

# ŁUK STRUVEGO W UNESCO

Po raz pierwszy w historii na Listę Światowego Dziedzictwa Kultury i Natury UNESCO wpisany został obiekt geodezyjny. Mowa o 34 punktach pomiarowych skandynawsko-rosyjskiego łańcucha triangulacyjnego, zwanego „łukiem Struvego”.



MAREK PUDŁO

Na początku XIX wieku niemiecki astronom i matematyk Friedrich Georg Wilhelm Struve (1793-1864) był inicjatorem i pomysłodawcą dokładnego wyznaczenia długości łuku południka w celu określenia najbardziej prawdopodobnych rozmiarów i kształtu Ziemi. Podczas pracy naukowej na ówczesnym Uniwersytecie w Dorpat (obecnie Tartu, Estonia) Struve uczestniczył w wielu pomiarach triangulacyjnych, towarzysząc m.in. Carlowi Friedrichowi Gaussowi. Prace te zainspirowały Struvego do zaprojektowania i pomiaru łańcucha triangulacyjnego wzdłuż południka  $26^{\circ}43' E$  (przechodzącego przez obserwatorium astronomiczne w Dorpat). Mniej więcej w tym samym czasie podobny projekt (rozpoczęty w 1816 r.) całkowicie niezależnie realizował na Litwie generał Carl Tenner. W roku 1828 obaj naukowcy postanowili połączyć mierzone przez siebie poligony triangulacyjne i dwa lata później rozpoczęły się prace mające na celu wydłużenie wspólnej linii pomiarowej na południe i północ. Generał Tenner doszedł w roku 1844 do miejscowości Nekrasiwka nad Morzem Czarnym, a Struve w roku 1855 – do Hammerfest w okolicach koła podbiegunowego (monument na zdjęciu obok). Przedsięwzięcie pomiarowe, jak na tamte czasy, było

ogromne. Powstały w wyniku tych prac łuk Struvego był najdłuższym pomierzonym łańcuchem triangulacyjnym i najbardziej wysuniętym na północ. Był także pierwszym tak dużym projektem realizowanym na terytorium ówczesnego Imperium Rosyjskiego. W wieku XX łańcuch został przedłużony na północ do Przylądka Północnego (Norwegia), a na południe do Port Elisabeth w Afryce Południowej i stał się najdłuższym w historii zmierzonym łukiem południka (blisko 11 450 km).



Łańcuch triangulacyjny Struvego składał się z 258 głównych trójkątów oraz 265 punktów głównych. Jego łączna długość przekraczała 2800 km. Zarówno Struve, jak i Tenner do pomiarów kątowych używali tradycyjnych teodolitów (Reichenbach, Troughton, Ertel), a do wyznaczenia długości 10 linii bazowych – żelaznych drutów. Podczas tych ostatnich czynności pojawił się pewien problem. Struve i Tenner zapisywali wyniki w różnych jednostkach długości (nie obowiązywał wtedy jeszcze metr). Pierwszy – we francuskim sążniu (ok. 1,949 m), a drugi – w sążniu ruskim (ok. 2,134 m). Ostatecznie wyniki Tennera zostały przeliczone na jednostkę francuską, a ta z kolei na metry (po oficjalnym wprowadzeniu tej jednostki). Błąd bezpośredniego wyznaczenia linii bazowych oszacowano na 1-3 mm.

Aby obliczyć długości i kierunki wszystkich boków sieci, a następnie współrzędne punktów, należało na niektórych z nich wykonać obserwacje szerokości geograficznej i azymutu metodami astronomicznymi. Struve przeprowadził takie prace na 13 stanowiskach (3 w Skandynawii i 10 w Rosji), co podzieliło łańcuch na odcinki o długościach łukowych od  $1^{\circ}22'$  do  $2^{\circ}54'$ . Długość  $1^{\circ}$  była obliczana w każdym z odcinków niezależnie i wyniosła od 57 068 do 57 252 sążni francuskich (ok. 111 226-111 584 m). Całkowita długość mierzonego łańcucha wyniosła 1 447 787 sążni

(ok. 2 821 737 m), a dokładność jej wyznaczenia była na poziomie 5 mm/km, co na tamte czasy było nie lada osiągnięciem. Opis prowadzonych prac oraz mapy zostały przez Struvego pierwszy raz opublikowane (w języku francuskim) w roku 1857, a potem w 1860 roku i zajmowały aż 900 stron. Niektóre rozdziały raportu zostały ponownie wydane w Rosji w 1957 roku. Niestety, Struve nie zdążył przed śmiercią obliczyć wszystkich współrzędnych geograficznych punktów oraz parametrów „a” i „f” modelu Ziemi. Czynności te zostały przeprowadzone dopiero w 1926 roku. Z pomiarów Struvego korzystał Alexander Ross Clarke do określenia parametrów elipsoidy, a punkty triangulacyjne wykorzystywano do nawiązywania pomiarów geodezyjnych do późnych lat XX wieku.

Większość punktów głównych łańcucha została starannie zastabilizowana. W skałach i dużych głazach drążono otwory i wypełniano je ołowiem w wtopioną mosiężną lub miedzianą płytką, na której wryty był opis. W terenie nizinnym, niestety, punktów nie zaznaczano, ale w miejscach strategicznych budowano specjalne monumenty.

