

Piotr Kramarczyk
Beata Hejmanowska, Janusz Dąbrowski



**Walidacja odbiorników GNSS
dla potrzeb kontroli wielkości powierzchni
działek rolnych w systemie dopłat bezpośrednich
dla rolnictwa IACS: wytyczne, aplikacja, problemy**

**Validation of GNSS receivers for parcel area
control in direct subsidies
for agriculture IACS:
recomendation, application, problems**

Jarosław 2012-2013

**Piotr Kramarczyk
Beata Hejmanowska, Janusz Dąbrowski**

**Walidacja odbiorników GNSS
dla potrzeb kontroli wielkości powierzchni
działek rolnych w systemie dopłat bezpośrednich
dla rolnictwa IACS: wytyczne, aplikacja, problemy**

**Validation of GNSS receivers for parcel area
control in direct subsidies
for agriculture IACS:
recomendation, application, problems**

Jarosław 2012-2013

RECENZENCI

dr hab. inż. Piotr Parzych, prof. nadzw. AGH
dr hab. inż. Krystian Pyka, prof. nadzw. AGH

REDAKCJA TECHNICZNA
Małgorzata Wańkowicz

ISBN 978-83-88139-52-9



Wydawnictwo Państwowej Wyższej Szkoły Techniczno-Ekonomicznej
im. ks. Bronisława Markiewicza w Jarosławiu

Fot. na okładce: NASA (<http://commons.wikimedia.org>)

Publikacja współfinansowana przez Stowarzyszenie Naukowe
im. Stanisława Staszica w Krakowie

Projekt i opracowanie graficzne, skład, łamanie, druk i oprawa:
Grafpol Agnieszka Blicharz-Krupińska, tel. 507 096 545, fax 71 797 88 80

Spis treści

| | |
|--|----|
| 1. Wprowadzenie | 11 |
| 1. Symbole, oznaczenia, skróty, terminy | 11 |
| 2. Wstęp | 12 |
| 3. Cel pracy | 15 |
| 2. Koncepcja walidacji | 17 |
| 1. Tolerancja pomiaru | 17 |
| 2. Podstawa merytoryczna walidacji – normy | 19 |
| 3. Podstawa empiryczna walidacji – badania wstępne | 21 |
| 3.1. Dokładność pomiaru powierzchni działki | 23 |
| 3.2. Opis badań wstępnych | 24 |
| 3.3. Rekomendacje dotyczące pomiaru walidacyjnego | 25 |
| 4. Uprawnienia do przeprowadzania walidacji | 27 |
| 3. Protokół walidacji | 29 |
| 1. Pola testowe (działki referencyjne) | 29 |
| 2. Pomiar referencyjny | 31 |
| 3. Pomiar walidacyjny | 31 |
| 4. Tok obliczeń | 32 |
| 4.1. Obliczenia statystyczne | 33 |
| 4.2. Wskaźniki walidacji: wariancje, bias, granica odtwarzalności, bufor | 34 |
| 4.3. Analizy dodatkowe | 35 |
| 5. Dokumentowanie walidacji | 36 |
| 4. Protokół walidacji – wdrożenie wytycznych | 39 |
| 1. Walidacja – Schemat aplikacji | 40 |
| 2. Procedura ogólna | 42 |
| 2.1. Analiza zlecenia | 43 |
| 2.2. Wyznaczanie personelu | 43 |
| 2.3. Szkolenie | 44 |
| 3. Procedura robocza – Działki referencyjne | 45 |
| 3.1. Charakterystyka pól testowych | 45 |
| 3.2. Wymogi oznakowania granic działek | 46 |
| 3.3. Pomiar referencyjny | 46 |
| 3.4. Dane referencyjne | 47 |
| 4. Procedura robocza – Pomiary GPS | 48 |
| 4.1. Założenia procedury | 48 |
| 4.2. Warunki pomiaru | 48 |
| 4.3. Przygotowanie pomiaru | 49 |
| 4.4. Wykonanie pomiaru | 50 |

| | |
|--|------------|
| 5. Procedura robocza – analiza danych i obliczenia | 52 |
| 6. Porównanie Protokołu walidacji i procedur | 52 |
| 7. Podsumowanie wdrożenia Protokołu walidacji..... | 54 |
| 5. Walidacja odbiornika GPS Trimble ProXT Beacon | 55 |
| 1. Zarys zlecenia | 55 |
| 2. Zestaw pomiarowy | 56 |
| 3. Pola testowe..... | 57 |
| 4. Pomiar walidacyjny | 58 |
| 5. Obliczenia..... | 60 |
| 5.1. Analiza statystyczna..... | 61 |
| 6. Obliczenia klasy dokładności (bufora)..... | 63 |
| 6.1. Sprawdzenie zależności bufora od wielkości powierzchni działki | 64 |
| 6.2. Poprawność | 65 |
| 7. Analiza wariancji ANOVA | 66 |
| 8. Podsumowanie walidacji odbiornika GPS Trimble ProXT Beacon | 67 |
| 6. Praktyczne zagadnienia walidacji | 69 |
| 1. Pola testowe (działki referencyjne) | 69 |
| 2. Ekipa pomiarowa | 72 |
| 3. Dane pomiarowe | 73 |
| 4. Część analityczna | 75 |
| 5. Podsumowanie | 76 |
| 7. Walidacja – dyskusja założeń i przyjętych rozwiązań | 79 |
| 1. Artykuł 34. Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1122/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. [27] – interpretacja i jej konsekwencje | 79 |
| 1.1. Interpretacja nr 1 - interpretacja dosłowna | 81 |
| 1.2. Interpretacja nr 2 | 82 |
| 1.3. Interpretacja nr 3 | 83 |
| 1.4. Która interpretacja? | 83 |
| 2. Walidacja i Protokół walidacji – dobór terminologii | 85 |
| 3. Zakres i celowość stosowania norm ISO serii 5725 w walidacji | 88 |
| 4. Standardowa metoda pomiarowa..... | 90 |
| 5. Szacowanie niepewności pomiaru kontrolnego | 96 |
| 6. Powiązanie pomiaru kontrolnego z walidacją urządzeń GNSS | 99 |
| 7. Podsumowanie dyskusji o walidacji..... | 101 |
| 8. Eksperyment badawczy z 2011 roku | 103 |
| 1. Założenia eksperymentu | 103 |
| 2. Kryteria oceny | 105 |
| 3. Wyniki eksperymentu | 106 |
| 4. Podsumowanie i wnioski | 109 |
| Bibliografia | 111 |

Spis tablic

| | |
|--|-----|
| 1. Zestawienie i porównanie cech Protokołu walidacji i procedur pomiarowych..... | 53 |
| 2. ProXT – Powierzchnia i obwód działek referencyjnych..... | 58 |
| 3. Formularz A: zestawienie danych pomiarowych | 59 |
| 4. Wyniki testu Cochraana..... | 61 |
| 5. Wyniki testu Grubbsa dla pojedynczej wartości średniej | 62 |
| 6. Wyniki testu Grubbsa dla dwóch odstających wartości średnich | 62 |
| 7. Zestawienie obliczeń wariancji | 64 |
| 8. Zestawienie wartości bufora B | 64 |
| 9. Zestawienie i ocena różnic wartości średnich i referencyjnych wielkości powierzchni | 65 |
| 10. Anova - czynnik 'Dzień'..... | 66 |
| 11. Anova - czynnik 'Kierunek' | 67 |
| 12. Anova - czynnik 'Operator' | 67 |
| 13. Test Tukey-a | 67 |
| 14. Porównanie wartości buforów B i B_z obliczonych metodą uproszczoną (U) z wartościami obliczonymi zgodnie z normą 5725 (N) dla walidacji czterech różnych zestawów GNSS | 90 |
| 15. Klasa (tolerancja techniczna, bufor B_z) przydzielana zależnie od wartości średniego bufora dla wszystkich działek B | 98 |
| 16. Wartości buforów B i klas B_z dla walidacji dwóch różnych zestawów GNSS | 98 |
| 17. Zestawienie wartości bufora B_E , dla wszystkich metod pomiarowych, dla najbardziej dokładnego zestawu pomiarowego | 107 |
| 18. Zestawienie wartości różnic powierzchni ΔP , dla wybranych pięciu operatorów (metoda $m1$) | 108 |

Spis rysunków

| | |
|--|----|
| 1. Przykład działek referencyjnych | 30 |
| 2. Schemat obliczeń statystycznych | 37 |
| 3. Schemat metody walidacji urządzeń GNSS | 40 |
| 4. Operator z gotowym do pracy zestawem pomiarowym | 56 |
| 5. Szkic pól testowych w Hanowerze..... | 57 |
| 6. Przykładowy wykres rozrzutu dla działki A | 60 |
| 7. Wykres zależności bufora od wielkości powierzchni | 65 |
| 8. Przykład oznakowania granicy pola testowego..... | 71 |

STRESZCZENIE

Jednym z elementów wspólnej polityki rolnej, prowadzonej w Unii Europejskiej, są dopłaty do rolnictwa w państwach członkowskich. Dzięki takiej polityce, rolnicy mogą otrzymywać dopłaty do prowadzonej przez siebie działalności rolniczej. W przypadku upraw, wysokość dopłaty zależy między innymi od ich wielkości, rozumianej jako wielkość powierzchni działki, zajętej pod daną uprawę. Wartość ta deklaruje rolnik we wniosku o uzyskanie dopłaty i stanowi ona podstawę naliczenia wysokości dopłaty. Realizacja dopłat bezpośrednich wymaga zastosowania różnorodnych narzędzi i rozwiązań, umożliwiających prowadzenie polityki rolnej Unii. W tym celu stworzony został system dopłat bezpośrednich IACS – Integrated Administration Control System. W ramach funkcjonowania IACS prowadzona jest kontrola dopłat bezpośrednich określana w rozporządzeniach unijnych terminem *kontrola na miejscu*. Jednym z elementów tej kontroli jest wykonywanie kontrolnych pomiarów wielkości powierzchni działek rolnych, czyli weryfikowanie poprawności deklaracji rolników. Kontrole prowadzone są niezależnie przez państwa członkowskie. W różnych państwach rolnictwo różni się między sobą zarówno gatunkami uprawianych roślin, jak i wieloma innymi czynnikami uwarunkowanymi klimatem, ukształtowaniem terenu, warunkami historyczno-gospodarczymi czy innymi jeszcze czynnikami lokalnymi. Ponadto każde państwo prowadzi kontrolę niezależnie, w sposób przez siebie opracowany. W celu zapewnienia jednorodności systemu dopłat, wprowadzony został szereg wytycznych do wdrażania przez państwa członkowskie. Przykładem tego typu wytycznych są zalecenia co do przeprowadzania kontroli na miejscu, a w tym wytyczne dotyczące sprawdzania urządzeń pomiarowych. Na podstawie przeprowadzonych badań, opracowane zostały w unijnym ośrodku badawczym w Isprze, reguły sprawdzania i dopuszczania urządzeń pomiarowych do przeprowadzania pomiarów kontrolnych, wielkości powierzchni działek rolnych. Reguły te dotyczą w szczególności urządzeń wykorzystujących sygnały satelitar-

ne GNSS, popularnie zwane GPS-ami i nazwane zostały *Protokołem walidacji urządzeń GNNS* lub krócej *walidacją*. Niniejsze opracowanie zawiera:

- Prezentację i omówienie wytycznych walidacji zawartych w Protokole walidacji.
- Opis aplikacji wytycznych walidacji do konkretnych procedur pomiarowych. Na bazie Protokołu walidacji opracowane zostały procedury pomiarowe, które stanowią dokumentację pomiarową wykorzystywaną do przeprowadzania walidacji odbiorników GPS. Dokumentacja ta została zweryfikowana i następnie zaakceptowana przez JRC.
- Wyniki walidacji przykładowych urządzeń GNNS. Dla zilustrowania opisu Protokołu walidacji i jego aplikacji, w publikacji, zaprezentowano i omówiono wyniki walidacji wybranego urządzenia pomiarowego GPS firmy Trimble.
- Analizę wybranych zagadnień i problemów, stanowiącą podstawę dyskusji z wytycznymi Protokołu walidacji. W toku przeprowadzanych prac nad wdrożeniem wytycznych walidacji oraz w toku wykonywania rzeczywistych walidacji GPS-ów, zetknięto się z różnymi trudnościami czy problemami. Problemy te dotyczyły zarówno zagadnień teoretycznych, jak i praktycznych i stały się przyczynkiem do podjętej w publikacji dyskusji.
- Prezentację wyników badań wykonanych w ostatnim okresie przez JRC w Isprze. Wytyczne walidacji urządzeń GNNS są cały czas przedmiotem dyskusji i badań, co powoduje, że podlegają one pewnym modyfikacjom. W publikacji przedstawione zostały wyniki ostatnich badań (z roku 2011), dotyczących omawianej tematyki.

