

PRZYJMOWANIE DO ZASOBU KOLEJOWYCH OŚRODKÓW DOKUMENTACJI GEODEZYJNEJ I KARTOGRAFICZNEJ OPERATÓW Z POMIARÓW SATELITARNYCH¹

Andrzej Uznański

dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, e-mail: auznan@agh.edu.pl

Streszczenie. *Dzięki istotnemu wsparciu finansowemu na terenach kolejowych realizowana jest modernizacja na dużą skalę. Liczne odcinki robót wymagają równie licznych wykonawców na każdym etapie inwestycji. Firmy geodezyjne wchodzące na tereny kolejowe bez doświadczenia branżowego popełniają podstawowe i nieraz bardzo kosztowne błędy. Precyzyjne i spójne przepisy dają szansę na sprawną, prawidłową i terminową realizację inwestycji. Praca dotyczy tematyki związanej z przyjmowaniem i kontrolą dokumentacji z pomiarów satelitarnych przez Kolejowe Ośrodki Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Zwrócono uwagę na szczególną specyfikę tematyki opracowania. Przedstawiono regulacje prawne dotyczące stosowania pomiarów satelitarnych w Polsce, z uwzględnieniem przepisów branżowych dotyczących terenów kolejowych. Akcent położono na zawartość operatu z pomiarów satelitarnych oraz możliwość kontroli poprawności wykonanych pomiarów i obliczeń przez KODGiK.*

Słowa kluczowe: *Kolejowy Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, operat techniczny, kolejowa osnowa geodezyjna, statyczne pomiary satelitarne*

1. Wprowadzenie

W zakresie jakości składania i odbioru operatów geodezyjnych z pomiarów satelitarnych następuje w Polsce sukcesywny postęp. Nie mniej jest to zagadnienie, które nadal wymaga normalizacji i standaryzacji, gdyż w istotnym zakresie jest niedoprecyzowane, co sprzyja swobodnemu traktowaniu przez składających operaty jak i odbierających je, przy czym wymagania odbierającego są decydujące, choć nierzadko subiektywne. Ponadto stanowisko Głównego Geodety Kraju przedstawione w piśmie kierowanym do Lubuskiego WINGiK [3] sankcjonuje w ramach jednej struktury administracyjnej autonomiczność ośrodków i podkreśla indywidualną „interpretację i stosowanie obowiązującego prawa”. W tym aspekcie należy zwrócić uwagę, że w dalszym ciągu odczuwalny jest niewystarczający poziom wiedzy osób odpowiedzialnych za przyjmowanie operatów do zasobu.

¹ Praca wykonana w ramach badań statutowych, umowa nr 11.11.150.005

Praca porusza dość specyficzną tematykę, koncentrując się na branży, aczkolwiek w części dotyczącej stricte zagadnień związanych z operatami geodezyjnymi z pomiarów satelitarnych może być istotna w geodezji ogólnie.

Specyfika tematyki pracy wynika już z charakteru terenów, których dotyczy. Tereny kolejowe posiadają status terenów zamkniętych na mocy Ustawy [18]. Są to więc tereny o charakterze zastrzeżonym ze względu na obronność i bezpieczeństwo państwa. Granice obszaru zamkniętego określane są w drodze decyzji przez właściwych ministrów i kierowników urzędów centralnych. Dla terenów kolejowych była to Decyzja nr 42 Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2000 r. [1] Aktualizacje granic terenów zamkniętych pojawiają się w postaci cyklicznych decyzji, ostatnia z 15.10.2015 r. Ministra Infrastruktury i Rozwoju [2]. Dotyczą one w zasadzie wyłączenia niektórych obszarów należących do kolei z granic terenów zamkniętych. W przypadku terenów zamkniętych nie ma obowiązku zgłaszania prac geodezyjnych i kartograficznych oraz przekazywania wyników tych prac do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego. Dla terenów zamkniętych nie jest prowadzona mapa zasadnicza, a odrębne mapy, zawierające również podziemne uzbrojenie terenu. Prace geodezyjne i kartograficzne podlegają zgłoszeniu i przekazaniu wyników do Kolejowych Ośrodków Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (KODGiK), funkcjonujących w ramach struktur PKP S.A. W ewidencji gruntów prowadzonej przez starostwa powiatowe, powinny być zamieszczone uwagi informujące, że określona działka posiada status terenu zamkniętego oraz powinien być podany adres zarządcy nieruchomości gruntowej w strukturze PKP S.A.

Kolejowe Ośrodki Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (KODGiK) funkcjonują w ramach Wydziałów Geodezji i Regulacji Stanów Prawnych Departamentu Geodezji i Współpracy z Samorządami spółki PKP S.A. Obszary podlegające poszczególnym KODGiK przedstawia rys. 1 [23]. Zadania KODGiK obejmują [23]:

- ewidencjonowanie prac geodezyjnych prowadzonych na terenach zamkniętych,
- prowadzenie zasobu geodezyjnego złożonego z map sytuacyjno-wysokościowych, profili podłużnych linii kolejowych, geometrii osi torów i dokumentacji geodezyjnej,
- udostępnianie map sytuacyjno-wysokościowych terenów kolejowych,
- kontrolę opracowania i nadzór prac geodezyjno-kartograficznych wykonanych na terenach zamkniętych wraz z przyjęciem ich do zasobu KODGiK,
- informowanie właściwych starostw o zmianach wprowadzonych do ewidencji terenów zamkniętych oraz przekazywanie dokumentacji dotyczącej działek wyłączanych z ewidencji terenów zamkniętych.

W 2001 roku powstała grupa spółek PKP w wyniku procesu restrukturyzacji przedsiębiorstwa państwowego Polskie Koleje Państwowe. Zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej głównym celem takich przemian było rozdzielenie działalności przewozowej kolei od zarządzania liniami kolejowymi oraz utworzenie samodzielnych podmiotów prawa handlowego [6]. Z jednego przedsiębiorstwa

państwowego wyłoniono tzw. spółkę wiodącą (dominującą) PKP S.A. i kilkanaście tzw. spółek operatorskich, wśród nich, zajmującą się infrastrukturą, spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.



