

GŁÓWNY GEODETA KRAJU

WYTYCZNE TECHNICZNE **G-4.1 : 2007**

POMIARY SYTUACYJNE I WYSOKOŚCIOWE
METODAMI BEZPOŚREDNIMI

GŁÓWNY URZĄD GEODEZJI I KARTOGRAFII
WARSZAWA 2007

Wytyczne techniczne G-4.1:2007 opracował zespół w składzie:

Zdzisław Adamczewski

Stanisław Czarnecki

Alicja Dorzak

Ryszard Staniszewski

zgodnie z zaleceniami Departamentu Geodezji, Kartografii i Systemów Informacji Geograficznej Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii.

Obejmują one jednocześnie znowelizowaną wersję wytycznych G-4.1 Sieci modularne (wydanie 1986 r.) oraz wytycznych technicznych G-4.3 Bezpośrednie pomiary wysokościowe (wydanie 1981 r.)

Przewiduje się opracowanie wytycznych technicznych G-4.2 Pomiary sytuacyjne i ukształtowania terenu metodami fotogrametrycznymi.

Nadzór formalno-merytoryczny z ramienia Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii:

Elżbieta Brzostowska

W celu usprawnienia i ujednoczenia wykonywania pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych metodami bezpośrednimi zaleca się stosowanie niniejszych wytycznych technicznych.

Wiesław Potrapeluk
Główny Geodeta Kraju

Warszawa, 20 września 2007 r.

Spis treści

Strona

Rozdział 1. Postanowienia ogólne	5
§ 1 Przedmiot i zakres wytycznych	5
§ 2 Analiza i ocena istniejących materiałów	5
§ 3 Wywiad terenowy	5
§ 4 Warunki techniczne	6
§ 5 Przygotowanie narzędzi pomiarowych	7
§ 6 Dokumentowanie wyników pomiaru	7
§ 7 Sprawozdanie techniczne.....	8
Rozdział 2. Pomiarowa osnowa sytuacyjna.....	8
§ 8 Opracowanie projektu.....	8
§ 9 Stabilizacja punktów	11
§ 10 Pomiar	11
§ 11 Opracowanie wyników pomiaru.....	12
§ 12 Dokumentacja techniczna	13
Rozdział 3. Pomiar sytuacyjny	14
§ 13 Przedmiot pomiaru	14
§ 14 Generalizacja szczegółów terenowych	15
§ 15 Pomiar metodą biegunową.....	16
§ 16 Pomiar metodą ortogonalną.....	17
§ 17 Pomiar metodą wcięć	19
Rozdział 4. Pomiarowa osnowa wysokościowa.....	20
§ 18 Opracowanie projektu.....	20
§ 19 Stabilizacja punktów	20
§ 20 Pomiar	21
§ 21 Opracowanie wyników pomiaru.....	22
§ 22 Osnowa dwufunkcyjna.....	22
Rozdział 5. Pomiar wysokościowy	22
§ 23 Przedmiot pomiaru	22
§ 24 Zasady ogólne	23
§ 25 Niwelacja siatkowa	24
§ 26 Niwelacja profiliów	25
§ 27 Niwelacja punktów rozproszonych	27
§ 28 Tachimetria klasyczna	28
§ 29 Tachimetria dokładna	29

Załączniki: wzory, przykłady

1. Szkic przeglądowy pomiarowej osnowy sytuacyjnej
2. Szkic przeglądowy sieci modularnej
3. Opis topograficzny punktu pomiarowej sieci modularnej
4. Szkic polowy pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową
5. Szkic polowy pomiaru sytuacyjnego metodą ortogonalną
6. Opis topograficzny punktu pomiarowej osnowy wysokościowej
7. Szkic rozmieszczenia pikiet
8. Projekt niwelacji siatkowej
9. Szkic polowy niwelacji siatkowej
10. Szkic polowy niwelacji profilów
11. Szkic przeglądowy niwelacji profilów
12. Wykresy profilu podłużnego i profilu poprzecznego
13. Szkic polowy niwelacji punktów rozproszonych - na terenie zurbanizowanym
14. Szkic polowy niwelacji punktów rozproszonych - na terenie rolnym
15. Szkic przeglądowy niwelacji punktów rozproszonych
16. Szkic polowy pomiaru wysokościowego terenu o urozmaiconej rzeźbie
17. Szkic polowy pomiaru wysokościowego na kopii mapy sytuacyjnej
18. Szkic polowy pomiaru sytuacyjno-wysokościowego
19. Raport z pomiaru tachimetrycznego
20. Dziennik niwelacji siatkowej lub profilów
21. Dziennik niwelacji punktów rozproszonych
22. Dziennik pomiaru tachimetrycznego

Formy ukształtowania powierzchni terenu

23. Terasy rzeczne
24. Młodsza wysoczyzna morenowa
25. Sandry
26. Wydmy śródlądowe
27. Formy krasowe i akumulacji rzecznej
28. Formy erozji akumulacji rzecznej

Rozdział 1. Postanowienia ogólne

§ 1 Przedmiot i zakres wytycznych

1. Wytyczne techniczne określają zasady projektowania, pomiaru i opracowania wyników pomiarowej osnowy sytuacyjnej i wysokościowej oraz wykonywania pomiaru sytuacyjnego i wysokościowego metodami bezpośrednimi.
2. Wytyczne techniczne uwzględniają zasadnicze wymagania dokładnościowe wynikające z postępu techniki i technologii wykonywania prac geodezyjnych, o których mowa w ust. 1.
3. Pomiar sytuacyjny i wysokościowy uzbrojenia terenu opisany jest w wytycznych technicznych G-4.4 Prace geodezyjne związane z podziemnym uzbrojeniem terenu.
4. Pomiar związany z ustaleniem granic nieruchomości opisany jest w wytycznych technicznych „Instrukcja G-5 Ewidencja gruntów i budynków”.

§ 2 Analiza i ocena istniejących materiałów

1. W celu ustalenia rodzaju i zakresu prac należy wykorzystać:
 - specyfikację istotnych warunków zamówienia,
 - informacje otrzymane od inwestora, ewentualnie projektanta, gdy zamówienie ma związek z pracami do celów projektowych,
 - informacje od zleceniodawcy prac geodezyjnych i kartograficznych.
2. Z właściwego ośrodka dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej otrzymuje się istniejące materiały geodezyjne i kartograficzne na podstawie:
 - zgłoszenia prac w ośrodku – jeżeli dany rodzaj prac wymaga zgłoszenia; a w przeciwnym wypadku,
 - zlecenia wykorzystania – gdy materiały zasobu geodezyjnego i kartograficznego są niezbędne do wykonania pracy.

Otrzymane lub wskazane materiały poddaje się analizie ich przydatności w kontekście zarówno zaleceń ośrodka jak i celu zamierzonej pracy.
3. Przy ocenie istniejących materiałów zwraca się uwagę na czynniki mające wpływ na zakres i sposób ich wykorzystania, a zwłaszcza:
 - stopień zagęszczenia osnowy geodezyjnej,
 - stopień dezaktualizacji mapy zasadniczej,
 - dokładność i stan opracowań jednostkowych.
4. Zasięg poszczególnych opracowań wykazuje się na kopii mapy topograficznej lub mapy zasadniczej.

§ 3 Wywiad terenowy

1. Przed przystąpieniem do pomiaru przeprowadza się wywiad terenowy, mając na celu:
 - ogólne rozpoznanie terenu,
 - ustalenie faktycznego stanu technicznego punktów istniejącej osnowy geodezyjnej,
 - ustalenie faktycznego stopnia aktualności map przeznaczonych do wykorzystania, poprzez ich porównanie z terenem.
2. W czasie wywiadu terenowego na kopii mapy zasadniczej sporządza się mapę wywiadu, na której wykazuje się:
 - obszary wymagające nowego pomiaru,

- obszary wymagające pomiaru uzupełniającego,
 - podział sekcyjny mapy zasadniczej, z rozróżnieniem sekcji nowo zakładanych i aktualizowanych dla mapy prowadzonej w formie klasycznej lub z rozróżnieniem obrębów, dla których będzie zakładana i aktualizowana mapa numeryczna,
 - zasięg i rodzaj istniejącej osnowy.
3. Przy sprawdzaniu aktualności mapy zasadniczej zmiany wnosi się na kopii tej mapy kolorem czerwonym, stosując znaki umowne, natomiast nieaktualne elementy liniowe przekreśla się dwiema skośnymi kreskami o długości około 2 mm, a napisy – jedną linią ciągłą.
 4. Przyjmuje się, że przy dużych zmianach (powyżej 60%) bardziej racjonalne jest wykonanie nowego pomiaru, przy czym, niezależnie od wielkości zmian, należy wykorzystać wszelkie dane dotyczące ustaleń i pomiaru granic (według stanu uwidocznionego w ewidencji gruntów i budynków) oraz pomiaru usytuowania podziemnego uzbrojenia terenu.

§ 4 Warunki techniczne

1. Zakres i sposób wykonania pomiaru sytuacyjnego i wysokościowego oraz cechy wynikowych dokumentów geodezyjno – kartograficznych określa się w warunkach technicznych, w których podaje się:
 - rodzaj i cel pracy,
 - lokalizację oraz zasięg pracy,
 - formę, skalę, układ współrzędnych i sposób prowadzenia mapy zasadniczej, jeżeli wyniki pomiaru podlegają wniesieniu na tę mapę,
 - stan osnowy szczegółowej i pomiarowej,
 - stan danych ewidencji gruntów i budynków,
 - stan danych geodezyjnej sieci uzbrojenia terenu,
 - sposób wykorzystania istniejących materiałów,
 - przepisy techniczne obowiązujące przy wykonywaniu pracy,
 - określenie sposobu przeliczenia współrzędnych punktów osnowy poziomej do państwowego układu współrzędnych, gdy zachodzi taka potrzeba,
 - metody pomiaru,
 - rodzaj i formę dokumentacji przeznaczonej do zasobu geodezyjnego i kartograficznego,
 - rodzaj i formę dokumentacji przeznaczonej dla zamawiającego.
2. Przy opracowaniu warunków technicznych zwraca się szczególną uwagę na następujące czynniki, mające wpływ na zakres i sposób wykonania pomiaru:
 - rodzaj osnowy geodezyjnej poziomej i wysokościowej i stan znaków na gruncie,
 - stopień dezaktualizacji treści mapy zasadniczej,
 - możliwości techniczno-organizacyjne wykonawcy, warunkujące wybór technologii wykonania pracy,
 - efektywność ekonomiczno-techniczną pracy.

