



Źródło: <http://www.fotolia.com/id/8166377>

KURS

Roboty malarskie

MODUŁ

Przyrządy i metody pomiarowe

3 Przyrządy i metody pomiarowe

3.1 Przyrządy pomiarowe, ich budowa, zasady użytkowania i sprawdzanie poprawności

3.1.1 Rodzaje pomiarów na budowie

Do podstawowych prac pomiarowych, które odbywają się w trakcie realizacji budowy, należą najprostsze pomiary¹ związane przede wszystkim z pomiarami w terenie, a także pomiarami realizowanymi w celu wykonania elementów budowlanych. Do wykonania tych pomiarów niezbędna jest znajomość metod wykonywania pomiarów pionowych (wysokościowych) i poziomych (sytuacyjnych).

W praktyce każdy pomiar sprowadza się do zmierzenia dwóch podstawowych parametrów, tj. długości odcinków (elementów liniowych) oraz wielkości kątów (elementów kątowych).

Istota pomiaru wielkości danego elementu polega na porównaniu go z innym elementem przyjętym za jednostkę pomiaru. Taki sposób pomiaru nazywany jest pomiarem bezpośrednim.

Podstawowe jednostki stosowane w pomiarach

Podstawową i obowiązującą jednostką w pomiarach na budowie jest metr oraz jego pochodne.

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1\,000 \text{ mm}$$

Pochodne miary powierzchni to:

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2$$

Pochodne miary objętości to:

$$1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ dm}^3 = 100\,000 \text{ cm}^3$$

Do pomiarów kątowych używa się takich jednostek, jak: stopień „°” lub grad „g”. W dokumentacji może być także użyta miara łukowa kąta.

Stopień stanowi $\frac{1}{360}$ część kąta pełnego i dzieli się na 60 części nazwanych minutami kątowymi, które z kolei dzielą się na 60 sekund kątowych.

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

Grad stanowi $\frac{1}{400}$ część kąta pełnego i dzieli się na 100 minut gradowych, które z kolei dzielą się na 100 sekund gradowych:

$$1^g = 100^c = 10\,000^{cc}$$

$$360^\circ = 400^g$$

¹ <http://sjp.pl/pomiar>

Kąt pełny ma miarę łukową równą 2π radianów.

$$360^\circ = 2\pi \text{ rd}$$

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rd}$$

$$1^g = \frac{\pi}{200} \text{ rd}$$

$$1 \text{ rd} = 57,3^\circ$$

$$1 \text{ rd} = 63,7^g$$

3.1.2 Podstawowe przyrządy pomiarowe

Podstawowe przyrządy pomiarowe omówione są w prezentacji pt. „Podstawowe przyrządy pomiarowe”.

3.1.3 Zaawansowane pomiary na placu budowy

Przystępując do pomiarów na placu budowy, osoba za nie odpowiedzialna bardzo często orientuje się, że podstawowe narzędzia pomiarowe, takie jak niwelatory optyczne, nie zawsze są w stanie sprostać wszystkim zadaniom. Najprostszym rozwiązaniem wydaje się wezwanie geodety. Co jednak zrobić w przypadku, gdy geodeta nie jest dostępny? Im bardziej skomplikowane są pomiary, tym więcej pojawia się problemów z nimi związanych. Jednym ze sposobów na trudne pomiary może być tachimetr.



Rysunek 3.1 Tachimetr

Źródło: Miesięcznik „Inżynier budownictwa”, wydanie 12/2011, s. 52

Więcej informacji na temat tachimetru uzyskasz po wysłuchaniu audiocastu pt. „Tachimetr – zastosowanie”.

² <http://www.tb.resman.pl/bud/technikum/c02.pdf>

3.2 Metody wykonywania prac pomiarowych

3.2.1 Prace pomiarowe

W myśl obowiązującego prawa geodeta zobowiązany jest do wykonywania prac pomiarowych w sposób odpowiedzialny, zarówno pod względem prawnym, jak i technicznym. Majster budowlany natomiast jest użytkownikiem wyznaczonych punktów głównych, wybranych fragmentów budowli, a także punktów szczegółowych przekazanych mu przez geodetę, który obsługuje budowę. W oparciu o te punkty i kierunki wytyczone na obiekcie może on zagęszczać teren budowy dodatkowymi punktami pośrednimi, po to aby realizacja konkretnych zadań budowlanych była łatwiejsza. W tym celu wykorzystuje się techniki bezpośrednich pomiarów szczegółowych, wśród których są zarówno techniki proste, bazujące na elementarnych konstrukcjach geometrycznych i podstawowych instrumentach pomiarowych, jak i zaawansowane, z wykorzystaniem urządzeń elektronicznych i laserowych w pełni zautomatyzowanych.

3.2.2 Pomiary liniowe

Podczas robót budowlanych zachodzi konieczność wykonywania na placu budowy pomiarów związanych z wykonaniem: ogrodzenia terenu budowy, wytyczeniem dróg dojazdowych, usytuowaniem zaprojektowanego budynku na działce, doprowadzeniem instalacji niezbędnych przy budowie, a także pomiarów istniejących obiektów. Jeżeli długość mierzonego odcinka jest mniejsza niż długość taśmy mierniczej, pomiar jest prosty i polega na jednokrotnym przyłożeniu taśmy wzdłuż linii łączącej początek i koniec mierzonego odcinka, a następnie odczytaniu wartości wprost z taśmy. W przypadku gdy mierzony odcinek jest tak długi, że wymaga wielokrotnego przykładania taśmy, niezbędne jest wyznaczenie linii prostej, wzdłuż której należy wykonać pomiar. Uchroni to przed błędami pomiarowymi.

W celu wykonania pomiaru odcinka o długości większej niż miara taśmy należy:

- wytyczyć odcinek, który jest do pomiaru, według następujących zasad:
 - ustawić tyczki geodezyjne w punktach ograniczających odcinek A i B,
 - ustawić tyczki geodezyjne w punktach pośrednich między A i B, w odległości nieco mniejszej niż długość taśmy, w ten sposób że jedna z osób mierzących staje za tyczką B i, patrząc w kierunku A, tak prowadzi ustawiającą tyczki, aby pokryły się na linii wzroku z tyczkami A i B;
- oczyścić odcinek z gałęzi, krzaków, kamieni i innych przeszkód;
- wykonać pomiar według następujących zasad:
 - pomiaru odcinka wykonują dwie osoby – pierwsza osoba trzyma koniec taśmy oraz kółko z kompletem szpilek, a druga trzyma początek taśmy oraz puste kółko,
 - pomiar rozpoczyna druga osoba, przykładając zero taśmy do punktu początkowego mierzonego odcinka, a pierwsza osoba, kierując się tyczkami ustawionymi na prostej, rozwija taśmę, a następnie po jej naciągnięciu wbija na końcu szpilkę,



- następnie obydwie osoby przesuwać się w kierunku końca taśmy, aby druga osoba przyłożyła zero przy szpilce, a pierwsza, po naciągnięciu taśmy, wbiła na jej końcu kolejną szpilkę,
- druga osoba wyjmie pierwszą szpilkę z ziemi i zakłada ją na puste kółko,
- obie osoby, trzymając taśmę za uchwyty, przesuwać się dalej i, powtarzając opisane powyżej czynności, przechodzą cały mierzony odcinek.

