

JAN CISAŁ

**OBSERWATORIUM GEODEZYJNO-GEOFIZYCZNE
BOROWA GÓRA – INTEGRALNY ELEMENT W STRUKTURZE
INSTYTUTU GEODEZJI I KARTOGRAFII**

Minęło już ponad 85 lat od powstania na terenie dzisiejszego Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego pierwszych obiektów tworzących „centralny punkt astronomiczny – Borowa Góra”. Tak ten punkt nazwał dr Antoni Czczot w grudniowym numerze Przeglądu Mierniczego z 1929 roku. Było to miejsce przecinania się łańcuchów triangulacyjnych południkowego i równoleżnikowego przechodzących przez Warszawę. Do wykonania dokładnych pomiarów astronomicznych Ministerstwo Robót Publicznych zakupiło w firmie Askania Werke dwa instrumenty przejściowe wyposażone w mikrometry bezosobowe i libele Horrebow–Talcotta. Do ustawienia instrumentów zbudowano dwa solidne słupy żelbetowe na masywnych fundamentach betonowych. Nad słupami wybudowano na pomostach rozsuwające się pawilony. Zakupiono również potrzebne dodatkowe wyposażenie w postaci chronometrów, chronografów, akumulatorów i radiodbiorników. Dr Antoni Czczot i Jan Krassowski wykonali pomiary, wyznaczając długość i szerokość geograficzną na jednym ze słupów. Azymut dwustronny kierunku Borowa Góra–Modlin wyznaczył Błażej Dulian na drugim ze wspomnianych słupów. Punkt Borowa Góra stał się podstawowym punktem państwowej sieci astronomiczno-geodezyjnej i początkiem układu współrzędnych „Borowa Góra”, jako punkt przyłożenia lokalnej elipsoidy Bessela. Orientacji elipsoidy dokonano za pomocą azymutu na wieżę ciśnień w Modlinie. Przyjęto współrzędne punktu przyłożenia (szerokość i długość) wynikające z pomiarów astronomicznych:

$$\varphi = 52^{\circ}28'32.85'' \quad \lambda = 21^{\circ}02'12.12''$$

W układzie tym Wojskowy Instytut Geograficzny wydał mapy topograficzne w skali 1:100 000 pokrywające obszar prawie całego kraju, a także kilka arkuszy map w skali 1:50 000. Prace WIG przerwał wybuch II Wojny Światowej. Układ „Borowa Góra” służył jeszcze po wojnie do momentu podpisania w 1955 roku Układu Warszawskiego i wprowadzenia układów współrzędnych „1942” i „1965” z punktem przyłożenia elipsoidy Krassowskiego w Pułkowie. W pracach geologicznych i geofizycznych mapy w układzie „Borowa Góra” były wykorzystywane do 1984 roku.

Do wybuchu II Wojny Światowej teren obserwatorium o powierzchni około 2 ha ogrodzono i wybudowano piętrowy budynek laboratoryjno-mieszkalny,

w którym zamieszkał dr Antoni Czeczot. Wybudowano również betonową wieżę do zawieszania pionu przy badaniu instrumentów geodezyjno-astronomicznych służących do wyznaczania azymutu. Na terenie Obserwatorium zastabilizowano fundamentalny reper niwelacji państwowej, a nad punktem głównym postawiono 7-metrowy, żelbetowy statyw i obsypano go ziemią.



Rys. 1. Kopiec nad punktem głównym



Rys. 2. Punkt główny wewnątrz kopca

Okres wojenny 1939–1944 przyniósł ogromne szkody i zniszczenia Obserwatorium. Okupant wywiózł wszystkie instrumenty, a w budynku umieszczono niemiecki posterunek wojskowy nadzorujący przebiegającą w pobliżu granicę między Generalną Gubernią a Rzeszą. W 1944 roku przy przechodzeniu frontu budynek, ogród i kopiec nad punktem głównym zostały zniszczone, a na terenie Obserwatorium wydobywano żwir.

