

Jezierski, Grzegorz

Krótką historia promieniowania rentgenowskiego w Polsce

Analecta 19/1-2(36-37), 303-329

2010

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Grzegorz Jezierski
Politechnika Opolska
(Opole)

KRÓTKA HISTORIA PROMIENIOWANIA RENTGENOWSKIEGO W POLSCE

Historia wykorzystania promieniowania rentgenowskiego¹ jak i budowy źródeł promieniowania rentgenowskiego w Polsce dotyczy przede wszystkim, tak zresztą jak większości innych krajów zastosowań medycznych. Dziedzina ta nadal rozwija się bardzo intensywnie i związana jest z generowaniem promieniowania (rentgenowskiego z lamp i synchrotronowego), ale przede wszystkim z jego detekcją (detektory cyfrowe). Niemniej w latach powojennych znaczne osiągnięcia odnotowano w Polsce również w dziedzinie wykorzystania promieniowania rentgenowskiego w badaniach strukturalnych (dyfrakcja rentgenowska), stąd też temu zagadnieniu zostanie poświęcone nieco uwag. Inne obszary wykorzystania promieniowania rentgenowskiego, jak chociażby defektoskopia materiałowa, czyli tzw. badanie nieniszczące czy fluorescencja rentgenowska (analiza składu chemicznego, pomiary grubości powłok) zapisały się w Polsce mniejszymi osiągnięciami.

W czasie, kiedy niemiecki fizyk Wilhelm Röntgen (1845–1923) dokonał swojego epokowego odkrycia, Polska nie istniała jako organizm państwowy, podzielona pomiędzy sąsiednie Austrię, Rosję i Prusy. Głównymi ośrodkami były następujące miasta: w zaborze rosyjskim – Warszawa i Wilno, w pruskim – Poznań, a w austriackim Kraków (funkcjonował tam nieprzerwanie, założony w 1364 r. Uniwersytet Jagielloński) i Lwów.

Już 8 stycznia 1896 r., czyli tylko trzy dni później niż w Wiedniu, krakowski dziennik „Czas” jako pierwsza polska gazeta przedrukował rewelacje z „Die Presse²”. W krótkiej notatce „Czas” podał sposób otrzymania promieni, ich podstawowe własności fizyczne i hipotetyczne zastosowania. Zaznaczono przy tym, że rzecz, choć wygląda na prima aprilis, jest w kołach naukowych poważnie

traktowana. Kilka dni później, 12 stycznia, „Czas” zamieścił znacznie więcej szczegółów, zarówno dotyczących samego odkrycia, jak i opis otrzymania zdjęć za pomocą nowych promieni. Na podstawie tych doniesień profesor chemii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Karol Olszewski (1846–1915), ten sam, który dokonał po raz pierwszy skroplenia powietrza wspólnie z Zygmuntem Wróblewskim (1845–1888), powtórzył doświadczenie Röntgena. Zestawił odpowiednie urządzenie wytwarzające promieniowanie rentgenowskie (rys. 1) i wykonał udane zdjęcia rozmaitych przedmiotów oraz ręki. Informacje o tych eksperymentach „Czas” zamieścił 21 stycznia 1896 r. Zachowały się opisy tych eksperymentów, wykonane w czasie ich trwania, zdjęcia oraz notatki asystentów prof. Olszewskiego: dr Tadeusza Estreichera (1871–1962) i dr Drozdowskiego. Za pierwsze przyjmuje się zdjęcie rentgenowskie metalowego przycisku do papieru w kształcie jaszczurki, chociaż, jak wynika z notatki prasowej, były także wcześniejsze nieudane rentgenogramy. W styczniu 1896 r. został przetłumaczony na język polski przez dr Stanisława Srebrnego *I Komunikat Röntgena* (rys. 2).

W pionierskim okresie polskiej radiologii medycznej ważną postacią był dr Mikołaj Brunner (1840–1914) z Warszawy. Miał on znakomite przygotowanie lekarskie i w zakresie fizyki, szczególnie dotyczące elektryczności. W badaniach eksperymentalnych używał takich samych lamp Crookesa³ jak Röntgen. Już w końcu stycznia 1896 r. otworzył prywatną pracownię rentgenowską, która służyła również chorym szpitali warszawskich. Był pierwszym w Polsce popularyzatorem wiedzy na temat promieni Röntgena (liczne publikacje w latach 1896–1898). Wprowadził udoskonalenia konstrukcji lampy rentgenowskiej poprzez umieszczenie między katodą a anodą uziemionego pierścienia cynfoliowego. Rozwiązanie takie umożliwiło skoncentrowanie strumienia elektronów padających na powierzchnię anody, poprawiając tym samym ostrość obrazu. We współpracy z inżynierami Pawłem Lebedzińskim i Bogdanem Zatorskim dokonał wielu wynalazków i usprawnień (ekran wzmacniający, lampy nowej konstrukcji, maszyny statyczne i przerywacze rtęciowe, rodzaj pierwotnego kołpaka i inne). Jego liczne publikacje i wykłady na temat stosowania promieni rentgenowskich popularyzowały wysoki poziom ówczesnej radiologii.

Mówiąc o polskich aspektach wykorzystania promieniowania rentgenowskiego do celów medycznych nie można pominąć znaczącego udziału naszej słynnej rodaczki Marii Skłodowskiej-Curie (1867–1934). W czasie I wojny światowej, już jako laureatka Nagrody Nobla, zorganizowała wojskową służbę rentgenologiczną i osobiście obsługiwała szpitale frontowe, wyposażone w „pojazdy rentgenowskie” z aparatami rentgenowskimi. Z własnej inicjatywy zdobyła na ten cel 18 samochodów zwanych popularnie „Mała Curie”. Samochody musiały być wystarczająco małe, aby można było nimi przemierzać

wąskie drogi, a aparatura musiała być stosunkowo lekka. Każdy pojazd rentgenowski wyposażony był w mały generator, który można było podłączyć do akumulatora samochodu w przypadku, gdy na miejscu nie było prądu. W lipcu 1916 r. jako jedna z pierwszych kobiet zdobyła prawo jazdy, by móc samej prowadzić samochód. Przeszkoliła około 150 sanitariuszek w zakresie obsługi aparatów rentgenowskich. Pracowała na froncie wspólnie ze swoją siedemnastoletnią córką Ireną.

Barbara Goldsmith w swojej książce „Geniusz i obsesja. Wewnętrzny świat Marii Curie” pisze m.in.:

„Irena sama bez niczyjej pomocy prześwietlała rannych młodych mężczyzn, którzy w innych okolicznościach mogliby być jej partnerami do tańca czy z którymi mogłaby wymienić pierwszy pocałunek. Po wykonaniu zdjęcia rentgenowskiego Irena precyzyjnie i w skupieniu dokonywała obliczeń geometrycznych, które wskazywały dokładne usytuowanie kuli lub szrapnela. Następnie udzielała wskazówek chirurgom, gdzie mają dokładnie sondować.... Swoje osiemnaste urodziny Irena spędziła na szkoleniu pielęgniarek, tak aby mogły ją zastąpić, gdy ona sama uda się na kolejne pozycje na linii frontu. Z dumą napisała swojej matce, że w dniu urodzin udało jej się zlokalizować cztery duże odłamki pocisku, które zostały pomyślnie wydobyte z ramienia pewnego żołnierza”.

Dzięki wielkiemu zaangażowaniu Marii i jej córki Ireny przebadano (prześwietlono promieniowaniem rentgenowskim) wówczas około 10 000 rannych żołnierzy, zmniejszając tym samym ból i cierpienie wielu tysięcy żołnierzy.

W Polsce od początku odkrycia promieniowania rentgenowskiego podejmowano produkcję medycznych aparatów rentgenowskich. Już w 1912 r. firma „Trojanowski i Markson” rozpoczęła w Warszawie produkcję przewoźnego aparatu rentgenowskiego Induktor-Progress. Dwa lata później zaprzestano jednak produkcji tego aparatu z powodu zbyt małej mocy. W 1925 r. firma Franciszka Woźniaka (Warszawa, ul. Mokotowska 7) skonstruowała mały aparat rentgenowski do celów diagnostycznych i naświetlań powierzchniowych o parametrach 60 kV i 30 mA. Wytwarzaniem aparatów rentgenowskich zajmowało się także szereg mniejszych zakładów, jak np.: Jana Babickiego (Warszawa, ul. Chmielna 63), Braci Borkowskich (Warszawa, ul. Bracka 12), Warsztat Elektromechaniczny i Elektromedyczny Cz. Skirucha (Warszawa ul. Żłota 41)⁴ czy Feliksa Walkowskiego (Warszawa, Al. Jerozolimskie 65) [1, 3]. Niezależnie od tego, w kilku wytwórniach polskich montowano aparaty zagranicznych konstrukcji. Niemniej były to wszystko małe firmy, raczej warsztaty, stąd też znaczna część aparatury pochodziła z importu – głównie Niemiec, Francji i USA.

Warto zauważyć, iż fakt zainstalowania pierwszego aparatu rentgenowskiego w danym mieście, był traktowany zawsze jako wielkie wydarzenie, co odnotowywano często w kronikach miejskich.

