

Adam Krajewski

Zwalczanie owadów - szkodników technicznych drewna za pomocą mikrofal

Ochrona Zabytków 43/1 (168), 27-34

1990

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.

tej sali pochodzących z dwóch różnych okresów, tj. z gotyku i klasycyzmu¹⁷.

¹⁷ Pierwsze badania sondażowe tynków wykonali w 1970 r. konserwatorzy z Gdańskiego Oddziału PP PKZ pod kierunkiem T. Stankiewicza. Zob. T. Stankiewicz, *Dokumentacja...*, op. cit. Ponownie badania prowadził A. Ulewicz i opisał je w: *Dokumentacja z badań na istnienie polichromii, Lidzbark Warmiński — Letni Refektarz zamku*. PP PKZ — Oddział w Olsztynie, 1985 (maszynopis w PKZ — Olsztyn). Prace przy konserwacji malowideł ściennych Letniego Refektarza prowadził A. Ulewicz. Konsultantem była Z. Wolniewicz. Zob. A. Ulewicz, *Dokumentacja prac konserwatorskich przy malowidle ściennym w Letnim Refektarzu na zamku w Lidzbarku Warmińskim*. PP PKZ — Oddział w Olsztynie, 1985 (maszynopis w PKZ — Olsztyn).

W 1987 r. przystąpiono do prac konserwatorskich malowideł w kapitularku, ale wykraczają one poza ramy czasowe wyznaczone w tytule¹⁸.

mgr Joanna Tytus-Wańkowska
PP PKZ — Oddział w Olsztynie

¹⁸ Szczegółowe informacje dotyczące zakresu i technologii wszystkich prac związanych z katalogiem malowideł, zamieszczam w artykule *35 lat konserwacji malowideł ściennych w zamku w Lidzbarku Warmińskim*, stanowiącym dalszą część przedstawionego wyżej problemu (praca w druku w „Olsztyńskim Biuletynie Konserwatorskim”, 1989).

THE RESTORATION OF WALL PAINTINGS IN THE CASTLE IN LIDZBARK WARMIŃSKI IN 1955—1985

The article is an attempt to show the thirty-year-long activities of restorers aiming to protect the group of wall paintings in the castle in Lidzbark Warmiński. The castle was built as the seat of the bishops of Warmia in the years 1350—1400. It is one of the most beautiful Gothic structures in Poland.

The castle interiors had a wealth of paintings. These came from various periods: from the end of the 14th cent. until the end of the 15th cent., and from the 18th cent. (when the castle interior underwent adaptation).

The first restoration-construction work was begun in 1896. In the course of it Gothic paintings were uncovered on the walls. Restoration work on a greater scale was taken up later, in 1924 and was completed in 1939.

The first restoration work after the war was begun already in 1953. In 1956—1960 the paintings in the lower parts of the chapter-house wall were uncovered, preserved and protected.

In 1968—1969 students and staff of the Fine Arts Restoration Department of the Mikołaj Kopernik University in Toruń investigated and unveiled a painting on the cloister vaulting: in 1968 in the north and west wing, and in 1969 in the east wing.

At the same time, the Szczecin Branch of the Ateliers for Conservation of Cultural Property carried out architectonic studies of the castle, which revealed the presence of many paintings under the wall plaster layers. These were from the 15th to the 18th cent. and included, among others, the currently totally uncovered wall paintings in the Kredens room of the chapel and paintings on the vaulting of chambers in the north wing and in the Small Refectory.

In 1979 wide-scale restoration work was commenced on the *Scene with Bishop Anselm* and paintings with the coats of arms from the castle cloisters.

In 1981 complex work was begun on the painting decoration of the Samit Refectory. First the Gothic decoration in the vault ribs was uncovered. Next, its restoration was carried out along with the colour integration of the losses in the painting layer. This work lasted until 1983.

All work conducted in the period from 1979 to 1983 was done by restorers of the Ateliers for Conservation of Cultural Property from Olsztyn.

ADAM KRAJEWSKI

ZWALCZANIE OWADÓW — SZKODNIKÓW TECHNICZNYCH DREWNA ZA POMOCĄ MIKROFAL

W opracowaniach dotyczących dezynsekcji drewna za pomocą energii elektrycznej spotyka się różne określenia tej metody zwalczania owadów. Posługiwano się pojęciami: prądy, pola i fale radiowe o wielkiej i bardzo wielkiej częstotliwości. Czasami poprzestawano na określeniu wielkie i bardzo wielkie częstotliwości. Chodzi tu oczywiście o prądy zmienne o takich częstotliwościach, których przepływowi towarzyszą zaburzenia pola elektromagnetycznego. Fragment pasma fal radiowych o bardzo wielkiej częstotliwości to mikrofały.

Pojęciem mikrofały określa się najczęściej fale elektromagnetyczne o częstotliwości od 0,3 do 300 GHz, tj. o długości od 1000 do 1 mm. Rozchodzić się mogą tylko w dielektrykach. Jednym z nich jest drewno. Mikrofały mogą być emitowane, podobnie jak i krótsze fale o wielkiej częstotliwości, w formie pola jednorodnego lub rozproszonego (rys. 1). Pole rozproszone może być także wtórnie skupiane w komorach mikrofałowych, na skutek odbić od metalowych ścian (rys. 2).

Zainteresowanie zwalczaniem owadów — szkodników technicznych drewna — za pomocą fal elektromagne-

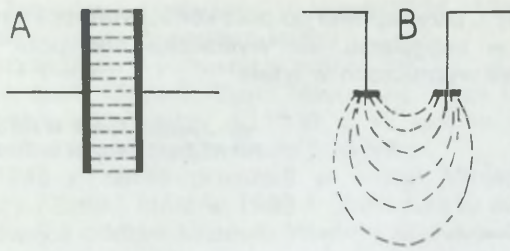
tycznych o wysokiej częstotliwości datuje się od prac prowadzonych przez J. Green w 1946 r. w Forest Products Research Laboratory w Londynie¹. Badania te, poszerzone z czasem o doświadczenia nad falami o wielkiej częstotliwości, były kontynuowane m.in. w Wielkiej Brytanii², Francji³, Związku Radzieckim⁴, Stanach

¹ A. M. Thomas, M. G. White, *The sterilization of insect-infested wood by high-frequency heating*. „Wood” 1959, nr 10, ss. 407—410; nr 11, ss. 449—451; nr 12, ss. 487—488.

² J. D. Bletchly, *Very high frequency radiowaves and wood-boring insect control*. „Holzforschung” 1965, nr 19/2/, ss. 47—52; A. M. Thomas, M. G. White, op. cit.; A. Watson, B. W. Moss, *Microwave and moisture in building research*. „British Communications and Electronics” 1964, ss. 778—781.

