



Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
Laboratorium Techniki Jądrowych
ul. Dorodna 16; 03-195 Warszawa

**ZASTOSOWANIE
PROMIENIOWANIA
JONIZUJĄCEGO W
DIAGNOSTYCE DUŻYCH
INSTALACJI
PRZEMYSŁOWYCH**

(GAMMA SCANNING)

Adrian Jakowiuk

Gamma Skaning

Gamma Skaning jest to jedna z szerokiej gamy technik radiometrycznych, stosowanych w przemyśle. **Polega ona na pomiarze osłabienia promieniowania przez badaną instalację, kolumnę lub inne urządzenie przemysłowe.**

Celem pomiarów przy użyciu techniki Gamma Skaningu jest **wykrywanie i lokalizacja zakłóceń procesów technologicznych**, których przyczynami mogą być **nieprawidłowy rozkład przepływającego i obrabianego medium** (osady, zatory) oraz **uszkodzenia wewnętrzne konstrukcji**.

Źródłem promieniowania gamma najczęściej jest ^{137}Cs , ^{60}Co lub neutronowe.

Radioisotope Technology as Applied to Petrochemical Industry, Rachad Alami and Abdeslam Bensitel, Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires, Petrochemicals, InTech, 2012, ISBN 978-953-51-0411-7 Morocco

Gamma Skaning

Na świecie istnieją firmy, które przeprowadzają tego typu pomiary na szeroką skalę. Najwięcej pomiarów przeprowadzanych jest na terenie Stanów Zjednoczonych oraz w krajach Azjatyckich (*przy współpracy z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej*).



W Polsce nie ma obecnie żadnej firmy, która prowadziłaby tego typu prace.

Laboratorium Techniki Jądrowych (*Instytut Chemii i Techniki Jądrowej*), jako jedyne w Polsce posiada aparaturę do Gamma Skaningu. Aparatura ta została opracowana przy współpracy z ***Międzynarodową Agencją Energii Atomowej***.

Application of nuclear techniques in industry and environment and their impact on the economy of developed and developing countries Dr. Jovan THERESKA Consultant and Expert on Radioisotopes and Radiation Applications in industry and environment International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. <http://www.if.pw.edu.pl/~nauka/konw/historia/k010307a/k010307.pdf>

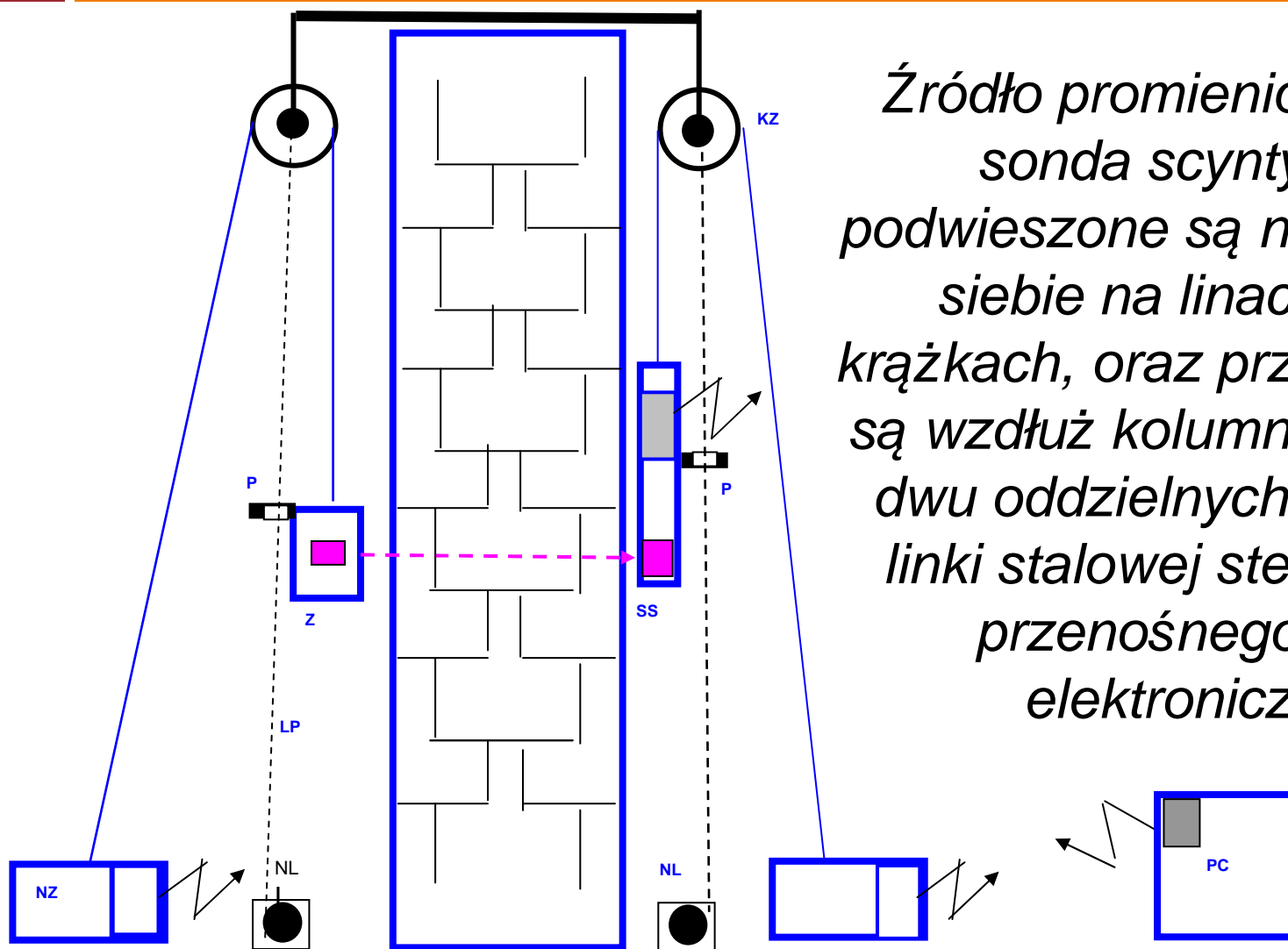
Gamma Skaning - zastosowanie

Podstawowymi zadaniami, do których wykorzystywane są instalacje do Gamma Skaningu są:

- **Określanie poziomów** poszczególnych składników w instalacjach wielofazowych (rozdzielenie fazy ciekłej, emulsji, piany oraz gazowej).
- **Detekcja zakłóceń** w przeprowadzanym procesie powstałych w trakcie pracy instalacji.
- **Detekcja uszkodzeń** mechanicznych powstających w trakcie pracy instalacji.
- **Ocena ogólnego stanu** badanej instalacji.

Podstawowym celem badań przy użyciu techniki Gamma Skaningu jest określenie, czy badaną instalację należy skierować do remontu, co wiąże się często z ogromnymi kosztami.

GS - Koncepcja rozwiązania



Źródło promieniowania oraz sonda scyntylicyjna podwieszane są niezależnie od siebie na linach na dwu krążkach, oraz przemieszczane są wzdłuż kolumny za pomocą dwu oddzielnych wyciągarek linki stalowej sterowanych z przenośnego układu elektronicznego.

Źródło promieniowania

W trakcie badań przemysłowych stosowane mogą być także inne **źródła promieniowania gamma** (^{192}Ir , ^{60}Co).

^{137}Cs o aktywności 550 MBq

^{60}Co o aktywności 380 MBq

^{60}Co o aktywności 3,7 GBq



Współczynnik osłabienia promieniowania gamma		
	Fe	Woda
Gęstość [g/cm ³]	7,89	1,000
^{192}Ir (0,38 MeV)	0,73	0,106
^{137}Cs (0,66 MeV)	0,60	0,088
^{60}Co (1,17 i 1,33 MeV)	0,41	0,062

Rodzaj zastosowanego źródła zależy od wielkości i składu (gęstości) badanej instalacji.

