

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/273766972>

# Walidacja odbiorników GPS dla potrzeb kontroli powierzchni w systemie dopłat bezpośrednich dla rolnictwa IACS: ocena dokładności odbiornika TrimbleProXTBeacon – Validation of GPS r...

Article · January 2012

CITATIONS

0

READS

171

4 authors, including:



**Beata Hejmanowska**

AGH University of Science and Technology in Kraków

25 PUBLICATIONS 57 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Artur Warchol**

Politechnika Świętokrzyska

37 PUBLICATIONS 77 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



LIFE URBANGREEN "Innovative technological platform to improve management of green areas for better climate adaptation" [View project](#)



new applications of laser biotechnology for environmental management, biomass/bioenergy, green economy [View project](#)

**Beata Hejmanowska**  
**AGH Akademia Górniczo-Hutnicza**  
**im. Stanisława Staszica**  
*hejmanowska@agh.edu.pl*

**Janusz Dąbrowski**  
**Państwowa Wyższa Szkoła**  
**Techniczno-Ekonomiczna w Jarosławiu**  
*geo-staszic@wp.pl*

**Piotr Kramarczyk**  
**DESS Częstochowa**  
*gorgany100@o2.pl*

**Artur Warchoł**  
Uniwersytet Rolniczy  
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
*artur\_warchol@o2.pl*

## **Walidacja odbiorników GPS dla potrzeb kontroli powierzchni w systemie dopłat bezpośrednich dla rolnictwa IACS: ocena dokładności odbiornika TrimbleProXTBeacon**

*Słowa kluczowe: GNSS, walidacja pomiaru powierzchni działek, IACS*

### **Streszczenie**

Artykuł opisuje przeprowadzoną w grudniu 2010 roku walidację zestawu pomiarowego bazującego na odbiorniku ProXT firmy Trimbl. Zaprezentowano tok przeprowadzonej walidacji oraz jej wyniki. W trakcie trzech dni pomiarowych powierzchnie sześciu działek były mierzone cztery razy każdego dnia przez 3 pomiarowych (otrzymano 216 wyników pomiarów). Wyniki pomiarów zostały przeanalizowane pod kątem oszacowania dokładności pomiaru powierzchni z wykorzystaniem zestawu ProXT (z anteną, korekcją *Beacon* i wykorzystaniem metody wierzchołkowej). W trakcie analizy statystycznej nie stwierdzono żadnej wartości odstającej. Średni bufor wyniósł 0.21 m i zestaw został

sklasyfikowany do najwyższego poziomu tolerancji, zdefiniowanego, jako: „<0.5 m”.

## **1. WSTĘP**

W ramach wspólnej polityki rolnej (CAP - Common Agriculture Policy) Unia Europejska dofinansowuje produkcję rolną między innymi w ramach tzw. dopłat bezpośrednich. Rolnicy deklarują powierzchnie uprawianych działek co stanowi podstawę kwoty indywidualnej dopłaty. Każdego roku część zadeklarowanych działek jest kontrolowana i sprawdzana (powierzchnia, i typ uprawy). Powierzchnie działki mierzy się najczęściej wykonując pomiar GPS lub digitalizując granicę działki na ortofotomapie. Różnicę pomiędzy powierzchnią zmierzoną a zadeklarowaną uznaje się za zaniedbywalną jeśli jest ona mniejsza niż obwód działki pomnożony przez tzw. tolerancję pomiaru, szerokość bufora wyznaczona w procesie walidacji. Procesowi walidacji podlegają wszystkie metody pomiarowe wykorzystywane do kontroli. Nie waliduje się urządzenia pomiarowego a właśnie metodę pomiarową, czyli urządzenie (zarówno hardware jak i software) ale także szeroko pojęte warunki pomiaru.

W niniejszym artykule przedstawiona została metodyka walidacji metody pomiaru powierzchni z wykorzystaniem urządzeń GNSS oraz zamieszczono wyniki przeprowadzonej walidacji.

## **2. OPIS METODYKI WALIDACJI**

Tworzenie zaleceń dotyczących kontroli dopłat bezpośrednich (IACS - Integrated Administration Control System) jest w gestii badawczego ośrodka unijnego JRC (Joint Research Centre, Ispra, Włochy). Opracowanie metody walidacji zostało poprzedzone wstępnymi badaniami JRC [Kay and Spruyt 2002, Kay 2003, Spruyt 2004] oraz badaniami w ramach zewnętrznie wykonanych ekspertyz [Hejmanowska i inni 2005, Oszczak 2004]. Ostatecznie w 2008 r powstał dokument opisujący obowiązujące założenia walidacji [Kay i Sima 2008]. W latach 2009-2011 przeprowadzono weryfikację metodyki walidacji i przygotowano stronę internetową [Buffer tolerance validation metod], na której znajdują się uporządkowane zalecenia dotyczące walidacji. Zgodnie z tymi zaleceniami walidacja obejmuje generalnie dwa etapy: wielokrotny pomiar powierzchni działek testowych i specjalnie opracowaną procedurę analizy statystycznej.