³ M. Jacquiot, *De l'emploi du chauffage par haute fréquence pour la destruction des insectes des bois mis en oeuvre*. „Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France” 1949, nr 36/15/, s. 635.

⁴ G. E. Osmołowski, *Primienienie tokow vysokoy czastoty dla borby z nasiekowymi — razrusziteliami dreviesiny*. „Trudy Instytutu Liesa” 1950, nr 6, ss. 162—181.



1. Pola elektromagnetyczne o wysokiej częstotliwości: A — pole jednorodne pomiędzy okładkami kondensatora; B — pole rozproszone wokół elektrod

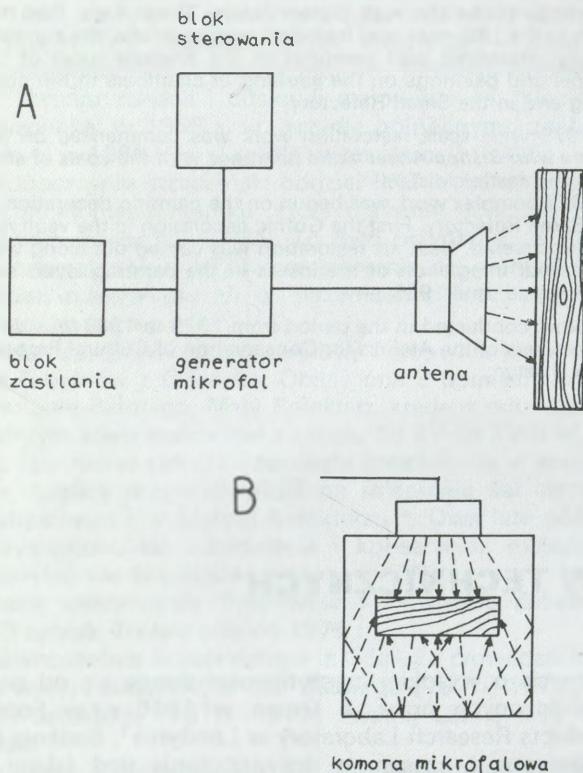
1. High frequency electromagnetic fields: A — homogeneous field between condenser screens; B — scattered field around electrodes

za pomocą pól o bardzo wysokich częstotliwościach wymagających dalszych badań¹².

Dlatego też w latach 1985—1987 w Oddziale Badań i Konserwacji PP Pracowni Konserwacji Zabytków w Warszawie podjęto badania nad dezynsekcją drewna za pomocą mikrofal o długości 12,2 cm (2,45 GHz) emitowanych w formie pola rozproszonego.

Do doświadczeń wykorzystano dwa prototypowe urządzenia mikrofalowe typu polowego, zaprojektowane i wykonane dla wrocławskiego oddziału PKZ oraz komorę mikrofalową z Politechniki Wrocławskiej, wykonaną z kuchni mikrofalowej produkcji RAWAR (rys. 2). Urządzenia polowe miały moc na wyjściu 600 W i 1400—2400 W, a komora mikrofalowa — 1000 W. Konstrukcja wszystkich trzech urządzeń oparta była na magnetronach.

Na podstawie oceny wysokości temperatury drewna poddanego działaniu mikrofal ustalono, że nagrzewanie tego materiału mikrofalami ma charakter skokowy w porównaniu z klasyczną metodą dezynsekcji za pomocą gorącego powietrza (rys. 3). Po szybkim, kilkuminutowym nagrzewaniu następuje znacznie wolniejsze stygnięcie.



2. Schemat urządzeń mikrofalowych: A — polowe urządzenie mikrofalowe; B — komora mikrofalowa
2. Diagram of microwave devices: A — field microwave device; B — microwave chamber

Zjednoczonych⁵, Belgii⁶, RFN⁷, Szwajcarii⁸, a także w Polsce⁹. W doświadczeniach tych posługiwano się zarówno polem jednorodnym¹⁰, jak i polem rozproszonym¹¹. Ze względu na sporą liczbę publikacji dotyczących tego samego tematu, artykuł ten nie podaje pełnego przeglądu literatury.

W ostatnich latach w pracach o charakterze przeglądowym, zajmujących się problemami dezynsekcji drewna stwierdzono, że metody zwalczania owadów w drewnie

⁵ H. Frings, *Factors determining the effects of radiofrequency electromagnetic fields on insects and materials they infest*. „Journal of Economic Entomology” 1952, nr 43/3, ss. 396—408.

⁶ D. Bollaerts, J. Quoilin, W. E. van den Bruel, *Nouvelles recherches relatives a l'utilisation des proprietes des micro-ondes, pour la destruction des insectes dissimules dans le bois*. „Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent” 1961, nr 26/3, ss. 1435—1450; W. E. van den Bruel, D. Bollaerts, F. Pietermaat, P. Stefens, *Recherches sur la destruction eu moyen d'un champ elektrique a tres haute frequence des insect xylophages forant de bois oeuvres*. „Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat te Gent” 1960, nr 25/3, ss. 1377—1391.

⁷ W. Berwig, A. F. Schühly, *Über die Einwirkung von Mikrowellen auf im Nadelstammholz lebende Insekten*. „Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes” 1964, 16/2, ss. 17—20.

⁸ O. Wälchli, P. Tscholl, *Möglichkeiten der Bekämpfung holzerstörenden Insekten ohne Gifanwendung*. „Holz als Roh- und Werkstoff” 1975, nr 33/2, ss. 49—53.

⁹ Z. Burski, A. Zygmunt, *Badanie możliwości sterylizacji drewna polichromowanego za pomocą energii mikrofalowej*. „Informator PKZ” 1981, ss. 39—47. Materiały z II Ogólnopolskiego Zjazdu Chemików Konserwatorów, Toruń-Bachotek, wrzesień 1981; A. Krajewski, *Opracowanie metody zabezpieczenia drewna zabytkowego przed zerowaniem owadów*, maszynopis dokumentacji, 1987; A. Krajewski, A. Zygmunt, Z. Burski, *Die Mikrowellenanwendung zur Bekämpfung der holzerstörenden Insektenlarven*. Sixth International Restorer Seminar, Veszprem 13.07. — 23.07.1987, Budapeszt 1987, ss. 67—82; K. Olszowski, *Zastosowanie fal radiowych ultrakrótkich do zwalczania szkodników drzewa*. „Ochrona Zabytków” 1948, nr 3/4, ss. 115—120. Z. Ratajczak, L. Dziedzic, *Z badań nad zastosowaniem pola elektromagnetycznego o wielkiej częstotliwości do zwalczania owadów — szkodników technicznych drewna*. Zeszyty Naukowe SGGW — Leśnictwo 1968, nr 12, Materiały IV Sympozjum Ochrony Drewna, ss. 123—132.