Po zakończeniu pomiaru należy policzyć szpilki na kółku u drugiej osoby dokonującej pomiaru i obliczyć długość mierzonego odcinka. Długość odcinka AB wynosi:

$$D = n \cdot L + R$$

gdzie:

D = długość odcinka,

L = długość taśmy,

n = liczba przyłożeń taśmy (ilość szpilek u drugiej osoby wykonującej pomiar),

R = odcinek końcowy (reszta).

Zgodnie z zasadą sprawdzania prawidłowości pomiaru odcinek należy zmierzyć dwa razy, najlepiej w przeciwnym kierunku do pierwszego pomiaru.

W przypadku gdy należy dokonać pomiaru elementu budowlanego lub obiektu o długości większej niż długość taśmy, pomiar wykonuje się dokładnie tak, jak pomiar odcinka wytyczonego, używając do zaznaczenia końca taśmy szpilek albo kredy³.

3.2.3 Pomiary wysokościowe

Niwelacja geometryczna⁴ stosowana jest do: określenia wysokości reperów (precyzyjna) oraz do niwelacji podłużnej i poprzecznej tras, przy projektowaniu ulic, dróg, kanałów, rurociągów, a także jako niwelacja powierzchniowa na terenach płaskich. Stosowana jest także przy pomiarach związanych z realizacją projektów, tj. przy wyznaczaniu projektu w terenie, przy posadowieniu fundamentów budowli, trasowaniu dna wykopów itp.

W zależności od położenia stanowiska instrumentu względem stanowisk łąty można wyróżnić dwa sposoby niwelacji:

- ze środka – polega na wyznaczaniu różnicy wysokości dwóch punktów ze stanowisk jednakowo odległych od tych punktów.

Różnica wysokości punktu B w stosunku do punktu A równa się:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = w - p$$

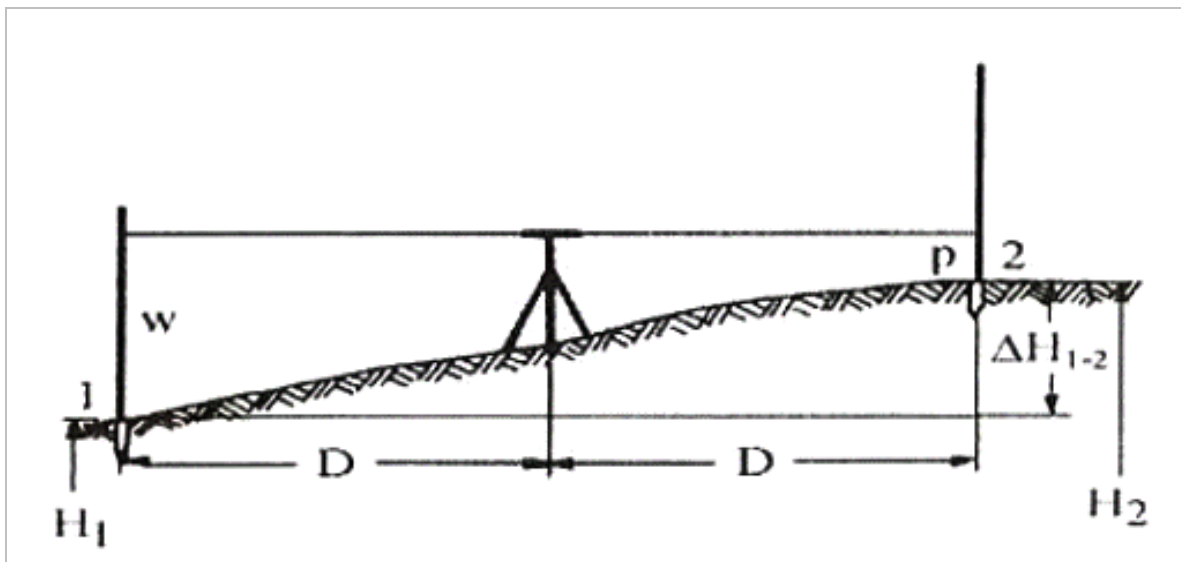
Różnica wysokości dwóch punktów równa się różnicy odczytów na łątach „wstecz” minus „w przód”.

W niwelacji „ze środka” wysokość punktu B wynosi:

³ <http://www.tb.resman.pl/bud/technikum/c02.pdf>

⁴ <http://infgeo.strefa.pl/K14/Niwelacja.pdf>

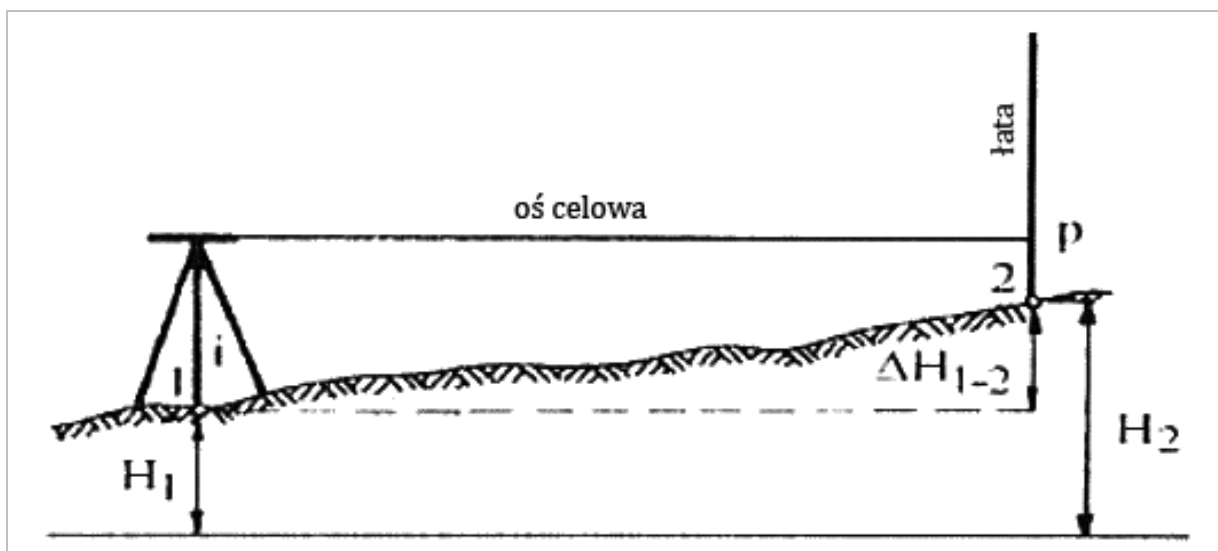
$$H_B = H_A + \Delta H = H_A + (w - p)$$



Rysunek 3.2 Schemat wykonywania niwelacji ze środka

Źródło: Jankowska J., Geodezja, Siedlce 2010, s. 113

- w przód – polega na wyznaczaniu różnicy wysokości dwóch punktów, z których jeden jest stanowiskiem instrumentu, a drugi stanowiskiem łąty. W tym przypadku mierzy się odległość od punktu, na którym stoi instrument, do osi celowej oraz dokonuje się odczytu na pionowo ustawionej łącie przy spoziomowanej osi celowej.



