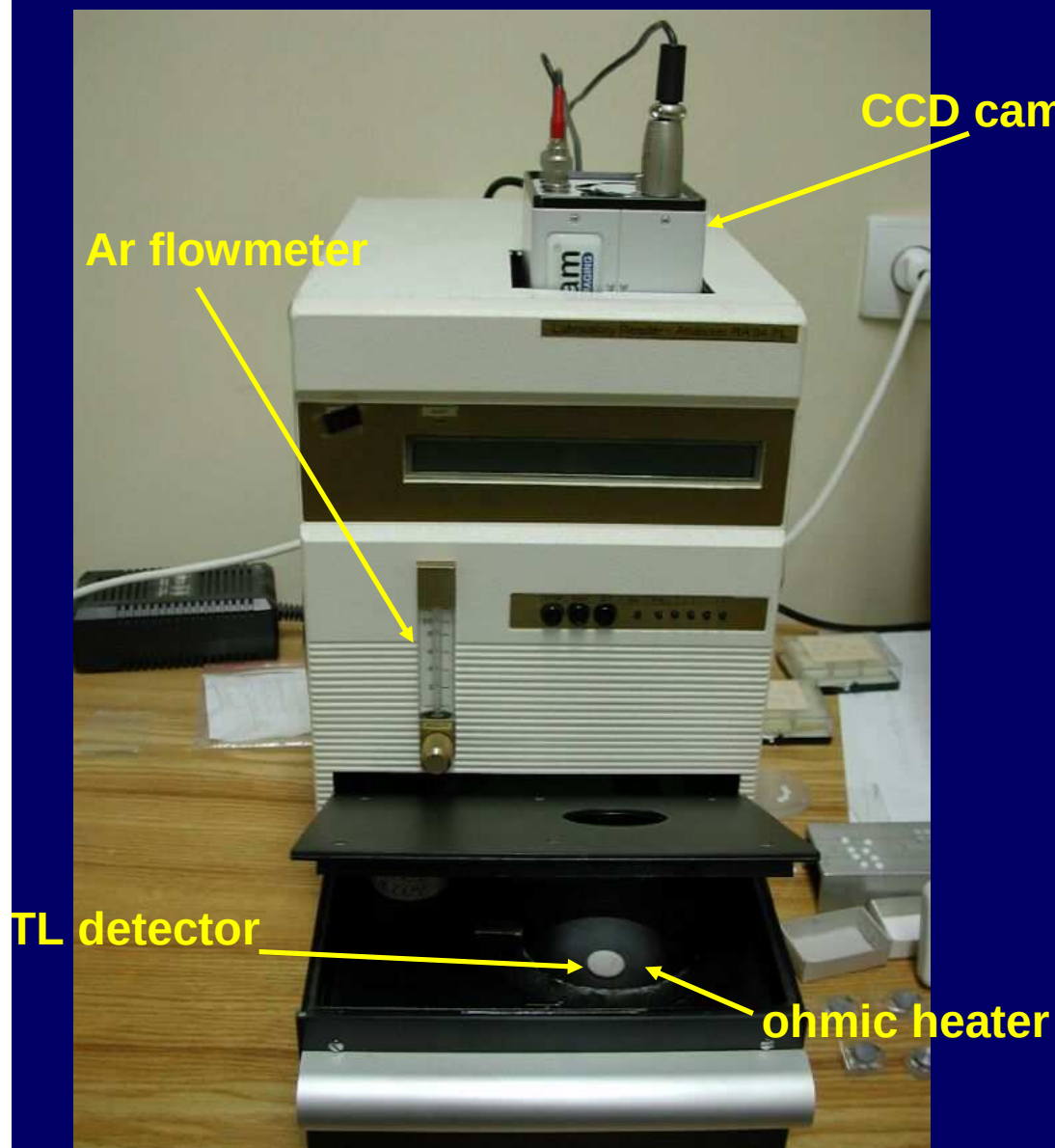
MCP-N TL detector during heating



Manual TL reader

heater

# CCD CAMERA READER

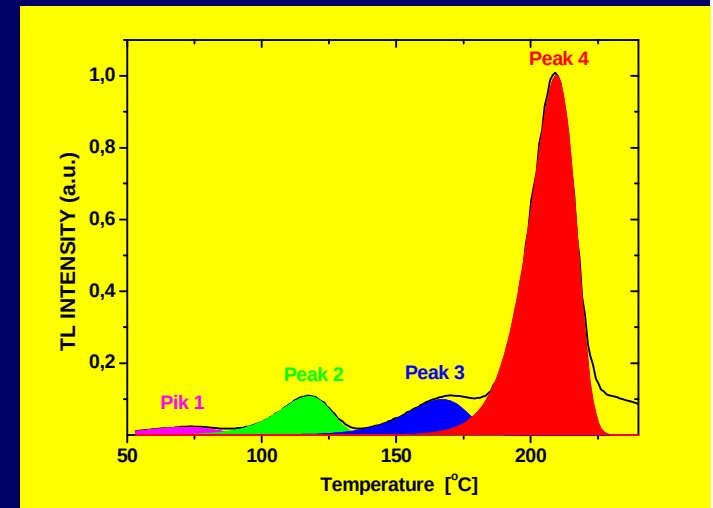


CCD camera TL reader-present



New CCD camera TL reader  
(MAESTRO 6FP EU project)

# A TL 2-D MOVIE IN CCD CAMERA READER

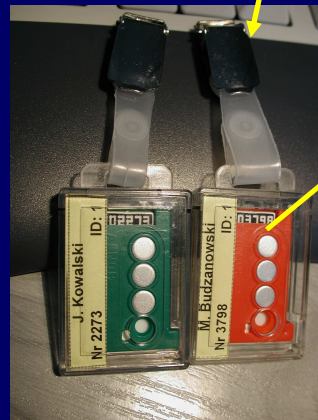


MCP-N (LiF:Mg, Cu, P) detector

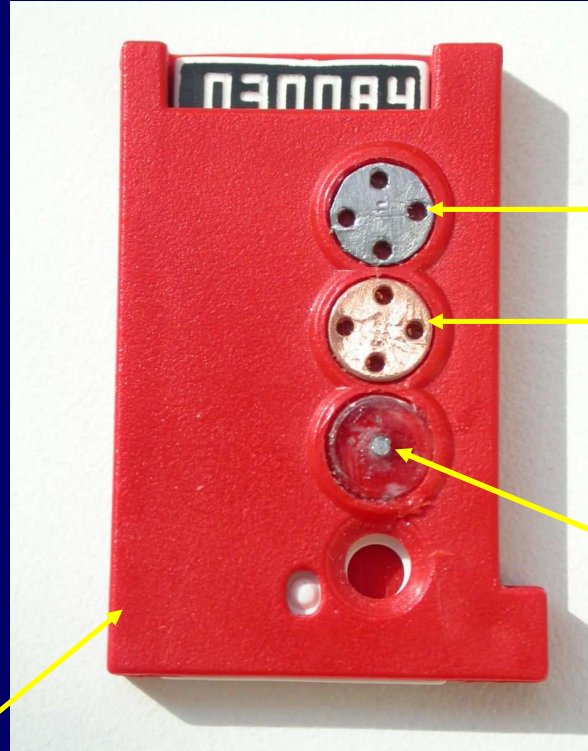


# DOSEMETERS

## Standard



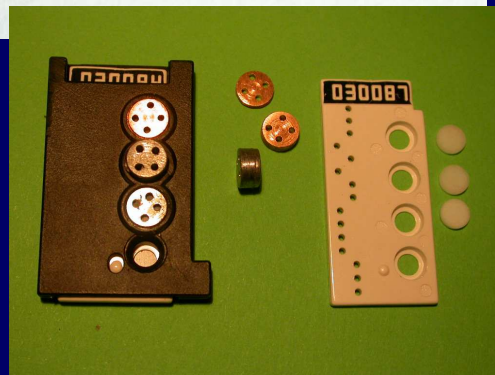
## In this work



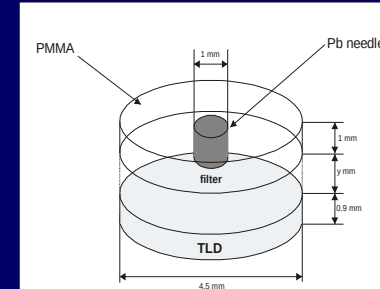
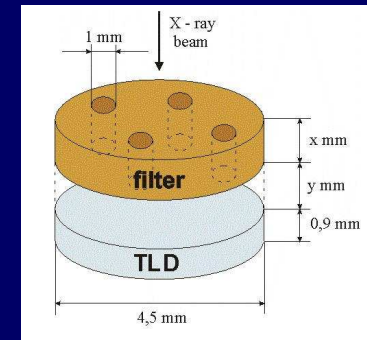
1 mmPb

