

ZAKŁAD HISTORII NAUKI I TECHNIKI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

STUDIA I MATERIAŁY Z DZIEJÓW NAUKI POLSKIEJ

Seria C

HISTORIA NAUK MATEMATYCZNYCH,
FIZYKO-CHEMICZNYCH
I GEOLOGICZNO-GEOGRAFICZNYCH

ZESZYT 14

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA 1970

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Dobrzycki (redaktor zeszytu), Włodzimierz Hubicki, Bolesław Olszewicz,
Waldemar Voisé (redaktor naczelny), Zofia Skubała-Tokarska (sekretarz naukowy)

Redaktor zeszytu

JOZEF BABICZ

Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1970

Nakład 230 + 90 egz. Ark. wyd. 7,5. Ark. druk. 5,5 + 2 wkl.
Papier druk. sat. kl. IV 70 g, 70 × 100. Oddano do składania
w lutym 1970 r. Druk ukończono w czerwcu 1970 r. Zam.
1060/70. C-9. Cena zł. 24,—

Wrocławska Drukarnia Naukowa

Stanisław Kryński

Z DZIEJÓW TRIANGULACJI NA ZIEMIACH POLSKI
TRIANGULACJA PRUSKA 1832-1914

WSTĘP

W 1958 r. Komitet Geodezji Polskiej Akademii Nauk wystąpił z inicjatywą opracowania historii triangulacji w Polsce. Zamiarem Komitetu było przedstawienie dziejów tej bardzo ważnej dziedziny techniki i nauki geodezyjnej na terenie obecnych ziem Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, w ujęciu dynamicznym, a więc z wyraźnym wysunięciem elementu rozwoju techniki, na przestrzeni kilkuset lat, od początku stosowania triangulacji dla celów pomiarów kraju aż do naszych czasów.

Inicjatywą Komitetu zainteresował się Zakład Historii Nauki i Techniki PAN. W wyniku współpracy obu instytucji opracowano konspekt całości monografii, określając ją z góry jako pracę zbiorową, gdyż było nie do pomyślenia, aby jeden autor podjął się tak dużego dzieła. Inicjatorzy zdawali sobie sprawę z trudności, jakie wynikną w toku realizacji zamierzenia, bowiem w okresie największego nasilenia prac triangulacyjnych w Europie, w XIX w., Polska pozbawiona była samodzielnego bytu państwowego. Na jej terenie trzy mocarstwa rozbiorowe prowadziły, każde na własną rękę, rozległe prace mające istotne znaczenie dla triangulacji naszych ziem.

Posiadaliśmy jednak bogate tradycje, zarówno teoretyczne, jak i praktyczne w pracach tego rodzaju, prowadzonych jeszcze w okresie przed-rozbiorowym, a następnie w czasach Królestwa Kongresowego. Dlatego też wspomniany konspekt obejmował możliwie najwcześniejszy okres historii triangulacji polskiej, przechodząc następnie do prac prowadzonych w okresie zaborów, dwudziestolecia międzywojennego i sięgał aż do czasów obecnych. Starano się przy tym, aby również i przy omawianiu prac z okresu niewoli państwowej uwypatnić wkład, jaki wnieśli w nie geodeci polscy.

Niestety, zamiary inicjatorów, pomimo poważnego wysiłku zespołu ludzi powołanych specjalnie w celu realizacji tego wielkiego dzieła, natrafiły na większe niż początkowo przewidywano trudności. Wynikały one zarówno z niemożności uzyskania wystarczających materiałów źródłowych, jak też i braku autorów dla opracowania poszczególnych części dzieła.

W rezultacie powstały fragmenty o charakterze projektowanych rozdziałów, a więc nie pretendujące do zamkniętych, całościowych opraco-

wań. Przez kilka lat czyniono jeszcze wysiłki, aby skompletować autorów i wypełnić brakujące luki, jednak na ogół bez pozytywnych wyników.

Jednym z takich fragmentów, należącym do bardziej obszernych, jest niniejszy szkic dziejów triangulacji wykonywanej na naszych ziemiach przez władze pruskie, a następnie niemieckie w latach 1832-1914. Opracowanie tego okresu przedstawiało się stosunkowo łatwiej ze względu na zachowane dość bogate materiały źródłowe. Jest to poza tym okres bardzo ciekawy, charakteryzujący się szybkim rozwojem nauki i techniki, zwłaszcza na terenie ówczesnych Niemiec, przejmujących stopniowo od Francji prymat w zakresie podstawowych prac geodezyjnych, utracony dopiero w czasie pierwszej wojny światowej na rzecz znakomicie rozwijającej się, od czasu Wielkiej Rewolucji Socjalistycznej, geodezji w Związku Radzieckim.

Zarówno autor, jak i Zakład Historii Nauki i Techniki zdają sobie sprawę z niedoskonałości opracowania. Najpoważniejszym mankamentem jest wspomniany już fakt, że ma ono charakter fragmentu, zamierzonej początkowo, większej całości. Są jednak i inne: literatura podana na zakończenie trzech rozdziałów niniejszego opracowania, stanowiących w stosunku do początkowo projektowanych, część rozdziału trzeciego, cały czwarty i piąty, nie była w całości dostępna autorowi w czasie jego pracy — jest więc prawdopodobne, że wcześniejsze dotarcie do niej mogłoby wzbogacić monografię. Dalszym brakiem jest wspomniana fragmentaryczność rozdziału trzeciego, początkowo miał on obejmować okres od 1816 r., a więc od czasu utworzenia pruskiego Sztabu Generalnego, który rozpoczął w tymże roku wielkie prace triangulacyjne kierowane przez Müfflinga i Krausenecka. Niestety, nie udało się uzyskać źródłowych materiałów, dotyczących tych prac, a opieranie się na wzmiankach, zamieszczanych w czasopiśmie fachowych, pochodzących ze znacznie późniejszego okresu, uznał autor za nieliczące z powagą całości opracowania.

Należy podzielić się również z czytelnikiem wątpliwościami, które nasunęły się już podczas samego pisanie.

Nazwy punktów triangulacyjnych, położonych na ziemiach polskich podano w języku niemieckim, zaopatrując je w cudzysłowy, po czym w nawiasach umieszczono nazwę polską. Decyzję taką powzięto dla umożliwienia powiązania opracowania z materiałami źródłowymi, gdzie nazwy te figurują w języku niemieckim. W niektórych wypadkach podano tylko nazwy niemieckie, bowiem identyfikacja punktów z miejscowościami okazała się niemożliwa.

Podobne wątpliwości autor miał przy wyborze pisowni nazwisk brzmiących po polsku, ale odnoszących się do osób, będących na służbie niemieckiej. Wobec trudności stwierdzenia faktycznej narodowości tych osób, zdecydowano stosować jednolicie pisownię niemiecką.

Autor pragnąłby wyrazić gorące podziękowanie recenzentom opracowania: mgrów inż. Kazimierzowi Sawickiemu i drowi inż. Januszowi Gołaskiemu za ich życzliwą ocenę i cenne uwagi, których większość została uwzględniona. Ogólna ocena recenzentów upoważnia jednak do mniemania, że pomimo wielu poważnych niewątpliwie mankamentów, opracowany fragment zasługuje na opublikowanie i rozpowszechnienie go w gronie zainteresowanych, których liczba jest, jak można było stwierdzić, zaskakująco wysoka. Ponieważ zaś z zakresu historii geodezji nie mieliśmy dotąd w Polsce tego rodzaju obszernych opra-

cowań i przedsięwzięcie niniejsze uznać można w pewnym sensie za pionierskie, byłoby bardzo dobrze, aby odezwały się dalsze rzeczowe głosy krytyczne, ewentualne sprostowania, uzupełnienia czy komentarze. Być może, znajdują się osoby, które miały lub mają dostęp do materiałów, nieosiągalnych dla autora. W ten sposób, wzbogacona o nowe szczegóły monografia stanie się naprawdę wartościowym opracowaniem, cennym dla poznania nauki i techniki geodezji w ich historycznym rozwoju.

1. PRUSKIE POMIARY PODSTAWOWE W LATACH 1832-1865

A. POMIAR STOPNIA BESSELA (1832-1836)

W 1830 r. generał Tenner, który z ramienia rosyjskiego Sztabu Generalnego kierował pracami nad wykonaniem triangulacji I rzędu zachodnich prowincji Cesarstwa Rosyjskiego, otrzymał zlecenie swych władz opracowania projektu połączenia triangulacji rosyjskiej z pruską. Tenner zaprojektował takie nawiązanie w rejonie Kłajpedy. W rozwiązaniu tym dopatrzyć się można głębokiej myśli geodezyjnej: było to bowiem najkrótsze połączenie pomiędzy dobrze wyznaczonym punktem astronomicznym obserwatorium w Królewcu i triangulacją pruską w rejonie tego miasta, a obserwatorium w Dorpacie i triangulacją rosyjską na terenie Litwy.

Porozumienia w tej sprawie pomiędzy rządami rosyjskim i pruskim doprowadziły do podjęcia najpoważniejszej w XIX w. geodezyjnej pracy niemieckiej, która dała podstawy triangulacji Niemiec na blisko sto lat i posiadała znaczenie przekraczające zasięg jednego kraju.

Decyzja w sprawie podjęcia prac zapadła dopiero w 1832 r. Wtedy to na wniosek szefa pruskiego Sztabu Generalnego von Krausenecka, król pruski Fryderyk Wilhelm III zlecił wykonanie stosownej triangulacji Fryderykowi Wilhelmowi Besselowi, astronomowi obserwatorium w Królewcu oraz Janowi Jakubowi Baeyerowi, będącemu w tym czasie majorem Sztabu Generalnego. W latach 1832-1836 wykonana została pod ich kierownictwem praca nazwana „Pomiarem stopnia w Prusach Wschodnich”.

Obaj kierownicy tej pracy byli wybitnymi fachowcami w dziedzinie astronomii i geodezji. F. W. Bessel, ur. 22 VII 1784 r. w Minden, już jako dwudziestoletni młodzieniec obliczył orbitę komety Halleya i został asystentem obserwatorium w Liliental. Tam wykonał kilka ważnych prac astronomicznych, m. in. obliczył z niespotykaną dotychczas dokładnością wartości refrakcji, precesji i nutacji z obserwacji w południku, wykonanych przez Bradleya. W 1810 r. Bessel mianowany zostaje profesorem Uniwersytetu Królewskiego. Tam organizuje i buduje obserwatorium astronomiczne, którego dyrektorem pozostaje do śmierci, tj. do 17 III 1846 r.

Prace astronomiczne Bessela, wykonane w stworzonym przez niego Obserwatorium, mają ogromne znaczenie zarówno dla astrofizyki, jak i dla astrometrii. Nas jednak przede wszystkim interesuje jego wkład do geodezji, który posiada bodajże większą jeszcze wartość, a wykonanie i opracowanie pomiaru stopnia jest ich najlepszym wyrazem.

Drugi z kierowników pomiaru stopnia, J. J. Baeyer, był godnym pomocnikiem i znakomicie uzupełniał swego wielkiego kolegę. Urodzony w 1794 r., poświęcił się pracy wojskowej, a skierowany do prac pomia-

rowych stał się jednym z filarów geodezji pruskiej w XIX w. oraz inicjatorem późniejszych wielkich prac geodezyjnych o zasięgu międzynarodowym. Zmarł w randze generała w 1885 r.

Łańcuch zaprojektowany przez Bessela ciągnął się od krańcowego boku triangulacji Krausenecka (łańcuch Śląsk—Wybrzeże Gdańskie), położonego na południe od Królewca (wg ówczesnej nomenklatury bok „Trunz”—„Wildenhof”) do boku rosyjskiej triangulacji Kłajpeda (Memel)—Lepaicie, wzdłuż wybrzeża Bałtyku. Łącząc się przez łańcuch Krausenecka z zachodnimi łańcuchami Müfflinga i Tranchota, stanowił ogniwo wiążące triangulację rosyjską z systemami zachodniej Europy.

Aczkolwiek wyniki pomiaru stopnia Bessela nie nadają się do wykorzystania dla nowoczesnych sieci astronomiczno-geodezyjnych, to jednak znaczenie historyczne tej pracy skłania do poświęcenia jej nieco uwagi.

Łańcuch zawierał 4 punkty nawiazania, 8 punktów nowych oraz dodatkowo 5 punktów sieci bazowej. Zachodnie boki łańcucha były dłuższe, aby umożliwić przejście pomiędzy skrajnymi punktami możliwie małą ilością elementów. Było ich więc tylko cztery, przy sześciu bokach wschodnich.

Kształt trójkątów odbiegał znacznie od przyjmowanych obecnie norm prawidłowości, co spowodowane było trudnościami w budowie wież, a co za tym idzie — w swobodnym wyborze punktów. Stanowiska rzadko kiedy przewyższały 10 m wysokości — jako przykład ówczesnego rozwiązywania trudności zabudowy służyć może punkt „Wildenhof”, gdzie stanowiskiem był pień jodły, ścięty na wysokości 11 m nad ziemią.

Łańcuch oparty był na jednej tylko bazie, położonej około 12 km na zachód od Królewca. Znaczenie tej bazy jest jednak bardzo poważne i związane z przyrządem do jej pomiaru, sposobem pomiaru bazy i sieci bazowej oraz sposobem obliczenia, należy do ogólnoświatowej historii geodezji.

Do pomiaru kątów używano piętnastocalowego kręgu repetycyjnego Ertela (pomierzono 8 stacji łańcucha) oraz dwunastocalowego instrumentu repetycyjnego Pistora i Schiecka (na 4 stacjach). Obserwowano przeważnie na słupach kamiennych lub drewnianych. W kilku przypadkach punktami były wieże stałe (np. wieże kościelne, latarnie morskie itp.). Do sygnalizacji służyły heliotropy prostej konstrukcji, używane następnie przez długie lata w triangulacji niemieckiej. Stabilizowano punkty palami drewnianymi (poza siecią bazową), które nie zachowały się długo, co obniżało znacznie wartość triangulacji.

Pomiar kątów dokonany był tzw. metodą pomiaru kierunków. Między każdymi dwoma poczetami krąg przesuwano o około 15° i stale odczytywano na 4 noniuszach. W ten sposób przy sześciu takich nastawieniach eliminowano błędy systematyczne podziału. Pełne serie uważane za najbardziej wartościowe, były jednak w praktyce rzadko możliwe do uzyskania. Była to jedna z przyczyn późniejszych prac Schreibera w dziedzinie ulepszenia metod obserwacji.

Dla uzyskania właściwego rozkładu błędów obserwacji zastosował Bessel własną metodę wyrównania stacyjnego. Była to również nowość w dziedzinie triangulacji, podobnie jak wiele innych elementów besselowskiego pomiaru stopnia. Metodę tę stosowano następnie w triangulacji pruskiej, aż do czasów wprowadzenia metody Schreibera pomiaru kątów we wszystkich kombinacjach. Ponieważ przy pomiarach kątów w łańcuchu nie były przeprowadzane obliczenia błędów jednostkowych pomiaru, a do obserwacji kątów w łańcuchu używano dwóch różnych

instrumentów, musiano je następnie poddać oddzielnym badaniom, dla wyznaczenia wag obserwacji w każdym z nich. Stosunek tych wag dla obu instrumentów był jednak znaczny i zmusił do zmniejszenia dla instrumentu dwunastocalowego wagi blisko ośmiokrotnie. Jednak doświadczenie uzyskane przy pomiarze omawianego łańcucha wykazało konieczność wyznaczania średniego błędu pomiaru z obserwacji na stanowisku, gdyż żadne badania laboratoryjne nie zastąpią polowych warunków wiarygodności celu, odległości jego oraz dokładności odczytu.

Jak wspomniano, jedyna dla łańcucha baza założona została w okolicy Królewca. Miała ona długość około 1,82 km i rozwinięta została następnie na boki łańcucha: „Wildenhof”—„Galtgarben” lub „Wildenhof”—„Kondehnen” za pomocą potrójnego rozwinięcia.

Bazę pomierzono w 1834 r. aparatem Bessela, specjalnie skonstruowanym do tego celu. Był to aparat złożony z czterech łańcuchów bimetalicznych (każda z nich złożona z dwóch prętów — żelaznego i cynkowego) o długości 2 toazy (około 3,9 m) każda. Pomiar odbywał się przez układanie łańcuchów na specjalnych podstawach, przy czym cztery łańcuchy uważano za jedno ułożenie. Pomiędzy łańcuchami odległości wyznaczano za pomocą klina pomiarowego, a cała baza obejmowała około 117 ułożeń.

Bessel opracował cały system wyznaczenia długości sztang oraz obliczenia całości bazy, jednak wyznaczenie poszczególnych niewiadomych, wynikających z ułożenia, nachylenia, odstępów, temperatury itd., przeprowadzone zostało dopiero w trakcie późniejszych badań po pomiarze bazy, i ta okoliczność znacznie obniżyła wartość samego wyznaczenia długości.

Baza pomierzona została dwukrotnie, w kierunkach przeciwnych. Z różnic pomiaru otrzymano błąd pomiaru całej bazy 3,13 mm, albo jako błąd średni $1 \text{ km} \pm 1,72 \text{ mm}$. Aparat bazowy Bessela stanowił podstawę pomiaru baz w Niemczech aż do 1921 r. Ponieważ zaś pruska jednostka długości datuje się od czasów wyznaczeń Bessela, dlatego wypada na tym miejscu parę słów o niej wspomnieć.

Jak wiadomo, triangulacyjne prace Bessela posłużyły mu do określenia elementów elipsoidy ziemskiej, nazwanej jego imieniem i przewziętej jako obowiązująca w Niemczech. Zarówno te elementy, jak też i długość aparatu bazowego Bessela wyrażone były w toazach i tzw. mierze legalnej. Na terenie Niemiec do tego czasu były w użyciu najróżnorodniejsze miary, oparte na rozmaitego rodzaju stopach (w samych Prusach znano ich 13). Bessel pierwszy do komparowania swego aparatu posłużył się toazem, który wykonany przez Fortina porównany został bardzo starannie z oryginalnym toazem peruwiańskim. W 1799 r. ustalono zależność pomiędzy toazem peruwiańskim i metrem. Określono metr, jako czterdziestomilionową część obwodu Ziemi i ustalono, że długość 1 metra legalnego wynosi 443,296 linii paryskich toaza peruwiańskiego przy 13°R . W sposób materialny długość jednego metra zobrazowana została w postaci sztaby platynowej, przechowywanej jako tzw. metr archiwalny w archiwum państwowym w Paryżu. Był to wzorzec końcowy przedstawiający sobą długość 1 metra legalnego przy temperaturze 0° .

Wyznaczenia Bessela wykazały, że długość ćwiartki południka Ziemi jest o 856 m dłuższa niż 10^7 legalnych metrów; dlatego nie spełnione zostały zamierzenia uznania metra jako miary „naturalnej”. Jednak wprowadzenie metra legalnego było zerwaniem z dotychczasową różnorodnością miar i stanowiło poważny postęp. Konwencja metryczna z 20 V 1875 r. wprowadziła powszechnie metr legalny jako miarę obowiązującą

w państwach, które do tej konwencji przystąpiły. Utworzone w Paryżu Międzynarodowe Biuro Miar i Wag zobowiązane zostało do przechowywania wspólnego wzorca prototypowego metra legalnego, czyli normalnego oraz do zaopatrzenia poszczególnych państw w przymiary do użytku wewnętrznego. W 1889 r. sporządzony został ze stopu platyny z irydium nowy przymiar normalny, zastępujący dawny, którego materiał okazał się niezbyt szczęśliwie dobrany. Ten nowy wzorzec metra jest przymiarem kreskowym, a nie końcowym jak metr archiwalny i otrzymał nazwę metra międzynarodowego.

W Niemczech metr międzynarodowy wprowadzony został zasadniczo w 1893 r. Jednak pomiar kraju był w tym czasie już tak daleko posunięty, że przeliczenie wszystkich uprzednich pomiarów nie mogło być dokonane. Dlatego Pruskie Biuro Pomiarów i większość innych krajów niemieckich zachowały dawny metr legalny jako jednostkę obowiązującą. Jest ona o $13,4\mu$ dłuższa od metra międzynarodowego, a więc aby wielkości wyrażone w metrach legalnych odnieść do metra międzynarodowego trzeba do logarytmów długości dodać 58,0 jednostek siódmego miejsca. Późniejsze pomiary wykazały jednak znaczne błędy w wielkościach wyznaczanych w metrach legalnych i sprawa właściwej jednostki długości triangulacji niemieckich nie została w istocie rozstrzygnięta aż do końca drugiej wojny światowej.

Pomiar aparatem Bessela był bardzo kłopotliwy i kosztowny. Same roboty wstępne wymagały przygotowania odpowiedniej trasy — pracowało przy tym około 60 robotników w okresie 3 miesięcy. Przy samym pomiarze zatrudnionych było około 100 osób, a prędkość pomiaru wynosiła 2 km dziennie. Dlatego bazy pomierzone aparatem Bessela były na ogół krótkie i wahały się od 1,82 (baza królewiecka w 1834 r.) do 8,11 km (baza berlińska w 1908 r.). Dodatkowo pomierzono w 1921 r. krótką bazę (o długości 1,25 km) pod Monachium. Była to ostatnia z trzynastu baz pomierzonych w Niemczech tym aparatem. Dokładność pomiaru ich była zupełnie zadowalająca, jednak kłopotliwość i kosztowność pomiaru skłaniały do poszukiwania bardziej ekonomicznych przyrządów.

Baza królewiecka przeniesiona została na bok sieci triangulacyjnej za pomocą sieci bazowej. Bessel w swym sprawozdaniu z pomiaru stopnia pisze, że wykorzystał w tym zakresie wskazówki Schwerda, profesora uniwersytetu w Spirze, który zaleca pomiar krótkiej linii i powiązanie jej za pomocą specjalnej sieci z boki właściwego łańcucha. Schwerd podaje również wykorzystane przez Bessela zasady rozłożenia pomiarów kątowych na poszczególnych stanowiskach sieci bazowej. Według tych zasad kąty ostre pomierzone zostały szczególnie dokładnie.

Punkty sieci bazowej zastabilizowano bardzo trwale, tak że jeszcze po wielu latach można je było zidentyfikować, w przeciwieństwie do pozostałych punktów łańcucha pomiaru stopnia. Jeśli chodzi o prace obliczeniowe, to zasadąesselowskiego wyrównania triangulacji było objęcie warunkiem minimum sumy kwadratów poprawek wszystkich pojedynczych pomiarów, wykonanych w całym łańcuchu, a nie tylko elementów, wprowadzonych do ostatecznego obliczenia. W wyrównaniu tym więc bierze udział nie 70 poprawek kątowych, a około 3500 poprawek do kierunków pomierzonych w łańcuchu. Wyrównanie takie podzielone zostało na wyrównanie poszczególnych stanowisk, z których obliczone kąty weszły do drugiej części obliczeń, mianowicie do wyrównania sieci, jednak wspólnie ze współczynnikami stacyjnych równań normalnych.

Praca Bessela nie zawiera oceny dokładności. Jednak wiadomo jest,

że już w 1816 r. Bessel opracował metody ustalania średnich błędów pomiaru kierunków z wyrównań stacyjnych. Na podstawie tej zasady w 1870 r. obliczono, że średni błąd pomiaru kąta wynosił $\pm 0''77$.

Jak wiemy, do pomiaru kątów w łańcuchu używane były dwa różne instrumenty. Dlatego trudno jest bez szczegółowej analizy (a taka nie była w odpowiednim czasie przeprowadzana) mówić o dokładnej znajomości rozkładu błędów w sieci. Przy późniejszej jednak analizie dokładności przeprowadzono badanie zamknięcia poszczególnych trójkątów i stwierdzono, że największa bezwzględna wartość tego zamknięcia wynosiła $1,758''$, a najmniejsza — $0''000$. Z 22 trójkątów sieci bazowej i sieci zasadniczej otrzymano średni błąd pomiaru kąta $\pm 0''68$, a więc bardzo bliski otrzymanemu z wyrównań stacyjnych.

W latach 1832-1833, jednocześnie z pomiarem łańcucha, wykonane zostało nawiązanie z triangulacją rosyjską Tennera w rejonie Kłajpedy. Ze strony pruskiej prace wykonane były przez Bessela i Baeyera, reprezentujących pruski Sztab Generalny, ze strony rosyjskiej — przez Tennera, reprezentującego Sztab Generalny rosyjski. Rosyjskie trójkąty nawiązania w liczbie sześciu pomierzone były pierwotnie w 1821 r. jako część pomiaru guberni wileńskiej. Jeden z tych trójkątów oraz cztery dodatkowe pomierzono wspólnie w 1832 r. specjalnie dla celów nawiązania. Jako bok nawiązania przyjęto bok Kłajpeda (Memel) Kościół—Lepajcie.

Rosyjska baza Połaga—Święta nie mogła być ze względów technicznych przyjęta jako bezpośredni bok nawiązania (oba końce bazy zaginęły). Dlatego dla obliczenia trójkątów nawiązujących przyjęto rosyjski bok Tarnowice—Jakubowo, obliczony z tej bazy.

Pomiar kątów ze strony rosyjskiej dokonano piętnastocalowym kręgiem repetycyjnym Troughtona oraz dwunastocalowym teodolitem Reichenbacha. Zamknięcia trójkątów wahały się od $-0''32$ do $+0''74$.

Z porównania wspólnego boku Kłajpeda Kościół—Lepajcie otrzymano (po przeliczeniu na metry):

- z pomiarów pruskich 32872,351 m ($lg = 4.2270108,0$),
- z pomiarów rosyjskich 32871,156 m ($lg = 4.2270051,2$).

Kształt trójkątów nawiązania odpowiadał, tak jak w całym łańcuchu pomiaru stopnia, ówczesnym możliwościom budowy sieci, a więc nie przedstawiał się zbyt prawidłowo. Natomiast zwracała uwagę bardzo dobra stabilizacja punktów rosyjskich, co miało znaczny wpływ na zmianę założeń co do utrwalania punktów w triangulacji pruskiej.

Wypada obecnie zastanowić się nad tym, jakie znaczenie posiada pomiar stopnia Bessela dla rozwoju geodezji.

Nowoczesne badania kształtu Ziemi za pomocą pomiaru długości łuku południka datują się od XVIII w., jako następstwo stwierdzonych przez obserwacje różnych okresów wahań wahadła w różnych punktach Ziemi jej kształtu sferoidalnego. W latach 1684-1718 francuscy uczeni Cassini (ojciec i syn) wykonali zgodnie z projektem Piccarda pomiar południka na północ od Paryża do Dunkierki oraz na południe do Collure w okolicach Parpignam na granicy hiszpańskiej. Z pomiaru tego wynikała wyraźna różnica w długości stopnia południka na północy i na południu. Jednak dla usunięcia powstałych wątpliwości, wysuwanych pod kątem zaistnienia błędów pomiaru, paryska Akademia Nauk zorganizowała dwie ekspedycje w oddalone tereny kuli ziemskiej. Jedna z nich miała za zadanie pomiar stopnia południka w okolicach równika, w Peru, druga

zaś — w okolicach podbiegunowych, w Laponii. Ekspedycja peruwiańska, kierowana przez Bouguera wykonała pomiar południka od $0^{\circ}2'30''$ szer. półn. do $3^{\circ}4'30''$ szer. połudn. w latach 1735-1742. Ekspedycja lapońska pod kierunkiem P. L. Maupertuis wykonała w latach 1736-1737 pomiar łuku południka o długości $57'30''$, wyniki tego pomiaru, przeprowadzonego w bardzo ciężkich warunkach atmosferycznych i geograficznych, uznane zostały za niedostatecznie dokładne. Natomiast w czasie działalności obu ekspedycji przeprowadzono dodatkowe pomiary na łuku Cassiniego we Francji, podnoszące dokładność wyników.

Z porównania wyników w Peru i we Francji otrzymano spłaszczenie Ziemi $1 : 314$, natomiast z porównania wyników w Laponii i we Francji — $1 : 214$. Chociaż wyniki te znacznie odbiegają od rzeczywistych, jednak mają dużą wartość jako pierwsze tego rodzaju wyznaczenia w historii geodezji. Wspomnieć należy, że uczestnikiem wyprawy lapońskiej był słynny uczony Clairaut, twórca faktyczny geodezji dynamicznej.

Koniec XVIII w. przyniósł pomiar łuku południka Dunkierka — Barcelona, wykonany w latach 1792-1797 pod kierunkiem Delambre'a dla ustalenia długości metra jako jednej dziesięciomilionowej części ćwiartki łuku południka. Pomiar ten był następnie uzupełniony i doprowadzony na południe do Algieru, a na północy do Wysp Szetlandzkich. Ogółem objął 27° szerokości geograficznej i nazwany został zachodnioeuropejskim pomiarem stopnia. Wyznaczony w 1800 r. przez Delambre'a promień równika wyniósł 6 375 653 m, a spłaszczenie $1 : 334.0$.

W 1816 r. Tenner w zachodnich prowincjach Rosji, a Struve w prowincjach nadbałtyckich rozpoczęli pomiar łuku południka. Praca ich, zakończona ostatecznie w 1852 r., objęła łuk południka od ujścia Dunaju do wybrzeży Oceanu Lodowatego na przestrzeni $25^{\circ}20'$. Była to największa praca geodezyjna w pierwszej połowie XIX w.; wyniki jej wykorzystuje się do dnia dzisiejszego.

Z części wykonanych pomiarów już w 1844 r. Tenner wyznaczył promień równika (6 377 096 m) oraz spłaszczenie ($1 : 302.5$).

Na wniosek Struvego rozpoczęto pomiary stopnia w kierunku równoleżnikowym, mianowicie wzdłuż 52° i $47,5^{\circ}$ szer. półn. Pierwszy z tych pomiarów (wykonany zresztą w drugiej kolejności), rozpoczynał się na południowo-zachodnim wybrzeżu Irlandii i przechodził łańcuchem przez Greenwich, Paryż, Berlin, Warszawę, Grodno, Orel, Saratow kończąc się w rejonie Orska — cała długość łańcucha wynosiła około 69° , z czego 9° leżało na obszarze dzisiejszej Polski. Pomiar wzdłuż równoleżnika $47,5^{\circ}$ stanowił łańcuch od francuskiego portu Brest, przez Strasburg, Monachium, Wiedeń, Kiszyniów — do Astrachania. Prace pomiarowe w części tego łańcucha, leżącej na terenie Europy zachodniej nie były nigdy zakończone, wobec czego zaniechano w Rosji przedłużenia tego łańcucha.

W latach 1899-1902 Petersburska Akademia Nauk wraz ze Szwedzką Akademią Nauk przeprowadziły prace pomiaru stopnia na Szpicbergenie dokonując w ten sposób obserwacji tego rodzaju wysuniętych najdalej na północ.

Poza Europą znany jest pomiar stopnia w Indiach, rozpoczęty przez uczonych angielskich w 1800 r. Za pomiary stopnia można w pewnej mierze uważać wielkie triangulacyjne prace w Stanach Zjednoczonych A. P., prowadzone w trzydziestych latach ubiegłego wieku; podobny charakter mają prowadzone w XIX w. znacznie mniejsze prace w Kanadzie i w Meksyku. W 1883 r. rozpoczęto pomiar łańcucha triangulacyjnego od

Przylądka Dobrej Nadziei do Kairu. Były to ostatnie tego rodzaju prace w XIX w.

Z pomiarów poprzednio wymienionych geodeci wielu krajów korzystali dla wyznaczenia elementów elipsoidy ziemskiej. Do końca XIX w., poza wymienionymi już Delambrem i Tennerem, uczestniczyli w tej pracy i ogłosili swe wyniki: Airy w 1830 r. (wielka półoś 6 376 542 m, spłaszczenie 1 : 299.3), Bessel 1841 r. (6 377 397, 1 : 299.2), Schubert 1861 r. (6 378 547, 1 : 283.0), Clark 1866 r. (6 378 206, 1 : 295.0), Clark 1880 r. (6 378 249, 1 : 293.5), Bonsforf 1888 r. (6 378 345, 1 : 298.6) i Zdanow 1893 r. (6 377 717, 1 : 299.7). Dalsze prace należą już do XX w.

Oczywiste jest, że wyniki pomiaru samego tylko łańcucha Bessela opisanego w pierwszej części tego rozdziału nie mogły stanowić podstawy dla wyznaczenia przez niego elementów elipsoidy ziemskiej, tak bardzo długo stosowanej w wielu krajach. Bessel dla swych obliczeń wykorzystał około dziesięciu najlepszych pomiarów, wykonanych aż do jego czasów. Stwierdzić jednak należy, że pomiar stopnia Bessela był z pewnością na pierwszym miejscu wśród tych dziesięciu, a najprawdopodobniej posłużył jako zaczyn całej operacji. I w tym szukać należy jego szczególnego znaczenia dla całej geodezji XIX w.

B. POMIAR WYBRZEŻA (1837-1846)

Zanim po pierwszym nawiązaniu triangulacji pruskich z rosyjskimi nastąpiły dalsze, Biuro Trygonometryczne Pruskiego Sztabu Generalnego wykonało drugą wielką pracę, jaką był pomiar łańcucha triangulacji I-rzędu wzdłuż południowego wybrzeża Bałtyku.

Część tego łańcucha projektowana była przez Oesfelda już w 1811 r., jako rozwinięcie prac prowadzonych przez profesora astronomii z Altony, Schumachera, na terenie północnych Niemiec, Szlezewiku, Holsztynie oraz Danii. W toku podjętych prac przedłużono jednak łańcuch aż do rejonu Gdańsk—Królewiec, gdzie związany on został z łańcuchem Krausenecka oraz Bessela.

Roboty prowadzone były pod kierunkiem Jana Jakuba Baeyera. Współpracował on z Bessellem przy pomiarze stopnia i w pracach wykonywanych wzorował się stale na swym mistrzu. Toteż naukowe i techniczne zasady łańcucha pomiaru wybrzeża pokrywają się w zupełności z zasadami stosowanymi przez Bessela.

Całość łańcucha składa się z dwóch części: pierwsza z nich wykonana w latach 1837-1842 to łańcuch łączący wspólny bok łańcucha pomiaru stopnia i łańcucha Krausenecka, „Trunz”—„Wildenhof” z nawiązaniem duńskim; druga część — to wykonany w latach 1842-1846 łańcuch łączący bok poprzedniego łańcucha „Vogelsang”—„Kleistberg” z triangulacją Müfflinga w okolicach Berlina. Mniejsza część łańcucha Baeyera, mianowicie 22 punkty na ogólnej liczbie 55, położona jest na obecnych ziemiach polskich; jednak doniosłość tego pomiaru skłania do omówienia paru szczegółów, związanych z jego wykonaniem.

Zasady wyboru punktów, kształt i wielkość trójkątów, sposób zabudowy, sygnalizacji i stabilizacji nie odbiegały od zasad znanych nam już z omówienia pomiaru stopnia Bessela. Część północna łańcucha jest właściwie pojedynczym łańcuchem trójkątów, natomiast część dowiązująca do Berlina jest wydłużoną siecią, rozbudowanym podwójnym łańcuchem o krótszych bokach. Kąty pomierzone zostały analogicznie jak w łańcuchu pomiaru stopnia tym samym instrumentem piętnastocalowym krę-

giem repetycyjnym Ertela, jednak z naniesionym nowym podziałem kręgu. Początkowo stosowano noniusze, które w zimie roku 1839/1940 zastąpione zostały mikroskopami.

Wyrównanie obserwacji na poszczególnych stacjach uległo pewnej modyfikacji w stosunku do sposobu stosowanego przez Bessela. Mianowicie podczas gdy Bessel rozróżniał jedynie poszczególne poczety, z których każdy posiadał oddzielną orientację, to tutaj zastosowano grupy takich poczetów o orientacji wspólnej dla całej grupy. Kierunki nawiązania wspólne dla pierwszej i drugiej części łańcucha przyjęte zostały za stałe z wyrównania części pierwszej, tak że cała niewiązka z pomiaru ich w części drugiej obarczyła tylko tę część.

Dokładność sieci określono z poprawek kątów bądź kierunków po ich wyrównaniu metodami stosowanymi już uprzednio przez Bessela. Aczkolwiek późniejsi autorzy wysuwają wiele słusznych wątpliwości co do ścisłości tej oceny, to jednak z wystarczającym dla nas stopniem przybliżenia możemy ją przyjąć. Średni błąd kąta wynosi według niej $\pm 0''77$ przeciętnie dla całej sieci, co należy uznać za dobrą dokładność, zwłaszcza przy ówczesnym stanie budowy instrumentów oraz metod pomiaru.

Pracę zakończono w 1846 r. pomiarem drugiej bazy pruskiej, w okolicach Berlina. Baza ta, o długości około 2336 m, pomierzona została dwukrotnie w czterech odcinkach. Do pomiaru zastosowano aparat bazowy Bessela wypróbowany już przy pomiarze bazy królewieckiej. Stałe aparatu wyznaczono jednak na nowo, otrzymując następującą różnicę dla średniej długości czterech lat:

$$1834 \text{ r. } l = 1729,1167 - 0,56422 K \text{ (linii paryskich)}$$

$$1846 \text{ r. } l = 1729,0999 - 0,55228 K \text{ (linii paryskich)}$$

(gdzie K = współczynnik rozszerzalności).

Wyraźne skrócenie się przymiaru przypisywano zarówno zmianom molekularnym w metalach, jak też i zużyciu wskutek pomiaru i niezbyt właściwej konserwacji aparatu.

Z pomiaru bazy otrzymano: $b = 2336,3715$ m, a po zredukowaniu na poziom morza: $2336,3548$ m.

Średni błąd pojedynczego pomiaru odcinka 1 km wyniósł $\pm 1,55$ mm, a dla całości bazy z podwójnego pomiaru otrzymano $\pm 1,68$ mm. Jest to obliczenie dokładności późniejsze, gdyż we wcześniejszej publikacji poświęconej temu pomiarowi znajdujemy na średni błąd wartość 2,37 mm, co jednak spowodowane jest nieprawidłowościami w stosowaniu zasad teorii błędów.

Zarówno łańcuch pomiaru stopnia, jak też i pomiaru wybrzeża posiadały więc każdy dla siebie bazę. W ten sposób można było po raz pierwszy wyznaczyć długość wspólnego boku: „Trunz”—„Wildenhof” raz z jednej, a drugi raz z drugiej bazy. Otrzymano w ten sposób: z bazy królewieckiej 30123,7481 toazów, a z bazy berlińskiej 30123,5041 toazów.

Jako różnicę otrzymujemy 0,2440 toazów, a więc 8,1 mm na 1 km, czyli 31 jednostek siódmego miejsca logarytmu. Wynik ten jest bardzo dobry, zwłaszcza gdy weźmiemy pod uwagę brak jakiegokolwiek warunku nawiązania przy wyrównaniu łańcuchów.

Ten błąd nawiązania został rozrzucony na poszczególne boki łańcuchów, przy czym jako wagi boków przyjęto liczby proporcjonalne do ilości trójkątów zawartych pomiędzy tym bokiem a bazą.

Jeśli chodzi o trygonometryczne powiązanie obu baz, to interesująca jest uwaga Baeyera, zamieszczona w wydanym w r. 1863 sprawozdaniu

generalnym z europejskiego pomiaru stopnia. Wspomina on tam mianowicie, że biorąc pod uwagę różnicę między komparacją aparatu Bessela w Berlinie ($L = 1729,0999$) i komparację tegoż aparatu w Brukseli ($L = 1729,1125$) należałoby poprawić wszystkie boki trójkątów łańcucha pomiaru stopnia o 31,6 jednostek siódmego znaku logarytmu.

Wykonanie pomiaru bazy berlińskiej przez Baeyera było poważnym krokiem naprzód wobec zasady, głoszonej przed kilkudziesięciu laty przez Müfflinga. Twierdził on mianowicie, że mając już pomierzoną bazę w jakiejś sieci nie ma potrzeby mierzyć dalszych baz.

Dla ziem naszego obecnego Pomorza Zachodniego łańcuch pomiaru wybrzeża Baeyera posiadał bardzo poważne znaczenie. Wraz z dołączonymi łańcuchami równoleżnikowym z 1865 r. i południkowym z 1867 r. stał się on bowiem podstawą dla pokrycia tych obszarów siecią triangulacji niższych rzędów, która była jedyną siecią wykorzystywaną aż do ostatnich czasów. Nowa sieć I rzędu założona została na tych terenach dopiero w latach 1933-1936, a sieć triangulacji niższego rzędu doczekała się całkowicie nowej postaci dopiero w ostatnich latach.

C. ŁAŃCUCH ŚLĄSKI I NAWIĄZANIA Z TRIANGULACJĄ ROSYJSKĄ POD TARNOWSKIMI GÓRAMI (1852-1854, 1878)

W 1850 r. nastąpiło kolejne porozumienie pomiędzy Prusami i Rosją co do powiązania sieci triangulacyjnych obu krajów. Wybrano dwa rejonu nawiązania: na Śląsku oraz w okolicach Torunia. Ze strony pruskiej prace prowadzone były przez Baeyera, ze strony rosyjskiej — przez Tennera. Naukowy nadzór nad całością operacji sprawowali: ze strony pruskiej dyrektor obserwatorium berlińskiego J. F. Encke, ze strony rosyjskiej dyrektor obserwatorium pułkowskiego W. Struve.