Przed pomiarem przygotowuje się zwykle 6 działek o różnej powierzchni, kształcie i zasłonięciu horyzontu. Działki powinny być reprezentatywne do tych które będą w przyszłości mierzone w ramach kontroli. Granice działek są sygnalizowane za pomocą palików co ok. 20m. Następnie zwykle trzech operatorów wykonuje pomiar powierzchni każdej działki w 3 seriach po 4 razy (2 razy zgodnie i 2 przeciwnie do kierunku

wskazówek zegara). Każda seria wykonywana jest o innej porze dnia w celu pokrycia możliwie całego obszaru czasowego, w którym będzie wykonywana kontrola. Generalnie są dwie metody pomiaru tzw. metoda pomiaru ciągłego i wierzchołkowa. Pomiar ciągły polega na przejściu z włączonym GPSEM wzdłuż granicy i odczytaniu powierzchni. Pomiar wierzchołkowy polega na pomiarze np. przez 5 s położenia każdego zasygnalizowanego na granicy punktu, powierzchnia jest liczona z uśrednionych współrzędnych wierzchołków.

Analiza statystyczna jest przeprowadzana zgodnie z normą ISO 5725 i obejmuje następujące etapy:

Usuwanie wartości odstających z wykorzystaniem testu Cochran'a i Grubasa

Obliczenie odchylenia standardowego powtarzalności i odtwarzalności

Obliczenie szerokości bufora dla każdej działki testowej, obliczenie wartości średniej bufora i zakwalifikowanie metody do jednej z klas dokładności

Analiza istotności błędu systematycznego

Analiza ANOVA wpływu czynników mogących mieć wpływ na wynik walidacji (działka, operator, dzień, kierunek pomiaru)

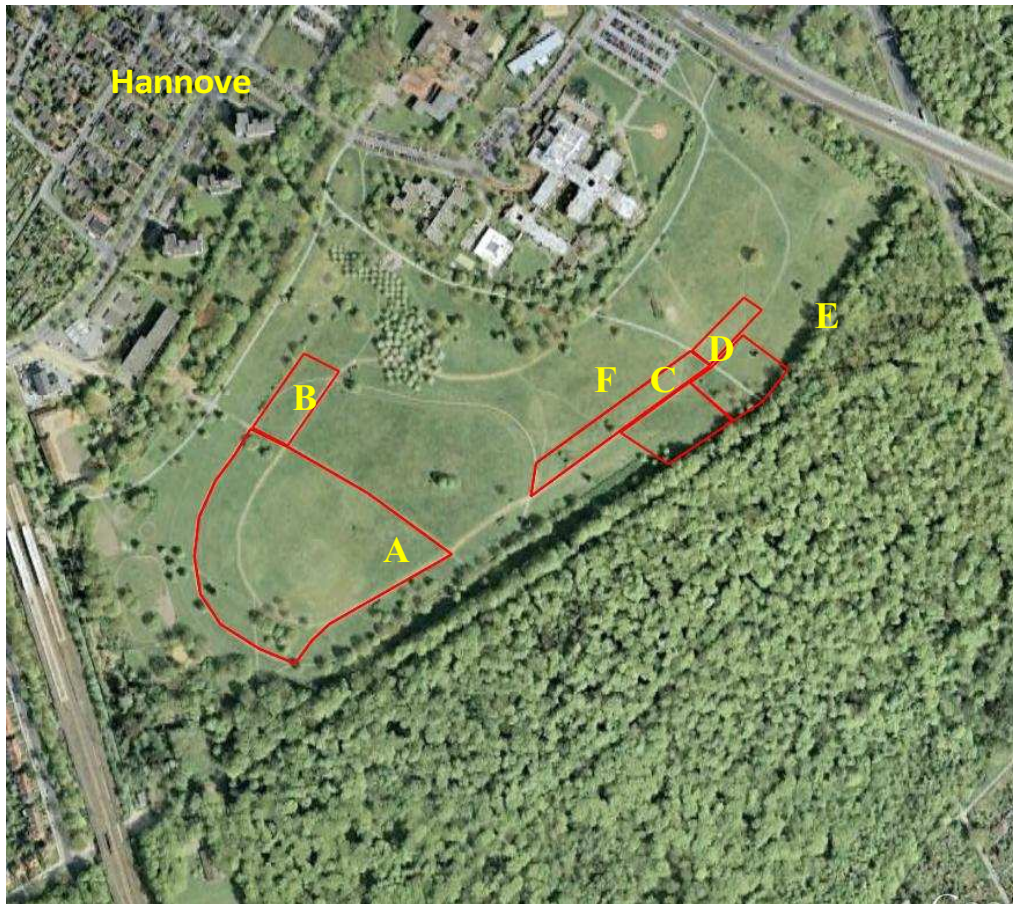
Założenia metodyki walidacji są dostępne na stronie JRC [Buffertolerancevalidation metod]. Walidacje mogą być przeprowadzane przez laboratoria certyfikowane, referencyjne (np. Stowarzyszenie Naukowe im Stanisława Staszica, SSSA – ScientificStanislaw Staszic Association) lub przez administracje krajów członkowskich przy czynnym wsparciu analizy statystycznej przez JRC [Areameasurementsvalidationscheme]. Wsparcie zostaje stopniowo wygaszane, z uwagi na redukcję zatrudnienia w JRC w tym zakresie.