1mmCu

1 mmPb  
needle



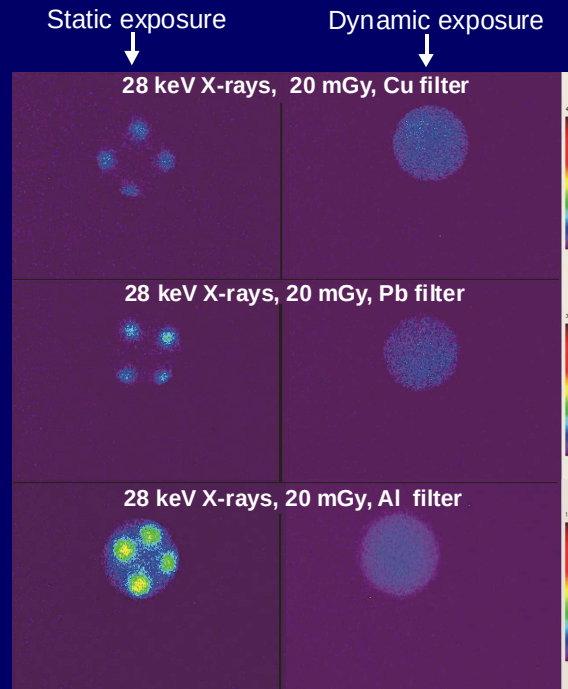
## Filter details



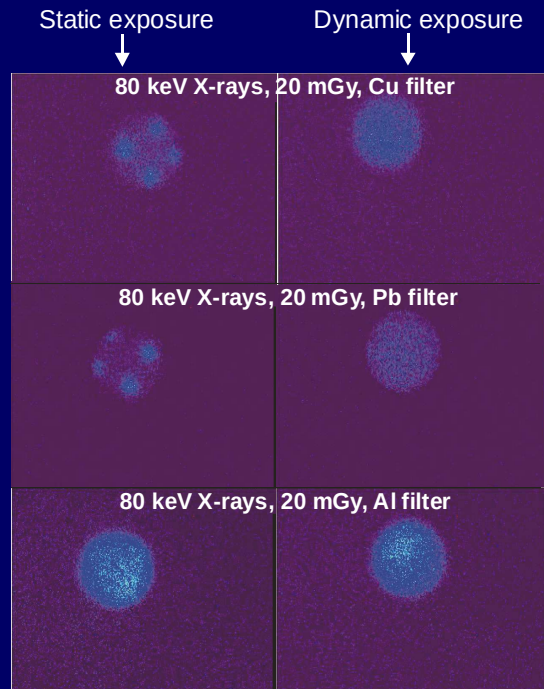


# RESULTS FOR DIFFERENT X-RAY ENERGIES

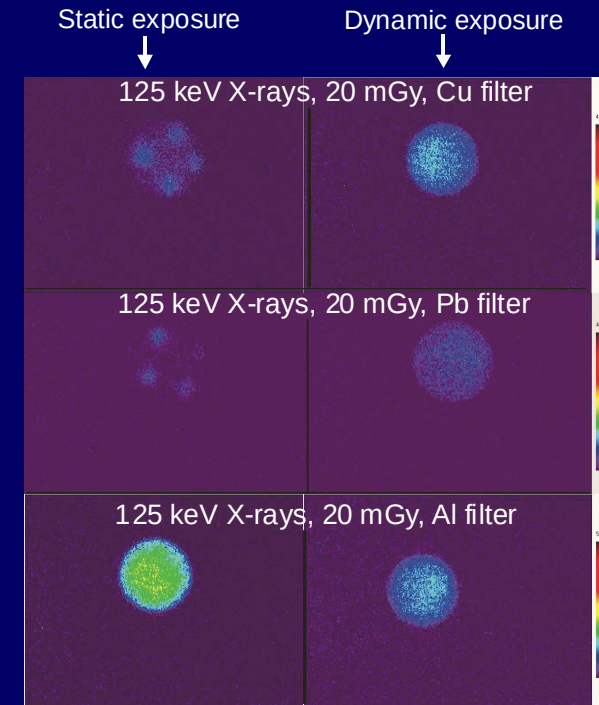
## 28 keV X-rays



## 80 keV X-rays



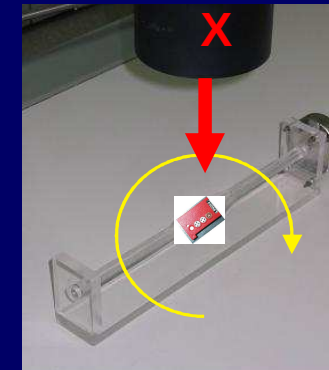
## 125 keV X-rays



**Static irradiation**

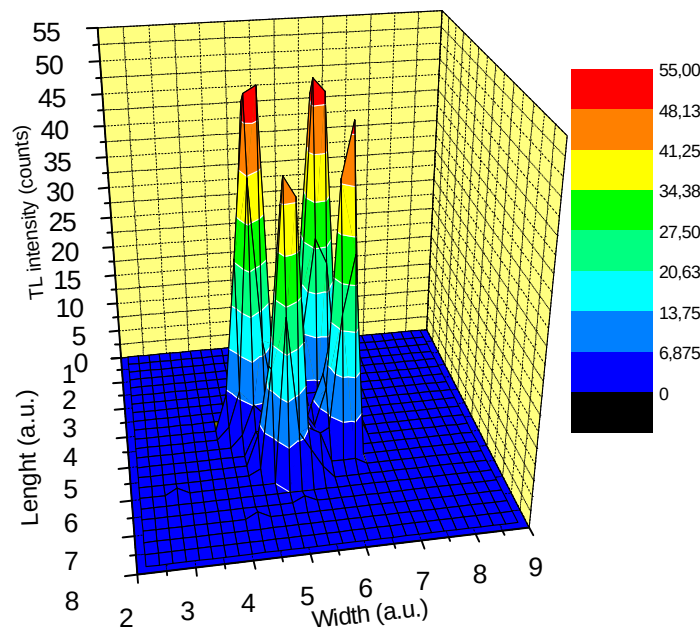


**Dynamic irradiation**

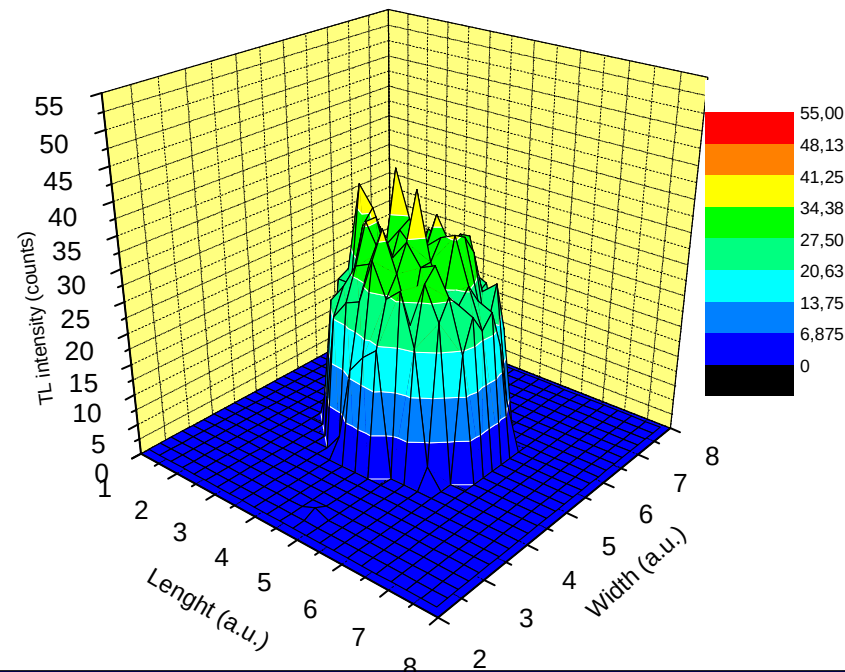


M. Budzanowski, P. Olko, N. Golnik, *A Method for Distinguishing Between Static and Dynamic X-Ray Exposure of a personal Tl-Badge Using the CCD Camera Reader*, Radiat. Prot. Dosim. (2006) (w druku)