Rys. 1. Obszary w gestii KODGiK

Źródło: <http://pkpsa.pl/nieruchomosci/geodezja-i-kartografia>

W tym kontekście pojawił się kolejny czynnik specyficzny dla tematyki pracy, czyli funkcjonowanie dwóch struktur w ramach tematyki związanej z geodezją: Kolejowych Ośrodków Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (KODGiK) w ramach PKP S.A. oraz Biura Geodezji w spółce PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Zainteresowanie geodezją przez spółkę PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jest naturalną konsekwencją konieczności utrzymania infrastruktury kolejowej.

Kolejną swoistą kwestią tematyki jest składanie operatów technicznych w KODGiK w spółce PKP S.A., podczas gdy najaktualniejsze przepisy dla tematyki opracowania są wynikiem starań i autorstwa spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Wprawdzie podstawową dla wykonywania pomiarów geodezyjnych na terenach kolejowych jest „Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów

w geodezji kolejowej» D-19, aktualizowana w 2000 r. [13], jednak nie dostrzega ona w swoich zapisach pomiarów satelitarnych. Problematykę pomiarów satelitarnych porusza natomiast standard techniczny Ig-7 [11] PKP Polskich Linii Kolejowych S.A., dla którego spółka przygotowała podbudowę w postaci standardu technicznego Ig-6 [10], oraz kontynuację tematyki dla linii niezelektryfikowanych w postaci standardu technicznego Ig-8 [12].

2. Specyfika pomiarów satelitarnych w aspekcie geodezyjnych operatów technicznych

Ograniczenie tematyki pracy dotyczącej składania i odbioru operatów technicznych z pomiarów geodezyjnych tylko do zakresu pomiarów satelitarnych wynika w pewnej mierze z ich relatywnej nowości na terenach kolejowych, ale przede wszystkim z ich specyfiki dotyczącej zagadnienia jakości wyników pomiarów oraz możliwości kontrolowania poprawności ich uzyskania i wiarygodności. W operacie z pomiarów satelitarnych mamy do czynienia ze stykiem złożonej teorii zagadnienia oraz bardzo prostej realizacji pomiaru od strony technicznej i możliwości nawet automatycznego opracowania kameralnego. Takie zestawienie pozwala na stosowanie pomiarów satelitarnych przez osoby posiadające absolutnie minimalną wiedzę związaną z tą tematyką. W praktyce może to stanowić istotny problem. Można wskazać przypadki, że nawet osoby posiadające doświadczenie oddają opracowania niskiej jakości, mało wiarygodne i istotnie odbiegające od stanu faktycznego [20].

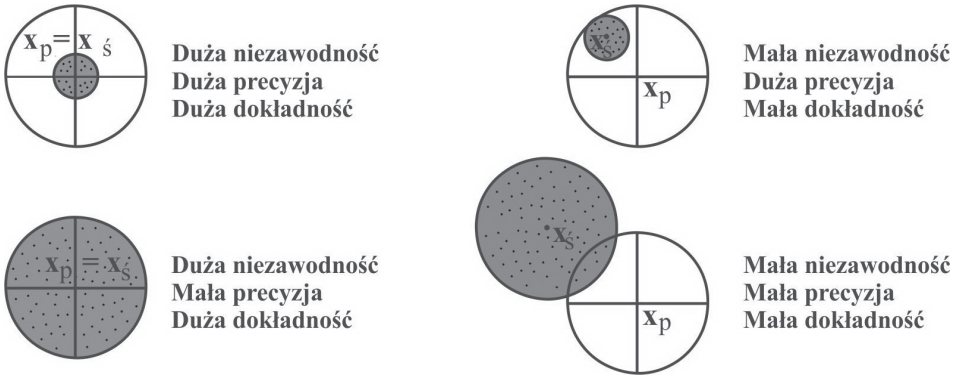
Wypada nadmienić, że pomiary naziemne mają natomiast dobrze utrwalone zasady realizacji i odbioru, choć i w ich zakresie można by analizować stosowanie najnowszych technologii.

Problematyka jakości wyników pomiarów satelitarnych była poruszana w publikacjach niejednokrotnie, także w ramach Zeszytów krakowskiego oddziału SITK [19, 20, 21, 22]. Na potrzeby opracowania przytoczone zostaną tylko podstawowe informacje, a szczegóły wraz z analizami materiałów obserwacyjnych można znaleźć między innymi w wymienionych źródłach.

W języku polskim nadal funkcjonuje wymiennosc stosowania pojęcia precyzji i dokładności. W przypadku pomiarów satelitarnych rozróżnianie tych pojęć ma szczególne znaczenie. Ponadto relatywnie rzadko pojawia się termin wiarygodności wyników związany z pojęciem niezawodności. Wzajemne relacje precyzji, dokładności i niezawodności przedstawia rys. 2 [20].

W znaczeniu precyzji potocznie najczęściej pojawia się termin powtarzalność, gdyż pojęcie to dotyczy skupienia obserwacji wokół średniej z nich. Miarą precyzji jest odchylenie standardowe, więc precyzję zawsze możemy obliczyć, gdy mamy minimum dwie wartości jakiejś wielkości. Stwierdzenie to wskazuje na konieczność występowania obserwacji nadliczbowych, aby możliwe było praktyczne oszacowanie jakości wyników pomiarów. Teoretycznie można posłużyć się założonymi

błędami instrumentalnymi obserwowanych wielkości, aby ocenić jakość wyników obliczeń. Wówczas mogą nie być poprawnie uwzględnione rzeczywiste warunki wykonania pomiaru i ich wpływ na wyniki.



