INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 2/II/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 159–170
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Monika Mika

BADANIE WPŁYWU ODDZIAŁYWAŃ SZTUCZNEGO POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA WYNIKI POMIARÓW GEODEZYJNYCH POZYSKANYCH TECHNIKĄ RTK

IMPACT OF THE EFFECTS OF ARTIFICIAL ELECTROMAGNETIC FIELD ON MEASUREMENT RESULTS OF GEODESIC OBTAINED IN RTK TECHNIQUE

Streszczenie

W podjętym zakresie badań autorka publikacji analizuje wpływ pola elektromagnetycznego zakresu niejonizującego, na wyniki geodezyjnych pomiarów z wykorzystaniem technik satelitarnych pozyskiwania danych. Publikacja ta stanowi pierwszy z cyklu artykułów tematycznie związanych z tym zagadnieniem, które będą publikowane w najbliższym czasie.

Pomiar testowy, którego wyniki są przedmiotem niniejszej publikacji, zrealizowano w bliskiej odległości napowietrznych linii elektroenergetycznych wysokiego i średniego napięcia. W związku z aktywnością tej linii (przepływem prądu) – z całą pewnością można stwierdzić, że badania przeprowadzono w zasięgu działania silnego strumienia fali elektromagnetycznej. Prace terenowe poprzedzone zostały wywiadem terenowym, który składał się z wielu czynności, mających na celu wybór optymalnego miejsca założenia bazy pomiarowej. Do pomiaru tachimetrycznego punktów bazy wykorzystano następujące instrumenty: Topcon GTS 211D i South NTS 325. Obserwacje satelitarne metodą RTK, były możliwe dzięki zestawowi pomiarowemu firmy Topcon w skład, którego wchodził odbiornik GPS GR-3. Dane z pomiarów opracowane zostały z wykorzystaniem programu WinKalk oraz arkuszy kalkulacyjnych.

Efektem finalnym przeprowadzonych prac było porównanie uśrednionych współrzędnych z pomiarów RTK i pomiarów tachimetrem. Uzyskano w ten sposób odchyłki dx, dy i dz. Zestawiono je dla wszystkich punktów łącznie w tabeli 1.

Słowa kluczowe: pole elektromagnetyczne, pomiary geodezyjne, technika RTK

Summary

In the paper author take into consideration the impact of electromagnetic field to the results of geodetic measurements using the techniques of satellite data acquisition. This publication is the first of the articles thematically related to this issue, which will be published in the near future by the author.

The measurements were made in close proximity of overhead line electrification of the high and medium voltage. In connection with the activity of this line (power flow) – certainly it can be concluded that the studies were carried out in the scope of action of a strong stream of electromagnetic field. The work of the field have been preceded by reconnaissance, which consisted of a number of operations aimed at the selection of the optimal space measuring base assumptions. To measure the tacheometer of database uses the following instruments: Topcon GTS 211D and South NTS 325. Observation satellite method of RTK, were made possible by the set measurement company Topcon in composition, which included a GPS receiver GR-3. Data from measurements have been developed with the use of WinKalk and spreadsheets.

The final result of the work carried out was the comparison of the average coordinate RTK and tacheometer measurements. Obtained results are presented in the Table 1.

Key words: *electromagnetic fields, geodesy measurements, RTK technique*

WSTĘP

Dynamika postępu technicznego we współczesnej cywilizacji sprawia, że otoczenie w którym żyjemy jest naznaczone wpływem oddziaływania różnego rodzaju promieniowania, emitowanego niejednokrotnie nawet przez urządzenia codziennego użytku. Wytwarzają one przeważnie fale elektromagnetyczne o niskiej częstotliwości. Oprócz tego falę elektromagnetyczną emitują również urządzenia przemysłowe, energetyczne stacje rozdzielcze, transformatory oraz energetyczne linie przemysłowe, a nawet komórki GSM. W literaturze coraz częściej pojawiają się publikacje na temat wpływu tej emisji na zdrowie człowieka i otaczającego go środowiska przyrodniczego.

Jak podano w [www.polaelektromagnetyczne] w przyrodzie występują dwa rodzaje źródeł pola elektromagnetycznego (PEM): naturalne i sztuczne. Źródłami naturalnymi są głównie Kosmos i Ziemia. Dodatkową klasyfikację tych źródeł stanowi podział ze względu na dwa podstawowe zakresy: pole niejonizujące i pole jonizujące.