W 1921 roku Anton Philips (1874–1951) – współzałożyciel i właściciel koncernu Philips – nawiązał kontakty ze wspomnianą już firmą braci Borkowskich, wyznaczając jej rolę dystrybutora swoich wyrobów, m.in. aparatów rentgenowskich w Polsce. Sukces tego przedsięwzięcia zaowocował utworzeniem firmy Polski Roentgen Mueller GmbH. Należy podkreślić, iż polskie firmy podobnie jak i zachodnie nadążały na bieżąco za postępem w dziedzinie budowy aparatów rentgenowskich, o czym świadczą liczne informacje w ówczesnej prasie o dokonywaniu przeróbek aparatów starego typu (z lampami gazowymi z zimną katodą) na system Coolidge'a⁵ (z lampami próżniowymi z podgrzewaną katodą).

W 1934 r. w Warszawie założono fabrykę lamp rentgenowskich „Rurix”. Fabryka ta produkowała różne rodzaje lamp rentgenowskich zarówno diagnostycznych, jak i terapeutycznych.

Tuż przed drugą wojną światową duża, znana polska firma, tj. Fabryka Aparatów Elektrycznych (FAE) K. Szpotański – S-ka⁶ w Warszawie, rozpoczęła również produkcję aparatury rentgenowskiej. Firma ta wytwarzała wiele typów aparatów rentgenowskich o bardzo udanej konstrukcji i dobrych parametrach użytkowych, dorównujących najlepszym firmom światowym (rys. 8, 9 i 10). Oczywiście lampy rentgenowskie pochodziły z importu, w tym przypadku z amerykańskiej firmy Westinghouse. Po wojnie, po nacjonalizacji tej firmy, w utworzonych Zakładach Wytwórczych Wysokiego Napięcia, znanych jako ZWAR⁷ wytwarzano również przez krótki okres aparaty rentgenowskie – rys. 11. Między innymi w ramach walki z gruźlicą użytkowano nawet specjalne wagony rentgenowskie – rys. 12.

Odbudowę polskiej radiologii po II wojnie światowej rozpoczęto od odbudowy zniszczonego zaplecza naukowo-badawczego oraz etapu szkolenia nowych kadr, w późniejszym okresie odbudowy zakładów wytwarzających aparaturę rentgenowską.

Osoba, która wniosła znaczny wkład w rozwój powojennej radiologii był uczeń Marii Skłodowskiej-Curie, prof. Cezary Pawłowski (1895–1981), specjalista w zakresie radiologii ogólnej, radiologii przemysłowej, miernictwa radiologicznego i ochrony radiologicznej. Już przed wojną w 1934 r. z rekomendacji M. Skłodowskiej-Curie został kierownikiem Pracowni Fizycznej powstającego w Warszawie Instytutu Radowego. Kierowana przez niego Pracownia Fizyczna w krótkim czasie stała się znaczącym na świecie ośrodkiem naukowym. W Pracowni tej powstała Wzorcownia Rentgenowska i Laboratorium Ciał Promieniotwórczych, w zakres której wchodziły m.in. prace związane z promieniowaniem rentgenowskim [13]:

- a) badanie wydajności i rozkładu promieniowania lamp rentgenowskich,
- b) badanie rozproszonego promieniowania na fantomach,
- c) badanie ochronności osłon lamp rentgenowskich,

- d) badanie rozproszonego promieniowania w zakładach radiologicznych, medycznych i naukowych,
- e) badanie urządzeń osłonnych i sprzętu ochronnego oraz wykrywanie ich wad,
- f) badanie jakości promieniowania rentgenowskiego oraz filtrów promieniowania rentgenowskiego,
- g) skalowanie i naprawa dawkomierzy rentgenowskich.

1 lipca 1946 r. na Politechnice Warszawskiej powołano Katedrę Radiologii pod kierownictwem prof. C. Pawłowskiego, a 1 września 1947 r. Zakład budowy Aparatury Elektromedycznej pod kierownictwem mgr inż. Stanisława Nowosielskiego (1906–1976). Inż. Nowosielski swoją karierę zawodową rozpoczął we wspomnianej już fabryce K. Szpotański i S-ka. Po II wojnie pełnił on funkcję doradcy Ministra Zdrowia ds. aparatury elektromedycznej. Pracując na Politechnice Warszawskiej wydał w 1959 r. obszerny skrypt „Budowa urządzeń rentgenowskich”. Pod kierunkiem prof. Nowosielskiego wykonano 200 prac dyplomowych. Ponadto osobiście nadzorował instalowanie przez jego studentów wszystkich (120) aparatów rentgenowskich firmy Philips, będących darem UNRRA⁸. Oprócz aparatów firmy Philips, Polska otrzymała również w ramach pomocy UNRRA wiele aparatów rentgenowskich amerykańskiej firmy Picker X-Ray Corporation⁹ – *US Army X-Ray Field Unit*. Były to aparaty wyprodukowane podczas II wojny światowej (około 13 000 sztuk) z przeznaczeniem dla wojska, tj. stosowane bezpośrednio na polu walki. Jeden z takich aparatów znajduje się w kolekcji autora.

Kolejną zasłużoną postacią dla polskiej radiologii medycznej był prof. Witold Zawadowski (1888–1980) znany jako twórca polskiej szkoły radiologii. W 1946 r. został powołany na kierownika utworzonego Zakładu Radiologii Wydziału Lekarskiego Uniwersytetu Warszawskiego, który następnie stał się Zakładem Radiologii Akademii Medycznej w Warszawie. Już rok później prof. Zawadowski zorganizował pierwszy kurs doskonalenia zawodowego dla radiologów z całego kraju. Piastując stanowisko krajowego specjalisty w dziedzinie radiologii stworzył i wprowadzał w życie plany rozwoju radiologii w służbie zdrowia. Od roku 1986 przyznawany jest przez Polskie Towarzystwo Radiologiczne medal im. Witolda Zawadowskiego „Za zasługi dla Radiologii Polskiej”.

W 1954 r. uruchomiono produkcję medycznych aparatów rentgenowskich w nowo powstałej Fabryce Aparatów Rentgenowskich i Elektromedycznych FAREL (od 1967 r. Fabryka Aparatury Rentgenowskiej i Urządzeń Medycznych FARUM¹⁰) w Warszawie. Firma FARUM powstała w wyniku połączenia kilku przedsiębiorstw, które na przestrzeni wielu lat kształtowały obecny profil produkcji fabryki. Jej rdzeń stanowią firmy: „Alfons Mann i Syn” (zał. 1819), „Konrad, Jarnuszkiewicz i Spółka” (zał. 1871), „Centralne Warsztaty Napraw i Konserwacji Sprzętu Medycznego” (zał. 1950) oraz FAREL (zał. 1953). Należy

podkreślić, iż wytwarzane początkowo aparaty rentgenowskie były to konstrukcje oparte na polskiej myśli technicznej. Firma FARUM posiadała w tym czasie 200-osobowe biuro konstrukcyjne i technologiczne, które pracowało we współpracy z jednostkami zewnętrznymi, w szczególności z Katedrą Aparatów Elektromedycznych (w Zakładzie Aparatów Rentgenowskich kierowanym przez prof. Stanisława Nowosielskiego) na Politechnice Warszawskiej nad nowymi opracowaniami wyrobów. Do zasłużonych konstruktorów aparatów rentgenowskich zaliczyć należy m.in. inż. Zygmunta Jemielitego, wieloletniego pracownika zakładów FARUM (w latach 1953–1977), a następnie pracownika Politechniki Warszawskiej. Efektem pracy i myśli polskich konstruktorów było opracowanie konstrukcji i wdrożenie do produkcji całej gamy aparatów rentgenowskich. Wymienić warto choćby typy wytwarzanych aparatów począwszy od XD-1 a na XD-18 skończywszy [15]. Produkowano kompletne zestawy rentgenowskie, stoły, ścianki i stojaki, a także rentgenowskie tory wizyjne, czy jezdne zestawy chirurgiczne. W sumie w całym okresie produkcji aparatów rentgenowskich i urządzeń peryferyjnych wyprodukowano ok. 4,5 tys. sztuk sprzedając je na terenie Polski jak również w krajach dawnego RWPG [21]. Aktualnie FARUM S.A. niestety nie produkuje aparatów rentgenowskich, a jedynie dystrybuje aparaty zagranicznej produkcji.