### **3. OPIS POLA TESTOWEGO I ZESTAWU POMIAROWEGO**

Walidacji został poddany zestaw pomiarowy składający się z:

- odbiornika GPS typu ProXT (<http://www.trimble.com/pathfinderproxt.shtml>)
- kontrolera Nomad (<http://www.trimble.com/Outdoor-Rugged-Computers/nomad.aspx?dtID=features>)
- pracującego w czasie rzeczywistym odbiornika poprawek GeoBeacon (<http://www.trimble.com/geobeacon.shtml>)

Pomiary przeprowadzone zostały w grudniu 2010 w Niemczech w okolicach Hanoweru. Wybór takiego miejsca pomiaru został dokonany zgodnie z zaleceniami unijnymi, czyli w rejonie przyszłego użytkowania walidowanego zestawu.



Rys. 1 Działki testowe wykorzystane do walidacji

Źródło: opracowanie własne

Rysunek (Rys. 1) pokazuje usytuowanie miejsca pomiaru oraz wyznaczone działki referencyjne. Zgodnie z wdrożonymi procedurami przygotowanych zostało 6 działek o różnych wielkościach, kształtach i różnym przysłonięciu granic. Wyznaczone działki uzyskały akceptację JRC w Isprze.

Granice działek oznakowane zostały drewnianymi palikami rozmieszczonymi na załamaniach granic oraz pomiędzy załamaniem w

odległości 25m od siebie. Dodatkowo, że względu na panujące warunki atmosferyczne, miejsca z palikami zostały oznakowane kontrastowymi kolorami. Wartości referencyjne wielkości powierzchni i długości obwodów działek, ujęte w poniższej tabeli (Tab.1), uzyskane zostały przez pomiar wykonany RTK.

**Tabela 1.** Powierzchnia i obwód działek referencyjnych

<b>Symbol działki</b>	<b>Powierzchnia referencyjna (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Obwód (m)</b>
<b>A</b>	37027,79	769,48
<b>B</b>	5278,23	319,78
<b>C</b>	10355,21	522,56
<b>D</b>	5039,73	308,84
<b>E</b>	1573,43	170,18
<b>F</b>	7228,77	382,44

Źródło: opracowanie własne

Pomiar walidacyjny oparto o metodę wierzchołkową, czyli pomiar wykonywany był na każdym oznakowanym punkcie granicy działki (X, Y, Z) ponadto w każdej serii dla każdej działki zapisywano powierzchnię i obwód. Każda działka zmierzona została 4 krotnie przez każdego z 3 operatorów. Pomiarzy wykonano zostały w ciągu 3 dni, każdego dnia w innych godzinach. W sumie zebrano 216 wyników pomiarów wszystkich działek, których zestawienie przedstawia tabela A (Tab. 2). Walidację zestawu przeprowadzono z użyciem trzech identycznych co do specyfikacji urządzeń (3 sztuki zestawów). Parametry pracy urządzeń w trakcie pomiarów:

- czas pomiaru na punkcie – 5 s
- ustawiona korekcja Beacon
- ustawiony układ – WGS84
- ustawiony max DOP – PDOP=6
- ustawiona maska – 20°

Urządzenia wyposażone były w dodatkowe akcesoria umożliwiające ich łatwe zamocowanie do ubrania operatora i ich ergonomiczną obsługę.



Rys. 2 Operator z przykładowym zestawem pomiarowym

Źródło: opracowanie własne

#### **4. ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW POMIARÓW**

Poniższa tabela (Tabela 2, Formularz A ISO 5725) zawiera zestaw danych spisanych z protokołu pomiarowego i poddanych wstępnej analizie, w wyniku której poprawione zostały nieliczne błędy powstałe w trakcie przepisywania wyników. Na tym etapie nie stwierdzono innych błędów grubych. Dla danych tych wykonano obliczenie statystyk podstawowych (średnie w klasach, odchylenia, standardowe w klasach, wykresy rozrzutu), które opisują zebrane wyniki pomiarów.

Tabela 2.