Rysunek 3.3 Schemat wykonywania niwelacji w przód

Źródło: Jankowska J., Geodezja, Siedlce 2010, s.113

Różnica wysokości punktu B w stosunku do punktu A równa się:

$$\Delta H_{AB} = H_B - H_A = i - p$$

Wysokość punktu B wynosi:

$$H_B = H_A + \Delta_H = H_A + (i - p)$$

Niwelację ze środka zaleca się przy niwelacji reperów⁵. Niwelację w przód stosujemy w niwelacji powierzchniowej, której celem jest określenie wysokości punktów rozproszonych w terenie. Korzystamy z niej również w pewnych przypadkach, pamiętając o tym, aby do punktów wyznaczonych metodą niwelacji w przód nie dowiązywać dalszych pomiarów. Ze względu na popełniany błąd podczas pomiaru ten sposób niwelacji jest stosowany sporadycznie.

Punkt terenowy, w którym ustawiona jest łąta podczas pomiaru niwelacyjnego, nazywany jest stanowiskiem łąty. Jeżeli punkt ten nie jest w terenie zastabilizowany (oznaczony w sposób trwały), to nazywany jest również pikietą. Miejsce, w którym ustawiony jest instrument w czasie pomiaru niwelacyjnego, nazywa się stanowiskiem instrumentu.

W skład zestawu do wykonania niwelacji technicznej wchodzi:

- niwelator;
- statyw (ze śrubą sprzęgającą, tzw. sercową);
- komplet łąt niwelacyjnych;
- podstawki do łąt (tzw. żabki).

3.2.4 Pomiary kątów

Wyznaczanie prostych prostopadłych w terenie

Pomiary kątowe w pracach budowlanych obejmują wytyczanie kąta prostego w terenie, a także wytyczanie i pomiary innych kątów. Bardzo częstym zadaniem praktycznym przy realizacji budowy jest wyznaczanie w terenie kierunków wzajemnie prostopadłych.

Jednym z najprostszych sposobów wyznaczania prostopadłych jest metoda oparta na twierdzeniu Pitagorasa. Polega ona na zbudowaniu w terenie trójkąta prostokątnego, w którym długości boków są w odpowiedniej proporcji 3:4:5. Za jednostkę możemy przyjąć np. 1 m, wówczas długości boków trójkąta wynoszą odpowiednio 3, 4 i 5 m. Jeżeli za jednostkę przyjmiemy 2 m, wówczas długości boków trójkąta wynoszą 6, 8 i 10 m.

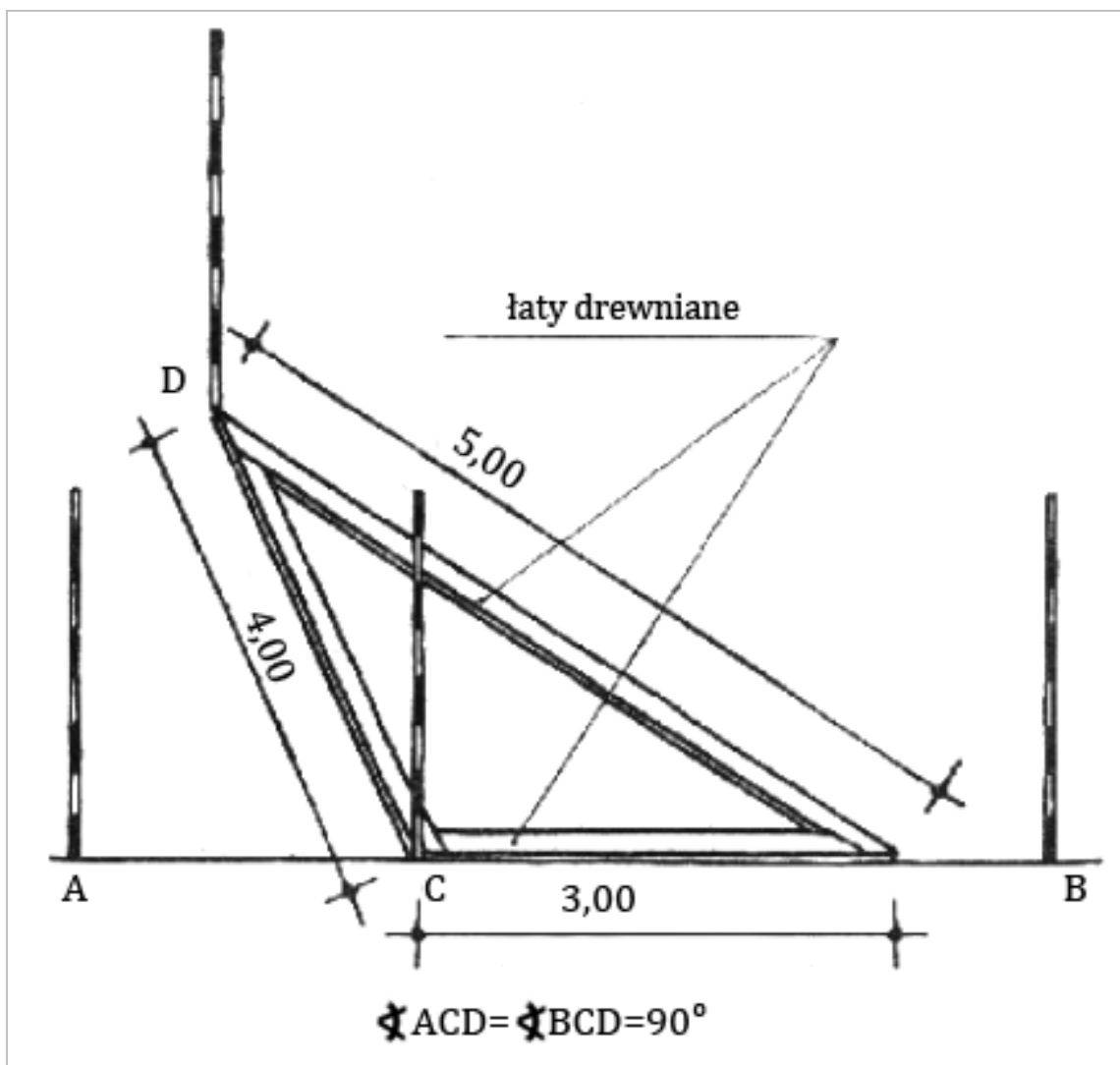
W warunkach pomiarów na placu budowy najprościej można wyznaczyć kierunek prostopadły do znanego odcinka trójkątem zbitym z łąt, który ma boki długości 3, 4 i 5 m, lub wykorzystując taśmę mierniczą do odmierzenia nią boków trójkąta.

W celu wytyczenia prostej prostopadłej do odcinka AB w punkcie C przy wykorzystaniu trójkąta z łąt należy:

- punkt C zastabilizować tyczką, aby nie uległ przemieszczeniu;

⁵http://www.wnt.dsw.edu.pl/fileadmin/user_upload/wnt/harmonogramy/dydaktyka/geod/2_Niwelacja_reperow.pdf

- ułożyć trójkąt z łąt wierzchołkiem kąta prostego w punkcie C tak, aby bok o długości 3 m leżał na odcinku AB, a drugi ułożony był w kierunku prostej prostopadłej;
- koniec boku trójkąta wyznaczającego prostą prostopadłą zastabilizować tyczką w punkcie D.