¹⁰ G. E. Osmałowski, op. cit.; Z. Ratajczak, L. Dziedzic, op. cit.; A. M. Thomas, M. G. White, op. cit.; O. Wälchli, P. Tscholl, op. cit.

¹¹ W. Barwig, A. F. Schühly, op. cit.; Z. Burski, A. Zygmunt, op. cit.; A. Krajewski, op. cit.; A. Krajewski, A. Zygmunt, op. cit.; A. M. Thomas, M. G. White, op. cit.; W. E. van den Bruel, D. Bollaerts, F. Pietermaat, P. Stefens, op. cit.; A. Watson, B. W. Moss, op. cit.

¹² J. Dominik, J. R. Starzyk, *Ochrona drewna. Owady niszczące drewno*. Warszawa 1983; W. Unger, *Möglichkeiten zur Bekämpfung holzerstörenden Insekten durch physikalische Methoden*. „Holztechnologie” 1984, nr 5, ss. 164—169.

W wypadku pola rozproszonego najsilniej nagrzewane są warstwy drewna znajdujące się najbliżej anteny urządzenia mikrofalowego, a najsłabiej warstwy najodleglejsze. Drewno nagrzewane w komorze mikrofalowej wykazywało najwyższą temperaturę w środkowych warstwach, prawdopodobnie na skutek sumowania się działania mikrofal z kierunku emisji i z odbić. Szybkość nagrzewania drewna mikrofalami zależy od mocy urządzenia i grubości drewna. Stosując pole rozproszone należy pamiętać o nierównym nagrzewaniu drewna, a w związku z tym o możliwości przegrzania, a nawet zapalenia wierzchnich warstw tego materiału przy zbyt słabym nagrzaniu nie zapewniającym skutecznej dezynsekcji, warstw odległych od anteny (rys. 4). Z tego względu nie powinno się dokonywać dezynsekcji elementów drewnianych o grubości powyżej 10 cm, za pomocą tej formy pola można dokonywać także dezynsekcji grubszych elementów drewnianych, nawet do 30 cm, nagrzewając je kolejno z dwóch przeciwnych stron. Eliminuje to niebezpieczeństwo zapalenia się drewna, który to proces może początkowo być niezauważony, jako że następuje pod powierzchnią.

Nagrzewanie drewna w polach elektromagnetycznych o wielkich i bardzo wielkich częstotliwościach zależy od gęstości, wilgotności i przebiegu włókien tego materiału w stosunku do przebiegu linii sił pola¹³. Gęstość w stosunkowo niewielkim stopniu wpływa na tg kąta stratności δ , a tym samym na nagrzewanie się drewna, chociaż w przedziale wilgotności 0—15% związek pomiędzy nimi staje się wyraźniejszy¹⁴.

Wpływ wilgotności drewna na nagrzewanie tego materiału w polach o wielkiej i bardzo wielkiej częstotliwości oceniany był bardzo różnie. Pomiaru temperatury drewna przeprowadzone przez Bletchly'ego¹⁵, wydają się świadczyć o silniejszym nagrzewaniu wierzchnich warstw bardziej wilgotnego drewna. Z kolei Berwig i Schuhly¹⁶ stwierdzili szybszy i większy wzrost temperatury drewna o mniejszej wilgotności. Vodoz¹⁷ podał, że w przedziale wilgotności 0—20% istnieje związek liniowy pomiędzy

stałą dielektryczną ϵ , a wilgotnością drewna. Natomiast związek pomiędzy tg kąta stratności δ , a wilgotnością drewna jest bardzo powikłany, jako że zależy on od częstotliwości pola elektromagnetycznego. W doświadczeniach przeprowadzonych przez autora niniejszej publikacji drewno powietrznosuche i drewno nawilżane, poddane działaniu mikrofal¹⁸, nagrzewało się w podobny sposób i wyniki dezynsekcji były takie same. Należy jednak podkreślić, że w doświadczeniach tych nie uzyskano równomiernego stopnia wilgotności drewna w całej jego objętości. Najprawdopodobniej tylko wierzchnie warstwy wykazywały duże różnice wilgotności.

Wydaje się, że problem wilgotności ma większe znaczenie dla suszarnictwa w polach o wielkiej i bardzo wielkiej częstotliwości niż dla dezynsekcji za pomocą tej formy energii, ponieważ dotyczy on głównie powietrznosuchego drewna. Ponadto drewno o większym stopniu wilgotności można wstępnie przesuszyć za pomocą pola elektromagnetycznego czy też w inny sposób.

Najszybciej nagrzewa się drewno przy równoległym usytuowaniu włókien do linii sił pola. Stosunek szybkości nagrzewania się drewna przy równoległym i poprzecznym ustawieniu włókien do linii sił pola ma się przy tym jak 1,8 : 1¹⁹. Stosunkowo mało istotna jest natomiast różnica w ramach usytuowania poprzecznego, pomiędzy kierunkami promieniowym i stycznym. Szybkości nagrzewania mają się tu odpowiednio jak 1,1 : 1. Należy przy tym zaznaczyć, że powyższe zasady dotyczą przesuszonego drewna.

¹³ J. Vodoz, *Das Verhalten des Holzes während der Trocknung im hochfrequenten Wechselfeld*, „Holz als Roh- und Werkstoff“ 1957, nr 15/8/, ss. 327—340.

¹⁴ J. Vodoz, op. cit.

¹⁵ J. D. Bletchly, op. cit.

¹⁶ W. Berwig, A. F. Schuhly, op. cit.

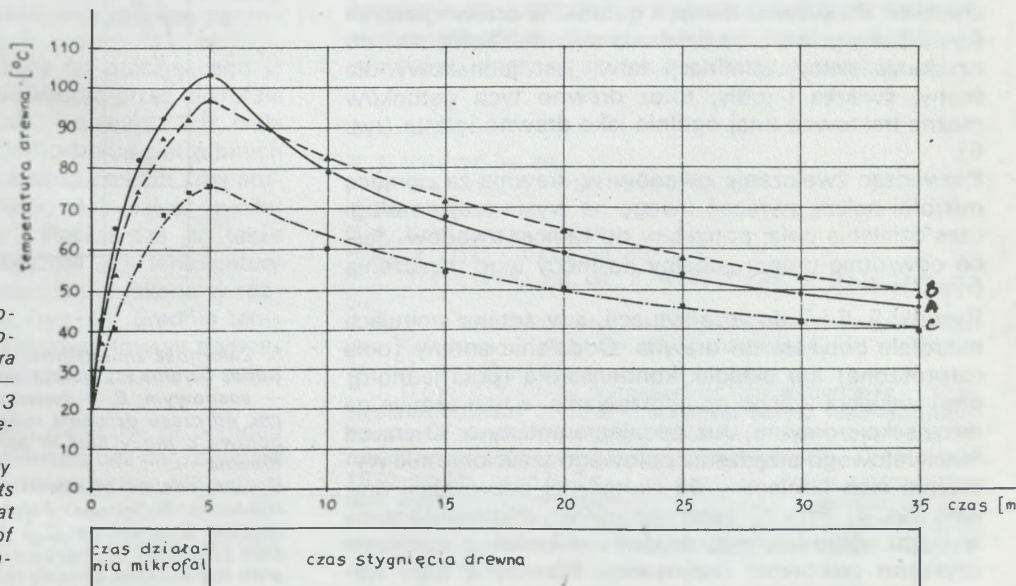
¹⁷ J. Vodoz, op. cit.

