

Pomiar deformacji 32-metrowej anteny radioteleskopu RT4 w Piwnicach

Skanowanie Kopernika



Fot. Grzegorz Wykiel, PG

Fot. 1. Radioteleskop
w Obserwatorium Radio-
astronomicznym UMK
w Piwnicach k. Torunia

Przeprowadzone na początku października pomiary deformacji ogromnej czaszy radioteleskopu Obserwatorium Radioastronomicznego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Piwnicach k. Torunia tworzą podwaliny pod unikatowe połączenie nauk podstawowych, technicznych i biznesu.

**Mariusz Figurski,
Eugeniusz Pazderski,
Grzegorz Nykiel, Paweł Wolak,
Marek Przyborski**

W radioastronomii podstawowymi narzędziami pomiarowymi są radioteleskopy, które zbierają i przetwarzają sygnały radiowe pochodzące z naturalnych źródeł kosmicznych (o rozmiarach kątowych zwykle znacznie poniżej 1") i obejmujące bardzo szerokie przedziały częstotliwości. Sygnały te są na ogół bardzo słabe i ukryte w znacznie silniejszych szumach pochodzących od tła nieba, atmosfery, otoczenia anten i systemów odbiorczych. Dlatego najważniejszymi oczekiwanymi cechami radioteleskopów są: możliwie duża efektywna powierzchnia zbierająca sygnał, niskoszumowe systemy odbiorcze, duża kierunkowość i sterowalność w szerokim zakresie kątów oraz dobra skuteczność pokrywająca szeroki przedział częstotliwości. Efektywna powierzchnia zbierająca jest zwykle o kilkanaście procent mniejsza od apertury instrumentu, tzn. od powierzchni wynikającej z geometrii radioteleskopu. Na różnicę składają się m.in.: nieidealne charakterystyki oświetlaczy (nierównomierny rozkład pól promieniowania na aperturze), odstępstwa kształtu powierzchni odbijających (reflektorów) od luster projektowanych (paraboloid, hiperboloid, elipsoid, sfer lub płaszczyzn) powodowane przez efekty grawitacyjne, termiczne itp. oraz zacienienie reflektorów przez konstrukcje nośne oświetlaczy lub luster wtórnych.

• Wielkość i czułość

Dążenie do uzyskania wysokiej czułości i rozdzielczości kątowej napędzało rozwój technologii budowy coraz większych anten radioteleskopów i systemów odbiorczych. Tworzenie dużych

powierzchni zbierających anten możliwe jest dwiema drogami: przez powiększenie fizycznych rozmiarów anteny (jej średnicy w wypadku paraboloidy) lub przez stosowanie metody syntezy (składania) apertury dużej liczby małych anten. Obydwie metody są stosowane równolegle i mają swoje dobre i złe strony. Duże anteny pracujące w systemach interferometrii na bardzo długich bazach VLBI (Very Long Baseline Interferometry) łączą najlepsze cechy obydwu metod. Pozwalają uzyskać najwyższe czułości i rozdzielczości kątowe. Budowa anten parabolicznych rzędu od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów jest zatem bardzo pożądaną drogą rozwoju zarówno badań astronomicznych, jak i zastosowań metod dla geodezji, nawigacji kosmicznej, łączności z sondami kosmicznymi czy radiolokacji.

Ogólnie czułość anten w radioastronomii charakteryzują: powierzchnia zbierająca (im większa, tym większa czułość) oraz zysk względem hipotetycznej anteny izotropowej. Zysk anteny jest odwrotnie proporcjonalny do kwadratu długości fali. Długość fali, na jakiej można prowadzić obserwacje na danym radioteleskopie, jest uzależniona od dokładności wykonania lustra parabolicznego. O granicznej długości fali mówimy wówczas, gdy niedokładności wykonania lustra parabolicznego lub inne deformacje określone jako odchylenie standardowe od powierzchni idealnej są nie większe niż $1/16$ długości obserwowanej fali. Nierównomierności czaszy mniejsze od $1/20$ długości fali praktycznie nie mają wpływu na efektywność apertury. Na przykład dla obserwacji na częstotliwości 20 GHz tak zdefiniowane deformacje czaszy anteny nie powinny przekraczać 1 mm.

Wykonanie anteny o rozmiarze kilkunastu metrów spełniającej tak rygorystyczne warunki jest bardzo trudne, dlatego wprowadza się konstrukcję homologiczną, redukującą deformacje grawitacyjne w obserwacjach radioastronomicznych. Jednak w czasie wieloletniej eksploatacji zachowanie początkowych

parametrów ważącej niejednokrotnie kilkaset ton konstrukcji jest praktycznie niemożliwe. To oznacza, że niezbędne jest wykonywanie pomiarów kontrolnych deformacji m.in. grawitacyjnych.