<b>Formularz A: zestawienie pomierzonych powierzchni</b>						
klasa	A	B	C	D	E	F
1	37035,4 30	5274,660	10354,0 90	5023,18 0	1503,08 0	7190,94 0
1	37020,5 70	5278,860	10334,7 50	5018,89 0	1570,17 0	7251,91 0
1	36967,9 20	5268,880	10389,9 40	5026,50 0	1564,15 0	7141,67 0

**KWARTALNIK NAUKOWY PAŃSTWOWEJ WYŻSZEJ SZKOŁY TECHNICZNO - EKONOMICZNEJ**

1	36954,0 30	5283,210	10374,6 70	5055,77 0	1576,41 0	7157,21 0
2	36975,4 70	5255,980	10380,4 70	5034,22 0	1571,18 0	7197,39 0
2	36981,6 10	5270,400	10332,0 60	5057,82 0	1570,91 0	7153,02 0
2	37032,0 70	5274,900	10381,7 80	5034,81 0	1570,29 0	7167,74 0
2	36997,6 80	5262,500	10371,5 30	5026,93 0	1575,04 0	7180,78 0
3	37021,9 90	5270,290	10387,7 10	5021,85 0	1538,60 0	7216,90 0
3	36974,5 20	5271,210	10376,7 40	5019,29 0	1576,11 0	7165,46 0
3	36960,5 40	5270,110	10294,6 10	5015,98 0	1557,45 0	7147,98 0
3	36972,9 30	5253,310	10344,5 00	5010,83 0	1554,48 0	7153,58 0
4	36946,8 20	5244,170	10360,1 20	5049,74 0	1540,04 0	7162,24 0
4	36993,7 20	5309,710	10360,0 30	5056,27 0	1562,12 0	7183,15 0
4	37112,2 90	5250,680	10383,6 60	5044,71 0	1561,33 0	7106,67 0
4	37023,0 50	5287,080	10328,7 10	5062,30 0	1562,23 0	7182,66 0
5	36879,7 60	5234,470	10288,8 80	5044,54 0	1594,18 0	7225,26 0
5	37002,1 20	5288,890	10350,6 10	5053,06 0	1579,34 0	7222,46 0
5	37043,0 00	5256,830	10322,9 90	5046,22 0	1582,01 0	7187,72 0
5	36988,2 20	5265,120	10319,1 50	5031,11 0	1549,67 0	7225,75 0
6	37016,7 50	5281,870	10344,7 50	5023,11 0	1581,34 0	7130,83 0
6	36952,4 70	5256,350	10296,0 50	5028,47 0	1619,71 0	7136,16 0
6	37050,4 10	5282,740	10324,6 00	5028,31 0	1597,08 0	7217,23 0
6	37001,2 00	5253,770	10348,9 80	5023,78 0	1550,90 0	7243,19 0
7	37085,8	5258,190	10346,8	5050,00	1556,04	7211,76



**KWARTALNIK NAUKOWY PAŃSTWOWEJ WYŻSZEJ SZKOŁY TECHNICZNO - EKONOMICZNEJ**

	70		00	0	0	0
7	36983,4 70	5270,180	10328,3 20	5040,28 0	1558,86 0	7213,29 0
7	37049,7 80	5252,660	10344,8 20	5038,93 0	1569,71 0	7235,76 0
7	36997,8 60	5259,730	10337,9 20	5026,63 0	1568,17 0	7147,88 0
8	37117,9 10	5299,660	10383,7 40	5037,94 0	1551,75 0	7154,44 0
8	37159,9 30	5268,520	10348,6 10	5039,43 0	1545,36 0	7163,40 0
8	36990,8 80	5270,600	10373,1 90	5039,11 0	1557,29 0	7095,00 0
8	36965,9 90	5266,270	10358,8 60	5049,02 0	1564,40 0	7253,57 0
9	36999,2 30	5258,840	10330,1 90	5041,87 0	1521,04 0	7162,07 0
9	36971,3 80	5272,130	10353,6 90	5010,23 0	1561,08 0	7166,26 0
9	37042,3 10	5259,520	10363,4 60	5039,01 0	1562,65 0	7166,86 0
9	37049,9 80	5288,980	10354,6 90	5023,79 0	1544,01 0	7209,48 0

Źródło: opracowanie własne

W dalszej części dane z tabeli A poddane zostały analizie statystycznej polegającej na przeprowadzeniu testów statystycznych. Poniżej, w tabelach, przedstawiono wyniki kolejnych testów, wraz z krótkim ich komentarzem.

Test Cochrańa jest pierwszym obligatoryjnym testem, który sprawdza czy ekstremalna wartość odchylenia standardowego nie jest wartością „odstającą” lub „podejrzaną”. Wartość statystyki Cochrańa oceniana jest w oparciu o tabelaryzowane wartości kryterialne dla założonych progów istotności. Wyniki testu Cochrańa decydują o toku dalszej analizy – niejako sterują jak przeprowadzane będą dalsze obliczenia. Jeśli wartość obliczonej statystyki jest mniejsza niż wartość krytyczna dla 5% progu to sprawdzana wartość odchylenia standardowego jest wartością prawidłową. Dla wyników pomiarów walidacyjnych test Cochrańa nie wykazał żadnych wartości „odstających” lub „podejrzanych” – tabela poniżej.

Tabela 3.

