

# Wyniki dokonanych badań geofizycznych autostrady A-4 w rejonie miejsc obsługi podróżnych (MOP) „Wirek” i „Halemba”

## Results of geophysical research performed on A4 highway in the service area “Wirek” and “Halemba”



Prof. dr hab. inż. Jan Zych<sup>\*)</sup>



Mgr inż. Maciej Machowski<sup>\*\*)</sup>



Inż. Marek Tondera<sup>\*\*)</sup>

**Treść:** Autostrada A4 na odcinku od węzła Batory w Chorzowie do węzła Sośnica w Gliwicach przechodzi przez obszary górnicze kilku czynnych kopalń. Ślad autostrady, przecinając obszary górnicze wielu kopalń, przechodzi przez tereny zróżnicowane pod względem morfologicznym, geotechnicznym, a także co jest bardzo istotne, przechodzi nad wieloma uskokami tektonicznymi. Spośród wielu zlokalizowanych uskoków najistotniejsze znaczenie ma uskok III, którego wychodnia zlokalizowana jest bezpośrednio w rejonie Miejsc Obsługi Podróżnych (MOP'ów) Wirek i Halemba, przecinając autostradę A4 w rejonie kładki dla pieszych KP-11. Z dostępnych dokumentacji wynika, że wiele istotnych informacji geotechnicznych nie zauważono, nie wykorzystano i nie uwzględniono, zarówno na etapie rozpoznania górotworu, jak i podczas projektowania autostrady i jej budowy. W artykule przedstawiono aktualne, rzeczywiste rozpoznanie górotworu w rejonie uskoku III na podstawie dostępnych archiwalnych materiałów, aktualnego rozpoznania geologicznego, obserwacji geodezyjnych oraz dokonanych badań geofizycznych.

**Abstract:** The section of A4 highway from the Batory junction located in Chorzow to the Sosnica junction located in Gliwice, passes through several active coalmine areas with diversified geotechnical and morphological derivation and several tectonic faults. The most significant is “The 3rd fault” whose outcrop is located near the service areas Wirek and Halemba, and intersects with the A4 motorway in the vicinity of KP-11 footbridge. According to the available documentation, lots of geotechnical information was unnoticed, unused and not taken into consideration not only during the orogenic belt identification or design phase but also during the final execution phase. This paper describes the accurate orogenic belt identification based on the available archival materials, surveying measurements and geophysical research.

### Słowa kluczowe:

górnictwo, górotwór, autostrada

### Key words:

mining industry, rockmass, highway

## 1. Wprowadzenie

Autostrada A4 na odcinku od węzła Batory w Chorzowie do węzła Sośnica w Gliwicach została wybudowana w latach 2003-2004, a oddana do ruchu w styczniu 2005 r. Trasa autostrady na tym odcinku przechodzi przez obszary górnicze kilku czynnych kopalń (rys. 1), co powodowało określone problemy, o których będzie mowa w artykule,

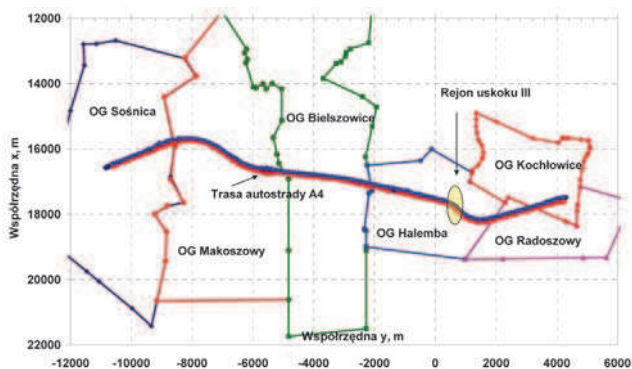
a które to problemy pojawiały się począwszy od etapu decyzji lokalizacyjnej, rozeznania warunków geotechnicznych, projektowania, poprzez monitoring i budowę autostrady, aż do samego etapu użytkowania autostrady.

Autostrada, przecinając obszary górnicze kilku kopalń, przechodzi przez tereny zróżnicowane pod względem morfologicznym, geotechnicznym, a także, co jest bardzo istotne, przechodzi nad wieloma uskokami tektonicznymi.

Nie byłoby potrzeby zajmowania się tym problemem, gdyby nie fakt pęknięcia autostrady A4 w rejonie MOP-ów Halemba i Wirek (rys. 2) w 2005 r. i 2009 r.

