



Magdalena Udyrysz\*, Adam Szykiewicz\*\*

## *Badania georadarowe (GPR) w archikatedrze fromborskiej w roku 2013*

### *GPR survey inside Frombork Cathedral in 2013*

#### *Wprowadzenie*

Frombork położony jest w północnej Polsce nad Zalewem Wiślanym (il. 1). Po południowo-wschodniej stronie Zalewu Wiślanego występuje wysoczyzna morenowa (o wysokościach do 30 m n.p.m.). Wysoczyznę od Zalewu oddziela wąski (około 500 m), równinny, podmokły taras zalewowy, na którym wznoszą się zabudowania Fromborka. Krawędź wysoczyzny rozcinają dolinki, które dzielą wysoczyznę na odrębne wzgórza. Na jednym z takich wzgórz (około 18–20 m n.p.m.), nazywanym Wzgórzem Katedralnym, znajduje się bazylika archikatedralna (il. 1, 2). Powstała ona w latach 1329–1388 i mieści się w obrębie warowni otoczonej murami z basztami (il. 2). Jest to katedra gotycka z wystrojem barokowym. Świątynię tworzą: nawa południowa (NS), nawa główna (NG), nawa północna (NN), prezbiterium (P), zakrystie oraz dwie kaplice (po stronie południowej). Sklepienia nawy głównej podtrzymuje siedem filarów (il. 3). Na powierzchni posadzki kościoła znajdują się liczne płyty nagrobne (epitafia).

#### *Metoda badań*

Metoda georadarowa (GPR) jest nieniszcząca metodą geofizyczną [1]–[3] coraz powszechniej stosowaną w badaniach archeologicznych i architektonicznych [4]. System aparatury GPR składa się z anteny nadawczej i odbiorczej, jednostki centralnej (przetwarzającej echa fal

#### *Introduction*

Frombork is located in Northern Poland on the Vistula Lagoon (Fig. 1). Next to the south-eastern side of the Vistula Lagoon is a moraine plateau (with the height of 30 m above sea level). A narrow (width of about 500 m), flat, marshy terrace, separates the plateau from the Lagoon. The buildings of Frombork, are on the narrow terrace. The upland is cut by several small valleys (sometimes dry) forming separate hills. One of these hills, called Cathedral Hill, is located above the city on which stands Frombork Cathedral Basilica (Fig. 1, 2). Built between 1329 and 1388. The Cathedral is located within a walled fortress and has towers (Fig. 2). It is a Gothic cathedral with baroque décor. The building consists of the south nave (NS), the main nave (NG), the north nave (NN), the chancel (P), vestries and two chapels on the south side. The vaults of the nave sustain seven pillars (Fig. 3). On the surface of the floor of the cathedral are numerous tombstones.

#### *Survey method*

The GPR Method is a non-destructive geophysical method [1]–[3], commonly used in archaeological and architectural research [4]. The GPR equipment consists of transmitting and receiving antennae, a central processing unit (processing echoes of electromagnetic waves into signals) and a computer where the data collected in the field is stored. GPR equipment can be used with different antenna frequencies giving different depth and spatial resolution. High-frequency antennas have very good resolution and being small provide good coverage in restricted

\* STRATASCAN SUMO Ltd. Upton Upon Severn, Worcestershire, England.

\*\* KART-GEO, Wrocław.



II. 1. Frombork.  
Lokalizacja Wzgórza Katedralnego  
(źródło: geoportal.gov.pl)

Fig. 1. Frombork.  
Location of the Cathedral Hill  
(source: geoportal.gov.pl)

elektromagnetycznych na sygnał użyteczny) oraz komputera, na którym zapisywane są dane zbierane w terenie. Do badań GPR używane są anteny o różnym zasięgu i dokładności pomiaru. Anteny o wysokiej częstotliwości cen-

areas – the so called “black fields”. Low frequency antennas reach greater depths, but lower resolution and have a larger “black field”. The GPR method as a non-invasive electromagnetic (EM) technique allows for linear measurement of electromagnetic wave reflections (echoes) from different near-surface soil layers and objects buried in the ground. The result of the study are GPR radargrams – images of EM wave reflections in the form of 2D or 3D. GPR data collected in the field, are filtered using a specialized software package, and then subjected to interpretation. The GPR studies can be carried out in stages: recognition, general (2D), detailed (3D).



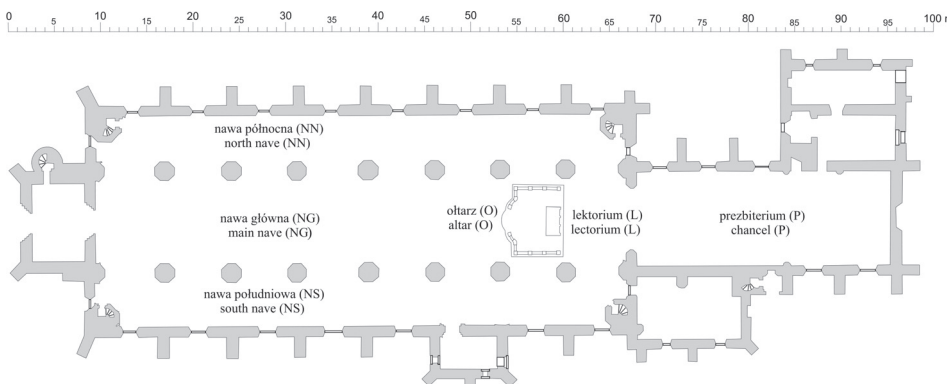
II. 2. Frombork. Wzgórze Katedralne. Widok od strony północnej  
(fot. A. Szykiewicz, 2014)

Fig. 2. Frombork. Cathedral Hill. View from North  
(photo by A. Szykiewicz, 2014)

### **Results of GPR research inside the Cathedral in Frombork**

The first GPR study inside the Cathedral in Frombork [5], up to a depth of 6 m was made in 2005 using of 250 MHz antennas. The research showed numerous strong anomalies in the ground beneath the floor of the Cathedral (Fig. 4).