Do prac przystąpiono w pierwszym rzędzie w rejonie Śląska. W latach 1852-1854 Baeyer pomierzył sieć związaną z jednej strony z bokiem dawnego łańcucha śląskiego Müfflinga, z drugiej zaś — z bokiem „Annaberg” (Góra Św. Anny) — „Pschow” (Pszów), będącym zachodnią granicą sieci nawiązującej z triangulacją rosyjską. Łańcuch Baeyera zaopatrzony był we własną bazę, pomierzoną w okolicy Strzelina i rozwiniętą przez sieć bazową, która jako całość weszła w skład łańcucha.

Obserwatorami byli: generał-major Baeyer, major von Hesse i por. Stiehle i von Gottberg. Do pomiaru kątów zastosowano piętnastocalowy krąg Ertela, używany już uprzednio przy pomiarze wybrzeża i wcześniej jeszcze przy pomiarze stopnia Bessela oraz skonstruowany w 1851 r. trzynastocalowy instrument uniwersalny Pistora i Martinsa. Oba instrumenty przy wyrównaniu traktowano jako równoważne.

Łańcuch śląski mógł otrzymać stosowną orientację na elipsoidzie Bessela dopiero wtedy, gdy za pomocą łańcucha marchijsko-śląskiego połączony został z główną siecią triangulacyjną, o czym będzie mowa. Przy przeliczaniu współrzędnych tymczasowych, otrzymanych z wyrównania łańcucha w 1854 r., na układ sieci głównej powstały oczywiście pewne rozbieżności, wynikłe przede wszystkim z niedokładności obliczeń. Jednak rozbieżności te były tak małego rzędu, że obliczone z nowych współrzędnych kąty nie różniły się od pomierzonych więcej niż o $0''01$ w kierunku, a logarytmy boków w porównaniu z otrzymanymi z pierwszego wyrównania nie różniły się więcej niż o kilka jednostek w ósmym znaku logarytmu.

Jak wspomniano wyżej, opisywany łańcuch otrzymał własną bazę,

pomierzoną w okolicach Strzelina i włączoną do łańcucha za pomocą sieci bazowej. Baza ta pomierzona została w 1854 r. aparatem Bessela, pomiędzy punktami „Knieschwitz” i „Hermsdorf”. Długość bazy z pomiaru w 1854 r. wynosi w metrach niemieckich 2762,5455 m. W 1879 r. baza ta została dla celów naukowych pomierzona przez Królewsko-Pruski Instytut Geodezyjny aparatem Brunnera. Średni błąd pomiaru z 1854 r. wynosił $\pm 1,75$ mm na 1 km, a różnica pomiędzy pomiarami w obu kierunkach nie przewyższała 0,38 mm na 1 km. Średni błąd całej, dwukrotnie pomierzonej bazy był $\pm 2,06$ mm. Była to trzecia baza mierzona aparatem Bessela.

Pomierzoną długość przeniesiono na bok łańcucha śląskiego „Rummelsberg”—„Goy” za pomocą pięciokrotnego rozwinięcia nader skomplikowaną siecią bazową. Długość rozwiniętego boku wynosi w metrach niemieckich 26 145,947 m, a więc stosunek tego boku do bazy jest jak 10 : 1. Nie odpowiada to oczywiście nowoczesnym warunkom, stawianym sieciom bazowym.

Obserwacje sieci bazowej wykonano jednocześnie z obserwacjami łańcucha śląskiego i tymi samymi instrumentami. Do wykonania obserwacji zbudowano specjalny pomost, składający się: z kwadratowej płyty żelaznej o wymiarach 47×47 cm, czterech nóg z rur żelaznych o długościach 1,628 m oraz drugiej płyty, leżącej 0,6 pod ziemią nad punktem bazowym, o boku 0,78 m. Na tej płycie wspierały się nogi pomostu — obie zaś płyty miały w środku mały otwór, pozwalający na ustawienie instrumentu nad punktem bazowym. Krańce bazy były utrwalone bardzo silnie za pomocą fundamentu z wapienia oraz cegły i cementu.

Średni błąd pomiaru kąta w łańcuchu, otrzymany z wzoru Ferrero, wyniósł $\pm 0''728$. Łańcuch zawierał 16 stacji.

Łańcuch śląski Baeyera stanowił właściwe oparcie oraz pozwolił na włączenie do sieci państwowej triangulację Wrocławia, wykonaną w 1850 r. przez matematyka wrocławskiego Sadenbecka. Sieć ta została adaptowana w 1855 r. za pomocą trzech punktów łańcucha: „Zobten” (Sobótka), „Losen” (Łosień) i „Rummelsberg”.

Jednak ważniejsza była rola łańcucha śląskiego, jako pierwszego członu nawiązania z triangulacją rosyjską. Drugim członem była sieć złożona z 9 stanowisk, rozgałęziająca się od boku łańcucha śląskiego: „Anneberg” (Góra Św. Anny) — „Pschow” (Pszów), do rosyjskich punktów nawiązania Łysiec—Markowice—Grodziec. Właściwą sieć nawiązującą stanowił układ trzech trójkątów, których wierzchołki Łysiec—Markowice—Grodziec położone były po stronie „rosyjskiej” (w spisany układzie o nawiązaniu strona ta nazwana jest „polską”), a „Trockenberg” (Sucha Góra) i „Lubschau” (Lubaszów) — po stronie „niemieckiej”.

Nawiązanie śląskie jest drugim nawiązaniem triangulacji pruskiej i rosyjskiej — pierwszym było nawiązanie kłajpedzkie z lat 1832-1834. Przygotowanie do tego nawiązania było ze strony pruskiej bardzo staranne — porozumienie z Rosją nakładało obowiązek, poza pomiarem bazy, dokonania również obserwacji astronomicznych dla wyznaczenia współrzędnych geograficznych i azymutu.

W 1852 r. strona pruska dokonała pomiarów katowych oraz obserwacji astronomicznych na stanowisku Sucha Góra. W 1854 r. wykonano pomiar opisany wyżej bazy pod Strzelinem oraz sieci łączącej tę bazę z bokiem „Anneberg” (Góra Św. Anny) — „Pschow” (Pszów), stanowiącym zachodnią granicę nawiązania. Pomiary katowe w sieci nawiązania dokonane zostały przez tychże obserwatorów oraz tymi samymi instrumen-

tami, co w reszcie łańcucha śląskiego. Średni błąd pomiaru kąta według formuły międzynarodowej wynosił $\pm 0''583$.

Jako wspólny bok nawiązania z całością sieci triangulacji pruskiej uważany był bok: „Annaberg” (Góra Św. Anny) — „Pschow” (Pszów), określony na podstawie nowo pomierzonej bazy. Ze strony rosyjskiej jako baza wyjściowa, ustalająca długość wspólnych boków nawiązania, przyjęta została położona niedaleko baza Częstochowska, pomierzona w 1848 r. przyrządem Tennera.

Wspólne obserwacje dokonane zostały na wymienionych wyżej 5 punktach właściwego nawiązania. Ze strony rosyjskiej obserwowano w 1852 r. za pomocą dwóch dwunastocalowych teodolitów Ertela, o czterech nożniuszach z bezpośrednim odczytem $4''$, a szacowaniem do $1''$. Do wyznaczenia jednego kąta stosowano 12 poczetów, każdy z przesunięciem o $7\frac{1}{2}^\circ$, tak że prawdopodobieństwo eliminacji błędów podziału jest bardzo wysokie. Przy pomiarze pruskim stosowano metodę Bessela, zasadniczo przy 24 poczetach.

Porównanie wyników nawiązania dokonane zostało na wiosnę 1855 r. przez wymienioną na wstępie komisję, do której ze strony rosyjskiej wchodził Struve, ze strony zaś pruskiej — Encke. Opublikowane w 1857 r. wyniki wykazały dużą zgodność, niestety jednak okazały się nieprawdziwe, a to z następującej przyczyny.

W lecie 1877 r., przy okazji nawiązywania zakładanej właśnie sieci śląsko-poznańskiej do łańcucha śląskiego, dokonano ponownych obserwacji na punkcie „Annaberg” (Góra Św. Anny). Przy pomiarze kąta „Lossen” (Łosień)—„Annaberg” (Góra Św. Anny)—„Lubetzko” (Lubecko) otrzymano wynik o $7''45$ większy niż to wynikało z obserwacji z lat 1852-1854. Szczegółowe badania przeprowadzone następnie każy wnioskować, że błąd tkwił w obserwacjach dawnych. Dalsze analizy oraz pomiar przeprowadzony w 1878 r. wykazał, że błąd powstał wskutek bardzo skomplikowanego centrowania na punkcie „Annaberg” (Góra Św. Anny), zwłaszcza wobec właściwie niezależnych od siebie obserwacji na tym punkcie w 1852 r. w ramach pomiaru łańcucha śląskiego oraz w 1854 r. przy pomiarze nawiązania. Nowy pomiar był więc niezbędnie potrzebny zwłaszcza wobec tego, że również i sprawa centrowania przy celowaniu na punkt „Pschow” (Pszów) budziła pewne zastrzeżenia, a ponadto punkt „Bischofskoppe” (Biskupska Kopa) został uznany za zniszczony w 1877 r. Niepewny też okazał się punkt „Rummelsberg”.

W 1878 r. został więc dokonany ponowny pomiar kątów w trzech trójkątach: „Bischofskoppe” (Biskupska Kopa)—„Schneeberg” (Śnieżnik)—„Lossen” (Łosień), „Bischofskoppe” (Biskupska Kopa)—„Lossen” (Łosień)—„Annaberg” (Góra Św. Anny) i „Bischofskoppe” (Biskupska Kopa)—„Annaberg” (Góra Św. Anny)—„Pschow” (Pszów). Trójkąty te poddano następnie specjalnemu wyrównaniu z przymusem nawiązania do boku „Lossen” (Łosień)—„Schneeberg” (Śnieżnik).

Pomiar dla ponownego wyznaczenia wymienionych trzech punktów: „Bischofskope” (Biskupska Kopa), „Annaberg” (Góra Św. Anny) i „Pschow” (Pszów) wykonał kpt. Morsbach za pomocą dziesięciocalowego teodolitu Nr I Pistora i Martinsa. Obserwacje przeprowadzono nową naówczas, a wypróbowaną już uprzednio przy pomiarze łańcucha Łaby metodą Schreibera pomiaru kątów we wszystkich kombinacjach z pewnymi tylko zmianami, wynikającymi z konieczności włączenia na obserwowanych stanowiskach kierunków dowiązania dawniej pomierzonych. Średni błąd pomiaru kąta otrzymano $\pm 0''576$.

Po wyrównaniu trzech nowo pomierzonych trójkątów obliczono na nowo bok „Annaberg” (Góra Św. Anny) — „Pschow” (Pszów), przyjęty uprzednio jako nawiązujący. Logarytm tego boku wynosił 4.689 1825,1, podczas gdy pierwotne wyznaczenie go z pomiarów z lat 1852-1854 dało: 4.689 1718,9.

Różnica więc wynosiła — 106,2 jednostek siódmego miejsca logarytmu. Nowo otrzymaną wartość uznano jako ostateczną.

Porównanie z siedmiu bokami nawiązania, wyznaczonymi raz przez stronę rosyjską, drugi raz przez pruską dało następujące różnice (dane pruskie każdorazowo wykazywały większą wartość):

„Trockenberg” (Sucha Góra)	— „Lubschau” (Lubsza)	+ 130 jedn. 7 miejsca
Markowice	— „Lubschau” (Lubsza)	+ 115 jedn. 7 miejsca
Markowice	— „Trockenberg” (Sucha Góra)	+ 130 jedn. 7 miejsca
„Lubschau” (Lubsza)	— Łysiec	+ 95 jedn. 7 miejsca
Markowice	— Łysiec	+ 106 jedn. 7 miejsca
Markowice	— Grodziec	+ 123 jedn. 7 miejsca
„Trockenberg” (Sucha Góra)	— Grodziec	+ 122 jedn. 7 miejsca

Z powyższych danych widać, że rząd tych wielkości jest jednakowy, pozwalający na wyznaczenie różnic jednostek długości, użytych do wyznaczenia baz.

Obie opisane wyżej sieci triangulacji podstawowej zostały w latach późniejszych zagęszczone punktami pomocniczymi (Zwischenpunkte). Mianowicie w łańcuchu śląskim wyznaczono w 1878 r. 6 takich punktów, w nawiązaniu zaś — w 1877 r. — 2 nowe punkty.

Wszystkie te punkty zostały wyznaczone metodą kierunkową przy dwunastokrotnym nastawieniu. Jako instrumenty do pomiaru kątów służyły oba dziesięciocalowe teodolity Nr I i Nr II Pistora i Martinsa. Wyrównanie wyznaczonych punktów przeprowadzono bądź pojedynczo, bądź grupowo.

Łańcuch śląski posłużył również do nawiązania sieci triangulacyjnej pruskiej z austriacką. Sprawę tę jednak autor omawia w rozdziale następnym, stosownie do porządku chronologicznego prac triangulacyjnych na ziemiach polskich.

Łańcuch śląski oraz nawiązanie z siecią rosyjską stały się oparciem dla triangulacji II rzędu oraz niższych rzędów, analogicznie do opisanych już sieci I rzędu. Triangulacje szczegółowe tego obszaru, położonego na południowschód od Wrocławia i obejmujące Górny Śląsk, przetrwały aż do końca drugiej wojny światowej, gdyż nowe prace, rozpoczęte w oparciu o nowy łańcuch marchijsko-śląski z lat 1922-1928 nie zostały zakończone. Jedynie Górny Śląsk otrzymał wcześniej nowe sieci szczegółowe, co wynikało z wielkich potrzeb tego bardzo szybko rozwijającego się obszaru oraz zmian położenia punktów, spowodowanych odbudową górniczą.

Łańcuch śląski stanowił przedłużenie w kierunku południowo-wschodnim dawnego łańcucha śląskiego Müfflinga, który, jak wiemy, dochodził do rejonu Wrocławia. Jednak patrząc teraz z perspektywy czasu nie sposób jest uważać tej kontynuacji za równorzędną z dawnym łańcuchem. Prace Müfflinga i Krausenecka to jakby prace z innej epoki, epoki przedbesselowskiej. I aczkolwiek łańcuch Baeyera stanowi konsekwentne ogniwo wypełniania obszarów państwa pruskiego triangulacją I rzędu, to jednak widzimy wyraźnie, że należało oczekiwać nowych pomiarów, jako równoważnych do pomiarów Bessela i Baeyera, które za-

stępując pomiary Müfflinga i Krausenecka pozwoliłyby na utworzenie sieci łańcuchów, obejmujących byłe Prusy Wschodnie, Pomorze, Marchię i Śląsk, łączyłyby się ze sobą wzdłuż wschodniej granicy państwa i łączyłyby jednocześnie trzy nowoczesne bazy: królewicką, berlińską i strzełińską. Postęp techniczny i naukowy domagał się budowy takiego układu. Nastąpiło to w następnym okresie, po utworzeniu Biura Triangulacji Kraju w 1865 r. Biuro to przejęło prace dawnego Wydziału Triangulacyjnego Sztabu Generalnego.

D. ŁAŃCUCH WZDŁUŻ WISŁY I NAWIĄZANIE Z TRIANGULACJĄ
ROSYJSKĄ POD TORUNIEM (1853)

Jak wspomniano wyżej, porozumienie rosyjsko-pruskie z 1850 r. przewidywało nawiązanie triangulacji obu państw w dwóch rejonach; poza opisanym już nawiązaniem śląskim postanowiono wykonanie nawiązania w rejonie Torunia.

Aczkolwiek rejon nawiązania znajdował się tuż przy łańcuchu Krausenecka z lat 1828-1832, to jednak — zdaniem ówczesnych — łańcuch ten nie mógł być widocznie traktowany jako pełnowartościowa triangulacja I rzędu, gdyż w 1853 r. wykonano pomiar specjalnego łańcucha, biegnącego wzdłuż dolnego biegu Wisły i łączącego rejon Torunia z łańcuchami pomiaru stopnia i pomiaru wybrzeża. Kierownictwo pomiarów spoczywało w rękach Baeyera, analogicznie jak w przypadku nawiązania śląskiego. Również i wszystkie warunki nawiązania były te same.

Łańcuch Wisły składał się z 19 stanowisk, na których kąty mierzono tymi samymi instrumentami i metodami, co przy nawiązaniu śląskim. Punkty łańcucha otrzymały trwałą stabilizację. Jako bok wyjściowy triangulacji pruskiej posłużył bok „Trunz”—„Brosowken” („Gr. Waplitz”), wspólny dla obu dawnych łańcuchów (pomiaru stopnia i wybrzeża). Logarytm długości tego boku, odniesiony do bazy królewickiej, wynosił 4.281 2633,1.

Sredni błąd pomiaru kąta w tym łańcuchu wynosił $\pm 0''65$.

Dla wykonania tego nawiązania Tenner ze strony rosyjskiej musiał przeprowadzić łańcuch, łączący rejon Torunia z triangulacją rosyjską w rejonie Augustowa. Wykonał to w roku 1852, przy czym 5 punktów tego łańcucha założył, ze względów technicznych, na terytorium pruskim. Zaproponował przy tym czwarte nawiązanie triangulacji obu państw właśnie w rejonie Augustowa. Rząd pruski zamierzał dopiero w dalszej przyszłości prowadzić prace triangulacyjne w tamtym rejonie, jednak zasadniczo wyraził zgodę na propozycję Tennera pod warunkiem, że punkty Tennera na terytorium pruskim będą tak wybrane, aby możliwe było łatwe dowiązanie do nich przyszłych łańcuchów pruskich z rozwinięciem ich na północ i północno-zachód. Ponadto punkty te miały być zastabilizowane w sposób trwały, a wszystkie dotyczące ich dane miały być przekazane władzom pruskim. Tenner spełnił przyjęte warunki i do nawiązania w pewnym sensie doszło w przyszłości, o czym mowa będzie dalej.

Samo nawiązanie w rejonie Torunia objęło pomiar czterech trójkątów, utworzonych przez 6 punktów, z których trzy: „Kowalewo”, „Culmsee” (Chełmża) i „Thorn” (Toruń) znajdowały się po stronie „pruskiej”, a trzy: Dulska, Dobrzejewice i Raciążek — po stronie „rosyjskiej”. Pomiary na tych sześciu stanowiskach przeprowadzone zostały przez obie strony,

przy czym przez stronę rosyjską, podobnie jak przy nawiązaniu śląskim, dwoma dwunastocalowymi teodolitami Ertela.

Dokładność pomiaru kąta, obliczona z błędów zamknięcia trójkątów jest prawie identyczna dla obu mierzących stron i wynosi $\pm 0''45$. Widać z tego, że jest ona wyższa od dokładności pomiaru całości łańcucha Wisły, co każe przypuszczać, że współzawodnictwo międzynarodowe w pomiarze było korzystne dla jego jakości. To samo zresztą da się zauważyć w stosunku do pomiarów nawiązania śląskiego.

E. ŁAŃCUCHY WSCHODNIOPRUSKIE Z LAT 1858-1862 I NAWIĄZANIE
AUGUSTOWSKIE Z TRIANGULACJĄ ROSYJSKĄ

Obszar ówczesnych Prus Wschodnich posiadał częściowo starą triangulację Textora z lat 1796-1803. Była to oczywiście sieć przestarzała, jednak przeprowadzenie w pobliżu nowoczesnego łańcucha pomiaru stopnia i związanych z nim łańcucha pomiaru wybrzeża i łańcucha Wisły dawało możliwość włączenia tej sieci do nowego układu państwowego. Ta przyczyna, jak również istnienie we wschodniej części kraju kilku punktów założonych przez Tennera z propozycją dowiązania do triangulacji rosyjskich, pomijając już ogólne plany rozbudowy pruskiej sieci triangulacyjnej I rzędu, zwłaszcza na terenach przygranicznych, skłoniła do rozpoczęcia prac w 1858 r. nad nowymi łańcuchami na obszarze Prus Wschodnich.

W 1857 r. Baeyer ustąpił ze swego stanowiska w Wydziale Triangulacyjnym. Zdaje się, że zaważyło to na losach łańcuchów wschodniopruskich, a zwłaszcza na sposobie podejścia do spraw wyrównania.

Trzy omawiane łańcuchy zaprojektowano jako jeden układ. Pierwszy z nich wychodził z boku łańcucha pomiaru wybrzeża „Wildenhof” — „Sommerfeld” i przebiegał na wschód w kierunku równoleżnikowym, prostolinijnie do granicy rosyjskiej w rejonie Augustowa. Od tego miejsca następowało rozgałęzienie: jeden łańcuch przebiegał w kierunku północnym, od boku poprzedniego łańcucha „Pillacker Berg” — „Goldaper Berg” do boku łańcucha pomiaru stopnia „Algeberg” — „Kallnigken”, drugi zaś od boków pierwszego łańcucha „Lautern” — „Rössel” i „Rössel” — „Styrlack” w kierunku południowo-zachodnim aż do punktów „Mahren”, „Peterhof” i „Lopatken” łańcucha Wisły. Widzimy więc, że projektowany układ ujmował silnie cały obszar ówczesnych Prus Wschodnich w system triangulacji I rzędu.

Kształt trójkątów w łańcuchach był lepszy niż w łańcuchu Bessela, aczkolwiek nie dorównywał jeszcze nowoczesnym wymaganiom. Punkty zabudowywano najczęściej piramidami, co nie pozwalało na zbyt duże wznoszenie stanowiska. Utrudniało to projektowanie w bardzo zalesionym terenie.

Punkty stabilizowano w sposób trwały; około 2 stóp pod powierzchnią ziemi zakładano płytę lub blok granitowy z wrytym krzyżem, na płycie tej ustawiano granitowy słup, wystający nieco nad ziemią, z wrytym również krzyżem na górnej powierzchni. Jako centr traktowano znak na płycie. Punkty na budowlach trwałych traktowano indywidualnie, w zależności od rodzaju budowli.

Pomiary kątowe na punktach łańcuchów przeprowadzono w przeważającej większości znanym nam już z pomiarów łańcucha Bessela i następnych piętnastocalowym kręgiem Ertela; pewną część kątów pomierzono ośmiocalowym instrumentem uniwersalnym Pistora i Martinsa,

z ekscentryczną lunetą i mikroskopowym odczytem szacunkowym do $0''5$. Wagę pomiaru kąta tym instrumentem określono na podstawie badań na $0,5$ wagi kąta pomierzonego instrumentem Ertela. Przy pomiarze stosowano sposób Bessela.

W 1858 r. pomierzono łańcuch północny. Składał się on z 16 stanowisk — nie wszystkie celowe były obustronne, tak że zaobserwowano ogółem 70 kierunków i 54 kąty. Jako obserwatorzy występowali: von Morozowicz (późniejszy generał-major oraz szef Biura Triangulacji Kraju), von Zastow i von Hesse.

Średni błąd pojedynczego pomiaru kierunku z wyrównań stacyjnych wyniósł $\pm 1''32$, a z wyrównania sieci $\pm 1''87$. Średni błąd kąta po wyrównaniu, obliczony prowizorycznymi metodami, wynosił $\pm 0''45$.

W 1859 r. dokonano pomiaru łańcucha środkowego, przebiegającego w kierunku równoleżnikowym. Łańcuch ten zawiera 19 punktów, z tego dwa stanowiska są wspólne z łańcuchem pomiaru wybrzeża, dwa z opisanym wyżej łańcuchem północnym, a trzy są wspomnianymi już punktami założonymi przez Tennera i proponowanymi jako nawiązanie międzynarodowe. Obserwatorami byli: von Morozowicz, von Bronsart, von Lancizolle, von Hesse i Loewe. Zasady pomiaru były identyczne, jak przy pomiarze łańcucha z 1858 r., toteż i otrzymane dokładności nie odbiegały od poprzednich. Średni błąd pomiaru kierunku wynosił $\pm 1''30$ (z wyrównań stacyjnych).

Dla obliczenia odległości przyjęto bok łańcucha pomiaru wybrzeża „Wildenhof” — „Sommerfeld” (ten ostatni punkt otrzymał w 1859 r. nowe centrum, na które przeliczono kierunki i długości dawnych pomiarów łańcucha wybrzeża). Z długości boku wyjściowego otrzymano bok „Pillarker Berg” — „Goldaper Berg”, wspólny dla łańcucha z 1858 r. oraz bok „Borki” — „Koleśniki”, wspólny ze wspomnianym wyżej łańcuchem rosyjskim Tennera i stanowiącym tzw. nawiązanie augustowskie. Jako średni błąd odległości „Sommerfeld” — „Pillarker Berg” (134 505 m) otrzymano $\pm 0,285$ m, a więc błąd względny tej długości wyniósł $1 : 472000$. Jako średni błąd kąta pomiędzy kierunkiem nawiązania „Sommerfeld” — „Wildenhof” a kierunkiem wyjściowym dla łańcucha z 1858 r. „Pillarker Berg” — „Goldaper Berg” otrzymano $\pm 0''678$. Oba te wyniki wskazują na dobrą jakość pomiaru.

Łańcuch wyrównano metodą obserwacji zawarunkowanych. W kilka lat po pierwszym wyrównaniu musiano je powtórzyć ze względu na wykrycie błędów w zapisach obserwacji na jednym z punktów. Pociągnęło to za sobą również ponowne przepracowanie obu pozostałych łańcuchów wschodniopruskich.

Łańcuch z 1858 r. wyrównano również metodą obserwacji zawarunkowanych. Jako bok wyjściowy dla obliczenia długości przyjęto bok „Pillacker Berg” — „Goldaper Berg” łańcucha z 1859 r., obliczonego uprzednio i posuwając się łańcuchem dotarto do boku nawiązania z łańcuchem pomiaru stopnia „Kallningken” — „Algeberg”. Otrzymano następujące wyniki zamknięcia: Bok „Kallningken” — „Algeberg” z bazy królewieckiej (lg) — 4.332 3056,4; z bazy połąskiej — 4.332 2999,6; z łańcucha z 1858 r. — 4.332 3002,2. (Ostatni wynik otrzymano oczywiście po poprawieniu błędów zapisu w obserwacjach w łańcuchu z 1859 r., o czym mowa wyżej).

Jak widać z powyższych wyników, logarytm boku otrzymany z łańcucha z 1859 r. i 1858 r. różni się od logarytmu boku otrzymanego z bazy królewieckiej o 54,2 jedn. siódmego miejsca logarytmu (lepszą zgodność,

mianowicie 2,6 jedn. otrzymano przez porównanie z nawiązaniem z triangulacją rosyjską).

Analiza dokładności pomiaru łańcucha wykazała, że średni błąd logarytmu boku nawiązania z łańcuchem pomiaru stopnia „Algeberg”—„Kallningken” w porównaniu z bokiem wyjściowym łańcucha z 1858 r. „Goldapper Berg”—„Pillacker Berg” wynosi $\pm 25,7$ siódmego miejsca (błąd względny boku 1 : 169000), a w porównaniu do boku „Wildenhof”—„Sommerfeld”, jako wyjściowego dla obu łańcuchów (1859 i 1858) — $\pm 35,9$ jedn. (błąd względny 1 : 121000). Odległość tego boku od łańcuchów z 1859 i 1858 r. wynosi około 40 mil geogr., czyli około 390 km.

Odległość punktów „Pillacker Berg”—„Algeberg” wynosi 125 668 m; średni błąd tej odległości otrzymano $\pm 0,443$ m, co stanowi dokładność 1 : 284000. Na średni błąd kąta pomiędzy azymutem nawiązania „Pillacker Berg”—„Goldapper Berg” a azymutem końcowym „Algeberg”—„Kallningken” otrzymano $\pm 0''626$.

Postać obu łańcuchów wychodzących ze znanego uprzednio boku i kończących się na znanym boku nasuwał potrzebę zastosowania przymusu nawiązania w postaci warunku zamknięcia poligonu: przy dojściu do punktów „Algeberg” i „Kallningken” otrzymano we współrzędnych odchyłkę około 1,5 m w kierunku zachodnim i 2,5 m w kierunku północnym, ogółem przesunięcie wynosiło około 3 m. Jednak zamiast poddać opisywane łańcuchy powtórnemu wyrównaniu, ustalono drugą wartość współrzędnych dla obu punktów nawiązania, czego nie można uważać za rozwiązanie stojące na właściwym poziomie naukowym, a nawet technicznym. Przypuszczalnie na tej właśnie decyzji zaciążył brak Baeyera we władzach kierowniczych Biura Triangulacji Kraju.

Błędu tego uniknięto w wypadku trzeciego łańcucha z opisywanego systemu łańcuchów wschodniopruskich. Łańcuch ten wykonano w latach 1861-1862. Składa się on z 21 punktów, z czego 3, mianowicie „Mahren”, „Peterhof” i „Lopatken” są wspólne z łańcuchem Wisły z 1853 r., a 3 — „Lautern”, „Rössel” i „Styrlack” — z łańcuchem z 1859 r. Projekt łańcucha, sposób zabudowy, stabilizacji, pomiaru oraz instrumenty do pomiaru kątów — są te same, co w wypadku opisanych wyżej łańcuchów z 1858 i 1859 r. Obserwacje dokonane zostały przez następujących geodetów: von Morozowicza, von Hollebena, von Bronsarta, Bartenwerffera i Stockmarra. Średni błąd pojedynczego pomiaru kierunku wyniósł $\pm 1''327$.

Wyrównanie przeprowadzono metodą obserwacji zawarunkowanych, wprowadzając następujące dodatkowe warunki: kąt nawiązania „Styrlack”—„Rössel”—„Lautern” przyjęto według wielkości z wyrównanego łańcucha z 1859 r., podobnie zależność pomiędzy bokami „Styrlack”—„Rössel” i „Rössel”—„Lautern” oraz „Peterhof”—„Mahren” i „Peterhof”—„Lopatken” z 1853 r., wreszcie wprowadzono warunek zgodności boków „Rössel”—„Styrlack” i „Mahren”—„Lopatken” odpowiednio z wyznaczeniami z łańcuchów z 1859 i 1853 r. Analiza dokładności po wyrównaniu dała m. in. następujące wyniki: — średni błąd boku „Lopatken”—„Mahren” w odniesieniu do boku „Lautern”—„Rössel” wyniósł $\pm 24,5$ jedn. siódmego miejsca logarytmu, błąd względny równa się zatem 1 : 181400; — średni błąd odległości „Lautern”—„Mahren” wyniósł $\pm 0,259$ m, co stanowi dokładność względną 1 : 482300; — średni błąd różnicy azymutów boków nawiązania: „Lautern”—„Rössel” i „Mahren”—„Lopatken” $\pm 0''551$.

W następnym rozdziale mowa jest o nowych zasadach wyrównania

sieci triangulacyjnych, wprowadzonych w Prusach w 1868 r. na podstawie uchwał międzynarodowych z 1867 r. Zmiany te dotyczyły obliczania współrzędnych geograficznych na elipsoidzie drogą wprowadzania do wyrównania nowego warunku, mianowicie warunku zamknięcia poligonu. Jeżeli jakiś poligon utworzony był przez kilka łańcuchów, powstałych i obliczonych w różnych terminach, warunek poligonu dołączano do ostatniego z wyrównywanych łańcuchów.

Łańcuch z roku 1861/1862, zamykający poligon wraz z wcześniejszymi: łańcuchem pomiaru wybrzeża i łańcuchem Wisły z 1853 r., podany był jako pierwszy takiemu wyrównaniu. Do 34 równań warunkowych pierwszego wyrównania dodano trzy nowe: dwa równania przyrostów i jedno — kątów. W ten sposób otrzymano nowe poprawki do kątów i nowe wartości boków. Na podstawie tak obliczonych wielkości określono współrzędne geograficzne oraz azymuty.

Przy układaniu warunków poligonowych zamknięcia otrzymano odchyłkę 2,02 m ($-1,45$ m w X i $-1,40$ m w Y) w długości, a $-1''593$ w zamknięciu kątowym. Całą tę odchyłkę przejął na siebie, w myśl zasady wyżej wymienionej, łańcuch 1861/1862, jako ostatni człon poligonu. Długość jego wynosiła około 120 km.

System opisanych trzech łańcuchów wschodniopruskich spełnił jeszcze dodatkową rolę, jako nawiązanie z triangulacją rosyjską w rejonie Augustowa. Wiemy bowiem, że łańcuch z 1859 r., jako swe skrajne, południowo-wschodnie stanowiska objął trzy punkty, położone na terenie byłych Prus Wschodnich, lecz należące do łańcucha rosyjskiego Tennera, przeprowadzonego dla potrzeb nawiązania toruńskiego. Nawiązanie augustowskie nosiło jednak inny charakter, niż poprzednie trzy, tzn. kłajpedzkie, śląskie i toruńskie.

Podczas gdy bowiem tamte nawiązania pomyślane były jako wspólne połączenie prac geodezyjnych do uzyskania możliwie wysokiej dokładności, nawiązanie augustowskie wynikało z propozycji zawartej w liście, który w 1852 r. skierował z Warszawy Tenner do ówczesnego szefa Sztabu Generalnego pruskiego gen. kawalerii von Reyher. W liście tym Tenner zwraca się z prośbą, aby ze względu na duże zalesienie obszaru pomiędzy Łomżą a Augustowem, utrudniające bardzo przejście łańcuchem triangulacyjnym (jedyne wolne szlaki, bardzo wąskie wiódł wzdłuż szosy ze wsi Stawiski przez Grajewo i Rajgród wzdłuż granicy pruskiej do Augustowa) pozwolono mu na wybór kilku punktów na terytorium pruskim. Gen. Reyher wyraził zgodę pod warunkiem, że punkty zostaną tak wybrane, aby mogły służyć również dla triangulacji pruskiej tych obszarów, i w ten sposób stanowić będą czwarte powiązanie obu sieci. Dodatkowymi warunkami było trwałe zastabilizowanie tych punktów i przekazanie dotyczących ich danych do wykorzystania władzom pruskim.

Gen. Tenner przyjął te warunki i założył, a następnie pomierzył kierunki na pięciu punktach swego łańcucha, położonych na terenie pruskim. Z tych pięciu punktów cztery, mianowicie Borki, Kałęczyny, Kolesniki i Wierzbowo weszły następnie do łańcucha z 1859 r.

Z samej więc istoty swojej nawiązanie to, aczkolwiek faktycznie dające wspólne punkty w sieciach obu państw, nie dorównywało swym poziomem technicznym trzem poprzednim nawiązaniom. Szczegółowe mankamenty jego wskazują to jeszcze wyraźniej.

1° Sprawa oddalenia od baz rosyjskich. Łańcuch rosyjskiej triangulacji Królestwa Polskiego, wykonany w latach 1845-1854, do którego należą punkty dowiązania, opiera się na boku Mochnata Góra—Krypnica,

należącym do innego łańcucha, łączącego pomierzoną w 1846 r. przyrządem Tennera bazę warszawską z bokiem Solotojewo—Łopaty, należącym do łańcucha rosyjskiego pomiaru stopnia. Bok ten położony jest pomiędzy dwiema bazami tego łańcucha, a więc cały łańcuch pomiędzy bazą warszawską a tym bokiem jest wyrównany z uwzględnieniem warunku bazowego. Długość jego jest 52 mile geograficzne, prawdopodobny błąd trójkąta $0''877$, a kąta $0''506$. Odchyłka pomiędzy bokiem Solotojewo—Łopaty, obliczonym raz z bazy warszawskiej, a drugi w łańcuchu pomiaru stopnia wynosi 584 jednostek w siódmym miejscu logarytmu w sażeniach, a cały łańcuch zawiera 50 trójkątów.

Łańcuch obliczony na podstawie boku Mochната Góra—Krypnica i dochodzący do Augustowa, a zawierający punkty nawiązania z triangulacją pruską ma 21 trójkątów na około 26 mil geogr. długości. Prawdopodobny błąd trójkąta tego łańcucha wynosi $0''747$, a kąta $0''431$.

Z powyższego widać, jak oddalone od najbliższych baz rosyjskich były punkty nawiązania.

2° Sprawa małej dokładności pomiarów kątów. Przede wszystkim stwierdzić należy, że w przypadku nawiązania augustowskiego nie miały miejsca wspólne pomiary trójkątów nawiązujących, jak to zachodziło przy poprzednich nawiązaniach. Każda ze stron wykonywała pomiary tylko dla celów swojego łańcucha i to w różnych okresach oddalonych o 6 lat. Co prawda można przyjąć, że trójkąt „Borken” (Borki)—„Kolleschnicken” (Koleśniki)—„Kallenezinen” (Kałęczyny) jest wspólny dla obu pomiarów, ale jest to trójkąt wyjątkowo niekorzystny, bardzo wydłużony, o kątach ostrych około $5^{\circ}23'$ i $6^{\circ}13'$ i rozwartym około $168^{\circ}24'$. Trójkąt ten był bezpośrednio mierzony jedynie przez stronę pruską.

Dalszą sprawą był stosunkowo mało dokładny pomiar łańcucha rosyjskiego nie przeznaczony do celów nawiązania. Podczas gdy przy pomiarze kłajpedzkim stosowano wielokrotność 40 do 160, przy pomiarach śląskim i toruńskim 12 poczetów, a przy niekorzystnych warunkach obserwacji 18, a nawet 24 poczety, to przy pomiarze augustowskim 3—4 najwyżej 6 poczetów. Oczywiście, że nawet przy instrumentach wysokiej jakości oraz całej staranności obserwacji niemożliwe jest wtedy otrzymanie tak wysokiej dokładności, jak przy poprzednich nawiązaniach.

Ze strony pruskiej zastosowano dla pomiaru całego łańcucha, a więc i trójkątów zawierających punkty nawiązania, pomiar ten sam, co przy nawiązaniach toruńskim i śląskim, a więc piętnastocalowym kręgiem Ertela w 24 poczetach.

3° Sprawa niedostatecznej stabilizacji. Do utrwalenia punktów zastosował Tenner tę samą stabilizację, co w przypadku nawiązania kłajpedzkiego, a więc obliczoną na trwałość. Jednak z powodu braku dostatecznej ilości odpowiednich materiałów budowlanych stabilizacja ta okazała się niezbyt trwała i gdy po siedmiu latach, na punktach przewidzianych do nawiązania rozpoczęły się prace pruskie, nie dało się z całą pewnością ustalić, czy odnalezione w ziemi kamienie pozostały nienaruszone. W szczególności dotyczyło to punktu „Kolleschnicken” (Koleśniki), którego podziemny kamień stał zupełnie luźno. Stabilizacja ta została zastąpiona przez nową, niemiecką, według wszelkich starań najbardziej zbliżoną do dawnej, jednak gwarancji całkowitej pewności co do identyczności jej nie otrzymano.

4° Sprawa wysokości i niestabilności stanowisk. Ze względu na silnie zalesiony teren, przez który przeprowadzony został łańcuch rosyjski, trzeba było budować wysokie stanowiska instrumentu. Wysokości wież

wahały się od 11 do 33 m, w większości jednak wynosiły około 20 m. Wiemy, jak niedostatecznie stabilne były ówczesne wieże i dlatego dziwić się nie można, że dokładność całego łańcucha mogła budzić poważne zastrzeżenia.

Powyższe okoliczności w dostatecznym stopniu naświetlają drugorzędność nawiązania augustowskiego w porównaniu z poprzednimi trzema. Jeszcze wyraźniej wynika to z porównania długości wspólnych boków. Oto ich długości przeliczone na toazy:

Bok	Pruski	Rosyjski
„Borken” (Borki)—„Kallenenzinen” (Kałęciny)	7406,298	7406,590
„Borken” (Borki)—„Kollleschnicken” (Koleśniki)	15884,600	15885,319
„Kallenezinen” (Kałęciny)—„Koleschnicken” (Koleśniki)	8559,680	8560,119
„Wiersbowen” (Wierzbowo)—„Koleschnicken” (Koleśniki)	5125,234	5125,383
Suma	36975,812	36977,411

Różnica 1,599 toazów = około 1 : 25 000 długości

Jest to wynik, który w żadnym razie nie może być uznany za zadowalający. W piśmie z 1861 r. strona rosyjska dziękowała pruskiej za przysłane wyniki i stwierdzała, że wyjątkowo niekorzystny, ze względu na zalesienie, dla prac geodezyjnych teren spowodował poważne obniżenie dokładności tych prac. Główną przyczynę tego widziano w konieczności budowy wysokich wież.

Nawiązania tego obie strony nie traktowały jako sprawdzianu dokładności prac triangulacyjnych tego rejonu. Strona rosyjska z początku podchodziła do niego jako do drugorzędnego, później zupełnie je pominęła. Dla nas może być ono ważne ze względów historycznych, jako ostatnie nawiązanie prusko-rosyjskie. Od tej pory, pomimo budowy wielu nowych sieci pruskich, nie następowały propozycje nowego połączenia sieci.