W 1945 roku Obserwatorium przejął Główny Urząd Pomiaru Kraju. Orestaurowano teren, odbudowano budynek i betonowe słupy pod instrumenty astronomiczno-geodezyjne. Wyremontowano konstrukcję ziemno-betonową nad głównym punktem triangulacyjnym. W 1951 roku zakupiono instrument przejściowy firmy Zeiss Jena z myślą stosowania go do pomiarów na punktach Laplace'a. Wkrótce jednak ten instrument zastąpiono teodolitem astronomicznym Wild T4 i AU 2/10. Instrument przejściowy przeznaczono do pomiarów specjalnych w ramach współpracy międzynarodowej.

W 1952 roku Obserwatorium przekazano Geodezyjnemu Instytutowi Naukowo-Badawczemu (obecnie Instytut Geodezji i Kartografii), jako punkt podstawowy do prowadzenia badań koniecznych do prac prowadzonych przez GUPK. Dyrektorem Instytutu został doc. Stanisław Kryński, który w latach 1952–1954 sprawował bezpośrednio pieczę nad Obserwatorium. W tym czasie w Obserwatorium prowadzono szkolenia obserwatorów pomiarów astronomicznych na punktach Laplace'a.

Z działalnością Obserwatorium nierozzerwalnie związana jest postać doc. Błażeja Duliana, legionisty, zawodowego oficera Wojska Polskiego, działającego w Wojskowym Instytucie Geograficznym w Warszawie i później w czasie wojny na uchodźstwie w Anglii. Od 1954 roku doc. B. Dulian był kierownikiem i prawdziwym gospodarzem Obserwatorium. Był doskonałym obserwatorem, wybitnym specjalistą w dziedzinie pomiarów podstawowych, nauczycielem i opiekunem licznej kadry geodetów-astronomów. On też opracował instrukcję prowadzenia obserwacji astronomicznych na punktach Laplace'a i prowadził wspomniane szkolenia obserwatorów. Doc. B. Dulian kierował Obserwatorium do 1970 roku, kiedy przeszedł na emeryturę.

W latach 1955–1958 znacznie wzbogacono instrumentarium i wyposażenie Obserwatorium w związku z udziałem tej placówki w międzynarodowej kampanii wyznaczania różnic długości geograficznej związanej z Rokiem Geofizycznym. W latach 1956–1958 w piwnicy zegarowej zainstalowano precyzyjne zegary wahadłowe, początkowo marki Leroy, a następnie Shortt. W tym też okresie powiększono teren do około 3,6 ha, dobudowano pomieszczenia gościnne i piwniczne w głównym budynku i wybudowano piwnicę do pomiarów magnetycznych. Do 1962 roku zegary wahadłowe zastąpiono dwoma zegarami kwarcowymi. Obserwatorium wyposażono w długofalowy odbiornik radiowy, chronograf drukujący, chronoskop błyskowy do porównywania wskazań zegarów z sygnałami czasu, układ zasilania wraz z akumulatorem oraz urządzenia pomiarowo-kontrolne. Unowocześniono również sposób obserwacji instrumentem przejściowym, zastępując mikrometr kontaktowy urządzeniem do fotoelektrycznej rejestracji momentów przejść gwiazd przez szczeliny systemu pomiarowego. Wyposażenie Obserwatorium Borowa Góra prezentowało na owe czasy dobry poziom europejski. Od stycznia 1963 roku Obserwatorium przystąpiło do międzynarodowego programu badania nieregularności ruchu obrotowego Ziemi, wysyłając systematycznie wyniki obserwacji do Międzynarodowego Biura Czasu (BIH) w Paryżu, do centrum Międzynarodowej Służby Ruchu Bieguna (IPMS) w Mizusawie oraz do Instytutu Pomiarów Fizykotechnicznych i Radiotechnicznych (WNIIFTRI) w Moskwie.