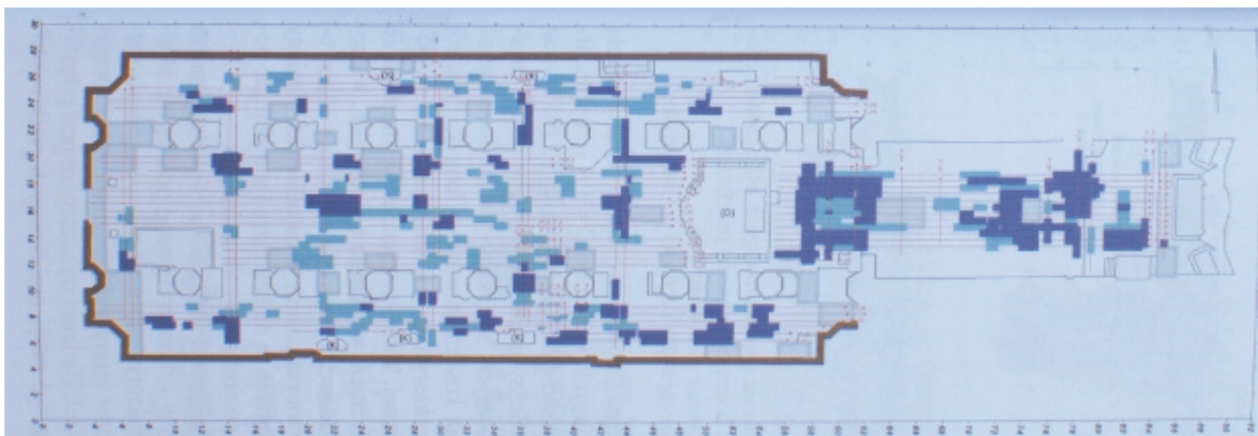
In 2013, a further GPR survey was carried out inside the Cathedral to verify and confirm the earlier GPR



II. 3. Frombork.  
Rzut posadzki archikatedry  
(oprac. własne autorów)

Fig. 3. Frombork.  
Floor projection of the Cathedral  
(drawn by the authors)





Il. 4. Frombork. Wyniki pierwszych badań GPR w archikatedrze [5]

Fig. 4. Frombork. First GPR results for the Cathedral [5]

tralnej mają płytki zasięg, bardzo dobrą rozdzielczość i małe tzw. pole martwe. Anteny o niskich częstotliwościach centralnych mają głębszy zasięg, jednak gorszą rozdzielczość oraz większe pole martwe. Metoda GPR jako nieinwazyjna technika elektromagnetyczna pozwala na liniowy pomiar odbić fali elektromagnetycznej od różnych warstw gruntu i obiektów ukrytych w gruntach. Wynikiem badań są falogramy georadarowe – obrazy odbić/echa fal EM w formie 2D lub 3D. Dane GPR zebrane w terenie np. wzdłuż linii przekrojowej filtrowane są przy użyciu specjalistycznego oprogramowania, a następnie poddawane interpretacji geologicznej. Badania GPR wykonuje się etapami: rozpoznawczy, ogólny (2D), szczegółowy (3D).

#### ***Wyniki badań GPR we wnętrzu archikatedry we Fromborku***

Pierwsze badania georadarowe we wnętrzu archikatedry we Fromborku wykonane zostały w roku 2005 [5] antenami o częstotliwości centralnej 250 MHz do głębokości około 6 m i wykazały, że w gruncie pod powierzchnią posadzki świątyni występują liczne silne anomalie (il. 4).

W roku 2013 przeprowadzone zostały sprawdzające, nieinwazyjne badania GPR gruntów do głębokości około 3 m, występujących pod posadzką archikatedry. Główną uwagę skupiono na miejscu umownie nazwanym „lektorium”, znajdującym się między prezbiterium i ołtarzem w nawie głównej (il. 3), gdzie wcześniej wykryto silne anomalie georadarowe (il. 4). Badania wykonano aparaturą typu RAMAC/GPR z antenami 800 MHz, metodą profilowań liniowych (2D). Stosowano 1 cm oraz 2 cm odstęp między impulsami elektromagnetycznymi wysyłanymi do gruntu. Anteny przesuwane były po powierzchni posadzki, a odległości mierzono kołem pomiarowym (il. 5).

