

**DEPARTAMENT GEODEZJI**  
**GŁÓWNEGO URZĘDU GEODEZJI I KARTOGARFII**

W celu usprawnienia i ujednoczenia zakładania szczegółowej osnowy geodezyjnej zaleca się stosowanie wytycznych technicznych *G-2.5 Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna. Projektowanie, pomiar i opracowanie wyników.*

## Rozdział I. ZAŁOŻENIA OGÓLNE

### § 1

#### **Przedmiot i zakres wytycznych**

1. Wytyczne określają zasady projektowania, pomiaru i opracowania wyników szczegółowych osnów geodezyjnych:

- 1) poziomej II klasy,
- 2) poziomej III klasy,
- 3) dwufunkcyjnej,
- 4) wysokościowej III i IV klasy.

2. Wytyczne techniczne są dostosowane do wymagań instrukcji technicznej [G-2](#) *Szczegółowa pozioma i wysokościowa osnowa geodezyjna i przeliczenia współrzędnych między układami*.

### § 2

#### **Metody pomiaru**

1. Obecnie w zasadzie nie wykonuje się dogęszczenia powierzchniowego osnowy poziomej II klasy. Poszczególne punkty zakłada się w przypadkach:

- braku nawiązania przy projektowaniu osnowy poziomej III klasy,
- utraty punktów kierunkowych przez istniejące punkty II klasy,
- zagrożenia zniszczeniem istniejącego punktu przez inwestycje lub eksploatację kruszców (założenie punktu przeniesienia lub punktu zastępującego punkt zagrożony).

2. Położenie punktów osnowy poziomej II klasy określa się techniką satelitarną GPS lub, w uzasadnionych ekonomicznie i technicznie przypadkach, metodą klasyczną.

3. Położenie punktów osnowy poziomej III klasy określa się:

- 1) techniką satelitarną GPS,
- 2) metodą klasyczną (poligonową lub wcięć),
- 3) metodą fotogrametryczną.

4. Wysokości punktów III i IV klasy osnowy wysokościowej określa się metodą:

- 1) niwelacji geometrycznej,
- 2) techniką satelitarną GPS.

§ 3

**Analiza i ocena istniejących materiałów**

1. Przed przystąpieniem do opracowania projektu technicznego należy zebrać materiały dotyczące istniejących osnów poziomych i wysokościowych oraz dokonać ich analizy. W szczególności należy wykorzystać:

- opisy topograficzne punktów osnowy podstawowej i szczegółowej oraz wybranych punktów osnów niższych klas,
- wykazy współrzędnych, wysokości oraz inne informacje dotyczące punktów osnowy podstawowej i szczegółowej (wydruki z istniejących banków osnów - centralnego i lokalnych),
- mapy (szkice) przeglądowe sieci geodezyjnych,
- operaty pomiarowe oraz zbiory danych dotyczące sieci geodezyjnych.

2. Istniejący materiał obserwacyjny należy ocenić pod kątem możliwości wykorzystania do konstrukcji nowej sieci. Wykorzystaniu mogą podlegać tylko oryginalne (nie przetworzone) obserwacje, które będą poddane ponownym redukcjom i ocenom statystyczno-dokładnościowym (dla określenia wag obserwacji).

§ 4

**Badanie konstrukcji geometrycznej określającej położenie punktów osnowy poziomej**

1. Przy badaniu konstrukcji geometrycznej określającej położenie wyznaczanego punktu wykorzystuje się miejsca geometryczne prawdopodobnych położenia punktu. Punkt jest wyznaczony jednokrotnie przez przecięcie dwóch linii obrazujących te miejsca geometryczne.

Do prawidłowego wyznaczenia punktu konieczne jest, aby:

- 1) kąt przecięcia prostych wyznaczających spełniał warunek

$$50^{\circ} \leq \phi \leq 150^{\circ},$$

a stosunek długości odcinków wyznaczających nie był większy niż 3:1,

- 2) występowały co najmniej dwa niezależne wyznaczenia spełniające warunek, o którym mowa w p. 1.

Przy badaniu konstrukcji geometrycznej położenia punktów w grupie wielopunktowej lub w sieci powierzchniowej odcinki prostych wyznaczających wykorzystane do badania konstrukcji danego punktu nie mogą być wykorzystane do badania konstrukcji innych punktów sieci.

2. Przy zakładaniu osnowy poziomej II klasy techniką GPS wyznaczenie jednego przestrzennego wektora odpowiada pomiarowi kąta kierunkowego i długości boku, tzn. pomiar ten dostarcza dwóch elementów konstrukcji geometrycznej punktu. Do badania konstrukcji geometrycznej przyjmuje się, że w sesji wykonywanej przy użyciu n odbiorników GPS wyznacza się (n-1) niezależnych wektorów.

§ 5

**Inwentaryzacja istniejących punktów**

Przed podjęciem ostatecznej decyzji o modernizacji osnowy lub założeniu nowej sieci, należy dokonać inwentaryzacji istniejących punktów geodezyjnych, polegającej na sprawdzeniu:

- znaków geodezyjnych w aspekcie ich trwałości fizycznej i niezmienności położenia; w razie zniszczenia lub uszkodzenia znaku należy określić celowość ewentualnego jego wznowienia i ponownego wyznaczenia współrzędnych,
- aktualności informacji zawartych w opisach topograficznych punktów; w przypadku stwierdzenia zmian należy opisy zaktualizować lub sporządzić nowe,

- aktualności zawiadomień o umieszczeniu znaku; w przypadku stwierdzenia zmian należy sporządzić nowe zawiadomienie i przekazać właścicielowi lub władającemu,

- przydatności punktów do zastosowania określonej techniki pomiarowej (klasycznej lub GPS); należy sprawdzić wizury na punkty sąsiednie, a w przypadku techniki GPS - także czy horyzont wokół punktu powyżej 15° elewacji jest odkryty.

## § 6

### Założenia do projektu technicznego

1. Na podstawie wykonanej analizy istniejących materiałów i ewentualnie inwentaryzacji istniejących punktów opracowuje się założenia do projektu technicznego, w których ustala się:

- zasięg terytorialny projektowanej sieci,
- punkty nawiązania osnowy poziomej i wysokościowej,
- stopień zagęszczenia punktów sieci, w zależności od charakteru terenu,
- istniejące punkty niższych klas przewidziane do wykorzystania elementów stabilizacji lub lokalizacji, ewentualnie związania z punktem nowym,
- metodę pomiaru i obliczeń.

2. Dokumentacja założeń do projektu technicznego powinna zawierać:

- krótki opis założeń,
- materiały dotyczące istniejących punktów i obserwacji na obszarze objętym projektowaną siecią (zestawienia obserwacji, szkice, opisy topograficzne punktów nawiązania, punktów adaptowanych i punktów przewidzianych do związania),
- mapę założeń projektu technicznego, sporządzoną na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 lub 1:25 000,
- szkic założeń projektu technicznego sieci, zawierający punkty nawiązania oraz punkty, kąty, kierunki i długości przewidziane do włączenia do nowej sieci.

W przypadku zastosowania techniki GPS mapę założeń projektu technicznego dla terenów intensywnie zagospodarowanych opracowuje się na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:25 000, lub 1:50 000 dla terenów rolnych oraz nie wykonuje się szkicu założeń.

## § 7

### Wybór metody pomiaru

1. Osnowa pozioma II klasy może być zakładana jako:

- sieć kąto- liniowa zawierająca jedynie obserwacje klasyczne, w tym także obserwacje pochodzące z zasobów archiwalnych,
- sieć wektorowa GPS (wyróżnia się podklasy wyznaczanej osnowy, oznaczając je dodatkowo literą „s”: IIs lub IIIs),
- sieć mieszana (zintegrowana) zawierająca zarówno obserwacje klasyczne, jak i wektory GPS.

2. Wybór metody pomiaru jest jednym z elementów, który należy określić w projekcie technicznym. Wybór ten zależy od:

- możliwości finansowych,
- warunków lokalizacji i stabilizacji punktów (w przypadku pomiaru techniką GPS - możliwości niezakłóconego odbioru sygnałów satelitarnych),
- istniejącego stanu (zagęszczenia, stabilności i trwałości znaków geodezyjnych) osnów wyższych klas,
- szczególnych wymagań jakościowych związanych np. z przewidywanym zastosowaniem projektowanej sieci szczegółowej do specjalnych celów realizacyjnych (np. do obsługi budowy tras komunikacyjnych).

### Wywiad terenowy

1. Wywiad terenowy przeprowadza się w celu określenia optymalnego położenia każdego punktu sieci w terenie, zbadania wszystkich niezbędnych wizur, określenia kierunków i długości koniecznych do pomiaru, zapewniających prawidłową konstrukcję geometryczną sieci przy możliwie najmniejszym nakładzie kosztów i pracy w zależności od klasy zakładanej sieci i metody jej pomiaru.

2. Wywiad rozpoczyna się od dokładnego rozpoznania terenu pod kątem zadań omówionych w założeniach do projektu i uwidocznionych na mapie roboczej oraz wykonania przeglądu znaków geodezyjnych na punktach istniejących w terenie, tj.:

- na punktach wyższych klas przewidzianych jako punkty nawiązania,
- na punktach przewidzianych do adaptacji,
- na punktach niższych klas, które powinny być włączone do zakładanej sieci.

3. Punkty osnowy poziomej należy tak lokalizować, aby były:

- łatwo dostępne (dojazd),
- osadzone w stabilnym gruncie,
- nienarażone na zniszczenie,
- równomiernie rozmieszczone na opracowywanym terenie,
- łatwe do wykorzystania przy nawiązaniu osnów niższych klas.

Lokalizację projektowanego punktu należy przedstawić na opisie terenowym punktu po przeprowadzeniu wywiadu ([zał. 1](#)).

4. W ramach przeglądu punktów nawiązania należy:

- odszukać i zidentyfikować punkt na podstawie opisu topograficznego,
- sprawdzić miary do szczegółów terenowych,
- sprawdzić wizury na punkty sąsiednie lub na punkty kierunkowe,
- ocenić możliwość zastosowania techniki GPS,
- wyniki wykonanych prac udokumentować na opisie topograficznym.

5. W przypadku sieci zakładanych techniką GPS lokalizacja nowych punktów powinna umożliwiać niezakłócony odbiór sygnałów z satelitów. Najlepsze warunki do pomiaru zapewnia punkt, na którym horyzont jest odkryty powyżej  $15^\circ$ . Należy unikać lokalizowania punktów w pobliżu urządzeń wytwarzających silne pola elektro-magnetyczne (nadajniki RTV, linie przesyłowe wysokiego napięcia), a także w sąsiedztwie przeszkód powodujących wielotorowość (odbicia) sygnałów.

W przypadku braku możliwości zaprojektowania punktu w miejscu spełniającym powyższe warunki na opisie topograficznym należy umieścić wykres widoczności horyzontu z zaznaczonymi przeszkodami umieszczonymi na odpowiadającym im azymucie i z określonymi wysokościami wyrażonymi przez kąt pionowy ([zał. 2](#)).

6. Jeżeli na podstawie dostępnych materiałów nie można odszukać punktu przewidywanego do adaptacji lub stwierdzić jego zniszczenia, wówczas należy:

- na opisie topograficznym podać informację, że punktu nie odnaleziono oraz opisać sposób poszukiwania,
- w dogodnym miejscu w pobliżu zaprojektować nowy punkt,
- zalecić dalsze poszukiwanie punktu przewidywanego do adaptacji po wykonaniu obserwacji i uzyskaniu przybliżonych współrzędnych punktu nowego oraz wykonanie związania geodezyjnego obu punktów.

### Projekt techniczny sieci zakładanej metodą klasyczną

1. Projekt techniczny należy opracować na podstawie założeń do projektu, z uwzględnieniem zmian wynikających z wywiadu, a

dotyczących w szczególności stanu punktów nawiązania i ich przydatności dla planowanej metody pomiaru sieci.

2. Jako punkty nawiązania poziomego należy przyjmować punkty klasy I<sub>s</sub> lub I, w liczbie co najmniej 3, rozmieszczonych na zewnątrz obszaru określonego przez punkty wyznaczane. Przy dużej ilości punktów wyznaczanych przyjmuje się, że stosunek liczby punktów nawiązania, rozłożonych w miarę możliwości równomiernie na obszarze objętym projektowaną siecią, do punktów wyznaczanych powinien być równy lub większy niż 1:10.

3. Punkty powinny tworzyć prawidłową konstrukcję geometryczną (celowe łączące punkty powinny tworzyć trójkąty zbliżone do równobocznych).

4. Punkty nowe powinny mieć odpowiednią ilość elementów wyznaczających. Wskaźnik wyznaczalności (niezawodności), czyli stosunek elementów nadliczbowych do wszystkich elementów wyznaczających punkt, obliczony zgodnie z poniższym wzorem, powinien być nie mniejszy niż 0,6.

$$z = \frac{m - n}{m}$$

gdzie:

m - liczba wszystkich elementów wyznaczających punkt (lub wszystkich elementów pomierzonych w sieci)

n - liczba elementów koniecznych do wyznaczenia punktu (lub elementów koniecznych do rozwiązania sieci)

Dla całej sieci wskaźnik wyznaczalności (z) nie powinien być mniejszy niż 0,50. Zaleca się projektowanie pomiaru elementów dodatkowych, jeżeli nie pociąga to za sobą wzrostu kosztów założenia sieci (np. pomiar boku na obserwowanym i wymagającym sygnalizacji kierunku, obserwacja kierunku na budowlę stałą).

5. Wysokości punktów należy określić metodą niwelacji geometrycznej lub trygonometrycznej w obowiązującym układzie wysokości. Punkty mające wysokości wyznaczone metodą niwelacji geometrycznej powinny być równomiernie rozmieszczone w sieci.

6. Informacje dotyczące projektowanej sieci zawarte w opisie założeń do projektu należy uzupełnić o uzasadnienie ewentualnych odstępstw i wyniki badania wyznaczalności punktów sieci. Na mapie założeń do projektu należy przedstawić projektowane obserwacje.

7. Dokumentacja projektu technicznego obejmuje:

- opis projektu technicznego omawiający całość projektowanych prac z uzasadnieniem ewentualnych zmian w stosunku do założeń projektu,
- mapę projektu technicznego (mapę założeń do projektu technicznego po wywiadzie) obrazującą ostateczną konstrukcję sieci wykonaną na mapie w skali 1:25 000 ([zał. 3](#)),
- wyniki wstępnej analizy dokładności sieci.

## § 10

### Projekt techniczny sieci zakładanej techniką GPS

1. Przy projektowaniu sieci zakładanych techniką GPS obowiązują zalecenia podane w [§ 9](#) ust. 1, 2, 6 i 7.

2. W sieciach wyznaczanych techniką GPS nie jest wymagana widoczność między punktami połączonymi wektorem przewidzianym do obserwacji (z wyjątkiem punktów mających spełniać funkcję punktów kierunkowych).

3. Punktami kierunkowymi powinny być sąsiednie punkty II klasy położone w odpowiednich odległościach (omówione w [§ 25](#)) i o dobrej widoczności między nimi.

4. Kształt sieci nie ma tak dużego znaczenia jak przy pomiarach klasycznych. Do zbadania konstrukcji geometrycznej sieci przyjmuje się, że przestrzenny wektor GPS po przetworzeniu odpowiada pomiarowi kąta kierunkowego (azymutu) i długości boku, a więc dwóch elementów wyznaczających położenie punktu.

5. Wszystkie punkty powinny mieć określoną wysokość normalną w obowiązującym układzie odniesienia. Standardowo obliczenie wysokości wykonuje się przy wykorzystaniu numerycznego modelu geoidy. W tym celu należy wykonać obserwacje GPS na minimum 4 punktach o znanej wysokości normalnej, równomiernie rozmieszczonych na obszarze sieci. Jako punkty nawiązania wysokościowego można przyjmować ziemne znaki osnowy wysokościowej I - III klasy, możliwe do bezpośredniej obserwacji GPS. W przypadku braku takich punktów należy zaprojektować wyznaczenie wysokości dla wybranych punktów sieci poprzez wykonanie pomiaru niwelacji geometrycznej IV klasy od najbliższych punktów osnowy wysokościowej klas I - III.

### Stabilizacja punktów

1. Stabilizację punktów wykonuje się po zatwierdzeniu projektu technicznego.
  2. Punkty poziomych osnów szczegółowych II klasy oraz punkty przeniesienia, kierunkowe i ekscentryczne stabilizuje się znakami betonowymi lub kamiennymi. Znaki geodezyjne należy wykonywać zgodnie z zasadami podanymi w wytycznych technicznych [G-1.9 Katalog znaków geodezyjnych](#). Typ znaku i sposób stabilizacji zależy od rodzaju gruntu i lokalizacji punktu.
  3. Po osadzeniu znaku przekazuje się właścicielowi lub władającemu nieruchomością zawiadomienie o umieszczeniu znaku.
  4. W zależności od warunków terenowych, rodzaju i sposobu użytkowania gruntu punkty należy stabilizować w sposób następujący:
    - a) dwupoziomowo - znakiem typu [36a](#) lub [37](#) wg wytycznych technicznych [G-1.9 Katalog znaków geodezyjnych](#),
    - b) na budowach stałych lub skałach jednopoziomowe - znakiem typu [11b](#), względnie prętem lub nitem typu [12a](#) i [12f](#) (pręt lub nit powinny być wykonane ze stali kwasoodpornej lub mosiądzu). Znaki te powinny być zabetonowane tak, aby ich górna powierzchnia była pozioma.
  5. Punkty II klasy należy zabezpieczyć dwoma pobocznikami, tj. płytami betonowymi lub granitowymi o wymiarach 0,30x0,30x0,10 m, które osadza się na głębokości 0,60 m (górna powierzchnia pobocznika) w odległości 10 m po obu stronach centra wzdłuż linii prostej, na kierunku łączącym punkt z punktem kierunkowym lub innym punktem sieci. W przypadku lokalizacji punktu na budowlu stałej lub podłożu skalnym jako poboczniki można stosować bolce lub nity.
  6. Punkt przeniesienia współrzędnych powinien być zastabilizowany znakiem typu [36a](#) lub [37](#), a jeden lub oba końce baz podziemnie płytami o wymiarach 0,30x0,30x0,10 m (typ [25b](#)).
- Punkt przeniesienia należy zabezpieczyć pobocznikami tak, jak podano w ust. 5. Na terenach zurbanizowanych dopuszcza się stosowanie poboczników w postaci co najmniej 3 śrub metalowych (typ [10](#)).
7. Punkty kierunkowe stabilizuje się dwupoziomowo znakiem typu [36a](#) lub [37](#). Dla punktów kierunkowych nie zakłada się poboczników.
  8. Punkt ekscentryczny należy stabilizować płytą betonową o wymiarach 0,30x0,30x0,10 m (typ [25b](#)), którą osadza się na głębokości 0,60 m (górna powierzchnia pobocznika). Na budowach stałych punkt ekscentryczny stabilizuje się prętem metalowym z wrytym krzyżem.
  9. Zespoły znaków geodezyjnych punktów dawnych (adaptowanych), zastabilizowanych w sposób odmienny, niż przewidują aktualnie obowiązujące przepisy, należy uzupełnić. Znaki naziemne posiadające formę zbliżoną do znaków obecnie stosowanych pozostawia się bez wymiany. Znak podziemny o wymiarach mniejszych niż 0,30x0,30x0,10 m należy zastąpić płytą betonową o wymiarach 0,40x0,40x0,10 m z centrem ceramicznym, osadzoną na głębokości 1,0 m.
  10. Na punktach istniejących, adaptowanych do nowej sieci, należy sprawdzić i ewentualnie poprawić zgodność położenia znaku podziemnego z centrami pozostałych elementów zespołu znaków geodezyjnych. W przypadku rozbieżności większych niż 0,01 m należy na opisie topograficznym podać wartości pomierzone. Brakujące (zniszczone) elementy zespołu znaków należy uzupełnić lub wymienić.
  11. Przy stabilizacji dwupoziomowych zespołów znaków geodezyjnych płytą betonową znaku podziemnego o wymiarach 0,40x0,40x0,10 m z centrem ceramicznym, względnie z odciętym krzyżem, osadza się poziomo na wyrównanym dnie wykopu o nienaruszonej strukturze gruntu, tak aby jej dolna powierzchnia znajdowała się na głębokości 1,0 m od poziomu terenu i aby płyta nie mogła być przesunięta przy ustawianiu lub wyjmowaniu słupa. Krawędzie górnej powierzchni płyty należy skierować wzdłuż linii północ-południe. Słup ustawia się centrycznie na podsypce (około 0,1 m) tak, aby napis na głowicy żeliwnej można było czytać od strony południowej.

### Opis topograficzny

1. Po zakończeniu prac pomiarowych sporządza się opis topograficzny punktu ([zał. 4](#)), wykorzystując roboczy opis topograficzny wykonany w czasie wywiadu terenowego.
2. Na opisie topograficznym umieszcza się niżej wymienione informacje:
  - 1) W części adresowej formularza podaje się:

- oznaczenie arkusza mapy topograficznej w skali 1:10 000, na której położony jest znak centra punktu,
- numer punktu ustalony według zasad podanych w instrukcji technicznej [G-2](#) oraz poprzednie (archiwalne) numery punktu i oznaczenie klasy punktu,
- opis położenia - województwo, powiat, gmina, miejscowość,
- nazwę lub nazwisko właściciela (władającego) nieruchomości; jeśli punkt jest położony na granicy nieruchomości, należy podać dane dotyczące wszystkich właścicieli (władających).

2) Na szkicu sytuacyjnym oznacza się położenie punktu głównego (centra), punktu przeniesienia współrzędnych, poboczników, punktów kierunkowych, znaków - słupów rozpoznawczych oraz ekscentrów, związanych miarami ze szczegółami terenowymi, przestrzegając przy tym następujących zasad:

- szkic sytuacyjny sporządza się z zachowaniem przybliżonych proporcji w długościach i przybliżonej zgodności kierunków z mapą,
- kierunek północ-południe powinien być zgodny z boczną ramką formularza opisu topograficznego (północ na górze); w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się inne zorientowanie szkicu, wówczas kierunek północy należy oznaczyć strzałką,
- szkic sytuacyjny sporządza się z zachowaniem znaków umownych obowiązujących dla mapy zasadniczej,
- na szkicu uwidacznia się szczegóły terenowe przydatne do odnalezienia punktu i naniesienia go na mapę topograficzną w skali 1:25 000; przede wszystkim należy wykazać szczegóły terenowe I i II grupy dokładnościowej,
- przy wylotach dróg podaje się nazwy najbliższych miejscowości, względnie dróg wyższej klasy, do których naniesione drogi prowadzą; zaleca się umieszczanie co najmniej jednego skrzyżowania dróg, którego identyfikacja na mapie i w terenie nie następuje trudności,
- punkt należy nawiązać liniowo do trwałych szczegółów terenowych w sposób umożliwiający dwukrotne wyznaczenie jego położenia w terenie,
- linie pomiarowe należy rozpoczynać i kończyć na szczegółach terenowych zidentyfikowanych na mapie w skali 1:25 000, przy czym miary należy podawać z dokładnością 0,1 m,
- na szkicu umieszcza się również inne punkty osnowy geodezyjnej, znajdujące się w odległości do 300 m od punktu głównego (centra) w terenie otwartym, a w terenie zabudowanym najbliższe punkty osnowy mieszczące się w sytuacji objętej szkicem,
- słup rozpoznawczy przedstawia się na szkicu znakiem umownym i podaje odległość od punktu.

3) Ponadto na opisie topograficznym przedstawia się w rzucie pionowym i poziomym rozmieszczenie naziemnych i podziemnych znaków zespołu stabilizacji oraz następujące dane dotyczące poszczególnych znaków i ich położenia:

- rodzaj znaku, typ i wymiary,
- odległość górnej płaszczyzny każdego znaku od powierzchni terenu i od górnej powierzchni znaku naziemnego z dokładnością 0,01 m,
- wzajemną odległość między poszczególnymi znakami zespołu z dokładnością 0,01 m,
- jeżeli punkt został zlokalizowany na budowli stałej (wieży wodnej, kościele, budynku itp.), należy podać rodzaj i dokładny opis budowli, przedstawić jej wygląd w postaci rysunku lub fotografii, wskazując położenie punktu geodezyjnego; powyższe dotyczy także przypadku przyjęcia za punkt kierunkowy szczegółu na budowli stałej.

4) Opis topograficzny punktu musi zawierać:

- nazwisko, imię i podpis wykonawcy oraz datę sporządzenia,
- szkic przedstawiający rozmieszczenie wszystkich elementów zespołu znaków (punkty przeniesienia współrzędnych, punkty bazowe, punkty ekscentryczne oraz punkty kierunkowe) wraz z odległościami z dokładnością 0,01 m i kątami między nimi, uzyskanymi z bezpośredniego pomiaru,
- szkic wskazujący powiązania danego punktu z punktami widocznymi z ziemi: punktami na budowlach stałych oraz punktami sąsiednimi pary lub trójki punktów wyznaczanych techniką GPS, między którymi wykonano pomiar wektora,
- wykaz poboczników oraz innych znaków podziemnych i ich nawiązania kątowe do punktu kierunkowego z dokładnością 0,1<sup>g</sup>.



### 3. Opisy topograficzne punktów dawnych podlegają aktualizacji według następujących zasad:

- zmiany i uzupełnienia należy przedstawić na odbitce opisu topograficznego; w dolnej części opisu umieszcza się notatkę: zaktualizowano, nazwisko, imię i podpis wykonawcy oraz datę; zaleca się aby potwierdzenie danych i dokonane zmiany w opisie były wprowadzone kolorem czerwonym,
- w przypadku dużej ilości zmian należy sporządzić nowy opis topograficzny; w takiej sytuacji kopię dotychczasowego opisu przekreśla się i opatruje odpowiednią uwagą oraz datą i podpisem wykonawcy.

## § 13

### **Sprzęt pomiarowy**

#### 1. Wyposażenie zespołu pomiarowego składa się z następującego sprzętu:

- tachimetr elektroniczny lub teodolit umożliwiający pomiar kątów (kierunków) z średnim błędem pomiaru kierunku  $\leq 8''$  i dalmierz elektrooptyczny o błędzie standardowym nie większym niż  $m_s = \pm (0,01 + 0,005 * D)$ , gdzie D - długość boku w km,
- zestaw odbiorników GPS (w przypadku stosowania techniki GPS),
- komplet tarcz celowniczych z pionami optycznymi oraz nakładkami umożliwiającymi pomiar przy długich celowych,
- dwie ruletki stalowe,
- dwie lornetki polowe  $6\times 8$ ,
- szpile poszukiwawcze,
- łąta niwelacyjna (techniczna),
- komplet tyczek składanych lub 2 ÷ 3 tyczki miernicze,
- poziomnica,
- węgielnica dwupryzmatyczna,
- komplet radiotelefonów,
- szpadle, siekiery, młotki, liny itp.

2. Sprzęt użyty do pomiaru (tachimetr elektroniczny, teodolit, dalmierz, tarcze celownicze, pion optyczny) przed rozpoczęciem prac polowych (co najmniej raz w roku) oraz po każdej naprawie powinien być badany laboratoryjnie, a wyniki badań umieszczane w metryce sprzętu.

3. Przed przystąpieniem do pomiarów należy w terenie sprawdzić stan sprzętu pomiarowego. Kontrolą i ewentualnie rektyfikacją należy objąć następujące elementy:

##### 1) instrument:

- prawidłowość i płynność działania wszystkich mechanizmów (śruby zaciskowe, leniwki, mikrometr optyczny),
- libele,
- prawidłowość działania pionu optycznego,
- stan naładowania baterii,

##### 2) statyw:

- śrubę sprzęgającą, śruby łączące głowicę z nogami statywu,
- osadzenie okuć nóg statywu,

##### 3) spodarka:

- śruby poziomujące,
- śrubę zaciskową i sprzęgającą,

4) pion optyczny:

- libele,
- prawidłowość działania pionu optycznego.

Przyjmuje się, że pion optyczny jest prawidłowo zrektyfikowany, jeżeli po obrocie pionu wokół osi pionowej instrumentu o  $200^{\circ}$  obraz punktu nie przemieścił się w stosunku do środka siatki kresek o więcej niż 1 mm; sprawdzenie to należy wykonywać przy najwyższym, przewidywanym ustawieniu pionu nad punktem,

5) tarcza celownicza:

- libele,
- stan rysunku tarczy,
- pokrywanie się osi geometrycznej tarczy z osią pionu optycznego.

Sprawdzenie tarczy celowniczej przeprowadza się w następujący sposób: nad kołkiem z wbitą pionowo szpilką krawiecką ustawia się na stabilnym statywie tarczę celowniczą, starannie ją poziomując i centrując za pomocą zrektyfikowanego pionu optycznego. Z odległości kilku metrów starannie spoziomowanym teodolitem celuje się na szpilkę, a następnie na tarczę celowniczą ustawioną prostopadle do celowej. Za pomocą ołówka nanosi się na środkowej części tarczy punkt pokrywający się z obrazem pionowej kreski lunety. Tarcza celownicza może być stosowana do pomiarów, gdy spełnione są dwa warunki:

- odległość od naniesionego punktu do geometrycznego środka rysunku tarczy jest mniejsza niż 2 mm,
- przy obrocie tarczy wokół osi pionowej o kąt około  $35^{\circ}$  w lewo i w prawo naniesiony punkt nie schodzi z kreski pionowej siatki kresek lunety o odcinek większy niż 2 mm.

Tarcze celownicze należy sprawdzać przed wyjazdem w teren, a w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości, przekazać do laboratorium w celu zrektyfikowania.

4. Instrument, pion optyczny oraz tarcze celownicze należy przewozić i przenosić w skrzynkach transportowych. Za jakość i stan sprzętu odpowiada kierownik zespołu pomiarowego.

## § 14

### **Przygotowanie stanowiska do pomiarów**

1. Pomiary kątowe i liniowe, a także obserwacje GPS powinny być wykonywane w odniesieniu do centra na płycie podziemnej. W związku z tym na stanowisku pomiarowym oraz na wszystkich punktach celu należy przed rozpoczęciem pomiaru wykopać słup i oczyścić centr na płycie podziemnej.

Przed wykopaniem słupa należy zapewnić możliwość odtworzenia pierwotnego jego położenia w poziomie (z dokładnością ok. 0,01 m) oraz zasygnalizować wysokość jego pierwotnego położenia. Ponadto należy zwrócić uwagę na to, aby:

- przy wyciąganiu słupa nie została poruszona płyta podziemna,
- zapewnić stabilne ustawienie statywu nad centrem,
- zapewnić wygodne prowadzenie obserwacji kątowych,
- zapewnić wygodny pomiar wysokości instrumentu lub sygnału.

2. Przed przystąpieniem do wykonywania pomiarów na stanowisku naziemnym należy:

1) na stanowisku centrycznym:

- ustawić instrument nad centrem znaku podziemnego z błędem średnim nie większym niż 2 mm,
- zmierzyć wysokość instrumentu nad centrem znaku podziemnego z dokładnością 0,01 m,

2) na stanowisku mimośrodowym:

- pomierzyć elementy mimośrodów stanowiska,
- wskazane jest, aby liniowa wielkość mimośrodu ( $e$ ) umożliwiała wykonanie pomiaru kąta dyrekcyjnego za pomocą instrumentu ( $e \geq 2,5$  m),

- zmierzyć wysokość instrumentu nad centrem znaku podziemnego z dokładnością 0,01 m.

3. Wysokości punktów nad poziomem morza (H), stabilizowanych znakiem dwupoziomowym, odnoszone są do górnej powierzchni płyty podziemnej. Wysokość górnej powierzchni słupa oblicza się, dodając do wysokości płyty różnicę wysokości pomiędzy górną powierzchnią słupa i płyty.

Różnicę wysokości górnej powierzchni słupa i płyty można określić dwoma sposobami:

1) wbić szpilę poszukiwawczą pionowo obok słupa tak, aby jej ostrze zetknęło się z górną płaszczyzną płyty i zaznaczyć na szpili punkt leżący na poziomie górnej powierzchni słupa; po wyciągnięciu szpili różnicę wysokości należy zmierzyć ruletką; czynności te dla kontroli należy powtórzyć po drugiej stronie słupa,

2) przed osadzeniem słupa zmierzyć ruletką różnicę wysokości między płytą a ustalonym punktem na statywie lub instrumencie; po osadzeniu słupa zmierzyć różnicę wysokości między tym samym punktem a górną powierzchnią słupa; różnica tych wielkości stanowi poszukiwaną różnicę wysokości.

4. Przed rozpoczęciem pomiaru należy:

1) zabezpieczyć instrument przed wiatrem, deszczem lub słońcem,

2) ustawić instrument na stanowisku co najmniej 15 minut przed rozpoczęciem pomiaru kątów,

3) ustawić okular odpowiednio do wzroku obserwatora. W tym celu należy skierować lunetę na jasne, dalekie tło, ustawić pierścień ogniskujący w pozycji „nieskończoność” i obracać okulariem do momentu zniknięcia obrazu siatki kresek, następnie wkręcać oprawę okularu dotąd, aż pojawi się w polu widzenia lunety ostry obraz krzyża kresek. Zaleca się spojrzeć uprzednio na daleki przedmiot, aby uwolnić oko od wysiłku akomodacji. Odczyt na skali okularu należy zapamiętać, gdyż jest on stały dla danego instrumentu i obserwatora,

4) wyregulować oświetlenie i ostrość obrazu koła poziomego i pionowego oraz mikrometru optycznego (dotyczy teodolitów tradycyjnych, bez automatycznego zapisu),

5) kilkakrotnie obrócić alidadę teodolitu wokół osi pionowej oraz lunetę wokół osi poziomej w celu równomiernego rozprowadzenia smarów.

5. Po przygotowaniu instrumentu do wykonania obserwacji należy:

1) zapoznać się z układem celowych na stanowisku oraz typami zabudowy i sygnalizacji na punktach celu,

2) pomierzyć przenośnikiem kątowym na mapie roboczej kierunki do punktów celu,

3) odszukać za pomocą instrumentu i zidentyfikować w terenie kierunki do wszystkich celów na stanowisku, a następnie wybrać kierunek początkowy na punkt najdalej położony i najlepiej widoczny.

## § 15

### Pomiar kierunków

1. Podczas pomiaru kierunków zaleca się:

1) przed rozpoczęciem obserwacji wycelować lunetą wzdłuż wszystkich kierunków i sprawdzić, czy oświetlenie kół i mikrometru optycznego jest właściwe,

2) śruby zaciskowe dokręcać z niewielką siłą, tylko tak, aby prawidłowo działały leniwki,

3) siatkę kresek naprowadzać na cel ruchem wkręcającym leniwki,

4) przy naprowadzaniu na cel chwytać teodolit oburącz za dźwigiary lunety; nie należy obracać alidady, chwytając za lunetę, śruby zaciskowe lub leniwki,

5) przy korzystaniu ze śruby reiteracyjnej przed rozpoczęciem obserwacji chwilę poczekać, aby koło poziome mogło przyjąć położenie wolne od ewentualnych naprężeń,

6) celowanie przeprowadzać metodą bisekcji, tj. ustawiania obrazu między parą pionowych kresek siatki, w pobliżu przecięcia kreską poziomą,

7) podczas obserwacji na stanowisku nie zmieniać położenia okularu lunety, okularu lunetki odczytowej, oświetlenia obrazu kół i mikrometru oraz, o ile jest to możliwe, ogniskowania lunety,

8) leniwki i pokrętko mikrometru optycznego obracać dwoma palcami (parą sił) ruchem płynnym i powolnym, unikać uderzenia o skrajne punkty oporowe; przyjmując jako zasadę dla leniwki i pokrętki mikrometru, aby końcowy obrót był zawsze w prawo (ruchem wkręcającym).

2. Niezależnie od rodzaju zabudowy punktu (stanowisko naziemne, wieża triangulacyjna, stanowisko na budowli stałej), punktem nacelowania powinien być środek tarczy celowniczej lub specjalny sygnał celowniczy. Płaszczyzna tarczy powinna być ustawiona prostopadle do celowej.

Przy celowych dłuższych od 1 km można wykorzystać jako cel świece wieży lub sygnału triangulacyjnego. Jako punkt nacelowania należy wtedy przyjąć środek świecy przy szczycie daszka lub krzyżaka.

3. Wyniki pomiarów kątowych należy rejestrować w pamięci instrumentu lub rejestratora zewnętrznego.

4. W wypadku, gdy ze względu na przeszkody terenowe ustalono wywiadem wykonanie całości obserwacji lub części kierunków z punktu ekscentrycznego, należy:

1) punkt główny (centr) zastabilizować znakiem typu [36a](#) lub [37](#),

2) punkt ekscentryczny zastabilizować podziemnie płytą o wymiarach 0,30x0,30x0,10 m (typ [25b](#)), a w przypadku, gdy punkt ten już był uprzednio zastabilizowany jako punkt osnowy poziomej, pozostawić jedynie znaki podziemne (usunąć słup).

5. Punkty ekscentryczne na budowlach należy stabilizować metalowymi bolcami, trzpieniami, nitami, gwoździami lub oznaczać wrytym krzyżem, odpowiednio do materiałów, z których wykonano budowlę.

6. W przypadku, gdy ilość kierunków na stanowisku jest duża, pomiar metodą kierunkową należy wykonać w sektorach zawierających nie więcej niż 8 kierunków. Jako początkowy należy wybrać kierunek o najbardziej wyrazistym celu (daleki, dobrze i jednakowo oświetlony przez cały okres obserwacji, z kontrastowym tłem).

7. Kierunki należy mierzyć w trzech seriach. Po każdej serii należy sprawdzić prawidłowość spoziomowania instrumentu oraz, w wypadku wykonywania pomiaru ze statywu, sprawdzić centrowanie i ewentualnie powtórnie scentrować instrument.

W przypadku pomiaru tradycyjnym teodolitem, z odczytami wykonywanymi przez obserwatora, należy przestrzegać poniższych zasad:

1) początkowe ustawienia limbusa dla poszczególnych serii powinny wynosić kolejno 0,0<sup>g</sup>, 66,6<sup>g</sup> i 133,3<sup>g</sup>,

2) po każdej serii należy przesunąć mikrometr o wartość równą 1/3 jego pełnego zakresu.

8. Pomiar kierunków należy wykonywać, przestrzegając następujących wymagań:

1) dopuszczalna różnica dwukrotnego doprowadzenia do koincydencji i odczytu mikrometru optycznego nie większa niż 5<sup>cc</sup> (w przypadku pomiaru teodolitem tradycyjnym),

2) dopuszczalna różnica pomiędzy pierwszym i ostatnim nacelowaniem na punkt początkowy serii nie powinna przekraczać 12<sup>cc</sup>.

9. Różnicę między średnią kierunku początkowego z ostatniej i pierwszej obserwacji w serii należy rozrzucać narastająco na wszystkie kierunki serii:

Numer kierunku	Poprawka	
1	0	
2	$\frac{1}{n} \times z$	
3	$\frac{2}{n} \times z$	
....	....	
n	$\frac{n-1}{n} \times z$	
1	z	

gdzie:  
z - różnica  
n - liczba kierunków

10. Różnica między skrajnymi wartościami odpowiednich kierunków z pomiaru w 3 seriach nie powinna przekraczać  $16''$ .

11. Poprawki  $\varepsilon$  do kierunków ze względu na mimośród celu i mimośród stanowiska liczy się ze wzoru:

$$\sin \varepsilon = (\mathbf{e}_s \sin \Theta + \mathbf{e}_c \sin \Psi) / D$$

gdzie:

$\mathbf{e}_s$  - liniowa wielkość mimośrodu stanowiska

$\mathbf{e}_c$  - liniowa wielkość mimośrodu celu

$\Theta$  - kąt dyrekcyjny mimośrodu stanowiska

$\Psi$  - kąt dyrekcyjny mimośrodu celu

$D$  - odległość między centrami punktów S i C.

Wielkości mimośrodów powinny umożliwić pomiar kątów dyrekcyjnych instrumentem (teodolitem). Pomiary kątowe i liniowe należy tak wykonać, aby dokładność wyznaczonych poprawek kątowych kierunków była nie mniejsza niż  $0,3$  średniego błędu pomiaru kierunku (dla II klasy  $2,4''$ ).

12. Dla powstałej figury sieci mierzonej klasycznie należy obliczyć odchyłkę zamknięcia, która powinna spełniać warunek:

$$f_a \leq |18'' \sqrt{n}|$$

gdzie  $n$  - liczba kątów w figurze.

13. Średni błąd Ferrero kątów lub kierunków powinien być obliczony na podstawie kierunków poprawionych o średnią wartość kierunku początkowego oraz po wprowadzeniu poprawek ze względu na mimośród stanowiska i celu. Dopuszczalny średni błąd kąta pomierzonego w sieci, obliczony na podstawie wzoru analogicznego do wzoru Ferrero (minimum 20 odchyłek zamknięcia wielokątów), wynosi  $12''$ . Dla czworoboków geodezyjnych należy obliczać odchyłki zamknięcia trzech trójkątów.

Praktycznie średni błąd kąta pomierzonego w sieci liczy się na podstawie wzoru:

$$m_F = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}[\omega_3^2] + \frac{1}{4}[\omega_4^2] + \dots + \frac{1}{r}[\omega_r^2]}{n_3 + n_4 + \dots + n_r}}$$

gdzie:

$\omega_3$  - odchyłka zamknięcia trójkąta

$\omega_4$  - odchyłka zamknięcia czworokąta

$\omega_r$  - odchyłka zamknięcia r-kąta

$n_3$  - liczba trójkątów

$n_4$  - liczba czworokątów

$n_r$  - liczba r-kątów

$r$  - liczba kątów w r-kącie

Wielkość średniego błędu kierunku obliczona na podstawie wzoru analogicznego do wzoru Ferrero wynosi:

$$m_K = \frac{m_F}{\sqrt{2}}$$

gdzie:

$m_F$  - średni błąd kąta obliczony ze wzoru Ferrero.

### Pomiar kątów pionowych

1. Obserwacje kątów pionowych wykonuje się w trzech seriach tym samym instrumentem co kąty poziome. Pomiary należy wykonywać w godzinach od 10 do 16. Jedna seria pomiaru kąta pionowego tradycyjnym teodolitem obejmuje:

- wycelowanie przy lewym położeniu koła pionowego i dwukrotny odczyt przy dwóch koincydencjach,
- wycelowanie przy prawym położeniu koła pionowego i dwukrotny odczyt przy dwóch koincydencjach.

2. Średni błąd pomiaru kąta pionowego nie powinien być większy niż 18<sup>cc</sup>.

3. Różnice kątów pionowych pomierzonych w poszczególnych seriach nie powinny być większe niż 40<sup>cc</sup>.

4. Przy pomiarze kątów pionowych jako punkt nacelowania przyjmuje się:

- środek tarczy celowniczej (przecięcie poziomej i pionowej kreski lub punkt środkowy rysunku tarczy),
- środek świecy u szczytu daszka sygnału lub wieży triangulacyjnej; można również przyjąć inny dobrze widoczny i jednoznaczny punkt świecy, pod warunkiem że można określić jego wysokość względem centra punktu ze średnim błędem  $\pm 0,01$  m,
- środek gałki pod krzyżem, podstawa krzyża lub inny wyraźny szczegół zakończenia wieży na budowli (kościelnej, ratusza, wieży ciśnieniowej). W dzienniku należy naszkicować obraz celu w lunecie i zaznaczyć miejsce nacelowania.

5. Wyniki pomiaru kątów pionowych należy rejestrować w pamięci instrumentu lub rejestratora zewnętrznego.

6. Kąt pionowy mierzony z punktu ekscentrycznego (mimośród poziomy), należy poprawić o poprawkę ze względu na mimośród stanowiska, celu lub stanowiska i celu. Przy małych mimośrodkach (mniejszych niż 0,5 m) i małych kątach pionowych (mniejszych niż 0,19), poprawek tych można nie wprowadzać.

### Dokładność pomiarów liniowych i okresowe kontrole dalmierzy

1. Pomiary długości boków w sieciach osnowy szczegółowej należy wykonywać dalmierzami elektrooptycznymi (lub tachimetrami elektronicznymi). Instrument powinien umożliwiać pomiar długości skośnej (pochyłej) i kąta pionowego (odległości zenitalnej) w dwóch położeniach lunety w celu eliminacji błędu miejsca zera koła pionowego. Instrument powinien mieć metrykę z wynikami badań laboratoryjnych przeprowadzanych przynajmniej raz w roku oraz świadectwo atestacji (komparacji).

2. Ogólną charakterystykę dokładności dalmierza przedstawia się w postaci błędu standardowego  $m_s$  wyrażanego wzorem:

$$m_s = \pm (a + b \cdot D),$$

w którym:

a - czynnik stały zawierający zespół jednostkowych błędów instrumentalnych oraz błąd określenia poprawek instrumentalnych dalmierza,

b - czynnik proporcjonalny do odległości zawierający błąd wyznaczenia prędkości rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w próżni, błąd wyznaczenia prędkości rozchodzenia się fal elektromagnetycznych w aktualnych warunkach pomiarowych, błąd wyznaczenia częstotliwości wzorcowej i błąd przesunięcia fazowego przy zbyt słabym sygnale,

D - długość boku (w km).

3. Błąd standardowy jest zwykle określany przez producenta i podawany w instrukcji obsługi dalmierza. Wartości składowych błędów standardowych dalmierzy używanych do pomiaru długości powinny spełniać następujące kryteria:

$$a \leq 0,01 \text{ m},$$

$$b \leq 0,005 \text{ m}.$$

4. Dalmierz elektrooptyczny wykorzystywany do pomiarów geodezyjnych powinien być poddany:

- atestacji,

- komparacji okresowej,
- kontrolom polowym.

5. Atestacji podlega nowy egzemplarz dalmierza oraz dalmierz po naprawie, podczas której wymieniono elementy układu optycznego lub elementy układu fazomierza. Atestacja wykonywana jest na krajowej bazie długościowej, zalegalizowanej jako metrologiczna baza dla utrzymania jednolitej skali sieci geodezyjnej w całym kraju. Do wykonywania atestacji upoważniony jest Instytut Geodezji i Kartografii. Atestacja dalmierza obejmuje:

- sprawdzenie i rektyfikację sprzętu pomocniczego,
- wyznaczenie stałej dodawania dalmierza  $K_s$ ,
- określenie zasięgu dalmierza,
- określenie dokładności pomiaru długości dalmierzem,
- sprawdzenie i regulację częstotliwości wzorcowych oraz wyznaczenie poprawki cyklicznej fazomierza lub cyklicznych zmian poprawki stałej dodawania dalmierza  $K_s$  (dla dalmierzy starszych typów).

6. Komparacja okresowa polega na sprawdzeniu i aktualizacji technicznych parametrów dalmierza oraz ogólnym przeglądzie kompletu pomiarowego. Komparacje okresowe wykonuje się co roku, przed rozpoczęciem sezonu pomiarowego oraz po każdej naprawie lub rektyfikacji układu optycznego dalmierza.

Komparacje okresowe przeprowadza Instytut Geodezji i Kartografii lub jednostka organizacyjna upoważniona przez Instytut, przy współpracy i pod nadzorem naukowym Instytutu. Urzędowe świadectwo komparacji wydaje Instytut Geodezji i Kartografii.

7. Kontrole polowe mają na celu stwierdzenie, czy na skutek eksploatacji nie uległy zmianie podstawowe parametry instrumentu wpływające na jego dokładność. Kontrole wykonuje użytkownik dalmierza, przy czym:

- 1) kontrole polowe należy wykonywać co kilka dni (do tygodnia),
- 2) odcinek kontrolny o długości około 800 m powinien być zlokalizowany na terenie równym i odkrytym,
- 3) stabilizacja punktów odcinka kontrolnego powinna być wykonana w sposób umożliwiający ustawienie dalmierza i zwierciadła przy pomocy pionu optycznego z średnim błędem centrowania nie większym niż 1 mm,
- 4) wskazane jest, aby pomiar wyjściowy oraz pomiary sprawdzające były wykonywane co najmniej dwoma dalmierzami niezależnie,
- 5) przy kolejnej kontroli dalmierza różnica  $\Delta_i$ , między długością początkową odcinka kontrolnego a długością uzyskaną z kolejnego pomiaru kontrolnego nie powinna być większa niż  $2 m_s$ .