Trzy łańcuchy wschodniopruskie, wykonane w latach 1858–1862 stanowiły, jak powiedziano wyżej, próbę zapełnienia siecią I rzędu obszaru ówczesnych Prus Wschodnich. Pozwoliły one na dowiązanie dawnej triangulacji Textora do nowego układu państwowego i na częściowe przynajmniej jej wykorzystanie. W każdym razie na pewien okres czasu stały się podstawą dla zagęszczenia obszaru triangulacją II rzędu i szczegółową. Należało przypuszczać, że nastąpi także zapełnienie pozostałych obszarów wewnątrz wieńców sieciami powierzchniowymi triangulacji I rzędu.

Tymczasem jednak to nie nastąpiło. Wyraźne mankamenty, jakie nosiły w sobie łańcuchy wschodniopruskie, przeważały widocznie na decyzjach władz pruskich. Nie minęło 40 lat, a obszar byłych Prus Wschodnich został zakwalifikowany w pierwszym rzędzie do wykonania nowej sieci triangulacyjnej. Była to sieć powierzchniowa, pomyślana bardzo nowocześnie. W ślad za tą siecią I rzędu wykonano pośpiesznie triangulację szczegółową. Oczywiście, postulaty powiązania dawnych pomiarów szczegółowych podyktowały uwzględnienie dawnych punktów w nowych sieciach. Było to jednak wszystko, co z tych dawnych punktów ocalało, pomijając dane zawarte w źródłowych materiałach.

F. CHARAKTER TRIANGULACJI PRUSKIEJ OKRESU 1832–1865

W publikacjach niemieckich okres 1816–1865 traktowany jest jako całość, jest to bowiem okres prowadzenia prac triangulacyjnych przez Pruski Sztab Generalny. Jednak już powierzchowne zaznajomienie się z pracami w nim wykonywanymi, w szczególności z pracami triangulacji

I rzędu, pozwala na wyciągnięcie wniosku idącego w kierunku wyodrębnienia w tym czasie dwóch podokresów: prace wykonywane w latach 1816-1832 i prace z lat 1832-1865, to jest od czasów Bessela.

Jak wiemy, lata 1816-1832 to okres sieci czy łańcuchów von Müfflinga i Krausenecka. Prace te były kontynuacją wielkich sieci, wykonywanych w zachodniej części Niemiec. Zrozumiałym jest, że wybitny geodeta pruski, jakim był von Müffling, prowadził dalej na wschód dzieło Tranchota, docierając w okolice Berlina, a wreszcie do Wrocławia. Zakończenie łańcucha Tranchota na obserwatorium Zachs na górze Seeberg pod Gotha było ze wszech miar uzasadnione; słusznym też było rozpoczęcie w r. 1818 łańcucha Müfflinga właśnie od tego obserwatorium.

Prace Müfflinga miały na celu dotarcie do wschodnich prowincji Prus, w kierunku ustalonej po wojnach napoleońskich granicy z Rosją. Łańcuch triangulacji I rzędu, poprowadzony z okolic na południe od Berlina, przeszedł przez Śląsk i dotarł w rejon Wrocławia.

Natychmiast po jego zakończeniu Krauseneck rozpoczął prace nad nowym, wielkim łańcuchem I rzędu. Łańcuch ten poprowadzony na północ, przeszedł przez zachodnią część triangulacji Textora i zakończył się nad Zalewem Wiślanym boki „Trunz”—„Wildenhof”. Było to w 1832 r.

W tym samym roku Bessel rozpoczyna swój pomiar stopnia. Południową granicę jego łańcucha stanowi ostatni bok łańcucha Krausenecka „Trunz”—„Wildenhof”. Jest to więc naturalna kontynuacja tamtej pracy — łańcuch Müfflinga i Krausenecka zostaje przedłużony aż do najdalej wysuniętego punktu Prus i połączony po raz pierwszy z triangulacją rosyjską.

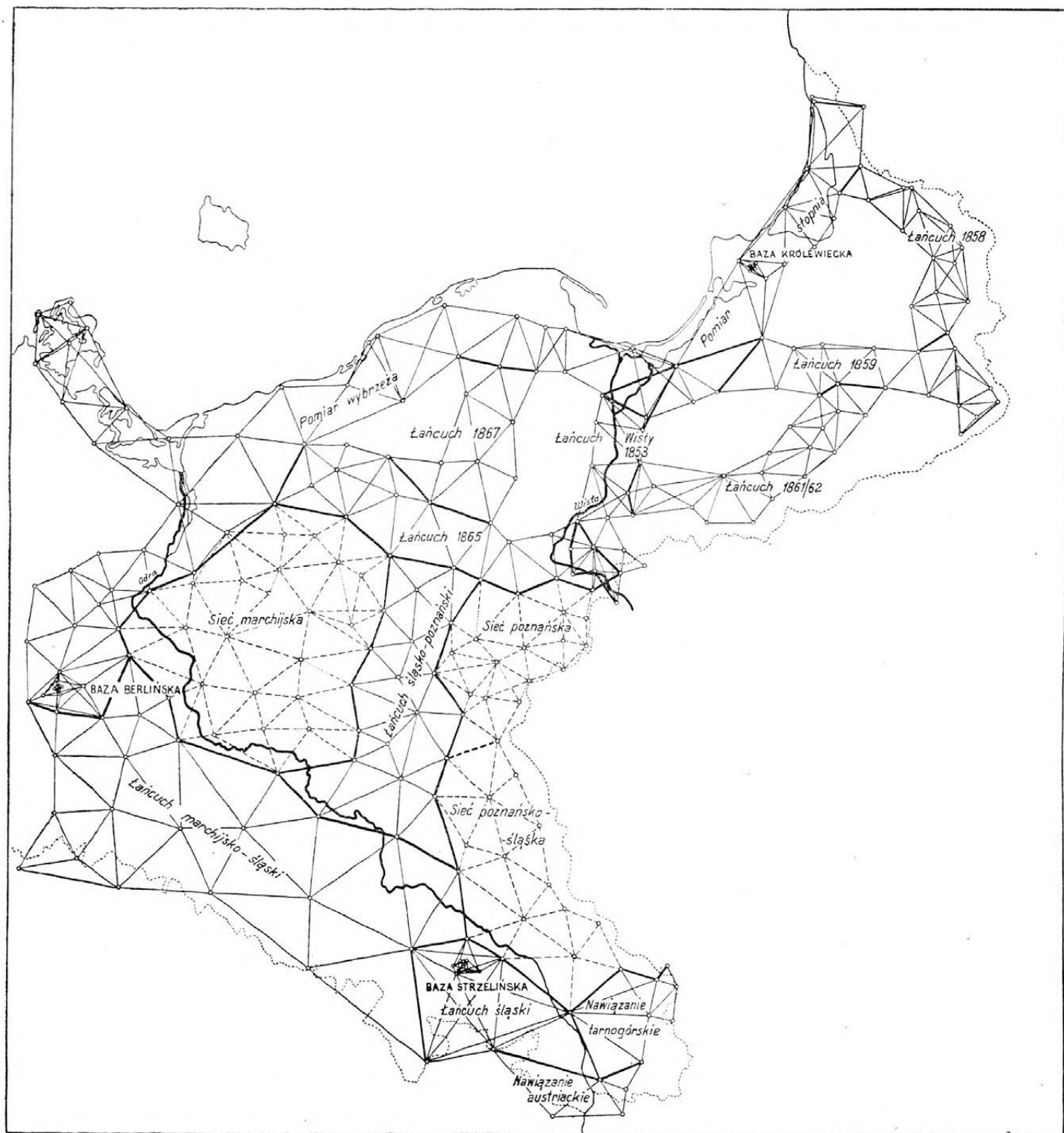
Do tego samego boku „Trunz”—„Wildenhof” dołączony zostaje w latach następnych łańcuch pomiaru wybrzeża. Dochodzi on swoją południową odnogą do okolic Berlina i łączy się tam z łańcuchem Müfflinga. Mamy więc naturalne i prawdopodobnie planowane zamknięcie wielkiego poligonu. A jednak zamknięcie to nie zostaje w geodezyjnym sensie wykorzystane.

Łańcuch śląski Baeyera stanowi wraz z nawiązaniem śląskim racjonalne związanie triangulacji pruskiej z rosyjską. A jednak łańcuch ten otrzymuje własną bazę, a właściwą pozycję w sieci pruskiej nadaje mu dopiero wykonany w późniejszych latach łańcuch marchijsko-śląski, który zastąpił łańcuch Müfflinga.

Dla nawiązania triangulacji rosyjskiej pod Toruniem prowadzi się specjalny łańcuch Wisły, nawiązany w swej północnej części do łańcucha pomiaru stopnia i łańcucha pomiaru wybrzeża, pomimo że idzie on prawie dokładnie wzdłuż północnej części łańcucha Krausenecka.

Nie mamy, niestety, szczegółowej analizy i oceny dokładności łańcuchów Müfflinga i Krausenecka. Przytoczone jednak fakty dowodzą, że prace te uważane były przez współczesnych za stojące na znacznie niższym poziomie od prac Bessela i jego następców, co nie dawało właściwych podstaw naukowych do traktowania prac przed 1832 r., jako możliwych do wykorzystania wspólnie z późniejszymi. Jednym z nie najmniej ważnych powodów był brak trwałej stabilizacji punktów dawnych łańcuchów i prawie całkowite ich zaginięcie.

Prace Bessela dały podwaliny pod właściwie pojętą państwową sieć triangulacyjną. Przyjęcie jednolitej elipsoidy odwzorowania, jednolitej jednostki długości, właściwy pomiar baz przy pomocy naukowo opracowanych metod i narzędzi starannie komparowanych, jednolitych metod pomiaru kątów przy pomocy sprawdzanych i badanych instrumentów,



Przegląd triangulacji I rzędu wschodnich obszarów Prus w okresie 1832-1899

wreszcie planowe prace obliczeń i wyrównania sieci wraz z obliczeniem współrzędnych punktów w jednolitym układzie — oto prawdziwe cechy nowo powstającej sieci państwowej, budowanej według przewidzianego programu, przewidującego możliwość wiązania coraz to nowych łańcuchów i sieci w jednolity system państwowy. Oczywiście, trudności techniczne wyrównywania jednoczesnego wielkich sieci uniemożliwiały wykonanie jednolitej triangulacji w obecnym znaczeniu tego słowa, ale jednak i z tego ówczesni geodeci pruscy zdawali sobie sprawę, jak to wynika z ich publikacji. Prace triangulacyjne tego okresu mają więc wyraźnie dwojaki cel na względzie: z jednej strony dać oparcie dla pomiarów szczegółowych, zarówno katastralnych, jak i topograficznych, z drugiej jednak strony dbają, aby poszczególne obszary pomiaru nie stanowiły jedynie oderwanych rejonów, a łączyły się razem jednym, powszechnym układem państwowym.

Rok 1865 oczywiście nie stanowi kresu tych prac. Następny okres jest ich kontynuacją, bardzo zresztą intensywną. Dopiero wtedy następuje zamykanie dalszych poligonów, wyrównywanych teraz z dodaniem warunków poligonowych, obliczanie łańcuchów w jednolitym układzie i zapełnianie ich powierzchniowymi sieciami I rzędu, a następnie budowanie odpowiedniej sieci triangulacji szczegółowej.

Triangulacja pruska tego okresu nosi jeszcze jedno bardzo ważne znamię: są to powiązania jej z siecią triangulacji rosyjskiej, przeprowadzone przeważnie na terenie obecnej Polski.

Jak widzieliśmy, nawiązania te dokonywane były z najwyższą dokładnością, na jaką geodezję było wówczas stać. Nad pracami tymi czuwali pierwsi geodeci obu krajów, których nazwiska przeszły do historii, jako twórców nowoczesnej geodezji. Dzięki tym nawiązaniom ogromne i na bardzo wysokim poziomie budowane łańcuchy triangulacji rosyjskiej mogły być zespolone z wielkimi pracami środkowej i zachodniej Europy i wraz z nimi stanowić bogaty materiał do badania kształtów i rozmiaru Ziemi. Oczywiście sprawa ujednolicenia elipsoid odwzorowania oraz orientacji była jeszcze w dalekiej przyszłości: otrzymane nawiązania ograniczały się jedynie do długości boków.

Dobre wyniki tych nawiązań i przykład dobrej współpracy w dziedzinie geodezji były z pewnością przyczyną, która spowodowała w 1862 r. inicjatywę Baeyera (który w 1857 r. ustąpił ze stanowiska szefa Wydziału Triangulacyjnego Sztabu Generalnego i poświęcił się pracy naukowej) utworzenia organizacji międzynarodowej — Środkowoeuropejski Pomiar Stopnia, przekształcony wkrótce na Europejski Pomiar Stopnia, następnie zaś na Międzynarodowy Pomiar Ziemi. Z organizacji tej, która w pierwszym okresie postawiła sobie za zadanie opracowanie triangulacji pomiędzy Morzem Kaspijskim a Oceanem Atlantyckim, powstała potem Międzynarodowa Asocjacja Geodezyjna, poprzedniczka Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki.

G. PRACE GEODEZYJNE W INNYCH KRAJACH NIEMIECKICH DO 1865 R.

Aczkolwiek interesują nas prace triangulacyjne na ziemiach polskich i dlatego możliwie szczegółowo omawiane są na tym miejscu prace Prus, jako państwa posiadającego w tym czasie wielką część obszaru Polski, należy sobie zdać sprawę, że ówczesne Prusy, rozwijające dużą aktywność w zakresie geodezji, a w triangulacji szczególnie, nie stanowiły wyjątku pośród nie prowadzących żadnych prac geodezyjnych innych kra-

jów niemieckich. Przeciwnie można zaryzykować twierdzenie, że Prusy były jedynie konsumentem pierwotnych idei geodezyjnych uczonych innych krajów, mogącym te idee łatwiej wcielić w życie wobec swego większego potencjału gospodarczego, a zwłaszcza wojskowego. Dlatego też celowe wydaje się chociaż pobieżne zapoznanie się ze stanem prac triangulacyjnych w innych krajach Niemiec w omawianym okresie.

W drugim z rzędu co do wielkości kraju niemieckim, mianowicie w Bawarii, triangulacja stała na wysokim poziomie. Prace triangulacyjne prowadzone tam były już od 1762 r., ale w 1801 r. rozpoczęły się tam nowe pomiary pod kierunkiem inżyniera francuskiego Bonne'a. W 1801 r. Bonne i Beigel pomierzyli bazę pod Monachium, w 1807 r. drugą bazę pomierzyli pod Norymbergą Schiegg i Lämmle, a w 1819 pod Spirą Lämmle pomierzył trzecią. Również pod Spirą małą bazę dla celów doświadczalnych pomierzył w 1820 r. Schwerd. Bazy te stały się podstawą do bawarskiej sieci I rzędu wykonanej do 1828 r. Pomiarów kątowych dokonano kręgiem repetycyjnym Bordy w okresie 1801–1807, a następnie instrumentami mechaników monachijskich Fraunhofera, Merza i Ertela. Stosowano pomiar kątów metodą repetycyjną przy 10–15 powtórzeniach. Wykonano w ten sposób około 3000 pomiarów kątowych w sieci I rzędu, uzyskując średni błąd pojedynczego kąta rzędu $\pm 1''$, a średni błąd średniej na stanowisku rzędu $\pm 0''35$. Jako punkty używano wież kościelnych bądź też budowano piramidy aż do wysokości 38 m, celowano na świece, a w 1825 r. zastosowano doświadczalnie heliotropy. Bardzo ciekawą sprawą było obliczenie sieci, którą wyrównano w 32 poligonach pod kierunkiem Soldnera. Zastosował on tu nową metodę wyrażenia współrzędnych w jednolitym układzie. Sieć została zorientowana według specjalnie wyznaczonych astronomicznych danych dla jednego z punktów na terenie Monachium. Początkowo obliczenia przeprowadzono na elipsoidzie o wymiarach przyjętych przez Soldnera, następnie jednak przepracowano sieć, przeliczając ją na elipsoidę Bessela.

Triangulacja Wirtembergii związana jest ściśle z nawiskiem Bohnenbergera (1765–1831). Nawiązując do prac triangulacyjnych Ammanna rozpoczął on w 1797 r. triangulację Wirtembergii według własnych, ulepszonych metod. W 1799 r. pomierzył bazę pod Tübingen, potem prowadził pomiary katowe oraz wyznaczył orientację astronomiczną. Prace te posłużyły mu do wyciągnięcia wniosków naukowych, które zastosował w pełni do rozpoczętej w 1818 r. triangulacji kraju dla celów katastru. Po próbnym pomiarach w 1818 i 1819 r. Bohnenberger pomierzył bazę podstawową długości około 13 km w okolicach Ludwigsburga za pomocą żelaznego aparatu Reichenbacha. Pomiary katowe wykonano metodą repetycyjną dwunastocalowym teodolitem Reichenbacha pod kierunkiem Kohlera. Średni błąd pomiaru kąta wyniósł $\pm 0''87$. Sieci nadano orientację według współrzędnych Obserwatorium w Tübingen, które było jednocześnie przyjęte za początek układu. Sieć obliczono we współrzędnych Soldnera początkowo na elipsoidzie o wymiarach zaproponowanych przez Bohnenbergera, później przeliczono na elipsoidę Bessela. Przy nawiązaniu długościowym z triangulacją bawarską otrzymano zgodność 1 : 250 000.

Pierwsze, doświadczone prace w Badonii prowadzone były w latach 1812–1814 przez płk. Tulla. Dla potrzeb topograficznych wykonano płaską triangulację, opartą na wspomnianej już bazie pod Spirą. Dla innych celów jednak nie była ona wystarczająca: w 1841 r. Rheiner rozpoczął prace nad triangulacją sferyczną w postaci łańcucha pomiędzy bazą pod

Spirą a francuską bazą w Alzacji. Ponieważ otrzymano dużą rozbieżność, założono w 1846 r. nową bazę pod Heitersheim. Została ona całkowicie założona i pomierzona według zasad besselowskich. Punkty sieci stabilizowano w sposób trwały za pomocą kamieni. Jako sygnały służyły częściowo wieże, częściowo piramidy, w paru wypadkach używano heliotropów Gaussa. Kąty mierzone były 7-8 calowymi teodolitami Ertela, metodą repetycyjną pomiaru kątów w różnych kombinacjach. Średni błąd kąta pomierzonego wynosił $\pm 2''04$, wyrównanego na stanowisku $\pm 0''75$. Orientację nadano według danych astronomicznych Obserwatorium w Mannheim. Sieć wyrównano w latach 1846-1852 metodą najmniejszych kwadratów i obliczono we współrzędnych Soldnera, a punkty I rzędu wyrażono ponadto we współrzędnych geograficznych. Obliczenia przeprowadzono na elipsoidzie Bessela.

W Hesji Eckhardt i Schleiermacher prowadzili w latach 1808-1834 prace triangulacyjne, mające zarówno na celu stworzenie podstawy dla zdjęć topograficznych, jak też i pomiar stopnia. W 1808 r. pomierzono bazę pod Darmstadtem za pomocą łąt drewnianych. Kąty mierzone teodolitami metodą repetycyjną przy 20 powtórzeniach; otrzymano średni błąd kąta równy $\pm 1''64$. Sieć wyrównano sposobem najmniejszych kwadratów „metodą Schleiermachera” wyrównania kątów. Punkty wyrażono we współrzędnych prostokątnych sferycznych oraz współrzędnych geograficznych.

W Holsztynie Schumacher pomierzył w latach 1817-1821 łańcuch, przeznaczony dla pomiaru stopnia szerokości wraz z bazą w okolicach Braak pod Hamburgiem. W latach 1827-1843 dokonał on nawiązania łańcucha pomiaru wybrzeża oraz triangulacji szwedzkiej i duńskiej (okolic Kopenhagi).

W 1814 r. Reinke wykonał lokalną sieć triangulacyjną z własną bazą.

W latach 1821-1824 Karl Friedrich Gauss wykonał hanowerski pomiar stopnia w nawiązaniu do jednego z boków łańcucha Müfflinga; w okolicach Getyngi dowiazał go również do jednego z boków łańcucha pomiaru stopnia Schumachera. Za pomocą swego łańcucha Gauss związał bezpośrednio bazę koło Gotha z bazą w okolicach Braak. Po raz pierwszy zastosował Gauss w swym pomiarze heliotropy do obserwacji dziennych. Cała praca Gaussa stanowi przykład przemyślanej i twórczej działalności naukowej.

Pięć punktów łańcucha Gaussa wykorzystał Gerling (profesor z Marburga), do budowy sieci Elektoratu Hesji, opartej również na łańcuchu Müfflinga. Także na jednym z trójkątów Gaussa oparł Spehr, w latach 1829-1830, sieć Brunzswiku, zbadaną następnie przez von Morozowicza i ocenioną jako bardzo dobrą. Na krajowej sieci Hanoweru wykonywanej w latach 1821-1831 oparto w 1838 r. sieć krajową Oldenburga oraz obszaru miasta Bremy.

Do wszystkich tych prac północnoniemieckich nawiązał Vorländer w latach 1830-1840 swą sieć triangulacyjną Nadrenii i Westfalii.

W Gotha prowadził Hansen prace triangulacyjne, nawiązujące sieć do łańcucha Müfflinga. Odgałęzienie tego łańcucha wykonał w Turynгии Bertram, tworząc jednocześnie powiązanie z pomiarem saskim Astera oraz dając podstawę do wykonanej w latach 1851-1855 triangulacji pruskiej II rzędu, po włączeniu tego kraju do Prus. W latach 1853-1860 założona została pod kierownictwem Paschena sieć w Meklemburgii, nawiązana do hanowerskiego i duńskiego pomiaru stopnia oraz na wschodzie, do łańcucha pomiaru wybrzeża. Na prośbę rządu Meklemburgii w latach

1855-1856 Baeyer wykonał tzw. sieć Berlina do granic Meklemburgii, która stała się w przyszłości północną częścią łańcucha Łaby.

W latach 1853-1862 powstała sieć księstwa Nassau. W 1847 r. Baeyer dokonał w okolicach Bonn pomiaru bazy ściśle według doświadczeń uzyskanych przy pomiarze bazy berlińskiej. Baza bońska wybrana została w okolicach związania triangulacji Tranchota i Müfflinga i zapewniła właściwą jednostkę długości wyjściowemu bokowi łańcucha Müfflinga, zbyt oddalonemu od bazy Delambre'a pod Melun i mało dokładnej bazy pod Gotha. Pomiar bazy uzupełniono siecią bazową i na tym przerwano prace Sztabu Generalnego w tym rejonie aż do roku 1860/61, kiedy to Baeyer, już po swym wyjściu ze Sztabu, kierował w tym rejonie pracami nawiązania z siecią belgijską.

W 1862 r. Nagel rozpoczął prace nad swą znakomitą siecią Saksonii.

Z powyższego przeglądu widać, że w okresie 1815-1865 wszystkie kraje niemieckie prowadziły duże prace triangulacyjne. Geodezja pruska miała skąd czerpać wzory, a również i ludzi — pamiętajmy, że Schreiber, zanim wstąpił na służbę pruską był oficerem w armii Hanoweru i pierwsze swe prace geodezyjne wykonywał w Hanowerze, gdzie znakomite wzory Gausa i Schumachera trwały jeszcze żywo w umysłach uczonych.

2. OKRES TRIANGULACJI PRUS I NIEMIEC 1865-1899

A. ORGANIZACJA POMIARÓW TRIANGULACYJNYCH

W 1865 r. zreorganizowane zostały w Prusach władze państwowe, zajmujące się pomiarami triangulacyjnymi. Mianowicie w miejsce dotychczasowego na wskroś wojskowego Wydziału Triangulacyjnego Sztabu Generalnego utworzono urząd o charakterze cywilnym pod nazwą Biuro Triangulacji Kraju. Dalsza organizacja centralnych władz geodezyjnych w byłym Królestwie Pruskim doprowadziła do utworzenia w 1875 r. Pruskiego Biura Pomiarów Kraju, w którym dawne Biuro Triangulacji Kraju znalazło swe miejsce pod nazwą Wydziału Triangulacyjnego.

Z perspektywy i doświadczeń blisko stu ubiegłych lat zdajemy sobie jasno sprawę z zależności rozwoju tej organizacji od wzrastających potrzeb życia gospodarczego. Zakres zainteresowania się pomiarami dla celów gospodarczych rozszerzył się tak znacznie, że nie mieścił się w ramach organizacji wojskowej, nastawionej przede wszystkim na zaspokojenie swoich specjalnych potrzeb. Niebawem zaistniała konieczność ujęcia w jednolite formy organizacyjne całej podstawowej geodezji o znaczeniu ogólnopaństwowym, co doprowadziło do powołania Biura Pomiarów Kraju.

Jeśli chodzi o obsadę fachową Biura Triangulacji Kraju, powstałego w 1865 r., to składała się ona prawie wyłącznie z oficerów dawnego Wydziału Triangulacyjnego Sztabu Generalnego. Charakterystyczne jest, że jako część wydanej w 1867 r. pracy o triangulacji okolic Berlina, wykonanej jako pierwsza triangulacja II rzędu nowo utworzonego Biura Triangulacji Kraju, znajduje się *Instrukcja dla triangulatorów odkomenderowanych do triangulacji kraju*, która zawiera zasady zakładania sieci triangulacyjnych.

Były to czasy, kiedy geodezja jako nauka przeżywała w Niemczech wielki rozwój. W 1864 r. utworzone zostało Centralne Biuro Europejskiego Pomiaru Stopnia, na którego czele stanął gen. dr J. J. Baeyer. Problem zorganizowania geodezji niemieckiej stanowił od 1862 r. przedmiot naukowo-technicznych i administracyjnych projektów, wcielanych

stopniowo w życie. W 1869 r. powstał Instytut Geodezyjny w Poczdamie, jako instytucja naukowa, zajmująca się pracami badawczymi oraz zastosowaniem w praktyce najnowszych osiągnięć naukowych.

Kierownictwo Biura Triangulacji Kraju, a następnie Wydziału Triangulacyjnego dbało ze swej strony o zapewnienie wysokiego poziomu naukowego i technicznego. Tylko w okresie pierwszych trzech lat istnienia Biura Triangulacji Kraju zarówno prace polowe jak i obliczeniowe wykonywane były według dawnych metod, stosowanych jeszcze przez Bessela i Baeyera w pierwszych latach ich działalności. Zasady wyrównania zmienione zostały już od 1868 r., w wyniku uchwał Konferencji Europejskiego Pomiaru Stopnia z 1867 r. i zarządzeń nowego szefa Biura, gen. Morozowicza. Dalsze zasadnicze zmiany, dotyczące zwłaszcza obserwacji kątowych, wprowadzone zostały prawie natychmiast po zgłoszeniu odpowiednich wniosków przez Schreibera. Wnioski te były rezultatem zarówno głębokiej wiedzy teoretycznej autora, jak też i ogromnego osobistego doświadczenia, jakie zdobył w długoletnich pracach polowych.

Jednak pewne zasadnicze założenia, dotyczące ogólnej struktury sieci triangulacyjnej, zostały zachowane w formie, którą zawiera wspomniana już *Instrukcja*. Ponieważ w znacznej mierze dotyczą one sieci triangulacyjnych, zakładanych na naszych ziemiach, przedstawimy je tu pokrótce, uzupełniając danymi, zawartymi w innych publikacjach współczesnych.

Jako zadanie stawiane przed siecią triangulacyjną I rzędu uważane było objęcie mierzonego terytorium ramami, wewnątrz których prowadzić by było można dalsze pomiary triangulacyjne. Stąd wynika, że łańcuchy I rzędu prowadzone powinny być w pobliżu granicy państwowej w niezbyt wielkich wzajemnych odległościach, aby stanowiły naprawdę dobrą podstawę dla dalszych sieci. Pomiedzy łańcuchami I rzędu zakłada się łańcuchy II rzędu, o bokach krótszych, które obliczane są z przymusem nawiązania do punktów łańcuchów I rzędu.

Ustalono, że jednoczesne wyrównanie wszystkich łańcuchów, tworzących sieć państwową będzie możliwe dopiero w przyszłości, po jej całkowitym zakończeniu. Na razie, dla celów praktycznych należy odchyłkę zamknięcia poligonu, zamkniętego łańcuchami I rzędu umieszczać całkowicie w ostatnim, zamykającym poligon łańcuchu.

Późniejsze przepisy o obliczaniu triangulacji dzieliły I rząd triangulacji na 3 klasy: 1. łańcuchy trójkątów, 2. sieci trójkątów i 3. punkty pośrednie. Punkty pierwszej klasy nazwano punktami głównymi, a obu pozostałych klas — wtórnymi (Secundäre) punktami I rzędu.

Rozróżnienie czysto teoretyczne pojęć „łańcuch” i „sieć” polegało na następującej charakterystyce: Łańcuch jest związkiem trójkątów, przyległych do siebie i nie posiadającym warunków boków (oczywiście w praktyce musiano taki związek nazywać pojedynczym łańcuchem). Sieć natomiast jest związkiem trójkątów, w którym istnieją warunki boków (sinusów).

Według Schreibera zadaniem łańcuchów głównych było umiejscowienie błędów, powstałych podczas pomiarów. Błędy, które wzrastały wskutek poszerzenia obliczeń na dalekie odległości lub przez wiele łańcuchów, mogły być ograniczane w następujących warunkach: przy spotykaniu się dwóch łańcuchów, z których każdy oparty był na innej bazie; przy zamykaniu poligonu, złożonego z wielu łańcuchów.

W praktyce zwłaszcza ten drugi warunek nastroczał duże trudności i jak już powiedziano, z reguły ostatni zamykający łańcuch przyjmował na siebie całą odchyłkę zamknięcia poligonu.

Jako obowiązującą stabilizację przyjęto: około 2 stóp (0,6 m) pod powierzchnią gruntu umieszcza się płytę granitową albo większy blok granitowy z naciętym krzyżem na górnej powierzchni. Na płycie tej ustawiony jest słup granitowy, wystający około 1 stopy (0,3 m) nad powierzchnią ziemi. Słup jest graniastosłupem o przekroju czworokątnym, na bocznej jego ścianie znajduje się napis TP oraz rok założenia, na przeciwległej zaś — trójkąt. Na górnej płaszczyźnie słupa wyryty jest również krzyż, którego środek ustawiony pionowo nad krzyżem płyty. Położenie właściwego punktu wyznacza pion przechodzący przez punkty przecięcia się ramion krzyży wyciętych na słupie i płycie.

Przy ustalaniu generalnych założeń dla zakładania sieci triangulacyjnej nie zapomniano też o astronomicznej orientacji pruskiej sieci oraz o elipsoidzie odwzorowania, przyjmowanej do wszelkich prac obliczeniowych. Za elipsoidę tę przyjęto elipsoidę, której wymiary wyznaczone zostały przez Bessela. Jako obowiązujące przyjęto następujące elementy elipsoidy:

a — duża półoś 3272077,1399 toazów

b — mała półoś 3261139,3284 toazów

splaszczanie $\frac{a-b}{a} = 1 : 299,152818$.

Dla orientacji geograficznej sieci na powierzchni Ziemi przyjęto współrzędne astronomiczne oraz azymut, wyznaczone w Obserwatorium Berlińskim i przeniesione na pobliski punkt triangulacyjny Rauenberg. W 1865 r. przyjęto jako obowiązujące:

szerokość geogr. p. „Rauenberg” $52^{\circ}27'12''.021$

długość geogr. p. „Rauenberg” $31^{\circ}2'4''.928$ (od Ferro)

azymut Rauenberg—Berlin, Kościół Mariacki $19^{\circ}46'4''.87$

Aczkolwiek późniejsze wyznaczenia, zwłaszcza długości geograficznej, polepszyły te wyniki, to jednak podane wartości zostały nadal zachowane.

Jako bazy, służące za podstawę dla obliczania triangulacji wschodnich części Prus, przyjęto bazę królewiecką, berlińską i śląską, z zastosowaniem redukcji odchyłki pomiędzy dwiema pierwszymi bazami o 31,6 jednostek siódmego znaku logarytmu. Jako jednostkę miary długości przyjęto metr równy 443,296 linii paryskiej.

Współrzędne, w których wyrażane były punkty triangulacyjne sieci pruskiej, były dwojakiego rodzaju: prostokątne i geograficzne, przy czym prostokątne służyły do dowiązywania triangulacji niższego rzędu i pomiarów szczegółowych, natomiast geograficzne — dla wyrażenia wzajemnego położenia w jednakowym układzie na nieograniczonych obszarach.

Do 1876 r. dla celów pomiarów szczegółowych, jako współrzędne prostokątne używane były współrzędne Soldnera. Jednak z powodu niedogodności posługiwania się nimi na większych przestrzeniach, Wydział Triangulacyjny wprowadził w 1876 r. współrzędne zaproponowane przez Schreibera. Były to współrzędne prostokątne, płaskie, wiernokątne, podwójnego odwzorowania. Jednak i one okazały się w przyszłości niepraktyczne, wskutek ograniczonego zasięgu (do 2° długości geogr.) i wskutek tego mnożenia poszczególnych układów. Na razie jednak aż do 1914 r. wszystkie pomiary triangulacji szczegółowej były wyrównywane we wspomnianym układzie, a dane te publikowano w specjalnych wydawnictwach Biura Pomiarów Kraju.

Z powyższych danych, charakteryzujących zmiany w triangulacji pruskiej, zachodzące w interesującym nas okresie, widać, jak szeroko rozwinęły swą działalność nowe instytucje pomiarowe. Właściwe zorganizowanie kierownictwa podstawowych pomiarów kraju i postawienie na jego czele wybitnych fachowców, wysunęło w tym czasie geodezję niemiecką na pierwsze miejsce w Europie, odbierając prymat przodującej poprzednio geodezji francuskiej i rosyjskiej. W żadnym z państw w tym okresie nie spotykamy tak jednolitej i silnej organizacji geodezji podstawowej, mającej na celu zaspokojenie zarówno potrzeb gospodarczych, jak i wojskowych.

Opisany okres triangulacji Prus jest dla nas szczególnie ważny, ze względu na to, że większość prac z lat 1865-1878 wykonana została na terenie naszego kraju. Powstały tam w tym okresie podstawowe łańcuchy I rzędu oraz sieci I rzędu, a następnie triangulacja szczegółowa aż do IV rzędu wiązania. Do łańcuchów i sieci, rozciągających się na obszarze województw: gdańskiego, bydgoskiego, poznańskiego, koszalińskiego, szczecińskiego, zielonogórskiego, wrocławskiego, opolskiego i katowickiego zastosowano po raz pierwszy metody obserwacji, nowe instrumenty, nową stabilizację i nowe metody wyrównania. Tutaj po raz pierwszy zastosowano wyrównanie zamkniętych wieńców triangulacyjnych, wprowadzając warunki poligonowe. Tu dokonano dalszych nawiązań z sieciami państw sąsiednich: Austrii i Rosji.

W następnych rozdziałach znajdzie czytelnik nieco danych o poszczególnych sieciach wykonanych w tym okresie na naszych ziemiach. Aczkolwiek już obecnie tereny te posiadają nową triangulację, to jednak pamiętać musimy, że sieć spełniała swe zadania aż do 1945 r., pomimo że wymagała już unowocześnienia.

B. SIECI TRIANGULACYJNE NA OBSZARACH POLSKI

Powstanie Biura Triangulacji Kraju stało się początkiem nowego podejścia do wykonywania prac triangulacyjnych. Jednak, jeśli chodzi o tereny objęte pomiarami, prace tego Biura charakteryzują się kontynuacją rozpoczętych już wcześniej prac budowania nowej triangulacji na terenach ówczesnych wschodnich prowincji pruskich, w miejsce dawnych łańcuchów von Textora z przełomu XVIII i XIX w. Nowe sieci triangulacyjne miały służyć przede wszystkim jako podstawa dla zdjęć topograficznych, a więc przewidziane były w postaci łańcuchów I rzędu, wypełnianych sieciami I rzędu, które z kolei służyły jako oparcie dla triangulacji szczegółowej.

Sposób zakładania łańcuchów i sieci był na ogół kontynuacją metod stosowanych już przed 1865 r. Jednak, ze względu na powstanie wspomnianych już instytucji naukowych, zaczęto kłaść duży nacisk na możliwości wykorzystywania wszelkich prac o charakterze praktycznym również i dla celów naukowych.

Prace tego okresu objęły: łańcuchy pomorskie — równoleżnikowy z 1865 r. i południkowy z 1867 r., łańcuch marchijsko-śląski z lat 1868-1872, łańcuch śląsko-poznański z lat 1868-1872, sieć poznańską z lat 1872-1873, sieć marchijską z lat 1873-1874, sieć śląsko-poznańską z 1877 r., nawiązanie z siecią austriacką z 1878 r.

Ostatnia z wymienionych prac zakończona została na razie triangulacja I rzędu tej części ówczesnych Prus. W latach następnych cały wysiłek geodetów pruskich przeniesiony został na obszary zachodnie, gdzie do

1899 r. wykonany został kompleks sieci, tworzących tzw. zachód Schreiberowski.

Historycy triangulacji na ziemiach polskich zainteresowani są oczywiście przede wszystkim wymienionymi na wstępie sieciami i nimi też teraz zajmujemy się kolejno.

C. ŁAŃCUCHY POMORSKIE (1865-1867)

Oba łańcuchy pomyślane były jako rozbudowa triangulacji I rzędu na obszarze położonym pomiędzy Odrą a Wisłą, na północ od równoleżnika 53° — obejmują więc dzisiejsze województwa szczecińskie, koszalińskie, gdańskie i bydgoskie.

Jako pierwszy zaprojektowano łańcuch równoleżnikowy, łączący łańcuch pomiaru wybrzeża w okolicy Szczecina z łańcuchem Wisły w okolicy Torunia. Na zachodzie, jako punkty nawiązania miały służyć „Kleistberg” i „Klorberg” z pomiaru wybrzeża, jednak z powodu zniszczenia stabilizacji pierwszego z nich, obrano w pobliżu nowy punkt o tejże nazwie, a nowy łańcuch oparto na punktach „Vogelsang”, „Sprengelsberg” i „Klorberg” z „pomiaru wybrzeża”. Na wschodzie, jako wspólne punkty z łańcuchem Wisły obrano „Kulm” (Chełmno), „Kulmsee” (Chełmżę), „Thorn” (Toruń) i Dobrzejewice, jednak z powodu zniszczenia słupa na wieży kościoła w Chełmży punkt ten został określony na nowo. Ostatecznie łańcuch z 1865 r. obejmuje 24 punkty, w tym 3 punkty identyczne z łańcuchem pomiaru wybrzeża i 3 punkty identyczne z łańcuchem Wisły.

Łańcuch z 1867 r. przebiega w kierunku południkowym i łączy środkową część łańcucha z 1865 r. z łańcuchem pomiaru wybrzeża w rejonie Wejherowa. Łańcuch ma 11 punktów, w tym 3 punkty wspólne z „pomiaru wybrzeża” i 3 punkty wspólne z łańcuchem 1865 r.

Obserwacje wykonywane były na stanowiskach podwyższonych, przy celowaniu na heliotropy. Stosowano metodę kierunkową, przy dwudziestoczekrotnym naprowadzaniu na cel. Użyto po raz pierwszy, obok dawnego, piętnastocalowego kręgu Ertela, którym wykonywane były obserwacje w łańcuchu Bessela, również i nowego dziesięciocalowego instrumentu uniwersalnego, Pistora i Martina, oznaczonego Nr I. Instrument ten miał lunetę ekscentryczną, a ponieważ nie zastosowano metody pomiaru eliminującej wpływ tej ekscentryczności, trzeba było następnie wszystkie obserwacje odpowiednio zredukować. Badanie obu instrumentów wykazało, że wyniki pomiaru nimi można uznać za równoważne. Obserwatorami byli: von Bronsart i von Vietinghoff, którzy obserwowali 11 zachodnich punktów łańcucha z 1865 r. za pomocą narzędzia dziesięciocalowego, von Holleben i Steinhausen — pozostałe stanowiska tego łańcucha za pomocą kręgu Ertela, Loewe i von Prondzyński — 5 stanowisk łańcucha z 1867 r. za pomocą narzędzia dziesięciocalowego oraz von Holleben i Lignitz — pozostałe stanowiska za pomocą kręgu Ertela.

Wyrównanie stanowiska dokonywane było metodą zastosowaną przez Bessela przy jego pomiarze stopnia, z drobnymi tylko modyfikacjami. Łańcuchy wyrównywano metodą obserwacji zawarunkowanych, a dla niektórych boków lub kątów, będących wspólnymi dla istniejących lub projektowanych sieci, obliczano wagi i średnie błędy, również według wskazówek Bessela.

Do wyrównania przyjęto 26 równań trójkątów, 7 równań sinusów oraz jedno równanie baz — dla łańcucha z 1865 r., oraz 10 równań trójkątów, 3 równania sinusów oraz jedno równanie baz — dla łańcucha

z 1867 r. Zamknięcia trójkątów w łańcuchu z 1865 r. dochodziły do $1''8$ (średni błąd pomiaru kierunku według wzoru międzynarodowego wynosił $\pm 0''34$), zamknięcia trójkątów w łańcuchu z 1867 r. nie przewyższały $1''6$ (średni błąd kierunku wg wzoru Ferrero $\pm 0''33$). Maksymalna odchyłka w równaniach sinusów dla łańcucha z 1865 r. wynosiła 51,7 jedn. siódmego znaku log., a dla łańcucha z 1867 r. — 68,3 jedn. Dla równania boków w łańcuchu z 1865 r. otrzymano odchyłkę 34,4 jedn., w łańcuchu z 1867 r. — 6,6 jednostek.

