

Wiesław BUJAKOWSKI
Zakład Odnawialnych Źródeł Energii
i Badań Środowiskowych
Pracownia Odnawialnych Źródeł Energii
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
31-261 Kraków, ul. Wybickiego 7
e-mail: buwi@min-pan.krakow.pl
Marek BALCER
Geotermia Mazowiecka S.A.
Bogusław BIELEC
Zakład Odnawialnych Źródeł Energii
i Badań Środowiskowych
Pracownia Odnawialnych Źródeł Energii
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
31-261 Kraków, ul. Wybickiego 7
e-mail: bielec@min-pan.krakow.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1/2013

OCENA ZMIAN STANU TECHNICZNEGO RUR OKŁADZINOWYCH W TRAKCIE WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI ODWIERTU GEOTERMALNEGO MSZCZONÓW IG-1

STRESZCZENIE

Zakłady geotermalne wykorzystują odwierty do pozyskiwania wód geotermalnych. Proces eksploatacji wiąże się często z powolnym zużywaniem rur okładzinowych stanowiących wyposażenie odwiertu, zwłaszcza wewnętrznej kolumny rur pełniącej rolę rur eksploatacyjnych. W artykule zaprezentowano wyniki kilkukrotnych badań sondą MIT60 rur eksploatacyjnych odwiertu Mszczonów IG-1. Odwiert ten wykonany był w 1976 roku i poddany rekonstrukcji w latach 1996–2000. Od 14 lat odwiert funkcjonuje jako ujęcie wód termalnych, stanowiąc główny element cieplowniczej instalacji zakładu geotermalnego spółki Geotermia Mazowiecka S.A.

SŁOWA KLUCZOWE

Energia geotermalna, badania zarurowania, geofizyka otworowa

* * *

WPROWADZENIE

Odwiert Mszczonów IG-1 wykonany był dla potrzeb badań geostrukturalnych w 1976 roku przez Państwowy Instytut Geologiczny. W 1995 roku opracowany został wniosek o dofinansowanie badań w ramach tzw. Projektu Celowego do Komitetu Badań Naukowych (ówczesnego Ministerstwa Nauki), w którym wnioskodawcą była Gmina Mszczonów, a realizatorem IGSMiE Polskiej Akademii Nauk. Bezpośrednim reprezentantem Gminy w projekcie była specjalnie utworzona (w 1994 roku) spółka akcyjna Geotermia Żyrardowska (obecnie Mazowiecka) S.A. Wniosek uzyskał dofinansowanie i w latach 1996–2000 odwiert poddany został procesowi rekonstrukcji, której celem było uzyskanie ujęcia wód geotermalnych dla potrzeb ciepłowniczych miasta Mszczonów. Projekt miał charakter pilotażowy dla tej części Polski (istniały już dwie instalacje geotermalne: pierwsza na Podhalu od 1993 roku i druga w Pyrzycach – od 1996 roku) i prototypowy z racji realizacji pełnej rekonstrukcji starego, ponad 20-letniego, odwiertu całkowicie zlikwidowanego (Bujakowski i in. 1999; Bujakowski red. 2000). W latach późniejszych realizowane były prace związane z rekonstrukcją bądź reaktywacją innych otworów termalnych, m.in. Skiernewice GT-1 i GT-2, Poręba Wielka IG-1 (Bujakowski i in. 2011, 2013) oraz Biały Dunajec PAN-1 (Dubiel i in. 2012).

1. ZABIEGI WYKONANE PODCZAS REKONSTRUKCJI ODWIERTU MSZCZONÓW IG-1

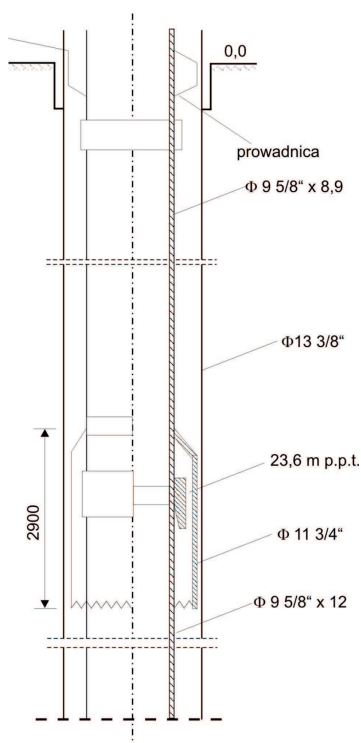
W trakcie prowadzenia prac rekonstrukcyjnych w 1996 roku wykonano szablonowanie rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " do głębokości około 200 m przy użyciu szablonu rurowego o średnicy zewnętrznej \varnothing 203 mm i długości 5,9 m w celu stwierdzenia pełnej drożności górnego odcinka kolumny rur okładzinowych w odwiercie. Szablon był blokowany w głębokości około 23,6 m p.p.t (strop rur $9\frac{5}{8}$ ") oraz zatrzymywany w głębokości ~ 60,0 m p.p.t. Celem zdiagnozowania przyczyny komplikacji wykonano wówczas przegląd uszkodzonych miejsc kamerą telewizyjną o kształcie cylindrycznym z prętowymi prowadnikami i bocznym obiektywem. Badaniami tymi stwierdzono:

- od powierzchni terenu do głębokości 23,6 m otwór zarurowany rurami $13\frac{3}{8}$ " – czysty, po zwierceniu korka cementowego, na ściankach wewnętrznych rur brak śladów cementu,
- na głębokości 23,6 m widoczne czoło rur $9\frac{5}{8}$ ". Szczelina między rurami $13\frac{3}{8}$ " i $9\frac{5}{8}$ " jest wypełniona cementem, którego pokruszone kawałki wystają kilka centymetrów nad czoło rur $9\frac{5}{8}$ " tworząc nieregularny zarys; rury $9\frac{5}{8}$ " rozpoczynają się gładką powierzchnią cylindryczną; brak śladów gwintu świadczy, że rury rozpoczynają się czopem; mufa prawdopodobnie została odkręcona podczas likwidacji otworu w 1977 r.,
- od głębokości 23,6 m do 54 m kolumna rur $9\frac{5}{8}$ " bez wody, na ściankach ślady korozji i osadów, na połączeniach mufowych rur widać zarysy gwintów,

- w głębokości 54 m kamera trafiła na lustro wody; powierzchnia wody zanieczyszczona pozostałościami smarów i innych zanieczyszczeń; również pod powierzchnią wody pływały zeszkrobane przewodnikami kamery osady,
- w głębokości 60 m kamera zatrzymuje się.