Do badań/profilowań (w systemie 2D) w obrębie „lektorium” wyznaczone zostały bazowe linie kontrolne (taśma miernicza). Na mapie (il. 6) linie bazowe oznaczono przerywanymi liniami: 1-2 – dla przekrojów biegnących z południa w kierunku północnym oraz 1-3 – dla przekrojów biegnących z zachodu w kierunku wschodnim. Linie prze-

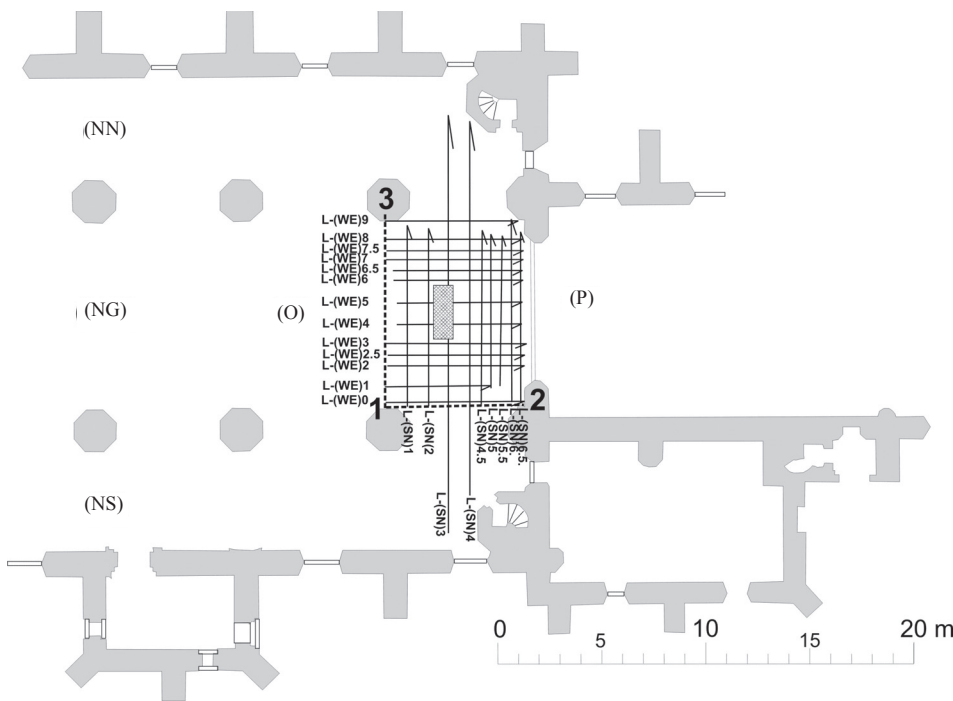


Il. 5. Radar do penetracji gruntu RAMAC/GPR, antena ekranowana 800 MHz

Fig. 5. RAMAC/GPR, 800 MHz shielded antenna

surveys. The main attention was focused on the area conventionally called “lectorium” located in the nave between the altar and chancel (L in Fig. 3). The previous GPR studies showed strong anomalies in this area (Fig. 4). The current GPR survey was conducted to a depth of 3 m below the floor of the Cathedral using RAMAC/GPR with an 800 MHz antenna. The study (first stage) was performed by linear profiling (2D). Scans per meter were set up at 0.01 m or 0.02 m. The antenna was moved along the floor surface and the distance was measured by a measuring wheel (Fig. 5).

For the GPR grid (2D), within the “lectorium”, control baselines were established using measuring tapes. On the map (Fig. 6) they are labeled with dashed lines: 1-2 – for the sections in the direction from south to north and 1-3 – for the sections in the direction from west to east. The GPR grid has been marked by arrows. The grid was performed perpendicular to the baseline, at intervals of 0.5 m



Il. 6. „Lektorium”.  
Linie przekrojowe (GPR)  
wykonane w 2013 r.  
(oprac. własne autorów)

Fig. 6. “Lectorium”.  
GPR cross-sections performed  
in the year 2013  
(drawn by the authors)

krojów georadarowych zaznaczone zostały strzałkami. Przekroje prowadzono prostopadle do linii bazowych, w odstępach co 0,5 m lub 1 m. Dla każdej linii przekrojowej otrzymano falogramy, które przeliczone przez jednostkę centralną aparatury zostały zapisane na dysku twardego komputera jako osobne pliki danych pomiarowych. W laboratorium pliki z danymi przeniesiono na komputer obliczeniowy. Każdy plik danych źródłowych został poddany procesowi filtracji w programie graficznym GroundVision. W celu analizy danych w programie tym stosowano różne palety kolorów oraz kombinacje filtrów.

Kalibracja skali głębokości została wykonana na podstawie przyjętej średniej wartości prędkości przechodzenia fal elektromagnetycznych przez badane grunty ( $v = 100 \text{ m}/\mu\text{s}$ ), stąd na przekrojach błąd w określaniu głębokości może wynosić  $\pm 50\%$ . Po wybraniu skali barw, filtrów, wykonaniu filtracji oraz uzyskaniu optymalnego obrazu do interpretacji i odpowiedzi na postawione pytania (czy są jakieś konstrukcje pod posadzką?), a także po kalibracji skali głębokościowej falogramy zostały przeniesione do programu CorelDraw w celu interpretacji i oznakowania anomalii.

Otrzymane w wyniku filtracji obrazy fal elektromagnetycznych porównywano z obrazami modelowymi uzyskanymi podczas badań eksperymentalnych z profilowań georadarowych RAMAC/GPR z antenami 800 MHz. Zwracano uwagę na anomalie w obrazach pól EM oraz na charakterystyczne załamania obrazów fal w strefach anomalnych. W programie CorelDraw 11 na falogramy naniesiono strony świata oraz miejsca wykrytych anomalii. Możliwość występowania struktury typu „mur” oznakowano prostokątami. Miejsca możliwego występowania „pochówku/trumny/grobu” – oznakowano elipsami, a łukami zaznaczono na przekrojach anomalie wskazujące na możliwość występowania krypty. W ten sposób powstały przekroje georadarowe. Przekroje zawierają informacje

or 1.0 m. The survey along each profile-line produced an echogram (radargram), processed by the central unit and stored on hard drive. In the laboratory, the raw data files were transferred to a desktop computer processed and filtered using GroundVision software package. For data analysis different combinations of the color palette and filters were applied.