<sup>\*)</sup> Politechnika Śląska, Gliwice <sup>\*\*)</sup> Przedsiębiorstwo Realizacyjne INORA Sp. z o.o., Gliwice

Jak wynika z dostępnych materiałów oraz dokumentacji z dokonanych prac naprawczych i obserwacji, dokładne rozpoznanie uskoku III, jego charakteru i wytyczenie dokładnego przebiegu od początku sprawiało wiele trudności. Lokalizacja wychodni uskoku wyznaczona na podstawie badań geofizycznych nie była zgodna z miejscem deformacji uwidocznionym na nawierzchni autostrady. Pomiary geofizyczne dokonane w 2012 roku poddano dokładnym analizom z uwzględnieniem analiz dokumentacji geologiczno-inżynierskiej z tegoż samego roku oraz prowadzonym na bieżąco obserwacjom geodezyjnym.



Rys. 1. Przebieg autostrady A4 przez obszary górnicze kopalni na odcinku od węzła Sośnica w Gliwicach do węzła Batory w Chorzowie

Fig. 1. Highway A4 at the active mining area - Sosnica junction to Batory junction in Chorzow



Rys. 2. Rozpatrywany odcinek autostrady A4 wraz z MOP-ami Halemba-Wirek

Fig. 2. Considered section of highway A4 with service areas Halemba-Wirek

Szkoda, że twórcy dokumentacji geotechniczno-inżynierskiej z 1999 r. [2], ani autorzy licznych opracowań wykonywanych w późniejszym okresie, nie zwrócili uwagi na nietypowy fragment terenu, występujący na mapie powierzchni (rys. 3). Można było bowiem, z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że może to być pas deformacji nieciągłych powstałych na powierzchni, w rejonie wychodni uskoku III na skutek wieloletniej, intensywnej eksploatacji górniczej dokonanej przez kopalnię Halemba. Występowanie uskoku III w tym rejonie było pewne, a przypuszczalna jego wychodnia została naniesiona przez kopalnię Halemba na mapie stropu karbonu.

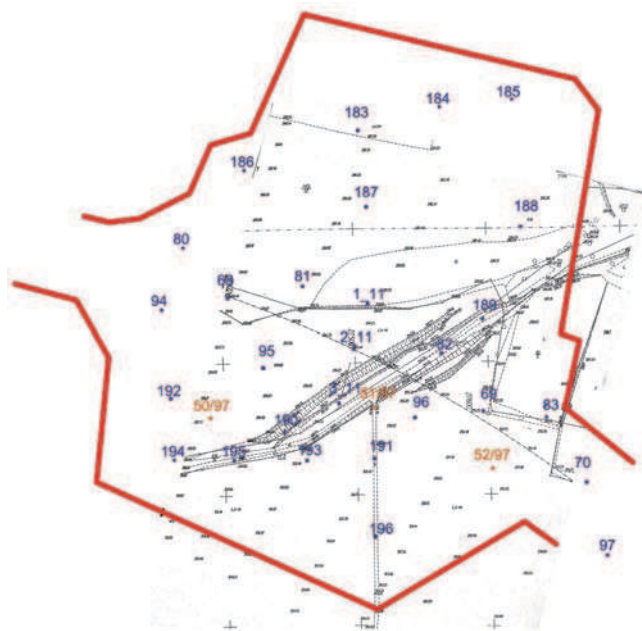
Hipotezę tę bardzo łatwo mógł potwierdzić geolog podczas prac ziemnych związanych z wykonywaniem wykopu, gdyż w tym miejscu karbon wychodzi na powierzchnię. Do tej pory nikt jednak nie zwrócił uwagi na te nieciągłości na powierzchni i nie wiązał ich z powstałymi później uszkodzeniami autostrady. Ten charakterystyczny fragment wykopu powinien być zauważony i zinwentaryzowany przez geologa budowy, jako potwierdzenie strefy deformacji nieciągłych i wychodni uskoku III. Brak jest informacji, że tak się stało. Fakt ten powinien być dokładniej rozpoznany i wykorzystany do zaprojektowania zabezpieczenia autostrady i MOP-ów względnie zmiany ich lokalizacji oraz uzdatnienia terenu.

Autorom artykułu udało się dotrzeć do zdjęcia satelitarne wykonane 21.01.2003 roku, na którym widoczny jest teren autostrady i przyszłych MOP-ów, po wykonaniu wykopów i niwelacji terenu (rys. 4 i 5).

Na zdjęciu widoczny jest charakterystyczny zaciemniony pas gruntu w miejscu pasa nieciągłości na powierzchni terenu. Te charakterystyczne smugi to przedłużone w głąb górotworu, szczeliny i pęknięcia wypełnione naniesionym materiałem.