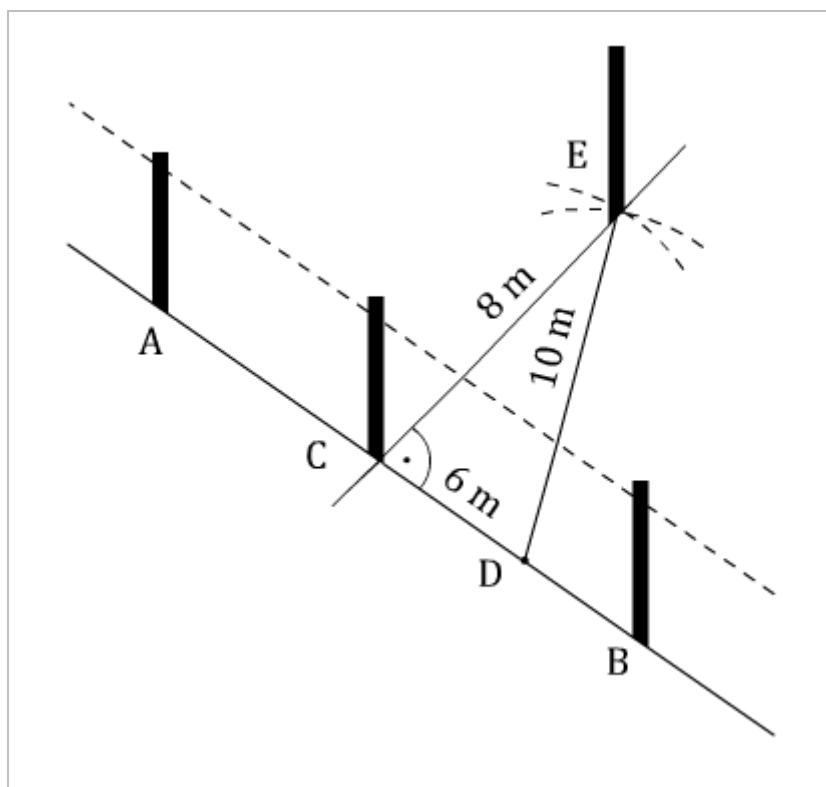


Rysunek 3.4 Wyznaczanie kąta prostego trójkątem z łąt

Źródło: Bąk M., Wykonywanie podstawowych pomiarów w robotach ciesielskich 712[02].Z1.02, s. 29

W celu wytyczenia prostej prostopadłej do odcinka AB w punkcie C przy wykorzystaniu taśmy mierniczej należy:

- punkt C zastabilizować tyczką, aby nie uległ przemieszczeniu;
- odłożyć z punktu C w kierunku punktu A lub B wartość jednej przyprostokątnej 6 m i zaznaczyć punkt D;
- z punktu C zakreślamy łuk o promieniu 8 m;
- z punktu D zakreślamy łuk o promieniu 10 m – punkt przecięcia wykreślonych łuków E wytyczy odcinek CE leżący na prostej prostopadłej do odcinka AB.



Rysunek 3.5 Wyznaczanie prostej prostopadłej taśmą mierniczą

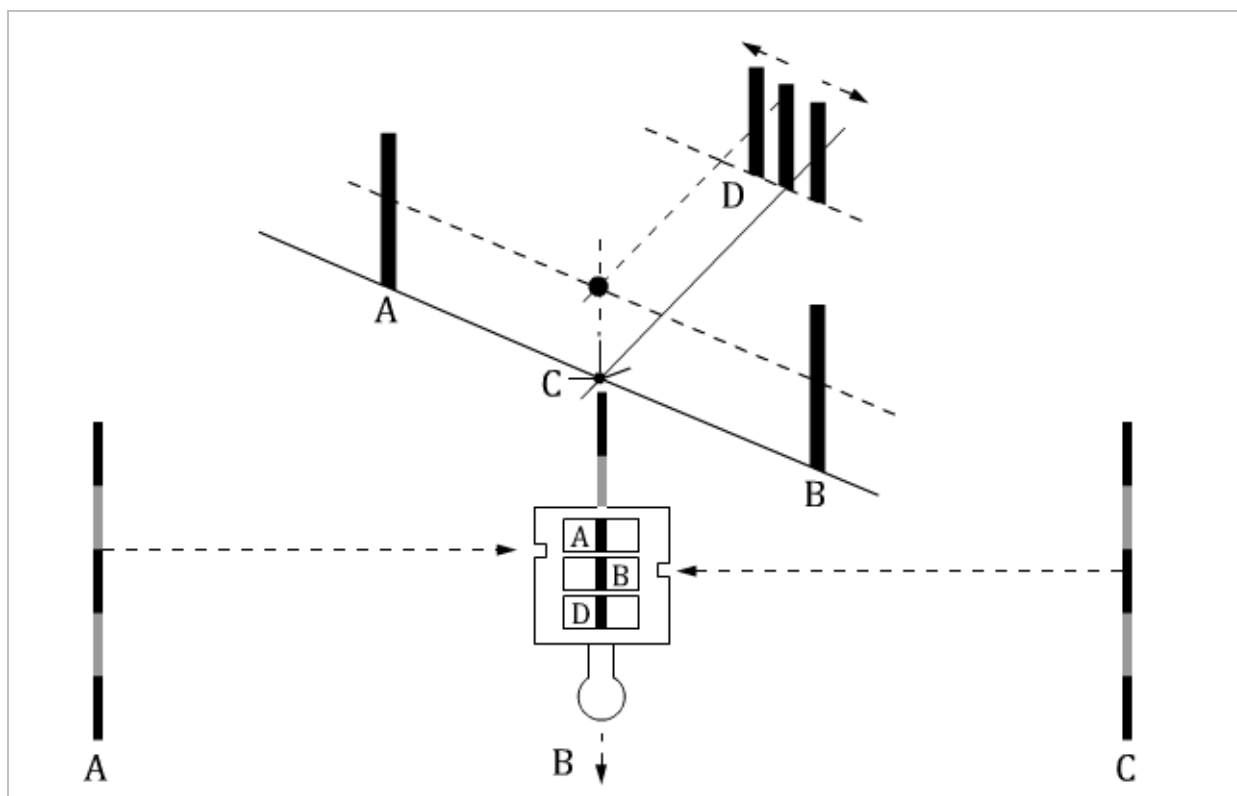
Źródło: Bąk M., *Wykonywanie podstawowych pomiarów w robotach ciesielskich 712[02].Z1.02*, s. 30

Szybszym i dużo prostszym sposobem jest wyznaczanie kierunków nawzajem prostopadłych za pomocą przyrządu – węgielnicy.

W celu wytyczenia prostej prostopadłej do odcinka AB w punkcie C za pomocą węgielnicy należy:

- zaznaczyć tyczkami punkty A i B;
- ustawić się tak z węgielnicą, żeby pion znajdował się nad punktem C;
- zwrócić jedno okienko węgielnicy w stronę punktu A, drugie w stronę B;
- jeżeli obraz tyczki A jest przedłużeniem obrazu tyczki B, to znaczy, że węgielnica znajduje się na prostej AB;
- pokierować trzymającą tyczkę D do momentu, w którym w okienku węgielnicy będzie ona przedłużeniem obrazu tyczek A i B;
- punkty D i C wyznaczają prostą prostopadłą do prostej AB w punkcie C⁶.