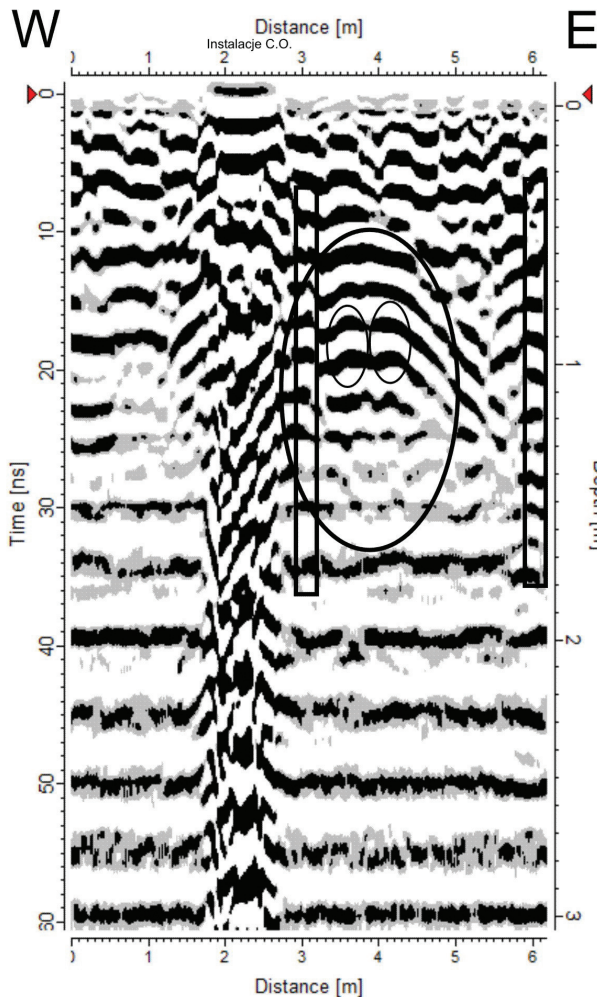
Depth scale calibration was made on the basis of its average value of electromagnetic waves velocity passing through the ground surveyed ( $v = 100 \text{ m}/\mu\text{s}$ ), but it should be stressed that the calculations bring an error of about 50% in the depth. After selecting suitable filters and adequate color pallet, the data was filtered to obtain optimum image interpretation, as well as the calibration of the depth scale. These radargrams were transferred to CorelDraw for interpretation and indicating of anomalies.

The filtered images of electromagnetic waves (echograms) were compared with the model images, obtained by experimental investigations of RAMAC/GPR 800 MHz antenna. During studies, in EM field images careful attention was paid to the characteristic refractions. The detected anomalies are applied on the echograms. Anomalies indicating that in the ground a wall can be hidden – are marked with rectangles. Anomalies indicating that below the floor of the church may be a burial, coffin, or grave – are marked by ellipses. Arches mark places where there may be crypt/tombs. In this way, the interpreted GPR cross-sections were made. The sections contain information about the geological structure to a depth of about 3 m from the surface of the Cathedral floor. The sections are compressed, the horizontal scale is not equal to the vertical scale (the vertical scale is stretched).

Selected examples of GPR cross-sections are shown in Figures 7–9.

On the GPR radargram: L-(WE)5, east of the grating in the floor (over the channel of central heating installation),





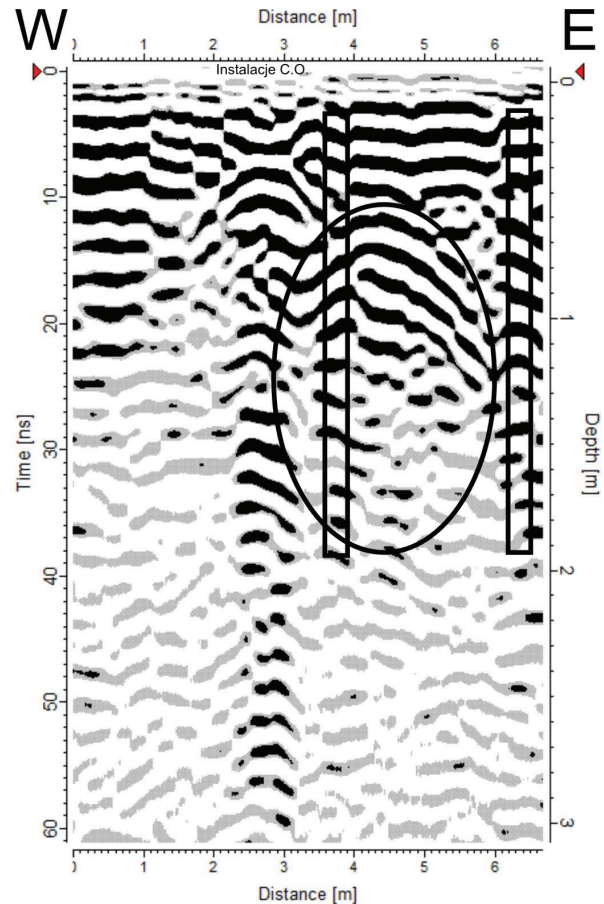
Il. 7. „Lektorium”. Przekrój GPR: L-(WE)5 (oprac. własne autorów)

Fig. 7. “Lectorium”. GPR cross-section: L-(WE)5 (drawn by the authors)

o budowie geologicznej do głębokości około 3 m od powierzchni posadzki archikatedry. Przekroje są przewyższone, skala pozioma nie równa się skali pionowej (skala pionowa jest rozciągnięta).