Rys. 2. Ilustracja pojęć dokładności, precyzji oraz niezawodności, x_p - wartość prawdziwa, x_s - wartość średnia

Dokładność odnosi się do wartości prawdziwej mierzonych, czy też obliczanych wielkości, która nie jest znana. Jest to fundamentalna przyczyna problemów z estymacją niezawodności wyników, czyli możliwością stwierdzenia ich wiarygodności, gdyż duża niezawodność zawsze idzie w parze z dużą dokładnością (rys. 2). Podstawowa rozbieżność pojęć precyzji i dokładności wynika z występowania błędów o charakterze systematycznym. Cechą szczególną i istotną w przypadku pomiarów satelitarnych jest czasoprzestrzenna korelacja błędów, modelowanie obserwacji, czyli korzystanie z różnych modeli kilku zjawisk oraz różnicowanie obserwacji w algorytmie obliczeniowym z opcją skorzystania z w pełni automatycznego opracowania lub przy bardzo małej ingerencji użytkownika. Efektem jest możliwość uzyskania wysokiej precyzji wyników nawet zupełnie nieświadomie. Natomiast precyzyjne wyniki nie muszą być automatycznie i analogicznie dokładne i wiarygodne. Przykład opisany w [22] jest bardzo reprezentatywny dla przedstawionej sytuacji. Precyzja wykazana w operacie na poziomie 1 mm okazała się w pomiarze kontrolnym dokładnością na poziomie sięgającym nawet 47 mm.

Na tym przykładzie można postawić pytanie, czy uzyskując wysoką precyzję pomiarów konieczne jest uzyskanie również wysokiej dokładności? Jest to kluczowe zagadnienie dla ODGiK, zarówno kolejowych jak i powiatowych, gdyż w odbieranych operatach z pomiarów satelitarnych otrzymują informację o precyzji pomiaru. Natomiast postawienie równoważnego pytania, czy pomiar precyzyjny musi być także i wiarygodny, czyli odpowiadający prawdzie, zmniejsza ewentualne wątpliwości.

3. Charakterystyka przepisów związanych z pomiarami satelitarnymi

Podstawą funkcjonowania jednostek każdej administracji, państwowej czy branżowej, są przepisy na poprawne wykonanie zadań, które są w jej gestii, podlegają jej odbiorowi, kontroli i udostępnianiu, sformalizowane w dokumentach zróżnicowanej rangi.

Pomiary satelitarne długo czekały na ich formalne uwzględnienie w przepisach, szczególnie pomiary kinematyczne w czasie rzeczywistym RTK (Real Time Kinematic) oraz RTN (Real Time Network). Nie mniej zdecydowanie bardziej wiarygodne wyniki statycznych pomiarów satelitarnych również długo były problematyczne w odbiorze dla ODGiK. Dla pracowników ODGiK technologia satelitarna była zupełnie nieznaną nowością, z brakiem kontrolowalnych kątów i długości, a dla wykonawców bardzo efektywnym i ekonomicznym narzędziem. Powstawał więc często konflikt interesów. Kluczowe dla przyjmowania do zasobu wyników pomiarów satelitarnych, są kompetencje w tej tematyce, i to każdej ze stron.

Również ewolucja i zróżnicowanie rangi przepisów w przypadku pomiarów satelitarnych świadczą o niezbyt pewnym poruszaniu się w tematyce przez zainteresowane strony. Tematyka pomiarów satelitarnych po ok. 25 latach praktycznego funkcjonowania doczekała się zapisów począwszy od ustaw przez rozporządzenia, instrukcje, standardy techniczne, wytyczne, zalecenia, aż po poradnik, który jest świadectwem na aktualność i istotność edukacji w tym obszarze wiedzy.

Chcąc ująć w sposób uporządkowany tematykę przepisów regulujących wykonywanie, opracowywanie i składanie operatów technicznych z pomiarów satelitarnych realizowanych na terenach kolejowych należy zwrócić uwagę i dokonać podziału na:

A. Różne metody i procedury pomiarowe

Ze względu na bardzo istotne różnice konieczne jest rozróżnienie statycznych pomiarów satelitarnych oraz pomiarów kinematycznych w czasie rzeczywistym RTK, łącznie z ich siecią odmianą RTN. Wyniki pomiarów RTK/RTN są mniej dokładne i bardziej zawodne (mniej wiarygodne) w stosunku do wyników pomiarów statycznych. Precyzja obydwu rodzajów pomiarów może być zbliżona, co silnie zależy dla pomiarów RTK/RTN od aktywności jonosfery związanej z cyklami aktywności słonecznej.

B. Pomiary sytuacyjne i wysokościowe

Ze względu na geometrię rozwiązywanego w pomiarach satelitarnych zadania przestrzennego liniowego wcięcia wstecz, współrzędne sytuacyjne będą wyznaczane dokładniej niż wysokości. Orientacyjnie można sformułować zależność, że w przypadku pomiarów statycznych ok. dwukrotnie, w przypadku pomiarów RTK/RTN nierzadko trzykrotnie. Precyzja wyników może być w aspekcie rodzaju współrzędnych zróżnicowana jak opisano powyżej (szczególnie pomiary RTK/RTN) lub zbliżona (szczególnie dla pomiarów statycznych, przy nieznacznym i nieistotnie niższej precyzji dla wyznaczonych wysokości, np. o 1 mm).

C. Zakres obszarowo - merytoryczny obowiązywania przepisów

W przypadku pomiarów satelitarnych możemy wskazać, szeregując względem obszaru obowiązywania, przepisy GUGiK regulujące pomiary geodezyjne, przepisy spółki PKP S.A. uzupełniające przepisy GUGiK o tematykę specyficzną dla terenów kolejowych oraz określające zasady pracy KOD-GiK, a także przepisy PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. określające zasady prowadzenia pomiarów geodezyjnych na potrzeby utrzymania infrastruktury kolejowej.