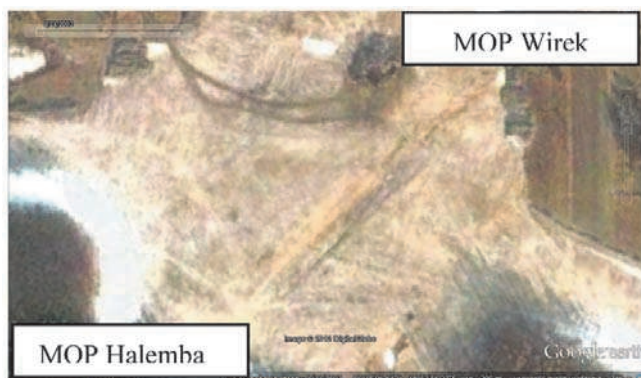
Innym potwierdzeniem faktu, że jest to teren, gdzie w przeszłości występowały deformacje nieciągłe jest fragment sprawozdania Katedry Geomechaniki Pol. SL., w którym stwierdzono, że w okresie luty-marzec 2003 r. na powierzchni, w terenie leśnym na południe od MOP – Halemba, bezpośrednio w sąsiedztwie wykonanej skarpy wykopu wystąpiły nieciągłości oznaczone kolorem czerwonym na rys.6.

Nie można pominąć jeszcze jednego bardzo ważnego faktu. W maju 2004 r., po ulewnych deszczach na wyrównanym terenie w południowej części MOP-u Halemba wystąpiły liczne jele (rys. 7), które układały się na linii zbliżonej do



Rys. 3. Mapa powierzchni terenu z 1999 r. w rejonie km 327+400 do 327+600 projektowanej autostrady A4 oraz MOP-ów Halemba i Wirek z charakterystycznymi elementami morfologii terenu i lokalizacją otworów wiertniczych [2]

Rys. 3. Map of surface area from 1999 in the region km 327+400-327+600 of the planned motorway A4 and service areas Halemba and Wirek with characteristic elements of the morphology of terrain and location of boreholes [2]



Rys. 4. Teren w rejonie MOP-ów po splantowaniu. Zdjęcie z 21.01.2003 r.

Fig. 4. Service area after levelling the land. Photo taken on 21 January 2003



Rys. 5. Teren w rejonie MOP-ów po splantowaniu w 2003 r., na tle zabudowy z 2009 r.

Fig. 5. Service area after levelling the land in 2003 against the background of building from 2009

przebiegu uskoku III. Zapadliska te zlikwidowano przez zasypianie, nie podejmując żadnych kroków mających na celu uzdatnienie terenu, co było bardzo poważnym błędem.

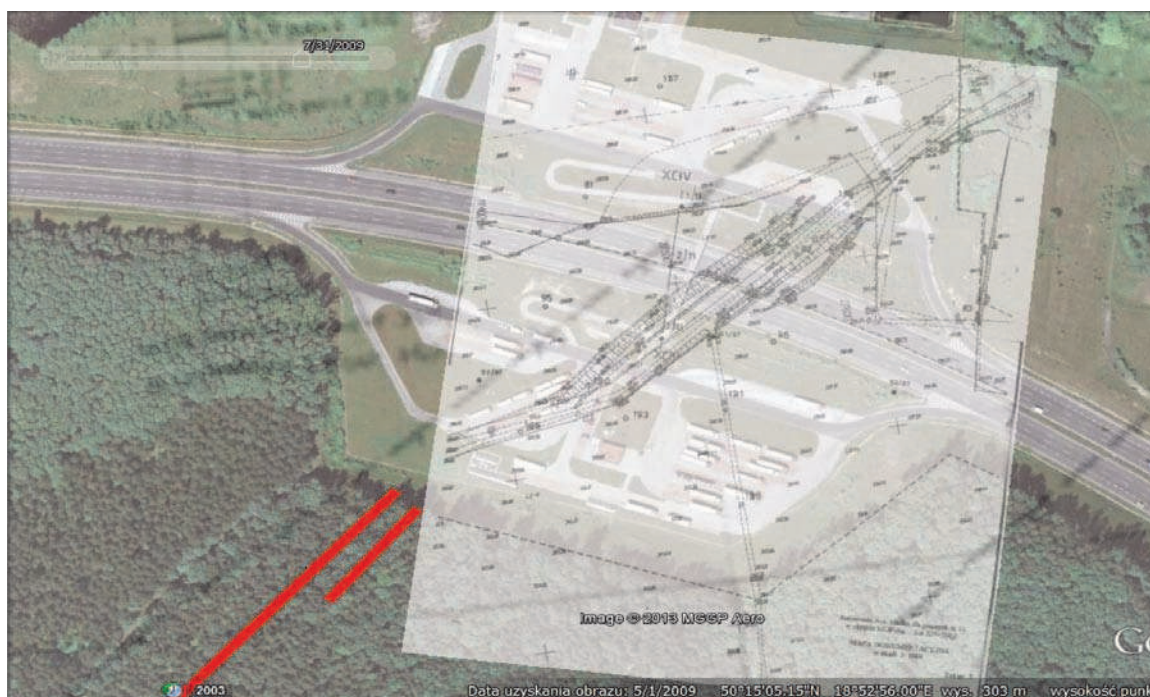
Badania geofizyczne wykonane przez GIG [3,4], pierwsze w październiku 2003 r., drugie w sierpniu 2005 r., potwierdziły występowanie stref wychodni uskoku III i IV, odpowiednio na odcinkach: km 327+430 ÷ 327+480 i km 327+700 ÷ 327+712 według starego systemu pomiaru odległości. Badania te nie znalazły dotychczas potwierdzenia.