§ 5 Przygotowanie narzędzi pomiarowych

1. Pomiary wykonuje się narzędziami:
 - 1) które mają ważne świadectwa atestacji (komparacji), jeśli narzędzia te takich świadectw wymagają, np. dalmierze, przymiary wstępowe i sztywne;
 - 2) których warunki geometryczne zostały sprawdzone (zrektyfikowane) według procedur zawartych w standardach i wytycznych z odpowiednią do precyzji narzędzia dokładnością, o ile narzędzia te takich czynności wymagają, np. niwelator, teodolit, dalmierz, tachimetr elektroniczny.
2. Prace związane z przygotowaniem sprzętu do pomiaru należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-ISO 17123 Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych.
3. Podpisane przez wykonawcę prac dzienniki pomiarowe z pomiarów sprawdzających warunki geometryczne oraz kopie świadectw atestacji (komparacji) wchodzi w skład dokumentów pomiarowych.

§ 6 Dokumentowanie wyników pomiaru

1. Pomiar sytuacyjny i wysokościowy dokumentuje się w postaci:
 - klasycznej: warunki techniczne, sprawozdania techniczne, mapy wywiadu, szkice polowe, opisy topograficzne, dzienniki pomiarowe, obliczenia współrzędnych, wydruki współrzędnych oraz inne dokumenty powstałe podczas prac geodezyjnych i kartograficznych,
 - numerycznej: pliki wyników pomiarów instrumentów elektronicznych zapisane w rejestratorach, szkice numeryczne (mapa numeryczna) z przenośnych komputerów podłączonych do instrumentów elektronicznych, pliki komputerowe z wynikami pomiarów i obliczeń.
2. Wyniki pomiaru dla określenia współrzędnych x, y, H punktów, będących przedmiotem pomiaru sytuacyjnego i wysokościowego, zapisuje się w dziennikach pomiarowych, rejestratorach polowych lub komputerach polowych, dostosowanych (oprogramowanych) odpowiednio do rodzaju prac i sprzętu. W pomiarach z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych wyniki są rejestrowane automatycznie, w sposób umożliwiający uzyskanie wydruków obserwacji.
 - 1) Dzienniki pomiarowe (wydruki) muszą zawierać:
 - a) dane formalne:
 - rodzaj pracy (pomiaru),
 - szczegółową lokalizację,
 - nazwę jednostki wykonawczej,
 - numer obiektu określony w zamówieniu lub w ewidencji jednostki wykonawczej (na dużych obiektach może występować nazwa),
 - numery ewidencyjne pracy nadane przez ośrodek dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej,
 - nazwy i numery użytego sprzętu,
 - nazwiska i podpisy wykonawców i sprawdzających,
 - datę wykonania pomiaru.
 - b) dane liczbowe – wyniki pomiaru w zależności od rodzaju pracy oraz elementy kontrolne,
 - c) spis zawartości, a w przypadku wydruku również wskazówki objaśniające sposób kodowania i kolejność danych.

- 2) Rejestrator polowy lub komputer polowy pełniący rolę nośnika danych z opcją rejestracji wyników pomiaru musi zawierać dane osnowy pomiarowej, a także dane o połączeniach punktów obiektów mierzonych i identyfikatory lub kody tych obiektów.
Program powinien zapewnić:
 - kontrole zgodności odległości do punktów nawiazania z odległościami ze współrzędnych,
 - kontrolę stałości dowiazania,
 - drugie niezależne wyznaczenie położenia szczegółów I grupy dokładnościowej,
 - kontrole czołówek,
 - rejestrację punktów niedostępnych do ustawienia lustra (mimośród pionowy i poziomy),
 - obliczenie współrzędnych punktu mierzonego bezpośrednio po jego zarejestrowaniu,
 - wybór rejestrowanych wielkości – obserwacje lub współrzędne-sporządzenie wydruków w dowolnym układzie i zestawie danych.
3. Na każdej stronie dokumentacji klasycznej podpisuje się wykonawca, a dokumentację numeryczną autoryzuje się podpisem elektronicznym lub podpisuje na wydrukach dokumentów elektronicznych.
4. Materiały powstałe podczas pomiaru kompletuje się w operatach technicznych według zasad określonych odrębnymi przepisami.

§ 7 Sprawozdanie techniczne

W sprawozdaniu technicznym podaje się informacje określające:

- cel, zakres i lokalizację wykonanej pracy,
- sposób wykonania pomiaru z podaniem przepisów prawa, zastosowanych metod i narzędzi pomiarowych,
- cechy założonej osnowy pomiarowej,
- osiągnięte dokładności pomiaru,
- stan znaków geodezyjnych na gruncie,
- sposób wykonania innych zadań przewidzianych w warunkach technicznych,
- rodzaj i formę dokumentacji.

Rozdział 2. Pomiarowa osnowa sytuacyjna

§ 8 Opracowanie projektu

1. Analizę materiałów przeprowadza się według zasad § 2, wykorzystując:
 - mapy przeglądowe osnowy szczegółowej i osnowy pomiarowej,
 - wykazy współrzędnych i inne informacje dotyczące osnowy szczegółowej i pomiarowej (wydruki z istniejących banków osnów),
 - operaty pomiarowe zawierające obserwacje osnowy pomiarowej.
2. Na podstawie wyników analizy materiałów i wywiadu terenowego opracowuje się (w formie szkicu przeglądowego na kopii istniejącej mapy w skali od 1:1000 do 1:5000) projekt pomiarowej osnowy sytuacyjnej, niezbędnej do oparcia konkretnego pomiaru sytuacyjnego.
3. Osnowę sytuacyjną projektuje się tak, aby:

- każdy z punktów był powiązany obserwacjami z co najmniej dwoma sąsiednimi punktami tego samego lub wyższego rzędu,
 - istniała wizura między punktami sąsiednimi,
 - punkty lokalizowane były w miejscach dogodnych do wykonania pomiaru i zapewniona była możliwa nienaruszalność znaków.
4. Długości boków osnowy powinny zawierać się w granicach 50-400 m, zaś stosunek dwu boków przyległych nie powinien być większy niż 4:1 (ostatni z warunków nie dotyczy osnowy zakładanej metodą GPS).
 5. Przy projektowaniu sieci poligonowej należy uwzględnić następujące warunki:
 - 1) ciąg powinien być obustronnie nawiązany kątowno i liniowo do punktów nawiązania lub punktów węzłowych;
 - 2) ciągi powinny być zbliżone do równobocznych i prostoliniowych;
 - 3) długości ciągów nie powinny być większe od 3 km, a ciągów wyznaczających punkty węzłowe – od 2 km;
 - 4) w przypadkach konieczności skrócenia boków poniżej 50 m należy odpowiednio skrócić długość ciągu oraz szczególnie starannie centrować instrument i tarcze celownicze nad centrami punktów;
 - 5) dla wzmocnienia konstrukcji sieci należy tworzyć układy wielowęzłowe oraz mierzyć kierunki i długości na inne niż sąsiednie punkty osnowy poziomej.
 6. W konstrukcji geometrycznej określającej położenie wyznaczanego punktu powinny występować co najmniej trzy miejsca geometryczne, a kąt przecięcia jednej dowolnie wybranej pary prostych wyznaczających powinien zawierać się w granicach 50 – 150^o, natomiast stosunek długości odcinków wyznaczających nie powinien być większy niż 4:1. Konstrukcja geometryczna określająca położenie punktu jest opisana w wytycznych technicznych G-2.5.
 7. Na szkicu projektu wykazuje się:
 - istniejące punkty osnowy poziomej, w tym trwale stabilizowane punkty osnowy pomiarowej,
 - przebieg projektowanych ciągów poligonowych i usytuowanie poszczególnych punktów w ciągach,
 - usytuowanie punktów wyznaczanych wcięciami,
 - usytuowanie punktów wyznaczanych metodą GPS,
 - sposób włączenia do projektowanej osnowy (związanie) istniejącej osnowy pomiarowej,
 - nawiązanie projektowanej osnowy do osnowy poziomej co najmniej III klasy.
 8. Pomiarowa osnowa sytuacyjna jest wyrównywana jednocześnie. Punkty wcinane powinny być elementem osnowy pomiarowej, niedopuszczalne jest opieranie ich na punktach wcześniej wyrównanej osnowy pomiarowej i obliczenia jak punktów drugiego rzędu.
 9. W zupełnie wyjątkowych przypadkach (np. zakamarki gęstej zabudowy), gdzie dawniej stosowano ciągi jednostronnie nawiązane (wiszące), złożone z jednego boku (bagnet) lub co najwyżej dwu boków – dopuszcza się konstrukcję ciągu zamkniętego (tzw. agrafkę) przez powrót ciągiem prawie równoległym (np. przez ten sam przejazd w budynku) do punktu na prostej bliskiego punktowi początkowemu, o ile to możliwe – z pomiarem kąta na kierunek nawiązujący inny niż początkowy. Ciąg taki traktuje się jako ciąg drugiego rzędu.

10. Do wykonania pomiaru sytuacyjnego i wysokościowego na stosunkowo dużych obszarach o niewielkim zagęszczeniu punktów nawiazania znajdują zastosowanie sieci modułarne, stanowiące zbiór wzajemnie powiazanych konstrukcji pomiarowych zwanych modułami.

