

SPIS TREŚCI:

Słowo wstępne	9
Rozdział 1: Podstawy jednolitości prac geodezyjnych na terenie Polski	11
1.1. Założenia ogólne	11
1.2. Powierzchnie odniesienia i układy współrzędnych	13
1.2.1. Elipsoida odniesienia	13
1.2.2. Geoida	15
1.2.3. Globalne układy współrzędnych	16
1.3. Wprowadzenie do problematyki odwzorowań kartograficznych	21
1.4. Międzynarodowy System Odniesienia (ITRS) i układ europejski (ETRF)	25
1.5. Wybrane układy współrzędnych prostokątnych stosowane w Polsce	28
1.5.1. Układ współrzędnych prostokątnych „1942”	28
1.5.2. Układy współrzędnych „1965” i GUGiK -80	29
1.5.3. Układy współrzędnych: PL-1992, PL-2000	33
1.5.4. Układ UTM	35
1.5.5. Odniesienia prac grawimetrycznych i magnetycznych	36
1.6. Układy wysokościowe stosowane w Polsce	36
1.7. Standardy geodezyjne	40
1.7.1. Wprowadzenie	40
1.7.2. Standardy techniczne zawarte w aktach wykonawczych do ustawy <i>Pgik</i>	41
1.7.3. Normy	45
1.8. Zakres prac geodezyjnych i kartograficznych	49
1.9. Państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny	51
1.10. Osnowa geodezyjna i jej podział	54
1.10.1. Rodzaje osnów	54
1.10.2. Podstawowa osnova pozioma	58
1.10.3. Podstawowa osnova wysokościowa	65
1.10.4. Szczegółowa osnova pozioma	66
1.10.5. Szczegółowa osnova wysokościowa	67
1.10.6. Sytuacyjna osnova pomiarowa	68
1.10.7. Wysokościowa osnova pomiarowa	70
Rozdział 2: Technologie zakładania osnowy poziomej	72
2.1. Wprowadzenie do tematyki technologii zakładania osnowy poziomej	72
2.2. Triangulacja	74
2.2.1. Wiadomości wstępne	74
2.2.2. Czworobok geodezyjny	75
2.2.3. Układ centralny	77
2.2.4. Łańcuch trójkątów	78
2.2.5. Sieci powierzchniowe	80
2.2.6. Równania poprawek obserwacji kątowych	80
2.3. Trilateracja	83
2.4. Sieci kątowo-liniowe	85
2.5. Poligonizacja	86
2.6. Satelitarne systemy pozycjonowania	89
2.6.1. Informacje wstępne o GPS	89
2.6.2. Składniki systemu	91
2.6.3. Emisja sygnałów	93
2.6.4. Zasada wyznaczania położenia	94
2.6.5. Odbiorniki GPS	98
2.6.6. Systemy GLONASS i Galileo, BeiDou	100
2.6.7. Geodezyjne metody pomiaru przy użyciu technologii satelitarnych	104
2.6.8. System precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASG-EUPOS	107