SUMMARY

Direct subsidies to agriculture are a part of Common Agriculture Policy (CAP). Thanks the policy farmers can obtain financial support for the agriculture production. In the case, crops subsidies depend among others on their amount understood as parcel area covered by crops. Parcel area is declared by farmer what is the base of subsidies. Direct subsidies require application of different tools and solutions enabling realization of CAP. Therefore Integrated Administration Control System (IACS) was created. One element of IACS is control measurements of declared parcel area. Control is performed independently by Member States (MS). In different countries agriculture differs between each other of: kind of crops, others factors determined by climate, terrain configuration, historical-economical conditions or other local factors. Besides each MS performs control independently, using own method. For unification of IACS many recommendation for implementation in MS are elaborated. Requirements according On – The Spot Check (OTSC) and measurements equipments verification are the examples of the recommendations. The rules of measurements tools verification and their admission for the parcel area measurements were elaborated on the base on the researches in UE Joint Research Centre (JRC) in Ispra, Italy. The recommendations concern mainly the tools applying satellite GNSS signals and called Validation protocol or short: validation. The monograph composed of:

- Presentation of the recommendations of validation published in the Validation protocol.
- Description of the validation implementation by the specific measurements 'procedures. Measurements' procedures are elaborated on the base on Validation protocol, what determines the measurements' documentation applied for GNSS validation. Documentation was verified and later accepted by JRC.
- Exemplary GNSS validation results. Selected results of Trimble equipment validation are presented for Validation protocol illustration and the presentation of its implementation.

- Analysis of selected topics and problems. Discussion with the recommendations of Validation protocol.
- Presentation of the results of last research performed by JRC. Recommendation for GNSS validation are permanently discussed and researched, what caused some modifications. Last researches from 2011 concerning described topics are presented in the monograph.

Słowa kluczowe

IACS
dopłaty do rolnictwa
walidacja GNSS
GPS
Protokół walidacji

ROZDZIAŁ 1

WPROWADZENIE

1. Symbole, oznaczenia, skróty, terminy

W publikacji użyto zarówno wielu różnych skrótów i oznaczeń własnych, jak i tych, które są oryginalnie używane w materiałach źródłowych, np. w normach technicznych. Poniższe zestawienie zawiera krótki opis wszystkich użytych symboli i oznaczeń.

JRC – *Joint Research Centre*, Wspólnotowe Centrum Badawcze, unijny ośrodek badawczy we Włoszech (Ispira)

CAP – *Common Agriculture Policy*, Wspólna Polityka Rolna

MARS – *Monitoring Agricultural Resources*, projekt dedykowany zwiększeniu wydajności zarządzania CAP

GeoCAP – jedna z działalności grupy MARS, dotycząca zagadnień z zakresu geomatyki w CAP

IACS – *Integrated Administration Control System*, zintegrowany system administrowania i kontroli

GNSS – *Global Navigation Satellite System*, ogólnosiwiatowy system nawigacji satelitarnej

urządzenie GNSS – urządzenie służące do wykonywania pomiarów, wykorzystujące sygnały satelitarnej nawigacji, zwane zamiennie urządzeniem GPS lub krócej GPS-em

kontrola na miejscu – pojęcie odnoszące się do czynności kontrolnych, przeprowadzanych w celu sprawdzenia zgodności pomiędzy dokumentacją a stanem faktycznym; w przypadku dopłat w rolnictwie może to być np. inspekcja terenowa

- T – tolerancja pomiaru kontrolnego w $[m^2]$; wielkość określona w artykule 34 rozporządzenia komisji europejskiej [27], służąca do weryfikacji różnicy pomiędzy zmierzoną wielkością powierzchni działki rolnej a wielkością zadeklarowaną przez rolnika
- B – bufor, strefa buforowa o jakiej mowa w art. 34 rozporządzenia komisji europejskiej [27] w $[m]$; wielkość używana do obliczania tolerancji pomiaru kontrolnego, rozumiana jako szerokość pasa wokół działki rolnej
- B_z – bufor (tolerancja techniczna, klasa) w $[m]$; wartość bufora przyporządkowana danemu zestawowi pomiarowemu w oparciu o wynik wykonanej walidacji tego zestawu
- Ob – długość obwodu działki zmierzonej w trakcie kontroli w $[m]$
- T_{max}, B_{max} – dopuszczalne wartości maksymalne T i B określone przez rozporządzenie komisji europejskiej [27]
- P_d – wielkość powierzchni działki rolnej zadeklarowanej przez rolnika
- $u(P_d)$ – niepewność, zadeklarowanej przez rolnika, wielkości powierzchni działki
- P_z – wielkość powierzchni działki rolnej, zmierzona w trakcie kontroli
- $u(P_z)$ – niepewność wielkości powierzchni uzyskanej z pomiaru kontrolnego
- P – ogólne oznaczenie wielkości powierzchni działki, szczegółowo opisywane w miejscu użycia tego symbolu
- ΔP – różnica wielkości powierzchni zadeklarowanej przez rolnika i wielkości powierzchni zmierzonej w trakcie kontroli $|P_d - P_z|$ lub wielkości referencyjnej i zmierzonej $|P_{ref} - P_z|$
- $u(\Delta P)$ – niepewność różnicy ΔP
- σ – odchylenie standardowe wyników pomiarów
- s – estymator odchylenia standardowego – szacunkowa wartość odchylenia standardowego σ
- PT** – *Proficiency tests*, testy biegłości
- Δpkt – błąd położenia punktu
- DOP** – *Dilutions Of Precision*, zbiór współczynników charakteryzujących geometryczne rozmieszczenie (konstelację) satelitów systemu GPS

2. Wstęp

W ramach wspólnej polityki rolnej, Unia Europejska prowadzi programy dopłat bezpośrednich do rolnictwa. Dla potrzeb realizacji programów wspierania rolnictwa, zgodnie z artykułem nr 14 rozporządzenia nr 73/2009 [28], każde

państwo ustanawia i prowadzi zintegrowany system administrowania i kontroli – Integrated Administration Control System (IACS).

System IACS funkcjonuje w ramach wspólnie prowadzonej polityki rolnej, służąc ewidencji i kontroli prowadzenia subwencji. W systemie tym gromadzone są między innymi informacje dotyczące wielkości powierzchni upraw. Dane te są dostarczane w formie deklaracji składanych przez rolników i w sposób bezpośredni wpływają na wielkość dopłat. Komisja Europejska nałożyła na kraje członkowskie obowiązek prowadzenia kontroli administracyjnej wniosków o pomoc (artykuł nr 20 rozporządzenia [28]). W ramach tej kontroli przeprowadzane są tzw. kontrole na miejscu. Jednym z elementów tych kontroli jest sprawdzenie poprawności deklaracji rolnika, poprzez wykonanie pomiaru wielkości zadeklarowanej powierzchni, o czym dokładnie mówi art. 34 rozporządzenia komisji nr 1122/2009 [27]:

Powierzchnię działek rolnych określa się za pomocą dowolnych środków zapewniających jakość pomiaru przynajmniej równoważną wymaganej przez obowiązujące na poziomie Wspólnoty normy techniczne.

Jednocześnie ten sam artykuł określa tolerancję pomiaru kontrolnego:

Tolerancja pomiaru jest określona przy uwzględnieniu 1,5-metrowej strefy buforowej wokół działki rolnej. Maksymalna tolerancja odnośnie do każdej działki rolnej nie może przekroczyć wartości bezwzględnej 1,0 ha

a artykuł poprzedni dopuszcza zastosowanie zdalnych metod pomiaru powierzchni:

W miarę możliwości państwa członkowskie mogą wykorzystywać teledetekcję zgodnie z art. 35 oraz techniki globalnego systemu nawigacji satelitarnej.

Zgodnie z przytoczonymi zapisami:

- Państwa członkowskie prowadzą zintegrowane systemy administrowania i kontroli – IACS.
- Państwa członkowskie przeprowadzają kontrolę wniosków o dopłaty, w tym poprzez pomiar zadeklarowanej wielkości powierzchni działki rolnej.
- Określona została tolerancja pomiaru.
- Do przeprowadzania pomiarów kontrolnych wielkości powierzchni działek rolnych, dopuszczono pomiarowe techniki wykorzystujące sygnały satelitarne – urządzenia GNSS.

Dopuszczalna różnica powierzchni, uzyskanej podczas pomiaru kontrolnego i powierzchni zadeklarowanej przez rolnika, jest określana w oparciu o tzw. tolerancję pomiaru. Tolerancja pomiaru powierzchni jest wyznaczana jako iloczyn ob-

wodę działki i tzw. bufora. Maksymalna wartość bufora została ustalona na 1,5 m. W praktyce do określania tolerancji używana jest wartość (współczynnik), wynikająca z przypisanej odbiornikowi GPS klasy. W związku z takim podejściem konieczne stało się uzyskanie informacji o wielkości bufora dla określonego typu odbiornika GPS, oraz czy ten bufor nie przekracza dopuszczalnej wartości maksymalnej 1,5 m. W tym celu, czyli faktycznie dla zapewnienia odpowiedniej jakości pomiaru kontrolnego, opracowane zostały, w europejskim ośrodku badawczym w Isprze (JRC), wytyczne, wg których powinny być sprawdzane urządzenia GNSS stosowane w pomiarach kontrolnych. Proces sprawdzania urządzeń pomiarowych zwany walidacją, prowadzi do określenia klasy urządzenia dla danych warunków pomiarowych.

Wspólnotowe Centrum Badawcze (Joint Research Centre) – w skrócie „JRC”, to unijny ośrodek badawczy. Instytucja ta składa się z siedmiu centrów/oddziałów badawczych rozlokowanych w pięciu różnych krajach wspólnoty europejskiej (Belgia, Hiszpania, Holandia, Niemcy i Włochy) oraz z Dyrekcji Generalnej w Brukseli. Celem JRC jest służba na polu wspólnych interesów państw członkowskich, realizowana poprzez dostarczanie wsparcia naukowego i technicznego dla wszystkich państw w ramach wspólnie realizowanych koncepcji, czy ogólnie mówiąc polityki. JRC ma być jednocześnie instytucją niezależną od interesów czy celów jednostkowych, prywatnych i krajowych. W ramach swojej działalności JRC prowadzi szeroką, międzynarodową współpracę z jednostkami naukowymi, ośrodkami administracji publicznej, stowarzyszeniami, a nawet firmami (w ramach określonych projektów badawczo-naukowych). Jednym z miejsc, w którym znajduje się ośrodek badawczy JRC, jest Ispra we Włoszech. W ośrodku tym, w jednostce „Monitoring Agriculture Resources (MARS) Unit prowadzone są projekty badawcze związane z europejskim systemem kontroli administracyjnej dopłat w rolnictwie – Integrated Administration Control System (IACS). MARS znajdował się do roku 2011 w strukturach „Institute for the Protection and Security of Citizen (ISPSC)”, a obecnie umiejscowiony jest w „Institute for Environment and Sustainability (IES)”.

Jak wspomniano już wyżej w JRC, opracowano sposób sprawdzania urządzeń pomiarowych, który nazwany został *walidacją* (Area measurement validation scheme) [14], a same wytyczne *Protokołem walidacji*. Protokół walidacji, sposób pomiaru, ilości danych, metody analityczne i organizacja procesu walidacji, oparte zostały o normy ISO serii 5725 (części od 1 do 6) – „Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów (ISO 5725)”; [part 1–6] „Accuracy (correctness and precision) measurements metod od results of the measurements)”. Wykorzystanie wymienionych norm do opracowania protokołu ma zasadnicze znaczenie – kształtuje proces walidacji na wzór eksperymentu pomiarowego, narzucając zarówno określony sposób wykonywania pomiarów, jak i przeprowadzania obliczeń. W oparciu o wymienione normy przeprowadzono

projekty badawcze, których rezultaty stanowią podstawę merytoryczną, na której zbudowano Protokół walidacji. Wyniki wcześniejszych projektów, dotyczących walidacji metod pomiaru powierzchni działek, można znaleźć w publikacjach [5] i [17]. Protokół walidacji został udostępniony krajom członkowskim w formie internetowej – można go znaleźć na stronie WWW ośrodka JRC pod adresem internetowym [21]. Ponadto ośrodek JRC umieścił na swoich stronach internetowych informacje o tzw. ciałach certyfikujących/laboratoriach referencyjnych. Status takiego podmiotu może posiadać dowolna jednostka (instytut naukowy, organizacja, stowarzyszenie, firma prywatna), która spełnia wymogi określone przez JRC, w tym, która wdrożyła u siebie wytyczne Protokołu walidacji, wykazała się umiejętnością przeprowadzenia procesu walidacji, oraz została pozytywnie zweryfikowana i zaakceptowana przez JRC. Obecnie (czerwiec 2012) w wykazie znajdują się 3 laboratoria referencyjne (w tym dwa z Polski) oraz jedno ciało certyfikujące.

W ramach umowy o współpracy, wspólne działania Stowarzyszenia Naukowego i firmy DESS doprowadziły do uznania Stowarzyszenia za laboratorium referencyjne. Okres intensywnej pracy zaowocował licznymi doświadczeniami, ale również wątpliwościami i pytaniami odnośnie wytycznych protokołu walidacji. Pytania te stanowią przedmiot dyskusji przeprowadzonej w rozdziale 7.

3. Cel pracy

Opracowane w JRC w Isprze wytyczne (Protokół walidacji), mają na celu rozwiązanie zagadnień dokładności pomiarów kontrolnych, stanowiąc zarazem podstawę do zapewnienia spójności w tym zakresie dla pomiarów wykonywanych w różnych warunkach, przez różne kraje członkowskie. Założeniem niniejszej pracy jest:

- prezentacja Protokołu walidacji,
- prezentacja aplikacji Protokołu walidacji,
- prezentacja wyników walidacji konkretnych urzędów GNSS,
- rozważenie wybranych zagadnień walidacji:
 - czy opracowany protokół walidacji jest rozwiązaniem jednorodnym, prostym w użyciu, czyli zapewniającym powszechną i prawidłową jego aplikację,
 - czy protokół walidacji daje szansę na ujednoczenie sposobów kontroli w całej Unii Europejskiej,
 - jak w praktyce sprawdzają się przyjęte rozwiązania,
 - krytyczne spojrzenie na poszczególne rozwiązania przyjęte w protokole walidacji – dyskusja,
- prezentacja ostatnich badań dotyczących Protokołu walidacji.