# 3-D images, 28keV, 1 mm Pb filter



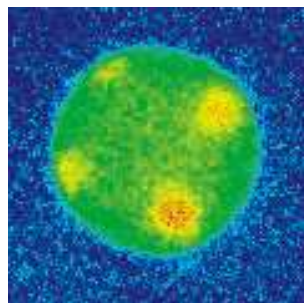
Static exposure



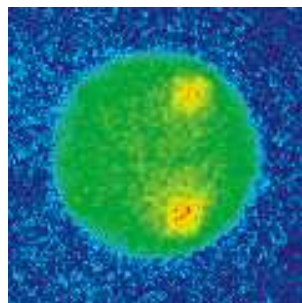
Dynamic exposure

# IMAGES FOR 33 keV X-RAY ENERGY

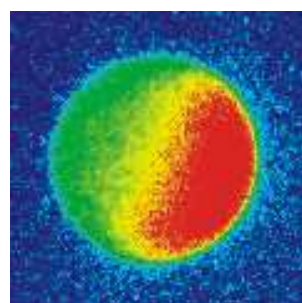
Angle 0°



Angle 30°



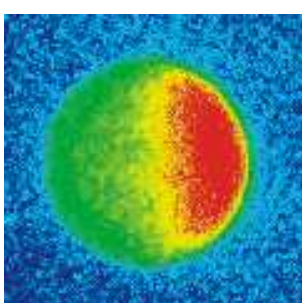
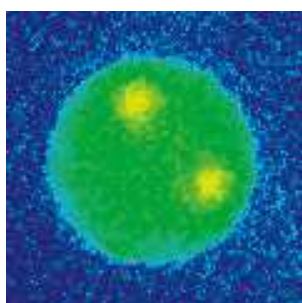
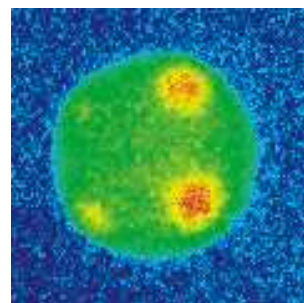
Angle 60°



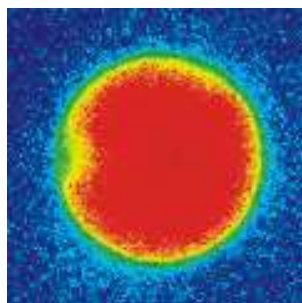
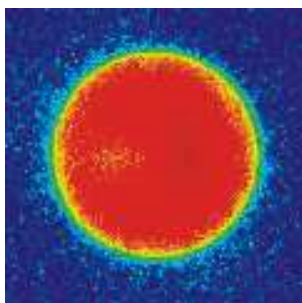
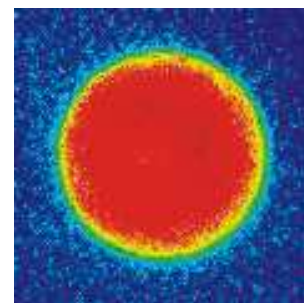
Filter



Pb with holes



Cu with holes

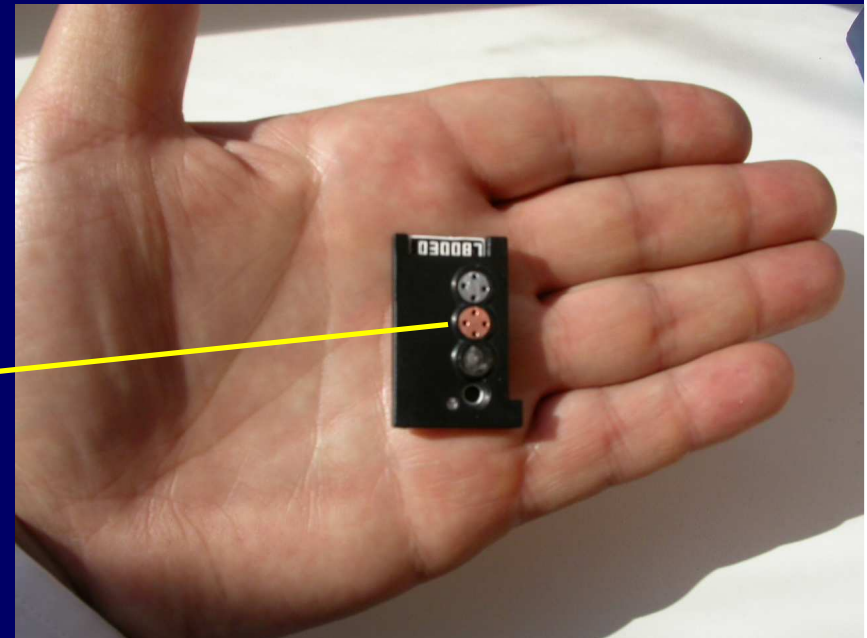
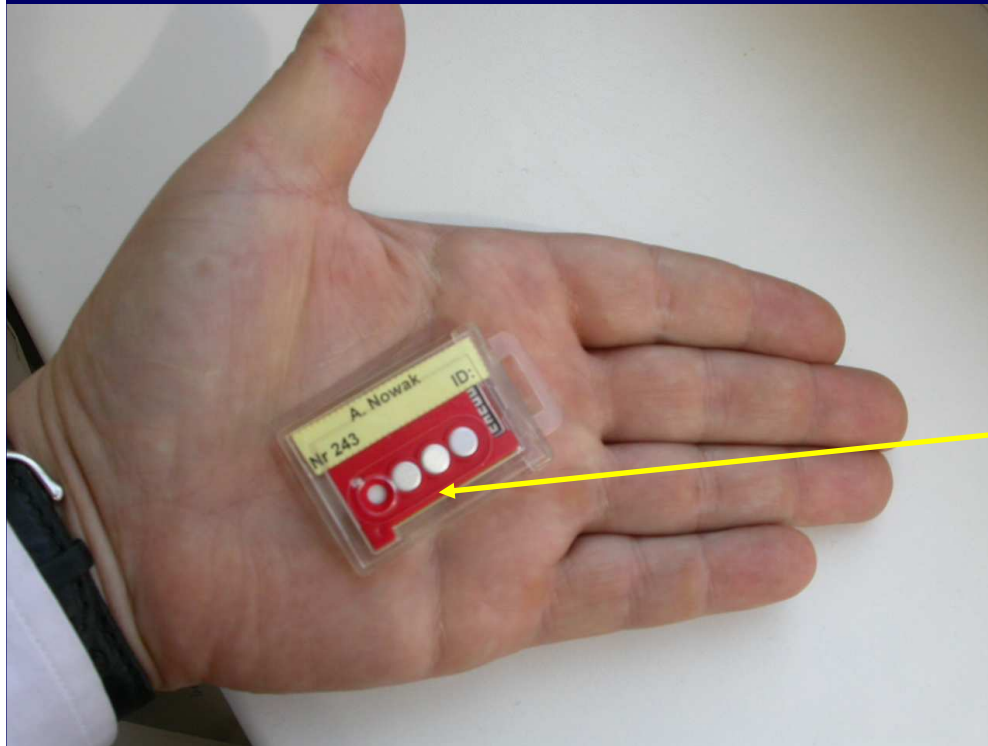


Pb needle





# PLANS FOR USE IN ROUTINE DOSIMETRY



**Third filter in standard badge will be replaced  
with one of tested and detector will be  
readout in only for verification of abnormal dose levels.**