Badaniami geofizycznymi z użyciem kawernomierza 80-ramiennego MAC80 firmy Halliburton w interwale 0–70 m stwierdzono, że uszkodzony jest odcinek rury nad mufą w interwale 55–57 m. Rura w tym odcinku ma powiększoną średnicę do 9,55" (243 mm). Prawdopodobnie w tym miejscu nastąpiło przetarcie rury. Uszkodzona jest również rura poniżej mufy w odcinku 57–58,5 m. Rura okładzinowa w tym interwale jest owalna. Nastąpiło zmniejszenie średnicy minimalnej oraz zwiększenie średnicy maksymalnej. Owalność jest rzędu 1". Ponieważ uszkodzenie jest na mufie, prawdopodobnie rury nie są połączone.

Po przeprowadzeniu tych badań komplikację usunięto wykonując frezowanie czołowe i boczne, uzyskując drożność odwiertu do głębokości około 60 m oraz uzupełniając kolumnę rur $9\frac{5}{8}$ " (od 23,6 m p.p.t.) do wierzchu bez dokręcania stabilizując ją centrycznie w rurach $13\frac{3}{8}$ " (rys. 1).



Rys. 1. Schemat uzupełnień kolumny rur $9\frac{5}{8}$ " w odwiertnie Mszczonów IG-1 w głębokości około 23 m (2000 rok)

Fig. 1. Scheme of supplementing casing pipes $9\frac{5}{8}$ " in Mszczonów IG-1 borehole at the depth of 23 m (2000)

Ponownie wykonano szablonowanie kolumny rur okładzinowych, stwierdzając swobodne przechodzenie szablonu do głębokości 200 m p.p.t.

Rury $9\frac{5}{8}$ " uzupełniono do powierzchni poprzez połączenie, składające się z odpowiednio roztoczonej stożkowo mufy osłoniętej „kapeluszem” zrobionym z rury $11\frac{3}{4}$ ", z naciętą w dolnej części koronką zębatą. „Kapelusz” został przyspawany do rury i stanowi prowadzenie dla uzupełniającej kolumny, dając równocześnie możliwość zwiercenia cementu w przestrzeni pierścieniowej pomiędzy rurami $9\frac{5}{8}$ " i $13\frac{3}{8}$ ". Połączenie to w razie potrzeby można rozłączyć. Górna część uzupełniającej kolumny uzbrojona została w prowadnik centrujący ją z rurami $13\frac{3}{8}$ ".

2. BADANIA GEOFIZYCZNE SONDĄ MIT60

Pomiary stanu technicznego rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " sondą MIT60 firmy Sondex wykonywane były przez firmę Geofizyka Kraków w 2003 roku (Zychowicz, Miziołek 2003) w interwale 0–105 m oraz w interwale 1560–1724 m obejmującym dwie perforacje, a następnie zostały powtórzone w 2012 r. (Wójcik 2012) w całym zarurowanym odcinku odwiertu 0–1786 m.

Z powodu braku dostępu do raportów z zabiegu rurowania odwiertu w 1976 roku, wykonawca badań ocenił średnice wewnętrzne rur na podstawie wykonanych pomiarów na 220,5 i 224,4 mm. Niewykluczone, że w kolumnie rur okładzinowych występują również rury o średnicy wewnętrznej 222,5 mm. Są to typowe, katalogowe średnice wewnętrzne rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ ". Należy zwrócić uwagę, że w interwałach, w których zaznaczono występowanie rur o średnicy wewnętrznej 224,4 mm średnie zmierzone średnice rur są zwykle mniejsze, a w wyniku działania korozji powinny być raczej większe. Może to wskazywać, że kolumna rur okładzinowych składa się z rur o średnicach wewnętrznych 220,5 i 222,5 mm.

Celem porównania pomiarów z 2003 i 2012 r. wykonano zestawienia pomiarów minimalnej, maksymalnej i średniej średnicy wewnętrznej rur oraz minimalnego i maksymalnego promienia wewnętrznego rur.

Zestawienia wykonano przy użyciu pakietu MS Excel 2010 dla dwóch odcinków rur z interwału 0–105 m, w których stwierdzono występowanie stref wskazujących na uszkodzenie rur okładzinowych, jednego w gł. około 23 m i drugiego około 59 m p.p.t.

Przedstawiane na zestawieniach trójwymiarowe obrazy rur otrzymano przy użyciu programu MITview firmy Sondex, wykorzystującego dane z pomiarów sondą MIT60 zapisane przez wykonawcę pomiarów w odpowiednio sformatowanym pliku.

3. ODCINEK RUR W GŁĘBOKOŚCI OKOŁO 23 M P.P.T.

Badaniami geofizycznymi wykonanymi w kolejnych latach (2000, 2003 i 2012) przebadano stan techniczny połączenia gwintowego rur okładzinowych 9⁵/₈" z kolumną rur sięgającą do powierzchni.

Graficznie wyniki przeprowadzonych badań przedstawiają kolejne rysunki (rys. 2–4).

W celu dokładniejszego przeanalizowania kierunku ewentualnych zmian stanu technicznego rur w omawianym odcinku rur 9⁵/₈", na rysunkach 5 i 6 zestawiono obrazy rur otrzymane na podstawie pomiarów z 2003 i 2012 roku. Do analizy wybrano dokładnie ten sam odcinek rury, który przedstawiono jednocześnie w takiej samej orientacji przestrzennej. Na rysunku 5 dobrano również jednakową skalę kolorystyczną dla pomiarów z 2003 i 2012 roku, co zdecydowanie ułatwia porównanie. Analizowany odcinek nie jest wypełniony wodą. Nie widać wyraźnych różnic w stanie technicznym rur z 2012 w stosunku do 2003 roku. Można jedynie zaobserwować powstanie niewielkich osadów na rurach powodujących zmniejszenie jego średnicy. Zasadniczych zmian stanu technicznego nie stwierdzono. Na rysunku 6 zestawione pomiary przesunięte są względem siebie głębokościowo o 10 cm i widoczny jest efekt „zaciągnięcia” na pomiarach z 2003 r o dł. około 5 cm na gł. 23,2 m.