<b>Wynik testu Cochra</b>						
Symbol działki	A	B	C	D	E	F
statystyka Cochra	0.3339	0.4003	0.3411	0.2900	0.3610	0.2890
Wartość krytyczna 5%	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403	0.403
Wartość krytyczna 1%	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481	0.481
Nr klasy	8	4	3	1	1	8
Klasyfikacja	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie ze schematem przeprowadzania testów statystycznych w przypadku gdy w teście Cochra nie wykryta została wartość podejrzana lub odstająca nie wykonuje się testu Grubbsa wewnątrz klas. Takim przypadkiem jest omawiana walidacja, gdzie dla każdej działki otrzymano pozytywne wyniki testu Cochra.

Następnym etapem testowania jest wykonanie testu Grubbsa dla pojedynczej wartości ekstremalnej dla średnich wyników w klasach. Test ten sprawdza czy skrajna wartość średniej nie jest wartością odstającą. Wyniki przeprowadzonego testu pokazuje poniższa tabela (Tabela 4).

Tabela 4.

<b>Wynik testu Grubbsa dla pojedynczej średniej</b>						
Symbol działki	A	B	C	D	E	F
Statystyka Grubbsa	1.9836	1.4396	1.7372	1.6992	1.8760	1.9170
Wartość krytyczna 5%	2.215	2.215	2.215	2.215	2.215	2.215
Wartość krytyczna 1%	2.387	2.387	2.387	2.387	2.387	2.387
Nr klasy	8	7	5	3	6	5

**KWARTALNIK NAUKOWY PAŃSTWOWEJ WYŻSZEJ SZKOŁY TECHNICZNO - EKONOMICZNEJ**

klasyfikacja	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny
--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Źródło: opracowanie własne

Test wartości średnich dla pojedynczej wartości ekstremalnej nie wykazał wartości odstających. W takim przypadku przeprowadzany jest ostatni dla tego przypadku, obligatoryjny test – test Grubbsa dla wartości średnich dla 2 wartości ekstremalnych. Test ten sprawdza jednocześnie czy 2 skrajne wartości średnich w klasach nie są wartościami odstającymi.

Tabela 5.

<b>Wynik testu Grubbsa dla podwójnej średniej</b>						
Symbol działki	A	B	C	D	E	F
Statystyka Grubbsa	0.286 3	0.418 1	0.270 1	0.425 1	0.277 2	0.196 8
Wartość krytyczna 5%	0.085 1	0.085 1	0.085 1	0.085 1	0.085 1	0.085 1
Wartość krytyczna 1%	0.149 2	0.149 2	0.149 2	0.149 2	0.149 2	0.149 2
Klasyfikacja	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny	poprawny

Źródło: opracowanie własne

Przełgądając wyniki w powyższej tabeli, zwraca uwagę fakt, że uległ zmianie sposób oceny wyników obliczeń statystyki – wynik „poprawny” występuje wtedy gdy wartość statystyki jest większa od wartości kryterialnej progu 5%. Dla wszystkich działek wynik tego testu jest prawidłowy.

W wytycznych ośrodka JRC, w schemacie testów statystycznych przyjęto zasadę, że we wszystkich testach Grubbsa wyniki obliczonych statystyk są klasyfikowane zero-jedynkowo tzn. że albo są wartości odstające albo nie występują wartości odstające. Wynik testu w postaci „poprawny” może oznaczać oczywiście zarówno wartość prawidłową jak i podejrzaną. Jednak w przyjętym w wytycznych sposobie usuwania wyników pomiarów nie ma to znaczenia, gdyż obie wartości traktuje się jako nie powodujące usuwania tych danych – stąd w schemacie testów jak i w prezentowanych wynikach występuje klasyfikacja typu „wartość odstająca” – wynik „poprawny”, czyli brak wartości odstającej. Jest to

różnica w stosunku do testu Cochra, w którym klasyfikacja oparta jest o 3 możliwości: „wartość odstająca - *outliers*”, „wartość podejrzana - *struggler*”, „wartość poprawna - *correct*” (patrz schemat: Outliersdetectionworkflow)

Po przeprowadzonych testach dla walidowanego zestawu nie usunięto żadnego pojedynczego wyniku pomiaru ani żadnej klasy pomiarowej (4 wyniki). Świadczy to o spójności wyników i ich małych rozrzutach, zarówno wewnątrz klas jak i między klasami. W związku z powyższym, do dalszych obliczeń, użyte zostały wszystkie uzyskane w pomiarach wyniki.