Według opracowań GIG [4,5], po stronie południowej autostrady, na terenie MOP Halemba (w czasie budowy sieci uzbrojenia podziemnego na przełomie miesięcy kwietnia i maja 2005 r.) stwierdzono występowanie szczelin na powierzchni o szerokości około 5 cm, oraz towarzyszących im kilku nieciągłości w postaci lokalnych, płytkich zapadlisk o średnicy i głębokości do kilkudziesięciu centymetrów, które w czasie zabudowy terenu zostały zlikwidowane. Po stronie południowej, na wschód od kładki KP11, na terenie ochronnego pasa zieleni, na przedłużeniu linii, wzdłuż których układały się szczeliny na jezdniach autostrady oraz w rejonie kładki, wystąpiły szczeliny o szerokości 4-5 cm.

Po stronie północnej autostrady (na przedłużeniu linii powstałych szczelin po stronie południowej oraz na jezdniach autostrady) w rejonie ochronnego pasa zieleni wystąpiła nieciągłość w postaci szczeliny o szerokości do 5 cm oraz stopnie o wysokości do około 7 cm i zrzućcie w kierunku wschodnim.

W czasie wizji w terenie 23 sierpnia 2005 r. [5] stwierdzono, że pomiędzy 21 a 23 sierpnia na jezdni południowej wystąpiły dwa spęknięcia jezdni o szerokości 1-2 cm.

O tym, że górotwór w rejonie powstałych nieciągłości na autostradzie jest spękany świadczą wyniki ostatnich wierceń wykonanych w 2012 r. W czasie wierceń w kilku otworach występował zanik płuczki. W rejonie występujących nieciągłości wody gruntowe nie występują. Górotwór w tym rejonie musi być spękany i przepuszczalny, dlatego wody atmosferyczne mogą infiltrować w głąb górotworu, powodując zjawisko sufozji.



Rys. 6. Rozpatrywany odcinek autostrady A4 wraz z przyległymi MOP-ami Halemba i Wirek

Fig. 6. Considered section of highway A4 with service areas Halemba-Wirek



Rys. 7. Widok na powstałe leje po ulewnych deszczach na terenie MOP-u Halemba w części południowej [3]

Fig. 7. View of craters which appeared in the south part of the service area "Halemba" after strong rainstorm [3]

## 2. Wyniki badań geofizycznych

W pierwszym etapie wykonane zostały badania nawierzchni autostrady aparatem FWD (rys. 8). Badania te wykazały, iż aktualnie nawierzchnia autostradowa ma wymaganą trwałość zmęczeniową. Po stwierdzeniu stanu samej nawierzchni autostrady przystąpiono do wykonania badań geofizycznych. Badania geofizyczne w opiniowanym rejonie wykonano dwoma następującymi metodami:

- metoda radarowa GPR;
- metoda dwupoziomowych profilowań elektrooporowych ERT.

### 2.1. Metoda georadarowa GPR – Etap I

Pierwszy pomiar wykonany był w kwietniu 2012 r. [10]. Pomiary wykonano wzdłuż dwóch profili GPR na każdym pasie ruchu, w odległości 10 m od siebie. Profil nr 1 wykonano na długości 1034 mb, a profil nr 2 na długości 1000 mb. Obydwa profile prowadzono na odcinku od km 327 + 472,43 do km 328 + 422,43.

Przed przystąpieniem do pomiarów georadarowych profile pomiarowe zostały wytyczone metodą GPS - RTK. Prace geodezyjne były prowadzone w układzie lokalnym dowiązanym do Państwowego Układu Współrzędnych Geodezyjnych 2000.

Generalnie echogram zarejestrowany dla profilu nr 1 (rys. 9) pokazuje podłoże zaburzone nieciągłościami w niewielkim stopniu. W rejonie liniowej deformacji nieciągłej powierzchni (LDNP) nie uwidaczniają się wyraźnie szczeliny. Badania wykazały, iż podłoże jest bardziej zaburzone po stronie wschodniej istniejącego progu.

Natomiast echogram profilu nr 2 przedstawia podłoże zaburzone licznymi nieciągłościami oraz strefami migracji wód, które korelują z występującymi na powierzchni asfaltu licznymi spękaniem. Podłoże jest znacznie zaburzone w rejonie LDNP. Zasięg głębokościowy sygnału wyniósł ok. 10 m. Jednakże sygnał możliwy do interpretacji sięga maksymalnie ok. 6 m dla profilu nr 1 oraz ok. 7 m dla profilu nr 2.