Z wyrównania łańcucha z 1865 r. otrzymano jako wartość średniego błędu pojedynczej obserwacji kierunku $\pm 1''429$, z wyrównania zaś łańcucha z 1867 r. $\pm 1''909$.

Jako długość wyjściowa dla obliczenia łańcuchów stosowano boki nawiązania z łańcuchem pomiaru wybrzeża bądź też z łańcuchem Wisły (oba te dawne łańcuchy wspierały się na bazie królewieckiej). Wiemy, że przy porównaniu boku „Trunz”—„Wildenhof”, wspólnego dla „pomiaru stopnia” i „pomiaru wybrzeża”, obliczonego raz z bazy berlińskiej, a drugi raz z królewieckiej, otrzymano różnicę 35,2 jedn. siódmego miejsca logarytmów. Zaleceniem Biura Międzynarodowego Pomiaru Stopnia dodano do logarytmów wszystkich boków „pomiaru wybrzeża” 31,6 jedn. siódmego miejsca. Pozostała nieznaczna różnica 3,6 jedn. można było dodać do logarytmu bazy królewieckiej i obciążyć nią wszystkie boki łańcuchów pomorskich. Jednak ze względu na znikomą wielkość różnicy umiejscowiono ją na jednym tylko boku.

Dla właściwego dowiązania łańcucha z 1865 r. do skrajnych dla niego, dawniej określonych łańcuchów, opisane wyżej wyrównanie niezależne uzupełniono przez dodanie trzech warunków poligonów. W ten sposób otrzymano nowe wartości dla wyrównanych kątów (kierunków) i boków, na podstawie których obliczono współrzędne geograficzne i azymuty. Podobnie postąpiono z łańcuchem z 1867 r., dowiązując go warunkami poligonów do skrajnych punktów oparcia.

Wszystkie punkty obu łańcuchów zastabilizowane zostały za pomocą podziemnej płyty i słupa kamiennego I rzędu. Ponieważ od 1865 r. obowiązywało wywłaszczenie gruntu w okolicy założonego punktu, stabilizacja mogła być odtąd uważana rzeczywiście za trwałą.

Zarówno metody pomiaru, jak i obliczeń nie różnią się zasadniczo od metod stosowanych poprzednio. Wyjątek stanowi tu zastąpienie dużego, starego instrumentu Ertela nowocześniejszym, mniejszym i lżejszym od poprzedniego narzędziem Pistora i Martinsa, przy zachowaniu tej samej dokładności pomiaru.

D. ŁAŃCUCH MARCHIJSKO-SŁĄSKI (1868-1872)

Łańcuch ten tworzy najkrótsze połączenie pomiędzy bazą berlińską z 1846 r. (pomiar wybrzeża) a bazą Strzelińską z 1854 r. (łańcuch śląski) i zastępuje dawną triangulację Müfflinga z lat 1818-1828. Dzięki niemu łańcuch śląski oraz nawiązanie pod Tarnowskimi Górami z triangulacją rosyjską otrzymały połączenie z zasadniczą częścią triangulacji pruskiej i mogły znaleźć się w jej układzie. Projekt łańcucha, opracowany w 1868 r., nawiązał go na północy do trzech punktów „pomiaru wybrzeża”, na południu zaś łańcuch został bezpośrednio dowiązany do boków „Goy”—„Zobten” (Sobótka) i „Zobten” (Sobótka)—„Schneeberg” (Śnieżnik) łańcucha śląskiego, a w szerokości rozwiniętych z bazy strzelińskiej.

Wywiad terenowy przeprowadzono w 1869 r., po czym bezpośrednio

nastąpiła zabudowa. Obserwacje rozpoczęły się w 1870 r. i trwały, wskutek przeszkód wywołanych wojną francusko-pruską, aż do 1872 r.

Pomiar kątów poziomych odbywał się częściowo metodą kierunkową, częściowo zaś kątową, przy czym liczba nacełowań wzrosła w stosunku do stosowanej w łańcuchach pomorskich i wynosiła co najmniej 32. Używane były następujące instrumenty: stary, znany nam już, piętnastocalowy krąg Ertela z nowym podziałem, wykonany w latach 1869-1870 przez Martinsa, dwa dziesięciocalowe instrumenty Nr I i Nr II Pistora i Martinsa i po raz pierwszy zastosowany w 1872 r. nowy, dziesięciocalowy teodolit Nr II Pistora i Martinsa (bez koła pionowego). Wszystkie obserwacje wykonane tymi instrumentami uznano za równoważne.

Dla centrowania i innych drobnych pomiarów ubocznych używano pięciocalowego instrumentu uniwersalnego, stosowanego zwykle w triangulacji szczegółowej. Do pomiarów odległości przy pracach centrowania zastosowano dwumetrową łatę poziomą, za której pomocą wyznaczano optycznie odległości z wysoką dokładnością.

Po raz pierwszy przy obserwacjach w 1872 r. zastosowano śruby lub bolce, umieszczone na stałe w stoliku heliotropowym wieży lub też w słupie budowli stałej i przeznaczone na umocowanie heliotropów. W przeciwieństwie do stosowanych dawniej urządzeń, zamocowywanych każdorazowo dla osadzenia heliotropu, podniosło to dokładność i stałość celu.

Obserwacje wykonywane były przez następujących oficerów Biura Triangulacji Kraju: mjr. I. Loewego, kpt. kpt. Schreibera, von Vietinghoffa, Neumeistera i Steinhausena oraz por. por. von Prondzyńskiego, Haupta, Wiesego, van Graberga i Mitzlaffa.

Punkty sieci zastabilizowane zostały podziemnie i naziemnie według obowiązujących dawniej przepisów. Ponadto jednak wszystkie punkty zabezpieczone zostały czterema stabilizacjami ekscentrycznymi, położonymi w odległościach 10 m od centrum.

Łańcuch marchijsko-śląski, dowiązany w sposób pewny do wymienionych wyżej dawnych sieci na północy i południu, związany jest z dwiema sieciami, położonymi poza granicami ówczesnych Prus. Mianowicie ma dwa punkty wspólne z triangulacją austriacką: Śnieżka i Śnieżnik (trzeci punkt tego nawiązania należy już do łańcucha 1852-1854) oraz trzy punkty wspólne z triangulacją byłego Królestwa Saksonii. Ze strony saskiej obserwacje na tych punktach prowadzone były w latach 1870-1873, a długości trzech boków wspólnych, wyznaczone na podstawie pomierzonej w 1872 r. saskiej bazy pod Grossenhain, okazały się krótsze od tychże boków w sieci pruskiej o około 33 jedn. siódmego miejsca logarytmu.

Łańcuch marchijsko-śląski poddano tylko jednemu wyrównaniu, otrzymując z niego ostateczne wartości. Zastosowano metodę obserwacji zawarunkowanych, przy czym oprócz normalnych warunków zamknięcia trójkątów i warunków sinusów wprowadzono przymus nawiązania do ostatecznego systemu „pomiaru wybrzeża” przez oparcie się na 3 punktach o ostatecznych współrzędnych geograficznych, dwóch azymutach i dwóch długościach boków oraz do tymczasowego systemu łańcucha śląskiego Baeyera — przez trzy punkty: „Schneeberg” (Śnieżnik), „Zobten” (Sobótka) i „Goy”, a w szczególności przyjętą wartość kąta na punkcie „Zobten” (Sobótka) oraz wartości długości boków „Schneeberg” (Śnieżnik) — „Zobten” (Sobótka) i „Zobten” (Sobótka) — Goy.

Tak jak w poprzednio wykonywanych łańcuchach do ułożenia równań poprawek użyto kątów, wyrównanych już uprzednio na stanowiskach.

Dokładność łańcucha marchijsko-śląskiego charakteryzuje się następującymi wielkościami:

1. Średni błąd pojedynczej obserwacji jednego kierunku wynosi: z wyrównania stacyjnego ± 1532 , z wyrównania sieci ± 2447 . Wzrost ten spowodowany jest oczywiście wspomnianym przymusem nawiazania.

2. Średni błąd kąta otrzymany z wzoru międzynarodowego (przyjętego na posiedzeniu Stałego Komitetu Międzynarodowego Pomiaru Stopnia w Nicei w 1887 r.) z 32 trójkątów łańcucha wynosi $\pm 0''549$, co daje na średni błąd kierunku $\pm 0''39$.

Łańcuch marchijsko-śląski, jak również założony w latach późniejszych łańcuch śląsko-poznański zbudowane zostały jako łańcuchy podwójne. Jednak analiza uzyskanej dokładności przenoszenia azymutu w łańcuchu wykazała tak mały jej wzrost w stosunku do łańcuchów pojedynczych, przy jednoczesnym poważnym powiększeniu ilości pracy rachunkowej, że zdecydowano następnie powrócić do zakładania triangulacji podstawowej w postaci łańcuchów pojedynczych, wypełnianych sieciami powierzchniowymi.

Bardzo znaczne długości boków łańcucha marchijsko-śląskiego skłoniły Biuro Triangulacji Kraju do założenia w latach następnych wielu punktów pośrednich, przy czym geodezyjna ich wartość była rozmaita. Punkty te umożliwiły następnie zagęszczenie sieciami niższych rzędów. I tak zostało założonych 13 punktów o dwudziestoczekrotnym pomiarze kierunków (w latach 1870—1874 — 5 punktów, w 1878 — 5 punktów i w 1879 — 3 punkty) oraz 25 punktów o dwunastokrotnym pomiarze (w 1878 — 5 punktów i w 1879 — 20 punktów). Wyznaczane one były metodą wcięć kombinowanych, z wyjątkiem 7 punktów o dwunastokrotnym pomiarze kierunków, wyznaczonych jedynie wcięciami wprzód.

W stosunku do metod wykonywania łańcuchów pomorskich z lat 1865 i 1867 zarysowuje się przy wykonaniu łańcucha marchijsko-śląskiego pewien dalszy postęp. Wyraża się on w zastosowaniu w końcowej fazie pomiaru nowego, uproszczonego instrumentu, lżejszego od dawnych przez usunięcie zbędnego koła pionowego oraz z dodaniem kilku szczegółów konstrukcyjnych, pozwalających na łatwiejsze przesuwanie limbuse. Dalej widać polepszenie dokładności celu przez zastosowanie stałych śrub lub bolców, ułatwiających osadzanie centryczne heliotropów. Położony jest większy nacisk na zabezpieczenie stabilizacji oraz wprowadzone zostały pewne uproszczenia co do układania równań warunkowych. Z perspektywy czasu możemy te wszystkie innowacje osądzić jako bardzo pozytywne.

E. ŁAŃCUCH ŚLĄSKO-POMORSKI (1868, 1870-1872)

Łańcuch ten, który przebiegał w kierunku południkowym i łączył południowo-wschodnią część łańcucha marchijsko-śląskiego z łańcuchem pomorskim z 1865 r., projektowany był jeszcze przed marchijsko-śląskim. Pojedyncze kierunki na północy zaobserwowane były w 1865 r., wspólnie z obserwacjami łańcucha z tegoż roku. W 1867 r. przewidziano rozpoczęcie robót na 1868 r. w postaci pojedynczego łańcucha trójkątów. Prace obserwacyjne prowadzone w 1868 r., w następnym zaś roku, przerwano z powodu potrzeby pilniejszego wykonania triangulacji na obszarze Szlezewiku i Holsztyna. Jednocześnie decyzja ówczesnego kierownika Biura Triangulacji Kraju, gen. von Morozowicza, który objął swe stanowisko w 1868 r., poszła w kierunku związania w pierwszym

rzędzie bazy strzelińskiej z ówczesnym punktem centralnym triangulacji pruskiej, jakim był Berlin ze swoją bazą. W ten sposób wykonano najpierw łańcuch marchijsko-śląski, przerywając tym samym roboty na łańcuchu śląsko-pomorskim aż do 1871 r. W roku tym zostały one wznowione, przy jednoczesnym rozszerzeniu do postaci podwójnego łańcucha, co tłumaczy się tym, że stał się on ważnym połączeniem pomiędzy północnym odgałęzieniem sieci pruskiej, pomiędzy bazami berlińską i królewiecką, a południowym (pomiędzy bazami berlińską i strzelińską). Zakończenie prac obserwacyjnych nastąpiło w 1872 r. jednocześnie z zakończeniem prac nad łańcuchem marchijsko-śląskim.

Obserwacje wykonywane były metodami poprzednimi przy użyciu dziesięciocalowych instrumentów uniwersalnych Nr I i Nr II Pistora i Martinsa oraz dziesięciocalowego teodolitu Pistora i Martinsa, użytego po raz pierwszy w 1872 r. Oprócz tego obserwacje z 1865 r. wykonywane były w nawiązaniu do łańcucha 1865 piętnastocalowym kręgiem Ertela. Obserwacje wykonywane wszystkimi tymi czterema instrumentami uznano za równoważne.

Jako obserwatorzy pracowali: w 1865 r. kpt. von Holleben i por. Steinhausen, w 1868 r.: mjr mjr Loeve i von Schrötter, kpt. Schreiber i por. por. Lehnert i Neumeister w 1871/1872: kpt. kpt. von Vietinghoff i Neumeister oraz por. por.: Morsbach, Wiese, Mitzlaff i Stern.

Średni błąd pomiaru kąta, obliczony z 29 zamknięć trójkątów według wzoru międzynarodowego wynosi $\pm 0''614$, co daje średni błąd kierunku $\pm 0''44$. Błąd ten wzrósł bardzo w wyniku wyrównania z powodu warunków przymusu nawiązania do obu łańcuchów: z 1865 r. i marchijsko-śląskiego i wynosi po wyrównaniu dla pojedynczej obserwacji kierunku $\pm 1''785$.

Przy wyrównaniu zastosowano poprzednio metodę obserwacji zawrunkowanych z pewnymi uproszczeniami rachunkowymi. Ogółem łańcuch poddano dwóm wyrównaniom.

Pierwotnie wyrównano go jedynie z przymusem nawiązania do łańcuchów północnego i południowego, wprowadzając dodatkowo warunki boków, wynikające z długości boków nawiązania (łańcuch śląsko-poznański własnej bazy nie miał). Otrzymano z takiego wyrównania pierwsze wartości na kąty i długości boków.

Ponieważ jednak łańcuch śląsko-poznański stanowił zamknięcie poligonu, utworzonego z łańcucha marchijsko-śląskiego, „pomiaru wybrzeża” oraz łańcucha z 1865 r., został on wyrównany ponownie, z dodaniem geometrycznych warunków poligonu. Przy wyrównaniu tym wartości łańcucha z 1865 r., jako poddanego uprzednio drugiemu wyrównaniu, pozostały niezmienione, podobnie jak i innych łańcuchów, tworzących wspomniany poligon. Zmiany zaszły więc jedynie w wyrównywanym łańcuchu śląsko-poznańskim.

Wskutek tego wyrównania łańcuch ten otrzymał ostateczne dane, oparte na przyjętych jako ostateczne wielkościach wyjściowych; współrzędnych geograficznych, azymutów i wielkościach boków trójkąta: Dąbrowa, Krostkowo i Dębogóra z łańcucha 1865 r. oraz współrzędnych geograficznych, azymutów i wielkościach boków układu punktów: „Meiseberg”, „Dalkau”, „Todtenberg” i „Tshelentnik” (Cieletnik) łańcucha marchijsko-śląskiego.

W wyniku powyższego obliczono współrzędne geograficzne oraz prostokątne płaskie wszystkich punktów łańcucha, jak również współrzędne pozostałych łańcuchów poligonu.

W latach 1877-1879 w południowej części łańcucha, graniczącej z łańcuchem marchijsko-śląskim oraz powstałą w 1877 r. siecią śląsko-poznańską, założono 4 punkty podrzędne, wyrównywane grupowo razem z sąsiednimi punktami wspomnianych sieci sąsiednich.

Stabilizacja punktów łańcucha śląsko-poznańskiego, jak również sposoby sygnalizacji i centrowania nie różniły się od metod stosowanych w latach ubiegłych. Natomiast za pracę w pewnym sensie nową i wymagającą podbudowy naukowej uważać należy drugie wyrównanie łańcucha z wprowadzeniem warunków poligonowych. Zostały tam przyjęte pewne założenia, odbiegające swym charakterem od standartowych obliczeń triangulacyjnych i wymagające współpracy inżynierów o dobrym przygotowaniu teoretycznym.

Łańcuch śląsko-poznański zakończył budowę szkieletu triangulacji I rzędu wschodnich terenów ówczesnych Niemiec. Pozostało teraz zapełnienie sieciami powierzchniowymi obszarów utworzonych przez wieńce i łańcuchy.

F. SIEĆ POZNAŃSKA (1872-1873)

Planowe wykonanie triangulacji I rzędu było konieczne ze względu na późniejsze prace nad zakładaniem sieci niższego rzędu. Opisane wyżej roboty ujęły w ścisły system geodezyjny całość opracowywanych obszarów, jednak ze względu na łańcuchowy charakter zakładanych sieci, pozostały wielkie obszary, pozbawione sieci trójkątów I rzędu, niezbędnych dla zagęszczenia punktami II i niższych rzędów. Zapełnianie tych obszarów sieciami powierzchniowymi nastąpiło natychmiast po zakończeniu pomiarów łańcuchów.

Obszar zawarty pomiędzy wschodnim skrajem łańcuchów: śląsko-poznańskiego, marchijsko-śląskiego i śląskiego a granicą państwa (z cesarstwem rosyjskim), zwężający się w połowie swej długości, został podzielony na dwie części. Północna objęta została tzw. siecią poznańską. Sieć ta, której obserwacje wykonano w latach 1872-1873 obejmuje 13 nowych punktów i nawiązana jest do 8 punktów łańcucha z 1865 r. i łańcucha śląsko-poznańskiego. Wielkość i kształt trójkątów odpowiada trójkątom łańcuchów zasadniczych.

Do obserwacji, wykonywanych metodą stosowaną przy obserwacjach w łańcuchach, jedynie tylko z większą tolerancją przy zachowaniu wewnętrznej zgodności, zastosowano znany nam już instrument: dziesięciocalowy teodolit Nr I Pistora i Martinsa. Jako obserwatorzy pracowali: Morsbach, Stern i v. Mütschfehahl (pierwszy i ostatni wykonali większość obserwacji).

Metody sygnalizacji (heliotropy) oraz stabilizacji punktów nie różniły się od stosowanych poprzednio. Również i pomiary i obliczenia centrowania dokonane były znanymi uprzednio metodami.

Wyrównanie sieci przeprowadzono metodą obserwacji zawarunkowanych. Sieć zawierała 25 warunków figur, 10 warunków sinusów oraz 6 warunków boków (z nawiązania z łańcuchami sąsiednimi). Razem więc otrzymano 41 równań warunkowych.

Średni błąd pomiaru kierunku, obliczony z wzoru międzynarodowego wyniósł $\pm 0''37$. Największa odchyłka sumy kątów w trójkącie wyniosła $-2''588$.

Sieć obliczona została w układzie sąsiednich łańcuchów, opisanych w poprzednich rozdziałach.

Była to druga z sieci powierzchniowych, wypełniająca wielki obszar pomiędzy: łańcuchem „pomiaru wybrzeża” — na zachodzie, łańcuchem marchijsko-śląskim — na południu, łańcuchem śląsko-poznańskim — na wschodzie i łańcuchem z 1865 r. — na północy. Nazwa „sieć marchijska” pochodzi z wiernego przekładu z niemieckiej „Märkisches Netz”.

Sieć ta wykonywana była bezpośrednio po sieci poznańskiej, w latach 1873-1874. Obejmowała 20 nowo wyznaczanych punktów i nawiązana była do 16 punktów należących do łańcuchów otaczających. Forma i wielkość trójkątów była taka sama, jak w sieciach sąsiednich.

Obserwacje sieci wykonywane były dotychczas praktykowaną metodą, z dostosowaniem, podobnie jak w wypadku sieci poznańskiej, do warunków sieci powierzchniowej. Jako instrumenty stosowano dwa dziesięciocalowe teodolity Nr I i Nr II Pistora i Martinsa. Obserwowali: Morsbach, Schreiber i Pfister (przy czym Schreiber wykonał większość obserwacji). Jedno ze stanowisk obserwował częściowo wiele za pomocą ośmiocalowego instrumentu uniwersalnego Nr V Pistora i Martinsa, stosując podwójną ilość obserwacji, dla zachowania zgodności wag. Metody zabudowy, sygnalizacji i stabilizacji nie różniły się od poprzednio stosowanych.

Średni błąd pomiaru kierunku, obliczony z wzoru międzynarodowego z zamknięcia 54 trójkątów wyniósł $\pm 0''52$.

Wyrównanie sieci stosowane dotychczas metodą obserwacji zawarunkowanych wymagałoby rozwiązania 84 równań warunkowych (w tym 34 równań boków). Chcąc uniknąć tak znacznej, jak na ówczesne możliwości techniczne pracy obliczeniowej, zdecydowano się na zastosowanie innej metody, która została zaproponowana jako bardziej ekonomiczna.

Była to nowa wtedy metoda obserwacji pośrednich. Za niewiadome przyjęto współrzędne 20 nowo wyznaczonych punktów — w ten sposób otrzymano 40 niewiadomych do wyznaczenia z jednego układu. Przy rozwiązaniu zadania użyto współrzędnych płaskich. Zaszła więc potrzeba wyrażenia całej sieci w układzie płaskim za pomocą odpowiedniego odwzorowania. Jako odwzorowanie najwłaściwsze uznano wiernokątne stożkowe, w którym południki odwzorowują się jako proste, przecinające się w biegunie Ziemi, a równoleżniki — jako koła koncentryczne ze środkiem w tymże biegunie.

Położenie punktu na płaszczyźnie określano współrzędnymi biegunowymi: płaską odległością biegunową od Bieguna Północnego i płaską długością geograficzną od południka 31° na wschód od Ferro, licząc dodatnie długości w kierunku wschodnim. Azymuty były liczone od kierunku północnego zarówno na sferoidzie, jak i na płaszczyźnie.

Przeniesienie sieci na płaszczyznę dokonane zostało na zasadach opisanych w 1866 r. przez O. Schreibera w pracy *Theorie der Projektionsmethode der Hannoverschen Landesvermessung*. Jako dane wyjściowe przyjęto uznane za ostateczne punkty skrajne oraz zaobserwowane kierunki, zredukowane na płaszczyznę. Obliczono przybliżone współrzędne płaskie nowo wyznaczonych punktów, ułożono równania kierunków oraz obliczono poprawki. Następnie z poprawionych współrzędnych obliczono kierunki płaskie i powrócono do sferycznych. Wreszcie obliczono współrzędne geograficzne w systemie łańcuchów sąsiednich.

W rezultacie okazało się, że pomimo zmniejszenia ilości pracy jednoczesnego wyrównania metodą obserwacji zawarunkowanych, wynika

ogromna ilość obliczeń z powodu redukcji odwzorowawczych, co zniweczyło całkowicie pozorną oszczędność na ekonomicznej stronie pracy. W każdym jednak razie zastosowanie nowej metody można uważać za pewien postęp — wiemy bowiem, że w przyszłości metoda ta znalazła szerokie zastosowanie.

Bardziej oszczędna okazała się oczywiście ta metoda w przypadku obliczania niewielkich grup punktów. Tak wyrównano 5 punktów pośrednich, założonych w latach 1870-1874 w północnej części sieci marchijsko-śląskiej, o których mowa była w jednym z poprzednich rozdziałów.

H. SIEĆ ŚLĄSKO-POZNAŃSKA (1877)

Ze względu na pilne prace triangulacyjne w środkowej i zachodniej części kraju, południowa część obszaru pomiędzy łańcuchem śląsko-poznańskim a granicą ówczesnych Prus została objęta pracami triangulacyjnymi dopiero w 1877 r. Założono wtedy tzw. sieć śląsko-poznańską, graniczącą na północy z jednym bokiem sieci poznańskiej, na zachodzie z dwoma bokami łańcucha śląsko-poznańskiego i jednym bokiem łańcucha marchijsko-śląskiego, na południu z dwoma bokami łańcucha śląskiego z 1854 r. i jednym bokiem nawiazania pod Tarnowskimi Górami. Na wschodzie sieć dochodziła do ówczesnej granicy rosyjskiej.

Aczkolwiek tylko kilka lat dzieliło wykonanie sieci śląsko-poznańskiej od innych sieci tego terytorium, to jednak dają się zauważyć znaczne różnice zarówno w pracach obserwacyjnych jak i obliczeniowych. Niewątpliwie duże znaczenie miały tu prace Schreibera.

Dotychczasowa metoda pomiaru kierunków w poczetach, stosowana od czasów Bessela, stwarzała przy obserwacjach długich celowych w sieciach I rzędu duże trudności, wobec częstych niepełności poczetów oraz, co za tym szło, różnicy wag poszczególnych obserwacji. Wprowadzenie metody Schreibera pomiaru kątów stworzyło zupełnie inne możliwości. Na naszych ziemiach metoda ta została po raz pierwszy użyta właśnie przy pracach nad siecią śląsko-poznańską.

Sieć objęła 10 nowo wyznaczanych punktów oraz 8 punktów skrajnych, należących do sieci dawniej założonych, do których nowa sieć została dowiązana.

Obserwacje wykonali: kpt. kpt. Morsbach i Mitzlaff za pomocą obu dziesięciocalowych teodolitów Nr 1 i Nr 2 Pistora i Martinsa. Jak wspomniano wyżej, użyta została metoda Schreibera pomiaru kątów we wszystkich kombinacjach. Określenie dokładności z pomiaru poszczególnych stanowisk nie było przeprowadzone, podobnie jak w przypadku poprzednio opisanych sieci. Natomiast średni błąd kierunku, obliczony z zamknięcia trójkątów, wyniósł $\pm 0''45$, co nie różniło się zasadniczo od wyników otrzymanych poprzednio. Było to w pewnym sensie zastanawiające, wobec otrzymywania już znacznie lepszych (rzędu $0''2-0''3$) wyników we wspomnianych sieciach zachodnich.

Wyrównanie sieci przeprowadzone zostało podobnie jak w wypadku sieci marchijskiej, bez wprowadzania różnic wag, natomiast na zasadach wprowadzonych od 1876 r. przez Wydział Trygonometryczny (którego kierownikiem w 1875 r. został Oskar Schreiber) przy zastosowaniu układu współrzędnych prostokątnych płaskich. Nawiazanie nowych kierunków do dawnych, na punktach dowiązania, dokonane zostało w ten sposób, aby suma różnic kątów dawnych i nowych na każdym stanowisku dawała zero.

W ten sposób sieć poznańsko-śląska wyrównana została zgodnie z koniecznością pełnego dostosowania do okolicznych sieci, których współrzędne wcześniejsze przyjęto jako definitywne i obliczono w układzie prostokątnym płaskim oraz we współrzędnych geograficznych, jakiegokolwiek inne wyrównanie nie było przeprowadzane.

Jednocześnie z obserwacjami punktów głównych zaobserwowano w sieci śląsko-poznańskiej 11 punktów pośrednich, rozłożonych systematycznie w większych trójkątach sieci głównej. Punkty te obserwowano metodą kierunkową, jako „punkty o dwunastokrotnym pomiarze”. Pięć z nich wyznaczono jedynie wcięciami wprzód. Wszystkie punkty wyrównano grupowo w oparciu o punkty sieci głównej.

Metody sygnalizacji oraz stabilizacji punktów sieci śląsko-poznańskiej nie różnią się od sposobów stosowanych w sieciach poprzednich.

I. NAWIĄZANIE AUSTRIACKIE (1878)

Jako ostatnia praca w tej części kraju zostało wykonane w 1878 r., ze strony Pruskiego Wydziału Triangulacyjnego nawiązanie z siecią austriacką w rejonie Górnego Śląska. Praca ta polegała na wyznaczeniu trzech nowych punktów, z których dwa, a mianowicie Hurki i Roy, położone były na terytorium ówczesnej Austrii i należały do sieci Moraw i Śląska.

Jako punkty nawiązania posłużyły punkty łańcucha śląskiego z 1854 r. (wyznaczone ponownie w 1878 r.) „Bischofskoppe” (Biskupska) Kopa i „Pschow” (Pszów), oraz punkt nawiązania pod Tarnowskimi Górami — Orzesze. Cała sieć nawiązująca składała się z 4 trójkątów.

Obserwacje ze strony pruskiej wykonane zostały analogicznie, jak na nowo wyznaczanych punktach łańcucha śląskiego tzn. metodą Schreieberta, zastosowaną po raz pierwszy przy pomiarze łańcucha Łaby w 1875 r. Kąty zaobserwował kpt. Morsbach za pomocą dziesięciocalowego teodolitu Nr I Pistora i Martinsa.

Średni błąd pomiaru kąta, obliczony z wzoru międzynarodowego wynosi z 4 trójkątów $\pm 0''668$, co daje na błąd kierunku $\pm 0''48$. Jest to błąd znaczny w stosunku do innych pomiarów z tego okresu, a spowodowany on został na skutek nie uwzględnienia przymusu nawiązania na stanowiskach wiążących zgodnie z wykonanymi obserwacjami nawiązującymi. W ten sposób do obliczeń przyjęto na tych stanowiskach te wartości kątów, które otrzymano bezpośrednio z wyrównania stacyjnego, a których waga jest mniejsza od przyjętej w sieciach głównych wagi 12 dla średniej z trzech, jako pojedynczego spostrzeżenia o wadze jednostkowej. Ponieważ zaś sieć składa się tylko z 4 trójkątów, miało to zasadniczy wpływ na ocenę dokładności.

Sieć nawiązującą wyrównano metodą korelat i za pomocą trzech punktów wspólnych z dawnymi sieciami włączono do układu reszty sieci tego obszaru. Przy uwzględnianiu kierunków nawiązujących oraz orientowania nowych pomiarów do dawnych na punktach nawiązania postępowano tak, jak w poprzednio opisanych wypadkach.

Sieć nawiązującą uzupełniono również w 1878 r. trzema punktami podrzędnymi. Z nich jeden, położony wewnątrz trójkąta nawiązującego, obserwowano z wagą dwunastokrotnego nastawienia, natomiast dwa pozostałe, Lędziny i Radostowice, położone poza obrębem sieci na wschód od niej i stanowiące samodzielne oparcie dla triangulacji niższego rzędu, obserwowano z wagą dwudziestoczekrotnego nastawienia. Czwarty

punkt podrzędny, położony w obrębie sieci nawiązującej, należy do łańcucha śląskiego i został w nim wyznaczony.

Sposób sygnalizacji i stabilizacji sieci odpowiada poprzednio przytoczonym opisom. Punkty położone na terytorium austriackim zastabilizowane były zgodnie z przepisami austriackimi; podziemny kamień z umieszczonym bolcem z cynku i naciętym krzyżykiem oraz naziemny kamień stabilizacyjny.

Nawiązawcza sieć pozwoliła na wyrażenie w geograficznych współrzędnych dwóch punktów triangulacji austriackiej. Dało to możliwość całkowitego powiązania tych sieci pomiędzy sobą, miało więc duże znaczenie dla ewentualnych przyszłych prac naukowych, wymagających objęcia sieciami czy łańcuchami triangulacyjnymi większych obszarów.

J. SIECI TRIANGULACYJNE OBSZARÓW POLSKICH JAKO CZĘŚĆ OGÓLNEJ TRIANGULACJI PRUSKIEJ

Opisane w poprzednim rozdziale sieci triangulacji I rzędu, wykonane w latach 1865-1878, były tylko częścią wielkiego planu pokrycia całych Prus siecią triangulacyjną.

Już podczas wykonywania tych prac na naszych obecnych terenach zaszła widocznie pilna konieczność pokrycia triangulacją pewnych terenów w środkowej części Prus, gdyż w 1869 r. wykonano łańcuch na terytorium Szlezewiku i Holsztyna (tereny przyłączone w wyniku wojny z Danią), w latach 1874-1875 uzupełniono nowymi pomiarami łańcuch Łaby, a w 1876 r. wykonano łańcuch alzacko-lotaryński.

W 1880 r. rozpoczęły się intensywne prace triangulacji I rzędu na terenach pruskich na zachód od Łaby, zakończone w 1899 r. W okresie tych niepełnych 20 lat wykonano: Łańcuch hanowersko-saski z bazą pod Getyngą (1880-1881), sieć saską (1880-1881), łańcuch hanowerski z bazą pod Minden (1882-1885), północne nawiązanie holenderskie (1884-1888), sieć Wezery (1886-1887), sieć Turynii (1888), łańcuch reńsko-heski i nawiązanie południowo-holenderskie (1889-1892), sieć Dolnego Renu (1893-1895), sieć Palatynatu (1896-1897), nawiązanie francuskie (1899).

W ten sposób cały obszar Prus pokryty został siecią triangulacyjną. W ślad za sieciami I rzędu wykonywana była triangulacja II i III rzędu. Nie pokryte sieciami pozostały tylko obszary pomorskie i wschodniopruskie, zawarte wewnątrz wieńców z lat 1832-1867.

Cała ta wielka praca wykonana była pod kierownictwem Oskara Schreibera. Była to wybitna postać, zasłużona dla geodezji ogólnoswiatowej i dlatego warto słów parę jej poświęcić.

Urodzony w 1829 r. w Stolzenau nad Wezerą, w Królestwie Hanoweru, wstąpił do służby wojskowej i w 1849 r. był już porucznikiem w armii hanowerskiej, którą opuścił w 1867 r. w stopniu kapitana. W tym osiemnastoletnim okresie wiele pracował w dziedzinie pomiarów, czego owocem była, wydana w 1866 r., praca na temat metod odwzorowania hanowerskiego pomiaru kraju, która potwierdziła jego wybitne zdolności. Praca ta rozwijała zasady podane przez Gaussa, a odnoszące się do odwzorowania wiernokątnego elipsoidy ziemskiej na płaszczyznę i zwróciła na Schreibera uwagę pruskiego Sztabu Generalnego. W 1866 r. odkomenderowany został do Biura Triangulacji Kraju. W instytucji tej spotkał się z wiernym kopiowaniem dawnych wzorów pomiaru kraju, podanych jeszcze przez Bessela. Niezrozumienie głębokiego sensu myśli besselowskiej i mechaniczne trzymanie się dawnych zasad prowadziło do całkowitego skostnienia geodezji pruskiej.

Bliska współpraca Schreibera z Gaussem przyczyniła się natychmiast do zmiany atmosfery. Przede wszystkim zastosował system współrzędnych prostokątnych płaskich, nazwanych jego imieniem; system ten umożliwił wykonywanie obliczeń triangulacji na całym terenie Prus w jednolitym układzie, co miało szczególne znaczenie dla uporządkowania i ujednolicenia triangulacji II i III rzędu.

W latach 1866-1874 Schreiber brał bezpośredni udział w pracach triangulacji I rzędu; wtedy to rozwinął swoją teorię pomiaru kątów na stanowisku we wszystkich kombinacjach, co posunęło ekonomię i dokładność pomiaru kątów oraz pozwoliło na określanie ich wzajemnych wag. Był to znaczny postęp w stosunku do stosowanej od czasów Bessela metody pomiaru w poczetach, prowadzącej w praktyce do licznych niepełnych poczetów.

W 1875 r. Schreiber powołany został na stanowisko szefa Wydziału Triangulacyjnego organizowanego wówczas Pruskiego Urzędu Pomiarów Kraju. Obok zasadniczych prac o charakterze naukowym, omawiających np. zasady pomiaru sieci bazowych, przeprowadził on w tym okresie wielkie prace pomiarowe, organizując i kierując wykonaniem wszystkich pruskich sieci I rzędu na zachód od Łaby. Prace te wykonane były na wysokim poziomie naukowym i technicznym. Łańcuchy i sieci I rzędu, wymienione wyżej i wykonywane w latach 1876-1899 stanowią tzw. zachód schreiberowski i były oparciem dla całej późniejszej triangulacji Niemiec. Również i w prowadzonym zaraz po zakończeniu prac I rzędu zagęszczeniu triangulacji II i III rzędem przejawiał się wybitny talent organizacyjny oraz umiejętności Schreibera, zarówno w zakresie robót terenowych, jak też i obliczeniowych. Schreiber zmarł w randze generała.

Należy stwierdzić, że triangulacja pruska okresu 1865-1899 może być podzielona na dwa podokresy: 1865-1875 oraz 1875-1899. Drugi z nich związany jest ściśle z działalnością Schreibera.

Jeżeli chodzi o tereny interesujące nas, to zostały one pokryte triangulacją I rzędu zasadniczo w podokresie pierwszym, gdyż tylko nieliczne sieci wykonane tu były w latach 1875-1878; na pracach tych zresztą, jak to zaznaczono wyżej, wyraźnie widać piętno działalności Schreibera. Dlatego też sieci triangulacyjne na zachód od Łaby stoją na znacznie wyższym poziomie technicznym.

Jednak zauważyć należy, że i prace na naszych zachodnich terenach stanowią znaczny postęp w porównaniu z dawnymi. Obliczane na jednolitej elipsoidzie, przy wprowadzaniu ujednolajnionej jednostki długości, jednolitych zasad pomiaru kątów i oceny dokładności — prace te pozwoliły na stworzenie osnowy dla dalszych sieci triangulacyjnych w postaci łańcuchów i sieci, obliczonych w jednym sztywnym układzie. Nowe łańcuchy i sieci zostały ponadto dowiązane i zespolone z łańcuchami mierzonymi w poprzednim okresie, co świadczy o dużej planowości w działalności Pruskiego Biura Pomiarów.

Oczywista jest rzecz, że wyniki wyrównań poligonów, zamykanych nowymi łańcuchami, ale zawierających również łańcuchy stare, nie wypadły dokładnie z punktu widzenia wymagań nauki. Świadczą o tym następujące dane:

1. Zamknięcie poligonu: Łańcuch pomiaru wybrzeża—łańcuch Wisły—łańcuch z lat 1861-1862—łańcuch z 1859 r. Przymus nawiązania wziął na siebie łańcuch 1861-1862, a odchyłka liniowa zamknięcia poligonu wyniosła 2,02 m.

2. Zamknięcie poligonu: Łańcuch wybrzeża—łańcuch z 1865 r.—łańcuch Wisły. Przymus nawiązania na łańcuchu z 1865 r.—odchyłka 4,15 m.

3. Zamknięcie poligonu: Łańcuch wybrzeża—łańcuch z 1865 r.—łańcuch z 1867 r. Przymus nawiązania na łańcuchu z 1867 r. Odchyłka 1,69 m.

4. Poligon: Pomiar stopnia — łańcuch z 1859 r. — łańcuch z 1858 r. pozostał nie zamknięty, przez co na dwa punkty łączne otrzymano podwójne współrzędne, różniące się w X o około 1,5 m, a w Y — o około 2,5 m.

5. Zamknięcie poligonu: Łańcuch wybrzeża—łańcuch z 1865 r. — łańcuch poznańsko-śląski (przymus nawiązania)—łańcuch marchijsko-śląski: odchyłka liniowa 4,76 m.

Wyniki powyższe wskazują wyraźnie, że należało myśleć o nowej triangulacji wschodnich terenów Prus. Jest to tym bardziej jasne, jeśli wyniki te zestawimy z wynikami, otrzymanymi po 1875 r. w sieciach „schreiberowskiego zachodu”, gdzie maksymalne odchyłki liniowe w przymusie nawiązania wynoszą 1,5 m przy 280 km łańcucha nawiązującego.

Jednak już w ten sposób zbudowana sieć, obejmująca swym zasięgiem obszar całych Prus, mogła posłużyć jako podstawa do stworzenia sieci astronomiczno-geodezyjnej, złożonej z długich linii geodezyjnych, łączących punkty sieci geodezyjnej, opatrzone dodatkowymi pomiarami astronomicznymi. W ten sposób już w końcu XIX w. obecne obszary polskie zostały objęte siecią astronomiczno-geodezyjną, zapoczątkowującą wielkie prace geodezyjne o charakterze międzynarodowym. Był to znów krok naprzód w stosunku do stosowanych poprzednio łańcuchów pomiaru stopnia, posiadających ogromne znaczenie dla badania geoidy, lecz ograniczających to badanie jedynie do kierunków południkowych czy równoleżnikowych. Sieci astronomiczno-geodezyjne były zapoczątkowaniem powierzchniowego badania geoidy. Na obecnych obszarach Polski znalazło się 10 punktów z tej pierwszej w dziejach geodezji sieci astronomiczno-geodezyjnej.

Triangulacje pruskie nie były jedynymi wielkimi pracami geodezyjnymi na wschodnim obszarze ówczesnych Niemiec. Na terenach tych w latach 1853-1874 powstała sieć w Meklemburgii, wykonana pod kierunkiem Paschena, ucznia Gaussa. Jednak niedostateczna troskliwość o identyczność punktów nawiązania nie pozwoliła na zespolenie tej sieci z obejmującymi terytorium Meklemburgii łańcuchami pruskimi. Natomiast wykonana w latach 1862-1890 przez Nagela sieć Królestwa Saksonii, również na wysokim poziomie technicznym, uzyskała dostateczne nawiązanie ze znanym nam już łańcuchem marchijsko-śląskim. Nawiązanie to pozwoliło na wczesne zespolenie sieci obu krajów w okresie po utworzeniu cesarstwa Niemieckiego.