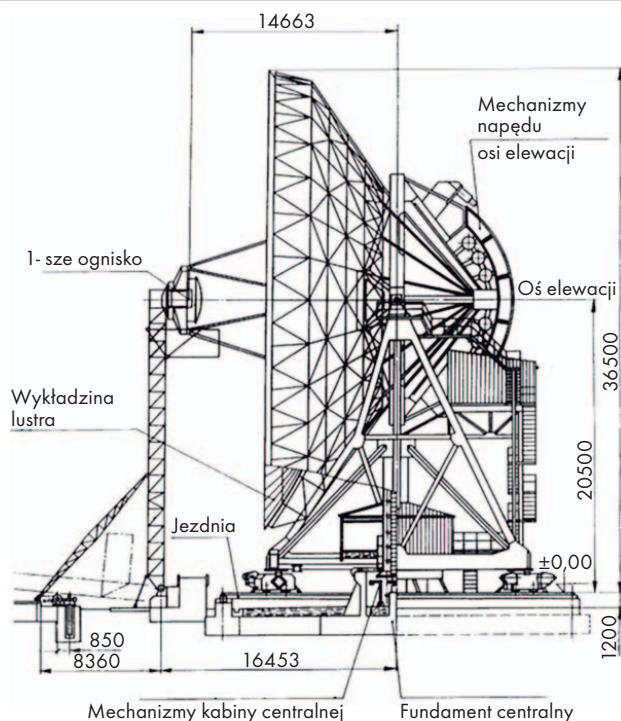
• Holografia to za mało

Do pomiaru deformacji wielkich anten stosowana jest głównie metoda holografii radiowej, rzadziej klasyczne metody geodezyjne z wykorzystaniem tachimetrów lub teodolitów. Metoda holograficzna bazuje na pomiarze stosunków amplitud i różnic faz między sygnałem pochodzącym z badanej anteny i anteny referencyjnej skierowanej cały czas na konkretnego satelitę znajdującego się na orbicie geostacjonarnej. Cechuje ją długotrwały proces pomiarowy i skomplikowane opracowanie wyników. Ponadto wykonanie holografii możliwe jest tylko wtedy, gdy antena jest ustawiona w kierunku konkretnego satelity stanowiącego źródło sygnału. Nie ma zatem możliwości sprawdzania anteny dla dowolnego azymutu oraz kąta zenitalnego.

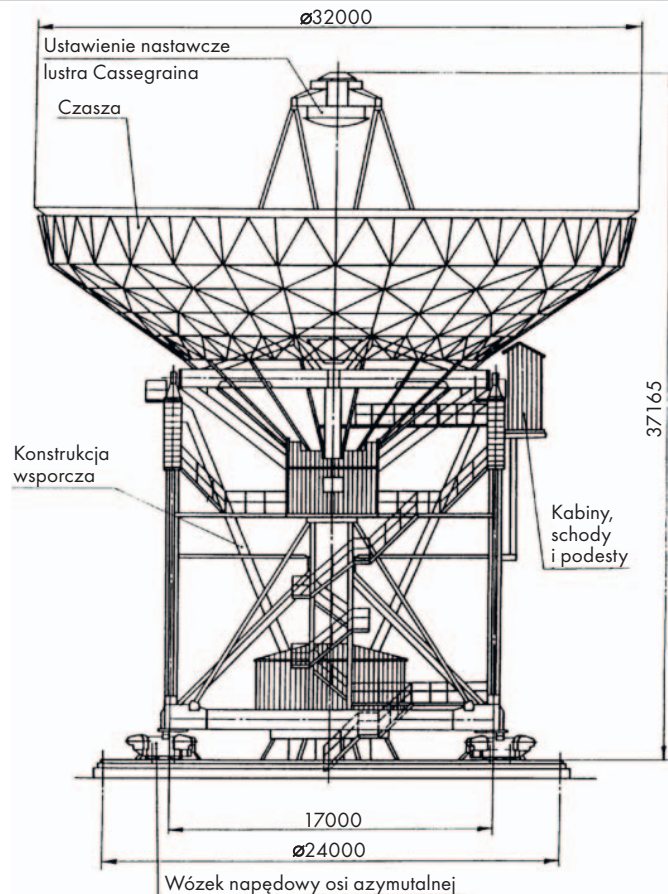
Alternatywnym rozwiązaniem badania deformacji anten jest typowo geodezyjna metoda skanowania laserowego. Skanery laserowe 3D pozwalają na przestrzenne wyznaczenie położenia dużych zbiorów punktów (tzw. chmur punktów) leżących na powierzchni danego obiektu. Każdy punkt z takiego pomiaru posiada precyzyjnie wyznaczone współrzędne oraz informacje np. o amplitudzie i refleksyjności sygnału, co może posłużyć do uzyskania gęstego modelu całej konstrukcji składającego się z milionów punktów. Szybkość skanowania (nawet do 1 mln punktów na sekundę), wysoka rozdzielczość (rzędu 0,5 cm na odległości 15 metrów od skanera) oraz coraz większa dostępność sprawiły, że technologia ta jest powszechnie stosowana np. do inwentaryzacji obiektów budowlanych lub badania ich deformacji i odkształceń.

Pierwsze próby wykorzystania skanowania laserowego do badania deformacji anten przeprowadzono we Włoszech na





Rys. 1. Schemat konstrukcyjny 32-metrowego radioteleskopu RT4 w Piwnicach; z lewej widok w pozycji serwisowej, z prawej widok w pozycji bazowej



Źródło: Opis techniczny i podręcznik obserwatora, redakcja: K.M. Borkowski, A.J. Kus

32-metrowych radioteleskopach w Noto i Medicinie w latach 2007-2008. Pomiary zrealizowano skanerem Trimble Mensi GS200, który umiejscawiany był w dwóch punktach na powierzchni czaszy, symetrycznie względem jej środka, a skany za każdym razem były ze sobą łączone z wykorzystaniem osnowy naziemnej założonej wokół radioteleskopów. Przyjęcie takiej technologii pomiarowej wprowadza dodatkowe zniekształcenie do każdej serii zarejestrowanego zbioru obserwacyjnego. Ostatecznie dla odległości zenitalnej 75 stopni uzyskano dopasowanie do teoretycznej paraboloidy na poziomie 2 cm (Medicine) i 4 cm (Noto).

