

**UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI  
w OLSZTYNIE**

**WYDZIAŁ GEODEZJI I GOSPODARKI PRZESTRZENNEJ**

**KATEDRA GEODEZJI SZCZEGÓŁOWEJ**

**ADAM DOSKOCZ**

**DOKŁADNOŚĆ POMIARÓW SYTUACYJNYCH  
WYKONYWANYCH METODĄ BIEGUNOWĄ I ORTOGONALNĄ  
W ŚWIELE WYMOGÓW INSTRUKCJI G-4**

**XX JUBILEUSZOWA JESIENNA SZKOŁA GEODEZJI**

**imienia Jacka Rejmana**

**WSPÓŁCZESNE METODY POZYSKIWANIA I MODELOWANIA GEODANYCH**

**Polanica Zdrój, 16-18 września 2007 roku**

# PLAN PREZENTACJI

- WPROWADZENIE
- **Analiza dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową**
  - wpływ błędów pomiarowych
  - wpływ błędów punktów dowiązania
  - łączny wpływ błędów pomiarowych i błędów punktów dowiązania
- **Analiza dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą ortogonalną**
  - wpływ błędów pomiarowych
  - wpływ błędów punktów dowiązania
  - łączny wpływ błędów pomiarowych i błędów punktów dowiązania
- PODSUMOWANIE

# WPROWADZENIE

Współczesne technologie wyznaczania położenia punktów sytuacyjnych w ogromnej mierze są zautomatyzowane i opierają się na metodach: bezpośrednich pomiarów terenowych, technikach satelitarnych bądź fotogrametrycznych lub wykorzystują metody przetwarzania graficzno-numerycznego istniejących opracowań kartograficznych.

Niezmiernie ważną w procesie pozyskiwania danych sytuacyjnych do opracowywania map wielkoskalowych (obecnie w zasadzie w formie cyfrowej) lub realizacji innych przedsięwzięć gospodarczych jest kwestia ich dokładności<sup>1</sup>, co w praktyce oznacza respektowanie przepisów prawnych oraz zastosowanie standardów technicznych obowiązujących w dziedzinie geodezji i kartografii.

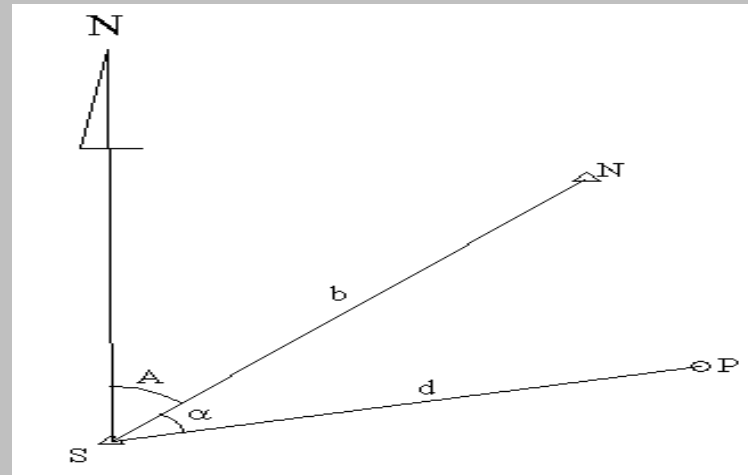
W niniejszej pracy odniesiono się do dokładności wyznaczenia położenia punktów sytuacyjnych w wyniku bezpośrednich pomiarów terenowych metodą biegunową i metodą domiarów prostokątnych.

# Ocena dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową

< slajd 1 z 2 >

W metodzie biegunowej wyznaczenie położenia szczegółu sytuacyjnego realizowane jest w oparciu o pomierzoną odległość (od stanowiska instrumentu do punktu celowania) i pomierzony kierunek (na ten punkt).

Ideę pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową przedstawia poniższy rysunek.



Współrzędne wyznaczanego punktu sytuacyjnego ( $P$ ), zgodnie z powyższym rysunkiem, określają następujące zależności:

$$X_P = X_S + d \cdot \cos(A + \alpha) \quad (1-1)$$

$$Y_P = Y_S + d \cdot \sin(A + \alpha)$$

przy czym azymut boku osnowy (stanowisko-nawiązanie) wynosi  $A = \text{artg}\left(\frac{Y_N - Y_S}{X_N - X_S}\right)$

# Ocena dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową

< slajd 2 z 2 >

Kwadrat błędu położenia wyznaczanego punktu wyraża zależność:

$$m_p^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (1-2)$$

gdzie:  $m_x, m_y$  - to odpowiednio błąd średni współrzędnej  $X, Y$  punktu sytuacyjnego.

Zgodnie z prawem przenoszenia się błędów średnich Gaussa, traktując wielkości pomierzone i współrzędne punktów osnowy jako zmienne niezależne, wyznaczono na podstawie zależności (1-1) i (1-2) błąd położenia punktu sytuacyjnego (pikiety).

Wzór (1-3) uwzględnia, obok wpływu błędów pomiaru kąta i odległości, także wpływ błędów położenia punktów dowiązania:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{\left(\frac{d^2}{2b^2} + 1 - \frac{d}{b} \cdot \cos \alpha\right) \cdot m_s^2 + \frac{d^2}{2b^2} \cdot m_N^2 + m_d^2 + d^2 \cdot m_\alpha^2} \quad (1-3)$$

gdzie:  $b$  - długość boku osnowy (stanowisko-nawiązanie),

$d$  - pomierzona odległość do pikiety,

$\alpha$  - pomierzony kąt poziomy, pomiędzy bokiem osnowy a kierunkiem na pikietę,

$m_s$  - błąd położenia punktu osnowy (stanowisko),

$m_N$  - błąd położenia punktu osnowy (nawiązanie),

$m_d$  - błąd średni pomiaru odległości,

$m_\alpha$  - błąd średni pomiaru kąta, który - przy założeniu równej dokładności pomiaru

kierunków  $S-N$  i  $S-P$  - wynosi  $m_\alpha = \sqrt{2} \cdot m_k$  (gdzie  $m_k$  jest błędem średnim pomiaru kierunku).

W trakcie przekształceń prowadzących do wzoru (1-3) założono równość błędów średnich

$m_x$  i  $m_y$  w błędach położenia punktów osnowy:

$$m_{x_s} = m_{y_s} = \frac{m_s}{\sqrt{2}} \quad m_{x_N} = m_{y_N} = \frac{m_N}{\sqrt{2}}$$

## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety < slajd 1 z 7 >

Określenie wpływu błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego wykonano przy założeniu braku błędów położenia punktów dowiązania:

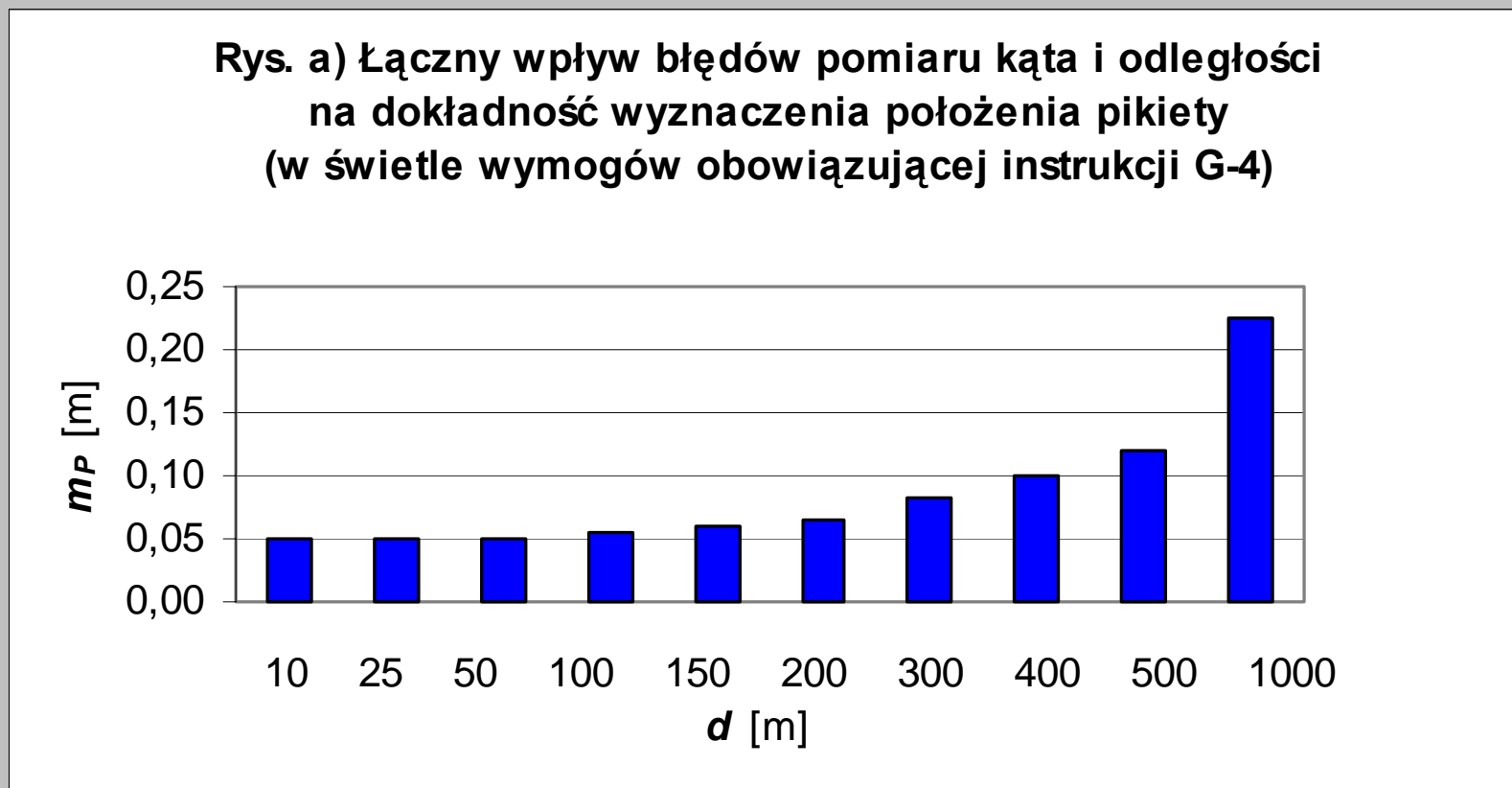
$$m_{P(\text{pom})} = \sqrt{m_d^2 + d^2 \cdot m_\alpha^2} \quad (1-5)$$

**Analizę** wpływu błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego **przeprowadzono dla:**

- a) części parametrów pomiaru - określonych w tabeli III § 32 **obowiązującej instrukcji G-4<sup>2</sup>** (zgodnie z Rozporządzeniem<sup>3</sup> w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie) - tych które są zgodne ze współcześnie wykorzystywanymi technikami pomiarowymi
- b) wymogów dokładności pomiarów sytuacyjnych sformułowanych **projekcie instrukcji G-4<sup>4</sup>**
- c) **dokładności**, sytuacyjnych pomiarów szczegółowych, **uzyskiwanych z zastosowaniem dostępnych na rynku tachimetrów elektronicznych** <sup>5, 6, 7</sup> (w opracowaniu wytypowano pięć wariantów - konfiguracjach sprzętowych – z ich rozróżnieniem pod względem nominalnej<sup>8</sup> dokładności pomiaru kąta i odległości).

## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 2 z 7 >



Na powyższym rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą biegunową, zgodnie z wymogami obowiązującej instrukcji G-4 dla szczegółów I i II grupy dokładnościowej:

- pomiar odległości - dokładny (sprzęt: dalmierz elektromagnetyczny):  $m_d = 0,05 \text{ m}$
- błąd pomiaru kąta (kierunku):  $m_\alpha = 45''$  ( $m_k = 30''$ )

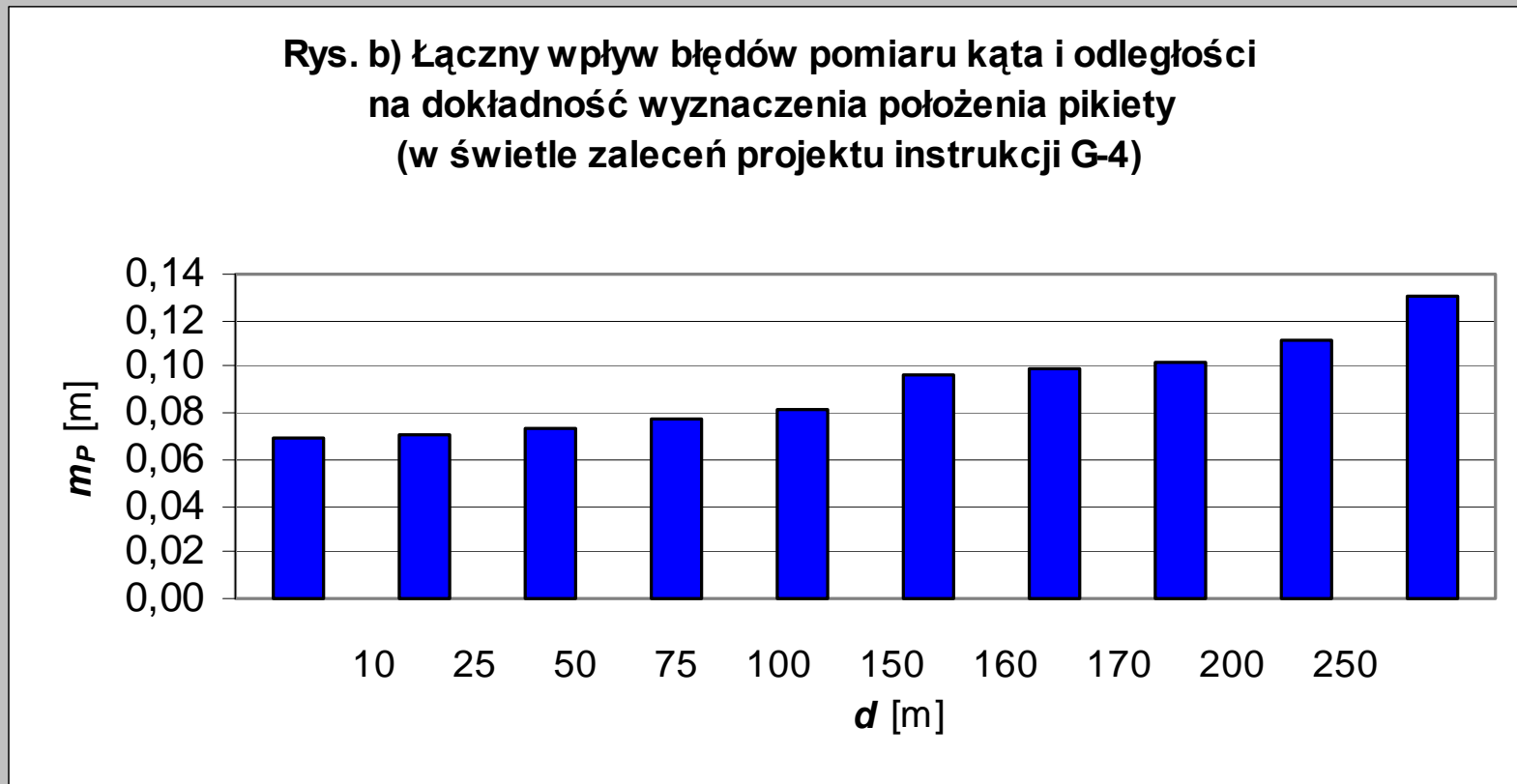
## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety < *slajd 3 z 7* >

**W zakresie wymogów obowiązującej instrukcji G-4 stwierdzono, dla zawartych w niej parametrów dokładnościowych pomiarów, co następuje:**

- 1.** W przypadku pomiaru odległości dalmierzem elektromagnetycznym możliwe jest wyznaczenie położenia szczegółów sytuacyjnych poszczególnych grup, z wymaganą dokładnością położenia punktu (mierzoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej), w następujących odległościach od stanowiska instrumentu: szczegóły I grupy dokładnościowej do 400 m, II grupy dokładnościowej do 1350 m i III grupy dokładnościowej do 2250 m.
- 2.** W przypadku pomiaru odległości przymiarem wstęgowym możliwe jest wyznaczenie położenia szczegółów sytuacyjnych poszczególnych grup, z wymaganą dokładnością położenia punktu (mierzoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej), w następujących odległościach od stanowiska instrumentu: szczegóły I grupy dokładnościowej do 200 m, II grupy dokładnościowej do ok. 140 m i III grupy dokładnościowej do ok. 115 m.



## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety < slajd 4 z 7 >



Powyżej na rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą biegunową, zgodnie z zaleceniami określonymi w projekcie instr. G-4 dla szczegółów I grupy dokładnościowej:

- błąd pomiaru odległości:  $m_d = 0,07 \text{ m}$
- błąd pomiaru kąta (kierunku):  $m_\alpha = 90''$  ( $m_k = 60''$ )

## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety < slajd 5 z 7 >

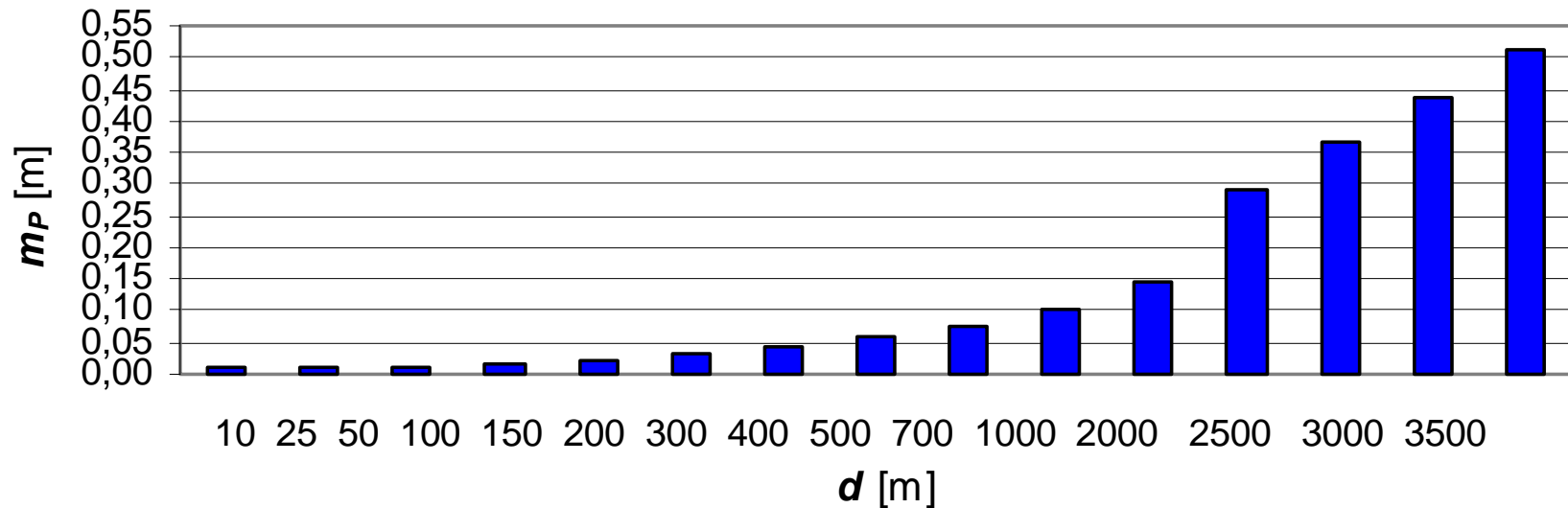
**W zakresie zalecanych dokładności pomiaru określonych w projekcie instrukcji G-4 stwierdzono, że możliwe jest wyznaczenie położenia szczegółów sytuacyjnych poszczególnych grup, z wymaganą dokładnością położenia punktu (mierzoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej), w następujących odległościach od stanowiska instrumentu:**

- w przypadku I grupy dokładnościowej do 160 m (potwierdzono zalecenia projektu),
- dla II grupy dokładnościowej do 500 m (w projekcie zaleca się odległość nie większą niż 400 m),
- natomiast dla III grupy dokładnościowej do 800 m (w projekcie zalecana jest odległość nie większa niż 600 m).

## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 6 z 7 >

Rys. c) Łączny wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety (w świetle uzyskiwanej, niewygórowanej, dokładności dostępnych tachimetrów elektronicznych)



Na powyższym rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą biegunową, zgodnie z uzyskiwaną (zupełnie przeciętną) dokładnością współczesnych tachimetrów elektronicznych:

- błąd pomiaru odległości:  $m_d = 0,01 \text{ m} + 5 \text{ ppm}$
- błąd pomiaru kąta (kierunku):  $m_\alpha = 30''$  ( $m_k = 20''$ )

## Wpływ błędów pomiaru kąta i odległości na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< *slajd 7 z 7* >

Przeprowadzone badania potwierdziły wysoką dokładność (określoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej) szczegółowych pomiarów sytuacyjnych realizowanych z wykorzystaniem współczesnych tachimetrów elektronicznych.

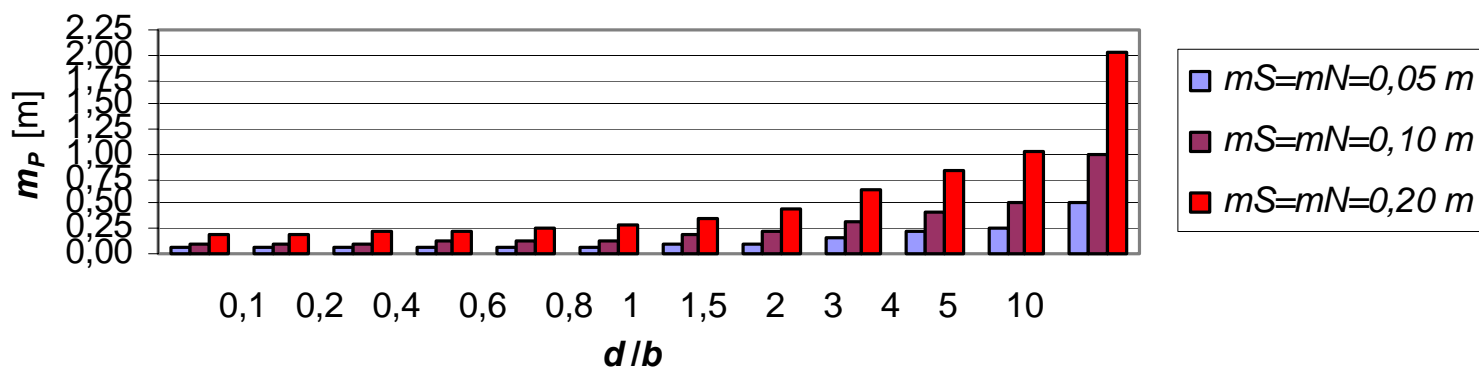
Współczesne pomiary sytuacyjne wykonywane tachimetrem elektronicznym zapewniają wyznaczenie położenia pikiety, w zakresie szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej przy ich starannej identyfikacji, z dokładnością rzędu  $0,03 \div 0,05$  m.

## Wpływ błędów położenia punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

Uwzględnienie charakterystyk dokładnościowych poziomych osnow geodezyjnych zrealizowano przy założeniu bezbłędności pomiaru kąta i odległości:

$$m_{P(os)} = \sqrt{\left(\frac{d^2}{2b^2} + 1 - \frac{d}{b} \cdot \cos \alpha\right) \cdot m_S^2 + \frac{d^2}{2b^2} \cdot m_N^2} \quad (1-6)$$

**Łączny wpływ błędów położenia punktów osnowy  
(stanowiska i nawiązania)  
na dokładność wyznaczenia położenia pikiety  
(w świetle rzeczywistych dokładności położenia punktów  
poziomej szczegółowej i pomiarowej osnowy geodezyjnej)**



Powyżej na rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą biegunową, w zależności od błędów położenia punktów osnowy. Zakładając równą dokładność położenia obu punktów osnowy geodezyjnej: punktu będącego stanowiskiem i punktu nawiązania pomiaru (przyjmując średnią wielkość wpływu błędów położenia punktów dowiązania, dla kąta pomierzonego pomiędzy bokiem osnowy a kierunkiem na pikietę  $\alpha = 90^\circ$ ).