Wybrane przykłady przekrojów georadarowych przedstawione zostały na ilustracjach: 7–9.

Na przykład, na przekroju georadarowym: L-(WE)5, na wschód od kraty metalowej w posadzce (nad kanałem instalacji c.o.), na odcinku przekroju: 2,8–3,2 m widać anomalię, którą oznakowano czarnym prostokątem (il. 7). Wskazuje ona, że pod posadzką może znajdować się mur. Podobne odbicia fal widać na odcinku przekroju: 5,9–6,1 m. Między tymi anomaliami, na odcinku przekroju: 3–5 m (na głębokości 0,5–1,5 m lub głębiej), występuje bardzo silna anomalia w postaci paraboli, którą zaznaczono owalną czarną linią. Takie ugięcia echa fal w postaci paraboli sugerują istnienie pod posadzką pustej przestrzeni, której podłoga może być na głębokości około 1,8 m (lub głębiej). Być może jest to krypta (grobowiec?). W obrębie tej dużej anomalii są dwie mniejsze (na głębokości 0,8–1,1 m lub głębiej), które oznakowane zostały owalami (cienka czarna linia). Może są to dwa pochówki (trumny?).



Il. 8. „Lektorium”. Przekrój GPR: L-(WE)6 (oprac. własne autorów)

Fig. 8. “Lectorium”. GPR cross-section: L-(WE)6 (drawn by the authors)

in section 2.8–3.2 m an anomaly is visible, marked with a black rectangle (Fig. 7). The anomaly indicates that under the floor may be a wall. A similar anomaly can be seen in the section 5.9–6.1 m. Between these anomalies, in the section: 3–5 m (at a depth of 0.5–1.5 m), there is very strong anomaly in the form of a parabola, which is marked by a black line. Such deflection echoes of EM waves in the form of a parabola suggest the existence of empty space under the floor of the church. Perhaps there is a crypt (tomb?), with the floor at a depth of about 1.8 m. Within this large anomaly are two smaller ones (at a depth of 0.8–1.1 m) which were marked by ovals (thin black line). Perhaps these are two burials (coffins?).

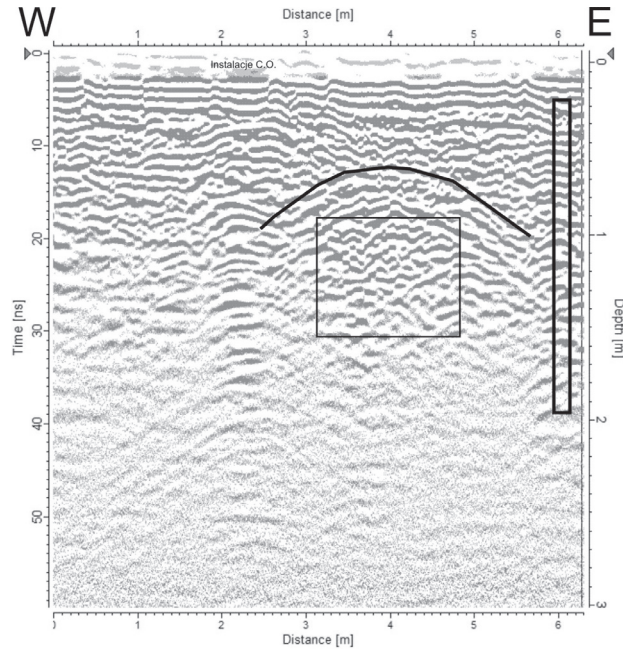
Anomalies similar to those described above, occurring east of the central heating installation channel (C.O.), can also be seen in the next parallel section L-(WE)6. In the section: 3.6–3.9 m is an anomaly, which marked with a black rectangle (Fig. 8). The anomaly indicates that a wall can be under the floor of the church. A similar anomaly was also discovered in the section: 6.1–6.3 m. Between these anomalies in the section: 3.5–5.5 m (at the depth of 0.6–1.3 m), there is a very strong anomaly in the form of a parabola, which is marked with an ellipse. Probably under the floor of the church there is an empty space (crypt?/basement?), whose floor may be at a depth of about 1.9 m (or ca 0.5 m deeper). Perhaps this is a crypt

Anomalie podobne do opisanych wyżej, występujące na wschód od kanału instalacji c.o., widać także na kolejnym równoległym przekroju GPR: L-(WE)6. Na odcinku tego przekroju: 3,6–3,9 m jest anomalia, którą oznakowano czarnym prostokątem (il. 8). Pod posadzką może znajdować się mur. Podobną anomalię odkryto też na odcinku: 6,1–6,3 m tego przekroju. Między tymi anomaliami na odcinku przekroju: 3,5–5,5 m (na głębokości 0,6–1,3 m lub głębiej) występuje bardzo silna anomalia w postaci paraboli, którą zaznaczono owalną czarną linią. Prawdopodobnie pod posadzką istnieje pusta przestrzeń (krypta/piwnica?), której podłoga może być na głębokości około 1,9 m (lub głębiej). Być może jest to krypta (grobowiec?). W obrębie tej dużej anomalii (na głębokości 1,1–1,5 m) zarejestrowano także inne, ale niezbyt wyraźne, dlatego nie zostały oznakowane. Być może są to także echa od pochówków (trumny?).