# **POMIARY ŚRODOWISKOWE**

---



# DOZYMETRIA ŚRODOWISKOWA PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO

Pomiar dawki lub mocy dawki w danym punkcie pomiarowym



Fot. Dawkomierz DS-86 w punkcie środowiskowym i elementy składowe

# **POMIARY ŚRODOWISKOWE NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW TLD**

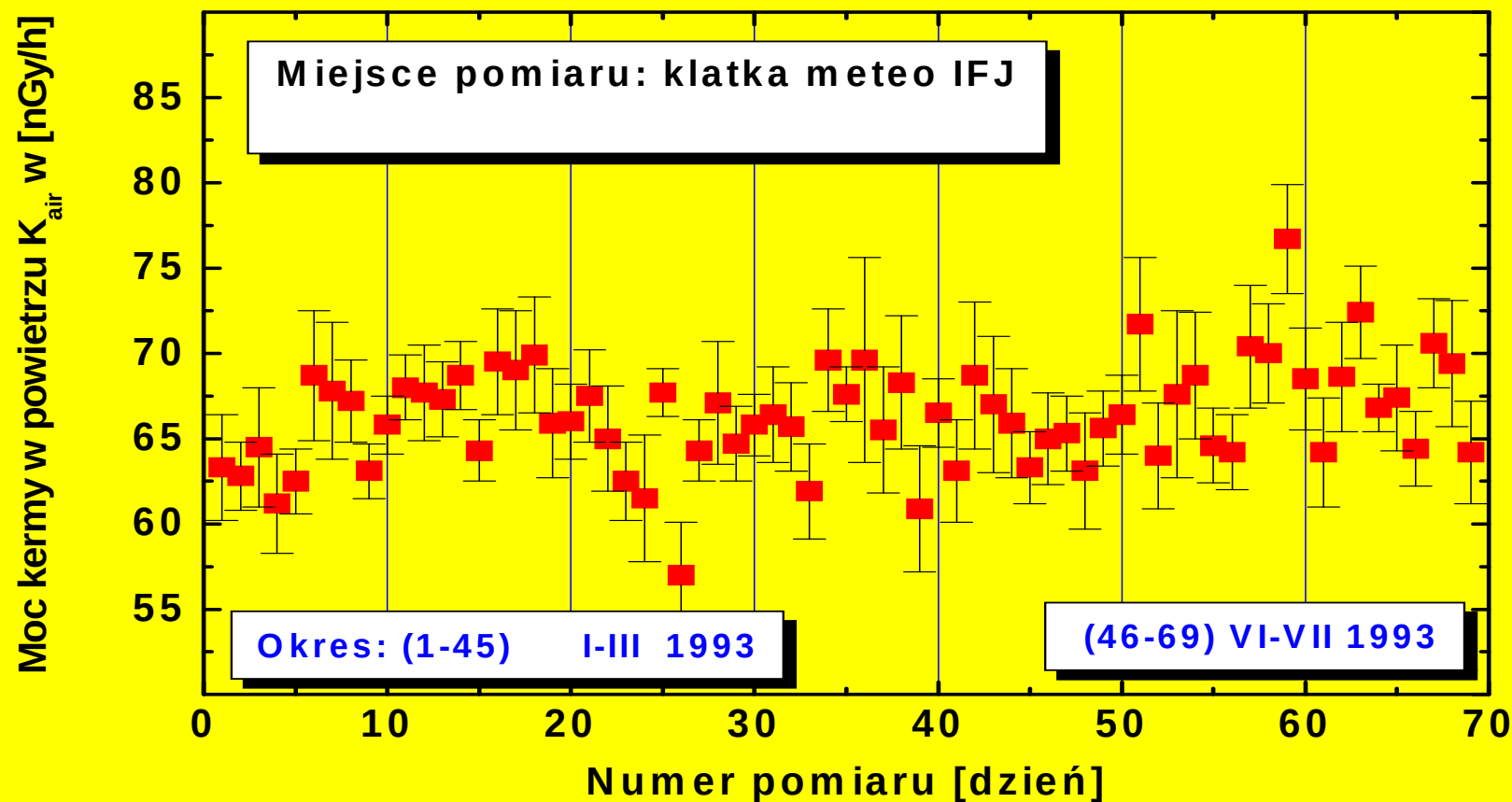
---

**Rutynowe pomiary w ok. 60 punktach pomiarowych na  
terenie otwartym i w budynkach od 1992 roku**

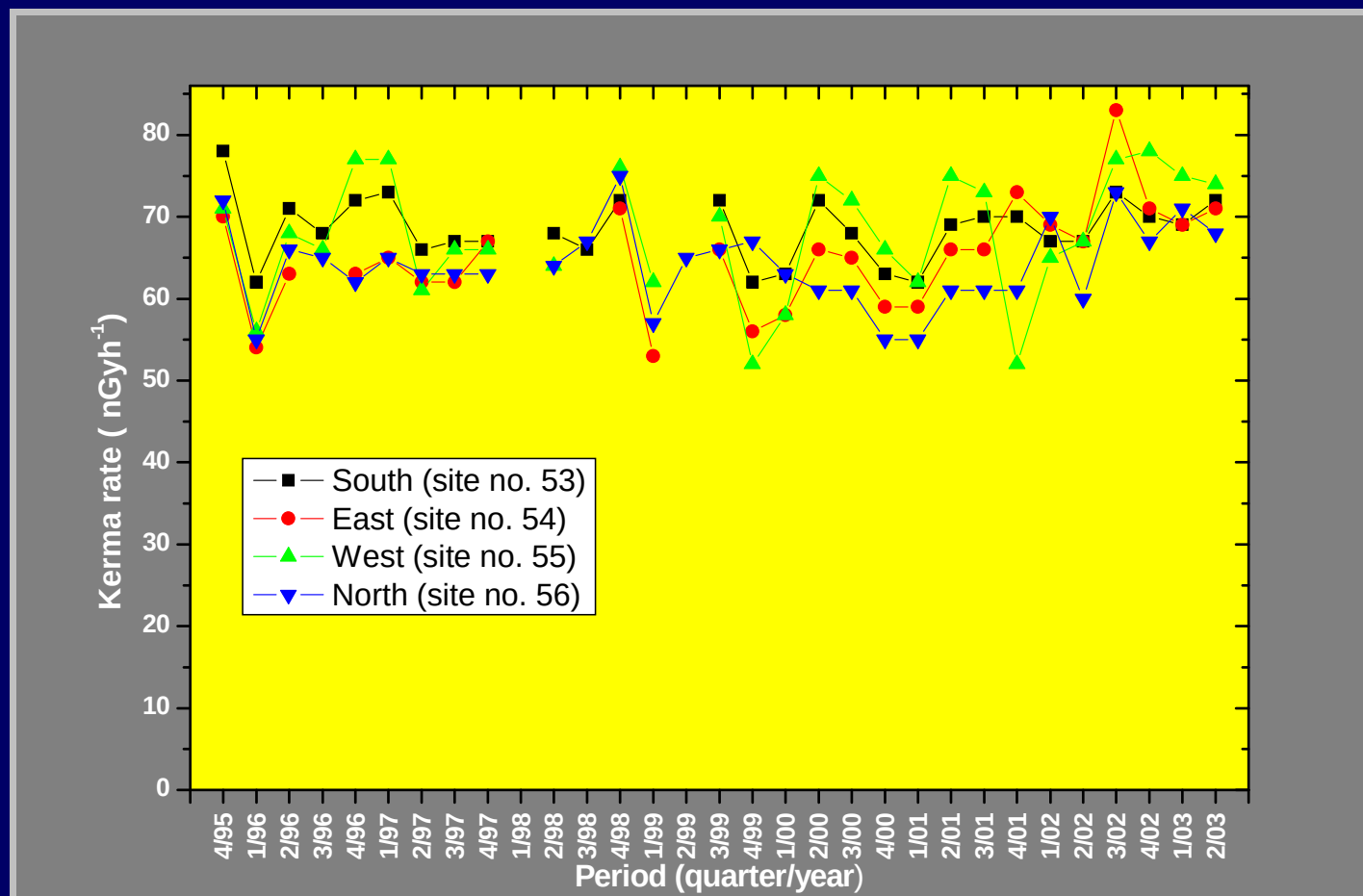
**Okresy pomiarowe od 1 doby do 3 miesięcy**