Projektując sieć modułarną ustala się w terenie:

- usytuowanie stanowisk pomiaru biegunowego (modułów pomiaru biegunowego) oraz punktów oparcia linii pomiarowych (modułów pomiaru ortogonalnego),
- usytuowania punktów wiązających,
- sposób nawiazania sieci,

przestrzegając następujących wskazówek:

- 1) stanowiska pomiaru biegunowego oraz linie pomiarowe lokalizuje się w miejscach dogodnych do pomiaru szczegółów terenowych, obserwacji punktów wiązających oraz punktów nawiazania;
 - 2) w każdym module niezbędne są obserwacje co najmniej trzech punktów wybranych z grupy punktów nawiazania i/lub wiązających; układ celowych wyznaczających stanowiska pomiaru biegunowego powinien spełniać warunki podane w ust. 6;
 - 3) punkty wiążące w sieci powinny mieć co najmniej trzy kierunki wyznaczające, spełniające warunki podane w ust. 6; w uzasadnionych przypadkach dopuszczalne jest wyznaczenie położenia punktów z dwóch kierunków wcinających z pomiarem odległości;
 - 4) punktami wiązającymi mogą być szczegóły terenowe I grupy dokładności np. znaki graniczne; w przypadku braku trwałych szczegółów terenowych punkty wiążące oznacza się palikami lub w zależności od potrzeb stabilizuje się trwale;
 - 5) punkty nawiazania powinny być równomiernie rozłożone;
 - 6) obszar objęty siecią modułarną dzieli się na kompleksy, w miarę możliwości rozdzielone granicami naturalnymi (drogami, ulicami) i punktami geodezyjnymi dogodnymi do nawiazania sieci;
 - 7) liczba modułów podlegających jednoczesnemu wyrównaniu nie powinna być większa od 100, z uwagi na trudności w wykryciu ewentualnych błędów pomiarowych.
11. Na szkicu przeglądowym sieci modułarnej wykazuje się:
- istniejące punkty osnowy poziomej, w tym trwale stabilizowane punkty osnowy pomiarowej; w przypadku pomiaru sytuacyjno-wysokościowego również punkty osnowy wysokościowej,
 - punkty stanowisk i linii pomiarowych,
 - punkty wiążące,
 - kierunki nawiazania sieci (do osnowy poziomej co najmniej III klasy),
 - w przypadku pomiaru sytuacyjno-wysokościowego również przebieg ciągów niwelacyjnych,
 - przebieg granic obrębów i kompleksów.

§ 9 Stabilizacja punktów

- Do oznakowania położenia punktów osnowy sytuacyjnej, w zależności od rodzaju gruntów, stosuje się:
 - na gruntach miękkich - palik drewniany o długości 30-50 cm i wymiarach poprzecznych ok. 5x5 cm;
 - na gruntach bardzo miękkich lub sypkich - podziemnie rurkę drenarską (sączek) lub butelkę (do góry dnem) i naziemnie centrycznie osadzony palik równo z terenem. Na gruntach ornych znak podziemny zakopuje się poniżej głębokości orki (40-50 cm), a na innych gruntach 25 cm poniżej terenu;
 - na gruntach bagnistych, grząskich - pal o długości 1m i średnicy 15-20 cm, wbity na głębokość 70 cm;
 - na gruntach twardych, a szczególnie na terenach miejskich i przemysłowych - rurkę żelazną o długości 30-40 cm i średnicy 3 cm, wbitą równo z terenem;
 - na utwardzonych nawierzchniach jezdni i chodników (bruk, asfalt, płyty betonowe itp.) - boleć lub trzpień żelazny, wbity równo z nawierzchnią, wryty lub namalowany znak.
- W uzasadnionych przypadkach, np. słabego zagęszczenia punktami III klasy (na terenach rolnych i leśnych), znacznego (obecnego lub przewidywanego) zainwestowania terenu, przewidywania przekształcenia struktury własnościowej, punkty osnowy sytuacyjnej stabilizuje się:
 - na obszarach zabudowanych - za pomocą znaków ściennych (co najmniej trzy znaki dla punktu) lub stosując znaki z kamienia lub betonu;
 - na obszarach niezabudowanych - za pomocą znaków z tworzyw sztucznych lub w przypadkach uzasadnionych warunkami terenowymi za pomocą znaków z kamienia lub betonu.
- Dla trwale stabilizowanych punktów osnowy sytuacyjnej sporządza się opisy topograficzne; szczegóły terenowe przedstawia się znakami umownymi przewidzianymi dla mapy zasadniczej. Przy wykorzystywaniu punktów istniejących, zmiany i uzupełnienia nanosi się kolorem czerwonym na kopii opisu topograficznego, a w przypadku dużej ilości zmian sporządza się nowy opis.

§ 10 Pomiar

- Narzędzia kątomiercze powinny charakteryzować się błędem średnim pomiaru kierunku $m_k \leq 6''$ (20°C). Kąty można mierzyć w jednej serii. Jeśli narzędzie wymaga odczytu analogowego, konieczne jest dokonywanie zmiany orientacji zera koła poziomego między półseriami.
- Narzędzia dalmiercze powinny charakteryzować się błędem średnim pomiaru odległości $m_d \leq 0,01\text{ m} + 0,01\text{ m/km}$. Mierzone odległości muszą być obserwowane dwukrotnie, raz w każdym kierunku.
- Przy niewielkiej rozległości osnowy średnie błędy m_α i m_d mogą osiągać większe wartości niż wymienione w ustępach 1 i 2, pod warunkiem zachowania błędu położenia punktu $m_p \leq 0,10\text{ m}$.

4. Dla właściwego określenia warunków atmosferycznych błędy średnie pomiaru temperatury i ciśnienia powinny spełniać kryterium:

$$m_t \leq 1 \text{ K (1}^\circ \text{ C)},$$

$$m_c \leq 1,3 \text{ hPa (1 mm Hg)}.$$
5. Centrowanie stanowiska i celu należy wykonać z dokładnością $\leq 0,005 \text{ m}$; zaleca się stosowanie tarcz celowniczych oraz pionów optycznych.
6. W przypadku adaptacji wyników pomiarów z osnów dawnych do nowo mierzonych osnowy sytuacyjnej należy dokonać pomiaru sprawdzającego, obejmującego pomiar wybranych boków i kątów, przy czym różnice pomiędzy pomiarem sprawdzającym a pierwotnym powinny być:
 - 1) dla pomiaru kątów $d_\alpha \leq 2m_\alpha$, gdzie m_α – błąd średni pomiaru kąta;
 - 2) dla pomiaru boków $d_l \leq 2m_d$, gdzie m_d – błąd średni pomiaru odległości.
7. Do wyznaczenia położenia punktów metodą GPS stosuje się metodą statyczną lub szybką statyczną. Zasady pomiaru są identyczne jak dla osnowy poziomej III klasy, opisane w wytycznych technicznych G-2.5. Może być również zastosowany pomiar metodą RTK GPS, jeżeli zostaną osiągnięte wymagane dokładności.

§ 11 Opracowanie wyników pomiaru

1. Pomiarową osnowę sytuacyjną wyrównuje się metodą najmniejszych kwadratów, z obliczeniem błędów położenia punktów, przy założeniu błędności punktów nawiązania osnowy poziomej III klasy.
2. Błąd położenia m_p najmniej dokładnego punktu pomiarowej osnowy sytuacyjnej nie może przekroczyć $0,10 \text{ m}$.
3. W przypadku wykonywania wcięć jednocześnie z pomiarem sieci poligonowej (nawiązań bocznych) przeprowadza się wyrównanie łącznie z tymi wcięciami.
4. Do wyrównania przyjmuje się łącznie wyniki pomiarów połowych nowych i adaptowanych.
5. Przed przystąpieniem do wyrównania na projekcie osnowy lub na szkicu sporządzonym dla potrzeb wyrównania oznacza się kąty, kierunki i długości z pomiarów nowych i adaptowanych oraz błędy średnie obserwacji i rok wykonania pomiaru. Wartości i błędy średnie obserwacji nowych (kątów, kierunków i długości boków) należy przyjąć do wyrównania z zestawień opracowanych na podstawie dzienników pomiarowych lub z wydruków tych wartości, natomiast wartości i błędy średnie obserwacji adaptowanych ze zbiorów archiwalnych.
6. Przy wyrównaniu należy zrównoważyć obserwacje.
7. Po wyrównaniu oblicza się błąd średni jednostkowy wg wzoru:

$$m_0 = \sqrt{\frac{\frac{v\bar{v}}{mm}}{n_n}}$$

gdzie:

- v – poprawka,
- m – błąd średni obserwacji,
- n_n – liczba obserwacji nadliczbowych.

Wartość m_o (charakteryzująca dokładność sieci po wyrównaniu oraz poprawność równoważenia) powinna zawierać się w przedziale od 0,5 do 1,5.

8. W wyniku wyrównania powstają:
 - wyrównane współrzędne punktów wraz z błędami średnimi współrzędnych m_x i m_y oraz błędami położenia punktów m_p ,
 - wyrównane wartości obserwacji i ich poprawki oraz błędy poprawek m_v .
9. Współrzędne punktów wykazuje się z dokładnością 0,01 m.

§ 12 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja powstała podczas zakładania pomiarowej osnowy sytuacyjnej dzieli się na grupy funkcjonalne, w tym:

- 1) do dokumentów zasobu bazowego włącza się:
 - a) sprawozdanie techniczne,
 - b) mapy przeglądowe osnowy pomiarowej z wynikami bieżącej inwentaryzacji,
 - c) dzienniki pomiaru,
 - d) szkice przedstawiające strukturę sieci,
 - e) wykaz danych geodezyjnych zawierający:
 - numery punktów i oznaczenia rodzaju znaków geodezyjnych,
 - współrzędne (x,y) i wysokości H,
 - polowe opisy topograficzne (oryginały) założonych punktów i zmienione opisy punktów starych,
 - zestawienia zredukowanych, przyjętych do wyrównania, obserwacji;
- 2) do dokumentów zasobu użytkowego włącza się:
 - a) opisy topograficzne punktów nowych oraz zmienione opisy punktów starych - w formie klasycznej (matryce opisów) lub komputerowej, uzgodnionej z ośrodkiem,
 - b) wydruki współrzędnych punktów;
- 3) do dokumentów zasobu przejściowego włącza się:
 - a) zgłoszenie pracy geodezyjnej,
 - b) uzgodniony projekt sieci z analizą materiałów,
 - c) dokumentację wyrównania i przeliczenia współrzędnych punktów,
 - d) kopie świadectw atestacji (komparacji) sprzętu wykorzystanego do pomiaru.