W publikacji przekrojowo omówione zostały zagadnienia związane z protokołem walidacji: źródła i podstawy, aplikacja protokołu, spotykane problemy praktyczne oraz krytyczne spojrzenie na cały proces walidacji. Zawartość publikacji może więc być interesująca dla szerokiego grona czytelników. Osoby, które nie miały dotychczas do czynienia z omawianą tematyką, otrzymują zebrane w jednym miejscu informacje o protokole walidacji. Natomiast dla tych, którzy już w jakiś sposób mają do czynienia z tymi zagadnieniami (czy to jako użytkownicy wyników, czy też jako samodzielnie wykonujące walidacje), znajdą w publikacji informacje poszerzające wiedzę, czy też dające podstawy do rozważań. Materiał zawarty w publikacji może też zaciekać rolników korzystających z dofinansowania ze środków unijnych.

ROZDZIAŁ 2

KONCEPCJA WALIDACJI

Urządzenia GNSS stanowią stosunkowo nową technologię pomiarową. Specjalizowane pomiary z wykorzystaniem tych urządzeń, pozwalają uzyskiwać wysokie dokładności pomiarów, dzięki czemu technologia GNSS szybko znalazła zastosowanie w pomiarach geodezyjnych. Używane jednak w geodezji zestawy pomiarowe, są wysoko specjalizowanymi i zaawansowanymi technologicznie rozwiązaniami, a same metody pomiaru stosunkowo uciążliwe i długotrwałe. Pomiary kontrolne w systemie IACS, z jednej strony nie wymagają aż tak wysokich dokładności, a z drugiej strony ważna jest prostota i czas wykonania pomiaru. Ponadto rozwój technologii i odblokowanie sygnału GPS sprawiło, że cywilne odbiorniki GPS uzyskały dokładność pomiaru położenia punktu, w granicach 3 do 5 m, a dzięki wykorzystaniu różnego rodzaju rozwiązań poprawiających precyzję, dokładność ta wzrasta nawet do poziomu wartości decymetrowych. W tym kontekście, naturalnym stała się zatem próba użycia prostszych, i tym samym tańszych jednocześnie jednoczesnościowych odbiorników GNSS do wykonywania pomiarów kontrolnych.

1. Tolerancja pomiaru

Podstawą naliczania dopłat w rolnictwie jest, w ogólności, wielkość powierzchni działki zajętej przez daną uprawę. Sprawdzenie poprawności dokonywanych dopłat wymaga przeprowadzania kontroli podstawy naliczeń, a więc sprawdzenia, czy zadeklarowana przez rolnika wartość wielkości działki jest prawidłowa. Kontrola dokonywana jest przez wykonanie pomiaru powierzchni działki. Ponieważ każdy pomiar obarczony jest pewną niepewnością, to z definicji, nawet przy prawidłowo zadeklarowanej wielkości powierzchni, istnieć będzie różnica pomiędzy wartością zmierzoną a zadeklarowaną. Rozporządzenia

Komisji Europejskiej, które regulują ten obszar, nie operują bezpośrednio pojęciem niepewności. Przepisy te, w celu umożliwienia porównania wielkości zmierzonej i zadeklarowanej, wprowadzają pojęcie tolerancji pomiaru, które stanowi zarazem kryterium prawidłowości deklaracji dokonanej przez rolnika. Artykuł 34 w punkcie 1 rozporządzenia [27] mówi:

1. Powierzchnię działek rolnych określa się za pomocą dowolnych środków zapewniających jakość pomiaru przynajmniej równoważną wymaganej przez obowiązujące na poziomie Wspólnoty normy techniczne. Tolerancja pomiaru jest określona przy uwzględnieniu 1,5 metrowej strefy buforowej wokół działki rolnej. Maksymalna tolerancja odnośnie do każdej działki rolnej nie może przekroczyć wartości bezwzględnej 1,0 ha.

a w wersji angielskiej

*1. Agricultural parcel areas shall be determined by any means proven to assure measurement of quality at least equivalent to that required by applicable technical standard, as drawn up at Community level. A measurement tolerance shall be defined by a **buffer of maximum 1,5 m** applied to the perimeter of the agricultural parcel. The maximum tolerance with regard to each agricultural parcel shall not, in absolute terms, exceed 1,0 ha.*

Powyższe cytaty pochodzą ze strony internetowej <http://eur-lex.europa.eu>. Zacytowane zostały dwa te same fragmenty rozporządzenia dla pokazania różnicy w tłumaczeniu pogrubionej części tekstu angielskiego. Różnica leży w słowie *maximum*, które mówi o maksymalnej wielkości strefy buforowej, co może wskazywać, że strefa ta może być mniejsza, i nie została ustalona sztywno jako wartość 1,5 m. Potwierdzeniem tego jest fakt, że do wyznaczenia rzeczywistej tolerancji pomiaru, nie używa się stałej wartości (1,5 m), lecz bufora B_z , który przydzielany jest danemu zestawowi pomiarowemu na drodze przeprowadzania jego sprawdzania. Zależność tolerancji i bufora opisuje poniższy wzór:

$$T = B_z \cdot Ob \quad (2.1)$$

Tolerancja T stanowi kryterium oceny prawidłowości deklaracji rolnika, co w praktyce oznacza, że wielkość powierzchni zadeklarowanej, nie może się różnić od wielkości zmierzonej więcej niż tolerancja T :

$$\Delta P \leq T \quad (2.2)$$

przy ograniczeniu, że $B_z \leq B_{max} = 1.5m$ lub $T \leq T_{max} = 1.0ha$

gdzie:

T – tolerancja pomiaru w [m^2]

B_z – bufor w [m]

Ob – długość obwodu działki zmierzonej w trakcie kontroli w [m]

T_{max} , B_{max} – dopuszczalne wartości maksymalne T i B

ΔP – różnica $|P_d - P_z|$

Określenie „*bufor*” użyto tu jako skrót zwrotu *strefy buforowej*, z przytoczonego wyżej artykułu nr 34, i jest on rozumiany jako pas o ustalonej, stałej szerokości, ciągnący się wzdłuż granicy działki. Termin ten, choć zawsze oznacza strefę buforową, jest używany w różnych kontekstach. W ogólności bufor w niniejszej publikacji oznaczany jest dużą literą B . W zależności jednak od bieżącego kontekstu, dla wyszczególnienia różnicy, do litery B dodawany będzie indeks. Bufor ten określany jest również mianem *klasa* i *tolerancja techniczna*. Do określenia wielkości tolerancji pomiaru „ T ” używana jest stała wartość bufora (stała dla danego zestawu i regionu), bez względu na warunki pomiaru, czy parametry mierzonej działki (kształt, wielkość, rodzaj granicy). Ponadto przyjęła się praktyka, że do weryfikacji prawidłowości deklaracji wielkości powierzchni działki, przyjmuje się nie tolerancję dopuszczalną ($T_{max} = B_{max} \cdot Ob = 1,5m \cdot Ob$, ale nie więcej niż $T_{max} = 1.0ha$), ale tolerancję wyznaczoną w oparciu o klasę urządzenia B_z – bufor przydzielony do zestawu pomiarowego w wyniku jego sprawdzenia (walidacji). W rezultacie przeprowadzonych badań zostało wprowadzone 5 klas dokładności (buforów):

- 0,50m – dla tolerancji $\leq 0.50m$,
- 0,75m – dla tolerancji wewnątrz przedziału (0.50m, 0.75m],
- 1m – dla tolerancji wewnątrz przedziału (0.75m, 1.00m],
- 1,25m – dla tolerancji wewnątrz przedziału (1.00m, 1.25m],
- 1,5m – dla tolerancji wewnątrz przedziału (1.25m, 1.50m).

2. Podstawa merytoryczna walidacji – normy

Obliczenie tolerancji pomiaru T , wymaga określenia wielkości bufora B dla konkretnego zestawu pomiarowego. W wyniku przeprowadzonych projektów badawczych, opracowane zostały zasady sprawdzania urządzeń pomiarowych GNSS. Proces sprawdzania, zwany walidacją, pozwala na przydzielenie sprawdzanemu zestawowi pomiarowemu określonej klasy (bufora) B_z . Zasady przeprowadzania walidacji oraz metody obliczeniowe oparto na normach ISO serii 5725 pt. „Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomia-

rów”. Normy te mają polski odpowiednik PN-ISO 5725. Sama norma składa się z 6 części:

- **Część 1:** „Ogólne zasady i definicje”.
- **Część 2:** „Podstawowa metoda określania powtarzalności i odtwarzalności standardowej metody pomiarowej”.
- **Część 3:** „Pośrednie miary precyzji standardowej metody pomiarowej”.
- **Część 4:** „Podstawowe metody wyznaczania poprawności standardowej metody pomiarowej”.
- **Część 5:** „Alternatywne metody wyznaczania precyzji standardowej metody pomiarowej”.
- **Część 6:** „Stosowanie w praktyce wartości określających dokładność”.

Wymienione normy do określenia dokładności pomiaru definiują i stosują dwa podstawowe pojęcia: *poprawność* i *precyzja*. Terminy te definiowane są następująco:

- **poprawność** – „stopień zgodności między wynikiem badania a przyjętą wartością odniesienia”,
- **precyzja** – „stopień zgodności pomiędzy niezależnymi wynikami badania, otrzymanymi w ustalonych warunkach”.

Należy zwrócić uwagę, że termin *precyzja* w przeciwieństwie do *poprawność* nie ma odniesienia do żadnej wartości referencyjnej, lecz w istocie opisuje rozrzut uzyskanych wyników i zależy od rozkładu błędów losowych. Mówiąc inaczej, wynik charakteryzujący się dużą precyzją może być jednocześnie niepoprawny. Z drugiej strony jednak, wyniki pomiarów charakteryzujące się małą precyzją, nie dają gwarancji poprawności, co jest spowodowane dużym ich rozrzutem. W takim ujęciu, dokładność pomiaru jest więc wypadkową poprawności i precyzji. Z terminem poprawności związane jest pojęcie obciążenia (*biasu*), oznaczające:

„różnicę między wartością oczekiwaną wyników badania a przyjętą wartością odniesienia”.

Bias to inaczej całkowity błąd systematyczny. Normy serii 5725 dostarczają podstaw merytorycznych i metod do wyznaczania dokładności w odniesieniu do metod pomiarowych.

Przytoczone normy stały się podstawą procesu walidacji. W oparciu o nie, zostały nakreślone wytyczne co do sposobu wyznaczania parametrów, opisujących dokładność pomiarową urządzeń GNSS, jak również sposób przeprowadzania pomiarów. Przyjętą wielkość „klasę urządzenia” („bufor”) wyznacza się na wzór eksperymentu pomiarowego opisanego w normach. W praktyce, biorąc pod uwa-

gę sposób obliczania, klasę urządzenia (bufor) można traktować, jak rodzaj współczynnika dokładności pomiaru, wyznaczanego dla konkretnego typu urządzenia i dla określonego zakresu warunków pomiarowych. Przyjęto w protokole walidacji, że bufor wyznaczany jest w oparciu o wartość *średniej granicy odtwarzalności* – oznaczoną literą R .

$$R = 2,8 \cdot \sigma_R \quad (2.3)$$

gdzie:

R – granica odtwarzalności,

σ_R – odchylenie standardowe odtwarzalności,

współczynnik 2,8 – wartość przyjęta wg normy [25]. Więcej informacji zawarto w rozdziale 7 w punkcie 5.

Granica R obliczana jest na podstawie danych uzyskanych w trakcie wielokrotnego pomiaru wielkości powierzchni działek referencyjnych. Zgodnie z protokołem walidacji i normą [25], wartości granic odtwarzalności dla działek referencyjnych wyznaczane są z przedziałem ufności, wynoszącym 95%. Zatem tolerancja techniczna (bufor B_z), określana na podstawie tych wartości, powinna mieć przedział ufności równy lub większy niż 95%. Oznacza to teoretycznie, że zmierzona w trakcie kontroli wartość, z minimalnym prawdopodobieństwem 95%, znajduje się w odległości „ $\pm T = B_z \cdot Ob$ ” od prawdziwej wartości powierzchni działki.

3. Podstawa empiryczna walidacji – badania wstępne

Już od roku 2002 z inicjatywy JRC prowadzone były badania, których przedmiotem było określenie ram dla zastosowania niegeodezyjnych odbiorników GNSS do pomiarów wielkości powierzchni działek rolnych ([12], [13], [19]). Celem tych badań było zaproponowanie wielkości, która charakteryzowałaby dokładność pomiaru kontrolnego powierzchni działki i pozwoliła na określenie progu, którego przekroczenie oznaczałoby, że występuje znacząca różnica pomiędzy deklaracją rolnika i pomiarem kontrolnym. Tak określony próg stanowiłby kryterium poprawności deklaracji rolnika.

