

**PRACA MAGISTERSKA**

**GEODEZYJNE METODY POMIARU PIONOWOŚCI I SKRĘCENIA**  
**WIEŻ STALOWYCH WYKORZYSTYWANYCH W SIECIACH**  
**TELEFONII KOMÓRKOWEJ**

autor: Jakub Witold Kałaska

nr albumu: 177642

promotor: dr inż. Mieczysław Kwaśniak

## Spis treści

<b>1. WSTĘP</b> .....	<b>3</b>
<b>2. CEL PRACY</b> .....	<b>3</b>
<b>3. WIEŻE STALOWE</b> .....	<b>5</b>
3.1 CHARAKTERYSTYKA KONSTRUKCJI WIEŻ STALOWYCH WYKORZYSTYWANYCH W SIECIACH TELEFONII KOMÓRKOWEJ .....	7
3.1.1 <i>Geometria</i> .....	7
3.1.2 <i>Fundamenty wież stalowych</i> .....	9
3.1.3 <i>Przykładowe typy konstrukcji wież</i> .....	11
3.1.3.1 Wieża projektu mgr inż. Michała Lewandowskiego H = 40 m.....	11
3.1.3.2 Wieża projektu mgr inż. Michała Lewandowskiego H = 48 m.....	11
3.1.3.3 Wieża antenowa TPM projektu inż. T. Peretjatkowicza .....	11
3.2 OMÓWIENIE NAJISTOTNIEJSZYCH CZYNNIKÓW POWODUJĄCYCH POWSTAWANIE ODKSZTAŁCEŃ GEOMETRYCZNYCH WIEŻ STALOWYCH .....	14
3.2.1 <i>Obciążenia pionowe</i> .....	14
3.2.2 <i>Obciążenia poziome</i> .....	15
3.2.3 <i>Odkształcenia podłoża gruntowego pod wpływem ciężaru własnego konstrukcji</i> .....	15
3.3 WIEŻE STALOWE A MASZTY I WIEŻE BETONOWE.....	16
<b>4. CEL POMIARU</b> .....	<b>16</b>
4.1 NORMA PN-B-03204 „KONSTRUKCJE STALOWE - WIEŻE I MASZTY - PROJEKTOWANIE I WYKONANIE” .....	17
4.2 WIELKOŚCI MIERZONYCH PRZEMIESZCZEŃ ORAZ ANALIZA WYMAGANEJ DOKŁADNOŚCI ICH POMIARU .....	19
<b>5. PRZEGLĄD GEODEZYJNYCH METOD BADANIA PIONOWOŚCI BUDOWLI WYSMUKŁYCH POD WZGLĘDEM ICH PRZYDATNOŚCI DO OKRESOWYCH BADAŃ KONTROLNYCH WIEŻ STALOWYCH</b> .....	<b>21</b>
5.1 METODA WCIĘĆ KĄTOWYCH.....	22
5.2 METODA TACHIMETRYCZNA (RL) .....	25
5.3 METODA TRYGNOMETRYCZNA .....	33
5.3.1 <i>Metoda trygonometryczna w pomiarze pionowości komina przemysłowego</i> .....	34
5.3.2 <i>Metoda trygonometryczna w pomiarze pionowości maszty antenowego</i> .....	35
5.3.3 <i>Metoda trygonometryczna w pomiarze pionowości i skręcenia wież stalowych</i> .....	36
5.3.3.1 <i>Koncepcja opracowania wyników pomiaru odchylenia od pionu i skręcenia trzonu wieży                 metodą trygonometryczną</i> .....	43
5.3.3.2 <i>Koncepcja opracowania wyników pomiaru odchylenia od pionu i skręcenia trzonu wieży                 metodą trygonometryczną przedstawiona w amerykańskiej normie ANSI/TIA/EIA-222-F-                 1996</i> .....	44
<b>6. OGÓLNE ZAŁOŻENIA DO TECHNIKI POMIARU</b> .....	<b>46</b>