Inicjatorem i organizatorem nowoczesnej służby czasu prowadzonej w Obserwatorium Borowa Góra był prof. Julian Radecki, który od 1952 roku był kierownikiem Zakładu Astronomii i wicedyrektorem Instytutu. Prof. Radecki był specjalistą w dziedzinie astronomii geodezyjnej i optyki, był dydaktykiem i długoletnim redaktorem *Rocznika Astronomicznego*. Wraz z doc. B. Dulianem uczestniczył w pracach nad zakładaniem punktów Laplace'a w polskiej sieci triangulacyjnej.

Na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego wieku w Obserwatorium wybudowano drugi budynek. Do nowego budynku przeniesiono część zakładów Instytutu oraz ciemnię fotograficzną. Ze względu na trudności z dojazdem wkrótce zakłady i ciemnia wróciły do Warszawy do budynku przy ul. Jasnej. Nowy budynek w Obserwatorium po odnowieniu służył pracownikom jako miejsce cichej pracy. Obecnie pokoje są wynajmowane, a w piwnicy umieszczono laboratorium grawimetryczne.



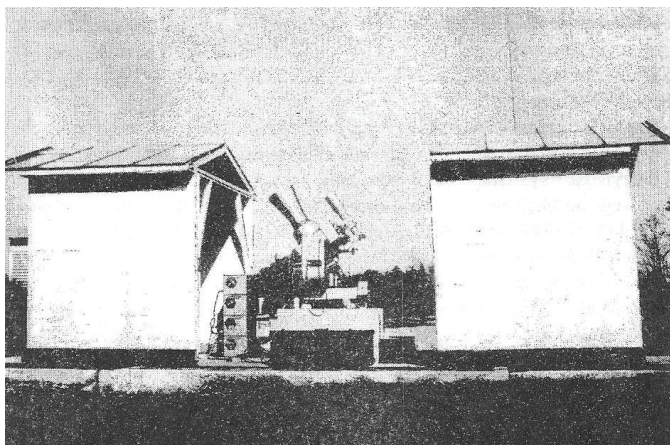
Rys. 3. Instrument przejściowy



Rys. 4. Nowy budynek Obserwatorium

Od 1970 roku prof. J. Radecki zapoczątkował w Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnym (taką nazwę wówczas miało Obserwatorium Borowa Góra) nową erę, wykorzystując do pomiarów geodezyjnych obserwacje sztucznych satelitów. Dzięki jego staraniom Obserwatorium włączono do sieci punktów uczestniczących w międzynarodowych kampaniach obserwacji sztucznych satelitów metodą fotograficzną.

W Obserwatorium Borowa Góra zainstalowano pożyczoną od ZSRR kamerę AFU 75 i zakupiono ascorecord firmy Zeiss Jena. Pracowniczki Instytutu – Helena Bieniewska i Bożenna Majewska – jeździły systematycznie do Obserwatorium, prowadząc wspólnie z dr. Januszem Śledzińskim i Jerzym Rogowskim z Politechniki Warszawskiej rejestracje satelitów i opracowując je na ascorecordzie. Obserwacje fotograficzne sztucznych satelitów Ziemi prowadzono do 1977 roku, biorąc udział w kampaniach pomiarowych realizowanych przez kraje socjalistyczne.



Rys. 5. Kamera fotograficzna AFU 75

Obserwacje fotograficzne zostały zastąpione obserwacjami dopplerowskimi satelitów systemu TRANSIT. Początkowo obserwacje wykonywała na zlecenie firma Geokart odbiornikiem JMR, a od 1986 roku Obserwatorium wyposażono w odbiornik polskiej produkcji DOG 3, który pracował do 1990 roku – końca okresu działania systemu TRANSIT. W tym czasie działalnością Obserwatorium kierowała doc. dr hab. Maria Dobrzycka, która oprócz ogromnego zaangażowania w rozwój naukowy Obserwatorium dbała również o jego wyposażenie w aparaturę i prezentację zarówno zewnętrzną, jak i wewnątrz w pokojach, kuchni czy łazience. Sama odnowiła łazienkę i kuchnię, wyposażając je w swojej roboty drewniane obudowy i mebelki. Były to trudne czasy finansowe. Instytut nie miał dofinansowania z Ministerstwa ani z GUGiK i taka inicjatywa była bardzo cenna. Malowanie pokoi gościnnych i laboratoriów też było wykonywane własnymi siłami. Duży wkład w te remonty wniósł Maciek Moskwiński, który do tej pory traktuje Obserwatorium jako swój drugi dom.