Dokładność pomiaru powierzchni w przypadku podejścia geodezyjnego określa się za pomocą dopuszczalnej odchyłki, podawanej w metrach kwadratowych – przykład może stanowić tu stosowana w pomiarach ewidencyjnych „Instrukcja Techniczna G5 Ewidencja Gruntów i Budynków”. Dokładność pomiaru może być również określana przez podanie błędu względnego w procentach. Jednakże pomiar geodezyjny różni się zasadniczo od pomiarów kontrolnych, wykonywanych w ramach systemu IACS, zarówno dokładnością używanych urządzeń pomiaro-

wych, jak i charakterystyką mierzonych obiektów. Pomiar geodezyjny wykonywany jest bowiem z bardzo dużą dokładnością, na ściśle określonych punktach. W związku z powyższym, uzyskiwane dokładności w tym pomiarze są nieosiągalne dla pomiarów kontrolnych działek rolnych, a dopuszczalne odchyłki zbyt małe, by można je stosować w ramach systemu IACS. Początkowo, również w regulacji UE, progiem dokładności była wartość 5% powierzchni działki. Jednak ze względu na dużą częstość przekraczania tego progu dla małych działek, ostatecznie została ona zmieniona na wartość bufora 1,5 m. Dlatego dla potrzeb kontroli w systemie dopłat bezpośrednich, zaproponowano inną metodę: tzw. metodę buforową. Autorom publikacji nie jest znana geneza powstania metody buforowej, ale jest ona obecnie obowiązująca – została usankcjonowana zapisami rozporządzenia [27] Komisji Europejskiej.

W następnych latach do prowadzonych przez JRC prac badawczych włączyły się ośrodki naukowe, wykonując projekty badawcze: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski (UWM) w Olsztynie, Akademia Górniczo-Hutnicza (AGH) w Krakowie, Uniwersytet Gembloux w Belgii ([16], [5], [6]). Ze względu na to, że dokładność pomiaru wyrażana poprzez szerokość bufora nie ma bezpośredniego przełożenia pomiędzy błędem pomiaru urządzenia a błędem wielkości wyznaczanej powierzchni działki, szukano alternatywnej metody. W przeszłości powierzchnię działek obliczano na podstawie pomiarów liniowych długości boków działek. Obecnie coraz częściej stosuje się pomiar współrzędnych narożników działek, niezależnie od zastosowanej techniki pomiarowej (tachimetr, GNSS, ortofotomapa), a powierzchnię wylicza się ze znanego wzoru Gaussa:

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (2.4)$$

W tej metodzie dokładność pomiaru związana jest bezpośrednio z dokładnością określenia położenia mierzonego wierzchołka, a w ogólności punktu. Błąd wielkości powierzchni jest tu wyznaczany zgodnie z prawem przenoszenia się błędów. Przy takim sposobie wyznaczania dokładności pomiaru, parametrem podstawowym staje się błąd (niepewność) położenia mierzonego punktu, która to wartość jest naturalną wielkością dla pomiarów z wykorzystaniem takich technologii, jak właśnie urządzenia GNSS czy ortofotomapa. Tak więc, równolegle prowadzone były badania nad metodą buforową i nad metodą błędu położenia punktu. Badania te odbywały się zarówno w ramach projektów badawczych, jak i prowadzone były indywidualnie przez poszczególne jednostki.

3.1. Dokładność pomiaru powierzchni działki

Pomiar wielkości powierzchni działki P , jak każdy pomiar, obarczony jest pewną niepewnością pomiarową – w tym kontekście mówi się o dokładności pomiaru. Intuicyjnie wyznaczenie takiej niepewności oprzeć by można na różnicy ΔP , pomiędzy wielkością zmierzoną a wielkością wzorcową, a przy wykonaniu wielu takich pomiarów poprzez odchylenie standardowe różnicy tych powierzchni – traktując to odchylenie jako miarę niepewności $u(\Delta P)$. Określanie dokładności pomiaru z wykorzystaniem tych parametrów ma jedną wadę, a mianowicie, jest zależne od wielkości mierzonej powierzchni oraz od kształtu działki. Bezwzględny błąd powierzchni ΔP szybko rośnie ze wzrostem powierzchni, a błąd bezwzględny $\frac{\Delta P}{P}$ maleje, przyjmując duże wartości dla małych działek. W prowadzonych w ramach projektów badaniach, skupiono się więc, na znalezieniu parametru niezależnego od tych czynników.

W badaniach przyjęto rozwiązanie polegające na wykonaniu standaryzacji błędu ΔP poprzez podzielenie go przez obwód działki Ob , a uzyskaną wielkość określono mianem bufora B :

$$B = \frac{\Delta P}{OB} \quad (2.5)$$

W takim rozwiązaniu czynnikiem charakteryzującym pomiar byłby błąd powierzchni ΔP , wyznaczany na podstawie wartości bufora B . Stąd przedmiotem walidacji stałyby się urządzenia i metody pomiarowe, wykorzystywane do wyznaczenia wartości bufora. Bufor B pełniłby rolę stałego współczynnika zależnego od czynników uwzględnianych w trakcie procesu walidacji, a nie zależałby bezpośrednio od warunków konkretnego pomiaru. Natomiast parametrem zależnym od wielkości działki i jej kształtu byłby obwód działki Ob .

Jednocześnie, ze względu na sposób pomiaru (pomiar położenia punktu), prowadzone były niezależne badania [4] nad alternatywną metodą określania błędu powierzchni, wykorzystującą w obliczeniach zależność, wyprowadzoną ze wzoru Gaussa na obliczanie powierzchni poligonu ze współrzędnych jego narożników:

$$\Delta P = \Delta p_{kt} \cdot A_G \quad (2.6)$$

gdzie A_G jest współczynnikiem zależnym od wielkości i kształtu działki:

$$A_G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i-1} - x_{i+1})^2}{8}} \quad (2.6)$$

a Δpkt jest błędem położenia punktu.

Analizując błąd powierzchni ΔP , obliczony na podstawie wzoru Gaussa, można zauważyć, że zależy on od błędu położenia punktu Δpkt i czynnika związanego z geometrią działki A_G . W tym podejściu, wskaźnikiem wyznaczanym w badaniach walidacyjnych byłaby wielkość błędu położenia punktu Δpkt , która byłaby w pewnym sensie odpowiednikiem bufora B . W przypadku wykorzystania urządzeń GNSS i ortofotomapy można by było, na podstawie wyznaczonego w wyniku walidacji błędu położenia punktu, wyznaczać błąd powierzchni dla każdej kontrolowanej działki.

W późniejszym czasie również ośrodek badań JRC wykonał podobne badania [1] nad tym alternatywnym podejściem, a uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze badania [4]. Ogólnie rzecz ujmując, obie metody bazują na wyznaczeniu w niezależnie wykonanym procesie walidacji, stałego parametru, używanego do obliczenia błędu powierzchni – bufora B i błędu położenia punktu Δpkt . W obu podejściach występuje też wielkość zależna od kształtu i wielkości działki – obwód Ob i współczynnik A_G .

3.2. Opis badań wstępnych

W ramach omawianych projektów wykonano dużą liczbę pomiarów walidacyjnych, za pomocą różnych urządzeń GPS oraz wykorzystując ortofotomapy o różnej rozdzielczości przestrzennej. Celem badań było opracowanie procedury walidacji metod pomiaru powierzchni działek rolnych. W związku z tym zdefiniowano źródła niepewności, które mogą wystąpić podczas tego rodzaju pomiarów. Badano wpływ wielu czynników: wielkość powierzchni działki, kształt działki (wydłużenie, nieregularny kształt), typ granicy oraz wpływ operatora. Zmienność typu granicy, w przypadku pomiarów na ortofotomapie, uzyskano, wybierając rzeczywiste działki o kontrastowej granicy np. wyraźna miedza pomiędzy dwoma uprawami, oraz o trudno interpretowalnej granicy np. granica działki przebiega wzdłuż zakrzaczonego strumienia. Dla przeprowadzania pomiarów GPS tyczoneo działki o granicy z przesłoniętym horyzontem, np. w pobliżu lasu oraz działki o otwartym horyzoncie.

W projekcie z 2005 roku wykonano pomiary 36 działek na ortofotomapie i 36 działek z wykorzystaniem urządzeń GNSS. Należy nadmienić, że działki

w pomiarach na ortofotomapie były działkami rolnymi o naturalnych granicach, a w przypadku pomiarów GPS, na życzenie JRC, testowano działki o sztucznie zasygnalizowanych granicach. Działki wytyczono na obszarze o wyrównanej powierzchni trawiastej, wbijając paliki co 15-20 m. W przypadku ortofotomapy, dwunastu operatorów zwektoryzowało trzykrotnie 36 działek na 3 różnych ortofotomapach. Ogółem wykonano 3888 pomiarów powierzchni działek na ortofotomapach. Natomiast w przypadku pomiarów z wykorzystaniem zestawów GPS, dwudziestu operatorów testowało 3 rodzaje urządzeń na 36 działkach. Ogółem wykonano 3672 pomiarów powierzchni z wykorzystaniem urządzeń GNSS, przechodząc sumaryczny dystans 2250 km.

Zebrane w eksperymencie wyniki pomiarów poddane zostały statystycznej analizie, wykonanej zgodnie z zaleceniami normy ISO 5725. Analiza statystyczna została wykonana przez specjalistę statystyka [5], i na jej podstawie sformułowano wnioski:

- czynniki: wielkość, kształt i wydłużenie działki nie wpływają w znaczący sposób na wielkość bufora,
- niezbędnym warunkiem udziału operatora w pomiarach jest jego przeszkolenie,
- w pomiarach GNSS nie stwierdzono wpływu wykształcenia i doświadczenia zawodowego operatora na wyniki pomiarów,
- stwierdzono wpływ przysłonięcia widoczności nieba na granicy działki na wyniki pomiarów GNSS,
- stwierdzono, że wyniki pomiarów GNSS są zależne od dnia pomiaru,
- stwierdzono wpływ jakości granicy na wyniki pomiarów wykonywanych na ortofotomapie,
- istnieje wpływ operatora na wyniki pomiarów na ortofotomapie, niezależnie od jego doświadczenia zawodowego.

3.3. Rekomendacje dotyczące pomiaru walidacyjnego

Dane pozyskane w ramach projektów badawczych, poddano analizie statystycznej, w celu doboru optymalnego zestawu walidacyjnego: liczbę działek, liczbę operatorów oraz liczbę powtórzeń. Z uwagi na dużą wariancję wyników pomiarów, zaproponowano dla walidacji GPS następujący zestaw: 18-20 działek, 9 powtórzeń, 3 operatorów i 3 dni pomiarowe, a dla walidacji ortofotomapy: 30-40 działek, 9 powtórzeń, 3 operatorów i 3 dni [6]. Wskazane zestawy walidacyjne opracowane zostały przy założeniu 20% odchylenia standardowego uzyskanego, podczas walidacji bufora ([5], [6]). W projekcie sformułowano następujące zalecenia, dotyczące pomiaru walidacyjnego:

1. Ogólne założenia:

- nie ma potrzeby wykorzystywania do wykonania pomiaru walidacyjnego osób posiadających doświadczenie w pomiarach geodezyjnych, jednakże należy przeprowadzić szczegółowe szkolenie operatorów,
- w skład zestawu pól pomiarowych powinny wchodzić działki o różnej powierzchni, przy czym wystarczające są dwa typy wielkości, np. duże i średnie (w projekcie 2005 testowano wpływ 3 różnych typów wielkości powierzchni),
- wybrane działki powinny charakteryzować się zarówno dobrze określonymi granicami, jak i granicami o trudnej identyfikacji,
- w pomiarach na ortofotomapie „zła” granica jest rozumiana, jako granica porośnięta drzewami albo o złym kontraście i jasności obrazu,
- w pomiarach GPS „złą” granicą działki są drzewa, zasłaniające horyzont i widoczność satelitów,
- pomiar referencyjny powinien być wykonany z pomocą profesjonalnego sprzętu geodezyjnego, np. tachimetru elektronicznego,
- w przypadku walidacji ortofotomapy jako referencję można wykorzystać działki ewidencyjne, mając szczególnie na uwadze zgodność ortofotomapy z katastrzem,
- sugeruje się zgromadzenie wszystkich wyników pomiaru w bazie danych GIS.

2. Zalecenia dotyczące pomiaru:

- wykonując pomiar referencyjny, należy zmierzyć: powierzchnie i obwody działek oraz współrzędne wszystkich narożników,
- należy przeprowadzić statystyczne planowanie pomiarów, w celu uniknięcia korelacji pomiędzy pomiarami,
- należy przeprowadzić szkolenie operatorów,
- pomiar powierzchni i obwodów działek powinien być wykonany w kilku seriach o zdefiniowanej sekwencji,
- należy zarejestrować, jeśli to możliwe, położenie wszystkich punktów pomiarowych,
- należy przeprowadzić kontrolę wyników pomiaru w celu uniknięcia błędów grubych.

3. Przygotowanie danych:

- uporządkowanie wyników wszystkich pomiarów, wykonanych przez wszystkich obserwatorów dla potrzeb analiz statystycznych,
- obliczenie współczynników związanych z kształtem działek ze wzoru Gaussa.

4. Statystyczna analiza danych [25]:

- obliczenie statystyk Mandela h i k ,
- test Corchana,
- test Grubssa,
- identyfikacja wartości odstających.

5. Obliczenie błędu powierzchni działki:

- obliczenie względnego błędu powierzchni, przed i po usunięciu wartości odstających,
- oszacowanie błędu systematycznego,
- obliczenie składowych wariancji i powtarzalności,
- obliczenie odchylenia standardowego odtwarzalności dla wszystkich działek,
- obliczenie bufora i błędu położenia punktu,
- analiza zależności pomiędzy buforem i błędem położenia punktu, a powierzchnią działki,
- oszacowanie bufora lub/i błędu położenia punktu dla walidowanej metody.

Walidacja jest w praktyce przeprowadzana już od 2007 r. W latach 2010-2011 procedura walidacji została częściowo zweryfikowana, uściślono przebieg wykonywania pomiarów GNSS [21], [23], opracowano zalecenia wykonywania pomiarów na ortofotomapie [24], oraz została ujednolicona procedura analiz statystycznych [22].

