



Stefan Gierlotka

Przyrządy stosowane w geodezji górniczej i ich rozwój

Wraz z rozwojem górnictwa rozwijało się też miernictwo i geodezja górnicze. Już w prawie górniczym *Chemnitzer Bergrecht*, powstałym pomiędzy 1235 a 1270 rokiem, znajduje się wzmianka nakazująca prowadzenie pomiarów wyrobisk podziemnych na ciągach poligonowych. Dotyczy ona pomiarów rozgraniczających roboty górnicze prowadzone w sąsiadujących z sobą kopalniach oraz orientacji wyrobisk górniczych w odniesieniu do powierzchni.

Historia przyrządów i metod pomiarowych sięga starożytności. Z przekazów wiadomo, że już 701 lat przed Chrystusem w Jerozolimie zbudowano tunel wodny Siloe. Wybudowany został dla poprawy dostawy wody dla Jerozolimy na wypadek oblężenia. Tunel o długości około 500 m wykuty został w skale, od źródła Gihon do sadzawki Siloe, pod całym wzgórzem Ofel (2KrI 20,20 oraz 2Krn 32,30). Tunel wykonano w ciągu 6 miesięcy, drążąc z obu stron dwa wyrobiska do ich złączenia. Połączenie obu wyrobisk wymagało geodezyjnego kierowania kierunkiem drążenia.

Pierwotne narzędzia miernicze stosowane w kopalniach

W odległych czasach średniowiecza pomiary długości prowadzono jedynie przy pomocy sznura górniczego. Odległości określano na ogół w sążniach, łokciach i stopach. W Anglii długość ramienia króla Henryka I posłużyła do wprowadzenia jednostki yardu (91,4 cm), dzielącego się na 3 stopy. Zauważono, że sznury konopne się naciągają i **Georgius Agricola** w swej książce *De re metalica libri XII* z 1556 roku poleca stosować sznur z tyka lipowego¹. Sznury nasączano olejem lub nacierano woskiem przeciwdziałając ich rozciąganiu. W niektórych krajach próbowano stosować nawet sznury jedwabne. Ponieważ sznury w kopalniach mokrych nadal się rozciągały, wprowadzono specjalne cechowane łańcuchy miernicze wykonane z żelaza². Mierzono również przy pomocy łąt drewnianych przykładając jedną do drugiej. Z końcem XIX wieku łańcuchy miernicze zastąpiono

1 G. Agricola, *De re metalica libri XII*, (reprint z: Bazylea 1556) Jelenia Góra 2000.

2 S. Gierlotka, *Historia górnictwa*, Wydawnictwo Naukowe Śląsk, Katowice 2009.



Fot. 1. Kompas górniczy produkcji F.Breithaupt, Kassel, 1809 r. Fot. S. Gierlotka

Fot. 2. Teodolit z 1670 roku. Fot. S. Gierlotka

stalowymi cechowanymi taśmami mierniczymi, które są jeszcze w użyciu. Z końcem XX wprowadzono do pomiaru długości specjalne dalmierze laserowe.

Do pomiaru nachylenia wyrobisk stosowano półkola zawieszane na sznurach mierniczych. Nitka obciążona ciężarkiem wskazywała linię pionu i pozwalała odczytać na półkolu kąt pochylenia. Ponieważ wyrobiska zmieniały kierunek, więc mierzono też i poziome kąty między sznurami. Agricola w swym opracowaniu pokazuje *libella stativa*, w której zamocowano za pomocą sznura poziomnicę między dwiema specjalnymi belkami.

Kompas górniczy

Kompas z igłą magnetyczną rozpoczęto w geodezji górniczej stosować od końca XV wieku. **Georgius Agricola** w swym dziele z 1556 roku podaje sposób wykonywania orientacji geodezyjnej przy pomocy kompasu górniczego³. Wykonanie orientacji polegało na opuszczeniu szybem pionu, od którego nawiązywano na mierzonym wyrobisku poziomym ciąg sznurowy, przy czym azymuty magnetyczne jego boków określano kompasem, a długość miarą łatową (1 łatr = 1,919 m). Orientacja wyrobisk podziemnych wykonana przez jeden szyb była orientacją wstępną, najczęściej stosowaną podczas rozpoczynania nowego poziomu roboczego. Połączenie ze sobą dwóch orientacji wykonanych na tym samym poziomie, ale w różnych szybach po korekcji daje dokładną bazę pomiarową.

Specjalny kompas wiszący dla górnictwa wykonał w 1633 roku w Freibergu mierniczy **Balthasar Rösler** (1605-1673). Kompas taki wieszano na rozpiętym sznurze mierniczym i wyznaczano kierunek w stosunku do północy⁴. Kompas z przeziernikiem optycznym w pomiarach kątów poligonu wprowadził w 1798 roku **Johann Christian Breithaupt** (1736-1799) z Kassel. Kiedy na początku XIX wieku rozpoczęto wprowadzać do wyrobisk górniczych żelazną obudowę, pomiary magnetyczne w kopalni natrafiły na trudności.