Rozdział 3. Pomiar sytuacyjny

§ 13 Przedmiot pomiaru

1. Przedmiotem pomiaru sytuacyjnego są szczegóły terenowe wykazane jako obiekty mapy zasadniczej znakami umownymi w instrukcji technicznej K-1 Mapa zasadnicza z roku 1998, podzielone na trzy grupy dokładności pomiaru sytuacyjnego:
 - 1) Grupa I - obiekty dobrze identyfikowalne, zachowujące wieloletnią niezmiennność położenia:
 - znaki graniczne: granicy państwa, jednostek podziału administracyjnego i działek,
 - stabilizowane znakami naziemnymi punkty osnowy wysokościowej, punkty podstawowej osnowy grawimetrycznej i punkty wiekowe osnowy magnetycznej,
 - budynki, budowle i urządzenia techniczne, w tym mosty, wiadukty, tunele, ściany oporowe, tory kolejowe i tramwajowe, przejazdy, estakady itp.,
 - elementy naziemne sieci uzbrojenia terenu, studnie i szczegóły uliczne, w tym krawężniki, latarnie, słupy, pomniki, figury i trwałe ogrodzenia;
 - 2) Grupa II - obiekty o mniej wyraźnych i mniej trwałych obrysach:
 - niestabilizowane punkty załamania granic działek,
 - obiekty o charakterze budowli ziemnych: nasypów, wykopów, rowów, kanałów, grobli, tam, wałów przeciwpowodziowych,
 - elementy podziemne sieci uzbrojenia terenu i nierozgraniczone drogi publiczne,
 - zieleń miejska (parki i zieleńce), zieleń przyuliczna (trawniki, drzewa), boiska sportowe oraz pomniki przyrody;
 - 3) Grupa III - obiekty o niewyraźnych obrysach lub małym znaczeniu:
 - użytki gruntowe, kontury klasyfikacyjne, podwodne elementy sieci uzbrojenia terenu,
 - ciek i wody stojące o naturalnych liniach brzegowych,
 - oddziały leśne na obszarach Lasów Państwowych,
 - drogi biegnące w dużych obszarach o jednolitym władaniu (Lasy Państwowe, duża własność ziemską) i mające charakter stałych dróg wewnętrznego transportu lub łączących siedliska, a także stałych dróg dojazdowych prywatnych,
 - inne obiekty o niewyraźnych konturach, możliwych do zidentyfikowania z dokładnością nie mniejszą niż 0,50 m,
 - punkty wysokości naturalnej powierzchni terenu.
2. Jeżeli mapa zasadnicza prowadzona jest nadal w sposób tradycyjny w oparciu o znaki instrukcji K-1 Mapa zasadnicza z roku 1981, to należy obiekty wykazywać na mapie znakami umownymi tej instrukcji, odpowiadającymi merytorycznie znakom standardu K-1 Mapa zasadnicza z roku 1998.
3. W przypadku dokonywania pomiaru granic działek, których przebieg nie został ustalony i pomierzony z dokładnością I grupy szczegółów, należy przed

przystąpieniem do pomiaru dokonać ustalenia granic zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie przepisami.

4. Pomiar sytuacyjny wykonuje się w oparciu o osnowę poziomą z taką dokładnością, aby błąd położenia zmierzonego punktu szczegółu terenowego (obliczony jako pierwiastek z sumy kwadratów błędów średnich współrzędnych płaskich lub głównych półośi elipsy błędów) nie przekroczył wartości jak w tabelicy poniżej:

Grupy dokładności pomiaru	I	II	III
Błąd położenia punktu \leq	0,10 m	0,30 m	0,50 m

5. W czasie wykonywania pomiaru sytuacyjnego zbiera się następujące informacje:
- nazwy jednostek podziału administracyjnego,
 - nazwy wsi, przysiółków, uroczysk itp.,
 - nazwy ulic, placów,
 - nazwy rzek, potoków, kanałów, jezior itp.,
 - rodzaje użytków gruntowych,
 - rodzaj i charakter obiektów budowlanych oraz numery porządkowe budynków lub nieruchomości,
 - rodzaje urządzeń podziemnych lub ich przeznaczenie.
- Zebrane dane powinny być zgodne z danymi zawartymi w obowiązujących dokumentach, a w szczególności:
- urzędowym wykazem nazw miejscowości,
 - urzędowym wykazem nazw ulic i placów oraz numeracją porządkową nieruchomości,
 - obowiązującym nazewnictwem geograficznym,
 - operatem ewidencji gruntów,
 - dokumentacją branżową uzbrojenia terenu.
6. Obiekty pomiaru przedstawia się na szkicu polowym znakami umownymi przewidzianymi w instrukcji technicznej K-1 dla skali 1:500.
7. Pomiar sytuacyjny szczegółów terenowych nie ujętych w standardzie K-1 wykonuje się z dokładnością stosowną do potrzeb, w uzgodnieniu ze zlecającą. Szczegóły te przedstawia się na szkicu polowym zgodnie z symboliką branżową (jeśli taka istnieje) lub stosuje się opisy.

§ 14 Generalizacja szczegółów terenowych

1. Przy pomiarze sytuacyjnym pomija się istniejące odchylenia kształtu mierzonego szczegółu terenowego od prostej, gdy odchylenia te nie są większe od błędów położenia punktów, określonych dla grupy dokładności pomiaru, do której mierzony szczegół należy:

Grupy dokładności pomiaru	I	II	III
Odchylenie od prostej \leq	0,10 m	0,30 m	0,50 m

2. W przypadku granic działki o nie utrwalonych punktach załamania, stopień generalizacji zależy od charakteru terenu, i tak:
 - 1) dla terenów zurbanizowanych wychylenie linii granicznej od prostej łączącej najbliższe pomierzone punkty granicy nie może być większe od 0,1 m (po obu stronach sprostowanej granicy);
 - 2) dla terenów rolnych – 0,2 m;
 - 3) dla terenów rolnych na obszarach górskich i podgórszych – 0,5 m.
3. Przy pomiarze powykonawczym budynków nowych należy mierzyć wszystkie występy, a na mapie wykazywać występy i wgłębienia większe od 0,3 m. Występy i wgłębienia mniejsze od 2 m wyznacza się miarą bieżącą po ścianie przyziemia, mierząc również wielkość tych występów lub wgłębień. Kontury budynków położone w odległości mniejszej niż 0,10 m od granicy działki uznaje się za położone w linii tej granicy.
4. Przy pomiarze trwałych ogrodzeń należy mierzyć występy i wgłębienia większe od 0,3 m oraz bramy od strony dróg i ulic. Wgłębienia i występy nie przekraczające 2 m wyznacza się miarą bieżącą po linii ogrodzenia, mierząc równocześnie wielkość występu lub wgłębienia. Szerokości ogrodzeń należy mierzyć, gdy przekraczają one 0,3 m. Ogrodzenia położone przy granicy działki mniej niż 0,10 m wyznacza się miarą bieżącą po linii granicy.
5. Jeżeli podczas tworzenia numerycznej mapy zasadniczej zostanie ujawnione, że punkt konturu budynku lub ogrodzenia jest w mniejszej odległości od granicy działki niż 0,10 m, należy punkt konturu budynku lub załamania ogrodzenia dociągnąć do granicy, zaznaczając ten fakt na szkicu polowym.
6. Kontury elementów naziemnych uzbrojenia podziemnego większe od 0,5 m należy mierzyć w sposób umożliwiający ich prawidłowe skartowanie, zaś przy konturach mniejszych od 0,5 m mierzyć należy położenie środka ich rzutu. Dla przewodów podziemnych i naziemnych o średnicach mniejszych od 0,75 m dopuszcza się pomiar przebiegu ich osi. W przypadku wątpliwym należy wymiar poprzeczny pomierzyć, nawet jeśli w przyszłości miałby okazać się zbędny. Gdy szerokość przewodu, obrysu kanału, wiązki kabli lub urządzenia jest większa od 0,75 m, pomiarowi podlegają rzuty zewnętrzne krawędzi tych elementów (urządzeń, przewodów itp.).

§ 15 Pomiar metodą biegunową

1. Zaleca się wykonywanie pomiaru sytuacyjnego przy pomocy tachimetru elektronicznego lub teodolitu sprzężonego z dalmierzem elektrooptycznym metodą biegunową.
2. Pomiar metodą biegunową wykonuje się narzędziami spełniającymi warunki podane w poniższej tablicy.

Grupa dokładności	Błąd średni pomiaru odległości	Błąd średni pomiaru kierunku	Długość celowej (w metrach)
I	≤ 0,05 m	≤ 60"	≤ 170
		≤ 30"	≤ 350
II	≤ 0,20 m	≤ 60"	≤ 700
		≤ 30"	≤ 1300
III	≤ 0,30 m	≤ 60"	≤ 1000
		≤ 30"	≤ 1700

Przy pomiarze odległości przymiarem wstęgowym długość celowej nie powinna przekraczać 50 m.