Dokładniejsze pomiary wykonano skanerem Leica Scan Station P20 na przeło-

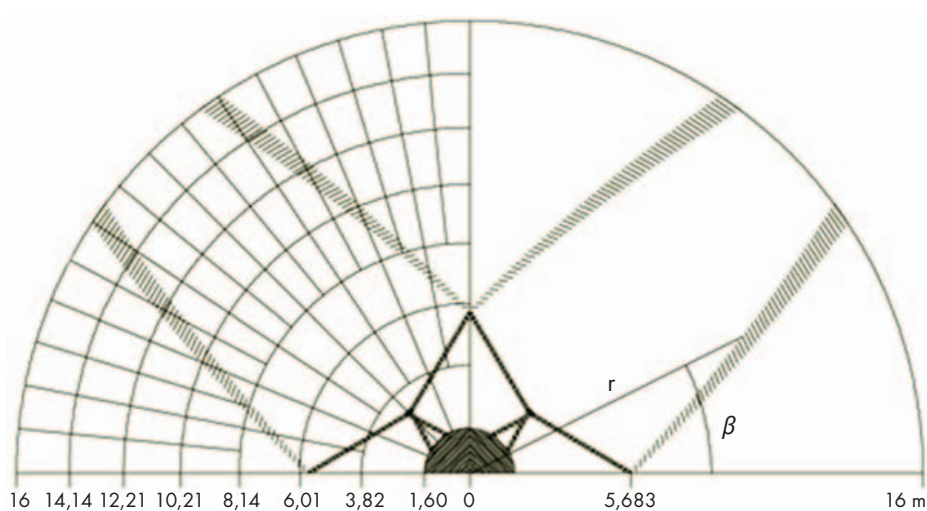
mie roku 2016 i 2017 dla 20-metrowego radioteleskopu sieci VLBI w obserwatorium w Onsali (Szwecja). Wyniki pokazały zmianę ogniskowej anteny między pomiarami w odległościach zenitalnych 5 i 85 stopni na poziomie 9,6 mm, co jest proporcjonalnie dość dużą wartością w porównaniu np. z ogniskową 100-metrowej anteny radioteleskopu w Effelsbergu, zmieniającą się w analogicznych warunkach tylko o 22,7 mm.

• Kopernik był już mierzony

W Obserwatorium Radioastronomicznym Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Piwnicach k. Torunia pracuje radioteleskop RT4 oddany do użytku w 1994 roku, któremu nadano nazwę

„Kopernik” na cześć najwybitniejszego polskiego astronoma Mikołaja Kopernika. Projekt i konstrukcja anteny są dziełem zespołu naukowców i inżynierów z całej Polski. Założenia do projektu to autorskie opracowanie radioastronomów z Piwnic, a głównym projektantem był mgr inż. Zygmunt Bujakowski. Antena radioteleskopu jest w pełni sterowalną konstrukcją o montażu horyzontalnym (rys. 1) z reflektorem głównym o średnicy 32 m, pracującą w klasycznym układzie Cassegraina z wtórnym lustrem hiperbolicznym o średnicy 3,2 m. Reflektor główny o kształcie paraboloidy obrotowej składa się z 336 paneli ułożonych w siedmiu koncentrycznych pierścieniach (rys. 2). Wszystkie panele mają taką samą długość 1,6 m, a szerokość jest zależna od przynależności do jednego z siedmiu pierścieni (1,2-1,6 m). Wykonane są z blachy aluminiowej o grubości 2,5 mm przynitowanej do ramy zbudowanej ze stalowych teowników. Średniokwadratowa odchyłka powierzchni paneli od paraboloidy jest mniejsza niż 0,35 mm. Zmierzona dokładność głównego reflektora radioteleskopu RT4 wynosi 0,4 mm, co oznacza możliwość wykorzystania jego anteny do obserwacji nawet na częstotliwości 100 GHz. Każdy panel jest mocowany do konstrukcji radioteleskopu za pomocą czterech regulowanych śrub umieszczonych w narożnikach.

W chwili oddania radioteleskopu do użytku skalibrowano panele metodami geodezyjnymi z wykorzystaniem dalmierza laserowego. Pomiary wykazały



Rys. 2. Rozkład paneli i blokowanie apertury toruńskiego 32-metrowego radioteleskopu

Źródło: Opis techniczny i podręcznik obserwatora, redakcja: K.M. Borkowski, A.J. Kus

dokładność 0,2 mm ustawienia narożników paneli względem siebie. Pierwsze i jak dotychczas jedyne pomiary kontrolne anteny radioteleskopu zostały wykonane w listopadzie i grudniu 2002 roku metodą holografii radiowej. Jako źródło służył beacon (ok. 12 GHz) na satelicie geostacjonarnym Eutelsat W2. Uzyskana po wielu sesjach obserwacyjnych mapa odkształceń od idealnej paraboloidy pozwoliła dokonać regulacji paneli czaszy przez wcześniej przeszkoloną alpinistycznie grupę pracowników Katedry Radioastronomii UMK. Po regulacji błędy czaszy zostały wyznaczone ponownie, by potwierdzić prawidłowość wykonania regulacji.

• Jak skanować?

Pomysł wykorzystania skanowania laserowego do badania deformacji anteny radioteleskopu RT4 zrodził się już w 2011 roku w czasie jednego ze spotkań prof. Mariusza Figurskiego i Eugeniusza Pazderskiego odpowiedzialnego za stan techniczny urządzenia. Dyskusja dotyczyła kontrolowania anteny radioteleskopu (którego czasza w czasie eksploatacji ulega deformacjom grawitacyjnym i termicznym) innymi metodami niż holografia radiowa. Wówczas prof. Figurski zaproponował wykonanie testowego pomiaru skanerem laserowym. Do rozwiązania były dwa problemy. Pierwszy, jak wykonać pomiar w różnych położeniach czaszy radioteleskopu. Drugi, czy są dostępne w Polsce wystarczająco dokładne skanery laserowe.

Klasyczne skanowanie ze stanowiska naziemnego można zrealizować tylko wtedy, gdy czasza radioteleskopu jest odchylona o kilkadziesiąt stopni od zenitu. Z oczywistych względów pomiar czaszy w zenicie ze stanowiska naziemnego jest niemożliwy. Rozważano jeszcze inne możliwości skanowania, np. z rusztowania lub umieszczenie skanera w ognisku wtórnym radioteleskopu. Jednak wszystkie proponowane rozwiązania miały jedną zasadniczą wadę: zmiana położenia anteny w przestrzeni zawsze prowadzi do realizacji nowego układu odniesienia. Opracowanie wyników pomiarów w takim przypadku wymaga sprowadzenia ich do jednego układu odniesienia, co nie jest zadaniem trywialnym i może wprowadzać dodatkowe błędy. Podobną wadę miała metoda pomiaru ekscentrycznego względem środka anteny zastosowana w obserwatoriach w Noto i Medicinie.