D. Zakres stosowania pomiarów satelitarnych na terenach kolejowych

Ze względu na istotność dla pomiarów na terenach kolejowych szerzej analizowana będzie technologia statycznych pomiarów satelitarnych. Jest ona stosowana do wyznaczania współrzędnych punktów osnów geodezyjnych stanowiących odniesienie dla lokalizacji przestrzennej obiektów i infrastruktury kolejowej. Kluczowe na terenach kolejowych pojęcie skrajni wskazuje na znaczenie jakości wyników tych pomiarów.

E. Przepisy dotyczące: realizacji, opracowania i zasad złożenia operatu z pomiarów satelitarnych

Treść przepisów odnoszących się do pomiarów satelitarnych skłania do wyszczególnienia wprost etapów technologii statycznych pomiarów satelitarnych. Najczęściej regulacje dotyczą zasad wykonywania pomiarów satelitarnych. Najbardziej pomijaną w przepisach jest tematyka związana z opracowaniem obserwacji satelitarnych.

Echa sformułowanych powyżej kryteriów przeplatają się w różnym stopniu w różnych przepisach.

4. Przepisy związane z pomiarami satelitarnymi

W 2011 roku nastąpiła istotna zmiana w przepisach geodezyjnych. Straciły ważność instrukcje, w miejsce których pojawiło się Rozporządzenie w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego [14]. Powodem tej zmiany było odniesienie się po 14 latach do art. 87 Konstytucji RP z 1997 r. [7] stanowiącego, że „źródłami powszechnie obowiązującego prawa Rzeczypospolitej Polskiej są: Konstytucja, ustawy, ratyfikowane umowy międzynarodowe oraz rozporządzenia”. Zakres regulacji Rozporządzenia ograniczony jest do pomiarów sytuacyjno - wysokościowych. Rozporządzenie definiuje rodzaje satelitarnych technik pomiarowych oraz określa warunki konieczne dla możliwości ich stosowania. Ujęte w tytule standardy opracowywania i przekazywania wyników w zakresie pomiarów satelitarnych nie wnoszą zbyt wiele konkretnych treści. Jeden z paragrafów dotyczy „harmonizacji” danych przestrzennych objętych bazami danych ze zbiorami danych uzyskanymi z pomiarów GNSS, wskazując pośrednio na ich nad-

rzędność. Z kolei dane obserwacyjne osnów pomiarowych pozyskane z pomiarów naziemnych i satelitarnych powinny być wg Rozporządzenia wyrównane łącznie.

Można przy okazji zaakcentować problematykę terminologii i przytoczyć polemikę z [8]. W Rozporządzeniu w sprawie standardów w miejsce powszechnie używanego w geodezji pojęcia „obserwacji” wprowadzono termin „dane obserwacyjne”, interpretując, że obserwacje to czynność, a nie wynik pomiaru. Stoi to w sprzeczności z zapisem §9 Rozporządzenia o osnowach [15], mówiącym, że wyrównuje się obserwacje (czyli wg Rozporządzenia o standardach wyrównaniu podlegają „czynności”?). Przedstawiona sytuacja wskazuje, że problematyka przepisów w geodezji, a w szczególności dotyczących pomiarów satelitarnych, powinna być nadal przedmiotem opracowań.

W kontekście operatu technicznego Rozporządzenie w sprawie standardów stanowi, że na treść dokumentacji zawierającej rezultaty przetwarzania wyników pomiarów osnowy pomiarowej składają się dane obserwacyjne oraz ich błędy średnie po wyrównaniu. W tym miejscu znaczenia nabiera rozumienie problematyki pomiarów satelitarnych. W przypadku pomiarów naziemnych interpretacja jest prosta i dobrze rozpoznawana przez KODGiK oraz wykonawców. W przypadku pomiarów satelitarnych dane obserwacyjne to odczyty kodów i faz sygnałów satelitarnych, ewentualnie dodatkowo „obserwacje Dopplera”, czyli przesunięcia częstotliwości wywołane zjawiskiem Dopplera. Podchodząc do zagadnienia sumiennie należy wskazać, że w przypadku pomiarów RTN sytuacja de facto komplikuje się znacząco, ale problem nie jest wiodący dla tematyki opracowania i nie będzie przedmiotem rozważań. Problematyka danych obserwacyjnych ma zdecydowanie bardzo istotne znaczenie praktyczne dla KODGiK, kluczowe dla możliwości kontroli. Dane obserwacyjne ze statycznych pomiarów satelitarnych są rejestrowane przez odbiornik satelitarny w jego pamięci (wewnętrznej lub na karcie pamięci). W aspekcie KODGiK należy wymagać przekazania tych danych w formie elektronicznej. Wymóg wydruku, analogiczny do dzienników z pomiaru naziemnego, jest absolutnie bezsensowny. W pomiarach RTK/RTN rejestracja obserwacji jest wyłącznie opcjonalna i nie wszystkie odbiorniki satelitarne posiadają taką opcję.

W roku 2012 pojawiły się dwa kolejne Rozporządzenia, istotne z punktu widzenia tematyki pracy. Pierwsze, wspomniane już, dotyczące osnów [15] oraz drugie dotyczące państwowego systemu odniesień przestrzennych [16]. W Rozporządzeniu o osnowach zamieszczono standard techniczny zakładania i utrzymania osnów podstawowych i szczegółowych w postaci załącznika nr 1. Rozporządzenie dotyczy osnów krajowych: fundamentalnej, podstawowej bazowej i szczegółowej, wprowadzając niezależny od tego podziału, podział na trzy klasy. Nie dotyczy więc formalnie osnowy geodezyjnej i specjalnej na terenach kolejowych. Nie mniej zapisy Rozporządzenia mogą być pomocne w formułowaniu przepisów dla osnów na terenach kolejowych. Z punktu widzenia KODGiK, zapisy dotyczące osnów w sposób ogólny określają, że metody i technologie pomiaru stosowane przy zakładaniu osnów mają być tak dobrane, aby wykonawcy i organy Służby Geodezyjnej i Kartograficznej miały możliwość dokonywania kontroli na poszczególnych etapach tych prac, co ma polegać na co najmniej dwu-

krotnym niezależnym wykonaniu pomiarów i obliczeń, wykonaniu obserwacji nadliczbowych, porównaniu wyników pomiaru i obliczeń w celu wykrycia i eliminacji błędów grubych.