- Pomiar szczegółów terenowych zaliczonych do I grupy dokładności musi być uzupełniony pomiarem sprawdzającym: pomiarem czołówek, pomiarem odległości do punktów przecięć konturów lub ich przedłużeń z bokami osnowy, pomiarem odległości od innych szczegółów terenowych lub pomiarem z innego stanowiska.
- Stanowiskami instrumentu mogą być punkty pomiarowej osnowy sytuacyjnej lub punkty osnowy wyższego rzędu, a także punkty na prostej (na boku osnowy).
- Na stanowisku instrumentu obserwuje się co najmniej dwa kierunki orientujące na punkty osnowy. Ostatni odczyt na stanowisku wykonuje się po powtórnych wycelowaniu na punkt przyjęty za początkowy.
- Odległość do mierzonych punktów szczegółów I grupy dokładności nie może przekroczyć podwójnej długości głównej celowej orientacyjnej na stanowisku, zaś do punktów szczegółów II i III grupy dokładności – czterokrotnej jej długości.
- Dla pomiaru punktów szczegółów II (z wyjątkiem niestabilizowanych punktów granic działek) i III grupy dokładności dopuszcza się stosowanie stanowisk na stabilizowanych punktach szczegółów I grupy dokładności (np. znak graniczny), pod warunkiem sprawdzenia położenia tych punktów. Nawiązaniem kierunkowym takiego stanowiska musi być stabilizowany punkt I grupy dokładności, w odległości co najmniej 100 m. Odległości do mierzonych punktów nie mogą przekraczać długość celowej nawiązania.
- Zapisy kierunków i długości prowadzi się w dzienniku pomiarowym lub rejestruje automatycznie w zależności od typu instrumentu, z równoczesnym sporządzeniem szkicu polowego w formie klasycznej lub numerycznej.
- Łaty dalmiercze lub zwierciadła ustawia się na mierzonych punktach sytuacyjnych. W przypadku ustawienia łat lub zwierciadeł mimośrodowo należy uwzględnić elementy mimośrodę.
- Łaty i lustra powinny być zaopatrzone w libele umożliwiające ich pionowe ustawienie podczas pomiaru.

§ 16 Pomiar metodą ortogonalną

- Metoda ortogonalna (domiarów prostokątnych) nie jest zalecanym sposobem pomiaru z uwagi na postępowanie techniczne związane z wykorzystaniem tachimetrów elektronicznych w metodzie biegunowej. Metodę tę można

- stosować przy pomiarach sytuacyjnych niewielkich obszarów na terenach płaskich.
2. Linie pomiarowe służące do pomiaru metodą ortogonalną opiera się o punkty osnowy sytuacyjnej lub punkty osnow wyższych rzędów, a także o punkty na prostej między punktami osnow. Linie te (także boki osnowy, wykorzystywane jako linie pomiarowe) przetycza się instrumentem kątomierzem o powiększeniu co najmniej 16 razy, przez wyznaczenie punktów pośrednich w odstępach 50-100 m, zależnie od grupy dokładności mierzonych szczegółów terenowych. Punkty końcowe i pośrednie linii pomiarowej oznacza się nietrwale.
 3. Długości linii pomiarowych nie powinny być większe:
 - na terenach zurbanizowanych od 250 m,
 - na terenach rolnych i leśnych od 400 m.
 4. Długość linii pomiarowej powinna być mierzona dwukrotnie:
 - 1) w tym przynajmniej raz przy zastosowaniu metody użytej do pomiaru długości osnowy sytuacyjnej, a wynik tego pomiaru nie powinien się różnić od długości obliczonej ze współrzędnych punktów oparcia linii pomiarowej więcej niż $f_L=0,07 \text{ m}+50 \text{ mm/km}$; dla długości linii równej 200 m $f_L=0,08 \text{ m}$, dla 600 m - $f_L=0,10 \text{ m}$;
 - 2) przy pomiarze punktów metodą domiarów prostokątnych - nie powinien się różnić od wyniku pomiaru pierwszego więcej niż $2f_L$.
 5. W przypadku, gdy na linię będą mierzone wyłącznie punkty obiektów II i III grupy dokładności, dopuszcza się oparcie linii o trwale stabilizowane punkty I grupy dokładności, których położenie zostało jednoznacznie zidentyfikowane.
 6. Linie pomiarowe można przedłużyć poza jej punkty końcowe, tyżąc przedłużenie instrumentem kątomierzem w dwu położeniach koła pionowego; przedłużenie nie może być dłuższe od (zarazem) jednej trzeciej długości linii i 200 m.
 7. Do wyznaczenia spodka prostopadłej opuszczonej na linię pomiarową używać należy sprawdzonej węgielnicy dwupryzmatycznej, do pomiaru odcinków – sprawdzonych przymiarów (taśmy 20-50 metrowej).
 8. Dopuszczalne długości prostopadłej i dokładności odczytów odcinków są zależne od grupy dokładności szczegółów terenowych zgodnie z tablicą:

Grupa dokładności	Prostopadła (domiar, rzędna) \leq	Dokładność odczytu
I	25 m	0,01 m
II	50 m	0,05 m
III	70 m	0,10 m

9. Pomiar punktów I grupy dokładności musi być uzupełniony pomiarem sprawdzającym: pomiarem czołówek, pomiarem przeciwprostokątnych, pomiarem odległości do punktów przecięć konturów lub ich przedłużeń z liniami pomiarowymi, pomiarem odległości od innych szczegółów terenowych lub pomiarem z innej linii pomiarowej.
10. Przy pomiarze punktów II i III grupy dokładności dopuszczalne długości prostopadłej mogą zostać przekroczone o 50%, pod warunkiem wykonania pomiaru sprawdzającego, o którym mowa w ust. 9.

§ 17 Pomiar metodą wcięć

1. Dobór jednego ze sposobów wykonania pomiaru metodą wcięć, tj. wcięcia kąowego, liniowego lub kąowo-liniowego w przód lub wstecz, uzależniony jest od usytuowania szczegółów terenowych względem punktów osnowy poziomej lub linii pomiarowych oraz od charakteru terenu.
2. Do prawidłowego wyznaczenia punktu wcięciem konieczne jest, aby kąt przecięcia prostych wyznaczających (obrazujących miejsca geometryczne obserwacji) zawierał się w granicach 50-150^o, a stosunek długości odcinków wyznaczających nie był większy niż 4:1.
3. Pomiar metodą wcięć wykonuje się narzędziami spełniającymi warunki jak dla pomiaru metodą biegunową.
4. Pomiar szczegółów terenowych I grupy dokładności musi być uzupełniony pomiarem sprawdzającym: pomiarem co najmniej jednego elementu nadliczbowego wcięcia, pomiarem odległości między wcięzonymi punktami, pomiarem czołówek, pomiarem odległości do punktów przecięć konturów lub ich przedłużeń z bokami osnowy lub pomiarem odległości od innych szczegółów terenowych I grupy dokładności.
5. Błąd położenia punktu wyznaczonego wcięciem kąowym w przód oblicza się wg wzoru:

$$m_p = \pm \frac{cm}{\sin^2(\alpha + \beta)} \sqrt{\sin^2 \beta + \sin^2 \alpha}$$

gdzie:

- c – odległość pomiędzy punktami osnowy,
- m – błąd pomiaru kątów (w mierze łukowej),
- α, β – kąty pomierzone na dwóch punktach osnowy do punktu wyznaczonego.

6. Błąd położenia punktu wyznaczonego wcięciem liniowym oblicza się wg wzoru:

$$m_p = \pm \frac{1}{\sin(\alpha + \beta)} \sqrt{m_a^2 + m_b^2}$$

gdzie:

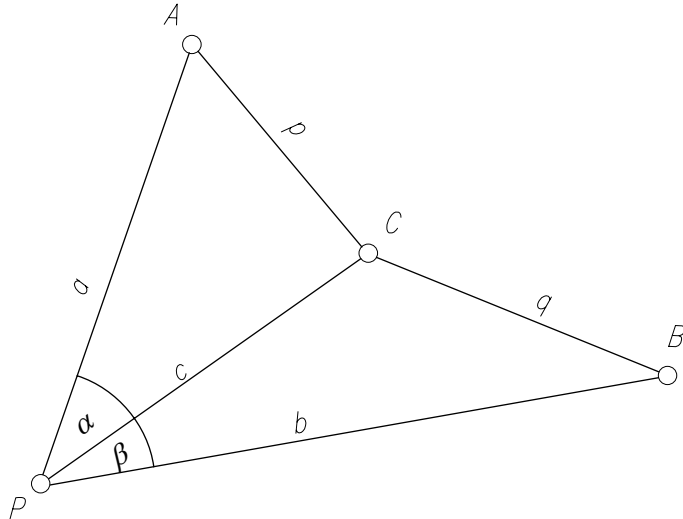
- α, β – kąty na punktach osnowy (obliczone z wzorów połówkowych lub ze współrzędnych),
- m_a i m_b – błędy średnie odległości pomierzonych między punktem wyznaczonym a punktami osnowy.

7. Błąd położenia punktu wyznaczonego wcięciem wstecz oblicza się wg wzoru:

$$m_p = \pm \frac{m \sqrt{q^2 a^2 + p^2 b^2}}{|\sin \alpha (b + c \cos \beta) + \sin \beta (a + c \cos \alpha)|}$$

gdzie:

- m – błąd pomiaru kątów (w mierze łukowej),
- p i q – odległości pomiędzy punktami osnowy,
- a, b, c – odległości między punktami osnowy i punktem wyznaczonym (obliczone ze współrzędnych),
- α, β – kąty pomierzone na punkcie wyznaczonym.



Rozdział 4. Pomiarowa osnowa wysokościowa

§ 18 Opracowanie projektu

1. Na podstawie wyników analizy materiałów i wywiadu terenowego opracowuje się (w formie szkicu przeglądowego) projekt pomiarowej osnowy wysokościowej, niezbędnej do oparcia konkretnego pomiaru wysokościowego.
2. Pomiarową osnowę wysokościową, zakładaną metodą niwelacji geometrycznej lub metodą niwelacji trygonometrycznej (tachimetrem elektronicznym), projektuje się w postaci ciągów, nawiązanych do osnowy wysokościowej co najmniej IV klasy, bez podziału na rzędy, jako sieć jednorodną wyrównywaną ściśle.
3. Istniejące w terenie ciągi niwelacyjne włączają się do nowozakładanej osnowy i ponownie wyrównuje, jeśli wynikający z technologii pomiaru i długości błąd średni wysokości punktu środkowego $m_H \leq 0,05$ m.
4. Długość odcinków między sąsiednimi punktami wzdłuż ciągu zależy od potrzeb terenowych, a na ciągach dowiązujących sieć, nie służących bezpośrednio pomiarowi terenowemu, długości te nie powinny przekraczać 1500 m.
5. Nie dopuszcza się stosowania ciągów jednostronnie nawiązanych.