Analizując konstrukcję anteny RT4 i miejsca montażu urządzeń odbiorczych,

Eugeniusz Pazderski i Mariusz Figurski doszli do wniosku, że istnieje techniczna możliwość zainstalowania skanera na osi symetrii lustra głównego radioteleskopu, bezpośrednio nad oświetlaczami układów odbiorczych. Takie umiejscowienie instrumentu gwarantuje, że będzie poruszał się on razem z czaszą radioteleskopu i nie będzie zmieniał względem niej położenia. Oczywiście pod warunkiem, że będzie z czaszą sztywno związany. W tym celu zaprojektowany i wykonany został specjalny stalowy statyw zakończony spodarką, który na czas pomiaru jest przykręcany do czaszy radioteleskopu. Jak wykazały nasze badania, skaner o wadze kilkunastu kilogramów przykręcony do przygotowanego statywu nie wykazuje widocznego przemieszczenia, nawet jeśli czasza radioteleskopu jest ustawiona pod kątem prostym do zenitu. Zasadniczym ograniczeniem zaproponowanej metody jest konstrukcja skanera laserowego, która musi umożliwiać pracę w różnych położeniach względem linii pionu.

• Pomiar musi być powtarzalny

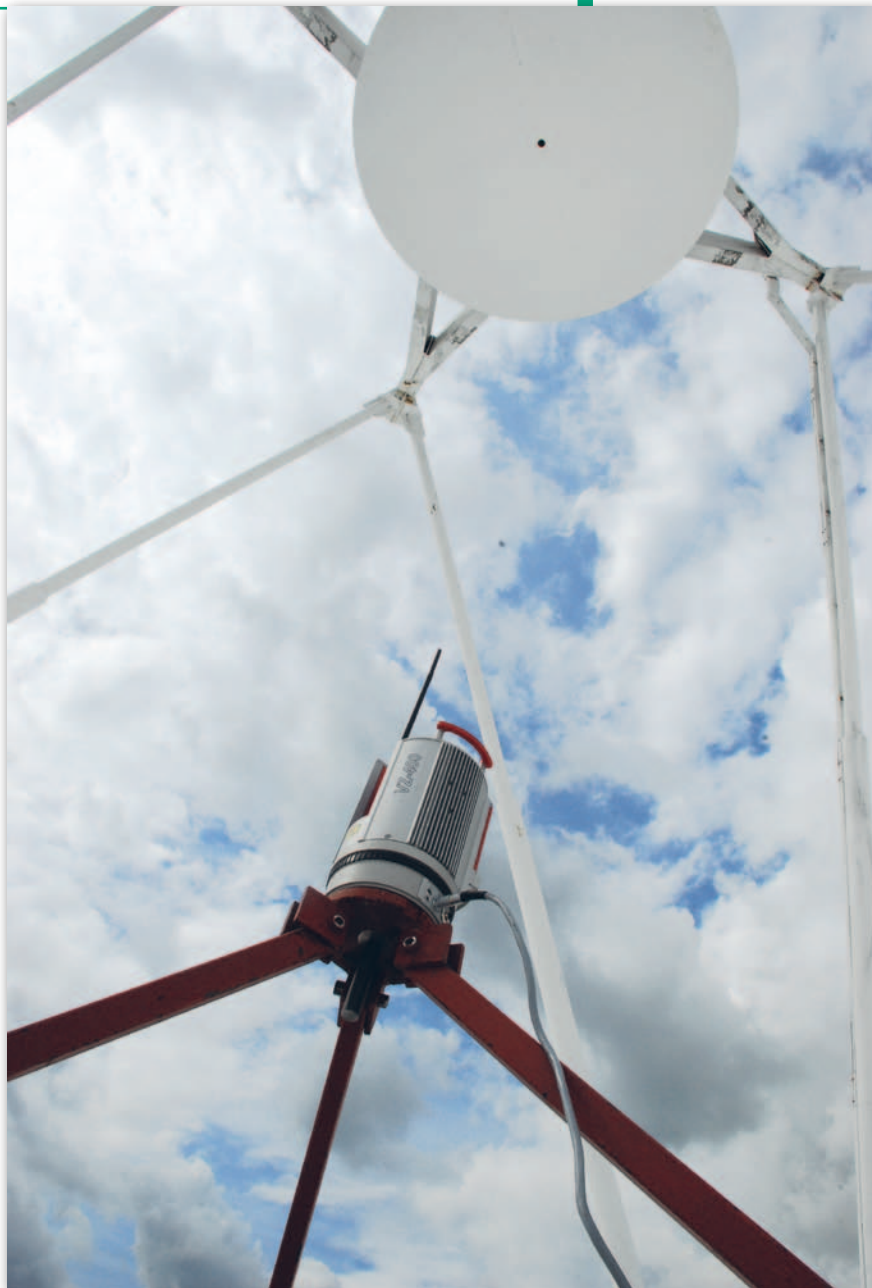
Badania testowe zostały zgodnie z planem wykonane 16 lipca 2012 roku. Firma Geotronics Polska zeskanowała instrumentem Riegl VZ-400 cza-

szę anteny w odległościach zenitalnych od 0 do 89 stopni (w każdym położeniu co 10 stopni). Pierwsze wyniki pokazały, że czasza radioteleskopu pod wpływem działania siły grawitacji między położeniami w kierunkach o odległościach zenitalnych 0 i 89 stopni ulega deformacji na poziomie kilkunastu milimetrów. Uzyskany rezultat powinien być potwierdzony w następnych pomiarach wykonanych różnymi instrumentami. Trudno bowiem mówić o poprawności zastosowanej metody, jeśli pomiar nie jest powtarzalny. Wyniki testów były prezentowane na kilku konferencjach i zostały opublikowane w materiałach „International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference and Expo 2014”, która odbyła się w Bułgarii w 2014 roku. W 2015 roku z zespołu badawczego odeszła część osób, które analizowały wyniki skanowania, co spowodowało praktycznie zaprzestanie dalszych badań.