Sonda scyntylacyjna

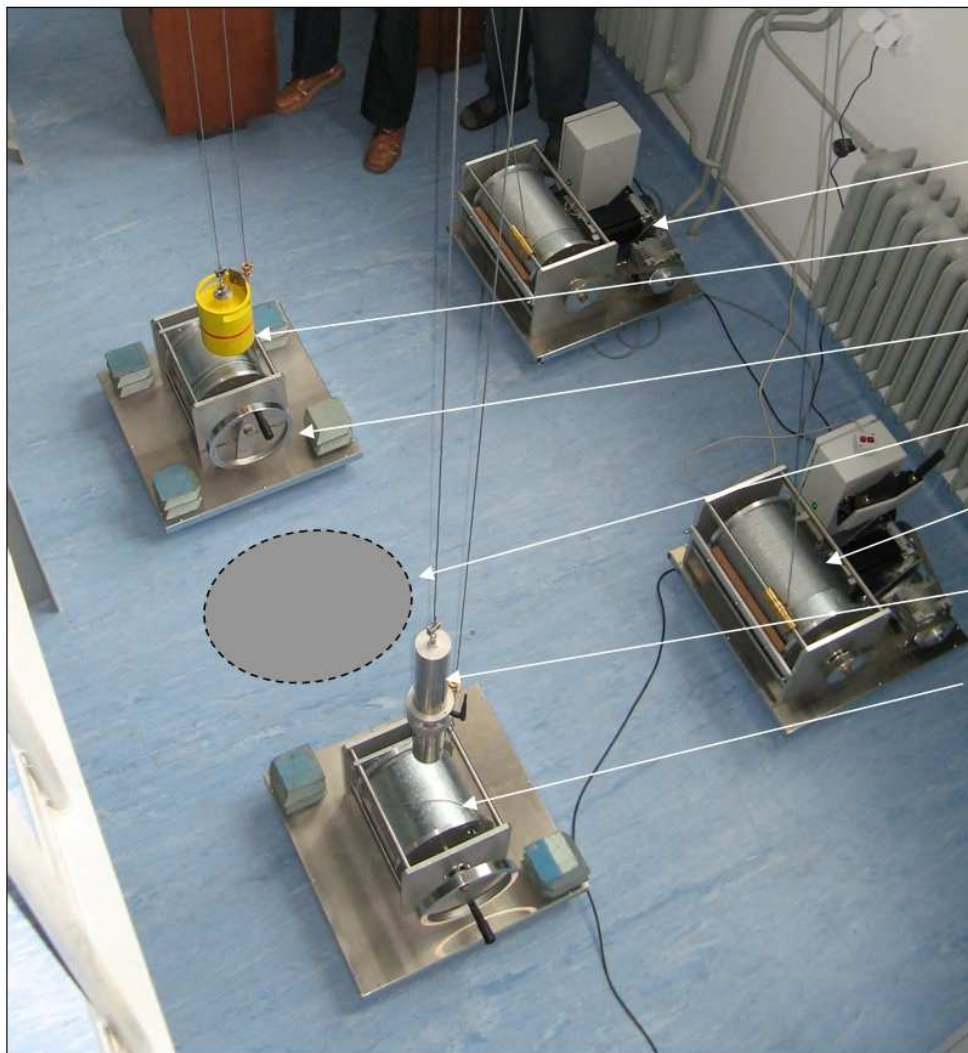


Do detekcji promieniowania gamma służy sonda scyntylacyjna wyposażona w **scyntylator $\varnothing 2'' \times 2''$** oraz w **fotopowielacz o oknie $\varnothing 2''$** .

Sonda wyposażona jest w **układ automatycznej regulacji wysokiego napięcia fotopowielacza**, dzięki czemu niwelowany jest błąd pomiaru wynikający ze zmiany temperatury otoczenia układu detekcji.

Przesyłanie wyników pomiaru jak i **sterowanie pracą** całego układu do Gamma Skaningu odbywa się **bezprzewodowo** (WiFi).

Instalacja testowa w laboratorium



- napęd pojemnika ze źródłem
- pojemnik ze źródłem
- naciąg liny prowadzącej źródła
- pozycja badanej kolumny
- napęd sondy scyntylicyjnej
- sonda scyntylicyjna
- naciąg liny prowadzącej sondy

Oprogramowanie

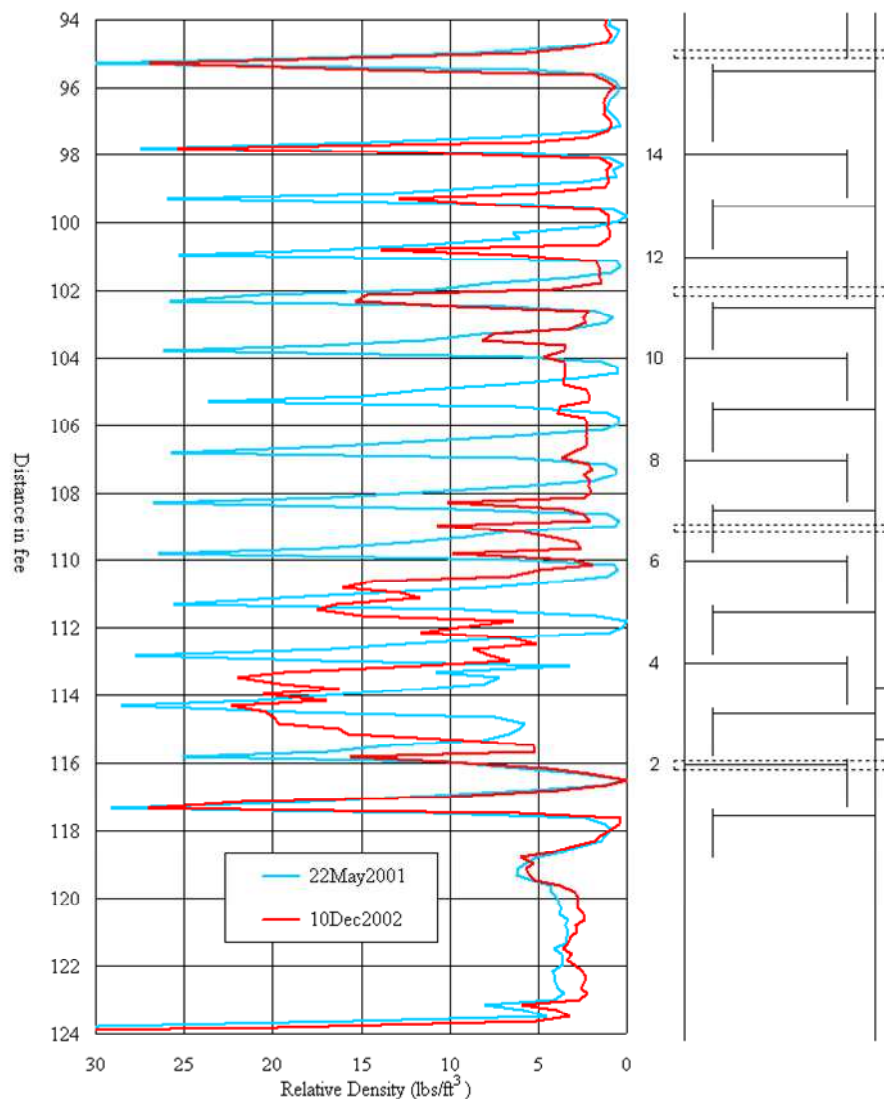
Wprowadzanie danych badanej Instalacji

Okno główne aplikacji

Przesuw sondy

Ustawianie poziomu Sonda - Źródło

Przykłady zastosowania (1)