W 1991 roku, głównie dzięki staraniom doc. dr hab. Marii Dobrzyckiej zakupiono odbiorniki GPS firmy Ashtech. Początkowo przyznano Instytutowi licencje tylko na odbiorniki jednoczęstotliwościowe, a nieco później już na dwuczęstotliwościowe. To była prawdziwa rewolucja w geodezji. Posiadając odbiorniki GPS, staliśmy się bardzo poszukiwaną i cenioną firmą w kraju i za granicą. Zespół pod kierunkiem doc. dr hab. M. Dobrzyckiej wykonał pomiar połowy sieci POLREF, uczestniczył w zakładaniu osnów II i III klasy oraz wykonał wiele prac naukowych dotyczących osnów geodezyjnych. Jako członek tego zespołu uczestniczyłem w pomiarach w Ugandzie, w Niemczech, w Czadzie, w Tajlandii, na Antarktydzie i na Ukrainie. Koledzy z Instytutu wykonywali pomiary GPS w Libii, na Spitsbergenie i na Antarktydzie. Z Marysią Dobrzycką, Nelą Makowską i moją żoną Marią Cisak wspominamy często pierwszy pomiar osnowy III klasy na Śląsku. Był to czas jeszcze niepełnej konstelacji GPS i trzeba było „polować” na tzw. okna, czyli czas możliwości obserwacji minimum 4 satelitów. Przeważnie takie warunki zdarzały się w porze nocnej. Ale jak w nocy trafić na punkt według opisu topograficznego bez doświadczenia, jak mogą być usytuowane i zastabilizowane takie punkty. W tej sytuacji w dzień szukaliśmy punktów, a w nocy prowadziliśmy pomiary, narażeni na wizyty niezbyt pożądaných gości.

W 1996 roku uruchomiliśmy w Obserwatorium permanentne obserwacje GPS. Stacja dostała numer 12207M002 i kryptonim BOGO i jest stacją Europejskiej Sieci Stacji Permanentnych (EPN). Uruchomienie stacji poprzedziły, oczywiście, próby i prace przygotowawcze. Antenę stacji umieściliśmy na nieczynnym kominie budynku Obserwatorium, a przewód poprowadziliśmy otworami wentylacyjnymi. Działanie stacji permanentnej miało sens, gdy dane zbierane przez odbiornik mogły być udostępniane organizacjom międzynarodowym opracowującym te dane. Jak je przesłać bez dostępu Obserwatorium do internetu? Obecnie trudno sobie wyobrazić brak dostępu do internetu, ale w tamtych czasach, w końcu lat 90., internet dostępny był jedynie w dużych miastach. Instytut, mieszczący się wówczas przy ul. Jasnej, miał już własny serwer FTP i adres pocztowy. Trzeba było tylko dostarczyć dane zebrane z całej doby śledzenia satelitów GPS na stacji BOGO do Instytutu w Warszawie. W tej chwili może to się wydawać śmieszne, ale bardzo skuteczne okazało się „połączenie sieciowe” wykorzystujące kierowcę autobusu Serock–Warszawa. Pani Halinka Wrzesińska zgrywała rano dane z odbiornika na dyskietkę, wkładała ją do koperty i przekazywała kierowcy autobusu na przystanku Borowa Góra. W Warszawie na przystanku przy domach Centrum czekała pani Helenka Bieniewska, odbierała dyskietkę i dane przesyłała do Centrum Obliczeniowego we Frankfurcie. Po kilku miesiącach bezawaryjnego, lecz uciążliwego sposobu udziału w EPN wykorzystaliśmy możliwości odbiornika firmy Ashtech i jego oprogramowania, pozwalających na połączenie telefoniczne bezpośrednio z odbiornikiem i zdalne zgranie zapisanych w odbiorniku danych. To było prawie doskonałe rozwiązanie. Prawie, ponieważ program często się zawieszał i konieczna była ingerencja pani Halinki, aby zresetować komputer i ponowić próbę przesłania danych do Instytutu.