Jeżeli różnica  $\Delta_i$  jest większa, należy wykonać pomiar sprawdzający w innych warunkach atmosferycznych (następnego dnia). W przypadku powtórnego otrzymania różnicy większej niż  $2 m_s$  należy dalmierz poddać komparacji.

Dalmierz należy komparować również wówczas, gdy różnice otrzymane w wyniku kilku kolejnych kontroli będą miały ten sam znak, a ich wartości bezwzględne będą zawierały się w granicach:

$$m_s < |\Delta_i| < 2 m_s$$

6) dla dalmierza należy prowadzić dziennik pomiarów kontrolnych i przechowywać go razem z metryką instrumentu. W wypadku przesłania instrumentu do okresowej komparacji lub naprawy oba te dokumenty należy przesłać razem z dalmierzem. W dzienniku pomiarów kontrolnych dalmierza należy umieszczać:

- szkic odcinka kontrolnego,
- datę oraz wyniki pomiaru wyjściowego,
- datę oraz wyniki kolejnych pomiarów sprawdzających,
- obliczenie różnic oraz porównanie ich z wielkościami dopuszczalnych różnic,
- ocenę poprawności działania dalmierza,
- nazwiska osób prowadzących pomiary kontrolne,
- pozostałe dane przewidziane w formularzu pomiaru długości.

### Pomiar długości boku

1. Pomiary długości boków wykonuje się w 3 seriach. Dla uzyskania elementów kontrolnych zaleca się pomiar w obu kierunkach.
2. W wypadku, gdy sieć jest nawiązana do punktu wyższej klasy jednym bokiem lub ciągiem dwupunktowym lub gdy na skraju sieci są niezamknięte figury, długości boków należy mierzyć w obu kierunkach.
3. Przygotowanie stanowisk pomiarowych polega na odsłonięciu centra znaku podziemnego (płyty).
4. Centrowanie dalmierza i zwierciadła nad punktem podziemnym należy wykonać przy pomocy pionu optycznego, z błędem średnim mniejszym niż 2 mm.
5. Podczas pomiaru dalmierzami elektrooptycznymi na stanowisku instrumentu należy pomierzyć ciśnienie atmosferyczne i temperaturę powietrza z dokładnością odczytu:

- temperatury ( $t$ ) - 0,5 K (0,5°C),
- ciśnienia atmosferycznego ( $p$ ) - 0,7 hPa (0,5 mm Hg).

Średnie błędy pomiaru temperatury i ciśnienia powinny spełniać warunki:

- $m_t \leq 1 \text{ K (1°C)}$ ,
- $m_p \leq 1,3 \text{ hPa (1 mm Hg)}$ .

Dla odległości większych niż 2 km i przy różnicy wysokości większej niż 15 m należy mierzyć temperaturę i ciśnienie atmosferyczne również na stanowisku zwierciadeł, a do obliczenia poprawki atmosferycznej  $k_a$  przyjmować wartość średnią z pomiaru na obu stanowiskach.

Do pomiaru warunków atmosferycznych należy stosować termometry i aneroidy atestowane, gwarantujące uzyskanie wyżej podanej dokładności. Podczas pomiaru przyrządy meteorologiczne umieszcza się na wysokości instrumentu i zwierciadeł w miejscu osłoniętym od promieni słonecznych i przewiewnym.

6. Warunkiem uzyskania prawidłowych redukcji atmosferycznych jest:

- 1) sprawdzenie termometrów i aneroidów w upoważnionych instytucjach, raz w ciągu roku, najlepiej na początku sezonu pomiarowego,
- 2) wprowadzenie do pomierzonych wartości temperatury i ciśnienia atmosferycznego poprawek z aktualnych świadectw uwierzytelniających.

7. Pomiaru odległości nie należy wykonywać w złych warunkach atmosferycznych. Pomiary odległości można wykonywać tylko w zakresach temperatur podanych w instrukcjach dla danego typu dalmierza.

Warunki atmosferyczne do pomiaru odległości dalmierzem elektrooptycznym należy oceniać następująco:

1) warunki atmosferyczne złe:

- silne zamglenie względnie opady atmosferyczne, widoczność do 3 km,
- intensywne nasłonecznienie oraz silne wibracje powietrza,

2) warunki atmosferyczne przeciętne:

- słabe zamglenie, brak opadów atmosferycznych, widoczność do 15 km,
- niebo częściowo pokryte chmurami, brak opadów, słaba wibracja powietrza, słaby wiatr,

3) warunki atmosferyczne dobre:

- niebo całkowicie pokryte chmurami (wysoki pułap chmur), brak zamglenia, brak opadów, widoczność do 30 km, brak wibracji powietrza, słaby wiatr.

8. Zwierciadła powinny być suche i czyste; gromadzenie się na ich powierzchni rosy i kurzu powoduje rozproszenie światła i może uniemożliwić pomiar.

9. Baterie zasilające powinny być naładowane i w dobrym stanie technicznym.



10. Obserwator powinien sprawdzić stan techniczny dalmierza, a w szczególności działanie przełączników i śrub zaciskowych.

11. Jedną serię pomiaru odległości stanowi komplet czynności i odczytów niezbędnych do wyznaczenia długości boku, przy czym zakres czynności zależy od stopnia zautomatyzowania instrumentu. Zapis wyników pomiaru może być dokonywany za pomocą rejestratorów zewnętrznych lub rejestratorów wbudowanych w instrument.

W najczęściej obecnie używanych dalmierzach połączonych z teodolitem w jeden instrument (Total-Station) wynik pomiaru odległości w jednej serii jest wyświetlany na ekranie. Przy wykonywaniu pomiaru należy:

- 1) zwrócić uwagę na zgodną z instrukcją obsługi kolejność wykonywania poszczególnych czynności i odczytów, właściwą liczbę zwierciadeł, a dla dalmierzy bez automatycznej regulacji - na staranne równoważenie sygnału zewnętrznego i wewnętrznego,
- 2) wykonać sprawdzenie wskazań wszystkich wskaźników kontrolnych i przestrzegać wykonania czynności kontrolujących pomiary, zgodnie z instrukcją obsługi,
- 3) przy użyciu dalmierzy nasadkowych lub dalmierzy sprzężonych z teodolitem pomierzyć kąt pionowy i zapisać go w celu obliczenia redukcji ze względu na nachylenie celowej (jeżeli instrument nie umożliwia automatycznej redukcji),
- 4) przy pierwszej i ostatniej serii zanotować warunki meteorologiczne lub (w dalmierzach automatycznych) wprowadzić je do układu liczącego dalmierza.

12. Przed każdą serią pomiarową należy wykonać niezależne celowanie. Różnice długości boku z poszczególnych serii nie powinny przekroczyć wartości 2 m<sub>s</sub>. W przypadku wystąpienia większych różnic należy powtórzyć wszystkie 3 serie.

13. Wysokość stanowiska dalmierza i zwierciadeł nad centrom znaku geodezyjnego (nad płytą podziemną) należy pomierzyć z dokładnością 0,01 m. Wysokość dalmierza mierzy się do poziomej osi obrotu głowicy dalmierza, a w przypadku dalmierza nasadkowego - do poziomej osi obrotu lunety teodolitu. Wysokość zwierciadeł mierzy się do ich środka geometrycznego.

## § 19

### Obliczenia i redukcje pomierzonych boków

1. Do zmierzonej odległości należy wprowadzić poprawkę za warunki atmosferyczne. Poprawka atmosferyczna może być wyznaczona z nomogramu, tablic lub wzoru podanego przez producenta na podstawie pomierzonej temperatury powietrza (t) i ciśnienia atmosferycznego (p).

Poprawkę atmosferyczną należy obliczać jako wartość proporcjonalną do mierzonej długości z dokładnością 1 mm, wg wzoru:

$$K_a = n D_u,$$

gdzie:

n - wskaźnik refrakcji obliczany na podstawie temperatury (t) i ciśnienia (p)

D<sub>u</sub> - długość ukośna.

Obecnie stosowane dalmierze automatycznie uwzględniają w mierzonej odległości poprawkę atmosferyczną po wprowadzeniu pomierzonych warunków atmosferycznych.

2. Poprawki instrumentalne, jakie należy wprowadzić do pomierzonej długości, podawane są w świadectwie atestacji lub komparacji. Mogą to być:

- poprawka stałej dalmierza (stała dodawania) K<sub>s</sub>

- poprawka fazomierza K<sub>f</sub>.

We współczesnych dalmierzach poprawka fazomierza nie jest stosowana, natomiast poprawkę stałej dodawania wprowadza się do pamięci instrumentu i jest ona automatycznie uwzględniana w mierzonych długościach. Należy pamiętać o wprowadzeniu jej nowej wartości, jeżeli w wyniku komparacji instrument otrzymał nową stałą dodawania.

3. Pomierzoną w terenie długość ukośną należy zredukować do poziomu ([zał. 5](#)). Zredukowaną długość boku obliczamy za pomocą wzoru:

$$D_0 = D_u - \delta_{\Delta H},$$

gdzie:

$D_0$  - długość pozioma

$D_u$  - długość ukośna (pomierzona)

$\delta_{\Delta H}$  - poprawka (redukcja do poziomu)

$$\delta_{\Delta H} = \frac{(\Delta H)^2}{2D_u} + \frac{(\Delta H)^4}{8D_u^3}$$

4. Długość zredukowaną do poziomu należy zredukować na powierzchnię elipsoidy GRS-80. Poprawkę oblicza się z wzoru:

$$\delta_{\Delta H} = -\frac{H \cdot D_0}{R_s}$$

gdzie:

$$H = H_{sr} + N$$

$$H_{sr} = 1/2 (H_d + i_d + H_z + i_z)$$

$H_d, i_d$  - wysokość punktu i wysokość instrumentu na stanowisku dalmierza

$H_z, i_z$  - wysokość punktu i wysokość instrumentu na stanowisku zwierciadła

$N = 1/2 (N_d + N_z)$  - średni odstęp geoidy niwelacyjnej według standardu technicznego [G-2](#), obliczony jako średnia arytmetyczna w punktach d i z ([zał. 6](#))

$R_s$  - średni promień krzywizny elipsoidy dla środka boku

$D_0$  - długość pozioma.

5. Wysokości stanowisk dalmierza i zwierciadła ( $H+i$ ) powinny być znane z błędem średnim nie większym niż:

$$m_H = \frac{2D_0}{\Delta H}$$

gdzie:

$\Delta H$  - różnica wysokości stanowiska dalmierza i zwierciadła (w metrach)

$D_0$  - długość pozioma (w km)

6. Boki pomierzone mimośrodowo należy zredukować. Posługując się zredukowanymi do poziomu długościami boku mimośrodowego i elementów liniowych mimośrodu stanowiska i celu oraz wielkościami kątów dyrekcyjnych oblicza się długość boku między punktami centrycznymi za pomocą wzoru:

$$D = \sqrt{(D_0 - a)^2 + b^2}$$

gdzie:

$$a = e_s \cos \theta + e_c \cos \psi$$

$$b = e_s \sin \theta + e_c \sin \psi$$

$D_0$  - długość boku pomierzona mimośrodowo

$e_s, e_c$  - liniowe wielkości mimośrodu stanowiska (dalmierza) i celu (zwierciadła)

$\theta, \psi$  - kąty dyrekcyjne mimośrodu stanowiska (dalmierza) i celu (zwierciadła)

7. Jeżeli do opracowania sieci przyjmuje się obserwacje adaptowane z wcześniejszych pomiarów to redukcje pomierzonych boków należy wykonać ponownie według opisanych wyżej wzorów.

## Przygotowanie do pomiaru techniką GPS

1. Do wyznaczania położenia punktów stosuje się metodę statyczną.

2. Przy planowaniu sesji należy przestrzegać zasady, aby położenie co najmniej 1/3 ogólnej liczby wyznaczanych punktów było określone w dwóch niezależnych sesjach. W przypadku, gdy pomiar wykonywany jest tym samym odbiornikiem na tym samym punkcie w dwóch sesjach przed rozpoczęciem drugiej sesji, należy ponownie niezależnie:

- ustawić statyw z anteną nad płytą punktu (centrowanie i poziomowanie),
- pomierzyć wysokości środka fazowego anteny na początku i końcu sesji,
- włączyć i przygotować odbiornik do pracy.

3. Przy założeniu, że w każdym momencie sesji obserwacyjnej odbierane są sygnały przynajmniej z 4 satelitów systemu odpowiednio rozmieszczonych w przestrzeni czas trwania sesji pomiarowej, zależny od warunków obserwacyjnych oraz typu użytego sprzętu, wynosi około:

- 45 minut dla odbiorników dwuczęstotliwościowych,
- 60 minut dla odbiorników jednoczęstotliwościowych.

W razie pogorszenia warunków odbioru czas obserwacji należy wydłużyć. Czas ten jest zależny również od długości obserwowanego wektora (odległości między punktami) i powinien być wydłużony, gdy długość wektora przekracza 15 km.

Ze względu na większą aktywność jonosfery w dzień niż w nocy sygnały radiowe od satelitów są bardziej zakłócane w dzień. W związku z tym czas obserwacji nocnych można skrócić.

4. Przed wykonaniem pomiaru w terenie należy zaplanować poszczególne sesje pomiarowe. Pod pojęciem sesji pomiarowej rozumie się okres czasu, w jakim odbierane będą sygnały od satelitów jednocześnie przez wszystkie odbiorniki uczestniczące w pomiarze. Poszczególne sesje pomiarowe należy oznaczyć (może to być kolejny numer lub inny identyfikator). W trakcie planowania przydziela się obserwatorom numery punktów do obserwacji w poszczególnych sesjach pomiarowych. Należy zwracać uwagę, aby poszczególnym obserwatorom przydzielać punkty położone w sąsiedztwie, co zmniejsza czas przejazdu między punktami zaplanowanymi do obserwacji w kolejnych sesjach i pozwala na zwiększenie ilości sesji w dniu obserwacyjnym.

Pomocnym elementem do planowania sesji pomiarowej jest szkic roboczy z wniesionymi punktami przewidzianymi do wykonania obserwacji (zał. 7). Szkic powinien być sporządzony w skali umożliwiającej określenie długości wektorów planowanych do obserwacji.

Oprócz przydziału punktów należy zaplanować czas trwania poszczególnych sesji pomiarowych, uwzględniając przy tym długość wyznaczanych wektorów.

5. W czasie planowania należy budować sieć tak, aby stosunek liczby wektorów niezależnych do liczby punktów wyznaczanych był większy lub równy 2.

6. Ze względów praktycznych (z uwagi na czas obserwacji) sieć powinna składać się z wektorów między punktami sąsiednimi, choć nie jest to wymóg konieczny. Przy dłuższych wektorach oprócz wydłużenia czasu obserwacji wzrasta również błąd absolutny wyznaczenia, dlatego też należy preferować krótkie odległości rzędu 5 ÷ 15 km. Wektory dłuższe powinny być stosowane jedynie w wyjątkowych wypadkach, np. przy dużych odległościach do punktów nawiazania.

7. Każdy z obserwatorów powinien otrzymać opisy topograficzne punktów, mapę topograficzną z wniesionymi punktami i wykaz planowanych sesji pomiarowych.

8. Przed rozpoczęciem pomiaru należy do wszystkich odbiorników wprowadzić odpowiednie wielkości wstępne (ang. setup), określające warunki odbierania sygnałów.

Do wielkości tych należą:

- wartość elewacji satelitów, poniżej której sygnały nie będą gromadzone w odbiorniku, zwykle przyjmuje się 10°,
- minimalna liczba satelitów, od jakiej odbierane są sygnały, poniżej której pomiar zostaje wstrzymany do czasu pojawienia się dodatkowych satelitów; najczęściej stosowaną liczbą są 3 satelity,

Ponadto niektóre typy odbiorników wymagają wprowadzenia przybliżonych wartości szerokości i długości geograficznych miejsca obserwacji. Wartości te należy podać z dokładnością do 1°. Im lepsze przybliżenie, tym szybciej inicjowana będzie sesja pomiarowa.

Szczególną uwagę należy zwrócić na wprowadzenie we wszystkich odbiornikach jednakowej wartości odstępu czasowego, w jakim będzie określane położenie odbiornika, najczęściej stosuje się interwały 15- lub 20-sekundowe. Wprowadzenie różnych wartości interwałów powoduje zmniejszenie liczby tzw. epok, czyli ilości próbkowań będących podstawą do określenia wartości składowych

wektorów wyznaczanych. Programy realizujące postprocessing w przypadku różnych wartości interwału wyznaczają wspólny mnożnik dla tych interwałów. W przypadku wprowadzenia w jednym z odbiorników wartości 15, a w drugim 20 sekund najmniejszym wspólnym mnożnikiem będzie wartość 60 sekund, co spowoduje zmniejszenie ilości wyznaczeń i może spowodować niemożność prawidłowego obliczenia składowych wektora.

## § 21

### Pomiar techniką GPS

1. Obserwator umieszcza antenę nad centrem punktu na statywie, spodarce wieżowej lub w wymuszony sposób centrowania (kulki centrownicze). Na początku i pod koniec sesji pomiarowej należy zmierzyć wysokość anteny nad centrem punktu, W zależności od typu odbiornika i zastosowanej metody umieszczenia anteny nad centrem mogą to być wysokości pionowe lub skośne. Wartość tę należy mierzyć z dokładnością do 1 mm.

2. Po włączeniu odbiornika obserwator wprowadza dane pozwalające na zidentyfikowanie punktu oraz dokonuje wpisu do dziennika pomiaru GPS. W zależności od typu odbiornika zestaw wprowadzanych danych może być różny. Najczęściej są to:

- data obserwacji,
- identyfikator sesji pomiarowej,
- identyfikator punktu,
- identyfikator obserwatora,
- zmierzona wysokość anteny.

3. Dziennik pomiaru GPS ([zał. 8](#)) powinien zawierać następujące informacje:

- datę obserwacji,
- metodę obserwacji,
- nazwisko obserwatora,
- nr odbiornika,
- nr anteny,
- interwał czasowy,
- nr sesji,
- identyfikator punktu,
- czas rozpoczęcia i zakończenia sesji uwzględniający tzw. zimny start (liczony od zainicjowania gromadzenia sygnałów satelitarnych, a nie od momentu włączenia odbiornika),
- zmierzoną wysokość anteny przed i po sesji oraz obliczoną średnią wartość,
- informację, do czego odnosi się pomierzona wysokość anteny,
- promień anteny (w przypadku wysokości skośnej),
- zauważone nieprawidłowości w odbiorze sygnałów.

## § 22

### Opracowanie wyników pomiaru GPS

1. Po każdym dniu pomiarowym informacje zebrane w odbiornikach GPS należy przegrać do komputera i poddać procesowi obliczeniowemu (ang. postprocessing). W zależności od typu sprzętu i stosowanego oprogramowania otrzymywane pliki komputerowe różnią się zarówno nazwami, jak i sposobem zapisywania danych. Dlatego zaleca się zapisywanie danych dodatkowo w formacie Rinex, który jest formatem uniwersalnym możliwym do przetworzenia przez większość programów komputerowych dołączonych do odbiorników poszczególnych producentów sprzętu.

2. Podstawowe pliki danych zawierają:

- pomierzone różnice faz,
- efemerydy satelitów,
- zbiory z wartościami wprowadzonymi przez obserwatora.

Na podstawie tych danych oblicza się składowe pomierzonych wektorów. Pliki danych poddaje się procesowi obliczeniowemu mającemu na celu obliczenie pomierzonych wektorów.

Pliki powstałe w wyniku przetworzenia zawierają przyrosty współrzędnych ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) w trzech składowych kartezjańskiego układu współrzędnych geocentrycznych elipsoidy odniesienia (między punktami przyjętymi jako początek i koniec wektora) oraz elementy pełnej macierzy kowariancyjnej pozwalające na określenie średnich błędów pojedynczych obserwacji i prawidłowe ich zrównoważenie.

W zależności od typu sprzętu użytego do pomiaru pliki wynikowe zapisywane są w różnych formatach.

3. Obliczone wektory należy skontrolować pod względem poprawności rozwiązania nieoznaczoności i do dalszych etapów zakwalifikować prawidłowe wektory.

4. Wstępną kontrolę jakości pomiaru stanowią zamknięcia figur, które należy obliczać z wektorów obserwowanych w różnych sesjach pomiarowych.

## § 23

### Nawiązanie punktów bliskich

1. W przypadku założenia nowego punktu II klasy w pobliżu istniejącego punktu osnowy geodezyjnej (poziomej lub wysokościowej), grawimetrycznej lub magnetycznej, a odległość nie jest większa od:

- 300 m w terenie otwartym,
- 50 m w terenie zabudowanym lub zalesionym,

należy wykonać nawiązanie geodezyjne tych punktów.

2. Wykonanie nawiązań geodezyjnych ma na celu:

- wyznaczenie współrzędnych, jeśli nie istnieją lub są wyznaczone w innym układzie,
- wyznaczenie współrzędnych z wyższą dokładnością niż dotychczasowe,
- sprawdzenie dotychczasowych współrzędnych, dla kontroli zgodności wzajemnego położenia punktów wyznaczonych w różnych sieciach,
- poprawienie warunków nawiązania istniejącej sieci dla ponownego jej wyrównania lub transformacji.

3. Po wykonaniu nawiązań geodezyjnych należy:

- 1) bliskie punkty dawnych sieci triangulacyjnych włączyć do zespołu znaków geodezyjnych nowych punktów II klasy i umieścić w wykazach współrzędnych oraz na opisach topograficznych jako punkty ekscentryczne,
- 2) bliskie punkty osnowy wysokościowej, grawimetrycznej, magnetycznej oraz punkty sieci poligonowych przedstawić na opisach topograficznych punktów osnowy II klasy jako szczegóły terenowe, a uzyskane współrzędne zestawić w oddzielnych wykazach,
- 3) w przypadku, gdy odległość do punktu związanego jest mniejsza niż 50 m należy usunąć naziemny element stabilizacji punktu.

4. Nawiązanie poziome punktu ekscentrycznego (ust. 3 pkt 1) należy wykonać przy zastosowaniu konstrukcji geometrycznej umożliwiającej dwukrotne wyznaczenie odległości między punktami (metodą siatki przeniesienia), przy czym różnica między tymi wyznaczeniami nie może być większa niż 0,02 m. Należy pomierzyć również dwa kąty nawiązania do punktów osnowy I lub II klasy. Pomiary należy wykonać z dokładnością zapewniającą wyznaczenie jego współrzędnych z błędem średnim nie większym niż:

- dla punktu odległego do 50 m - 0,01 m,
- dla punktu odległego od 50 do 300 m - 0,02 m,

w stosunku do punktu nawiązania.

Ponadto należy wyznaczyć wysokość punktu ekscentrycznego z dokładnością

$$m_H \leq 0,05 \text{ m}$$

względem punktu II klasy.

5. Nawiązanie poziome bliskich punktów osnowy wysokościowej, grawimetrycznej, magnetycznej należy wykonać z taką dokładnością, aby błędy ich położenia względem punktu II klasy były mniejsze niż 0,10 m. Przy obserwacjach należy zachować dokładność pomiaru kątów i odległości jak dla osnowy poziomej III klasy.

6. Nawiązanie poziome bliskich punktów sieci poligonowych należy wykonać w przypadku modernizacji sieci oraz ponownego wyrównania. Pomiar powinien być wykonany z dokładnością wymaganą przy zakładaniu osnowy poziomej III klasy.

7. Jeżeli przy nowym punkcie II klasy znajdują się dwa (lub więcej) punkty bliskie, należące do tej samej sieci, wystarczy wykonać nawiązanie tylko jednego z nich oraz nawiązanie kątowe na sąsiedni.

8. Porównanie współrzędnych uzyskanych z nowego pomiaru z dawnymi należy dołączyć do sprawozdania technicznego z wykonanych prac.

## § 24

### Przeniesienie współrzędnych punktu

1. Przeniesienie współrzędnych punktu polega na wyznaczeniu współrzędnych punktu przeniesienia założonego w pobliżu punktu macierzystego, niedostępnego do pomiaru bezpośredniego. Położenie punktu przeniesienia powinno być tak dobrane, aby mógł on być wykorzystany do dalszych prac geodezyjnych i fotogrametrycznych.

2. Dla punktów II klasy zlokalizowanych na terenie miast i zakładów przemysłowych zaleca się zakładanie wielopunktowych siatek przeniesienia współrzędnych.

3. Konstrukcja geometryczna siatki przeniesienia współrzędnych powinna zapewniać dwukrotne, niezależne wyznaczenie współrzędnych i wysokości punktu przeniesienia z dokładnością zapewniającą uzyskanie średniego błędu

$$m_p \leq 0,03 \text{ m},$$

$$m_H \leq 0,05 \text{ m}$$

w stosunku do punktu macierzystego.

4. Do przeniesienia współrzędnych punktu konieczne jest wyznaczenie w sposób bezpośredni lub pośredni:

- boku przeniesienia, tj. odległości między punktem przeniesienia a punktem macierzystym,
- kąta na punkcie macierzystym, utworzonego przez bok przeniesienia z jednym z kierunków na punkt sieci.

Oba elementy powinny być wyznaczone dwukrotnie w sposób niezależny.

5. Długość boku przeniesienia nie może przekroczyć 500 m, a kąt nachylenia celowej pomiędzy punktem macierzystym i punktem przeniesienia nie może być większy niż 40<sup>g</sup>.

6. Jeżeli nie ma możliwości pomiaru kątów nawiązujących z punktu macierzystego, to położenie punktu przeniesienia współrzędnych należy tak dobrać, aby:

- była możliwość założenia zbiegających się w tym punkcie dwóch baz ( $b_1$ ,  $b_2$ ), dłuższych niż bok przeniesienia  $c$  ([zał. 9](#)); jeżeli bok przeniesienia może być pomierzony bezpośrednio wystarczy jedna baza (dla kontroli),
- z punktu przeniesienia były widoczne dwa punkty sieci I lub II klasy (kierunki nawiązujące),
- w przypadku braku możliwości nawiązania siatki przeniesienia współrzędnych do dwóch punktów I lub II klasy, dopuszcza się nawiązanie siatki do jednego punktu, wykonane z punktu przeniesienia i z punktu bazowego.

7. Równoległe z pomiarem siatki przeniesienia współrzędnych należy wykonać trygonometryczny pomiar wysokości punktu macierzystego i punktów siatki przeniesienia. Pomiar kątów pionowych do wyznaczenia różnic wysokości należy wykonać w dwóch seriach, przy czym różnica między seriami nie może być większa niż 30<sup>cc</sup>.

Różnice wysokości między obu końcami bazy należy wyznaczyć z dwustronnych obserwacji kątów pionowych.

Różnice wysokości należy wyznaczyć dla wszystkich boków trójkąta.

W przypadku pomiaru siatki przeniesienia współrzędnych dla punktu ziemnego pomiar różnic wysokości między punktami siatki należy wykonać metodą niwelacji geometrycznej.

8. Przed opuszczeniem stanowiska należy sprawdzić czy długość boku przeniesienia i wysokość punktu przeniesienia zostały wyznaczone z wymaganą dokładnością.

9. Dla każdego punktu przeniesienia należy sporządzić szkic siatki przeniesienia dowiązania jej do punktów sieci I lub II klasy.

10. Dopuszcza się obliczenie współrzędnych punktu macierzystego z punktu przeniesienia w przypadku, gdy punkt macierzysty został przebudowany, a zachowała się siatka przeniesienia albo gdy siatka przeniesienia została wyznaczona techniką satelitarną GPS.

## § 25

### Punkty kierunkowe

1. Punkt osnowy II klasy lub punkt przeniesienia musi mieć ustalony co najmniej jeden punkt kierunkowy. Jako punkt kierunkowy można przyjąć dobrze widoczny z ziemi, związany bezpośrednim pomiarem:

- naziemny punkt osnowy poziomej, I lub II klasy, położony w odległości 0,5 - 2 km, widoczny po zasygnalizowaniu,
- trwały i jednoznacznie określony punkt na budowli, położony w odległości 0,5 - 5 km,
- niezwiązany bezpośrednim pomiarem punkt osnowy poziomej I lub II klasy, znajdujący się w odległości 2 - 5 km na budowli stałej lub widoczny po zasygnalizowaniu.

W przypadku braku możliwości ustalenia punktu kierunkowego w sposób podany wyżej należy zaprojektować ziemny punkt kierunkowy w odległości 400 - 600 m, a w trudnych warunkach terenowych w odległości nie mniejszej niż 200 m.

2. Wyznaczenie kąta kierunkowego na punkt kierunkowy nie będący punktem osnowy I lub II klasy można wykonać dwoma sposobami:

- 1) wyznacza się techniką GPS wektor między punktem osnowy a punktem kierunkowym,
- 2) wyznacza się kierunek na punkt kierunkowy w nawiązaniu do 2 kierunków na punkty I lub II klasy, mierząc kąty nawiązania w 3 seriach, z zamknięciem horyzontu; w przypadku braku możliwości nawiązania do 2 kierunków dopuszcza się nawiązanie do 1 kierunku z jednoczesnym zwiększeniem ilości serii do 4; pomiar wykonuje się instrumentem o dokładności odczytu 2<sup>cc</sup>, a błąd średni pomiaru kąta kierunkowego nie może być większy niż 15<sup>cc</sup>.

3. Dla punktu kierunkowego będącego punktem osnowy I lub II klasy kąty kierunkowe oblicza się ze współrzędnych.

4. Odległości do punktów kierunkowych będących punktami osnowy I lub II klasy oblicza się ze współrzędnych; w innych przypadkach odległości wyznacza się w terenie z błędem średnim nie większym niż 1 m. W przypadku odległości większej niż 1 km można ją określić z mapy topograficznej z dokładnością 10 m.

## § 26

### Opracowanie wyników pomiaru

1. Wyniki pomiarów polowych należy sprawdzić pod względem prawidłowości obliczeń i zgodności z założeniami technicznymi oraz przygotować je do wyrównania. W przypadku obserwacji klasycznych opracowanie kameralne obejmuje:

- 1) wykonanie obliczeń kontrolnych na stanowisku,
- 2) obliczenie mimośrodków stanowisk i celów,
- 3) obliczenie poprawek do obserwacji ze względu na mimośrodę,
- 4) zestawienie wyników obserwacji zredukowanych ze względu na mimośrodę,
- 5) obliczenie różnic wysokości wyznaczonych metodą trygonometryczną,
- 6) opracowanie szkicu odchyłek zamknięcia figur i obliczenie błędów średnich obserwacji:

- sieci poziomej,
- sieci niwelacji trygonometrycznej,

7) przygotowanie danych do wyrównania w postaci komputerowych plików tekstowych w formacie dostosowanym do wymagań używanego programu,

8) opracowanie opisu technicznego ze szczególnym uwzględnieniem przebiegu prac pomiarowych i uzasadnieniem ewentualnych odstępstw od projektu.

3. Zbiory z danymi muszą zawierać:

- współrzędne punktów nawiązania,
- obserwacje kątów,
- obserwacje kierunków,
- obserwacje azymutów,
- obserwacje długości boków,
- średnie błędy obserwacji pomiarów kątowych,
- średnie błędy obserwacji liniowych.

W zależności od wymagań programu obliczeniowego wyniki obserwacji mogą być zawarte w jednym pliku komputerowym lub osobnych plikach. Informacje o dokładności pomiarów mogą być podane razem z obserwacjami.

4. Wartości kątów i kierunków zapisuje się w zbiorach po wprowadzeniu poprawek redukcyjnych ze względu na mimośrodę, bez uwzględniania poprawek redukcyjnych na płaszczyznę odwzorowania, które są wprowadzane do obserwacji w procesie wyrównania.

5. Długości boków zapisuje się w zbiorach po uwzględnieniu poprawki ze względu na warunki atmosferyczne, pochylenie celowej, poprawek instrumentalnych oraz po uwzględnieniu redukcji ze względu na mimośrodę i redukcji na poziom elipsoidy, bez uwzględniania redukcji na powierzchnię odwzorowania.

## § 27

### Przygotowanie do wyrównania

1. Przed przystąpieniem do wyrównania należy:

- przestudiować materiały sporządzone w ramach projektu sieci oraz dokumentacji polowej,
- sporządzić szkic sieci wyrównywanej, na którym powinny być przedstawione:
  - a) kąty, kierunki i długości z pomiarów nowych i adaptowane,
  - b) średnie błędy obserwacji oraz rok ich wykonania,
  - c) punkty nawiązania i punkty wyznaczone,
  - d) zasięg wyrównywanej sieci.

2. Na podstawie szkicu wyrównywanej sieci można sprawdzić konstrukcje geometryczne wyznaczające punkty sieci.

3. Dopuszcza się przyjmowanie do wyrównania dwóch punktów położonych w odległości mniejszej niż 500 m, gdy:

- punkty są umieszczone na budowach stałych i zostanie między nimi pomierzona dodatkowo długość boku lub wektor GPS; pomiar ten nie może być uwzględniany przy badaniu konstrukcji geometrycznej określającej położenie obu wyznaczanych punktów,
- znak punktu jest obecnie zniszczony, ale dawne obserwacje ze względów technicznych powinny być wykorzystane do wyrównania,
- występuje para punktów, z których każdy posiada celowe wyznaczające, a podczas wywiadu terenowego ustalono, że nie można jednego z nich przyjąć za punkt ekscentryczny i nie ma możliwości pomiaru lub wyznaczenia drogą pośrednią kierunku i odległości między tymi punktami, tj. wyznaczenia elementów mimośrodę punktu ekscentrycznego. Przypadek taki może



dotyczyć wyłącznie intensywnie zainwestowanych terenów miast (np. punkty na dwóch wieżach tego samego kościoła).

4. Dopuszcza się wyrównanie obserwacji wykonanych na ekscentrycznych stanowiskach (punktach ekscentrycznych), jeżeli:

- punkty ekscentryczne (stanowiska obserwacyjne) zostały nawiązane do punktów głównych (centrów) metodą siatki przeniesienia współrzędnych,
- do obliczenia poprawek ze względu za mimośród (z dokładnością  $\pm 1''$ ) długości celowych pomierzono z dużą dokładnością (duży mimośród liniowy  $e$ ),
- długości celowych nie zostały wyznaczone z bezpośredniego pomiaru; w takich przypadkach współrzędne punktów głównych (centrów) oblicza się metodą siatki przeniesienia współrzędnych.

5. Wyrównanie sieci poziomej osnowy II klasy należy wykonać w oparciu o informacje z bazy danych GEOS prowadzonej przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warszawie lub jej fragmenty przekazane do dyspozycji powiatowych ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej.

6. Wartości obserwacji nowych: kątów, kierunków i długości boków należy przyjąć do wyrównania z zestawień opracowanych na podstawie dzienników pomiarów. Wartości obserwacji adaptowanych należy przyjmować na podstawie danych zawartych w kartotekach punktów lub archiwalnych dziennikach pomiarowych.

## § 28

### Wyrównanie obserwacji

1. Sieci poziome II klasy należy wyrównywać ściśle metodą najmniejszych kwadratów ( $[pvv] = \text{minimum}$ ) przy założeniu bezbłędności punktów nawiązania.

2. Sieci poziome II klasy (pomierzone metodą klasyczną) należy wyrównywać na płaszczyźnie odwzorowawczej elipsoidy GRS-80, w jednym z obowiązujących układów współrzędnych „1992” lub „2000”. Dopuszcza się także wyrównanie na elipsoidzie odniesienia. Uzyskane w ten sposób współrzędne należy następnie przeliczyć do odpowiedniego układu.

3. Do wyrównania przyjmuje się łącznie wyniki pomiarów nowych i adaptowanych sieci dawnych.

4. Przy wyrównywaniu zbioru obserwacji należy stosować wagi, obliczane jako wielkości odwrotnie proporcjonalne do kwadratów średnich błędów tych obserwacji.

5. Po wyrównaniu obserwacji należy przeprowadzić analizę jego wyników. Do analizy poprawek po wyrównaniu należy sprawdzić uzyskanych błędów średnich poprawek my obliczanych z wzoru przybliżonego:

$$m_v = m_0 \cdot m_{\text{obs}} \cdot \sqrt{\frac{r}{n}},$$

gdzie:

$m_0$  - błąd średni o wadze jednostkowej (niemianowany)

$m_{\text{obs}}$  - błąd średni obserwacji przyjęty do wyrównania

$r$  - liczba obserwacji nadliczbowych w sieci

$n$  - liczba wszystkich obserwacji w sieci. Obserwacje, dla których

$$\frac{v}{m_v} \geq 3,$$

powinny być szczegółowo sprawdzone. Błędne obserwacje należy skorygować lub w uzasadnionych przypadkach usunąć i sieć wyrównać ponownie.

6. Obliczenie współrzędnych punktów sieci oraz analizę wyników należy wykonywać przy użyciu programów dających możliwość kontroli prawidłowości procesu wyrównania.

7. W wyniku wyrównania sieci powstają następujące zbiory danych:

- 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 średnie poprawek  $m_v$ ,
- wielkość charakteryzującą dokładność sieci  $m_0$ .

8. Po obliczeniu współrzędnych punktów sieci należy obliczyć siatki przeniesienia i współrzędne punktów przeniesienia, współrzędne punktów ekscentrycznych oraz azymuty na punkty kierunkowe.

9. Dane uzyskane z wyrównania należy przekazać do Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w celu wprowadzenia do bazy danych GEOS.

## § 29

### Ocena dokładności

Dokładność sieci po wyrównaniu charakteryzują następujące wielkości:

1) błąd średni jednostkowy sieci:

$$m_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{f}},$$

gdzie:

v - poprawka

p - waga obserwacji

f - liczba obserwacji nadliczbowych.

Przy stosowanym sposobie wagowania wielkość  $m_0$  jest niemianowana, a jej wartość powinna być zbliżona do 1, dopuszczalne odchyłki nie powinny przekraczać 10% wartości  $m_0$ . Odchyłki większe świadczą o niewłaściwym wagowaniu lub o błędach występujących w obserwacjach. W takich przypadkach konieczna jest szczegółowa analiza danych, wprowadzenie odpowiednich zmian i ponowne wyrównanie.

2) błędy średnie współrzędnych wyrównanych  $m_x$  i  $m_y$  oraz błędy położenia punktów na płaszczyźnie odwzorowawczej  $m_p$  obliczane z wzoru:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

Błąd położenia punktu (w sieciach zakładanych metodami klasycznymi lub sieciach klasycznych z obserwacjami satelitarnymi) nie może przekroczyć 0,05 m.

## § 30

### Wyrównanie pomiarów GPS

1. Przestrzenne wektory obliczone w czasie postprocessingu, odpowiadające pomiarowi kąta kierunkowego (azymutu) i długości boku, poddaje się procesowi wyrównania w geocentrycznym układzie współrzędnych przestrzennych, przy założeniu bezbłędności punktów nawiązania. Wyrównanie przeprowadza się w sposób ścisły przy zastosowaniu metody najmniejszych kwadratów  $[pvv] = \min$ .

Błędy położenia punktów po wyrównaniu, których wielkości są podstawą do klasyfikacji punktów, nie mogą przekroczyć wartości 0,03 m.

2. Do wyrównania obserwacji GPS należy stosować oprogramowanie, które spełnia następujące warunki:

- posiada możliwość wprowadzenia trójwymiarowych przyrostów współrzędnych kartezjańskich  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  lub geodezyjnych  $\Delta B$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta h$  wektora z jego pełną macierzą wariancyjno-kowariancyjną,
- wykonuje wyrównanie przestrzenne w układzie geocentrycznym na elipsoidzie GRS-80,
- umożliwia wyrównanie wysokości elipsoidalnej  $h$  dla punktów nawiązania, na których przyjęto  $B$ ,  $L$  jako stałe i przyjmowanie stałości wysokości  $h$  na punktach wyrównywanych, gdzie z kolei współrzędne  $B$ ,  $L$  podlegają wyrównaniu,

- podaje błędy średnie współrzędnych po wyrównaniu oraz informacje o poprawności procesu wyrównania.

3. Przed wyrównaniem ostatecznym zaleca się wykonanie kontroli wstępnej obserwacji poprzez wyrównanie swobodne sieci wektorów, tzn. wyrównanie z przyjęciem stałości jednego punktu. Wyniki tego wyrównania pozwalają na ocenę dokładności pomiaru, gdyż nie są obciążone błędami punktów nawiazania. Ponadto wyrównanie swobodne pozwala na wykrycie błędów grubych (omyłek). Do błędów grubych zalicza się:

- błędny numer punktu,
- błędna wysokość anteny,
- włączenie do wyrównania wektora obciążonego błędem (np. wynikającym ze zbyt krótkiego czasu obserwacji uniemożliwiającego rozwiązanie nieoznaczoności).

## § 31

### Wyznaczanie wysokości punktów

1. Punkty sieci II klasy wraz z punktami siatek przeniesienia oraz punktami ekscentrycznymi powinny posiadać wysokości w obowiązującym układzie wysokości.

2. Za wysokość punktu przyjmuje się:

- wysokość górnej powierzchni znaku podziemnego (płyty), wysokość górnej powierzchni słupa określa się na podstawie wysokości górnej powierzchni znaku podziemnego i pomiaru różnicy wysokości,
- wysokość stanowiska na budowli stałej,
- wysokość ściśle określonego punktu, np. podstawy krzyża, w przypadku niedostępnych punktów zlokalizowanych na budowlach stałych (wieże kościelne itp.),
- wysokość reperu umieszczonego w górnej powierzchni słupa znaku dwufunkcyjnego.

3. Wysokości punktów określa się metodą niwelacji geometrycznej lub trygonometrycznej, w nawiązaniu do punktów osnowy wysokościowej oraz do punktów osnowy poziomej I i II klasy, których wysokości wyznaczono metodą niwelacji geometrycznej. Punkty te powinny być rozmieszczone w przybliżeniu równomiernie.

4. Liczba boków (różnic wysokości) między punktem, którego wysokość wyznacza się metodą niwelacji trygonometrycznej, a punktem, którego wysokość wyznaczono metodą niwelacji geometrycznej, nie może przekraczać 4, a jednocześnie musi być spełniony warunek, aby pierwiastek z sumy kwadratów długości boków ciągu między tymi punktami nie był większy od 5,5 km.

5. Średni błąd wysokości punktu wyznaczonej metodą niwelacji trygonometrycznej nie powinien być większy niż 0,10 m.

6. Punkty położone w odległości mniejszej niż 300 m od punktów osnowy wysokościowej powinny mieć wyznaczone wysokości metodą niwelacji geometrycznej z błędem średnim nie większym niż 0,01 m.

7. Różnica wysokości między dwoma punktami II klasy, uzyskana za pomocą niwelacji trygonometrycznej i za pomocą niwelacji geometrycznej, nie powinna być większa niż 0,15 m.

## § 32

### Wyznaczenie wysokości punktów metodą niwelacji trygonometrycznej

1. Do wyznaczenia wysokości punktu metodą niwelacji trygonometrycznej należy wykonać pomiar kąta pionowego (§ 16) i elementów redukcyjnych (wysokości instrumentu  $i_t$  oraz wysokości sygnału  $i_s$  ponad płytą). Wysokości punktów wyznacza się na podstawie różnic wysokości obliczanych ze wzoru:

$$\Delta h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{D^2(1-k)}{2R \cos^2 \alpha} + (i_t - i_s)$$

Błąd średni różnicy wysokości oblicza się z wzoru:

$$m_{\Delta h} = D \cdot m_{\alpha},$$

gdzie:

D - długość boku obliczona ze współrzędnych (w metrach)

$\alpha$  - kąt pionowy

$m_\alpha$  - błąd średni kąta pionowego

$\frac{D^2(1-k)}{2R \cos^2\alpha}$  - poprawka ze względu na krzywiznę Ziemi i refrakcję  
 $k = 0,13$  - współczynnik refrakcji.

2. Podstawą do oceny wyników pomiaru niwelacji trygonometrycznej są:

1) różnice wysokości otrzymane na podstawie dwustronnych obserwacji kątów pionowych; różnice wysokości uzyskane z pomiaru w obie powinny być zgodne w granicach podanych w [tabeli 1](#).

2) odchyłki zamknięć figur i ciągów złożonych z różnic wysokości niwelacji trygonometrycznej obliczone ze wzoru:

$$m_{F_{\max}} = \pm 0,04 \sqrt{\left[ \frac{1}{p} \right]} \quad (\text{w metrach}),$$

gdzie:

p - waga obserwacji,

przy czym:

$$p = \frac{1}{D^2} \quad \text{- dla różnicy wysokości wyznaczonej na podstawie obserwacji dwustronnej,}$$

$$p = \frac{1}{2D^2} \quad \text{- dla różnicy wysokości wyznaczonej na podstawie obserwacji jednostronnej,}$$

D - długość boku w kilometrach.

3. Obliczone różnice wysokości i odchyłki zamknięć figur (ciągów) przedstawia się na szkicu sieci ([zał. 10](#)).

4. Wyrównanie sieci niwelacji trygonometrycznej wykonuje się metodą ścisłą, przy zachowaniu warunku  $[pvv] = \text{minimum}$ , w nawiązaniu do punktów osnowy poziomej, dla których wyznaczono wysokości metodą niwelacji geometrycznej. Przy wyrównaniu wysokości punktów nawiązania przyjmuje się za bezbłędne.

Wyrównaniu poddaje się różnice wysokości  $\Delta h$  obliczone ze wzoru podanego w ust. 1 i z wagami określonymi w ust. 2 pkt 2.

5. Wyrównanie niwelacji trygonometrycznej oraz analizę sieci należy wykonywać przy użyciu programów dających możliwość kontroli prawidłowości procesu wyrównania.

6. W wyniku wyrównania sieci niwelacji trygonometrycznej otrzymuje się:

- wyrównane różnice wysokości  $\Delta h$ ,
- wysokości punktów obliczone na podstawie wyrównanych różnic,
- błąd średni spostrzeżenia o wadze jednostkowej  $m_o$  (błąd średni wyznaczenia różnicy wysokości dla odległości 1 km).

Tabela 1

Długość boku w km	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Dopuszczalna różnica $ \Delta h_{AB}  -  \Delta h_{BA} $ w cm	3,5	5,5	8,0	10,5	13,0	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0

### Obliczenie wysokości punktów wyznaczonych techniką GPS

1. Wysokości punktów osnowy poziomej w państwowym układzie wysokości oblicza się z zależności:

$$H = h - N,$$

gdzie:

H - wysokość normalna

h - wysokość elipsoidalna uzyskana z wyrównania sieci, w którym wysokości elipsoidalne punktów nawiązania przyjęto z zależności  $h = H - N$

N - wielkość odstępu geoidy od elipsoidy.

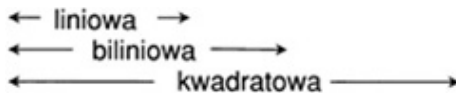
2. Dla określenia wysokości punktów dopuszcza się również metodę transformacji. [Tabela II](#) przedstawia zestawienie zalecanych metod transformacji i liczby punktów dostosowania w zależności od wielkości obszaru zajmowanego przez punkty uczestniczące w transformacji.

Tabela II

Rozpiętość obszaru objętego transformacją	Metody transformacji	Minimalna liczba punktów łącznych (dostosowania)
do 10 km	liniowa	5
do 30 km	biliniowa	7
do 30 km	kwadratowa	10

Metody transformacji różnią się stopniem wielomianu aproksymującego przebieg quasi-geoidy na podstawie znanych wysokości normalnych, obliczonych według wzoru:

$$H = a_1 + a_2 \cdot x + a_3 \cdot y + a_4 \cdot x \cdot y + a_5 \cdot x^2 + a_6 \cdot y^2$$



gdzie:

a - współczynniki wielomianu

x, y - współrzędne w układzie pierwotnym.

3. Wysokości punktów obliczone według procedur opisanych w pkt. 1 i 2 uzyskują dokładność wysokościowej osnowy pomiarowej.

### Przeliczenie współrzędnych z układu odniesienia EUREF-89 do państwowych układów współrzędnych oraz do układów lokalnych

1. Przeliczenie wyrównanych współrzędnych geodezyjnych B, L na współrzędne prostokątne x,y państwowego układu współrzędnych „2000” lub „1992” wykonuje się przy zastosowaniu ścisłych formuł matematycznych odwzorowania kartograficznego Gaussa-Krugerera, zamieszczonych w wytycznych technicznych [G-1.10](#).

2. Do przeliczenia wyrównanych współrzędnych geodezyjnych B, L na współrzędne prostokątne x,y państwowego lub lokalnego układu współrzędnych należy wykorzystać współrzędne wszystkich punktów łącznych; oprócz punktów nawiązania także tych, na których nie wykonano obserwacji ze względu na brak warunków do pomiaru GPS lub zniszczenia znaku.