## **Bezwzględna dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego**

*< slajd 1 z 2 >*

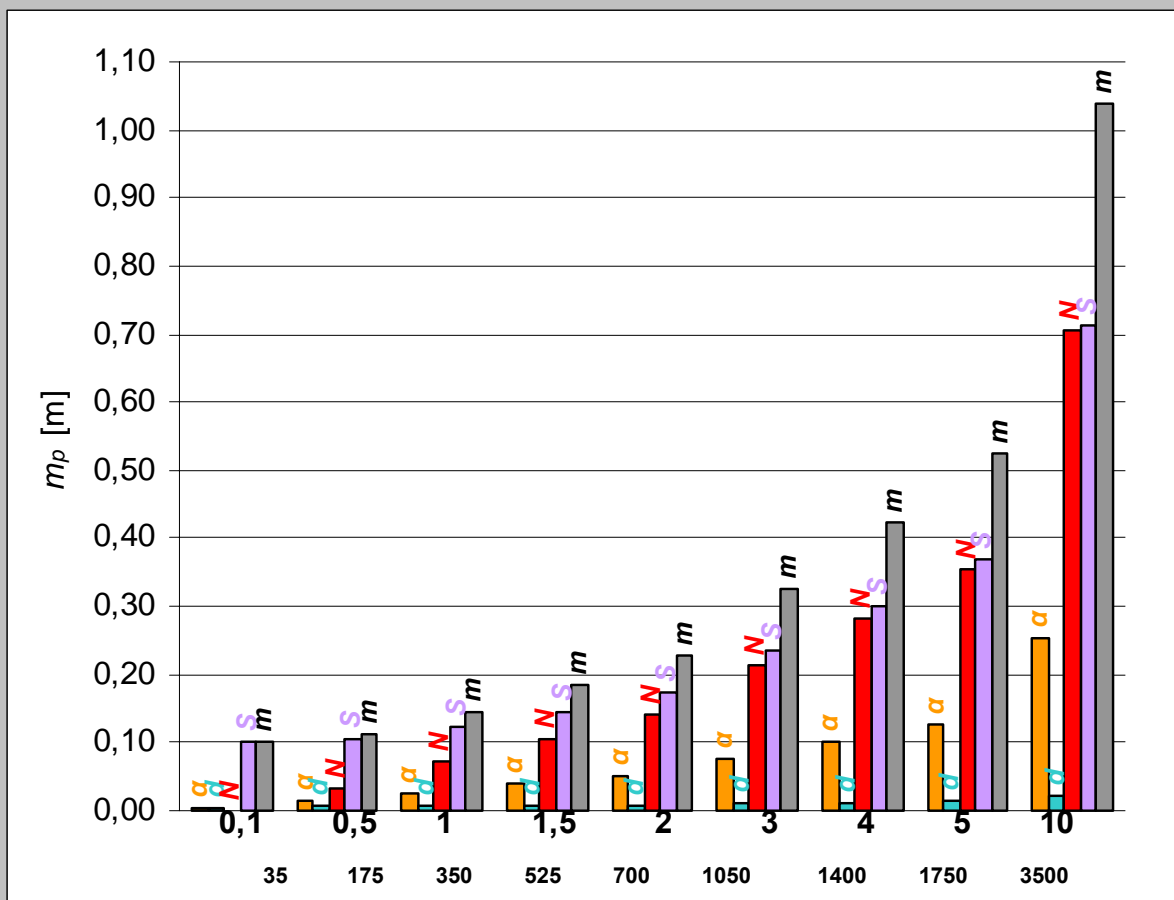
Bezwzględną dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego, z uwzględnieniem błędów pomiaru kąta i odległości oraz błędności punktów osnowy, określono ze wzoru (1-3).

Wielkość wpływu poszczególnych składowych - błędu pomiaru kąta ( $\alpha$ ), błędu pomiaru odległości ( $d$ ) i błędów położenia punktów osnowy ( $S, N$ ) oraz stosunku pomierzonej odległości do pikiety do długości boku nawiązania pomiaru ( $d / b$ ) - zawarto poniżej na rysunku przedstawionym na kolejnym slajdzie.

Zależność przedstawiono dla przypadku wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego metodą biegunową zrealizowanego tachimetrem elektronicznym, charakteryzującym się niezbyt wygórowanymi dokładnościami pomiaru ( $m_\alpha = 30''$ ,  $m_d = 0,01 \text{ m} + 5 \text{ ppm}$ ), w oparciu o poziomą osnowę geodezyjną o dokładności  $m_p = 0,10 \text{ m}$  dla przyjętych wielkości stosunku ( $d / b$ ) pomierzonej odległości do pikiety do długości boku osnowy (stanowisko-nawiązanie) wynoszących kolejno: 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 10. Dodatkowo założono, iż długość boku ( $b$ ) nawiązania pomiaru wynosi 350 m a pomierzony kąt poziomy (pomiędzy bokiem nawiązania pomiaru a kierunkiem na pikietę)  $\alpha = 90^\circ$ .

## Bezwzględna dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego

&lt; slajd 2 z 2 &gt;



Z powyższego wykresu wynika, że przy założonych błędach pomiarów i błędach położenia punktów osnowy geodezyjnej jedynie przy stosunku  $d/b = 0,1$  możliwe jest wyznaczenie położenia pikiety z dokładnością bezwzględną rzędu 0,10 m. Wyznaczając położenie pikiety oddalonej od stanowiska instrumentu o 700 m (w rozważanej sytuacji  $d/b = 2$ ) błąd jej położenia sytuacyjnego wyniesie  $m_p = 0,23$  m. Natomiast wyznaczając położenie pikiety oddalonej od stanowiska instrumentu o 3500 m (w rozważanej sytuacji  $d/b = 10$ ) błąd jej położenia sytuacyjnego wyniesie  $m_p = 1,04$  m.

## Podsumowanie oceny dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą biegunową

Rozpatrując wielkość wpływu poszczególnych składowych (zmiennych niezależnych), każdej z osobna: błędu pomiaru kąta ( $m_\alpha$ ), błędu pomiaru odległości ( $m_d$ ) i błędów położenia punktów osnowy ( $m_S, m_N$ ), stwierdzono, co następuje:

1. Wraz ze wzrostem stosunku pomierzonej odległości do pikiety do długości boku nawiązania pomiaru ( $d / b$ ), co w analizowanym przypadku jest jednoznaczne z wyznaczaniem położenia pikiety znajdującej się w większej odległości ( $d$ ) od stanowiska instrumentu, zdecydowanie zwiększa się wpływ składowej wynikającej z tytułu błędu pomiaru kąta ( $m_\alpha$ ). Natomiast wpływ składowej wynikającej z tytułu błędu pomiaru odległości ( $m_d$ ) wzrasta tylko nieznacznie.

2. Proporcja wzajemnego stosunku wpływów składowych wynikających z tytułu błędów położenia punktów osnowy geodezyjnej - punktu nawiązania i punktu aktualnego stanowiska instrumentu ( $m_N$  i  $m_S$ ), wraz ze wzrostem wielkości stosunku ( $d / b$ ), zbliża się do jedności.

3. Wyznaczając położenia pikiet znajdujących się w coraz to większej odległości ( $d$ ) od stanowiska instrumentu (w analizowanym przypadku zwiększając wielkość stosunku  $d / b$ ), należy liczyć się ze zdecydowanym spadkiem dokładności pomiaru sytuacyjnego - określonej zarówno wielkością błędu bezwzględnego (z uwzględnieniem błędów położenia punktów dowiązania) jak i względną wielkością błędu (wyznaczoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej).

W związku z powyższym należy podkreślić, iż w przypadku rozważania bezwzględnej dokładności wyznaczenia położenia pikiety (z uwzględnieniem błędności położenia punktów osnowy) zasadniczy wpływ na nią mają czynniki związane z niedokładnością wykorzystywanych do pomiaru punktów dowiązania.

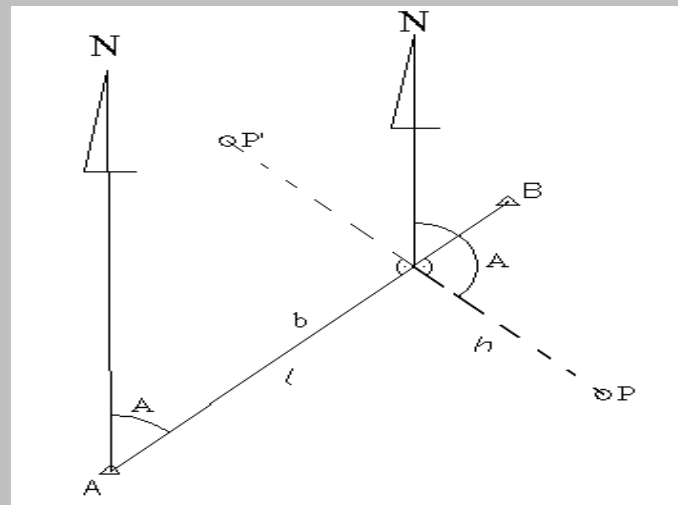
Ponadto okazuje się, że dominujące znaczenie ma zachowanie odpowiedniego układu geometrycznego: stanowisko - nawiązanie - pikieta, w praktyce odzwierciedlanego przez wielkość stosunku odległości do mierzonej pikiety do długości boku nawiązania pomiaru (optymalnym jest  $d / b \leq 1$ ).