Na kolejne badania czekaliśmy prawie 5 lat. Niemalże znaczenie dla ich wznowienia miała decyzja prof. Figurskiego o przejściu na Politechnikę Gdańską, gdzie w Katedrze Geodezji znalazł grupę młodych naukowców pasjonatów, którzy zgodzili się przejąć na siebie ciężar opracowania nowych pomiarów. Był to punkt



Fot. 2. Skanowanie radioteleskopu RT4 skanerem Riegl VZ-400 z firmy Geotronics Polska, lipiec 2012 roku



Fot. Grzegorz Nykiel, PG

Fot. 3. Skaner Riegl VZ-400 (Geotronics Polska) podczas pracy na czaszy radioteleskopu

zwrotny, a nawiązana współpraca między Katedrą Radioastronomii UMK i Katedrą Geodezji PG otworzyła nowe możliwości realizacji wspólnych badań również w zakresie kontynuowania pomiarów deformacji anteny radioteleskopu RT4.

Po kilkunastu latach eksploatacji zauważono, że powierzchnia reflektora anteny RT4 z czasem się degraduje i do zachowania pełnej sprawności powinno się przynajmniej raz na 10 lat wyznaczyć błędy tej powierzchni i je zredukować, wykorzystując śruby regulacyjne, na których spoczywają wszystkie panele lustra głównego. Tak wysoką dokładność można osiągnąć, mierząc czaszę anteny tylko najbardziej precyzyjnymi skanerami laserowymi. A do wyeliminowania potencjalnych błędów instrumentalnych powinny być użyte urządzenia o różnej konstrukcji.

Przygotowania do powtórnych pomiarów trwały kilka miesięcy i były poprzedzone wieloma dyskusjami i spotkaniami w Obserwatorium Radioastronomicznym w Piwnicach. W ich wyniku ustalono warunki i logistykę pomiarów. Podobnie jak w testowym pomiarze z 2012 roku ustalono, że skanowanie będzie wykonane ze środka czaszy lustra pierwotnego radioteleskopu. W tym celu poprawiono sposób montażu skanera.

• Pogoda i zgoda

Problem instrumentalny nie był jedynym, z którym trzeba było się zmierzyć. Niemniej ważne były warunki meteorologiczne do wykonania pomiarów. Skanowanie czaszy musiało się odbyć w bezdeszczową pogodę, ale bez dużego nasłonecznienia i silnego wiatru. Du-

że nasłonecznienie może skutkować dodatkowymi deformacjami powierzchni 32-metrowej anteny spowodowanymi temperaturą. Podobnie silny wiatr może wprowadzić w drgania antenę i skaner, powodując wzrost błędów skanowania. Większość skanerów pracuje w zakresie podczerwonym widma elektromagnetycznego i ma problem z uzyskaniem poprawnych wyników pomiarów w niesprzyjających warunkach, jakimi są deszcz, mgła lub śnieg. Wobec tego musieliśmy znaleźć dwa lub trzy dni z praktycznie idealnymi warunkami meteorologicznymi.

W tym samym czasie musieliśmy pozyskać do pomiarów najlepsze skanery, które poradzą sobie z odwzorowaniem czaszy radioteleskopu w różnych położeniach anteny względem kierunku zenitu oraz pozwolą uzyskać milimetrowe dokładności. Żadna z instytucji przygotowujących pomiar (czyli ani Katedra Radioastronomii UMK, ani Katedra Geodezji PG) nie posiada skanerów laserowych spełniających tak wyśrubowane parametry. Co więcej, projekt od samego początku jest realizowany bez specjalnego dofinansowania czy to z budżetu państwa, czy z Unii Europejskiej. W związku z tym prof. Figurski zaproponował, by podobnie jak w pomiarze z 2012 roku, zaprosić do współpracy w badaniach polskie firmy geodezyjne i dystrybucyjne posiadające odpowiednie skanery.

Barierą mogło być uzyskanie zgody na wspólne badania konkurujących ze sobą firm, które miałyby sprawdzić swoje instrumenty w ekstremalnych warunkach pracy. Jednak wrodzony optymizm prof. Figurskiego przekonał wszystkich, że tak ciekawe i unikatowe przedsięwzięcie badawcze musi zakończyć się sukcesem. Współpracę zaproponowano czterem firmom: Warszawskiemu Przedsiębiorstwu Geodezyjnemu, Leica Geosystems Sp. z o.o., Geotronics Dystrybucja Sp. z o.o. i Czerski Trade Polska, które prof. Figurski przez wiele lat wspierał w różnych przedsięwzięciach. Wystarczy wspomnieć pomiar i wyrównanie osnowy dla II linii warszawskiego metra z WPG czy wdrożenie systemu monitorowania współrzędnych stacji referencyjnych sieci VRSNET (Geotronics) i SMARTNET (Leica Geosystems). Firmom nie przeszkadzało nawet to, że będą musiały przez dwa dni wspólnie pracować i sfinansować pomiary. Ustalono, że wszystkie wyniki zostaną udostępnione uczestnikom eksperymentu do wykorzystania w celach badawczych, promocyjnych, marketingowych i biznesowych. Zadeklarowaliśmy współpracę z firmami również w opracowaniu wy-