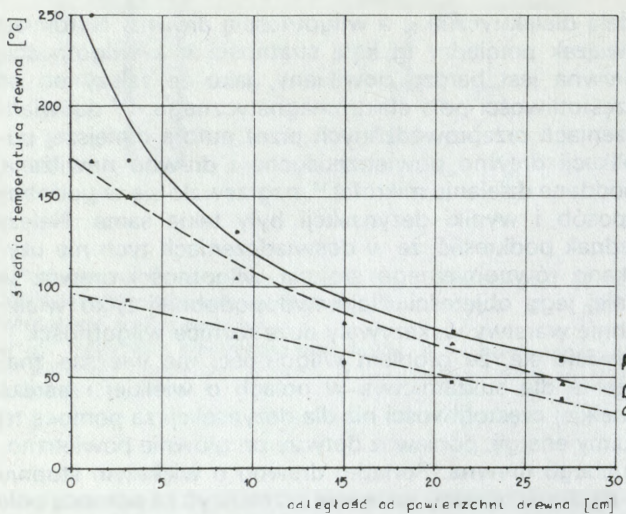
¹⁸ A. Krajewski, op. cit.

¹⁹ J. Vodoz, op. cit.

3. Proces nagrzewania powietrznosuchego drewna sosnowego i proces jego stygnięcia: A — temperatura drewna na głębokości 1 cm; B — temperatura drewna na głębokości 3 cm; C — temperatura drewna na głębokości 5 cm.

3. The process of heating air-dry pine wood and the process of its cooling: A — temperature of wood at depth of 1 cm; B — temperature of wood at depth of 3 cm; C — temperature of wood at depth of 5 cm





4. Rozkład temperatury powietrznosuchego drewna sosnowego na głębokości do 30 cm, po nagraniu mikrofalami wytwarzanymi przez urządzenie o mocy 600 W, przez: A — 15 min.; B — 10 min.; C — 5 min.

4. Distribution of temperature of air-dry pine wood at depth up to 30 cm, after heating by means of microwaves produced by a 600 W device, during time of: A — 15 min.; B — 10 min.; C — 5 min.

We wszystkich doświadczeniach przeprowadzonych przez autora tego artykułu mikrofały wytwarzane przez urządzenia polowe były emitowane w poprzek włókien. W wypadku drewna budowlanego na ogół tylko ten kierunek wchodzi w rachubę przy dezynsekcji.

W komorach mikrofalowych, skupiających emitowane pole rozproszone, kierunek emisji staje się mniej istotny.

Na podstawie doświadczeń przeprowadzonych na larwach spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), kołatka domowego (*Anobium punctatum* De Geer) i wykarczaka sosnowca (*Crioccephalus rusticus* L.) najbardziej odporny na działanie mikrofał jest pierwszy z wymienionych gatunków. Przy takich samych parametrach technicznych zabiegu krzywa zależności eliminacji larw spuszczela od czasu emisji mikrofał ma podobny charakter dla drewna różnych gatunków drzew iglastych (rys. 5). Progowy czas działania mikrofał, konieczny do uzyskania pełnej eliminacji larw, jest jednakowy dla sosny, świerka i jodły, toteż drewno tych gatunków można traktować tutaj ogólnie jako drewno iglaste (rys. 6).

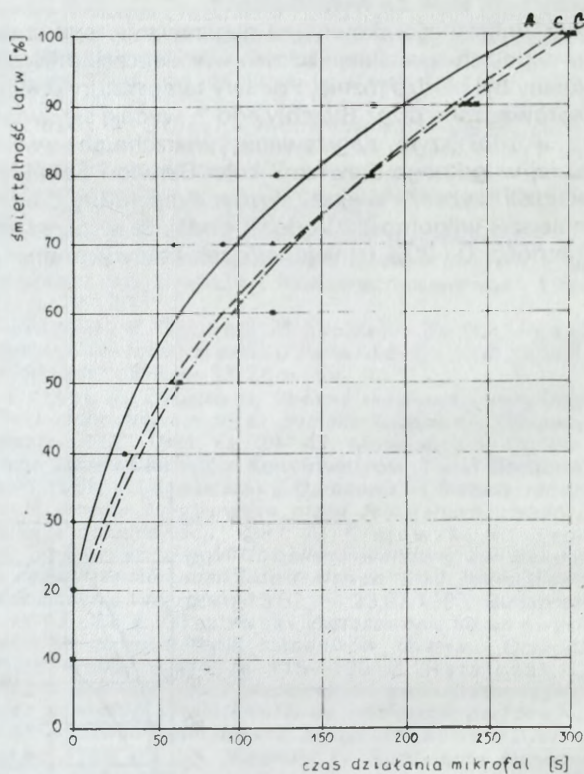
Prowadząc zwalczanie owadów w drewnie za pomocą mikrofał należy zwracać uwagę na wystarczająco długi czas działania pola, potrzebny do zabicia owadów. Jest on odwrotnie proporcjonalny do mocy tego urządzenia (rys. 7).

Rysunki 5, 6 i 7 dotyczą sytuacji, gdy antena emitująca mikrofały dotykała do drewna. Oddalenie anteny (pole rozproszone) lub okładki kondensatora (pole jednorodne) wywiera wpływ na nagrzewanie, a tym samym na dezynsekcję drewna. Już oddalenie anteny o 10 cm od 600-watowego urządzenia polowego sześciokrotnie wydłużało czas konieczny do skutecznej dezynsekcji drewna (rys. 8). Przy 20-centymetrowym oddaleniu anteny w ciągu półgodzinnego działania mikrofał w ogóle nie uzyskano całkowitej dezynsekcji. Przyczyną tego zja-

wiska jest malejące natężenie pola rozproszonego wraz ze wzrostem odległości anteny od drewna, co uwiadamia się słabszym nagrzewaniem tego materiału.