Pod koniec 1980 roku na zamówienie Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej został wykonany w sanockiej firmie Autosan pojazd przeznaczony do prześwietlania klatki piersiowej, bazujący na modelu H9-21. Autobus posiadał trzy pomieszczenia z niezależnymi urządzeniami klimatyzacyjnymi. Pierwsze przeznaczone było tylko dla kierowcy. W drugim natomiast znajdował się aparat rentgenowski, wyprodukowany przez czechosłowacką wytwórnię Chirana, a także telewizor, kanapa i szafka na ubrania pacjentów. W tylnej części znajdował się przedział dla obsługi lekarskiej, wyposażony w stanowisko do rejestracji, urządzenia socjalne, zasłony okienne i ciemnię fotograficzną z umywalką. W bagażnikach podpodłogowych umieszczono prostownik służący do ładowania dwóch akumulatorów kwasowych, wykorzystywanych podczas dłuższego postoju autobusu, przewód zasilający aparat rentgenowski oraz 100-litrowy zbiornik dostarczający wodę do ciemni. Umożliwiał przeprowadzanie badań w małych miastach i wioskach, pozbawionych ośrodków lekarskich. Obecnie bardzo popularne są u nas w kraju ambulanse z zamontowanymi aparatami mammograficznymi, czyli tzw. mammobusy.

W 2003 r. w Wojskowych Zakładach Elektronicznych w Zielonce (WZE) k/Warszawy uruchomiono we współpracy z białoruską firmą Adani produkcję medycznych skanerów rentgenowskich – rys. 17. Skanery takie (z liniowym detektorem) charakteryzują się bardzo małymi dawkami promieniowania podczas badań. Na uwagę zasługuje również fakt, iż w WZE wyprodukowano unikalny

skaner rentgenowski dla kontroli osób – DRS SecureScan¹¹, jak również skaner do kontroli osób nieprzytomnych bądź martwych – DRS TraumaScan [16].

Oprócz wspomnianych już aparatów i skanerów rentgenowskich, w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku we współpracy z francuską firmą CGR-MeV wyprodukowano w latach 1977–2004 około 100 akceleratorów terapeutycznych typu Neptun 10P (o energii fotonów 9 MeV¹²). Większość z nich tj. 33 sztuki zostały zainstalowane w Polsce. Pojawił się również prototypowy akcelerator Limex (o energii 4 MeV), który został zainstalowany w Centrum Onkologii w Warszawie; na bazie tego akceleratora zbudowano następnie 5 akceleratorów typu Coline-4 [10].

Ze współczesnych osiągnięć w zakresie radiologii medycznej warto odnotować fakt, iż w Instytucie Problemów Jądrowych (IPJ) w Świerku jest wytwarzana tzw. igła fotonowa, stosowana w brachyterapii guzów nowotworowych¹³, która jest niczym innym jak lampą rentgenowską z wydłużoną anodą (rys. 18). Anoda w tej lampie ma postać cienkiej rurki (długość 10 cm, średnica zewnętrzna 3 mm) i jest zakończona kubkiem berylowym. Na dno kubka berylowego naniesiony jest target lampy (warstwa złota o grubości 1,0 μm). Wiązka elektronów jest ogniskowana elektrostatycznie na targecie. Napięcie anodowe jest regulowane w zakresie 5÷40 kV, a prąd anodowy w zakresie 0÷40 μA [11]. Zastosowanie igły fotonowej w medycynie zmniejsza narażenie pacjenta na infekcje i obniża koszty leczenia. Tylko trzy firmy na świecie produkują tego typu źródła promieniowania rentgenowskiego (Niemcy, Japonia, Stany Zjednoczone).

Jeśli chodzi o niemedyczne zastosowania promieniowania rentgenowskiego, to pierwsze urządzenia do badania metali przy pomocy promieni X zainstalowano w Polsce już przed II wojną światową m.in. w Zakładzie Metalografii Akademii Górniczej w Krakowie. Warto w tym miejscu zacytować z publikacji „Badanie metali przy pomocy promieni X” (Hutnik 1/2 – 1932 r.) następujący fragment: „Prześwietlanie jest kosztowne, jeśli zważy się, że stosunek energii użytecznej promieni X do energii elektrycznej, zużytej przez urządzenie wynosi około 0,03%, oraz że koszty utrzymania są znaczne, gdyż cena lamp elektronowych wynosi 1500–2500 zł za sztukę, a ich żywot trwa tylko 300–1000 h, koszty zaś urządzenia są również wysokie, gdyż wahają się od 10 000 do 50 000 zł.”

W latach powojennych badania dyfrakcyjne w Polsce prowadzone były przez prof. Stefana Pieńkowskiego (1883–1953) i jego ucznia prof. Juliana J. Auleytnera (1922–2003). Tematyka ta była związana ze strukturalnymi badaniami drewna, węgla kopalnych i kauczuku oraz parafiny, a także minerałów (głównie apatyty). W końcu lat 50. ubiegłego wieku prof. Auleytner wybitny fizyk i organizator nauki, długoletni pracownik Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie zapoczątkował badania defektów sieci krystalicznej monokryształów, opracowując oryginalną metodę oscylującego kryształu z oscylującą

bloną fotograficzną. Na początku lat 60. ubiegłego wieku rozpoczęto także badania defektów sieci krystalicznej metodą dyfrakcyjnej topografii transmisyjnej. Została zbudowana pierwsza w Polsce kamera do topografii tego typu. Profesor Auleytner kierował przez 20 lat Zakładem Fizyki Promieni X, przemianowanym później na Zakład Rentgenografii i Spektroskopii Rentgenowskiej. Wypromował 27 doktorów (!). Opracował m.in. małoogniskową lampę rentgenowską do badań strukturalnych i medycznych. Ówczesny Zakład Doświadczalny UNIPAN na podstawie tego prototypu wyprodukował kilkanaście lamp rentgenowskich, które zostały sprzedane różnym placówkom badawczym. Niestety, nie zachował się obecnie żaden egzemplarz tej lampy. J. Auleytner jest autorem patentu pt. „*Sposób autochromatyzacji promieni X*” oraz współautorem patentu pt. „*Sposób odwzorowania defektów w monokryształach*” [8].

Rentgenograficzne badania dyfrakcyjne są nadal intensywnie prowadzone przez wiele ośrodków naukowo-badawczych w kraju (Warszawa, Katowice, Wrocław, Kraków Łódź, i in.). Dorobek z ich działalności przedstawiany jest na corocznych Konserwatoriach Krystalograficznych¹⁴, organizowanych już od ponad 50 lat. Wspomnieć należy również o polskim patencie: „*Rentgenowska lampa rozbieralna do analizy spektralnej i strukturalnej*” 1954 r., Zbigniew Bojarski i Zbigniew Ziołkowski (Instytut Metalurgii żelaza w Gliwicach).

Jeśli chodzi o typowe badania rentgenowskie do kontroli materiałów i wyrobów, to Polska nigdy nie produkowała przemysłowych aparatów rentgenowskich, czy instalacji wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie w przemyśle. Wprawdzie pojawiały się w latach 50. ubiegłego wieku sugestie co do produkcji aparatury krajowej (przenośne aparaty głowicowe dla napięć 90, 120 czy 200 kV), ale nie zostały one nigdy zrealizowane [6].

Natomiast znaczne osiągnięcia odnotowano w Polsce w zakresie budowy wysokoenergetycznych urządzeń rentgenowskich, jakimi są np. betatrony, czy akceleratory liniowe. O tych ostatnich wspomniano już przy okazji omawiania zagadnień radiografii medycznej. Otóż już w latach 1958–1962 w Instytucie Elektrotechniki zbudowano prototyp przemysłowego betatronu, który następnie zainstalowano w Zakładzie Fizyki Instytutu Badań Jądrowych w Świerku [9]. Tam przeprowadzono prace modernizacyjne i zbudowano w ZDAU IBJ¹⁵ trzy sztuki betatronów (B-30S), które zostały zainstalowane do fotoaktywacyjnej analizy rud miedzi w Polkowicach, Lubinie i w Rudnej¹⁶. W latach 1970–1975 opracowano betatron mobilny BRM-30, przeznaczony do radiografii grubościennych wyrobów stalowych o grubościach 100 do 300 mm. Betatron taki został zainstalowany w 1977 r. w Laboratorium Badań Nieniszczących w Odlewni Żeliwa w Śremie, gdzie pracuje do chwili obecnej. Ponadto w IBJ opracowano prototyp mikrotronu, a następnie mobilny mikrotron radiograficzny (o parametrach 10 MeV i 800 R/min/m¹⁷) na zamówienie Huty Stalowa Wola. Niestety Huta

zrezygnowała z zainstalowania tego mikrotronu wskutek zmian planów produkcyjnych. Ostatnim produktem Instytutu Problemów Jądrowych jest mobilny akcelerator do radiografii przemysłowej Lillyput o energii fotonów 6 lub 9 MeV, których wyprodukowano 4 sztuki – wszystkie zostały dostarczone do Indii.

W latach 70. ubiegłego wieku były również podejmowane w Polsce próby wytworzenia rentgenowskich źródeł do zastosowań we fluorescencji rentgenowskiej. Między innymi na zlecenie AGH w Krakowie wykonano w dawnych zakładach „Unitra-Lamina” w Piasecznie pojedyncze egzemplarze lamp rentgenowskich – rys. 19. Były to lampy z grubszą anodą transmisyjną, stanowiącą równocześnie filtr promieniowania. Typowo stosowano folie o grubości ok. 100 μm z Fe, Cu, Mo lub Ag. Ponieważ wzbudzano linie K^{18} tych pierwiastków, więc napięcia anodowe były w zakresie 10–32 kV. Jako źródło elektronów wykorzystano w tych lampach działło elektronowe z czarno-białego kineskopu telewizora [17] Zgłoszone zostały m.in. dwa patenty:

- 1) „*Miniaturowa lampa rentgenowska*” 1980, Wiesław Zaraska, Antoni Starzec, Jacek Miłoś, (AGH w Krakowie),
- 2) „*Lampa rentgenowska małej mocy*” 1983 r., Jerzy Massalski, Wiesław Zaraska (AGH w Krakowie).