Przyszedł wreszcie czas połączenia z internetem przez telefon stacjonarny. Wysyłanie plików z danymi z całej doby stało się o wiele łatwiejsze, i to z możliwością bezpośredniego przesłania danych do Frankfurtu. Automat w komputerze ustawiony był na przesyłanie danych kilka minut po północy z uwzględnieniem nieregularności chodu zegara komputera.

Jak zwykle rozwój wymaga nowych rozwiązań i technologii. Początek nowego wieku przyniósł zapotrzebowanie na dane GPS ze stacji permanentnych przesyłanych w tzw. systemie czasu prawie rzeczywistego (ang. Near Real Time), czyli co godzinę. Było to nowe wyzwanie dla stacji BOGO. Internet przez telefon działał wystarczająco szybko dla wysyłania danych. Myśleliśmy, że będzie podobnie z wysyłką danych godzinnych. Pojawił się jednak problem czasu w komputerze. Wzorce kwarcowe w komputerach nie są wysokiej jakości i ich chód często wynosi kilka, a nawet kilkanaście sekund na dobę. Był to realny problem, ponieważ rejestracja plików godzinnych musiała być zakończona kilka sekund po pełnej godzinie, natychmiast zgrana do komputera i wysłana do Frankfurtu. Rozwiązaliśmy ten problem, tworząc programy poprawiające czas komputera i automatycznie resetujące komputer po każdej godzinie. Głównym programistą stacji był i jest do tej pory Marcin Sękowski. Gdy był nieobecny pomagał nam Tytus Witkowski. W tym miejscu chciałbym złożyć hołd pani Marii Dobrzyckiej, która rozumiejąc znaczenie stacji BOGO w Europejskim, Ziemijskim Układzie Odniesienia (ETRF), dopingowała nas do szukania rozwiązań problemów i starań, aby nasze dane obserwacyjne były najwyższej jakości.

Problemy z wysyłką danych skończyły się wraz z zainstalowaniem programu pozwalającego na koordynację zegara komputera z zegarem dowolnego obserwatorium emitującego czas swojego zegara wysokiej klasy.



Rys. 6. Budynek główny Obserwatorium z widoczną anteną stacji BOGO na dachu budynku, wieżą betonową oraz budką meteorologiczną z czujnikami do automatycznej rejestracji danych meteo

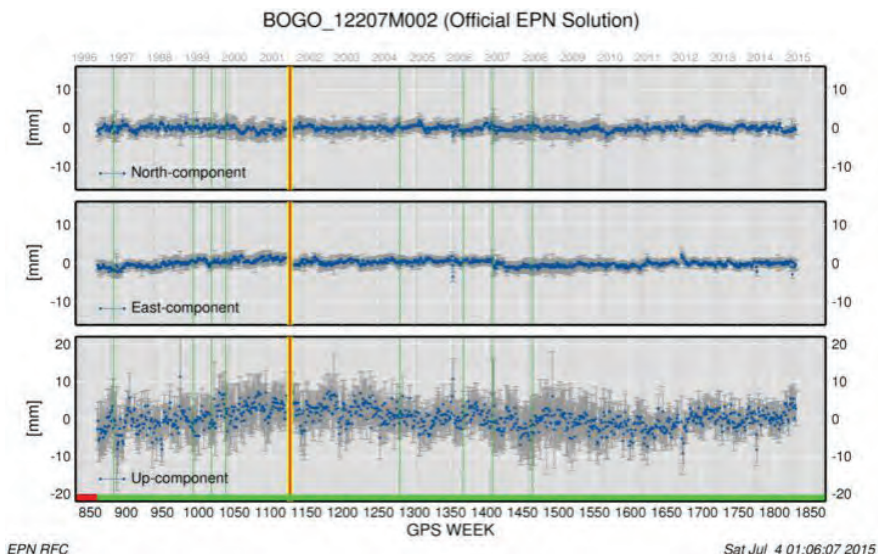
W marcu 2001 roku postanowiliśmy na terenie Obserwatorium założyć drugą stację permanentną na mocno i głęboko zastabilizowanym słupie betonowym. Wybraliśmy słup punktu EUREF 0217 należącego do pierwszej polskiej osnowy satelitarnej EUREF-POL. Odbiornik, komputer i system zasilania umieściliśmy w małym pawilonie drewnianym 25 m od słupa z anteną. Do głównego budynku znajdującego się około 100 m od pawilonu doprowadziliśmy przewody pozwalające przesyłać dane do komputera obsługującego stację BOGO i wysyłającego dane w świat. Nowa stacja uzyskała kryptonim BOGI i ma numer 12207M003. Wyposażenie stacji w odbiornik firmy JAVAD, odbierający oprócz danych GPS również dane z rosyjskiego systemu GLONASS, pozwoliło na włączenie jej do pilotażowego projektu nazwanego IGLOS (ang. International GLONASS Service). Obecnie projekt pilotażowy stał się stałą częścią IGS (ang. International GNSS Service). Stacja BOGI była wówczas pierwszą w Polsce stacją śledzącą i odbierającą dane z dwóch systemów. Później wiele stacji wyposażono w odbiorniki wielosystemowe. Stacja BOGI może obecnie odbierać również dane z systemu Galileo, a stacja BOGO oprócz GPS również dane z systemu GLONASS.