§ 19 Stabilizacja punktów

1. W terenach o znacznym zainwestowaniu, punkty pomiarowej osnowy wysokościowej stabilizuje się trwale lub wykorzystuje się istniejącą w terenie trwałą stabilizację innych punktów, w obu wypadkach sporządzając opisy topograficzne.
2. Do oznakowania punktów pomiarowej osnowy wysokościowej stosuje się paliki drewniane (z wbitym gwoździem), rurki żelazne, bolce lub trzpień żelazny (wbite w nawierzchnię), a także oznaczone farbą znaki na trwałych szczegółach terenowych.
3. Na terenach niezabudowanych, jako reper roboczy może być zastosowany pal drewniany o długości 1 m i średnicy 0,1 m, w którego górny koniec wbity jest gwoździec, a w dolnej części pala przymocowana jest na zaciós poprzeczka drewniana. Pal wkopuje się w ziemię tak, aby dolny jego koniec opierał się na nienaruszonej kopaniem ziemi, a znak wysokości (główka gwoźdźca) znajdował się na poziomie terenu lub do 0,1 m nad nim, w zależności od usytuowania reperu. W razie potrzeby osadza się znaki w formie słupa z betonu z bolcem żelaznym.
4. Jako znaki ściennie stosuje się:
 - trzpień lub hak żelazny, kuty, o długości 10–15 cm i średnicy około 1 cm, wbity w ścianę budynku, tak aby wystawał ze ściany na odległość umożliwiającą pionowe ustawienie łaty,
 - nowe formy znaków ściennych, metalowych lub z tworzyw sztucznych, wstrzeliwane bolce, spełniające wymogi dokładności i trwałości w określonym czasie.

§ 20 Pomiar

1. Pomiar ciągów wysokościowych osnowy pomiarowej wykonuje się w dwu kierunkach: głównym i powrotnym.
2. Stosowane do pomiaru narzędzia powinny zapewnić osiągnięcie średniego błędu pomiaru różnic wysokości $m_{dH} \leq 20$ mm/km, tj. różnice δ między wynikami pomiarów w obu kierunkach powinny spełniać warunek $\delta \leq 0,04\sqrt{L}$ m, gdzie: L – długość przęsła lub ciągu w km.
3. Niwelację geometryczną na stanowisku wykonuje się dwukrotnie, ze zmianą wysokości osi celowej, według schematu: wstecz, w przód – zmiana wysokości - w przód, wstecz. Różnica na stanowisku między wynikami tych pomiarów $d_h \leq 0,004$ m. Długość celowej nie może przekroczyć 50 m; dopuszcza się wydłużenie przy przekraczaniu przeszkód wodnych lub terenów grząskich; należy wtedy pomiar wykonany zgodnie z ust. 3 powtórzyć i uwzględnić odpowiednią średnią. Przy przekraczaniu przeszkód wybór stanowisk niwelatora powinien zapewnić symetrię nierówności długości celowych. Różnica d_h może wówczas przekroczyć 0,004 m.
4. Przy niwelacji trygonometrycznej należy zachować następujące warunki:
 - błąd średni pomiaru odległości $\leq 0,01$ m,
 - błąd średni pomiaru kąta pionowego $\leq 6''$ ($20''$),
 - kąty pionowe należy mierzyć w dwóch seriach,
 - długości celowych ≤ 100 m,

- błąd średni pomiaru wysokości instrumentu $\leq 0,002$ m,
 - błąd średni pomiaru wysokości tarczy celowniczej zwierciadła $\leq 0,002$ m.
- Różnica przewyższeń między sąsiednimi punktami ciągu, otrzymanych z dwustronnych obserwacji nie powinna przekroczyć $\leq 0,004$ m.

§ 21 Opracowanie wyników pomiaru

1. Wyrównanie pomiarowej osnowy wysokościowej wykonuje się metodą najmniejszych kwadratów z określeniem błędów średnich wysokości punktów. Wysokość punktów nawiazania przyjmuje się za bezbłędne. Wagi do poszczególnych ciągów przyjmuje się jako odwrotnie proporcjonalne do długości.
2. Błąd średni wysokości m_H najmniej dokładnego punktu pomiarowej osnowy wysokościowej nie może przekroczyć 0,05 m.
3. Wysokości punktów wykazuje się z dokładnością zapisu 0,01 m.

§ 22 Osnowa dwufunkcyjna

1. Pomiarowa osnowa dwufunkcyjna, zwana też osnową sytuacyjno-wysokościową, zakładana jest, aby służyła zarówno pomiarom sytuacyjnym jak i pomiarom wysokościowym lub jednoczesnemu pomiarowi sytuacyjno-wysokościowemu.
2. Osnowa sytuacyjno-wysokościowa musi spełniać warunki, co do sposobu projektowania, stabilizacji, pomiaru i wyrównania przypisane zarazem do osnowy pomiarowej poziomej i wysokościowej. Dotyczy to także osnowy do niwelacji powierzchniowej (geometrycznej i tachimetrycznej) oraz niwelacji profilami.

Rozdział 5. Pomiar wysokościowy

§ 23 Przedmiot pomiaru

1. Przedmiotem pomiaru wysokościowego są następujące elementy uszeregowane wg ich charakteru i treści mapy zasadniczej:
 - 1) naziemne:
 - charakterystyczne punkty powierzchni terenu, w oparciu o które rzeźba terenu przedstawiona zostanie na mapie warstwicami,
 - wybrane punkty powierzchni terenu w przypadku przedstawienia na mapie rzeźby terenu w postaci opisu rzędnych wysokości tych punktów,
 - naturalne i sztuczne formy ukształtowania terenu,
 - przekroje poprzeczne ulic i dróg urządzonych,
 - elementy naziemne podziemnego uzbrojenia terenu;
 - 2) podziemne:
 - górne krawędzie włączów i dna studzienek kanalizacyjnych oraz wloty i wyloty kanałów lub przykanalików w ich najniższych punktach,
 - osie przewodów wodociągowych, gazowych i ciepłych bez obudowy,
 - wierzchy i dna kanałów oraz dna komór i studni sieci ciepłej, teletechnicznej i elektroenergetycznej,

- górne krawędzie (powłoki) lub wierzchy rur ochronnych kabli doziemnych,
 - załamania przewodów (osi) pionowe i poziome.
2. Przedmiotem pomiaru wysokościowego mogą być także inne elementy szczegółów terenowych, ustalone w warunkach technicznych ze zleceńodawcą.

§ 24 Zasady ogólne

1. Pomiar wysokościowy wykonuje się w oparciu o osnowę wysokościową z taką dokładnością, aby błąd średni określenia wysokości mierzonego punktu nie przekroczył wartości podanych w poniższych tablicach:
- dla obiektów:

Rodzaj obiektów	Błąd średni wysokości punktów
1) Budowle urządzenia techniczne o konstrukcji trwałej, 2) Obiekty uzbrojenia terenu: a) naziemne, b) podziemne: sztywne inwentaryzowane przed zasypaniem	$\pm 0,01$ m
3) Budowle i urządzenia techniczne ziemne, 4) Obiekty uzbrojenia terenu podziemne: elastyczne lub mierzone elektromagnetycznie.	$\pm 0,10$ m

(o ile dokładność identyfikacji punktów nie przekracza odpowiednio $\pm 0,005$ m i $\pm 0,05$ m),

- dla punktów powierzchni terenu (pikiet):

Nachylenie terenu		Błąd średni wysokości pikiet
Kąt nachylenia	Δh na odcinku 100 m	
$< 2^\circ$	$< 3,5$ m	$\pm 0,10$ m
$2^\circ - 6^\circ$	$3,5 - 10,5$ m	$\pm 0,20$ m
$> 6^\circ$	$> 10,5$ m	$\pm 0,50$ m

Błąd średni warstwic nie powinien przekroczyć wielkości:

- 1/3 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu do 2° ,
 - 2/3 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu od 2° do 6° ,
 - 3/3 zasadniczego cięcia warstwicowego dla terenów o nachyleniu większym od 6° .
2. Położenie poziome punktów obiektów określa się zgodnie z wymaganiami przypisanymi grupie dokładności, do której obiekty te przynależą, natomiast pikiety określa się z błędem położenia $\leq 0,5$ m.
3. Kontrolę pomiaru wysokości punktów zapewnia się poprzez:

- pomiar w ciągu obustronnie nawiązanym,
- dwukrotne wyznaczenie wysokości punktów pośrednich w ciągach wysokościowych, poprzez pomiar przy użyciu łąt rewersyjnych lub pomiar przy różnych wysokościach niwelatora w przypadku stosowaniu łąt z pojedynczym podziałem,
- dodatkowy pomiar kąta pionowego,
- pomiar przy różnej wysokości instrumentu.

Jako wartości wynikowe przyjmuje się wartości średnie. Dwukrotny pomiar tego samego elementu jest poprawny, gdy bezwzględna wartość różnicy jest mniejsza od błędu średniego. W sieciach dla 30% liczby elementów różnice te mogą być większe od błędu średniego, lecz nie powinny przekraczać dwukrotnej jego wartości.

4. Pomiar ukształtowania terenu, w zależności od celu jakiemu ma służyć wykonuje się metodami:
 - niwelacji siatkowej,
 - niwelacji profilów,
 - niwelacji punktów rozproszonych,
 - tachimetrii.
5. Pikiety rozmieszcza się w odstępach ≤ 50 m, w miejscach charakterystycznych dla konfiguracji terenu, a w szczególności:
 - na szczytach, siodłach i najniższych miejscach form,
 - na górnych i dolnych krawędziach zboczy,
 - na liniach szkieletowych (grzbietowych i ściekowych), a szczególnie w miejscach załamania ich profilów.