⁶ <http://www.tb.resman.pl/bud/technikum/c02.pdf>



Rysunek 3.6 Wyznaczanie prostej prostopadłej za pomocą węgielnicy

Źródło: Bąk M., Wykonywanie podstawowych pomiarów w robotach ciesielskich 712[02].Z1.02, s. 30

3.2.5 Obliczanie powierzchni

Umiejętność korzystania z mapy jest cechą bardzo ważną dla inżyniera. Powierzchnia na mapie odpowiada powierzchni rzeczywistej w przypadku, kiedy teren jest równoległy do płaszczyzny rzutów. Aby zmierzyć rzeczywistą powierzchnię dowolnego pola naniesionego na mapę, należy znać skalę, w jakiej ta mapa jest wykonana. Na podstawie wyników terenowych i sporządzonej mapy szczegółowej, oblicza się pola powierzchni: użytków rolnych, działek, zlewni itp. W zależności od wymaganej dokładności powierzchnie możemy obliczyć metodą:

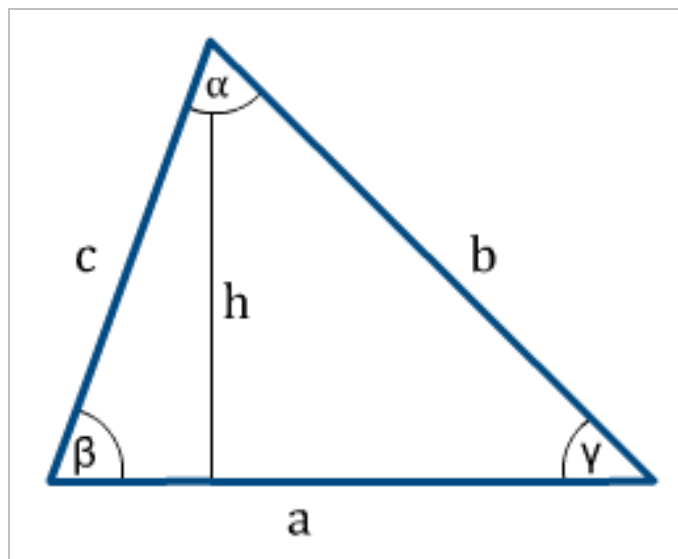
- analityczną;
- graficzną;
- mechaniczną;
- kombinowaną – łącząc podane metody (analityczna, graficzna lub mechaniczno-analityczna).

Sposób analityczny

Obliczanie powierzchni tym sposobem przeprowadza się na podstawie elementów uzyskanych z pomiarów terenowych (długości i kątów) albo ze współrzędnych. Jeżeli dysponujemy odpowiednią ilością wartości liniowych i kątowych pomierzonych w terenie, możemy obliczyć powierzchnie figury



geometrycznej bez nanoszenia jej na mapę. Do tych operacji rachunkowych wykorzystujemy znane matematyczne wzory na powierzchnie figur płaskich⁷.



Rysunek 3.7 Trójkąt

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = a + b + c$$

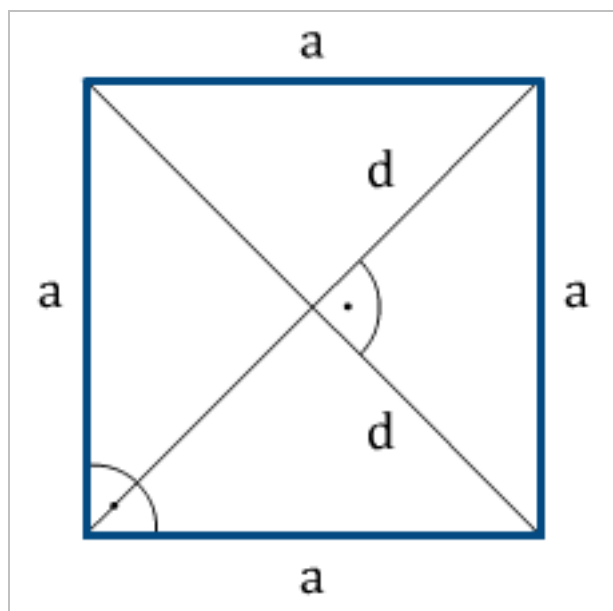
$$p = \frac{1}{2}(a + b + c)$$

$$P = \frac{1}{2}ah$$

$$P = \frac{1}{2}ab \sin \gamma = \frac{1}{2}bc \sin \alpha = \frac{1}{2}ac \sin \beta$$

$$P = \sqrt{p(p - a) \cdot (p - b) \cdot (p - c)}$$

⁷ <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>



Rysunek 3.8 Kwadrat

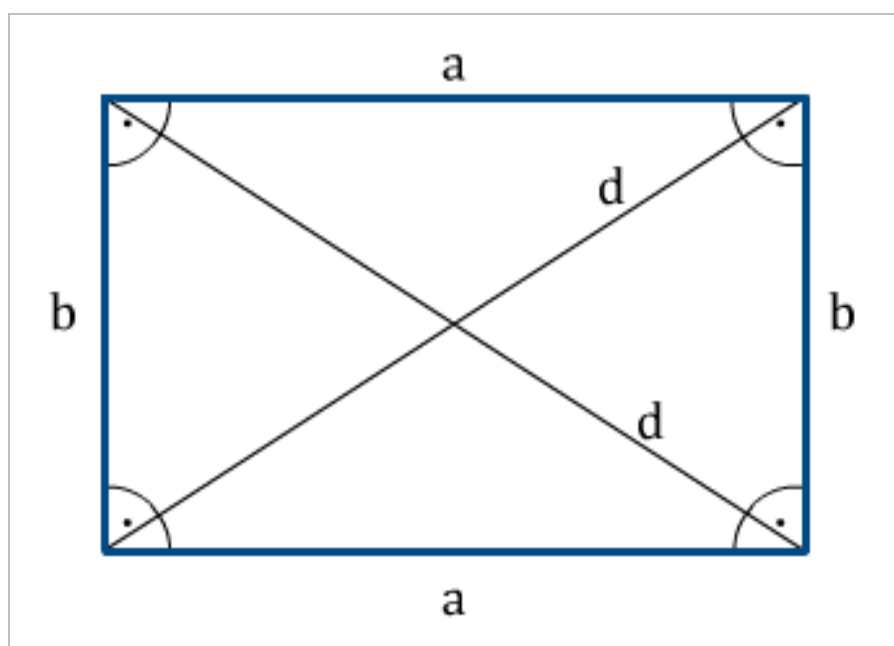
Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = 4a$$