Rys. 7. Antena stacji BOGI z widocznym pawilonem, komputerem i systemem zasilania

Przewody łączące pawilony obserwacyjne z komputerami i różnymi urządzeniami w budynku głównym, ułożone w ziemi stały się przyczyną ogromnych zniszczeń w aparaturze, jakie spowodowała burza w dniu 8 lipca 2001 roku. Ogromne napięcie z bardzo bliskiego pioruna przeniosło się po przewodach do połączonej nimi aparatury i spowodowało jej zniszczenie. Bardzo silny wiatr przewrócił antenę stacji BOGO, wrywając przymocowaną do komina spodarkę, w której umocowana była antena. Gospodarz Obserwatorium Ireneusz Sochacki postawił ją, jednak w nieco innym miejscu, czego nie sprawdziliśmy. W ciągu jednego dnia udało się zamienić spalone komputery i zasilacze, tak że stacja BOGO zaczęła działać następnego dnia. Niestety, po 10 dniach stwierdziliśmy,

że pozycja różni się o kilka milimetrów. Dokładne sprawdzenie miejsca posadowienia anteny pomogło znaleźć właściwe miejsce i postawić ją ponownie, dokładnie w to samo miejsce. Zdarzenie to odnotowano w EPN CB (European Permanent Network – Central Bureau). Na rysunku 8 wyraźnie zaznaczono czas awarii.



Rys. 8. Wykres składowych pozycji stacji BOGO z rozwiązań EPN

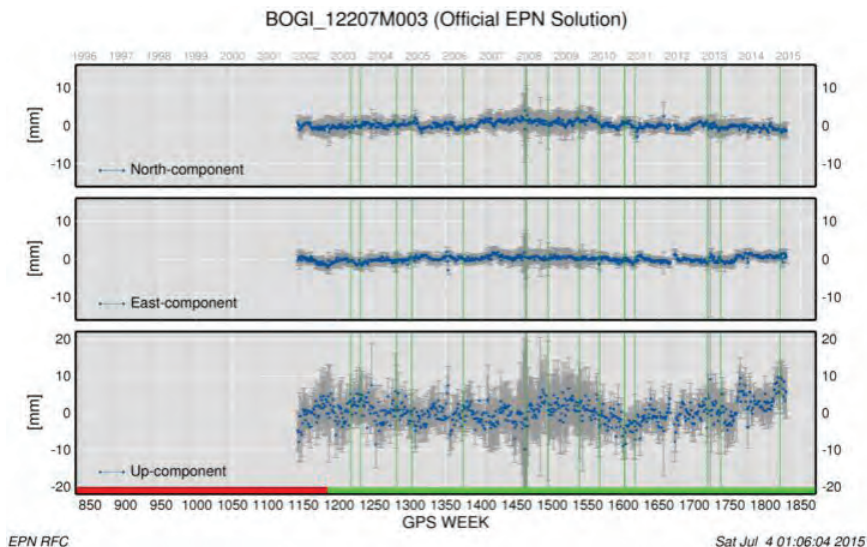
Szczęśliwie antena stacji BOGI nie ucierpiała, jednak odbiornik trzeba było oddać do naprawy. Stacja zaczęła pracować i wysyłać dane dopiero w październiku 2001 roku. Rysunek 9 przedstawia wykres zmian składowych pozycji uzyskiwanych z rozwiązań EPN.