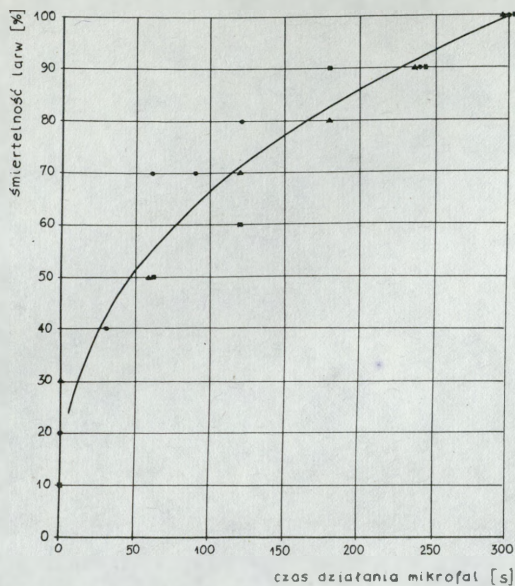
Wydaje się, że zarówno nagrzewanie drewna, jak i zabicie owadów przez mikrofały (czy fały o innych wysokich częstotliwościach) można wyjaśnić przyjmując teorię podaną przez Wälchli i Tscholla²⁰. W myśl tej teorii drewno należy traktować jako kompozycję substancji drzewnej, powietrza i wody, nawet w wypadku powietrznosuchego drewna. Bardzo częste zmiany kierunku prądu o wielkiej częstotliwości (ok. 10^7 — $8 \cdot 10^7$ razy na sekundę) czy bardzo wielkiej częstotliwości ($2,5 \cdot 10^9$ razy na sekundę) przy długości fali 12,2 cm powodują równie częste zmiany kierunków pola elektromagnetycznego. Cząsteczki wody, będące dipolami, orientują się na kierunek pola i tym samym wykonują w ciągu sekundy liczbę obrotów odpowiadającą częstotliwości pola. W wyniku tarcia molekularnego obracających się cząsteczek wody nagrzewają się także pozostałe komponenty układu, tj. substancja drzewna i zawarte w drewnie powietrze. Wysoka temperatura powoduje przemieszczanie się w nagrzanym drewnie powietrza i pary

²⁰ O. Wälchli, P. Tscholl, op. cit.



5. Zależność śmiertelności larw spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), żerujących w powietrznosuchym drewnie A — sosnowym; B — świerkowym; C — jodłowym o grubości 6 cm, od czasu działania mikrofał emitowanych przez urządzenie polowe o mocy 600 W przy bezpośrednim dotyku anteny do drewna

5. Dependence of elimination of larvae of the common Cermamyxid (*Hylotrupes bajulus* L.), feeding on air-dry wood. A — pine; B — spruce; C — fir with thickness of 6 cm, from the time of activity of microwaves emitted by a 600 W field device, with the antenna directly touching the wood



6. Zależność śmiertelności larw spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), żerujących w powietrznosuchym drewnie iglastym o grubości 6 cm, od czasu działania mikrofal emitowanych przez urządzenie połowe o mocy 600 W przy dotyku anteny do drewna

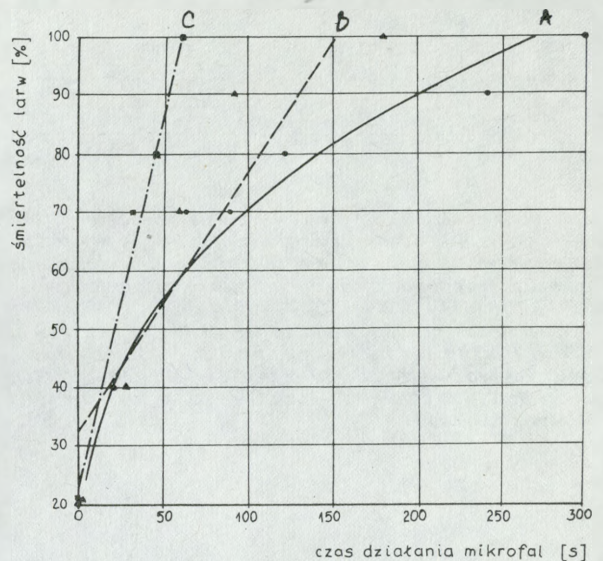
6. Dependence of elimination of larvae of the common Cerambycid (*Hylotrupes bajulus* L.), feeding on air-dry 6 cm thick coniferous wood, from the time of activity of microwaves emitted by a 600 W field device, with the antenna touching the wood

wodnej pod wysokim ciśnieniem, tj. ciśnieniem rzędu 1 kG/cm² w drewnie jodły czy nawet 2–3 kG/cm² w drewnie niektórych gatunków liściastych²¹. Zjawisko to ma duże znaczenie dla dezynsekcji drewna, co podkreślali niektórzy badacze²².

Do pewnej głębokości drewno jest przy tym nagrzewane bezpośrednio przez fale radiowe, natomiast jego głębsze warstwy nagrzewają się na skutek przemieszczenia się gorącego powietrza i pary wodnej oraz w pewnym stopniu dzięki przewodnictwu cieplnemu samej substancji drzewnej. Według Berwiga i Schuhly²³ głębokość wnikania ok. 12 cm mikrofal wynosi 2–3 cm, co wydaje się potwierdzać głębokość uszkodzeń drewna (ślady zapalenia) w wypadku przedawkowania zabiegu dezynsekcji²⁴.

Zwalczane owady pobierają ciepło od otaczającego je drewna lub nagrzewane są bezpośrednio przez mikrofały w wypadku płytszego położenia, ponieważ ich ciała zawierają powyżej 90% wody. Uszkodzenia ciał zabitych larw potwierdzają termiczny charakter śmierci (denaturacja białka, a nawet rozerwanie powłok ciał w wyniku gwałtownego parowania wody). Potwierdza go także zależność eliminacji larw spuszczela od temperatury drewna poddanego działaniu mikrofal, uzyskana w różnych wariantach doświadczenia (rys. 9). Średnia temperatura drewna, przy krótkim, kilkuminutowym nagrzewaniu, musiała przekroczyć 80°C, żeby zapewnić pełną skuteczność dezynsekcji.

Trudno więc mówić o zwalczaniu owadów za pomocą fal radiowych o wysokiej częstotliwości bez nagrzewania drewna, co zakładano w niektórych starych publikacjach o charakterze teoretycznym²⁵, czy o wcześniejszym uszkodzeniu systemu nerwowego larw przed nagrzaniem drewna do wysokiej temperatury²⁶.