Na uwagę zasługuje natomiast fakt, iż całkowicie polska firma Prevac Sp. z o.o. (Rogów k/Wodzisławia) specjalizująca się od 1996 r. w produkcji unikalnej aparatury dla techniki próżniowej, należy obecnie do nielicznych na świecie producentów rozbiernych lamp rentgenowskich stosowanych w badaniach XPS¹⁹.

I na zakończenie wybrane przykłady związane z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego w Polsce w mniej znanych zastosowaniach. Otóż już od 1937 r. aparat rentgenowski był wykorzystywany do badania dzieł sztuki w pracowni konserwatorskiej Muzeum Narodowego w Warszawie, założonej przez wybitnego teoretyka i praktyka-artystę prof. Bohdana Marconiego (1894–1975) [4]. Metodyka i dokumentacja konserwatorska po raz pierwszy usystematyzowana została dzięki opracowaniom: *Zastosowanie promieniowania Roentgena przy obrazie Madonna z dzieciątkiem* (1935), *Rentgenografia obrazów* (1949). Badania tego rodzaju były intensywnie prowadzone w latach powojennych, przy czym niezależnie od poszczególnych pracowni konserwatorskich przy muzeach, najlepszymi ośrodkami w tej dziedzinie stały się: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu (Zakład Konserwacji Malarstwa i Rzeźby Polichromowanej) oraz Akademia Sztuk Pięknych w Krakowie (Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki). W szczególności duże zasługi na tym polu miał przedwcześnie zmarły dr Jan Rutkowski (1950–2006) z ASP w Krakowie. Jako pierwszy w Polsce wprowadził zdjęcia rentgenowskie wielkoformatowe. Wykonał zdjęcie tego typu obrazu Matki Boskiej Częstochowskiej, co umożliwiło pełną interpretację historii i stanu zachowania tej cennej relikwii, jak również

zdjęcia rentgenowskie Matki Boskiej: Kalwaryjskiej, Opolskiej, Myślenickiej, Rudzkiej, Trybunalskiej i in. Ponadto wykonał zdjęcia rentgenowskie 35 weneckich obrazów kolekcji Muzeum Narodowego w Warszawie, 54 obrazów – daru Karoliny Lanckorońskiej na Wawelu jak i 113 średniowiecznych witraży Kościoła Mariackiego. W badaniach obiektów zabytkowych stosował również metodę dyfrakcji rentgenowskiej [20].

W 1975 r. zespół techników i lekarzy Katedry Radiologii AM, pod kierunkiem doc. Olgierda Billewicza (1944–1996), przeprowadził badania radiologiczne mumii egipskich znajdujących się w krakowskim Muzeum Archeologicznym.

W 2000 r. zespół techników i lekarzy pod kierownictwem prof. Andrzeja Urbanika z Katedry Radiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego zakończył kompleksowe badania radiologiczne (konwencjonalne rtg i tomografia komputerowa) mumii egipskich znajdujących się w polskich zbiorach. Program prowadzony był od roku 1995. Zbadano sześć mumii ludzkich oraz sześć zwierzęcych ze zbiorów Muzeum Czartoryskich i Archeologicznego w Krakowie, a także Muzeum Narodowego w Warszawie. Były to jedne z pierwszych w świecie badań z zastosowaniem technik 3D [25].

W tej samej Katedrze wykonano badania radiograficzne szczątków gen. Władysława Sikorskiego. W sumie wykonano 34 ekspozycje, uzyskując obrazy obejmujące wszystkie partie ciała. Potem było szczegółowe badanie tomograficzne. Otrzymano prawie 2000 obrazów ciała w przekrojach poprzecznych. W celu lepszej wizualizacji przetworzono dane obrazowe za pomocą specjalistycznego programu komputerowego. Otrzymano w ten sposób serie rekonstrukcji ciała w wielu płaszczyznach, również trójwymiarowe rekonstrukcje poszczególnych części ciała. Pozwoliło to ocenić stan elementów kostnych pod kątem ewentualnych urazów. szczególne znaczenie ma trójwymiarowa rekonstrukcja czaszki. Na jej podstawie specjaliści z krakowskiego Instytutu Ekspertyz Sądowych mogli sporządzić obraz odpowiadający wyglądowi twarzy [26].

Wraz z ogólnosiwiatowym intensywnym rozwojem wykorzystania technik rentgenowskich w nowych obszarach, tj. poza wymienionymi na wstępie artykułu, obserwuje się również w Polsce powyższą tendencję. Przykładem tego mogą być liczne zastosowania promieniowania rentgenowskiego w takich dziedzinach gospodarki jak szeroko pojęty obszar *security* (lotniska, urzędy celne, urzędy administracji państwowej, sądy, więzienia, poczta, organizacja imprez masowych i in.), w przemyśle elektronicznym (liczne montownie sprzętu elektronicznego), w przemyśle spożywczym (kontrola na obecność ciał obcych w produktach spożywczych czy kontrola poziomu napełnienia puszek). Również coraz ostrzejsze wymogi w zakresie ochrony środowiska, m.in. dotyczące konieczności wykonywania analiz składu chemicznego, (np. w przypadku RoHS²⁰)

skutkują dzisiaj powszechnym stosowaniem metod rentgenowskich. Dla przykładu warto wymienić chociażby mniej znane zastosowania, jak np. analiza gleby czy osadów, analiza śladowa wód rzecznych, jeziornych i morskich, analiza surowców spożywczych, analiza aerozoli, toksykologiczna analiza krwi i moczu, monitorowanie poziomu leków we krwi, badania materiałowe dzieł sztuki, badania analityczne w medycynie sądowej. Niestety są to wyłącznie gotowe aplikacje, dostarczane najczęściej wraz z podstawowym sprzętem technologicznym, bądź jako wyposażenie specjalistycznych laboratoriów.

ŹRÓDŁA

1. A. Czajkowski – *Przemysł obcy a pierwociny wytwórczości rentgenotechnicznej polskiej*. „Polski Przegląd Radiologiczny”, 1928, 3, 79–88.
2. B. Goldsmith *Geniusz i obsesja. Wewnętrzny świat Marii Curie*”, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław 2006.
3. S. Leszczyński – *„Historia radiologii polskiej na tle radiologii światowej”*, „Medycyna Praktyczna”, Kraków 2000.
4. M. Roznerska, M. Kiepuszewska – *Promieniowanie Roentgena w badaniu dzieł sztuki. Istota, źródła, metody, zastosowanie* – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń 1991.
5. D. Senczyk – *Z dziejów polskiej radiologii przemysłowej* – Biuro Gamma, Warszawa 2009.
6. *Pomiary Automatyka Kontrola – Zeszyt poświęcony Konferencji na temat Rentgenowskie i izotopowe metody kontroli w technice* Nr 8, 1956.
7. Z. Jasiewicz – *Badanie metali przy pomocy promieni X*, „Hutnik” Z.1 i 2, 1932.
8. *Wspomnienia – Julian Jan Auleytner (1922–2003)* „Postępy Fizyki”, Z. 4, 2004, 9–14
9. R. W. Gryglewski – *Radiologiczne Instrumentarium*, „Alma Mater” (miesięcznik Uniwersytetu Jagiellońskiego) 56/2004.
10. Praca zbiorowa – *Fizyka i technika akceleratorowa w rozwoju Instytutu Badań Jądrowych, a następnie IPJ, IChTJ i ŚLCJ UW* – „Postępy Techniki Jądrowej” 2/2005, 2–29
11. Praca zbiorowa – *X-ray tube with needle-like anode* – „Nukleonika” 2002; 47(3); 101–105
12. Notatka ze spotkania z Krzysztofem Walterem z dnia 16.10.2008 r.
13. C. Pawłowski, Listy: do dyrektora Instytutu Onkologii – F. Łukaszczyka z dn. 7.2.1953 r.; do dyrektora Instytutu Onkologii – W. Jasińskiego z dn. 19.11.1962 r. Materiały archiwalne Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie.
14. Notatka ze spotkania z Jackiem Szpotańskim z dnia 02.04.2009 r.
15. Notatka ze spotkania z Zygmuntem Jemielitym z dnia 02.04.2009 r.
16. Notatka ze spotkania w WZE w Zielonce k/Warszawy z dnia 22.07.2009 r.
17. Korespondencja z Wiesławem Zaraską z dnia 14.01.2009 r.