W literaturze tematycznej z zakresu PEM coraz częściej przewijają się wątki ewentualnej szkodliwości promieniowania elektromagnetycznego w zakresie oddziaływań na jakąś sferę świata roślin, zwierząt czy ludzi. Paradoksalnie można również odnaleźć wiele opracowań naukowych na temat bardzo pozytywnej roli tego promieniowania np. zastosowań leczniczych w medycynie.

Mało jest natomiast informacji na temat ewentualnych wpływów fali elektromagnetycznej na wyniki pomiarów satelitarnych.

W podjętym temacie autorka bada wpływ pola elektromagnetycznego zakresu niejonizującego, na wyniki geodezyjnych pomiarów z wykorzystaniem technik satelitarnych pozyskiwania danych. Publikacja ta stanowi pierwszy z cyklu artykułów tematycznie związanych z tym zagadnieniem, które będą publikowane w najbliższym czasie.

Inspiracją do podjęcia tematyki badań była publikacja [Gocał i inni 1999], a jej efektem praca [Ciepla, Dzięciołowski 2009], której wyniki częściowo wykorzystano w metodyce badań i analizie wyników..

ZAGADNIENIE POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO (PEM)

W niniejszym rozdziale podano informacje podstawowe z zakresu sztucznej fali elekromagnetycznej oraz urządzeń emitujących falę elektromagnetyczną, których nazewnictwo będzie używane w publikacji.

Spośród występujących w terenie urządzeń emitujących falę elektromagnetyczną - najczęściej spotyka się staje transformatorowe, w których następuje rozdzielanie energii elektrycznej przy różnych poziomach napięć. Są one wyposażone w transformatory lub przekształtniki prądu przemiennego na stały. Pracując w pobliżu tych urządzeń geodeta znajduje się w polu oddziaływania fali elektromagnetycznej.

Według www.wikipedia w skład stacji transformatorowych wchodzą: transformator, rozdzielnia średniego napięcia, oraz rozdzielnia niskiego napięcia.

Stacja transformatorowa zasilana może być z linii napowietrznej lub linii kablowej.

Wyróżnia się następujące rodzaje stacji:

- słupowe (napowietrzne),
- wnętrzowe,
- kontenerowe, małogabarytowe (miejskie, wolnostojące),
- mobilne (przewoźne).

Stacje elektroenergetyczne nazywane są czasem stacjami transformatorowymi.

Falę elektromagnetyczną można zdefiniować jako [www.polaele ktromagnetyczne] falę, emitowaną przez drgający ładunek (zwykle elektron), złożoną z dwóch drgających pól: elektrycznego i magnetycznego, które wzajemnie się odtwarzają. Falę taką traktować możemy jako przenoszenie drgań pola elektromagnetycznego od jednego punktu przestrzeni do drugiego. Przykładem fal elektromagnetycznych mogą być fale radiowe, mikrofale, podczerwień, światło widzialne, nadfiolet, promienie Roentgena i promieniowanie gamma.

W tabeli 1 przedstawiono klasyfikację promieniowania elektromagnetycznego ze względu na źródła promieniowania.

Tabela 1. Klasyfikacja promieniowania elektromagnetycznego ze względu na źródła promieniowania
Table 1. Classification of electromagnetic fields related to sources

PEM			
ŹRÓDŁA NATURALNE		ŹRÓDŁA SZTUCZNE	
Zakres jonizujący	**Zakres niejonizujący**	**Zakres jonizujący**	**Zakres niejonizujące**
Kosmos	Kosmos	generatory promieniowania rentgenowskiego	sieci elektroenergetyczne
Słońce	wyładowania atmosferyczne	sztucznie wytwarzane izotopy	instalacje i urządzenia elektryczne
Złoża pierwiastków promieniotwórczych	Ziemia	urządzenia medyczne wykorzystujące „bomby kobaltowe”	indukcyjne urządzenia przemysłowe
	prądy i pływy morskie	lampy sterylizacyjne pracujące w paśmie nadfioletu	nadajniki radiowo – telewizyjne
		reaktory atomowe (pośrednio)	nadajniki radiokomunikacyjne
		próby nuklearne	nadajniki telefonii komórkowych
			urządzenia sterowania bezprzewodowego (radiowego) i nadzoru

Źródło: opracowanie własne.
Source: own development.