Udoskonaleniem kompasowej metody pomiaru kątów była opracowana przez **Rittingera** w 1852 roku i wprowadzona do kopalń *metoda systemu ciągów skrzyżowanych*. Metoda

3 G. Agricola, De re metallica...

4 Z. Kowalczyk, Miernictwo górnicze, Część 1, Pomiary sytuacyjno-wysokościowe kopalń, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1968.

ta umożliwiła pomiary kompasem w obecności żelaza z większą dokładnością. Kompas mierniczy dla górnictwa ulepszył **Max Hildebrand** (1839-1910) w 1873 roku⁵. Wcześniej znaczącego udoskonalenia dokonał **Julius Weisbach** (1806-1871) z Bergakademie Freiberg. W połowie XIX wieku skonstruował specjalne zawiesie dla wiszącego kompasu górniczego. Od tego momentu kompas w połączeniu z półkolem do pomiarów nachylenia stosowano powszechnie do wymierzania poligonów w kopalni.

Teodolit górniczy

Na rozwój instrumentów geodezyjnych znaczący wpływ miały nie tylko odkrycia w optyce, ale też w mechanice precyzyjnej i mechanice materiałowej. Jakość szkła, proces jego szlifowania, właściwości stosowanych metali oraz precyzja wykonania elementów mechanicznych odegrały istotną rolę w rozwoju geodezji.

Pierwszy teodolit zbudował Anglik **Humphrey Cole** (1530-1591) w 1574 roku⁶. Teodolit jest instrumentem geodezyjnym do pomiaru kątów poziomych i pionowych przy triangulacji poligonowej. Koło poziome było wyskalowane w 360°, a co dziesiąty stopień opisany. Przyrząd posiadał dwie pary przezierników, kompas i alidadę, a funkcję koła pionowego spełniało półkole. Przyrząd taki można zobaczyć w oksfordzkim Muzeum Historii Nauki. Wynalezienie teodolitu przypisuje się też Leonardowi Diggesowi (1520-1559), który był znanym angielski geodetą.

Historia rozwoju instrumentów geodezyjnych pokazuje bliskie związki z astronomią. Dla praktycznego wykorzystania lunety w przyrządach geodezyjnych należało wyposażyć ją w krzyż z nitek oraz mikrometr. Umieszczony w osi optycznej lunety krzyż z nitek, stanowił celownik umożliwiający dokładne jej ustawienie na mierzony obiekt. Pierwsze celowniki z nitkowym krzyżem sporządził w 1640 roku Anglik **William Gascoigne** (1612-1644). W 1662 roku włoski astronom **Cornelio Malvasia** (1603-64) zastosował w lunecie krzyż celowniczy wykonany z srebrnych, bardzo cienkich drutów. Mikrometr pozwalający na precyzję odczytu, zbudował w 1770 roku angielski twórca instrumentów geodezyjnych **Jesse Ramsdena** (1735-1800)⁷.

W 1720 roku **Jonathan Sisson** (1690-1749), skonstruował pierwszy jednoosiowy teodolit, a na jego kole pionowym zamontował lunetę. Instrument wyposażony był dodatkowo w libellę i dwa noniusze umożliwiające pomiar kąta. Przyrząd ten początkowo stosowany był w pomiarach geodezyjnych powierzchni terenu. Około 1800 roku matematyk **Giuliani** z Klagenfurtu skonstruował przyrząd zwany catageolabium, który miał koło **poziome** podzielone na 24 godziny i poziomowane specjalną libellą pudełkową. Oprócz tego przyrząd ten miał koło pionowe o podziale 2-minutowym oraz lunetkę z obiektywem, okulem i krzyżem nitkowym na płycie szklanej.

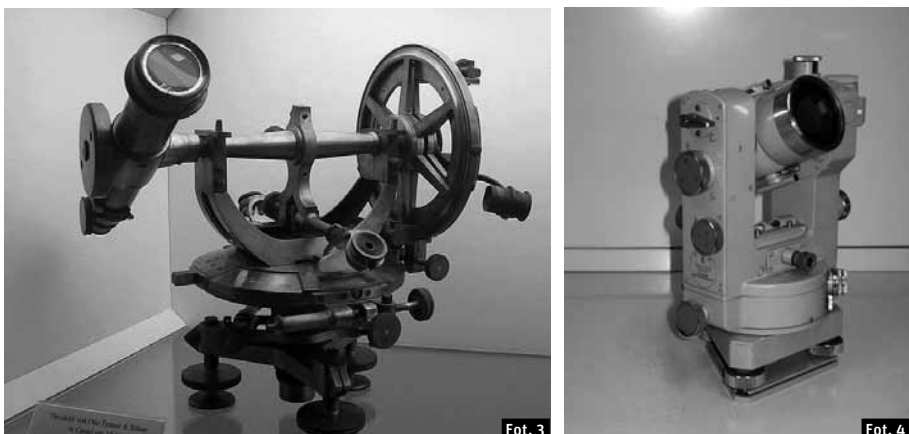
W 1804 roku **Georg von Reichenbach** (1771-1826) zbudował w Monachium pierwszy teodolit repetycyjny⁸. Metoda repetycyjna pomiaru kąta stosowana w ciągach poligonowych w osnowie pomiarowej i szczegółowej rozpowszechniła się w kopalniach, gdy teodolity nie