7. Zależność śmiertelności larw spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), żerujących w powietrznosuchym drewnie sosnowym o grubości 6 cm, od czasu działania mikrofal wytwarzanych przez urządzenie o mocy: A — 600 W; B — 1000 W; C — 2400 W

7. Dependence of elimination of larvae of the common Cerambycid (*Hylotrupes bajulus* L.), feeding on air-dry 6 cm thick pine wood, from the time of activity of microwaves produced by devices with power of: A — 600 W, B — 1000 W; C — 2400 W

Stopień wrażliwości spuszczela i kołatka na zwalczanie za pomocą mikrofal pokrywa się ze stopniem wrażliwości tych gatunków na zwalczanie za pomocą gorącego powietrza²⁷. Najbardziej wrażliwe na zwalczanie mikrofalami okazały się larwy wykarczaka, owada wyeliminowanego jako gatunek testowy z normatywnych badań impregnatów. Gatunek ten jest bardzo mało odporny na różnego rodzaju stresy i nawet przenoszenie go z żerowisk naturalnych do klocków testowych powoduje wysoką śmiertelność larw²⁸. Przy działaniu mikrofal ginęły one jeszcze przed osiągnięciem wysokiej temperatury drewna, w wyniku stresu o bliżej nieokreślonym charakterze. Gatunek ten ma jednak marginalne znaczenie jako szkodnik wyrobionego drewna. Najgroźniejsze szkodniki drewna, w tym także drewnianych zabytków, ginęły na skutek wysokiej temperatury.

²¹ J. Vodoz, op. cit.

²² W. Berwig, A. F. Schühly, op. cit.

²³ Tamże.

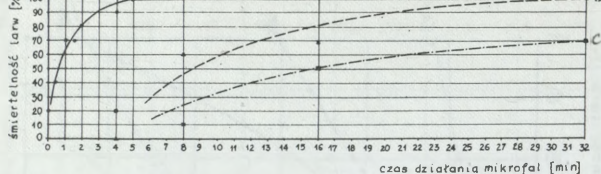
²⁴ A. Krajewski, op. cit.

²⁵ Np. K. Olszowski, op. cit.

²⁶ K. Olszowski, op. cit.; Z. Ratajczak, L. Dziejczak, op. cit.

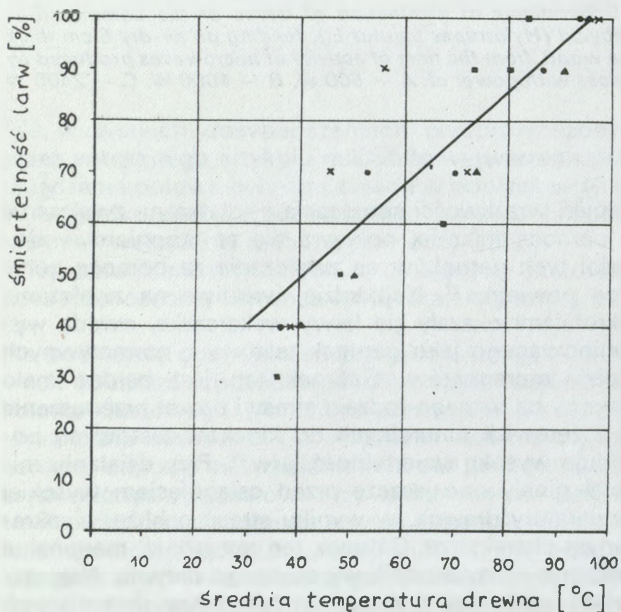
²⁷ G. Becker, I. Loebe, *Hitzempfindlichkeit holzerstörender Käferlarven*. "Anzeiger für Schädlingkunde" 1964, nr 34/10/, ss. 145–149.

²⁸ J. Dominik, *Próba zastosowania larw wykarczaka — *Criocephalus rusticus* L. (Col. Cerambycidae) w laboratoryjnych badaniach przydatności preparatów chemicznych do zwalczania owadów w drewnie*. Zeszyty Naukowe SGGW — Leśnictwo 1970, nr 15, ss. 67–74; J. Dominik, *Próba zastosowania larw wykarczaka (*Criocephalus rusticus* L.) i zmorsznika (*Lepatura rubra* L.) w oznaczaniu granicznej wartości owadobójczej środków ochrony drewna*. Zeszyty Naukowe SGGW — Leśnictwo 1972, nr 18, ss. 33–40.



8. Zależność śmiertelności larw spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), od czasu działania mikrofal, wytwarzanych przez urządzenie polowe o mocy 600 W przy odległości anteny od powierzchni powietrznosuchego drewna sosnowego: A — 0 cm; B — 10 cm; C — 20 cm

8. Dependence of elimination of larvae of the common Cerambycid (*Hylotrupes bajulus* L.), from the time of activity of microwaves produced by a 600 W field device, with the antenna positioned: A — 0 cm; B — 10 cm; C — 20 cm from the surface of air-dry pine wood.



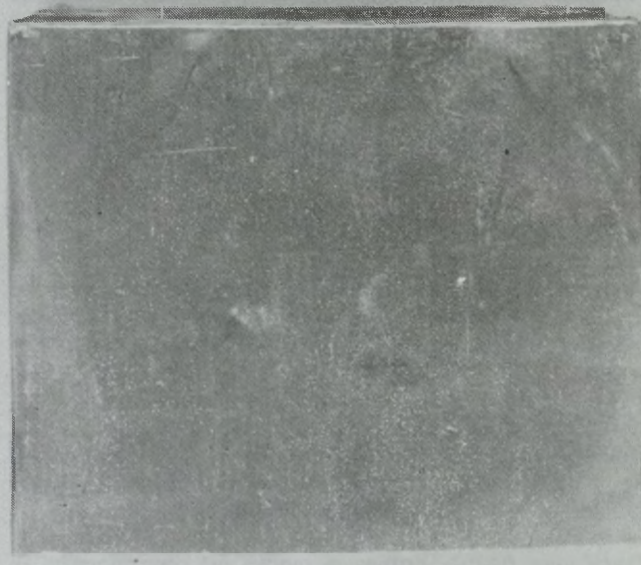
9. Zależność śmiertelności larw spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.), od temperatury drewna nagrzewanego mikrofalami, wytwarzanymi przez urządzenia o różnej mocy ● — sosna (600 W), x — sosna (1000 W), ▲ — świerk (600 W), ■ — jodła (600 W)

9. Dependence of elimination of larvae of the common Cerambycid (*Hylotrupes bajulus* L.), on the temperature of wood heated by means of microwaves, produced by devices of various power ● — pine (600 W), x — pine (1000 W), ▲ — spruce (600 W), ■ — fir (600 W)

Pola elektryczne o wysokiej i bardzo wysokiej częstotliwości mogą niszczyć wszystkie stadia rozwojowe owadów, jak stwierdzono to na pomocniczym gatunku testowym — trojszyku (*Tribolium destructor Uyttenb*)²⁹. Można przyjąć, że temperatura konieczna do zabicia larw



MIKROFALE



B

10. Stan złoceń na podkładzie kredowo klejowym po 5 min. działania mikrofal wytwarzanych przez urządzenie o mocy 600 W: A — emisja od strony złoceń; B — emisja od strony przeciwnej (fot. Z. Rajska)