4. Uprawnienia do przeprowadzania walidacji

Opracowany przez unijny ośrodek badawczy w Isprze „Protokół walidacji” zawiera, oprócz wytycznych dotyczących samej walidacji, także informacje o tym, kto może ją wykonywać. Na początku funkcjonowania Protokołu, sprawdzanie GPS-ów w zakresie części analitycznej przeprowadzało samo JRC. Polegało to na przeprowadzaniu obliczeń na podstawie dostarczonych przez państwa członkowskie wyników. W dalszej kolejności, celem stopniowego wycofywania się z tego typu usług, świadczonych przez JRC, umożliwiono wykonywanie walidacji różnym podmiotom. W celu zapewnienia pewnej spójności i jednolitości wykonywanych walidacji, wprowadzone zostało coś w rodzaju certyfikatu dla podmiotów wykonujących walidacje urządzeń GNSS. Zewnętrzne jednostki, takie jak np. firmy prywatne, ośrodki badawcze itp., po spełnieniu określonych wymogów i pozytywnym przejściu procesu weryfikacji, mogą uzyskać status tzw. laboratorium referencyjnego. Oprócz tego, jedna jednostka uzyskała status „ciała certyfikującego”. Informacja

o laboratoriach referencyjnych zamieszczona została na stronach internetowych JRC pod adresem [14]. Z zamieszczonych na witrynach internetowych JRC informacji wynika, że w kontekście pomiarów kontrolnych z wykorzystaniem urządzeń GPS, które przeszły proces walidacji, dostępne są trzy możliwości:

1. Używanie urządzeń przetestowanych i certyfikowanych przez laboratorium referencyjne i ciało certyfikujące,
2. Przeprowadzenie walidacji urządzenia we własnym zakresie przez państwo członkowskie przy wsparciu JRC,
3. Używanie urządzeń zwalidowanych przez samych producentów urządzeń.

ROZDZIAŁ 3

PROTOKÓŁ WALIDACJI

Europejski ośrodek badań w Isprze, na podstawie przeprowadzonych eksperymentów i projektów badawczych opisanych w rozdziale nr 3, określił szereg wytycznych pokazujących, jak powinny być sprawdzane urządzenia GPS na potrzeby kontroli w systemie IACS. Wytyczne te zostały nazwane *Protokołem walidacji*, a sam proces sprawdzania określony został terminem *walidacja*. Protokół walidacji został opisany i udostępniony w formie elektronicznej, tzn. w formie ogólnodostępnej strony internetowej [21].

Głównym elementem walidacji jest wykonanie pomiaru, polegającego na wielokrotnym zmierzeniu wielkości powierzchni wytyczonych pól testowych. Proces przeprowadzany jest w warunkach w dużej mierze kontrolowanych, które w istocie nie symulują warunków rzeczywistych, lecz mają umożliwić sprawdzenie dokładności pomiarowej zespołu tworzonego przez urządzenie GNSS, lokalne warunki (np. typ mierzonych obiektów) i wybraną metodę pomiarową. Tak uzyskany wskaźnik (bufor), stanowi podstawę do wyznaczania tolerancji pomiaru kontrolnego.

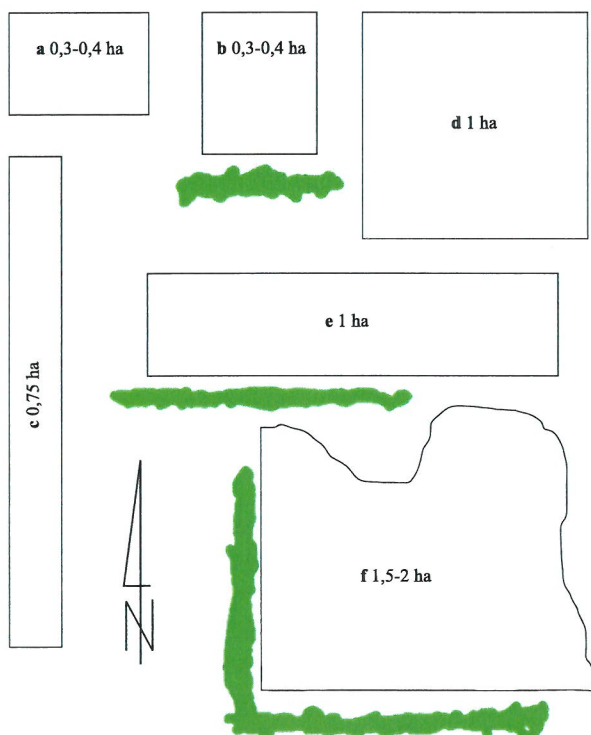
1. Pola testowe (działki referencyjne)

Pomiar walidacyjny przeprowadzany jest na wcześniej przygotowanych do tego celu polach testowych, tzw. działkach referencyjnych, które powinny spełniać szereg wymogów:

- pola testowe to wybrane działki, które na ogół nie są rzeczywistymi działkami rolnymi, lecz działkami sztucznie wytyczonymi na potrzeby walidacji,
- działki referencyjne wytycza się w łatwym terenie, pozwalającym na poruszanie się operatora bez żadnych utrudnień – brak nierówności, przeszkód terenowych, przeszkód ograniczających widoczność itp.,
- granica pól testowych nie podlega interpretacji – jest dobrze i jednoznacznie oznakowana. Znaczniki umieszczone są wzdłuż granicy pól testowych

- w odległościach względnych nie większych niż 25 m oraz na każdym załamaniu przebiegu granicy,
- kształt i wielkość pól testowych mają spełniać kryterium reprezentatywności dla danego obszaru (regionu, kraju). Jednocześnie wśród pól testowych znaleźć powinny się działki o zróżnicowanych kształtach (regularne i nieregularne), w tym przynajmniej jedna o kształcie wydłużonym,
 - wielkość wyznaczonych pól testowych powinna zawierać się w przedziale od 0,2 ha do 4 ha,
 - działki powinny być zróżnicowane pod względem przysłonięcia widoczności horyzontu; postulat ten realizowany jest poprzez takie poprowadzenie granic działek, by wzdłuż ich przebiegu, na wybranych długościach, znajdowały się np. drzewa czy krzewy, w szczególności od strony południowej,
 - ilość pól testowych nie została ściśle określona, ale powinno ich być nie mniej niż 5,
 - oznakowanie granic powinno być wykonane w sposób zapewniający trwałość tego oznakowania w czasie pomiarów.

Rysunek 1. Przykład działek referencyjnych
(Oszczak, Ciećko 2007, cytowane za Kay, Sima 2009)



2. Pomiar referencyjny

Dla potrzeb wyznaczenia dokładności badanego urządzenia potrzebne są informacje o wielkości wyznaczonych pól testowych oraz o długości ich obwodów. Dane te przyjmowane są jako wielkości prawdziwe i stanowią punkt odniesienia (referencję) dla wartości uzyskanych z pomiaru walidacyjnego, wykonanego sprawdzanym urządzeniem GPS. Protokół walidacji nie zawiera zbyt szczegółowych informacji o sposobie pomiaru referencyjnego:

- pomiar wykonany ma być przy pomocy przyrządu o przynajmniej 3-krotnie lepszej dokładności pomiaru niż podlegający walidacji odbiornik GPS,
- nie jest określona ilość pomiarów i pozyskiwanych danych,
- nie ma wskazań co do sposobu określenia dokładności pomiaru referencyjnego.

Protokół walidacji nie zawiera żadnych zaleceń do sposobu wykonania pomiaru referencyjnego, ilości danych pomiarowych, czy sposobu obliczania wartości referencyjnych.

3. Pomiar walidacyjny

Pomiar walidacyjny przeprowadzony ma być w sposób zapewniający rzetelną ocenę dokładności sprawdzanego urządzenia. Pomiarowi podlegają wyznaczone pola testowe w ten sposób, że każde z nich jest mierzone wielokrotnie przez każdego operatora (osobę wykonującą pomiar). Ze względu na spełnienie wymogów norm (warunki powtarzalności i odtwarzalności), pomiary wykonuje się w trzech sesjach pomiarowych. Sesje odbywają się o różnej porze dnia w stosunkowo krótkim czasie tak, by zapewnić różny, ale stały w czasie sesji, układ satelitów.

Pojedynczy pomiar nazywany jest *powtórzeniem*. Powtórzenia są grupowane razem (najczęściej po 4) i tworzą tzw. *klasę wyników* lub *set*. Wszystkie pomiary dla danego pola testowego, pogrupowane w sety pomiarowe, tworzą tzw. *poziom*. Jeden poziom odpowiada jednemu polu testowemu. Organizację wyników pomiaru przedstawia tabela nr 3, zamieszczona w dalszej części opracowania (rozdział nr 4). Zgodnie z Protokołem walidacji, pomiar wykonywany jest zgodnie z następującymi zaleceniami:

- pomiary powinny być wykonywane przez różne osoby (operatorów); protokół nie określa liczby operatorów,
- minimalna liczba poziomów (pól testowych) wynosi 5,
- zalecana, minimalna liczba powtórzeń w klasie to 4,

- zalecana liczba klas wyników (*setów*): od 8 do 12,
- z czterech powtórzeń w klasie, dwa pomiary powinny być wykonywane przez poruszanie się operatora w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu zegara, a dwa w kierunku przeciwnym; pomiar powinien być wykonywany na zmianę, raz w jednym, raz w drugim kierunku np.: pierwszy pomiar zawsze w prawo, drugi w lewo, trzeci w prawo i czwarty w lewo,
- pomiar pojedynczej działki powinien przebiegać w czasie zapewniającym stabilność konstelacji satelitów, zwykle oznacza to przedział 10 do 30 min. (na 4 powtórzenia),
- pomiar powinien być przeprowadzony przy ustawieniach urządzeń GNSS, takich jakie są planowane w pomiarach rzeczywistych (max PDOP, współczynnik S/N, interwał etc.),
- metoda pomiaru: wytyczne wskazują, że walidacja powinna być wykonana metodą, która będzie używana w przyszłych pomiarach; jednak na ostatniej konferencji zorganizowanej przez JRC, zaprezentowano materiały [10], w których zaleca każdorazowo wykonywanie walidacji dwoma metodami: metodą pomiaru ciągłego i metodą pomiaru punktowego,
- w metodzie pomiaru na punktach, odległość pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi nie może być większa niż 25 m, a zalecana jest odległość od 10 do 15 m,
- w trakcie pomiarów operatorzy nie powinni sobie przeszkadzać, zalecane jest więc, by każdy operator mierzył inną działkę w tym samym czasie.

W sumie minimalna liczba danych pomiarowych wynosi: 5 pól testowych x 8 *setów* x 4 powtórzenia na *set*, co w sumie daje 160 wyników pomiarów na jedną sesję pomiarową. Ostateczna ilość danych pomiarowych z 3 sesji wynosi 480.

4. Tok obliczeń

Oparcie procesu walidacji na normach ISO serii 5725, determinuje sposób przeprowadzania pomiarów i obliczeń. Normy określają bowiem wskaźniki charakteryzujące dokładność pomiaru, których wyliczenie wymaga określonego sposobu postępowania. W zakresie obliczania tych wskaźników, walidację można przedstawić jako proces kilkuetapowy:

- uporządkowanie i zgrubną analizę danych,
- analizę statystyczną danych w zakresie: obliczenia i analizy statystyk podstawowych (średnie, wariancje), sprawdzenia danych pod kątem występowania wartości odstających (przeprowadzenie testów statystycznych Mandela, Cochрана, Grubbsa),

- wyznaczenie wskaźników: „wariancja powtarzalności”, „wariancja międzylaboratoryjna”, „wariancja odtwarzalności”, „granica odtwarzalności”, „obciążenie (*bias*)”,
- wyznaczenie wartości średniej bufora,
- dodatkowe analizy:
 - sprawdzenie zależności bufora od wielkości powierzchni działek,
 - jednoczynnikowa analiza wariancji ANOVA.

Zebrane dane pomiarowe są zestawiane w postaci tabeli, której wzór zawiera norma. Protokół walidacji generalnie wskazuje wzory tabel z norm, jako właściwe do zestawiania i prezentacji danych. Obliczenia przeprowadzane są zgodnie z normą ISO 5725-2, w której można znaleźć niezbędne wzory i wskazówki. Dodatkowo na stronach internetowych JRC znajdują się zalecenia i interpretacje dotyczące przeprowadzania obliczeń.

4.1. Obliczenia statystyczne

Uzyskane dane pomiarowe są zestawiane w tabelach pomiarowych. Uporządkowany w ten sposób zbiór, poddany zostaje sprawdzeniu i wstępnej analizie. Celem tych czynności jest usunięcie, poprawienie i/lub wyjaśnienie tzw. błędów grubych – np. pomyłek przy wprowadzaniu danych czy literówek. Przejrzane i uporządkowane dane, poddaje się dalszej analizie statystycznej. Analiza ta polega na wykonywaniu kolejnych testów statystycznych, które tworzą pętle obliczeniowe. Schemat toku przeprowadzania analizy statystycznej pokazuje rysunek nr 2.