2.7. Wymagania dotyczące osnów poziomych	115
2.7.1. Podstawowa pozioma osnowa geodezyjna	115
2.7.2. Szczegółowa pozioma osnowa geodezyjna	116
2.7.3. Pomiarowa osnowa pozioma (sytuacyjna)	120
Rozdział 3: Technologie zakładania osnowy wysokościowej	122
3.1. Niwelacja geometryczna	122
3.2. Niwelacja trygonometryczna	123
3.3. Niwelacja hydrostatyczna	125
3.4. Satelitarne pomiary wysokościowe (niwelacja satelitarna)	127
3.5. Wymagania dotyczące geodezyjnych osnów wysokościowych	130
3.5.1. Podstawowa wysokościowa osnowa geodezyjna	130
3.5.2. Szczegółowa wysokościowa osnowa geodezyjna	133
3.5.3. Wysokościowa osnowa pomiarowa	135
Rozdział 4: Projektowanie osnów szczegółowych	137
4.1. Projektowanie szczegółowej osnowy poziomej	137
4.1.1. Zasady ogólne projektowania	137
4.1.2. Zebranie i analiza istniejących materiałów geodezyjno-kartograficznych	139
4.1.3. Opracowanie założeń projektu technicznego	140
4.1.4. Wywiad terenowy	143
4.1.5. Projekt techniczny sieci osnowy poziomej	145
4.1.6. Sposoby wstępnego badania konstrukcji sieci	146
4.2. Projektowanie osnowy wysokościowej	151
4.2.1. Zebranie i analiza i materiałów geodezyjno-kartograficznych	151
4.2.2. Założenia projektu technicznego	151
4.2.3. Wywiad terenowy	152
4.2.4. Opracowanie projektu technicznego	153
Rozdział 5: Stabilizacja punktów osnowy geodezyjnej	155
5.1. Zasady ogólne osadzania znaków geodezyjnych	155
5.2. Znaki geodezyjnej osnowy poziomej	161
5.2.1. Stabilizacja punktów poziomej osnowy podstawowej	161
5.2.2. Znaki poziomej osnowy szczegółowej (klasy. 3)	163
5.2.3. Znaki poziomej osnowy pomiarowej	167
5.2.4. Odtwarzanie i wznawianie punktów poziomej osnowy szczegółowej	168
5.2.5. Osnowa pozioma odtwarzalna	170
5.3. Znaki geodezyjnej osnowy wysokościowej	171
Rozdział 6: Pomiar osnowy poziomej	174
6.1. Zasady wykonywania pomiaru osnów geodezyjnych	174
6.1.1. Wprowadzenie	174
6.1.2. Wymagania dotyczące pomiaru osnów poziomych w rozp. <i>osn.</i> i rozp. <i>stand.</i>	175
6.2. Pomiary klasyczne osnów poziomych	179
6.2.2. Pomiar kątów poziomych	179
6.2.2. Teodolity stosowane do pomiaru kątów osnowy poziomej kl. 3	180
6.2.3. Metoda kierunkowa	182
6.2.4. Metody kątowe	187
6.3. Mimośrodowy pomiar kątów	189
6.3.1. Wyznaczenie elementów mimośrodu	189
6.3.2. Dośrodkowanie obserwacji mimośrodowych	194
6.4. Przeniesienie współrzędnych	196
6.4.1. Rola punktów przeniesienia współrzędnych	196
6.4.2. Wymagania dokładnościowe i konstrukcja siatek przeniesienia	197