Trzeba więc stwierdzić, że obszary polskie znajdujące się w końcu XIX w. pod zaborem pruskim, pokryte zostały w przeważającej większości siecią triangulacji I rzędu, mogącą z powodzeniem pretendować do miana najlepszej sieci tego okresu na świecie. Było to bezsprzecznie wynikiem powiązania zainteresowań gospodarki z potrzebami władz wojskowych.

K. TRIANGULACJA NIŻSZYCH RZĘDÓW

Zarówno względy gospodarcze jak i wojskowe powodowały, że w ślad za łańcuchami i sieciami triangulacyjnymi I rzędu zakładane były kolejno sieci II i III, a nawet i niższych rzędów. Metody wykonywania tych prac w okresie nas interesującym (1865-1899) zmieniały się, w miarę wkładu wysiłków wybitnych geodetów w rozwój geodezji pruskiej.

Jako pierwsza triangulacja II rzędu, utworzonego w 1865 r., Biura Triangulacji Kraju wykonana została w latach 1865-1867 sieć okolic Berlina. Zasady techniczne wykonania tej sieci zawarte zostały w *Instrukcji dla triangulatorów odkomenderowanych do triangulacji kraju* i wynikały z wyłączenia pomierzonych punktów II rzędu do przyjętej jako niezmienniej sieci „pomiaru wybrzeża”. Włączenie tych punktów odbywało się przy zastosowaniu metody obserwacji zawarunkowanych, przy pojedynczych wcięciach, bądź też grupowych, 2-3 punktowych. Jako układ współrzędnych stosowano, podobnie jak w triangulacji I rzędu, współrzędne geograficzne oraz biegunowe (kierunek i odległość pomiędzy dwoma punktami).

Ponieważ podobne metody pomiaru i obliczeń stosowano do 1876 r. dla wszelkich prac II i III rzędu triangulacji pruskiej, a więc i na terenach zachodnich Polski, dlatego charakterystyka sieci okolic Berlina pozwala nam na ocenę sieci położonych na naszych ziemiach. Według tej charakterystyki dokładność sieci II rzędu wyrażała się średnim błędem pomiaru kąta $\pm 2''23$, a dokładność sieci III rzędu $\pm 4''87$.

Od 1876 r. w pracach obliczeniowych w zakresie sieci II rzędu zaszły zasadnicze zmiany. Działalność Schreibera w kierunku polepszenia ekonomicznej i technicznej strony triangulacji oraz dostosowania współrzędnych punktów do praktycznego stosowania wyraziła się ostatecznie w wydaniu *Przepisów rachunkowych dla Wydziału Trygonometrycznego Pomiarów Kraju, Wyrównania i Obliczania Triangulacji II rzędu*. Przepisy te wprowadzono do obowiązującego stosowania właśnie od 1876 r.

Zastosowana w nich metoda, zwana metodą współrzędnych polegała na wprowadzeniu do wyrównania współrzędnych wyznaczanych, jako niezależnych niewiadomych, otrzymywanych następnie jako bezpośredni wynik wyrównania (jest to w istocie rzeczy znana nam obecnie, a nowa wówczas, metoda wyrównania obserwacji pośrednich). Nowością było również zastosowanie innego rodzaju współrzędnych. Mianowicie wielkości mierzone przenoszone były drogą odwzorowania wiernokątnego ze sferoidy na płaszczyznę, a w szczególności ze względu na wielki obszar (cała Rzesza Niemiecka), za pomocą podwójnego odwzorowania. Polegało ono na odwzorowaniu najpierw z elipsoidy na kulę (według znanej teorii Gaussa), a następnie z kuli na płaszczyznę, we współrzędnych prostokątnych płaskich. Współrzędne te posiadały oczywiście znakomitą przewagę nad współrzędnymi biegunowymi stosowanymi uprzednio, wynikającą przede wszystkim z jednolitości takiego układu dla całego obszaru kraju.

Jednak znaczne zniekształcenia liniowe nie pozwoliły na stosowanie opisanych wyżej współrzędnych do pomiarów szczegółowych. Toteż wprowadzono do użytku powszechnego współrzędne Soldnera, również prostokątne lecz nie wiernokątne, na który to układ przeliczano współrzędne z układu ogólnopanstwowego.

Na wschodnich terenach Niemiec ówczesnych, obejmujących również ziemie polskie, szczegółowe pomiary, przede wszystkim dla celów katastralnych, opierane były na sieciach triangulacyjnych. Z reguły triangulacja szczegółowa otrzymywała orientację i jednostkę długości z triangulacji I rzędu, do której była nawiązana. Tam jednak, gdzie sieć I rzędu nie była jeszcze gotowa, mierzone były specjalne bazy.

Zagęszczenie sieci coraz to niższym rzędem triangulacji dokonywane było metodami wcięć, od 1877 r. sposób ten ustalono jako zasadniczo obo-

wiązujący, pozostawiając zakładanie właściwych sieci triangulacyjnych jedynie dla szczególnie uzasadnionych przypadków.

Do 1870 r. nie było żadnych ustalonych przepisów co do sposobów wyrównania i właściwego rozłożenia błędów na wyniki obliczeń. Dopiero w 1870 r. weszły w użycie instrukcje co do stosowania metody najmniejszych kwadratów dla wyrównania wcięć punktów II i III rzędu oraz metod graficznych wyznaczania punktów IV rzędu. Przez zastosowanie współrzędnych Soldnera wszystkie obliczenia prowadzone były na płaszczyźnie. Zasadniczo wyrównywano pojedyncze wcięcia, a tylko w wyjątkowych wypadkach stosowano grupy złożone z dwóch punktów.

Układy współrzędnych prostokątnych Soldnera dla uniknięcia zbyt-nych zniekształceń ograniczone były do 60 km w obie strony od osi współrzędnych. Jako początek układu przyjmowano ustalone raz na zawsze punkty triangulacyjne wyższego rzędu. Na ziemiach polskich znajdowało się w ten sposób 17 układów. Cały obszar tych ziem pokryty był punktami triangulacji niższych rzędów, o zagęszczeniu dostosowanym do potrzeb praktycznych.

Oczywiście, powstające na przestrzeni dziesiątków lat punkty triangulacyjne, wyznaczone różnymi metodami i z różną dokładnością i stabilizowane niejednolicie, nie mogły z czasem zadowolić stale podnoszących się wymagań technicznych geodezji. Toteż najstarsze części triangulacji szczegółowej domagały się zasadniczego uporządkowania. Masową pracę w tym kierunku podjęto jednak dopiero po 1899 r.

3. OKRES TRIANGULACJI NIEMIECKIEJ NA ZIEMIACH POLSKICH

1899-1914

A. PRZYCZYNY DECYZJI WYKONANIA NOWEJ TRIANGULACJI, W SZCZEGÓLNOŚCI NA TERENIE OBECNEJ POLSKI

W 1896 r. pruskie naczelne władze pomiarowe, w szczególności zaś Centralna Dyrekcja Pomiarów (istniejąca od 1875 r. jako naukowe ciało doradcze przy Pruskim Urzędzie Pomiarów), postanowiły wykonać nowe pomiary Prus Zachodnich i Wschodnich (obecny teren województw: gdańskiego, bydgoskiego, olsztyńskiego i części północnej białostockiego). W 1904 r. powzięta została dalsza decyzja objęcia nowymi pomiarami tych wszystkich obszarów Prus, które pomierzone były przed 1872 r. (rok utworzenia Oddziału Triangulacyjnego Urzędu Pomiarów). Waga tych decyzji musiała być znaczna, gdyż zostały one akceptowane przez rząd, czego wynikiem było przystąpienie do prac nad siecią triangulacji I rzędu już w 1899 r.

Potrzeba wykonania nowych pomiarów była niezwykle pilna. Ówczesne czynniki decydujące o przystąpieniu do nich zdawały sobie niewątpliwie sprawę, jakie skutki pociąga za sobą całkowite przebudowanie sieci triangulacyjnych, na których przez wiele lat opierane były pomiary szczegółowe i topograficzne. Pilna konieczność takiej przebudowy może zajść jedynie wtedy, jeśli z jednej strony wzrastającym wymaganiom pomiarowym nie odpowiada już dokładność sieci geodezyjnych, z drugiej zaś strony — jeśli sieci te zagrożone są całkowitym zniszczeniem. W przypadku sieci pruskich obie te okoliczności występowały bardzo wyraźnie, zwłaszcza w zestawieniu z nowszymi sieciami, położonymi na zachód od Łaby.

Wielką zasługą Schreibera jest, że zapoznawszy się szczegółowo z niedostatkami w pomiarze i stabilizacji wschodnich sieci, potrafił wyciągnąć ze swych badań odpowiednie wnioski, które pozwoliły na uniknięcie tych niedostatków, a przynajmniej znaczne ich zmniejszenie w zakładanych pod jego kierownictwem sieciach na zachód od Łaby. Odnosi się to zarówno do ulepszeń instrumentów i metod pomiaru i obliczeń, jak też i do troski o właściwe zabezpieczenie punktów. Wszystkie te okoliczności dały w wyniku tak wysoką wartość sieci, że w chwili zapadania decyzji o nowym pomiarze terenów wschodnich nie było w ogóle mowy o jakimkolwiek odnawianiu sieci zachodnich.

Decyzja ulepszenia sieci wschodnich jest tak widocznym przykładem postępu nauki i techniki w dziedzinie geodezji, że pożyteczne będzie przeanalizowanie w tym miejscu poszczególnych elementów tego zagadnienia tak, jak przedstawiało się ono geodetom przed siedemdziesięciu laty.

Zwrócono przede wszystkim uwagę na niewłaściwy układ trójkątów oraz ich kształt w poszczególnych łańcuchach. Zdawano sobie już wcześniej sprawę z zalet trójkątów zbliżonych do równobocznych. Jednak ze względu na duże trudności w budowie wysokich wież istniał brak swobody w wyborze punktów, który zniekształcał w dużym stopniu prawidłowość trójkątów. Jako przykład podać można, że najwyższy sygnał łańcucha pomiaru wybrzeża sięgał 27 m, co było pełnym wyjątkiem, gdyż i tak pomiary na nim można było wykonywać tylko przy bardzo sprzyjającej pogodzie. Najczęściej sygnały nie przekraczały 10 m, a używano również i pni rosnących drzew, które ścinano na odpowiedniej wysokości i traktowano jako podstawę dla instrumentu. Tam gdzie podobnych udogodnień nie znaleziono, obserwacje wykonywane były ze słupów kamiennych, wysokości około 1 metra. Nie trzeba dowodzić jak wielki wpływ, szkodliwy dla wyników obserwacji, miał przebieg celowej tak bliski od ziemi i innych przeszkód.

Drugim elementem, obniżającym wartość dawnej triangulacji I rzędu była niewłaściwa długość baz przyjętych do obliczenia sieci oraz ich rozkład w terenie. Na wschód od Łaby istniały tylko cztery bazy: pod Królewcem, pomierzona w 1834 r., pod Berlinem w 1846 r., pod Strzelinem na Śląsku w 1854 r. i pod Braak w okolicach Hamburga w 1871 r. Wszystkie te bazy pomierzone były aparatem Bessela, a ponowne pomiary bazy strzeleńskiej w 1879 r. i berlińskiej w 1880 r., dokonane przez Instytut Poczdamski aparatem Brunnera wykazały zupełnie dobrą zgodność z dawnymi pomiarami. Nie to jednak było istotne. Baza berlińska została wprowadzona do obliczeń łańcucha wybrzeża powiększona o 31,6 jedn. siódmego miejsca logarytmu, gdyż w ten sposób Baeyer, twórca tego łańcucha, chciał osiągnąć lepszą zgodność z besselowską bazą królewiecką (błądność tego postępowania wykazali teoretycznie Helmert i Schreiber, a praktycznie — nowy pomiar). Baza pod Braak była za długa z powodu zbyt późno wykrytego błędu w komparacji. Poza tymi mankamentami samych baz, niedopuszczalne z punktu widzenia postępu technicznego były ich wzajemne odległości: Królewiec—Berlin = 540 km, Królewiec—Strzelino = 480 km.

Trzecim niedostatkim była przestarzała metoda pomiaru kątów. W dawnych sieciach i łańcuchach stosowano bowiem wyłącznie metodę kierunkową, przy czym warunek pełności poczetów był bardzo rzadko spełniany. Wskutek tego wpływ znacznych błędów podziału limbusa, powszechnych w dawnych niedoskonałych instrumentach odbijał się bardzo

niekorzystnie na wynikach wyrównania. Podobnie niekorzystny wpływ miało nieumiejętne rozkładanie obserwacji w sieciach bazowych. Zauważono również przy badaniu dawnych aparatów pomiarowych, że nie wszystkie wyniki obserwacji wprowadzano do wyrównania, ograniczając się jedynie do najlepiej pasujących i odrzucając wszystkie odbiegające, co oczywiście zniekształcało wynik ostateczny. Jeżeli jeszcze dodamy, że dopiero od 1870 r. dla punktów głównych, a od 1889 dla wszystkich punktów I rzędu wprowadzono obowiązek obserwowania na światło heliotropu, gdyż przedtem używano tylko celowania „na sygnał” — otrzymamy ostateczny obraz niedoskonałości pomiarów kątowych w dawnych sieciach i łańcuchach I rzędu.

Dla ilustracji dobrze będzie podać, jak przedstawiały się średnie błędy pomiarów w sieciach wykonanych do 1872 r. i po tym terminie:

	przed 1872 r.	po 1872 r.
Sr. błąd pomiaru bazy na 1 km	$\pm 1,6$ — $\pm 2,8$ mm	$\pm 0,7$ — $\pm 1,1$ mm
Sr. błąd rozwiniętego boku w sieci baz.	$\pm 3,9$ — $\pm 5,3$ mm/km	$\pm 1,6$ — $\pm 2,4$ mm/km
Sr. błąd kąta z wzoru międzynarodowego	$\pm 0''45$ — $\pm 0''69$	$\pm 0''27$ — $\pm 0''47$

Z powyższego krótkiego zestawienia widać wyraźnie znaczną różnicę w jakości pomiarów przed 1872 r., kiedy to mierzone były przede wszystkim sieci wschodnie, i po tym okresie, gdy powstawał tzw. schreiberowski zachód. Jeżeli zaś dodamy do tego duże prawdopodobieństwo przesunięć punktów w najstarszych sieciach, spowodowane stwierdzonymi ruchami skorupy ziemskiej, stwierdzimy z całą pewnością, że sieci sprzed 1872 r. nie mogły być uważane za pełnowartościowe z naukowego punktu widzenia.

Dokładność ich jednak mogła by wystarczyć dla celów praktycznych, gdyby nie następne znaczne mankamenty.

Przede wszystkim na dużych obszarach byłych Prus Wschodnich i Pomorza sieć I rzędu ograniczała się jedynie do łańcuchów trójkątów, pomiędzy którymi pozostały wielkie obszary pozbawione punktów I rzędu. Pilne potrzeby topograficzne spowodowały pokrywanie tych przestrzeni od razu sieciami II i niższych rzędów, które mogły tylko na krańcach być dowiązywane do punktów I rzędu. Punkty te w dużej części zaginęły przed dokonaniem pomiarów II rzędu tak, że dowiązanie to było bardzo problematyczne. Nawet jednak w wypadku wypełniania obszarów między łańcuchami powierzchniowymi sieciami I rzędu, jak np. w wypadku sieci marchijskiej, wpływ błędów nawiązania na poprawki do kątów był bardzo znaczny i odbijał się również i na sieciach niższego rzędu (we wspomnianej sieci poprawki te dla kątów I rzędu wynosiły $8''$ – $12''$ i sięgały $1'$ w sieci III rzędu). Było to już niedopuszczalnie dużo ze względu na wymaganą dokładność pomiarów szczegółowych.

Drugą sprawą było nieprzestrzeganie warunków zamknięć poligonów utworzonych z łańcuchów I rzędu. Bywały wypadki, że wspólne punkty, wiążące takie łańcuchy, otrzymywały z obliczeń współrzędne, różniące się od siebie o 3 m. Błędy te wchodziły całkowicie w sieci niższego rzędu, co w rezultacie czyniło je za mało dokładne dla pomiarów szczegółowych i topograficznych.

Trzecim wreszcie, zasadniczym z punktu widzenia użyteczności sieci I rzędu brakiem, była wadliwa i niedostateczna stabilizacja punktów,

wskutek czego znaczna liczba punktów tej sieci nie istniała już w terenie z chwilą przystąpienia do prac nad założeniem sieci niższych rzędów. Rolę grała tu zresztą nie tylko zła stabilizacja (w starych łańcuchach były to często pale drewniane, a wiele punktów, np. na piaszczystych terenach nadmorskich, w ogóle nie było utrwalanych, ale również niedostateczna ochrona założonych punktów. Dopiero od 1858 r. rozpoczęto stabilizowanie punktów za pomocą słupa i płyty, toteż spośród punktów założonych wcześniej znikoma tylko ilość przetrwała w stanie pozwalającym na nieprzesuwanie ich.

Widać więc, że również ze względów praktycznego użytkowania omawiane sieci I rzędu były wyraźnie przestarzałe i niedostateczne. Ale nie lepiej przedstawiała się sprawa z sieciami niższych rzędów.

Oprócz bowiem obciążenia ich błędami, wynikającymi z wad sieci I rzędu, o czym już pisaliśmy, sieci te miały swoje własne, bardzo poważne braki. Względny oszczędnościowy oraz techniczny kazały unikać budowy wysokich sygnałów, co powodowało omijanie przez sieć obszarów leśnych. Słaby poziom techniczny ówczesnych wykonawców powodował niewłaściwy kształt sieci, braki punktów na znacznych obszarach, zakładanie w pobliżu siebie dwóch punktów niepowiązanych itp. Dalej wspomnieć należy o tym, że na wielkich obszarach pomiary sieci III i IV rzędu były w ogóle nie wyrównywane i weszły do obliczeń współrzędnych w stanie surowym (późniejsze próby wykonania prac wyrównania okazały się zbyt pracochłonne, aby postawionymi do dyspozycji środkami można je było wykonać, istniała ponadto obawa wprowadzenia ogromnego zamieszania wskutek określenia nowych współrzędnych dla punktów, będących już w użyciu praktycznym).

Najpoważniejszym jednak niedostatkiem była tu znowu wielka ilość punktów zaginionych. Dopiero bowiem od 1875 r. rozpoczęto utrwalanie ich za pomocą podziemnej płyty granitowej. Poprzednia stabilizacja, ograniczona najwyżej do kamiennego słupa widocznego nad ziemią, była najczęściej niszczone lub przesuwana przez właścicieli gruntów. Również i punkty na budynkach, wskutek ich przebudowywania ulegały zniszczeniu, gdyż nie miały dodatkowych trwałych oznaczeń. Pierwsze przepisy o obowiązku ochrony znaków wydane zostały w 1865 r., ale dopiero w 1878 r. wprowadzono je w życie drogą odpowiednich postanowień wykonawczych. Od tego też czasu można dopiero mówić o ochronie punktów pomiarowych.

Wszystkie opisane wyżej niedostatki podstawowych sieci geodezyjnych powodowały już od początku lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku wiele skarg i wątpliwości, co do traktowania punktów triangulacyjnych, jako osnowy przy pomiarach szczegółowych. Władze pomiarowe czyniły znaczne wysiłki w kierunku polepszenia tego stanu rzeczy. Już poprzednio wspomniane było o, zaniechanych zresztą, próbach przeliczania sieci. Największe jednak nakłady finansowe i pracy fachowców skierowane były na wznawianie punktów, a niejednokrotnie i całych zaginionych fragmentów sieci. Prace te były nie tylko bardzo kosztowne i pracochłonne, ale również i mało dokładne, gdyż wskutek wielu zaginionych punktów zamieniały się właściwie w zakładanie całych nowych sieci, których punkty tylko teoretycznie pokrywały się z dawnymi, zaginionymi, o współrzędnych używanych dalej do pomiarów szczegółowych. Były również (np. w okręgu Bydgoszczy) prowadzone prace umiejscawiania stabilizacji pod słupami kamiennymi przy pomocy płyt granitowych. Jednak sprawdzanie, czy stabilizacja zachowała się we właściwym miejscu pochłaniało tak wiele

czasu, że założenie nowej sieci okazało się nawet oszczędniejsze. Dlatego i te wysiłki zostały wkrótce zaniechane.

Z dawnych publikacji urzędowych, z licznych artykułów i notatek wiemy, że niemieckie władze pomiarowe w 1896 r. miały dostateczne przesłanki do podjęcia decyzji w sprawie nowej triangulacji. Był to zaś z drugiej strony rok, skłaniający do zastanowienia się nad dalszymi pracami Wydziału Triangulacyjnego: dobiegały końca prace nad ostatnią z zachodnich sieci niemieckich — siecią Palatynatu. Pozostawało tylko do wykonania niewielkie nawiązanie z siecią francuską w rejonie Alzacji i Lotaryngii, po czym wszystkie siły fachowe i instrumentalne mogły być użyte do założenia projektowanych sieci wschodnich, pomyślanych jako ostatni w tym czasie wyraz nauki i techniki geodezyjnej.

Prace nad tymi sieciami, położonymi w przeważającej części na naszych ziemiach, a więc mające dla nas specjalne znaczenie, rozpoczęły się istotnie w 1899 r.

B. OGÓLNE WIADOMOŚCI DOTYCZĄCE ZAKŁADANIA NOWEJ TRIANGULACJI

Prace nad nową triangulacją na terenie położonym na wschód od Łaby, prowadzone w okresie poprzedzającym pierwszą wojnę światową, objęły następujące sieci:

1. Sieć zachodniopruską, wykonaną całkowicie w latach 1899-1903. Sieć ta objęła obszar ówczesnych Prus, ograniczony od zachodu linią, przebiegającą na zachód od Gdańska i Bydgoszczy, od wschodu — linią Królewiec—Olsztyn, od północy — morzem i od południa — granicą państwa.

2. Sieć wschodniopruską, wykonaną całkowicie w latach 1903-1908, rozciągającą się na wschód od sieci poprzedniej do granicy państwa.

3. Łańcuch wiążący Berlin—Szubin, wykonany całkowicie w latach 1908-1913, łączący równoleżnikowo południową część sieci zachodniopruskiej z podstawowymi punktami w Poczdamie i z tzw. zachodem schreiberowskim.

4. Sieć marchijsko-śląską, rozpoczętą w 1914 r. i przebiegającą w postaci podwójnego łańcucha od zachodniej części łańcucha Berlin—Szubin, wzdłuż Śląska do granicy państwa.

5. Sieć pomorską, dla której wykonano wywiad w latach 1908-1909. Sieć ta graniczyła na wschodzie z siecią zachodniopruską, na południu z łańcuchem Berlin—Szubin, na zachodzie do Odry, a na północy dochodziła do morza.

Jak widać, trzy z projektowanych sieci wykonane zostały całkowicie, i nimi też w dalszym ciągu niniejszej pracy będziemy się zajmować. Realizacja pozostałych dwóch, przerwana wskutek pierwszej wojny światowej, ukończona została dopiero w wiele lat po niej.

Teren pokryty sieciami zachodnio- i wschodniopruską został również objęty pracami triangulacji II, III i IV rzędu, które to prace ukończono do 1913 r. Na obszarach pozostałych sieci triangulację niższego rzędu rozpoczęto po zakończeniu wojny.

Poszczególne etapy budowy nowych sieci przedstawiają się w sposób następujący:

Projekt i wywiad. Zarówno względy gospodarcze, jak wojskowe nakazywały bardzo szybkie pokrycie gęstą siecią triangulacyjną obszarów ówczesnych Prus Zachodnich i Wschodnich. Ta okoliczność spowodowała decyzję traktowania sieci triangulacji I rzędu tych obszarów jako osob-

nych, samych w sobie tworów, połączonych zarówno pomiędzy sobą, jak też i z resztą sieci na zachód od Łaby warunkami nawiązania.

Przy projektowaniu sieci wykorzystano zdobyte doświadczenia oraz szerokie możliwości naukowe i techniczne ówczesnej geodezji. Projektowano więc prawidłowe, duże trójkąty, bez zbytniego liczenia się z trudnościami budowy wysokich wież. Minimalne wielkości kątów w trójkątach sieci pruskich przyjęto na 30° , w łańcuchu Berlin—Szubin — 28° . Przeciętna długość boków wynosi 40 km, jednak zdarzają się znacznie dłuższe, dochodzące do 71 km. Późniejsze zdobycze w dziedzinie wyrównania sieci, mianowicie stosowanie metody rozwinięć Boltza, pozwoliło na powiększenie ilości trójkątów w sieci, a co za tym idzie — na skrócenie boków do 30 km, co znalazło zastosowanie przy projektowaniu sieci marchijsko-śląskiej i ułatwiło w rezultacie obserwacje katowe.

Posunięto się o dalszy krok naprzód w zakresie formy sieci. Podczas, gdy dotychczas budowano przede wszystkim wieńce, utworzone z pojedynczych łańcuchów, a następnie zapełniano je sieciami powierzchniowymi, obie sieci pruskie zaprojektowano jako wielkie sieci powierzchniowe, pokrywające całkowicie mierzony obszar, a łańcuch Berlin—Szubin oraz sieć marchijsko-śląską — jako podwójne łańcuchy. Korzyści otrzymania w ten sposób całego szeregu dodatkowych warunków boków (sinusów) są zupełnie oczywiste.

Łańcuch Berlin—Szubin zaprojektowano, jako silne powiązanie obu sieci pruskich z sieciami zachodnimi, w szczególności z łańcuchem Łaby i z łańcuchem hanowersko-saskim. Łańcuch ten, o długości około 360 km, ma w swej zachodniej części oba podstawowe punkty triangulacji niemieckiej: stary Rauenberg i nowy Helmersturm, włączone do niego jako punkty pośrednie.

Ze względu na powierzchniowy charakter sieci, zrezygnowano całkowicie z obserwacji celowych przekątnych, których znaczenie zmniejszał już Schreiber, podkreślając znaczny nakład pracy przy wątpliwych korzyściach, zwłaszcza, gdy celowa taka jest znacznie dłuższa od innych, a więc obserwowana z mniejszą dokładnością.

Przy projektowaniu sieci podchodzono z troskliwością do dawnych punktów triangulacyjnych, starając się je w miarę możliwości włączyć do nowych sieci, bądź bezpośrednio przez obieranie na nich nowych punktów, bądź pośrednio, przez zamierzanie. Tyczy się to również i sieci niższorzędnych, do których starano się włączyć jak najwięcej istniejących w terenie punktów dawnych triangulacji.

Dla łatwiejszego dowiązania sieci II rzędu do punktów sieci głównej, punkty główne tej sieci zagęszczano punktami pośrednimi („zwischenpunkte”). Było to zresztą praktykowane już w sieciach zachodnich Niemiec, jednak tu liczba takich punktów znacznie wzrosła (mniej więcej dwukrotnie). Punkty te rozłożone były na ogół po jednym w trójkącie głównym i obserwowane jednocześnie z punktami głównymi, a następnie wyrównywane pojedynczo lub grupowo w nawiązaniu do wyrównanej uprzednio sieci punktów głównych.

Zabudowa. Znaczny postęp w budowie sieci spowodował, że uzyskano dużą swobodę w wyborze punktów sieci, nie krępując się w tak poważnym jak dawniej stopniu wysokością zabudowy. Nowe typy wież zapewniały zarówno możliwość podniesienia stanowiska instrumentu, jak też i zmniejszenie do minimum drgań całej konstrukcji. Trzeba zaznaczyć przy tym, że postęp ten uzyskany był przede wszystkim

w wyniku doświadczeń praktycznych, a nie teoretycznych obliczeń z zakresu statyki budowli.

Od dawnych stanowisk na słupach bezpośrednio zagłębionych w ziemię, technika budowy wież przeszła do słupów wiszących, co pozwoliło na podwyższenie stanowisk do 30 m. Jednak na pokrytych wysokopiennymi lasami terenach byłych Prus Wschodnich okazało się to nie wystarczające. Zastosowano więc w miarę potrzeby słupy na cokołach. Była to skomplikowana budowla, której zasadniczą częścią był ośmionożny cokół, o znacznie pochylonych nogach. Dopiero na tej konstrukcji spoczywał zespół właściwego słupa, dźwigający w swej środkowej części słup obserwacyjny. Za pomocą wież tego typu osiągnięto wysokości stanowisk obserwacyjnych ponad 40 m.

Ponieważ jednak tak wysokie budowle wymagały dużej ilości drewna, stosowano poszczególne typy wież w zależności od potrzeby, wynikającej z wysokości ustalonej projektem i wywiadem. Wprowadzenie z reguły obserwacji na heliotrop pociągnęło za sobą konieczność umieszczania na konstrukcji rusztowania platformy dla heliotropu i heliotropisty. Platforma ta wyniesiona była kilka metrów ponad stanowisko obserwatora.

Przy budowie wież zwracano baczną uwagę na zachowanie odległości pomiędzy elementami statywu i rusztowania. Jako najmniejszą odległość między tymi elementami przyjęto 3 cm.

W ostatnich latach przed wybuchem wojny poczęto rozważać celowość budowania wież trwałych na punktach triangulacji I rzędu. Były próby budowania wież z żelbetu, jednak nie osiągnięto zadawalających wyników w sensie odpowiedniego zachowywania się wieży w czasie obserwacji.

Należy zaznaczyć, że stosowanie wysokich wież musiało pociągnąć za sobą odpowiednie zmiany w technice wywiadu. Zaczęto więc używać lekkich drabin wywiadowczych, skonstruowanych tak, że można było za ich pomocą osiągać wysokość do 60 m. Montaż takiej drabiny wymagał jednak dnia pracy 6-8 ludzi.

Projekt baz i ich pomiar. Ponieważ jak wyżej wspomniano, poszczególne sieci I rzędu traktowano jako samodzielne twory, zaprojektowano dla każdej z nich jedną bazę. Jedynie w sieci pomorskiej, która miała graniczyć z siecią zachodniopruską wzdłuż 10 boków, nie przewidywano żadnej bazy. Natomiast pozostałe cztery sieci otrzymały następujące bazy:

Sieć zachodniopruska — bazę szubińską, o długości około 5,1 km pomierzoną w 1903 r.

Sieć wschodniopruska — bazę gąbińską, o długości około 5,9 km, pomierzoną w 1906 r.

Łańcuch Berlin—Szubin — bazę berlińską, o długości około 8,1 km, pomierzoną w 1908 r.

Sieć marchijsko-śląska — bazę wołoską, o długości 6,2 km, pomierzoną w 1914 r.

Trzy nowe bazy: gąbińska, berlińska i wołoska zastąpiły dawne: królewiecką, berlińską z 1846 r. i strzelińską. Bazę szubińską zaprojektowano, jako pośrednią pomiędzy zbyt oddalonymi od siebie gąbińską i berlińską. Według ówczesnych zasad osiągnięte w ten sposób odległości: baza berlińska—baza szubińska 290 km, szubińska—gąbińska — 350 km, berlińska—wołoska — 250 km, były dostateczne — obecne, przyjęte u nas zasady budowy sieci wymagają zmniejszenia tych odległości do około 200 km. Jednak przy ówczesnych wielkich trudnościach pomiaru baz traktować musimy takie ich rozłożenie za duże osiągnięcie techniczne.

Trudności pomiaru wynikały z powodu stosowania jeszcze nadal aparatu Bessela, ulepszanego zresztą przez Schreibera przed pomiarem bazy pod Getyną w 1880 r. Wszystkie cztery wymienione wyżej bazy zostały pomierzone tym aparatem, przy czym otrzymano dobrą dokładność wewnętrzną pomiaru, mianowicie średni błąd pojedynczego pomiaru odległości 1 km, obliczony z różnic pomiaru wahał się od $\pm 1,11$ mm dla bazy szubińskiej do $\pm 1,29$ mm dla bazy gabińskiej. Daleko gorzej przedstawiała się sprawa właściwej komparacji aparatu oraz wyznaczenia jego współczynników zmian termicznych. Okazało się, że współczynniki te, wyznaczone jeszcze w 1880 r. ulegają znacznym zmianom w czasie. Przekonano się o tym drogą ponownych komparacji oraz porównania pomiarów dokonanych za pomocą aparatu Bessela z pomiarami drutami inwarownymi, które właśnie zaczęły wchodzić w życie. Jak wykazały te porównania, wyniki pomiaru bazy szubińskiej (1903) można było przyjąć z obliczeń za pomocą stałych z 1880 r., natomiast wyniki pomiarów baz berlińskiej, gabińskiej i wołowskiej należało poprawić, uwzględniając nowe badania aparatów bazowych z 1914 r.

Pomimo stosowania do pomiarów wtórnych aparatów bazowych Jäderina, niemieckie władze pomiarowe nie miały jeszcze pełnego rozoznania co do najwłaściwszych metod pomiaru oraz wprowadzania właściwych poprawek, to jednak uzyskane przy tych pomiarach doświadczenia wykazały ogromny zysk w czasie i kosztach pomiaru w stosunku do dawnego aparatu Bessela. Wnioski wyciągnięte spowodowały następne całkowite zaniechanie tego aparatu i przejście na pomiar drutami inwarowymi. Baza wołowska była więc ostatnią pomierzoną aparatem Bessela.

Sieci bazowe. Przeniesienie trzech baz na boki sieci triangulacyjnej dokonane zostało za pomocą podwójnego rozwinięcia rombowego, czwartej (wołowskiej) — za pomocą potrójnego rozwinięcia. Obserwacje kątów w sieciach bazowych przeprowadzono według zasad Schreibera z najkorzystniejszym rozłożeniem wag. Sieci wyrównano niezależnie od sieci zasadniczych. Otrzymano następujące wyniki:

Baza szubińska: śr. bł. spostrz. o wadze jedn.	$\pm 0''88$
śr. bł. rozwiniętego boku	$\pm 0,94$ mm/km
Baza gabińska: śr. bł. spostrz. o wadze jedn.	$\pm 0''75$
śr. bł. rozwiniętego boku	$\pm 0,76$ mm/km
Baza berlińska	
(1908): śr. bł. spostrz. o wadze jedn.	$\pm 0''58$
śr. bł. rozwiniętego boku	$\pm 0,62$ mm/km
Baza wołowska: śr. bł. spostrz. o wadze jedn.	$\pm 1''20$
śr. bł. rozwiniętego boku	$\pm 1,47$ mm/km

Widać z powyższego, jak bardzo spada dokładność przy zastosowaniu potrójnego rozwinięcia. Obecne nasze przepisy pomiarowe zalecają zasadniczo stosowanie pojedynczego rozwinięcia, tylko wyjątkowo dopuszczając podwójne. W ówczesnych jednak przepisach sprawa ta nie była traktowana tak rygorystycznie.

Pomiary kątów w sieciach. Wszystkie kąty w nowych sieciach, zarówno zasadniczych jak i bazowych, pomierzone zostały 27 cm teodolitami Wanschaffa z 1889 r., opatrzonymi numerami IV i V. Badania tych teodolitów, przeprowadzone w 1891 r., wykazały następujące błędy podziału (τ — całkowity błąd podziału i τ' — średni nieregularny błąd podziału):

teodolit Nr IV: $\tau = 0''34$ $\tau' = 0''27$
 Nr V: $\tau = 0''40$ $\tau' = 0''29$

Obserwowano w dzień na heliotropy. W 1912 r. robiono próby obserwacji nocnych, jednak raczej z ujemnymi wynikami. Zaczęto jednak stosować metodę obserwacji dziennych na sztuczne światło w czasie dni pochmurnych.

Wszystkie obserwacje, zarówno kierunków na punktach głównych, jak i pośrednich dokonane były metodą Schreibera.

Otrzymano następujące wartości średnich błędów kątów (formuła międzynarodowa Ferrero):

Sieć zachodniopruska	$\pm 0''24$
Sieć wschodniopruska	$\pm 0''27$
Łańcuch Berlin—Szubin	$\pm 0''25$

Jeśli porównamy te dokładności z dokładnościami otrzymanymi dla sieci zachodnich, zobaczymy, jak bardzo one wzrosły. Na tamtych bowiem sieciach średni błąd kierunku według wzoru Ferrero wahał się od $\pm 0''27$ do $\pm 0''47$, dla sieci uważanych za równorzędne z nowymi. Natomiast wzrost dokładności w stosunku do dawnych sieci wschodnich jest jeszcze większy, bowiem średni błąd ze wzoru Ferrero dla tych sieci zamyka się w granicach $\pm 0''46$ (łańcuch z 1867 r.) do $\pm 0''73$ (łańcuch śląski z 1854 r.).

Jak widać więc, postęp techniczny zarówno w metodzie pomiaru, jak też i w instrumentach zaznacza się tu bardzo wyraźnie.

C. ORIENTACJA NOWYCH SIECI, PODSTAWY GEODEZYJNE, JEDNOSTKI DŁUGOŚCI

Ponieważ, jak to zaznaczono wyżej, względy gospodarcze i wojskowe wymagały jak najszybszego pokrycia siecią triangulacyjną, a następnie mapami obszaru byłych Zachodnich i Wschodnich Prus, nie czekano z obliczeniem współrzędnych nowych sieci do czasu zapewnienia im połączenia z punktem wyjściowym za pomocą łańcucha Berlin—Szubin, lecz pierwszą orientację oparto na współrzędnych sześciu dawnych punktów, które weszły do nowej sieci zachodniopruskiej. Sieć ta została uprzednio wyrównana niezależnie, a długości boków obliczono na podstawie bazy szubińskiej, przeniesionej na bok Dębogóra—Załachowo. Orientacja ta, która z góry traktowana była jako tymczasowa, posłużyła do obliczenia całości sieci zachodnio- i wschodniopruskiej oraz opartych na nich sieciach niższego rzędu. Sieci te obliczono na elipsoidzie Bessela, we współrzędnych podwójnego odwzorowania wiernokątnego Wydziału Triangulacyjnego. Geograficzne współrzędne liczono od południka Ferro.

Ta tymczasowa orientacja sieci przetrwała aż do okresu po pierwszej wojnie światowej. Właściwe uregulowanie zagadnienia wyrównania i obliczenia nowych sieci nastąpiło dopiero na podstawie uchwał, powołanej w 1922 r. Rady do Spraw Miernictwa (Beirat für das Vermessungswesen).

Uchwały te powzięte zostały na posiedzeniach z lat 1922, 1923 i 1924, a treść ich da się ująć w następujących punktach (przy czym dotyczą one nie tylko omawianych tutaj sieci, lecz całości triangulacji niemieckiej):

1. Współrzędne sieci triangulacyjnej obliczone mają być jako prostopadłe w odwzorowaniu płaskim wiernokątnym (Gaussa—Krügera) w trystopniowych pasach, przy czym jako południki środkowe przyjąć należy 6° , 9° , 12° itd. długości geograficznej na wschód od Greenwich.

2. Jako elipsoida odwzorowania pozostaje elipsoida Bessela, gdyż nie ma wystarczających racji, aby wprowadzać którąkolwiek z nowszych elipsoid, w tym również i zaleconą jako międzynarodową — elipsoidę Hayforda.

3. Ze względu na obraz, jaki przedstawia sieć triangulacyjna Niemiec, złożona z wielu sieci i łańcuchów powstałych w różnych okresach, byłoby z punktu widzenia geodezyjnego najbardziej celowe obliczenie całości tej sieci przez jednoczesne wyrównanie. Jednak biorąc pod uwagę długi czas, potrzebny na taką operację oraz inne względy ekonomiczne, zdecydowano: sieci położone na zachód od 31° długości (od Ferro) pozostawić niezmiennie, natomiast w sieciach zachodnio- i wschodniopruskich zmniejszyć wartości długości geograficznych punktów o około $0''12$ (od Ferro), przy niezmiennianiu reszty wartości usunięcie wpływu błędu przesunięcia o około 2 m na wschód tych sieci, powstałego wskutek omyłki w wyznaczeniu bazy berlińskiej z 1846 r.

Jednocześnie jednak należy mieć na uwadze ostateczne uporządkowanie w przyszłości całej sieci niemieckiej, drogą powtórzenia przestarzałych pomiarów oraz jednoczesnego wyrównania.

4. Nowy łańcuch, obejmujący z jednej strony punkt podstawowy i nową bazę berlińską, a z drugiej — bazę szubińską, ma być wyrównany na nowo z nawiązaniem na zachodzie do łańcuchów hanowersko-saskiego i Łaby, na wschodzie zaś do przesuniętej w długości geograficznej sieci zachodniopruskiej.

5. Zamiast dotychczasowego punktu wyjściowego triangulacji niemieckiej „Rauenberg” ustala się nowy punkt, „Poczdam, Wieża Geodezyjna” (nazwany w 1924 r. „Helmertturm”). Jako wartość wyjściowa dla długości geograficznej należy przyjąć różnicę długości pomiędzy tym punktem a Greenwich.