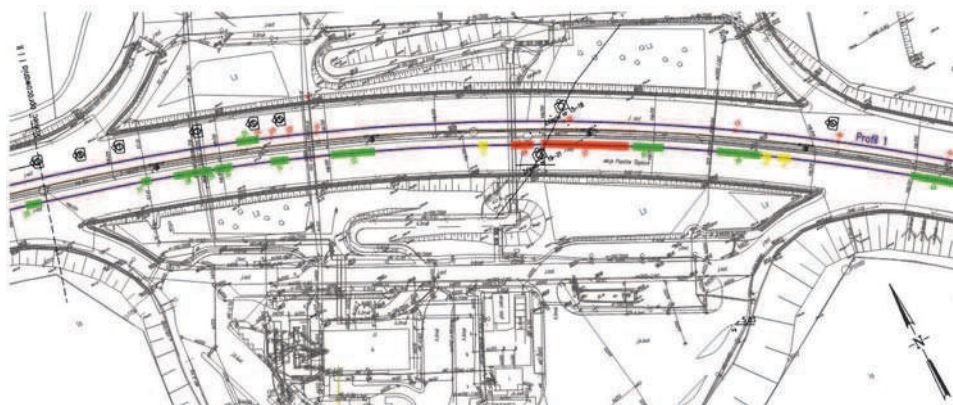
Podłoże na wschód od progu (profil nr 2 – rys.10) jest najbardziej zaburzone w świetle całych wyników zarejestrowanych dla obu profili georadarowych. Obszary anomalne zlokalizowane w warstwie podbudowy mogą być spowodowane ruchami górotworu, które powodują powstawanie rozluźnień i/lub gorzej zagęszczonym gruntem w rejonie uzbrojenia podziemnego.

Dokładną lokalizację stwierdzonych anomalii, nieciągłości i stref migracji wód z I etapu badań geofizycznych w rejonie MOP'ów przedstawia rysunek 8.

### 2.2. Metoda georadarowa GPR – Etap II

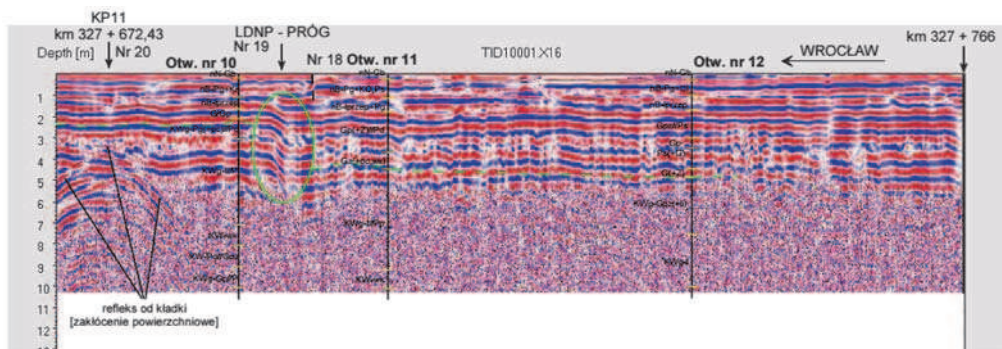
W drugim etapie badań geofizycznych pomiary GPR wykonano 5 lipca 2012 r. [11]. Przed przystąpieniem do pomiarów georadarowych profil pomiarowy został wytyczony metodą GPS - RTK. Prace geodezyjne były prowadzone w układzie lokalnym dowiązanym do Państwowego Układu Współrzędnych Geodezyjnych (PUWG) 2000.

Pomiary wykonano wzdłuż jednego profilu GPR na prawym pasie jezdni w kierunku Katowic. Profil GPR został wykonany na odcinku o długości 668,00 mb. Celem przeprowadzonych badań GPR było badanie stanu warstw podbudowy autostrady.