Rozporządzenie w sprawie systemu odniesień przestrzennych ma znaczenie podstawowe dla geodezji. Szczególne istotne jest dla możliwości stosowania niwelacji satelitarnej. Program Transpol w wersji 2.06 jest uzupełnieniem Rozporządzenia o zbiory danych określające wartości modeli wraz z opisem. Modele dotyczą: różnic współrzędnych pomiędzy układami odniesienia PL-ETRF2000 i PL-ETRF89, różnic wysokości normalnych pomiędzy układami wysokościowymi PL-EVRF2007-NH i PL-KRON86-NH oraz wysokości obowiązującej quasigeoidy PL-geoid-2011. Ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej mogą weryfikować poprawność stosowania państwowego systemu odniesień przestrzennych przez wykonawców wykorzystując ten program.

W 2008 roku powstał projekt wytycznych technicznych G1.12 „Pomiary satelitarne oparte na systemie precyzyjnego pozycjonowania ASGEUPOS” [4]. W dokumencie podjęto próbę uporządkowania tematyki związanej z realizacją pomiarów satelitarnych.

W 2011 roku opracowano ostatnią wersję Zaleceń technicznych GUGiK [5]. Dokument pozostaje na stronie systemu ASG-EUPOS z adnotacją o jego archiwalnym charakterze i chociaż jego zapisy są zgodne z obowiązującymi przepisami prawa jednakże nie mają charakteru normatywnego i nie mogą być traktowane jako obowiązujący standard techniczny wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych.

Dla kompletności wypada wspomnieć, że w 2013 roku GUGiK opracował Poradnik użytkownika ASG-EUPOS. Opracowanie nie ma charakteru przepisów, ale może być pomocne dla osób związanych zawodowo z tematyką pracy.

Na terenach kolejowych podstawowym opracowaniem geodezyjnym jest instrukcja D-19 [13] spółki PKP S.A z 2000 r. Przepisy instrukcji D-19 obejmują rodzaje robót geodezyjnych, „których technologia odbiega od pomiarów przedstawionych w instrukcji Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii”, a dotyczą głównie zasad pomiarów na obszarze kolejowym. W instrukcji nie ma żadnych odniesień do pomiarów satelitarnych. Jest to dokument archaiczny.

Najkonkretniejsze z istniejących zapisów dotyczących pomiarów satelitarnych na terenach kolejowych zawarto w standardzie technicznym Ig-7 spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Dokument nie jest pozbawiony wad i braków. Nie będą one jednak przedstawiane w niniejszym opracowaniu, gdyż były m.in. przedmiotem pracy [22], z którą można się zapoznać chcąc uzupełnić wiedzę w poruszanej tematyce. Na podkreślenie zasługuje fakt dostosowania w standardzie technicznym Ig-7 technologii wyznaczania współrzędnych punktów KOS (Kolejowej Osnowy Specjalnej) do pomiarów satelitarnych, uznając ich nadrzędną rolę w realizacji zagadnienia. Nie uwzględniono wprawdzie szczegółów wynikających np. z rozmaitych przypadków terenowych, ale wynik prac jest krokiem w słusznym kierunku.

5. Operat z pomiarów satelitarnych i jego przyjęcie do zasobu

Definicji wprost pojęcia operatu technicznego nie można się doszukać w przepisach. Chcąc przedstawić zagadnienie dotyczące przyjmowania do zasobu operatu technicznego z pomiarów satelitarnych wypada zwrócić uwagę na cel jego sporządzenia. Świadomość celu umożliwia sprawne dostosowywanie szczegółowych wymagań dla opracowań wykonywanych z wykorzystaniem pojawiających się technik pomiarowych z uwzględnieniem ich rozwoju. Aktualnie pojęcie operatu technicznego wiąże się z opracowaniem ujętym w formie pisemnej (wydruku) danego zagadnienia technicznego, które może być uzupełnione o jego kopię i załączniki w formie elektronicznej. W przypadku odbioru operatów przez jednostki administracji, najczęściej wymagane jest dostosowanie jego treści do przepisów sformułowanych dla danego zagadnienia. Należy oczekiwać, że dla jednostek administracji operaty będą z czasem przygotowywane tylko w wersji elektronicznej. Przemawia za tym m.in. konieczność ich archiwizacji. Rozporządzenie [17] stwierdza, że operaty techniczne zawierają rezultaty prac geodezyjnych i kartograficznych, wykonanych w związku z tworzeniem, weryfikacją lub aktualizacją baz danych oraz cyfrowe zbiory kopii dokumentów, wchodzących w skład tych operatów.