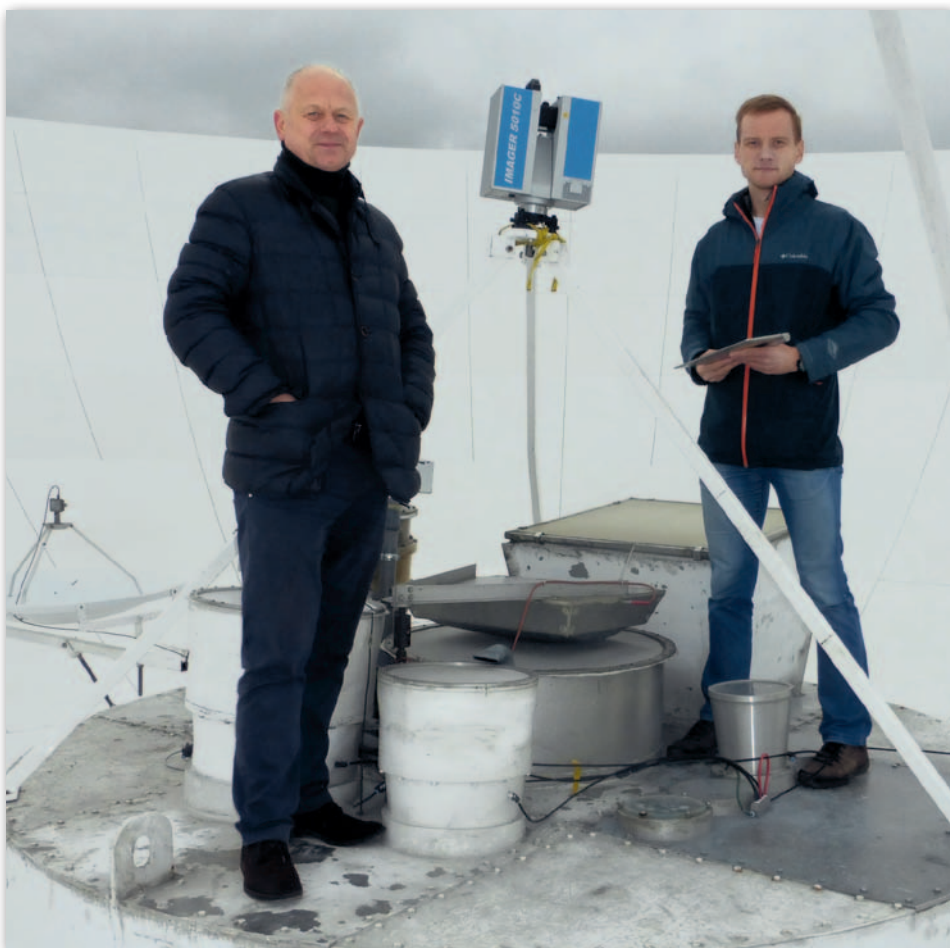


Fot. 4. Skaner Stonex X300 (z firmy Czerski Trade Polska) podczas skanowania na czaszy radioteleskopu przy kącie zenitalnym 60°

ników skanowania anteny RT4. Wspólne eksperymenty i opracowanie wyników przez inżynierów z firm i naukowców to najszybsza droga do efektywnej komercjalizacji wyników badań naukowych. Stworzyliśmy również podwaliny pod nieczęste u nas połączenie nauk podstawowych, technicznych i biznesu. Nauki techniczne analizują odkrycia o charakterze poznawczym i – współpracując z biznesem – stymulują nowe kierunki badań, w których już na początku bada się ich potencjał komercjalizacyjny.

• Logistyka na piątkę

Zebranie kilku firm w jednym czasie okazało się nie lada wyzwaniem, głównie z powodu napiętych terminarzy, i ostatecznie testy wyznaczono dopiero na 3 i 4 października. Otrzymaliśmy deklarację dostarczenia na badania pięciu skanerów. Firma Geotronics miała przywieźć dwa urządzenia: Trimble TX8 i Riegl VZ-400, Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne – Z+F IMAGER 5010C, Leica Geosystems – jeden z najnowszych swoich produktów Leica P40 i Czerski Trade Polska – Stonex X300. Wszystkie przygotowania przebiegły zgodnie z planem. Pozostały jedynie wątpliwości związane ze zmieniającymi się warunkami atmosferycznymi. Na dwa dni przed rozpoczęciem pomiarów pojawiły się zapowiedzi opadów deszczu



Fot. 5. Instalacja skanera Z+F IMAGER 5010C udostępnionego przez WPG. Na zdjęciu prof. Mariusz Figurski i dr Grzegorz Nykiel



● Skanowanie poszło dobrze

Około godziny jedenastej przed południem, zgodnie z prognozą obserwowaną na portalu METEOPG, przestało padać i mogliśmy przystąpić do pomiarów, które realizowaliśmy w sesjach trwających po 2 godziny. Każdy zespół pod czujnym okiem dr. Pawła Wolaka wchodził po wąskich schodach technicznych na sam szczyt radioteleskopu, gdzie znajduje się 32-metrowa antena radioteleskopu. Skanery były montowane na wcześniej przygotowanym statywie bezpośrednio nad oświetlaczami układów odbiorczych. W czasie instalacji pierwszego skanera na czaszy anteny zostały zamontowane znaczniki do orientacji skanów w czasie opracowania pomiarów. Sterowanie odbywało się zdalnie z kabiny mieszczącej aparaturę odbiorczą, prawie 40 metrów nad ziemią. Pierwszy skan za każdym razem wykonywany był w położeniu zenitalnym, następnie w pochyleniach czaszy anteny co 20 stopni. Maksymalne mierzone wychylenie wynosiło 80 stopni. Uczestnicy pomiarów z niepokojem obserwowali pracę skanerów, szczególnie gdy pomiar wykonywano w ekstremalnym wychyleniu anteny. Jednak profesjonalnie przygotowane stanowisko do montażu tych instrumentów zdało egzamin.