Punktem startowym, a zarazem końcowym, analizy statystycznej jest wykonanie nieobligatoryjnego testu Mandela, którego celem jest graficzne pokazanie spójności danych. Następnymi krokami jest kolejne wykonywanie, obowiązkowych już, testów Cochrańa oraz Grubbsa. Wyniki kolejno przeprowadzanych testów powodują, usuwanie z tabeli lub pozostawianie w niej poszczególnych wyników pomiarów lub/i całych zestawów danych. Pojedynczym zestawem danych, zwanym klasą lub *setem*, jest grupa wyników z tego samego czasu pomiaru i wykonana przez tego samego operatora. Wyniki testów decydują również o dalszej drodze przebiegu obliczeń w całym schemacie. Dane niespełniające kryteriów testów nazywane są, zależnie od wyniku testu, danymi podejrzanymi lub odstającymi. Po zakończeniu analizy statystycznej do dalszych obliczeń trafia zestaw danych z usuniętymi wartościami odstającymi (ang. *outlier*). Normy ISO 5725-2 zwracają uwagę, że usuwanie danych powinno być poprzedzone przeanalizowaniem problemu przez osobę dobrze znającą charakter takich pomiarów, która potrafi stwierdzić, czy określone dane nie są jednak zjawiskiem normalnym, i ich usunięcie mogłoby powodować zafałszowanie wyników.

4.2. Wskaźniki walidacji: wariancja, bias, granica odtwarzalności, bufor

Na podstawie „czystych” danych (po wykonaniu testów statystycznych) obliczane są, dla każdej działki osobno, wskaźniki charakteryzujące dokładność i precyzję pomiaru. W pierwszym rzędzie obliczane są trzy rodzaje wariancji:

- **wariancja powtarzalności** σ_r^2 – miara rozrzutu wyników pomiarów wykonanych w spełnionych warunkach powtarzalności,
- **wariancja międzylaboratoryjna** σ_L^2 – miara rozrzutu wyników pomiarów pomiędzy laboratoriami, przy czym termin „laboratorium” należy tu jednak rozumieć w sensie definicji zawartej w normach: zespół takich elementów jak operator, przyrządowanie i miejsce badań,
- **wariancja odtwarzalności** σ_R^2 – miara rozrzutu wyników pomiarów wykonanych w spełnionych warunkach odtwarzalności.

W następnej kolejności na podstawie wariancji obliczana jest według wzoru 2.3 granica odtwarzalności R oraz ostatecznie wskaźnik dokładności **bufor** B . Bufor B jest głównym parametrem charakteryzującym konkretny zestaw pomiarowy GNSS i jest używany do przydzielania mu bufora B_z (klasy dokładności).

Zależność wiążąca powyższe wariancje określona jest wzorem:

$$\sigma_R^2 = \sigma_r^2 + \sigma_L^2 \quad (3.1)$$

Wartość bufora obliczana jest w oparciu o poniższe zależności:

$$B = \frac{R}{Ob} = \frac{2,8 \cdot \sigma_R}{Ob} \quad (3.2)$$

gdzie Ob jest obwodem działki, a R granicą odtwarzalności daną wzorem 2.3. Bufor charakteryzujący sprawdzany zestaw pomiarowy jest obliczany jako średnia arytmetyczna z buforów poszczególnych działek:

$$B = \frac{\sum_{j=1}^n B_j}{n} \quad (3.3)$$

W powyższym wzorze (3.3), liczba działek oznaczona jest literą n i dla opracowanych przez autorów publikacji procedur standardowo równa jest 6.

Na podstawie obliczonej średniej wartości bufora B zestaw pomiarowy klasyfikowany jest, zgodnie z wartościami opisanymi w rozdziale nr 2, do określonej klasy dokładności, czyli przydzielany jest mu bufor, który używany będzie do obliczania tolerancji w pomiarach kontrolnych. Bufor ten, inaczej klasa lub tole-

rancja techniczna, dla odróżnienia od obliczonej wartości średniej bufora oznakowany zostanie symbolem B_z .

Obliczone powyższe wskaźniki charakteryzują rozrzuty wyników pomiarów i określają tzw. precyzję pomiarów. Wyniki tych obliczeń nie dają natomiast informacji o samej poprawności pomiarów, definiowanej jako zgodność wyniku pomiaru z wartością referencyjną. Poprawność pomiaru sprawdzana jest poprzez sprawdzenie istotności różnicy średniej wartości zmierzonej powierzchni działki z jej wartością referencyjną.

$$|P_{ref} - \bar{P}| \quad (3.4)$$

gdzie:

P_{ref} – wartość referencyjna wielkości powierzchni pola testowego

\bar{P} – średnia generalna wyników pomiarów powierzchni pola testowego

Wartość referencyjna uzyskiwana jest na ogół z niezależnego pomiaru, wykonanego urządzeniem o znacznie większej dokładności i precyzji pomiarowej – np. tachimetrem. Samo sprawdzenie poprawności, polega na przeprowadzeniu testu statystycznego – jednym z wymienianych w zaleceniach testów jest test t-Studenta. Jeśli wynik przeprowadzenia testu jest pozytywny oznacza to, że dokładność urządzenia jest odpowiednia – nie występuje tak zwany *bias*, czyli sumaryczny błąd systematyczny. W przeciwnym wypadku mamy do czynienia z sytuacją, gdzie wartość referencyjna leży poza granicą rozrzutu wyników pomiarów. Świadczy to o występowaniu pewnego stałego przesunięcia w uzyskiwanych wynikach, czyli o występowaniu błędu systematycznego (*bias*).

4.3. Analizy dodatkowe

W celu potwierdzenia poprawności uzyskanych wyników wykonywane są dodatkowe obliczenia sprawdzające:

1. Sprawdzenie zależności buforów od wielkości powierzchni działek

Zgodnie w Protokołem walidacji [21] i normami [25], aby możliwe było używanie pojedynczej wartości bufora do charakteryzowania zestawu pomiarowego, i tym samym do wyznaczania tolerancji pomiaru, wartość ta nie może zależeć od wielkości powierzchni poszczególnych działek. W przypadku znalezienia takiej zależności, należałoby bowiem wyznaczyć krzywą charakterystyczną, z której odczytywana byłaby wartość dla danej wielkości powierzchni. Wyniki przeprowadzonych przez ośrodek JRC projektów ba-

dawczych pokazują, że dla pomiarów GPS nie jest normalnym zjawiskiem występowanie zależności wartości bufora od wielkości powierzchni działki. W związku z tym, stwierdzenie występowania jakiegś zależności, wymaga dogłębnej analizy przeprowadzonej walidacji, włącznie z powtórzeniem pomiarów. Natomiast brak takiej zależności pozwala na wyznaczenie bufora jako średniej arytmetycznej z buforów dla wszystkich działek. Potwierdzenie braku zależności, dokonywane jest na drodze wizualnej analizy wykresu zależności bufora od wielkości powierzchni. W przypadku, gdy wygląd wykresu nasuwa podejrzenie o istnieniu zależności, należy wykonać analityczne sprawdzenie, przeprowadzane zgodnie z normami [25].

2. Analiza ANOVA

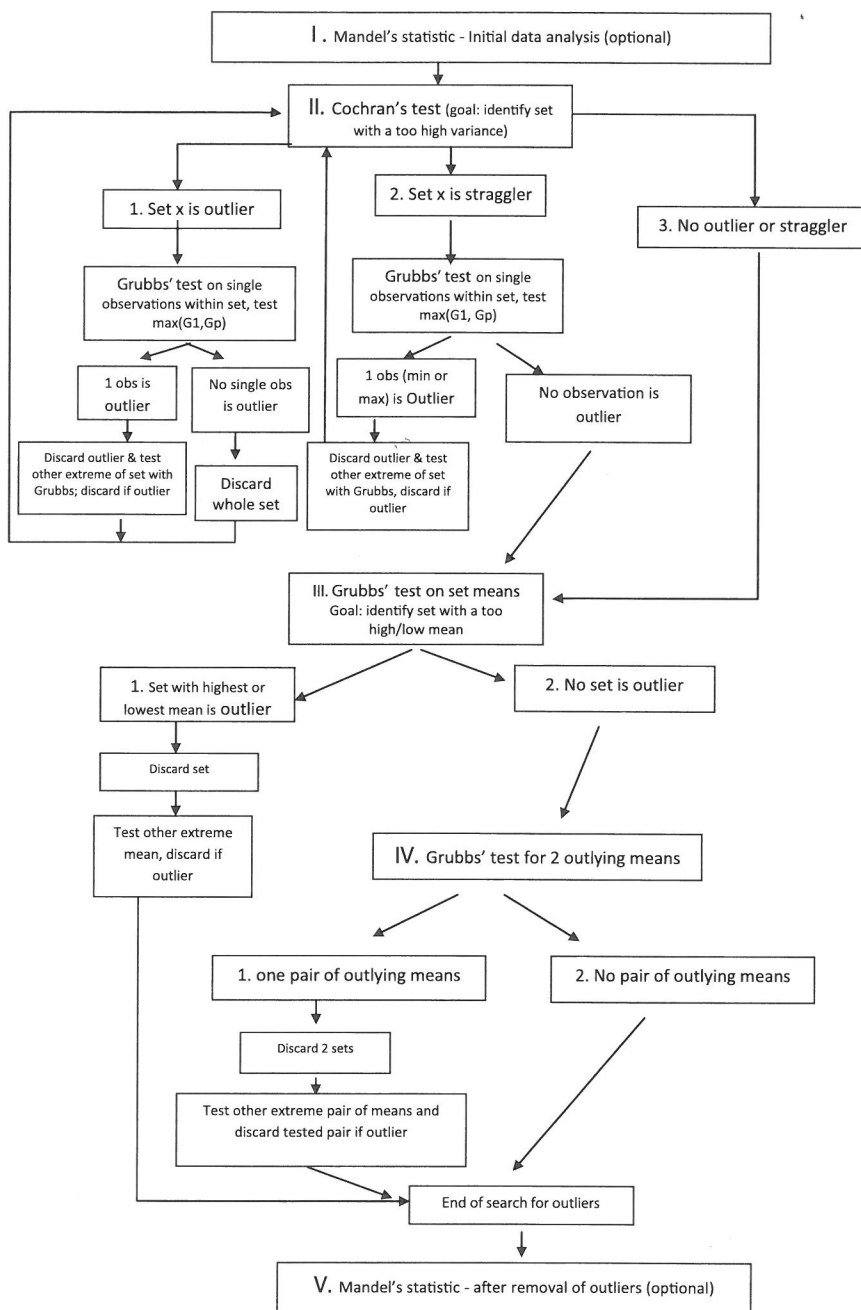
Z badań przeprowadzonych przez ośrodek JRC wynika, że przy prawidłowo przeprowadzonej walidacji, spełniającej wszystkie wymogi, zidentyfikowane czynniki takie jak osoba operatora, kierunek wykonywania pomiaru oraz czasu (dzień pomiaru, pory dnia), nie powinny mieć istotnego wpływu na osiągnięte wyniki. Brak wpływu tych czynników zapewniany jest przez przeszkolenie personelu, zachowanie odpowiednio krótkiego czasu pomiaru, wykonanie pomiaru w określonych godzinach dnia oraz zmienianie godzin pomiaru każdego dnia. W celu sprawdzenia poprawności wykonanej walidacji przeprowadzane jest dodatkowe sprawdzenie poprzez wykonanie jednoczynnikowej analizy danych ANOVA. Obliczenia te nie wpływają na ilość danych, nie powodują odrzucania wyników pomiarów. W przypadku jednak wykrycia takiego wpływu, należy rozważyć powtórzenie pomiarów. Wzory i sposób wykonywania obliczeń znaleźć można zarówno w ogólnie dostępnych podręcznikach, jak i częściowo w normach [25].

5. Dokumentowanie walidacji

Proces walidacji powinien zostać odpowiednio udokumentowany. W tym zakresie wytyczne Protokołu walidacji wskazują na:

- szczegółowe wykonanie opisu pól testowych wraz z dokumentacją fotograficzną,
- zapisanie minimalnego zestawu danych w trakcie pomiaru: typ odbiornika, nr działki, zmierzona wartość powierzchni, kierunek pomiaru, czas i data,
- zachowanie unikalnego nazewnictwa dla danych w formie elektronicznej.

Rysunek 2. Schemat obliczeń statystycznych [22]



Ponadto Protokół walidacji zawiera spis informacji, które należy przesłać do ośrodka JRC, w przypadku gdy obliczenia mają zostać wykonane z jego udziałem. Spis ten można również traktować jako wskazówkę sugerującą, co powinien zawierać raport z walidacji:

- typ i numer urządzenia,
- typ i wersja oprogramowania,
- metoda pomiarowa (ilość pomiarów na punkt/interwał pomiarowy),
- ustawienia urządzenia (maska, max DOP etc.),
- typ użytej korekcji,
- liczba klas (*setów*) i danych pomiarowych, liczba powtórzeń w klasie,
- lista operatorów,
- liczba pól testowych z opisem,
- szkic działek referencyjnych na ortofotomapie i ich dokumentacja fotograficzna.

ROZDZIAŁ 4

PROTOKÓŁ WALIDACJI – WDROŻENIE WYTYCZNYCH

Opracowany w europejskim ośrodku badawczym JRC w Isprze Protokół walidacji, stanowi zbiór wytycznych, mówiących o sposobie sprawdzania urządzeń GNSS w kontekście ich wykorzystania do przeprowadzania pomiarów kontrolnych w ramach systemu IACS. Wytyczne te nie stanowią jednak kompletnego przepisu – metody czy metodyki pomiarowej, lecz tworzą one pewnego rodzaju konstrukcję, na której możliwe jest oparcie pełnoprawnej metody pomiarowej. Stan taki wynika z faktu, że wytyczne te między innymi:

- traktują tematykę pomiarową wybiórczo, kładąc nacisk na to co zdaniem ich autorów jest kluczowe,
- są często zbyt ogólne, dając możliwość różnej ich interpretacji,
- nie obejmują kompleksowo wszystkich etapów sprawdzania urządzeń,
- pomijają niektóre zagadnienia metrologiczne, jak np. szacowanie niepewności pomiaru referencyjnego.