6.1 SPRZĘT POMIAROWY .....	46
6.2 PROBLEMATYKA CELOWANIA .....	48
6.3 DOBÓR ODLEGŁOŚCI STANOWISKA OD OBIEKTU .....	51
<b>7. POMIAR PIONOWOŚCI I SKRĘCENIA TRZONU WIEŻY W MARKACH .....</b>	<b>51</b>
7.1 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ WCIĘĆ KĄTOWYCH .....	55
7.2 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TACHIMETRYCZNĄ (RL).....	65
7.3 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TRYGNOMETRYCZNĄ WG KONCEPCJI I .....	68
7.3 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TRYGNOMETRYCZNĄ WG KONCEPCJI II (NA PODSTAWIE NORMY TIA/EIA-222-F-1996) .....	73
7.4 PORÓWNANIE WYNIKÓW OTRZYMANYCH Z TRZECH METOD .....	76
<b>8. POMIAR PIONOWOŚCI I SKRĘCENIA TRZONU WIEŻY W STRYŻEWICACH.....</b>	<b>81</b>
8.1 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TACHIMETRYCZNĄ (RL).....	82
8.2 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TRYGNOMETRYCZNĄ WG KONCEPCJI I .....	85
8.3 PORÓWNANIE WYNIKÓW OTRZYMANYCH Z DWÓCH METOD.....	89
<b>9. POMIAR PIONOWOŚCI I SKRĘCENIA TRZONU WIEŻY W ZŁOTOKŁOSIE .....</b>	<b>91</b>
9.1 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TACHIMETRYCZNĄ (RL).....	92
9.2 OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU METODĄ TRYGNOMETRYCZNĄ WG KONCEPCJI I .....	95
9.3 PORÓWNANIE WYNIKÓW OTRZYMANYCH Z DWÓCH METOD.....	99
<b>10. UWAGI DOTYCZĄCE POMIARU WIEŻ O PRZEKROJU POPRZECZNYM     KWADRATOWYM .....</b>	<b>101</b>
<b>11. WNIOSKI KOŃCOWE.....</b>	<b>103</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>106</b>

## 1. Wstęp

W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych nastąpił w Polsce gwałtowny rozwój cyfrowych systemów telefonii komórkowej, co wiązało się z równie szybkim powstawaniem infrastruktury technicznej, niezbędnej do funkcjonowania kilku niezależnych sieci i obsługi coraz większej ilości ich użytkowników. W krajobrazie naszego państwa pojawiły się tzw. BTS-y (Base Transceiver Station - bazowa stacja przekaźnikowa) czyli urządzenie nadawczo - odbiorcze służące do komunikowania sieci GSM z aparatem telefonicznym działającym w danej sieci.

Typowa BTS składa się z:

- konstrukcji nośnej anten;
- anten sektorowych lub dookolnych służących do komunikacji telefonu z urządzeniami komutacyjnymi
- anten parabolicznych do komunikacji z kontrolerem stacji bazowych;
- cyfrowej centrali w której zainstalowany jest sprzęt nadawczo-odbiorczy, komutacyjny, zasilający, klimatyzacyjny.

Dla zapewnienia optymalnych parametrów radiowych konstrukcje nośne anten stacji bazowych montuje się zwykle na wysokich budynkach i budowlach: wieżowcach, kościołach, kominach, słupach energetycznych itd.. W przypadku stacji wolnostojących, w terenach niezabudowanych, zwłaszcza wzdłuż szlaków komunikacyjnych, gdzie nie ma możliwości instalacji anten na istniejących obiektach, wykorzystuje się do tego celu specjalne wieże i maszty, stanowiące własność operatorów.

## 2. Cel pracy

Spośród kilkunastu tysięcy stacji bazowych na terenie naszego kraju około pięć-sześciu tysięcy (dane: Internet) wykorzystuje jako konstrukcje nośne anten wolnostojące budowle wysmukłe: wieże i maszty. Liczba stacji bazowych stale wzrasta (zagęszczenie związane z rosnącą liczbą abonentów), a co za tym idzie powiększa się również liczba wież i masztów.