Pierwszy dzień prac zakończyliśmy późnym wieczorem. W czasie ostatniej serii pomiarów Robert Dudek z firmy Geotronics zaproponował dodatkowy pomiar tachimetrem skanującym Trimble SX10. Przyjęliśmy ten pomysł z zadowoleniem, ponieważ do tej pory na żadnej stacji VLBI do badania deformacji anteny taki instrument nie był wykorzystywany. Po pomiarach i zaśluzonej kolacji podjęliśmy decyzję dotyczącą sposobu opracowania wyników. Ustaliliśmy również, że spotkanie podsumowujące pomiary i wyniki opracowania skanów zostanie zorganizowane w Katedrze Geodezji Politechniki Gdańskiej pod koniec listopada br.

Następnego ranka o 9 rano dojechał do Piwnic tachimetr skanujący, a z Warszawy dotarł do nas Piotr Falkowski z WPG (bezpośrednio po zakończeniu skanowania pierwszych odcinków tunelu kolejnego etapu budowy II linii warszawskiego metra). Mogliśmy przystąpić do dwóch ostatnich sesji pomiarowych. Co prawda warunki meteorologiczne nieznacznie się pogorszyły, zaczął wiać lekki wiatr, ale na szczęście nie było opadów deszczu. W pierwszej sesji pomiarowej wykorzystaliśmy tachimetr skanujący, a następnie skaner laserowy Z+F z WPG. Wszystkie pomiary zakończone zostały we wczesnych godzinach popołudniowych.

Fot. 6. Dodatkowy pomiar czaszy tachimetrem skanującym Trimble SX10

i silnych wiatrów, które miały nadciągnąć nad Polskę z Europy Zachodniej. Korzystając z nowego portalu pogodowego METEOPG (meteo.gda.pl), który uruchomili pracownicy Katedry Geodezji Politechniki Gdańskiej i Centrum Informacyjnego TASK, doszliśmy do wniosku, że po pierwszej fali deszczów w dwa zaplanowane przez nas dni warunki do badań będą wprost idealne.

Ekipy pomiarowe wczesnym rankiem ruszyły z różnych stron Polski w kierunku Piwnic. Cała droga obfitowała w silne opady deszczu, co u uczestników wzbudzało uzasadnione wątpliwości. Po dotarciu na miejsce (nadal padało) wszyscy zostali ciepło przyjęci przez kierownika Katedry Radioastronomii UMK prof. Andrzeja Mareckiego. Zebrała się pokaźna grupa badawcza. Katedra Geodezji PG była reprezentowana przez pięć osób

(prof. Mariusz Figurski – pomysłodawca i koordynator badań, dr inż. Grzegorz Nykiel – kierujący opracowaniem wyników pomiarów, dr inż. Jakub Szulwic i mgr inż. Paweł Tysiąc) z prof. Markiem Przyborskim – prodziekanem ds. rozwoju i współpracy Wydziału Inżynierii Lądowej i Środowiska na czele. Z firmy Geotronics Dystrybucja przybyli prezes Robert Dudek i Tomasz Morek. Przedstawicielem Leica Geosystems był Waldemar Kubisz odpowiedzialny za skanery laserowe 3D. Firmę Czerski Trade Polska reprezentowali dyrektor Tomasz Czerski i Łukasz Uchański, a Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne – Piotr Falkowski, który dojechał następnego dnia. Z Katedry Radioastronomii w pomiarach uczestniczyli dr Paweł Wolak i Eugeniusz Pazderski, których pomoc i zaangażowanie było nieocenione.

• To dla polskich radioastronomów

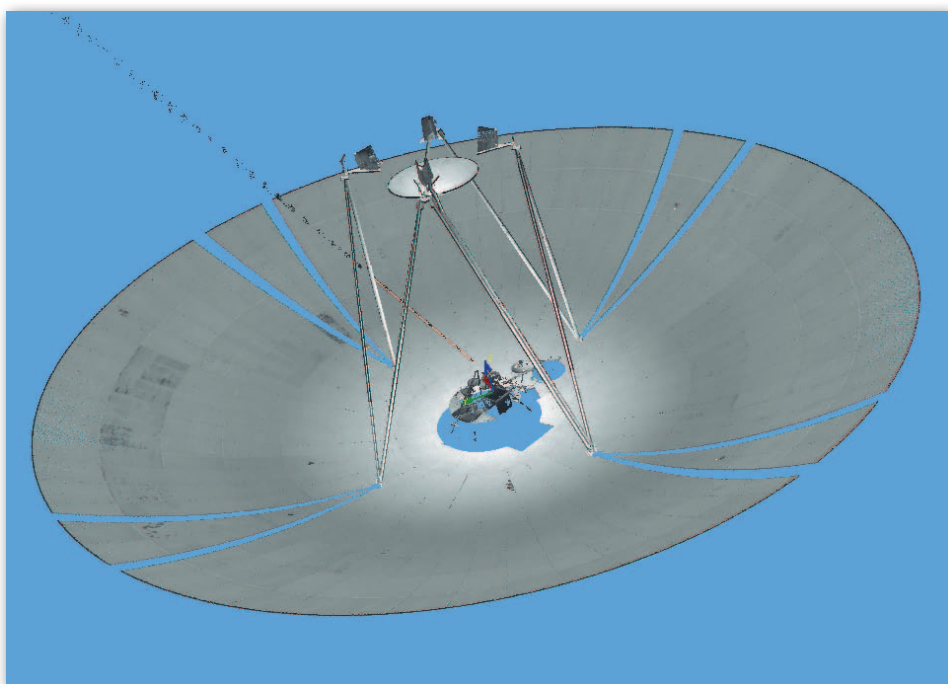
W ramach podsumowania prof. Andrzej Marecki zaproponował wycieczkę i zwiedzanie obserwatorium, które poprowadził dr Paweł Wolak, pracownik naukowy Obserwatorium i jednocześnie popularyzator astronomii (m.in. prowadzi na Facebooku stronę „Radioteleskop live”). Zapoznaliśmy się z historią obserwatorium i obecnie realizowanymi badaniami. Dorobek astronomów z Piwnic jest imponujący. To właśnie w tym miejscu swoją karierę naukową rozpoczął prof. Aleksander Wolszczan, światowej sławy polski astronom, odkrywca pierwszych planet poza Układem Słonecznym. Obserwacje prowadzone na radioteleskopie RT4 są jednymi z najlepszych na świecie, a o jakości badań astronomów z Piwnic świadczą publikacje w renomowanych światowych periodykach naukowych. Miejmy nadzieję, że zapoczątkowane wspólne badania Katedry Geodezji PG i Katedry Radioastronomii UMK przyniosą korzyść obu stronom i staną się wzorcem współpracy nauk poznawczych i technicznych, czego w Polsce ciągle nam brakuje. A nowa metoda kalibracji, która zostanie opracowana, pozwoli jeszcze przez wiele lat prowadzić na radioteleskopie RT4 obserwacje wszechświata na najwyższym poziomie.