4. ODCINEK RUR NA GŁĘBOKOŚCI OKOŁO 59 M P.P.T.

Badania geofizyczne z 2000 r. wykonane kawernomierzem 80-ramiennym MAC80 uwidocznily w sposób graficzny deformację rur 9⁵/₈" stwierdzoną wcześniej na głębokości około 59 m. Widać ją wyraźnie na przedstawionej poniżej mapie promieni wewnętrznych rury sporządzonej na podstawie pomiarów z 2003 r. (rys. 7). Uszkodzenie mufy łączącej na głębokości 59 m charakteryzuje się pierścieniowym wgnieceniem rury z jednej strony i wybrzuszeniem po stronie przeciwnej. Wybrzuszenie to jest znaczne i promienie wewnętrzne rury sięgają poza obrys zewnętrznej powierzchni rury (rys. 8). Zaznaczające się pionowe pęknięcie rur w części wgniecionej do wewnątrz (pom. z 2003) powiększa się i jest już wyraźnie widoczne na pomiarze z 2012 (rys. 9).

Zabieg nakręcania od góry dodatkowej kolumny rur okładzinowych w głębokości około 23 m mógł spowodować uszkodzenie kolumny rur 9⁵/₈" w miejscu połączenia mufowego na głębokości 59,34 m, zwłaszcza jeśli stan związania cementu z rurami w interwale 23–59 m był niedostateczny. Samo uszkodzenie wydaje się mieć charakter mechaniczny, a w jego obrębie może się pojawić postępująca korozja. Uzyskane wyniki nie przesądzają tego jednoznacznie.

Przedstawione na rysunkach 8, 9, 10 i 11 szczegóły miejsca uszkodzenia, ukazują ostro zarysowaną, znaczną dylatację poprzeczną rur na połączeniu mufowym w głębokości 59,34 m. Górna końcówka dolnej rury jest z jednej strony mocno wgnieciona do wewnątrz, a z drugiej strony wypchnięta na zewnątrz, znacznie poza obrys zewnętrznej powierzchni rur.

Takie uszkodzenie mogła spowodować dolna część mufy wkręcona lub wciśnięta na końcówkę niżej położonej rury. Połączenia muf z rurami okładzinowymi mają stożkowe

gwinty i zbyt duży nacisk mógł spowodować pęknięcie mufy. Rury okładzinowe $9\frac{5}{8}$ " jak i znajdujące poza nimi rury okładzinowe $13\frac{3}{8}$ ", sięgające do głębokości 508 m, zostały zacementowane do wierzchu. Powstanie takiego uszkodzenia mogło być skutkiem braku cementu w przestrzeni międzyrurowej i pęknięcia mufy w miejscu wybrzuszenia rury. Pośrodku wgniecenia rury do wewnątrz można zauważyć głębokie, podłużne pęknięcie rury ze śladami postępującej korozji. Głębokość pęknięcia powiększa się z czasem, co można zaobserwować na obrazie z 2012 r. w stosunku do obrazu pęknięcia z 2003 r.

Na ścianie górnej rury, na gł. 59,15 m można zaobserwować nieznaczną dylatację poprzeczną o kierunku przeciwnym do opisanej wyżej, związaną prawdopodobnie z górnym brzegiem mufy. Górna rura w miejscu łączenia wykazuje tylko nieznaczne uszkodzenie w miejscu podłużnego pęknięcia dolnej rury.

Wielkość wybrzuszenia zajmuje około 9 cm długości rury i około 20,8 cm jej obwodu. W stosunku do wewnętrznego obwodu rury, który wynosi 69,3 cm, wybrzuszenie stanowi około 30% obwodu. Przy takiej interpretacji długość mufy powinna wynosić 36 cm.

Porównanie obrazów z 2003 i 2012 r. ukazuje powstanie drobnego uszkodzenia w głębokości 59,15 m p.p.t, w miejscu oznaczonym literą „A” na rysunku 12. Jest to niewielka deformacja podobna do poprzecznego pęknięcia na całym obwodzie rury, z nieznacznym jej przemieszczeniem (rys. 13).

PODSUMOWANIE

Wyniki pomiarów stanu technicznego rur na głębokości około 23 m otrzymane w 2012 r. nie wykazują wyraźnych zmian w stosunku do badań z 2003 r. Widoczne są wprawdzie niewielkie zmniejszenia średnicy wewnętrznej rury $9\frac{5}{8}$ " poniżej połączenia gwintowego na wspomnianej głębokości 23 m p.p.t., można jednak powiedzieć, że stan techniczny rur nie uległ zmianie. Nie stwierdzono wyraźnych śladów korozji.

Podobnie przedstawia się sytuacja w głębokości około 59 m. Nie stwierdza się tu wyraźnych zmian stanu rur. Wprawdzie na rysunku 9 uwidacznia się powiększenie pionowego pęknięcia rury, ale obraz taki może być wynikiem nieco innej skali kolorów przyjętej w prezentacji wyników badań z 2003 i 2012 r. Po zastosowaniu takiej samej skali kolorów nie widać już tak wyraźnych różnic. Jedynie w głębokości 59,15 m p.p.t., w miejscu oznaczonym literą „A” na rysunku 11 uwidacznia się różnica w obrazie z 2003 i 2012 r. Jest to niewielka deformacja rury podobna do poprzecznego pęknięcia na całym obwodzie rury, z nieznacznym jej przemieszczeniem. Ten fragment rury znajduje się w strefie zmian położenia dynamicznego zwierciadła wody w otworze. Strefa ta narażona jest w większym stopniu niż pozostałe odcinki rur na ewentualne działanie korozji.

Poza opisanymi powyżej odcinkami rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " z głębokości 23 i 59 m p.p.t. w pozostałej części interwału pomiarowego 0–105 m nie stwierdzono istotnych różnic w średnicy wewnętrznej rur.