Wymogi stawiane zawartości operatu technicznego aktualnie mogą być ustalone arbitralnie. Można wymagać od wykonawcy dokumentowania zadania pomiarowego w sposób minimalny (szkic sieci, współrzędne wyrównane z błędami średnimi), maksymalny możliwy (pełny raport z oprogramowania do postprocesingu i wyrównania obserwacji satelitarnych). Najczęściej stosowana jest zasada, aby treść operatu z pomiarów satelitarnych odpowiadała operatowi z pomiarów naziemnych z podstawowym uwzględnieniem jego specyfiki, np. czas obserwacji, PDOP (Position Dilution of Precision), itp. Na podstawie operatu technicznego musi być możliwa ocena poprawności realizacji zadania zgodnie ze stawianymi wymogami (przepisy dla ODGiK, a także uzgodnienia, SIWZ dla Zleceniodawcy) i w jak najszerszym zakresie możliwość stwierdzenia prawdziwości podanych informacji. Ogólną tendencją jest próba zamieszczania w operacie produktu finalnego z ograniczeniem informacji o sposobie jego uzyskania, co oczywiście utrudnia lub uniemożliwia przeprowadzenie kontroli odbierającemu. Rozsądne sformułowanie wytycznych do składu operatu technicznego z pomiarów satelitarnych wymaga wiedzy o specyfice technologii pomiarowej, szczególnie jej słabszych stronach. W operacie powinny się znaleźć informacje, które odbierający jest w stanie zinterpretować, co oznacza, że musi dysponować odpowiednią wiedzą. Należy podkreślić, że przyjęcie operatu technicznego do zasobu uwiarygodnia zawarte w nim dane, na których może chcieć się oprzeć inny wykonawca przy realizacji swojego tematu pomiarowego.

We wspomnianych powyżej przepisach można znaleźć zapisy dotyczące składu operatu technicznego z pomiarów geodezyjnych oraz ze wskazaniem szczegółowym na pomiary satelitarne, co ma miejsce głównie w Zaleceniach [5]. Tematyka opracowania satelitarnych danych obserwacyjnych w przepisach zasadniczo nie jest rozwijana.

W przypadku określania szczegółowej zawartości operatu z pomiarów satelitarnych podstawowe znaczenie ma rodzaj zastosowanych pomiarów: statycznych lub RTK/RTN. Podstawową część operatu technicznego z pomiarów satelitarnych stanowi raport. W przypadku pomiarów RTK/RTN raport jest wygenerowany przez oprogramowanie odbiornika satelitarnego. Dla statycznych pomiarów satelitarnych raport tworzy oprogramowanie do postprocessingu i wyrównania obserwacji satelitarnych. W praktyce trudno spotkać sytuację, w której wyrównanie sieci satelitarnej przeprowadzono w innym oprogramowaniu niż był wykonany ich postprocessing.

Dla pomiarów kinematycznych w czasie rzeczywistym RTK/RTN operat techniczny opiera się praktycznie na raporcie wygenerowanym przez oprogramowanie odbiornika satelitarnego dedykowane temu celowi. Treść raportu zazwyczaj bazuje na Zaleceniach GGK [5]. Poza częścią raportu opisującą ustawienia odbiornika satelitarnego w trakcie pomiarów można wskazać dwie części składowe raportu, zawierające ten sam rodzaj danych:

- raport z pomiaru punktów kontrolnych;
- raport z pomiaru punktów wyznaczanych.

Pomiar kontrolny													
k	t	n	ΔX	ΔY	ΔZ	x	y	h	e	sat	PDOP	RMS 2D*	RMS 1D*
k'	t	n	ΔX	ΔY	ΔZ	x	y	h	e	sat	PDOP	RMS 2D*	RMS 1D*
Pomiar punktów													
pi	t	n	ΔX	ΔY	ΔZ	x	y	h	e	sat	PDOP	RMS 2D*	RMS 1D*

Rys. 3. Tabela raportu z pomiaru RTK/RTN punktów kontrolnych i wyznaczanych

Oznaczenia w tabeli:

k – punkt kontrolny pomierzony za pomocą pomiarów satelitarnych,

k' – punkt kontrolny *k* pomierzony za pomocą pomiarów satelitarnych przy ponownej inicjalizacji odbiornika satelitarnego,

t – czas rozpoczęcia pomiaru punktu,

n – typ rozwiązania nieoznaczoności: *fixed*, *phase*, *RTK/float/DGPS/SPP*,

ΔX , ΔY , ΔZ – przyrosty współrzędnych kartezjańskich w układzie WGS84,

x, *y* – współrzędne w lokalnym układzie współrzędnych,

h – wysokość normalna (wg Rozporządzenia [16] powinno być *H*) lub elipsoidalna,

e – liczba epok pomierzonych na punkcie,

sat – liczba satelitów, których sygnały odbiornik użył do wyznaczenia pozycji,

PDOP – bezwymiarowy współczynnik wpływu rozmieszczenia geometrycznego satelitów na precyzję wyniku,

RMS 2D – (Root MeanSquare) odchylenie standardowe dla 2 współrzędnych płaskich 1σ (poziom ufności 67%) w milimetrach (wg [5]),

RMS 1D – odchylenie standardowe dla wysokości 1σ (poziom ufności 68%) w milimetrach (wg [5]).

W praktyce odbioru operatów technicznych z pomiarów RTK/RTN najistotniejszą okazuje się wartość współczynnika PDOP. Należy zwrócić uwagę, że dotyczy on pozycji autonomicznej odbiornika satelitarnego. Operat techniczny takich pozycji nie zawiera. Ponadto statystycznie poziom ufności błędu średniego nie obejmuje co trzeciego wyniku pomiaru. Dyskusyjny jest też zapis o poziomie ufności opisanym dla pozycji 2D, jego wartość podano dla każdej współrzędnej traktowanej indywidualnie. W operacie technicznym dla pomiaru kontrolnego w wariancie minimalnym należy zamieścić wykaz współrzędnych punktów kontrolnych z ich różnicami w stosunku do wyników wykonanych pomiarów RTK/RTN.

W przypadku satelitarnych pomiarów statycznych operat powinien zawierać więcej treści, gdyż technologia opracowania jest bardziej złożona. Zwracano już uwagę, że pewne dane z pomiarów satelitarnych w operacie technicznym mają sens tylko w postaci elektronicznej. Przepisy najczęściej tematykę traktują zdawkowo wskazując na konieczność zamieszczenia raportu z postprocessingu i wyrównania danych obserwacyjnych. Treść raportu zależy od oprogramowania i z tego tytułu mogą występować istotne różnice w szczegółach treści.