10. State of gilding on a whitewash-glyce base after 5 min. of activity of microwaves produced by device with power of 600 W: A — emission on the side of the gilding; B — emission on the other side

zniszczy również jaja, poczwarki i chrząszcze gatunków uszkadzających drewno. Interesujące jest przy tym to, że larwy trojszyka ocalały w wariantach doświadczenia,

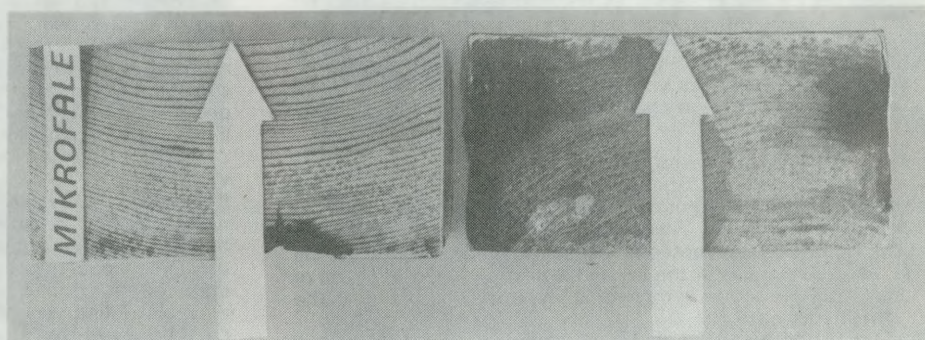
²⁹ A. Krajewski, op. cit.

gdzie nie nastąpiła pełna ich eliminacja, przeobrażały się w postaci imaginalne. Ocalałe chrząszcze i chrząszcze pochodzące z ocalałych larw zachowywały również zdolność rozmnażania się. Nie ma więc powodu do twierdzeń o rozdzielnosci efektu termicznego i bliżej nieokreślonego efektu „promienistego” na życie biologiczne, z jakimi można się spotkać w niektórych kręgach konserwatorskich. Mikrofalom w tym wypadku mylnie przypisywane są właściwości promieniowania jonizującego, a więc promieniowania gamma czy rentgenowskiego. Promieniowanie jonizujące może powodować u owadów zakłócenia w rozmnażaniu (np. sterylizację na skutek jonizacji), działać mutagenicznie (np. wywoływać mutacje letalne), zahamować rozwój osobniczy, a w wypadkach wyższych dawek zabijać. W omawianym w tej publikacji zakresie długości fal elektromagnetycznych działanie na żywe organizmy ma jednak

cząć 100° C) powoduje pojawianie się pęcherzy i złuszczeń farb o spoiwach olejnych i olejno-żywicznych. Natomiast powierzchnie drewna pokrytego temperami wykazują liczne spękania, powstające na skutek skurczu drewna i podkładu klejowo-kredowego poddanego działaniu mikrofal, w wyniku silnego suszenia³³. Nie lepiej wygląda sprawa powierzchni pokrytych innymi rodzajami farb, woskowaniem i lakierami³⁴. Jeszcze większe uszkodzenia występują przy działaniu mikrofal na drewno pokryte złoconiami. W wypadku emisji mikrofal od strony złoczenia pojawiły się uszkodzenia w formie wąskich niteczek rozpruć kilkumikronowej powłoki złota, na skutek powstawania w nim prądu elektrycznego, zgodnie z prawem Maxwella. Przy okresie emisji mikrofal odpowiadającemu najkrótszemu ich działaniu, koniecznemu do pełnej dezynsekcji, występują już duże obszary spalonego drewna, otoczonego

11. Stan klocków sosnowych z fot. 10 A (przekroje) po 5 min. działania mikrofal wytwarzanych przez urządzenie o mocy 600 W: A — emisja od strony złoczeń; B — emisja od strony przeciwnej (fot. Z. Rajska)

11. State of pine blocks from phot. 10 A and cross sections after 5 min. of activity of microwaves produced by a device with power of 600 W: A — emission on the side of the gilding; B — emission on the other side



A

B

charakter ciepły. Z tego względu mikrofalami nie zajmuje się radiobiologia.

Dla organizmu ludzkiego (i w ogóle organizmów stałocieplnych) miejscowe, nawet niezbyt duże przegrzanie, może mieć dużą konsekwencję zdrowotną i prowadzić nawet do sterylizacji o charakterze termicznym. Jednak ryzyko pod tym względem jest niewielkie po podjęciu odpowiednich środków ostrożności³⁰. Dopuszczalna dawka nie może przekroczyć 0,01 W/s cm przy stałej ekspozycji obsługi. Przy pracy z urządzeniami mikrofalowymi obsługa (a także inni ludzie) powinna znajdować się poza zasięgiem działania pola. W tym celu należy kontrolować je za pomocą odpowiednich mierników, co praktykowane było w trakcie doświadczeń przeprowadzonych na terenie wrocławskiego oddziału PKZ. Stosowanie pola jednorodnego, skupionego w małym obszarze (rys. 1), również może ułatwić eliminację przypadkowych oddziaływań na organizm ludzki.

Bardzo istotny jest także problem możliwości uszkodzeń obiektów poddawanych dezynsekcji za pomocą fal radiowych o wielkich i bardzo wielkich częstotliwościach. Nie stwierdzono przypadków zapalenia drewna przy obecności stalowych gwoździ³¹ w czasie emisji mikrofal przez okres ograniczony do progowego czasu pełnej śmiertelności larw. Nie potwierdzono zatem zastrzeżeń zgłaszanych w tym zakresie we wcześniejszych publikacjach³², choć nie są one bezpodstawne.

Nawet przy minimalnym czasie działania mikrofal średnia temperatura drewna jest na tyle wysoka (minimum 70—80°C), że powoduje wytapianie żywicy, szczególnie na poprzecznych przekrojach twardej części drewna sosny. Tak wysoka temperatura (a na powierzchni drewna w wypadku pola rozproszonego może przekra-

pęcherzami i odpryskami uszkodzonej powłoki (rys. 10). Przy działaniu od strony przeciwnej niż złoczenie powstają odbicia mikrofal i sumowanie ich działania w innych miejscach — rodzaj małej komory mikrofalowej, całkowicie wypełnionej drewnem. Uszkodzenia zlokalizowane są wtedy w innych miejscach, ale są co najmniej równie duże. Nie można więc zgodzić się z wcześniejszym twierdzeniem³⁵, że mikrofałe nie uszkadzają złoczeń. Natomiast doświadczenia na larwach spuszczela, zerujących w sosnowym drewnie pokrytym złoconiami³⁶, potwierdzają częściowe osłanianie larw owadów przez złoczenia³⁷.