LITERATURA

- BUJAKOWSKI W., 1999 — Dokumentacja powykonawcza z prac badawczo-rozwojowych pn.: „Dostosowanie otworu Mszczonów IG-1 dla potrzeb eksploatacji złoża geotermalnego do systemu grzewczego”. Archiwum IGSMiE PAN, Kraków.
- BUJAKOWSKI W. (red.), 2000 — Wybrane problemy wykorzystania geotermii – I. Studia Rozprawy Monografie nr 76, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- BUJAKOWSKI W., BARBACKI A., BIELEC B., HOŁOJUCH G., KASZTELEWICZ A., KĘPIŃSKA B., MIECZNIK M., PAJĄK L., SKRZYPCZAK R., TOMASZEWSKA B., 2011 — Dokumentacja geologiczna dotycząca opracowania wytycznych projektowych poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z zatlaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Archiwum Geotermia Mazowiecka S.A.
- BUJAKOWSKI W., BALCER M., BANAŚ J., BARBACKI A., BIELEC B., DAJEK B., GRACZYK S., GÓRRECKI W., HOŁOJUCH G., KASZTELEWICZ A., KĘPIŃSKA B., MIECZNIK M., PAJĄK L., TOMASZEWSKA B., 2013 — Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej podziemnych wód mineralnych z utworów paleogenu – otwór Rabka IG-1 i utworów kredy-paleogenu – otwór Poręba Wielka IG-1 w związku z ustaleniem nowych zasobów eksploatacyjnych wód termalnych otworu Poręba Wielka IG-1. Archiwum IGSMiE PAN, Kraków.
- DUBIEL S., LUBON K., LUBON W., WARTAK W., 2012 — Problemy rekonstrukcji odwiertów geotermalnych na przykładzie odwiertu Biały Dunajec PAN-1. AGH Drilling Oil Gas, Vol. 29, Nr 1.
- WÓJCIK R., 2012 — Określenie stanu technicznego rur $9\frac{5}{8}$ " na podstawie kawernomierza wieloramiennego MIT-60. Geofizyka Kraków S.A. Archiwum Geotermia Mazowiecka S.A.
- ZYCHOWICZ J., MIZIOLEK E., 2003 — Pomiar geofizyki wiertniczej i wyniki prac interpretacyjnych wykonanych dla oceny chłonności piaskowców kredy w otworze Mszczonów IG-1. Geofizyka Kraków S.A. Archiwum Geotermia Mazowiecka S.A.

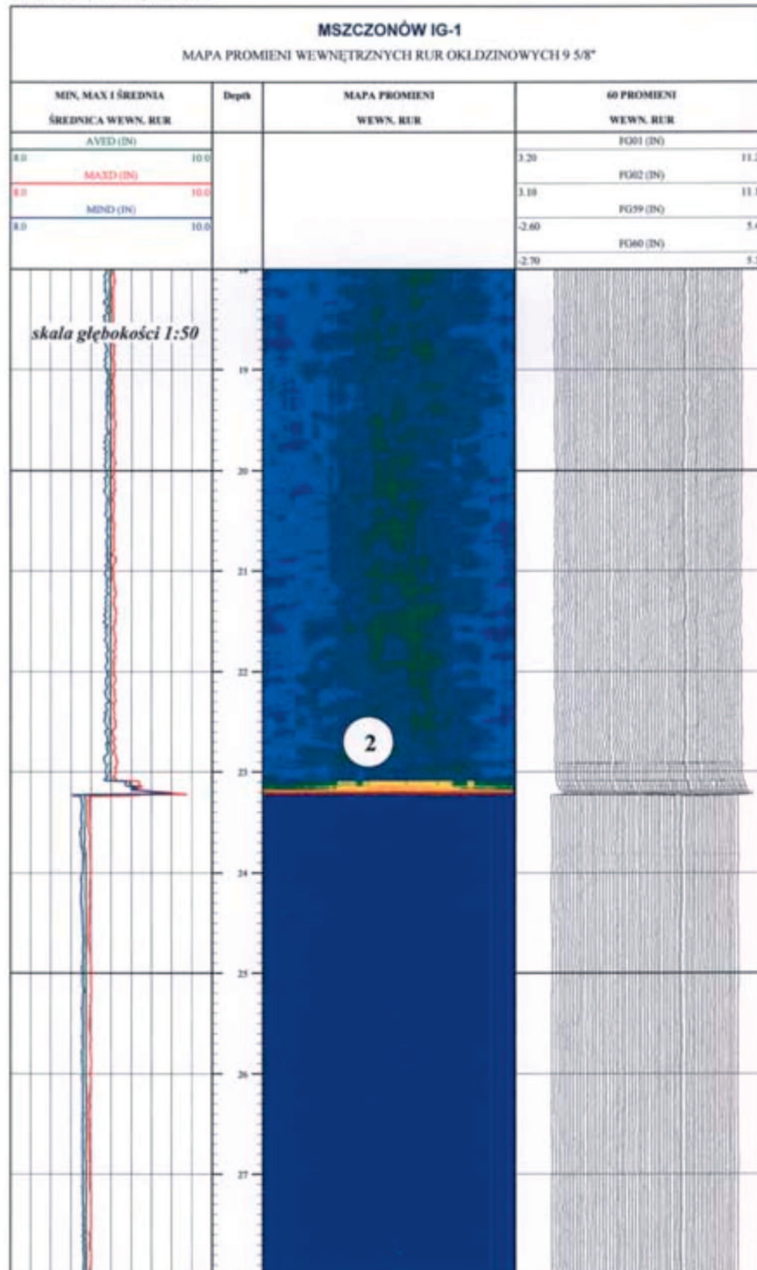
EVALUATION OF CHANGES IN THE TECHNICAL CONDITION OF CASING DURING MANY YEARS OF USE GEOTHERMAL BOREHOLE MSZCZONÓW IG-1

ABSTRACT

Geothermal plants use wells to produce geothermal water. During many years operation often a slow wear of casing in a borehole occur. This paper presents the results of casing tests with MIT60 tool in Mszczonów IG-1 well. The well was drilled in 1976 and subjected to reconstruction in 1996–2000. Since 14 years the well is a source of the thermal water as a major part of the heating system of Geotermia Mazowiecka SA company.