Przeliczenie wyrównanych współrzędnych geodezyjnych B, L na współrzędne prostokątne x,y państwowego układu współrzędnych „1965” lub układu lokalnego wykonuje się w trzech etapach:

1) przeliczenie z globalnego układu geocentrycznego EUREF-89 do geocentrycznego układu lokalnej elipsoidy

Krassowskiego, wykonywane przy użyciu przestrzennej transformacji przez podobieństwo zdefiniowanej przez 7 następujących parametrów:

- 3 składowe przesunięcia środków układów współrzędnych obu elipsoid,
- 3 kąty obrotów osi jednego układu względem drugiego,
- 1 parametr zmiany skali;

empiryczne wartości tych parametrów, obliczone w oparciu o dane współrzędne punktów POLREF w układach obu elipsoid, podane są w instrukcji technicznej [G-2](#) i w wytycznych technicznych [G-1.10](#),

2) przeliczenie otrzymanych współrzędnych geodezyjnych B, L lokalnej elipsoidy Krassowskiego na współrzędne płaskie x,y przy zastosowaniu ścisłych formuł matematycznych odwzorowania kartograficznego zgodnego z odwzorowaniem stosowanym w układzie odniesienia (w układzie „1965” dla stref 1-4 jest to odwzorowanie quasi-stereograficzne, a dla strefy 5 - odwzorowanie Gaussa-Krügera, w układach lokalnych jest to odwzorowanie Gaussa-Krügera przy lokalnym południku osiowym),

3) ostateczne wpasowanie otrzymanych współrzędnych płaskich w istniejącą sieć wykonuje się metodą transformacji Helmerta, tzn. metodą transformacji konforemnej 1. rzędu; odchyłki na punktach dostosowania nie mogą przekraczać potrójnej wartości błędu średniego i powinny być usunięte metodą Hausbrandta.

3. Błąd położenia punktu po transformacji do układu „1965” lub lokalnego, obliczony jako błąd średni z odchyłek na punktach łącznych, nie powinien przekraczać 0,05 m. W wyjątkowych wypadkach (dla niektórych obszarów sieci w układzie „1965”) dopuszcza się możliwość niespełnienia tego kryterium.

## § 35

### Odtwarzanie punktu

1. W przypadku, gdy zostały zniszczone lub przemieszczone znaki określające położenie punktu osnowy poziomej I lub II klasy, a nie zostały naruszone inne znaki zespołu (np. poboczniki), można wykonać odtworzenie pierwotnego położenia punktu i osadzić ponownie znaki centra punktu (słup, płyta, kostka), zachowując jego dotychczasowe współrzędne x, y.

Warunkiem koniecznym jest posiadanie opisu topograficznego punktu zawierającego wyniki pomiaru położenia centra względem poboczników.

2. Dla odtworzenia punktu należy:

- przy 4 zachowanych pobocznikach - wykonać dwukrotne wcięcie liniowe z dwóch przeciwległych baz, których końcami są po dwie pary poboczników,
- przy 2 zachowanych pobocznikach - wyznaczyć teodolitem celową pobocznik - punkt kierunkowy i odłożyć odcinki: pobocznik I - centr punktu - pobocznik II.

3. Po odtworzeniu punktu i zastabilizowaniu znaku podziemnego należy wykonać pomiar kontrolny polegający na zrzutowaniu odcinków centr - pobocznik na linię pomiarową centr - punkt kierunkowy. Różnice między wartościami uzyskanymi z pomiaru a podanymi na opisie nie mogą przekraczać 0,02 m.

4. Pomiar długości odcinków należy wykonać skomparowanym stalowym przymiarem wstęgowym (taśma, ruletka) lub dalmierzem elektrooptycznym posiadającym aktualne świadectwo komparacji z dokładnością 0,005 m w poziomie lub zredukować długości na poziom.

5. Po odtworzeniu punktu wysokość punktu H (słupa i płyty) oraz azymuty na punkty kierunkowe stają się nieaktualne, w związku z czym należy je wyznaczyć z nowego pomiaru.

6. Odtworzenie punktu należy udokumentować na opisie topograficznym.

7. Odtworzenie punktu wykonuje się także za pomocą siatki przeniesienia współrzędnych lub pomiaru punktów ekscentrycznych. Pomiar należy wykonać przy użyciu sprawdzonego sprzętu pomiarowego (dalmierz musi mieć aktualne świadectwo komparacji). Odtworzenie uznaje się za prawidłowe, gdy różnice odcinków pomierzonych od centra punktu odtworzonego do innych punktów zespołu nie przekraczają 0,01 m.

8. W przypadku, gdy zostały zniszczone lub przemieszczone znaki określające w terenie centr punktu osnowy poziomej I lub II klasy, jak również zostały zniszczone lub naruszone pozostałe znaki zespołu i odtworzenie punktu nie jest możliwe, punkt uznaje się za zniszczony. Informację o zniszczeniu punktu należy umieścić na opisie topograficznym.

### Dokumentacja techniczna

1. Materiały powstałe w toku opracowania osnowy dzieli się na dwie części: akta postępowania i dokumentację techniczną.
2. W skład akt postępowania wchodzi następujące dokumenty:

- zamówienie (zlecenie) robót,
- zgłoszenie robót,
- umowy i dokumenty techniczno-kosztorysowe,
- dzienniki robót,
- protokoły odbioru robót,
- korespondencja związana z prowadzeniem robót,
- dowody przekazania odpowiedniej dokumentacji właściwym jednostkom geodezyjnym,
- inne dokumenty o charakterze formalnoprawnym.

Akta postępowania należy kompletować łącznie dla całego obiektu, niezależnie od liczby części, na które obiekt został podzielony. Dokumenty należy gromadzić w odrębnej teczce (teczce zbiorczej, tomie), zaopatrzonej w spis zawartości, włączając je w sposób trwały i grupując zgodnie z podziałem obiektu na części.

3. Dokumentację techniczną rozdziela się na grupy funkcjonalne, w tym:

- 1) do dokumentów zasobu przejściowego włącza się:

- opis techniczny projektu,
- mapy projektu sieci,
- analizę wartości technicznej istniejących sieci,
- wykazy znaków istniejących punktów,
- kopie robocze opisów topograficznych istniejących znaków poziomych,
- wykazy znaków nieprzyjętych do sieci (zniszczonych i nieodnalezionych),
- opisy topograficzne znaków nieprzyjętych do sieci (zniszczonych i nieodnalezionych),
- mapy robocze,
- zestawienia osadzonych znaków poziomych,
- zestawienia danych do kodowania.

Dokumentację zasobu przejściowego kompletuje się osobno dla poszczególnych części obiektu z wyodrębnieniem kolejnych etapów roboty.

- 2) do zasobu bazowego włącza się:

- sprawozdanie techniczne (opis) z całości prac, które powinno omawiać m.in. rodzaje i typy stabilizacji, metody pomiaru, liczbę i rodzaj użytych instrumentów i odbiorników GPS, liczbę opracowanych wektorów, przeliczenie (transformację) współrzędnych do układów lokalnych, nazwy i opisy programów komputerowych użytych do obliczeń,
- szkice sieci z naniesionymi punktami, zaobserwowanymi celowymi i długościami lub wektorami GPS,
- dzienniki obserwacyjne,
- opisy topograficzne znaków (oryginały terenowe),
- protokoły zawiadomień o umieszczeniu znaku,
- wydruki wyrównań i dane na dyskietkach lub płytach CD-ROM,

- świadectwa atestacji i komparacji sprzętu,

- protokoły końcowej kontroli technicznej,

3) do zasobu użytkowego włącza się:

- sprawozdanie techniczne (opis) z całości prac, o zawartości identycznej jak w zasobie bazowym,

- matryce opisów topograficznych ([zał. 11](#)),

- wydruki danych z banku osnów poziomych.



§ 37

**Analiza i ocena istniejących materiałów**

1. Przed przystąpieniem do opracowania projektu technicznego należy zebrać materiały dotyczące istniejących na danym terenie osnów poziomych i wysokościowych oraz dokonać ich analizy. W szczególności należy wykorzystać:

- opisy topograficzne punktów osnowy podstawowej i szczegółowej oraz wybranych punktów osnów niższych klas,
- wykazy współrzędnych, wysokości oraz inne informacje dotyczące punktów osnowy podstawowej i szczegółowej (wydruki z istniejących banków osnów - centralnego i lokalnych),
- mapy (szkice) przeglądowe sieci geodezyjnych,
- operaty pomiarowe oraz zbiory danych dotyczące sieci geodezyjnych.

2. Należy ocenić możliwość wykorzystania istniejących materiałów obserwacyjnych. Wykorzystaniu mogą podlegać tylko oryginalne (nieprzetworzone) obserwacje, które będą poddane ponownym redukcjom i ocenom statystyczno-dokładnościowym (dla określenia wag obserwacji).

Kąty i długości pomierzone w dawnych sieciach mogą być wykorzystane do wyznaczania punktów nowej sieci, jeżeli średnie błędy ich pomiaru, w przypadku sieci zakładanych metodą poligonizacji, nie są większe od wartości podanych w § 41 oraz nie przekraczają wartości podanych w § 43 dla sieci zakładanych metodą wcięć.

3. Znaki geodezyjne punktów, znajdujące się na terenie objętym opracowaniem, należy włączyć do zakładanej sieci, jeśli sposób stabilizacji, stan i położenie punktów umożliwiają ich wykorzystanie.

Jeśli sposób stabilizacji lub stan techniczny znaków odbiega od zaleceń podanych w wytycznych technicznych G-1.9, a lokalizacja umożliwia ich wykorzystanie, należy uzupełnić lub wymienić elementy znaków.

4. Istniejące w terenie ciągi poligonowe, których punkty są zastabilizowane w sposób zgodny z obowiązującymi przepisami, można adaptować, jeżeli wyniki obserwacji spełniają warunki podane w § 41, nawet gdy boki są krótsze niż 150 m. W wypadku, gdy przeciętna długość boku w ciągu jest mniejsza niż 200 m, a jednocześnie długość ciągu jest większa niż 2 km, ciągi te powinny mieć boczne nawiązania kątowe.

5. Jeżeli wyniki obserwacji istniejących ciągów nie spełniają warunków podanych w § 41 lub gdy brak dzienników polowych (zestawień wyników pomiarów) można adaptować tylko część punktów istniejącego ciągu, tak aby długości boków spełniały warunki podane w § 41, o ile warunki terenowe pozwalają na przebudowę ciągu. Punkty nieadaptowane do osnowy III klasy, mogą być włączone do osnowy pomiarowej.

W przypadku, gdy warunki terenowe nie pozwalają na przebudowę ciągu (np. zwarta zabudowa miejska), należy adaptować wszystkie istniejące w terenie znaki, nawet gdy długości boków ciągu nie spełniają warunków podanych w § 41.

§ 38

**Opracowanie projektu technicznego**

1. Po przeprowadzeniu analizy materiałów geodezyjnych zebranych w ośrodkach dokumentacji należy ustalić zakres niezbędnej inwentaryzacji istniejących punktów w celu sprawdzenia:

- stanu znaków geodezyjnych w aspekcie ich trwałości fizycznej i niezmienności położenia; w razie zniszczenia lub uszkodzenia znaku należy określić celowość ewentualnego wznowienia i ponownego wyznaczenia współrzędnych,
- aktualności informacji zawartych w opisach topograficznych punktów; w przypadku stwierdzenia zmian należy opisy zaktualizować lub sporządzić nowe,
- aktualności zawiadomień o umieszczeniu znaku; w przypadku stwierdzenia zmian należy sporządzić nowe zawiadomienie i przekazać właścicielowi lub władającemu,
- przydatności punktów do zastosowania określonej techniki pomiarowej (klasycznej lub GPS); należy sprawdzić wizury na punkty sąsiednie, a w przypadku techniki GPS także czy jest odkryty horyzont wokół punktu powyżej 15° elewacji.

2. Po analizie materiałów i ewentualnie inwentaryzacji istniejących punktów opracowuje się założenia do projektu technicznego, w

których ustala się:

- zasięg terytorialny projektowanej sieci,
- punkty nawiązania osnowy poziomej i wysokościowej,
- stopień zagęszczenia punktów sieci (zależny od charakteru terenu, zgodnie z instrukcją [G-2](#)),
- istniejące punkty niższych klas wstępnie przewidziane do wykorzystania lokalizacji lub elementów stabilizacji, ewentualnie związania z punktem nowym,
- metodę pomiaru i obliczeń,
- przebieg ciągów (w przypadku metody poligonowej) lub rejon lokalizacji grup punktów (w przypadku techniki GPS).

3. Dla zweryfikowania założeń do projektu technicznego należy przeprowadzić wywiad terenowy, obejmujący przegląd punktów nawiązania i istniejących punktów przewidzianych do adaptacji oraz ustalenie lokalizacji punktów nowych.

4. Na podstawie wyników wywiadu terenowego należy sporządzić projekt techniczny, na który składa się:

- 1) opis projektu technicznego,
- 2) opisy topograficzne punktów nawiązania, adaptowanych i nowych,
- 3) szkic projektu opracowany na mapie topograficznej w skali 1:10 000 lub 1:25 000 ([zał. 12](#)), zawierający:
  - istniejące punkty osnowy poziomej (podstawowej i szczegółowej) znajdujące się na opracowywanym terenie oraz w jego sąsiedztwie,
  - punkty osnowy wysokościowej,
  - inne trwale stabilizowane punkty przewidziane do adaptacji lub związania,
  - przebieg projektowanych ciągów poligonowych i lokalizację poszczególnych punktów w ciągu, usytuowanie punktów wyznaczanych wcięciami oraz punktów wyznaczanych techniką GPS.

5. W opisie projektu technicznego określa się:

- metodę pomiaru i klasę projektowanej sieci,
- przepisy techniczne, w oparciu o które będzie zakładana sieć i ewentualne uzasadnienie odstępstw od obowiązujących przepisów,
- zasięg projektowanej sieci,
- czy należy wyznaczyć wysokości punktów i ewentualnie sposób pomiaru,
- punkty nawiązania sieci,
- liczbę punktów wyznaczanych, punkty węzłowe (dla metody poligonowej),
- sposób wykorzystania istniejących w terenie sieci (adaptowanie pomiarów lub stabilizacji) z uzasadnieniem,
- typy znaków zalecane do stabilizacji nowych punktów lub uzupełnienia istniejących,
- metody i dokładności pomiaru kątów i długości, podstawowe instrumenty pomiarowe przewidywane do realizacji projektu sieci, metody pomiaru GPS,
- stopień zagęszczenia punktów sieci,
- sposób wyrównania obserwacji polowych.

## § 39

### **Stabilizacja punktów**

1. Stabilizację punktów wykonuje się po zatwierdzeniu projektu technicznego.

2. Punkty poziomych osnów szczegółowych III klasy stabilizuje się znakami stałymi. Znaki geodezyjne należy wykonywać zgodnie z

zasadami podanymi w wytycznych technicznych [G-1.9](#) Katalog znaków geodezyjnych. Typ znaku i sposób stabilizacji zależy od rodzaju gruntu, lokalizacji punktu, a także od ewentualnego atrybutu dwufunkcyjności.

3. Po osadzeniu znaku przekazuje się właścicielowi lub władającemu nieruchomością zawiadomienie o umieszczeniu znaku.
4. W zależności od warunków terenowych, rodzaju i sposobu użytkowania gruntu punkty należy stabilizować w sposób następujący:
  - na terenach zabudowanych, gdy lokalizacja punktów na ulicach nie zabezpiecza ich trwałości - zakładać zespoły co najmniej trzech punktów ekscentrycznych stabilizowanych trwałymi znakami naziemnymi, podziemnymi i ściennymi oraz wykonać pomiary tak, aby dokładność odtworzenia punktu nie była mniejsza niż 0,01 m ([zał. 13](#)),
  - na terenach niezabudowanych - zakładać znaki dwupoziomowo: słup betonowy lub granitowy i płyta betonowa (znaki typu [42](#), [43](#), [46 rys. b](#), [rys. c](#) i [48 rys. a](#)), skrzynka metalowa i płyta betonowa (znaki typu [44](#) i [45](#)),
  - w miejscach, gdzie znak może ulec uszkodzeniu (np. grunty rolne, pobocza szos) - zakładać znaki podziemne (znaki typu [25 rys. b](#) i [26 rys. b](#)),
  - na bagnach i gruntach grząskich - stosować pal drewniany o średnicy 15÷20 cm i długości tak dobranej, aby sięgał związłego gruntu (znaki typu [43](#) i [49](#)).

Oprócz omówionych wyżej sposobów stabilizacji dopuszcza się stosowanie znaków z tworzyw sztucznych dobranych odpowiednio do rodzaju gruntu (znaki typu [17](#) i [54](#)).

5. W sieciach, dla których określana jest wysokość punktu, zaleca się stabilizację dwufunkcyjnym znakiem geodezyjnym z metalowym znakiem typu [11b](#) lub [12](#) ([rys. a](#), [rys. d](#) i [rys. f](#)), osadzonym w słupie betonowym o długości nie mniejszej niż 1,1 m ustawionym na płycie betonowej; znak taki stosuje się na terenach rolnych.
6. Zespoły znaków geodezyjnych punktów dawnych (adaptowanych), zastabilizowanych w sposób odmienny, niż przewidują aktualnie obowiązujące przepisy, należy uzupełnić, pamiętając jednak, że znaki naziemne, posiadające większą trwałość niż znaki obecnie stosowane, pozostawia się. Znak podziemny o wymiarach mniejszych niż 0,20x0,20x0,10 m lub rurkę drenarską należy zastąpić płytą betonową o wymiarach 0,20x0,20x0,10 m, osadzoną na głębokości 0,80 m.
7. Na punktach istniejących, adaptowanych do nowej sieci, należy sprawdzić i ewentualnie poprawić zgodność położenia znaku podziemnego z centrami pozostałych elementów zespołu znaków geodezyjnych. W przypadku rozbieżności większych niż 1 cm należy na opisie topograficznym podać wartości pomierzone. Brakujące (zniszczone) elementy zespołu znaków należy uzupełnić lub wymienić.
8. Przy stabilizacji dwupoziomowych zespołów znaków geodezyjnych płytą betonową znaku podziemnego o wymiarach 0,20x0,20x0,10 m z odcisniętym krzyżem osadza się poziomo na wyrównanym dnie wykopu o nienaruszonej strukturze gruntu, tak aby jej dolna powierzchnia znajdowała się na głębokości 0,80 m od poziomu terenu i aby płyta nie mogła być przesunięta przy ustawianiu lub wyjmowaniu słupa. Krawędzie górnej powierzchni płyty należy skierować wzdłuż linii północ-południe. Słup ustawia się centrycznie na podsypce (około 0,1 m).

## § 40

### Opis topograficzny

1. W czasie prac pomiarowych sporządza się opis topograficzny punktu ([zał. 14](#)), wykorzystując roboczy opis, wykonany w czasie wywiadu terenowego.
2. Na opisie topograficznym umieszcza się niżej wymienione informacje.
  - 1) W części adresowej formularza podaje się:
    - oznaczenie arkusza mapy topograficznej w skali 1:10 000, na której położony jest znak centra punktu,
    - numer punktu ustalony według zasad podanych w instrukcji technicznej [G-2](#) oraz poprzednie (archiwalne) numery punktu i oznaczenie klasy punktu,
    - opis położenia - województwo, powiat, gmina, miejscowość,
    - nazwę lub nazwisko właściciela (władającego) nieruchomości; jeśli punkt jest położony na granicy nieruchomości, należy podać dane dotyczące wszystkich właścicieli (władających),
  - 2) Na szkicu sytuacyjnym oznacza się położenie punktu, związanego miarami ze szczegółami terenowymi, przestrzegając przy tym następujących zasad:
    - szkic sytuacyjny sporządza się z zachowaniem przybliżonych proporcji w długościach i przybliżonej zgodności

kierunków z mapą,

- kierunek północ-południe powinien być zgodny z boczną ramką formularza opisu topograficznego (północ na górze); w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się inne zorientowanie szkicu, wówczas kierunek północy należy oznaczyć strzałką,
- szkic sytuacyjny sporządza się z zachowaniem znaków umownych obowiązujących dla mapy zasadniczej,
- na szkicu uwidacznia się szczegóły terenowe przydatne do odnalezienia punktu i naniesienia go na mapę topograficzną w skali 1:10 000; przede wszystkim należy wykazać szczegóły terenowe I i II grupy dokładnościowej,
- przy wylotach dróg podaje się nazwy najbliższych osiedli, względnie dróg wyższej klasy, do których naniesione drogi prowadzą; zaleca się umieszczanie co najmniej jednego skrzyżowania dróg, którego identyfikacja na mapie i w terenie nie nastręcza trudności,
- należy podawać rodzaj nawierzchni dróg,
- punkt należy nawiązać liniowo do trwałych szczegółów terenowych w sposób umożliwiający dwukrotne wyznaczenie jego położenia w terenie,
- linie pomiarowe należy rozpoczynać i kończyć na szczegółach terenowych zidentyfikowanych na mapie w skali 1:10 000, przy czym miary należy podawać z dokładnością 0,1 m,
- miary do trwałych szczegółów sytuacyjnych, które mogą być zidentyfikowane z dużą dokładnością (szczegóły I grupy), znajdujących się w odległości nie większej niż 20 m, a w uzasadnionych przypadkach również do szczegółów bardziej odległych, należy podawać z dokładnością 0,01 m, zredukowane do poziomu,
- na szkicu umieszcza się również inne punkty osnowy geodezyjnej, znajdujące się w odległości do 300 m od punktu głównego (centra) w terenie otwartym, a w terenie zabudowanym najbliższe punkty osnowy mieszczące się w sytuacji objętej szkicem.

3) Ponadto na opisie topograficznym przedstawia się w rzucie pionowym i poziomym rozmieszczenie naziemnych i podziemnych znaków zespołu stabilizacji oraz następujące dane dotyczące poszczególnych znaków i ich położenia:

- rodzaj znaku, typ i wymiary,
- odległość górnej płaszczyzny każdego znaku od powierzchni terenu i od górnej powierzchni znaku naziemnego z dokładnością 0,01 m,
- wzajemną odległość między poszczególnymi znakami zespołu z dokładnością 0,01 m,
- jeżeli punkt został zlokalizowany na budowli stałej (wieży wodnej, kościele, budynku itp.), należy podać rodzaj i dokładny opis budowli, przedstawić jej wygląd w postaci rysunku lub fotografii, wskazując położenie punktu geodezyjnego,
- szkic przedstawiający rozmieszczenie wszystkich elementów zespołu znaków (punkty ekscentryczne, punkty związane geodezyjnie) oraz punkty sąsiednie (w przypadku sieci poligonowej lub zakładanej metodą GPS) wraz z odległościami z dokładnością 0,01 m i kątami między nimi uzyskanymi z bezpośredniego pomiaru; nie podaje się odległości przy pomiarze metodą GPS,
- poboczniki oraz inne znaki podziemne powinny być nawiązane kątowno do punktu kierunkowego z dokładnością 0,1 9.

4) Opis topograficzny punktu musi zawierać dane dotyczące wykonawcy oraz datę sporządzenia.

3. Opisy topograficzne punktów dawnych podlegają aktualizacji. Zmiany i uzupełnienia należy przedstawić na odbitce opisu topograficznego; w dolnej części opisu umieszcza się notatkę: zaktualizowano, nazwisko, imię i podpis wykonawcy oraz datę; zaleca się, aby potwierdzenie danych i dokonane zmiany w opisie były wprowadzone kolorem czerwonym.

W przypadku dużej ilości zmian należy sporządzić nowy opis topograficzny; w takim przypadku kopię dotychczasowego opisu przekreśla się i opatruje uwagą: „wykonano nowy opis”, z datą i podpisem wykonawcy.

## § 41

### Pomiar sieci metodą poligonizacji

1. Sieci poligonowe powinny spełniać następujące warunki:

- 1) ciąg poligonowy powinien być nawiązany obustronnie kątowno i liniowo do punktów nawiązania lub punktów węzłowych,
- 2) ciągi powinny być zbliżone do równobocznych i prostoliniowych,
- 3) długości pojedynczych ciągów nie powinny przekraczać 4,5 km, a ciągów wyznaczających punkty węzłowe - 3,0 km,
- 4) długości boków w ciągach powinny mieścić się w granicach od 150 do 600 m i wynosić przeciętnie nie mniej niż 300 m, a stosunek długości boków sąsiednich nie powinien być mniejszy niż 1:2,

5) w szczególnych przypadkach dopuszcza się skrócenie długości boku poniżej 150 m oraz skrócenie przeciętnej długości boku do 200 m, pod warunkiem:

- ograniczenia długości ciągu do 2 km,
- zmniejszenia średniego błędu pomiaru kąta do  $m_{\alpha} \leq 20^{\text{cc}}$ ,
- szczególnie starannego centrowania instrumentów i przyrządów pomocniczych nad centrami punktów,

6) w celu wzmocnienia konstrukcji sieci, z ciągów poligonowych należy tworzyć układy wielowęzłowe oraz stosować nawiązania boczne (mierzyć kierunki na wysokie budowle widoczne z wielu punktów ciągów).

2. Pomiar osnowy III klasy należy wykonywać przy użyciu tachimetrów elektronicznych lub teodolitów oraz dalmierzy elektrooptycznych ([zał. 15](#)), przy czym muszą być zachowane następujące warunki:

- 1) pomiar kątów lub kierunków wykonuje się w 2 seriach,
- 2) pomiary kątowe w ciągu wykonuje się metodą kątową, a na punktach węzłowych oraz punktach, na których są dodatkowe kierunki - kierunkową,
- 3) dopuszczalna różnica między seriami wynosi  $30^{\text{cc}}$ ,
- 4) średni błąd kierunku nie może przekraczać  $20^{\text{cc}}$ ,
- 5) pomiar długości boku należy wykonać w 2 seriach (dwa niezależne celowania elektroniczne),
- 6) wartości składowych błędów standardowego dalmierza powinny spełniać następujące kryteria:

$$a \leq 0,01 \text{ m,}$$

$$b \leq 0,01 \text{ m,}$$

7) różnica między seriami nie może przekraczać podwójnej wartości błędów standardowych.

3. Dla właściwego określenia warunków atmosferycznych średnie błędy pomiaru temperatury i ciśnienia powinny spełniać kryteria:

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

$$m_p \leq 1,3 \text{ hPa (1 mm Hg).}$$

4. Przy pomiarze kątów należy używać tarcz celowniczych oraz pionów optycznych. Błędy centrowania stanowiska i celu nie mogą być większe niż 0,005 m.

5. Sprzęt używany do pomiaru należy okresowo poddawać sprawdzeniom zgodnie z zasadami podanymi w [§ 12](#).

## § 42

### Wyrównanie i ocena sieci poligonowej

1. Sieci poziome III klasy należy wyrównywać ściśle metodą najmniejszych kwadratów ( $[pvv] = \text{minimum}$ ) przy założeniu bezbłędności punktów nawiązania, tj. punktów osnowy podstawowej I klasy i szczegółowej klasy II oraz III<sub>s</sub>.

2. Sieci poziome III klasy (pomierzone metodą klasyczną) należy wyrównywać w jednym z obowiązujących układów współrzędnych „1992” lub „2000”.

3. Do wyrównania sieci przyjmuje się łącznie wyniki pomiarów polowych nowych i adaptowanych.

4. Dane do wyrównania należy przygotować zgodnie z zasadami podanymi w [§ 27](#), w sposób odpowiedni dla programu, który zostanie użyty do wyrównania.

5. W procesie wyrównania należy stosować wagi obliczane jako wielkości odwrotnie proporcjonalne do kwadratów średnich błędów obserwacji.

6. Po wyrównaniu oblicza się błąd średni jednostkowy sieci:

$$m_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{f}}$$

gdzie:

v - poprawka

p - waga obserwacji

f - liczba obserwacji nadliczbowych.

Przy stosowanym sposobie wagowania wielkość  $m_0$  jest niemianowana, a jej wartość powinna być zbliżona do 1, dopuszczalne odchyłki nie powinny przekraczać 10% wartości  $m_0$ . Odchyłki większe świadczą o niewłaściwym wagowaniu lub o błędach występujących w obserwacjach. W takich przypadkach konieczna jest szczegółowa analiza danych, wprowadzenie odpowiednich zmian i ponowne wyrównanie.

7. Po wyrównaniu należy przeprowadzić analizę jego wyników. Do analizy poprawek po wyrównaniu należy sprawdzenie uzyskanych błędów średnich poprawek  $m_v$ . Obserwacje, dla których

$$\frac{v}{m_v} \geq 3$$

powinny być szczegółowo sprawdzone. Błędne obserwacje należy skorygować lub w uzasadnionych przypadkach usunąć i sieć wyrównać ponownie.

8. W wyniku wyrównania sieci powstają następujące zbiory danych:

- 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 średnie poprawek  $m_v$ ,

Dokładność sieci po wyrównaniu charakteryzuje wielkość  $m_0$ .

## § 43

### Pomiar i wyrównanie sieci zakładanej metodą wcięć

1. W konstrukcji geometrycznej wyznaczającej położenie punktu III klasy powinny występować co najmniej trzy miejsca geometryczne (odcinki prostych  $l_p$ ,  $l_w$ ,  $l_d$ ), a kąt przecięcia jednej, dowolnie wybranej pary prostych powinien spełniać warunek:

$$509 \leq \Psi \leq 1509$$

2. Przy badaniu konstrukcji geometrycznej wyznaczającej położenie punktu należy postępować zgodnie z zasadami podanymi w [§ 4](#).

3. Długości odcinków wyznaczających nie mogą przekraczać 5 km, a ich stosunek na punkcie wyznaczanym nie powinien być większy niż 4:1.

4. Pomiar kątów i długości należy wykonywać przy użyciu tachimetrów elektronicznych lub teodolitów oraz dalmierzy elektrooptycznych.

Pomiary kątowe należy wykonać w 2 seriach.

Sprzęt pomiarowy musi być tak dobrany, aby zapewniał uzyskanie dokładności podanych w [tabeli III](#).

Tabela III

Długość odcinka $l$ ( $l_p, l_w, l_d$ )	Średni błąd pomiaru		Różnica między seriami (pomiarы kątowe)
	kąta	długości	
0,4 - 1,5 km	$\leq 30^{\text{cc}}$	$\leq 5 \cdot 10^{-5} D$	$\leq 30^{\text{cc}}$
1,5 - 3,0 km	$\leq 15^{\text{cc}}$	$\leq 2,5 \cdot 10^{-5} D$	$\leq 30^{\text{cc}}$
3,0 - 5,0 km	$\leq 10^{\text{cc}}$	$\leq 1,5 \cdot 10^{-5} D$	$\leq 20^{\text{cc}}$

5. Temperaturę należy mierzyć z dokładnością  $\leq 1$  K ( $1^{\circ}\text{C}$ ), a ciśnienie z dokładnością  $\leq 1,3$  hPa (1 mm Hg).

6. Przy pomiarze kątów należy używać tarcz celowniczych oraz pionów optycznych. Błędy centrowania stanowiska i celu nie mogą być większe od 0,005 m.

7. Sprzęt używany do pomiaru należy okresowo poddawać sprawdzeniom zgodnie z zasadami podanymi w [§ 13](#).

8. Wyrównanie wcięć pojedynczych punktów i grup punktów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w [§ 28](#). W przypadku wykonania wcięć jednocześnie z pomiarem sieci poligonowej należy przeprowadzić wyrównanie wspólne.

#### § 44

#### Pomiar techniką GPS

1. Do wyznaczenia położenia punktów stosuje się metodę statyczną lub szybką statyczną.

2. Sieć wektorów wyznaczających położenie punktów powinna składać się z wieloboków złożonych co najwyżej z 8 wektorów wyznaczonych w różnych sesjach pomiarowych ([zał. 16](#)).

Sieć wydłużoną, stosowaną do obsługi obiektów inżynierskich (np. szlaki komunikacyjne, rurociągi, linie energetyczne i telekomunikacyjne) należy konstruować w sposób zapewniający co najmniej 2 niezależne wektory wyznaczające każdy z punktów. Punkty nawiązania powinny znajdować się na końcach oraz wzdłuż sieci oddalone co kilkanaście kilometrów. Punkty nawiązania wysokościowego należy wybierać po obu stronach konstruowanej sieci ([zał. 17](#)).

3. W czasie planowania należy budować sieć tak, aby stosunek liczby wektorów niezależnych do liczby punktów wyznaczanych był większy lub równy 1,33.

4. Czas trwania sesji pomiarowej, zależny od warunków obserwacyjnych oraz typu użytego sprzętu, wynosi około:

1) dla metody statycznej:

- 30 minut dla odbiorników dwuczęstotliwościowych,
- 45 minut dla odbiorników jednoczęstotliwościowych,

2) dla metody szybkiej statycznej:

Tabela IV

Długość wektora	Czas trwania sesji pomiarowej	
	Obserwacje dzienne	Obserwacje nocne
do 5 km	5 do 10 minut	5 minut
od 5 do 10 km	10 do 20 minut	5 do 10 minut
10 do 15 km	ponad 30 minut	5 do 20 minut

5. Przy zastosowaniu metody szybkiej statycznej zaleca się wyznaczanie wektorów między odbiornikami ustawionymi na 2 punktach

bazowych gromadzących dane w trakcie wielogodzinnych sesji pomiarowych, a poszczególnymi punktami obserwowanymi w trakcie krótkich sesji pomiarowych. Pozwala to na znaczne zwiększenie liczby punktów wyznaczanych w tym samym okresie, gdyż każdy obserwator obsługujący odbiornik ruchomy, prowadzi obserwacje niezależnie od innych przemieszczających się obserwatorów i opóźnienie początku zbierania danych przez jeden z odbiorników nie powoduje zmiany początku sesji dla innych odbiorników ruchomych.

Jako punkty bazowe powinny być wybierane punkty położone w odkrytym terenie bez przeszkód w odbiorze sygnałów od satelitów. Mogą to być dowolne punkty wchodzące w skład sieci (zarówno nawiązania, jak i wyznaczone). W przypadku dużych obszarów objętych figurą złożoną z punktów bazowych zaleca się zaobserwowanie dodatkowych wektorów, stanowiących połączenie wiązek wektorów wyznaczonych w oparciu o poszczególne punkty bazowe. Przykład sieci zbudowanej zgodnie z powyższymi zasadami pokazano w [zał. 18](#). Zasady planowania sesji i czynności wykonywane przez obserwatora w trakcie pomiaru zostały opisane w [§ 20](#), [21](#) i [22](#).

## § 45

### Wyznaczanie wysokości punktów

1. Punkty osnowy III klasy oraz ich punkty ekscentryczne powinny uzyskiwać wysokości wyznaczone w obowiązującym układzie wysokości, jeżeli takie wymagania zostały określone w założeniach do projektu technicznego.

2. Wysokości punktów wyznacza się w sposób analogiczny jak dla punktów osnowy II klasy, z tym że różnice wysokości punktów wyznaczanych w ciągach poligonowych oblicza się z niwelacji trygonometrycznej celowymi dwustronnymi, a obliczone wysokości odnoszą się do górnej powierzchni słupa.

## § 46

### Dokumentacja techniczna

Materiały powstałe w toku opracowania osnowy III klasy kompletuje się według zasad analogicznych jak dla osnowy II klasy, podanych w [§ 36](#).

## § 47

### Odtwarzanie punktu

1. W przypadku, gdy zostały zniszczone lub przemieszczone znaki określające położenie punktu głównego (centra), a nie zostały naruszone inne znaki zespołu (np. poboczniki przy punktach pochodzących z dawnych sieci triangulacyjnych) można wykonać odtworzenie pierwotnego położenia punktu i osadzić ponownie znaki centra punktu (słup, płyta), zachowując jego dotychczasowe współrzędne  $x$ ,  $y$ .

Do tego celu należy wykorzystać wyniki pomiaru położenia centra względem poboczników lub sąsiednich punktów klasy III lub wyższej.

2. Odtwarzanie punktu na podstawie miar do poboczników oraz pomiaru punktów ekscentrycznych należy wykonywać według zasad ustalonych dla punktów I i II klasy podanych w [§ 35](#). Odtworzenie punktu III klasy uznaje się za prawidłowe, gdy przeciętna różnica odcinków pomierzonych od centra punktu odtwarzanego do innych znaków zespołu jest mniejsza od 0,02 m.

3. W przypadku, gdy znak punktu w sieci poligonowej został zniszczony lub przemieszczony, można taki punkt odtworzyć, wyznaczając jego położenie na podstawie odmierzenia wartości kątów i boków (niezredukowanych) z dwóch punktów sąsiednich.

4. Po zastabilizowaniu odtwarzanego punktu należy wykonać pomiary kontrolne (3 kąty i 2 boki) i obliczyć różnice między wartościami elementów pomierzonych a wartościami odpowiadających im elementów z pomiarów pierwotnych. Punkt uznaje się za prawidłowo odtworzony, gdy różnice dla każdego z elementów nie przekraczają  $45''$  dla kątów i  $1 \cdot 10^{-4} D$  dla długości. W przeciwnym przypadku oblicza się nowe współrzędne; punkt taki należy zakwalifikować do osnowy pomiarowej.

## § 48

### Wznowienie punktu

1. Wznowienie punktu III klasy polega na zastabilizowaniu punktu i wykonaniu nowego pomiaru. Punkt taki uzyskuje współrzędne i ocenę dokładności na podstawie nowego pomiaru, nawet jeżeli po obliczeniu współrzędnych okaże się, że punkt został założony w miejscu punktu zniszczonego. Wznowienie punktu wykonuje się, gdy nie ma możliwości jego odtworzenia.



2. W celu wznowienia kilku punktów poziomej osnowy III klasy wyznaczonych metodą poligonizacji, należy:

- 1) zniszczone punkty zastabilizować, zmieniając ewentualnie lokalizację dla zapewnienia większej trwałości,
- 2) wykonać pomiar uzupełniający na punktach nowych i sąsiednich punktach w ciągu,
- 3) nowe i uzyskane z zasobów geodezyjnych obserwacje wyrównać w nawiązaniu do punktów wyższej klasy,
- 4) dla wszystkich punktów ciągu, jako ostateczne, przyjąć współrzędne i ocenę dokładności uzyskane z wyrównania,
- 5) jeżeli spełnione są wymogi instrukcji [G-2](#), punkty ciągu należy zakwalifikować do osnowy poziomej III klasy.

## § 49

### Osnowa dwufunkcyjna

1. Osnowę dwufunkcyjną tworzą sieci, których punkty spełniają jednocześnie kryteria szczegółowej osnowy poziomej i wysokościowej.

2. Sieci dwufunkcyjne w zasadzie zakłada się techniką GPS; w wyjątkowych wypadkach sieć ta może być zakładana metodami klasycznymi lub metodami łączącymi obserwacje klasyczne z satelitarnymi.

3. Klasyfikację punktów sieci dwufunkcyjnej wykonuje się oddzielnie dla osnowy poziomej i wysokościowej.

4. Prace projektowe i wywiadu terenowego wykonuje się zgodnie z zasadami podanymi w niniejszych wytycznych dla punktów odpowiedniej klasy osnowy poziomej, biorąc pod uwagę konieczność określenia wysokości punktów z dokładnością szczegółowej osnowy wysokościowej. Projektowana sieć musi spełniać następujące warunki:

- 1) punktami nawiązania sieci dwufunkcyjnej powinny być punkty klas wyższych od zakładanych, leżące w najbliższym otoczeniu oraz na obszarze projektowanej sieci; punkty te powinny spełniać wymagania pomiaru techniką GPS; punktami nawiązania mogą też być punkty geodezyjnego systemu stacji permanentnych GPS,
- 2) długości wektorów GPS pomiędzy punktami wyznaczanymi II klasy nie powinny przekraczać 10 km, przy średniej długości poniżej 7 km; długości wektorów do punktów nawiązania osnowy poziomej w tej sieci powinny być krótsze od 15 km,
- 3) długości wektorów GPS pomiędzy punktami przy zakładaniu sieci III klasy nie powinny przekraczać 20 km, przy średniej długości poniżej 10 km,
- 4) nawiązanie wysokościowe należy zaprojektować do co najmniej 3 punktów osnowy wysokościowej odpowiedniej klasy.

5. Do stabilizacji punktów osnowy dwufunkcyjnej na terenach niezabudowanych należy używać dwupoziomowych, dwufunkcyjnych znaków geodezyjnych z metalowym znakiem typ [11b](#) lub 12 ([rys. a](#), [rys. d](#) i [rys. f](#)), osadzonym w słupie betonowym o długości nie mniejszej niż 1,10 m. Słup należy osadzić bezpośrednio (bez podsypki) na płycie (znaku podziemnym) o wymiarach 0,40x0,40x0,10 m (przekraczających wymiary dolnej podstawy słupa). Górna powierzchnia płyty powinna znajdować się na głębokości co najmniej 1,10 m.

6. Pomiar, obliczenia kontrolne i wyrównanie sieci dwufunkcyjnej wykonuje się zgodnie z zasadami podanymi w niniejszych wytycznych dla odpowiedniej klasy osnowy poziomej. W przypadku wyznaczania sieci metodą klasyczną wysokości punktów należy wyznaczyć metodą niwelacji geometrycznej odpowiedniej klasy, którą należy wyrównać zgodnie z zasadami podanymi w niniejszych wytycznych dla szczegółowej osnowy wysokościowej.

## § 50

### Zakładanie osnowy poziomej III klasy metodą fotogrametryczną

1. Punkty osnowy geodezyjnej III klasy zakładane metodą fotogrametryczną stanowią sieć aerotriangulacji. Współrzędne oraz wysokości punktów wyznaczane są w procesie analitycznej aerotriangulacji przestrzennej.

2. Wyznaczanie punktów III klasy metodą fotogrametryczną wykonuje się w oparciu o punkty osnowy III klasy, na podstawie zdjęć lotniczych w skali nie mniejszej niż 1:5 000.

3. Założenie sieci punktów III klasy metodą fotogrametryczną obejmuje następujące etapy:

- 1) opracowanie założeń projektowych z wykorzystaniem projektu lotów fotogrametrycznych,

- 2) inwentaryzacja istniejącej osnowy geodezyjnej i sporządzenie projektu sieci III klasy oraz projektu sygnalizacji fotogrametrycznej wraz ze schematycznym podziałem na bloki aerotriangulacji,
- 3) wywiad terenowy, stabilizacja punktów i polowa sygnalizacja fotogrametryczna,
- 4) wykonanie fotogrametrycznych zdjęć lotniczych,
- 5) kameralna identyfikacja sygnalizowanych punktów, ustalenie zakresu prac polowych, tj. sprawdzenia identyfikacji i wykonania pomiarów uzupełniających na niezidentyfikowanych punktach III klasy,
- 6) zaprojektowanie i sygnalizacja punktów kameralnej osnowy fotogrametrycznej,
- 7) wykonanie obserwacji punktów aerotriangulacji,
- 8) opracowanie numeryczne aerotriangulacji, wyznaczenie współrzędnych i wysokości punktów,
- 9) skompletowanie operatu.

4. Sporządzenie projektu lotów oraz wykonanie zdjęć lotniczych należy wykonać zgodnie z wytycznymi technicznymi *K-2.7 Zasady wykonywania prac fotolotniczych*.

5. Założenia projektowe, wywiad terenowy i projekt techniczny sieci III klasy należy wykonywać tak, aby były spełnione warunki kwalifikujące punkty do osnowy poziomej III klasy, określone w niniejszych wytycznych. Punkty należy lokalizować tak, aby mogły się odfotografować na zdjęciach lotniczych.

6. Prace wywiadu terenowego należy rozpocząć od przeglądu i konserwacji istniejących, przewidzianych do wykorzystania, punktów poziomej i wysokościowej osnowy geodezyjnej. Należy sprawdzić i ewentualnie poprawić centryczne ustawienie słupa nad płytą oraz wyznaczenie różnicy wysokości górnej powierzchni słupa nad płytą.

7. Po zakończeniu wywiadu terenowego należy opracować:

- mapę założeń technicznych po wywiadzie terenowym,
- opis projektu technicznego,
- szkic projektu technicznego.

8. Stabilizację projektowanych punktów należy wykonać zgodnie z zasadami podanymi w niniejszych wytycznych dla osnowy III klasy.

9. Zasady projektowania, wykonania i sprawdzanie fotogrametrycznej sygnalizacji polowej podane są w wytycznych technicznych *G-1.8 Aerotriangulacja analityczna*.

10. Nalot fotogrametryczny należy poprzedzić i zakończyć wykonaniem zdjęć fotogrametrycznego pola testowego.

11. Podczas kameralnej identyfikacji punktów sygnalizowanych w terenie należy sporządzić wykaz wyłączonych z aerotriangulacji (nieodfotografowanych) nowych punktów osnowy poziomej III klasy. Punktom tym należy wyznaczyć współrzędne na podstawie uzupełniających pomiarów bezpośrednich.

12. Obserwacje do aerotriangulacji analitycznej sieci III klasy należy poprzedzić wykonaniem obserwacji zdjęć pola testowego, na podstawie których oblicza się współczynniki wielomianów kalibracyjnych. Obserwacje aerotriangulacji analitycznej wykonuje się zgodnie z zasadami podanymi w wytycznych technicznych *G-1.8 Aerotriangulacja analityczna*.

13. Wyznaczane w procesie aerotriangulacji punkty osnowy poziomej III klasy stanowią sieć punktów, w której dokładność położenia oceniana jest błędem średnim MP i MZ liczoną na podstawie różnic między współrzędnymi geodezyjnymi terenowymi i obliczonymi w procesie aerotriangulacji dla fotopunktów kontrolnych (I i II klasy).

$$MX = \sqrt{\frac{[VX \cdot VX]}{N1}}$$

$$MY = \sqrt{\frac{[VY \cdot VY]}{N1}}$$

$$MP = \sqrt{MX^2 + MY^2}$$

$$MZ = \sqrt{\frac{VZ \cdot VZ}{N1}}$$

gdzie:

VX, VY, VZ - różnice między współrzędnymi geodezyjnymi a otrzymanymi z wyrównania aerotriangulacji

N1 - ilość fotopunktów kontrolnych.

14. Błąd położenia MP nie może być większy od 0,10 m, w przeciwnym przypadku należy:

1) skontrolować ponownie wszystkie etapy procesu aerotriangulacji,

2) przeanalizować możliwość innego doboru lub zwiększenia liczby fotopunktów stanowiących osnowę dla wyrównania aerotriangulacji.

15. Błąd średni wyznaczenia wysokości punktu nie może być większy od 0,20 m.

16. Po zakończeniu obliczeń aerotriangulacji analitycznej należy skompletować dokumentację, w skład której wejdą:

- wykaz współrzędnych,

- ostateczny szkic sieci.

§ 51

**Projekt techniczny**

1. Przed przystąpieniem do projektowania osnowy należy zebrać w ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej istniejące materiały niwelacyjne i przeprowadzić szczegółową analizę ich wartości technicznej. Zebrane materiały stanowią podstawę do opracowania założeń do projektu, które powinny określić:

- 1) zasięg opracowania,
- 2) sposób i zakres wykorzystania istniejących materiałów, w tym możliwość włączenia dawnych sieci (adaptacja znaków i wyników pomiarów),
- 3) lokalizację punktów osnowy wysokościowych wyższych klas, przewidywanych jako punkty dowiązania, a także punktów osnowy: poziomej, grawimetrycznej i magnetycznej, które powinny zostać nawiązane do osnowy wysokościowej.

Założenia do projektu przedstawia się w formie opisowej i na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 lub mniejszej.

2. W czasie zbierania materiałów w ośrodkach dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej należy zasięgnąć informacji dotyczących zachowania stabilności znaków wysokościowych.

Dla obszaru wzdłuż projektowanej linii należy zebrać informacje dotyczące punktów osnowy poziomej (adresy, opisy topograficzne, szkice), będące podstawą do wykonania pomiarów dla określenia współrzędnych (x, y), lub mapy w skali 1:5000 lub 1:10 000, jeżeli dopuszczone zostanie graficzne określenie współrzędnych.

3. Jeżeli na obszarze objętym opracowaniem znajdują się znaki wysokościowe, których stan jest nieznany, prace projektowe należy poprzedzić inwentaryzacją terenową.