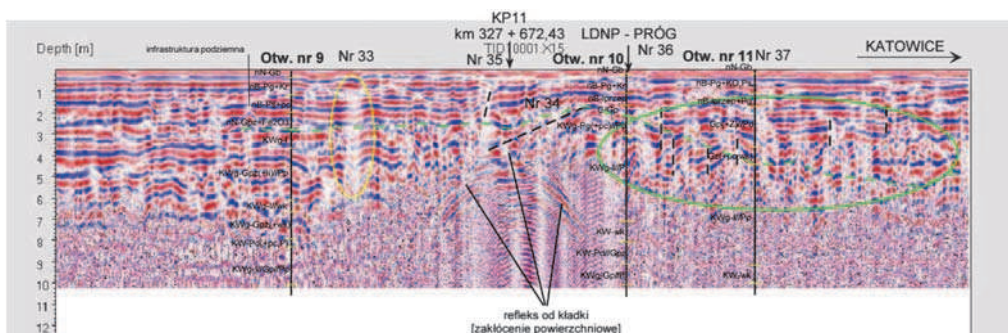


Rys. 8. Anomalie georadarowe wyznaczone w rejonie MOP-ów podczas I etapu badań

Fig. 8. GPR anomaly which appeared in the service area during the 1st phase of research



Rys. 9. Profile georadarowe wykonane w rejonie uskoku III - kierunek Wrocław  
 Fig. 9. GPR profiles situated next to the fault III – Wrocław direction



Rys. 10. Profile georadarowe wykonane w rejonie uskoku III kierunek Katowice  
 Fig. 10. GPR profiles situated next to the fault III – Katowice direction

Dokładną lokalizację stwierdzonych anomalii, nieciągłości i stref migracji wód z badań georadarowych wykonanych podczas II etapu w rejonie MOP'ów przedstawia rys. 11.

Z rysunku tego wynika duża niejednorodność podłoża podbudowy autostrady A4.

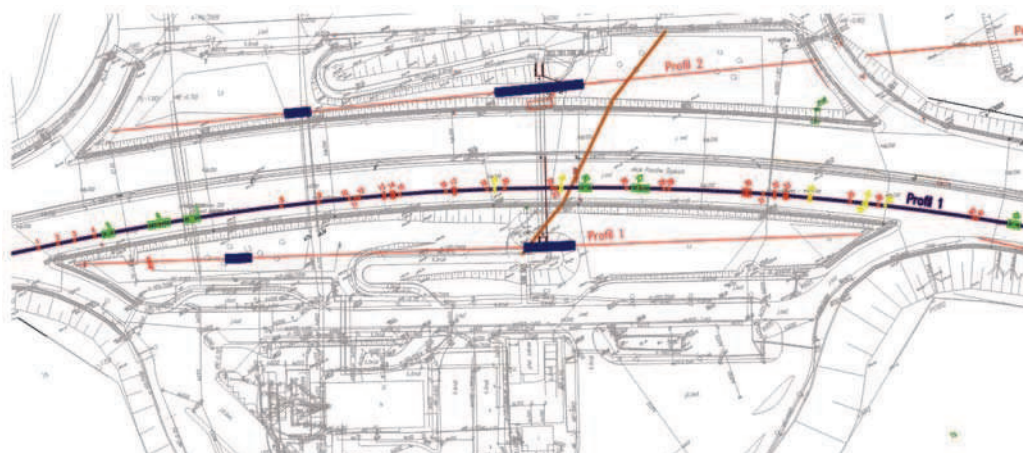
### 3. Badania metodą elektrooporową ERT

Badania geofizyczne w drugim etapie badań geofizycznych poszerzone zostały o badania podłoża wykonane metodą alternatywną do georadarowej – metodą tomografii elektrooporowej (ERT). Pomiar ERT zrealizowano w dniach 3, 4 i 6 lipca 2012 r.

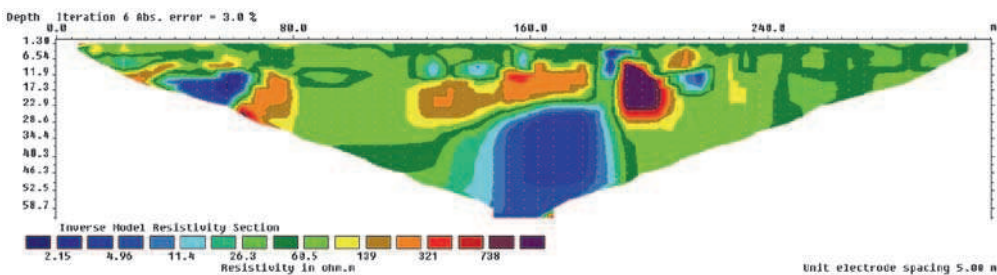
Badania geofizyczne wykonywane tylko jedną metodą czę-

sto nie pozwalają na jednoznaczną interpretację otrzymanych wyników, a więc wyniki uzyskane jedną metodą powinny być zawsze uzupełnione wynikami uzyskanymi na drodze badań innymi metodami geofizycznymi i wtedy dopiero wspólnie zinterpretowane. Badania tomografii elektrooporowej pozwoliły także na uzyskanie szerszej informacji o stanie górotworu, gdyż sygnał uzyskiwany w szczytowym zakresie pozwalał na uzyskanie informacji o budowie ośrodka nawet do głębokości 50,0 m.