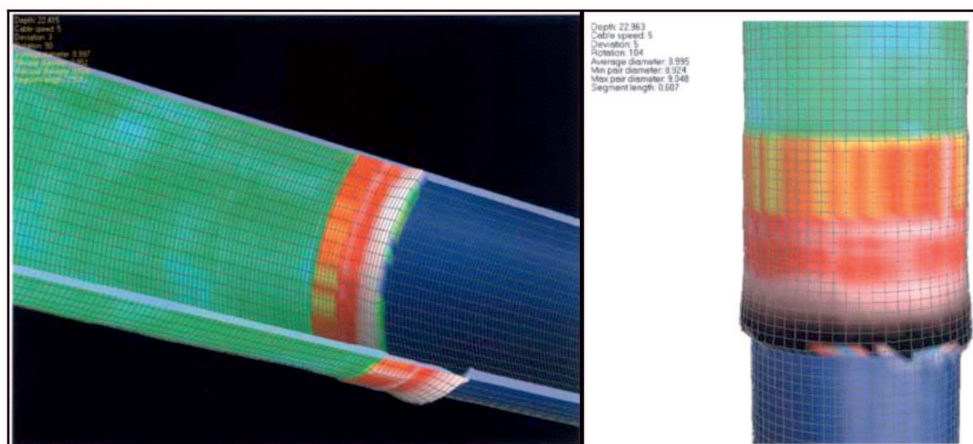
KEY WORDS

Geothermal energy, research casing, well log



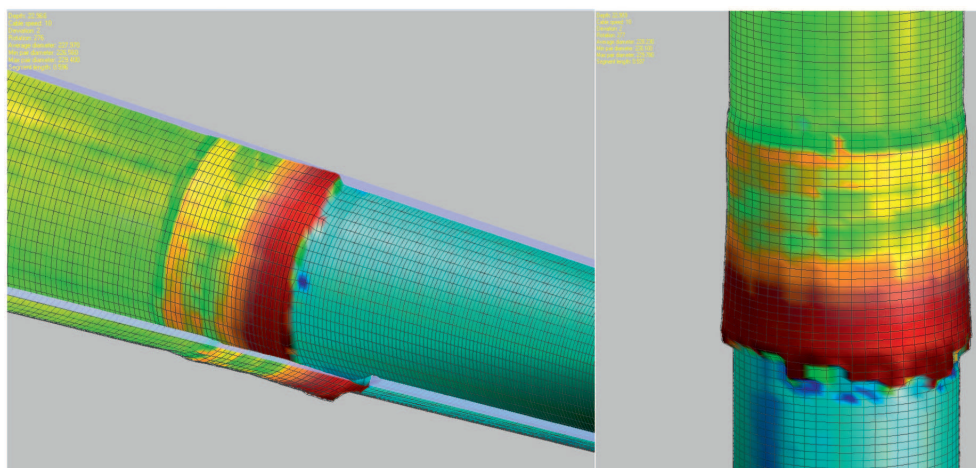
Rys. 2. Zestawienie pomiarów wykonanych sondą MIT60 z mapą promieni wewnętrznych rur okładzinowych w odw. Mszczonów IG-1. Lokalizacja połączenia rur na głębokości około 23 m, 2003 rok

Fig. 2. Summary MIT60 probe measurements with the map of internal radius of casing pipes in Mszczonów IG-1 borehole. Pipe connection at a depth of 23 m, 2003



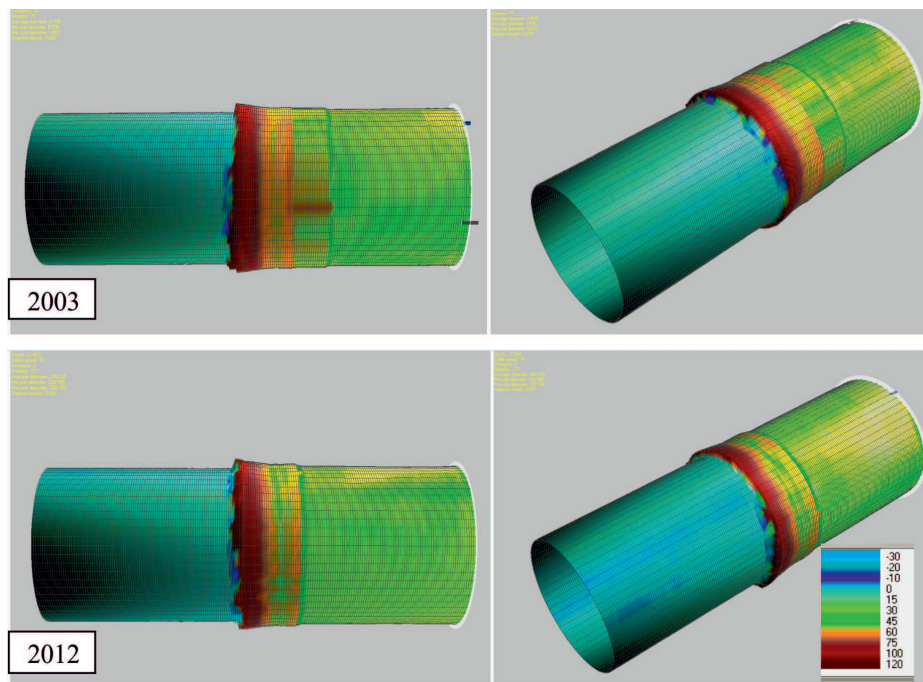
Rys. 3. Obraz deformacji rur okładzinowych 9⁵/₈" w głębokości około 23 m (2003 r.) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60

Fig. 3. Image of deformation of casing pipes 9⁵/₈" at a depth of 23 m (2003) made from measurements of the probe MIT60



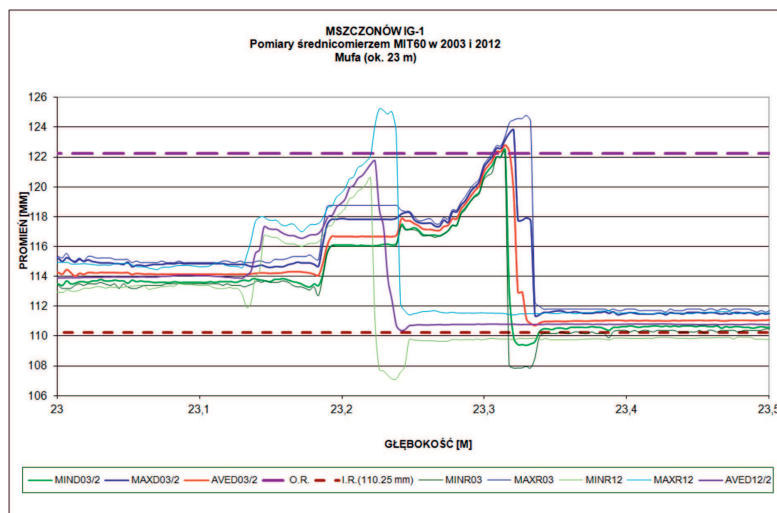
Rys. 4. Obraz deformacji rur okładzinowych 9⁵/₈" w głębokości około 23 m (2012 r.) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60