# Ocena dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą ortogonalną

< slajd 1 z 2 >

W metodzie domiarów prostokątnych wyznaczenie położenia punktu sytuacyjnego realizowane jest w oparciu o pomierzoną rzędną i odciętą tego punktu względem linii pomiarowej, na którą rzutujemy dany punkt sytuacyjny. Ideę pomiaru sytuacyjnego metodą domiarów prostokątnych przedstawia poniższy rysunek.



Współrzędne wyznaczanego punktu sytuacyjnego ( $P$ ), zgodnie z powyższym rysunkiem, określają następujące zależności:

$$X_P = X_A + l \cdot \cos(A_{AB}) + h \cdot \cos(A_k) \quad (2-1)$$

$$Y_P = Y_A + l \cdot \sin(A_{AB}) + h \cdot \sin(A_k)$$

przy czym azymut linii pomiarowej wynosi

$$A_{AB} = \text{artg}\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right)$$

Natomiast azymuty do pikiet położonych po obu stronach linii pomiarowej wynoszą odpowiednio:

- po prawej stronie linii  $A_k = A_{AB} + 90^\circ$

- po lewej stronie linii  $A_k = A_{AB} + 270^\circ$

## Ocena dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą ortogonalną

< *slajd 2 z 2* >

Kwadrat błędu położenia wyznaczanego punktu wyraża zależność:

$$m_p^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (2-2)$$

gdzie:  $m_x, m_y$  - to odpowiednio błąd średni współrzędnej  $X, Y$  punktu sytuacyjnego.

Zgodnie z prawem przenoszenia się błędów średnich Gaussa, traktując wielkości pomierzone i współrzędne punktów osnowy jako zmienne niezależne, wyznaczono na podstawie zależności (2-1) i (2-2) błąd położenia punktu sytuacyjnego (pikiety).

Wzór (2-3) uwzględnia, obok wpływu błędów pomiaru długości miary bieżącej i długości domiaru do pikiety oraz błędu wyznaczenia kąta prostego, również wpływ błędów położenia punktów osnowy sytuacyjnej (punktu początkowego i końcowego linii pomiarowej) dowiązującej pomiar do poziomej osnowy geodezyjnej:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{\left(\frac{l^2 + h^2}{2b^2} + 1 - \frac{l}{b}\right) \cdot m_A^2 + \left(\frac{l^2 + h^2}{2b^2}\right) \cdot m_B^2 + m_l^2 + m_h^2 + h^2 \cdot m_\gamma^2} \quad (2-3)$$

gdzie:  $l$  - pomierzona długość miary bieżącej (odciętej) do pikiety,

$h$  - pomierzona długość domiaru (rzędnej) do pikiety,

$b$  - długość linii pomiarowej,

$m_A$  - błąd położenia punktu początkowego linii pomiarowej,

$m_B$  - błąd położenia punktu końcowego linii pomiarowej,

$m_l$  - błąd średni pomiaru długości miary bieżącej (odciętej) do pikiety,

$m_h$  - błąd średni pomiaru długości domiaru (rzędnej) do pikiety,

$m_\gamma$  - błąd średni wyznaczenia kierunku prostopadłego do linii pomiarowej (przebiegającego wzdłuż domiaru (rzędnej) do pikiety).

W trakcie przekształceń prowadzących do wzoru (2-3) założono równość błędów średnich  $m_x$  i  $m_y$  w błędach położenia punktów dowiązania pomiaru:

$$m_{x_A} = m_{y_A} = \frac{m_A}{\sqrt{2}} \quad m_{x_B} = m_{y_B} = \frac{m_B}{\sqrt{2}}$$

## Wpływ błędów pomiaru odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 1 z 5 >

Określenie wpływu błędów pomiaru długości miary bieżącej (odciętej) i długości domiaru (rzędnej) do pikiety oraz błędu wyznaczenia kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego wykonano przy założeniu braku błędów położenia punktów dowiązania pomiaru:

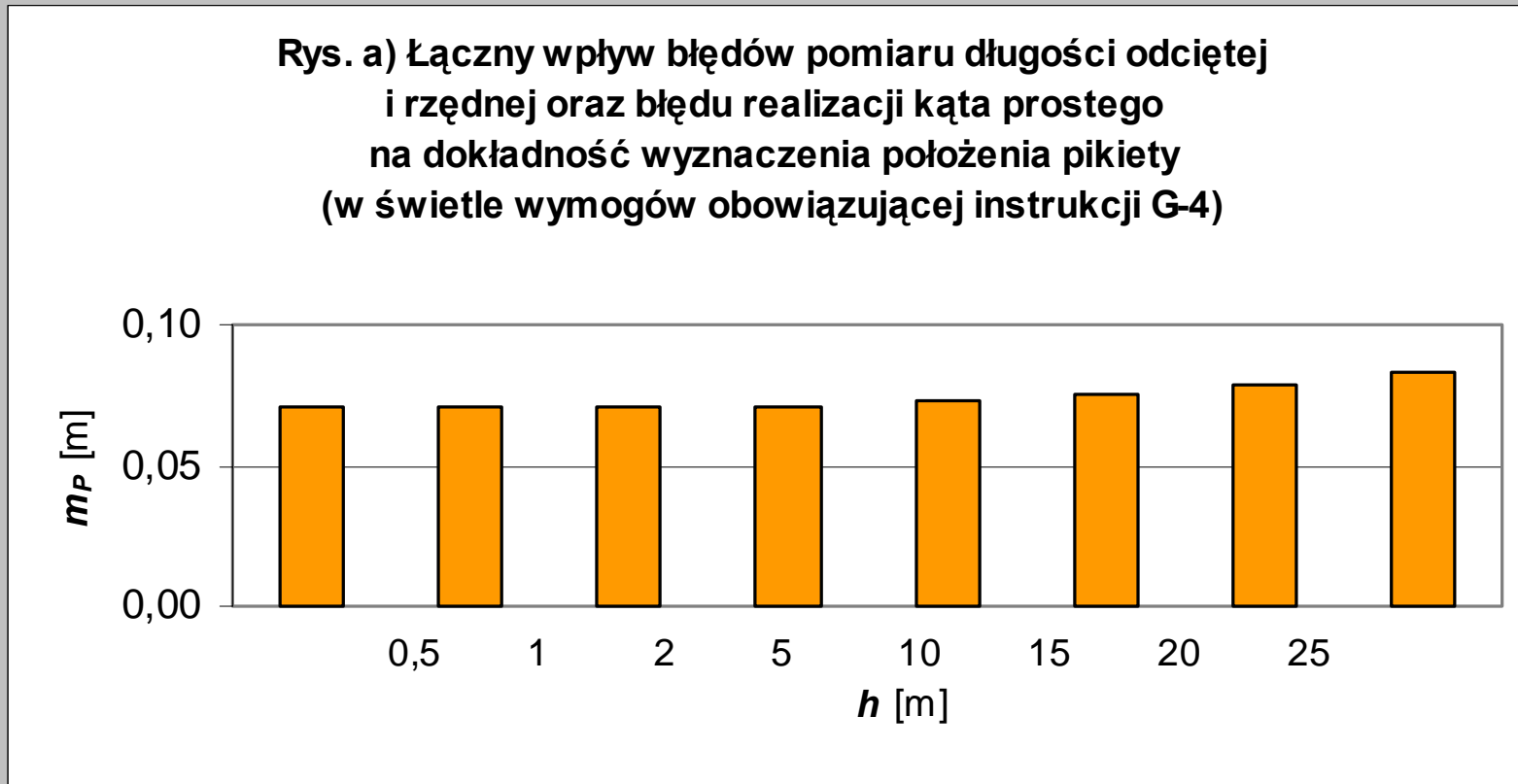
$$m_{P(\text{pom})} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + k^2 \cdot m_\gamma^2} \quad (2-5)$$