6.4.3. Punkty kierunkowe	201
6.5. Pomiar liniowy osnów poziomych	202
6.5.1. Metody pomiaru odległości i wymagania dokładnościowe	202
6.5.2. Pomiar długości boków osnowy poziomej	203
6.5.3. Obliczenie poprawek odległości oraz zredukowanej długości boku	205
6.5.4. Sprawdzanie dalmierzy	208
6.6. Dalmierze elektromagnetyczne	208
Rozdział 7: Pomiar osnowy wysokościowej metodą niwelacji geometrycznej	215
7.1. Sprzęt pomiarowy stosowany do niwelacji osnowy podstawowej	215
7.1.1. Niwelatory optyczne	216
7.1.2. Łaty do niwelacji precyzyjnej i ich wyposażenie	219
7.2. Niwelatory kodowe	220
7.3. Niwelacja osnowy wysokościowej	226
Rozdział 8: Podstawy rachunku wyrównawczego i metod obliczeń geodezyjnych	230
8.1. Błędy obserwacji geodezyjnych	230
8.2. Zasady obliczeń geodezyjnych	233
8.2.1. Zaokrąglanie liczb	233
8.2.2. Działania na liczbach przybliżonych (reguły Kryłowa – Bradisa)	233
8.3. Prawo przenoszenia się błędów średnich	234
8.4. Przykłady zastosowań prawa przenoszenia się błędów średnich	237
8.5. Wyrównanie spostrzeżeń bezpośrednich	244
8.5.1. Wyrównanie spostrzeżeń bezpośrednich jednakowo dokładnych	244
8.5.2. Wyrównanie spostrzeżeń bezpośrednich niejednakowo dokładnych	247
8.6. Wyrównanie par spostrzeżeń	249
8.7. Wyrównanie spostrzeżeń pośredniczących	252
8.8. Wyrównanie spostrzeżeń zawarunkowanych	260
Rozdział 9: Elementy rachunków za pomocą wyznaczników i liczb zespolonych	266
9.1. Pojęcia tablic liczbowych i liczb zespolonych	266
A) WYZNACZNIKI	
9.2. Tablica liczbową i wyznacznik	267
9.3. Obliczanie wartości wyznaczników drugiego i trzeciego stopnia	269
9.4. Minory i kofaktory	270
9.5. Własności wyznaczników	272
9.6. Obliczanie wyznaczników wyższych stopni	274
9.7. Zastosowanie wyznaczników do rozwiązywania układów równań liniowych	277
9.7.1. Rozwiązanie układu równań za pomocą kofaktorów	277
9.7.2. Rozwiązanie układów równań za pomocą tabel zerujących	278
B) MACIERZE	
9.8. Wiadomości wprowadzające	280
9.9. Rodzaje macierzy	281
9.10. Równość macierzy, dodawanie i odejmowanie macierzy, mnożenie macierzy przez liczbę	282
9.11. Iloczyn macierzy	283
9.12. Odwrotność macierzy	285
9.12.1. Pojęcie odwrotności macierzy	285
9.12.2. Obliczenie odwrotności macierzy kwadratowej przy pomocy wyznaczników	285
9.12.3. Obliczenie odwrotności macierzy symetrycznej za pomocą rozkładu na czynniki trójkątne	286
9.13. Zastosowanie odwrotności macierzy do rozwiązywania układów równań liniowych	289

9.14. Zarys wyrównania spostrzeżeń pośredniczących w ujęciu macierzowym	290
9.15. Zarys wyrównania spostrzeżeń zawarunkowanych w ujęciu macierzowym	294
9.16. Wykorzystanie arkusza kalkulacyjnego Excel do obliczeń macierzowych	296
9.16.1. Transponowanie macierzy	296
9.16.2. Obliczanie wyznacznika tablicy kwadratowej	297
9.16.3. Obliczanie iloczynu macierzowego	297
9.16.4. Obliczanie odwrotności macierzy	298
9.16.5. Rozwiązywanie układów równań liniowych	298
9.17. Wyrównanie spostrzeżeń pośredniczących w Excelu	299
9.18. Wyrównanie spostrzeżeń zawarunkowanych w Excelu	300
C) KRAKOWIANY	
9.19. Informacje wstępne o krakowianach	302
9.20. Podstawowe działania krakowianowe	305
9.20.1. Równość, dodawanie i odejmowanie, mnożenie krakowianów przez liczbę	305
9.20.2. Iloczyn dwóch krakowianów	305
9.20.3. Kwadrat krakowianu	307
9.20.4. Iloczyn trzech krakowianów	308
9.20.5. Rozkład krakowianu na dwa czynniki kanoniczne trójkątne	308
9.20.6. Pierwiastek krakowianowy	309
9.20.6. Odwrotność (inwers) krakowianu	311
9.21. Zastosowanie krakowianów do rozwiązywania układów równań liniowych	314
9.21.1. Rozwiązywanie układów równań liniowych metodą nieoznaczoną	314
9.21.2. Rozwiązywanie symetrycznych układów równań liniowych	317
9.22. Wyrównanie spostrzeżeń pośredniczących w ujęciu krakowianowym	318
9.23. Wyrównanie spostrzeżeń zawarunkowanych w ujęciu krakowianowym	325
Rozdział 10: Wcięcia.....	330
10.1. Istota wcięć	330
10.2. Kątowe wcięcie w przód	331
10.2.1. Konstrukcja wcięcia	331
10.2.2. Klasyczne rozwiązanie kątowego wcięcia w przód	331
10.2.3. Obliczenie kątowego wcięcia w przód za pomocą symboli S. Hausbrandta	332
10.2.4. Ocena dokładności wcięcia w przód	333
10.3. Kierunkowe wcięcie w przód	336
10.4. Wcięcia liniowe	337
10.5. Wcięcia kątowo – liniowe (kombinowane)	340
10.6. Wcięcia wstecz	342
10.7. Zadanie Hansena	351
10.7.1. Rozwiązanie zadania Hansena za pomocą symboli rachunkowych S. Hausbrandta	352
10.7.2. Rozwiązanie zadania Hansena za pomocą kątów pomocniczych φ i ψ	353
10.8. Uogólnione zadanie Hansena (zadanie Mareka)	354
10.9. Wyznaczenie grup punktów, wcięcia wielokrotne	355
10.10. Stanowiska swobodne	361
10.10.1. Obliczenie i wyrównanie stanowisk swobodnych	361
10.10.2. Obliczenie współrzędnych stanowisk swobodnych za pomocą programu komputerowego <i>WinKalk</i>	364
10.11. Konstrukcja geometryczna określająca położenie punktu	366
Rozdział 11: Wybrane zagadnienia z dziedziny obliczeń osnów geodezyjnych.....	368
11.1. Opracowanie wyników pomiaru osnów poziomych przed wyrównaniem sieci	368
11.1.1. Założenia ogólne opracowania materiału obserwacyjnego osnowy poziomej	368
11.1.2. Ocena dokładności pomierzonych kierunków lub kątów poziomych	369