4. Linie przewidziane do adaptacji do osnowy wysokościowej III i IV klasy powinny spełniać następujące kryteria:

- 1) rodzaje znaków i ich rozmieszczenie powinny odpowiadać wymaganiom podanym w wytycznych,
- 2) pomiary powinny być wykonane sprzętem geodezyjnym, zapewniającym uzyskanie wymaganych parametrów,
- 3) uzyskane wyniki powinny spełniać kryteria podane w wytycznych.

5. Dla linii adaptowanych w całości do osnowy wysokościowej należy przy każdym punkcie dowiązania zaprojektować pomiar odcinków kontrolnych.

6. Na terenach intensywnie zagospodarowanych długość linii III i IV klasy nie powinna przekraczać 6 km, na pozostałych dopuszczalna długość linii wynosi 18 km.

7. Linie niwelacyjne na szkicach oznacza się następująco:

- 1) istniejące linie niwelacyjne III klasy - kolorem czarnym, linią ciągłą o grubości 1 mm,
- 2) projektowane linie niwelacyjne III klasy - kolorem czerwonym, linią ciągłą o grubości 1 mm,
- 3) istniejące linie niwelacyjne IV klasy - kolorem czarnym, linią przerywaną o grubości 1 mm, długości kreski 2 mm i przerwie 1 mm,
- 4) projektowane linie niwelacyjne IV klasy - kolorem czerwonym, linią przerywaną o grubości 1 mm, długości kreski 2 mm i przerwie 1 mm,
- 5) linie niwelacyjne istniejących sieci, przewidywane do adaptacji do nowej osnowy - podwójnymi liniami w kolorach czerwonym i czarnym, kreślonymi obok siebie.

8. Punkty osnowy geodezyjnej na szkicach oznacza się znakami umownymi obowiązującymi dla mapy zasadniczej.

9. Projekt techniczny powinien zawierać:

- 1) mapę projektu technicznego ([zał. 19](#)),
- 2) analizę wartości technicznej istniejących materiałów niwelacyjnych wraz z wnioskami odnośnie jego wykorzystania (stabilizacja, pomiar, obliczenia),

- 3) wykazy punktów istniejących linii,
- 4) opisy topograficzne istniejących punktów wysokościowych,
- 5) opisy topograficzne punktów osnowy poziomej w rejonie projektowanych i istniejących podziemnych punktów wysokościowych,
- 6) mapy w skali 1:5 000 lub 1:10 000 wzdłuż projektowanych linii niwelacyjnych,
- 7) opis techniczny projektu, zawierający następujące dane:
  - dane formalnoorganizacyjne,
  - charakterystykę terenu,
  - charakterystykę istniejących sieci niwelacyjnych,
  - opis i charakterystykę projektowanej osnowy wysokościowej, z podaniem przebiegów i długości linii nowych i adaptowanych, punktów węzłowych i punktów dowiązania oraz odcinków kontrolnych i dowiązujących dla linii adaptowanych.

## § 52

### Wywiad terenowy. Lokalizacja nowych znaków

1. Zadaniem wywiadu terenowego jest sprawdzenie w terenie projektu technicznego pod względem prawidłowości przebiegu projektowanych linii, ocena znaków istniejących oraz ustalenie lokalizacji nowych znaków. Przy sprawdzaniu prawidłowości przebiegu projektowanych linii należy wziąć pod uwagę:

- możliwość poprawienia trasy przebiegu linii, np. nowe drogi czy ulice dające lepsze warunki lokalizacji znaków bądź lepsze warunki pomiaru ze względu na ruch pojazdów lub nawierzchnię,
- możliwość ominięcia centrów miast,
- ogólną prawidłowość lokalizacji istniejących znaków. W przypadku celowości wprowadzenia zmian w projektowanym przebiegu linii należy ustalić jej nowy przebieg.

2. Przy wyborze lokalizacji punktów wysokościowych należy przede wszystkim zwracać uwagę na te czynniki, które mają wpływ na trwałość znaków i zachowanie niezmiennych wysokości w możliwie długim okresie czasu. Ze względu na warunki geologiczne znaki naziemne osadza się przeważnie w gruncie powstałym z materiału zwietrzelinowego. Najbardziej nadają się do tego celu suche żwiry i grube piaski, usytuowane w poziomym uwarstwieniu. Z uwagi na możliwość kurczenia się lub pęcznienia, w zależności od stopnia zawilgocenia, należy unikać glin marglowych, glin, glinek oraz mieszaniny piasku i gliny, a także iłów. Nie nadają się też jako miejsca osadzenia znaków ziemie pochodzenia organicznego, a więc ziemie próchnicowe i torfy. Wnioski co do rodzaju gruntu i jego wilgotności można wyciągnąć na podstawie obserwacji gatunków rosnących roślin uprawnych i roślinności leśnej, na przykład pola słabego żyta, ziemniaków, seradeli i łubinu, a także wrzos, sosna i akacja wskazują na suche ziemie piaszczyste, a na glebę zawierającą glinę wskazują pola pszenicy, rzepy, koniczyny, lasy bukowe, jodłowe i dębowe. W przypadkach budzących wątpliwość proponowane miejsce osadzenia znaku należy sprawdzić za pomocą odkrywki.

3. Poziom wód gruntowych nie powinien być wyżej niż na głębokości 2 m od poziomu gruntu. Na wysoki poziom wód gruntowych wskazują rosnące trzciny, kwaśne trawy, wysokie trawy w kotlinach oraz olchy i wierzby. Wysoki poziom wód w studniach, a także zawilgocenie piwnic w budynkach również świadczy o wysokim poziomie wód gruntowych.

4. Miejsce osadzenia znaku wysokościowego należy wybierać na terenach płaskich, nie nad brzegami rzek lub jezior (w odległości co najmniej 100 m). Należy wybierać miejsca na gruntach wolnych od uprawy, względnie takich, które stosunkowo łatwo mogą być z niej wyłączone. Sposób zagospodarowania terenu w pobliżu znaku nie powinien wskazywać na zagrożenie pod względem trwałości i stabilności.

5. Znaki naziemne należy osadzać wzdłuż szos poza rowem ograniczającym koronę szosy, w odległości nie mniejszej niż 10 m od rowu, w miarę możliwości na miedzach. Znaków nie należy osadzać na skrzyżowaniach dróg i ulic, na tzw. wysepkach, gdyż często zostają tam zniszczone w wyniku przebudowy.

6. Znaki ścienne osadza się w budynkach, których lokalizacja uwzględni wymogi podane w ust. 3, 4 i częściowo 2. Należy w miarę możliwości unikać osadzania znaków w budynkach stojących bezpośrednio przy ulicach lub szosach. Należy dążyć do osadzania reperów w budynkach oddalonych od jezdni co najmniej o 15 m.

Znaki ścienne powinny być osadzone w budowlach, których fundamenty sięgają co najmniej 1,3 m poniżej poziomu gruntu, w ścianie o grubości co najmniej 0,40 m. W budynkach o ścianach betonowych reper może być osadzony w ścianie betonowej

(monolit) o grubości nie mniejszej niż 0,25 m.

7. Przy wyborze lokalizacji znaku należy uwzględnić warunek, że pomiar może nastąpić co najmniej po dwóch latach od momentu oddania budynku do eksploatacji. Miejsce osadzenia reperu ściennego w zasadzie powinno być ustalone w części fundamentowej budynku, nie w bezpośrednim sąsiedztwie otworów (drzwi, okna), na wysokości ok. 0,3 - 0,5 m nad poziomem gruntu. Miejsce osadzenia reperu powinno być dobrze widoczne i umożliwiać postawienie łąty (brak przeszkód w pionie do wysokości 3,2 m nad reperem).

8. Zakładanie znaków wysokościowych na terenach zamkniętych, na terenach kolejowych, w pasach drogowych oraz na terenach będących w administracji władz wojskowych może być wykonane wyłącznie w porozumieniu z tymi władzami. Uzgodnienie lokalizacji powinno być potwierdzone pisemnie.

9. Na obszarach objętych działalnością kopalń wybór lokalizacji osadzenia znaku musi być dokonywany w porozumieniu z właściwymi terenowo komórkami miernictwa górniczego celem ustalenia lokalizacji aktualnie i w perspektywie niezagrażającej lub - jeśli to nie jest możliwe - tylko w małym stopniu zagrażającej znakowi zniszczeniem lub utratą wartości, spowodowaną ruchami powierzchni.

10. Długości odcinków niwelacji (odległości między znakami) III i IV klasy na terenach intensywnie zagospodarowanych nie powinny przekraczać 1 km, a na pozostałych - 2 km. Na liniach adaptowanych poza obszarami zurbanizowanymi dopuszczalna długość odcinków wynosi 5 km.

11. Jeżeli w czasie wywiadu na linii, przewidzianej do adaptacji w całości do osnowy wysokościowej III lub IV klasy, stwierdzi się zniszczenie pojedynczych znaków, co spowoduje przekroczenie dopuszczalnej długości odcinków, należy zaprojektować nowe znaki.

## § 53

### Wywiad terenowy. Adaptacja istniejących znaków

1. Prócz znaków zalecanych do stosowania na nowych punktach wysokościowych III i IV klasy, omówionych w [§ 55](#), wykorzystywane są także inne istniejące w terenie znaki wysokościowe o charakterystyce odpowiadającej zasadniczym cechom znaków wymienionych typów.

1) Jako znaki naziemne przyjmuje się znaki w formie słupa z betonu lub granitu, osadzonego w poduszce betonowej lub ustawionego na płycie betonowej poniżej głębokości zamarzania gruntów - typ [76](#), [77a](#), [77b](#), a także repery świdy metalowe osadzone w gruncie na głębokości ok. 1,9 m - typ [79](#).

2) Jako znaki ściennie przyjmuje się:

a) znaki niwelacji precyzyjnej z lat 1926 - 1939, wykonanej przez Ministerstwo Robót Publicznych i Ministerstwo Komunikacji, a mianowicie:

- reper ścienny MRP z godłem państwa, typ [88a](#),

- reper ścienny PN z godłem państwa, typ [88b](#),

b) repery ściennie Polskich Kolei Państwowych z godłem państwa, typ [88c](#),

c) znaki dawnej niwelacji niemieckiej:

- reper ścienny KPL z cechą wysokości, tzw. Höhenmarke oznaczany w katalogach jako HM, typ [88d](#),

- reper ścienny HP, typ [88e](#),

- reper ścienny Niv.P., typ [88f](#),

- reper ścienny z numerem czterocyfrowym, typ [88g](#),

- bolec TP, typ [09a](#),

- bolec AP, typ [09b](#).

2. Istniejące naziemne znaki wysokościowe powinny być przyjęte jako pełnowartościowe, jeżeli spełniają następujące warunki:

1) lokalizacja jest zgodna z warunkami podanymi w [§ 52](#),

2) głębokość osadzenia odpowiada przyjętym dla danego typu wymaganiom,

3) nie ma danych wskazujących na niestabilność znaku,

4) nie stwierdza się niekompletności znaku lub innych uszkodzeń obniżających jego wartość.

3. Za niewłaściwą lokalizację należy uważać posadowienie znaku wysokościowego:

- w gruncie o nieodpowiedniej spoiistości (gliny marglowe, margle, glinki, mieszanina gliny i piasku, ziemie pochodzenia organicznego - ziemie próchnicowe i torfy oraz ility),
- tam gdzie spodziewać się można występowania wysokiego poziomu wody gruntowej (powyżej głębokości 2 m),
- na stromym stoku (pochylenie większe niż 5%),
- w pobliżu skarpy, tj. bliżej niż w odległości równej potrójnej wysokości tej skarpy od jej podnóża (w przypadku osadzenia znaku poniżej skarpy) lub od górnej jej krawędzi (w przypadku osadzenia znaku ponad skarpa),
- w pobliżu torów kolejowych (bliżej niż 20 m),
- w koronie szosy,
- w pobliżu kopalń i hałd,
- w pobliżu dużych zakładów przemysłowych powodujących zmienne obciążenia statyczne i dynamiczne gruntu.

4. W zasadzie nie powinny być adaptowane jako pełnowartościowe repery ścienne osadzone w małych kapliczkach, ogrodzeniach, filarach mostów i przepustach. Nie powinny być adaptowane repery ścienne, których lokalizacja lub sposób osadzenia stwarzają szczególnie złe warunki do pomiaru, np. zbyt wysokie osadzenie reperu, nieprawidłowy odstęp między punktem ekstremalnym głowicy a płaszczyzną ściany, głowica nieposiadająca wyraźnego punktu ekstremalnego, osadzenie reperu w miejscu szczególnie źle oświetlonym itp. Nieadaptowane repery mogą być pomierzone w ciągach bocznych.

5. W przypadku adaptowania istniejącego znaku wysokościowego w czasie wywiadu należy wykonać następujące czynności:

- 1) odszukać znak na podstawie istniejącego opisu topograficznego lub na podstawie znanego adresu bądź inwentaryzacji terenowej, jeżeli brak jest opisu topograficznego,
- 2) ustalić możliwość wykorzystania znaku do pomiaru (ogólny stan znaku, stan głowicy reperu); w przypadku zaatakowania głowicy reperu przez korozję -oczyścić szczotką metalową i pomalować farbą antykorozyjną,
- 3) sporządzić nowy opis topograficzny ([zał. 20](#)),
- 4) ustalić sposób określenia współrzędnych (x, y) punktów wysokościowych.

6. W wyniku wywiadu powstają następujące dokumenty:

- 1) mapy robocze z naniesionymi punktami osnowy wysokościowej, istniejącymi i projektowanymi,
- 2) mapy topograficzne w odpowiednio dobranej skali z naniesionymi punktami osnowy wysokościowej, istniejącymi i projektowanymi,
- 3) zaktualizowane opisy topograficzne punktów osnowy poziomej w rejonie projektowanych i istniejących podziemnych punktów wysokościowych,
- 4) opisy topograficzne istniejących punktów wysokościowych,
- 5) robocze opisy topograficzne nowych punktów po wywiadzie,
- 6) opis techniczny prac wywiadu terenowego,
- 7) wykazy punktów wysokościowych (przyjętych istniejących, projektowanych, do renowacji, nieprzyjętych do sieci i zniszczonych),
- 8) protokół kontroli technicznej.

### Zasady sporządzania opisu topograficznego

1. Opis topograficzny ([zał. 20](#)) sporządza się w terenie za pomocą dobrze zaostrzonego ołówka o odpowiedniej twardości, tak aby

zostawiał ślad ostry i wyraźny. Pismo powinno być wyraźne, zbliżone do technicznego. Przy opisach słownych należy unikać skrótów, poza niezbędnymi i powszechnie znanymi.

2. Jako oznaczenie arkusza mapy podaje się godło mapy topograficznej w skali 1:10 000, na której położony jest znak wysokościowy. Jako cechę znaku podaje się oznaczenie głowicy reperu.

3. W pozycji „typ znaku” podaje się oznaczenie według wytycznych technicznych [G-1.9 Katalog znaków geodezyjnych](#).

4. W polu „nr katalogowy” podaje się u góry numer punktu, ustalony według zasad podanych w instrukcji [G-2](#).

5. W części adresowej podaje się nazwę województwa, powiatu, gminy, miejscowości (miasta, dzielnicy), imię i nazwisko (ew. nazwę instytucji) władającego gruntem lub budynkiem oraz jego miejsce zamieszkania. Dane te podaje się w pełnym brzmieniu. Jeżeli punkt leży na granicy działek dwóch (lub więcej) władających, w części szkicowej opisu należy wymienić imiona i nazwiska władających, a w części nagłówkowej także ich miejsca zamieszkania.

6. Na szkicu sytuacyjnym oznacza się położenie znaku. Szkic sytuacyjny sporządza się w zasadzie bez zachowania skali, należy jednak starać się utrzymywać proporcje w długościach, aby uniknąć zbyt wielkich zniekształceń oraz zachować w przybliżeniu zgodność szkicu z mapą.

7. Kierunek północ-południe powinien być zgodny z boczną ramką formularza opisu topograficznego (północ na górze).

8. Przy sporządzaniu szkicu sytuacyjnego należy stosować znaki umowne obowiązujące dla mapy zasadniczej.

9. Na szkic należy wnieść te pobliskie szczegóły terenowe, które mogą być przydatne do odnalezienia punktu, a zwłaszcza te, które znajdują się na mapie w skali 1:10 000.

Przy wylotach dróg należy podawać nazwy miejscowości, do których te drogi prowadzą. Na szkicach należy zaznaczyć wszystkie pobliskie przepusty, mostki i inne widoczne urządzenia, które następnie należy wykorzystać jako punkty dowiązania domiarów.

Punkty naziemne powinny być związane miarami z trwałymi szczegółami terenowymi w sposób umożliwiający co najmniej dwukrotne niezależne wyznaczenie ich położenia w terenie.

Punkt powinien być związany ze szczegółami uwidocznionymi na mapie w skali 1:10 000 w sposób umożliwiający jednoznaczne naniesienie na mapę. Linie pomiarowe należy rozpoczynać od szczegółów terenowych zidentyfikowanych na mapie.

Miary wiążące punkt ze szczegółami terenowymi podaje się z dokładnością do 0,1 m.

10. Słup rozpoznawczy, osadzony przy znaku wysokościowym w przypadku, gdy jego lokalizacja stwarza trudne warunki dla odszukania znaku, powinien być naniesiony na szkic i powiązany domiarami ze znakiem i innymi szczegółami sytuacyjnymi.

11. Na opisie należy podać numer linii niwelacyjnej, w której punkt został pomierzony, numery i cechy jej punktów końcowych, a także informację, kiedy znak został osadzony.

12. Pole z prawej strony jest przeznaczone na szkic osadzenia znaku oraz schematyczny rysunek powiązania punktu z punktami sąsiednimi. Szkic osadzenia dla znaków naziemnych powinien zawierać rysunek znaku, jego główne wymiary, głębokość osadzenia oraz materiały, z jakich znak został wykonany. Dla znaków ściennych należy sporządzić szkic fragmentu lub całej ściany, w której znak został osadzony, oraz podać miary wyznaczające miejsce osadzenia znaku, grubość muru i rok budowy budynku.

13. Rysunek powiązania z sąsiednimi punktami powinien zawierać schematyczne kierunki tras obu sąsiednich odcinków, ich długości w km, podane po pomiarze z dokładnością do 0,1 km, oraz numery i cechy znaków.

## § 55

### Stabilizacja punktów

1. Punkty osnowy szczegółowej III i IV klasy stabilizuje się w terenie za pomocą geodezyjnych znaków wysokościowych, wykonanych zgodnie z zasadami podanymi w wytycznych technicznych [G-1.9 Katalog znaków geodezyjnych](#).

2. Wykorzystuje się następujące znaki wysokościowe:

1) znaki naziemne w formie słupa z betonu, osadzonego w poduszce betonowej lub ustawionego na płycie betonowej poniżej głębokości zamrażania gruntów, wystającego ok. 0,2 m nad poziom gruntu, z bolcem żeliwnym, umieszczonym pionowo - typ: [75a](#), [75b](#) (zał. 21 rys. b i c),

2) znaki ścienne w formie żeliwnej głowicy z trzpieniem, osadzonej w murowanych lub betonowych ścianach budowli



gwarantujących dużą stabilność, o fundamentach sięgających poniżej głębokości przemarzania gruntów, lub w litej skale - typ: [86b](#) ([zał. 21](#) rys. a).

3. Stabilizację punktów nowymi znakami wysokościowymi wykonuje się na podstawie zatwierzonego projektu technicznego i prac wywiadu terenowego. Ostateczna lokalizacja nowych znaków jest ustalana na podstawie opracowanych przez zespół wywiadu:

- lokalizacji podanych na mapach,
- wykazów punktów wysokościowych z opisem ich położenia,
- roboczych szkiców lokalizacji nowych znaków,
- uzgodnień lokalizacji w wypadkach podanych w [§ 52](#) ust. 8.

4. Znaki naziemne osadza się co najmniej na 3 miesiące przed rozpoczęciem pomiaru.

5. Znaki ściennie osadza się co najmniej na 7 dni przed rozpoczęciem pomiaru.

6. Sposób przygotowania betonu na podstawę znaku podziemnego i naziemnego, sposób wykonania tej podstawy i osadzenia w niej słupa jest omówiony w [zał. 22](#).

Przy osadzaniu repem (części metalowej) w słupie znaku naziemnego, czy też jako znaku ściennego, stosuje się zaprawę cementową, w której stosunek ilości cementu do gruboziarnistego piasku wynosi 1:2.

7. Wykop dla nowego znaku podziemnego lub naziemnego powinien być zaniechany i zastąpiony innym, jeżeli zostanie stwierdzona nieodpowiedniość tej lokalizacji, np. wysoki poziom wody gruntowej, nieodpowiedni rodzaj gleby itp. Zmianę lokalizacji omawia się w opisie technicznym.

8. Osadzenie znaków ściennych powinno być takie, by punkt ekstremalny (najwyższy) głowicy był odległy od pionowej płaszczyzny ściany o ok. 4 cm. Warunek ten umożliwia kontrolę pionowego ustawienia łąty na reperze w czasie pomiaru. Jeżeli ściana, w której jest osadzony znak, nie jest otynkowana, należy ją otynkować wokół znaku na powierzchni ok. 4 dm<sup>2</sup>, przy czym grubość tynku powinna wynosić ok. 1 cm. Odległość 4 cm pomiędzy punktem ekstremalnym głowicy reperu i pionową płaszczyzną ściany powinna być zachowana po otynkowaniu.

9. W sąsiedztwie znaków naziemnych, gdy ich lokalizacja stwarza trudne warunki do odszukania znaku, zaleca się osadzanie żelbetonowych słupów rozpoznawczych z odcisniętą w betonie lub wymalowaną trwałą farbą strzałką i napisem PN. Słup taki osadza się w odległości od 2 do 10 m od znaku wysokościowego w ten sposób, aby strzałka wskazywała położenie znaku. Głębokość osadzenia słupa rozpoznawczego wynosi 1 m.

10. Po osadzeniu znaku wysokościowego należy:

- 1) sporządzić opis topograficzny punktu ([zał. 20](#)),
- 2) przekazać władającemu gruntem lub budynkiem zawiadomienie o umieszczeniu znaku wysokościowego zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie przepisami,
- 3) wykonać pomiar elementów do wyznaczenia współrzędnych (x, y) punktów wysokościowych dla znaków naziemnych i podziemnych,
- 4) uzupełnić mapy robocze numerami głowic reperów osadzonych znaków i ewentualnymi zmianami w lokalizacji punktów.

11. Po pracach wywiadu i stabilizacji kompletuje się następujące dokumenty:

- 1) szkic osnowy wysokościowej na podkładzie mapowym,
- 2) ostateczne wykazy punktów wysokościowych dla poszczególnych linii lub sekcji,
- 3) wykazy znaków nieprzyjętych do sieci (zniszczonych i nieodnalezionych),
- 4) opisy topograficzne punktów wysokościowych,
- 5) zawiadomienia o umieszczeniu znaku,
- 6) sprawozdanie techniczne,
- 7) protokół kontroli końcowej.

## Sprzęt pomiarowy

1. Przy pomiarze niwelacji III i IV klasy stosuje się następujący sprzęt:

- 1) niwelator samopoziomujący, klasyczny lub cyfrowy; niwelator powinien posiadać:
  - powiększenie lunety  $\geq 24 \times$ ,
  - możliwość poziomowania osi celowej lunety ze średnim błędem przypadkowym  $\leq 0,8''$
  - dalmierz optyczny,
- 2) statyw odpowiedni dla stosowanego niwelatora (statyw składany nie może wykazywać luzów na złączach),
- 3) dwie łąty niwelacyjne nieskładane, typowe dla danego niwelatora; łąty powinny być wyposażone w libele sferyczne o przewodzie nie większej niż  $30\frac{1}{2}$  mm,
- 4) parasol dla ochrony instrumentu przed wpływami promieniowania słonecznego lub wiatrem,
- 5) przymiar do mierzenia długości celowych,
- 6) ruletka stalowa 20 - 30 m oraz węgielnica do wykonywania domiarów przy aktualizacji opisów topograficznych,
- 7) 2 żabki niwelacyjne o masie 5 kg ze sferycznym trzpieniem,
- 8) pion sznurowy do sprawdzania pionowości siatki kresek niwelatora,
- 9) termometr do pomiaru temperatury powietrza,
- 10) futerał i pokrowiec do łąt,
- 11) futerał i pokrowiec do niwelatora,
- 12) łom, kilof i dwie łopaty do odkopywania i zakopywania znaków podziemnych,
- 13) szpila do poszukiwania znaków podziemnych na punktach osnowy podstawowej, będących punktami nawiązania.

Oprócz wymienionego sprzętu technicznego zespół pomiarowy powinien posiadać samochód przystosowany do przewozu pracowników zespołu i sprzętu.

2. Używany podczas prac niwelator i łąty muszą być sprawdzone zarówno w laboratorium, jak i okresowo w terenie, zrektyfikowane, zabezpieczone przed zniszczeniem lub uszkodzeniem i odpowiednio konserwowane.

Każda łąta powinna mieć świadectwo komparacji wystawione przez jednostkę do tego uprawnioną.

Wyznaczenie wartości średniego metra łąty może być dokonywane bezpośrednio metodą interferencyjną bądź przez porównanie z jednometrowym, metalowym przymiarem kontrolnym.

3. Sprawdzeniu i rektyfikacji w terenie podlegają:

- libela sferyczna niwelatora,
- siatka kresek niwelatora,
- libele na łątach,
- kompensator,
- oś celowa niwelatora,
- stopki łąt.

4. Prostopadłość płaszczyzny głównej libeli sferycznej do osi pionowej niwelatora sprawdza się przez spoziomowanie tej libeli za pomocą śrub poziomujących niwelator i skontrolowanie centryczności położenia pęcherzyka po obrocie niwelatora o  $180^\circ$ . Stwierdzone odchylenie w obu prostopadłych płaszczyznach usuwa się w połowie śrubami rektyfikacyjnymi libeli, a w połowie śrubami poziomującymi instrument. Sprawdzenie to wykonuje się każdorazowo przed rozpoczęciem pomiaru.

5. Siatkę kresek niwelatora sprawdza się, celując spoziomowanym niwelatorem na znajdujący się w odległości ok. 20 m widoczny na kontrastowym tle cienki sznurek zawieszono pionu. W przypadku stwierdzenia odchylenia należy instrument odesłać do naprawy. W trakcie ciągłych pomiarów siatkę kresek sprawdza się co miesiąc.

6. Przy badaniu libel na łatach (pionowość łat) sprawdzaną łatę ustawia się w odległości 40 - 60 m od niwelatora, tak aby w polu widzenia lunety znajdował się możliwie najdłuższy odcinek łaty. Spoziomowanym niwelatorem celuje się na łatę ustawioną jak do pomiaru, a następnie na łatę ustawioną w płaszczyźnie prostopadłej i porównuje obraz pionowej kreski siatki kresek z obrazem krawędzi łaty. W przypadku niepokrycia się kreski z krawędzią łaty wykonuje się rektyfikację libeli sferycznej na łacie. Łatę ustawia się tak, aby jej krawędź pokryła się z pionową kreską w lunecie, a wychylenie libeli przy ustawieniu łaty jak do pomiaru usuwa się dwoma śrubami rektyfikacyjnymi, znajdującymi się bliżej łaty. Trzecią śrubą usuwamy wychylenie libeli przy zmianie ustawienia łaty o 90°. Sprawdzenie libeli na łatach należy wykonywać każdorazowo w momencie rozpoczęcia pomiaru, najlepiej na jednym z pierwszych stanowisk.

7. Działanie kompensatora sprawdza się, wykonując pomiar na stanowisku niwelacyjnym ze środka przy celowych o długości 20 m. Pomiar przewyższenia wykonuje się w dwóch niezależnych seriach przy następujących położeniach pęcherzyka libeli:

- centralnie,
- przy wychyleniu do przodu,
- przy wychyleniu do tyłu,
- przy wychyleniu w lewo,
- przy wychyleniu w prawo,
- centralnie.

Niwelator ustawia się na stanowisku tak, aby jedna ze śrub poziomujących była skierowana na łatę. Przy kolejnych wychyleniach pęcherzyk libeli doprowadza się styczniście do obwodu koła na ampułce libeli sferycznej. Następnie należy obliczyć średnią wartość z dwóch pomiarów przy położeniu centralnym pęcherzyka libeli, którą porównuje się ze średnimi przy położeniach pozostałych. Maksymalna różnica dla niwelatorów technicznych nie powinna być większa niż 1 mm, a dla niwelatorów z mikrometrem optycznym i kodowych - 0,1 mm. W wypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości niwelator należy przekazać do sprawdzenia laboratoryjnego. Sprawdzenie kompensatora wykonuje się przed rozpoczęciem sezonu oraz przy zauważonych nieprawidłowościach.

8. Sprawdzenie osi celowej niwelatora przeprowadza się przed rozpoczęciem pomiaru na tym samym stanowisku, co sprawdzenie działania kompensatora. Wartość średniego przewyższenia ze środka przyjmuje się z pomiarów wykonanych poprzednio przy centralnym położeniu pęcherzyka libeli (średnia z czterech serii) lub z niezależnego wyznaczenia. Następnie wykonuje się pomiar mirnośrodowy przewyższenia przy celowych 8 i 32 m. Różnica między przewyższeniem wyznaczonym ze stanowiska środkowego i ze stanowiska mimośrodowego nie powinna być większa niż 0,50 mm. W przeciwnym wypadku należy wykonać rektyfikację. W tym celu wykonuje się odczyt z podziału zasadniczego na łacie bliższej. Z tego odczytu na podstawie średniego przewyższenia ze środka oblicza się odczyt, jaki powinien być na łacie dalszej. Celuje się na łatę dalszą, ustawiając mikrometr na obliczony odczyt. Siatkę kresek wprowadza się na obliczony odczyt na łacie (metry, decymetry, centymetry) w zależności od typu niwelatora bądź obrotem płytki klinowej, umieszczonej przed obiektywem lunety, bądź za pomocą siatki kresek przy okularze. Ostatnią czynnością jest pomiar kontrolny przewyższenia na stanowisku ze środka w celu sprawdzenia stałości mierzonego przewyższenia.

W niektórych typach niwelatorów nie ma możliwości wykonania rektyfikacji w terenie. Niwelator taki, w wypadku przekroczenia dopuszczalnej wartości systematycznego błędu poziomowania osi celowej, należy odesłać do naprawy. W niwelatorach cyfrowych sprawdzenie przeprowadza się według podobnego schematu, przy czym ewentualna rektyfikacja następuje w wyniku wykonania procedury, wywoływanej z menu (klawisz MENU, pozycja „rektyfikacja”).

9. Sprawdzenie stopek łat polega na ustaleniu, czy stopki łat leżą w płaszczyźnie prostopadłej do osi podziału łaty.

Sprawdzenie to przeprowadza się, wykonując spoziomowanym niwelatorem odczyty na łacie ustawionej w odległości 15 - 25 m. Łata stawiana jest na klinie kolejno częściami stopki w siedmiu ustalonych położeniach i obserwowana jest w dwóch seriach. Obserwacje wykonywane są na obu łatach w następującej kolejności: łata A - I seria, łata B - I i II seria, łata A - II seria. Różnica między skrajnymi wartościami średnich odczytów z dwóch serii dla różnych ustawień stopki jednej łaty nie powinna być większa niż 1 mm. Para łat, dla której różnica zer, wyznaczona jako różnica średnich z obu serii, będzie większa niż 2 mm, nie powinna być używana do pomiaru.

10. Przed rozpoczęciem pomiaru należy sprawdzić sprawność działania wszystkich śrub i pokręteł niwelatora i statywu.

W czasie pomiaru należy sprawdzić dodatkowo instrument i łaty, jeśli zaistniały okoliczności mogące spowodować rozrektyfikowanie lub uszkodzenie (np. upadek łaty może spowodować zmianę naciągu, miejsca zera i średniego metra łaty).

11. Właściwe użytkowanie sprzętu technicznego zapewnia niezmienną jego parametrów i pozwala uzyskiwać lepsze wyniki pomiaru. Kierownik zespołu pomiarowego powinien zwracać szczególną uwagę na następujące sprawy:

- 1) sprzęt techniczny, a szczególnie niwelator i łaty, należy używać w możliwie najlepszych warunkach i konserwować przez cały okres pomiarów,
- 2) transport sprzętu musi przebiegać tak, by były zachowane przepisy ruchu drogowego (sprzęt nie może wystawać ani przesuwany się w czasie ruchu pojazdu), a jednocześnie by wykluczone były wszelkie uszkodzenia sprzętu; niwelator powinien być przewożony w futerale na miękkim siedzeniu, zabezpieczony przed zsunieniem się, a łaty w skrzyni na miękkich

podkładkach,

3) sprzęt należy przechowywać w miejscu niedostępnym dla osób postronnych, suchym, niepodlegającym znacznym wahaniom temperatury; niwelator przechowuje kierownik zespołu u siebie na kwaterze, w miejscu nienasłonecznionym; w czasie prac polowych niwelator nie powinien podlegać bezpośredniemu nasłonecznieniu (należy osłaniać parasolem); w czasie przerw w pomiarze i przy zmianie stanowiska pomiarowego instrument powinien być przykryty pokrowcem,

4) codziennie po zakończeniu pomiarów należy sprzęt oczyścić z kurzu i wilgoci; z powierzchni szklanych (np. obiektyw niwelatora) kurz usuwa się miękkim pędzelkiem, a gdy to jest konieczne - irchę; pędzelek i irchę należy chronić przed kurzem, wilgocią oraz olejem,

5) rozkręcanie niwelatora w czasie prac polowych nie jest dozwolone; instrument niesprawny należy wymienić,

6) pomiarowi powinni być pouczeni o sposobie obchodzenia się z łątami; łąty nieużywane powinny leżeć w skrzyni; w czasie przerw w pracy powinny leżeć, spięte razem, w pokrowcu, w miejscu ocienionym, nienarażonym na uderzenia.

## § 57

### Pomiar

1. Pomiar niwelacyjny należy prowadzić przy dobrej widoczności i spokojnym obrazie łąt, w godzinach rannych i popołudniowych, kiedy nie występuje wibracja powietrza, przy temperaturze od  $-5^{\circ}\text{C}$  do  $+30^{\circ}\text{C}$  i wietrze o prędkości mniejszej niż 6 m/sek (poruszanie się gałązek drzew). W okresie jesiennym, podczas dni pochmurnych, można prowadzić pomiary przez cały dzień. Nie należy prowadzić pomiarów w czasie wschodu i zachodu słońca ze względu na występowanie dużej refrakcji. Pomiar można rozpocząć 0,5 godz. po wschodzie słońca i należy zakończyć 0,5 godz. przed zachodem słońca.

Pomiary prowadzone przez śródmieścia dużych miast, gdzie występują utrudnienia powodowane przez ruch pojazdów i pieszych, powinny odbywać się w godzinach rannych, a przy wyjątkowo trudnych warunkach dopuszcza się wykonywanie pomiarów w nocy.

2. Pomiar odcinka niwelacyjnego polega na określeniu przewyższenia między dwoma punktami wysokościowymi, stanowiącymi jego punkty końcowe. Jako punkty przejściowe służą sferyczne trzpienie żabek, na których ustawia się łąty.

3. Odcinek mierzy się dwukrotnie: tam i z powrotem.

Liczba stanowisk na każdym odcinku powinna być parzysta, tzn. że ta sama łąta wyjściowa z reperu początkowego obserwowana jest na reperze końcowym odcinka. Przy pomiarze odcinka w kierunku powrotnym należy używać innej łąty wyjściowej niż przy pomiarze w kierunku głównym.

Na danym stanowisku niwelacyjnym łąta stojąca - w stosunku do obserwatora:

- w kierunku zgodnym z kierunkiem pomiaru, nosi nazwę łąty w przód, a druga

- łąty wstecz. Ta sama łąta, będąca na danym stanowisku łątą w przód, na następnym staje się łątą wstecz, a łąta będąca łątą wstecz zostaje przeniesiona i ustawiona jako łąta w przód.

4. W czasie pomiaru nogi statywu rozstawia się symetrycznie, utrzymując głowicę statywu w poziomie i na wysokości ok. 1,5 m nad terenem. Nie należy obierać stanowiska instrumentu na podłożu asfaltowym. Długości celowych, tj. odległości od instrumentu do łąt, nie powinny przekraczać 50 m. Przy przechodzeniu przez przeszkody naturalne oraz mosty i wiadukty, a także w szczególnie dobrych warunkach obserwacyjnych (np. korzystne warunki pogodowe, powiększenie lunety  $\geq 30x$ ) maksymalna długość celowej może wynosić 75 m. Przy przechodzeniu przez dłuższe mosty i wiadukty należy łąty i niwelator stawiać na filarach, a pomiar odcinka wykonać dwukrotnie w obu kierunkach.

5. Różnica długości celowych na stanowisku nie może być większa niż 0,8 m. W niwelatorach cyfrowych pomiar i rejestracja długości celowych następuje automatycznie na każdym stanowisku instrumentu. Jednocześnie sprawdza się zachowanie kryteriów dopuszczalnej długości i różnic długości celowych, które należy wcześniej wprowadzić do pamięci niwelatora.

6. Dla uniknięcia błędów spowodowanych refrakcją należy:

1) unikać celowych przebiegających blisko obiektów wydzielających ciepło lub wilgoć (np. pożądane jest, aby celowe do reperów ściennych przebiegały możliwie prostopadle do ściany),

2) obierać stanowiska instrumentu i łąt tak, aby celowe przebiegały w środowiskach jednakowych pod względem temperatury, wilgotności, nasłonecznienia i pokrycia terenu. Przy pomiarze niwelatorami cyfrowymi należy dobierać stanowiska łąt w taki sposób, aby obie łąty były w przybliżeniu jednakowo oświetlone, bez zmiennych odbłasków i refleksów, np. z tafli wody lub szyb samochodowych. Należy unikać stanowisk łąt częściowo ocienionych. Linia celowa w żadnym miejscu nie może być przysłonięta drobnymi gałązkami i liśćmi ani nie powinna przecinać siatki ogrodzeniowej.

3) utrzymywać przebieg linii celowej na wysokości ok. 1,5 m nad powierzchnią terenu. W terenach falistych, gdzie zachowanie tego warunku jest trudne, celowa nie powinna przebiegać niżej niż 0,6 m nad powierzchnią terenu, a przy celowych krótkich (krótszych niż 10 m) dopuszcza się przebieg celowej na wysokości 0,5 m.

7. Na stanowisku przewyższenie wyznacza się dwukrotnie, przy wykorzystaniu obu podziałów łąt.

Przy stosowaniu niwelatorów cyfrowych z łątami kodowymi liczba niezależnych pomiarów przewyższeń jest ustalana wcześniej i dokonywana automatycznie, co zastępuje podwójne wyznaczenie przewyższenia z obu podziałów na łątach klasycznych lub pomiar ze zmianą wysokości instrumentu (tzw. obsadzka).

8. W niwelatorach cyfrowych przed przystąpieniem do pomiaru należy naładować i umieścić w odpowiednim miejscu baterię, włożyć kartę rejestrującą oraz sprawdzić i ew. ustawić parametry pomiaru i rejestracji. Aby dokonać pomiaru na stanowisku należy wykonać następujące czynności:

- 1) poziomuje się niwelator za pomocą libeli sferycznej z lunetą skierowaną na każdym stanowisku w kierunku łąty wyjściowej z reperu, która na kolejnych stanowiskach staje się łątą wstecz i łątą w przód,
- 2) za pomocą leniwki ustawia się obraz łąty wstecz w środku pola widzenia lunety i wciska klawisz uruchamiający system odczytowy (w niwelatorach DiNi oznaczony MEAS),
- 3) po usłyszeniu sygnału dźwiękowego, informującego o wykonaniu pomiaru, co zwykle trwa od 3 do 5 sekund, przestawia się lunetę na łątę w przód i powtarza czynności opisane w punkcie 2.

9. Zarówno wyniki obserwacji, jak i inne dane dotyczące pomiaru, zapisuje się w plikach tekstowych za pomocą standardowych rejestratorów według odpowiednich programów. Wydruki dzienników niwelacyjnych, stanowiące podstawowy dokument pomiarowy, powinny być podpisane przez kierownika zespołu (obserwatora). W niwelatorach cyfrowych zapis pomiaru jest dokonywany automatycznie za pomocą wewnętrznego rejestratora. Przykład zapisu przedstawiono w [zał. 23](#).

Oprócz odczytów z łąt w dziennikach niwelacyjnych należy rejestrować numery punktów, numer odcinka, określenie kierunku pomiaru itp.

Program rejestracji danych, oprócz zapisu obserwacji, powinien także zawierać obliczenie przewyższenia dla całego odcinka.

W dzienniku pomiarowym należy zanotować dane dotyczące niwelatora, typ i numery łąt, nazwę (numer) obiektu i linii oraz nazwiska wykonawców.

Skreślenia w dzienniku niwelacji powinny być omówione i podpisane przez kierownika zespołu, który również podpisuje zestawienie przewyższeń ([zał. 24](#)).

W przypadku stwierdzenia w odczytach błędu grubego, większego niż 5 cm, obserwator może - po przeprowadzeniu dokładnej analizy zapisów - poprawić odczyt, omawiając to w uwagach. W przypadkach wątpliwych należy pomiar powtórzyć.

10. Na stanowisku oblicza się różnicę  $n$  między dwoma wyznaczeniami przewyższenia. Różnica  $n$  nie może przekroczyć podanych niżej wartości.

klasa	III	IV
$n$	2 mm	3 mm

W razie otrzymania wartości  $n$  większych od dopuszczalnych należy powtórzyć pomiar.

11. Po zakończeniu pomiaru odcinka w obu kierunkach należy obliczyć:

- 1) różnicę między przewyższeniami uzyskanymi z pomiarów w kierunku głównym i powrotnym:

$$\rho = \Delta h_{g^1} - \Delta h_{powr}$$

- 2) średnie przewyższenie z pomiaru odcinka w obu kierunkach:

$$h = \frac{\Delta h_{g^1} + \Delta h_{powr}}{2}$$

- 3) średnią długość odcinka  $R$  (w km) jako sumę długości celowych:

$$R = \frac{R_{g^1} + R_{powr}}{2}$$

Różnica  $\rho$  nie może przekroczyć podanych niżej wartości:

klasa	III	IV
$\rho$	$6\sqrt{R}mm$	$12\sqrt{R}mm$

gdzie R - długość odcinka w km.

Jeżeli wartość  $\rho$  nie mieści się w dopuszczalnych granicach, należy powtórzyć pomiar odcinka w tym kierunku, do którego obserwator ma mniejsze zaufanie. Pomocne mogą tu być notatki dotyczące stanu pogody i warunków terenowych.

Jeśli powtórny pomiar nie spełni warunku dopuszczalnej wartości  $\rho$ , należy powtórzyć pomiar w kierunku przeciwnym.

12. Wyniki pomiaru linii lub sekcji zestawia się w zestawieniu przewyższeń ([zał. 24](#)).

13. Odchyłka zamknięcia poligonu f, wyznaczona z wartości pomierzonych, nie powinna być większa niż:

klasa	III	IV
f	$6\sqrt{F}mm$	$12\sqrt{F}mm$

gdzie F - długość obwodnicy poligonu w km.

14. Odchyłka nawiązania  $f_1$  linii do punktów wyższych klas nie powinna być wyższa niż:

klasa	III	IV
$f_1$	$4\sqrt{L}mm$	$10\sqrt{L}mm$

gdzie L - długość linii w km.

15. Przy nawiązywaniu linii III lub IV klasy do punktów osnowy wyższej klasy należy dla sprawdzenia ich stabilności wykonać pomiar kontrolny. Różnica między pomierzonym przewyższeniem z osnowy wyższej klasy a przewyższeniem z pomiaru kontrolnego nie powinna być większa niż:

klasa	III	IV
różnica	$6\sqrt{R}mm + 2mm$	$12\sqrt{R}mm + 3mm$

gdzie R - długość odcinka w km.

W przypadku gdy wystąpi przekroczenie dopuszczalnej różnicy, należy kontynuować pomiar kontrolny w obydwie strony od punktu nawiązania, aż do ustalenia punktów wyższej klasy (dwóch z każdej strony), których wysokości nie uległy zmianie.

16. Przy pomiarze przez przeszkody terenowe (rzeki, kanały, jeziora, wąwozy, cieśniny) oraz przez mosty i wiadukty, czyli wszędzie tam, gdzie konieczne jest zwiększenie długości celowej poza dopuszczalną (75 m), należy zwielokrotnić liczbę wyznaczeń przewyższeń i stosować większą niż normalnie wysokość celowych.

Liczba wyznaczeń powinna w przybliżeniu odpowiadać kwadratowi wielokrotności wydłużenia celowej, biorąc jako podstawę jej normalną długość. Liczba ta w przypadku bardzo długich celowych, gdy stosowany jest specjalny sprzęt i specjalny program obserwacji, zależy powinna od średniego błędu pojedynczego wyznaczenia przewyższenia, właściwego dla przyjętej metody pomiaru. Przejścia przez szerokie przeszkody, na których nie można uzyskać odczytów na normalnej łacie ze względu na długość celowej, powinny być wykonane specjalnymi metodami przy zastosowaniu niwelatorów samopoziomujących. Dopuszczalne jest również stosowanie innych sposobów określenia przewyższenia pod warunkiem uzyskania dokładności nie mniejszej niż przy pomiarze metodą geometrycznej niwelacji precyzyjnej.

Sposób wykonania przejścia powinien być każdorazowo uzgodniony z kierownikiem roboty.

17. Do pomierzonej wartości przewyższenia odcinka wprowadza się poprawkę komparacyjną, mnożąc przewyższenie przez średnią poprawkę pary łąt  $\varepsilon_{sr}$ , wyznaczoną z ostatniej komparacji. Wprowadzania poprawek komparacyjnych można zaniechać, jeżeli średnia poprawka pary łąt nie przekracza 0,25 mm/m dla niwelacji III klasy i 0,35 mm/m dla niwelacji IV klasy. W przypadku stosowania niwelatorów cyfrowych z łątami kodowymi zalecane jest wprowadzanie poprawek komparacyjnych osobno dla każdego odczytu. Jeżeli łąty mają wyznaczone współczynniki rozszerzalności termicznej zalecane jest również wprowadzenie poprawek termicznych.

18. Dla linii lub sekcji kompletuje się dokumentację zawierającą:

- dzienniki niwelacyjne,
- wykaz punktów wysokościowych,
- zaktualizowane opisy topograficzne punktów,
- zestawienie przewyższeń,
- sprawozdanie techniczne.

Po kontroli przez kierownika roboty materiały zostają przekazane do dalszego opracowania, łącznie z dokumentacją pomiaru i obliczeń współrzędnych (x, y) punktów podziemnych.

## § 58

### Opracowanie wyników pomiaru

1. Kameralne sprawdzenie dzienników i zestawień przewyższeń obejmuje sprawdzenie poprawności wykonania wszystkich obliczeń. W przypadku uzyskania jakichkolwiek rozbieżności sprawdzający obowiązany jest do odszukania błędu. Błędne liczby należy podkreślić lub ująć w klamrę. Przekreślanie liczb przez sprawdzającego jest niedozwolone.

W przypadku stwierdzenia istotnych niedociągnięć lub przekroczeń przepisów technicznych sprawdzający ma obowiązek poczynić odpowiednie adnotacje i zgłosić je kierownikowi roboty.

Sprawdzone zestawienie przewyższeń ([zał. 24](#)) jest podstawą do dalszego opracowania.

2. Przed przystąpieniem do wyrównania sieci należy przeprowadzić ocenę dokładności na podstawie materiałów całej sieci w oparciu o następujące wzory:

1) średni błąd pomiaru 1 km niwelacji wyznaczony z różnic między dwoma pomiarami odcinków w kierunku głównym i powrotnym, liczony dla linii:

$$m_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\left[ \frac{\rho^2}{R} \right]} \cdot \frac{1}{n_R}$$

2) średni błąd 1 km niwelacji, wyznaczony z odchyłek zamknięć poligonów:

$$m_2 = \sqrt{\left[ \frac{f^2}{F} \right]} \cdot \frac{1}{n_F}$$

gdzie:

$\rho$  - różnica przewyższeń wyznaczona dla odcinka z pomiarów w kierunku głównym i powrotnym

R - długość odcinka w km

$n_R$  - liczba odcinków

f - odchyłka zamknięcia poligonu niwelacyjnego (niwelacyjnego mm)

F - długość poligonu w km

$n_F$  - liczba poligonów (łącznie z poligonem obwodowym)

3. Wyrównanie osnów III i IV klasy wykonuje się metodą najmniejszych kwadratów.

Wagi dla poszczególnych linii przyjmuje się jako odwrotnie proporcjonalne do kwadratu błędu średniego ich pomiaru. Ponieważ błąd średni pomiaru niwelacji jest proporcjonalny do pierwiastka kwadratowego z długości linii niwelacyjnej - przy podobnych wartościach błędu średniego 1 km linii wagi przyjmuje się jako odwrotnie proporcjonalne do ich długości.