**Analizę** wpływu błędów pomiaru odciętej i rzędnej do pikiety oraz błędu wyznaczenia kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego **przeprowadzono dla:**

- a) parametrów pomiaru określonych w tabeli II § 28 **obowiązującej instrukcji G-4,**
- b) wymogów dokładności pomiarów sytuacyjnych sformułowanych **projekcie instrukcji G-4,**
- c) **dokładności sytuacyjnych pomiarów szczegółowych realizowanych z wykorzystaniem przymiarów wstęgowych do pomiaru długości odciętej i rzędnej oraz węgelnicy dwupryzmatycznej do wyznaczenia kąta prostego lub z ewentualną możliwością pomiaru długości miary bieżącej (odciętej) tachimetrem elektronicznym - w sytuacji zastosowania metody domiarów prostokątnych jako uzupełniającej w trakcie zdjęcia sytuacyjnego metodą biegunową (w opracowaniu wytypowano trzy warianty - konfiguracje sprzętowe - dla pomiaru liniowego, z ich rozróżnieniem pod względem wielkości błędów pomiarowych).**

## Wpływ błędów pomiaru odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 2 z 5 >

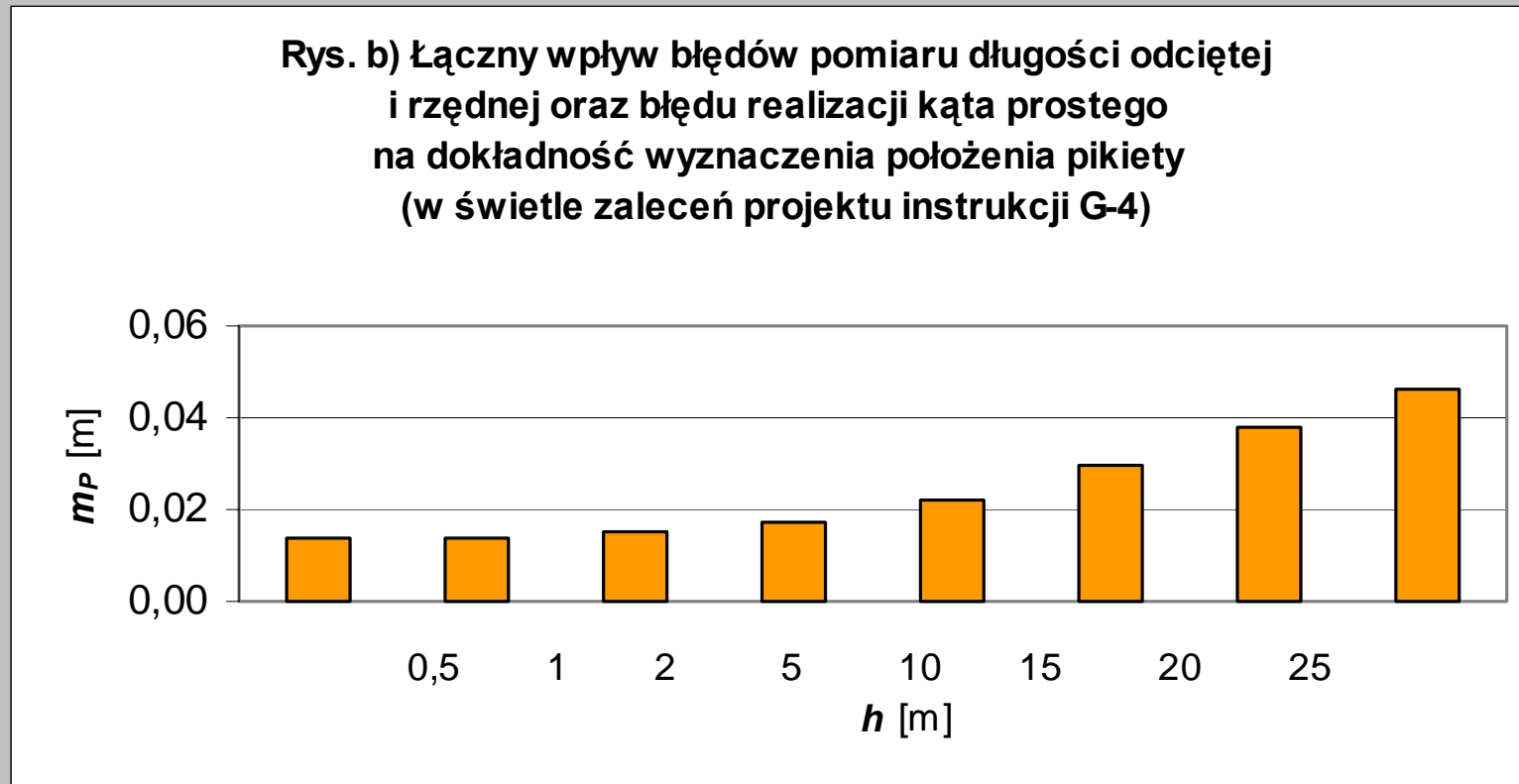


Na powyższym rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą ortogonalną, zgodnie z wymogami obowiązującej instrukcji G-4 dla szczegółów I grupy dokładnościowej:

- błąd pomiarów liniowych:  $m_l = m_h = 0,05 \text{ m}$
- założony błąd wyznaczenia kąta prostego:  $m_\gamma = 6'$

## Wpływ błędów pomiaru odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 3 z 5 >



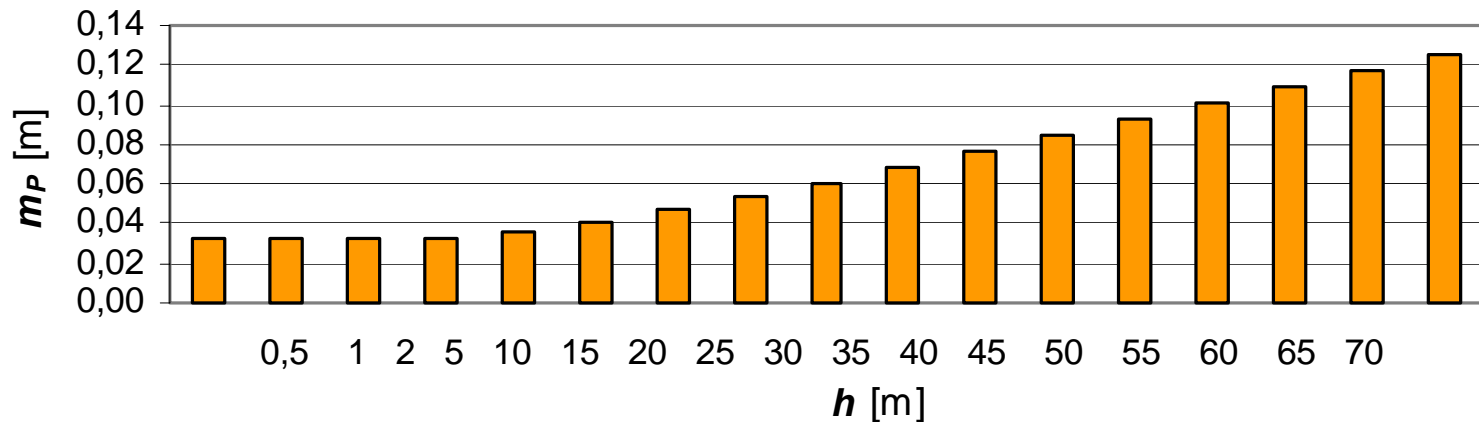
Powyżej na rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą ortogonalną, zgodnie z zaleceniami określonymi w projekcie instr. G-4 dla szczegółów I grupy dokładnościowej:

- błąd pomiarów liniowych:  $m_l = m_h = 0,01 \text{ m}$
- założony błąd wyznaczenia kąta prostego:  $m_\gamma = 6'$

## Wpływ błędów pomiaru odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

< slajd 4 z 5 >

Rys. c) Łączny wpływ błędów pomiaru długości odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety (w świetle uzyskiwanej, niewygórowanej, dokładności dostępnych instrumentów pomiarowych)



Na powyższym rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą ortogonalną, zgodnie z uzyskiwaną (zupełnie przeciętną) dokładnością współczesnych instrumentów pomiarowych:

- błąd pomiaru odległości:  $m_l = 0,01 \text{ m} + 5 \text{ ppm}$ ,  $m_h = 0,03 \text{ m}$
- błąd pomiaru kąta (kierunku):  $m_\gamma = 6'$

## **Podsumowanie wpływu błędów pomiaru odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego na dokładność wyznaczenia położenia pikiety**

*< slajd 5 z 5 >*

**W zakresie wymogów obowiązującej instrukcji G-4** potwierdzono poprawność zawartych w niej parametrów dokładnościowych pomiarów. Mianowicie stwierdzono, że - w przypadku wyznaczania położenia szczegółów terenowych poszczególnych grup - możliwe jest zdjęcie sytuacyjne szczegółów z wymaganą dokładnością położenia punktu mierzona względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej.