**Stosowane detektory MTS-N (LiF:Mg, Ti) i  
wysokoczule MCP-N (LiF:Mg, Cu, P)**

# DOBOWE POMIARY ŚRODOWISKOWE NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW MCP-N

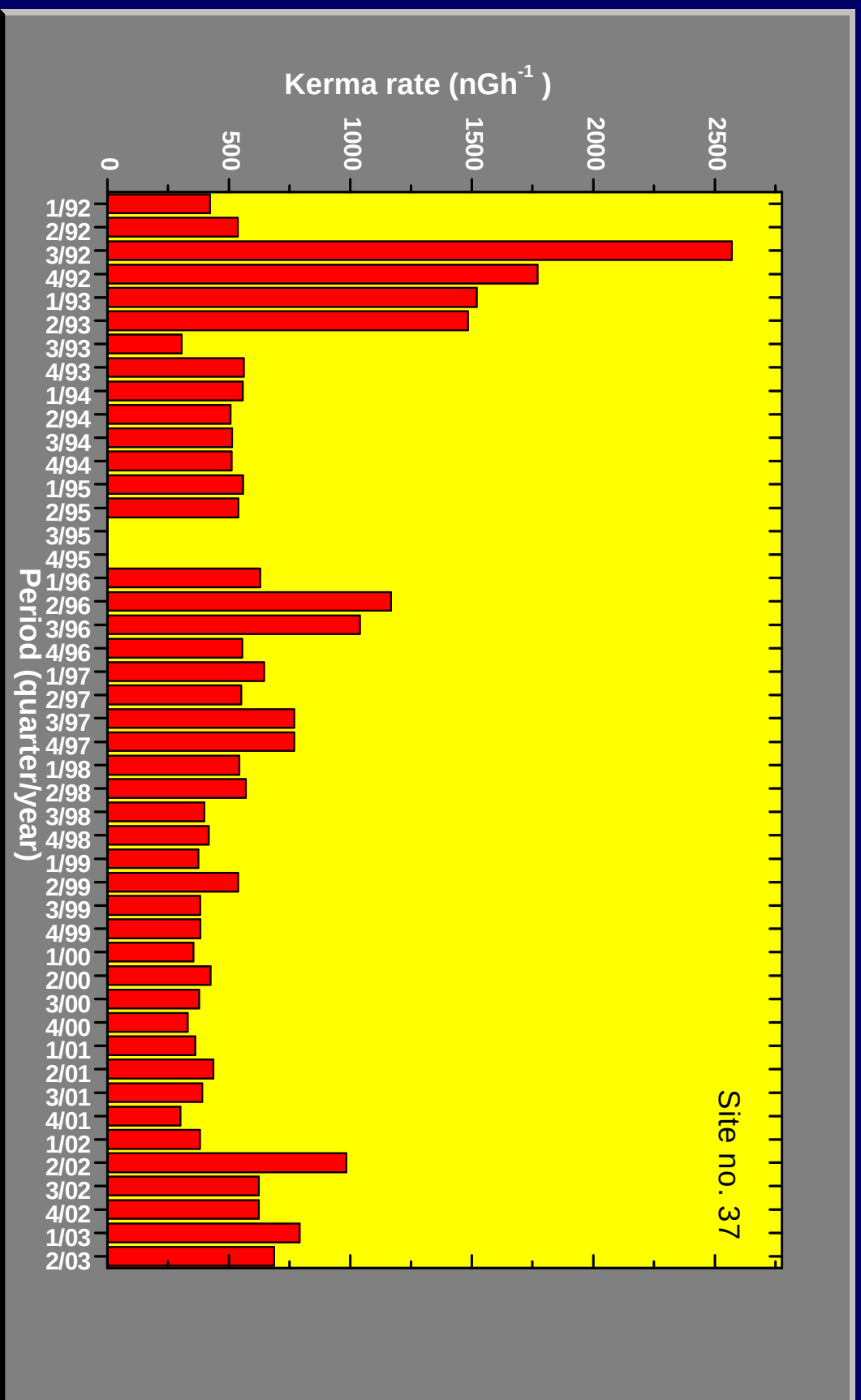


# KWARTALNE POMIARY MOCY DAWEK NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW TLD



Teren otwarty IFJ PAN

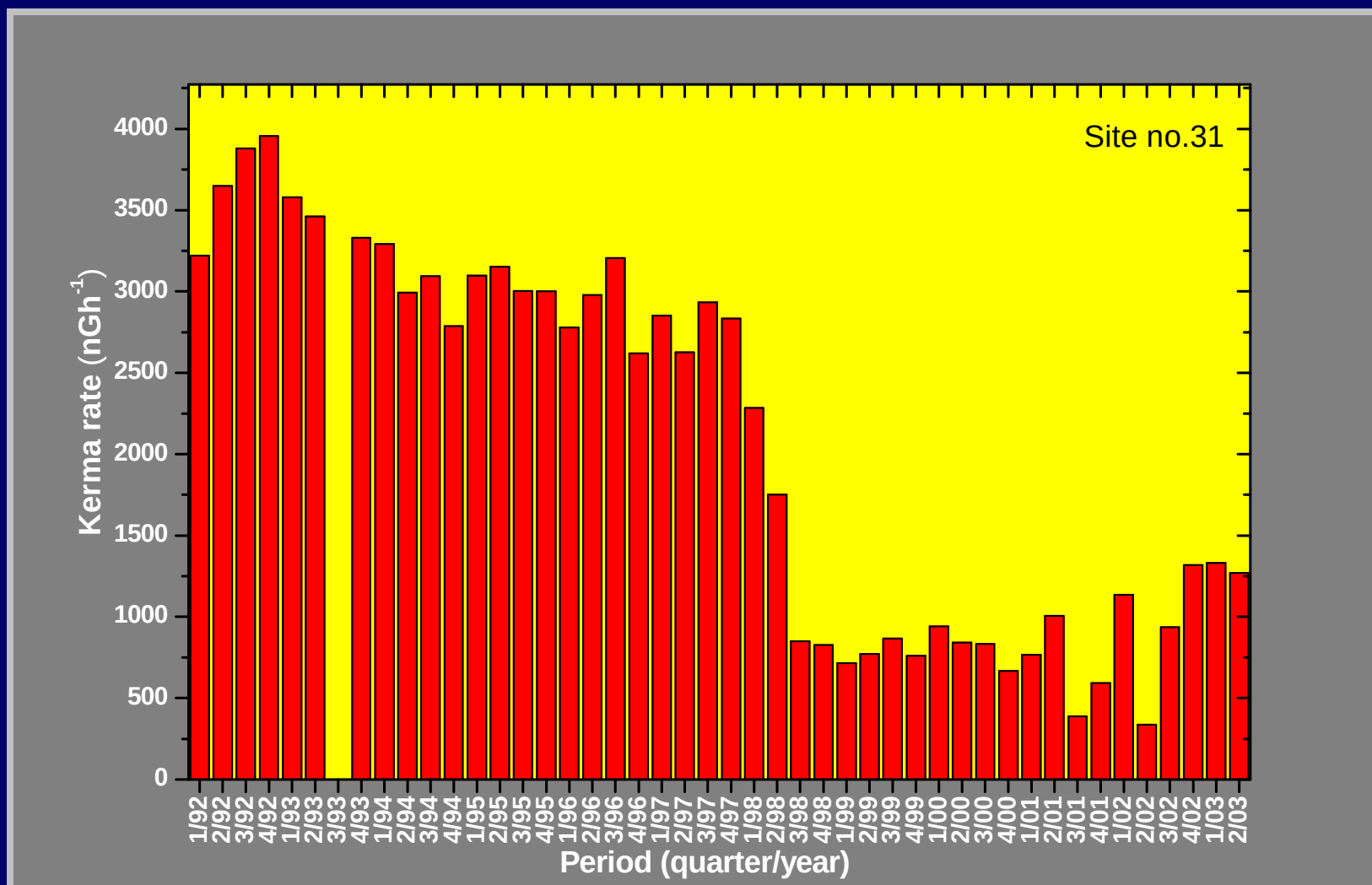
# KWARTALNE POMIARY MOCY DAWEK NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW TLD