18. Korespondencja z Jackiem Radoszem – prezesem Zarządu ZWARPOL Sp. z o.o. z dnia 11.03.2009 r.
19. Korespondencja z Ignacym Nowosielskim z dnia 28.05.2009 r.
20. Korespondencja z dr Zofią Kaszowską – Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki w Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie z dnia 06.07.2009 r.
21. Korespondencja z Jerzym Kuryłek – prezesem Zarządu FARUM S.A. z dnia 25.08.2009 r.
22. Katedra Radiologii Uniwersytetu Jagiellońskiego – *Historia od XIX do XXI wieku* <http://www.cm-uj.krakow.pl/radiologia/historia.html>
23. *Początki radiologii w Polsce* – <http://www.polradiologia.org/polish/histor/histor3.html>
24. Great War Society – *Madame Marie Sklodowska-Curie* <http://www.worldwar1.com/tgws/thismonthcurie.htm>
25. <http://www.su.krakow.pl/html/kliniki/radiologia/mumie.htm>
26. <http://www.pulsmedycyny.com.pl/index/archiwum/10830.html>

PRZYPISY

- ¹ W krajach anglojęzycznych przyjęła się nazwa promieniowanie X.
- ² *Die Presse* – wiedeński dziennik, w którym 5 stycznia 1896 r. ukazał się artykuł informujący po raz pierwszy o odkryciu promieni X.
- ³ Angielski uczoney William Crookes (1832–1919).
- ⁴ W kolekcji lamp rtg. autora jest zachowany unikatowy aparat do prześwietleń i zdjęć w pozycji stojącej na 80 kV tejże firmy, zbudowany podczas wojny w połowie 1943 r.!
- ⁵ William David Coolidge (1873–1975) – amerykański wynalazca, twórca właściwej lampy rentgenowskiej.
- ⁶ Kazimierz Szpotański (1887–1966) – polski inżynier, przedsiębiorca, współtwórca polskiego przemysłu elektroenergetycznego.
- ⁷ Obecnie od 2002 r. ZWARPOL Sp. z o.o.
- ⁸ UNRRA – *United Nations Relief and Rehabilitation Administration* („Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Pomocy i Odbudowy”) – organizacja międzynarodowa powstała w USA w 1943 r. dla niesienia natychmiastowej pomocy krajom alianckim zniszczonym w wyniku II wojny światowej; rozwiązana w 1947 r.
- ⁹ *Picker X-Ray Corporation* – amerykańska firma, której założycielem był rosyjski emigrant James Picker (1882–1963); obecnie stanowi część *General Electric*.
- ¹⁰ Obecnie (od 1993 r.) Fabryka Aparatury Rentgenowskiej i Urządzeń Medycznych FARUM S.A.
- ¹¹ Według obecnie obowiązujących przepisów w Polsce nie można prześwietlać osób w celach niemedyceńskich.
- ¹² MeV – jednostka energii stosowana w fizyce jądrowej; $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$; $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- ¹³ Brachyterapia polega na napromieniowaniu ze źródła pozostającego w bezpośrednim kontakcie z pacjentem.
- ¹⁴ W tym roku miało miejsce we Wrocławiu 51 Konserwatorium Krystalograficzne.
- ¹⁵ Zakład Doświadczalny Aparatury Unikalnej Instytutu Badań Jądrowych.
- ¹⁶ Obecnie już nie pracują (od 2004 r.) i zostały zastąpione analizatorami fluorescencji rentgenowskiej.

- ¹⁷ R/min/m – pozaukładowa jednostka mocy dawki ekspozycyjnej promieniowania jonizującego.
- ¹⁸ Serią linii K przyjęto nazywać monoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie, będące wynikiem przejścia elektronu z powłoki wyższej (bardziej oddalonej od jądra atomu) na powłokę K, tj. najbliższą jądra.
- ¹⁰ XPS – *X-ray Photoelectron Spectroscopy* – spektrometria fotoelektronów wzbudzanych promieniowaniem rentgenowskim.
- ²⁰RoHS – Dyrektywa europejska *Reduction of Hazardous Substances*.

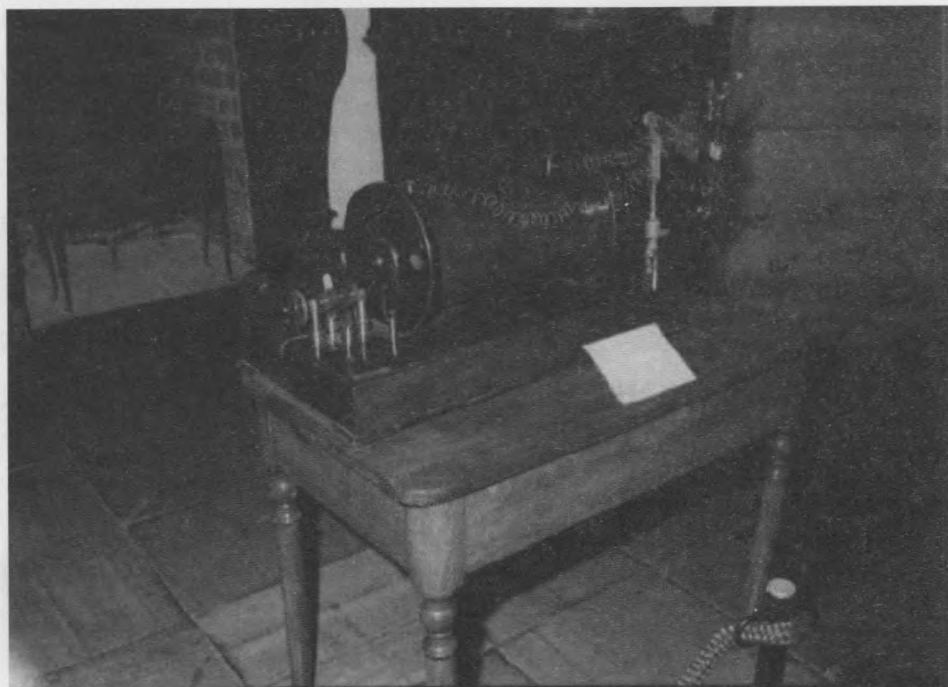
Opole 21.09.2009 r.

A short history of X-rays in Poland

The author presents a brief historical account of the use of X-rays and the production of X-ray equipment in Poland, since its discovery until the present day. Polish achievements in this field mainly relate to the use of X-rays in medicine and in research on diffraction, and to a lesser degree non-destructive research in industry or the use of X-ray fluorescence to analyse the chemical composition of substances. The paper mentions the names of key Polish scientists involved in such research.

The paper also presents Polish achievements in the area of manufacturing X-ray equipment in the inter-war period (1918-1939) and after World War II. Mentioned in the paper, as well, are attempts to manufacture in Poland high-energy apparatus such as betatrons, line accelerators, and X-ray tubes.

The current revival in the use of X-rays in many fields of everyday life is based, unfortunately, on ready-made applications supplied together with complete equipment from outside Poland.



Ryc. 1. Pierwsza w Polsce aparatura rentgenowska złożona przez prof. K. Olszewskiego [22]



Ryc. 2. Pierwsze polskie tłumaczenie komunikatu Röntgena (Warszawa, 30.01.1896). D-r Wilhelm Konrad Röntgen. Profesor zwyczajny Uniwersytetu w Würzburgu: O Nowym Rodzaju Promieni. Z oryginału przetłumaczył, wstępem opatrzył S. Srebrny. Warszawa. Nakładem Księgarni Paprockiego i S-ki. 1896 Styczeń [23]



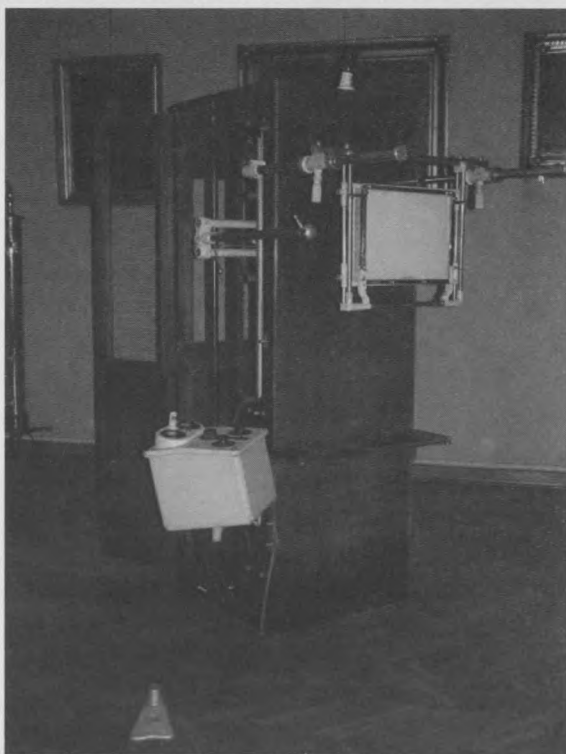
Ryc. 3. Pierwszy radiogram wykonany w Polsce – przycisk do papieru w formie jaszczurki (Kraków, 8–15.01.1896 r.) [22]