Wysokości punktów wyższych klas, będących punktami dowiązania, przyjmuje się za bezbłędne.

Po wyrównaniu należy obliczyć błąd średni jednostkowy:

$$m_0 = \sqrt{\frac{[p_{vv}]}{m-n}}$$

gdzie:

p - waga linii

v - poprawka wyrównawcza

m - liczba linii

n - liczba punktów węzłowych.

4. W wyniku wyrównania otrzymuje się wysokości punktów węzłowych i poprawki wyrównawcze dla linii. Na tej podstawie należy obliczyć wysokości pozostałych punktów. Dopuszczalne jest również zastosowanie programów, które bezpośrednio po wyrównaniu dokonują obliczenia wysokości wszystkich punktów sieci ([zał. 25](#)).

5. Materiały powstałe w toku opracowania osnowy dzieli się na dwie części: akta postępowania i dokumentację techniczną.

6. W skład akt postępowania wchodzi następujące dokumenty:

- zamówienie (zlecenie) robót,
- zgłoszenie robót,
- umowy i dokumenty techniczno-kosztorysowe,
- dzienniki robót,
- protokoły odbioru robót,
- korespondencja związana z prowadzeniem robót,
- dowody przekazania odpowiedniej dokumentacji właściwym jednostkom geodezyjnym,
- inne dokumenty o charakterze formalnoprawnym.

Akta postępowania należy kompletować łącznie dla całego obiektu, niezależnie od liczby części, na które obiekt został podzielony. Dokumenty należy gromadzić w odrębnej teczce (teczce zbiorczej, tomie), zaopatrzonej w spis zawartości, włączając je w sposób trwały i grupując zgodnie z podziałem obiektu na części.

7. Dokumentację techniczną rozdziela się na grupy funkcjonalne, w tym:

1) do dokumentów zasobu przejściowego wchodzi:

- opis projektu technicznego,
- mapy projektu sieci,
- analiza wartości technicznej istniejących linii,
- wykazy znaków istniejących linii,
- kopie robocze opisów topograficznych istniejących znaków wysokościowych,
- wykazy znaków nieprzyjętych do sieci (zniszczonych i nieodnalezionych),
- opisy topograficzne znaków nieprzyjętych do sieci (zniszczonych i nieodnalezionych),
- mapy robocze,
- zestawienia osadzonych znaków wysokościowych,
- zestawienia danych do kodowania.

Dokumentację zasobu przejściowego kompletuje się osobno dla poszczególnych części obiektów z wyodrębnieniem kolejnych etapów roboty.

2) do zasobu bazowego wchodzi:

- sprawozdanie techniczne (opis) z całości prac,
- szkice sieci z naniesionymi punktami wysokościowymi,



- opisy topograficzne znaków wysokościowych (oryginały terenowe),
- protokoły zawiadomień o umieszczeniu znaku,
- wykazy znaków wysokościowych (ostateczne),
- wykazy współrzędnych x, y,
- dzienniki obserwacyjne (wydruki i dane na dyskietkach lub płytach CD-ROM),
- zestawienia przewyższeń,
- wydruki z zestawieniami danych uzupełniających, obliczeniami poprawek, błędów i przewyższeń poprawionych,
- obliczenie odchyłek zamknięć poligonów niwelacyjnych,
- świadectwa komparacji łąt,
- protokoły końcowej kontroli technicznej.

3) do zasobu użytkowego wchodzi:

- matryce opisów topograficznych,
- wydruki danych z banku osnów wysokościowych.

## § 59

### **Obliczenie wysokości punktów szczegółowej osnowy wysokościowej wyznaczanych techniką GPS**

Wysokości punktów osnowy wysokościowej III i IV klasy w państwowym układzie wysokości oblicza się z zależności:

$$H = h - N,$$

gdzie:

H - wysokość normalna

h - wysokość elipsoidalna uzyskana z wyrównania sieci, w którym wysokości elipsoidalne punktów nawiazania przyjęto z zależności  $h = H + N$ , gdzie H jest wysokością normalną punktu nawiazania o klasie dokładności osnowy wysokościowej wyższej od punktów wyznaczanych

N - wielkość odstępu geoidy niwelacyjnej.

## 1. Układy współrzędnych

Zgodnie z geodezyjną zasadą „od ogółu do szczegółu” osnowy geodezyjne są podstawą działalności praktycznej, związanej z procesami geodezyjno-kartograficznymi (można mieć również na uwadze zastosowania badawcze). Dlatego też punktom geodezyjnym powinny być przypisane docelowo współrzędne w takich układach, w których są realizowane określone, geodezyjne procesy technologiczne. Ponieważ jednak pomiędzy różnymi układami współrzędnych istnieją jednoznaczne, matematyczne formuły przeliczeniowe (por. wytyczne techniczne [G-1.10](#)), więc można by skłaniać się do stwierdzenia, że dla celów przechowywania informacji o osnowie wybór układu współrzędnych jest obojętny. Kwestię tę normuje jednak ściśle instrukcja [O-1/O-2](#), wymagając, by dla celów archiwizacyjnych podstawowymi informacjami o położeniu punktów osnów poziomych były współrzędne geograficzne-geodezyjne (krótko: geodezyjne) B (szerokość), L (długość) na elipsoidzie GRS 80 w układzie odniesienia EUREF-89. Założenie to jest uzasadnione uniwersalnością współrzędnych geodezyjnych - są one bezpośrednimi danymi, w oparciu o które transformujemy punkt do dowolnego odwzorowania elipsoidy (do odpowiedniego układu współrzędnych lub do określonej strefy tego układu). Wybór elipsoidy GRS 80 wynika z przyjętego już w naszym kraju systemu odniesień przestrzennych, zgodnego z systemem europejskim EUREF-89. Powyższe założenie nie wyklucza jednak możliwości użycia innego układu współrzędnych do przeprowadzenia samego procesu wyrównawczego sieci (w szczególności może być to dowolne, płaskie odwzorowanie elipsoidy GRS 80, np. układ „1992”). Warunkiem jest tylko istnienie wzajemnie jednoznacznego przekształcenia pomiędzy tym układem a układem współrzędnych geodezyjnych B, L.

Obowiązujące poprzednio w Polsce układy współrzędnych („1942”, „1965”) wywodziły się z elipsoidy Krassowskiego, która (jak wynika z porównań aktualnych i archiwalnych informacji o osnowach geodezyjnych) nie ma położenia koncentrycznego ani też ściśle równoległo-osiowego z elipsoidą GRS 80. Przeliczenie współrzędnych z dowolnego układu odwzorowawczego elipsoidy Krassowskiego na dowolny układ odwzorowawczy elipsoidy GRS 80 wymaga więc pośredniego przejścia transformacyjnego pomiędzy układami przestrzennymi (elipsoidalnymi) obu elipsoid (zagadnienia te są rozważane szczegółowo w wytycznych technicznych [G-1.10](#)). Zgodnie z zapisami dotyczącymi wprowadzenia nowych układów współrzędnych, dotychczasowy, pięciostrefowy układ „1965”, będzie stosowany równoległe jeszcze co najmniej do roku 2009. Wynika to z konieczności używania dotychczasowej mapy zasadniczej kraju w układzie „1965” (nie da się jej zastąpić natychmiastowo kompletną mapą numeryczną w nowym układzie współrzędnych). Dlatego wszelkie opracowania nowych osnów szczegółowych, które są podstawą do „doraźnej” aktualizacji mapy w układzie „1965” nie mogą pomijać tymczasem konieczności transformacji osnów również do tego układu.

Dodatkowo wymaganymi informacjami o punktach poziomych osnów szczegółowych są ich wysokości normalne H (odniesione do quasi-pozymowej powierzchni odniesienia zwanej też quasi-geoidą) oraz wielkość odstępów N quasi-geoidy od elipsoidy. Te dwie wielkości definiują zarazem geometryczną wysokość elipsoidalną punktu h:

$$h = H + N$$

Wysokości normalne można wyznaczyć dowolną metodą i techniką, ale z błędem średnim co najwyżej 0,05 m oraz z zachowaniem dodatkowych warunków określonych w niniejszych wytycznych, natomiast wielkości odstępów N na podstawie obowiązującej numerycznej mapy quasi-geoidy (dokładność tego wyznaczenia jest wewnętrzną cechą tej mapy). Jeśli odstęp N jest dla danego punktu określony, to znajomość jednej z podanych wysokości (elipsoidalnej lub normalnej) pozwala wyliczyć drugą (w przypadku zastosowania techniki GPS dysponujemy wysokościami elipsoidalnymi h, natomiast w przypadku stosowania niwelacji geometrycznej dysponujemy wysokościami normalnymi H). Należy stwierdzić, że posiadana już obecnie w GUGiK mapa geoidy niwelacyjnej pozwala na wyznaczenie odstępów N z błędem średnim rzędu od 0,01 (na obszarach nizinnych) do kilku cm na obszarach górzystych.

W Polsce aktualnie obowiązuje układ wysokości normalnych Kronsztadt 86. Układ ten jest reprezentowany przede wszystkim przez punkty niwelacji I i II klasy państwowej. Szczegółowa osnowa wysokościowa wyznaczona przez sieci niwelacji III i IV klasy stanowi rozwinięcie (zagęszczenie) osnowy podstawowej. Jakkolwiek wysokość normalna stanowi podstawową informację o punkcie osnowy wysokościowej (reperze), dodatkowymi informacjami powinny być (w osnowach szczegółowych podobnie jak w osnowach podstawowych): wielkość odstępów N wyznaczona z mapy quasi-geoidy oraz przybliżone współrzędne płaskie (odwzorowawcze) lub geodezyjne każdego punktu z wystarczającym błędem położenia rzędu 10 m. Współrzędne te mogą być odczytane z mapy. Stanowią one m.in. niezbędne informacje dla usytuowania punktu na mapie quasi-geoidy, a więc również do uzyskiwania lokalnych informacji pochodnych (np. składowych odchyłań pionu), służących redukcjom obserwacji klasycznych do przestrzeni matematycznych. W przypadku włączenia reperu do sieci wektorowej GPS wielkość odstępów N otrzymana niezależnie z wysokości elipsoidalnej i normalnej powinna stanowić informację aktualizującą dotychczasowy model lokalnego przebiegu quasi-geoidy.

## 2. Ogólne kryteria klasyfikacji i oceny jakościowej osnów geodezyjnych

Kwalifikacja osnowy geodezyjnej do określonej klasy (rzędu) w strukturze osnów państwowych polega na ocenie spełnienia trzech rodzajów kryteriów:

- niezawodności,
- dokładności,

- funkcjonalności.

Niezawodność osnowy geodezyjnej wynika z niezawodności układu obserwacyjnego, który tę osnowę wyznacza, i jest związana z możliwością jego kontroli na wypadek zaistnienia błędów grubych. Niezawodność sieci zależy od liczby mierzonych elementów dodatkowych (nadliczbowych, kontrolnych). Ma to pośredni związek z dokładnością, gdyż zwiększanie liczby obserwacji powoduje pewien wzrost dokładności estymowanych wyników, czego elementarnym przykładem jest średnia arytmetyczna. Niestety, w sytuacji odwrotnej wzrost dokładności nie musi oznaczać równoczesnego wzrostu niezawodności. Przykładem może być konstrukcja bez kontroli (np. pojedyncze wcięcie „w przód”) niepozwalająca wykryć ewentualnego błędu grubego, niezależnie z jak wysoką precyzją jednostkową byłaby ona zrealizowana. Stąd pojęcia niezawodności i dokładności sieci stanowią odrębne kryteria jakościowe. Wymienione kryteria rozpatrujemy zarówno w wymiarze globalnym (przeciętnym) sieci (osnowy), jak też w wymiarze lokalnym, prowadzącym do oceny poprawności wyznaczenia każdego, pojedynczego punktu sieci.

Wymienione rodzaje kryteriów określa się dla każdego rodzaju i klasy sieci w formie zarówno parametrów liczbowych, jak i formuł opisowych. Są one podstawą do oceny poprawności założenia osnowy danej klasy. Ponieważ wytyczne techniczne odnoszą się do etapów pośrednich (elementów) technologii pomiarowej, więc powinny one obejmować stosowne wymagania jakościowe dla tych etapów w korelacji z wymaganiami dla produktu końcowego, czyli osnowy.

### 3. Funkcjonalność osnowy

Hierarchiczna struktura osnow państwowych odpowiada geodezyjnej zasadzie „od ogółu do szczegółu”. Ma to zapewnić z jednej strony pożądaną „sztywność konstrukcji” całej struktury osnow (zgodnie z analogią do konstrukcji mechanicznej, w której zasadnicza konstrukcja rama jest zagęszczana konstrukcjami o znaczeniu lokalnym, a na końcu wypełniana materiałem niekonstrukcyjnym), z drugiej zaś wypełnienie obszaru kraju dostateczną liczbą punktów geodezyjnych, które stanowią już bezpośrednie oparcie dla osnow pomiarowych i pomiarów sytuacyjno-wysokościowych.

Funkcjonalność osnowy jest zbiorem cech świadczących o możliwości wykorzystania osnowy jako pewnego pośredniego produktu geodezyjnego do innych zadań geodezyjnych (zagęszczanie osnowami niższych rzędów, pomiary sytuacyjno-wysokościowe, opracowanie map, specjalne zastosowania inżynierskie lub naukowe). Do podstawowych cech składających się na funkcjonalność osnowy możemy zaliczyć:

- gęstość punktów na jednostkę obszarową świadcząca (przeciętnie) o zakresie dostępności dla nawiązań osnow niższych klas,
- sposób lub rodzaj stabilizacji, decydujący o możliwości stosowania określonych rodzajów obserwacji. Przykładowo, stabilizacja ziemna pozwala na ustawienie nad punktem instrumentu lub sygnału (lustra), natomiast stabilizacja ścienna może być wykorzystana jako sygnał celowniczy lub punkt zabezpieczający tzw. osnowy odtwarzalnej (matematycznej),
- przydatność punktu do obserwacji GPS, zależy od możliwości ustawienia nad punktem anteny i poprawnego odbioru sygnałów satelitarnych,
- istnienie punktów kierunkowych, poboczników, punktów przeniesienia współrzędnych oraz wzajemnych widoczności pomiędzy punktami, wpływających na sposoby i możliwości realizacji nawiązań,
- istnienie w sieci „naturalnych”, wysokich celów orientujących, np. w postaci wież kościelnych, dających uniwersalne możliwości stosowania obserwacji kontrolnych, zarówno w samym pomiarze sieci, jak też w zadaniach późniejszych.

### 4. Niezawodność wewnętrzna sieci (osnowy)

Niezawodność wewnętrzna sieci jest związana z nadliczbowością układu obserwacyjnego i definiuje się ją konkretnie jako nadliczbowość względna:

$$z = (m - n) / m = f / m$$

gdzie  $m$  jest liczbą wszystkich mierzonych elementów sieci,  $n$  minimalną (egzystencjalną) liczbą takich elementów, równą liczbie niewiadomych parametrów sieci, wystarczającą dla teoretycznego rozwiązania zadania,  $f$  liczbą elementów nadwymiarowych. Ze wzoru wynika, że niezawodność jest liczbą unormowaną w przedziale  $<0, 1$ ) (z tego względu często wyraża się ją w procentach). Niezawodność zerowa odpowiada konstrukcji sieci bez jakiegokolwiek kontroli (bagnety, wcięcia pojedyncze). Z drugiej strony, przy wzroście liczby mierzonych elementów ( $m$ ) i stałej liczbie parametrów ( $n$ ), niezawodność zmierza do 1 (nie osiągając jednak tej granicy).

Na liczbę  $m$  składają się wszystkie, objęte planem obserwacji elementy geometryczne sieci, którym odpowiada pojedyncza miara liczbowa (z liczbą mierzonych elementów geometrycznych sieci nie należy utożsamiać liczby obserwacji elementarnych ta bowiem wielokrotnie się stosownie do wykonanych serii (powtórzeń) obserwacji tych samych elementów sieci):

- liczba ( $m_d$ ) mierzonych boków sieci (bez powtórzeń pomiarów tych samych boków),
- liczba ( $m_a$ ) mierzonych kątów z wyłączeniem kątów zamykających „horyzont” oraz powtórek pomiarów tych samych kątów,
- liczba mierzonych kierunków ( $m_k$ ), pomniejszona o liczbę stałych orientacji  $s$ , przy czym wykluczamy powtórzenia pomiarów

tych samych kierunków,

- liczba składowych wektorów GPS ( $m_G$ ), przy czym dla sieci GPS rzutowanej do przestrzeni dwuwymiarowej (na elipsoidę lub na płaszczyznę odwzorowawczą, np. w celu łącznego wyrównania z siecią klasyczną) dla każdego wektora GPS przyjmujemy po dwie składowe, zaś dla sieci GPS wyrównywanej jako sieć przestrzenna, dla każdego wektora GPS przyjmujemy po trzy składowe.

**Przykład:** W poziomej sieci kąto-liniowej występuje  $L_p = 516$  punktów wyznaczanych,  $L_s = 70$  punktów nawiazania oraz 540 mierzonych kątów, 120 kierunków mierzonych na 30 punktach (stacjach) sieci, 502 obserwacje długości. Ogólna liczba mierzonych elementów po wyeliminowaniu stałych orientacji dla obserwacji kierunkowych wynosi:  $m = L_a + L_d + L_k - L_{pk} = 540 + 502 + 120 - 30 = 1132$ , natomiast liczba niewiadomych  $n = 2 * L_p - 2 * L_s = 1032 - 140 = 892$ . Niezawodność wynosi zatem:  $z = 0,21$  (21%).

Jeśli  $m$ ,  $n$ ,  $f$  są parametrami odnoszącymi się do całej sieci, wówczas z nazywamy dokładniej **niezawodnością globalną** (własność przeciętną dla całej sieci). Parametr ten nie ujmuje niestety ewentualnych anomalii (niejednorodnej nadliczbowości) w obszarze całej sieci. Dlatego wprowadza się również pojęcie **niezawodności lokalnej** wyrażającej nadliczbowość w wyznaczeniu określonych podzbiorów punktów, a w szczególności pojedynczych punktów sieci. Odpowiadającą niezawodność lokalną nazywamy wtedy **niezawodnością punktu**. Niezawodność jakiegoś punktu sieci obliczamy przy założeniu, że wszystkie pozostałe punkty tej sieci są uważane chwilowo za punkty stałe. Do pełnej oceny poprawności sieci należy wyeksponować punkt lub grupę punktów najsłabszych o najmniejszej niezawodności.

W określeniu niezawodności lokalnej danego punktu będą występować elementy (plany obserwacji), które uczestniczą również w określeniu niezawodności lokalnej innego punktu sieci. Dlatego tak zdefiniowana niezawodność lokalna będzie przewyższać na ogół wartość niezawodności globalnej, w określeniu której każdy mierzony element sieci występuje jednokrotnie.

## 5. Niezawodność zewnętrzna sieci (osnowy)

Oprócz niezawodności wewnętrznej sieci w sensie globalnym i lokalnym wyróżniamy **niezawodność zewnętrzną sieci** związaną z warunkami nawiazania tej sieci do sieci wyższych klas. Pojęcie to przypisujemy równocześnie osnowie wyznaczonej przez daną sieć. Niezawodność zewnętrzną określamy analogicznym wzorem jako stosunek nadwymiarowej liczby elementów nawiazania 4 do liczby wszystkich elementów nawiazania  $m_z$ , charakteryzujących się pojedynczą miarą (współrzędnej, azymutu):

$$z_z = (m_z - n_z) / m_z = f_z / m_z$$

Jeśli elementami nawiazania są tylko współrzędne punktów w liczbie  $L_s$ , to  $m_z = 2 * L_s$ , natomiast  $n = 3$ . Jeśli elementami nawiazania są również azymuty (na płaszczyźnie odwzorowawczej kąty kierunkowe na punkty kierunkowe lub kąty kierunkowe wynikające z odwzorowania wektorów GPS), to w obliczeniu niezawodności zewnętrznej należy przyjąć tylko jedną miarę azymutu:  $m_z = 2 * L_s + 1$ . Obliczona wartość niezawodności zewnętrznej nie powinna być mniejsza od założonej dla danej klasy sieci **krytycznej niezawodności zewnętrznej**. Niezależnie od tego wyniku liczebność punktów nawiazania powinna pozostawać w stałej proporcji do liczebności wszystkich punktów sieci ( $L_p$ ). Powyższy warunek wynika z wymaganej gęstości obszarowej punktów różnych klas i rzędów osnow państwowych.

## 6. Podstawowe parametry i kryteria dokładnościowe

Podstawowymi parametrami dokładnościowymi sieci (osnowy) poziomej, zarówno na etapie jej projektowania, jak też po realizacji, są **błędy położenia rpp punktów** sieci, a w szczególności wartość **maksymalna** w zbiorze tych błędów, którą oznaczamy  $m_{P(max)}$ :

$$m_{P(max)} = \max \{ m_{P(i)} ; i = 1, 2, \dots, L_p \}$$

(maksymalna wartość w zbiorze błędów położenia punktów sieci), gdzie:

$i$  - umowny wskaźnik punktu sieci

$L_p$  - liczba wszystkich punktów sieci

$m_{P(i)}$  - błąd położenia punktu o wskaźniku  $i$ , wyznaczony z wzoru ogólnego:

$$m_{P(i)} = [\mu_{x(i)}^2 + \mu_{y(i)}^2]^{1/2},$$

$\mu_{x(i)}$ ,  $\mu_{y(i)}$  - błędy średnie współrzędnych.

Błędy średnie współrzędnych punktów ( $\mu_x$ ,  $\mu_y$ ), wyznaczamy w oparciu o algorytm ścisłego wyrównania sieci (lub w oparciu o ścisłą analizę dokładności na etapie projektowania sieci), przy założeniu niezmienności współrzędnych punktów nawiazania (punktów osnowy wyższej klasy). Tak określone błędy średnie współrzędnych (a w konsekwencji błędy położenia punktów sieci) są miarą **lokalnej dokładności osnowy** danej klasy; mówimy inaczej, że są określone względem punktów nawiazania lub względem układu odniesienia związanego nieruchomo z punktami nawiazania. W odróżnieniu od dokładności lokalnej funkcjonuje pojęcie **dokładności bezwzględnej osnowy**, z którą mielibyśmy do czynienia, uwzględniając ściśle błędność punktów nawiazania lub dokonując łącznego wyrównania danej klasy sieci z siecią klasy wyższej. W praktyce wielorzędowość osnow państwowych oznacza jednak odpowiednią hierarchizację wyrównań sieci przy warunku niezmienności punktów nawiazania. W praktyce stosujemy więc w zasadzie parametry dokładności lokalnej. Niezależnie od tego standardu, używając pewnych formuł przybliżonych, możemy

szacować analogiczne parametry dokładności bezwzględnej danej sieci, czyli odniesione do osnów klasy wyższej niż klasa osnowy nawiązującej. W przypadku sieci zakładanej techniką GPS (lub mieszaną) wstępną analizę dokładności przeprowadzamy przy założeniu, że sieć GPS w ostatecznym etapie numerycznego opracowania (jeśli składa się tylko z wektorów GPS) lub już we wstępnym etapie poprzedzającym wyrównanie (jeśli jest to sieć mieszana) jest transformowana na płaszczyznę odwzorowawczą (do przyjętego państwowego układu współrzędnych płaskich), tzn. trójwymiarowe wektory odwzorowują się w wektory dwuwymiarowe (w tej postaci integrowane z obserwacjami klasycznymi).

Jeśli dla punktów sieci, projektowanych i znakowanych wyłącznie jako punkty celowania (wieże, oporowe punkty ścienne) lub jako tzw. punkty matematyczne (niestabilizowane, zwane też punktami pośrednimi lub stanowiskami swobodnymi ang. *free station*) będące wyłącznie stanowiskami obserwacyjnymi, wymagane kryterium nie jest dokładnie spełnione w granicach do 20% wartości dopuszczalnej (jakkolwiek niezawodność lokalna (punktowa) wypełnia odpowiedni warunek), to dla uzyskania pełnej poprawności można założyć odpowiednie zwiększenie samej dokładności średnich obserwacji, np. poprzez zwiększenie liczby serii pomiarów kierunkowych. Sytuacja może mieć miejsce na przykład wtedy, gdy włączony do sieci punkt jest możliwy do wyznaczenia jedynie wcięciami kątowymi, a warunki terenowe nie pozwalają na skrócenie długości celowych (wieże kościelne). Innym przykładem może być punkt matematyczny. Położenie stanowiska wraz z wykonanymi na nim obserwacjami biegunowymi lub tylko kierunkowymi (taki podzbiór obserwacji nazywamy też **quasi-obszernacją**) może być uwarunkowane możliwymi warunkami terenowymi (widocznościami). Jakkolwiek spełnia ono istotną funkcję w lokalnym wzmocnieniu konstrukcji sieci, samo ono jako punkt matematyczny może nie spełniać wymaganej dokładności dopuszczalnej. Jeśli nie zachodzi przekroczenie ponad 20%  $m_{P(DOP)}$  i wymaganych kryteriów niezawodności, możemy programować zwiększenie liczby serii obserwacji.

## 7. Pomocnicze parametry i kryteria dokładnościowe

Pomocnicze parametry oceny dokładności sieci projektowanej powinny służyć potwierdzeniu, że sieć w całym swym obszarze nie zawiera istotnych anomalii dokładnościowych (jest w pewnym sensie jednorodna):

- ♦ **średniokwadratowa wartość błędu położenia punktu sieci**, określająca przeciętny standard dokładnościowy sieci:

$$m_{P(\bar{s}r)} = [(\sum m_{P(i)}^2) / L_p]^{1/2}$$

Wartość maksymalna błędu położenia  $m_{P(max)}$  znacznie wykraczająca ponad wartość średniokwadratową  $m_{P(\bar{s}r)}$  jest oznaką ewentualnych lokalnych „dysproporcji” dokładnościowych. O jednorodności dokładnościowej sieci świadczy natomiast fakt niewielkich różnic pomiędzy identyfikowanymi błędami położenia. Potrzeba ewentualnych modyfikacji projektu sieci zależy jednak od relacji tych błędów z błędem dopuszczalnym dla danej klasy sieci, który jest podstawowym kryterium poprawności sieci. Niejednorodność dokładnościowa, mierzona stosunkiem  $m_{P(max)}$  do  $m_{P(\bar{s}r)}$  (na podstawie analizy wielu poprawnie opracowanych sieci III klasy, relację 2:1 jako typową „w normie”) jest wszakże oznaką ewentualnych lokalnych „przeoczeń” w planie obserwacyjnym sieci lub omyłek w tworzeniu komputerowych plików danych:

$$m_{P(max)} : m_{P(\bar{s}r)} \approx \leq 2:1 \text{ (sytuacja typowa)}$$

$$m_{P(max)} : m_{P(\bar{s}r)} \gg 2:1 \text{ (możliwe anomalie lokalne wymagające sprawdzenia).}$$

- ♦ **Półosie A (dłuższa), B (krótsza) elipsy błędu średniego oraz kąt kierunkowy półosi A dla każdego punktu sieci** (parametry zalecane w szczególności przy ocenie poprawności projektu sieci II klasy).

Zarówno błąd położenia, jak też parametry elipsy błędu średniego są niezmiennikami obrotów układu współrzędnych (nie mają tej własności same błędy średnie współrzędnych), przy czym spełniona jest równość:

$$m_{P(i)}^2 = A^2 + B^2$$

$$(i = 1, 2, \dots, L_p)$$

Nawet jeśli spełnione jest generalne kryterium dokładnościowe, stosunek długości półosi elipsy wskazuje dodatkowo na lokalne zmiany dokładności w różnych kierunkach w otoczeniu danego punktu, sugerując ewentualnie potrzebę sprawdzenia w zakresie:

- poprawności układu geometrycznego wyznaczającego punkt,
- poprawności relacji pomiędzy wagami obserwacji.

Przyjmujemy ogólną zasadę, że lokalna dokładność sieci nie zmienia się istotnie w różnych kierunkach, jeśli pomiędzy krótszą i dłuższą półosią elipsy jest zachowany umowny stosunek graniczny:

$$B / A \geq s$$

$$s = 1/2 \text{ dla sieci klasy II, IIs i IIIs}$$

$$s = 1/2,5 \text{ dla sieci klasy III}$$

W przypadku przeciwnym upewniamy się czy jest to wynikiem ewentualnych przeoczeń w określeniu planu obserwacji lub

niewłaściwego wagowania. Korekta projektu sieci nie jest wymagana w przypadku zachowania ogólnego warunku dla  $M_P$ .

♦ **Lokalne współczynniki zmniejszenia kwadratu błędu średniego obserwacji w wyniku wyrównania:**

$$q_i = \underline{\mu}^2 / \mu^2$$

gdzie  $\underline{\mu}$  oznacza błąd średni obserwacji po wyrównaniu, zaś  $\mu$  błąd średni obserwacji przed wyrównaniem. Liczba odwrotna do  $q$  jest interpretowana jako równoważnik liczby obserwacji przypadających na dany element geometryczny sieci („uczestniczących” w jego wyrównaniu):

$$m_i = 1 / q_i$$

( $i$  oznacza tu umowny wskaźnik obserwacji). Liczba ta przyjmuje na ogół wartości niecałkowite. Pełni ona funkcję lokalnego parametru niezawodności sieci. Jeśli  $m = 1$ , co znaczy też  $q_i = 1$ , to dany element geometryczny jest określony bez kontroli. Sytuacja taka prowadzi również do istnienia w sieci punktu (lub punktów) bez kontroli, o zerowej niezawodności lokalnej. W ogólności, jeśli wzrasta  $m_i$  (maleje  $q_i$ ), wzrasta też niezawodność punktów związanych z danym elementem geometrycznym sieci oraz wzrasta też ogólna niezawodność sieci.

Wartości  $q_i$  i  $m_i$  dla każdego punktu sieci obliczamy w ramach wstępnej analizy dokładności. W wyniku tego eliminujemy przede wszystkim lokalne sytuacje braku kontroli (jeśli  $m_i = 1$ ). Czynność ta jest jednak równoważna eliminacji lokalnych sytuacji z zerową niezawodnością. Po wtóre, określamy elementy geometryczne sieci o najmniejszej wartości  $m_i$ , sprawdzając, czy odnośne punkty związane z danym elementem spełniają warunki niezawodności minimalnej. Parametry  $q_i$  i  $m_i$  pełnią więc faktycznie pomocniczą funkcję kontroli lokalnej niezawodności sieci.

Uogólnieniem parametru  $q_i$  dla całej sieci jest tzw. parametr Otrębskiego  $q$  jako średnia wartość z lokalnych  $q_i$ , przy czym zgodnie z twierdzeniem Otrębskiego zachodzi:

$$q = (\sum q_i) / m = n / m,$$

gdzie:  $m$  - liczba wszystkich obserwacji (na etapie projektowania sieci liczba mierzonych elementów geometrycznych sieci),  $n$  - liczba niewiadomych parametrów sieci (ilość współrzędnych wyznaczanych). Porównując ten wzór z wzorem określającym niezawodność wewnętrzną sieci  $z = (m - n)/m = f/m$ , widzimy, że pomiędzy parametrem Otrębskiego a niezawodnością zachodzi zależność:

$$z = 1 - q$$

Tak więc parametr Otrębskiego pełni również pomocniczą funkcję kontroli niezawodności.

## 8. Zasada wyrównania obserwacji

Sieci szczegółowe, jako układy obserwacyjne, podlegają ściśleму wyrównaniu, przez co rozumie się zastosowanie metody najmniejszych kwadratów z ogólnym warunkiem (w notacji macierzowej):

$$\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$$

gdzie:

$\mathbf{V}$  - wektor (kolumnowy) poprawek do miar obserwacji ( $\mathbf{T}$  - macierzowy symbol transpozycji),

$\mathbf{P}$  - macierz wagowa odpowiadającego wektora obserwacji  $\mathbf{L}$ , wyznaczona jako macierz odwrotna macierzy kowariancyjnej  $\mathbf{Q}_L$  tego wektora, czyli

$$\mathbf{P} = \mathbf{Q}_L^{-1}$$

W modelach probabilistycznych rachunku wyrównawczego w geodezji zakładamy zwykle, że błędy obserwacji mają rozkład normalny o zerowej wartości oczekiwanej, czyli że mają wyeliminowane błędy systematyczne. W szczególnych podejściach naukowych do tego problemu stosuje się też inne modele błędów obserwacji, także rozkłady nieposiadające skończonych wartości oczekiwanych i wariancji. W zastosowaniach technicznych, a w szczególności w niniejszych wytycznych, nie zajmujemy się powyższymi kwestiami, ograniczając się jedynie do określonych, sprawdzonych algorytmów postępowania.

W przypadku, gdy wszystkie obserwacje są wzajemnie niezależne, wówczas macierze  $\mathbf{P}$  i  $\mathbf{Q}_L$  są macierzami przekątniowymi (diagonalnymi):

$$\mathbf{Q}_L = \begin{vmatrix} \mu_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mu_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mu_m^2 \end{vmatrix} = \text{diag}[\mu_i^2 : i = 1, 2, \dots, m]$$

(diag = symbol definicyjny macierzy przekątniowej,  $m$  - liczba wszystkich obserwacji),

$\mathbf{P} = \text{diag} [ p_i : i = 1, 2, \dots, m ],$  gdzie wagi  $p_i = 1 / \mu_i^2$

(wagi obserwacji przyjmujemy jako odwrotności kwadratów błędów średnich obserwacji).

Niezależność obserwacji, objawiająca się ich nieskorelowaniem i diagonalnością macierzy wagowej, nie jest oczywiście warunkiem koniecznym dla poprawnego modelu wyrównania obserwacji. W ogólności macierze  $\mathbf{Q}, \mathbf{P}$  nie muszą być macierzami przekątniowymi. Skorelowanie może wynikać z koniecznego przekształcenia podzbiorów obserwacji do wspólnej przestrzeni matematycznej, w której dokonuje się wyrównania. Takie sytuacje będą mieć miejsce na przykład przy łączeniu obserwacji klasycznych z obserwacjami GPS. Skorelowane są również same składowe wektora GPS. Ze sposobu tworzenia macierzy wagowej wynika jednak, że ograniczamy się tylko do przypadków, kiedy macierz kowariancyjna  $\mathbf{Q}$  nie jest macierzą osobliwą. Osobliwość miałaby miejsce na przykład, gdyby układ równań obserwacyjnych był powiększany „sztucznie” o równania będące przekształceniami innych równań tego układu. Ostatni wymóg ma związek z następującym twierdzeniem: jeśli  $\mathbf{L}$  jest wektorem obserwacji o niediagonalnej i nieosobliwej macierzy  $\mathbf{Q}$ , to istnieje macierz kwadratowa  $\mathbf{S}$  taka, że przekształcenie  $\mathbf{S} * \mathbf{L} = \mathbf{L}'$  daje wektor o jednostkowej macierzy kowariancyjnej ( $\mathbf{Q}_{\mathbf{L}'} = \mathbf{I}$ ). Orzeka ono inaczej, że skorelowany układ obserwacyjny o nieosobliwej macierzy kowariancyjnej można zawsze przekształcić do równolicznego układu równań nieskorelowanych.

Informacje o błędach średnich lub podmacierzach kowariancyjnych (np. wektorów GPS) obserwacji lub podzbiorów obserwacji (quasi-obserwacji) podlegających wyrównaniu powinny być wynikiem wstępnego etapu opracowania pomiarów. Do wyrównania układu obserwacyjnego nie jest konieczne uśrednianie miar obserwacji z serii pomiarowych. Konieczne jest natomiast uśrednianie tylko takich wyników pośrednich (kąty lub kierunki poziome lub kąty pionowe z dwóch położań lunety z półpoczetów), które mogą być obciążone błędem systematycznym (np. instrumentalnym), a uśrednienie spowoduje istotne wyeliminowanie tego błędu.

W wyniku użycia warunku  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$  ma się dokonać wyrównanie obserwacji poprzez przyporządkowanie wektorowi miar obserwacji  $\mathbf{L}$  odpowiedniego wektora poprawek  $\mathbf{V}$ . Wyrównany wektor  $\underline{\mathbf{L}} = \mathbf{L} + \mathbf{V}$  powinien spełniać warunki geometryczne sieci, które wynikają z jego związku z wektorem parametrów  $\mathbf{X}$ , za który przyjmujemy zazwyczaj wektor współrzędnych punktów wyznaczanych sieci. Związek ten wyraża układ równań poprawek:

$$\underline{\mathbf{L}} = \mathbf{L} + \mathbf{V} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) \text{ lub } \mathbf{V} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) - \mathbf{L},$$

gdzie  $\mathbf{F}(\mathbf{X})$  jest tzw. funkcją wektorową, której składowe wyrażają związki pojedynczych miar obserwacji ze współrzędnymi punktów sieci, tj. ze składowymi wektora  $\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}) = [ f_i(\mathbf{X}) ]_{(m \times 1)}$$

Pojedyncze,  $i$ -te równanie układu równań poprawek wyraża się wtedy zależnością:

$$l_i = v_i + l_i = f_i(\mathbf{X}),$$

tzn. wyrównana miara  $l_i$  obserwacji jest pewną funkcją wektora współrzędnych  $\mathbf{X}$ , a ściślej biorąc tylko niektórych składowych tego wektora.

Podstawiając do równania  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$  za wektor poprawek  $\mathbf{V}$  wyrażenie  $\mathbf{F}(\mathbf{X}) - \mathbf{L}$  otrzymujemy w istocie warunek na minimum pewnej funkcji wektora  $\mathbf{X}$ . Generalną zasadę wyrównania obserwacji w odniesieniu do sieci geodezyjnej możemy więc wyrazić następująco: poszukujemy takich współrzędnych punktów, by obliczone na ich podstawie poprawki do obserwacji spełniały warunek minimum. Istotnym celem zadania jest więc wyznaczenie odpowiednich współrzędnych punktów sieci, które mają odpowiednie znaczenie aplikacyjne jako podstawowy zbiór informacji o osnowie geodezyjnej. Aby te informacje posiadały odpowiednią wartość techniczną, muszą być uzupełnione o niezbędne informacje jakościowe (parametry dokładnościowe błędy średnie) oraz informacje potwierdzające poprawność ich pozyskania w ramach przyjętych standardów jakościowych.

## 9. Metody i algorytmy numeryczne wyrównania sieci

Podane poprzednio wzory obejmują ogólne matematyczne założenia procesu wyrównawczego sieci. Konkretnie rozwiązanie zadania wiąże się z wyborem metod i algorytmów numerycznych (w praktyce sprowadza się do zastosowania programu komputerowego, który odpowiednie metody i algorytmy realizuje). Rozwiązanie numeryczne problemu  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$  będzie obciążone zawsze pewnym błędem rachunkowym (numerycznym). W wyborze metod i algorytmów należy przyjąć postulat generalny, by błąd rachunkowy był istotnie mniejszy niż wielkość wynikająca z propagacji samych błędów pomiarowych. Ponieważ szacowanie błędu numerycznego w każdym indywidualnym przypadku byłoby kłopotliwe wygodnie będzie przyjąć taki postulat, który stawia wprawdzie wymogi zawyżone (z pewnym zapasem „bezpieczeństwa”), ale obejmuje wszystkie możliwe oszacowania dopuszczalnych błędów. Tak więc na przykład, w całej problematyce obliczeniowo-wyrównawczej osnów szczegółowych (II lub III klasy) możemy przyjąć zasadę, że wszelkie wyniki pośrednie i końcowe dotyczące wyznaczeń współrzędnych będą realizowane z taką precyzją, by błąd numeryczny wyników nie wykraczał poza poziom 0.0001 m. Oddalamy się tym samym „bezpiecznie” od poziomu błędów pomiarowych, mając gwarancję, że błędy numeryczne ich nie zmienią. Ma to znaczenie również dla wewnętrznej kontroli obliczeń, co do której mamy pewność, że nie jest ona zakłócona przez błędność pomiarową.

Podstawowym elementem rozwiązania numerycznego problemu  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$  jest linearyzacja równań poprawek, czyli sprowadzenie układu równań poprawek do postaci przybliżonej:

$$\mathbf{V}' = \mathbf{A} * d\mathbf{X} + \mathbf{I}, \quad \mathbf{I} = \mathbf{F}(\mathbf{X}_0) - \mathbf{L},$$

gdzie:  $\mathbf{I}$  oznacza wektor wyrazów wolnych obliczonych przy założeniu pewnego wektora współrzędnych przybliżonych  $\mathbf{X}_0$ ,  $d\mathbf{X}$  niewiadomy przyrost wektora współrzędnych przybliżonych, prowadzący do „lepszego” od  $\mathbf{X}_0$  rozwiązania  $\mathbf{X}' = \mathbf{X}_0 + d\mathbf{X}$ ,  $\mathbf{A}$  macierz pochodnych cząstkowych funkcji wyrażających miary obserwacji w zależności od współrzędnych, a formalnie jest to macierz Jakobiego funkcji  $\mathbf{F}(\mathbf{X})$ :  $\mathbf{A} = \partial\mathbf{F}(\mathbf{X}) / \partial\mathbf{X}$ , przy czym wartości pochodnych są obliczone dla danych współrzędnych przybliżonych. Załóżmy, że równanie to zamiast  $\mathbf{V}$  jest uwzględnione w warunku  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$ . Linearyzacja wprowadza oczywiście „natychmiast” pewien błąd numeryczny wynikający z błędności współrzędnych przybliżonych i objawiający się tym, że wektor poprawek  $\mathbf{V}'$  różniłby się od szukanego wektora  $\mathbf{V}$ , zaś wektor niewiadomych  $\mathbf{X}'$  różniłby się od szukanego wektora  $\mathbf{X}$ . Wielkość tych różnic będzie zależęć m.in. od samego błędu wektora  $\mathbf{X}_0$ . W latach minionych, kiedy nie było takich środków komputerowych jak obecnie, starano się współrzędne przybliżone pozyskiwać możliwie dokładnie (np. z błędem nie większym od 0.2 m). Wówczas zabezpieczano się w ten sposób przed ewentualnością, że błąd z tytułu linearyzacji równań nie przekroczy pewnej wartości istotnej w porównaniu z błędami pomiarowymi. Obecnie, wobec dużej mocy i szybkości komputerów, łatwo jest realizować powtórzenie całego procesu obliczeniowego po zmianie wektora przybliżonego z  $\mathbf{X}_0$  na  $\mathbf{X}'$ .

Proces taki, zwany procedurą iteracyjną Gaussa-Newtona można kontynuować do momentu, aż poprawki do aktualnego wektora współrzędnych przybliżonych staną się już praktycznie mało istotne (np. mniejsze od 0,0001 m). W odniesieniu do klasy osnów szczegółowych wystarczy na ogół, że współrzędne przybliżone są określone z dokładnością od kilku do (nawet) kilkudziesięciu metrów. Poprawne wyniki uzyskuje się natomiast po kilku cyklach iteracyjnych. Dla kolejnych cykli  $k = 0, 1, 2, \dots$  aż do momentu, gdy zmiany niewiadomych będą już zaniedbywalnie małe, wykonujemy następujące operacje:

KROK 1: Dla aktualnego wektora współrzędnych przybliżonych  $\mathbf{X}_k$  wyznaczamy:

$\mathbf{A}_k$  - macierz współczynników przy niewiadomych,

$\mathbf{I}_k = \mathbf{F}(\mathbf{X}_k) - \mathbf{L}$  - wektor wyrazów wolnych

KROK 2: Wyznaczamy aktualny przyrost  $d\mathbf{X}_{k,k+1}$  do wektora współrzędnych przybliżonych  $\mathbf{X}_k$  z rozwiązania następującego układu równań normalnych:

$$\mathbf{B}_k * d\mathbf{X}_k = \mathbf{W}_k$$

gdzie:

$\mathbf{B}_k = \mathbf{A}_k^T * \mathbf{P} * \mathbf{A}_k$  - macierz normalna,

$\mathbf{W}_k = \mathbf{A}_k^T * \mathbf{P} * \mathbf{I}$  - wektor wyrazów wolnych

KROK 3: Obliczamy nowy wektor współrzędnych  $\mathbf{X}_{k+1} = \mathbf{X}_k + d\mathbf{X}_{k,k+1}$

Jeśli  $|| \mathbf{X}_{k+1} - \mathbf{X}_k || < \varepsilon$  ( $\varepsilon$  oznacza dopuszczalny błąd numeryczny, równy np. 0,0001 m,  $|| * ||$  wybrana norma wektora) proces kolejnych przybliżeń zatrzymujemy, zadawając się  $\mathbf{X}_{k+1}$  jako dostatecznie dokładnym wynikiem. W przeciwnym razie powracamy do Kroku 1.

Rozwiązanie układu równań normalnych  $\mathbf{V}^T * \mathbf{P} * \mathbf{V} = \text{minimum}$  jest standardowym zadaniem numerycznym. Podstawowymi algorytmami stosowanymi w rachunkach geodezyjnych i zalecanymi w rozwiązaniu problemu wyrównawczego sieci są: algorytm Choleskiego - Banachiewicza (algorytm pierwiastków kwadratowych lub pierwiastka krakowianowego - od nazwy liczb zespolonych wprowadzonych przez Banachiewicza) oraz algorytm eliminacji Gaussa.

Algorytm Choleskiego - Banachiewicza sprowadza układ równań normalnych

$$\mathbf{B}_k * d\mathbf{X}_k = \mathbf{W}_k$$

do rozwiązania dwóch układów równań o macierzach trójkątnych (pomijamy dla uproszczenia wskaźnik  $k$  cyklu iteracyjnego):

$$\mathbf{R}^T * \mathbf{Y} = \mathbf{W}, \quad \mathbf{R} * d\mathbf{X} = \mathbf{Y},$$

przy czym macierz trójkątną górną  $\mathbf{R}$  wyznacza się z warunku:

$$\mathbf{R}^T * \mathbf{R} = \mathbf{B}$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \dots & r_{1n} \\ 0 & r_{22} & r_{23} & \dots & r_{2n} \\ 0 & 0 & r_{33} & \dots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

(w wyznaczeniu elementów diagonalnych macierzy  $\mathbf{R}$  oblicza się pierwiastki kwadratowe, stąd bierze się nazwa metody). Faktyczne



rozwiązanie dwóch układów równań **W** i **Y** sprowadza się do rozwiązania tylko jednego układu równań z macierzą trójkątną **R** rozszerzoną o dodatkową kolumnę **Y** (wykorzystuje się własność, że oba układy mają tę samą, jakkolwiek wzajemnie transponowaną macierz współczynników).

Algorytm eliminacji Gaussa sprowadza się do podobnego rozkładu macierzy **B**, ale na różne czynniki trójkątne:

$$\mathbf{G}^T * \mathbf{H} = \mathbf{B},$$

przy czym przyjmuje się, że macierz **G** jest (podobnie jak **R**) macierzą trójkątną górną, posiadającą na przekątnej głównej same jedynki:

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & g_{12} & g_{13} & \dots & g_{1n} \\ 0 & 1 & g_{23} & \dots & g_{2n} \\ 0 & 0 & 1 & \dots & g_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

natomiast macierz **H** jest macierzą trójkątną górną, spełniającą warunek  $\mathbf{G}^T * \mathbf{H} = \mathbf{B}$ ,

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} & \dots & h_{1n} \\ 0 & h_{22} & h_{23} & \dots & h_{2n} \\ 0 & 0 & h_{33} & \dots & h_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & h_{mn} \end{pmatrix}$$

W analogii do **W** i **Y** mamy tutaj rozwiązanie dwóch układów równań

$$\mathbf{G}^T * \mathbf{Y} = \mathbf{W}, \quad \mathbf{H} * d\mathbf{X} = \mathbf{Y},$$

przy czym w konkretnym rozwiązaniu algorytmicznym nie trzeba zapamiętywać macierzy **G**, gdyż wektor **Y** wyznacza się w jednym schemacie wraz z macierzą **H**, jako dodatkową kolumnę tej macierzy. Należy zaznaczyć, że metody Choleskiego - Banachiewicza oraz eliminacji Gaussa nie wyczerpują bogatego zbioru metod rozwiązań układów liniowych, a w szczególności układów normalnych cechujących się symetryczną, dodatnio określoną macierzą. W grupie tej występuje m.in. cała gama metod iteracyjnych.