11.1.3. Ocena dokładności pomierzonych długości boków	370
11.1.4. Kontrola jakości prac związanych z zakładaniem osnów geodezyjnych	370
11.2. Opracowanie wyników pomiaru osnów wysokościowych przed wyrównaniem sieci	371
11.3. Wymagania dotyczące obliczania osnów geodezyjnych wg rozp. <i>osn</i>	373
11.3.1. Obliczenie podstawowej poziomej osnowy geodezyjnej	374
11.3.2. Obliczenie podstawowej wysokościowej osnowy geodezyjnej	374
11.3.3. Obliczenie szczegółowej poziomej i wysokościowej osnowy geodezyjnej	374
11.3.4. Dokumentacja wyrównania sieci	375
11.4. Wyrównanie osnów metodami przybliżonymi	375
11.4.1. Zasady ogólne wyrównywania sieci geodezyjnych	375
11.4.2. Wyrównanie pojedynczego ciągu niwelacyjnego, nawiązanego obustronnie	376
11.4.3. Przybliżone wyrównanie sieci niwelacyjnych metodą punktów węzłowych	377
11.4.4. Wyrównanie sieci poligonowych metodą punktów węzłowych	379
11.5. Wyrównanie ściśle osnów wysokościowych	385
11.5.1. Wyrównanie osnów wysokościowych metodą pośredniczącą	385
11.5.2. Wyrównanie osnów wysokościowych metodą warunkową	387
11.6. Podstawy wyrównania ścisłego osnów poziomych	390
Rozdział 12: Transformacja współrzędnych na płaszczyźnie	402
12.1. Transformacja metodą Helmerta	402
12.1.1. Założenia ogólne transformacji współrzędnych na płaszczyźnie	402
12.1.2. Transformacja współrzędnych przy dwóch punktach dostosowania	404
12.1.3. Transformacja przy więcej niż dwóch punktach dostosowania	406
12.2. Transformacja afiniczna	409
Rozdział 13: Niwelacja trygonometryczna	413
13.1. Wiadomości wstępne	413
13.2. Wpływ krzywizny Ziemi i refrakcji na trygonometryczny pomiar wysokości	414
13.2.1. Wpływ krzywizny Ziemi na pomiary wysokościowe	414
13.2.2. Wpływ pionowej refrakcji atmosferycznej na pomiary wysokościowe	415
13.2.3. Współczynnik refrakcji k	418
13.3. Zastosowanie niwelacji trygonometrycznej do wyznaczenia wysokości punktów poziomej osnowy szczegółowej	419
13.3.1. Wyznaczenie wysokości instrumentu i sygnału celowniczego	419
13.3.2. Wyznaczenie wysokości stolika i innych elementów wieży triangulacyjnej	421
13.3.3. Mimośrodowy pomiar kątów pionowych	422
13.3.4. Wyznaczenie wysokości punktów osnowy poziomej	424
13.4. Wyznaczanie odległości pionowych i względnych wysokości obiektów	424
13.5. Trygonometryczne wyznaczanie bezwzględnych wysokości punktów	426
13.5.1. Wyznaczanie wysokości punktu położonego na obiekcie dostępnym do pomiaru odległości d	426
13.5.2. Wyznaczenie wysokości punktu niedostępnego, bez możliwości pomiaru odległości d ...	427
13.6. Przestrzenne wcięcie w przód	429
13.7. Trygonometryczny pomiar ciągów wysokościowych	430
13.8. Zastosowanie niwelacji trygonometrycznej do badania pionowości budowli wysmukłych	434
Rozdział 14: Tachimetria	438
14.1. Wiadomości ogólne	438
14.2. Osnowa pomiaru tachimetrycznego	441
14.3. Tachimetryczny pomiar rzeźby terenu	443
14.3.1. Sprzęt tachimetryczny	444
14.3.2. Czynności wstępne poprzedzające właściwy pomiar tachimetryczny	444