### **5. WSKAŹNIKI CHARAKTERYZUJĄCE POMIAR I ZESTAW POMIAROWY**

Dla każdej działki obliczane są wielkości charakteryzujące precyzję pomiaru [Buffertolerancevalidationmethod]:

- $s_{Rj}^2$  - wariancja powtarzalności
- $s_{Lj}^2$  - wariancja odtwarzalności
- $s_{Lj}^2$  - wariancja międzylaboratoryjna

Tabela 6.

j	$s_{Rj}^2$ (m <sup>4</sup> )	$S_{Lj}^2$ (m <sup>4</sup> )	$s_{Rj}^2$ (m <sup>4</sup> )	$s_{Rj}$ (m <sup>2</sup> )
<b>A</b>	2989.1144	-116.6761	2989.1144	54,6728
<b>B</b>	266.0145	-97.5288	266.0145	16,3100
<b>C</b>	568.1160	135.0473	703.1633	26,5172
<b>D</b>	107.4978	90.3742	197.8720	14.0667
<b>E</b>	354.7339	78.4375	433.1714	20,8128
<b>F</b>	1646.3787	-97.5288	1646.3787	40,5756

Źródło: opracowanie własne

Wariancja  $s_{Rj}^2$  używana jest do obliczenia podstawowej wielkości charakteryzującej walidowany zestaw tzw. bufora. Wielkość bufora obliczana jest niezależnie dla każdej działki osobno, dzieląc wariancję powtarzalności przez obwód działki. Tolerancje używaną w pomiarach kontrolnych GPS w IACS oblicza się mnożąc bufor przez 2.8.

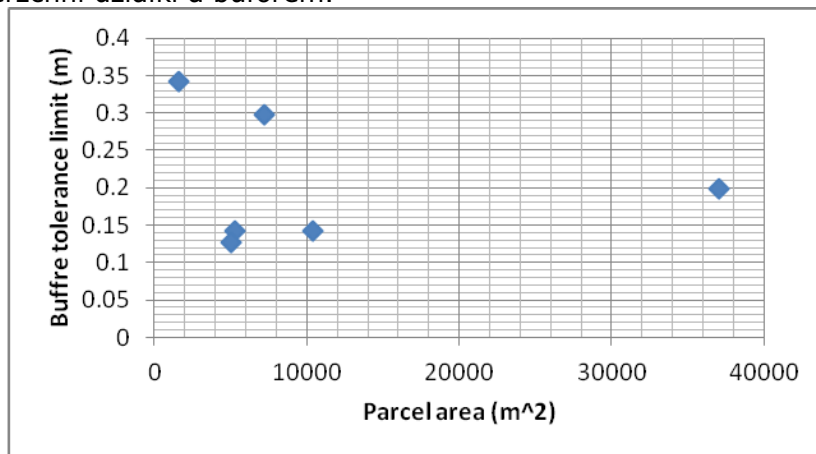
Tabela 7.

j	$s_{Rj}$ (m <sup>2</sup> )	Obwód (m)	$s_{Rj}/\text{Obwód}$ (m)	T tolerancja (m)
A	54,6728	769,48	0,0711	0,1989
B	16,3100	319,78	0,0510	0,1428
C	26,5172	522,56	0,0507	0,1421

D	14.0667	308,84	0,0455	0,1275
E	20,8128	170,18	0,1223	0,3424
F	40,5756	382,44	0,1061	0,2971

Źródło: opracowanie własne

Sprawdzone jest czy nie występuje zależności pomiędzy wielkością powierzchni działki a buforem.



Rys.3 Zależność bufora od powierzchni działki

Źródło: opracowanie własne

Brak takiej zależności pozwala na scharakteryzowanie walidowanego zestawu jedną wartością bufora obliczoną jako średnia arytmetyczna buforów wszystkich działek. Tak obliczona wielkość ostatecznie podawana jest jako wskaźnik charakteryzujący zestaw i służący jego przypisaniu do określonej klasy dokładności.

## **6.SPRAWDZENIE DOKŁADNOŚCI POMIARU**

Obliczenie bufora określa precyzję pomiaru, charakteryzującą rozrzut wyników pomiaru. Wskaźnik ten nie daje jednak informacji na temat dokładności pomiaru rozumianej. W celu sprawdzenia dokładności badana jest różnica pomiędzy wartością zmierzoną a wartością referencyjną wielkości powierzchni. Sprawdzenia tego dokonuje się dla każdej działki. Do zbadania istotności różnicy wykorzystano test T.Studenta.

Tabela 8.

<b>j</b>	<b>Powierzchnia referencyjna (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Srednia powierzchnia (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Różnica (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Błąd względny %</b>	<b>T. Student</b>	<b>p-value</b>
A	37027.79	37008.8656	18.9244	0,05	- 2.1149	0.04163
B	5278.23	5268.6464	9.5836	0,18	- 3.7370	0.0006631
C	10355.21	10349.3242	5.8858	0,06	- 1.3429	0.1880
D	5039.73	5035.3869	4.3430	0,09	- 1.8898	0.06708
E	1573.43	1563.0050	10.4250	0,67	- 3.0290	0.004589
F	7228.77	7181.3242	47.4458	0,66	- 7.2140	2.027e-08

Źródło: opracowanie własne

W przypadku gdy test T.Studenta wykaże, że różnica pomiędzy wartością odniesienia a wartością zmierzoną jest statystycznie istotna, mamy do czynienia z tzw. błędem statystycznym, czyli niewystarczającą dokładnością pomiarów dla przyjętego progu istotności.

Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku działek A, B, E, i F. Jednakże, przed ostatecznym rozstrzygnięciem o dokładności pomiaru, należy dokładnie przyjrzeć się wynikom w tabeli. Pomiar GPS charakteryzuje się ze swojej natury stosunkowo dużą zmiennością, a testy statystyczne rozstrzygają o istotności różnicy na podstawie rozrzutu wyników. W przypadku walidowanego zestawu, uzyskano wyniki a bardzo małym rozrzucie (bufor = 0,21m), kwalifikujące zestaw do najwyższej klasy dokładności (< 0,5m). Badane różnice dla wszystkich działek, dają błędy względne grubo poniżej 1%, co przy tego typu pomiarach jest wartością zadowalającą. Ponadto sprawdzając istotność tych różnic, dla rozrzutu wyników odpowiadającemu wartości

progowej klasy dokładności zestawu (0,5m), test T.Studenta nie wykazuje dla żadnej z działek błędu systematycznego.

Biorąc to pod uwagę, można stwierdzić, że uzyskana w procesie walidacji dokładność zestawu pomiarowego jest akceptowalna i wystarczająca dla potrzeb pomiarów kontrolnych wielkości powierzchni działek rolnych.

## **7.ANALIZA WARIANCJI ANOVA**

Zalecenia dotyczące procesu walidacji przewidują wykonanie jednoczynnikowej analizy wariancji wyników pomiarów. Przyjętymi czynnikami różnicującymi są: dzień wykonania pomiaru (mający związek z konstelacją satelitów), kierunek poruszania się operatora w trakcie pomiaru (zgodnie lub przeciwnie do ruchu wskazówek zegara) oraz sama osoba operatora. Teoretycznie operatorzy biorący udział w walidacji są odpowiednio przeszkoleni i nie powinni stanowić czynnika zmienności. W praktyce jednak zdarza się, że istnieje w tym zakresie pewna zmienność uzyskiwanych wyników. Zamieszczone poniżej tabele zawierają wyniki analizy wariancji dla wymienionych czynników

Anova - parametr 'DZIEŃ'

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
F test	2.31760 21	0.043178 31	3.015845 69	2.579011 70	2.714330 69	0.12448 45
p-value	0.11433 37	0.957794 62	0.062674 86	0.091056 96	0.081034 19	0.12448 45

Źródło: opracowanie własne

Anova - parametr 'KIERUNEK'

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
F test	1.1022 140	2.43396 08	0.73654 52	0.0053340 46	0.77979 12	1.53083 09
p-value	0.3011 862	0.12799 34	0.39677 98	0.9422065 98	0.38340 64	0.22446 51

Źródło: opracowanie własne

Anova - PARAMETR 'OPERATOR'

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
F test	0.1865 947	0.052791 14	0.48351 23	9.2161334 73	0.69098 47	0.15885 82
p-value	0.8306 494	0.948658 05	0.62091 36	0.0006608 33	0.50818 59	0.85376 58

Źródło: opracowanie własne

Z powyższych tabel widać wpływ operatora na uzyskane wyniki dla działki D. W celu sprawdzenia, który z operatorów jest przyczyną zaobserwowanej zmienności wykonany został test Tuckey-a.

Parametr 'OPERATOR' - działka: D :

	różnica	p_value
Operator 2 - 1	0.08416667	0.999818896
Operator 3 - 1	-17.22333333	0.002145023
Operator 3 - 2	-17.30750000	0.002041158

Źródło: opracowanie własne

Z powyższego zestawienia wynika, że w tym przypadku, dla działki D, operator nr 3 stanowi czynnik wpływający na uzyskane wyniki. Analizując wcześniej uzyskane wyniki dla działki D (bufor, dokładność) wpływ tego czynnika można pominąć bez straty dla jakości uzyskanych wyników walidacji.

## **8.WYNIKI**

Procesowi walidacji poddany został zestaw pomiarowy GeoXT z odbiornikiem poprawek Beacon. Pomiar walidacyjny przeprowadzono w rejonie przyszłego użytkowania zestawu. Przez 3 dni pomiarowe, zmierzonych zostało 6 różnych działek. Z pomiarów uzyskano w sumie 216 wyników pomiarowych wielkości powierzchni. Wyniki te poddano analizie statystycznej w wyniku, której nie zostały usunięte żadne dane pomiarowe.

Uzyskano średni bufor dla walidowanego zestawu = 0,21 m, który to wynik klasyfikuje walidowany zestaw do najwyższej klasy tolerancji określonej jako „< 0,5m”. Uzyskana dokładność walidowanego zestawu z maksymalnym błędem względnym równym 0,67% jest wynikiem wystarczającym dla zastosowań zestawu.

## **PODZIĘKOWANIA**

Podziękowanie dla firmy TRIMBLE za pozwolenie opublikowania wyników pomiarów walidacji GPS.