Każda ze stacji bazowych, w skład której wchodzi wolnostojące budowle wysmukłe raz na kilka lat jest poddawana kontroli geodezyjnej (częstość kontroli zależy od ustaleń operatora, np. standardowo pięć lub dwa lata w przypadku PTC - właściciela ERA GSM). Oznacza to zapotrzebowanie na wykonanie co najmniej kilkuset pomiarów geodezyjnych tego typu obiektów każdego roku w skali kraju.

W szczególności geodezyjny pomiar inwentaryzacyjno - kontrolny obejmuje niwelacje poziomu płyt podstawy wież oraz pomiar deformacji geometrycznych czyli pionowości i skręcenia trzonu wieży/masztu, które to zadania będą przedmiotem niniejszej pracy dyplomowej. Oprócz tego geodeta obsługuje montaż wież i masztów oraz ich regulacje w przypadku stwierdzenia przekroczenia wartości granicznych odkształceń - sprowadza to się również do kontroli pionowości i skręcenia, z tą różnicą, że wyniki muszą być znane natychmiast.

W fachowej literaturze geodezyjnej można z łatwością znaleźć wiele pozycji traktujących o pomiarach pionowości budowli wysmukłych. W większości jednak dotyczą one kominów przemysłowych, nieliczne tylko masztów antenowych (radiowych, telewizyjnych). Brak jest natomiast opracowań dotyczących badań pionowości stalowych wież, które to na najszerzą skalę służą jako konstrukcje nośne anten w stacjach bazowych. Brak jest również pozycji dotyczących badań skręcenia trzonu, a jest to istotny i charakterystyczny warunek geometryczny w przypadku wież i masztów telekomunikacyjnych.

Podczas pisania niniejszej pracy nie natknięto się również w Internecie, na jakiegokolwiek informacje dokumentujące pomiary tego rodzaju.

Z uwagi na liczbę tego typu obiektów, która przy intensywnym rozwoju telekomunikacji może jeszcze się powiększać, koniecznym wydaje się podjęcie tej tematyki.

Budowle wysmukłe wchodzące w skład BTS-ów to najczęściej stalowe wieże, rzadziej stalowe maszty oraz wieże betonowe (prefabrykowane). Pierwszy z tych obiektów cechuje się nietypową, bardzo ciekawą lecz trudną do pomiaru konstrukcją co w konsekwencji wymusza konieczność zweryfikowania dotychczas stosowanych metod pomiaru pionowości budowli wysmukłych pod kątem ich przydatności w przypadku wież stalowych.

Celem niniejszej pracy jest zatem:

1. Wykazanie różnic w konstrukcji wież stalowych i innych budowli wysmukłych: masztów, wież betonowych i kominów, a także wynikających z tego konsekwencji i odmienności w podejściu do pomiaru deformacji geometrycznych.
2. Ukazanie specyfiki i warunków pomiarów inwentaryzacyjnych budowli wysmukłych wykorzystywanych w sieciach telefonii komórkowej.

3. Określenie przydatności dla tematu nowych technik pomiarowych, które pojawiły się w ostatnich latach wraz z szybkim rozwojem sprzętu geodezyjnego (pomiar bezlustrowy).
4. Próba wskazania/opracowania metody pomiaru pionowości i skrzywienia trzonu wieży stalowej - najkorzystniejszej pod względem ekonomicznym (niska czasochłonność i niewielka trudność pomiaru oraz opracowania wyników), a jednocześnie zapewniającą wymaganą dokładność wyników.
5. Wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonych pomiarów i sformułowanie zaleceń odnośnie pomiarów inwentaryzacyjno-kontrolnych wież stalowych.

Rozważania oparto na własnych doświadczeniach autora, zdobytych podczas wielokrotnego uczestnictwa w geodezyjnej obsłudze stacji BTS.