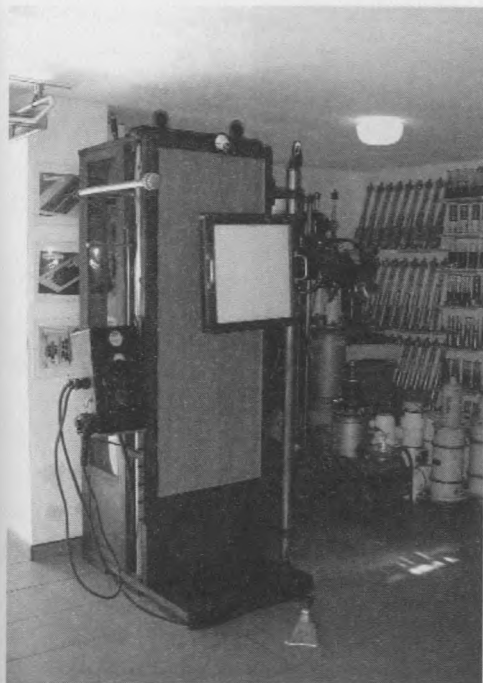
Ryc. 4. Radiogram ręki dr Tadeusza Estreichera z pierścionkami (Kraków, 8–15.01.1896 r.) [22]



Ryc. 5. Madame Curie pod Ypres przy jednym ze swoich ruchomych ambulansów [24]



Ryc. 6. Aparat rentgenowski (właściwie ścianka rentgenowska) firmy Walkowski z 1942 r.[9]



Ryc. 7. Aparat rentgenowski (właściwie ścianka rentgenowska) firmy Cz. Skirucha z 1943 r.

**WYNIKI
BADAŃ
APARATÓW RENTGE-
NOWSKICH**

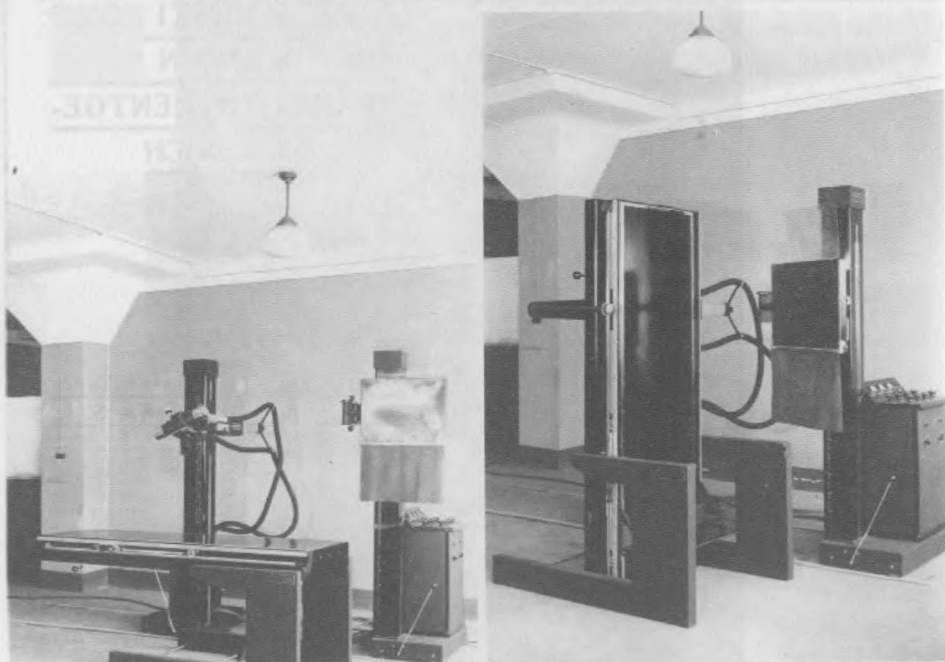
FABRYKA APARATÓW ELEKTRYCZNYCH
K. SZPOTAŃSKI i S-KA S. A.
WARSZAWA 4, UL. KALUSZYŃSKA 2-4-6

SZPOTAŃSKI
FAE
W Y D. 126 LISTOPAD 1928

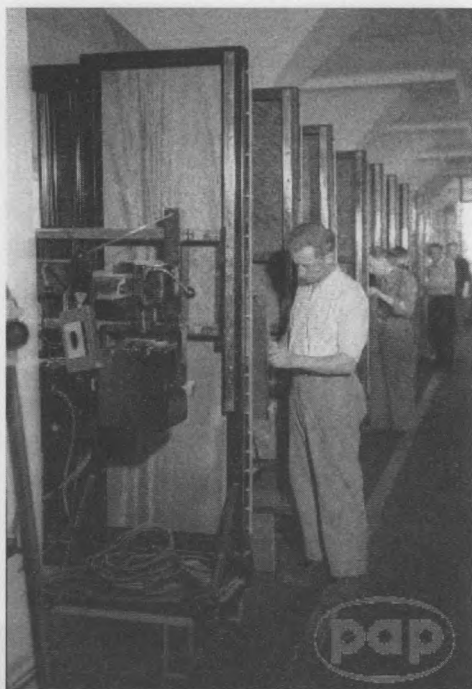
Ryc. 8. Unikalne sprawozdanie z badań aparatu rtg. półfalowego o wydajności 70 mA i 85 kV oraz aparatu półfalowego o wydajności 25 mA i 85 kV Szpotańskiego (dzięki uprzejmości Jacka Szpotańskiego)



Ryc. 9. Folder aparatu rtg. firmy Szpotańskiego (dzięki uprzejmości Jacka Szpotańskiego)



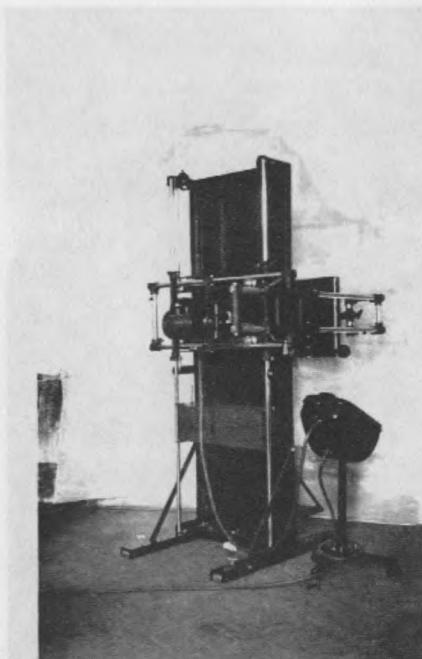
Ryc. 10. Aparaty rentgenowskie polskiej produkcji firmy FAE Szpotański i S-ka (dzięki uprzejmości Jacka Szpotańskiego)



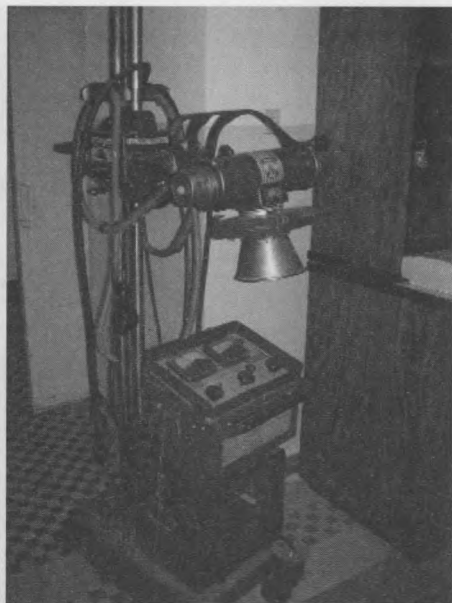
Ryc. 11 Produkcja aparatów rentgenowskich w ZWAR 1948 r.(PAP)