5 M. Kamieński, Geodezja, Państwowe Przedsiębiorstwo Wyd. Kartograficzne, Warszawa 1979.

6 Tamże.

7 J. Szymański, Instrumentoznawstwo geodezyjne, Część 1, PPWK, Warszawa 1968.

8 S. Gierlotka, Historia górnictwa...



Fot. 3. Teodolit z 1900 roku. Fot. S. Gierlotka

Fot. 4. Teodolit Theo 010, prod. Zeiss, 1955 rok. Fot. S. Gierlotka

posiadają dobrej dokładności. Kąty mierzono dwukrotnie niezależnie, najpierw kąt lewy, a potem dopełnienie kąta prawego.

W 1851 roku **Julius Weisbach** (1806–1871), profesor w Bergakademie Freiberg, wprowadził teodolit wiszący do pomiarów w kopalniach⁹. Stosowany w kopalniach kompas wiszący, był wypierany z praktyki miernictwa górniczego przez teodolit wiszący. Specjalne zawiesie do teodolitu wiszącego zbudowane przez **Brandenberga** w 1912 roku, stworzyło przyrząd uniwersalny do pomiaru pomocniczych ciągów poligonowych oraz niwelacji trygonometrycznej wyrobisk górniczych¹⁰.

Teodolitami powszechnie stosowanymi w miernictwie górniczym były konstrukcje **Maxa Hildebranda** (1839–1910) oraz **Carla Bamberga** (1847–1892). Dokładność tych teodolitów zwiększono przez wprowadzenie limbusów o większej średnicy, większego powiększenia lunety oraz mikroskopów z mikrometrem do odczytywania podziałki kątowej. Pierwszymi wytwórcami teodolitów byli: **Heinrich Wild** (1877–1951) w Szwajcarii, oraz niemiecki mechanik precyzyjny – **Carl Zeiss** (1816–88) w Jenie¹¹. Od 1922 roku wprowadzono do kopalń precyzyjny teodolit uwocześniony przez **Heinricha Wilda**. Teodolity tego typu produkowała Szwajcarska firma „Heinrich Wild, Werkstätte für Feinmechanik und Optik” w Heerburgu. Firma posiadała swe przedstawicielstwo w Warszawie. W kolejnych latach udoskonalono metody orientacji kopalni oraz pomiaru długości. W Polsce pierwsze teodolity produkował Gustaw Gerlach (1827–1915) w swej Fabryce Instrumentów Optycznych, Matematycznych w Warszawie¹².

9 S. Gierlotka, Historia górnictwa...

10 Z. Kowalczyk, Miernictwo górnicze...

11 T. Bychawski, Geodezja, PPWK, Warszawa 1957.

12 J. Szymański, Instrumentoznawstwo geodezyjne...



Fot. 5. Niwelator produkcji Carl Zeiss. Fot. S. Gierlotka

Fot. 6. Niwelator precyzyjny Koni 007. Fot. S. Gierlotka

Fot. 7. Pionownik szczybowy produkcji Otto Fennel Sohne, Kassel, ok.1800 r. Fot. S. Gierlotka

Rozpowszechniony również został prostszy typ przyrządu zwany teodolitem sztygarskim przeznaczonym dla sztygarów pełniących nadzór nad robotami górniczymi. Teodolit ten składał się z dwóch zasadniczych części: nieruchomej spodarki z limbusem oraz obracającej się nad limbusem alidady z przeziernikiem i noniuszem. Ustawiany był przez wbicie do istniejącej obudowy trzpienia mocującego zakończone tuleją z przegubem kulowym. Do niwelacji geometrycznej w kopalniach używa się zwykłych niwelatorów z krótką lunetką oraz krótkich łąt zsuwanych lub rozkładanych. Niwelator jest instrumentem geodezyjnym do pomiaru różnic wysokości punktów względem przyjętego poziomu odniesienia. Pierwsze niwelacje w kopalniach wykonywano metodą hydrostatyczną z użyciem węża napętnionego wodą i zakończonego dwoma szklanymi rurkami. Powierzchnia wody w obu rurkach po napętnieniu znajduje się na jednym poziomie. Od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku rozpoczęto stosować niwelatory laserowe, które praktycznie wypierają tradycyjne niwelatory optyczne.

Oglądając zachowane dawne instrumenty geodezyjne wykonane ręcznie przez zdolnych rzemieślników zauważa się często ich efektywność i majestat, czego brakuje we współczesnych wykonaniach. Dzisiejsze instrumenty geodezyjne wykonywane są przez automaty różnych azjatyckich poddostawców i nie posiadają tego dawnego piękna. Najdoskonalszy automat nie zastąpi ręki XVII wiecznego rzemieślnika, gdyż automaty duszy nie mają.