**W zakresie zalecanych dokładności pomiaru określonych w projekcie instrukcji G-4** również potwierdzono poprawność zawartych w nim parametrów dokładnościowych pomiarów.

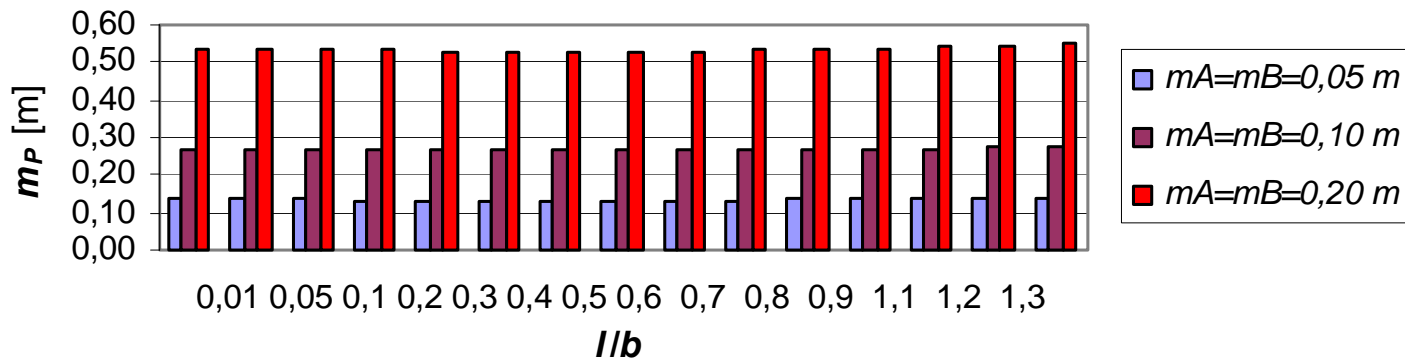
Przeprowadzone **analizy wykazały możliwość zwiększenia obowiązujących wymogów dokładnościowych** (określonych względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej) odnośnie współcześnie realizowanych szczegółowych pomiarów sytuacyjnych metodą domiarów prostokątnych. Albowiem ortogonalne pomiary sytuacyjne zapewniają wyznaczenie położenia pikiety przy długości domiaru (rzędnej) ograniczonej do 25 m, w zakresie szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej przy ich starannej identyfikacji, z dokładnością nie gorszą niż 0,05 m.

## Wpływ błędów położenia punktów osnowy na dokładność wyznaczenia położenia pikiety

Uwzględnienie charakterystyk dokładnościowych poziomych osnów geodezyjnych zrealizowano przy założeniu braku błędów pomiarowych:

$$m_{P(os)} = \sqrt{\left(\frac{l^2 + h^2}{2b^2} + 1 - \frac{l}{b}\right) \cdot m_A^2 + \left(\frac{l^2 + h^2}{2b^2}\right) \cdot m_B^2} \quad (2-6)$$

**Łączny wpływ błędów położenia punktów osnowy  
(punktu początkowego i końcowego linii pomiarowej)  
na dokładność wyznaczenia położenia pikiety  
(w świetle rzeczywistych dokładności położenia punktów poziomej  
szczegółowej i pomiarowej osnowy geodezyjnej)**



Powyżej na rysunku przedstawiono dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego poprzez pomiar metodą domiarów prostokątnych, w zależności od błędów położenia punktów osnowy. Zakładając równą dokładność położenia obu punktów osnowy geodezyjnej: punktu początkowego i punktu końcowego linii pomiarowej.



## Bezwzględna dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego

< slajd 1 z 2 >

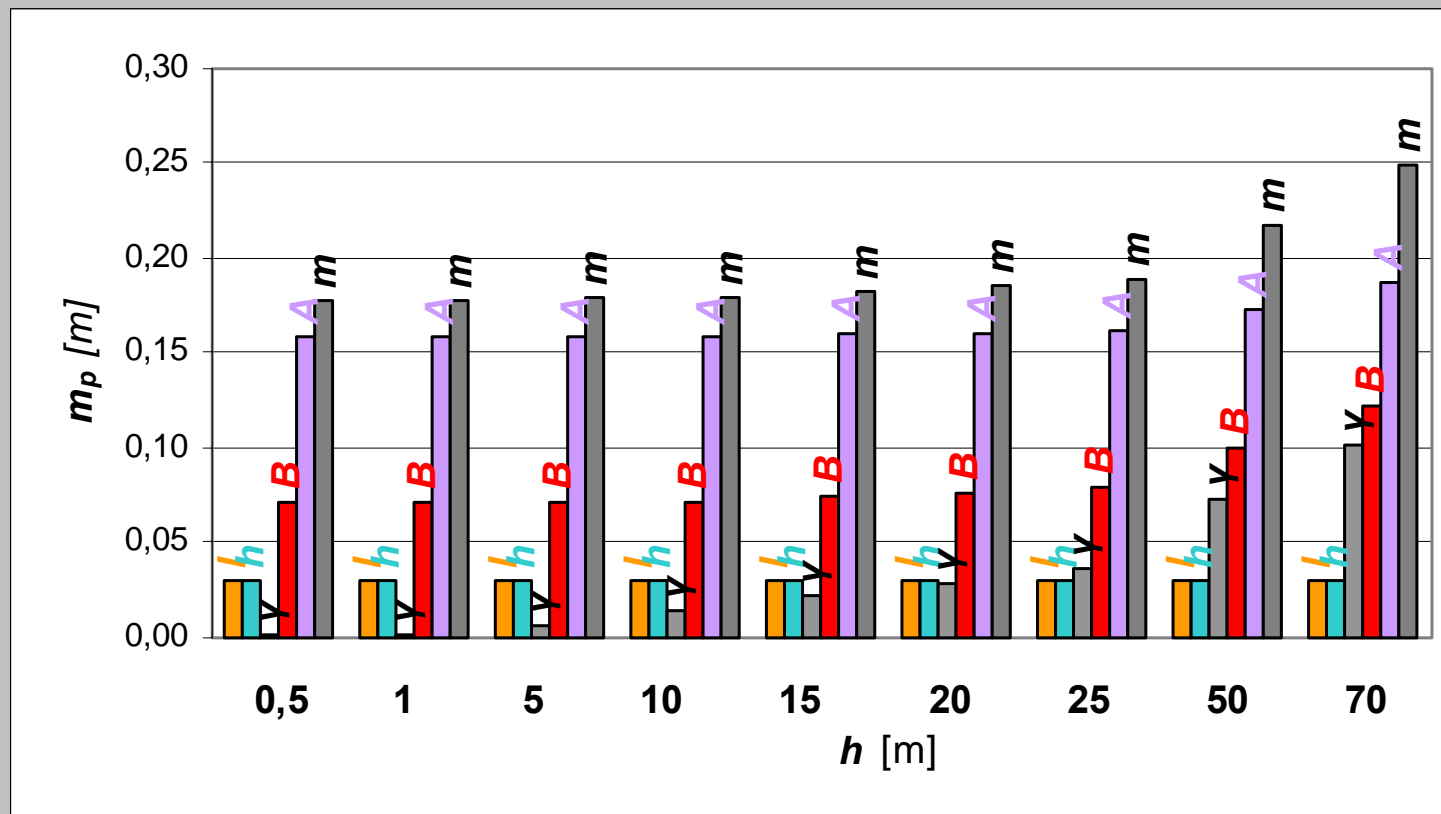
Bezwzględną dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego, z uwzględnieniem błędów pomiaru długości odciętej i rzędnej oraz błędu realizacji kąta prostego jak również błędności punktów osnowy, określono ze wzoru (2-3). Wielkość wpływu poszczególnych składowych - błędu pomiaru długości miary bieżącej ( $l$ ), błędu pomiaru długości domiaru ( $h$ ) do pikiety i błędu wyznaczenia kąta prostego ( $\gamma$ ) oraz błędów położenia punktów osnowy ( $A, B$ ) - zawarto poniżej na rysunku przedstawionym na kolejnym slajdzie.