Również na przekroju georadarowym: L-(WE)6.5, wykonanym innymi filtrami, na odcinku przekroju: 5,9–6,1 m, widoczna jest anomalia, którą oznakowano czarnym prostokątem (il. 9). Prawdopodobnie w tym miejscu występuje mur. Na odcinku 2,5–5,5 m omawianego przekroju, między kanałem z instalacjami c.o. i wymienioną anomalią, występuje bardzo silna anomalia (na głębokości 0,6–1,3 m lub głębiej). Prawdopodobnie pod posadzką występuje krypta (grobowiec?), z podłogą na głębokości około 2 m (lub głębiej). W obrębie tej dużej anomalii (na głębokości 0,9–1,5 m) są niezbyt wyraźne odbicia fal, które zaznaczone zostały prostokątem. Być może są to także echa od pochówków (trumny?).

### Podsumowanie

Anomalie wykryte podczas badań GPR w 2013 r. zostały naniesione na mapę z siatką linii przekrojowych (il. 10). Na mapie tej zostały zaznaczone linie bazowe oraz istniejąca w posadzce kościoła metalowa kratka nad kanałem instalacji c.o. Miejsca silnych anomalii wykryte na poszczególnych przekrojach zostały oznakowane linią kropkowaną w postaci prostokąta. Anomalie wykryte na linii przekrojowej biegnącej z zachodu w kierunku wschodnim (W–E), wskazujące na możliwość istnienia krypty (piwnica?), zaznaczono łukami w kolorze czarnym. Anomalie wykryte na linii przekrojowej prowadzącej z południa w kierunku północnym (S–N), wskazujące na możliwość istnienia pod posadzką krypty, zaznaczono łukami w kolorze szarym. Anomalie wskazujące na możliwość istnienia muru, wykryte na linii przekrojowej biegnącej z zachodu w kierunku wschodnim (W–E), zostały oznakowane prostokątem z wypełnieniem ciemnoszarym. Natomiast anomalie wskazujące na możliwość istnienia muru na linii przekrojowej prowadzonej z południa w kierunku północnym (S–N) zaznaczono prostokątem z wypełnieniem szarym. Anomalie wskazujące na możliwość istnienia pochówku, wykryte na linii przekrojowej biegnącej z zachodu w kierunku wschodnim (W–E), oznakowano owalem w kolorze czarnym, a anomalie wskazujące na możliwość istnienia pochówku na linii przekrojowej prowadzonej z południa w kierunku północnym (S–N), oznakowane zostały owalem w kolorze szarym.



Il. 9. „Lektorium”. Przekrój GPR: L-(WE)6.5 (oprac. własne autorów)

Fig. 9. “Lectorium”. GPR cross-section: L-(WE)6.5 (drawn by the authors)

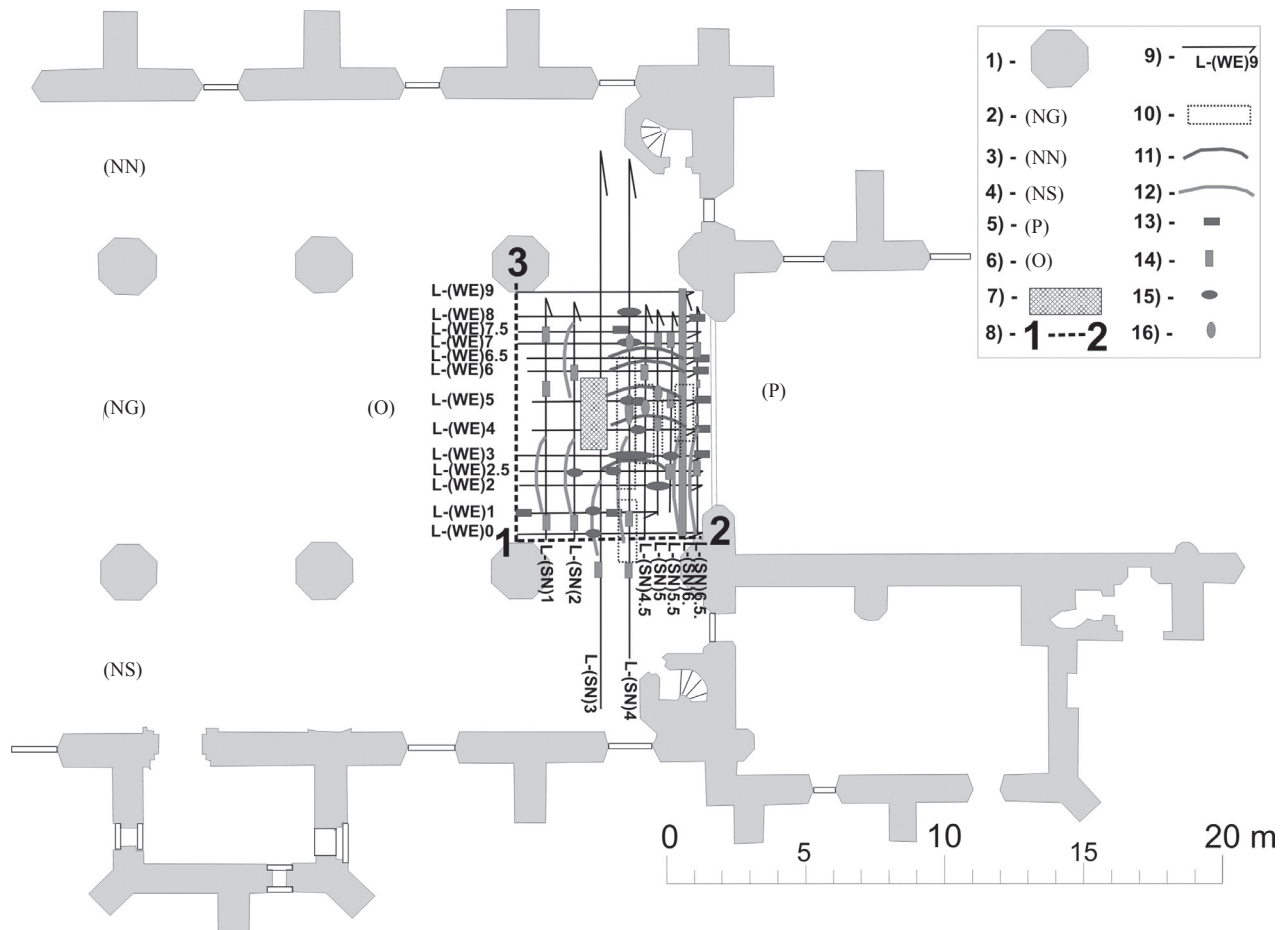
(tomb?). Within this large anomaly (at a depth of 1.1–1.5 m) were recorded other anomalies, but they are not very clear, therefore, have not been labeled. Perhaps there are also echoes of a burial (coffin?).