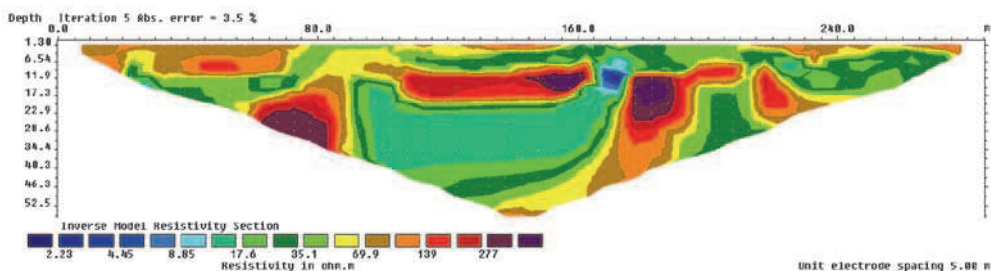
Wykresy zmian oporności elektrycznej uzyskane na profilach 1 (strona południowa) i 2 (strona północna) wykazują, że ośrodki te są zróżnicowane pod względem oporności elektrycznej. Polaryzacja taka bardzo dobrze widoczna jest w miejscu LDNP, co można zauważyć na rysunkach 12 i 13 w rejonie 170,00 m. W miejscu tym potwierdzono występowanie



Rys. 11. Anomalie georadarowe i elektrooporowe wyznaczone na wykonanych profilach  
 Fig. 11. GPR and ERT anomalies which appeared in the profiles



Rys. 12. Profil nr 1 według załącznika nr 5 z [3]  
 Fig. 12. Fig. 11. The 1st ERT profile – according to enclosure no. 5, documentation [3]



Rys. 13. Profil nr 2 według załącznika nr 6 z [3]  
 Fig. 13. The 2nd ERT profile – according to enclosure no. 6, documentation [3]

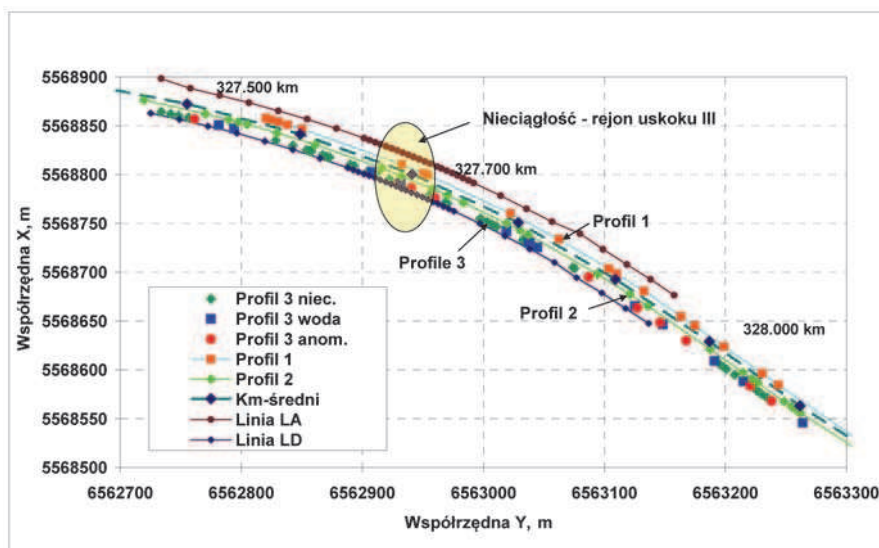
nieciągłości w podłożu, które w dokumentacji oznaczono na rysunku 10. Na profilu 1 zauważono też występowanie ośrodków o dużej polaryzacji oporności w rejonie 70,00 m profilu. Miejsce to według przeprowadzonych analiz z monitoringu geodezyjnego charakteryzuje się cechami, które mogą sugerować, iż w tym miejscu wykształca się kolejna nieciągłość towarzysząca uskokowi III. Zbiorcze zestawienie stwierdzonych anomalii i ewentualnych nieciągłości wzdłuż badanych profili przedstawiono na rysunku 14.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania w pracach [9,10,11] pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Badania wykonane aparatem FWD [9] wykazały, iż aktualnie nawierzchnia autostradowa ma wymaganą trwałość zmęczeniową.