Operat techniczny z satelitarnych pomiarów statycznych powinien zawierać m.in.:

- sprawozdanie techniczne,
- satelitarne dane obserwacyjne w postaci elektronicznej: własne wykonawcy w formacie odbiornika satelitarnego oraz formacie RINEX, referencyjne w formacie RINEX z podaniem rodzaju i źródła danych,
- wykaz ingerencji w dane obserwacyjne przed wykonaniem postprocessingu, przykładowo zmiana nazwy punktu na poprawną, korekta wysokości anteny satelitarnej nad punktem,
- szkice (czytelne) wektorów: wszystkich pomierzonych, wyznaczonych w postprocessingu z zarejestrowanych obserwacji satelitarnych, nierozwiązanych wraz z oznaczonymi punktami referencyjnymi dla pomiaru,
- wykaz wektorów pomierzonych, rozwiązanych i nierozwiązanych z nazwą programu obliczeniowego,
- wykaz punktów mierzonych z oznaczeniem: odbiornika satelitarnego i anteny satelitarnej (producent, model, typ), wysokości pionowej anteny nad punktem, daty pomiaru (początek - koniec pomiaru), interwału czasu trwania pomiaru
- wykaz wektorów przyjętych do wyrównania wraz z elementami macierzy wariacyjno-kowariancyjnej,
- raport z wyrównania MNK sieci liniowej wektorów satelitarnych (nazwa programu, szkice i wartości liczbowe),
- transformację współrzędnych z systemu WGS-84 do układu lokalnego: opis parametrów, nazwę wykorzystanego do przeliczenia oprogramowania, wynik obliczeń.

Należy zaznaczyć, że w operacie technicznym z pomiarów satelitarnych istotnym elementem powinno być poprawnie napisane sprawozdanie techniczne. Poprawność polega na stworzeniu osobie dysponującej odpowiednią wiedzą możliwości oceny prawidłowego wykonania wszystkich etapów w technologii statycznych pomiarów satelitarnych. Oprócz innych treści sprawozdanie techniczne powinno zawierać szczegółowy opis projektu i samej realizacji pomiaru.

Samo zestawienie wymaganej zawartości operatu technicznego z pomiarów satelitarnych jest w zasadzie tylko krokiem wstępnym. Konieczne jest rozumienie celu i znaczenia poszczególnych informacji, umiejętność interpretacji zamieszczonych danych, zdolność do określenia dopuszczalnego przedziału przyjmowanych wartości dla danych liczbowych w konkretnych sytuacjach pomiarowych itp. Ogólnie można ująć, że wiedza jest kluczowym aspektem zagadnienia.

6. Podsumowanie

Tematyka opracowania jest bardzo obszerna i praca jej nie wyczerpuje. Jest natomiast próbą zwrócenia uwagi na konieczność podjęcia działań w temacie, który nie jest postrzegany jako kluczowy. W przypadku inwestycji na terenie kolejowym geodezja jest traktowana raczej marginalnie. Można zwrócić uwagę, że traktując inwestycję jako łańcuch wzajemnych zależności, to będzie on tak silny, jak najsłabsze ogniwo. Można wymieniać błędy wykonawców kosztujące miliony złotych lub wymuszające wprowadzanie ograniczeń prędkości. O ile poprawność realizacji można w końcu wyegzekwować, to nieterminowości nie da się zniwelować. Medialnie opóźnienia są zawsze interpretowane, jako porażka inwestora, a nie wykonawcy. Szukanie winnych należy uznać za rzecz wtórną, gdyż istotą procesu inwestycyjnego jest jego terminowa i prawidłowa technicznie realizacja. Skoro relatywnie bardzo niewielkim kosztem można zdecydowanie poprawić jakość ogniwa geodezyjnego, to wypada uporządkować ten obszar. W tym miejscu należy nadmienić, że spółka PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. od lat podejmuje próby poprawy sytuacji w zakresie wykonawstwa geodezyjnego, przy zupełnie biernej postawie spółki PKP S.A., w gestii której jest podstawowa dla terenów kolejowych instrukcja D-19. Być może w spółce PKP S.A. nie ma potrzeby zmian lub świadomości o możliwości skutecznego, szybkiego i relatywnie niedrogiego poprawienia jakości pracy KODGiK, a przy tym komfortu pracy samych pracowników KODGiK. Z kolei próby regulacji podejmowane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. nie są doskonałe, niemniej należy je doceniać i ocenić jako zmiany w dobrym kierunku. Mimo, że opracowania są relatywnie nowe, można dostrzec powody do aktualizacji zapisów. Istotnym jest, aby kompetencje osób podejmujących się formułowania przepisów były wynikiem wiedzy bazującej na doświadczeniu, a nie tylko na badaniach literaturowych i najniższej cenie. Pozytywny efekt można osiągnąć przy równoczesnej znajomości specyfiki pomiarów na terenach kolejowych i nowoczesnych technologii pomiarów geodezyjnych.

Aktualnie przepisy więcej uwagi poświęcają najpopularniejszej wśród geodetów technice sieciowych pomiarów satelitarnych w czasie rzeczywistym RTN. Na terenach kolejowych ich znaczenie jest mniejsze niż pomiarów statycznych, które służą do wyznaczania współrzędnych punktów osnowy.

Istniejące przepisy problematykę pomiarów satelitarnych najobszerniej traktują od strony wytycznych realizacji takich pomiarów. W praktyce jakość wyników pomiarów satelitarnych zależy istotnie od doświadczenia wykonawcy, gdyż warunki realizacji pomiarów często odbiegają od zalecanych. Kwestia zasad opracowania satelitarnych danych obserwacyjnych zasadniczo nie jest poruszana. Wzmiankowane są najczęściej efekty opracowania tych danych.