6. Przyjęty przez Prusy system współrzędnych geograficznych uznany zostaje za jednolity system niemiecki, zalecony do wprowadzenia w innych krajach niemieckich.

7. Oznaczenia współrzędnych Gaussa—Krügera ustala się w sposób następujący: rzędne liczone są od równika, każdy południk środkowy otrzymuje wartość 500 000 z umieszczoną przed tą wartością cyfrą odpowiadającą strefie. Współrzędne y liczone są jako „prawo”, współrzędne x — jako „góra”.

Z powyższych uchwał widać znaczny wysiłek w kierunku uporządkowania triangulacyjnych układów niemieckich. Ze źródeł wynika, że wiele uchwał nosiło charakter kompromisowy, uwzględniający ówczesne warunki polityczne i gospodarcze Niemiec. Nie można jednak nie widzieć tymczasowości wielu rozwiązań, czego następstwem były dalsze kłopoty i braki w triangulacji niemieckiej, które doprowadziły w końcu do postanowień zmierzających do generalnego uporządkowania. Postanowienia te jednak nigdy przez Niemców zrealizowane nie zostały.

Nas jednak w tej chwili interesują jedynie dalsze losy sieci założonych na polskich terenach. Zanim jednak przejdziemy do bardziej szczegółowego omówienia trzech z nich, zatrzymamy się jeszcze chwilę na wartościach wyjściowych, przewidzianych dla nowego obliczenia tych sieci zgodnie z uchwałami Rady dla Spraw Miernictwa. Dane te charakteryzują się następująco:

1. *Elipsoida odniesienia*. Przyjmuje się wartości liczbowe jej elementów identyczne z podawanymi dotychczas. W metrach legalnych wynoszą one: $\lg a = 6.8046434637$, $\lg b = 6.8031892839$ (wszystkie następne cyfry są zerami).

2. *Punkt centralny.* Bezpośrednio przed 1914 r. postanowiono zastąpić dawny punkt centralny triangulacji pruskiej, „Rauenberg”, nowym, mianowicie tzw. Wieżą Geodezyjną, zbudowaną na terenie Instytutu Geodezyjnego w Poczdamie. Powodem tej decyzji był fakt zabudowywania terenów dokoła punktu „Rauenberg”, co nie stwarzało warunków spokoju, należnych podstawowemu punktowi. Punkt nowy, położony z dala od terenów budowlanych, zapewniał właściwe oparcie dla sieci, a jego odpowiednia konstrukcja oraz bezpośrednie wyznaczenie długości geograficznej w stosunku do Greenwich, dawały dodatkowe korzyści. Oba punkty, zarówno stary, jak i nowy, weszły do nowego łańcucha Berlin—Szubin jako punkty pośrednie, jednak obserwowane z wagą stanowiska 24 i bezpośrednio powiązane.

Zgodnie z odpowiednią, wyżej przytoczoną uchwałą Rady dla Spraw Miernictwa, łańcuch Berlin—Szubin wyrównany miał być z warunkiem nawiązania na zachodzie do łańcuchów: Hanowersko-saskiego i Łaby, na wschodzie zaś — do sieci zachodniopruskiej, przy czym tymczasowa orientacja tej sieci miała pozostać niezmienną (ze względów praktycznych) co do szerokości geograficznej i azymutu. Aby jednak błąd tej orientacji uczynić możliwie małym, wszystkie punkty obu sieci (zachodnio- i wschodniopruskiej) miały być przed wyrównaniem łańcucha przesunięte na zachód o około $0''12$ (ściśle o $0''1184$).

W ten sposób nowy punkt wyjściowy, nazwany następnie „Helmertturm”, otrzymał w tak wyrównanym łańcuchu wartości:

Szerokość geograf. $52^{\circ}22'53''9559$.

Długość geograf. $30^{\circ}44'01''1358$ na wschód od Ferro niemieckiego.

Azymut boku Helmertturm—Golm Berg $154^{\circ}47'32''41$.

3. *Długość geograficzna względem Greenwich.* Po wyrównaniu sieci długościowej środkowej Europy, dokonanym przez Albrechta, nowy punkt centralny otrzymał wartość:

Długość geograficzna $13^{\circ}04'01''725 \pm 0''3$ na wschód Greenwich. Przy porównaniu z podaną wyżej wartością w stosunku do Ferro otrzymano długość geograficzną Greenwich $17^{\circ}39'59''411$ na wschód od Ferro. Wartość ta różni się tylko o $0''589$ od „okrągłej” wartości $17^{\circ}40'$. Względny praktyczne przeliczenia, duży średni błąd astronomicznego wyznaczania różnicy długości oraz późniejsze obserwacje wykorzystujące radiowe sygnały czasu, które to obserwacje wskazywały na tendencję zmniejszania wyznaczonej wartości różnicy długości, skłoniły do przyjęcia $17^{\circ}40'$, jako ostatecznej wartości przejścia z długości geograficznej liczonej od Ferro niemieckiego do długości geograficznej liczonej od Greenwich. Dlatego też i długość geograficzną punktu centralnego Poczdam „Helmertturm” przyjęto, jako $13^{\circ}04'01''1358$ na wschód od Greenwich.

4. *Błędy wartości wyjściowych.* Przy porównaniu przyjętych wartości wyjściowych z astronomicznym wyznaczeniem tych wartości, z uwzględnieniem redukcji na elipsoidę, a więc odchylenia pionu, otrzymano następujące wyniki:

Poczdam, Helmertturm	Wart. przyj.	Wart. wyzn.	Wart. przyj. jest za duża
Szerokość	$52^{\circ}22'53''9559$	$51''728$	$2''228$
Długość na wsch. Gr.	$13^{\circ}03'61''1358$	$59''078$	$2''058$
Azymut na Golm Berg	$154^{\circ}47'32''41$	$31''513$	$0''90$

Zgodzono się, że aczkolwiek różnice powyższe przewyższają średnie błędy wartości najprawdopodobniejszych, to są jednak dostatecznie małe, aby je pominąć ze względów praktycznych. Względy te, jasno określone, dotyczyły: konieczności przeliczania współrzędnych wskutek zmiany szerokości i azymutu, wprowadzenia do przeliczeń długości na grynicką — wartości różnej od $17^{\circ}40'$ oraz konieczności odstąpienia od „okrągłych” wartości w dziesiątkach minut ramek arkuszy map.

5. *Płaskie współrzędne wiernokątne (Gaussa—Krügera)*. Zastosowanie w 1876 r. współrzędnych prostokątnych płaskich związane było ściśle z wprowadzeniem wiernokątnego podwójnego odwzorowania Schreieberta. Ze względu na duże zniekształcenia, znaczące już w odległości 2 stopni długości od głównego południka, układ ten mógł być używany jedynie dla wyrównania sieci, natomiast nie nadawał się dla celów praktycznych, to znaczy opierania na nim wszelkich pomiarów bez potrzeby przeliczania. Dlatego uchwały przewidywały wprowadzenie, jako ogólnie obowiązującego, systemu współrzędnych prostokątnych płaskich wiernokątnego odwzorowania Gaussa—Krügera, przyjętego obecnie również i w Polsce. Jako główne południki poszczególnych, trzystopniowych, stref przyjęto długości 3° , 6° , 9° itd. na wschód od Greenwich, a przecięcia ich z równikiem — jako początki układów. Współczynnik m_0 przyjęto na równy 1. Wartości współrzędnych y dla poszczególnych głównych południków oznaczono w sposób wskazujący ich przynależność do stref oraz likwidujący możliwość wartości ujemnych: jako pierwsza figurowała cyfra, stanowiąca jedną trzecią wartości długości geograficznej środkowego południka od Greenwich, a następnie liczba 500 000 m.

6. *Jednostka długości*. Pozostała ona niezmienną w stosunku do przyjętej w dotychczasowych pracach triangulacyjnych. Używano więc nadal w obliczeniach metra legalnego (wzorzec platynowy przechowywany w Paryżu). Wprowadzenie bowiem metra międzynarodowego (nowy wzorzec platynowy z 1889 r. przechowywany w Paryżu) pociągnęłoby za sobą albo zmianę wartości elementów elipsoidy Bessela, albo w przypadku pozostawienia wartości liczbowych tych elementów — konieczność przeliczenia wartości współrzędnych geograficznych. Dlatego, dla wyrażenia w metrach międzynarodowych wartości podawanych przez Wydział Triangulacyjny Urzędu Rzeszy legalnych, trzeba te wartości powiększyć w logarytmach o +58 jednostek siódmego miejsca. Dopiero wtedy będą one porównywalne z długościami w innych krajach, wyrażonymi w metrach międzynarodowych.

D. SIEĆ ZACHODNIOPRUSKA

Jak wynika z poprzednich rozważań wszystkie trzy nowe sieci I rzędu, założone i pomierzone całkowicie przed pierwszą wojną światową mają pewne zasadnicze cechy wspólne. Cel ich założenia został wyczerpująco omówiony, zarówno jak i znaczna ich przewaga w porównaniu z triangulacjami zakładanymi w latach poprzednich. Wypada jednak podać pewne szczegóły charakterystyczne w odniesieniu do każdej z nich.

Obszar sieci zachodniopruskiej obejmował około 27 000 km² z terenu województw gdańskiego, bydgoskiego i olsztyńskiego. Pracę wykonał Wydział Triangulacyjny Urzędu Rzeszy Pomiarów Kraju.

Wywiad terenowy przeprowadzony był w latach 1896–1898 przez kpt. Lequis i zakończony w 1899 r. przez radcę Otto. Ustalono 30 punktów głównych, 42 podrzędnych i 4 poboczne. Sieć składała się z 41 trój-

kątów, bez celowych przekątnych, o długościach boków od 17,9 do 63,0 km., przeciętnie 39,7 km. Kąty w trójkątach zawarte były w granicach $31^{\circ}38'$ do $98^{\circ}58'$.

Zabudowa punktów prowadzona była w latach 1898-1902, pod kierunkiem Degnera i Beera, na niektórych zaś stanowiskach pod kierunkiem Otta. Na punktach głównych zbudowano 29 wież i jedno urządzenie na obiekcie stałym, na pozostałych zaś punktach — 35 wież i 7 urządzeń na obiektach stałych. Typy budowli opisane były poprzednio. Dla trzech celowych w kierunkach głównych, dokonane były przesieki o łącznej długości 5100 m.

Obserwacje wykonali w latach 1899-1902 mjr von Kobbe i mjr Kabisch oraz por. por. Launhardt, Lerner i von Tschischwitz, za pomocą dwóch 27 cm teodolitów Wanschaffa Nr IV i Nr V. Ze względu na ich praktyczną identyczność obserwacje wykonane nimi uznano za równoważne. Instrumenty te używane były zarówno na punktach głównych, jak też i na pośrednich.

Zastosowano metodę pomiaru kątów we wszystkich kombinacjach (Schreibera) i przez wyrównanie stacyjne otrzymano dla kierunków głównych jednakową wagę. Dla pojedynczego pomiaru kierunku jako jednostki wagi wynosiła ona: dla 23 stanowisk — 24, dla 5 — 25 i dla 2 — 28. Kąty na punktach pośrednich mierzone były w 12 seriach — wszystkie punkty były również stanowiskami z wyjątkiem jednego („Lubiewo” — Kościół), który był określany tylko z zewnątrz. Również cztery punkty poboczne wyznaczono jedynie z pomiaru z zewnątrz.

Wyrównanie sieci dokonane zostało za pomocą metody obserwacji warunkowanych. Potraktowano ją jako sieć niezależną, jedynie ze swymi własnymi warunkami. Ponieważ sieć zawierała tylko jedną bazę (o której napiszemy dalej) oraz nie zawierała punktów astronomicznych — wyrównanie oparto na 54 równaniach warunkowych, a mianowicie 41 warunkach zamknięć trójkątów oraz 13 warunkach sinusów (taka była liczba układów centralnych).

Jako długość wyjściowa dla obliczenia sieci po jej wyrównaniu służył bok „Eichenberg” (Dębogóra) — „Zalachowo” (Zalachowo), wyznaczony za pomocą podwójnego rozwinięcia siecią bazową z bazy szubińskiej. Obserwacje tej sieci dokonane były niezależnie od obserwacji w sieci głównej. Logarytm długości tego boku wyrażony w metrach legalnych wynosił 4.4325711,6.

Jak już wspomniano, pierwsze obliczenie sieci dokonane zostało przed pierwszą wojną światową, na podstawie tymczasowej orientacji. Dla orientacji tej użyto 6 punktów sieci, położonych na jej zachodnim skraju i identycznych z punktami dawnych sieci I rzędu. Punkty te to: „Eichenberg” (Dębogóra) i „Karlshof” (Karolewo), wspólne z dawnym łańcuchem z 1865 r., „Tuchel” (Tuchola) i „Wildau” (Przytarnia) — wspólne z dawnym łańcuchem z 1867 r. oraz „Turmberg” (Wierzyca) i „Donasberg” (Góra Donal) — wspólna z dawnym łańcuchem pomiaru wybrzeża z lat 1837-1846. Dopasowanie poligonów, utworzonych przez 4 punkty odbyło się przez porównanie kątów kierunkowych i długości obliczanych raz z danych sieci dawnych we współrzędnych wiernokątnego podwójnego odwzorowania Wydziału Triangulacyjnego, drugi zaś raz — z nowego wyrównania sieci zachodniopruskiej, obliczonej za pomocą bazy szubińskiej. Dopasowanie to przeprowadzono pod warunkiem minimum sumy kwadratów odległości liniowych odpowiednich punktów dostosowania, przy wyjściu wspólnym z jednego punktu i kierunku: „Eichenberg”

(Dębogóra) — „Karlshof” (Karolewo), przy czym długości i kąty kierunkowe, otrzymane z nowego obliczenia sieci, miały pozostać niezmienione.

W ten sposób otrzymano wartość wyjściową na kierunek orientujący całą nową sieć, mianowicie kierunek boku „Karlshof” (Karolewo) — „Eichenberg” (Dębogóra). Jako punkt wyjściowy przyjęto „Karlshof” (Karolewo), którego współrzędne geograficzne obliczono bezpośrednio ze współrzędnych podwójnego wiernokątnego odwzorowania.

W praktyce jednak okazało się, że otrzymane w ten sposób dopasowanie jest w znacznym stopniu nieścisłe. Mianowicie średnia współrzędnych starych i nowych pomiarów wyniosła $\pm 0,65$ m, a to już jest bardzo znaczna wartość. Przyczyną jej powstania była, jak stwierdzono, znaczna różnica w skalach długościowych starych i nowej sieci. Różnica ta dla boków dostosowania wahała się od $-6,4$ do $-102,8$ jednostek logarytmu siódmego miejsca, przy czym stare wartości były zawsze większe od nowych.

Główna część tej różnicy wynikała ze wspomnianego uprzednio powiększenia długości bazy berlińskiej, wyjściowej dla tej części sieci, która przyjęta była do nawiązania, o 31,6 jednostek siódmego miejsca logarytmu. Spowodowało to fakt, że punkty nawiązania, położone o około 300 km na północo-wschód od bazy, zostały przesunięte na wschód o około 2,2 m lub $0''12$ długości geograficznej. Dlatego też nawet i przez przyjęcie większej ilości punktów dostosowania nie osiągnęłoby się polepszenia orientacji tymczasowej.

W tak więc otrzymanej orientacji obliczono następnie punkty całej sieci I rzędu oraz oparte na niej punkty sieci II-IV rzędu, jako podstawę do zdjęcia topograficznego. Współrzędne całości sieci obliczono w podwójnym odwzorowaniu wiernokątnym.

Ostateczna orientacja nadana została sieci dopiero po wyrównaniu łańcucha Berlin-Szubin i otrzymaniu w ten sposób nowego nawiązania ze starym punktem podstawowym „Rauenberg”. Wyrównanie tego łańcucha dokonano z nawiązaniem do sieci zachodniopruskiej w jej tymczasowej orientacji oraz przy wprowadzeniu wartości obu nowych baz: szubińskiej i berlińskiej z 1908 r. Otrzymano wtedy następujące różnice w porównaniu z dawnymi wartościami dla dwu punktów zachodniej części łańcucha Berlin—Szubin:

„Rauenberg”	
szer. geogr.:	$-0''0335$ lub: $-1,04$ m
dł. geogr.:	$+0''1238$ lub: $+2,34$ m
azymut na p. Glienick:	$+0''10$
„Golm Berg”	
szer. geogr.:	$-0''0274$ lub: $-0,85$ m
dł. geogr.:	$+0''1184$ lub: $+2,26$ m
azymut na p. Marienberg:	$-0''37$

Biorąc pod uwagę ogromną pracę, jaką należałoby włożyć w przeliczenie sieci zachodniopruskiej i związanej z nią wschodniopruskiej wraz ze wszystkimi opartymi na nich sieciami z siecią IV rzędu włącznie, powołane wyżej uchwały Rady do Spraw Miernictwa uznały za stosowne przeliczenie jedynie wartości długości geograficznej przez odjęcie od wszystkich wartości długości we wszystkich nowych sieciach wielkości $0''1184$ (odpowiadającej zmianie długości punktu „Golm Berg”). W ten

sposób otrzymano tzw. ostateczną orientację sieci zachodniopruskiej, w której wartości wyjściowe są:

„Karlshof” (Karolewo)

szer. geogr.: $53^{\circ}20'59''1113$

dł. geogr.: $17^{\circ}35'23''1765$ na wschód od Greenwich

azymut na „Eichenberg” (Dębogórę): $191^{\circ}10'20''33$

oraz współrzędne wiernokątnego odwzorowania Gaussa-Krügera w pasie

$x_0 = 18^{\circ}$ na wschód od Greenwich:

y (prawo): 6 472 684,87 m;

x (góra): 5 913 012,56 m.;

kąt kier. na „Eichenberg” (Dębogórę): $191^{\circ}30'5''18$

kąt. kier. południka $+19'44''85$

azymut na „Eichenberg” (Dębogórę) $191^{\circ}10'20''33$

Na podstawie tych wartości obliczono na nową całą sieć, 42 punkty pośrednie obliczono w oparciu o współrzędne punktów głównych metodą wcięć pojedynczych lub też grup po dwa punkty.

Przy zagadnieniu stabilizacji punktów z całą starannością podchodzono do zapewnienia identyczności z punktami dawnych sieci tego obszaru. Stabilizację zastosowano w postaci płyty i słupa, jednak w pewnych przypadkach podchodzono indywidualnie, mianowicie umieszczano parokrotnie kostkę kamienną ze stożkiem ceramicznym na głębokości około pół metra pod płytą. Stabilizację ekscentryczną, jako zabezpieczenie stosowano tylko w wypadkach niepewności podłoża, np. na wydmach nadmorskich. Stabilizacja na obiektach stałych utrwalana była specjalnymi bolcami.

Ze wszystkich punktów obserwowano kierunki według widocznych przedmiotów. Kierunki te służyły do orientacji i nie były wyrównywane, jednak weszły do zestawień kierunków, ogłoszonych w publikacjach.

Dla określenia dokładności otrzymanych z pomiarów i wyrównania sieci, posłużyć mogą następujące wielkości, obliczone zgodnie z niemieckimi instrukcjami:

m_v — średni błąd spostrzeżenia o wadze jednostkowej, tj. średniej z poczetu, obliczony z odchyłeń od średniej z kąta z wyrównania stacyjnego.

m_u — średni błąd spostrzeżenia o wadze jednostkowej, tj. średniej z poczetu, obliczony z odchyłeń od średniej z poczetu z wyrównania stacyjnego.

m — średni błąd spostrzeżenia o wadze jednostkowej, tj. średniej z poczetu, obliczony z odchyłeń od średniej z poczetu ze średnich kątów.

μ — średni błąd pojedynczego pomiaru kąta, uwolnionego od błędów podziału.

τ — całkowity błąd podziału zawarty w pomiarze kąta.

Z analizy dokładności pomiaru sieci otrzymujemy: — dla 10 stacji pomierzonych teodolitem Nr IV:

$$m_v = \pm 0''71$$

$$m_u = \pm 0''69$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''69$$

$$\mu = \pm 0''57$$

$$\tau = \pm 0''56$$

— dla 20 stacji pomierzonych teodolitem Nr V:

$$\begin{aligned} m_v &= \pm 0''93 \\ m_u &= \pm 0''84 \\ m_e &= \pm 0''83 \\ \mu &= \pm 0''69 \\ \tau &= \pm 0''68 \end{aligned}$$

— dla wszystkich stacji:

$$\begin{aligned} m_v &= \pm 0''87 \\ m_u &= \pm 0''80 \\ m_e &= \pm 0''79 \\ \mu &= \pm 0''65 \\ \tau &= \pm 0''64 \end{aligned}$$

Średnia wartość wagi dla wagi jednostkowej średniej z poczetu wynosi 24,6. Stąd średni błąd wartości kierunku z wyrównania stacyjnego wynosi

$$m_s = \pm 0''174.$$

Średni błąd kąta ze wzoru międzynarodowego (Ferrero) wynosi:

$$M = \pm 0''242,$$

skąd średni błąd kierunku z wyrównania stacyjnego

$$m_A = \pm 0''171$$

a więc zgodny z otrzymanym z obserwacji.

Z wyrównania sieci otrzymujemy:

Średni błąd pojedynczej obserwacji kierunku

$$\mu_N = \pm 1''613.$$

Otrzymany stąd średni błąd kierunku wyznaczonego z wyrównania stacyjnego, przez zastosowanie średniej wagi 24,6, wynosi:

$$m_A = \pm 0''325$$

Ponieważ błąd ten prawie dwukrotnie przekracza otrzymane uprzednio błędy m_s czy m_D można wnioskować, że sieć zachodniopruska nie zawiera w sobie niedopuszczalnych błędów.

Interesujące jest porównanie nowej sieci ze starymi, które częściowo lub w całości znajdowały się na obszarze objętym siecią zachodniopruską. Sieci takich jest siedem, a mianowicie:

1. Pomiar stopnia 1832-1834, z której to sieci 3 punkty są identyczne z punktami nowymi I rzędu.

2. Pomiar wybrzeża 1837-1846 — 5 punktów identycznych.

3. Łańcuch Wisły 1853 — 3 punkty identyczne.

4. Łańcuch 1859 — brak punktów identycznych z punktami I rzędu.

5. Łańcuch 1861/1862 — 4 punkty identyczne.

6. Łańcuch 1865 — 4 punkty identyczne.

7. Łańcuch 1867 — 2 punkty identyczne.

Poza tymi punktami dawnymi I rzędu identycznymi z nowymi I rzędu, istnieją 32 dawne punkty II-IV rzędu, zastąpione nowymi I rzędu. W 11 przypadkach stare punkty nie dały się ściśle oznaczyć albo też zupełnie zaginęły.

Dwadzieścia boków trójkątów jest identycznych z bokami trójkątów dawnych sieci I rzędu. Przeciętnie długość ich jest mniejsza od dawnych o 41 ± 8 jednostek siódmego znaku lg (1 : 106.000). Po odjęciu wspomnianej wyżej wielkości 31,6 jednostek siódmego znaku lg otrzymujemy róż-

nicę tylko 9 jednostek (1 : 480.000), o którą skala boków dawnych przewyższa nową.

Z porównania azymutów tych samych boków otrzymujemy, że nowa sieć jest skrzywiona w stosunku do dawnej średnio o $-1''32 \pm 0''33$.

Jak już wspomniano, dla uzyskania jednostki długości w nowo zakładanej sieci zachodniopruskiej, pomierzono specjalnie w tym celu założoną bazę w okolicach Szubina (woj. bydgoskie) i rozwinięto ją następnie na bok sieci „Eichenberg” (Dębogóra)—„Zalachowo” (Zalachowo), za pomocą niezależnej sieci bazowej. Zainteresowani mogą znaleźć wyczerpujące informacje w odpowiednich publikacjach. Na tym miejscu podamy tylko najważniejsze szczegóły, charakteryzujące ówczesny stan geodezji w tym zakresie.

Wywiad przeprowadzony został w 1900 r. Długość bazy wynosi ponad 5 km, największa różnica poziomów — około 20 m. Zachodni koniec bazy znajduje się na głębokich glinach, stabilizacja musiała tam być zabezpieczona drenowaniem. Wschodni koniec jest na gruncie piaszczystym. Dwa bagniste miejsca w środku bazy nie spowodowały trudności w pomiarze.

W 1902 r. założono podziemną stabilizację obu końców oraz zbudowano na nich sygnały. Na kilka tygodni przed pomiarem założono wielkie półmetrowe bloki kamienne jako pośrednie punkty podziemne, które pozostały następnie w ziemi. 30 przyściowych stabilizacji usunięto po pomiarze. W ten sposób 34 zastabilizowane punkty podzieliły bazę na 33 odcinki, jeden o 8 długościach aparatu, reszta — o 10. Do pomiaru było więc 328 ułożeń.

Pomiar przeprowadził w okresie 18-27 VII. 1903 r. Wydział Triangulacyjny za pomocą aparatu Bessela. Robotami kierował szef wydziału płk. Mathias. Ekipa pomiarowa składała się z 16 oficerów i pracowników Wydziału, 13 robotników cywilnych i 42 żołnierzy. Roboty przygotowawcze wykonane zostały w czerwcu i pierwszej połowie lipca. Niwelację linii bazowej wykonano w pierwszej połowie lipca, dowiązując pomiar do reperu Nakło—Kościół Katolicki i Łabiszyn—Kościół Klasztor.

Aparat Bessela użyty do pomiaru został poddany konserwacji i przebudowie, mającej na celu zwiększenie dokładności pomiaru, w zimie 1902/1903 r. Nowa komparacja dla celów pomiarów bazy szubińskiej nie była przeprowadzana — uznano, że wyznaczenia stałych, dokonane w 1880 r. przez Schreibera, są jeszcze zadowalające. Nie było to zupełnie słuszne, zważywszy, że porównanie bazy pod Bonn, pomierzonej w 1892 r. raz aparatem Bessela, a drugi raz — aparatem Brunnera, stanowiącym własność Instytutu Geodezyjnego, wykazywało systematyczną różnicę 3,3 mm na 1 km, co mogło wynikać z błędów komparacji.

Pomiar trwał cztery dni w kierunku wschód—zachód i cztery dni w kierunku zachód—wschód. Przeciętna szybkość pomiaru wyniosła 1 km w okresie $5\frac{1}{2}$ godzin.

Aparat składał się z 4 łań. Wyznaczenie ich długości dokonane zostało, jak wspomniano, za pomocą stałych wyznaczonych przez Schreibera w 1880 r. Redukcja odcinka składała się z następujących części:

1. redukcja interwałów pomiędzy łańcami,
2. redukcja pochylenia łań,
3. redukcja wychyleń z linii pomiaru,
4. redukcja skrętów klina pomiarowego,
5. redukcja spowodowana przerwami w pomiarze,
6. redukcja końców łań na końcowych punktach odcinka.

Otrzymana długość bazy zredukowana na poziom odniesienia NN wynosi:

$$\begin{aligned} &5\,119\,050,7 \text{ m lub } \lg 3.7091894,3 \text{ w m legalnych} \\ &5\,119\,119,1 \text{ m lub } \lg 3.7091952,3 \text{ w m międzynar.} \end{aligned}$$

Analiza dokładności pomiaru wykazała, że średni błąd pojedynczego pomiaru odcinka kilometrowego

$$m_k \pm 1,11 \text{ mm,}$$

a średni błąd podwójnego pomiaru całej bazy wyniósł

$$m = \pm 1,77 \text{ mm, czyli dokł. } 1 : 2\,890\,000.$$

Jeżeli jednak wprowadzimy do rachunku błędy długości łańt okaże się, że otrzymaną uprzednio długość bazy należałoby zmniejszyć o 5,3 mm, czyli o $1 : 970\,000$ całej długości.

Zaraz po ukończeniu opisanego wyżej pomiaru aparatem Bessela, w końcu lipca i początku sierpnia 1903 r., dokonano pomiaru bazy szubińskiej wchodzącym dopiero w fazę prób praktycznych aparatem Jäderina. Do pomiaru użyto czterech drutów inwarowych, będących własnością Instytutu Geodezyjnego, a pomiar przeprowadzono pod kierunkiem pracownika naukowego tego Instytutu, prof. E. Borrassa. Komparacja drutów wykonana została na bazie pomocniczej w Poczdamie o długości 240019,767 mm, według wyznaczenia aparatem Brunnera z września 1903 r. Z pomiarów czterema drutami otrzymano następującą średnią długość bazy szubińskiej, liczona na poziomie pomiaru

$$5\,119\,182,05 \pm 3,87 \text{ mm (m międzynar.)}$$

Odpowiednia wielkość dla pomiaru aparatem Bessela wynosi

$$5\,119\,181,81 \text{ mm,}$$

zgodność więc jest bardzo dobra, co dowodziłoby zarówno wysokiej jakości pomiarów, jak też i słuszności przyjęcia dla aparatu Bessela danych wyznaczonych w 1880 r. (Przy wprowadzeniu danych wyznaczonych w 1914 r. redukuje się wynik o 51,24 mm).

Sieć bazowa bazy szubińskiej stanowi podwójne rozwinięcie rombowe. Wobec trudności terenowych pierwsze rozwinięcie jest jedynie 1,9-krotne, natomiast drugie — 2,8-krotne w stosunku do pierwszego.

Obserwatorem sieci bazowej był w 1903 r. mjr von Kobbe, który pracę swą wykonał 27 cm teodolitem Wanschaffa Nr V przy użyciu heliotropów. Plan obserwacji w sieci opracowany został na zasadach Schreibera. Sieć wyrównano niezależnie metodą obserwacji zawarunkowanych. Z pomiaru i wyrównania otrzymano następujące dokładności (oznaczenia podano na s. 59).

$$m_e \pm 0''66; \quad \mu = \pm 0''59; \quad \tau = \pm 0''51$$

(m_v i m_u nie obliczano z powodu zastosowanej metody pomiaru, innej niż w wypadku pomiaru we wszystkich kombinacjach).

Średni błąd zaobserwowanej średniej z poczetu z wyrównania sieci wynosi $m_N = \pm 0''88$. Obliczony na tej podstawie średni błąd rozwiniętego boku „Eichenberg” (Dębogóra) — „Zalachowo” (Zalachowo), przy założeniu bezbłędności bazy, wynosi $M' = \pm 4,1$ jednostek siódmego miejsca logarytmu, a średni błąd azymutu bazy (przy założeniu bezbłędności azymutu boku „Eichenberg” (Dębogóra) — „Zalachowo” (Zalachowo) wynosi $\pm 0''29$. Niewielka ta wartość świadczy o dobrym wyznaczeniu punktów w sieci bazowej, nie ma natomiast znaczenia dla sieci głównej, której orientacja oparta była na innych zasadach.

E. SIEĆ WSCHODNIOPRUSKA

Druga z wielkich sieci niemieckich I rzędu, powstałych w wyniku postanowienia z 1896 r., sieć wschodniopruska, obejmuje obszar około 26 000 km². Trochę mniej niż połowa tej sieci, w jej części południowej, pokrywa teren wschodniej części województwa olsztyńskiego i północnej części województwa białostockiego. Północna część sieci, wraz z bazą gabińską, znajduje się poza granicami Polski.

Wywiadem terenowym kierował w latach 1897-1904 Otto. Była to praca uciążliwa wobec istnienia wielkich kompleksów leśnych na opracowywanym terenie, toteż w czterech wypadkach musiano się zdecydować na wielkie przesieki dla uzyskania celowych. W rezultacie założono sieć, liczącą 29 punktów głównych, 63 — pośrednie oraz 2 — poboczne. W punktach tych mieszczą się już, jako punkty nawiazania — 4 wschodnie punkty główne sieci zachodniopruskiej oraz 2 punkty pośrednie.

Sieć składa się z 42 trójkątów, bez połączeń przekątnych. Długości boków mieszczą się w granicach 23,3 i 60,2 km (średnio 40,6 km), kąty w trójkątach — w granicach 30°48' i 98°43'.

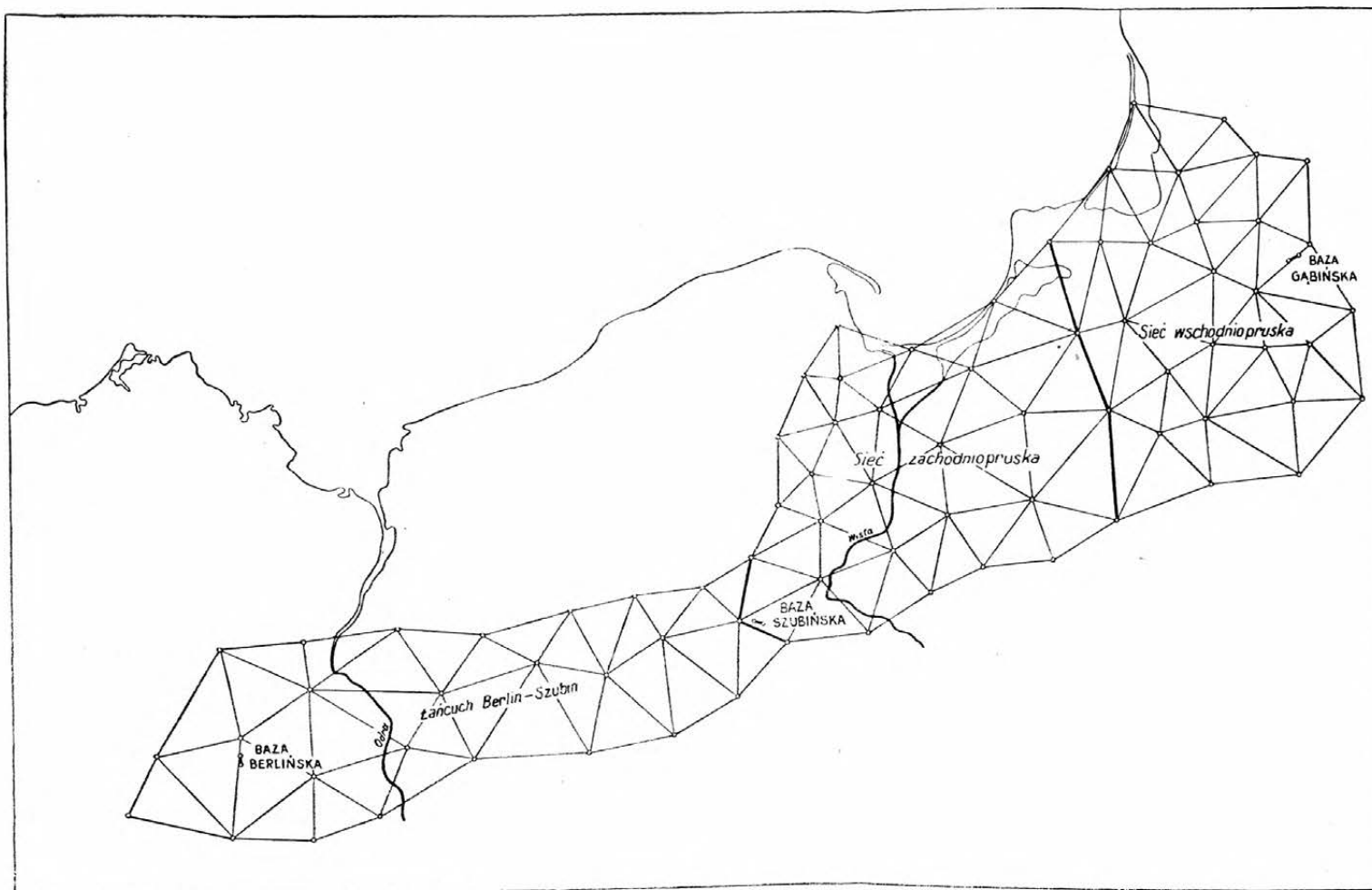
Zabudowa punktów nastąpiła w latach 1902-1906 przez triangulatorów Degnera, Beera, Hardta i Müllera. Nie licząc sygnałów na punktach nawiazania zbudowano 25 wież na punktach głównych oraz 54 wieże i 8 urządzeń na obiektach stałych. Jako wieże stosowane były słupy, słupy wiszące i słupy na cokołach.

Obserwacje wykonali w latach 1903-1908 mjr mjr von Kobbe, Kabisch i Launhardt oraz por. por. Lerner, Hasse, von Knauer, von Morsbach i Czetriz. Do obserwacji użyto znów obu 27 cm teodolitów Wanschaffa Nr IV i Nr V, jednak na dwu punktach zastosowano 27 cm teodolit Bambergera Nr VI z 1905 r., a na jednym punkcie pośrednim — 27 cm teodolit Nr II Pistora i Martinsa, używany ostatni raz w 1888 r. w obserwacjach sieci turyngskiej. Ze względu na trudność wyznaczenia różnic w wagach poszczególnych obserwacji, wszystkie instrumenty uznano za jednakowo dokładne.

Na punktach głównych zastosowano do pomiaru kątów metodę Schreibera. Waga kierunku pojedynczego wyniosła dla 16 stanowisk 24, dla 10 — 25 i dla 3 — 28. Na obu wewnętrznych punktach nawiazania z siecią zachodniopruską włączono po dwa stare kierunki do nowo obserwowanych, na obu zewnętrznych punktach nawiazania — po jednym. Punkty pośrednie obserwowane były przy dwunastokrotnym pomiarze, przy czym wszystkie były stanowiskami. Oba punkty poboczne wyznaczone były wcięciami wprzód, bez traktowania ich jako stanowisk. Jako cele używano powszechnie heliotropów.

Sieć została poddana dwukrotnemu wyrównaniu, za każdym razem metodą obserwacji zawarunkowanych. Pierwsze wyrównanie, mające jedynie na celu względy naukowe i ocenę dokładności, było wyrównaniem niezależnym, wykorzystującym wewnętrzne warunki sieci. Wyrównanie to oparło się na 42 warunkach zamknięć trójkątów oraz 15 warunkach sinusów (układy centralne).

Drugie wyrównanie mające na celu obliczenie współrzędnych sieci głównej, sieci punktów pośrednich oraz następnych rzędów triangulacji dla użytku praktycznego, przeprowadzone zostało z warunkiem nawiazania do wyrównanej uprzednio i obliczonej w ówczesnym układzie tymczasowym sieci zachodniopruskiej. Jako dodatkowe warunki w stosunku do pierwszego wyrównania doszły tu: 2 warunki kątowe, ze względu na



Przegląd triangulacji I rzędu wschodnich obszarów Prus w okresie 1899-1913

2 kąty utworzone przez 3 boki dowiązujące oraz 3 warunki boków, ze względu na przejście od 3 boków nawiązania do boku, otrzymanego z rozwinięcia specjalnie dla tej sieci pomierzonej w 1906 r. bazy gabińskiej za pomocą niezależnej sieci bazowej. W ten sposób liczba warunków drugiego wyrównania wynosiła 62.

Obliczenie współrzędnych dokonane zostało na podstawie danych drugiego wyrównania, o początku w orientacji tymczasowej, a następnie ostatecznej, jednocześnie z przeliczeniem sieci zachodniopruskiej i na tych samych zasadach. Punkty pośrednie i poboczne obliczono wcięciami pojedynczymi lub grupowymi po dwa w układzie drugiego wyrównania.

Stabilizacja punktów wykonana była analogicznie jak w wypadku sieci zachodniopruskiej.

Charakterystyka dokładności sieci, przy zastosowaniu oznaczeń użytych dla sieci zachodniopruskiej, przedstawia się następująco:

$$m_v = \pm 0''71$$

$$m_u = \pm 0''84$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''87$$

$$\mu = \pm 0''53$$

$$\tau = \pm 0''78$$

— dla 13 stanowisk pomierzonych teodolitem Wanschaffa Nr V:

$$m_v = \pm 0''87$$

$$m_u = \pm 0''84$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''83$$

$$\mu = \pm 0''69$$

$$\tau = \pm 0''68$$

— dla 2 stanowisk pomierzonych teodolitem Bamberg Nr VI:

$$m_v = \pm 1''08$$

$$m_u = \pm 0''98$$

$$m = \pm 0''97$$

$$\mu = \pm 0''49$$

$$\tau = \pm 0''91$$

— dla wszystkich 29 stanowisk:

$$m_v = \pm 0''79$$

$$m_u = \pm 0''85$$

$$m = \pm 0''85$$

$$\mu = \pm 0''60$$

$$\tau = \pm 0''74$$

Przy średniej wadze kierunku 25 oraz na podstawie średniego błędu m_v otrzymujemy średni błąd kierunku wyrównanego stacyjnie:

$$m_s = \pm 0''159.$$

Ze średniego błędu kąta ze wzoru międzynarodowego otrzymujemy natomiast następującą wartość na średni błąd kierunku

$$m_A = \pm 0''194$$

Analizując dokładności sieci po wyrównaniu jej, otrzymujemy na średni błąd kierunku

$$\text{z pierwszego wyrównania: } m_1 = \pm 0''256$$

$$\text{z drugiego wyrównania: } m_2 = \pm 0''271.$$

Ponieważ wartości te przekraczają m_s , możemy, jak poprzednio, twierdzić, że sieć wschodniopruska nie zawiera niedopuszczalnych błędów.