14.3.3. Czynności poszczególnych członków zespołu tachimetrycznego	445
14.3.4. Rozprowadzanie pikiet podczas pomiaru rzeźby terenu	446
14.4. Szkic i dziennik tachimetryczny	449
14.5. Tachimetryczne prace kameralne	452
14.6. Kreślenie warstwic za pomocą programu <i>MikroMap</i>	455
14.7. Kompletowanie operatu z pomiaru tachimetrycznego	456
Rozdział 15: Tachimetry	458
15.1. Wprowadzenie	458
15.2. Tachimetry optyczne	459
15.2.1. Tachimetry zwykłe	459
15.2.2. Tachimetry diagramowe	464
15.2.3. Tachimetry optyczne z dalmierzami dwuobrazowymi	466
15.3. Tachimetry elektroniczne	469
15.4. Ważniejsze kierunki udoskonalania tachimetrów elektronicznych	475
15.4.1. Informacje ogólne	475
15.4.2. Pomiar bez reflektora zwrotnego	476
15.4.3. Unowocześnienie wyświetlacza i klawiatury	477
15.4.4. Rejestracja danych, komunikacja	478
15.4.5. Celowanie automatyczne	479
15.4.6. Zasilanie tachimetrów	482
15.4.7. Współpraca tachimetrów z systemami pozycjonowania satelitarnego	484
15.4.8. Skanowanie laserowe	485
Rozdział 16: Mapy	488
16.1. Definicja i właściwości mapy	488
16.2. Godła map topograficznych w podziale Międzynarodowej Mapy Świata	491
16.3. Godła map topograficznych i mapy zasadniczej w układzie „1965”	493
16.4. Godła mapy w układach: PL-2000 i PL-1992	498
16.5. Mapa numeryczna	501
16.6. Mapa zasadnicza wg rozporządzenia MAiC	506
16.6.1. Definicja i znaczenie mapy zasadniczej	506
16.6.2. Bazy danych zawierające elementy treści mapy zasadniczej	508
16.6.3. Znaki kartograficzne obiektów mapy zasadniczej	518
Bibliografia	523