**LITERATURA**

Buffer tolerance validation method: [http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer\\_tolerance\\_validation\\_method](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer_tolerance_validation_method), MARS wikicap, JRC, Ispra, Italy.

*Buffer tolerance validation method*  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer\\_tolerance\\_validation\\_method](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer_tolerance_validation_method)

Hajmanowska B., Palm R., Oszczak S., Ciecko A., 2005 -*Validation of methods for measurement of land parcels areas*,  
[http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/800/5268/file/ValidationMethodFinalVer2\\_2.pdf](http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/content/download/800/5268/file/ValidationMethodFinalVer2_2.pdf)

Hejmanowska B., Palm R., 2005 - *Validation of methods for measurement of parcel areas – near-VHR imagery*,  
[http://home.agh.edu.pl/~zfiit/raporty\\_pliki/ue\\_raport\\_konc\\_22581200412F1SCISPPL\\_cz2.pdf](http://home.agh.edu.pl/~zfiit/raporty_pliki/ue_raport_konc_22581200412F1SCISPPL_cz2.pdf)

GNSS receivers validated  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/GPS\\_receivers\\_validated#The\\_GNSS\\_devices\\_validated\\_by\\_Reference\\_Laboratories](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/GPS_receivers_validated#The_GNSS_devices_validated_by_Reference_Laboratories)

Kay S., Sima A. 2009 - *Area measurement validation scheme*  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Area\\_measurement\\_validation\\_scheme](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Area_measurement_validation_scheme)(access: 20.01.2011)

Kay S., Spruyt P. 2002 - *JRC GPS validation scheme (ref. JRC IPSC/G03/P/SKA/ska D(2002)(1092))*

Kay S., 2003 - *JRC Technical Information Document: Technical tolerances for On the Spot checks (ref. JRC IPSC/G03/P/SKA/ska D(2003)(1576))*

Kay S., Sima A. 2008 - *Area measurement validation scheme*,  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Area\\_measurement\\_validation\\_scheme](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Area_measurement_validation_scheme)

Oszczak S., 2004 - *"Assessment and development of selection criteria for GPS measurement methods and equipment to ensure required accuracy and reliability of area-bases subsidies control in IACS system"* - a collective study, developed under direction of Prof Dr Eng Stanislaw Oszczak, February 2004

Oszczak S., 2004 - *"Examination of accuracy and usefulness of Thales Mobile Mapper GPS receiver for area-bases subsidies control in IACS system"* - a collective study, developed under direction of Prof Dr Eng Stanislaw Oszczak, April 2004

Sima A. 2008 - *Validation of GNSS receivers: step by step*, poster presentation on 2008 MARS, Annual conference "Geomatics in support of the CAP",  
[http://mars.jrc.it/mars/content/download/1255/7259/file/Poster\\_Sima\\_Validation\\_JRC\\_updated.pdf](http://mars.jrc.it/mars/content/download/1255/7259/file/Poster_Sima_Validation_JRC_updated.pdf)

Spruyt P., 2004 - *JRC Protocol for reference field-measurement (ref. JRC IPSC/G03/P/PSP/psp D(2002)(1108))*

*Welcome to WikiCAP* – JRC main Web site (*Common Agriculture Policy – CAP*), (access: 20.01.2011),  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Main\\_Page](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Main_Page)  
Outliers detection workflow  
[http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/images/8/80/Outlier\\_detection\\_flowchart.pdf](http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/images/8/80/Outlier_detection_flowchart.pdf), (access: 20.01.2011)

**Beata Hejmanowska**  
**AGH Akademia Górniczo-Hutnicza**  
*hejmanowska@agh.edu.pl*

**Janusz Dąbrowski**  
**Państwowa Wyższa Szkoła**  
**Techniczno-Ekonomiczna w Jarosławiu**  
*geo-staszic@wp.pl*

**Piotr Kramarczyk**  
**DESS Częstochowa**  
*gorgany100@o2.pl*

**Artur Warchoł**  
Uniwersytet Rolniczy  
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji  
*artur\_warchol@o2.pl*

## **Validation of GPS receivers for area control in IACS: accuracy estimation of Trimble ProXT Beacon**

*Key words: GNSS, validation of area measurements, IACS*

### **Summary**

The paper is a development and supplement to the submitted paper „Validation of GPS receivers for area control in IACS: review of the recommendation and application”. Validation of Trimble receiver: ProXT, made in December of 2010 in Hannover in Germany, was in the paper described. Workflow and the results of the validation are also in the paper presented. During three measurements days the areas of six parcels were measured by three surveyors four times each day (216 measurements results were obtained). Results of the field measurements were analysed for area accuracy estimation of ProXT set (with antenna, Beacon correction and using vertex measurements method). According the statistical analysis any outliers are not found. The mean buffer of 0.21 m was calculated, and the set is classified into the highest tolerance level, defined as “<0.5 m”.