2. Uwzględniając zjawiska reologiczne zachodzące w warstwach mineralno-bitumicznych można się jednak spodziewać dalszego osłabiania nawierzchni, a tym samym dalszego postępowania niekorzystnych zjawisk deformujących nawierzchnię autostrady.
3. Badania georadarowe i elektrooporowe w korelacji z monitoringiem geodezyjnym wykazują, iż w rejonie km 327+560 wykształca się obszar predysponowany do wystąpienia kolejnej deformacji nieciągłej. Badania georadarowe przeprowadzone w drugim etapie wykonywane były anteną wysokich częstotliwości i stanowiły ocenę stanu podbudowy, dlatego ich interpretacja dotyczyć może tylko struktury warstw konstrukcyjnych autostrady. Miejsce występowania tej anomalii można stwierdzić także naocznie podczas obserwacji ruchu pojazdów w tym rejonie.
4. Badania georadarowe nie stwierdziły występowania wyraźnych anomalii w rejonie uskoku IV, niemniej wyniki prowadzonego monitoringu geodezyjnego wykazują jed-



Rys. 14. Wyniki badań georadarowych trzech profili wzdłuż autostrady A4  
 Fig. 14. Results of GPR analysis of the three profiles located along the motorway A4

nak zachowania anomalne w tym rejonie, przez co wskazują na konieczność rozszerzenia monitoringu o 150,0m w kierunku Katowic i stabilizację dodatkowych punktów pomiarowych w rozstawie co 25,0m.

5. Wykazane w [11] drobne anomalie i nieciągłości w obszarze warstw konstrukcyjnych autostrady, mają niejednorodny charakter. Potwierdziły to także wyniki dokonanych prac geologicznych.
6. Z powyższych względów wydano stosowne zalecenia aby objąć odpowiednią konstrukcją zabezpieczającą autostradę na odcinku pomiędzy wlotami na Miejsca Obsługi Podróżnych.

## 5. Literatura

1. Dokumentacja mierniczo-geologiczna Kompanii Węglowej S.A. Oddział KWK „Halemba-Wirek”, 1997-2012 r.
2. Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska dla potrzeb budowy Autostrady A-4 od Węzła Wirek do Węzła Batory, km 325+232,8 do km 331+470,0 wykonana przez Geoprojekt ŚLĄSK w 1999 r.
3. Opinia dla firmy Jacobs GIBB (Polska) sp. z o.o. dotycząca aktywności uskoków tektonicznych i prognozy nieciągłości powierzchni budowanej autostrady A-4 na odcinku Wirek-Batorego (Lot 2). Główny Instytut Górnictwa. Zakład Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych. Katowice, 19.08.2003 r.
4. Opinia dotycząca wystąpienia nieciągłości na autostradzie A4 w rejonie km 327+524+327+548. GIG. Katowice, 21.09.2005 r.
5. Raport z posiadanych dokumentacji i prowadzonych badań w rejonie nieciągłości na autostradzie A4 – MOP Wirek-Halemba. Dr hab. inż. Andrzej Kowalski, prof. GIG, dr inż. Piotr Gruchlik. Katowice, 30.06.2012 r.
6. Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla przedsięwzięcia: „Ocena wpływu powstałych deformacji nieciągłych w rejonie MOP-ów Wirek-Halemba na stan techniczny nawierzchni autostrady A-4 od km 327+300 do km 328+250 oraz kładki dla pieszych KP11 pomiędzy MOP-ami w km 327+500 wraz z przedstawieniem koncepcji rozwiązań naprawczych oraz opracowaniem dokumentacji projektowej umożliwiającej wykonanie robót”. Geoprojekt ŚLĄSK. Katowice, sierpień 2012 r.
7. Ekspertyza dotycząca oceny zagrożenia deformacjami pogórnymi rejonów planowanych inwestycji w obrębie Miejsc Obsługi Podróżnych Halemba-Wirek.
8. Ocena wpływu powstałych deformacji nieciągłych w rejonie MOP-ów Wirek i Halemba na stan techniczny nawierzchni autostrady A-4 od km 327+472,43 do km 328+422,43 oraz kładki dla pieszych KP 11 pomiędzy MOP-ami w km 327+672,43 wraz z przedstawieniem koncepcji rozwiązań naprawczych oraz opracowaniem dokumentacji projektowej umożliwiającej wykonanie robót. Ekspertyza Geologiczno-Górnicza. Etap II. Grontmij Polska Sp. z o.o.. Czerwiec 2012 r.
9. Dokumentacja z badań ugięć nawierzchni przeprowadzonych ugięciomierzem dynamicznym FWD w ciągu autostrady A-4 od km 327+472,43 do km 328+422,43 wraz z obliczeniem trwałości zmęczeniowej nawierzchni drogi. Grontmij Polska Sp. z o.o.. Czerwiec 2012 r.
10. Dokumentacja z badań geofizycznych przeprowadzonych metodą georadarową (GPR) w ciągu autostrady A-4 od km 327+472,43 do km 328+422,43. Etap I. Grontmij Polska Sp. z o.o.. Czerwiec 2012 r.
11. Dokumentacja z badań geofizycznych przeprowadzonych metodą georadarową (GPR) i elektrooporową (ERT) w ciągu autostrady A-4 od km 327+472,43 do km 328+422,43. Etap II. Grontmij Polska Sp. z o.o.. Lipiec 2012 r.