Fig. 4. Image of deformation of casing pipes 9⁵/₈" at a depth of 23 m (2012) made from measurements of the probe MIT60



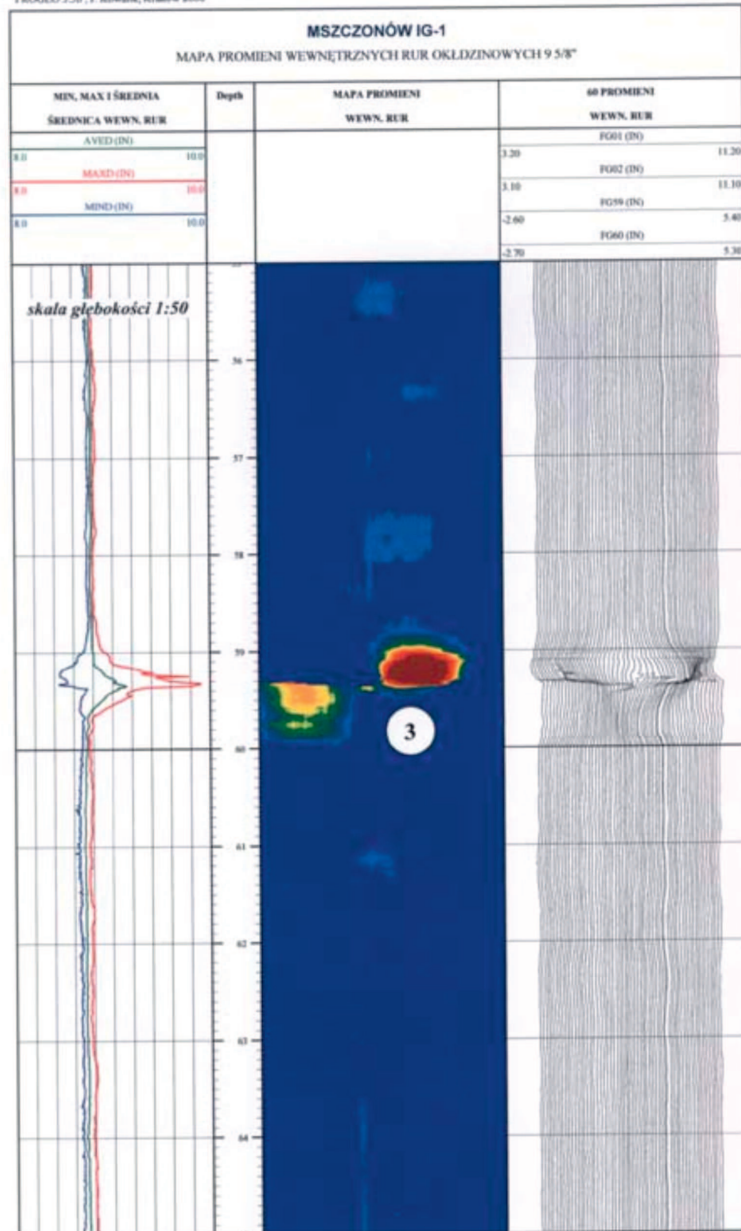
Rys. 5. Obraz deformacji rur okładzinowych 9⁵/₈" w głębokości około 23 m sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60. Zestawienie porównawcze pomiarów z 2003 i 2012 roku (taka sama skala kolorystyczna)

Fig. 5. Image of deformation of casing pipes 9⁵/₈" at a depth of 23 m made from measurements of the probe MIT60. Comparison of measurements from 2003 and 2012 (the same color scale)



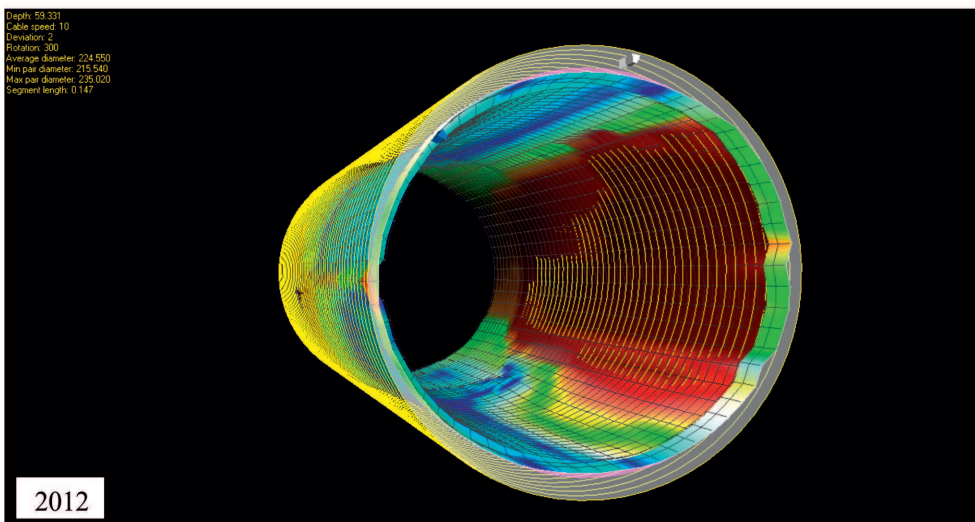
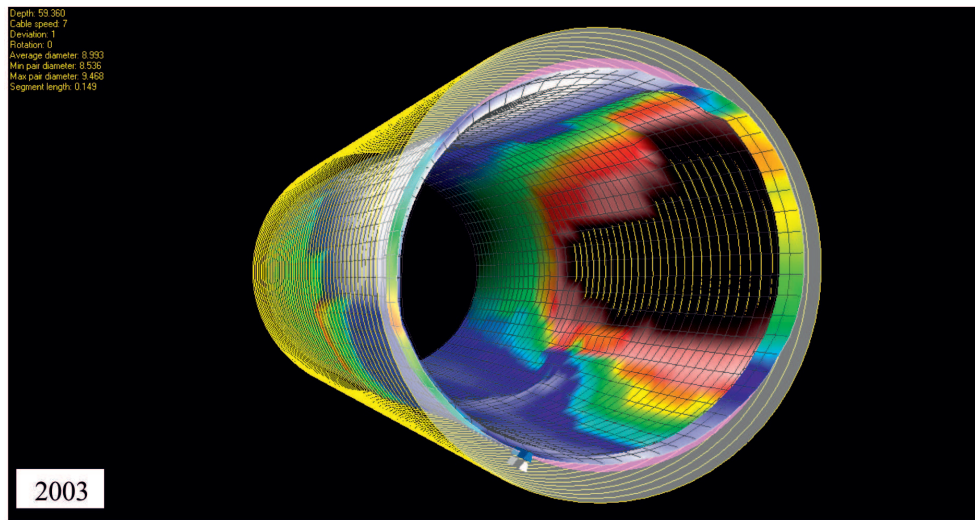
Rys. 6. Wykres porównawczy badań MIT60 strefy na gł. około 23 m. (2003 i 2012)