Pomiar testowy, którego wyniki są przedmiotem niniejszej publikacji zrealizowano w bliskiej odległości napowietrznych linii elektroenergetycznych wysokiego i średniego napięcia. W związku z aktywnością tej linii (przepływem prądu) – z całą pewnością można stwierdzić, że badania przeprowadzono w zasięgu działania silnego strumienia fali elektromagnetycznej.

ROZWIĄZANIA PRAWNE EMISJI FALI.

W celu ochrony przed nadmierną emisją poziomu promieniowania elektromagnetycznego oraz jego ewentualnymi ujemnymi oddziaływaniami na środowisko naturalne powstały w Polsce następujące przepisy prawa:

– Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27kwietnia 2001 r. – Dziennik Ustaw Nr 62/01, poz. 627, obowiązująca od 01.10.2007 r.

– Ustawa z dnia 24.02.2006 r. o zmianie ustawy prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw – Dziennik Ustaw Nr 50/06 poz. 360.

– Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku

oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów – Dziennik Ustaw Nr 192/03 poz. 1883.

– Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy – Dziennik Ustaw Nr 217/02 poz. 1833.

– Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2004 r. w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko.

Przepisy te określają między innymi, dopuszczalne wartości pól elektromagnetycznych w środowisku oraz opisują sposoby sprawdzania dotrzymywania tych wartości. Są to bardzo ważne ustalenia ze względu na bezpieczeństwo życia ludzkiego i ochronę środowiska naturalnego.

Poziom tego promieniowania można sprawdzić za pomocą odpowiednich urządzeń, zwanych miernikami.

PRZEDSTAWIENIE METODYKI BADAŃ

Prace terenowe poprzedzone zostały wywiadem terenowym, który składał się z wielu czynności, mających na celu wybór optymalnego miejsca założenia bazy pomiarowej. Najważniejsze było zlokalizowanie w terenie punktów państwowej osnowy geodezyjnej, które potrzebne było do nawiązania pomiarów klasycznych z wykorzystaniem tachimetru. Dodatkowo , teren musiał zapewnić optymalne warunki pomiarów satelitarnych. Sprawdzono wizury pomiędzy punktami osnowy i punktami zaprojektowanej bazy pomiarowej oraz prześledzono liczbę widocznych satelitów w wybranym terenie. Przeprowadzony w ten sposób wywiad pozwolił na taki wybór lokalizacji obiektu pomiarowego aby horyzont był możliwie jak najbardziej odkryty, ze szczególnym uwzględnieniem jego południowej części.

Utworzono następujący plan kampanii pomiarowej GPS RTK:

– liczba pomiarów na pojedynczym punkcie – 60 (6sesji×10epok)
– liczba inicjalizacji odbiornika i logowań do system – 6
– czas pojedynczego pomiaru na punkcie – 10”
– oczekiwana dokładność pomiarów – ± 0.030 m

– Z kolei metodyka wykonania pomiarów klasycznych (tachimetrycznych) przedstawiała się następująco:

– liczba pomiarów na pojedynczym punkcie – 10
– wszystkie punkty bazy pomiarowej mierzone z jednego stanowiska
– oczekiwana dokładność – ± 0.030 m

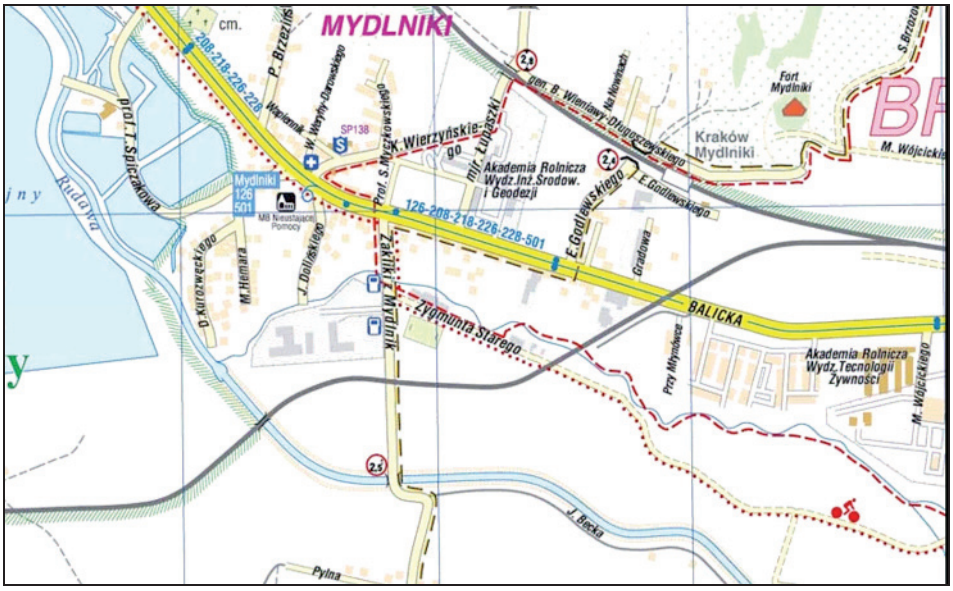
Do pomiaru tachimetrycznego punktów bazy posłużył tachimetr Topcon GTS 211D. W celu uniknięcia ewentualnych błędów wynikających z działania