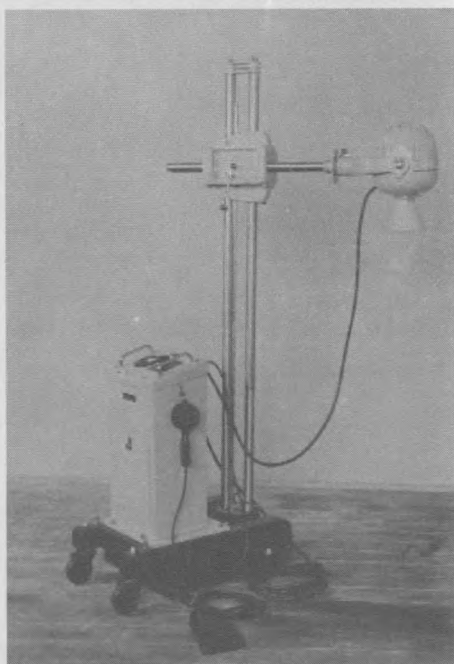
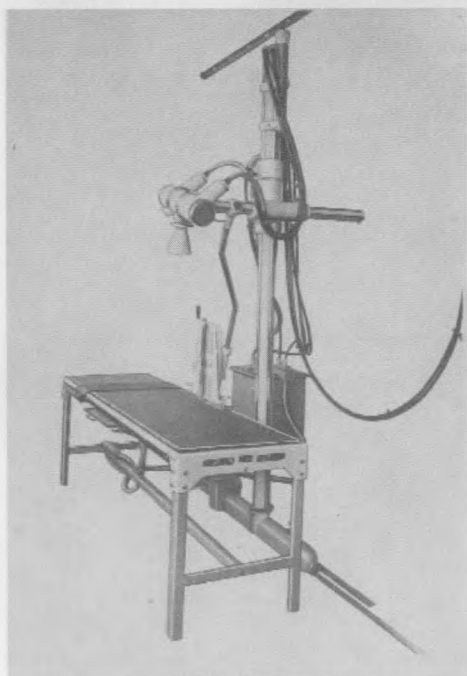
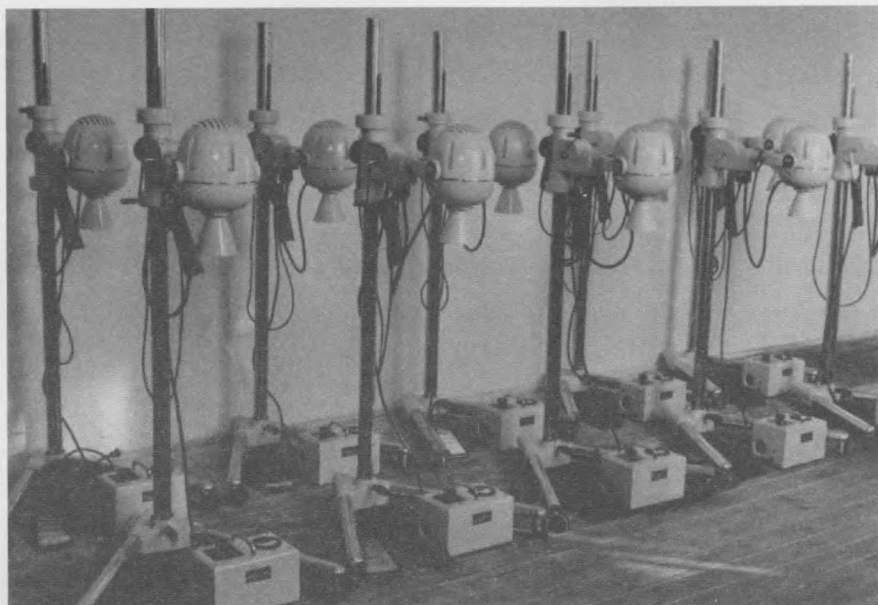
Ryc. 12. Wagon rentgenowski Służby Sanitarnej z 1948 r. (PAP)



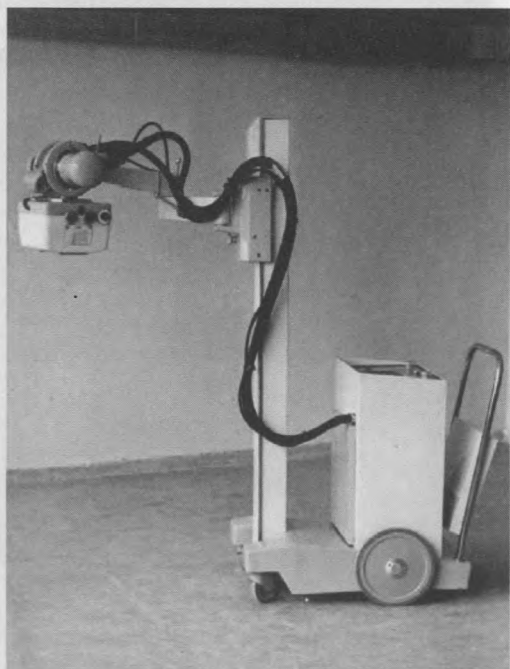
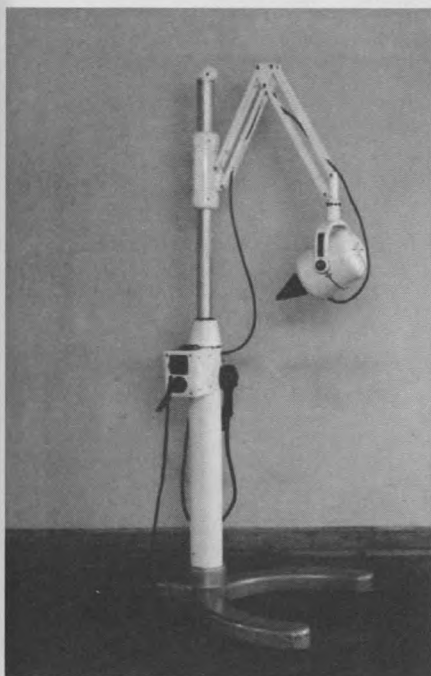
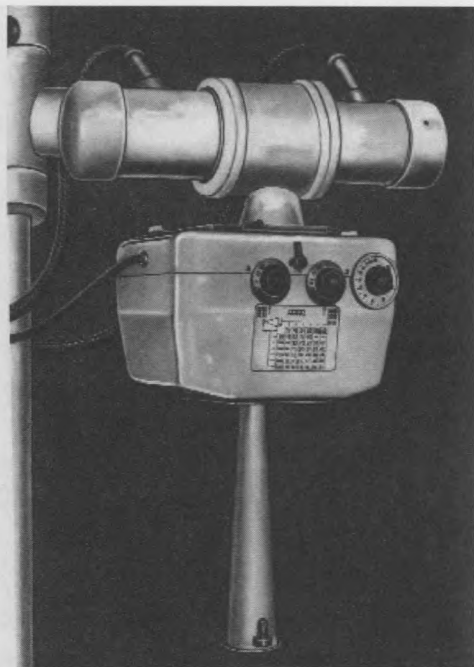
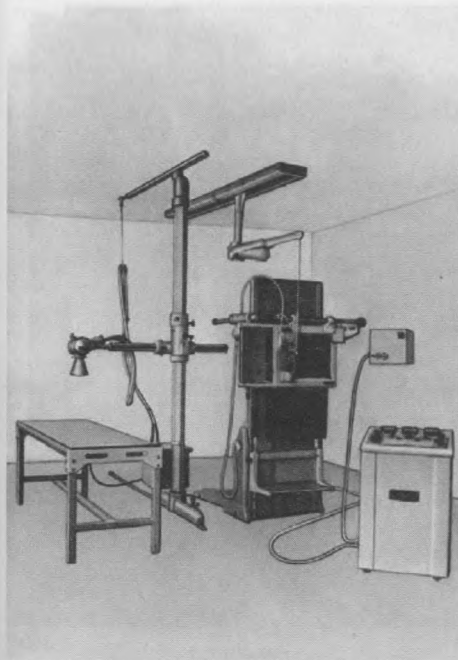
Ryc. 13. Fotografie ze zbioru Stanisława Nowosielskiego: aparat rtg
(a) aparat rentgenowski, (b) wystawa sprzętu rentgenowskiego
na Politechnice Warszawskiej w latach 50.
(dzięki uprzejmości Ignacego Nowosielskiego)



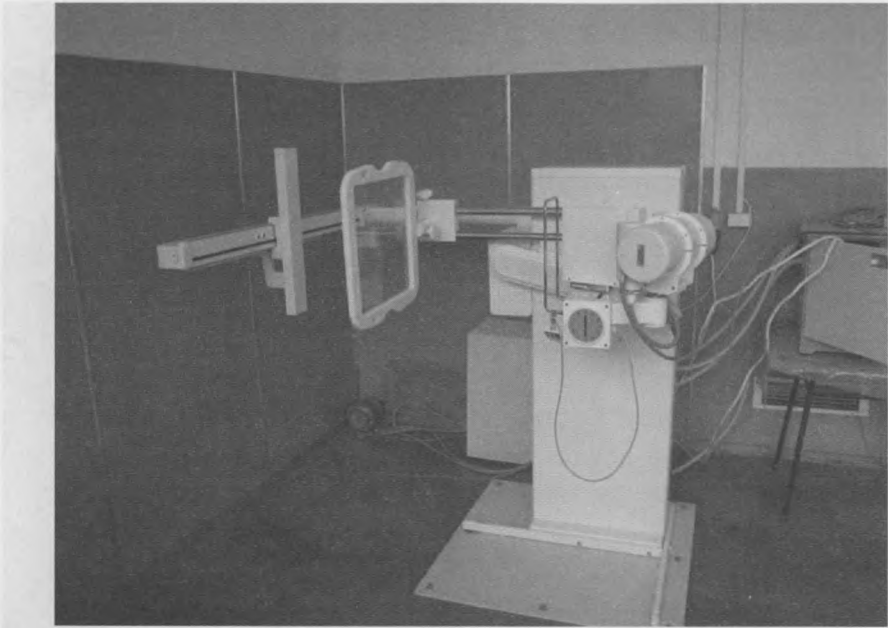
Ryc. 14. Wojskowy aparat rtg. firmy Picker X-ray Corporation (USA)