Fig. 6. Figure comparison study of MIT60 zone to a depth of 23 m (2003 and 2012)



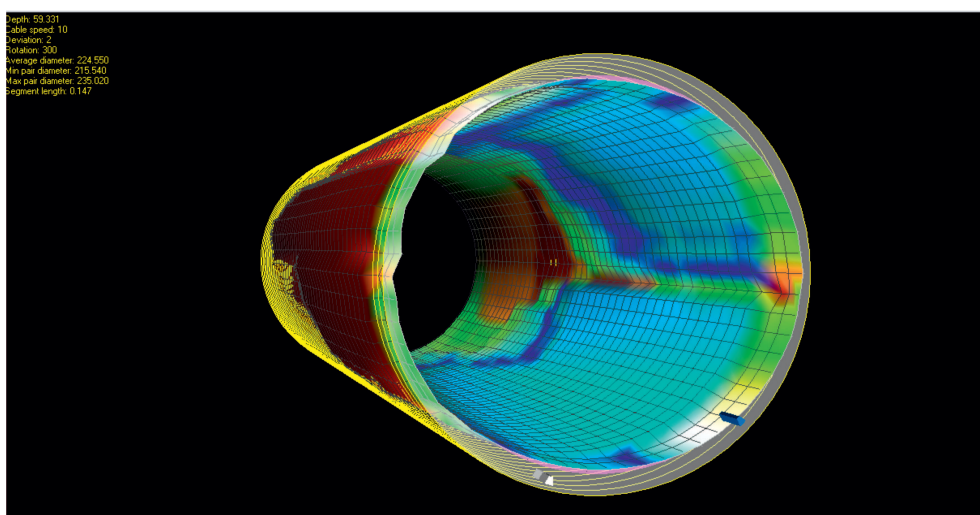
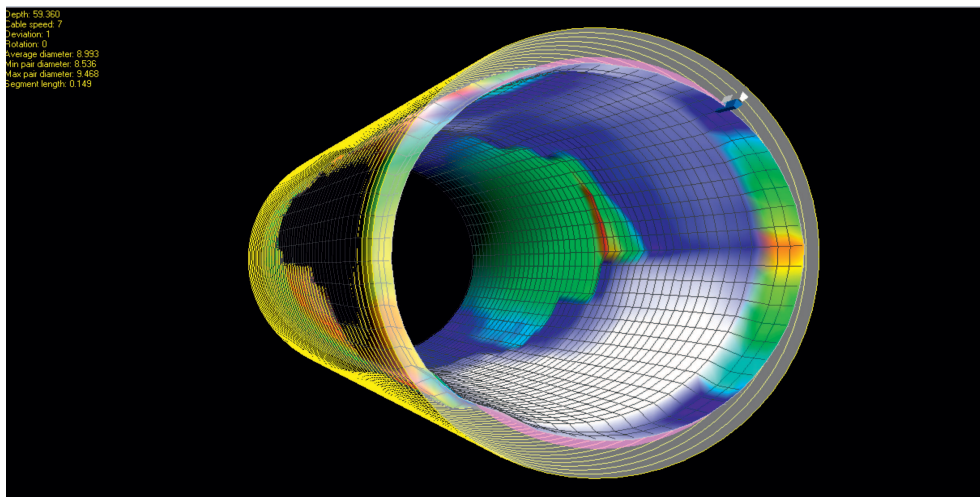
Rys. 7. Zestawienie pomiarów wykonanych sondą MIT60 z mapą promieni wewnętrznych rur okładzinowych w odw. Mszczonów IG-1. Deformacja rury okładzinowej w obrębie mufy na głębokości około 59 m, 2003 rok

Fig. 7. Summary MIT60 probe measurements with the map of internal radius of casing pipes in Mszczonów IG-1 borehole. Deformation of casing pipe within the casing collar at the depth of 59 m, 2003



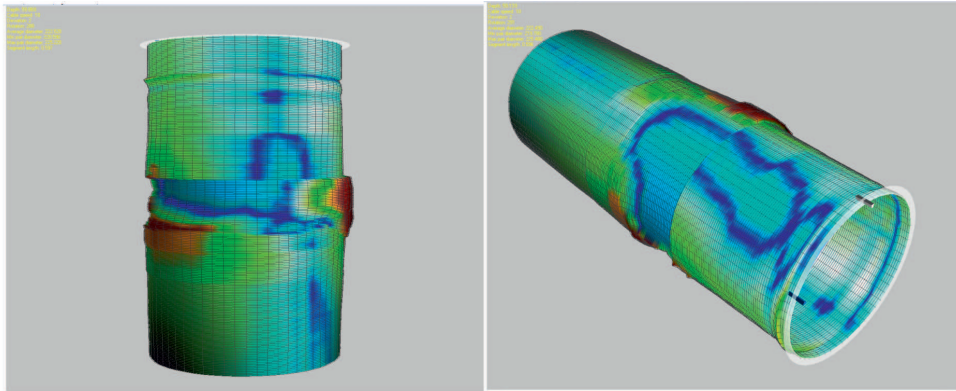
Rys. 8. Obraz deformacji rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " w głębokości około 59 m (widok wybrzuszonej ściany rury) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60

Fig. 8. Image of deformation of casing pipes $9\frac{5}{8}$ " at a depth of 59 m made from measurements of the probe MIT60. View bulged pipe wall