$$P = a^2$$

$$P = \frac{1}{2}d^2$$

$$d = a\sqrt{2}$$



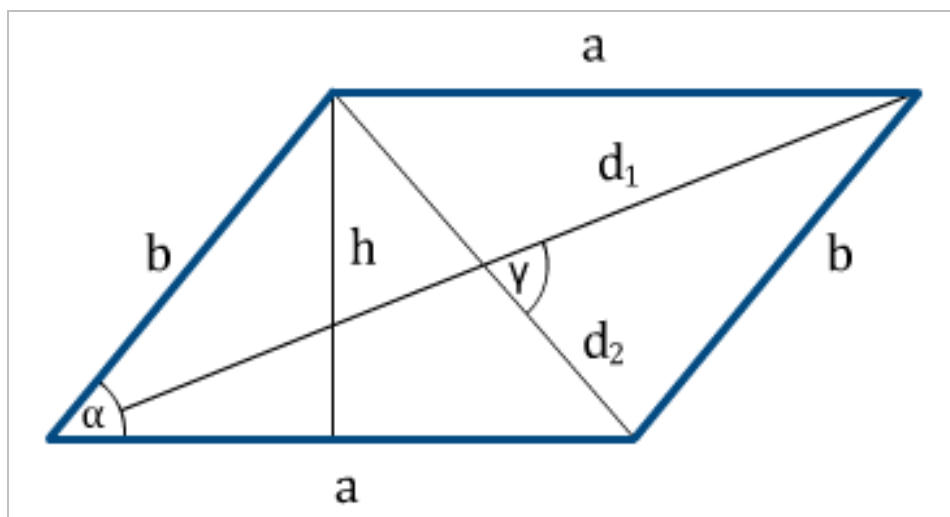
Rysunek 3.9 Prostokąt

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = 2a + 2b$$

$$P = a \cdot b$$

$$d = \sqrt{a^2 + b^2}$$



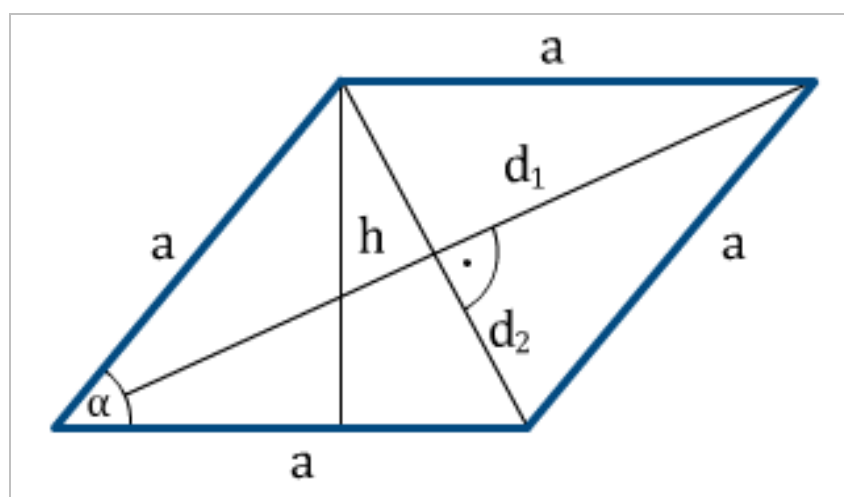
Rysunek 3.10 Równoległobok

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = 2a + 2b$$

$$P = a \cdot h = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

$$P = \frac{1}{2} d_1 \cdot d_2 \cdot \sin \gamma$$



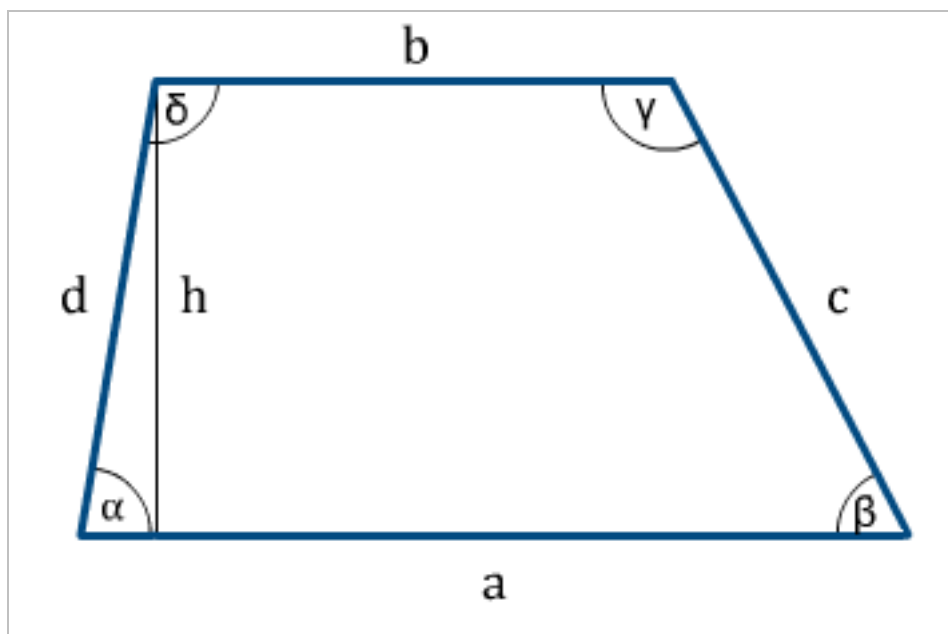
Rysunek 3.11 Romb

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = 4a$$

$$P = a \cdot h = a^2 \cdot \sin \alpha$$

$$P = \frac{1}{2} d_1 \cdot d_2$$

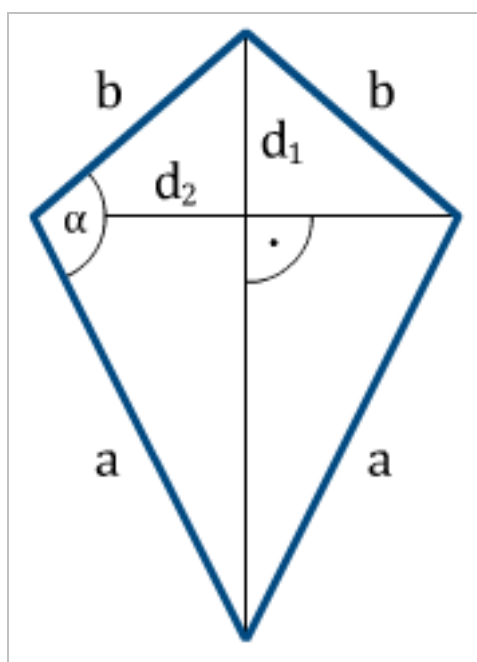


Rysunek 3.12 Trapez

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

$$Ob = a + b + c + d$$

$$P = \frac{1}{2}(a + b) \cdot h$$



Rysunek 3.13 Deltoid

Źródło: <http://www.math.edu.pl/pola-figur-plaskich>

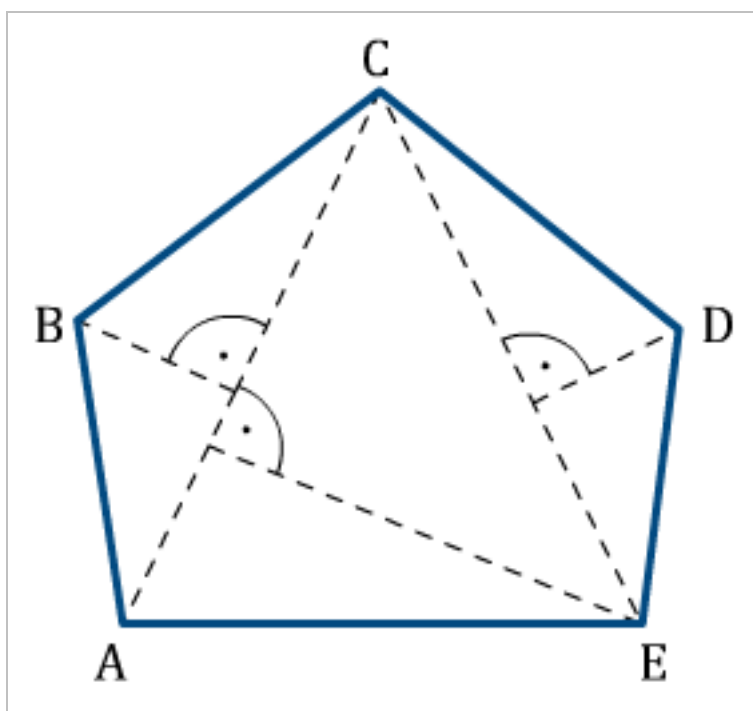
$$Ob = 2a + 2b$$

$$P = \frac{1}{2} d_1 \cdot d_2$$

$$P = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

Sposób graficzny

Metoda graficzna⁸ polega na obliczeniu powierzchni na podstawie pomiarów ustalonych z mapy za pomocą cyrkla i podziałki transversalnej (podziałka graficzna). Sposób ten jest mniej dokładny od sposobu analitycznego. Metoda ta stosowana jest tylko wtedy, kiedy nie dysponujemy pomiarami wykonanymi bezpośrednio w terenie. Po obliczeniu pól samych trójkątów lub pól trójkątów, kwadratów i trapezów, na które podzielono mierzoną działkę, oblicza się pole całej działki jako sumę pól figur elementarnych.



Rysunek 3.14 Obliczanie powierzchni metodą graficzną przez podział na trójkąty

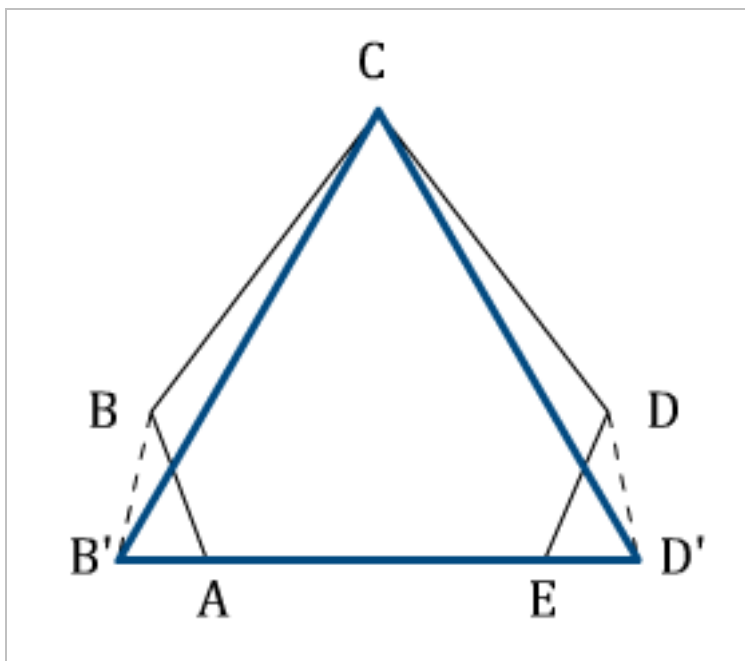
Źródło: Jankowska J., *Geodezja, Siedlce 2010*, s. 64

Sprawdzenie poprawności wyznaczania pola działki, która jest mierzona, polega na ponownym obliczeniu pola figur elementarnych tylko na podstawie miar innych elementów (innych boków i wysokości) i obliczeniu pola działki jako sumy pól tych figur. Sposób ten jest jednak mało dokładny ze względu na błędy kartowania mapy i graficzną metodę pomiaru wielkości stosowanych do obliczeń pola. Często więc stosuje się metodę graficzno-pomiarową, polegającą na częściowym pobieraniu do obliczeń miar terenowych. Inny sposób obliczania pól działek w kształcie wieloboków polega