Drzwi wejściowe do magazynu izotopów promieniotwórczych IFJ PAN



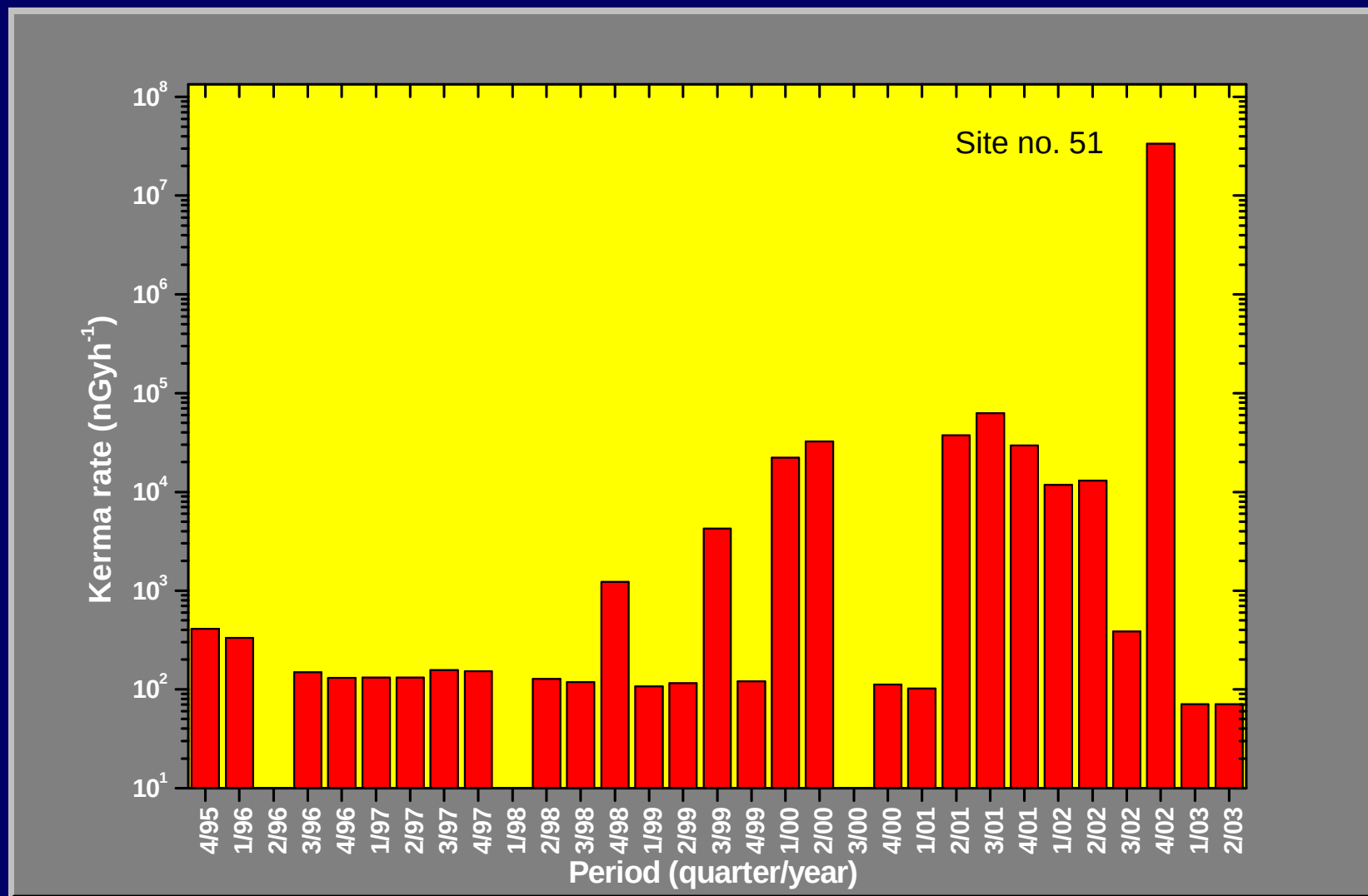
# KWARTALNE POMIARY MOCY DAWEK NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW TLD



Magazyn odpadów promieniotwórczych IFJ PAN

M. Budzanowski, P. Olko, B. Obryk, E. Ryba i A. Nowak *Long-term environmental monitoring based on MTS-N (LiF:Mg,Ti) and MCP-N (LiF:Mg,Cu,P) Thermoluminescent Detectors, Radiat. Measurements 38, (2004) 821-824*

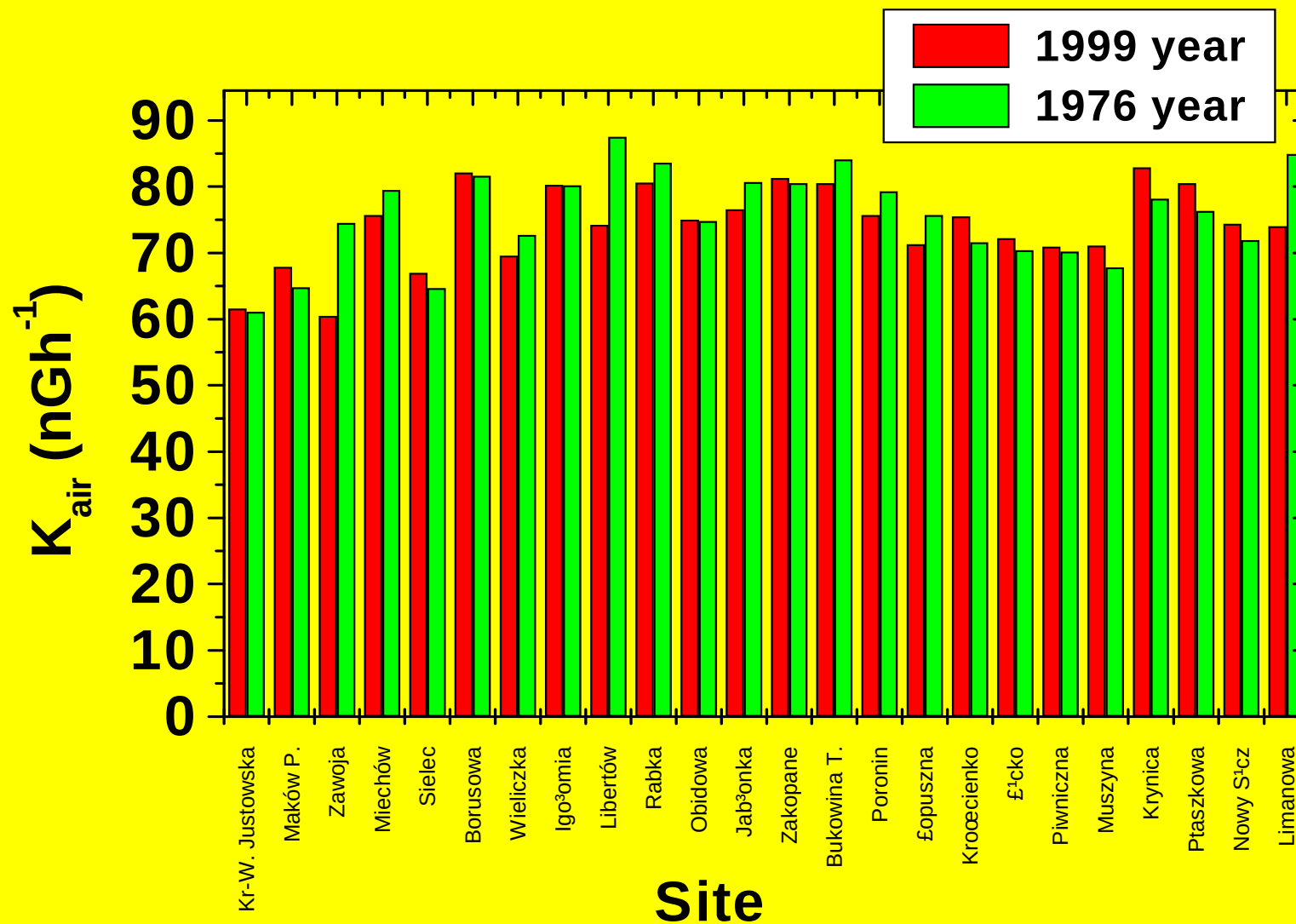
# KWARTALNE POMIARY MOCY DAWEK NA TERENIE IFJ PAN Z UŻYCIEM DETEKTORÓW TLD



## Pomieszczenie cyklotronu

M. Budzanowski, P. Olko, B. Obryk, E. Ryba i A. Nowak *Long-term environmental monitoring based on MTS-N (LiF:Mg,Ti) and MCP-N (LiF:Mg,Cu,P) Thermoluminescent Detectors, Radiat. Measurements 38, (2004) 821-824*