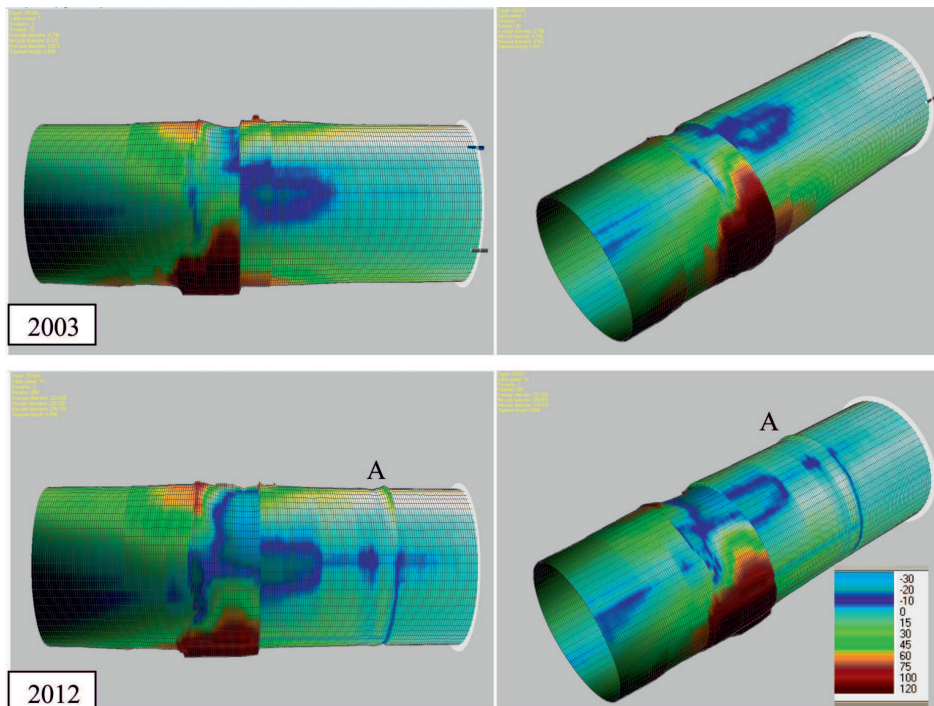
Rys. 9. Obraz deformacji rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " w głębokości około 59 m (widok miejsca podłużnego pęknięcia po przeciwnej stronie wybrzuszenia z rys. 8) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60

Fig. 9. Image of deformation of casing pipes $9\frac{5}{8}$ " at a depth of 59 m made from measurements of the probe MIT60. View of longitudinal cracks on the opposite side of the bulge in Figure 8



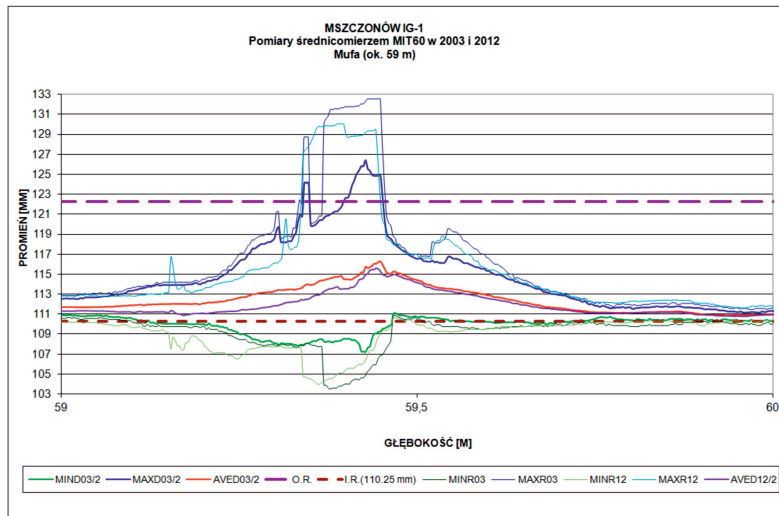
Rys. 10. Obraz deformacji rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " w głębokości około 59 m (2012 r.) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60

Fig. 10. Image of deformation of casing pipes $9\frac{5}{8}$ " at a depth of 59 m (2012) made from measurements of the probe MIT60

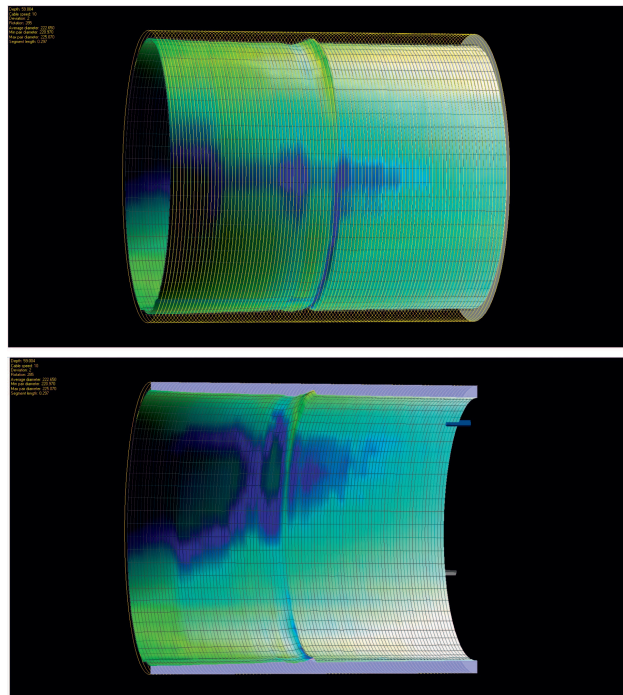


Rys. 11. Obraz deformacji rur okładzinowych $9\frac{5}{8}$ " w głębokości około 59 m sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60. Zestawienie porównawcze pomiarów z 2003 i 2012 roku (taka sama skala kolorystyczna)

Fig. 11. MIT60 image of deformation of casing pipes $9\frac{5}{8}$ " at a depth of 59 m made from measurements of the probe MIT60. Comparison of measurements from 2003 and 2012 (the same color scale)



Rys. 12. Wykres porównawczy badań MIT60 strefy na głębokości około 59 m (2003 i 2012 r.)
 Fig. 12. Figure comparison study of MIT60 zone to a depth of 59 m (2003 and 2012)



Rys. 13. Obraz deformacji rur okładzinowych 9⁵/₈" w głębokości około 59 m (2012 r.) sporządzony na podstawie pomiarów sondą MIT60. Powiększenie miejsca oznaczonego literą „A” na rys. 11 i 12
 Fig. 13. Image of deformation of casing pipes 9⁵/₈" at a depth of 59 m (2012) made from measurements of the probe MIT60. Enlarge place marked with the letter “A” in Figure 11 and 12