⁸ Jankowska J., *Geodezja, Siedlce 2010*



na przekształceniu tego wieloboku w trójkąt. Zamiast dzielić figurę na trójkąty, można ją zamienić na jeden trójkąt o polu równym polu danej figury.



Rysunek 3.15 Obliczanie powierzchni metodą graficzną przez zamianę na równoważny trójkąt

Źródło: Jankowska J., *Geodezja, Siedlce 2010, s. 64*

Obieramy jeden z boków jako podstawę, a jeden z wierzchołków jako wierzchołek trójkąta równoważnego. Przez punkt B przeprowadzamy prostą równoległą do prostej AC. W wyniku przecięcia z linią podstawy AE uzyskamy punkt B', który będzie lewym wierzchołkiem trójkąta równoważnego. W ten sam sposób postępuje się z punktem D, przez który przeprowadza się prostą równoległą do CE, aż do przecięcia się z linią AE, otrzymując punkt oznaczony jako D'. Otrzymany trójkąt B'CD' będzie miał powierzchnię równą powierzchni wieloboku ABCDE.

Pola działek obliczone metodami analityczną i graficzną zaokrągla się do 1 m². Różnice między dwukrotnym obliczeniem pola tej samej działki metodą graficzną nie powinny przekraczać $dP \leq 0,02P$. Suma średnich pól działek obliczonych graficznie nie powinna różnić się od pola całkowitego obliczonego analitycznie o więcej niż $f_p \leq 0,01P$. Odchyłkę f_p (mniejsza od dopuszczalnej) rozrzucamy na każde pole działki proporcjonalnie do wielkości tego pola. Ostateczne pole działki jest sumą pola średniego i poprawki, a suma pól ostatecznych działek jest równa polu całkowitemu obliczonemu analitycznie.

Przy obliczaniu powierzchni sposobem graficznym możemy zastosować jedną z kilku metod obliczeń, w zależności od kształtu figury. Może się zdarzyć, że będziemy mieć do czynienia na mapie z powierzchnią nieregularną, krzywoliniową, która może wystąpić, np. jeżeli granicą działki jest rzeka. W takim przypadku pomiaru dokonujemy przy użyciu kalki milimetrowej lub rzadziej paletki (kalki z narysowanymi równoległymi liniami) czy planimetru nitkowego.

3.3 Tolerancje wymiarów

Wymiar nominalny N – wymiar otrzymany w wyniku obliczeń lub przyjęty przez konstruktora części, dla którego założono pole tolerancji T. Wymiar uzyskiwany w wyniku procesu wykonawczego, zwany wymiarem rzeczywistym, powinien znaleźć się w ustalonym polu T dla danego wymiaru nominalnego.