W 2008 roku jeszcze raz wyładowanie atmosferyczne uszkodziło część aparatury. Nie było ono tak tragiczne w skutkach jak poprzednie, niemniej jednak trzeba było wymieniać niektóre elementy komputerów, zasilaczy i wszystkie telefony. W 2013 roku w ramach prac związanych z tworzeniem bazy danych w projekcie OGNIWO (projekt realizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka) zostały wymienione wszystkie przewody na światłowody, co powinno zapobiec przepięciom w wypadku silnego wyładowania atmosferycznego. Ponadto wokół anten GNSS założono specjalne odgromniki.

Wraz z powstaniem stacji BOGI uruchomiono automatyczną stację rejestracji warunków meteorologicznych. Rejestrowane wartości temperatury, wilgotności i ciśnienia atmosferycznego są gromadzone w bazie danych IGiK i wysyłane w formacie RINEX wraz obserwacjami GNSS do Lokalnych Centrów Obliczeniowych w Grazu, we Frankfurcie i w Warszawie.

Zakup polowego grawimetru absolutnego A10 w 2008 roku spowodował zmniejszenie zapotrzebowania na wykorzystanie grawimetrów względnych LaCoste&Romberg. Jeden z tych grawimetrów stał się na stałe grawimetrem

plywowym, a dwa inne też włączono do obserwacji pływowych zmian przyspieszenia ziemskiego z możliwością wykorzystania ich w razie potrzeby w pomiarach terenowych. Na testowej sieci punktów w Obserwatorium wykonywane są regularnie powtarzane absolutne wyznaczenia siły ciężkości, a wyniki tych wyznaczeń zasilają Międzynarodową Bazę Absolutnych Obserwacji Grawimetrycznych AGrav.



Rys. 9. Wykres składowych pozycji stacji BOGI z rozwiązań EPN

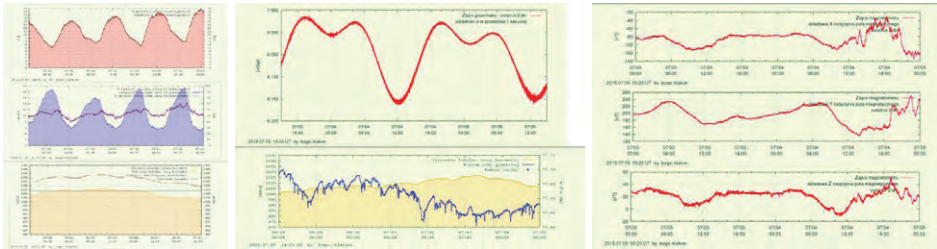
Powstało zapotrzebowanie na zautomatyzowanie pomiaru zmian poziomu wód gruntowych. Po wykonaniu badania geologicznego terenu Obserwatorium metodą oporową wyznaczono najlepsze miejsce zainstalowania piezometru. Wraz z piezometrem zainstalowano dwa wilgotnościomierze na różnych głębokościach w ziemi.

Dzięki projektowi Eli Welker przyznanemu przez NCBR rozbudowano laboratorium magnetyczne i uzupełniono aparaturę. Wyniki prowadzonych w Obserwatorium obserwacji składowych wektora natężenia pola magnetycznego Ziemi są wraz z podobnymi danymi z krajowych obserwatoriów magnetycznych w Belsku i Helu dostępne w internecie. Są one również wykorzystywane do redukcji obserwacji magnetycznych wykonywanych na terenie kraju.