samego sprzętu, do pomiarów wykorzystano dodatkowo instrument firmy South NTS 325. Obserwacje satelitarne metodą RTK, były możliwe dzięki zestawowi pomiarowemu firmy Topcon w skład, którego wchodził odbiornik GPS GR-3.

Odbiornik Topcon GR-3 to pierwszy odbiornik G3 RTK, przystosowany do odbioru sygnałów wszystkich istniejących systemów satelitarnych: GPS, GLONASS oraz budowanego GALILEO. Najistotniejszymi parametrami każdego odbiornika GPS są bez wątpienia dokładności, otrzymywane w trakcie pomiaru terenowego. Użyty do pomiarów typ odbiornika cechuje sie dokładnością na poziomie ±10 mm+1 ppm (Hz) i ±15 mm+1 ppm (V) dla pomiarów metoda RTK. [www.tpi.com.pl]

Pomiar klasyczny punktów bazowych wykonano przy użyciu tachimetru GTS-211D. Pomimo, że nie jest to najnowszy typ tachimetru elektronicznego firmy Topcon , wciąż posiada zadawalające parametry użytkowe.

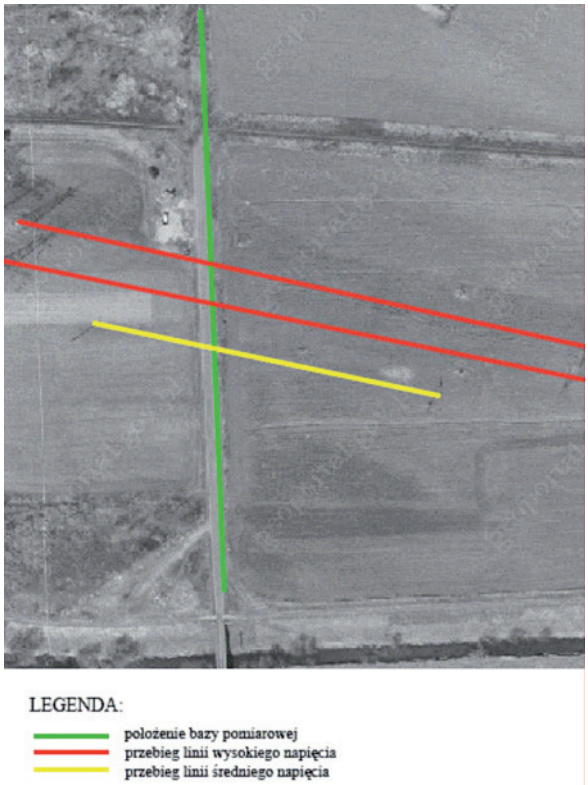
Bazę pomiarową założono na terenie dzielnicy Mydlniki, w Krakowie, w pobliżu napowietrznych linii energetycznych wysokiego i średniego napięcia w okolicy ulicy Zakliki, tak jak przedstawiają to ryunki 1 i 2.