Operat techniczny z pomiarów kinematycznych w czasie rzeczywistym RTK/RTN jest praktycznie niekontrolowalny, w przeciwieństwie do samego pomiaru. Jedyną rzetelną formą kontroli jest pomiar wybranych punktów ujętych w operacie przez pracownika ODGiK. Wykonywane przez PODGiK sporadyczne kontrole terenowe ujawniają rozbieżności wyników nierzadko na poziomie decymetrów.

Pracownicy KODGiK nie mają możliwości technicznych praktycznej kontroli wyników pomiarów geodezyjnych. Większe możliwości kontroli daje opracowanie satelitarnych pomiarów statycznych. Wychodzenie w teren nie jest konieczne lub konieczne rzadko, ale „rekompensuje” to wymóg posiadania znacznie szerszej wiedzy z zakresu pomiarów satelitarnych.

W praktyce nadal podstawowym założeniem odbierającego jest zaufanie do prawdziwości treści zawartych przez wykonawcę w operacie. Kontrola najczęściej polega na stwierdzeniu ujęcia w operacie odpowiedniego zakresu treści bez szerszego i szczegółowego odnoszenia się do samych treści.

Można zwrócić uwagę na dwa obszary wzajemnych powiązań w zakresie problematyki geodezyjnej, co powinno skutkować wpływem na spójność przepisów, standardów wykonywania i opracowywania pomiarów satelitarnych. Pierwszy obszar powiązań pojawia się w ramach samych terenów kolejowych, jako że geodezja jest w strefie zainteresowań jednostek dwóch spółek: PKP S.A i PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Drugi obszar powiązań wykracza poza branżę i związany jest z cyklicznymi decyzjami właściwego ministra o wyłączeniu niektórych obszarów kolejowych z granic terenów zamkniętych. Jeżeli teren utracił charakter terenu zamkniętego, zarządzający nim obowiązany jest przekazać właściwemu staroście dokumentację geodezyjną i kartograficzną oraz sporządzone mapy w celu włączenia ich do zasobu państwowego.

Bibliografia

- [1] Decyzja Nr 42 Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 28 grudnia 2000 r. w sprawie ustalenia terenów, przez które przebiegają linie kolejowe, jako terenów zamkniętych. Dziennik Urzędowy Ministerstwa Transportu i Gospodarki Morskiej nr 7, poz. 49.
- [2] Decyzja Nr 23 Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 15. października 2015 r. w sprawie ustalenia terenów, przez które przebiegają linie kolejowe, jako terenów zamkniętych. Dz.Urz.MiR 2015 poz. 52.
- [3] Główny Geodeta Kraju: Stanowisko GGK dot. zakładania osnowy pomiarowej techniką RTK / RTN. Warszawa 17.01.2014 r.
- [4] Główny Geodeta Kraju, Wytyczne techniczne G 1.12: Pomiary satelitarne GNSS oparte na systemie precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS. Warszawa 2008.
- [5] GUGiK, Zalecenia Techniczne, Pomiary satelitarne GNSS oparte na systemie stacji referencyjnych ASG-EUPOS. Warszawa 2011.
- [6] Kampczyk A.: Geodäsie im Investitionsbauprozess auf den Bahngeländen in Polen. Bautechnik 2014 Jg. 91 H. 6, s. 409–413.
- [7] Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. nr 78, poz. 483).

- [8] Pażus R., Aby język giętki... .Magazyn Geoinformacyjny Geodeta nr 8 (207) 2012.
- [9] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Standard techniczny określający zasady i dokładności pomiarów geodezyjnych dla zakładania wielofunkcyjnych znaków regulacji osi toru Ig-7. Załącznik do zarządzenia Nr 27/2012 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 19 listopada 2012 r.
- [10] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Wytyczne dla osadzania znaków regulacji osi toru na konstrukcjach wsporczych (słupach) sieci trakcyjnej Ig-6. Załącznik do zarządzenia Nr 24/2011 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 lipca 2011 r.
- [11] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Standard techniczny określający zasady i dokładności pomiarów geodezyjnych dla zakładania wielofunkcyjnych znaków regulacji osi toru Ig-7. Załącznik do zarządzenia Nr 27/2012 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 19 listopada 2012 r.
- [12] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Standard techniczny określający zasady i dokładności pomiarów geodezyjnych dla zakładania wielofunkcyjnych znaków regulacji osi toru na liniach niezelektryfikowanych Ig-8. Załącznik do zarządzenia Nr 12/2013 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 25 czerwca 2013 r.
- [13] PKP S.A., Instrukcja o organizacji i wykonaniu pomiarów w geodezji kolejowej D-19. Załącznik do Zarządzenia Nr 144 Zarządu PKP z dn. 23 października 2000 r.
- [14] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn. 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz.U. nr 263, poz. 1572).
- [15] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dn. 14.02.2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych (Dz. U. 2012 poz. 352).
- [16] Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 15.10.2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2012 poz. 1247)
- [17] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 5 września 2013 r. w sprawie organizacji i trybu prowadzenia państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz.U. 2013 poz. 1183).
- [18] Ustawa z dnia 17 maja 1989 roku prawo geodezyjne i kartograficzne wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2015 poz. 520 z późn. zm.).
- [19] Uznański A., Estymacja precyzji i dokładności wyników RTN w odniesieniu do sieci ASG-EUPOS. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, z. 149, s. 595–610, Kraków, 2009.
- [20] Uznański A., Niezawodność pomiarów geodezyjnych w zintegrowanej osnowie kolejowej. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia In-

- żynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, z. 154, Kraków 2010.
- [21] Uznański A., Niwelacja satelitarna RTK GPS I RTN. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej. Oddział w Krakowie, z. 154. s. 633–650. Kraków, 2010.
- [22] Uznański A., Kolejowa osnowa geodezyjna – przepisy oraz praktyka pomiarowa. Drogi Kolejowe. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej, Oddział w Krakowie, Nr 2 (101), Kraków 2013.
- [23] <http://pkpsa.pl/nieruchomosci/geodezja-i-kartografia/informacje-ogolne.html>.