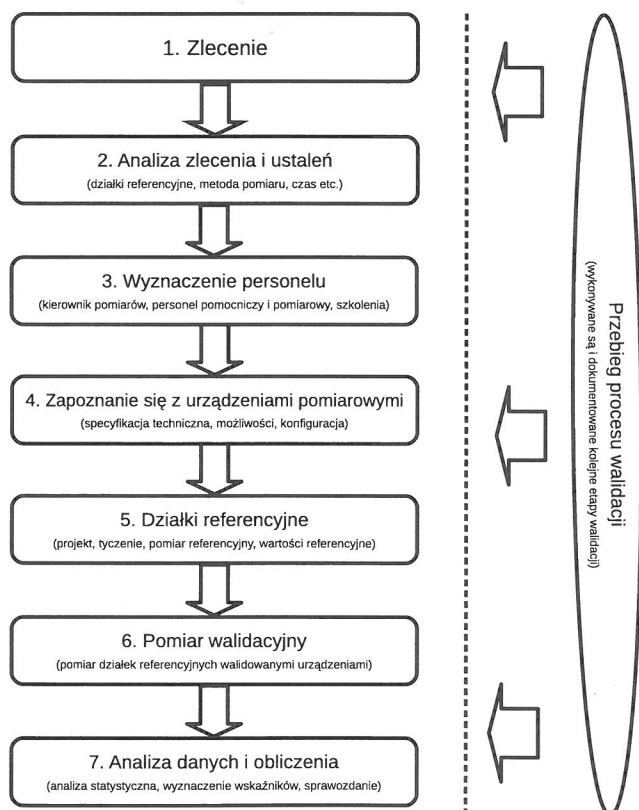
W firmie DESS i Stowarzyszeniu Naukowym im. Stanisława Staszica w Krakowie opracowany został szczegółowy plan, przepis wykonania walidacji odbiorników GPS, który można już określić jako metodę pomiarową. Przy opracowywaniu metody kierowano się ideą stworzenia możliwie prostej, dopasowanej do własnych potrzeb metodyki pomiarowej, która jednocześnie miała spełniać kryteria systemu zapewnienia jakości ISO 17025:2005 i oczywiście założenia Protokołu walidacji. Utworzoną dokumentację podzielono tematycznie na procedury, które szczegółowo opisują zawarte w nich zagadnienia. W procedurach znalazły się zapisy wypełniające obszary nieopisane lub opisane mniej szczegółowo w wytycznych walidacyjnych, jak również zamieszczono w nich zapisy wykraczające poza sam proces walidacyjny, jednak ściśle z nim związane (np. w kontekście osiągnięcia pożądanego poziomu jakości usługi walidacji).

1. Walidacja – Schemat aplikacji

Opracowanie metody pomiarowej dla konkretnego laboratorium wymaga stworzenia procedur, które w sposób szczegółowy opisują przebieg kolejnych etapów walidacji. W procedurach zawarto:

- zapisy umożliwiające osadzenie procedur w już istniejącym systemie zarządzania jakością,
- szczegóły opisujące przygotowanie pomiarów: tyczenie działek, znakowanie granic, dobór personelu, przygotowanie personelu do pomiarów,
- szczegóły sposobu wykonania pomiaru referencyjnego, opartego na wiedzy i praktyce geodezyjnej,
- detale dokumentacji pomiarowej: druki i formularze, sposoby zapisu i przechowywania danych,
- szczegóły wykonania pomiaru: organizacja, zasady zachowania, sposoby wykonywania czynności pomiarowych etc.

Rysunek 3. Schemat metody walidacji urządzeń GNSS



Schemat funkcjonalny metody przedstawiony został graficznie na rys. 3. Rysunek ten prezentuje drogę, jaką trzeba przejść od momentu zlecenia do otrzymania efektu końcowego. Przechodząc kolejne etapy walidacji, wykonywane są różne czynności, z których jakaś część, z jednej strony nie jest stricte „walidacyjnymi” czynnościami, a z drugiej strony pominięcie ich, niemal gwarantuje otrzymanie produktu końcowego niskiej jakości, niespełniającego oczekiwań klienta lub niezgodnego z wymogami Protokołu walidacji. Przykładem może tu być dokładna analiza oczekiwań klienta, co ma bezpośredni wpływ np. na lokalizację pomiaru, ilość i parametry pól testowych. Nie wszystkie czynności są tak oczywiste i widoczne. Niektóre z nich, o czym będzie mowa w dalszej części monografii, chociaż są bezpośrednio związane procesem walidacji, bywają mniej zauważalne, a sam Protokół walidacji ich nie precyzuje. Wszystkie etapy i kroki wykonywane w walidacji, zostały zapisane w procedurach, rozszerzając i doprecyzowując zapisy Protokołu.

Proces walidacji urządzeń GPS został podzielony na etapy, które z kolei zostały pogrupowane i szczegółowo opisane w procedurach. Etap nr 1 schematu z rys. 3 jest związany i opisany przez procedury systemu jakości ISO 9001, i nie stanowi przedmiotu procedur pomiarowych – jest on uwidoczniiony na schemacie tylko dla jego kompletności. Pozostałe etapy opisują utworzone cztery procedury pomiarowe:

1. Procedura ogólna

Procedura ta, zgodnie ze swoją nazwą, zawiera opis czynności, które nazwać można wstępnymi i przygotowawczymi, a które obejmują pierwsze trzy etapy schematu:

- etap 1 (*Analiza zlecenia*) – określenie zakresu zlecenia i potrzeb klienta; obejmuje czynności wstępne od przyjęcia zlecenia, po ustalenie szczegółów związanych z metodą pomiaru, specyfikacją urządzeń, ustaleniem/wybraniem czasu i miejsca wykonania pomiaru,
- etap 2 (*Wyznaczenie personelu*) – etap obejmuje wstępne rozplanowanie pomiarów i dobór pod tym kątem ekipy pomiarowej, której licznosc i zakres działań zależą od ustaleń rozpoznanych w etapie; następuje tu wybór kierownika/ów ekip pomiarowych, przeszkolenie z zakresu metody walidacji (zapoznanie z procedurami pomiarowymi) oraz przydzielenie zadań i sprzętu,
- etap 3 (*Zapoznanie się z odbiornikami GPS*) – etap obejmuje przestudowanie przez personel dokumentacji technicznej i pomiarowej, zapoznanie się z urządzeniami i ich obsługą oraz trening (symulacja pomiaru, zmiany nastaw etc.).

2. Procedura robocza – działki referencyjne

W tej procedurze ujęte zostały zapisy szczegółowo obejmujące etap nr 5 ze

schematu, czyli wszystkie czynności zmierzające do wytyczenia i pól testowych i wykonania pomiaru referencyjnego.

3. Procedura robocza – pomiary GPS

Mówiąc w ogromnym skrócie, procedura opisuje etap nr 6 ze schematu, czyli wykonanie pomiaru walidacyjnego sprawdzanymi odbiornikami GNSS.

4. Procedura robocza – analiza danych i obliczenia

To ostatni, piąty etap schematu walidacji, polegający na przeprowadzeniu analiz i obliczeń. Efektem końcowym jest sprawozdanie końcowe, określające bufor sprawdzanych urządzeń.

2. Procedura ogólna

Procedura ogólna jest pierwszym dokumentem, którego celem jest całościowe zebranie informacji dotyczących walidacji urządzeń GNSS. Procedura ta:

- określa temat, przeznaczenie i zakres swojej stosowności,
- wskazuje dokumenty, zawierające rozwiązania szczegółowe (procedury robocze),
- wskazuje dokumenty źródłowe,
- zawiera słowniczek terminów,
- opisuje schemat postępowania od chwili powzięcia zlecenia do jego zakończenia,
- opisuje zasady doboru personelu, jego szkolenie i kompetencje,
- zawiera spis i szczegółowy opis dokumentacji pomiarowej, i sposobu jej wykorzystania,
- zawiera ogólne wskazówki, dotyczące zagadnienia pól testowych, pomiaru referencyjnego, pomiaru walidacyjnego i przeprowadzania części analitycznej,
- zawiera wytyczne, odnośnie treści sprawozdania końcowego.

Generalnie, procedura ogólna opisuje szczegółowo pierwsze etapy schematu postępowania – etap nr 2 i nr 3. Dla pozostałych etapów zawiera ogólne wytyczne, a po szczegóły odsyła do osobnych dokumentów – do procedur roboczych. Procedura opisuje całokształt czynności formalnych, prawnych, organizacyjnych, które niezbędne są do wykonania zlecenia.

2.1. Analiza zlecenia

Podstawą dobrze wykonanej walidacji jest zaspokojenie oczekiwań klienta, co w kontekście walidacji oznacza przede wszystkim zaakceptowanie wyników walidacji przez ośrodek JRC. Dlatego, już na etapie wstępnych rozmów, przy przyjęciu zlecenia niezbędne jest dokonanie szczegółowych ustaleń z klientem, wyjaśnienie ewentualnych niejasności, wsparcie merytoryczne klienta tak, by możliwe stało się właściwe określenie jego potrzeb, w kontekście wymogów Protokołu walidacji. Bardzo istotnym elementem jest ustalenie szczegółów, takich jak:

- zebranie informacji o warunkach, w jakich użytkowane będą urządzenia,
- określenie parametrów działek, które są charakterystyczne dla regionu, w którym planowane jest przyszłe użytkowanie urządzenia,
- określenie liczby pól testowych,
- określenie metod pomiaru i ustawień urządzeń,
- określenie czasu pomiaru,
- ustalenie dodatkowych wymagań, co do pomiaru walidacyjnego, oraz zwrócenie uwagi na ich zgodność z Protokołem walidacji.

2.2. Wyznaczanie personelu

Pomiary wykonywane są przez ekipę pomiarową, w skład której wchodzi operatorzy i kierownik pomiarów. Liczba osób biorących udział w pomiarach może być różna, zależnie od zakresu zlecenia – od ilości urządzeń, ilości pól testowych itp. Podstawowy skład ekipy pomiarowej to trzech operatorów i kierownik. Szczególnie istotną rolę pełni osoba kierownika ekipy pomiarowej, która odpowiedzialna jest za pomiar i jego organizację. Do obowiązków kierownika należy:

- wyznaczenie operatorów i personelu pomocniczego (zależnie od potrzeb),
- przeszkolenie operatorów,
- przeprowadzenie wytyczenia pól testowych oraz wykonanie pomiaru referencyjnego,
- przygotowanie pól testowych do pomiaru oraz nadzór nad prawidłowością oznakowania granic działek w trakcie pomiarów,
- przygotowanie i wypełnianie w trakcie pomiarów dokumentacji pomiarowej,
- prowadzenie i nadzór na przebiegiem pomiaru walidacyjnego,
- podejmowanie decyzji merytorycznych w trakcie pomiaru np. o dopuszczeniu lub odrzuceniu pomiaru ze względu na pogorszenie warunków (chwilowy zanik sygnału GPS).

Kierownik pomiarów sam bezpośrednio nie bierze udziału w czynnościach pomiarowych, jest jednak odpowiedzialny za ich przebieg i jakość. Osoba wyznaczona na stanowisko kierownika powinna:

- posiadać wyższe wykształcenie techniczne (wskazane wykształcenie geodezyjne),
- posiadać umiejętności i praktykę metrologiczną.

Operator jest osobą bezpośrednio wykonującą pomiary oraz inne czynności wskazane przez kierownika, jak np.: tyczenie działek, oznakowywanie granic działek, udział w wykonywaniu pomiaru referencyjnego, pomiar walidacyjny itp. Pożądanymi cechami operatora jest przynajmniej wykształcenie średnie, umiejętność obsługi urządzeń elektronicznych, znajomość urządzeń do nawigacji satelitarnej, styczność z pomiarami terenowymi, staranność i dokładność w wykonywaniu powierzonych prac oraz wytrzymałość fizyczna. Wymienione cechy są bardzo istotne, gdyż bezpośrednio wpływają na jakość otrzymywanych wyników. Znajomość obsługi różnych elektronicznych urządzeń pomiarowych, sprzyja szybkiemu uczeniu się obsługi i korzystania z zestawów GPS, oraz wpływa na łatwość prowadzenia pomiarów przez operatora. Operatorzy z takim doświadczeniem, znakomicie przyczyniają się do sprawności przeprowadzania walidacji i minimalizacji ilości pojawiających się błędów. Cechą, która mogłaby się wydawać drugorzędną, jest sprawność i wytrzymałość fizyczna osób wykonujących pomiary. Tymczasem praktyka pokazuje, że w niesprzyjających warunkach pomiarowych, sprawność fizyczna operatorów może mieć decydujący wpływ na wykonanie pomiaru. Sytuacja taka zdarzyć się może, gdy walidacja przeprowadzana jest więcej niż jedną metodą pomiarową lub obejmuje więcej urządzeń GNSS. W takim przypadku jednego dnia wykonywane są np. dwa pomiary walidacyjne. Podobne sytuacje mogą mieć miejsce, gdy, ze względu na porę roku, ograniczeniem jest długość dnia lub też pola testowe odznaczają się dużymi rozmiarami. W takich przypadkach osoby o tzw. słabej kondycji fizycznej, mocno odstają od reszty ekipy pomiarowej, co prowadzić może do wydłużenia lub powtarzania pomiarów.