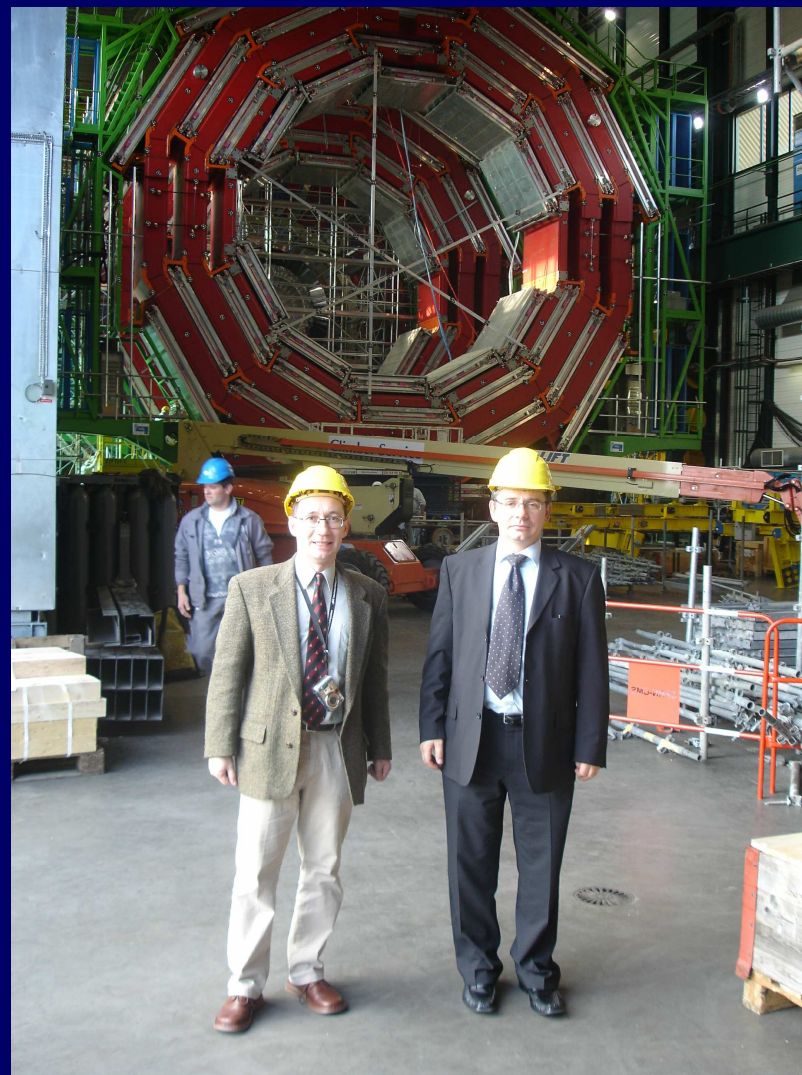
# MAŁOPOLSKA PRZED I PO CZARNOBYLU



M. Budzanowski, P. Olko, E. Ryba i U. Woźnicka, *A System for Rapid Large-Area Monitoring of Gamma Dose Rates in the Environment Based on MCP-N (LiF:Mg,Cu,P) TL Detectors*, Radiat. Prot. Dosim. Vol. 101, Nos. 1-4, pp. 205-209 (2002)

# **POMIARY ŚRODOWISKOWE W CERN'ie**

**Od 2006 r. ruszają pomiary**



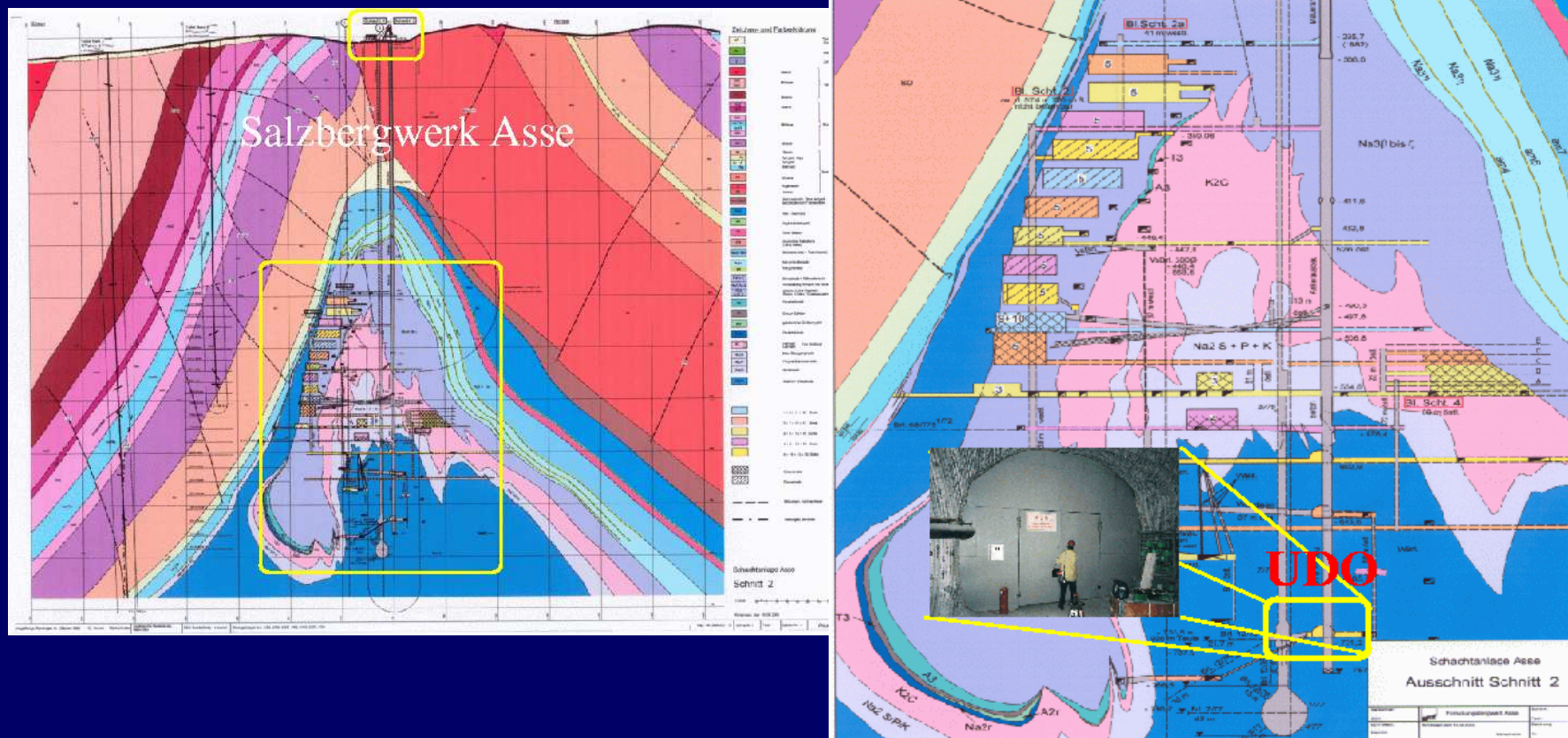
**Kontrakt z IFJ PAN na 3+2 lata, ok. 600 punktów pomiarowych**

# **POMIARY W KOPALNIACH**

---



# POMIARY w KOPALNII ASSE



**Zbadano bieg własny detektorów, który jest na poziomie 1,1 mSv/h czyli 70 razy mniejszy niż tło na powierzchni ziemi**

Budzanowski M., Burgkhardt B., Olko P., Peßara W., Waligórski M.P.R. Long-term investigation on self-irradiation and sensitivity to cosmic rays of TL detectors types TLD-200, TLD-700, MCP-N and new phosphate glass dosimeters. Radiat.Prot.Dosim. 66:135-138, 1996