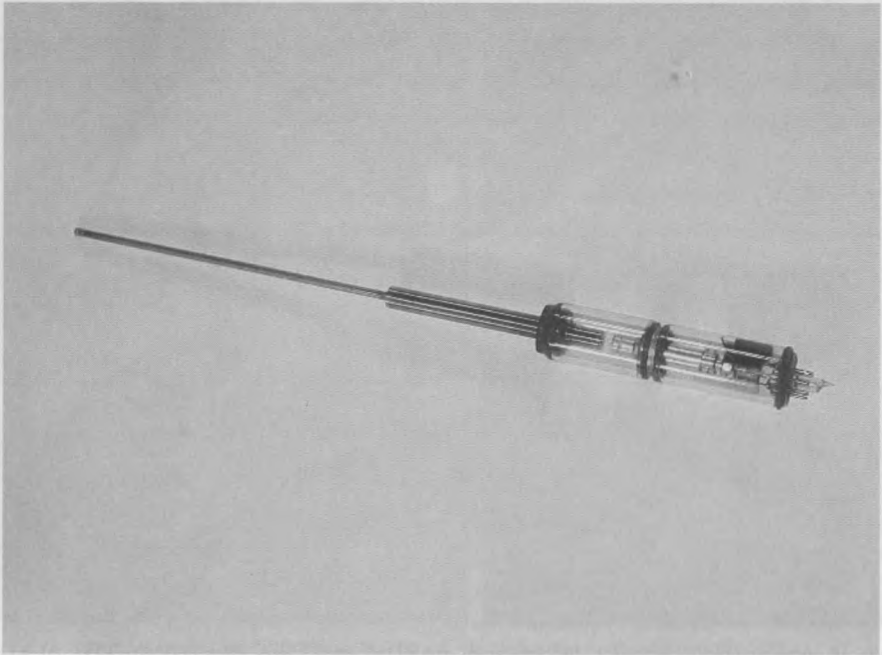
Ryc. 15. Jedne z pierwszych aparatów rentgenowskich produkcji FARUM
 a) aparat jezdny XD1A, 60 kV, 10 mA, 1954 r., b) aparat stacjonarny XD12, 125 kV, 300 mA,
 c) aparat jezdny XD6, 60 kV, 10 mA, na bazie amerykańskiego Pickera
 (dzięki uprzejmości Zygmunta Jemielitego)



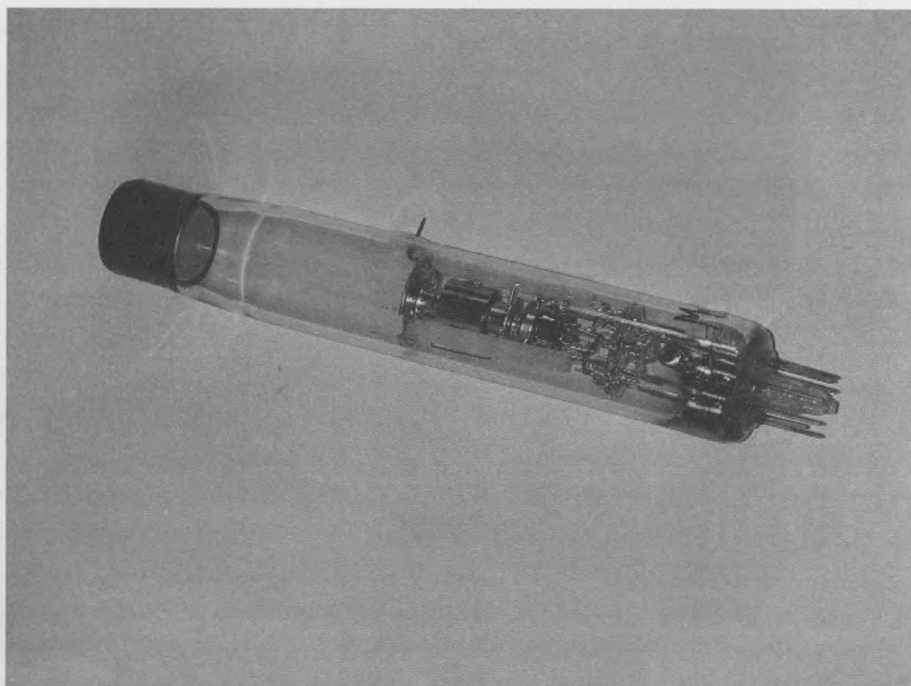
Ryc. 16. Aparaty rentgenowskie dawnej firmy FARUM: a) XP10A, b) UD27, c) XD7, d) XD14
(Dzięki uprzejmości FARUM S.A.)



Ryc. 17. Medyczny skaner rentgenowski DRS produkcji WZE
(dzięki uprzejmości WZE)



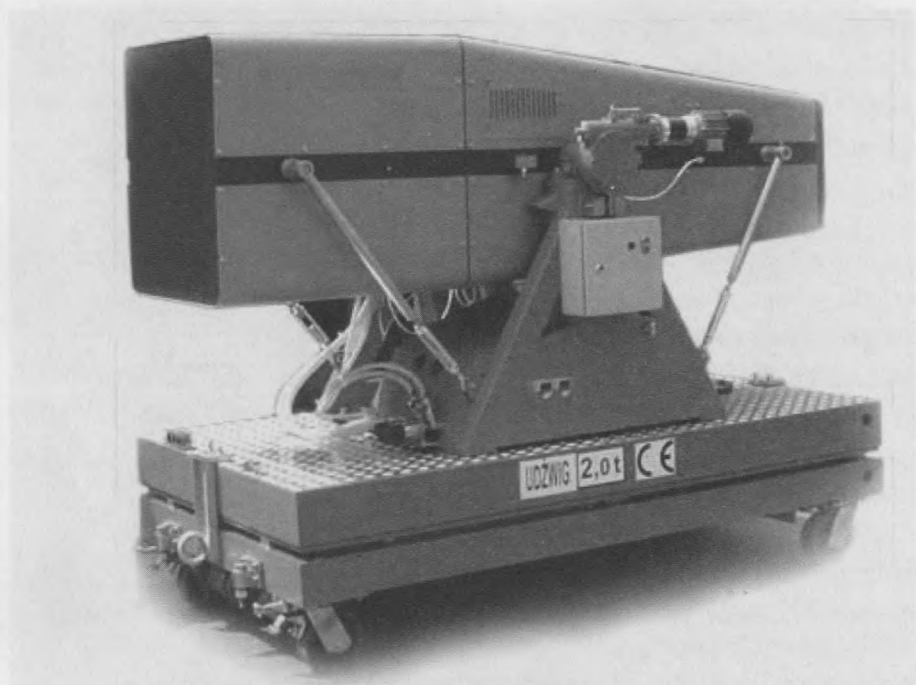
Ryc. 18. Lampa rtg. do brachyterapii – tzw. igła fotonowa produkcji IPJ



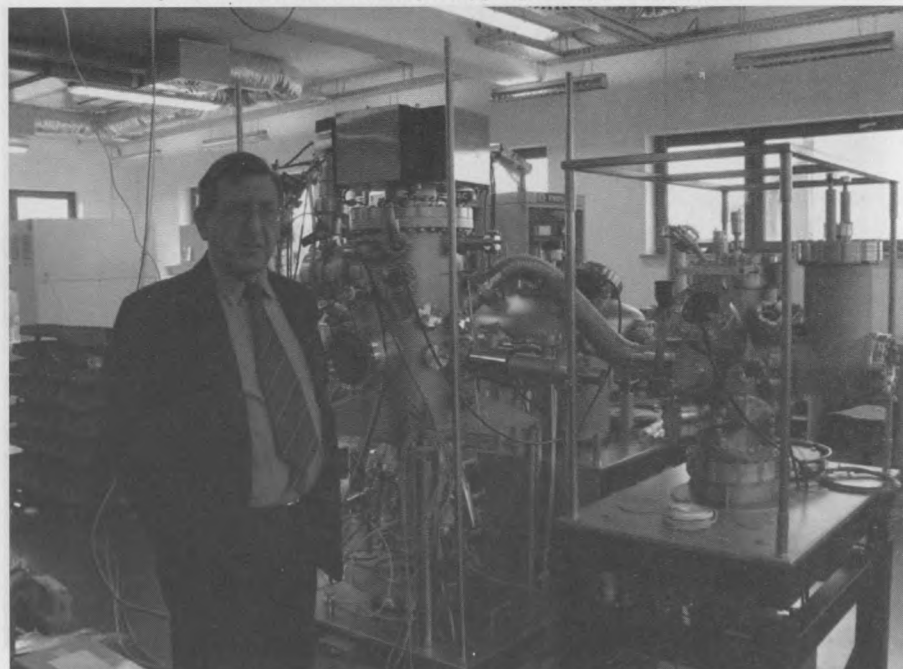
Ryc. 19. Lampa rtg. do fluorescencji wykonana na potrzeby AGH



Ryc. 20. Betatron BRM-30 polskiej produkcji (IPJ) w Odlewni Żeliwa w Śremie (dzięki uprzejmości Elżbiety Ratajczak)



Ryc. 21. Akcelerator mobilny Lillyput polskiej produkcji (IPJ)



Ryc. 22. Autor przy stanowisku (ze źródłem promieniowania rentgenowskiego) w firmie Prevac



Ryc. 23. Zdjęcie rentgenowskie mumii egipskiej wykonane przez O. Bilewicza [22]