Wszystkie wspomniane powyżej dane: meteorologiczne, dane z piezometru, dane z grawimetrów pływowych oraz dane magnetyczne są automatycznie umieszczane na stronie internetowej bg.igik.edu.pl:11180, gdzie możemy w odpowiednich zakładkach śledzić zmiany w ciągu minionych 2 dni.

Do chwili obecnej, w każdą pogodną noc wykonywane są obserwacje astrometryczne przejścia gwiazd przez południk miejscowy. Gwiazdy pogrupowane są w grupy zmieniające się w ciągu roku. Obserwacje są wykonywane przez dwóch obserwatorów – Maćka Moskwińskiego i Łukasza Żaka. Niewiele obser-

watoriów pozostawiło w swojej działalności obserwacje astrometryczne. Faktem jest, że dokładność tych obserwacji jest o wiele niższa niż obserwacji satelitar-nych. Pamiętajmy jednak, że tylko takie obserwacje związane są z lokalną linią pionu. Pomiar satelitarne odniesione są do układu geocentrycznego związanego z matematycznie określoną bryłą reprezentującą Ziemię, czyli elipsoidą obrotową. Wyniki pomiarów astrometrycznych w postaci różnic czasu UT0 – UTC tworzą już kilkudziesięcioletnie szeregi obserwacyjne, z których po opracowaniu można wyznaczyć zmiany w czasie, składowej odchylenia pionu w I wertykale.



Rys. 10. Wykresy rejestracji danych meteo, grawimetru, piezometru i magnetometru

Na koniec opowieści o Obserwatorium trzeba wspomnieć o tzw. łamanej bazie długościowej, która powstała dzięki staraniom prof. Wojciecha Janusza. Jest to bardzo ciekawe rozwiązanie bazy kalibracyjnej wykorzystujące ograniczony teren Obserwatorium. Płaskie zwierciadła umieszczone w punktach pośrednich pozwalają na odbicie wiązki wysyłanej przez dalmierz i skierowanie jej do kolejnego płaskiego zwierciadła, a następnie do zwierciadła dalmierza, przedłużając drogę optyczną wiązki.



Rys. 11. Pawilon astrometryczny i słupy kalibracyjnej bazy łamanej

Z tego krótkiego opisu można się zorientować w pracach prowadzonych w Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznym Borowa Góra (taką nazwę ma obecnie Obserwatorium). Wielotorowość badań prowadzonych w Obserwatorium umożliwiło dołączenie Obserwatorium do Europejskiej sieci ECGN (ang. European Combined Geodetic Network).

Literatura

- Cisak J., (2010): *Stare ale jare. 80-lecie Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra*. Geodeta, nr 8, s.7–10.
- Cisak J., Konopska B., (2010): *Osiemdziesiąt lat Obserwatorium Geodezyjno-Geofizycznego Borowa Góra*. Polski Przegląd Kartograficzny, nr 3, s. 242–245.
- Czeczott A., (1929): *Centralny punkt astronomiczny dla nowego pomiaru państwa – Borowa Góra*. Przegląd Mierniczy, nr 12.
- Kryński S., (1957): *Obserwatorium geodezyjno-astronomiczne w Borowej Górze*. Biuletyn Instytutu Geodezji i Kartografii (dodatek do miesięcznika „Przegląd Geodezyjny”).
- Kryński S., Ney B., (1995): *Instytut Geodezji i Kartografii w minionym pięćdziesięcioleciu*. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, t. XLII, z. 92, s. 7–32.
- Moskwiński M., Dobrzycka M., (1998): *Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjne w Borowej Górze*. Prace Instytutu Geodezji i Kartografii, t. XLV, z. 96, s. 7–18.
- Radecki J., Cisak J., (1980): *Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjne IGiK w Borowej Górze – 50 lat działalności dla geodezji i kartografii*. Biul. Inf. BOINTE Geodezji i Kartografii, t. XXV, nr 5, s. 39–42.