W 1993 roku podczas naukowej konferencji na Uniwersytecie w Tartu pojawiła się po raz pierwszy propozycja zgłoszenia punktów „łuku Struvego” na Listę Światowego Dziedzictwa Kultury i Natury UNESCO. Rok później na kongresie Międzynarodowej Federacji Geodetów FIG (Fédération Internationale des Géomètres) w Melbourne przyjęto rezolucję, która uruchamiała oficjalne procedury przygotowawcze. W tym samym roku podobny dokument uchwalilo Generalne Zgromadzenie Międzynarodowej Unii Astronomicznej IAU (International Astronomical Union) w Hadze, a wsparcie obiecała także Międzynarodowa Asocjacja Geodezji IAG (International Association of Geodesy). Do współpracy zaproszono przedstawicieli 10 państw, na obszarze których znajdują się punkty łańcucha. Ze zgłoszonych przez poszczególne kraje stanowisk pomiarowych wybrano 34 (patrz tabela). Rozpoczęły się żmudne i trwające ponad 10 lat działania formalne. Każdy z krajów musiał przygotować raport o wybranych punktach, w którym zawarte były zdjęcia, dokładne opisy, a także zobowiązania rządowe do ich ochrony i zapewnienia publicznego dostępu (choć niektóre punkty, np. w Norwegii, są dostępne tylko dro-



## PUNKTY „ŁUKU STRUVEGO” WYBRANE PRZEZ UNESCO

Nazwa punktu	Lokalizacja
FUGLENAES, Fuglenes	Hammerfest, Norwegia
LILLE-REIPAS, Raipas	Alta, Norwegia
LOHDIZHJOKKI, Luvdiidcohkka	Kautokeino, Norwegia
BÄIJATZ-VAARA, Baelljasvarri	Kautokeino, Norwegia
PAJTAS-VAARA, Tynnyrilaki	Kiruna, Szwecja
KERROJUPUKKA, Jupukka	Pajala, Szwecja
PULLINKI, Pullinki	Övertornea, Szwecja
PERRA-VAARA, Perävaara	Haparanda, Szwecja
STUOR-OIVI, Stuurahanoaivi	Enontekiö, Finlandia
AVASAKSA, Aavasaksa	Ylitornio, Finlandia
TORNEA, Alatornionkirkko	Tornio, Finlandia
PUOLAKKA, Oravivuori	Korpilahti, Finlandia
PORLOM II, Tornikallio	Lapinjärvi, Finlandia
SVARTVIRA, Mustaviiri	Pyhtään, Finlandia
MÄKI-PÄÄLYS, Mäkipällys	Kingisjepp, Rosja
HOGLAND, Z Gogland, Tochka Z	Kingisjepp, Rosja
WOIBIFER, Võivere	Avanduse, Estonia
KATKO, Simuna	Avanduse, Estonia
DORPAT, Tartu Observatory	Tartu, Estonia
SESTU-KALNS, Ziestu	Sausneja, Łotwa
JACOBSTADT, Jekabpils	Jakobstad, Łotwa
KARISCHKI, Gireišiai	Panemunelis, Litwa
MESCHKANZI, Meškonyš	Nemenčinė, Litwa
BERESNÄKI, Paliepiukai	Nemežis, Litwa
TUPISCHKI, Tupiški	Oszmiana, Białoruś
LOPATI, Lopaty	Zelwa, Białoruś
OSSOWNITZA, Ossovništa	Iwanawa, Białoruś
TCHKUTSK, Chekutsk	Iwanawa, Białoruś
LESKOWITSCHI, Leskovichi	Iwanawa, Białoruś
RUDY, Rudi	Rudi, Mołdawia
KATERINOWKA, Katerinowka	Antoniwka, Ukraina
FELSCHTIN, Felschiin	Hwardijske, Ukraina
BARANOWKA, Baranowka	Baraniwka, Ukraina
STARO-NEKRASSOWKA, Stara Nekrasivka	Nekrasivka, Ukraina

gą powietrzną). Raport miał na celu wyjaśnienie osobom niebędącym geodetami powodów, dla których „łuk Struvego” należy chronić. Powyższy dokument został wysłany do UNESCO w roku 2004, a w lipcu 2005 roku 34 obiekty zostały wciągnięte na Listę Światowego Dziedzictwa Kultury i Natury.

W uzasadnieniu decyzji można przeczytać, że pomiary triangulacyjne łańcucha Struvego były podstawowymi czynnościami pomocnymi w określeniu kształtu i wymiarów Ziemi. Bez nich niemożliwe byłoby stworzenie obecnych zaawansowanych technik nawigacyjnych i kartograficznych. „Łuk Struvego” wyróżnia się spośród innych tego typu swoją długością i osiągniętą dokładnością pomiarów. Pra-

ce niemieckiego astronoma miały znaczący wpływ na popularyzację systemu metrycznego. Znaczący był również międzynarodowy charakter pomiaru łuku południka, które stały się podstawą dalszych działań geodezyjno-kartograficznych w środkowo-wschodniej Europie.

W nomenklaturze UNESCO punkty „łuku Struvego” spełniają cztery kryteria: przedstawiają znaczący krok w rozwoju nauk o Ziemi i zaawansowanych technik pomiarowych, przekazują świadectwo pomiaru kształtu i wymiarów Ziemi za pomocą obserwacji trygonometrycznych i astronomicznych, mają wkład do wiedzy o świecie oraz potwierdziły teorię Newtona, że Ziemia jest spłaszczoną na biegunach sferoidą.

MAREK PUDŁO