Kolor niebieski - skanowanie bazowe
Kolor czerwony - skanowanie testowe

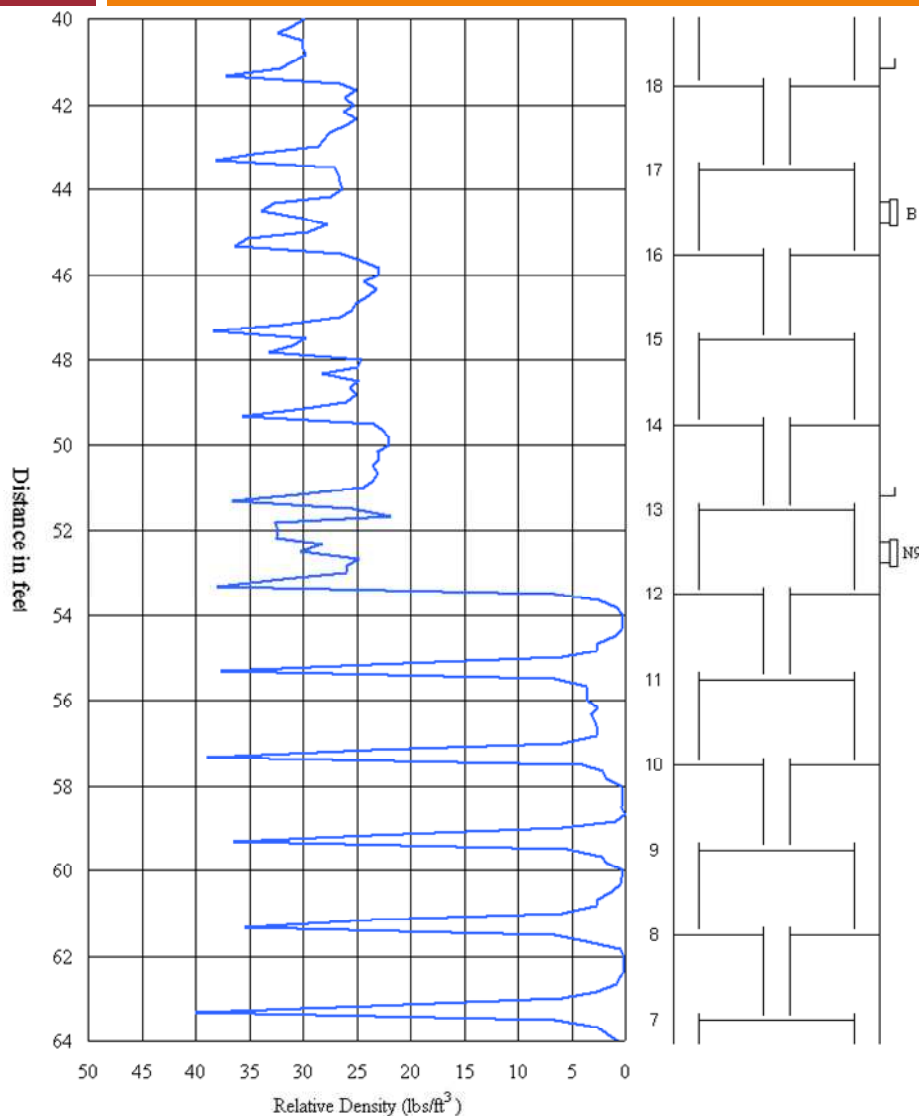
Skanowania testowe wykazało, że w instalacji wystąpiły **znaczne uszkodzenia w elementach od 2 do 13**.

Dzięki skanowaniu możliwe było wczesne określenie jakie elementy należy wymienić. A co za tym idzie zminimalizowano czas przestoju instalacji.

Źródło:

<http://www.towerscan.com/Normally%20Operating%20vs%20Tray%20Damage.pdf>

Przykłady zastosowania (2)



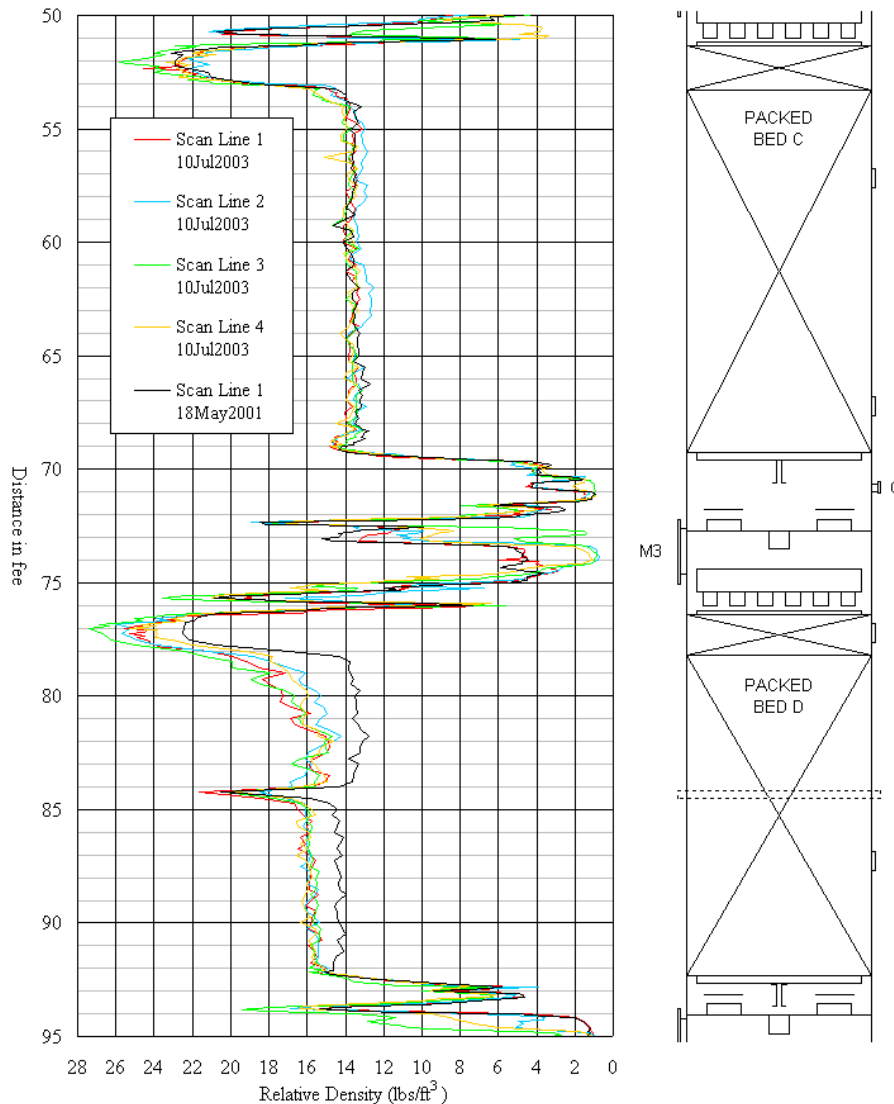
Skonowanie ujawniło że instalacja jest zalewana od półki nr 12 górej.

Skonowanie wykazało, że **w półce nr 12 nie ma przepływu** i należy ją przeczyścić.

Źródło:

<http://www.towerscan.com/Flooding%20-%20Mechanical%20Blockage.pdf>

Przykłady zastosowania (3)



Kolor czarny - skanowanie bazowe (18-05-2001)

10-07-2003 Dokonano czterech skanowań kolumny.

Na podstawie tych pomiarów stwierdzono, że w badanej instalacji **należy poddać czyszczeniu część D.**

Źródło:

<http://www.towerscan.com/Packed%20Bed%20Tower.pdf>

Kraking katalityczny

Kraking katalityczny (*Fluid Catalytic Cracking*) jest podstawowym procesem przy produkcji benzyny. Proces ten służy do konwersji destylatów próżniowych ropy na benzyny i oleje opałowe.

W procesie krakingu katalitycznego cięższe i bardziej złożone węglowodory są rozbijane na lżejsze frakcje. Wsadem są głównie destylaty ropy, czasami mieszane z pozostałościami po rafinacji.

Główne produkty to:

- Frakcja gazowa (gazy krakingowe)
- Frakcje ciekłe (benzyna, olej napędowy)
- **Koks (formujące się złogi na katalizatorze)**

Charakterystyka technologiczna rafinerii ropy i gazu w Unii Europejskiej, Kierownik pracy: mgr inż. Mariusz Mihułka, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, wrzesień 2003 r.