Dla powierzchni, których układ przestrzenny powstał w wyniku działalności gospodarczej człowieka (budowle ziemne, tereny rozkopane), pikiety należy rozmieszczać w taki sposób, aby charakteryzowały:

- układ przestrzenny i krawędzie płaszczyzn utworu regularnego,
- naturalną powierzchnię terenu, która nie uległa zmianie.

§ 25 Niwelacja siatkowa

1. Niwelacja siatkowa polega na określeniu metodą niwelacji geometrycznej rzędnych wysokości pikiet, stanowiących wierzchołki wyznaczonych w terenie regularnych figur geometrycznych oraz pikiet dodatkowych położonych wewnątrz tych figur.
2. Niwelacją siatkową stosuje się na terenach płaskich i niezabudowanych w przypadkach, gdy potrzebne jest regularne rozmieszczenie punktów wysokościowych na mierzonym terenie. Mapy opracowane na podstawie pomiaru tym sposobem służą do projektowania i budowy lub też do obliczania mas ziemnych. Rzeźbę terenu opracowaną na podstawie pomiaru niwelacji siatkowej przedstawia się w zależności od potrzeb, w formie warstwic lub rzędnych wysokości terenu.
3. Siatkę projektuje się w postaci figury (figur) podstawowych zawierających całkowitą ilość figur zapełniających (oczek siatki). Wielkość figury podstawowej i jej kształt (kwadrat, prostokąt) uzależnione są od wielkości obszaru podlegającego pomiarowi, od celu dla którego wykonywana jest niwelacja oraz od rzeźby terenu.

4. Projekt siatki sporządza się w formie szkicu przeglądowego, na którym uwidacznia się:
 - wierzchołki figur podstawowych oraz repery robocze, jeżeli w pobliżu nie ma punktów osnowy wysokościowej,
 - sposób nawiązania wierzchołków figur podstawowych do osnowy poziomej,
 - projektowaną sieć ciągów niwelacyjnych z zaznaczeniem nawiązania do osnowy wysokościowej.

Przy ustalaniu wielkości figur wypełniających należy kierować się zasadą, aby powierzchnia terenu objęta jedną figurą wypełniającą była zbliżona do płaszczyzny, a długość boku nie przekraczała 100 m.
5. Siatki wytycza się na podstawie projektu. Na bokach figur podstawowych wyznacza się wierzchołki figur wypełniających. Pozostałe wierzchołki figur wypełniających wyznacza się jako punkty przecięcia prostych równoległych do boków figur podstawowych, z błędem nie większym niż 0,5 m.
6. Wierzchołki figur podstawowych oznacza się w terenie palikami o wymiarach 5x5x40 cm z wbitym gwoździem o wystającej główce, osadzonym równo z terenem. Obok umieszcza się dodatkowe paliki (świadki), wystające 15–20 cm ponad teren i opisane numerem punktu.

Wierzchołki figur wypełniających oznacza się w terenie palikami, wystającymi 15–20 cm ponad teren dla ustawienia łąty obok nich na powierzchni terenu; paliki te opisuje się numerem punktu.

Numerację wierzchołków podstawowych i wypełniających można przyjąć jako porządkową (kolejną) lub w pasy i słupy.
7. Wysokości reperów roboczych oraz wierzchołków figur podstawowych wyznacza się według zasad obowiązujących przy wyznaczaniu wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej.
8. Niwelację wierzchołków figur wypełniających nawiązują się do punktów osnowy wysokościowej, założonych reperów roboczych lub wierzchołków figur podstawowych, przestrzegając aby:
 - ciągi niwelacyjne były dowiązane obustronnie,
 - długości celowych nie przekraczały 80 m.

Na danym stanowisku należy zaniwelować w pierwszej kolejności punkty nawiązania wysokości, następnie pozostałe wierzchołki figur wypełniających i pikiety dodatkowe. Niwelację ciągów należy wykonać dwukrotnie, a w przypadku niwelacji przy użyciu łąt rewersyjnych lub ze zmianą wysokości niwelatora – jednokrotnie
9. Odchyłka nawiązania ciągu służącego do określenia wysokości wierzchołków figur wypełniających nie powinna przekroczyć $0,03\sqrt{L}$ m, gdzie L – długość ciągu w km.

§ 26 Niwelacja profilów

1. Niwelacja profilów polega na określeniu rzędnych wysokości pikiet niwelacją geometryczną, trygonometryczną lub tachymetryczną usytuowanych wzdłuż osi mierzonego obszaru (profilu podłużnego) i profilów poprzecznych.
2. Niwelację profilów stosuje się w szczególności przy pomiarze obszarów wydłużonych dla celów studialnych i projektowych, do projektowania tras komunikacyjnych, lądowych i wodnych oraz innych tras inżynierskich.

3. Dokładność tyczenia profilów i ich niwelacji określają warunki techniczne związane z celem dla których profile są zakładane, jednak zaleca się, aby spełnione były następujące warunki:
 - odległość między profilami poprzecznymi ≤ 100 m,
 - odległość między pikietami na profilu podłużnym ≤ 50 m,
 - odległość między pikietami na profilu poprzecznym ≤ 25 m,
 - błąd średni określenia wysokości pikiety zgodnie z § 24 ust. 1.
4. Profil podłużny wyznacza się wzdłuż osi trasy, natomiast profile poprzeczne - prostopadle do niego, stosownie do ukształtowania terenu i celu pracy. Kierunek profilu poprzecznego wyznacza się węgielnicą dla długości profilu do 50 m, przy dłuższym profilu – instrumentem zaopatrzone w koło poziome.
5. Punkty na załamaniach i skrzyżowaniach profilów oznacza się palikami, w sposób opisany w § 25 ust. 6. Na terenach utwardzonych stosuje się bolce żelazne o średnicy około 10 mm i długości 10–15 cm z czopem wystającym około 1 cm nad powierzchnię terenu, dla prawidłowego ustawienia łąty.
6. Położenie poziome pikiet na profilu podłużnym należy zamierzyć od punktu załamania tego profilu, a na profilu poprzecznym - od punktu skrzyżowania z profilem podłużnym, z dokładnością 0,1 m.
Położenie poziome pikiet nie leżących na profilach wyznacza się z dokładnością 0,5 m.
7. Zaleca się, aby przez punkty załamania profilu podłużnego przebiegał ciąg osnowy sytuacyjno-wysokościowej lub punkty te pomierzone były z dokładnością szczegółów I grupy.
8. Punkty główne profilu podłużnego (załamania trasy) należy numerować kolejno od „W₁” do „W_n”, począwszy od początku trasy.
Każdy punkt profilu podłużnego opisuje się liczbą w postaci ułamka, w liczniku podaje się pełne kilometry liczone od początku trasy, a w mianowniku – odległości w danym kilometrze.
Pikiety na profilach poprzecznych opisuje się literą „l” lub „p” (wskazującą po której stronie profilu podłużnego punkt się znajduje) oraz odległość od profilu podłużnego.
9. W czasie wykonywania pomiarów sporządza się szkice polowe, na których wykazuje się:
 - stanowiska instrumentu i ich oznaczenia,
 - kierunki orientujące instrument,
 - wszystkie pikiety z ich oznaczeniami,
 - wyraźne kierunki spadów między pikietami oznaczone strzałkami.W przypadku wykorzystania do pomiaru istniejącego podkładu mapowego, szkic polowy można prowadzić na tym podkładzie.
10. Po wykonaniu wyrównania ciągu osnowy sytuacyjno-wysokościowej, wpisuje się do dziennika niwelacyjnego obliczone wysokości stanowisk z dokładnością 0,01 m. Wysokości pikiet oblicza się dwukrotnie.
11. Na podstawie obliczonych wysokości wykreśla się profil podłużny terenu oraz profile poprzeczne. Skala długości profilu może być 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 w zależności od potrzeb. Skala wysokości jest zwykle dziesięciokrotnie większa niż skala długości, w celu lepszego uwydatnienia spadków i różnic wysokości oraz dokładniejszego graficznego określenia wysokości punktów.

§ 27 Niwelacja punktów rozproszonych

1. Niwelacja punktów rozproszonych polega na określeniu rzędnych wysokości pikiet i punktów sytuacyjnych niwelacją geometryczną w przód przy równoczesnym wyznaczeniu ich położenia poziomego metodą biegunową.
2. Przy wyznaczeniu rzędnych wysokości niwelowanych punktów, których błędy średnie wysokości nie mogą przekroczyć:
 - 1) $\pm 0,01$ m – położenie osi celowej niwelatora nad stanowiskiem należy wyznaczyć z dokładnością $\pm 0,003$ m, a długość celowej nie może przekroczyć 100 m;
 - 2) $\pm 0,10$ m – położenie osi celowej niwelatora nad stanowiskiem należy wyznaczyć z dokładnością $\pm 0,01$ m, a długość celowej nie może przekroczyć 150 m.
3. Niwelację punktów rozproszonych stosuje się w przypadku pomiaru wysokościowego elementów szczegółów terenowych, ukształtowania terenu o niewielkich spadkach i urozmaiconym ukształtowaniu, gdy rzeźbę przedstawia się za pomocą zasadniczego cięcia warstwicowego o wartości 0,25 m.
4. Stanowiskami pomiarowymi mogą być:
 - 1) punkty co najmniej pomiarowej osnowy sytuacyjno-wysokościowej;
 - 2) punkty co najmniej pomiarowej osnowy wysokościowej, z tym, że - w przypadku pomiaru wysokości pikiet – powinno być znane ich położenie poziome, określone na podstawie identyfikacji na mapie lub pomiaru bezpośredniego, z dokładnością $m_p \leq 0,2$ m.
5. Wysokość niwelatora (położenie osi celowej lunety) określa się w następujący sposób:
 - 1) przy pomiarze wysokości punktów, które należy określić z dokładnością $\pm 0,01$ m – wysokość niwelatora i określa się niwelatorem przez wykonanie odczytu p na łacie ustawionej w dowolnie obranym punkcie, w pobliżu stanowiska (około 10 m), oraz pomiar różnicy wysokości h między stanowiskiem a obranym punktem metodą niwelacji geometrycznej ze środka. Wysokość niwelatora oblicza się wg wzoru:
$$i = p + h$$
i zapisuje się w dzienniku z dokładnością 0,001 m;
 - 2) przy pomiarze wysokości punktów, które należy określić z dokładnością $\pm 0,10$ m, wysokość niwelatora mierzy się łatą lub ruletką z dokładnością 0,01 m.
6. Na stanowisku pomiarowym mierzy się:
 - wysokość instrumentu,
 - kierunki orientujące na dwa punkty sąsiednie (odczyty koła poziomego oraz łaty wg kreski górnej g dolnej d i środkowej s); w przypadku wykorzystania punktów terenowych zidentyfikowanych na mapie jako stanowisko niwelatora i punkt orientacji – odległość między tymi punktami nie może być mniejsza od maksymalnej odległości do pikiety mierzonej z danego stanowiska,
 - pikiety - w sposób ciągły dla całego mierzonego obszaru; zgodność numeracji pikiet w dzienniku pomiarowym i na szkicu polowym należy sprawdzać, co około 10 pikiet w przypadku wątpliwości i po zakończeniu pomiaru na stanowisku.