Rysunek 1. Położenie bazy pomiarowej[http://maps.geoportal.gov.pl]
Figure 1. Position the measuring base. Source: [http://maps.geoportal.gov.pl]

Czynniki, które zdecydowały w wyborze miejsca pomiarów, to przede wszystkim: odsłonięty horyzont i położenie linii energetycznych wysokiego i średniego napięcia, przecinające niemal prostopadle planowane miejsce założenia bazy. Dodatkowym atutem tego miejsca, z punktu widzenia przedmiotu ba-

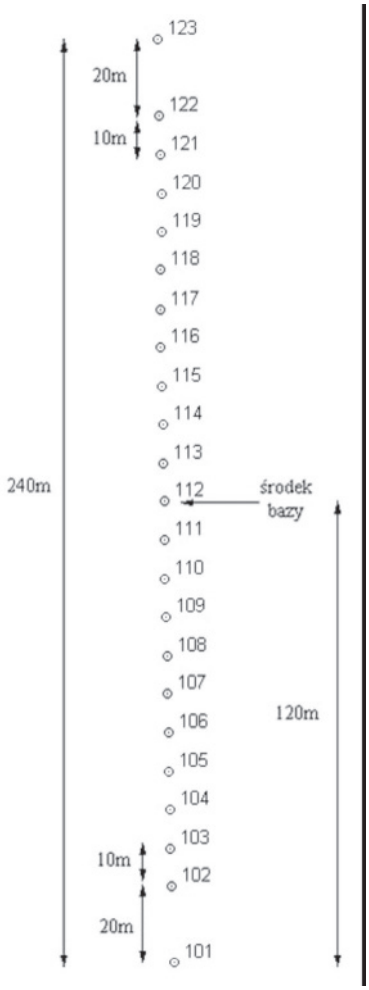
dań, był brak wysokich budynków i masztów telefonii komórkowej w najbliższej okolicy, które mogłyby wpłynąć niekorzystnie na wyniki pomiarów satelitarnych



Źródło: Ciepla, Dzięciołowski 2009
Source: Ciepla, Dzięciołowski 2009

Rysunek 2. Schemat przebiegu linii energetycznych w stosunku do bazy pomiarowej
Figure 2. Energy lines in relation to the measuring base diagram

Punkty bazy pomiarowej rozmieszczono na odcinku 240 m wzdłuż drogi, prostopadle do linii energetycznych (rys. 3). Odległość pomiędzy poszczególnymi punktami wynosiła 10 m, za wyjątkiem pierwszego (pkt.101) i ostatniego punktu (pkt.123), gdzie zwiększono ją do 20m. Punkty rozmieszczono tak, by środek bazy (pkt. 112) znajdował sie pod linią wysokiego napięcia, a pozostałe na odcinku 120 m na północ i południe od pkt.112.



Źródło: Ciepla, Dzieciołowski 2009
Source: Ciepla, Dzieciołowski 2009

Rysunek 3. Szkic bazy pomiarowej
Figure 3. Sketch the measuring base

Do stabilizacji 23 punktów utyto stalowych gwoździ pomiarowych. Zostały one wbite w asfalt przy krawędzi drogi, tak by uniknąć naruszenia ich przez pojazdy.

Pomiar tachimetryczny punktów bazy przeprowadzono zgodnie z ustaleniami zawartymi w planie kampanii pomiarowej dla metody klasycznej, na stanowisko pomiarowe zaadaptowano punkt 1440 państwowej osnowy geodezyjnej

III klasy. Z niego przeprowadzono pomiary wszystkich elementów bazy pomiarowej. Na każdym z 23 punktów bazy i punktach osnowy kolejno były wykonywane następujące czynności: ustawienie statywu z reflektorem, centrowanie i poziomowanie, dwukrotny pomiar wysokości instrumentu oraz dziesięciokrotny pomiar tachimetrem katów i odległości. Wszystkie obserwacje były kontrolowane na bieżąco w trakcie pomiaru, a następnie rejestrowane w pamięci wewnętrznej tachimetru. Po zakończeniu obserwacji na ostatnim punkcie bazy, przeprowadzono dodatkowo kontrolny pomiar na punkcie nawiązania.

Pomiar RTK zastabilizowanych punktów testowych bazy, z wykorzystaniem zestawu pomiarowego firmy Topcon, składającego sie z odbiornika GPS GR-3 i kontrolera FC-200 wykonany został w dniu następnym, w podobnych warunkach pogodowych i czasowych. Metoda GPS RTK, obejmowała pomiar punktów państwowej osnowy geodezyjnej III klasy oraz 23 punktów bazy pomiarowej. Pomiar przeprowadzono w sześciu seriach. Każda seria pomiarowa przebiegała według następującej kolejności prac: inicjalizacja odbiornika, zalogowanie do systemu, ustawienie parametrów obserwacji, pomiar na punktach osnowy geodezyjnej, pomiar na 23 punktach bazy pomiarowej, wylogowanie z systemu oraz wyłączenie odbiornika. Pojedynczy pomiar na punkcie składał sie z obserwacji 10 epok w interwałach jednosekundowych. Dawało to liczbę 60 obserwacji jednego punktu w ciągu 6 serii.