Jak widać z powyższego, omawiana sieć wykonana została również na wysokim poziomie. Jednak porównanie jej z dawnymi pomiarami, istniejącymi na jej obszarze, a w szczególności z wynikami pomiaru

stopnia, wykonanego przez Bessela w latach 1832-1834, dowodzi bardzo wysokiej dokładności również i tamtych pomiarów.

Analiza punktów pomiaru stopnia, dokonana z okazji zakładania sieci wschodniopruskiej wykazała, że z 18 punktów głównych zginęło 8 (w tym oba punkty końcowe bazy królewieckiej), 3 stanowiska na punktach stałych musiały być traktowane jako niepewne, 7 zaś punktów zostało zachowanych i włączonych jako punkty I rzędu do nowych sieci (z wyjątkiem jednego, włączonego jako punkt II rzędu). Ze względu na zaginięcie dużej ilości punktów porównaniem z nową siecią można było objąć tylko punkty włączone.

Trzy z nich tworzą trójkąt. Różnice między kątami z dawnych i nowych pomiarów w tym trójkącie wahają się w granicach od $0''28$ do $1''05$, mieszczą się więc całkowicie w nawet i znacznie późniejszej tolerancji. Podobnie jest z porównaniem odległości i kierunku dwóch skrajnych punktów pomiaru stopnia. Zgodność dawnych wyników z nowymi wynosi w długości około 25 jednostek siódmego znaku logarytmu, a w azymucie kierunku — około $1''$.

Dla uzyskania ogólnego pojęcia o różnicy pomiędzy dawną i nową siecią, nałożono pomiar stopnia na odpowiednie punkty sieci wschodniopruskiej, dopasowano przez przesunięcia, skręty i zmianę skali pod warunkiem, aby suma kwadratów odstępów identycznych punktów była minimum. Otrzymano w ten sposób współczynniki, przy zastosowaniu których obliczono współrzędne pomiaru stopnia w nowym układzie. Średnie odchylenie tych współrzędnych od współrzędnych sieci wschodniopruskiej wyniosło ± 22 cm. Jest to dobra zgodność, zwłaszcza gdy się weźmie pod uwagę okoliczność pewnego zniekształcenia współrzędnych sieci wschodniopruskiej, spowodowanego nawiązaniem jej do sieci zachodniopruskiej, obciążonej z kolei orientacją do dawnej sieci z XIX w.

Poza punktami nowej sieci, wspólnymi z dawnym łańcuchem pomiaru stopnia, sieć wschodniopruska I rzędu ma 6 punktów wspólnych z dawnym łańcuchem z 1858 r., 4 punkty wspólne z łańcuchem z 1859 r. oraz 4 punkty wspólne z łańcuchem z lat 1861/1862. Były to łańcuchy zakładane przez dawny Wydział Triangulacyjny Sztabu Generalnego przede wszystkim jako podstawa dla zdjęć topograficznych. Dokładność ich ustępuje znacznie dokładności łańcucha pomiaru stopnia, a wartość naukowa od dawna była kwestionowana. Nie jest więc celowe przeprowadzanie analiz porównawczych z nową siecią, aczkolwiek zadbane o ścisłość nawiązania tych sieci dla najbardziej właściwego ich wykorzystania.

Ponieważ już zachodni skraj sieci wschodniopruskiej oddalony jest o około 200 km od najbliższej bazy, mianowicie bazy szubińskiej, projektodawcy zgodnie z naukowymi i technicznymi założeniami przewidzieli bazę we wschodniej części sieci. W ten sposób została założona, a w okresie 16-28 VII 1906 r. pomierzona baza gabińska, znajdująca się już poza obszarem Polski. Baza ta została przeniesiona na bok sieci „Kattenau” — „Kucklingsberg” za pomocą niezależnej sieci bazowej.

Wywiad terenowy przeprowadzono w 1903 r. Jako końce bazy obrano dwa płaskie wzniesienia we wzajemnej odległości około 5,9 km. Baza jest prawie pozioma, gdyż największa różnica wzniesień wynosi około 9 m. Teren jest rolą o dużej zawartości gliny, bardzo wygodny do pomiaru w okresie suchym. Tylko we wschodniej części trzeba było przekroczyć niską łąkę i parę rowów za pomocą wbitych w ziemię pali z pomostami dla obserwatorów.

Podziemna stabilizacja końców bazy nastąpiła w 1905 r. Już przed

pomiarem zastabilizowane trwale dwa punkty pośrednie (odcinki) oraz 35 punktów przejściowych, skąd stabilizację następnie usunięto. W ten sposób podzielono bazę na 38 odcinków dla pomiaru aparatem Bessela (po 10 ułożeń). Dla pomiaru aparatem Jäderina użyto 19 podwójnych odcinków po 13 przęseł, co dało w sumie 247 przęseł.

Pomiar aparatem Bessela przeprowadzony był pod kierunkiem szefa Wydziału, płk von Bertraba przez 17 oficerów i pracowników cywilnych, jako pomoc pracowało 4 robotników cywilnych i 53 żołnierzy. Prace przygotowawcze wykonano w czerwcu i pierwszej połowie lipca 1906 r. Niwelację trasy bazy wykonano w nawiązaniu do trzech reperów niwelacji państwowej.

Użyty do pomiaru aparat bazowy Bessela nie podlegał od czasu pomiaru bazy szubińskiej żadnym przeróbkom. Pomimo dobrych wyników pomiaru bazy szubińskiej, świadczących o słuszności przyjętych stałych wyznaczonych jeszcze w 1880 r., w roku 1905 poddano łąty pomiarowe komparacji na komparatorze, umieszczonym w budynku Wydziału Triangulacyjnego, porównując je z przyjętymi jako niezmiennie przymiarami toazowymi Nr 9 i 10, podobnie jak w 1880 r., raz w temperaturze stałej, a drugi w szybko zmienionej. Ponieważ różnice otrzymane w stosunku do wyników z 1880 r. zawierały się w granicach średnich błędów, uznano wyznaczenie z 1880 r. za właściwe do przyjęcia przy obliczeniu bazy gabińskiej.

Ze względu na znaczny systematyczny błąd wynikający z nacisku klina pomiarowego, zauważony przy pomiarze bazy szubińskiej, skonstruowano według pomysłu kpt. von Dückera w zimie 1905/1906 roku urządzenie, pozwalające na całkowite wyeliminowanie wpływu tego błędu.

Pomiar w kierunku zachód—wschód trwał 4 dni, w kierunku wschód—zachód tyleż samo. Prędkość pomiaru wynosiła $5\frac{1}{4}$ godziny na 1 km. Największą prędkość osiągnięto ostatniego dnia pomiaru — 221 metrów na godzinę.

Obliczenie bazy dokonane zostało jak uprzednio, tzn. odcinkami. Wyznaczenie długości łąt dokonano metodą zaleconą przez Schreibera; redukcja odcinka składała się z:

1. redukcji ze względu na odstęp między łątami,
2. redukcji ze względu na pochylenie łąt,
3. redukcji ze względu na odchylenie od kierunku,
4. redukcji ze względu na przerwy w pomiarze,
5. redukcji ze względu na niedokładność końców łąt na końcach bazy.

Ostateczna długość bazy, zredukowanej na poziom odniesienia NN wyniosła:

5930 435,9 m lub lg: 3.7730866,1 m legalnych

5930 515,1 m lub lg: 3.7730924,1 m międzynar.

Przy obliczeniu dokładności pomiaru wykorzystano doświadczenia podobnej pracy w bazie szubińskiej. Jednak i w tym wypadku trudno jest mówić o możliwości właściwego wyznaczenia absolutnej dokładności. Natomiast z dużym prawdopodobieństwem można określić, że średni błąd jednokrotnego pomiaru odcinka 1 km wynosi

$$m_K = \pm 1,29 \text{ mm.}$$

Podczas gdy w wypadku bazy szubińskiej przeprowadzony dodatkowo pomiar aparatem Jäderina był pracą doświadczalną, wykonaną przez personel naukowy Instytutu Geodezyjnego w Poczdamie, to pomiar tym aparatem bazy gabińskiej, wykonany przez Wydział Triangulacyjny był

pierwszym zastosowaniem praktycznym nowego wówczas wynalazku. Użyty do pomiaru zestaw został wykonany w Paryżu przez J. Carpentier za pośrednictwem Bureau International des Poids et Mesures w Sèvres. Z wykonanych w lipcu 1905 r. sześciu dwudziestoczworometrowych drutów inwarowych i dwóch dwunastometrowych taśm inwarowych użyto trzy druty i jedną taśmę do pomiaru bazy gabińskiej (druty Nr 39, 40, 41). Do czasu pomiaru bazy, druty komparowane były raz jeden na komparatorze w Sèvres, potem zaś wielokrotnie na komparatorze Komisji komparacyjnej w Berlinie, na 240 m bazie kontrolnej Instytutu Geodezyjnego w Poczdamie oraz na bazie porównawczej w Monachium.

Pomiar bazy gabińskiej trwał 3 dni w kierunku zachód—wschód i 2 dni w kierunku wschód—zachód. Każdy z trzech drutów odczytywany był przez inną parę obserwatorów, których ogółem było dwunastu. Zmiana par jak również obserwatorów wewnątrz pary nie odbywała się regularnie, a jedynie przy okazji przerw w pomiarach. Stąd niemożliwe jest obliczenie błędów osobowych poszczególnych obserwatorów.

Prędkość pomiaru wynosiła w fazie początkowej 295 m w ciągu godziny, w końcowej — 470 m w ciągu godziny. Średnio 1 km mierzony był w $2\frac{1}{2}$ godziny. Pomiar odbywał się na statywach ustawionych nad punktami pomiaru aparatem Bessela za pomocą pionu sznurkowego; punkty oznaczane gwoździkami. Do pomiaru użyto 12 statywów, co w zupełności odpowiadało tempu postępu pracy. Dla wyznaczenia wysokości statywów posłużyła niwelacja przeprowadzona podczas pomiaru aparatem Bessela. Pomiar poszczególnych przesł dokonywany był trzema drutami bezpośrednio po sobie, każdy drut odczytywano pięciokrotnie, z rozłożeniem odczytów na całych skalach. Temperaturę mierzono na wysokości drutu.

Długości drutów dla obliczenia bazy wyznaczono z pierwszej komparacji w Sèvres w 1905 r. oraz z drugiej komparacji wykonanej w Komisji Komparacyjnej w Berlinie we wrześniu 1908 r. Zarówno podczas pomiaru jak i podczas komparacji druty obciążano ciężarkami 10 kg.

Przy redukcji stosowano poprawki ze względu na nachylenie przesł oraz ze względu na zmianę temperatury. Ostatecznie otrzymano wynik oraz jego dokładność, która jednak ze względu na nieścisłość i nieumiejętność wyznaczenia błędów systematycznych może być uważana jedynie za przybliżoną.

W ostatecznym rachunku odrzucono wynik pomiaru drutem Nr 39, gdyż okazało się, że uległ on uszkodzeniu już na początku pomiaru. Z dwóch więc drutów otrzymano długość bazy na poziomie pomiaru

$$5\,930\,529,85 - 11,73 \text{ mm (w m międzynarodar.)}$$

W porównaniu z pomiarem wykonanym aparatem Bessela otrzymano jako dokładność wewnętrzną:

średni błąd jednokrotnego pomiaru odcinka 1 km:

$$\text{Bessel} = \pm 1,7 \text{ mm} \quad \text{Jäderin} = \pm 1,3 \text{ mm.}$$

Ponieważ jednak wyznaczenie błędów systematycznych obciążających ten wynik jest praktycznie nierealne można przyjąć, że podwójny pomiar aparatem Jäderina przy dwóch drutach, jest równy podwójnemu pomiarowi aparatem Bessela, pomimo że aparat Jäderina zastosowany był po raz pierwszy, bez posiadania dostatecznego doświadczenia w technice pomiaru.

Porównanie długości bazy pomierzonej obu aparatami daje wynik dla aparatu Jäderina o 44,45 mm krótszy. Daje to prawie systematyczną różnicę $+7,5 \text{ mm/km}$ (Bessel—Jäderin), a systematyczność ta dowodzi nie

tyle błędów pomiaru czy zmian drutów w czasie pomiaru, co raczej błędów komparacji. Gdyby zastosować do aparatu Bessela stałe wyznaczone w 1914 r., różnica Bessel—Jäderin zmieniłaby się na $-11,36$ mm, czyli $-1,92$ mm/km. W wypadku dalszych pomiarów bazy berlińskiej w 1908 r. i wołowskiej w 1914 r. różnica ta wydatnie się zmniejsza (poniżej 1 mm/km), pomimo że z doświadczeń pomiaru aparatem Jäderina bazy gabińskiej nie wyciągnięto żadnych wniosków, które by w sposób naukowy mogły ulepszyć technikę pomiaru przy następnych bazach.

Z doświadczenia tego jednak należałoby wyciągnąć wniosek, że wynik pomiaru aparatem Jäderina bazy gabińskiej był bliższy rzeczywistości, niż wynik pomiaru aparatem Bessela, co zresztą potwierdziło późniejsze porównanie z bazą szubińską: Szubin/Bessel—Gabin/Bessel = $\pm 39,4$ jedn. siódmego miejsca; Szubin/Jäderin—Gabin/Jäderin = $\pm 6,8$ jedn. siódmego miejsca, przy czym powiązanie nastąpiło przez łańcuch 18 trójkątów raz przy użyciu kątów pomierzonych, a drugi raz — wyrównanych (różnicy nie było). Przyjęcie pomimo tego wartości bazy z pomiaru aparatem Bessela do obliczenia sieci tłumaczy się brakiem zaufania, jaki wówczas zaznaczał się w stosunku do nowego aparatu Jäderina. Późniejsze wprowadzenie innej wartości bazy równałoby się powtórzeniu obliczenia wszystkich sieci niższorzędnych, a ze względów praktycznych nie miało racji bytu. Dlatego stan poprzedni pozostał aż do czasu wyrównania nowej polskiej sieci astronomiczno-geodezyjnej.

Baza gabińska przeniesiona została na bok sieci głównej „Kattenau”—„Kucklingsberg” za pomocą podwójnego rozwinięcia rombowego. Pierwsze powiększenie było 2,4-krotne, drugie — 2,7-krotne.

Sieć bazowa pomierzona była w 1906 r. przez kpt. Launhardta za pomocą 27 cm teodolitu Nr VI Bamberg. Celowano na heliotropy. Plan obserwacji opracowano zgodnie z zasadą Schreiber'a. Sieć jest niezależna od sieci głównej, z którą ma wspólny tylko jeden bok — bok rozwinięcia. Wyrównana została niezależnie metodą obserwacji zaważonych. Orientację otrzymała na elipsoidzie Bessela w nawiązaniu z siecią główną.

Z obserwacji na stacjach otrzymano następujące dokładności:

$$m_{\varepsilon} = \pm 0''86; \quad \mu = \pm 0''54; \quad \tau = \pm 0''77.$$

Z wyrównania sieci otrzymano średni błąd średniej z poczetu obserwowanego

$$m_N = \pm 0''75.$$

Na podstawie poprzednich wartości, średni błąd logarytmu rozwiniętego boku, przy założeniu bezbłędności bazy, wynosi:

$$M' = \pm 3,33 \text{ jedn. siódmego miejsca lg,}$$

a średni błąd azymutu bazy, przy założeniu bezbłędności azymutu boku rozwiniętego, wynosi

$$M'' = \pm 0''29.$$

Wyniki te dobrze świadczą o wewnętrznej jakości pomiarów sieci bazowej, podobnie jak to miało miejsce w wypadku bazy szubińskiej.

F. ŁAŃCUCH BERLIN—SZUBIN

W programie prac triangulacyjnych łańcuch Berlin—Szubin pomyślany był jako powiązanie zachodnio- i wschodniopruskich sieci z sieciami na zachód od Berlina. Początkowy projekt przewidywał w nim dwie części: wielobok (układ centralny) dookoła Berlina, którego centrum stanowił punkt Berlin (Ratusz) oraz właściwy łańcuch, wiążący ten wielobok z siecią zachodniopruską. Nawiązanie z sieciami zachodnimi przewidywało

włączenie do wieloboku berlińskiego punktu łańcucha hanowersko-saskiego Golm Berg oraz wprowadzenie azymutu wyjściowego Golm Berg—Berlin (Ratusz). Zaobserwowany w 1912 r. trójkąt: Golm Berg—Götzer Berg—Hagelsberg (dwa ostatnie punkty z łańcucha Łaby, a ostatni wspólny jednocześnie z łańcuchem hanowersko-saskim) miał na celu dostarczenie wielkości porównawczych dla ustalonego na podstawie nowo pomierzonej bazy berlińskiej z 1908 r. boku Golm Berg—Berlin (Ratusz). Dopiero wskutek późniejszych rozważań traktowano jednolicie cały łańcuch, obejmujący opisany wyżej trójkąt, wielobok berliński oraz właściwy łańcuch łączący.

Jak wspomniano, sieci zachodnio- i wschodniopruska otrzymały ze względu na nagłą potrzebę, najpierw orientację prowizoryczną. Ponieważ względy oszczędnościowe nie pozwoliły w latach bezpośrednio po pierwszej wojnie na ponowne wyrównanie tych sieci, a zastosowano jedynie ich przesunięcie w długości geograficznej o $0''1184$, wyrównanie łańcucha Berlin—Szubin dokonane zostało przez nadanie mu orientacji przymusowej do łańcuchów Łaby i hanowersko-saskiego na zachodzie oraz sieci zachodniopruskiej na wschodzie.

Łańcuch Berlin—Szubin obejmuje obszar około $28\,400\text{ km}^2$ na terytorium województw bydgoskiego, poznańskiego, koszalińskiego, szczecińskiego i zielonogórskiego. Zachodnia część łańcucha znajduje się poza granicami Polski, obejmując całkowicie obszar Berlina oraz punkty „Rauenberg” i „Helmertturm”, dawny i nowy punkt podstawowy triangulacji niemieckiej jako punkty pośrednie, jednak wyznaczone z daleko większą dokładnością niż inne tego rodzaju punkty.

Wywiad, przeprowadzony w latach 1904–1909 przez Otto, ustalił 27 punktów głównych, 56 pośrednich oraz 2 poboczne. Wśród punktów głównych znajdują się 3 punkty nawiązania z łańcuchami zachodnimi oraz 3 punkty nawiązania z siecią zachodniopruską. Na 9 punktach głównych i 2 pośrednich stanowiska wywiadowcze trzeba było podnieść do wysokości 63 m, a dla pięciu celowych konieczne były wielkie przecinki w lasach.

W ostatecznej postaci łańcuch Berlin—Szubin składał się z 33 trójkątów (bez celowych przekątnych) z bokami o długościach 27,1 — 68,3 km oraz kątami w granicach $28^{\circ}5'$ — $103^{\circ}19'$.

Budowę wież, prowadzoną w latach 1907–1913, kierowali triangulatorzy Beer, Hardt, Klamm, Schmalz i Löhnert. Punkty główne zabudowano 25 wieżami i jednym urządzeniem na budowli stałej, punkty pośrednie i poboczne 54 wieżami i 2 urządzeniami na budowlach. Prawie wszystkie wieże były słupami na cokołach, stoliki obserwacyjne dochodziły do wysokości 40 m, a heliotropowe — do 57 m wysokości. Tylko na jednym punkcie — „Hagelsberg” — obserwacje prowadzone były z ziemi.

Obserwacje wykonane zostały w latach 1909–1913. Punkt pośredni obserwatorium Babelsberg włączony został w latach 1920–1921 wobec ukończenia budowy obserwatorium dopiero na krótko przed wybuchem wojny.

Do obserwacji, wykonywanych przez kpt. kpt. Bodeckiego, von Hünego, von Knauera, Koethego i von Morsbacha, użyto znanych już nam teodolitów 27 cm Wanschaffa Nr IV i Nr V oraz Bambergera Nr VI. Obserwacje na punktach głównych wykonane zostały metodą Schreiberna, z wagami zależnie od ilości kierunków 24, 25 lub 28. Na stanowiskach nawiązujących z łańcuchami zachodnimi, Golm Berg i Götzer Berg za-

stosowano nieco odmienną metodę, wskutek późniejszego włączenia wspomnianego wyżej trójkąta do łańcucha Berlin—Szubin. Obserwacje na punktach pośrednich wykonano w sposób zaliczający je do klasy dwunastokrotnego celowania. Jedynie obserwacje na 3 ważnych specjalnie punktach pośrednich: „Rauenberg”, „Helmertturm” i „Glienick”, wykonano w sposób zaliczający je do klasy dwudziestoczekrotnego nastawienia (Glienick jest dawnym punktem dwóch sieci, punktem bazowym dawnej bazy Berlińskiej z 1846 r. oraz specjalnym geodezyjnym punktem Instytutu Geodezyjnego w Poczdamie). Punkty poboczne obserwowane były jedynie jako stanowiska wcinane z zewnątrz. Jako cele służyły heliotropy. Podjęte przed pierwszą wojną próby obserwacji nocnych na sztuczne światło nie dały zadowalających wyników.

Łańcuch został poddany dwu różnym wyrównaniom, przy czym oba oparte były na metodzie obserwacji zawarunkowanych przy założeniu jednakowych wag kierunków (również i dla punktów nawiązania Golm Berg i Götzer Berg). Założenie to zrobione zostało z powodu praktycznej niepewności co do właściwych wartości wag określonych na poszczególnych stanowiskach. Z tych samych względów również i pomiary trzema różnymi instrumentami uznano za równoważne.

Pierwsze wyrównanie, niezależne, opierało się wyłącznie na wewnętrznych warunkach łańcucha: 33 warunkach figur i 8 warunkach sinusów (układy centralne). Wyników tego wyrównania, przeprowadzonego jedynie dla celów badawczych, nie wykorzystano do obliczenia współrzędnych sieci.

Drugie wyrównanie wykonane było stosownie do postanowień Rady do Spraw Pomiarów z 1923 r., a więc w nawiązaniu do łańcuchów hano-wersko-saskiego i Łaby oraz sieci zachodniopruskiej, jak również przy wykorzystaniu pomierzonej w 1908 r. bazy berlińskiej, rozwiniętej na bok sieci głównej Berlin (Ratusz)—Golmberg.

W ten sposób, do 41 warunków pierwszego wyrównania doszło w drugim nowych 11 warunków, a mianowicie:

4 warunki kątowe, odpowiadające trzem kątom nawiązania na wschodzie i jednemu na zachodzie,

4 warunki boków, odpowiadające 4 bokom nawiązania oraz bokowi rozwinięcia bazy,

3 warunki poligonowe, odpowiadające różnicom w szerokości i długości geograficznej oraz azymucie przy przejściu od zachodnich do wschodnich punktów nawiązania łańcuchem wyrównanym poprzednio (pierwsze wyrównanie).

Wyrównanie dokonane zostało po 1923 r. metodą rozwinięć Boltza, a zaproponowane przez Geodezyjny Instytut w Poczdamie dla wyrównania jednoczesnego całej sieci niemieckiej. Wyrównanie łańcucha Berlin—Szubin było więc pracą doświadczalną dla wypróbowania tej metody. Stosując ją, podzielono wszystkie równania warunkowe na 3 grupy: grupę równań kątowych (33 równania), grupę równań sinusów (8 równań), grupę równań nawiązania (11 równań).

Na podstawie tego wyrównania obliczono współrzędne punktów głównych w sposób wskazany przez uchwały Rady; 56 punktów pośrednich i 2 poboczne wyrównano następnie pojedynczo lub grupowo w oparciu o punkty główne.

W okresie do końca pierwszej wojny, a nawet dłużej, na terenie objętym łańcuchem Berlin—Szubin nie były prowadzone żadne prace w zakresie triangulacji niższych rzędów. Opierano się stale na dawnych sie-

ciach, wyrażonych w dawnych układach. Toteż łańcuch Berlin—Szubin wyrażony w nowym układzie pozostawał przez wiele lat „obcym ciałem” wśród praktycznie używanych punktów. Chcąc wykorzystać jego punkty, obliczono je dla celów praktycznych w starym układzie na podstawie punktów wspólnych.

Analiza dokładności wykonania łańcucha Berlin—Szubin przedstawia się:

Średnie błędy obliczone z wyrównań stacyjnych:

— dla 12 stanowisk pomierzonych teodolitem Wanschaffa Nr IV:

$$m_v = \pm 0''62$$

$$m_u = \pm 0''68$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''68$$

$$\mu = \pm 0''41$$

$$\tau = \pm 0''61$$

— dla 12 stanowisk pomierzonych teodolitem Wanschaffa Nr V:

$$m_v = \pm 0''47$$

$$m_u = \pm 0''71$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''73$$

$$\mu = \pm 0''49$$

$$\tau = \pm 0''64$$

dla 3 stanowisk pomierzonych teodolitem Bamberga Nr VI:

$$m_v = \pm 0''41$$

$$m_u = \pm 1''04$$

$$m_\varepsilon = \pm 1''09$$

$$\mu = \pm 0''33$$

$$\tau = \pm 1''06$$

— dla wszystkich 27 stanowisk głównych:

$$m_v = \pm 0''52$$

$$m_u = \pm 0''74$$

$$m_\varepsilon = \pm 0''75$$

$$\mu = \pm 0''44$$

$$\tau = \pm 1''67$$

Natomiast średni błąd kierunku otrzymany ze wzoru międzynarodowego wyniósł $\pm 0''20$.

Na terenie objętym łańcuchem Berlin—Szubin znalazły się następujące sieci (prace wykonane przez Wydział Triangulacyjny ewentualnie inne instytucje wykonawcze): pomiar wybrzeża 1837-1846 — 8 punktów I rzędu identycznych z nowym łańcuchem, łańcuch 1865 r. (3 punkty identyczne), łańcuch marchijsko-śląski (6 punktów identycznych), łańcuch śląsko-poznański (6 punktów identycznych), sieć poznańska (2 punkty identyczne), sieć marchijska (7 punktów identycznych), łańcuch Łaby (2 punkty identyczne).

Oprócz dawnych punktów I rzędu na 35 punktach II-IV rzędu dawnych triangulacji założono nowe punkty I rzędu (prace naukowe Instytutu Geodezyjnego w Poczdamie): sieć marchijsko-turyngska 1864-1876 r. (2 punkty identyczne w tym Glienicke i 2 powiązane), pomiar bazy berlińskiej z 1880 r., berlińska sieć bazowa z lat 1885-1887, przenosząca wspomnianą bazę na 2 boki pomiaru wybrzeża.

Znajdujący się w łańcuchu Berlin—Szubin, jako punkt pośredni podstawowy punkt triangulacji niemieckiej Poczdam, Helmerturm (od 1923 r.) był wieżą masywną, murowaną, o wysokości około 15 m. Średnica słupa wynosiła u podstawy 7,5 m, fundament znajdował się około 1,10 m pod ziemią. Właściwy centr znajdował się na górze — był to

znak w szynie, umieszczonej w otworze płyty — stanowiska instrumentu Repsolda, który w 1918 r. służył do wyznaczenia azymutu kierunku na punkt Golm—Berg. Punkt środkowy był odpowiednio zabezpieczony ze względów budowlanych obserwacje z centrum na wiele kierunków przez cztery słupy boczne oraz cztery stabilizacje ekscentryczne. Ponieważ ze względów budowlanych obserwacje z centrum na wiele kierunków były niemożliwe, dokonywano je z położonego w pobliżu punktu Poczdam, wieża wodna, którego elementy mimośrodowo w stosunku do Helmerzturm wyznaczone były bardzo ściśle. Wydaje się jednak, że Helmerzturm nie był idealnym punktem podstawowym, jaki odpowiadałby nowoczesnym potrzebom triangulacji na większym obszarze.

Wschodni kraniec łańcucha Berlin—Szubin opierał się na boku „Eichenberg” (Dębogóra) — „Zalachowo” (Zalachowo), będącym rozciągnięciem nowo pomierzonej bazy szubińskiej. Cały łańcuch miał długość około 250 km, jednak oparcie jego skraj zachodniego, jedynie na bokach łańcuchów hanowersko-saskiego i Łaby, nie było wystarczające dla właściwego zapewnienia jednostki długości w tej części łańcucha. Przyczyna tego leżała w tym, że oba łańcuchy zachodnie nie miały własnych baz. Łańcuchy te opierały się na bokach dawnego pomiaru wybrzeża, obliczonych z kolei na podstawie bazy berlińskiej z 1846 r.

Ponowny pomiar tej bazy, wykonany w 1880 r. przez Instytut Geodezyjny wykazał poważne jej niedokładności. Toteż zdecydowano się na założenie nowej bazy berlińskiej w najbliższym sąsiedztwie dawnej, pomimo że z punktu widzenia racjonalnych potrzeb samego łańcucha Berlin—Szubin miejsce nowej bazy powinno było wypaść bliżej jego środka, gdzieś w okolicy Frankfurtu nad Odrą.

Teren wybrany znajdował się na południe od Berlina; przewidywano bazę o długości 8114 m, a więc dłuższą od dawnej. Obydwie bazy ściśle ze sobą powiązano dla umożliwienia przeprowadzenia naukowych porównań. Badania te odnoszą się właściwie do zagadnień wewnętrznych niemieckiej triangulacji, nie dotyczących sieci na terenie Polski i dlatego zostaną pominięte w niniejszym opracowaniu. Natomiast wspominamy tu o nowej bazie berlińskiej, wpływającej na wyrównanie łańcucha Berlin—Szubin, a więc na triangulację na naszych ziemiach.

Wywiad terenowy przeprowadzono w 1905 r. Wybrano teren dla bazy tak, aby można przy dobrym rozwinięciu na bok sieci jednocześnie uzyskać właściwe powiązanie z leżącą w pobliżu starą bazą o długości 2336 m. Kierunek bazy zbliżony był do kierunku północ—południe. Północna część leżała na płaszczyźnie, południowa natomiast silnie wznosiła się. Trzeba było przekroczyć w tej części nasyp dwumetrowej wysokości. Linia bazy, z powodu sąsiedztwa wielkiego miasta, musiała przecinać wiele dróg, cztery szosy i las. Największa różnica poziomów wynosiła 19 m.

Zabudowa obu końców bazy i ich stabilizacja podziemna wykonana została w 1907 r. Taką samą stabilizację otrzymał środkowy punkt bazy. Na krótko przed pomiarem zastabilizowano wielkimi kostkami granitowymi punkty odcinków. Te stabilizacje, dzieląc bazę na cztery części, zostały na stałe w ziemi, 48 następnych punktów przejściowych zastabilizowano tylko na czas pomiaru. W ten sposób otrzymano 52 odcinki dla pomiaru aparatem Bessela, po 10 ułożeń, razem 520 ułożeń.

Dla pomiaru aparatem Jäderina rozbito linię bazy na 338 przeseł. Pomiar ten wymagał założenia bazy kontrolnej, która powstała w części południowej bazy zasadniczej. Stabilizacja tej bazy kontrolnej o długości

96 m powstała w latach 1907-1908, przy czym dostosowana była do pomiaru obu aparatami.

Zasady przyjęte dla pomiaru aparatem Bessela były te same co w wypadkach baz poprzednich. Pracami kierował szef Wydziału płk von Bertrab, mając do swej dyspozycji 23 oficerów i pracowników Wydziału oraz 14 robotników cywilnych i 50 żołnierzy.

Prace przygotowawcze wykonano w końcu kwietnia i w maju 1908 r. Wytyczenie linii do pomiaru miało miejsce w końcu maja i w początku czerwca. W tym samym czasie wykonano niwelację linii i nawiązanie wysokościowe do dwóch reperów niwelacji państwowej.

Pierwszy pomiar, północ—południe, wykonano w dniach 12-17 VI 1908 r., drugi, południe—północ, w dniach 17-22 VI 1908 r. Prędkość pomiaru wynosiła $4\frac{1}{2}$ godzin na 1 km.

W stosunku do aparatu Bessela, używanego ostatnio w 1906 r. przy pomiarze bazy gąbińskiej, wprowadzono bardzo niewielkie zmiany. Stary klin pomiarowy zastąpiono nowym, ulepszonym, zastosowano też dalsze ulepszenia w urządzeniu do jego używania, wprowadzonego po raz pierwszy przy pomiarze bazy gąbińskiej.

Obliczenie bazy składało się z właściwego określenia długości na podstawie wyznaczonej długości łań, z wprowadzenia redukcji ze względu na wychylenia w kierunku, ze względu na pochylenie i końcowe punkty odcinków, poprawek ze względu na wartość klina pomiarowego i przerw w pomiarze oraz redukcji na poziom odniesienia.

Określenie długości oparto początkowo na współczynnikach aparatu, wyznaczonych jeszcze w 1880 r. Jednak już wstępne porównania z bazą szubińską z jednej strony a bazą pod Getyną z drugiej wykazały, że tak wyznaczona baza berlińska jest za długa o około 56 jedn. logarytmu siódmego miejsca. Dalsze rozważania prowadzono dopiero po zakończeniu wojny. W rezultacie w 1921 r. baza została obliczona na nowo przy użyciu stałych, określonych przez komparację w 1914 r. Otrzymano wtedy następującą wielkość, zredukowaną na poziom odniesienia NN:

baza = 8 113,60349 m; $\lg = 3.909\ 2137,8$ w m legalnych

baza = 8 113,71185 m; $\lg = 3.909\ 2195,8$ w m międzynarodar.

Średni błąd pojedynczego pomiaru odcinka 1 km:

$$m'_K = \pm 1,81 \text{ mm},$$

a średni błąd podwójnego pomiaru całej bazy:

$$m_B = \pm 3,64 \text{ mm},$$

czyli 1 : 2 230 000 długości bazy.

Dobre wyniki pomiaru aparatem Jäderina baz szubińskiej i gąbińskiej skłoniły do przeprowadzenia takiego pomiaru również i na bazie berlińskiej.

Założoną bazę kontrolną o długości 96 m pomierzono aparatem Bessela oraz 6 drutami aparatu Jäderina. Pierwszy pomiar z powodu dużego średniego błędu okazał się nie do użytku, a zlikwidowanie urządzeń do pomiaru nie pozwoliło na powtórzenie go. Zdecydowano się więc wyznaczyć bazę jedynie powtórzonym pomiarem aparatem Jäderina. Na tak wyznaczonej bazie otrzymano bardzo dobrą zgodność z wynikami komparacji drutów w Sèvres.

Pomiar bazy głównej wykonano również 6 drutami, Nr 36-41, w końcu czerwca i początku lipca 1908 r. Pomiar był niewiele krótszy od pomiaru aparatem Bessela ze względu na 6 drutów. Mierzono każde przeszło 6 dru-

tami jednym po drugim, przy czym po każdych dwóch drutach stale inna para obserwatorów odczytywała cztery położenia drutu.

Pomiar aparatem Jäderina dał następujące wyniki:

Długość bazy na poziomie NN:

baza = 8 113,60203 m; $lg = 3.909\ 2137,019$ w m legalnych

baza = 8 113,71039 m; $lg = 3.909\ 2195,019$ w m międzynarod.

Średni błąd obliczony dla całości bazy z odległych pojedynczych wyników każdego z 6 drutów od średniej z nich wynosi:

dla odcinka 1 km $m_K = \pm 1,80$ mm

dla całej bazy $m_B = \pm 3,45$ mm

co stanowi dokładność 1 : 2 350 000.

Obliczenie tych błędów obciążone jest błędami systematycznymi ze względu na błąd osobowy obserwatorów, metody pomiarów, warunki atmosferyczne oraz zmianę długości drutów podczas pomiarów. Błędów tych nie umiano wówczas wyznaczać, i dlatego wyznaczoną długość nie można przyjąć za ocenioną z właściwą dokładnością. Jednak dalsza analiza wykazała, że pomiar 6 drutami bazy berlińskiej nie ustępuje co do dokładności pomiarowi jej aparatem Bessela. Różnica w pomiarze, wykazująca długość bazy wyznaczonej aparatem Bessela za większą o +1,46 mm od długości z pomiaru aparatem Jäderina, może być uważana za małą, a wyniki osiągnięte — za stojące na wysokim poziomie. Niezależnie od opisanego pomiaru baza berlińska pomierzona została aparatem Jäderina przez Instytut Geodezyjny.

Baza berlińska została przeniesiona na bok wyjściowy Łańcucha Berlin—Szubin Golm Berg—Berlin (Ratusz) za pomocą sieci bazowej, rombowej o podwójnym rozwinięciu. Plan obserwacji opracowano na tej samej zasadzie, co w wypadku poprzednio mierzonych sieci bazowych.

Obserwacje wykonali w lecie 1908 r. mjr mjr: Launhardt i von Knaur za pomocą teodolitu Wanschaffa Nr V. Z wyrównań stacyjnych otrzymano następujące średnie błędy:

$$m_\varepsilon = \pm 0''65$$

$$\mu = \pm 0''57$$

$$\tau = \pm 0''51$$

Sieć wyrównano metodą obserwacji zawarunkowanych jako sieć niezależną. Z wyrównania jako wartość średniego błędu średniej z poczetu otrzymano $m = \pm 0''58$. Dla boku rozwiniętego otrzymano w założeniu bezbłędności bazy średni błąd $\pm 2,73$ jedn. siódmego miejsca logarytmu, czyli ± 35 mm, co stanowi 1 : 603 000 długości. Na wartość średniego błędu kąta, między azymutem bazy a azymutem kierunku boku rozwiniętego, otrzymano $m_v = \pm 0''22$. Obie wartości dowodzą dobrej wewnętrznej dokładności sieci bazowej.

Obliczenie sieci bazowej nastąpiło zgodnie z przyjętą orientacją całego łańcucha Berlin—Szubin.

G. SIEĆ MARCHIJSKO-SŁASKA

Sieć ta stanowiła część dalszej konsekwentnej rozbudowy nowych sieci ówczesnych wschodnich ziem państwa niemieckiego. Założona została na obszarze Dolnego i Górnego Śląska w postaci podwójnego łańcucha trójkątów. Większość prac nad tą siecią wykonana została w okresie międzywojennym, w tym rozdziale znajdują się więc tylko pewne wiadomości, dotyczące robót sprzed pierwszej wojny.

Wywiad sieci przeprowadzono w 1914 r. i uzupełniono w 1921 r. Wybrano 29 punktów na obszarze około 30 000 km². Rozpiętość długości boków w trójkątach, których utworzono 34, była bardzo znaczna: od około 15 km w rejonie Górnego Śląska do około 80 km w górskich okolicach Dolnego Śląska. Zarówno bowiem wydłużony kształt sieci, jak też i długości boków uzależnione były w znacznym stopniu od przygranicznego położenia obszaru (granice z ówczesnymi Cesarstwem Austro-Węgierskim i Cesarstwem Rosyjskim). Nowa sieć pokryła obszary, posiadające dawne sieci: łańcuch marchijsko-śląski z lat 1868-1872, z którym miała 11 punktów wspólnych, sieć śląską z lat 1854 i 1878 — 4 punkty wspólne, sieć poznańsko-śląską z 1877 r. — 3 punkty wspólne oraz nawiązanie tarnogórskie (wspólne jedynie punkty pośrednie). Oprócz 29 punktów głównych nowa sieć marchijsko-śląska zawierała punkty pośrednie, jednak wywiad ich dokonany był już po 1918 r.

Na północy sieć graniczyła czterema punktami z łańcuchem Berlin—Szubin i w ten sposób miała być włączona do systemu sieci ogólnoniemieckich, zgodnie z uchwałami z lat 1896 i 1904.

Wojna 1914-1918 r. przerwała prace nad realizacją sieci. Prace te wznowione zostały w 1922 r. i trwały do 1928 r., a więc dość długo. Jeszcze bardziej przedłużyły się obserwacje na punktach pośrednich.

Dawne sieci, o których już pisaliśmy miały swą bazę w okolicach Strzelina, pomierzoną po raz pierwszy w 1854 r. i drugi w 1879 r. Była to krótka baza (około 2,8 km), pięciokrotnie rozwinięta na bok sieci I rzędu. Zarówno dokładność pomiaru, jak też i sposób przeniesienia oraz usytuowanie nie odpowiadały potrzebom nowo zakładanej sieci marchijsko-śląskiej. Toteż, analogicznie do trzech sieci opisanych w poprzednich rozdziałach, pomyślano o specjalnej bazie w tym rejonie i wybrano miejsce na nią w okolicach Wołowa, w odległości około 280 km od najbliższej położonej bazy berlińskiej z 1908 r.

Wywiad bazy przeprowadzono w 1911 r. Wybrano bazę o długości około 6,2 km, przeniesioną następnie za pomocą sieci bazowej (potrójne rozwinięcie) na bok sieci głównej „Todtenberg” (Piotrowiczki)—„Zobten” (Sobótka).

Pomiaru bazy dokonano w 1914 r. aparatem Bessela, znanym nam już z poprzednich pomiarów. Aparat ten podległ uprzednio sprawdzeniu przez inż. Thilo, za pomocą wzorców toazowych Nr 9 i 10, komparowanych na nowo w 1914 r. przez Komisję Normalizacji Przymiarów. Komisja ta również komparowała druty aparatu Jäderina, za pomocą którego wykonany został dodatkowo pomiar bazy wołowskiej (trzema drutami).