Also on radargram GPR: L-(WE)6.5, using other filters, on section: 5.9–6.1 m, an anomaly is seen, which is marked by a black rectangle (Fig. 9). Probably at this point under the floor of the church is a wall. In the section: 2.5–5.5 m, between the channel of central heating installations and the said anomaly, there is a very strong anomaly (at a depth of 0.6–1.3 m), in the form of a parabola, which marked a bow (black line). Deflections waves in the form of a parabola suggest the existence of empty space under the floor of the church. Probably there is a crypt (tomb?), with the floor at a depth of about 2 m. Within this large anomaly (at a depth of 0.9–1.5 m) are not very clear reflection of waves, which were marked by a rectangle (black thin line). Perhaps there are also echoes of a burial (coffin?).

### Summary

GPR anomalies detected during the GPR investigation in 2013, were marked on the map with a grid of the cross-section lines (Fig. 10). On this map there are selected baselines and the existing metal grille over the channel installation in the floor of the church. The places of strong anomalies detected on the individual GPR cross-sections have been marked by a dotted line in the form of a rectangle. Anomalies detected on the cross-section line running from the west to the east (W–E), indicating the possibility of the existence of a crypt (basement?) – marked arcs in black. Anomalies detected on the section line leading from the south to the north (S–N), indicating the possible crypt under the floor – marked arcs in gray. Anomalies indicating a possible wall, detected on the section line





Il. 10. „Lektorium”. Anomalie GPR wykryte w 2013 r.:

- 1) filar; 2) nawa główna (NG); 3) nawa północna (NN); 4) nawa południowa (NS); 5) prezbiterium (P); 6) ołtarz w nawie głównej (O);  
 7) kratka metalowa kanału instalacji c.o.; 8) linia bazowa; 9) przekrój georadarowy (GPR) i jego numer; 10) obszar silnych anomalii;  
 11) anomalia na linii W-E wskazująca na możliwość istnienia krypty; 12) anomalia na linii S-N wskazująca na możliwość istnienia krypty;  
 13) anomalia na linii W-E wskazująca na możliwość istnienia muru; 14) anomalia na linii S-N wskazująca na możliwość istnienia muru;  
 15) anomalia na linii W-E wskazująca na możliwość istnienia pochówku; 16) anomalia na linii S-N wskazująca na możliwość istnienia pochówku  
 (oprac. własne autorów)

Fig. 10. “Lectorium”. GPR anomalies detected in the year 2013:

- 1) pillar; 2) the main nave (NG); 3) north nave (NN); 4) south nave (NS); 5) chancel (P); 6) altar in the main nave (O);  
 7) a metal grating over the canal central heating system (C.O.); 8) base line; 9) GPR cross-section and its number; 10) the area of strong anomalies;  
 11) anomaly on the line W-E indicating the possible existence of a crypt; 12) anomaly on the line S-N indicating the possible existence of a crypt;  
 13) anomaly on the line W-E indicating the possibility of the existence of a wall; 14) anomaly on the line S-N indicating the possibility of the existence of a wall; 15) anomaly on the line W-E with the possibility of a burial; 16) anomaly on the line S-N with the possibility of a burial  
 (drawn by the authors)

Z nieinwazyjnych badań georadarowych wykonanych w 2013 r. metodą profilowań liniowych (2D), zestawionych na mapie (il. 10) wynikają następujące wnioski:

1. Wykryte anomalie skupiają się głównie w części wschodniej miejsca umownie określanego jako „lektorium”, a szczególnie na wschód od metalowej kraty nad kanałem c.o., istniejącej w posadzce kościoła.