Ze względu na cel przeprowadzanych badań, którym było uchwycenie ewentualnego oddziaływania linii energetycznych na wyniki pomiarów GPS RTK, na bieżąco kontrolowano precyzje wyznaczania współrzędnych X,Y,H. Wartości te wahały sie na poziomie od 3 do 8 mm (dla współrzędnych płaskich) oraz od 4 do 9 mm (dla współrzędnych wysokościowych).

OPRACOWANIE I ANALIZA WYNIKÓW

Dane z pomiarów opracowane zostały z wykorzystaniem programu WinKalk oraz arkuszy kalkulacyjnych. Ze względu na ograniczoną ilość stron niniejszej publikacji, w tym miejscu autorka przedstawia jedynie fragmenty operatu pomiarowego. Całość opracowania zawarta jest w pracy [Ciepla, Dzięciołowski 2009], której autorka publikacji była promotorem i sprawowała opiekę merytoryczną na każdym etapie jej realizacji.

Efektem finalnym przeprowadzonych prac było porównanie uśrednionych współrzędnych z pomiarów RTK i pomiarów tachimetrem. Uzyskano w ten sposób odchyłki dx, dy i dz. Zestawiono je dla wszystkich punktów łącznie w tabeli 1.

Wartości tych odchyłek zawierają sie przedziałach od 0,028m do 0,050 m dla współrzędnych x, od 0,001m do 0,021 m dla współrzędnych y oraz od 0,005m do 0,033 m dla współrzędnych z

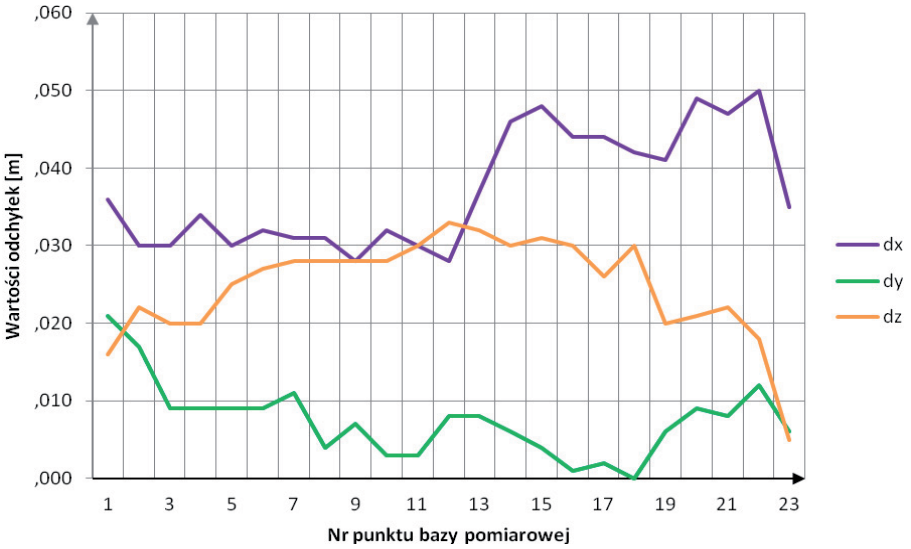
Średnie wartości są na poziomie: 0.037 m (dla x), 0.004 m (dla y) oraz 0.024 m (dla z).

Podobne wartości zauważono w zestawieniu współrzędnych punktów osnowy geodezyjnej (wykorzystanej do pomiarów), ze współrzędnymi tych samych punktów pomierzonych odbiornikiem GPS. Na podstawie artykułu prof. Romana Kadaja pt."Jak rachować pomiary GPS?" wywnioskowano, że rozbieżność ta może być wynikiem pewnej niespójności lokalnej i globalnej realizacji układu odniesienia [NAWI 1/2009].