# POMIARY w POLKOWICACH (KGHM)



Czerwiec 2005 - przygotowanie



Portret zespołu IFJ PAN i UŚ



Listopad 2005 – odczyt TLD

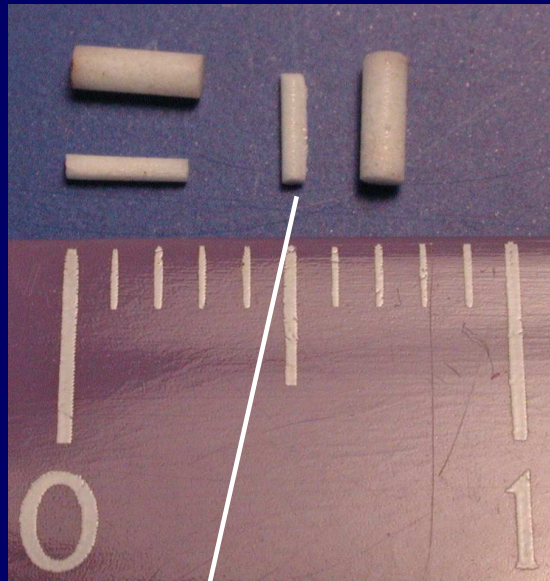
**Zmierzone moc kermy = 1,8 nGy/h  
Jest miejsce niskotłowe w Polsce**

## **ZASTOSOWANIA KLINICZNE**

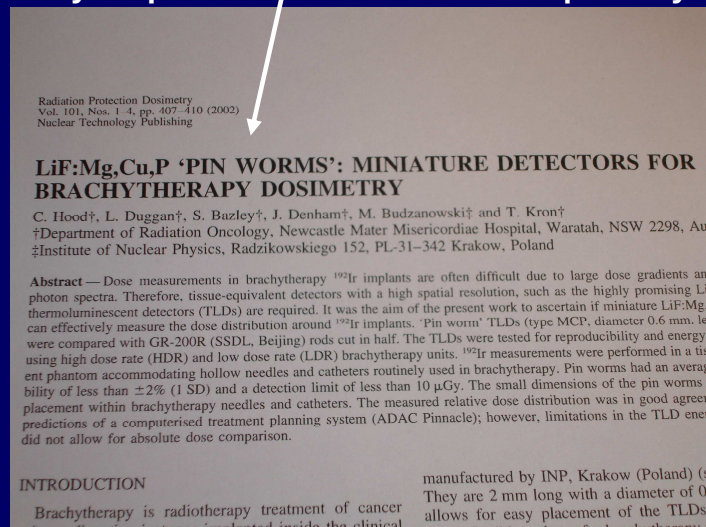
---



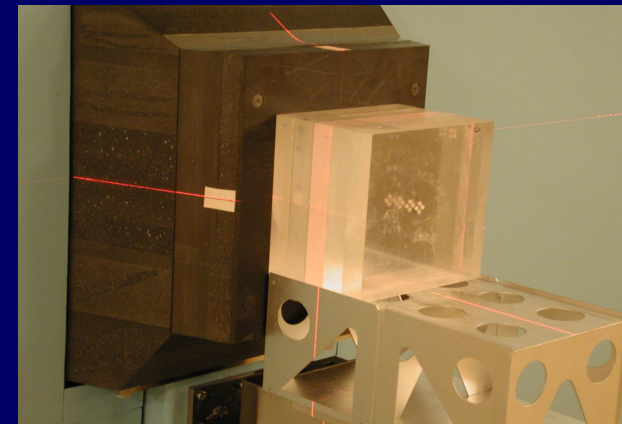
# MINIATUROWE DETEKTORY w RADIOTERAPII



Miniaturowe vel „owsiki” (fi0,5mmx3mm) detektory z LiF:Mg,Cu,P oficjalnie stosowane w potwierdzaniu dawek w brachyterapii nowotworów ślinianek i prostaty w Australii



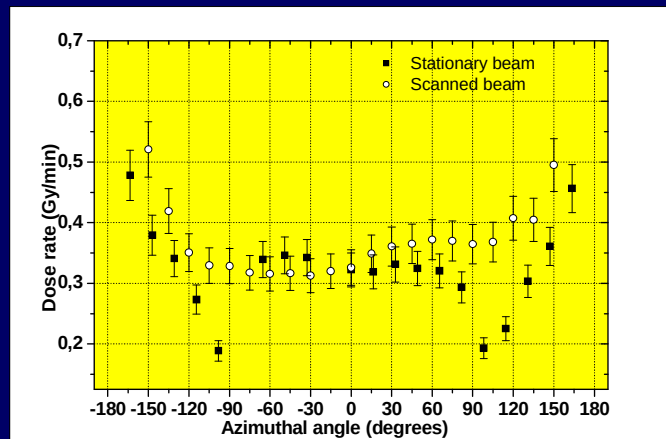
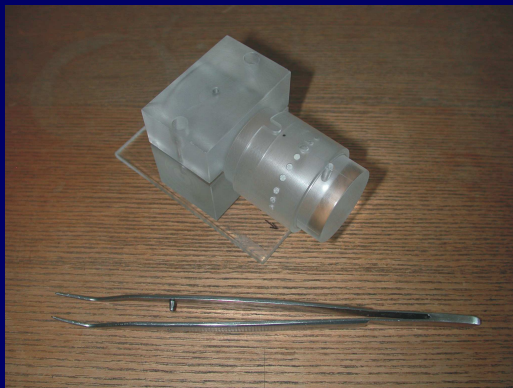
Miniaturowe (fi2mm) detektory z  $^6\text{LiF:Mg,Ti}$



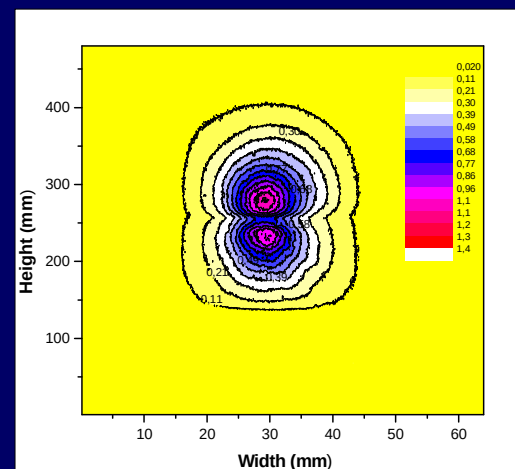
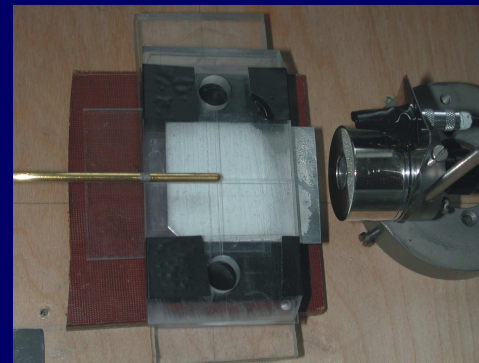
Badanie rozkładu dawki w fantomie głowy na stanowisku do terapii neutronowej w Studsvik

P. Bilski, M. Budzanowski, E. Ochab, P. Olko i Ł. Czopyk  
Dosimetry of BNCT Beams with Novel Thermoluminescent Detectors  
Radiat. Prot. Dosim. (2004), Vol. 110, pp 623-626

# MINIATUROWE DETEKTORY W RADIOTERAPII



Miniaturowe detektory z LiF:Mg,Cu,P w pomiarze rozkładu dawki wokół „igły fotonowej” z IPJ, zdjęcie fantomu i wyniki.



Cienkowarstwowe detektory z LiF:Mg,Cu,P w pomiarze rozkładu dawki wokół „igły fotonowej” z IPJ, zdjęcie układu pomiarowego oraz wyniki.

## **PODSUMOWANIE**

---

### **DOKĄD ZMIERZA DOZYMETRIA TERMOLUMINESCENCYJNA ?**

**W DOBRYM  
KIERUNKU**

- ☒ zorganizowano najnowocześniejsze laboratorium w Polsce
- ☒ uzyskano FS na rozwój dozymetrii TL ok. 1,6 mln zł
- ☒ prowadzi się wiele prac badawczych z dziedziny TL - granty
- ☒ stosuje się w pomiarach niskotłowych (kopalnie)
- ☒ stosuje się w pomiarach terapeutycznych
- ☒ stosuje się w CERN (trudne pola prom.)
- ☒ stosuje się na pokładzie samolotów (trudne pola pom.)
- ☒ stosuje się w kosmosie (trudne pola prom.)