Słowo wstępne

Oddając do dyspozycji Czytelników trzecie wydanie podręcznika *Geodezja II*, staraliśmy się uwzględnić zarówno wiadomości z zakresu klasycznej geodezji, jak również istotne zmiany z zakresu nowych technik pomiarowych, przepisów prawnych i standardów aktualnie obowiązujących w geodezji i kartografii. Szczególnie radykalne zmiany, będące efektem wprowadzenia w życie ustawy z dnia 4 marca 2010 r. *o infrastrukturze informacji przestrzennej* (Dz. U. z 2010r. Nr 76, poz.489), nastąpiły w zakresie standardów technicznych. Z artykułu 35 tej ustawy wynika, że określone akty wykonawcze związane z informacjami przestrzennymi tracą moc obowiązującą i są uznawane jako uchylone od dnia 8 czerwca 2012 r. Dotyczy to szczególnie istotnego dla wcześniejszej praktyki geodezyjnej przepisów rozporządzenia MSWiA z dnia 17 maja 1999 r. *w sprawie określenia rodzajów materiałów stanowiących państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny, sposobu i trybu ich gromadzenia i wylączenia z zasobu oraz udostępniania zasobu* (Dz. U. Nr 49, poz. 493) oraz rozporządzenia MSWiA z dnia 24 marca 1999 r. *w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie*. Rozporządzenia te jako przepisy wykonawcze zachowały moc jeszcze przez okres 24 miesięcy od dnia wejścia w życie wspomnianej ustawy, po czym zostały uchylone. Z tego powodu od dnia 8 czerwca 2012 r. instrukcje z serii O, G, K przestały być obligatoryjnymi standardami technicznymi.

W myśl kluczowej dla funkcjonowania zawodowego geodetów, wielokrotnie poprawianej ustawy z dnia 17 maja 1989 r. *Prawo geodezyjne i kartograficzne* (tekst jednolity Dz. U. z 2010 r. Nr 193 poz. 1287) na podstawie zawartych w tekście ustawy delegacji, zamiast instrukcji jako standardy techniczne obowiązują odpowiednie rozporządzenia ministerialne. Ich wykaz został podany w ust. 1.7.2. W porównaniu z wymaganiami instrukcji przepisy rozporządzeń wprowadzają wiele istotnych zmian. Z tego względu warto zalecić Czytelnikom pobranie na własny użytek z witryny „Internetowy System Aktów Prawnych” (<http://isap.sejm.gov.pl>) pełnych tekstów wyżej wspomnianych ustaw oraz rozporządzeń związanych tematycznie z przerabianymi w szkole zagadnieniami.

Podręcznik *Geodezja II* składa się z szesnastu rozdziałów, z których część obejmuje podstawowe wiadomości z takich działów geodezji ogólnej jak: czynniki decydujące o jednolitości prac geodezyjnych na terenie Polski, kwestie związane ze szczegółowymi i pomiarowymi osnowami geodezyjnymi, począwszy od aktualnie stosowanych technologii ich zakładania, poprzez projektowanie, stabilizację punktów, pomiar i obliczenie.

Głównie z myślą o nauczaniu w technikum geodezyjnym, gdzie rachunek wyrównawczy nie stanowi odrębnego przedmiotu, lecz jest połączony z geodezją, w podręczniku znalazł się rozdział dotyczący wyrównania obserwacji oraz rozdział poświęcony metodom obliczeń geodezyjnych i, w którym niejako „odświeżyliśmy” nieco zapomniany w ostatnich latach, lecz dogodny do prowadzenia obliczeń geodezyjnych, rachunek krakowiano-
wy, którego twórcą był profesor UJ w Krakowie Tadeusz Banachiewicz (1882-1954).

Trzecią grupę zagadnień ujętych w tej książce stanowią wiadomości dotyczące niwelacji trygonometrycznej i tachimetrii. Ostatnia część podręcznika została poświęcona mapom ze szczególnym uwzględnieniem wektorowej mapy zasadniczej, generowanej w systemie teleinformatycznym na podstawie założonych uprzednio baz danych.

Pragnę w tym miejscu ponowić serdeczne podziękowania dla Pana Profesora Józefa Belucha z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za życzliwą ocenę, cenne korekty i wskazówki dotyczące I wydania w tego podręcznika, uwzględniane także w jego dalszych edycjach.

Andrzej Jagielski