2. W obrębie „lektorium”, tj. między ołtarzem w nawie głównej i prezbiterium, pod posadzką kościoła prawdopodobnie znajduje się krypta (piwnica?).

3. Krypta (piwnica?) może mieć oś dłuższą o kierunku S-N, a podłogę na głębokości około 2 m lub niżej (głębiej).

4. W krypcie mogą znajdować się pochówki (trumny).

5. Między nawą główną i prezbiterium prawdopodobnie znajduje się mur.

running from the west to the east (W-E), have been marked with a filled dark gray rectangle. In contrast anomalies indicating the possible wall on the section line run from the south to the north (S-N), marked rectangle filled in gray. Anomalies indicate a possible burial, discovered on the section line running from the west to the east (W-E), labeled oval in black, and anomalies indicating a possible burial on the section line run from the south to the north (S-N), were labeled by an oval in gray.

With non-invasive GPR studies, made in 2013 by profiling line (2D), listed on the map (Fig. 10) lead to the following conclusions.

1. Detected anomalies are primarily focused in the eastern part of the main nave conventionally known as the “lektorium”, especially east of the metal grating over the central heating channel in the floor of the church.

6. Badania nie wykluczają możliwości istnienia krypt (piwnic?) o osiach W–E pod nawą główną kościoła.

7. Badania georadarowe nie pozwalają jednoznacznie stwierdzić, czym są wykryte anomalie. Pomiaru służy do interpretacji jakościowej.

8. Sprawdzające badania GPR wykonane w 2013 r. w miejscu określanym umownie jako „lektorium” potwierdziły wyniki wcześniejszych badań GPR [5], że pod posadzką znajdują się elementy konstrukcyjne.

9. Weryfikacja prognozy i danych georadarowych możliwa będzie po uzyskaniu danych z sondaży wykonanych metodami archeologicznymi, które powinny wyjaśnić także to, co kryje się w tym miejscu pod posadzką archikatedry we Fromborku.

2. Within the “lectorium”, i.e., between the altar in the main nave and chancel, under the floor of the church probably is the crypt (basement?).

3. The crypt (basement?) may have a long axis of the direction of S–N, and the floor at a depth of about 2 m or deeper.

4. In the crypt may be burials (coffins).

5. Between the main nave (NG) and chancel (P) is a possible wall.

6. The study does not exclude the possibility of the existence of the crypt (basement?), with axes W–E, under the nave of church.

7. GPR research does not allow to state clearly what exactly are the detected anomalies. The measurements are used for the qualitative interpretation.

8. Verifying the GPR survey, made in 2013, the site named the “lectorium”, confirmed the results of previous GPR studies [5] that, under the floor are structural components.

9. Verification of forecasts and GPR data will be possible after obtaining data from surveys carried out by archaeological methods which should also explain what is hidden in this place under the floor of the Cathedral in Frombork.

*Translated by  
Adam Szykiewicz  
Peter Barker*

### ***Bibliografia/References***

- [1] Daniels D.J. (ed.), *Ground-penetrating Radar*, 2<sup>nd</sup> ed., IEE RADAR, „Sonar and Navigation series 15”. The Institution of Electrical Engineers, London 2004.
- [2] Karczewski J., *Zarys metody georadarowej*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2007.
- [3] Karczewski J., Ortyl Ł., Pasternak M., *Zarys metody georadarowej*, Wydawnictwa AGH, Kraków 2011.
- [4] Conyers L.B., *Ground-penetrating radar for archaeology*, AltaMira Press, USA 2004.
- [5] Pacanowski G., Musiatewicz M., *Zastosowanie metody georadarowej w prospekcji archeologicznej na przykładzie badań w katedrze we Fromborku*, [w:] J. Gąssowski (red.), *Castrum Dominae Nostrae Litterae Annales*, vol. 2, Wyższa Szkoła Humanistyczna im. Aleksandra Gieysztor, Bałtycki Ośrodek Badawczy we Fromborku, Pułtusk 2005, 41–53.

### ***Streszczenie***

W 2013 r. po posadzkach wewnątrz archikatedry we Fromborku wykonane zostały sprawdzające, nieinwazyjne badania georadarowe (GPR). Badania wykonano antenami 800 MHz do głębokości 3 m. Główną uwagę zwrócono na miejsce określone jako „lektorium” (czytelnia). Potwierdzono występowanie silnych anomalii wykrytych tu w 2005 r. podczas pierwszych badań GPR wykonywanych antenami 250 MHz. W pracy omówiona jest metodyka i etapy badań. Pokazano trzy wybrane przekroje georadarowe (GPR) oraz mapkę wykrytych anomalii w części kościoła nazywanej „lektorium”.

**Słowa kluczowe:** architektura, metoda GPR, krypty

### ***Abstract***

In 2013, a non-destructive GPR investigation was carried out over the floors inside the Cathedral in Frombork. The investigation was performed to a depth of 3 m using an 800 MHz antenna. During the studies, the main focus was to find the place conventionally known as the “lectorium” (reading room). The investigation has confirmed the location of the strong anomalies that were identified during the first GPR study using the 250 MHz antenna in 2005. The paper discusses the methods and stages of the research. Three selected GPR cross-sections are shown as examples together with the map of anomalies in the area called the “lectorium”.

**Key words:** Ground Penetrating Radar (GPR), graves, tombs