Ze względu na wielkość wyrównywanej sieci (zakładane jednokrotnie sieci szczegółowe mogą zawierać kilkudziesięczne zbiory punktów) może zachodzić potrzeba zastosowania specjalnych algorytmów rozwiązywania takich układów celem „oszczędnego gospodarowania” obszarem roboczym pamięci komputera, a tym samym skrócenia czasu obliczeń. W algorytmach tych wykorzystuje się przede wszystkim tę właściwość wielkiego układu, że macierz normalna (**B**) jest macierzą „rzadką” zawiera znaczną liczbę elementów zerowych. W interpretacji geometrycznej oznacza to, że pomiędzy odpowiednimi punktami sieci, których dany element macierzy **B** dotyczy, nie ma bezpośrednich związków obserwacyjnych. Poza przekątną główną elementy niezerowe występują tylko na takich pozycjach, które wynikają z bezpośrednich powiązań obserwacyjnych (długościowych, kątowych i in.). Przed przystąpieniem do rozkładu macierzy na czynniki trójkątne dokonuje się przegrupowania kolejności niewiadomych (kolejności punktów sieci), aby powstała macierz trójkątna posiadała możliwie maksymalną liczbę elementów zerowych.

Wyróżniamy w tym względzie metody:

- wielogrupowe, np. metoda Pranis-Praniewicza,
- pasmowe (wstęgowe), polegające na takim uporządkowaniu niewiadomych, aby elementy niezerowe były skupione możliwie najbliższej przekątnej głównej macierzy.

Nie będziemy omawiać powyższych metod, gdyż ta problematyka leży już w sferze szczegółowych rozwiązań algorytmicznych i software'owych. Nie ma zatem potrzeby normowania tych kwestii, poza generalnym warunkiem wykazania zgodności rozwiązań algorytmicznych z postulatem metody najmniejszych kwadratów.

Każde rozwiązanie numeryczne wymaga kontroli. Jednym z elementów kontrolnych jest sprawdzenie podanego w KROKU 3 warunku „małości” poprawek do współrzędnych. Efekt tego typu nie wystarcza jednak dla stwierdzenia pełnej poprawności numerycznej wyników z uwagi na to, że proces iteracyjny Gaussa-Newtona może być procesem wolno zbieżnym, a wtedy niewielkie zmiany wartości współrzędnych z kolejnych cykli iteracyjnych nie świadczą o tym, że cel został już osiągnięty. Taka sytuacja może mieć wprawdzie miejsce tylko w przypadku układów słabo uwarunkowanych, co w praktyce oznacza, że konstrukcja sieci jest technicznie niepoprawna (dla przyjętych warunków nawiązania lub uwzględnianego układu obserwacyjnego konstrukcja ta w całości lub tylko w jakimś fragmencie nie jest stabilna „pływa”). Przykładem może być wystąpienie słabego wcięcia już chociażby jednego

punktu w całej sieci. Sytuacja taka nie musi być wynikiem „zamierzonym”. Może wynikać na przykład z omyłkowego pominięcia w wejściowych zbiorach danych pewnych istotnych obserwacji, które faktycznie istnieją w materiałach polowych. Może być wreszcie wynikiem innych omyłek, np. omyłek numeracji. Dlatego bardzo ważnym spostrzeżeniem kontrolnym jest również kwestia szybkości zbieżności mierzona spadkiem kolejnych norm przyrostów wektora niewiadomych. Jeśli ten spadek wynosi co najmniej 50%, możemy się spodziewać poprawnego przebiegu procesu obliczeniowego. W przeciwnym razie należy szukać przyczyny tego stanu rzeczy.

Drugim elementem kontrolnym, który powinien być bezwzględnie stosowany w każdym programie obliczeniowym, jest wyznaczenie wartości funkcji celu  $\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{V} = \text{minimum}$  w dwojaki sposób:

- pierwszy, w oparciu o poprawki wyznaczone dokładnie z naturalnej (nieliniowej) postaci równań poprawek  $\underline{\mathbf{L}} = \mathbf{L} + \mathbf{V} = \mathbf{F}(\mathbf{X})$  lub  $\mathbf{V} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) - \mathbf{L}$ ; oznaczmy tę wartość symboliczną sumą gaussowską  $[\mathbf{pvv}]$ ,
- drugi, w oparciu o poprawki wyznaczone na podstawie aktualnie zlinearyzowanego równania  $\mathbf{V}' = \mathbf{A} \cdot d\mathbf{X} + \mathbf{I}$  wyznaczonego w ostatnim cyklu iteracyjnym; oznaczmy tę wartość symbolicznie  $[\mathbf{pv}'\mathbf{v}']$ .

W miarę postępu procesu iteracyjnego wartości  $[\mathbf{pvv}]$  i  $[\mathbf{pv}'\mathbf{v}']$  powinny zbliżać się do siebie, osiągając zgodność co najmniej w zakresie kilku pierwszych cyfr (ilość cyfr zgodnych powinna być równa co najmniej maksymalnej ilości cyfr dokładnych w zapisie poprawki obserwacyjnej).

## 10. Wyznaczenie parametrów niezawodności i dokładności sieci

Oprócz wyznaczenia współrzędnych punktów komplet wyników opracowania sieci wymaga wyznaczenia następujących parametrów niezawodności i dokładności oraz sprawdzenia spełnienia wymagań (założeń) technicznych danej klasy sieci i zgodności z projektem sieci:

- **Globalne parametry niezawodności wewnętrznej** i zewnętrznej według podanych wcześniej wzorów. Sprawdzamy w tym przypadku spełnienie wymagań dokładnościowych danej klasy sieci oraz ewentualnie faktyczne liczebności zbiorów danych.
- **Niezawodność lokalna** odnosząca się odrębnie do każdego punktu sieci. Sprawdzamy spełnienie wymagań minimalnych oraz ewentualnie liczebności i konstrukcje geometryczne dla każdego punktu sieci.
- **Błąd średni jednostkowy sieci** ze wzoru:

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{\mathbf{V}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{V}}{f}}$$

gdzie  $f$  określa ilość elementów nadwymiarowych w całym układzie obserwacyjnym, wyrównywanej sieci  $f = m - n$ ,  $m$  - ilość wszystkich obserwacji lub tzw. pseudoobserwacji (przekształconych obserwacji),  $n$  - ilość parametrów (współrzędnych) niewiadomych. Nie należy wykluczać obserwacji występujących wyłącznie pomiędzy punktami nawiązania, gdyż stanowią one ważną informację stochastyczną o faktycznej błędności nawiązania, pomimo że te są przyjmowane jako punkty stałe. Przy założonym sposobie wagowania obserwacji (waga jest liczbą odwrotnie proporcjonalną do kwadratu błędu średniego obserwacji) wielkość  $\mu_0$  jest niemianowana i powinna być zbliżona wartościowo do 1, ewentualnie z odchyłką nie przekraczającą 0,1 tj. 10% wartości  $\mu_0$ . Jeśli powyższy warunek nie jest spełniony, to świadczy ogólnie, że założone do wagowania wartości błędów średnich obserwacji nie odpowiadają faktycznemu rozkładowi poprawek obserwacyjnych. Przyczyny mogą być różne:

- Jeśli  $\mu_0 \gg 1$ , to może świadczyć o istnieniu tzw. elementów odstających, będących np. wynikiem: błędów identyfikacji punktów, błędów centrowania sygnałów i instrumentu pomiarowego, błędów w redukcjach obserwacji (np. w redukcjach długości do „horyzontu”), a także błędnością współrzędnych punktów nawiązania powodującą powiększanie poprawek obserwacyjnych (dokonując tzw. wyrównania swobodnego sieci lub jej fragmentów lub wykorzystując obserwacje kontrolne pomiędzy punktami stałymi, można przeprowadzić odpowiednie testy sprawdzające w tym zakresie). Odrębnej natury przyczyną efektu wzrostu  $\mu_0$  może być to, że oszacowane do wagowania błędy średnie obserwacji są zbyt zaniżone („optymistyczne”), nieuwzględniające wszystkich czynników błędów pomiarowych.
- Jeśli  $\mu_0 \ll 1$  to jest oznaką faktu, że oszacowane przed wyrównaniem błędy średnie obserwacji są zbyt „pesymistyczne” w stosunku do faktycznych wartości poprawek. Można je odpowiednio proporcjonalnie zmniejszyć.

Wymieniony parametr dokładności sieci jest parametrem globalnym (przeciętnym) dla całego układu obserwacyjnego sieci. Może się zdarzyć w związku z tym, że jego nieuzasadniona zmienność (zaniżenie lub zawyżenie) jest wynikiem tylko określonej sytuacji lokalnej sieci lub niewłaściwej proporcji wag pomiędzy różnymi rodzajami obserwacji. Pierwsza ewentualność jest łatwa do identyfikacji w oparciu o otrzymane wartości poprawek obserwacyjnych. Drugi przypadek jest trudniejszy i jego identyfikacja zależy również od liczebności różnych grup obserwacji, a ściślej biorąc od tego, jak „silnie” dana grupa obserwacji działa na całe wyrównanie. W sieciach poligonowych lub poligono-triangulacyjnych zachodzi z reguły pewna równowaga „oddziaływań”. W takim przypadku, w ocenie poprawności relacji pomiędzy wagami różnych grup można się posłużyć tzw. **cząstkowymi estymatami błędu średniego jednostkowego**,

$$\mu_{01}, \mu_{02}, \dots, \mu_{0k}$$

z których każda jest wyznaczona tylko w oparciu o tę część funkcji [pvv], która odpowiada tylko danej grupie obserwacji. Przyjmowane odpowiednie liczby nadwymiarowości  $f_1, f_2, \dots, f_k$  powinny być odpowiednio proporcjonalne do liczebności grup.

Z wartości estymat cząstkowych widać, które grupy obserwacji mają zawyżone, a które zaniżone oszacowania błędów średnich. Wartości tych estymat pomnożone przez założone do wagowania błędy średnie prowadzą do poprawy wyników. Należy nadmienić, że sformułowanie estymat cząstkowych nie jest teoretycznie ścisłe (ma wady teoretyczne) i dlatego ich wykorzystanie ma jedynie charakter pomocniczy i przybliżony.

♦ **Punktowe parametry dokładności**, do których zaliczamy:

- błędy średnie współrzędnych ( $\mu_x, \mu_y$  oraz  $\mu_z$  lub  $\mu_H$  dla sieci trójwymiarowych), określone według ogólnego wzoru:

$$\mu_{(\cdot)} = \mu_0 * (Q_{(\cdot)})^{1/2},$$

gdzie: symbol (\*) zastępuje oznaczenie współrzędnej,  $Q_{(\cdot)}$  - odpowiadający element diagonalny macierzy kofaktorów (inaczej: teoretycznej macierzy kowariancyjnej)  $Q_x$  wektora niewiadomych wyznaczonej ze wzoru:

$$Q_x = B^{-1} = (A^T * P * A)^{-1}$$

(stosownie do przyjętych już wcześniej oznaczeń).

- błąd położenia punktu

$$\mu_p = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2} \quad (\text{na płaszczyźnie odwzorowawczej})$$

oraz błąd średni wysokości w przypadku sieci trójwymiarowych. W tym przypadku mamy do czynienia z parametrem dokładności lokalnej wyznaczonym przy założeniu stałości punktów nawiązania. Zatem w każdym przypadku tak wyznaczony błąd położenia punktu nie powinien przekraczać wartości 0,05 m.

Inne parametry punktowe mające znaczenie pomocnicze, a stosowane przy wstępnej analizie dokładności projektu sieci, jak parametry elipsy błędów.

♦ **Poprawki obserwacyjne i ich błędy średnie.** Elementy te stanowią najbardziej wiarygodny obraz jakościowy (dokładnościowy) opracowanej sieci, gdyż oprócz poprawek ukazujących empiryczny obraz dokładnościowy sieci we wszystkich jej obszarach lokalnych zawiera informację o lokalnej niezawodności sieci. W problemie analizy poprawek obserwacyjnych występują następujące macierze kowariancyjne (skorygowane o jednostkową wariancję empiryczną  $\mu_0^2$ , czyli kwadrat błędu średniego jednostkowego):

$$C_L = \mu_0^2 * Q_L \quad (\text{macierz kowariancyjna wektora obserwacji } L)$$

$$C_{\underline{L}} = \mu_0^2 * A * Q_x * A^T \quad (\text{macierz kowariancyjna poprawionego wektora obserwacji } \underline{L} = L + V)$$

$$C_V = \mu_0^2 * [Q_L - A * Q_x * A^T] \quad (\text{macierz kowariancyjna wektora poprawek } V),$$

przy czym, jak widać z postaci wzorów, zachodzi zależność:

$$C_L = C_{\underline{L}} * C_V,$$

która oznacza, że pomiędzy odpowiadającymi błędami średnimi zachodzi twierdzenie Pitagorasa:

$$\mu^2 = \mu_l^2 + \mu_v^2,$$

gdzie w odniesieniu do zależności elementarnej  $\underline{l} = l + v$  (obserwacja wyrównana = obserwacja + poprawka):

$\mu_l$  - błąd średni obserwacji  $l$

$\mu_l$  - błąd średni obserwacji wyrównanej  $\underline{l}$

$\mu_v$  - błąd średni poprawki  $v$

Z ostatniej zależności, ujętej w twierdzeniu Pitagorasa, wynikają dwa ważne przypadki interpretacyjne:

a) **Przypadek poprawny.** Jeśli błąd średni obserwacji wyrównanej maleje, to musi wzrastać błąd średni poprawki. Odpowiada to wzrostowi nadwymiarowości lokalnej sieci w otoczeniu danej obserwacji i wskazuje na pozytywny efekt dokładnościowy wyrównania obserwacji.

b) **Przypadek krytyczny.** W sytuacji odwrotnej, kiedy błąd średni obserwacji wyrównanej niewiele różni się od błędu średniego obserwacji danej (efekt braku lub niewielkiej nadwymiarowości), wtedy błąd średni poprawki jest bliski zera. Już niewielkiej wartości poprawka obserwacyjna może przekroczyć istotnie wartość błędu średniego poprawki.

Testowanie poprawności obserwacji polega na porównaniu wielkości poprawki z umowną k-krotnością jej błędu średniego:

$$|v| \leq k \cdot \mu_v,$$

gdzie przyjmujemy zwykle  $k = 3$  (przy założeniu, że poprawki mają rozkład zbliżony do normalnego, odpowiada to prawdopodobieństwu  $p \approx 0.99$ ). Jeśli nierówność nie jest spełniona, to z dużym prawdopodobieństwem możemy twierdzić, że poprawka ma charakter odstający, niemieszczący się w założonym modelu probabilistycznym błędu. W takim przypadku mamy obowiązek sprawdzić, co jest tego przyczyną, ewentualnie daną obserwację wykluczyć (pozostałe muszą jednak spełniać minimalne warunki lokalnej niezawodności sieci).

W sytuacjach szczególnie uzasadnionych praktycznie (np. z powodu wiadomej błędności punktów nawiazania), można dopuścić niespełnienie tego kryterium dla niewielkiej liczby rozproszonych obserwacji, ale pod warunkiem, że inne kryteria poprawności sieci są spełnione. Należy jednak wyłączyć z tej możliwości przypadki istotnego wykroczenia poza wskazane granice, będące wynikiem ewidentnych błędów odstających w pomiarach.

## 11. Informacje o systemie GPS

System GPS składa się z trzech podstawowych członów:

- a) grupa 21 satelitów (plus 3 zapasowe) okrążających Ziemię po 6 orbitach zbliżonych do kołowych oddalonych około 20 000 km od powierzchni Ziemi,
- b) grupa naziemnych stacji kontrolnych śledzących ruch wszystkich satelitów GPS,
- c) grupa użytkowników systemu.

Satelity są rozmieszczone na orbitach w ten sposób, aby w dowolnym punkcie na powierzchni Ziemi można było odbierać sygnały od co najmniej 4 z nich, niezależnie od pory doby. Na każdej z 6 orbit znajdują się 4 satelity okrążające Ziemię w ciągu 12 godzin. Orbitsy są rozmieszczone wokół całej Ziemi i nachylone do płaszczyzny równika pod kątem  $55^\circ$ .

Satelity wysyłają drogą radiową sygnały w postaci kodu generowanego przez bardzo dokładne zegary atomowe. Sygnały emitowane są na dwóch różnych częstotliwościach zwanych L1 i L2 oraz kodowane dwoma typami kodu: kod C/A (ang. *clear access or coarse acquisition*) i kod P (ang. *precise*). Ponadto każdy z satelitów wysyła informacje o swoim położeniu w przestrzeni w danej chwili (tzw. efemerydy) oraz ocenę jakości emitowanego sygnału.

Naziemne stacje kontrolne bezustannie śledzą ruch wszystkich satelitów i zbierają dane, na podstawie których obliczane są elementy orbity każdego satelity. Synchronizowane są również zegary satelitów do czasu systemu GPS. Aktualne informacje o parametrach orbit przekazywane są co godzinę do komputerów umieszczonych na satelitach.

W zależności od przeznaczenia odbiorniki GPS dzieli się na dwie grupy:

- odbiorniki nawigacyjne, wykorzystywane przez marynarkę, lotnictwo, technikę raketową czy wreszcie, coraz popularniejsze obecnie, systemy monitoringu transportu i zabezpieczeń przed kradzieżą,
- odbiorniki geodezyjne, umożliwiające wykonanie pomiaru z dokładnościami wymaganymi w geodezji, wykorzystujące różnicowe metody wyznaczenia pozycji.

Zasada wyznaczenia położenia anteny naziemnego odbiornika GPS opiera się na pomiarze odległości między anteną a satelitą znajdującym się w chwili obserwacji w punkcie o znanym położeniu w przestrzeni. Podstawą pomiaru tej odległości jest powszechnie znany wzór na drogę przebytą w określonym czasie przy stałej prędkości:

$$S = v \cdot t,$$

gdzie: S - odległość, v - prędkość, t - czas.

Przy znanej prędkości rozchodzenia się fal radiowych problem sprowadza się do pomiaru czasu między wysłaniem sygnału przez satelitę a odebraniem go przez odbiornik. W tym celu zarówno satelita, jak i odbiornik generują takie same sygnały w tym samym czasie. Sygnał wysłany przez satelitę dociera do odbiornika opóźniony o czas potrzebny na przebycie odległości między satelitą i odbiornikiem. Pomiar tego opóźnienia jest głównym zadaniem wykonywanym dla określenia pozycji.

W celu podniesienia dokładności pomiaru odległości od satelity w odbiornikach geodezyjnych stosuje się pomiar przesunięcia faz sygnałów dochodzących do odbiorników. Metoda ta opiera się na zasadzie stosowanej w geodezji przy pomiarze odległości dalmierzami elektrooptycznymi.

Pozycja punktu określana jest przez trzy współrzędne, a więc przy bezbłędnych pomiarach wystarczyłoby określenie odległości między anteną a trzema satelitami. Jednak odbiorniki GPS wyposażone są w mniej dokładne zegary kwarcowe, które powodują błędy w synchronizacji czasu generacji sygnału. Dlatego też w celu wyznaczenia pozycji należy mierzyć sygnały od minimum czterech satelitów, co pozwala na eliminację błędów zegara i poprawne rozwiązanie przestrzennego wcięcia liniowego.

Wcięcie to jest tym dokładniejsze, im równomierniej w przestrzeni rozmieszczone są satelity, od których pochodzą odbierane sygnały, analogicznie jak w przypadku wcięcia liniowego, gdzie dokładność zależy od rozmieszczenia punktów stałych w terenie. Dokładność wcięcia określana jest przez współczynnik GDOP (ang. *geometric dilution of precision*). Jeśli współczynnik ten osiąga niewielką wartość, oznacza to, że błąd wyznaczenia pozycji jest mały. W odwrotnym przypadku, gdy satelity położone są blisko siebie, wcięcie liniowe jest niekorzystne, błąd wyznaczenia jest duży i GDOP przyjmuje dużą wartość. W zależności od producenta stosowane są różne współczynniki charakteryzujące dokładność wyznaczenia.

Współczynnik	element charakteryzowany przez współczynnik
GDOP	pozycja trójwymiarowa i poprawka zegara
PDOP	pozycja trójwymiarowa
HDOP	pozycja horyzontalna
VDOP	pozycja pionowa
TDOP	poprawka zegara
HTDOP	pozycja horyzontalna i czas

Dla osiągnięcia poprawnego rozwiązania wartość współczynnika GDOP, podawana m.in. przez odbiorniki firmy Leica, powinna być mniejsza od 8, natomiast wartość PDOP, podawana m.in. przez odbiorniki firmy Ashtech, powinna być mniejsza od 6.

## 12. Sprzęt i zasady wykonywania pomiaru techniką GPS

1. Zestaw odbiorczy GPS składa się z trzech podstawowych elementów:

- anteny mającej za zadanie odbiór sygnałów od satelitów i przesłanie ich do odbiornika,
- modułu kontrolnego pozwalającego obserwatorowi na sprawdzenie prawidłowości przebiegu procesu pomiarowego oraz nadanie identyfikatorów dla poszczególnych grup odebranych sygnałów (najczęściej związanych z numerem obserwowanego punktu),
- modułu pamięci do przechowywania danych obserwacyjnych.

2. Odbiorniki GPS wykorzystywane w geodezji dzieli się na dwie podstawowe grupy:

- jednoczęstotliwościowe - umożliwiające odbiór sygnałów przesyłanych przez częstotliwość L1,
- dwuczęstotliwościowe - umożliwiające odbiór sygnałów przesyłanych przez częstotliwości L1 i L2.

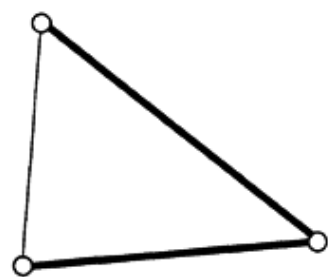
Odbiorniki jednoczęstotliwościowe charakteryzują się prostszą budową, ale są mniej dokładne. Stosuje się je do pomiarów głównie metodą statyczną przy odległościach między punktami nieprzekraczających 20 km. Pomiar odbiornikami dwuczęstotliwościowymi eliminuje wpływ zakłóceń sygnału, powstałych podczas przechodzenia przez jonosferę, co przy odpowiednio długim czasie zbierania danych umożliwia korelację obserwacji wykonanych na punktach oddalonych od siebie nawet o tysiące kilometrów. Znajdują one zastosowanie wszędzie tam, gdzie potrzebna jest wysoka precyzja pomiaru.

3. Wyznaczanie położenia punktów przy zastosowaniu techniki GPS opiera się na określeniu przestrzennych wektorów między punktami sieci. Wektory te traktowane są jako obserwacje i poddawane procesowi wyrównawczemu. Każdy wektor posiada określone przyrosty współrzędnych ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) w trzech składowych kartezjańskiego układu współrzędnych geocentrycznych elipsoidy odniesienia, (między punktami przyjętymi jako początek i koniec wektora) oraz elementy pełnej macierzy kowariancyjnej pozwalające na określenie średnich błędów pojedynczych obserwacji i prawidłowe ich zrównoważenie. Aby wyznaczyć wektor między punktami, należy przeprowadzić na nich równoczesne (w tym samym czasie) obserwacje GPS, polegające na odbiorze i gromadzeniu sygnałów wysyłanych przez satelity systemu, oraz poddać te dane procesowi obliczeniowemu (ang. *postprocessing*). Ponieważ wszelkie pomiary geodezyjne GPS są pomiarami względnymi (korekcyjnymi - DGPS), niezbędne jest posiadanie minimum dwóch odbiorników. Zwiększenie ich liczby do 3 powoduje zwiększenie liczby wektorów do 3, w przypadku 4 odbiorników powstaje 6 wektorów (4 wektory między sąsiednimi punktami i 2 wektory przekątne). Łączną liczbę wektorów między punktami można obliczyć ze wzoru:

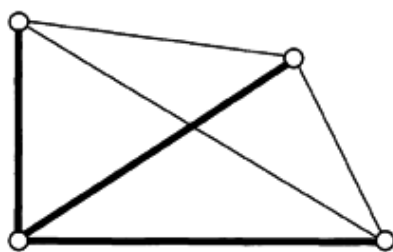
$$w = n(n - 1)/2 ,$$

gdzie  $w$  - ilość wektorów,  $n$  - ilość odbiorników.

Jednak tylko część wektorów można traktować jako niezależne. Liczba wektorów niezależnych wynosi  $w_n = n - 1$ ; np. przy 3 odbiornikach uczestniczących w pomiarze w tym samym czasie tylko 2 wektory wyznaczone są jako niezależne, przy 4 odbiornikach ich liczba wynosi 3.



Sesja z trzema odbiornikami



Sesja z czterema odbiornikami

— wektor zależny  
 — wektor niezależny

4. Do pomiaru techniką GPS stosowane są dwie metody:

- kinematyczna (ruchomych odbiorników); metoda ta nie jest zalecana do pomiaru osnów geodezyjnych, może być stosowana w innych działach geodezji (profile dróg, ewidencja),

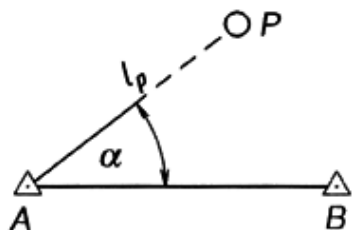
- statyczna (odbiorniki pozostają nieruchome przez cały czas trwania sesji); jej odmianą jest metoda szybka statyczna (ang. *Rapid Static lub Fast Static*), w której jeden z odbiorników pozostaje jako bazowy i gromadzi obserwacje w trakcie całego czasu trwania sesji, a pozostałe odbiorniki przemieszczają się między punktami, dokonując na nich krótkotrwałych obserwacji (od kilkuminutowych do kilkudziesięciominutowych); odmiennie od metod kinematycznych odbiorniki ruchome są wyłączane w trakcie przemieszczania między punktami.

### 13. Konstrukcja geometryczna określająca położenie punktu

1. Do badania konstrukcji geometrycznej określającej położenie wyznaczanego punktu P wykorzystuje się miejsca geometryczne prawdopodobnych położen punktu.

1) W wypadku pomiaru kąta  $\alpha$  na punkcie danym A, miejscem geometrycznym położen punktu P jest celowa w przód.

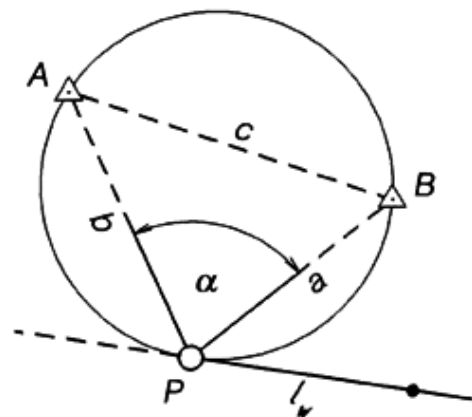
Przy badaniu konstrukcji geometrycznej położenia wyznaczanego punktu przyjmuje się, że długość odcinka  $l_p$  jest równa długości celowej w przód (A-P) (rys. 1).



rys. 1

2) W wypadku pomiaru kąta  $\alpha$  na punkcie wyznaczanym P (rys. 2), tj. pomiaru jednego z kątów wcięcia wstecz, miejscem geometrycznym prawdopodobnych położen punktu P, z którego widać punkty dane A i B pod kątem  $\alpha$  jest okrąg.

Przy badaniu konstrukcji geometrycznej położenia wyznaczanego punktu zamiast celowych wstecz przyjmuje się odcinek  $l_w$  stycznej do okręgu w punkcie P o długości równej  $(ab)/c$ .

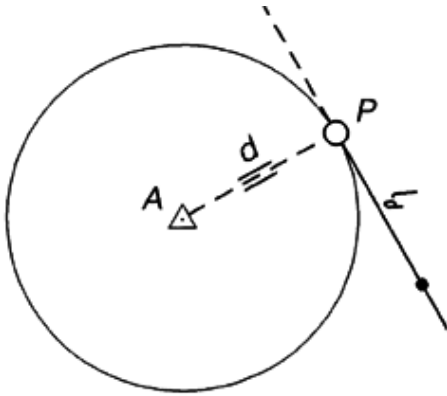


rys. 2

Z n zaobserwowanych celowych wstecz można uzyskać n-1 celowych w przód - odcinków  $l_w$ .

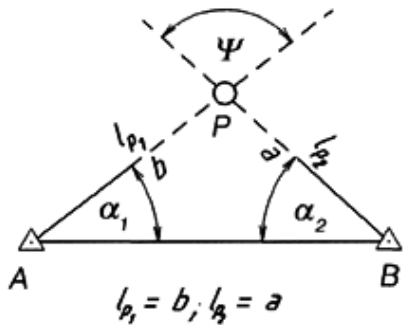
3) W wypadku pomiaru długości  $d$  między punktem danym  $A$  a punktem wyznaczanym  $P$  (rys. 3), miejscem geometrycznym położenia punktu  $P$  odległego od danego punktu  $A$  o długości  $d$  jest okrąg o środku w punkcie  $A$  i promieniu równym  $d$ .

Przy badaniu konstrukcji geometrycznej położenia wyznaczanego punktu zamiast pomierzonej długości boku przyjmuje się odcinek  $l_d$  stycznej do okręgu w punkcie  $P$  o długości równej  $d$ .

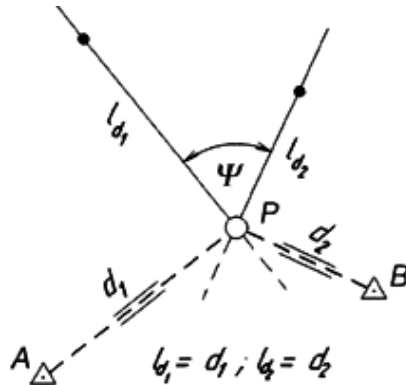


rys. 3

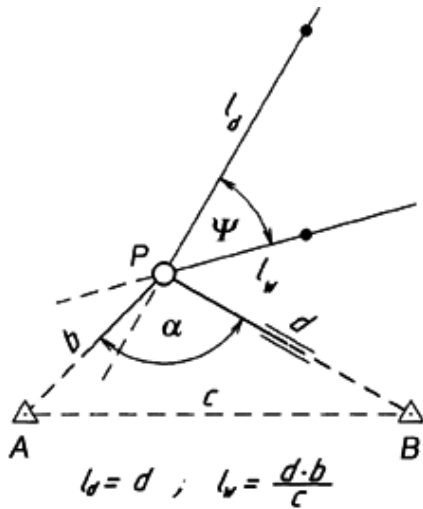
2. Punkt  $P$  jest wyznaczony jednokrotnie przez przecięcie odcinków  $l_p$ ,  $l_w$  lub  $l_d$  będących miejscem geometrycznym położenia punktu  $P$ . Kąt przecięcia się tych prostych oznaczono symbolem  $\Psi$ . Przykłady podano na rysunkach 4a, 4b, 4c, 4d.



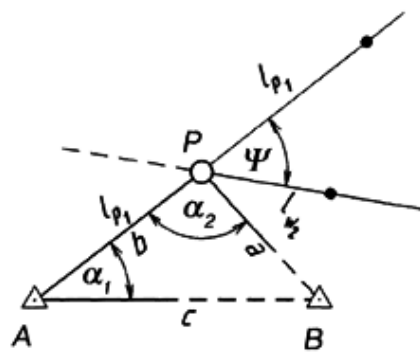
rys. 4a Wcięcie w przód



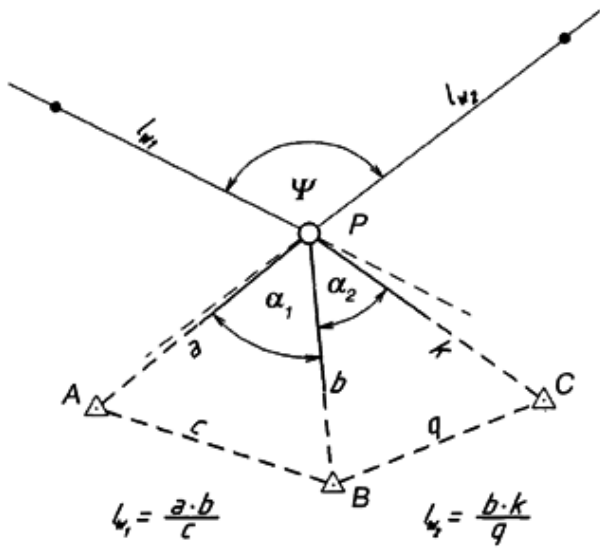
rys. 4b Wcięcie liniowe



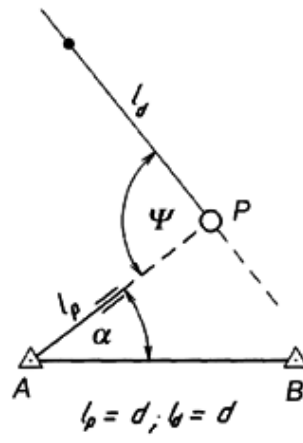
rys. 4c Wcięcie kątowno-liniowe



rys. 4d Wcięcie kombinowane



rys. 4e Wcięcie wstecz



rys. 4f Wcięcie kątowno-liniowe

3. Przy wyznaczaniu punktu P kąt przecięcia  $\Psi$  odcinków  $l_p$ ,  $l_w$  i  $l_d$  oraz ich długości powinny spełniać warunki podane w [§ 4](#).



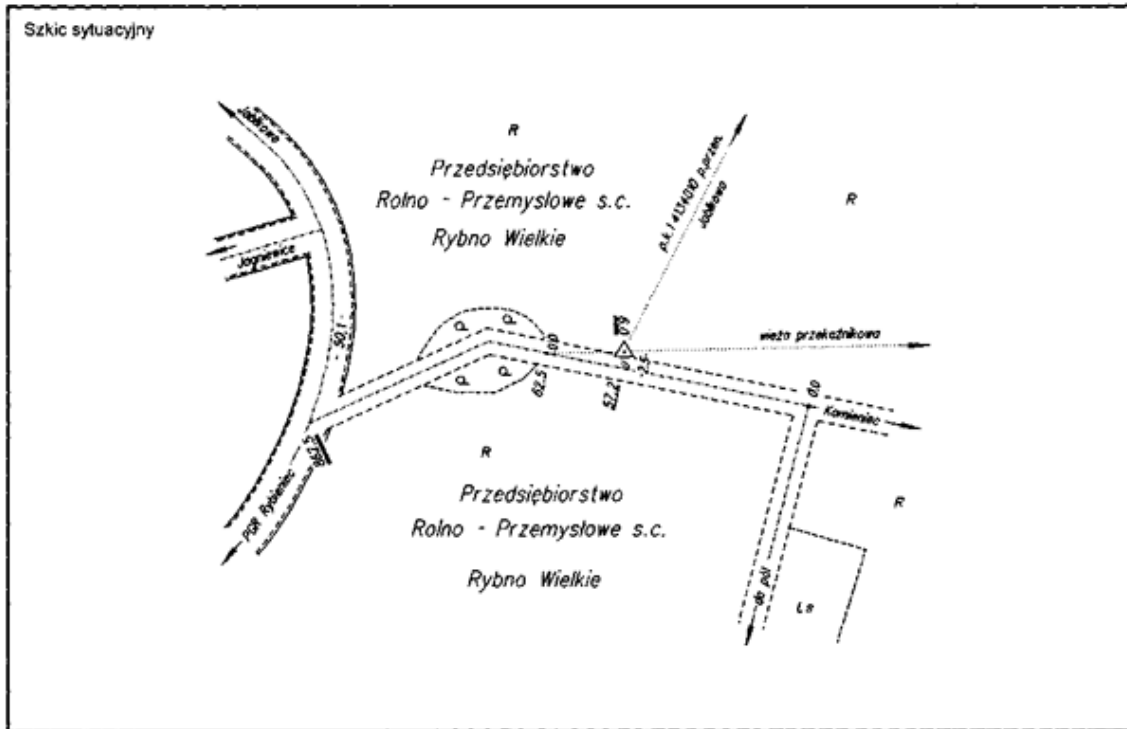
OPIS TERENOWY PUNKTU OSNOWY POZIOMEJ

Nr i nazwa punktu.....  
 Nr tymczasowy (dawny), nazwa punktu ..103 (215) Nowiny.....  
 .....Klasa..II.....  
 Władający.....Urząd Gminy Kiszkowo.....  
 Obiekt.....3187.....  
 Ark. mapy.....N-33-131-B-a-1.....  
 Województwo.....wielkopolskie.....  
 Powiat.....Gniezno.....  
 Miasto-Gmina.....Kiszkowo.....  
 Miejscowość.....PGR Rybieniec.....

Dane po obserwacjach

Szkic szczegółowy z pomiarami									
Szkic zespołów znaków geodezyjnych Nawiązanie katowe poboczników						Znak		Wymiary	
						Centr.	Słup	.....	
							Płyta	.....	
							Kostka	.....	
							Poboczniki	.....	
Eksc.	.....		.....						
PK.1.	.....		.....						
PK.2.	.....		.....						
Data przekazania pod ochronę									
Budowla triangulacyjna									
Typ i stan: brak									
Wysokość	Płyta	Stółik	Szczył daszka	D.kr. tarczy	G.kr. tarczy				
	.....	.....	.....	.....	.....				
Uwagi									

Wykonawca .....  
imię i nazwisko
podpis
data



Sposób utrwalenia punktu	Wizury na punkty		Wysokość na stanowisku		
	...101.....	..z...			
	...102.....	..z...			
	...105.....	..brak..			
	...108.....	..z...			
	...107.kośc..	..w....			
	...10.p.p...	..z...			

Rodzaj istniejącego znaku .....Słup granitowy (16×16)×90 złamany, do wymiany, płytę stwierdzono szpilą .....

Stan istniejącej budowli triangulacyjnej .....brak.....

Stan istniejących punktów kierunkowych ....brak.....

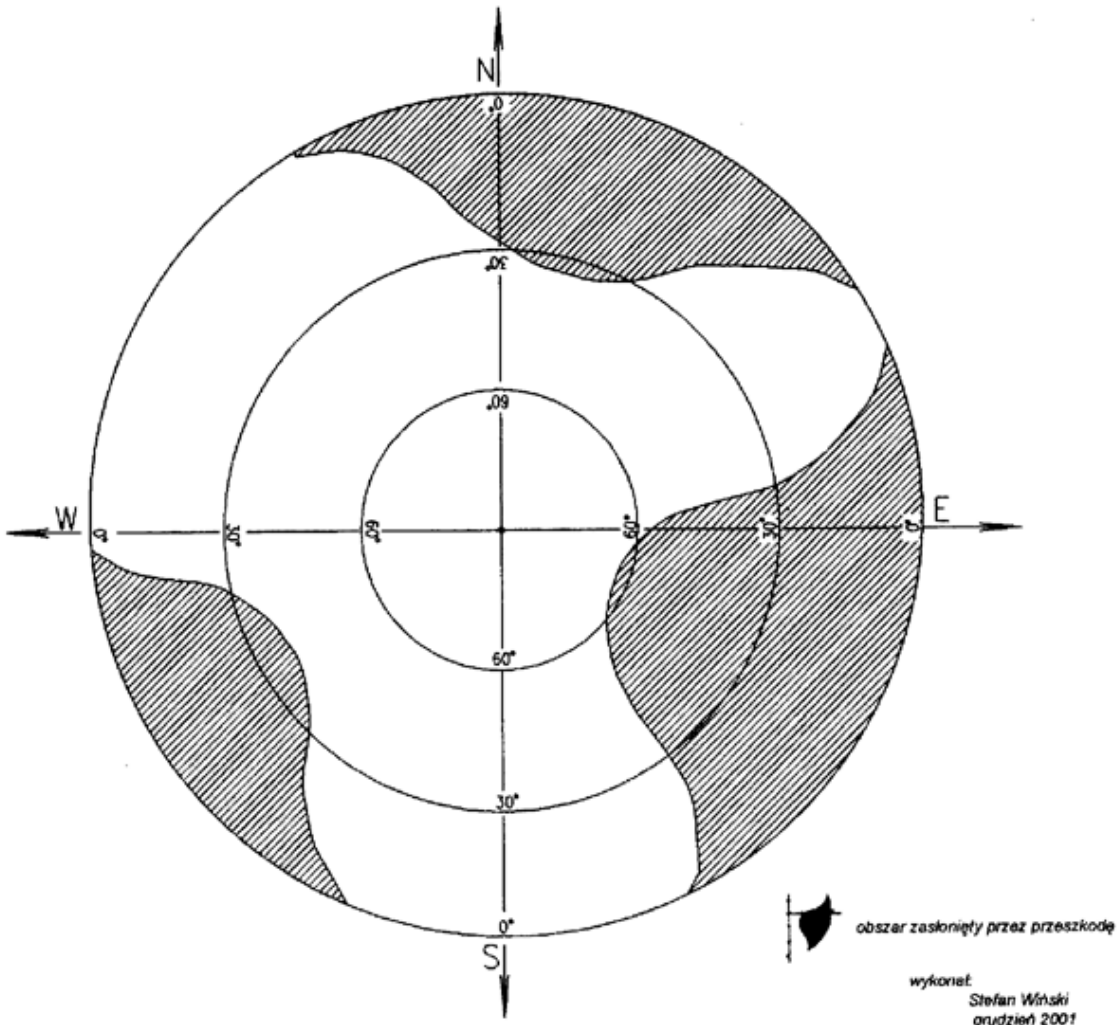
Projektowana budowla triangulacyjna ..... brak.....

Azymut na nogę budowli triangulacyjnej .....

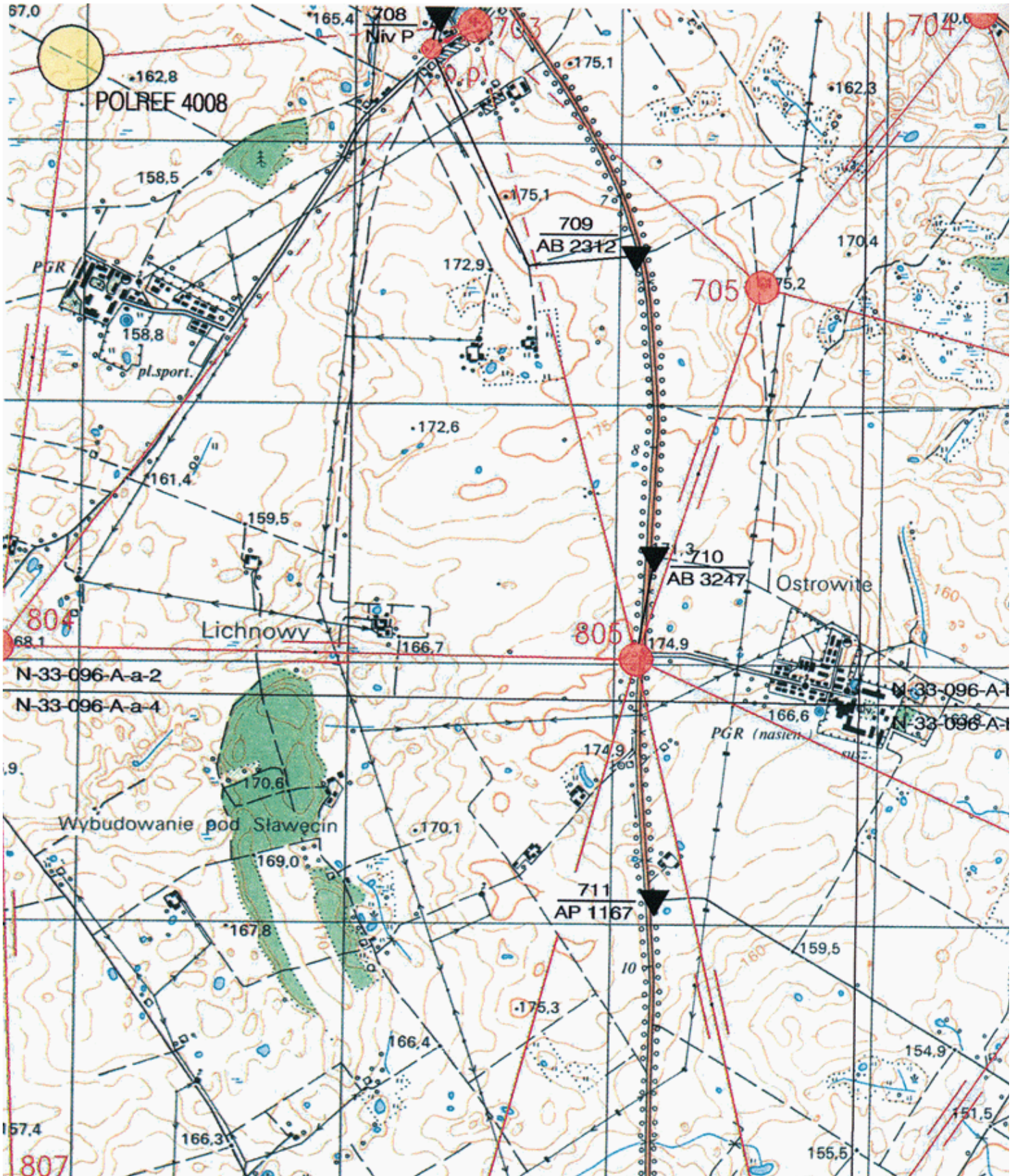
Projektowane punkty kierunkowe .....przyjąć 4314010 p.przen – p.k.1, 4134102 – p.k.2 .....