Tolerancja wymiaru T – dopuszczalna różnica między wymiarami granicznymi (górnym ES i dolnym EI), jaką może mieć wyrób uznany za dobry.

$$T = ES - EI \text{ (dla wymiarów wewnętrznych)}$$

lub

$$T = es - ei \text{ (dla wymiarów zewnętrznych)}$$

T – tolerancja wymiaru,

ES – górna odchyłka dla wymiarów wewnętrznych,

es – górna odchyłka dla wymiarów zewnętrznych,

EI – dolna odchyłka dla wymiarów wewnętrznych,

ei – dolna odchyłka dla wymiarów zewnętrznych.

Tolerancja jest zawsze dodatnia, gdyż górny wymiar graniczny jest zawsze większy od dolnego wymiaru granicznego ($es > ei$).

Między wymiarem nominalnym N, wymiarami górnymi i dolnymi, odchyłkami i tolerancją istnieją następujące zależności:

$$A = N + EI \text{ lub } A = N + ei$$

$$B = N + ES \text{ lub } B = N + es$$

$$T = ES - EI \text{ lub } T = es - ei \text{ albo } T = B - A$$

A – wymiar graniczny dolny,

B – wymiar graniczny górny.

Wymiar nietolerowany (swobodny) – wymiar, którego odchyłki graniczne nie zostały podane bezpośrednio przy liczbie wymiarowej w dokumentacji technicznej.

Ponieważ rzeczywiste odchyłki wymiarów nietolerowanych nie mogą być zbyt duże, według postanowień zewnętrznych i wewnętrznych, zapis ten może polegać na podaniu klas dokładności dla wymiarów nietolerowanych na rysunku według PN-89/89/M-02102. Normy określają 18 klas dokładności wykonania, oznaczanych od IT1 do IT18, przy czym im niższy numer klasy dokładności wykonania, tym dokładniejsze wykonanie:

- klasy IT1 do IT4 – klasy najdokładniejsze, stosowane przy wyrobieniu narzędzi pomiarowych i urządzeń precyzyjnych;
- IT5 do IT11 – klasy średnio dokładne, najczęściej stosowane w budowie maszyn;
- IT12 do IT18 – klasy mało dokładne i wymiary nietolerowane.

Wielkości pól tolerancji dla średnio dokładnych klas dokładności wykonania, dla wymiarów do 3150 mm, podano w poniższej tabeli⁹.

Wymiar nominalny		IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11
powyżej	do							
mm		μm						
-	3	4	6	10	14	25	40	60
3	6	5	8	12	18	30	48	75
6	10	6	9	15	22	36	58	90
10	18	8	11	18	27	43	70	110
18	30	9	13	21	33	52	84	130
30	50	11	16	25	39	62	100	160
50	80	13	19	30	46	74	120	190
80	120	15	22	35	54	87	140	220
120	180	18	25	40	63	100	160	250
180	250	20	29	46	72	115	185	290
250	315	23	32	52	81	130	210	320
315	400	25	36	57	89	140	230	360
400	500	27	40	63	97	155	250	400
500	630	32	44	70	110	175	280	440
630	800	36	50	80	125	200	320	500
800	1000	40	56	90	140	230	360	560
1000	1250	47	66	105	165	260	420	660
1250	1600	55	78	125	195	310	500	780
1600	2000	65	92	150	230	370	600	920
2000	2500	78	110	175	280	440	700	1100
2500	3150	96	135	210	330	540	860	1350

Tabela 3.16 Przykłady wielkości pól tolerancji dla średnio dokładnych klas dokładności wykonania

Źródło: <http://www.pkm.edu.pl/index.php/component/content/article/84-tolerancje/273-00010303>

3.4 Literatura

3.4.1 Literatura obowiązkowa

- Jankowska J., Geodezja, Siedlce 2010;
- Lenkiewicz W., Zdziarska-Wis I., Technologia. Ciesielstwo, WSiP, Warszawa 1998;
- Mirski Z., Organizacja budowy, WSiP, Warszawa 1999;
- Panas J., Nowy poradnik majstra budowlanego, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2012;
- Stefańczyk B., Budownictwo ogólne, t. 1. Materiały i wyroby budowlane, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2005;
- Stefańczyk B., Budownictwo ogólne, t. 3. Elementy budynków, podstawy projektowania, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 2005.

⁹ <http://www.pkm.edu.pl/index.php/component/content/article/84-tolerancje/273-00010303>

3.4.2 Literatura uzupełniająca

- „Inżynier budownictwa” (miesięcznik), wydania 2011, 2012, 2013;
- Markiewicz P., Budownictwo ogólne dla architektów, Wydawnictwo Archi-Plus, Warszawa 2007;
- Szymański E., Murarstwo i tynkarstwo, WSiP, Warszawa 2010.

3.4.3 Netografia

- <http://sip.pl/pomiar>;
- <http://www.tb.resman.pl/bud/technikum/c02.pdf>;
- <http://infgeo.strefa.pl/Kl4/Niwelacja.pdf>;
- http://www.wnt.dsw.edu.pl/fileadmin/user_upload/wnt/harmonogramy/dydaktyka/geod/2.Niwelacja_reperow.pdf;
- <http://www.pkm.edu.pl/index.php/component/content/article/84-tolerancje/273-00010303>;
- <http://www.tb.resman.pl/bud/technikum/05.pdf>.

3.5 Spis rysunków i tabel

Rysunek 3.1 Tachimetr	3
Rysunek 3.2 Schemat wykonywania niwelacji ze środka	6
Rysunek 3.3 Schemat wykonywania niwelacji w przód	6
Rysunek 3.4 Wyznaczanie kąta prostego trójkątem z łat	8
Rysunek 3.5 Wyznaczanie prostej prostopadłej taśmą mierniczą	9
Rysunek 3.6 Wyznaczanie prostej prostopadłej za pomocą węgielnicy	10
Rysunek 3.7 Trójkąt	11
Rysunek 3.8 Kwadrat	12
Rysunek 3.9 Prostokąt	12
Rysunek 3.10 Równoległobok	13
Rysunek 3.11 Romb	13
Rysunek 3.12 Trapez	14
Rysunek 3.13 Deltoid	14
Rysunek 3.14 Obliczanie powierzchni metodą graficzną przez podział na trójkąty	15
Rysunek 3.15 Obliczanie powierzchni metodą graficzną przez zamianę na równoważny trójkąt	16
Tabela 3.16 Przykłady wielkości pól tolerancji dla średnio dokładnych klas dokładności wykonania	18

3.7 Spis treści

3 Przyrządy i metody pomiarowe	2
3.1 Przyrządy pomiarowe, ich budowa, zasady użytkowania i sprawdzanie poprawności	2
3.1.1 Rodzaje pomiarów na budowie	2
3.1.2 Podstawowe przyrządy pomiarowe	3
3.1.3 Zaawansowane pomiary na placu budowy	3



3.2	Metody wykonywania prac pomiarowych.....	4
3.2.1	Prace pomiarowe.....	4
3.2.2	Pomiary liniowe.....	4
3.2.3	Pomiary wysokościowe.....	5
3.2.4	Pomiary kątów.....	7
3.2.5	Obliczanie powierzchni.....	10
3.3	Tolerancje wymiarów	17
3.4	Literatura.....	18
3.4.1	Literatura obowiązkowa.....	18
3.4.2	Literatura uzupełniająca.....	19
3.4.3	Netografia.....	19
3.5	Spis rysunków i tabel.....	19