Kraking katalityczny

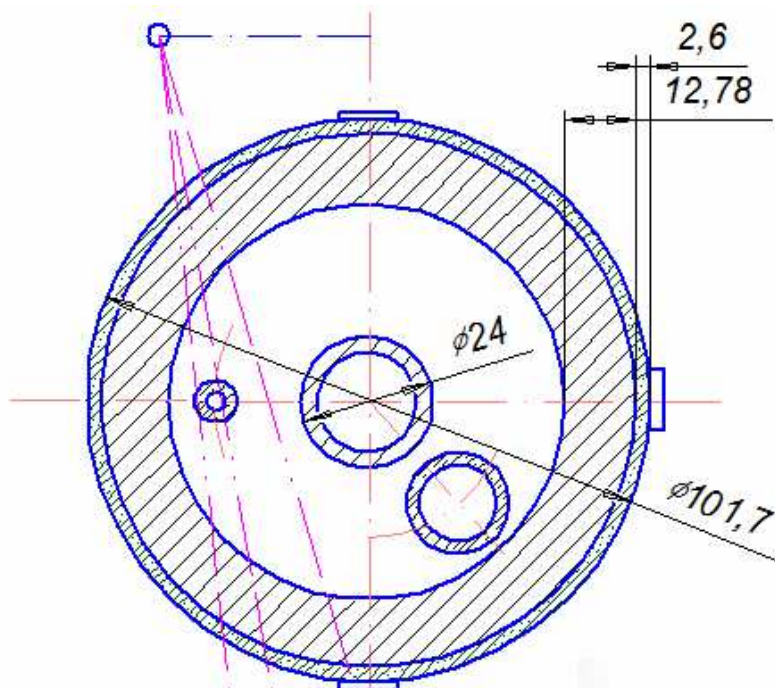


Dane techniczne instalacji:

- Katalizator glino krzemowy ($\rho \approx 0,8 \text{ g/cm}^3$)
- Przepływ: 550 t/godz.
- Średnica rury: 965 mm
- Pancierz: 26 mm
- Wewnątrz rur wykładzina (grubość: 125 mm)
- Temp. wewnętrzna: 700 °C
- Temp. zewnętrzna: 100-200 °C

Źródło: PKN ORLEN S.A. ul. Chemików 7, Płock

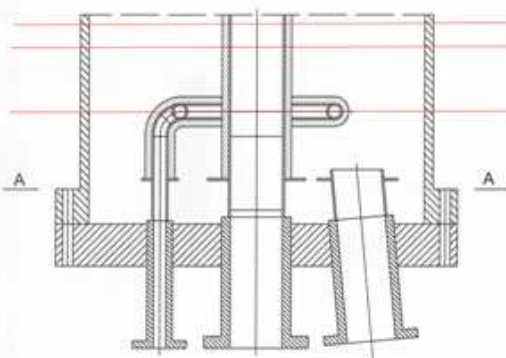
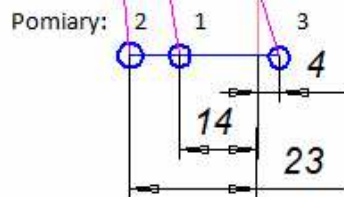
Kraking katalityczny



Pomiar_1 - 2013-07-16 11:06:57
Odległość S-Ż: 141,7 cm

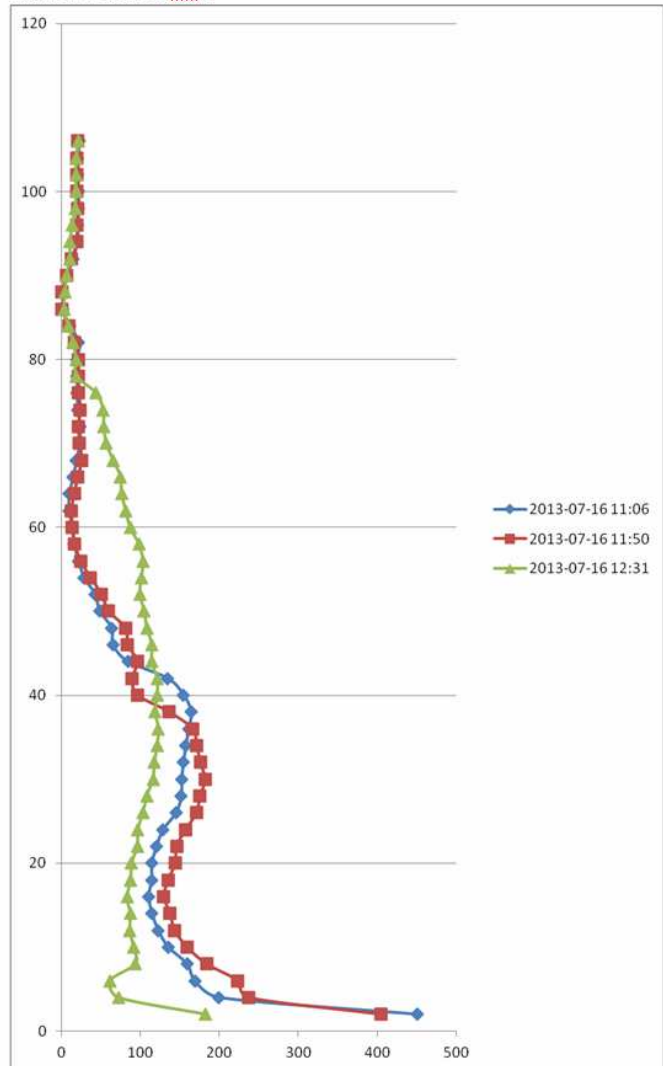
Pomiar_2 - 2013-07-16 11:50:34
Odległość S-Ż: 140,4 cm

Pomiar_3 - 2013-07-16 12:31:31
Odległość S-Ż: 145,8 cm

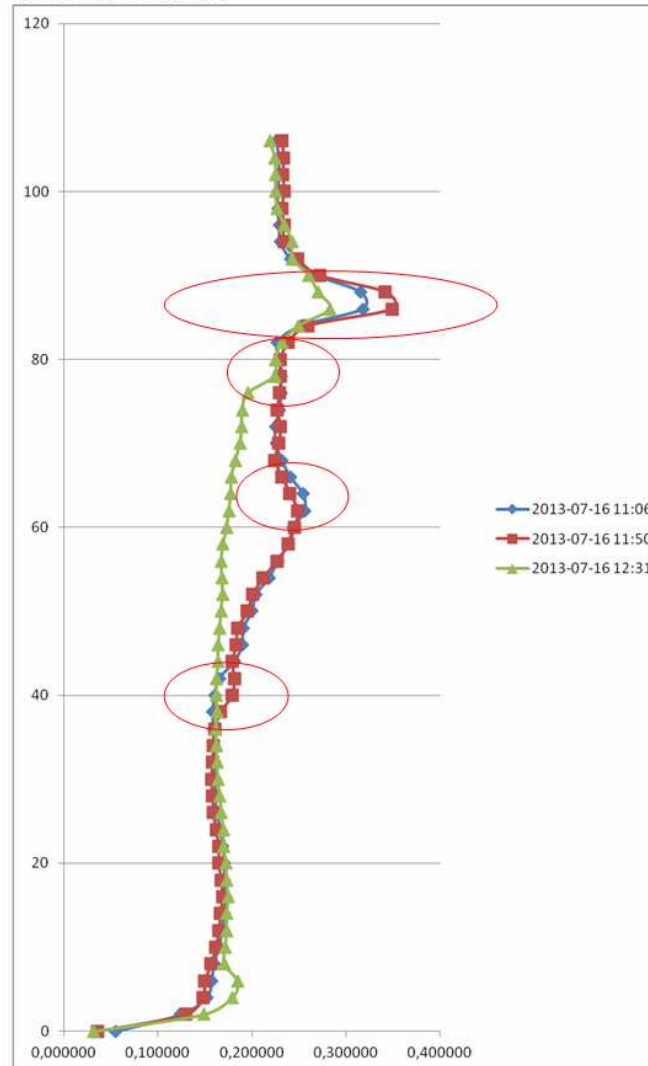


Analiza wyników pomiaru

Wynik skanowania w imp/s



Wyniki skanowania (gęstość)



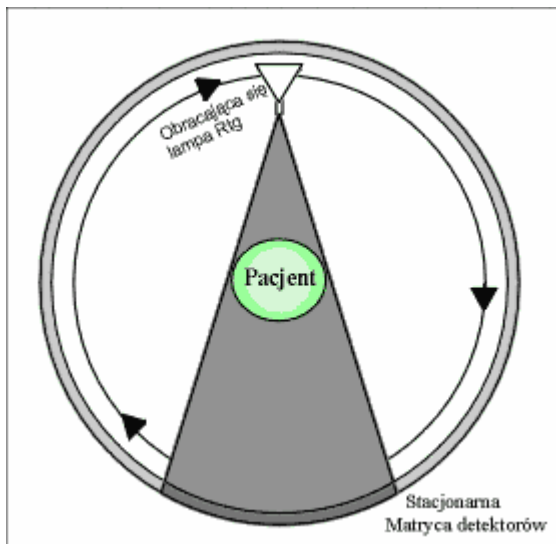
**Do prześwietlenia
będą warstwy**

na wysokości od około
36 do 88 cm,

w szczególności:

- około 40 cm
- około 65 cm
- około 76 cm
- około 88 cm

Tomografia przemysłowa

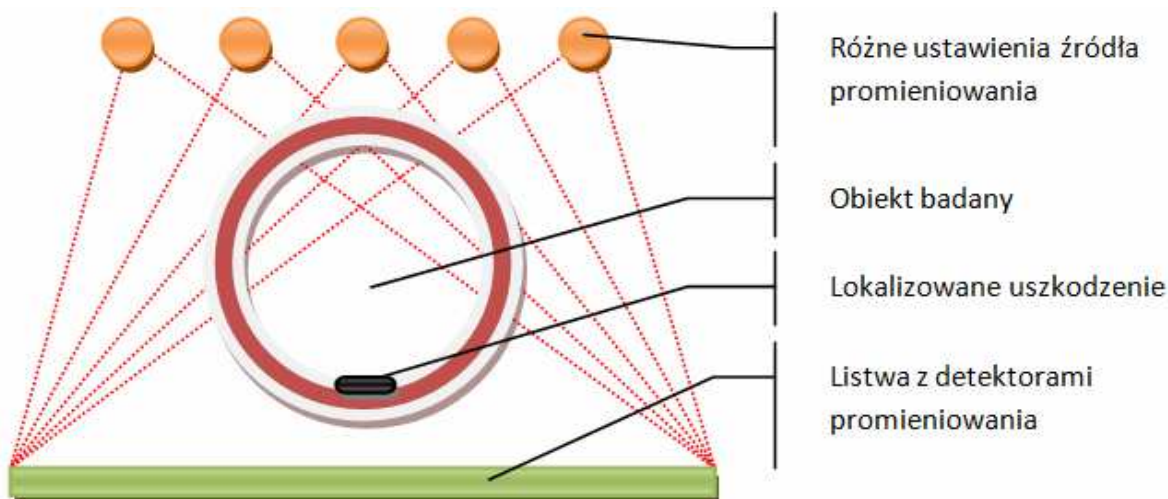


Schemat układu Tomografii Komputerowej

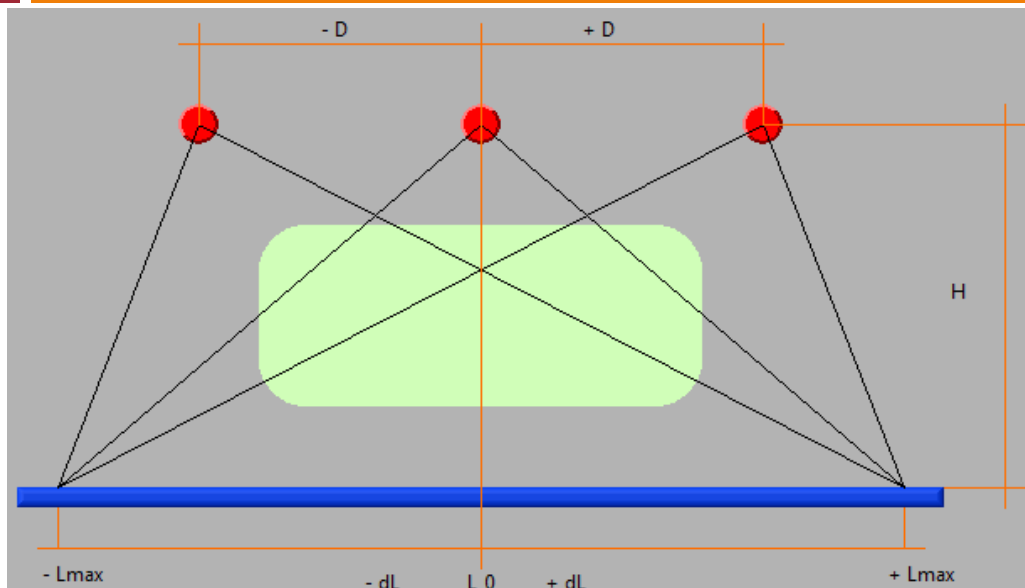
Źródło

https://brain.fuw.edu.pl/edu/Obrazowanie:Obrazowanie_Medyczne/Rentgenowska_Tomografia_Komputerowa

Proponowana geometria pomiaru z zastosowaniem Tomografii Przemysłowej



System skanowania w przekrojach



W strefie badanej umieszczone zostały dwa okrągłe fantomy o różnych gęstościach.

Wykonano 4 pomiary o parametrach:

L_{\max} = 45 cm

dL = 3 cm

H = 90 cm

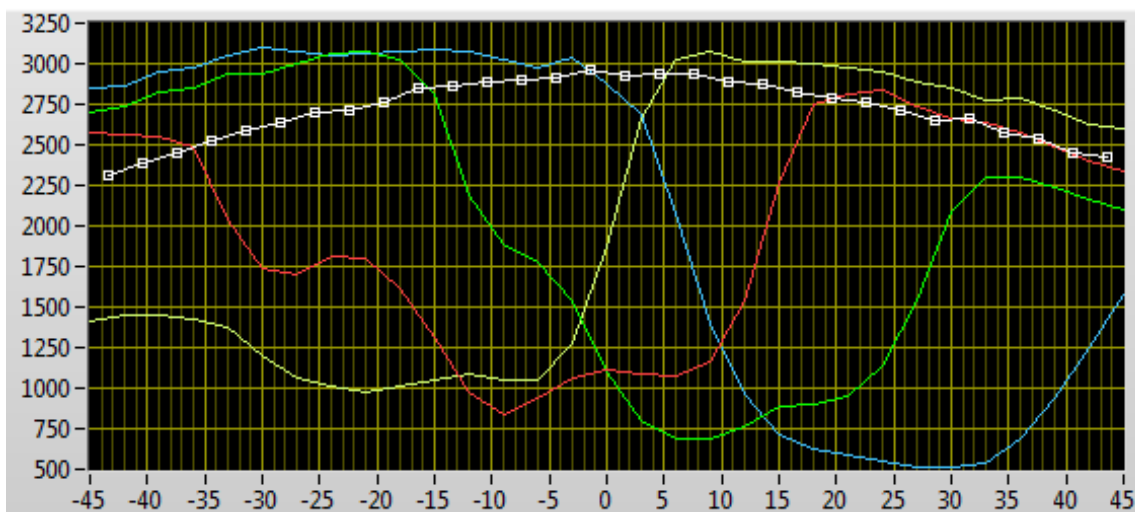
D_0 - pomiar bez fantomu

D_1 = 0 cm

D_2 = -10 cm

D_3 = -20 cm

D_4 = -30 cm



Założenia układu diagnostycznego - pomiar

- Pomiar dokonywane przy użyciu **zestawu do Gamma Skaningu**.
- **Przebieg bazowy** powinien zostać wykonany na instalacji nowej lub w pełni sprawnej (np. po dokonaniu naprawy).
- **Kolejne pomiary** powinny być dokonywane w identycznej geometrii, przy takich samych parametrach.
- Pomiar mogą być dokonywane zarówno **w trakcie pracy instalacji jak i jej przestoju** (ważne jest kontynuowanie pomiarów w takich samych warunkach).