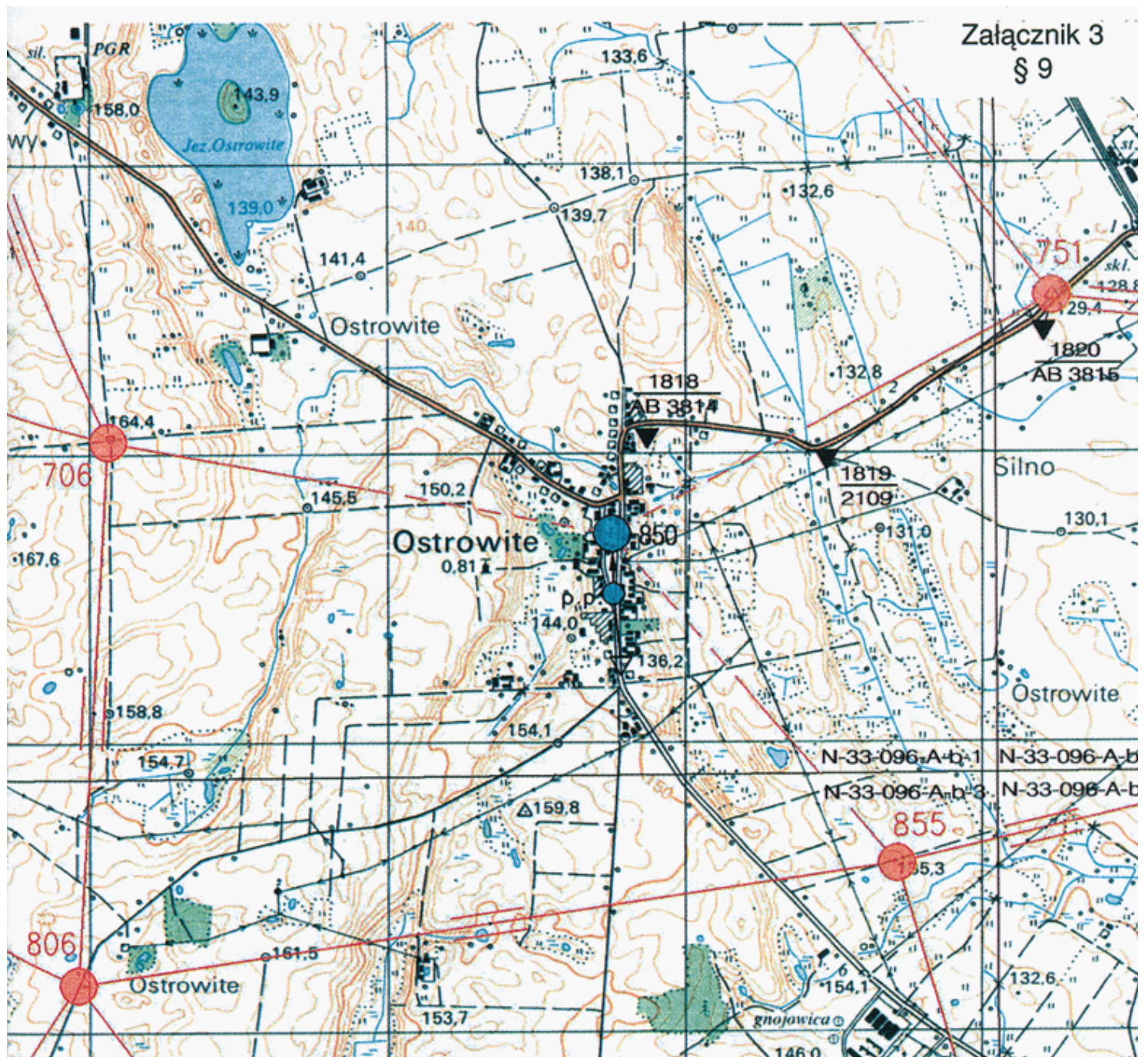
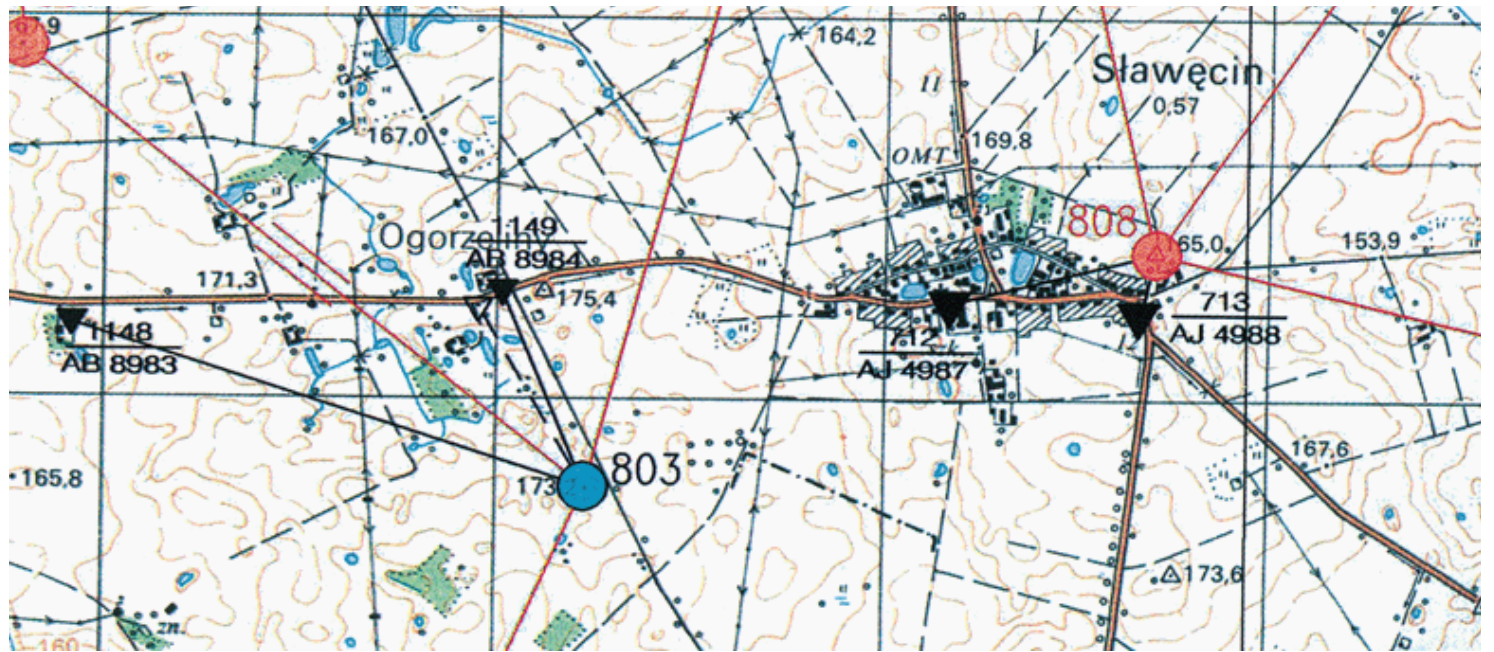
Uwagi .....

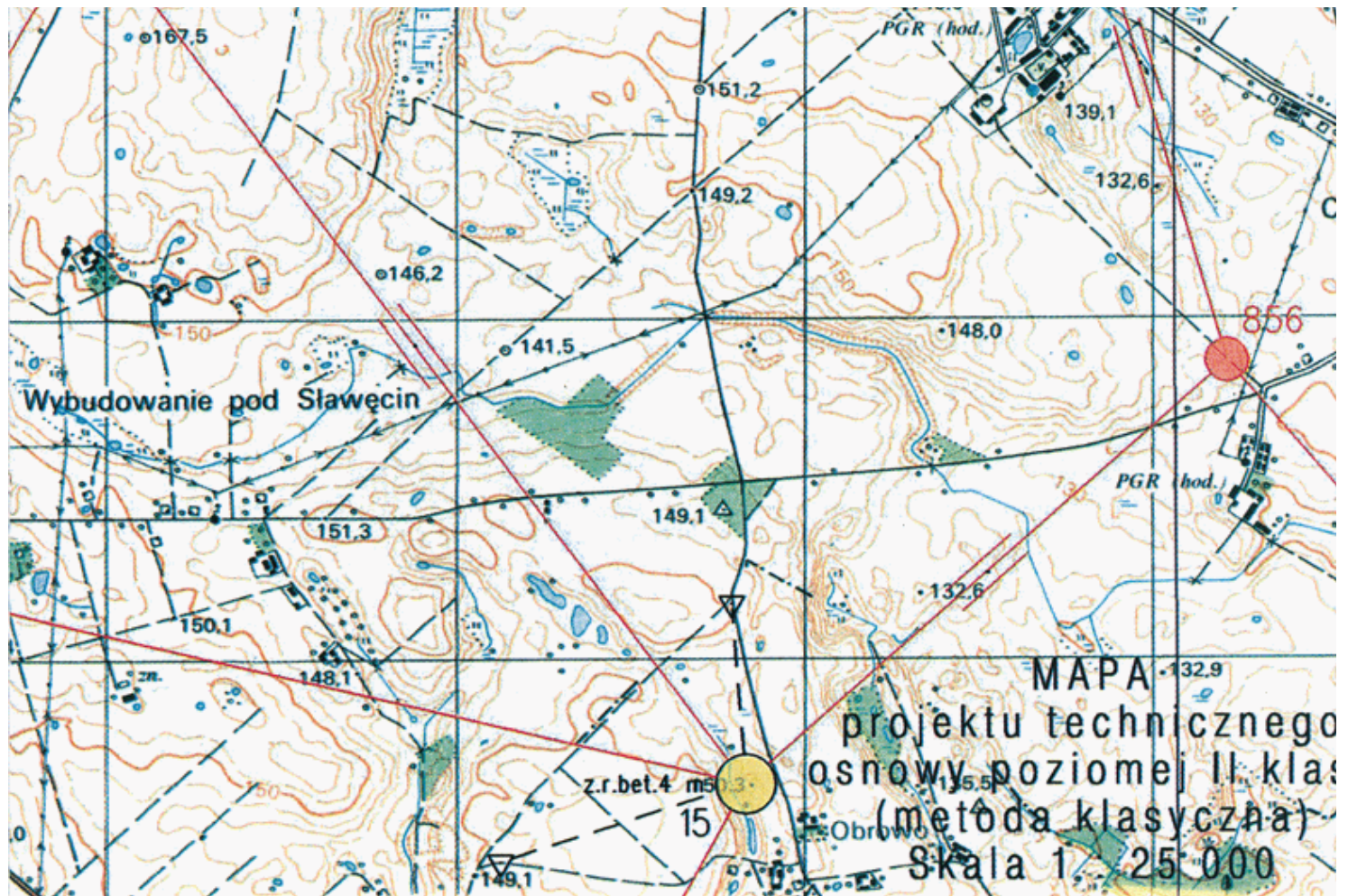
Wykonawca .....PGK Warszawa..... ..Józef Krupniewski.....*J.Krup*.....2001.11.19..  
 imię i nazwisko podpis data



MAPA PROJEKTU TECHNICZNEGO OSNOWY POZIOMEJ II KLASY  
METODA KLASYCZNA, SKALA 1:25 000







OPIS TERENOWY PUNKTU OSNOWY POZIOMEJ

Nr i nazwa punktu.....382182130.....  
 Nr tymczasowy (dawny), nazwa punktu ..103 (215) Nowiny.....  
 .....Klasa..II.....  
 Władający.....Urząd Gminy Kiszkowo.....

Obiekt.....3187.....  
 Ark. mapy.....N-33-131-B-a-1.....  
 Województwo.....wielkopolskie.....  
 Powiat.....Gniezno.....  
 Miasto-Gmina.....Kiszkowo.....  
 Miejscowość.....PGR Rybieniec.....

Dane po obserwacjach

Szkic szczegółowy z pomiarami

Szkic zespołów znaków geodezyjnych  
 Nawiazanie kątowe poboczników

Znak	Wymiary
Centr. typ 36	AM 0668 (15×15)×(25×25)×90..... Płyta bet z c.c. ....40×40×10..... Kostka .....2 pl. bet. (30×30) ×10...
Eksc.	
PK.1.	4134010 p.p
PK.2.	.4134102.....

Data przekazania pod ochronę 2002.02.19  
 Budowla triangulacyjna  
 Typ i stan: brak

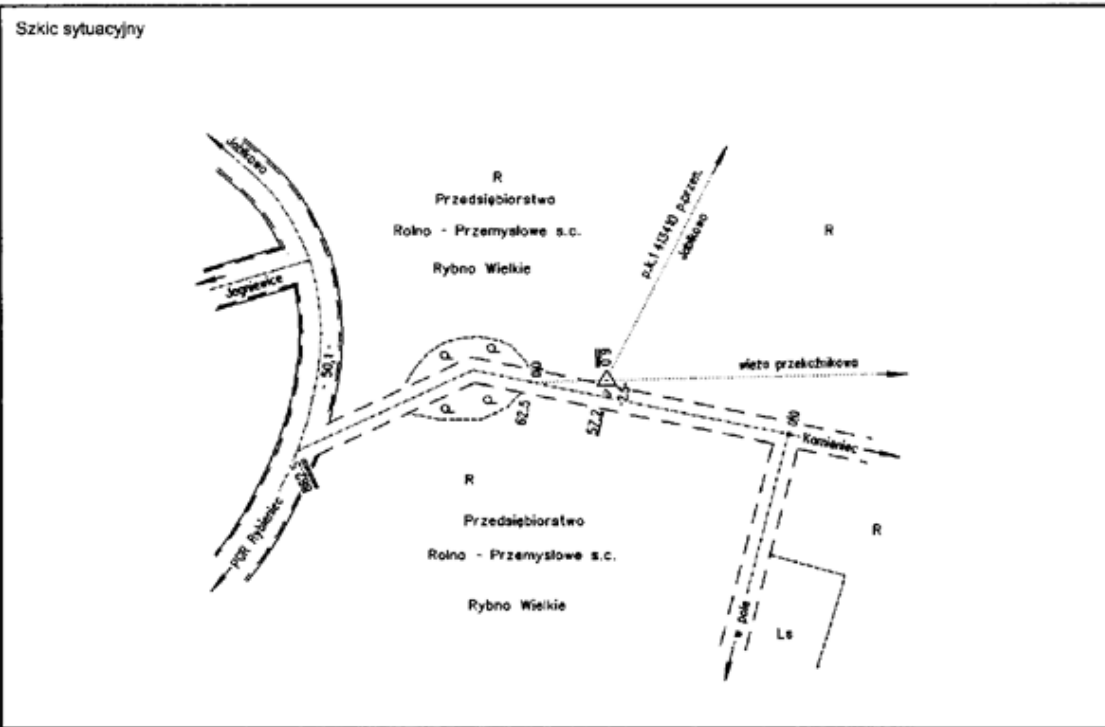
Wysokość	Płyta	Stolik	Szczyt daszka	D.kr. tarczy	G.kr. tarczy

Uwagi

podsyпка 0.04 m

p.k. 1 4134010 Jabłkowo p.przen - 0,00<sup>o</sup>  
 pob. I - 0,00<sup>o</sup>  
 pob. II - 200,00<sup>o</sup>

Wykonawca .....PGK Warszawa..... Józef Krupniewski..... 2002.02.19..  
 imię i nazwisko podpis data



Sposób utwalenia punktu	Wizury na punkty	Wysokość na stanowisku			
	...101.....	...z....	.....	.....	.....
	...102.....	...z....	.....	.....	.....
	...105.....	...brak..	.....	.....	.....
	...108.....	...z....	.....	.....	.....
	...107.kośc..	...w....	.....	.....	.....
	...10.p.p....	...z....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....
	.....	.....	.....	.....	.....

Rodzaj istniejącego znaku ..... *Słup granitowy (16×16)×90 złamany, do wymiany, płytę stwierdzono szpiłą* .....

Stan istniejącej budowli triangulacyjnej ..... *brak* .....

Stan istniejących punktów kierunkowych ..... *brak* .....

Projektowana budowla triangulacyjna ..... *brak* .....

Azymut na nogę budowli triangulacyjnej .....

Projektowane punkty kierunkowe ..... *przyjąć 4314010 p.przen – p.k.1, 4134102 – p.k.2* .....

.....

.....

Uwagi .....

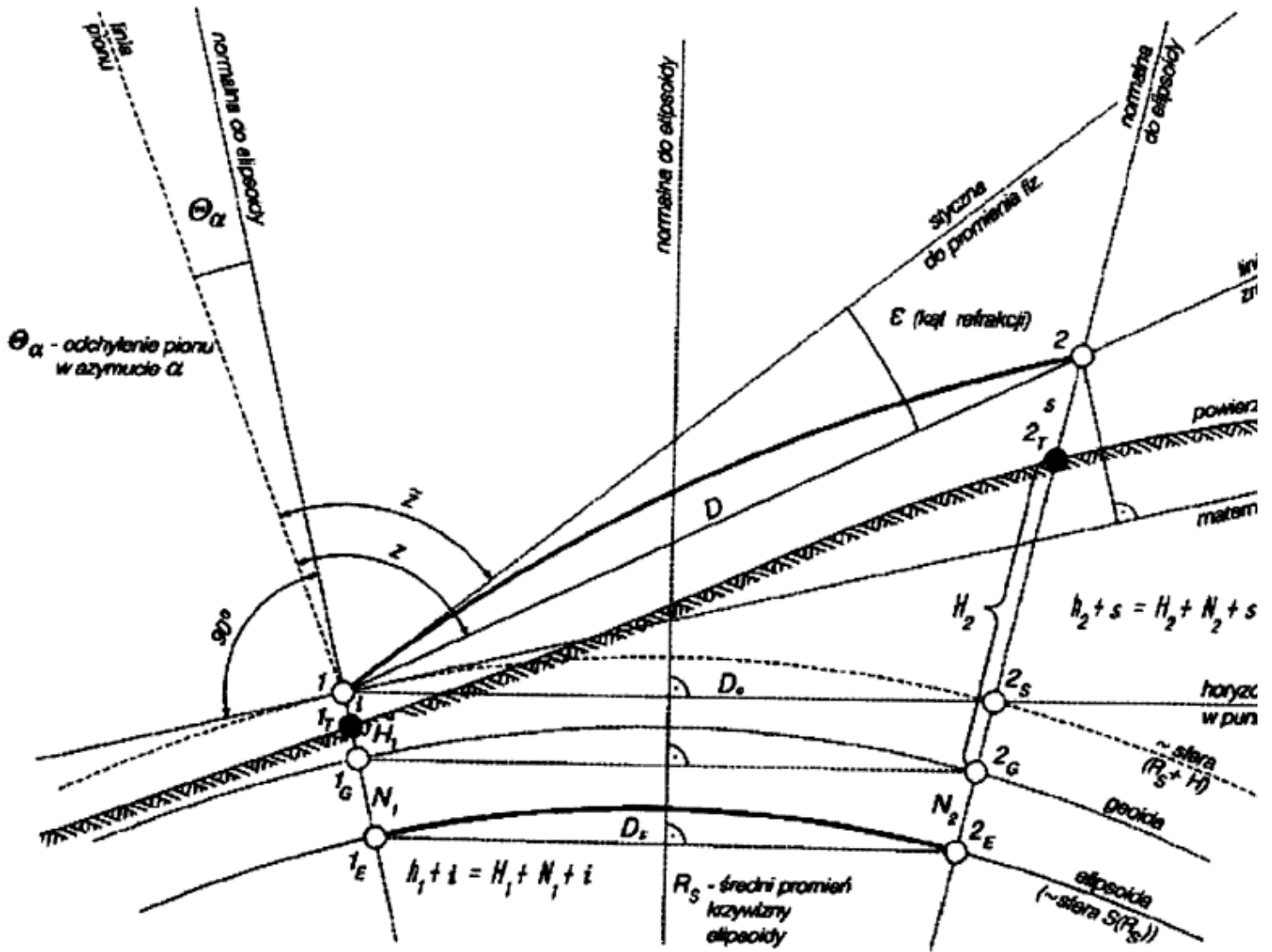
.....

.....

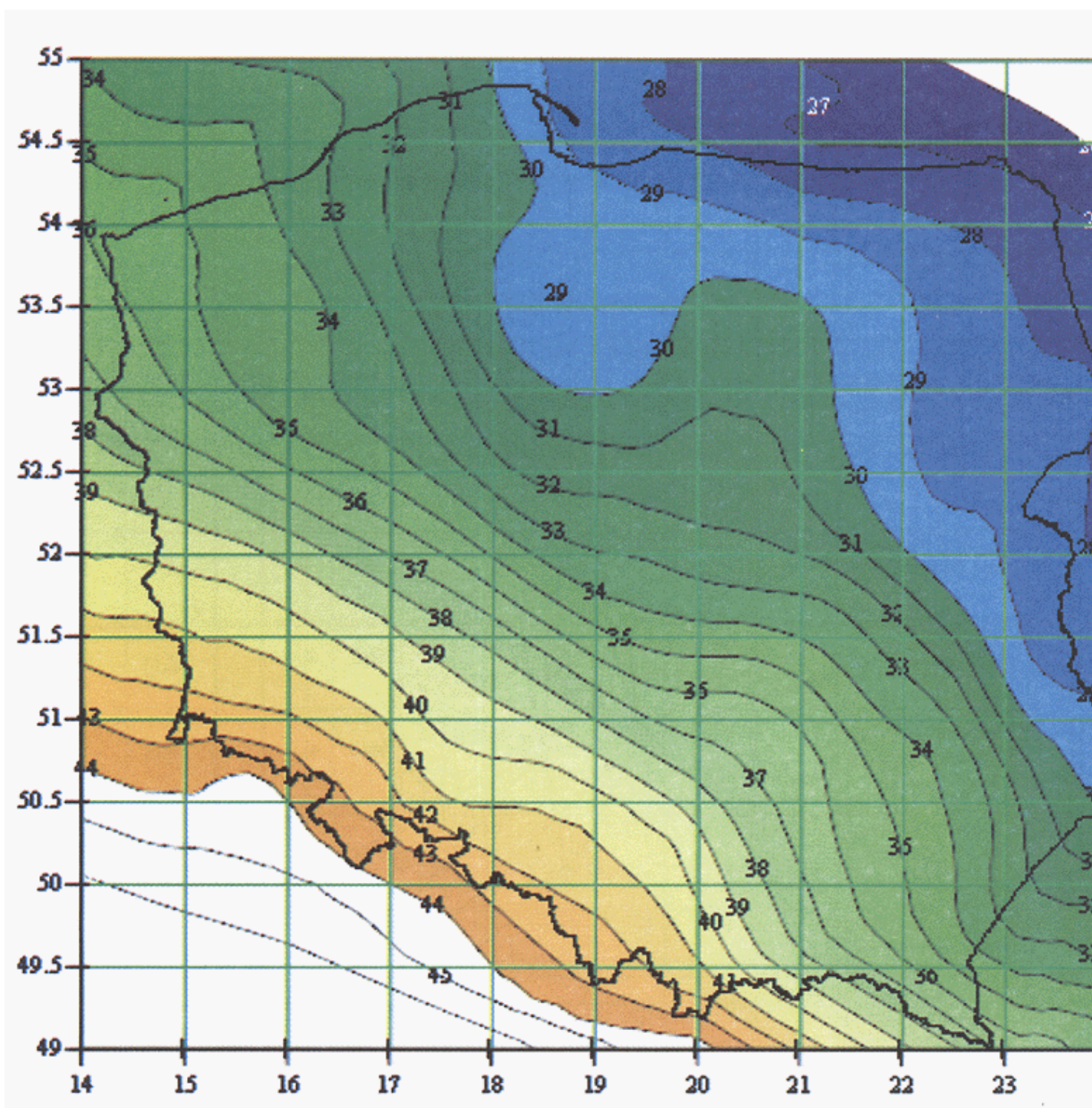
.....

Wykonawca ..... *PGK Warszawa* ..... *Józef Krupniewski* ..... *[Signature]* ..... *2001.11.19.*  
imię i nazwisko podpis data

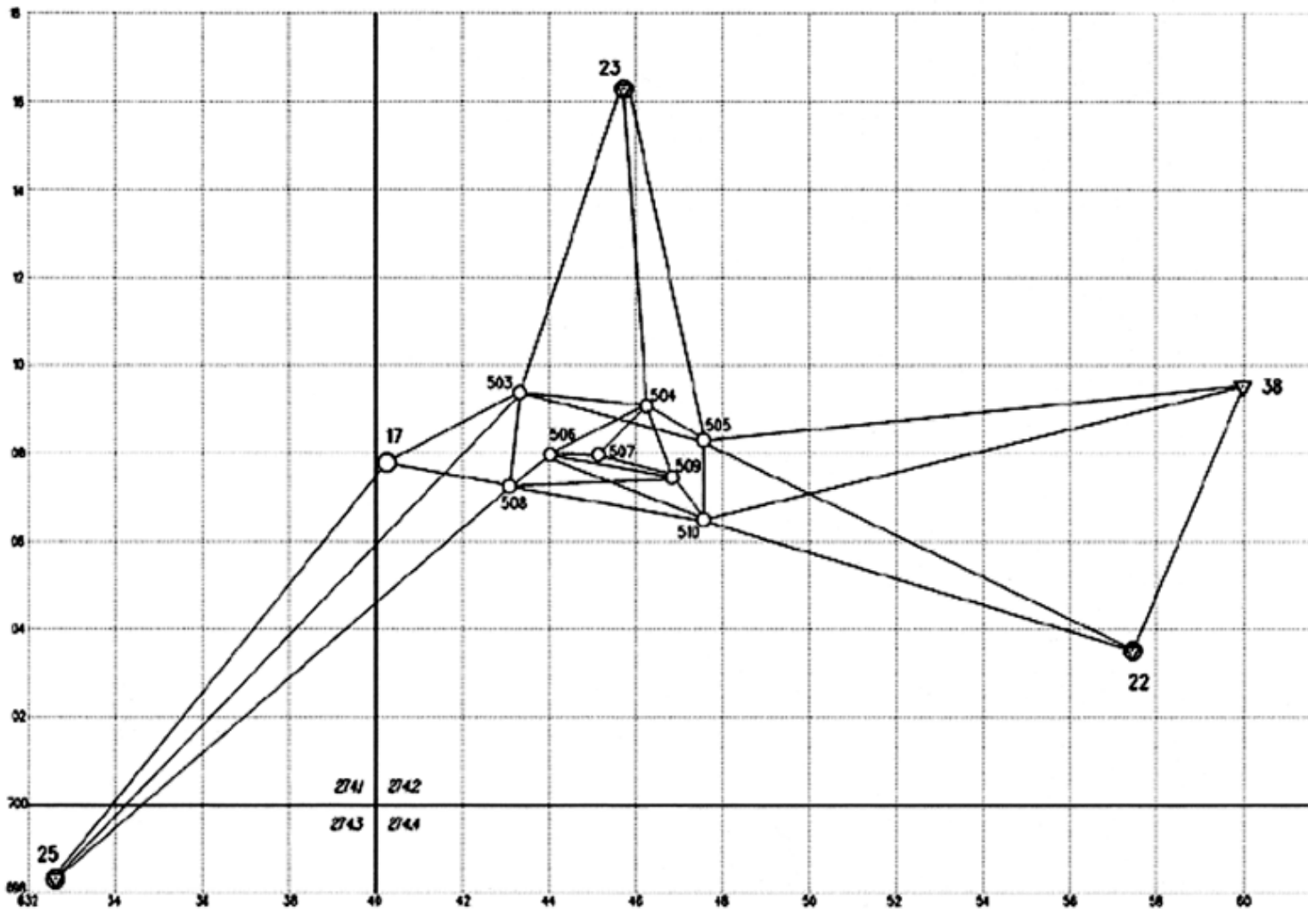




MAPA ODSTĘPÓW "GEOIDY NIWELACYJNEJ 2001"



### SZKIC WEKTORÓW GPS



— podziarskryjy  
- - - - - sieka klonetrewa + uladze 1965  
— wektor GPS

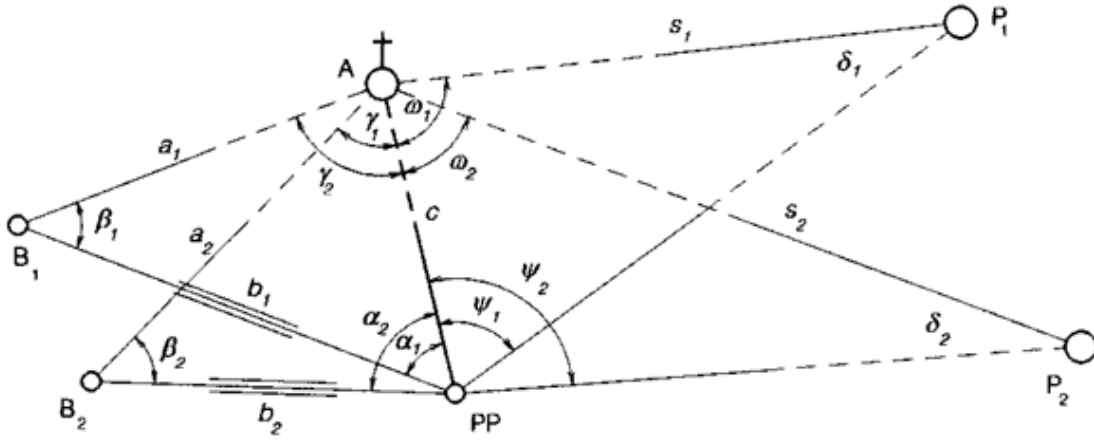
○ punkt niemoiaro ilkazy  
○ punkt wyznaczony ilkazy  
▽ punkt nawigacja wysokosciowego

Wykonal:  
Stefan Wirski  
grudzień 2001 r.

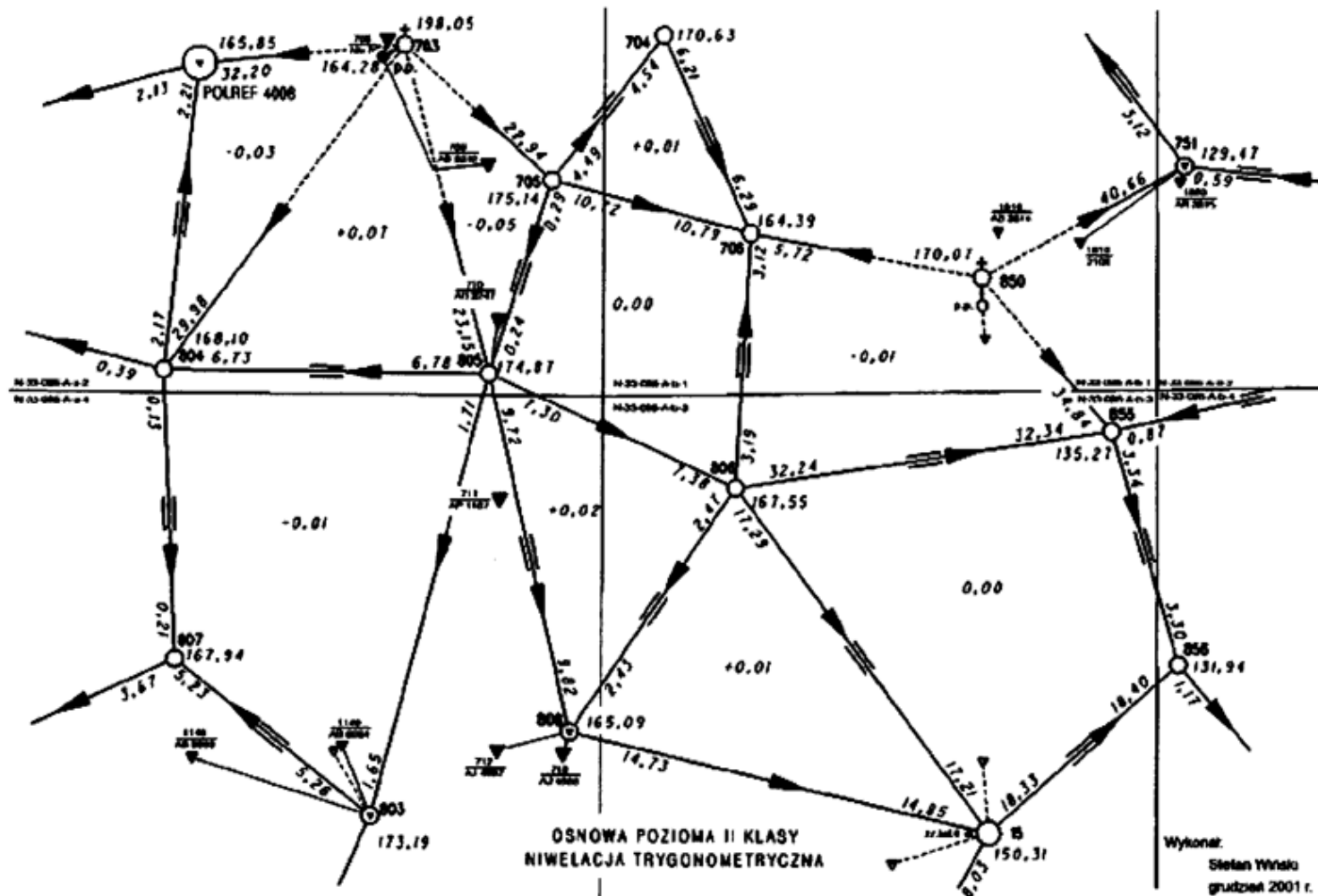
## DZIENNIK POMIARU GPS

Obiekt 3167 – powiat słupski		Obserwator Jan Kowalski		Odbiornik nr 897		Antena nr 847		Uwagi		
Data 2001-05-07		Rodzaj pomiaru statyczny		Min. elewacji 10°		Interwał 20 s				
Nr sesji	Punkt nr	Czas lokalny sesji		Pomiar wysokości anteny						
		start	koniec	dla pionowej		dla skośnej		$R = 0.000 \text{ m}$ $R = 0.143 \text{ m}$	$\frac{a_{\text{sr}} + b_{\text{sr}}}{2}$	
				1	2	3	śr.			
				a					a = przed pomiarem	
				b					b = po pomiarze	
1	0014	6 <sup>30</sup>	7 <sup>25</sup>	a	2.342	2.341	2.343	2.342	2.342	punkt nawiązania poziomego, wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.341	2.341	2.342	2.341		
2	1121	7 <sup>50</sup>	8 <sup>05</sup>	a	2.587	2.588	2.588	2.588	2.588	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.587	2.587	2.588	2.587		
3	1121	8 <sup>25</sup>	9 <sup>05</sup>	a	2.504	2.505	2.506	2.505	2.504	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.504	2.505	2.504	2.504		
4	1123	10 <sup>30</sup>	11 <sup>05</sup>	a	2.622	2.621	2.623	2.622	2.622	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.621	2.622	2.621	2.621		
5	1126	12 <sup>15</sup>	13 <sup>05</sup>	a	2.499	2.498	2.497	2.498	2.498	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.498	2.498	2.498	2.498		
6	1126	14 <sup>25</sup>	15 <sup>05</sup>	a	2.411	2.411	2.412	2.411	2.411	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.412	2.410	2.411	2.411		
7	rp26	16 <sup>30</sup>	17 <sup>02</sup>	a	1.452	1.453	1.453	1.453	1.452	punkt nawiązania pionowego, wysokość anteny zmierzona do reperu
				b	1.453	1.452	1.452	1.452		
8	1119	17 <sup>05</sup>	18 <sup>05</sup>	a	2.534	2.533	2.535	2.534	2.534	wysokość anteny zmierzona do płyty
				b	2.533	2.534	2.534	2.534		
9				a						
				b						
A				a						
				b						

SZKIC SIATKI PRZENIESIENIA



OSNOWA POZIOMA II KLASY  
NIWELACJA TRYGNOMETRYCZNA



OPIS TOPOGRAFICZNY PUNKTU OSNOWY POZIOMEJ

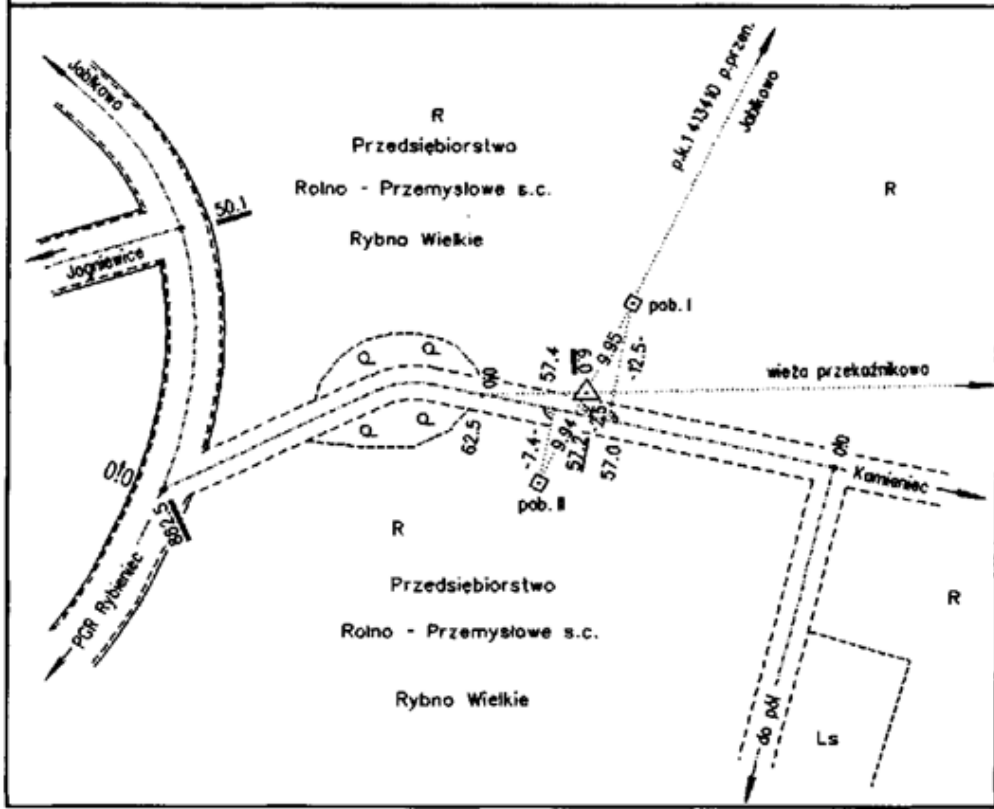
413.4

103

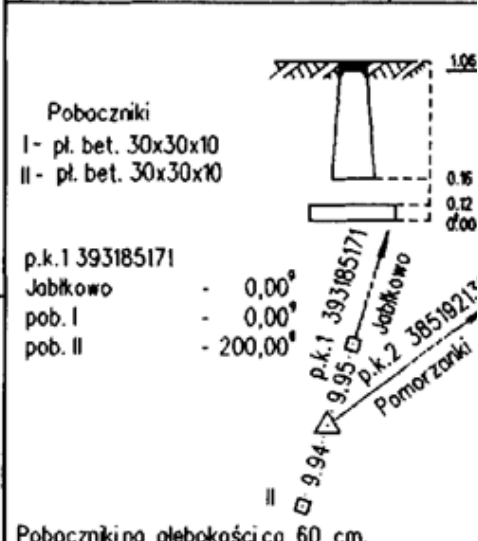
OPIS TOPOGRAFICZNY PUNKTU OSNOWY POZIOMEJ

N-33-131-B-a-1 Arkusz mapy		<b>Nowiny</b>		II	AM 0668	5217.382182.13 Nr punktu
		Nazwa punktu		Klasa	Znak	

wielkopolskie	Gniezno	Kiszkowo	PGR Rybieniec	Urząd Gminy	Kiszkowo
Woj.	Powiat	Gmina	Miejscowość	Użytkownik	Miejsce zamieszkania

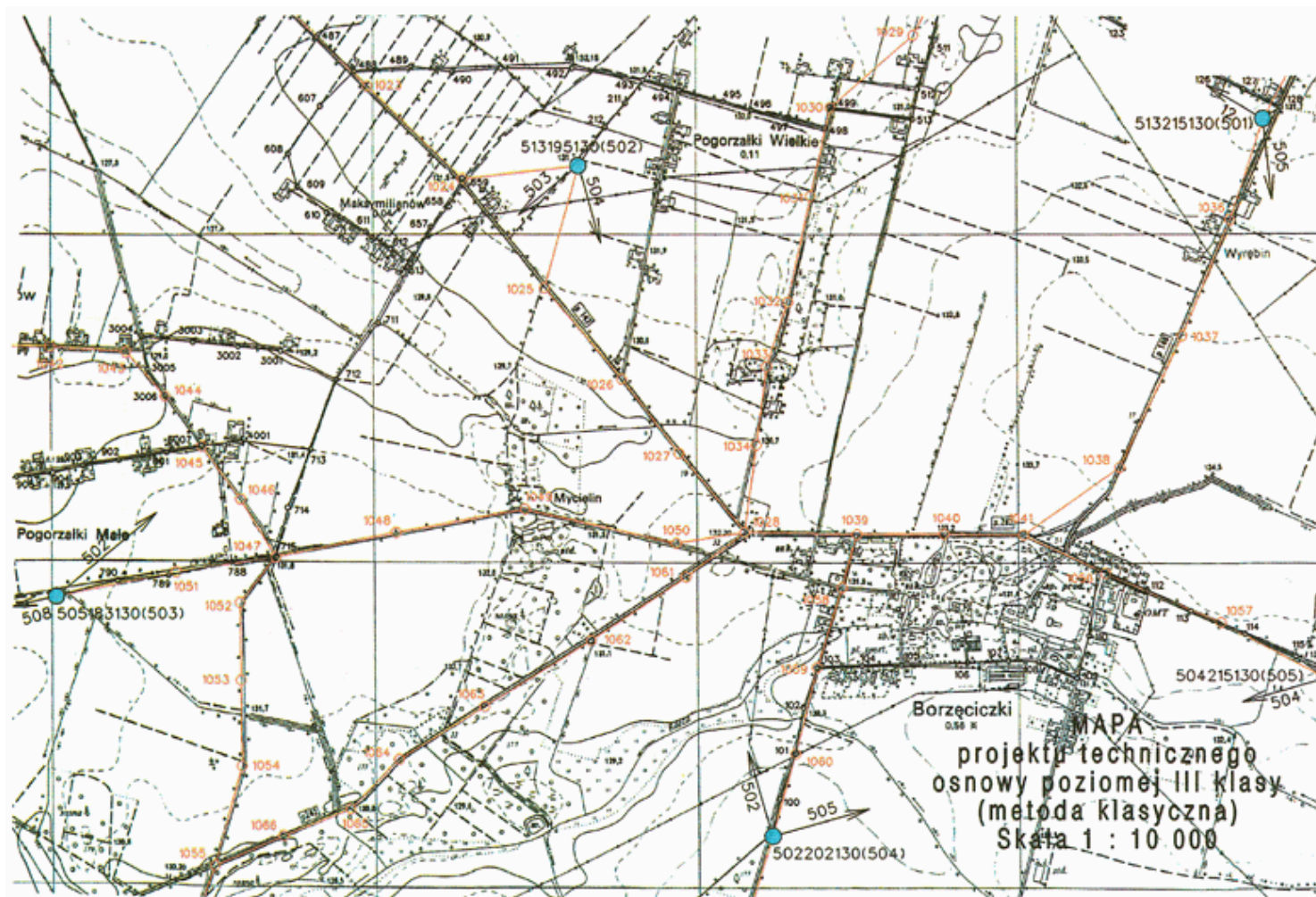


St.bet. (15x15)x(25x25)x90	36 Typ znaku
pl. bet. 40x40x12 z c.c.	



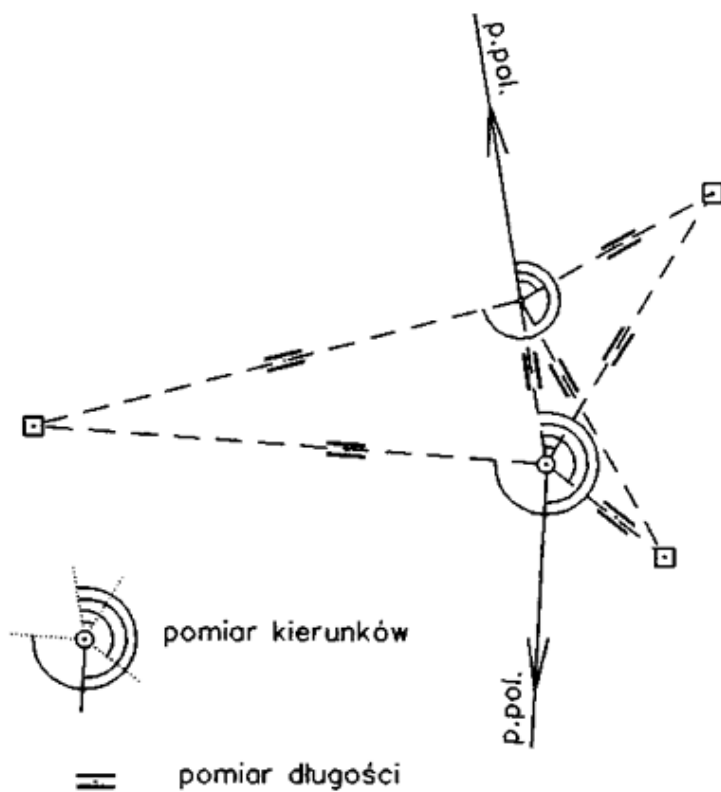
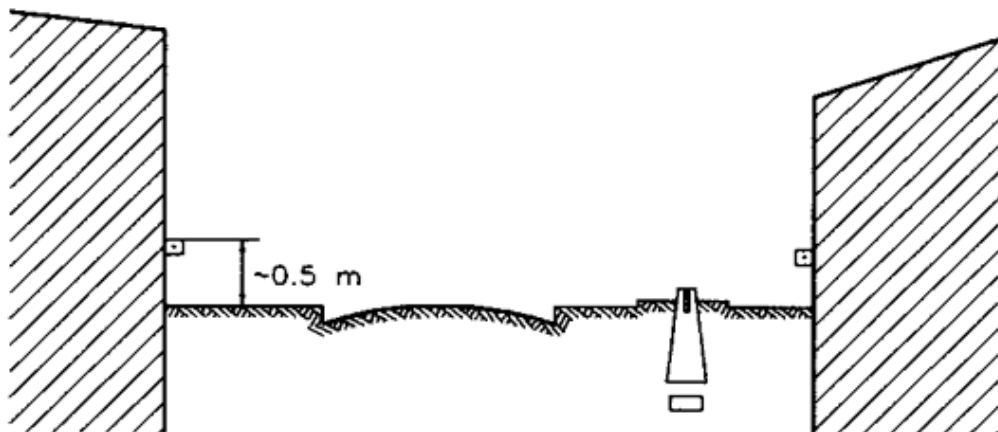
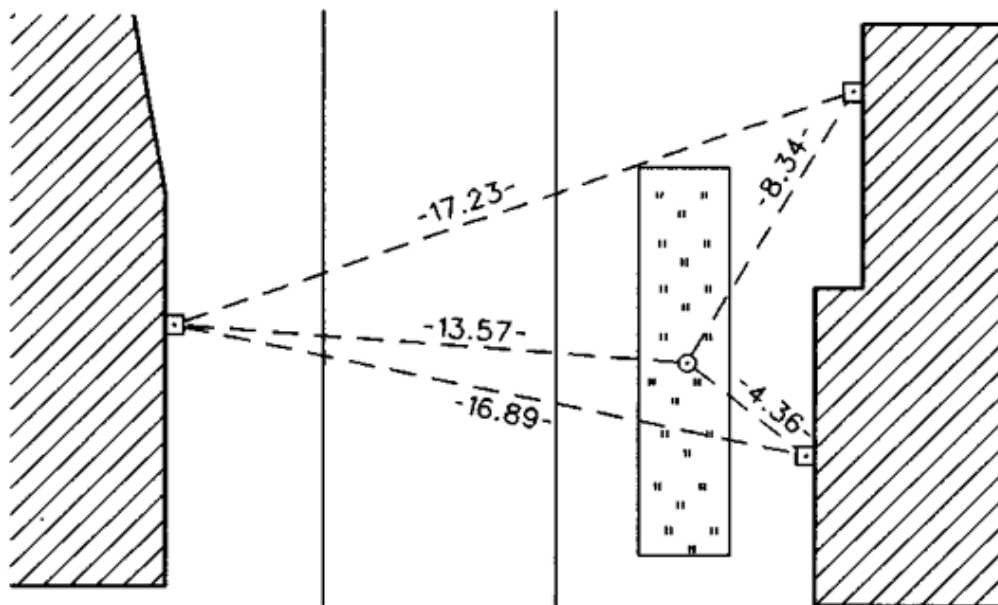
Poboczniki	
I - pl. bet. 30x30x10	
II - pl. bet. 30x30x10	
p.k.1 393185171	
Jablkowo	- 0,00°
pob. I	- 0,00°
pob. II	- 200,00°
Poboczniki na głębokości 60 cm.	
WYKONAWCA	
PGK Warszawa	
Instytucja	
Józef Krupniewski	19.02.2002
Sporządził	Data