Tabela 1. Zestawienie odchyłek na podstawie uśrednionych współrzędnych z pomiarów RTK i pomiarów tachimetrem

Table 1. Summary of defects based on averaged coordinates measurement of RTK and tacheometer

Punkt	dx	dy	dz
1	0,036	0,021	0,016
2	0,030	0,017	0,022
3	0,030	0,009	0,020
4	0,034	0,009	0,020
5	0,030	0,009	0,025
6	0,032	0,009	0,027
7	0,031	0,011	0,028
8	0,031	0,004	0,028
9	0,028	0,007	0,028
10	0,032	0,003	0,028
11	0,030	0,003	0,030
12	0,028	0,008	0,033
13	0,037	0,008	0,032
14	0,046	0,006	0,030
15	0,048	0,004	0,031
16	0,044	0,001	0,030
17	0,044	0,002	0,026
18	0,042	0,000	0,030
19	0,041	0,006	0,020
20	0,049	0,009	0,021
21	0,047	0,008	0,022
22	0,050	0,012	0,018
23	0,035	0,006	0,005



Rysunek 4. Wykres odchyłek uśrednionych współrzędnych z pomiarów RTK i pomiarów tachimetrem

Figure. 4. Chart of defects averaged coordinate measurement of RTK and tacheometer

Wyniki przeprowadzonych badań nie wykazały znaczącego spadku dokładności pomiarów przy wykorzystaniu metody GPS RTK w stosunku do wyników otrzymanych z pomiaru klasycznego przy użyciu tachimetru. Wyniki pomiaru współrzędnych dwoma metodami nie wykazują wyraźnych różnic w bezpośrednim sąsiedztwie linii elektroenergetycznych. Przyjęta metodyka prac nie dała spodziewanych wyników, stała się jednak przyczynkiem do rozpoczęcia cyklu pomiarów.

ZAKOŃCZENIE

Wiek XXI charakteryzuje się wielotorowością rozwiązań technicznych w różnych dziedzinach nauki oraz życia codziennego. Wraz z rozwojem sprzętu elektronicznego oraz wykorzystywanych w zurbanizowanym świecie urządzeń pojawia się zjawisko wytwarzania sztucznego pola elektromagnetycznego o bardzo zróżnicowanych wartościach natężenia. Największe natężenia fali elektromagnetycznej obserwuje się w związku z wykorzystaniem urządzeń generujących bądź przesyłających prąd elektryczny- typu TRAFO.

Prace badawcze, opisane w niniejszej publikacji, przeprowadzone pod napowietrznymi liniami elektroenergetycznymi wysokiego i średniego napięcia,

jak również w pobliżu tych linii, nie wykazały znaczącego spadku dokładności pomiarów metoda GPS RTK w stosunku do wyników otrzymanych z pomiaru klasycznego przy użyciu tachimetru. Różnice współrzędnych, które można zaobserwować mają charakter ciągły, ale bez wyraźnego wzrostu w bezpośrednim sąsiedztwie linii elektroenergetycznych.

Największe wartości odchyłek otrzymano dla współrzędnej X. Być może miało to

związek z usytuowaniem bazy pomiarowej zgodnie z kierunkiem osi współrzędnych X?

W kolejnych badaniach autorka zamierza zająć się ewentualnym wpływem oddziaływania linii elektroenergetycznych o wyższym napięciu od wyników przedstawionych w tej pracy.

Ponadto w dalszych doświadczeniach pomiarowych z zakresu oddziaływań sztucznego pola elektromagnetycznego na wyniki prac geodezyjnych zmieniona zostanie metodyka pozyskania obserwacji satelitarnych, z rozszerzeniem na inne metody pomiarów wykorzystujące systemy GNSS. Wyniki tych prac będą stanowić element odrębnych publikacji.

BIBLIOGRAFIA

Ciepla K, Dzięciołowski M. 2009 *Badanie wpływu napowietrznych linii elektroenergetycznych na wyniki pomiarów GPS RTK*, Praca magisterska UR Kraków.

Gocał J., Sołtys M., Uznański A. 1999. *Badanie wpływu napowietrznych linii elektromagnetycznych na wyniki pomiarów GPS.* Zesz. Nauk, AGH w Krakowie, 5, 1,69-78.

Kadaj R. 2009. *Jak rachować pomiary GPS?* Czasopismo NAWI, 1, 10-13.

Lamparski J. 2001. *NAVSTAR GPS od teorii do praktyki.* UWM, Olsztyn.

Główny Urząd Geodezji i Kartografii - instrukcje i wytyczne techniczne.

www.polaelektromagnetyczne.pl

Dr inż. Monika Mika
Katedra Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im.H.Kołłątaja
ul. Balicka 253a
30-198 Kraków
e-mail: mika.monika@interia.pl
telefon: +4812 6624518