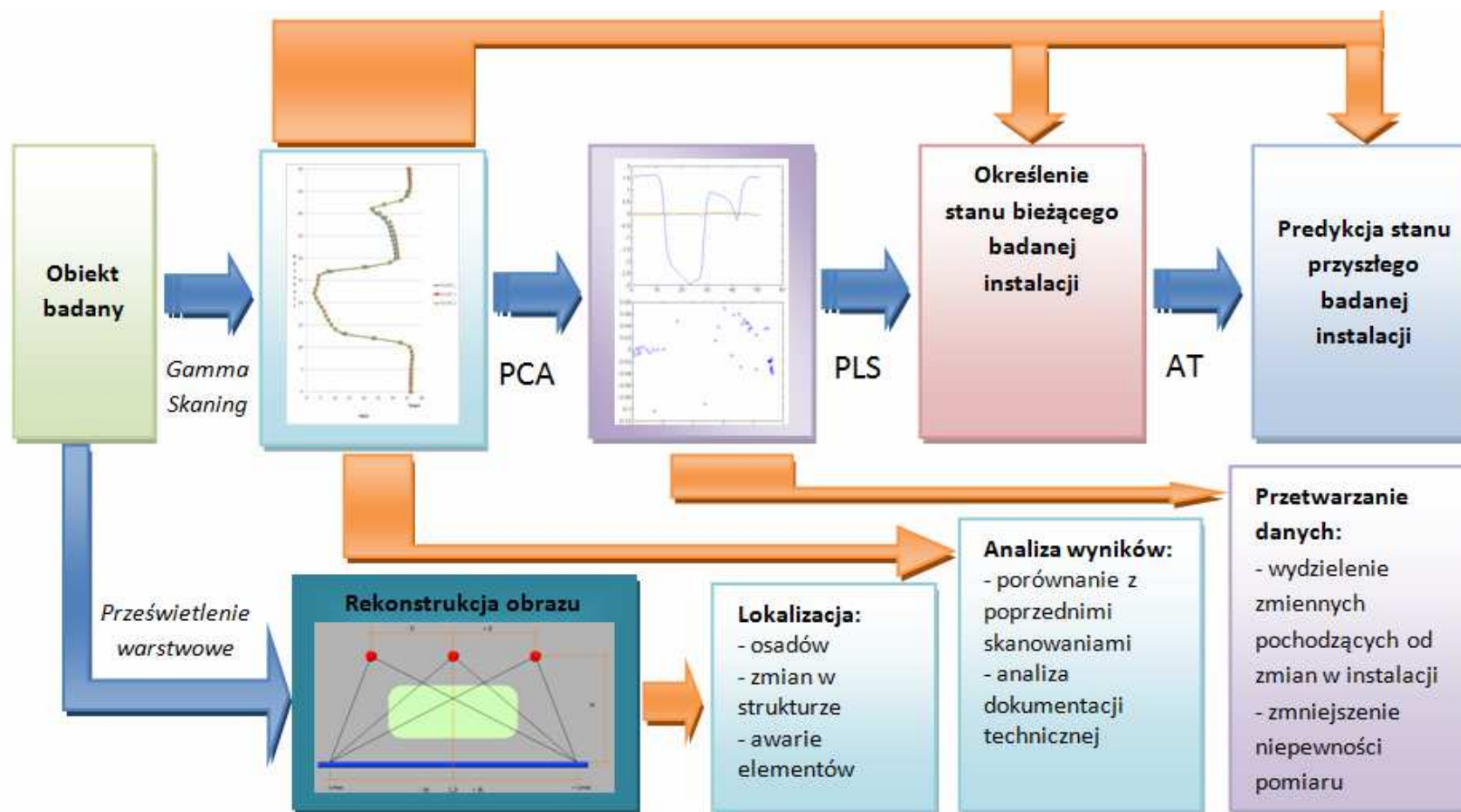
Założenia układu diagnostycznego - detekcja

- **Detekcja uszkodzeń** dokonywana powinna być na podstawie różnicy przebiegu bazowego i bieżącego pomiaru a także historii pomiarów.
- **Określenie miejsc wystąpienia uszkodzeń**
 - *manualnie* – na podstawie wzrokowego porównania przebiegów z różnych skanowań,
 - *automatycznie* – **system detekcji uszkodzeń.**

Założenia układu diagnostycznego - diagnoza

- Porównanie otrzymanych miejsc, w których zlokalizowano uszkodzenia z danymi technicznymi badanej instalacji pozwoli na:
 - **wytypowanie obszaru na którym powstają złogi koksu,**
 - **prognozę stanu technicznego badanego obiektu na podstawie zarejestrowanych zmian w przebiegach poszczególnych skanowań.**

Schemat systemu diagnostycznego



System detekcji uszkodzeń

Obiekt badany - na badanym zbiorniku, w dwóch lokalizacjach, zostały umieszczone centymetrowej grubości warstwy plasteliny.

y – dane

Nr	Poz. 1	Poz. 2
1	0	0
2	1	1
3	2	2
4	3	3
5	3	3
6	3	3
7	2	2
8	2	2
9	1	1
10	1	1
11	0	0
12	0	0

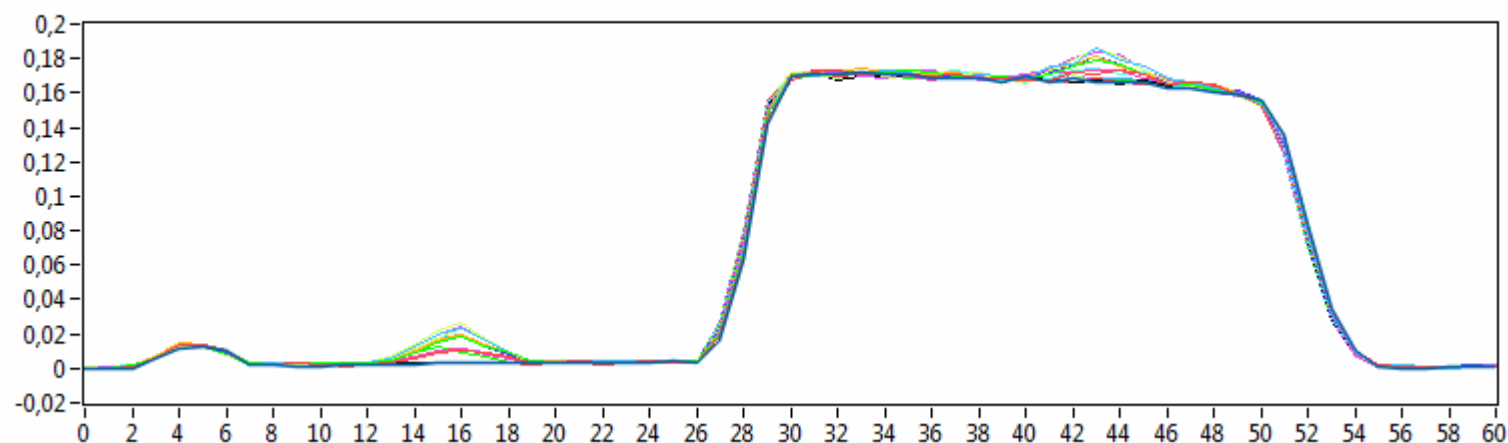
dane sprawdzające

Nr	Poz. 1	Poz. 2
1	0	0
2	1	0
3	2	0
4	3	0

Macierz **X** została utworzona na podstawie:

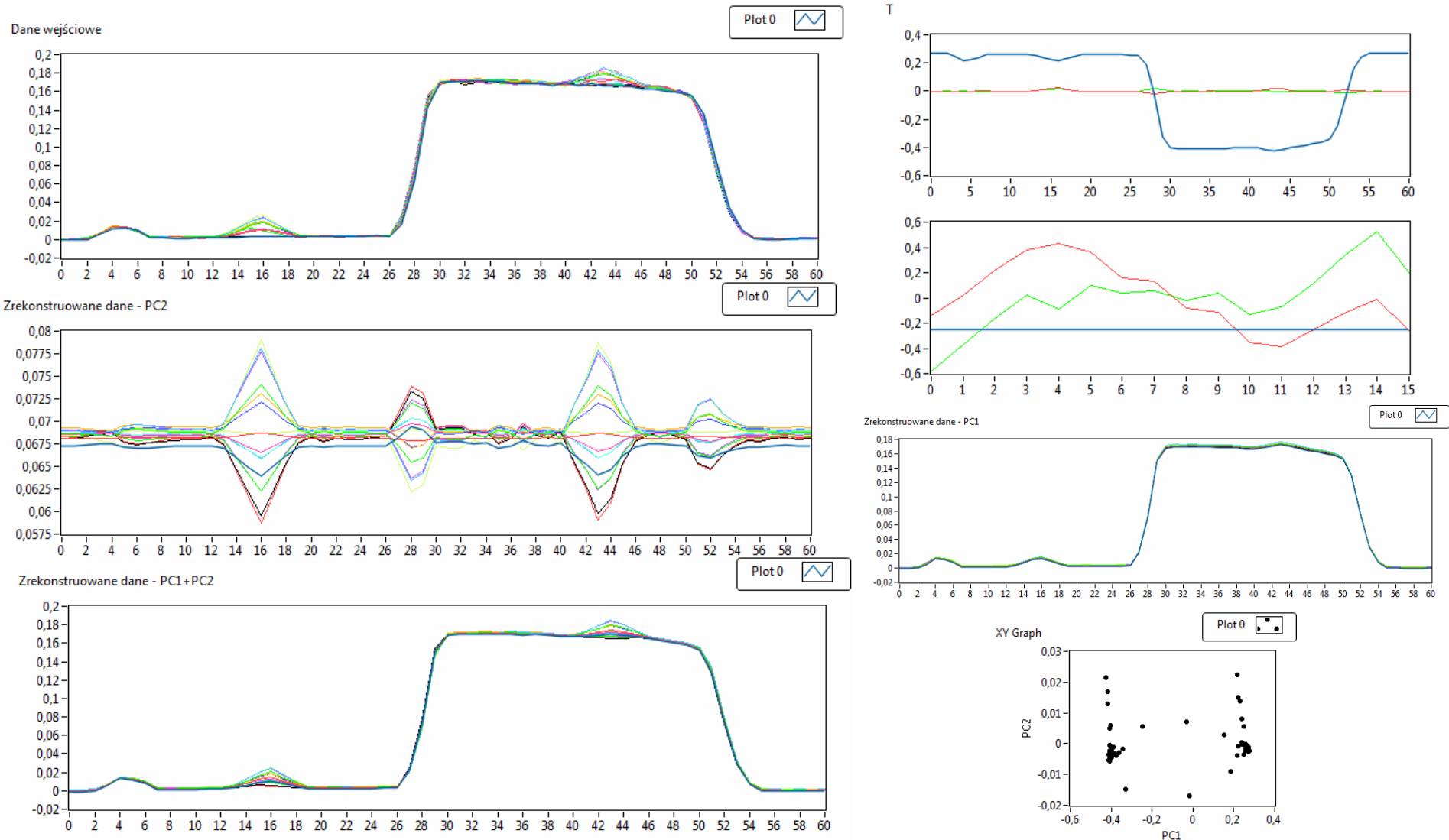
- otrzymanych wyników pomiarów,
- wyników analizy PCA (dane zrekonstruowane na podstawie drugiej składowej PC2)
- wyników analizy PCA (dane zrekonstruowane na podstawie pierwszej i drugiej składowej PC1+PC2)

Dane wejściowe



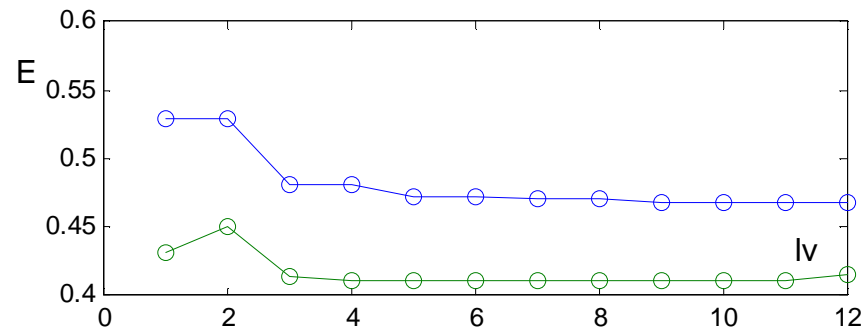
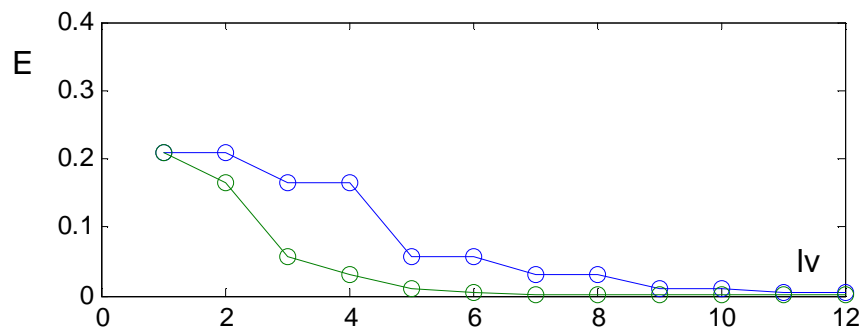
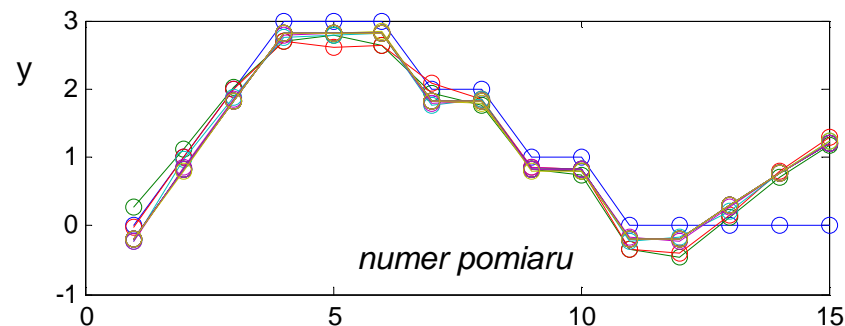
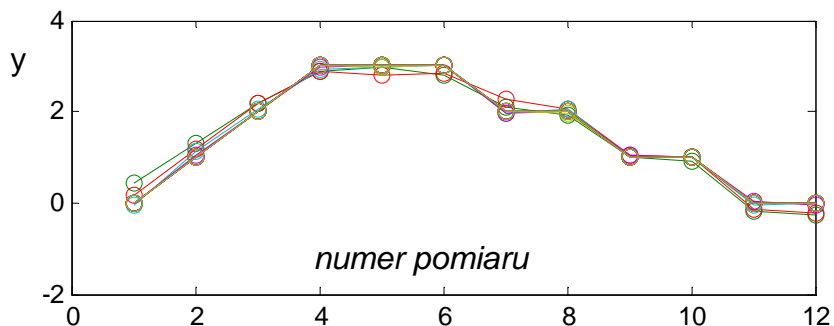
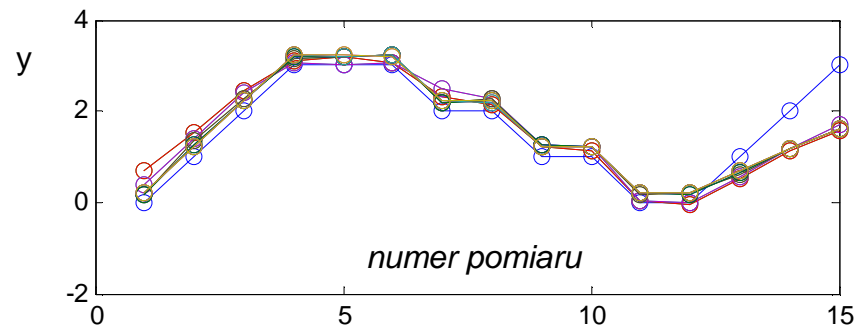
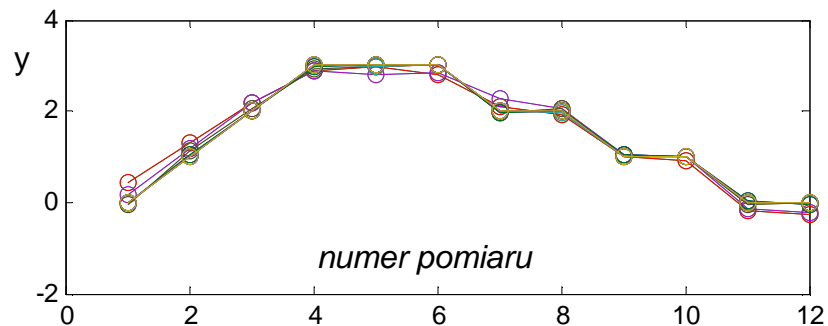
System detekcji uszkodzeń

Analiza PCA



System detekcji uszkodzeń

Dane zrekonstruowane na podstawie PC2



System detekcji uszkodzeń

Obiekt badany - na badanym zbiorniku, w dwóch lokalizacjach, zostały umieszczone centymetrowej grubości warstwy plasteliny.

y – dane

Nr	Poz. 1+2	y
1	0+0	0
2	1+1	2
3	2+2	4
4	3+3	6
5	3+3	6
6	3+3	6
7	2+2	4
8	2+2	4
9	1+1	2
10	1+1	2
11	0+0	0
12	0+0	0