**MAPA PROJEKTU TECHNICZNEGO OSNOWY POZIOMEJ III KLASY  
METODA KLASYCZNA, SKALA 1:10 000**







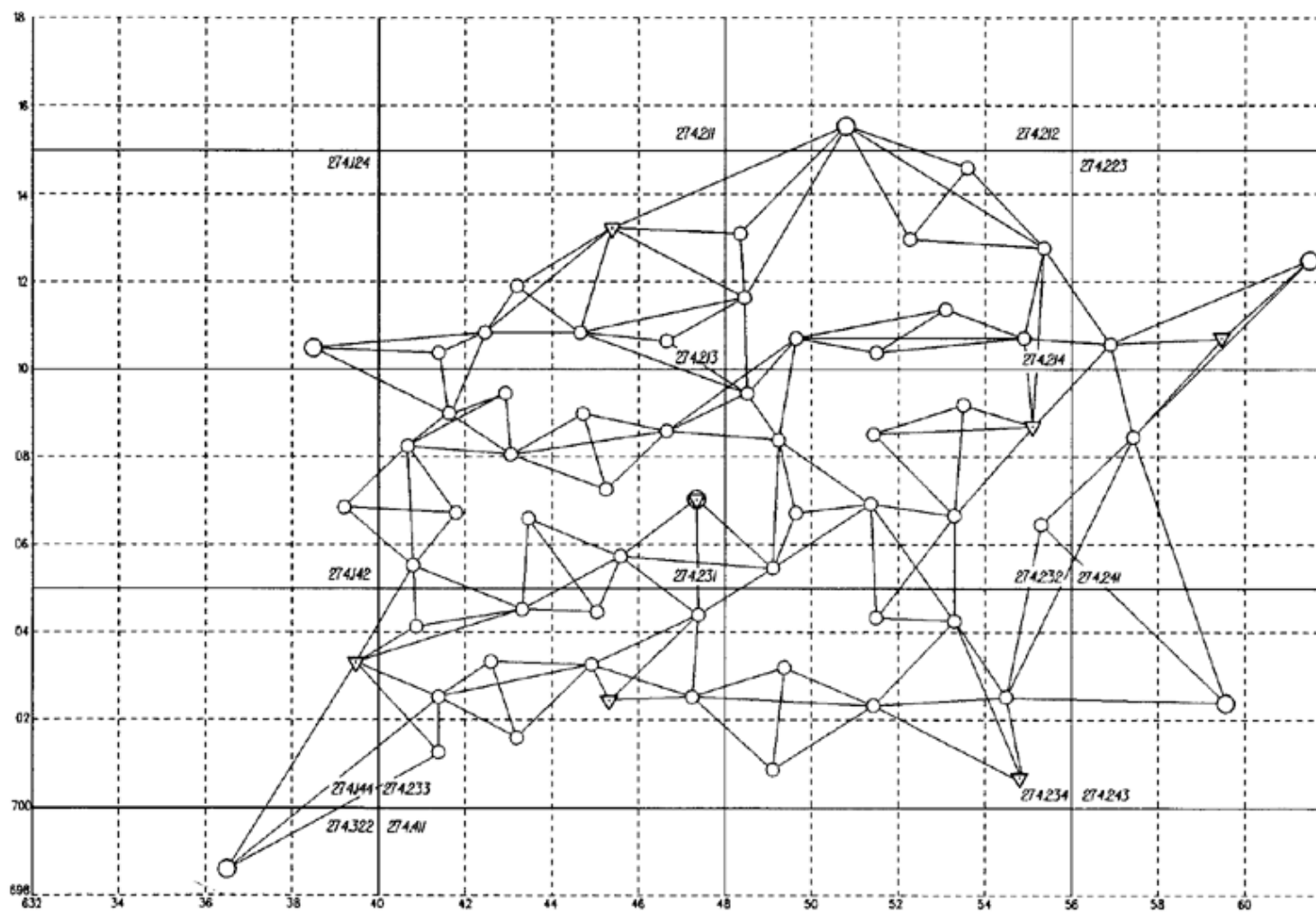






Nr stan.	Nr celu		kierunek		kat poziomy			dlugosc pozioma		
			I p	II p	Ip / IIp	sr.w serii	sredni	Ip / IIp	srednia	
121 1860 00	I	121 1859 00	G	399.9984	200.0002	0.0000	0.0000		254.402	
						0.0000			254.402	
		121 1861 00	G	187.2540	387.2558	187.2556	187.2556		330.025	
						187.2556			330.027	
	II	121 1859 00	G	300.4424	100.4402	0.0000	0.0000	0.0000		254.402
						0.0000				
	121 1861 00	G	87.6964	287.6960	187.2540	187.2549	187.2553		330.026	
					187.2558					
121 1861 00	I	121 1860 00	G	399.9988	200.0004	0.0000	0.0000		330.026	
						0.0000			330.027	
		121 1045 00	G	199.1432	399.1470	199.1444	199.1455		274.379	
	199.1466					274.381				
	121 1866 00	G	298.2424	98.2450	298.2436	298.2441		230.658		
					298.2446			230.658		
	II	121 1860 00	G	300.3857	100.3835	0.0000	0.0000	0.0000		330.027
						0.0000				
		121 1045 00	G	99.5317	299.5289	199.1460	199.1457	199.1456		274.380
199.1454										
121 1866 00	G	198.6303	398.6283	298.2446	298.2447	298.2444		230.658		
				298.2448						
121 1045 00	I	121 1861 00	G	399.9932	199.9924	0.0000	0.0000		274.381	
						0.0000			274.379	
		121 1046 00	G	219.7092	19.7094	219.7160	219.7165		161.901	
						219.7170			161.901	
	II	121 1861 00	G	300.1201	100.1187	0.0000	0.0000	0.0000		274.380
						0.0000				
	121 1046 00	G	119.8375	319.8361	219.7174	219.7174	219.7169		161.901	
					219.7174					

### SZKIC WEKTORÓW GPS

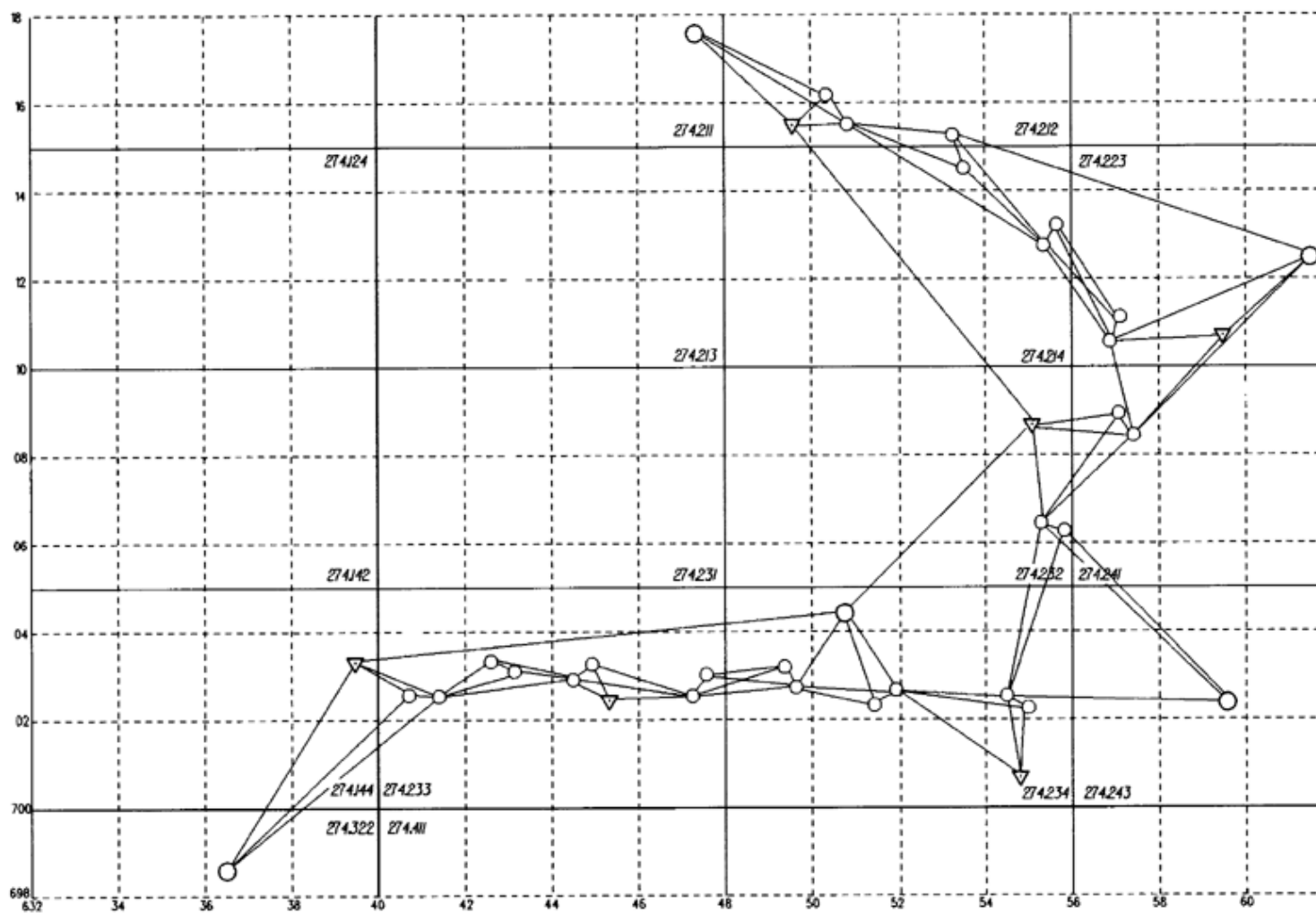


— podziałki  
- - - siatka kilometrowa w układzie 1965  
— wektor GPS

○ punkt nawigacji poziomego klasy I, Is lub Is  
○ punkt wyznaczony II klasy  
▽ punkt nawigacji wysokościowego

Wykonał:  
Stefan Wiński  
grudzień 2001 r.

### SZKIC WEKTORÓW GPS

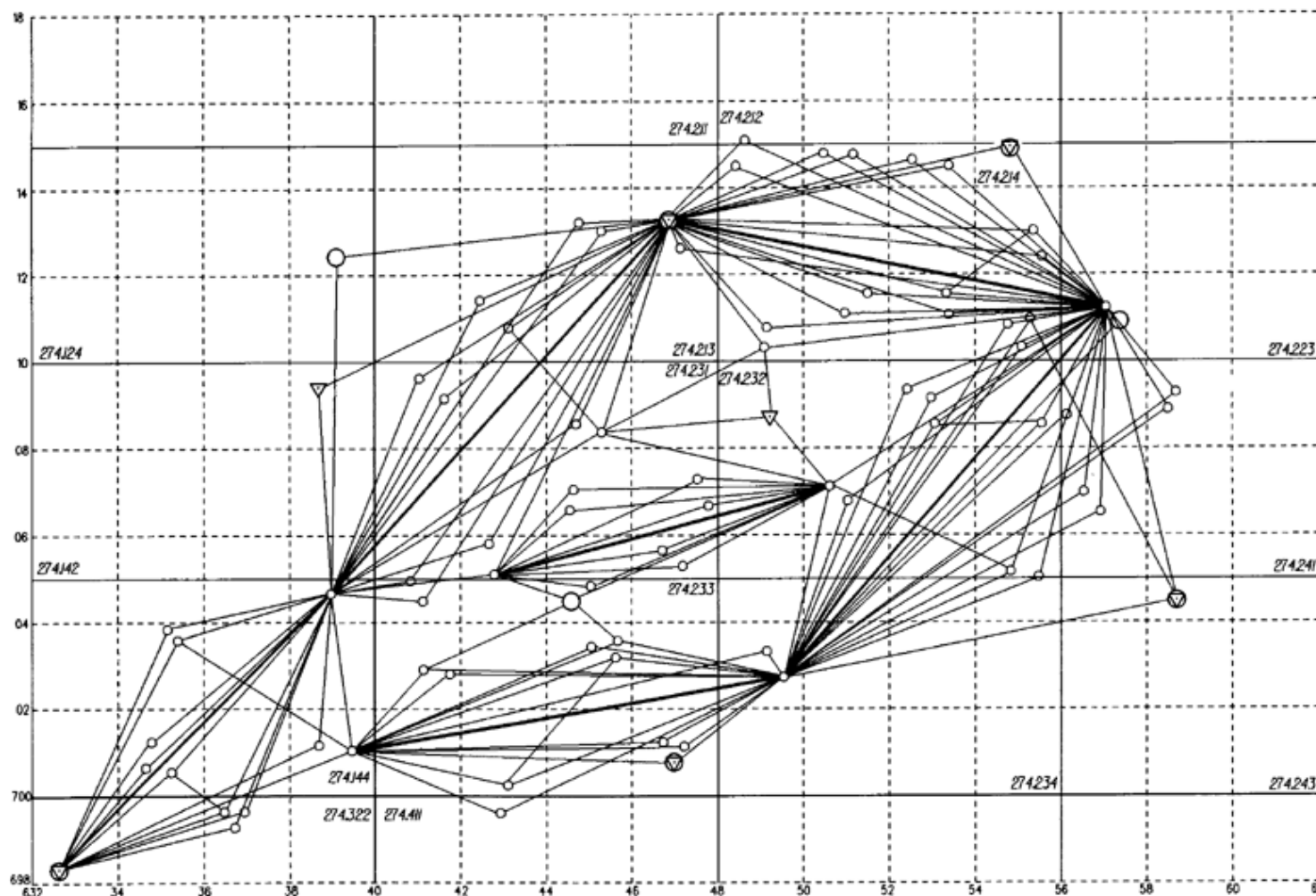


— podziałsekcyjny  
- - - siatka kilometrowa w układzie 1965  
— wektor GPS

○ punkt nawigacja poziomego klasy I, B lub Bs  
○ punkt wyznaczony II klasy  
▽ punkt nawigacja wysokościowego

Wykonał:  
Stefan Wiński  
grudzień 2001 r.

### SZKIC WEKTORÓW GPS



- podział sekcyny
- - - siatka kilometrów w układzie 1965
- wektor GPS

- punkt nawigacji poziomego klasy Is, I, Is
- punkt wyznaczony III klasy
- ▽ punkt nawigacji wysokościowego

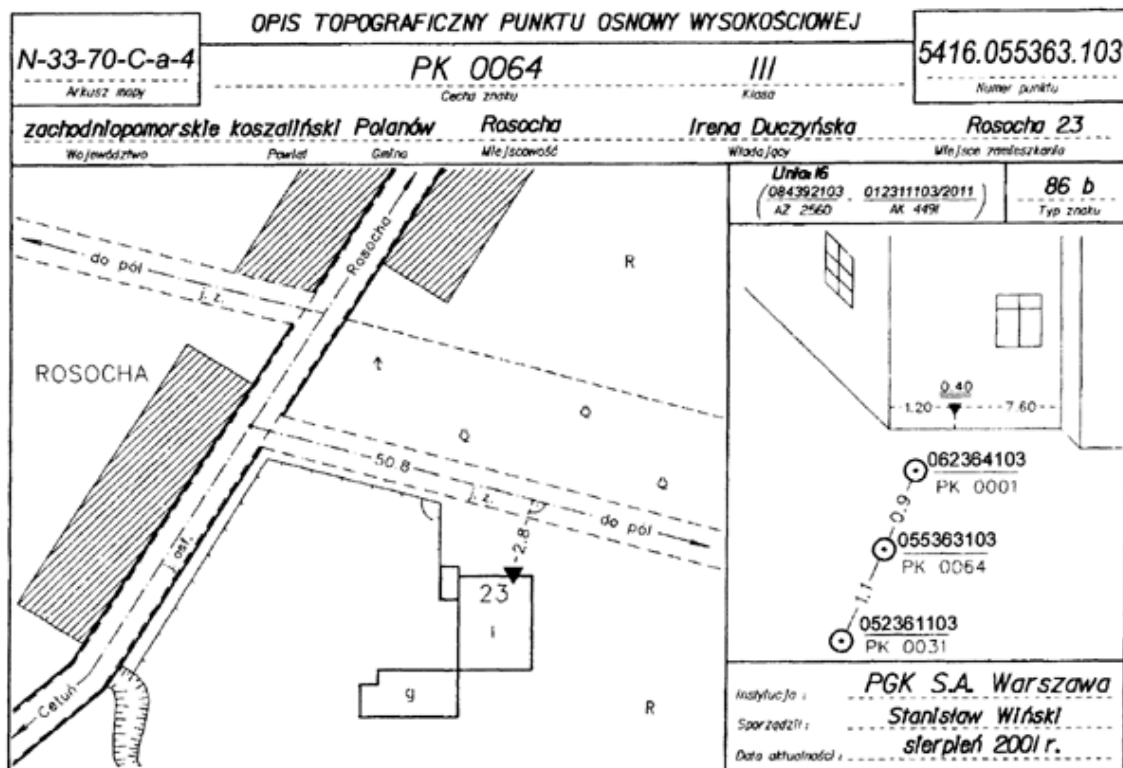
Wykonał:  
Stefan Wiński  
grudzień 2001 r.



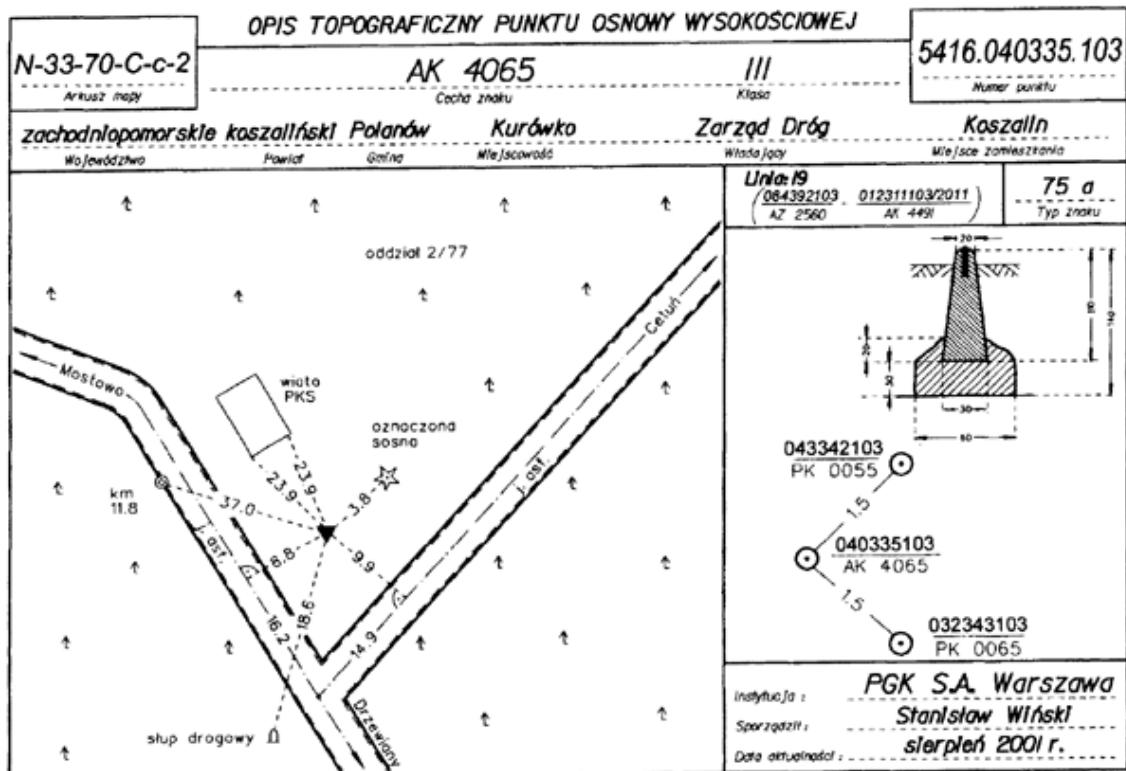
MAPA PROJEKTU TECHNICZNEGO OSNOWY WYSOKOŚCIOWEJ III I IV KLASY  
SKALA 1:25 000



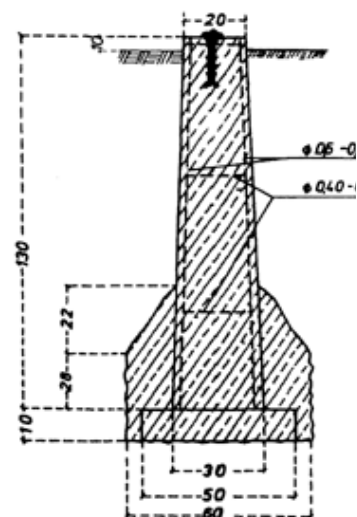
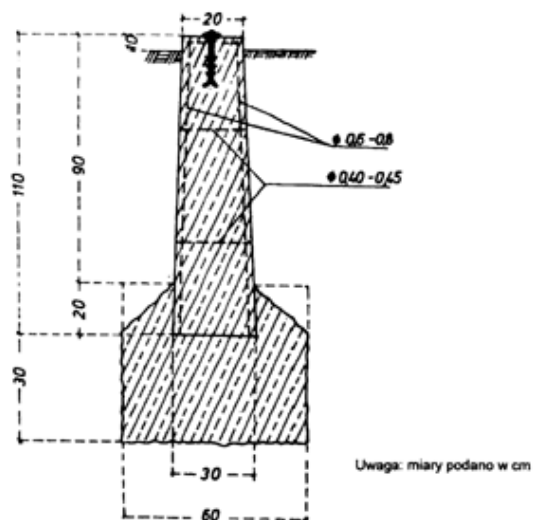
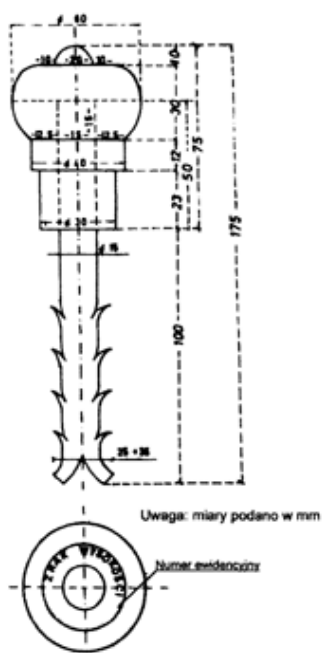
rys. a)



rys. b)



### ZNAKI WYSOKOŚCIOWE



rys a) Reper - głowica znaku wysokościowego

rys b) Znak wysokościowy naziemny - typ 75 a

rys c) Znak wysokościowy naziemny - typ

## WYTYCZNE DOTYCZĄCE DOBORU I PRZYGOTOWANIA MATERIAŁÓW ORAZ WARUNKÓW WYKONANIA ZNAKÓW WYSOKOŚCIOWYCH

1. Podziemne i naziemne znaki wysokościowe, zaprojektowane jako konstrukcja łączona, składają się ze słupa żelbetowego prefabrykowanego oraz podstawy betonowej, wykonanej w terenie, bezpośrednio w miejscu posadowienia znaku. Do wykonania podstawy znaku stosuje się następujące materiały, jako składniki betonu:

- kruszywa mineralne wg PN-87/B-01100,
- cement portlandzki wg PN-88/B-30000 (marka 250), cement hutniczy wg PN-88/B-30005,
- wodę wg PN-88/B-32250.

### 2. Kruszywo mineralne

#### 2.1. Rodzaj kruszywa

Kruszywo mineralne jest to występujący w przyrodzie materiał kamienny, rozdrobniony w sposób naturalny i zawierający:

- pyły mineralne, tj. cząstki nieprzekraczające 0,05 mm,
- piasek, tj. naturalne kruszywo drobne o wielkości ziaren nieprzekraczającej 2 mm,
- żwir, tj. naturalne kruszywo grube o wielkości ziaren w granicach 2+63 mm,
- tłuczeń żwirowy, tj. kruszywo grube o wielkości ziaren w granicach 5+80 mm, uzyskane w wyniku co najmniej jednorazowego kruszenia grubego żwiru,
- mieszanki, tj. wielofrakcyjne<sup>1</sup> mieszaniny kruszywa drobnego i grubego, które w zależności od charakterystyki uziarnienia dzielą się na:
  - a) mieszanki piaskowo-żwirowe,
  - b) mieszanki żwirowo-piaskowe,
  - c) mieszanki z tłuczniem żwirowego i piasku.

#### 2.2. Dobór uziarnienia

Kruszywo przeznaczone do wykonania betonu powinno zawierać ziarna o różnych wielkościach, selekcyonowane za pomocą sit wg PN-80/M-94008, w taki sposób, aby stosunek ilościowy ziaren poszczególnych frakcji kruszywa wchodzących w skład betonu pozwalał na zachowanie w możliwie maksymalnym stopniu:

- warunku zwartości betonu, tzn. kruszywo nie powinno zawierać nadmiernej ilości wolnych przestrzeni,
- warunku ciekłości betonu, tzn. beton wykonany z tego kruszywa powinien posiadać dostateczną ciekłość przy możliwie małej ilości wody,
- warunku urabialności, tzn. beton powinien być zawieszisty i lepki.

#### 2.3. Zanieczyszczenie kruszywa

Kruszywo powinno być wolne od zanieczyszczeń, które wywierają szkodliwy wpływ na wytrzymałość betonu, a przede wszystkim od:

- zbyt dużej ilości pyłów mineralnych i ziaren oblepionych warstwą gliny lub iltu; ilość dopuszczalna – 3% ciężaru kruszywa,
- zanieczyszczeń obcych, np. gruz ceglany itp.; ilość dopuszczalna – 0,5% ciężaru kruszywa,
- zanieczyszczeń organicznych, np. węgiel, torf, części humusowej; ilość dopuszczalna określona barwą nie ciemniejszą niż wzorcowa wg PN-78/B-06714.26.

Kruszywa zanieczyszczonego składnikami organicznymi do betonu stosować nie wolno. Kruszywo zawierające inne szkodliwe

zanieczyszczenia może być użyte do betonu po uprzednim przemyciu.

#### 2.4. Nasiąkliwość i mrozoodporność kruszywa

Nasiąkliwość ziaren kruszywa, tj. zdolność wchłaniania wody, określana jest przyrostem masy kruszywa i nie powinna przekraczać 2% wagowo. Mrozoodporność kruszywa, tj. odporność na działanie niskich temperatur, określana jest ubytkiem wagowym masy kruszywa i nie powinna przekraczać 5% wagowo.

#### 2.5. Wytrzymałość kruszywa

Wytrzymałość kruszywa grubego określana jest metodą zgniatania ziaren wg PN-66/B-06714 i wynosi:

- dla żwiru przeznaczonego do betonu marki powyżej 170, w zależności od frakcji, nie mniej niż 210–70 kG/cm<sup>2</sup>,
- dla tłuczni żwirowego przeznaczonego do betonu marki powyżej 170, w zależności od frakcji, nie mniej niż 150–60 kG/cm<sup>2</sup>.

Wytrzymałości kruszyw przeznaczonych do betonów marek poniżej 170 nie określa się.

#### 2.6. Transport i przechowywanie kruszywa

Kruszywa do betonu zwykłego można przewozić luzem, dowolnymi środkami transportu, w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem. Przy przechowywaniu kruszyw należy również zapewnić zabezpieczenie ich przed zmieszaniem z kruszywem innego rodzaju i gatunku.

### 3. Cement

#### 3.1. Rodzaj cementu

Do produkcji betonu stosowanego do wykonania w terenie podstaw znaków wysokościowych należy używać następujące gatunki cementów:

- cement hutniczy 250 wg PN-88/B-30005 – na podstawy słupów dla każdego przypadku, a w szczególności tam, gdzie istnieje zagrożenie działaniem kwasów organicznych lub stałych kwasów mineralnych, jak np. przy procesie gnicia, w silnie bielicyjących się glebach i w zakwaszonej próchnicy gleb,
- cement portlandzki 250 wg PN-88/B-30000 – w przypadkach, gdy w terenie nie występują gleby kwaśne, z uwagi na fakt, że na działanie kwasów organicznych cement portlandzki jest mniej odporny od hutniczego.

#### 3.2. Czas wiązania

Wiązanie cementu powinno rozpocząć się po upływie 40 minut i zakończyć przed upływem 10 godzin. Jeżeli okres przechowywania cementu wynosił więcej niż 6 miesięcy – przydatność jego do produkcji betonu powinna być sprawdzona za pomocą prób wytrzymałościowych wg PN-75/B-04300.

#### 3.3. Transport i przechowywanie cementu

Przechowywanie cementu powinno odbywać się w warunkach zabezpieczających go przed wpływami atmosferycznymi i wilgocią, które powodują zbrzylenie cementu. Cementu nie powinno się przechowywać bezpośrednio na ziemi.

Transport cementu workowanego dopuszcza się różnego rodzaju środkami transportowymi o odpowiedniej ładowności. Ciężar worka z cementem powinien wynosić około 50 kg. Na każdym worku powinien być umieszczony trwały napis zawierający:

- rodzaj i markę cementu,
- nazwę cementowni, miejscowości i stacji kolejowej,
- ciężar brutto,
- datę workowania.

Data wyprodukowania cementu powinna być zawsze brana pod uwagę, gdyż w zależności od okresu magazynowania cement traci nawet do 40% wytrzymałości.

Zwierztały cement charakteryzuje się występowaniem grudek (zbryleń), które nie dają się rozetrzeć w palcach, co świadczy o rozpoczęciu procesu wiązania.

Cement taki nie nadaje się do produkcji betonu.

### 4. Woda

Do zarabiania betonu należy używać wody pozbawionej zanieczyszczeń i domieszek wpływających ujemnie na wiązanie cementu oraz na jego twardnienie. Do tego celu nadaje się woda z wodociągu lub źródeł naturalnych (studzien, rzek i jezior), jeżeli jest przezroczysta i niezanieczyszczona ściekami miejskimi, przemysłowymi i wodą bagienną. Woda stosowana do betonu nie powinna zawierać:

- znacznej ilości związków siarki,
- zanieczyszczeń ropą, naftą, tłuszczem i olejami,
- cukru,
- rozpuszczalnych ciał organicznych.

W przypadku wątpliwości co do jakości wody należy zaniechać jej stosowania.

## 5. Beton

### 5.1. Wytyczne ogólne

Ciekłość i urabialność, jako podstawowe cechy prawidłowo wykonanego betonu w stanie świeżym, związane są ze sposobem jego zagęszczania. Końcowym zaś dowodem prawidłowo zaprojektowanej mieszanki betonowej jest uzyskanie po 28 dniach wymaganej wytrzymałości, tj. 170 kG/cm<sup>2</sup>. Do wykonania betonu nie można stosować kruszywa zmarzniętego oraz zanieczyszczonego śniegiem lub lodem. Zachodzące w betonie zjawisko wiązania cementu wymaga temperatury otoczenia minimum +5°C i następuje szybciej, gdy temperatura jest wyższa. Cementy portlandzkie i hutnicze wykazują przy wiązaniu wzrost temperatury do 35°C.

Gdy temperatura otoczenia w ciągu poprzedzającej betonowanie doby spadnie do -4°C pracę należy przerwać lub stosować jako domieszkę chlorek wapnia w ilości do 3% wagowo. Ciepło wytwarzane podczas reakcji chlorku wapnia pozwala na kontynuowanie betonowania nawet przy niewielkich temperaturach ujemnych otoczenia.

### 5.2. Dobór składników betonu

Skład betonu określa się, podając ilość cementu w kg/m<sup>3</sup> ułożonego i zagęszczonego betonu. Dla wykonania przeciętnej konstrukcji z betonu marki 170 (zagęszczonego mechanicznie) ilość ta powinna wynosić około 270 kg – dla cementu portlandzkiego lub hutniczego 250.

Dozowanie składników betonu może być wagowe lub objętościowe, przy czym dla materiałów sypkich powinny być ustalone ciężary jednostkowe służące do przeliczania stosunku objętościowego na wagowy, np. jako ciężar 1 litra luźno nasypanego cementu należy przyjąć 1,2 kg.

Dobór mieszanki kruszywa do betonu polega na ustaleniu właściwej proporcji objętościowej pomiędzy kruszywem drobnym i grubym (wg [tablicy 1](#)).

Przy ilości składników kruszywa większej niż 2 łączy się najpierw dwa składniki, potem uzyskaną mieszankę z trzecim składnikiem itd.

Działanie chemiczne i mechaniczne wody ma bardzo istotne znaczenie przy produkcji betonu. Cement zarobiony wodą (zaczyn cementowy) początkowo jest tylko mechaniczną mieszaniną. Wskutek hydratacji (uwodnienia) cementu, która zaczyna się około 40 minut po zmieszaniu, przez 10 kolejnych godzin następuje coraz to większe gęstnienie mieszaniny – tzw. wiązanie, a następnie przez około 28 dni – twardnienie, które jest dalszym procesem wiązania. Dla uzyskania betonu o żądanej wytrzymałości ilość wody musi być ściśle określona w stosunku do ilości cementu; przy ilości wody równej 25% ciężaru cementu – wiąże ona maksymalną ilość cementu, dając w następstwie beton o maksymalnej wytrzymałości.

Ilość wody dodawanej do betonu należy regulować w zależności od uziarnienia kruszywa, ilości cementu i warunków atmosferycznych. Przy stosowaniu kruszywa o prawidłowo dobranym uziarnieniu ilość potrzebnej wody jest mniejsza. Drobne frakcje wymagają większej ilości wody, gdyż ich łączna powierzchnia jest większa. Kruszywo porowate również wymaga większej ilości wody. Woda w ilości optymalnej pozwala na możliwe szczelne ułożenie ziaren kruszywa w betonie, a jej nadmiar – jakkolwiek ostatecznie wydobywa się na powierzchnie i paruje – zostawia jednak pory (próżnie) w betonie, które poważnie zmniejszają jego wytrzymałość. Gdy zwiększa się ilość cementu w betonie (np. przy konieczności stosowania kruszywa drobnoziarnistego gorszej jakości), trzeba zwiększyć również ilość wody.

Warunki atmosferyczne otoczenia również wpływają na ilość wody użytej do betonu; gdy jest sucho i gorąco – wody trzeba dodawać więcej, gdy stopień wilgotności powietrza jest znaczny – mniej.

Przybliżone ilości składników na 1 m<sup>3</sup> gotowego betonu konsystencji gęstoplastycznej

Tablica 1.

Cement portlandzki lub hutniczy 250	Kruszywo		Woda	Stosunek objętościowy cementu i kruszywa
	Piasek (do 2 mm)	Żwir lub tłuczeń (2÷80 mm)		
kg	kg	kg	litry	
270	630	1470	130	

### 5.3. Mieszanie składników betonu

Mieszanie składników betonu powinno odbywać się mechanicznie, w betoniarce. Suche składniki należy dozować w warunkach terenowych za pomocą wyskalowanych dozowników (kruszywo), zaś cement workami. Dopuszczalne jest mieszanie ręczne betonu, przy czym konieczne jest dokładne przestrzeganie następującej kolejności mieszania składników:

- cement dokładnie zmieszać z kruszywem,
- wodę dolewać cienkim strumieniem (najlepiej z konewki z sitkiem).

Tak przygotowaną masę mieszać należy aż do uzyskania jednorodności betonu, tzn. jednolitej masy.

Konsystencja betonu w warunkach wykonywania znaków wysokościowych w terenie powinna być gęstoplastyczna bądź ubijalna, tzn. uzyskana przy niewielkiej ilości wody.

### 5.4. Betonowanie podstawy

Jednorodną masę betonu układa się bezpośrednio w gruncie – jeśli jest zwarty, np. skalisty – lub w odpowiednio przygotowanych formach, warstwami o wysokości nieprzekraczającej 10 cm. Czynność tę wykonuje się wkrótce po zdjęciu ostatniej warstwy gruntu.

Każda kolejna warstwa ułożonego betonu powinna być ubita ręcznie ubijakami o ciężarze 8÷10 kg lub mechanicznie (za pomocą wibratorów), aż do wystąpienia „wilgoci” na powierzchni ubijanej. Betonowanie powinno być tak wykonane, aby beton szczelnie wypełniał przestrzeń pomiędzy ściankami wykopu (formy).

Przy betonowaniu ostatnich warstw podstawy wykonuje się w jej geometrycznym środku kwadratowy otwór o wysokości 15 cm i boku o 5 cm większym od podstawy słupa. W tym celu zakłada się drewniany szalunek, wykonany z desek o grubości co najmniej 25 mm.

Jeżeli przygotowany zarób betonu nie został zużyty w przeciągu 1 godziny w temperaturze otoczenia ponad +10°C lub w przeciągu 2 godzin w temperaturze od +5°C do +10°C – powinien być wyrzucony. Nie należy również rozrabiać go wodą, ani stosować jako domieszkę do zarobu wykonanego prawidłowo. Wykonane w terenie podstawy znaków wysokościowych należy w pierwszym okresie (do 7 dni) chronić przed zbyt gwałtownym wysychaniem.

## 6. Formy

Przy wykonywaniu podstaw betonowych do osadzenia prefabrykowanych słupów znaków wysokościowych stosuje się formy drewniane (szalunek) w postaci ścianek bocznych wykonanych z desek o grubości co najmniej 25 mm, układanych w wykopie pod kątem 60°. Ścianki stosuje się w gruntach o małej wytrzymałości (spoistości), np. piaszczystych, nasypowych, wilgotnych. Przy gruntach o dużej spoistości (zwartych), gdzie istnieje pewność zachowania kształtu płyty, formy (ścianki boczne) można pominąć. Dla osadzenia słupa prefabrykowanego w podstawie wykonuje się szalunek drewniany o wysokości 15 cm i zewnętrznych wymiarach boków o 5 cm większych od boku podstawy słupa. Po związaniu betonu, tj. po około 7 dniach, formy (szalunki) należy zdjąć.

### 7. Osadzanie słupów prefabrykowanych

Po całkowitym stwardnieniu betonu podstawy znaku wysokościowego i zdjęciu szalunków należy przystąpić do osadzania słupa prefabrykowanego.

W tym celu – po oczyszczeniu otworu podstawy i po sprawdzeniu prawidłowego ułożenia i czystości wystających prętów zbrojenia – ustawia się słup pionowo i centrycznie w otworze podstawy, na wlanej świeżo 10-centymetrowej warstwie rzadkiego betonu, tak by pręty zbrojenia – przechodzące przez warstwę wlanego betonu – oparły się o dno otworu. Ewentualne pozostałe szczeliny między słupem a podstawą zalewa się rzadkim betonem, do całkowitego ich wypełnienia.

Po stwierdzeniu sztywnego połączenia słupa z podstawą, co może nastąpić mniej więcej po 2 – 3 dniach od chwili osadzenia słupa, znak może być zakopany. Zасыpywana ziemia powinna być stopniowo ubijana, warstwami o grubości ok. 25 cm. Nadmiar ziemi należy usypać nad znakiem, tworząc wzniesienie o wysokości ok. 15 – 20 cm, zabezpieczające przed powstaniem w przyszłości wklęsnięcia, w miarę osiadania poruszanej warstwy ziemi.

## 8. Uwagi końcowe

Po wykonaniu podstaw betonowych znaków wysokościowych i montażu słupów prefabrykowanych systemem gospodarczym, bezpośrednio w terenie, nie należy obejmować tych znaków pomiarem niwelacji przed upływem ok. 90 dni od daty wykonania podstawy słupa (w wypadku niwelacji precyzyjnej okres ten wynosi 200 dni). Zalecenie to wynika z faktu, że beton zmniejsza swoją objętość podczas wiązania i twardnienia na skutek wysuszenia. W pierwszym okresie ubytek jest znaczny, a z czasem maleje. Kurczenie ustaje, gdy ustalą się warunki równowagi pomiędzy wilgotnością betonu i otoczenia (gruntu). Przy dojrzewaniu w warunkach wilgotnych beton wykazuje tendencje powiększania swojej objętości, tzw. pęcznienia; na przestrzeni 200 dni od daty wyprodukowania pęcznienie betonu z cementu hutniczego lub portlandzkiego wynosi około 0,4%, natomiast skurcz wynosi około 2,2% objętości betonu.

W późniejszym czasie zmiany te są minimalne i można ich wielkości uznać za zaniedbywalne nawet przy pracach niwelacji precyzyjnej.

<sup>1</sup> Frakcja kruszywa jest to zbiór ziaren kruszywa, których wielkość zawarta jest w granicach określonych przesiewem przez dwa kolejne sита zestawu normowego, tj. zbiór ziaren, które przechodzą przez sito o większych oczkach, a zatrzymują się na sicie o mniejszych oczkach.



```

For M5|Adr      1|TO  21G3.DAT          |          |
|
For M5|Adr      2|TO  3                |          |
|
For M5|Adr      3|TO  09.12.2001       |          |
|
For M5|Adr      4|TO  13:43:18         |          |
|
For M5|Adr      5|TO  DINI11.106929    |          |
|
For M5|Adr      6|TO  13498            |          |
|
For M5|Adr      7|TO  13499            |          |
|
For M5|Adr      8|TO  RYSZKOWSKI.K     |          |
|
For M5|Adr      9|TO  21              |          |
|
For M5|Adr     10|TO  Poczatek ciagu   TPPT  3|          |
|
For M5|Adr     11|KD1  3421008      0    3|          |
|Z      0.00000 m |
For M5|Adr     12|KD1  3421008      0 13:44:322  3|Rb      0.70257 m |HD
6.999 m |sR      0.00000 m |
For M5|Adr     13|KD1      1      0 13:44:432  3|Rf      1.61684 m |HD
7.167 m |sR      0.00001 m |
For M5|Adr     14|KD1      1      0 13:44:502  3|Rf      1.61686 m |HD
7.167 m |sR      0.00000 m |
For M5|Adr     15|KD1  3421008      0 13:45:002  3|Rb      0.70261 m |HD
6.999 m |sR      0.00000 m |
For M5|Adr     16|KD1      1      0 13:46:322  3|Rb      1.80980 m |HD
37.250 m |sR      0.00006 m |
For M5|Adr     17|KD1      2      0 13:46:442  3|Rf      1.18895 m |HD
37.379 m |sR      0.00001 m |
For M5|Adr     18|KD1      2      0 13:46:502  3|Rf      1.18894 m |HD
37.379 m |sR      0.00001 m |
For M5|Adr     19|KD1      1      0 13:47:022  3|Rb      1.80980 m |HD
37.246 m |sR      0.00001 m |
For M5|Adr     20|KD1  3421010      0          |          |dz
0.29340 m |Z      0.00000 m |
For M5|Adr     21|KD2  3421010      0  2          3|Db      44.250 m |Df
44.550 m |Z      -0.29340 m |
For M5|Adr     22|TO  Koniec ciagu          3|          |
|
END

```

*Wykonawca:*  
*Krzysztof Ryszkowski*  
*(podpis)*

Zestawienie przewyższeń dla linii : 19 Obiekt : 3177

3211008 - 3411001

AK4491 - PK0049

odc.	rep w	rep p	przew.pom.	dł.odc.	temp.	PK(mm)	PT(mm)	il.st.	data	czas	przew.pop
1	3211008	3231000	-9.9466	0.96	10.0	-0.01	0.08	16	12.11.2001	07:46:34	-9.94
1	3231000	3211008	9.9467	0.96	15.0	0.01	-0.04	14	13.11.2001	17:04:19	9.94
2	3231000	3231001	-24.8517	1.46	11.0	-0.02	0.19	26	12.11.2001	08:33:22	-24.85
2	3231001	3231000	24.8540	1.46	15.0	0.02	-0.10	24	13.11.2001	16:08:23	24.85
3	3231001	3231009	-21.2264	1.51	12.0	-0.01	0.14	22	12.11.2001	09:35:59	-21.22
3	3231009	3231001	21.2265	1.50	14.0	0.01	-0.11	20	13.11.2001	15:06:15	21.22
4	3231009	3231010	-7.4438	1.49	14.0	-0.01	0.04	20	12.11.2001	10:43:01	-7.44
4	3231010	3231009	7.4458	1.49	14.0	0.01	-0.04	20	13.11.2001	13:54:02	7.44
5	3231010	3231011	-1.3984	1.07	14.0	0.00	0.01	14	12.11.2001	11:36:18	-1.39
5	3231011	3231010	1.3997	1.06	15.0	0.00	-0.01	14	13.11.2001	13:13:33	1.39
6	3231011	3411000	14.6564	1.45	13.0	0.01	-0.09	18	12.11.2001	12:26:10	14.65
6	3411000	3231011	-14.6544	1.46	12.0	-0.01	0.10	18	13.11.2001	12:21:40	-14.65
7	3411000	3411001	-0.9835	1.21	14.0	0.00	0.01	14	12.11.2001	13:16:05	-0.98
7	3411001	3411000	0.9853	1.17	11.0	0.00	-0.01	14	13.11.2001	11:40:20	0.98

Wykonawca:  
Mieczysław Bogusz  
(podpis)

Zestawienie przewyższeń dla linii : 19

AK4491 - PK0049

Klasa : III

Obiekt : 3177

Łata 1: 13498

Łata 2: 13499

Niwelator : DiNi11Nr106929

Obserwator : M.BOGUSZ

odc.	rep w	rep p	przew.pom.	dł.odc.	ro	ro dop.	PK(mm)	PT(mm)	przew.popr.
1	3211008	3231000	-9.9466	0.96	0.08	5.88	-0.01	0.06	-9.9466
2	3231000	3231001	-24.8528	1.46	2.37	7.24	-0.02	0.14	-24.8527
3	3231001	3231009	-21.2264	1.50	0.07	7.36	-0.01	0.12	-21.2263
4	3231009	3231010	-7.4448	1.49	1.91	7.33	-0.01	0.04	-7.4448
5	3231010	3231011	-1.3991	1.07	1.31	6.19	0.00	0.01	-1.3991
6	3231011	3411000	14.6554	1.45	2.03	7.23	0.01	-0.09	14.6553
7	3411000	3411001	-0.9844	1.19	1.86	6.53	0.00	0.01	-0.9844

OSTATECZNE WYNIKI POMIARZONEJ LINII POMIAROWEJ

Przewyższenie śr. pom. [m]: -51.1988 Przewyższenie śr. popr. [m]: -51.1986

Długość linii [km.] : 9.12

Średni błąd pomiaru 1 km. niwelacji [mm] : +/- 0.70

Suma poprawek komparacyjnych [mm] : -0.04

Suma poprawek termicznych [mm] : 0.29

Wykonawca:  
Mieczysław Bogusz  
(podpis)

## WYRÓWNANIE SIECI NIWELACYJNEJ

O B I E K T : 3177 gm. Bobolice i Polanow  
Układ : Kronsztadt'86

WYKONAWCA : Przedsiębiorstwo Geodezyjno-Kartograficzne  
ZLECENIE : KERG 125/40/01  
DATA : grudzień 2001r.

## ■ OGOLNE DANE LICZBOWE:

Liczba różnic wysok. niwelacji geometrycznej M1 = 114  
Liczba wszystkich obserwacji M = 114  
Liczba danych punktów wysokościowych LS = 18  
Liczba zidentyfikowanych punktów sieci LP = 116  
w tym liczba punktów nawiazania LS1 = 18

## ■ MAPA WZAJEMNYCH POWIAZAN PUNKTOW SIECI

NR PUNKTU	ILE POWIAZAN	PUNKTY INCYDENTNE
3233850	1	3233800
3233800	2	3233850 3441000
3441000	2	3411009 3233800
3411009	2	3411008 3441000
3411008	2	3411007 3411009
3411007	2	3411006 3411008
3411006	2	3411005 3411007
3411005	2	3411001 3411006
3411001	4	3411000 3231008 3411005 3411004
3411000	2	3231011 3411001
3231008	2	3231007 3411001
3411004	3	3411001 3411003 3411010
3231011	2	3231010 3411000

## \*\* UKLAD ODOSOBNIONY SIECI

333112	1	1211009
1211009	2	333112 1211010
1211010	2	1211009 1211011
1211011	2	1211010 3331303
3331303	1	1211011

## ■ INNE PARAMETRY SIECI:

Liczba rezerwowanych elementów U.R.N. = 515  
Ilość elementów nadwymiarowych sieci  $LU=M-LP+LS1= 16$

## ■ KONTROLA ZBIEZNOŚCI PROCESU ITERACYJNEGO:

ITER = 1	SREDNI PRZYROST NIEWIAD. =	51.9726 m
[pVV]=	.0000	Mo (bez miana) = .0000
ITER = 2	SREDNI PRZYROST NIEWIAD. =	.0000 m
[pVV]=	15.5639	Mo (bez miana) = .9863

## ■ WYSOKOSCI WYRÓWNANE I BŁEDY ŚREDNIE

LP	NRP	H	MH
		[ m ]	[ m ]
1	3233800	152.5686	.0010

2	3233850	125.0678	.0000	■
3	3231653	92.1745	.0000	■
4	1341005	89.5364	.0006	
5	1341004	89.0105	.0009	
6	3121000	91.4379	.0012	
7	3121001	122.7559	.0014	
8	3121002	123.1821	.0015	
9	3121003	136.3865	.0015	
10	3211006	135.8331	.0015	
11	3211008	139.0847	.0014	
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
113	1211009	142.9723	.0008	
114	1211010	173.0976	.0010	
115	1211011	175.4771	.0009	
116	3331303	168.7472	.0000	■

---

■ OBSERWACJE WYROWNANE

I	J	DH(OBS) [ m ]	V [ m ]	DH(WYR) [ m ]
3233850	3233800	27.5006	.0002	27.5008
1341005	3231653	2.6381	.0000	2.6381
1341004	1341005	.5260	-.0001	.5259
3121000	1341004	-2.4273	-.0001	-2.4274
3121001	3121000	-31.3178	-.0002	-31.3180
3121002	3121001	-.4261	-.0001	-.4262
3121003	3121002	-13.2043	-.0001	-13.2044
3211006	3121003	.5536	-.0001	.5535
3211008	3211006	-3.2515	-.0002	-3.2517
3231007	3231006	7.1375	.0000	7.1375
3231008	3231007	6.0493	.0000	6.0493
3411001	3231008	-5.3744	.0000	-5.3744
323319	3321005	1.5360	.0002	1.5362
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
3421005	3421004	-2.8158	-.0002	-2.8160
3421006	3421005	54.9674	-.0002	54.9672
3233752	3421006	22.8920	-.0001	22.8919
333112	1211009	12.8359	-.0005	12.8354
1211009	1211010	30.1258	-.0005	30.1253
1211010	1211011	2.3804	-.0009	2.3795
1211011	3331303	-6.7292	-.0007	-6.7299

---

WARTOSCI KONTROLNE:

[pVV]= 15.5639

Mo = .98628 niemian.

----- Program GEOH w systemie GEONET H/96 w.5.0 -----