Zależność przedstawiono dla przypadku wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego metodą ortogonalną zrealizowanego zestawem pomiarowym, charakteryzującym się niezbyt wygórowanymi dokładnościami pomiaru ( $m_l=m_h=0,03\text{ m}$ ,  $m_\gamma=5'$ ), w oparciu o poziomą osnowę geodezyjną o dokładności  $m_p=0,20\text{ m}$  dla przyjętych długości domiaru (rzędnej) do pikiety wynoszących kolejno (w metrach): 0,5; 1; 5; 10; 15; 20; 25; 50; 70.

Dodatkowo założono, iż długość linii pomiarowej ( $b$ ) wynosi 100 m a wielkość stosunku pomierzonej długości miary bieżącej (odciętej) do długości linii pomiarowej  $l / b = 0,5$  (co jest jednoznaczne z długością miary bieżącej równą 50 m).

## Bezwzględna dokładność wyznaczenia położenia punktu sytuacyjnego

&lt; slajd 2 z 2 &gt;



Z powyższego wykresu wynika, że dla zapewnienia pożądanej dokładności wyznaczenia położenia sytuacyjnego pikiety (mierzonej wartością błędu bezwzględnego - z uwzględnieniem błędności punktów osnowy) kluczowe znaczenie ma dokładność położenia punktów osnowy sytuacyjnego dowiązania pomiaru, tj. punktu początkowego linii pomiarowej (A) i punktu końcowego linii pomiarowej (B) oraz dokładność wyznaczenia kierunku prostopadłego do linii pomiarowej ( $\gamma$ ).

## Podsumowanie oceny dokładności pomiaru sytuacyjnego metodą ortogonalną

Rozpatrując wielkość wpływu poszczególnych składowych (zmiennych niezależnych), każdej z osobna: błędu pomiaru długości miary bieżącej ( $m_l$ ), błędu pomiaru długości domiaru ( $m_h$ ) do pikiety i błędu wyznaczenia kąta prostego ( $m_\gamma$ ) oraz błędów położenia punktów osnowy ( $m_A, m_B$ ) stwierdzono, co następuje:

1. Wraz ze wzrostem długości domiaru ( $h$ ) do pikiety, zdecydowanie zwiększa się wpływ składowej wynikającej z tytułu błędu wyznaczenia kąta prostego ( $m_\gamma$ ). Natomiast wpływ składowych wynikających z tytułu błędu pomiaru długości odciętej ( $m_l$ ) i błędu pomiaru rzędnej ( $m_h$ ) utrzymuje się na poziomie niezmiennym.
2. Proporcja wzajemnego stosunku wpływów składowych wynikających z tytułu błędów położenia punktów osnowy geodezyjnej - punktu końcowego linii pomiarowej i punktu początkowego linii pomiarowej ( $m_B$  i  $m_A$ ), przy zauważalnym wzroście wpływu obu składowych dla długości domiaru powyżej 20 m, przyjmuje wartości rzędu  $0,4 \div 0,6$ .
3. Wyznaczając położenia pikiet znajdujących się w coraz to większej odległości od linii pomiarowej (przy długości rzędnej  $h$  powyżej 20 m) należy liczyć się ze spadkiem dokładności pomiaru sytuacyjnego - określonej zarówno wielkością błędu bezwzględnego (z uwzględnieniem błędów położenia punktów dowiązania) jak i względną wielkością błędu (wyznaczoną względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej).
4. W przypadku rozważania bezwzględnej dokładności wyznaczenia położenia pikiety (z uwzględnieniem błędności położenia punktów osnowy) zasadniczy wpływ na nią mają czynniki związane z niedokładnością wykorzystywanych w trakcie pomiaru punktów dowiązania.

# PODSUMOWANIE

Rozpatrując szczegółowe pomiary sytuacyjne realizowane **metodą biegunową** z wykorzystaniem współczesnych tachimetrów elektronicznych - charakteryzujących się dokładnością pomiarów  $m_{\alpha}=3''$ ,  $m_d=0,002\text{ m}+2\text{ ppm}$  lub  $m_{\alpha}=5''$ ,  $m_d=0,003\text{ m}+3\text{ ppm}$  - należy zauważyć, że możliwe jest wyznaczanie położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej (przy ich starannej identyfikacji) w odległościach do 700 m od stanowiska instrumentu z dokładnością rzędu  $0,01 \div 0,02\text{ m}$  względem najbliższych punktów poziomej osnowy geodezyjnej.

Natomiast odnosząc się do pomiarów sytuacyjnych wykonywanych **metodą domiarów prostokątnych** (w sytuacji jej użycia jako metody uzupełniającej w pomiarach sytuacyjnych realizowanych metodą biegunową z wykorzystaniem współczesnych tachimetrów elektronicznych) - przy zastosowaniu zestawu pomiarowego charakteryzującego się następującą dokładnością pomiarów  $m_l=0,003\text{ m}+3\text{ ppm}$ ,  $m_h=0,01\text{ m}$  - stwierdzono, że możliwe jest wyznaczanie położenia szczegółów sytuacyjnych I grupy dokładnościowej (przy ich starannej identyfikacji) dla długości domiaru do pikiety ograniczonej do 25 m z dokładnością rzędu  $0,02 \div 0,04\text{ m}$  względem punktów dowiązania pomiaru.

W praktyce w bezpośrednich pomiarach terenowych wykorzystuje się jednak nie tylko jednorodne zestawy pomiarowe, ponadto nie tylko te charakteryzujące się najwyższymi dokładnościami pomiaru. **W świetle wyników analiz zaprezentowanych w niniejszym opracowaniu należy podkreślić potrzebę weryfikacji stosowanego w pomiarach sytuacyjnych sprzętu pomiarowego oraz funkcjonujących w terenie szczegółowych i pomiarowych poziomych osnów geodezyjnych**, by sprostać potrzebom realizacji zadań geodezji gospodarczej na odpowiednim (obowiązującym) poziomie dokładności (np. przy obliczaniu pól powierzchni ze współrzędnych<sup>9</sup>).

# Bibliografia

- <sup>1</sup>**Dąbrowski Wł., Doskocz A.:** Dokładność sytuacyjnych danych numerycznych pozyskanych różnymi metodami. *Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „KARTOGRAFIA NUMERYCZNA I INFORMATYKA GEODEZYJNA”*, Rzeszów – Polańczyk 28-30 września 2005 r. (s. 29-38).
- <sup>2</sup>**Instrukcja techniczna G-4:** Pomiary sytuacyjne i wysokościowe. *GUGiK*, Warszawa 1983.
- <sup>3</sup>**Rozporządzenie Ministra Spraw Wew. i Administracji** z dnia 24 marca 1999 r. w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie (Dz. U. Nr 30, poz.297).
- <sup>4</sup>**Projekt - Instrukcja techniczna G-4:** Pomiary sytuacyjne i wysokościowe. *GGK*, Warszawa 2002.
- <sup>5</sup>**Opracowanie Redakcji Magazynu:** Tachimetry elektroniczne. *GEODETA* nr 12 (67) / 2000 r. (s. 43-49).
- <sup>6</sup>**Opracowanie Redakcji Magazynu:** Kup pan tachimetr. *GEODETA* nr 12 (79) / 2001 r. (s. 13-19).
- <sup>7</sup>**Pudło M.:** Rok nowych tachimetrów. *Magazyn Geoinformacyjny GEODETA* nr 12 (115) / 2004 r. (s. 41-48).
- <sup>8</sup>**Lizończyk M.:** Nominalna dokładność instrumentów pomiarowych a ich dokładność użytkowa - rozważania związane z lekturą normy PN/ISO 8322. *Prz. Geod.* nr 3/2000 (s. 15-17).
- <sup>9</sup>**Doskocz A.:** Analiza dokładności obliczenia pola powierzchni ze współrzędnych. *Prz. Geod.* nr 4/2005 (s. 3-6).

*Dziękuję Państwu za uwagę*