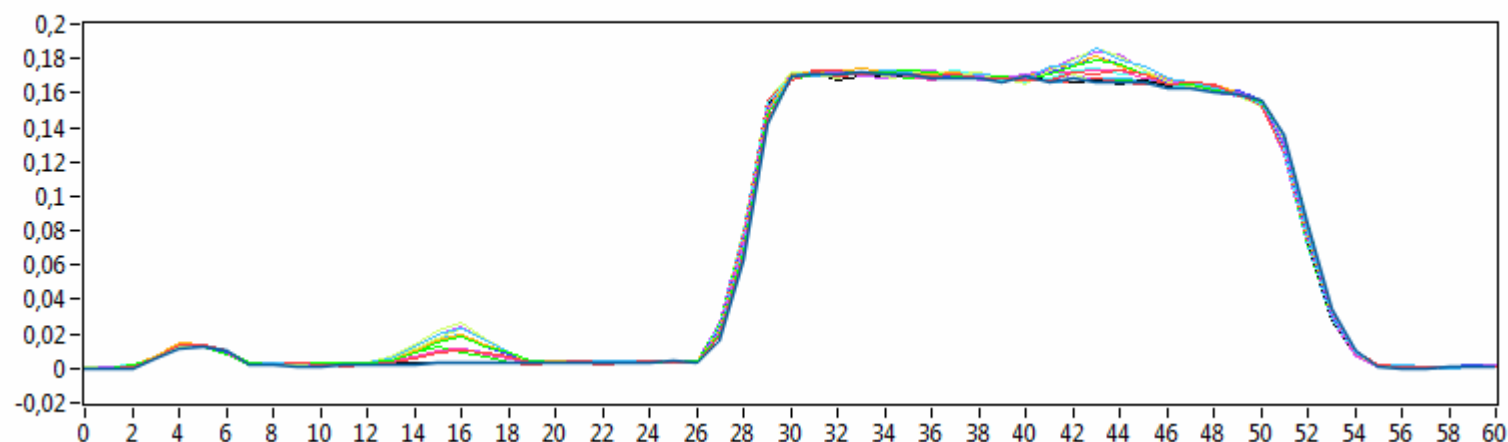
dane sprawdzające

Nr	Poz. 1	Poz. 2
1	0+0	0
2	1+0	1
3	2+0	2
4	3+0	3

Macierz **X** została utworzona na podstawie:

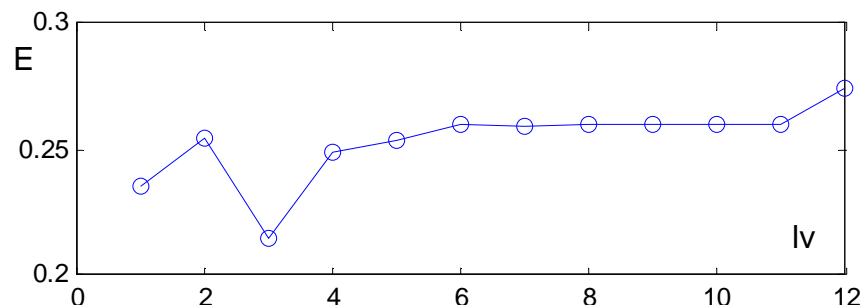
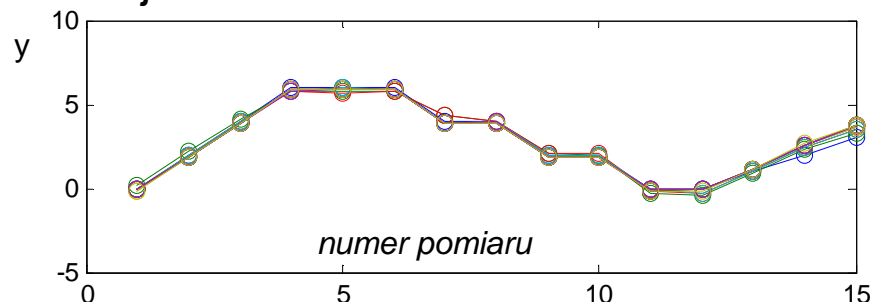
- otrzymanych wyników pomiarów,
- wyników analizy PCA (dane zrekonstruowane na podstawie drugiej składowej PC2)
- wyników analizy PCA (dane zrekonstruowane na podstawie pierwszej i drugiej składowej PC1+PC2)

Dane wejściowe

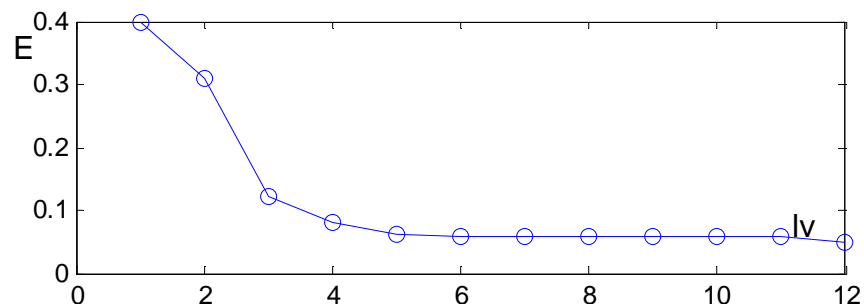
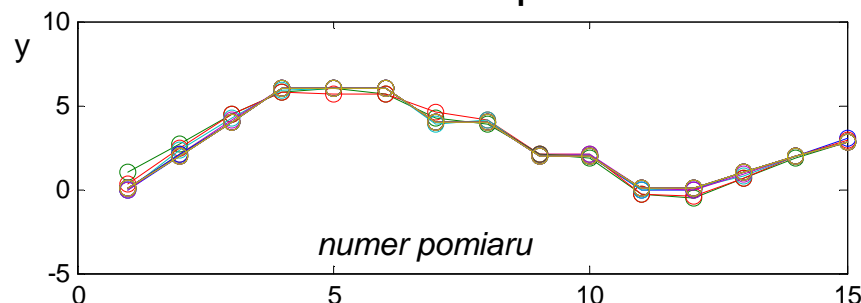


System detekcji uszkodzeń

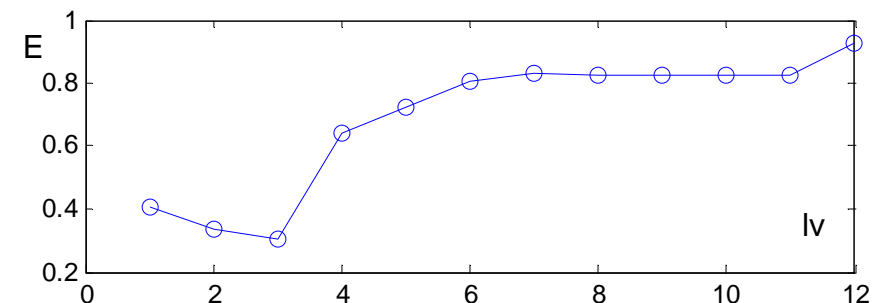
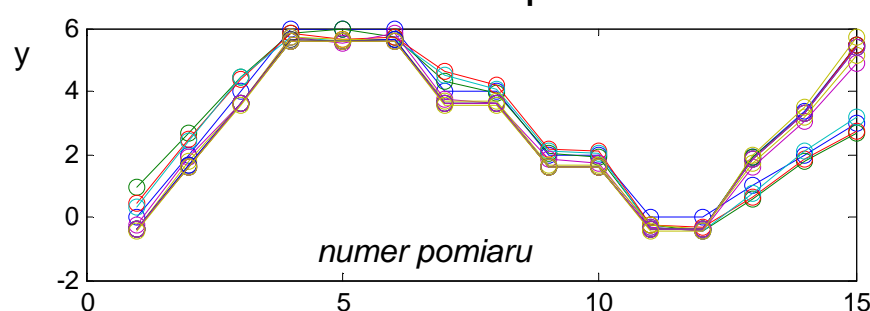
Dane wejściowe



Dane zrekonstruowane na podstawie PC2



Dane zrekonstruowane na podstawie PC1 + PC2



Kontakt



Dziękuję za uwagę

Mgr Inż. Adrian Jakowiuk

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

Laboratorium Techniki Jądrowych

ul. Dorodna 16; 03-195 Warszawa

e-mail: a.jakowiuk@ichtj.waw.pl

tel: 22 504 11 25