Z pomiaru aparatem Bessela długość bazy, zredukowana do poziomu odniesienia NN wynosi:

baza: 6 241,79624 m normalnych; lg bazy = 3.7953095,873

6 241,87960 m międzynarod.; lg bazy = 3.7953153,873

Z pomiaru aparatem Jäderina otrzymano:

baza: 6 241,77894 m normaln. = 6 241,86234 m międzynarod., co można uznać za dobrą zgodność.

Pomiarem wykonanym aparatem Bessela kierował Launhardt. Średni błąd pomiaru odcinka 1 km wyniósł $\pm 1,20$ mm, a średnia różnica dwóch pomiarów obliczona na 1 km $+ 0,22$ mm. Pomiar aparatem Jäderina, wykonany pod tym samym kierownictwem, przyniósł średni błąd 1 km $\pm 2,31$ mm, a różnicę na 1 km pomiędzy pomiarem tam i z powrotem 5,63 mm, okazał się więc w tym wypadku mniej dokładny.

Sieć bazowa, której zadaniem było rozwinięcie długości bazy na bok

sieci głównej „Zobten” (Sobótka)—„Todtenberg” (Piotrowiczki), stanowiła potrójne rozwinięcie. Po wyeliminowaniu przekątnych sieci otrzymano 6 równań figur, utworzonych przez 2 trójkąty i 4 czworoboki. Z wyrównań stacyjnych pomiarów, prowadzonych w latach 1914 i 1921 otrzymano następujące średnie błędy:

$$m_{\varepsilon} = \pm 0''70; \quad \mu = \pm 0''40; \quad \tau = \pm 0''64,$$

a z niezależnego wyrównania sieci otrzymano średni błąd spostrzeżenia o wadze jednostkowej: $m_N = \pm 1''20$.

Długość rozwiniętego boku (w m legalnych) wynosi 74 266,299 m. Jest to więc bok bardzo długi, a z porównania z długością bazy wynika, że otrzymane z sieci bazowej powiększenie wynosi tu 11,9.

H. NOWE SIECI I RZĘDU JAKO REALIZACJA KONSEPCJI JEDNOLITEJ SIECI OGÓLNOPANSTWOWEJ

Rozpatrując triangulacyjną sieć niemiecką pod kątem jej znaczenia ogólnopanstwowego należy pamiętać, że dopiero w ostatnim ćwierćwieczu ubiegłego wieku miało miejsce tworzenie się jednolitego państwa niemieckiego, który to proces zakończył się z chwilą obalenia poszczególnych monarchii w państewkach, wchodzących w skład Rzeszy (1918 r.) Dlatego też przy omawianiu sieci z lat 1899-1914 możemy mówić tylko o jednolitości sieci pruskiej. Sieć ta, zgodnie z granicami ówczesnych Prus, zwała się wyraźnie w rejonie Berlina, mając tam za sąsiadów od północy sieć Meklemburgii z lat 1853-1860, a od południa doskonałą sieć Saksonii z tegoż mniej więcej okresu.

Powzięta więc u schyłku XIX w. koncepcja zastąpienia przestarzałych sieci na wschód od Łaby sieciami nowymi dotyczyła tylko sieci pruskich, rozciągających się na wschodnich terenach ówczesnych Prus. Nowe sieci, jak to wyżej wspomniano, objąć miały obszar Pomorza, byłych Prus Zachodnich i Wschodnich oraz Śląska, a w przyszłości prawdopodobnie i obszar byłego Wielkiego Księstwa Poznańskiego.

Podział tego obszaru na poszczególne sieci i kolejność ich realizacji uzależniona w pierwszym rzędzie względami militarnymi, opisane zostały szczegółowo w rozdziałach poprzednich. Z chwilą ukończenia budowy tych sieci Prusy otrzymać miały sieć triangulacji I rzędu, jednolitą co do metod projektowania i pomiaru, jednak złożoną z 15 łańcuchów i sieci, powstałych w okresie 1870-1899 oraz 6 powstałych po 1899 r.

Tak długi okres formowania się sieci ogólnopanstwowej niewielkiego stosunkowo państwa, jakim były ówczesne Prusy, wydaje się nam obecnie nie do przyjęcia z nowoczesnego punktu widzenia, kiedy to stoimy na stanowisku jak najkrótszego czasu realizacji sieci w celu możliwości rozpatrywania ich jako odniesionych do jednej epoki (stosowane instrumenty i metody, redukcje pomierzonych elementów, komparacja pomiarów długości itp.). Jednak przed sześćdziesięciu laty nie przywiązywano do tych zagadnień takiej wagi.

W każdym razie stwierdzić można, że ówczesna myśl geodezyjna doceniała konieczność uzyskania możliwie jednolitej sieci ogólnopanstwowej i to w pewnym określonym, a niezbyt odległym terminie. Tym się tłumaczy przyjęcie jako „sztywnego” układu sieci tzw. zachodu Schreiberowskiego, którego wschodnią granicą były: łańcuch Łaby, ukończony w 1875 r. oraz łańcuch hanowersko-saski z lat 1881-1882. Z najdalej na wschód wysuniętymi bokami trójkątów tych łańcuchów graniczyły nowo zakładane sieci: łańcuch Berlin—Szubin oraz sieć marchijsko-śląska, które

w ten sposób zostały włączone do układu ogólnopanstwowego. Nadal jednak sieci te były osobno wyrównywane i obliczane na podstawie własnych baz, a następnie dopasowywane do „sztywnego” zachodu Schreiberowskiego. Tą też tylko drogą otrzymywały orientację, gdyż wyrównanie ówczesne nie przewidywało włączenia do wyrównania czy do zespolenia warunków, wynikających z wyznaczenia współrzędnych i azymutu astronomicznego. W sieciach interesujących nas jedyne wyznaczenia astronomiczne, wynikające z naukowych potrzeb Geodezyjnego Instytutu w Poczdamie były: pomiary na punkcie „Goldaper Berg” w sieci wschodniopruskiej z lat 1904-1905 i na punkcie „Rauenberg” z 1909 r. Wyrównanie astronomiczno-geodezyjne prowadzone przez Komisję Międzynarodową Pomiaru Stopnia było w tym czasie już zakończone, dając pierwsze przybliżenie wspólnej ogólnoeuropejskiej sieci triangulacyjnej, a okres 1899-1905 nie zaznaczył się dalszymi pracami w tej dziedzinie. Były to zresztą prace o charakterze całkowicie naukowym, oderwane wtedy od praktycznych prac zakładania sieci triangulacyjnych dla potrzeb gospodarczych czy wojskowych.

Tak więc trudno jest mówić o jednolitości sieci pruskiej w obecnym tego słowa znaczeniu, rozumianych tak, jak to pojmowaliśmy przy tworzeniu naszej sieci astronomiczno-geodezyjnej. Tak pojęta jednolitość zjawia się w sieciach triangulacyjnych daleko później, a kolebką jej są planowe prace geodezyjne w Związku Radzieckim. W każdym razie sieć pruska mogła być uważana za jednolitą z punktu widzenia uzyskanych dokładności oraz założeń w jej realizacji.

I. WPŁYW ROZWOJU NAUKI NA NOWE KONCEPCJE WYKONANIA TRIANGULACJI I RZĘDU ORAZ ICH REALIZACJA

Sama decyzja przystąpienia do nowych pomiarów triangulacyjnych wynikała wskutek wyciągnięcia właściwych wniosków z niedostatków dawnych sieci i zastosowaniu wielu środków, wynikających z postępu technicznego. Już w poprzednich rozdziałach podano szczegółowo, jak poszczególne etapy wykonania triangulacji były ulepszone dla uzyskania dokładniejszych wyników, jakie zastosowano założenia przy projektowaniu sieci, pomiarze kątów, baz, sieci bazowych, stabilizacji wreszcie w obliczeniach.

Podkreślić należy stałą współpracę instytucji naukowych i wykonawczych. Liczne artykuły i publikacje wskazują na czerpanie danych z bogatego materiału obserwacyjnego dla analiz i studiów dokładnościowych. Zjawiają się coraz to nowe elementy redukcji pomiarów bazowych dla możliwego wyeliminowania wpływu błędów systematycznych. To samo dotyczy się pomiarów kątowych, gdzie wydziela się możliwie szczegółowo różne rodzaje błędów dla faktycznego określenia dokładności pomiarów. Kładzie się ogromny nacisk na właściwą komparację i wyznaczenie stałych aparatów bazowych. Zaczyna się stosować, na razie tytułem próby przez Instytut w Poczdamie, potem już równolegle przez instytucję wykonawczą — nowy aparat bazowy Jäderina, na razie jednak przez ostrożność nie wprowadzając jego wyników do obliczeń.

Systematycznie dla celów naukowych (a również i praktycznych) wiąże się nowe pomiary ze starymi, zwłaszcza w dziedzinie pomiaru baz. Przechodzi się na nowy układ współrzędnych, odniesiony do południka Greenwich, przyjmuje się nowe odwzorowanie, pozwalające na jednolite obliczenie całej sieci. Zaczyna się stosować nowe metody wyrównania,

które nie tracąc na ścisłości, pozwalają na łatwiejsze jednoczesne wyrównanie większych sieci (metoda Boltza).

W 1899 r., przy rozpoczynaniu realizacji nowych sieci wydawać się mogło, że osiągnięcia Schreibera, uzyskane i zastosowane przez niego w budowie sieci zachodnich, stanowią ostatnie słowo techniki. W wielu wypadkach nowe sieci oparto całkowicie na jego wskazówkach, w niektórych jednak posunięto się znacznie naprzód, osiągając większą dokładność przy zmniejszeniu nakładu pracy (np. zaniechanie obserwowania przekątnych w sieciach). Jako dowód wzrostu dokładności służy chociażby analiza średnich błędów kątów w sieciach obliczonych z wzoru międzynarodowego, które w sieciach z lat 1875-1899 wahały się w granicach $\pm 0''27$ — $\pm 0''47$, a w nowych sieciach nie przewyższają $\pm 0''27$.

Pełne zrozumienie potrzeby wykorzystania osiągnięć badań naukowych dla celów praktycznych doprowadza więc do bardzo dobrych wyników, a studia nad literaturą geodezyjną tego, krótkiego przecież okresu wskazują, że wspomniane wyżej osiągnięcia naukowe wykorzystywane były szybko, co dowodzi wysokiego poziomu wykształcenia ówczesnego kierownictwa Niemieckiego Urzędu Pomiarów Kraju. Cała zresztą uwaga mogła być skierowana wyłącznie na wykonanie opisanych sieci, jako jedynych w tym okresie prac triangulacji I rzędu na terenie Niemiec.

Należy również zauważyć, że obok wysokiego poziomu technicznego sieci z lat 1899-1914, położono wielki nacisk na doskonałą dokumentację tych sieci. Zachowane publikacje, zawierające nie tylko wyczerpujące dane liczbowe, ale również szczegółową część opisową, pozwoliły na właściwą analizę sieci i na wyciągnięcie wniosków. Na docenienie wartości tych danych przez niemieckie władze pomiarowe wskazuje utrwalenie tych danych już przed 30 laty na mikrofilmach, przechowywanych w specjalnych zabezpieczonych pomieszczeniach.

Opisane sieci w okresie kiedy powstawały nie miały sobie równych. Na obszarach państw sąsiadujących, Rosji i Austro-Węgier, w pobliżu ich granic z Niemcami, w latach poprzedzających wybuch pierwszej wojny światowej nie były prowadzone prace triangulacji I rzędu. Toteż nie przewidywano, by jakaś z wykonywanych przez Niemców w tym czasie sieci miała wspólne punkty z sieciami państw sąsiadujących. Sieci te powiązane były z dawnymi sieciami niemieckimi tych terenów i nie było widocznie celowe wiązanie starych sieci rosyjskich czy austriackich ze stojącymi na znacznie wyższym poziomie sieciami nowej triangulacji niemieckiej. Zresztą rząd rosyjski przewidywał wykonanie w najbliższych czasach nowej triangulacji I rzędu, którą prawdopodobnie związano by z sieciami niemieckimi. Jak wiemy, realizacja tych zamiarów nie nastąpiła, a nowe wielkie prace triangulacyjne na sąsiednich terenach rozpoczęte zostały dopiero przez władze polskie w dwudziestoleciu międzywojennym.

J. SIECI TRIANGULACJI NIŻSZEGO RZĘDU NA TERENACH OBJĘTYCH NOWĄ TRIANGULACJĄ I RZĘDU

Zgodnie z uchwalonym w 1896 r. wykonaniem nowej triangulacji na wschodnich obszarach ówczesnego Cesarstwa Niemieckiego, w ślad za posuwającymi się pracami nad sieciami I rzędu, rozpoczęły się pomiary sieci niższego rzędu. W ten sposób w latach 1903-1913 pokryto sieciami triangulacyjnymi II, III i IV rzędu cały obszar sieci zachodnio- i wschodniopruskiej.

Nowa ta triangulacja zastąpiła dawną, pierwszą triangulację krajową wschodnich części ówczesnych Prus, wykonaną w latach 1865-1868. Były to zupełnie nowe pomiary, uwzględniające jednak w wielu wypadkach dawne punkty w sensie założenia nowych w tych samych miejscach. Zagęszczenie doprowadzono do około jednego punktu na 5 km², licząc jako użytkowe punkty I-IV rzędu. Ponieważ zaś, jak wspomniano wyżej obie sieci, wschodnio- i zachodniopruska obejmuje obszar około 53 000 km², liczba nowo wyznaczonych punktów niższego rzędu wynosi około 10 000.

Jako podstawa do obliczenia sieci niższego rzędu posłużyły opisane wyżej sieci zachodnio- i wschodniopruska. Dla celów wojskowych i katastralnych nowe punkty zostały obliczone w układzie katastralnym Soldnera natychmiast po wykonaniu pomiarów terenowych i obliczeniu wyjściowych sieci I rzędu. Współrzędne te nie były publikowane drukiem i udostępniane były przez właściwe urzędy do celów praktycznych.

Późniejsze losy sieci niższego rzędu były analogiczne do losów odpowiednich sieci I rzędu, a więc otrzymały w rezultacie współrzędne w odwzorowaniu wiernokątnym płaskim Gaussa-Krügera, zgodnie z uchwałami władz pomiarowych niemieckich z lat 1922-1923. Wtedy też zostały wydane drukiem 4 katalogi punktów, zawierające współrzędne geograficzne oraz prostokątne płaskie. W ten sposób objęto cały obszar sieci pozostały przy Niemcach w wyniku pierwszej wojny światowej, a więc bez obszaru Wolnego Miasta Gdańska i części byłych Prus Zachodnich odzyskanych przez Polskę. Katalogi te obejmują okręgi: Królewca, Malborka, Olsztyna i Gąbina.

Punkty obliczane były metodą najmniejszych kwadratów drogą wcięć pojedynczych lub grupowych, kolejnymi rzędami, zgodnie z klasycznymi zasadami zagęszczania triangulacji. Wszystkie punkty otrzymały jednolitą stabilizację w postaci płyty podziemnej oraz słupa wystającego ponad powierzchnię ziemi z literami T. P. Od 1905 r. na przeciwległej ścianie słupa umieszczano ponadto oznaczenia I, II i III, zależnie od rzędu sieci. Punkty IV rzędu oznaczeń rzędu nie miały. Jako stabilizacja punktów na budowach stałych używane były trwałe oznaczenia.

Wszystkie punkty miały wyznaczoną wysokość w układzie państwowym N. N. niwelacją precyzyjną, techniczną lub trygonometrycznie. Dane wysokościowe z zaznaczeniem sposobu wyznaczenia zamieszczone były we wspomnianych katalogach.

Na obszarach pozostałych sieci, wykonanych lub rozpoczętych przed pierwszą wojną światową, żadnych prac triangulacji niższego rzędu nie wykonano, pomijając drobne prace triangulacji miejskich.

BIBLIOGRAFIA

1. Bessel F. W., *Gradmessung in Ostpreussen und ihre Verbingung mit preussischen und russischen Dreiecksketten*, Berlin 1838.
2. Baeyer J. J., *Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der berliner Grundlinie*, Berlin 1849.
3. Sadenbeck M., *Triangulation der Stadt Breslau*, Wrocław 1855.
4. Baeyer J. J., *Die Verbindungen der preussischen und russischen Dreiecksketten bei Thorn und Tarnowitz*, Berlin 1857.
5. Schubert, T. F., *Exposé des travaux astronomiques et géodésiques exécutés dans Russie... jusqu'à l'an 1855*, St. Petersburg 1858.

6. *Generalbericht über die Mitteleuropäische Gradmessung pro 1865*, Berlin 1864.
7. Schreiber O., *Theorie der Projektionsmethode der Hannoverschen Landesvermessung*, 1866.
8. Bureau der Landestriangulation, *Triangulation der Umgegend von Berlin mit Instruction für die Landestriangulation commandirten Trigonometr*, Berlin 1867.
9. „Astronomische Nachrichten“, Berlin 1866/67.
10. Bureau der Landestriangulation, *Hauptdreiecke, I Teil*, Berlin 1870.
11. Bureau der Landestriangulation, *Hauptdreiecke, II Teil*, Berlin 1874.
12. *Trigonometrische Abtheilung der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, III Teil*, Berlin 1876.
13. *Rechnungsvorschriften für die trigonometrische Abtheilung der Landesaufnahme*, Berlin 1878.
14. *Verhandlungen der Sechsten Allgemeinen Konferenz der Europäischen Gradmessung zu München 1880*, Berlin 1881.
15. Jordan W., *Höhere Geodesie und Topographie des Deutschen Reichs*, Stuttgart 1882.
16. Schreiber O., *Die Anordnung der Winkelbeobachtungen im Göttingen Basisnetz*, „Z. f. V.“ 1882.
17. Schreiber O., *Die Resultate der Basismessung bei Göttingen*, „Z. f. V.“ 1882.
18. *Verhandlungen der Konferenz der permanenten Kommission der Internationalen Erdmessung zu Nizza 1887, Annex X b*, Berlin 1888.
19. Kgl. Preussischen Geodätischen Institut, *Das Märkisch-Thüringische Dreiecksnetz*, Berlin 1889.
20. Kgl. Preussischen Geod. Institut, *Das Berliner Basisnetz 1885-1887*, Berlin 1891.
21. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, IV Teil*, Berlin 1891.
22. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, V Teil*, Berlin 1893.
23. *Längengradmessung in 52 Breite*, Berlin 1893.
24. *Topograficzieskije Oddielenije Glawnogo Sztaba, Zapiski...*, tomy 23-25.
25. Helmert F. R., *Lotabweichung*, Heft 1.
26. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, VI Teil*, Berlin 1894.
27. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, VII Teil*, Berlin 1895.
28. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, VIII Teil*, Berlin 1896.
29. *Trigonometrische Abt. der Landesaufnahme, Hauptdreiecke, IX Teil*, Berlin 1897.
30. Jordan W., *Handbuch der Vermessungskunde*, 3 Band, Stuttgart 1896.
31. Kgl. Preussisches Geod. Institut, *Die Neumessung der Grundlinien bei Strehlen, Berlin und Bonn* Berlin 1897.
32. Schreiber O., *Die Konforme Doppelprojektion der Trigonometrischen Abtheilung der Kgl. Preuss. Landesaufnahme*, Berlin 1897.
33. *Die Kgl. Preussisch. Land. Triangulation Polar-Coordinationen, Geographische Positionen und Höhen, Teil I, II, III, IV*, Berlin.
34. *Die Kgl. Preuss. Land. Triangulation Abrisse, Koordinaten und Höhen, Teil VII-XII*, Berlin.
35. „Jahresbericht des Direktors des Kgl. Geodät. Institut“, Potsdam 1904.
36. Krüger L., *Über den Anschluss eines sekundären Dreiecksnetzes an ein Hauptnetz*, „Z. f. V.“ 1896.

37. Helmert F. R., *Die Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate*, Leipzig und Berlin 1907.
38. Benoit R., Guillaume Ch. E., *La mesure rapide des bases géodésiques*, Paris 1908.
39. Thomas P. A., *Die Einrichtungen der Kaiserlichen Normal Eichungs Kommission für Längenbestimmungen höherer Genauigkeit an Messbändern und -Drähten*.
40. „Jahresbericht des Direktors des Kgl. Geodät. Institut“, Potsdam 1910.
41. *Verhandlungen der 16. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, I Teil*, Berlin 1910, *II Teil*, Berlin 1911.
42. „Jahresbericht des Direktors des Kgl. Geodät. Institut“, Potsdam 1911.
43. Krüger L., *Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene*, Potsdam 1912.
44. Thomas P. A., *Untersuchungen am Besselschen Basismessapparat*, Berlin 1912.
45. *Verhandlungen der 17. allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung, I Teil*, Berlin 1913.
46. Degner, *Erkundung I. Ordnung und Signalbau der Kgl. Landesaufnahme in neuerer Praxis*, „Z. f. V.“ 1914.
47. „Jahresbericht der Geodätischen Instituts“, Potsdam 1915/1916.
48. Krüger L., *Formeln zur Konformen Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene*, Berlin 1919.
49. Baumgart, *Die Bezifferung des Meldegitternetzes in Übereinstimmung mit der tatsächlichen Koordinatennetzen*, „Z. f. V.“ 1919.
50. Krüger L., *Über die Bestimmung der Winkelgewichte in Basisnetzen*, Berlin 1920.
51. „Jahresbericht des Direktors des Kgl. Geodät. Instituts“, Potsdam 1920/1921.
52. Baumgart, *Die Bezeichnung von Kartenpunkten mittels Meldegitternetz und Planzeiger*, „Technik und Wehrmacht“, 1921.
53. Thilo, *Untersuchungen von drei Invardrähten im September 1922*, „Jahresbericht des Reichsamts für Landesaufnahme“.
54. Werkmeister P., *Bericht über drei Grundlinienmessungen*, „Z. f. V.“, 1923.
55. Boltz H., *Entwickelungsverfahren zum Ausgleichen geodächer Netze nach der Methode der kleinsten Quadrate*, Berlin 1923.
56. Kohlschütter E., *Über die Koordinaten des Zentralpunktes der deutschen Triangulationen*, „Z. f. V.“, 1924.
57. Jung I., *Über die günstigste Gewichtsverteilung in Basisnetzen*, Upsala 1924.
58. *Trigonometrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme, Die Preussische Landesvermessung, Hauptdreiecke, Neue Folge, I Teil*, Berlin 1925.
59. *Trigonometrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme, Koordinaten und Höhen, Teil 1, 2, 3, 4*, Berlin 1925, 1926, 1927, 1928.
60. Hadert K., *Ausdehnungskoeffizienten und Temperaturnachhinken der Besselschen Basismessstangen, errechnet aus den Teilstrecken ergebnissen von Basismessungen*, „Z. f. V.“, 1926.
61. *Trigonometrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme, Die Preussische Landesvermessung, Hauptdreiecke, Neue Folge, II Teil*, Berlin 1927.
62. *Trigonometrische Abteilung des Reichsamts für Landesaufnahme, Die Preussische Landesvermessung, Hauptdreiecke, Neue Folge, III Teil*, Berlin 1932.
63. Förster, *Untersuchungen von Basisapparaten, III, Der Besselsche Basisapparat*, Potsdam 1930.
64. Pinkwart E., *Systematische Fehler in den Dreiecksnetzen I. Ordnung der Preussischen Landesaufnahme*, „Mitteilungen der Reichsamts für Landesaufnahme“, 1931/32.
65. Gigas E., *Aufgaben der Triangulation I. Ordnung in Preussen*, „Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme“, 1934/35.

66. Lips K., *Die mitteleuropäische Dreiecksmessung vor dem Jahre 1861*, „Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme“, 1936/37.
67. *Reichsamt für Landesaufnahme, Dreiecks und Höhenmessung*, Berlin 1940.
68. *Reichsamt für Landesaufnahme, Planheft Grossdeutsches Reich*, Berlin—Gotha 1944.

С. К р ы н ь с к и

ИЗ ИСТОРИИ ТРИАНГУЛЯЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ ПРУССКАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ 1832-1914

Резюме

Статья, задуманная как фрагмент предполагаемой монографии по истории триангуляции на территории Польши, охватывает характеристику триангуляции, производимой прусскими властями в 1832-1914 гг.

В трех разделах автор на основании доступных для него источников представил концепцию и генезис сооружения отдельных сетей триангуляции I класса в аспекте нужд этих работ и развития науки и техники. Представлены проекты сетей, стабилизация, сооружение сетей и сигналов, работы по измерению, вычислению и точности. Сделан упор на проблемы соединения сетей между собой и сетями соседних государств. Характеристика сетей дана в совокупности с другими сетями на территории Германии, принимая во внимание вопросы единицы долготы, ориентации сети и старания в направлении обеспечения единства системы. Показана роль создателей сети во главе с выдающимися немецкими геодезистами того времени Бесселем, Шрайбером, Байером и др.

Работа дополнена обширной литературой по этому предмету.

S. K r y ń s k i

AUS DER GESCHICHTE DER TRIANGULATION IN DEN GEBIETEN POLENS DIE PREUSSISCHE TRIANGULATION 1832-1914

Zusammenfassung

Die als Fragment einer beabsichtigten Monographie gedachte Geschichte der Triangulation in den Gebieten Polens umfasst eine Charakteristik der von den preussischen Behörden in den Jahren 1832-1914 durchgeführten Triangulation.

Der Autor hat in drei Kapiteln, auf Grund von ihm zugänglichen Quellen, die Konzeption und die Genese des Baus der einzelnen Triangulationsnetze 1. Ordnung — im Aspekt der Bedürfnisse dieser Arbeiten sowie der Entwicklung der Wissenschaft und Technik — dargestellt. Es wurden die Netzentwürfe, die Stabilisation, der Bau der Netze und Signale, die Messungsarbeiten, die Berechnungen und Genauigkeiten besprochen. Besonderes Gewicht wurde auf das Problem der Verbindungen der Netze untereinander und mit den Netzen der Nachbarstaaten gelegt. Die Charakteristik der Netze wurde im Zusammenhang mit anderen Netzen im Gebiet Deutschlands gegeben, unter Berücksichtigung der Probleme der Längeneinheiten, der Orientierung der Netze sowie der Bemühungen hinsichtlich der Sicherung der Einheitlichkeit der Systeme. Es wurde die Rolle der Netzbauer umrissen, mit den hervorragenden deutschen Geodäten diesen Zeitabschnittes: Bessel, Schreiber, Baeyer u. a. an der Spitze.

Die Arbeit wird ergänzt durch eine umfangreiche Fachliteratur.

SPIS TREŚCI

Wstęp	3
1. Pruskie pomiary podstawowe w latach 1832-1865	5
a. Pomiar stopnia Bessela (1832-1836)	5
b. Pomiar wybrzeża (1837-1846)	11
c. Łańcuch śląski i nawiązania z triangulacją rosyjską pod Tarnowskimi Górami (1852-1854, 1878)	13
d. Łańcuch wzdłuż Wisły i nawiązanie z triangulacją rosyjską pod Toruniem (1853)	17
e. Łańcuchy wschodniopruskie z lat 1858-1862 i nawiązanie augustowskie z triangulacją rosyjską	18
f. Charakter triangulacji pruskiej okresu 1832-1865	23
g. Prace geodezyjne w innych krajach niemieckich do 1865 r.	25
2. Okres triangulacji Prus i Niemiec 1865-1899	28
a. Organizacja pomiarów triangulacyjnych	28
b. Sieci triangulacyjne na obszarach Polski	31
c. Łańcuchy pomorskie (1865-1867)	32
d. Łańcuch marchijsko-śląski (1868-1872)	33
e. Łańcuch śląsko-pomorski (1868, 1870-1872)	35
f. Sieć poznańska (1872-1873)	37
g. Sieć marchijska (1873-1874)	38
h. Sieć śląsko-poznańska (1877)	39
i. Nawiązanie austriackie (1878)	40
j. Sieci triangulacyjne obszarów polskich jako część ogólnej triangulacji pruskiej	41
k. Triangulacja niższych rzędów	43
3. Okres triangulacji niemieckiej na ziemiach polskich 1899-1914	45
a. Przyczyny decyzji wykonania nowej triangulacji, w szczególności na terenie obecnej Polski	45
b. Ogólne wiadomości dotyczące zakładania nowej triangulacji	49
c. Orientacja nowych sieci, podstawy geodezyjne, jednostki długości	53
d. Sieć zachodniopruska	56
e. Sieć wschodniopruska	63
f. Łańcuch Berlin—Szubin	68
g. Sieć marchijsko-śląska	74
h. Nowe sieci I rzędu jako realizacja koncepcji jednolitej sieci ogólnopństwowej	76
i. Wpływ rozwoju nauki na nowe koncepcje wykonania triangulacji I rzędu oraz ich realizacja	77
j. Sieci triangulacji niższego rzędu na terenach objętych nową triangulacją I rzędu	78
Bibliografia	79

СОДЕРЖАНИЕ

Вступление	3
1. Прусские основные измерения в 1832-1865 гг.	5
а. Градусное измерение класса Весселя (1832-1836)	5
б. Измерение побережья (1837-1846)	11
в. Силезская цепь и примыкание к русской триангуляции в районе Тарновских гор (1852-1854, 1878)	13
г. Цепь вдоль Вислы и примыкание к русской триангуляции в районе Торуня (1853)	17
д. Восточно-пруссские цепи в 1858-1862 гг. и примыкание августовской триангуляции к русской	18
е. Характер прусской триангуляции в период 1832-1865	23
ж. Геодезические работы в других немецких государствах до 1865 г.	25
2. Период триангуляции Пруссии и Германии 1865-1899	28
а. Организация триангуляционных измерений	28
б. Триангуляционные сети на землях Польши	31
в. Поморские цепи 1865-1867	32
г. Мархйско-силезская цепь (1868-1872)	33
д. Силезско-поморская цепь (1868, 1870-1872)	35
е. Познанская сеть (1872-1873)	37
ж. Мархйская сеть (1873-1874)	38
з. Силезско-познанская сеть (1877)	39
и. Австрийское примыкание (1878)	40
к. Триангуляционные сети польских земель как часть общей прусской триангуляции	41
л. Триангуляция нисших классов	43
3. Период немецкой триангуляции на польских землях 1899-1914	45
а. Причины решения выполнения новой триангуляции, особенно на территории Польши в настоящий период	45
б. Общие данные об основании новой триангуляции	49
в. Ориентация новых сетей, базис, единицы длины	53
г. Западно прусская сеть	56
д. Восточно прусская сеть	63
е. Цепь Берлин—Шубин	68
ж. Мархйско-силезская сеть	74
з. Новые сети I класса как реализация концепции единой общегосударственной сети	76
и. Влияние развития науки на новые концепции выполнения триангуляции I класса и их реализация	77
к. Сети триангуляции нисшего класса на территориях охваченных новой триангуляцией I класса	78
Библиография	79

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	3
1. Die preussischen grundlegenden Messungen in den Jahren 1832-1865	5
a. Die Bessel'sche Gradmessung (1832-1836)	5
b. Die Küstenvermessung (1837-1846)	11
c. Die schlesische Dreieckskette und Anschluss an die russische Triangulation bei Tarnowskie Góry (1852-1854, 1878)	13
d. Die Kette längs der Weichsel und Anknüpfung an die russische Triangulation bei Toruń (1853)	17
e. Die ostpreussische Dreieckskette aus den Jahren 1858-1862 und die Augustower Anschluss an die russische Triangulation	18
f. Der Charakter der preussischen Triangulation des Zeitabschnittes 1832-1865	23
g. Die geodätischen Arbeiten in anderen deutschen Ländern bis zum Jahre 1865	25
2. Der Zeitabschnitt der Triangulation Preussens und Deutschlands 1865-1899	28
a. Die Organisation der Triangulationsmessungen	28
b. Die Triangulationsnetze in den Gebieten Polens	31
c. Die pommerschen Dreiecksketten (1865-1867)	32
d. Die märkisch-schlesische Dreieckskette (1868-1872)	33
e. Die schlesisch-pommersche Dreieckskette (1868, 1870-1872)	35
f. Das Poznaner Netz (1872-1873)	37
g. Das märkische Netz (1873-1874)	38
h. Das schlesisch-Poznaner Netz (1877)	39
i. Die österreichische Anschluss (1878)	40
j. Die Triangulationsnetze der polnischen Gebiete als Teil der allgemeinen preussischen Triangulation	41
k. Die Triangulation niederer Ordnungen	43
3. Der Zeitabschnitt der deutschen Triangulation in den polnischen Gebieten 1899-1914	45
a. Die Ursachen des Beschlusses der Ausführung einer neuen Triangulation, insbesondere im Gebiet des heutigen Polens	45
b. Allgemeine Nachrichten über die Anlage einer neuen Triangulation	49
c. Die Orientierung der neuen Netze, geodätische Grundlagen, Längeneinheiten	53
d. Das westpreussische Netz	56
e. Das ostpreussische Netz	63
f. Die Dreieckskette Berlin—Szubin	68
g. Das märkisch-schlesische Netz	74
h. Neue Netze 1. Ordnung als Realisierung der Konzeption eines einheitlichen gesamtstaatlichen Netzes	76
i. Der Einfluss der Entwicklung der Wissenschaft auf die neuen Konzeptionen der Ausführung einer Triangulation 1. Ordnung sowie deren Realisierung	77
j. Triangulationsnetze niederer Ordnung in den von einer neuen Triangulation 1. Ordnung erfassten Gebieten	78
Bibliographie	79

STUDIA I MATERIAŁY Z DZIEJÓW NAUKI POLSKIEJ

SERIA C

ROZPRAWY Z ZAKRESU HISTORII NAUK MATEMATYCZNYCH
FIZYKO - CHEMICZNYCH I GEOLOGICZNO - GEOGRAFICZNYCH

Dotychczas ukazały się

Z. 1, Warszawa 1957, 126 s., cena zł 28.—

Treść: A. Wachułka, *Krzysztof Mieroszewski, inżynier architekt i geometra polski XVII stulecia i jego matematyczne dzieło.*

Z. 2, Warszawa 1959, 139 s., cena zł 30.—

Treść: *Słowo wstępne.* — A. Birkenmajer, *Roboczy konspekt zespołowej Historii Astronomii w Polsce.* — W. Dziewulski, *Historia Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu St. Batorego w Wilnie 1919-1939.* E. Rybka, *Krótki rys dziejów astronomii we Lwowie.* — M. Kamieński, *Zarys dziejów Obserwatorium Warszawskiego 1815-1945.* — F. Kępiński, *Zakład i Obserwatorium Astronomiczne Politechniki Warszawskiej 1925-1955.*

Z. 3, Warszawa 1959, 229 s., cena zł 52.—

Treść: H. Madurowicz, *Działalność naukowa Jana Jaśkiewicza.* — M. Sarnecka-Keller, *Pierwsze polskie podręczniki chemiczne.* — K. Adwentowicz, A. Pasternak Z. Wojtaszek, *Karol Olszewski jako uczony i nauczyciel.*

Z. 4, Warszawa 1961, 139 s., cena zł 34.—

Treść: M. Fleszar, *Bolesław Olszewicz.* — A. Drozdowska, *Bibliografia prac Bolesława Olszewicza* — B. Olszewicz, *Wykaz polskich pracowników na polu kartografii.* — S. Czarniecki, *Notaty Ludwika Zejsznera i ich znaczenie dla badań nad historią geologii w Polsce.* — Ludwik Zejszner, *Pamiętniki moje.* — J. Babicz, *Wincenty Pol. Metodologiczne założenie jego geografii i wpływ Rittera na ich ukształtowanie.*

Z. 5, Warszawa 1863, 28 s., cena zł 20.—

Treść: A. Gawęł, *Zarys historii wiedzy geologicznej w Polsce.* — A. Chałubińska, *Wkład Ignacego Domeyki do geologii Polski.* — S. Czarniecki, *Przyczynek zainteresowań zagadnieniami geologiczno-górnictwymi w okresie Sejmu Wielkiego.* — A. Kleczkowski, *Początki geologii inżynierskiej w Polsce.* — R. Fleszarowa, *Najstarsza mapa geologiczna i najstarszy opis geologiczny Polski. Dwóchsetlecie.*

Z. 6, Warszawa 1963, 164 s., cena zł 38.—

Treść: A. Chałubińska, *Sprawa «Opisu jeograficznego» w tajnym ruchu filomackim.* — A. Chałubińska, *Najdawniejsze mapy gospodarcze Polski.* — J. Babicz, *Wykłady Wincentego Pola z 1845 r. na tle badań w Karpatach.* — J. Babicz, *Zróżnicowanie młodzieńczej rozprawy Wacława Nałkowskiego.* — T. Przypkowski, *Naukowe pojęcie deklinacji magnetycznej w Polsce XVII w.* — *Uzupełnienia i poprawki do bibliografii prac B. Olszewicza (A. Drozdowska).*

Z. 7, Warszawa 1963, 156 s., cena zł 38.—

Treść: F. M. Bartoś, *Kopernik i Komeński*. — A. Birkenmajer, *Kopernik jako filozof*. — J. Wasiutyński, *Uwagi o niektórych kopernikach szwedzkich*. — M. Kamiński, *Obserwacje Kopernika w świetle astronomii współczesnej*. — J. Dobrzycki, *Katalog gwiazd w «De revolutionibus»*.

Z. 8, Warszawa 1964, 128 s., cena zł 38.—

Treść: W. Hubicki, *Tło i geneza podręcznika «Chemia i Mineralogia» Okraszewskiego oraz anonimowego traktatu «Skarb Chymików»*. — M. Dąbkowska, *Rękopis Okraszewskiego «Chemi Xięga Pierwsza» oraz «Mineralogia»*. — K. Sarnecki, *Rękopis alchemiczny «Skarb Chymików»*. — W. Hubicki i M. Dąbkowska, *Słowniczek mniej znanych terminów alchemicznych użytych w rękopisie «Chemi i Mineralogii» Okraszewskiego, w traktacie «Skarb Chymików» I elaboracie Moszyńskiego*.

Z. 9, Warszawa 1964, 173 s., cena zł 48.—

Treść: K. Sarnecki, *Dawne podręczniki technologii chemicznej w Polsce*. — M. Sarnecka-Keller, *Działalność dydaktyczna i naukowa Józefa Markowskiego, profesora chemii i mineralogii Uniwersytetu Jagiellońskiego*. — E. Ostachowski, *Bolesław Herman Fudakowski (1834-1878), pierwszy profesor chemii fizjologicznej Szkoły Głównej Warszawskiej*. — E. Trepka, *Działalność rosyjskich chemików w Polsce*. — I. Stroński, *Pierwszy Zakład Chemii Fizycznej*. — Z. Wojtaszek, *O działalności naukowej Karola Olszewskiego poza dziedziną kriogeniki*.

Z. 10, Warszawa 1965, 102 s., cena zł 26.—

Treść: T. Kłado, R. W. Wołoszyński, *Korespondencja Stanisława Augusta z Leonardem Eulerem i Petersburską Akademią Nauk 1766-1783*. — W. Olszewicz, *«Słownik Geograficzny Królestwa Polskiego» i jego twórcy*.

Z. 11, Warszawa 1965, 67 s., cena zł 18.—

Treść: J. Dobrzycki, *Teoria procesji w astronomii średniowiecznej*. — I. Wesołowski, *Jak powstało «De revolutionibus»*. — S. Nakayama, *Wprowadzenie systemu heliocentrycznego w Japonii*.

Z. 12, Warszawa 1967, 102 s., cena zł 26.—

Treść: J. Dianni, *Stanisław Pułłowski, profesor Akademii Krakowskiej w XVII wieku i jego studia matematyczne*. — T. Przypkowski, *Zagadnienia astronomiczne w autografach S. Pułłowskiego*. — J. Dianni, *Matematyka w Szkole Krzemienieckiej*.

Z. 13, Warszawa 1968, 140 s., cena zł 35.—

Treść: U. Puckalanka, *Nieznana mapka świata w polskim rękopisie XV w.* — J. Szaflarski, *Teofil Żebrawski (1800-1887) — pierwszy doktor kartografii na Uni-*

wersytecie Jagiellońskim w 1832 r. — Z. Traczewska-Białkowska, *O pierwszym opartym na zdjęciu poligonowym planie miasta Krakowa*. — B. Olszewicz, *Wykaz polskich pracowników na polu kartografii (Uzupełnienie)*. — W. Słabczyński, *Nowy przyczynek do biografii Jana Stanisława Kubarego*. — K. Wypych, *Życie i zasługi naukowe Jana Stanisława Kubarego*. — E. Bernleithner, *Rozwój geografii w Austrii i jej stosunki z nauką polską*. — W. Olszewicz, *O autorze ulotki dotyczącej górnictwa z czasów Sejmu Czteroletniego (Notatka bibliograficzna)*.

ERRATA

Str.	Jest	Powinno być
2 ²	Jerzy Dobrzycki (redaktor zeszytu)	Jerzy Dobrzycki (redaktor serii)
59 ₁₃	m — średni błąd	m_{ε} — średni błąd
64 ¹⁵	—	— dla 14 stanowisk pomierzonych teodo- litem Wanschaffa Nr IV:
64 ₁₈	$m = \pm 0''85$	$m_{\varepsilon} = \pm 0''85$
64 ₂₄	$m = \pm 0''97$	$m_{\varepsilon} = + 0''97$

„Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej”
Seria C, Zeszyt 14