Poprawność wykonania odczytów kresek na łacie sprawdza się według wzoru

$s = (g+d)/2$; różnica nie powinna przekroczyć wartości:

- przy celowych o długości do 100 m – $\pm 0,003$ m,
- przy celowych o długości do 150 m – $\pm 0,005$ m.

Pomiar należy zakończyć sprawdzeniem orientacji co najmniej na 1 punkt sąsiedni oraz pomierzyć kilka punktów z poprzedniego stanowiska.

7. Przy pomiarze wysokościowym punktów, których położenie sytuacyjne zostało określone innymi metodami, można pominąć pomiar kąta poziomego, natomiast odczyty nitki górnej i dolnej na łacie są obowiązkowym elementem kontrolnym.
8. W czasie pomiaru sporządza się szkic polowy, na którym wykazuje się:
 - stanowiska i punkty orientacji wraz z ich oznaczeniami,
 - kierunki orientacji na stanowisku,
 - pikiety i punkty sytuacyjne z ich oznaczeniami,
 - linie łączące pikiety, służące do interpolacji,
 - kierunki spadów terenu między pikietami oznaczone strzałkami, ponadto w terenach o silnie rozwiniętej rzeźbie – linie szkieletowe lub przybliżony przebieg warstwic,
 - wybrane szczegóły terenowe dla lepszego zobrazowania położenia mierzonych punktów.
9. W miarę postępu pomiaru sporządza się szkic przeglądowy, wykazując na nim:
 - punkty osnowy poziomej i wysokościowej,
 - przebieg ciągów niwelacyjnych,
 - kierunki nawiązania,
 - numery szkiców polowych.

Dopuszcza się sporządzanie szkiców przeglądowych z pomiaru wysokościowego na kopiach szkiców przeglądowych osnowy pomiarowej lub na kopiach map sytuacyjnych.

10. Wysokości punktów wykazuje się z dokładnością zapisu 0,01 m, natomiast odległości – z dokładnością 0,1 m.

§ 28 Tachimetria klasyczna

1. Tachimetria klasyczna jest metodą biegunową pomiaru sytuacyjno-wysokościowego polegającą na pomiarze kąta poziomego, kąta pochylenia celowej instrumentu i odczytu odcinka na łacie, przy użyciu klasycznego tachimetru kreskowego (nitkowego) lub autoredukcyjnego jednoobrazowego.
2. Tachimetrię klasyczną stosuje się do:
 - określenia rzędnych wysokości punktów budowli i urządzeń technicznych oraz podziemnych obiektów uzbrojenia terenu: elastycznych lub mierzonych elektromagnetycznie,
 - określenia poziomego położenia i wysokości pikiet,
 - określenia poziomego położenia szczegółów sytuacyjnych III grupy dokładności.
3. Pomiar tachimetryczny wykonuje się w oparciu o punkty co najmniej pomiarowej osnowy sytuacyjnej i wysokościowej.
4. Przed przystąpieniem do pomiaru wyznacza się (sprawdza) stałe dalmierza: mnożenia i dodawania.

5. Na stanowisku pomiarowym przed przystąpieniem do pomiaru wyznacza się i zapisuje w dzienniku:
 - wysokość osi obrotu lunety,
 - kierunki orientujące na dwa sąsiednie stanowiska lub kierunki na punkty sytuacyjne dające się ustalić na mapie,
 - miejsce zera na kole pionowym,
 - położenie koła, przy którym ma być wykonany pomiar.
 Przy pomiarze odczytuje się i rejestruje wielkości pozwalające określić: kierunek, odległość i przewyższenie. Długości celowych nie powinny przekraczać 150 m.
6. Po wykonaniu pomiaru tachimetrycznego oblicza się:
 - wysokości punktów,
 - zredukowane odległości.
 Wysokości i odległości wykazuje się z dokładnością zapisu 0,1 m.

§ 29 Tachimetria dokładna

1. Tachimetria dokładna polega na pomiarze wysokościowym metodą niwelacji trygonometrycznej oraz pomiarze sytuacyjnym metodą biegunową, tachimetrem elektronicznym lub teodolitem z dalmierzem elektrooptycznym.
2. Przy pomiarze sytuacyjno-wysokościowym metodą tachimetrii dokładnej należy spełnić odpowiednio warunki pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową (podane w § 15) oraz trygonometrycznego pomiaru wysokości podane w poniższej tabelicy:

Błąd średni wysokości punktu ≤ (klasa dokładności pomiaru)	±0,01 m	±0,10 m
Błąd średni pomiaru odległości ≤	±0,01 m	±0,05 m
Błąd średni pomiaru kąta pionowego ≤	±10" (30 ^{cc})	±30" (90 ^{cc})
Liczba serii	2	1
Długość celowej	≤ 100 m	≤ 400 m
Błędy średnie pomiaru wysokości instrumentu i wysokości tarczy celowniczej zwierciadła ≤	±0,003 m	±0,01 m

3. Stanowiska pomiarowe obiera się na punktach co najmniej pomiarowej osnowy sytuacyjno-wysokościowej;
4. Na stanowisku mierzy się w pierwszej kolejności:
 - wysokość instrumentu,
 - wysokość zawieszenia tarczy celowniczej zwierciadła,
 - kierunki orientujące, odległości oraz kąty pionowe na co najmniej dwa punkty nawiązania,
 a następnie dla poszczególnych punktów mierzy się:
 - odległość,
 - kąt poziomy – dla określenia położenia poziomego,
 - kąt pionowy – dla określenia wysokości przy pochyłej osi celowej,

- odczyt z pionowej łąty niwelacyjnej – dla określenia wysokości przy poziomej osi celowej.

Po zakończeniu pomiaru na stanowisku oraz w trakcie pomiaru dużej liczby punktów z jednego stanowiska, należy sprawdzić kierunek na jeden z punktów nawiązania.

Dla punktów o klasie dokładności pomiaru wysokości $\pm 0,01$ m wykonuje się powtórny pomiar wszystkich danych służących do obliczenia wysokości – po zmianie wysokości instrumentu.

5. W przypadku niemożności ustawienia łąty, sygnału czy zwierciadła centrycznie na mierzonym punkcie, należy je ustawić na punkcie pomocniczym, położonym w najbliższej od niego odległości, na kierunku lub w punkcie rzutu na inną linię celowania. Następnie należy pomierzyć wielkość przesunięcia (ekscentru) i wprowadzić poprawki do wyników pomiaru.

W przypadku niemożności wykonania odczytu na stałej wysokości zawieszenia sygnału, poziomej łąty czy zwierciadła, zmianę tej wysokości należy pomierzyć i wprowadzić do obliczenia przewyższenia.

6. Przy pomiarze sytuacyjno-wysokościowym na szkicu polowym wykazuje się:
 - stanowiska pomiarowe i ich oznaczenia,
 - kierunki orientacji na stanowiskach,
 - szczegóły terenowe,
 - numerację mierzonych punktów,
 - bezpośrednio pomierzone elementy kontrolne,
 - pikiety,
 - linie łączące pikiety, ułatwiające interpolację warstwic, spadki, grzbiety, żleby itp.

Na szkicu przeglądowym wykazuje się:

- punkty osnowy poziomej i wysokościowej,
- przebieg ciągów sytuacyjno-wysokościowych,
- kierunki nawiązania,
- numery szkiców polowych.

7. Na podstawie pomierzonych wielkości oblicza się współrzędne prostokątne oraz wysokości punktów. Współrzędne prostokątne oraz wysokości punktów I grupy dokładności wykazuje się z dokładnością zapisu 0,01 m, natomiast II i III grupy dokładności – 0,1 m.
8. Dla długości celowych powyżej 300 m należy wprowadzić poprawkę ze względu na krzywiznę ziemi i refrakcję.
9. Dokładność pomiaru wysokościowego metodą niwelacji trygonometrycznej określa się wzorem :

$$m^2_{Hc} = m^2_{Hs} + m_i^2 + m_1^2 + (m_d \sin \alpha)^2 + (dm_\alpha \cos \alpha)^2 + \rho_{d\alpha} dm_d m_\alpha \sin 2\alpha$$

gdzie:

- m_{Hc} - błąd średni określenia rzędnej wysokościowej celu,
- m_{Hs} - błąd średni rzędnej wysokościowej stanowiska,
- m_i - błąd średni pomiaru wysokości instrumentu,
- m_1 - błąd średni pomiaru wysokości zawieszenia zwierciadła,

- m_d - błąd średni pomiaru długości celowej,
- m_α - błąd średni pomiaru kąta nachylenia celowej,
- d - długość celowej,
- α - kąt nachylenia celowej,
- $\rho_{d\alpha}$ - współczynnik korelacji zmiennych d i α , należy przyjąć jako 0,6.