Dodatkowym ograniczeniem stosowania metody dezynsekcji za pomocą fal radiowych o wielkiej i bardzo wielkiej częstotliwości jest jej stosunkowo duża pracochłonność. Jednorazowo pokrywano polem³⁸ powierzchnię drewna od 210 cm² do 5625 cm² (przeciętnie ok. 300—400 cm²). Pracochłonność można zmniejszyć tylko do pewnego stopnia, stosując automatyzację przesuwu anteny (pole rozproszone) lub okładek kondensatora (pole jednorodne).

Jaka jest zatem ogólna ocena tej metody dezynsekcji drewna? Zwalczenie owadów za pomocą fal radiowych o wielkiej i bardzo wielkiej częstotliwości jest bardzo

³⁰ J. D. Bletchly, op. cit.

³¹ A. Krajewski, op. cit.

³² J. D. Bletchly, op. cit.; M. J a c q u i o t, op. cit.

³³ A. Krajewski, op. cit.

³⁴ A. M. Thomas, M. G. White, op. cit.

³⁵ Z. Burski, A. Zygmunt, op. cit.

³⁶ A. Krajewski, op. cit.

³⁷ Z. Burski, A. Zygmunt, op. cit.

³⁸ G. E. Osmałowski, op. cit.

skutecznym, ale również bardzo pracochłonnym sposobem dezynsekcji. Metoda ta wymaga także drogiej aparatury, wyspecjalizowanej obsługi oraz ścisłego przestrzegania reżimu technologicznego, wykluczającego przedawkowanie lub oddziaływanie na ludzi. Dużą uwagę należy przy tym zwracać na bezpieczeństwo pracy i środki asekuracyjne. Nie powinna być stosowana do drewna pokrytego farbami i lakierami (przynajmniej przy stosowaniu pól rozproszonych), a w żadnym wypadku do drewna pokrytego złoconiami.

Wydaje się, że może być stosowana tam, gdzie w pewnych wypadkach nie można zastosować zwalczania

chemicznego lub zwalczania za pomocą gorącego powietrza, np. przy dezynsekcji drewnianych belek stropowych w budownictwie murowanym (bez konieczności demontażu) lub przy dezynsekcji drewnianych obiektów tradycyjnego budownictwa ludowego w muzeach na wolnym powietrzu. Wymaga przy tym uzupełniającego zabezpieczenia drewna impregnatami przed ponownym opanowaniem przez owady.

dr inż Adam Krajewski
Oddział Badań i Konserwacji PP PKZ

CONTROL OF TECHNICAL WOOD PESTS BY MEANS OF MICROWAVES

In 1985—1987, in the Research and Conservation Branch of the Ateliers for Conservation of Cultural Property State Enterprise in Warsaw, studies were carried out on the disinsectization of wood by means of microwaves 12.2 cm (2.45 GHz) in length, emitted in the form of a scattered field. In the experiments two field devices with 600 W and 1400—2400 W of power, and a microwave chamber with 1000 W of power (fig. 2) were used.

Heating of the air-dry wood through the use of microwaves was of a jumping nature (fig. 3). After a rapid, several-minute heating through microwaves, there followed a significantly slower cooling process. The quickest heating took place in the layers closest to the antenna of the field device, while the weakest heating was in the layers farthest away. In the case of the microwave chamber, the middle layers of wood became the most heated.

Heating of the wood by means of radio waves of a high and very high frequency depends on the thickness of the wood (fig. 4), the course of the fibres, the humidity and density, and on the strength of microwave action. In the presented publication these dependencies are discussed against the background of results given in literature.

As a result of experiments conducted on the larvae of the common Cerambycid (*Hylotrupes bajulus* L.), the death watch beetle (*Anobium punctatum* De Geer) and the *Criocephalus rusticus*, it was determined that the first of the above is the most resistant to microwave action. The effectiveness of combatting the Cerambycid in pine, spruce and fir wood by means of microwaves is very similar (fig. 5) and the latter can be generally treated as coniferous wood (fig. 6). The greater the power of the microwave device, the shorter the time necessary to kill the insects in the wood (fig. 7). Withdrawing the antenna from the wood surface causes a decline in the resistance to microwave

action in insect control (fig. 8) due to the decreasing intensity of the scattered field.

A rectilinear dependency was found of the mortality of Cerambycid larvae on the temperature of the wood subjected to microwave action (fig. 9). The average temperature of the wood subjected to microwave action had to exceed 80° C for it to be possible to obtain a 100% effect in combatting Cerambycid larvae. In this publication a polemic is taken up with the views of the non-thermic killing of the insects by means of microwaves. Similarly to other radio waves of high and very high frequencies, microwaves destroy all stages of development of insects in the thermic manner. Unfortunately these waves, due to the heating up of the wood, can cause damages to the coats of paint, lacquer, polish and waxing, and can cause melting down of resin. Microwaves, in spite of some earlier information, damage gilding very strongly (fig. 10). It has not been confirmed, however, that wood subjected to microwave action in the presence of two-inch steel nails burns. It was found that wood does burn without the presence of metal, when the shortest time of microwave action necessary for a 100% disinsectization of wood is exceeded.

In the course of combatting insects, a relatively small area of wood can be covered with an electromagnetic field each time. It is also necessary to pay great attention that the people operating the equipment and others not be within the emitted field. With the appropriate safety measures this danger can be avoided.

The disinsectization method discussed should be limited to disinsectization of wood without coatings, e.g. the wood of ceiling beams in brick or other houses or the wood of traditional folk architecture in museums in the open air. This, however, is a relatively labour-consuming (and therefore expensive) method, requiring specialized servicing and a strict observance of the technological regime.

ANNA DIAKOWSKA-CZARNOTA
ZUZANNA ROŻLUCKA

ANALIZA BUDOWY TECHNICZNEJ DREWNIANYCH, POLICHROMOWANYCH RZEŻB MADONNY I ŚW. JANA EWANGELISTY Z KOŚCIOŁA NAJŚWIĘTSZEJ MARIII PANNY W GDAŃSKU

Przedmiotem rozważań są dwie drewniane, polichromowane rzeźby Madonny i św. Jana Ewangelisty z grupy *Ukrzyżowanie* z kaplicy Jedenastu Tysięcy Dziewic kościoła Najświętszej Marii Panny w Gdańsku. Wielu autorów podważa jednorodność grupy¹. Nie ma pewności,

¹ W. Drost, *Die Marienkirche in Danzig und ihre Kunstschätze*. Stuttgart 1963.

czy figury św. Jana i Matki Bożej powstały razem z figurą *Ukrzyżowanego* oraz czy rzeźby te od początku znajdowały się w kaplicy Jedenastu Tysięcy Dziewic, która została ufundowana w drugiej lub trzeciej dekadzie XV w. przez burmistrza Gerda von Ecke. Na podstawie analizy stylu rzeźby datowane są na lata 1425—1430, ale właśnie z wyjątkiem figury *Ukrzyżowanego*.