Na zakończenie chcielibyśmy wszystkim uczestnikom badań w Obserwatorium Radioastronomicznym w Piwnicach podziękować za poświęcony czas i wkład pracy. Szczególne podziękowania należą się firmom, które – nie zważając na koszty – zgodziły się przyjąć zaproszenie i wspólnie z nami wykonać skanowanie czaszy anteny radioteleskopu RT4. Firmy uczestniczące w badaniach wyraziły również chęć udziału w opracowaniu wyników pomiarów. Pierwsze wizualizacje i wstępne analizy jakości wykonanych skanów, które opracowali Piotr Falkowski z WPG i Grzegorz Nykiel z Katedry Geodezji PG, były gotowe już kilkanaście godzin po zakończeniu pomiarów (rys. 3 i 4). Wstępna ich ocena pokazuje, że będzie można na ich podstawie zaproponować metodę badania deformacji czaszy anteny radioteleskopu RT4 spełniającą wymagane przez radioastronomów kryteria dokładnościowe.

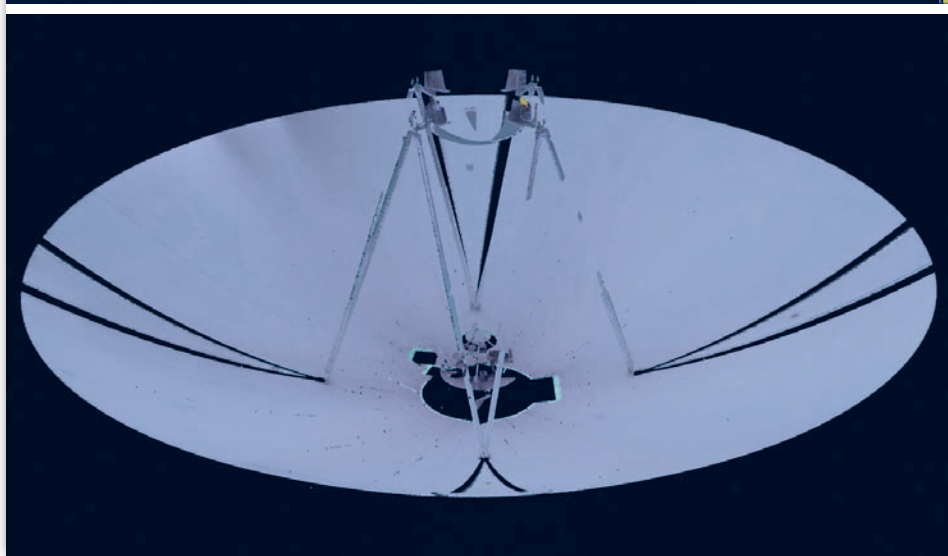
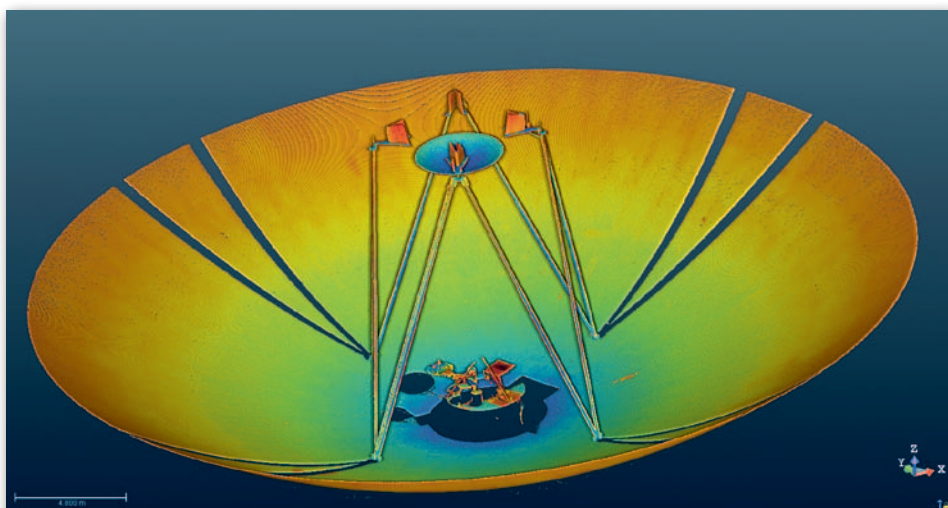
prof. Mariusz Figurski*, Eugeniusz Pazderski**,
dr Grzegorz Nykiel*, dr Paweł Wolak**,
prof. Marek Przyborski*

* Katedra Geodezji, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

** Centrum Astronomii, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń



Rys. 3. Wizualizacja przedstawiająca chmurę punktów uzyskaną skanerem Z+F (autor Piotr Falkowski, WPG)



Rys. 4. Przykładowe wizualizacje chmur punktów uzyskanych skanerem Trimble TX-8 (Geotronics Dystrybucją). Na górze wizualizacja w kolorach charakteryzujących moc odbicia sygnału. Na dole chmura punktów z nałożonymi wartościami RGB ze zdjęć (autor dr inż. Grzegorz Nykiel, PG)