2.3. Szkolenie

Kierownik pomiarów przygotowuje operatorów do wykonania walidacji. W tym celu przeprowadza szkolenie, obejmujące zapoznanie z metodą pomiarową, opisaną w procedurach, z terminologią, organizacją pomiarów, dokumentacją pomiarową. W szkoleniu szczególny nacisk jest położony na dogłębne zapoznanie się z obsługą sprawdzanych urządzeń (specyfikacja techniczna, możliwości, nastawy, zakres obsługi w trakcie pomiarów), oraz na sposób przeprowadzania pomiaru walidacyjnego:

- sposób poruszania się,
- sposób noszenia odbiornika GPS,
- czas pomiędzy pomiarami,
- niedopuszczalne zachowania w trakcie pomiarów.

Przeszkolona ekipa pomiarowa, znająca i rozumiejąca zasady pomiaru walidacyjnego, zaznajomiona ze sprawdzanym sprzętem pomiarowym, umożliwi po pierwsze sprawne przeprowadzenie walidacji, a po drugie otrzymanie wysokiej jakości wyników. Wiedza wyniesiona ze szkolenia, szczególnie owocuje w trudnych i nieprzewidzianych sytuacjach, jak np. krótkotrwałe zaniki sygnału czy drobne odchylenia w funkcjonowaniu urządzeń pomiarowych.

3. Procedura robocza – Działki referencyjne

Procedura *Działki referencyjne* szczegółowo opisuje zagadnienia dotyczące tyczenia i oznakowania pól testowych oraz wykonania pomiaru referencyjnego. Opisuje także podstawowy sposób postępowania, stanowiący jednocześnie bazę dla zmian, które mogą wynikać z oczekiwań klienta, np. co do ilości pól referencyjnych. Jako standardowy schemat postępowania, przyjęto stałe ustalenia, gwarantujące prostotę pomiaru, powtarzalność wyników i łatwość dokonywania porównań.

3.1. Charakterystyka pól testowych

Procedura opisuje podstawowe cechy działek referencyjnych:

- Walidacja przeprowadzana jest na 6 polach testowych.
- Stosowane są stałe oznaczenia działek referencyjnych: A, B, C, D, E, F, przy czym poszczególne oznaczenia, co do zasady, przypisane są stałym typom działek (o ile jest taka możliwość).
- Wielkość działek powinna mieścić się w granicach od 200 m² (0,2 ha) do 15 000 m² (1,5 ha).
- Trzy działki, oznakowane jako A, B, C powinny mieć ograniczoną widoczność nieba poprzez występujące na ich granicach zadrzewienie.
- Trzy działki, oznakowane jako D, E, F powinny być położone w taki sposób, by nic nie zasłaniało widoczności nieba w trakcie pomiarów – „czysty horyzont”.
- Dwie działki, oznakowane jako C, D powinny mieć taką samą wielkość powierzchni i taki sam kształt, ale powinny się różnić widocznością nieba: działka C ma ograniczoną widoczność, działka D ma „czysty horyzont”.
- Jedna działka powinna mieć wydłużony kształt – działka E.

- Jedna działka powinna mieć nieregularny kształt, o skomplikowanym przebiegu granicy – działka B.
- Działki mogą być tak wytyczone, że pokrywają się na części długości granic.
- Działki mogą być tak wytyczone, że nachodzą na siebie.
- Granice działek nachodzących na siebie, muszą być oznakowane w jednoznaczny sposób, uniemożliwiający pomyłkę operatora.
- Ograniczenie widoczności nieba, powinno następować od strony południowej.
- Działki, ze względu na możliwość wystąpienia zakłóceń w pomiarach, powinny być zlokalizowane na terenie, na którym nie występują w sąsiedztwie lotniska, zakłady przemysłowe lub inne przyczyny mogące wpływać na jakość pomiaru.

3.2. Wymogi oznakowania granic działek

W procedurze zapisane zostały wymogi, określające sposób oznakowania granicy działki:

- Granice działek wytyczane są poprzez umieszczenie odpowiednio przygotowanych znaczników.
- Znacznikami mogą być różnego rodzaju kołki, słupki, paliki geodezyjne etc., oznakowane (np. pomalowane) kolorem, umożliwiającym ich łatwe dostrzeżenie.
- Długość znaczników powinna być tak dobrana, by będąc dobrze widocznymi, nie utrudniały poruszania się po granicy działki – długość części wystającej, powinna się mieścić między 30 cm a 70 cm.
- Znaczniki umieszcza się na załamaniach granicy oraz pomiędzy nimi w odległości ok. 10-15 m od siebie. W uzasadnionych przypadkach, dopuszczalne jest umieszczenie znaczników w odległości nie większej niż co 25 m.

3.3. Pomiar referencyjny

Pomiar referencyjny wykonywany jest na wytyczonych i oznakowanych działkach. Oznakowane znacznikami punkty są punktami pomiarowymi, zarówno dla pomiaru referencyjnego, jak i dla pomiaru walidacyjnego. W procedurze przyjmuje się wykonanie pomiaru referencyjnego z użyciem tachimetru elektronicznego. Użycie tego typu urządzenia, podyktowane jest potrzebą uzyskania, pomijalnie małej niepewności pomiaru w stosunku do niepewności pomiaru walidacyjnego. Procedura opisuje pomiar referencyjny w następujący sposób:

- Wyznaczyć w przybliżeniu środek działki.

- Wyznaczyć w odległości kilku metrów od środka działki 3 różne punkty (mogą być wyznaczone na obwodzie okręgu w przybliżeniu co 120°).
- Ustawić tachimetr na 1 z wyznaczonych punktów.
- Przygotować tachimetr do pomiaru: wypoziomować, włączyć odpowiednie opcje, w tym opcje obliczające powierzchnię i obwód działki.
- Wyznaczyć kierunek bazowy pomiaru – kierunkiem bazowym może być kierunek pierwszego (startowego) punktu pomiarowego.
- Zmierzyć kolejno odległości i kierunki do każdego wyznaczonego punktu na granicy działki.
- Punkt początkowy pomiaru jest jednocześnie punktem końcowym pomiaru.
- Zapisać w formularzu otrzymane wartości wielkości powierzchni i długości obwodu działki.
- Przełożyć lunetę przez zenit i wykonać ponownie pomiar wszystkich punktów.

Opisany wyżej pomiar, przeprowadzany jest z ustawieniem tachimetru na każdym z trzech punktów „środkowych” działki. Należy pamiętać o każdorazowym wypoziomowaniu tachimetru po przestawieniu urządzenia na nowy punkt. Pomiar przeprowadza się zgodnie z instrukcją wykorzystywanego przyrządu.

3.4. Dane referencyjne

Z pomiaru pozyskuje się dla każdego pola testowego 6 wartości wielkości powierzchni oraz 6 wartości długości obwodu. Dla każdej działki wartości referencyjne powierzchni i obwodu oblicza się jako średnią arytmetyczną z 6 wyników. Uzyskane wyniki sprawdzane są uproszczoną metodą statystyczną. Dla każdej działki należy:

- Obliczyć odchylenie standardowe dla obu wielkości referencyjnych – powierzchni i obwodu.
- Wyznaczyć granicę akceptowalności (tolerancji) rozrzutu wyników równą trzykrotnej wartości odchylenia standardowego.
- Sprawdzić czy jakkolwiek wynik nie przekracza wyznaczonych granic tolerancji.
- W przypadku, gdy granicę tolerancji przekracza więcej niż jedna wartość, liczona osobno dla powierzchni działki i osobno dla obwodu, należy przeanalizować przyczyny i powtórzyć wszystkie pomiary.

Wytyczne Protokołu walidacji nie zawierają szczegółowych zaleceń co do wykonywania pomiaru referencyjnego, oraz co do ilości wyników i sposobu przeliczania. W prezentowanych procedurach przyjęto, że pomiar referencyjny wykonywany będzie za pomocą tachimetru. Pomiar każdej działki wykonywany jest

dwukrotnie z każdego z trzech wcześniej wyznaczonych punktów. Liczba uzyskanych wyników, daje możliwość przeprowadzenia bardzo uproszczonej analizy statystycznej i podjęcia decyzji o ewentualnym powtórzeniu pomiarów, np. przy zbyt dużych rozrzutach wyników. Celem pomiaru i analizy jest uzyskanie wiarygodnych wyników w możliwie krótkim czasie.

4. Procedura robocza – Pomiary GPS

Procedura *Pomiary GPS* zawiera szczegółowy opis wykonania pomiaru walidacyjnego i stanowi zasadniczą część metody pomiarowej.

4.1. Założenia procedury

Podstawowe założenia definiują stosunkowo sztywno szkielet metody pomiarowej:

- Mierzonych jest sześć działek referencyjnych.
- Pomiary przeprowadza się przez okres trzech dni.
- W pomiarze bierze udział trzech operatorów.
- Każdego dnia mierzone są wszystkie działki przez wszystkich operatorów:
 - pierwszy dzień pomiarowy: od 8 do 13,
 - drugi dzień pomiarowy: od 10 do 15,
 - trzeci dzień pomiarowy: od 12 do 17.
- Dane grupowane są w serie i klasy pomiarowe: trzy serie pomiarowe, każda po osiemnaści *setów* pomiarowych.
- Całkowita ilość wyników pomiarów powinna wynosić: $3 \times 18 \times 4 = 216$ wyników pomiarów powierzchni i 216 wyników pomiaru długości obwodu.
- Zakłada się, że operatorzy nie znają wartości referencyjnych mierzonych działek.
- Operatorzy są przeszkoleni zgodnie z procedurami.

4.2. Warunki pomiaru

Procedura wskazuje na zachowanie określonych wymogów pomiaru:

- Wskaźnik stanu naładowania akumulatora i/lub baterii odbiornika, powinien być równy 100% na chwilę rozpoczęcia pomiaru.
- Wskaźnik stanu naładowania akumulatora i/lub baterii odbiornika GPS, nie jest mniejszy niż zapisy w instrukcji odbiornika GPS, a w przypadku braku takich danych zaleca się, by pomiar prowadzony był przy stanie naładowania akumulatora nie niższym niż 20%.

- Operator nie powinien mieć przy sobie urządzeń elektrycznych, czy elektronicznych mogących oddziaływać na pomiar, w tym telefonu komórkowego – nie dotyczy to przypadku wykorzystania telefonu komórkowego do pomiaru DGPS online.
- Przerwa czasowa pomiędzy poszczególnymi pomiarami, w ramach jednego *setu* pomiarowego (klasy), powinna być minimalna. Wykonanie jednego *setu* pomiarowego powinno zmieścić się, zależnie od wielkości działki, w granicach od 10 do 30 min.
- Pomiarów nie wykonuje się w trakcie opadów atmosferycznych lub bezpośrednio po ich ustąpieniu.
- Pomiarów nie wykonuje się w temperaturze otoczenia, przekraczającej zakres pracy odbiornika GPS (zgodnie z instrukcją obsługi). W przypadku braku takiej informacji (instrukcji), pomiarów nie wykonuje się w temperaturach poniżej 0°C.
- Pomiarów nie wykonuje się przy wilgotności względnej powietrza poza zakresem pracy odbiornika GPS, a w przypadku braku takich danych, przy wilgotności mogącej zaburzać pracę urządzenia.
- Pomiarów nie wykonuje się, w warunkach niezamierzonego ograniczenia widoczności satelitów.
- Generalnie, przy braku danych z instrukcji obsługi urządzenia lub innych wiarygodnych danych, pomiarów nie wykonuje się przy wskazaniach opisujących pracę odbiornika GPS (siła sygnału, dokładność etc.) mniejszych niż 70% maksymalnych wartości tych wskaźników.
- Pomiarów nie wykonuje się przy wskaźniku $DOP > 5$.

4.3. Przygotowanie pomiaru

Przed przystąpieniem do pomiaru należy wykonać szereg czynności sprawdzająco-organizacyjnych:

- Sprawdzić i/lub przygotować do pomiarów działki referencyjne, wyznaczyć punkty początkowe i końcowe pomiaru oraz pośrednie punkty pomiarowe.
- Wykonać dokumentację fotograficzną: zaleca się, by zdjęcia pokazywały teren, na którym wytyczone zostały pola testowe, charakterystyczne cechy pól testowych, sposób oznakowania granic, zasłonięcie granic (zadrzewienie) oraz zdjęcia urządzeń pomiarowych.
- Upewnić się, że operatorzy biorący udział w pomiarach, znają i właściwie rozumieją sposób przeprowadzenia pomiarów, oraz znają obsługę sprawdzanych odbiorników GPS.
- Zapewnić dodatkowe źródła energii dla walidowanych urządzeń GNSS – dotyczy odbiorników mających możliwość pracy na wymiennych akumulatorach i/lub bateriach.

- Zgodnie z instrukcją obsługi, przygotować GPS do pracy, a między innymi:
 - uruchomić GPS, umieścić GPS w miejscu zapewniającym tzw. „dobrą widoczność nieba” i odczekać do czasu, aż urządzenie osiągnie pełen stan gotowości do pracy,
 - sprawdzić liczbę dostępnych satelitów,
 - sprawdzić/ustawić elipsoidę (WGS84),
 - sprawdzić/ustawić max PDOP (ogólne zalecenie ≤ 6),
 - sprawdzić/ustawić maskę horyzontu (> 20),
 - sprawdzić stosunek sygnału do szumu,
 - sprawdzić/ustawić interwał czasu pomiaru (zalecane 1 s) lub interwał odległości pomiaru (zalecane 1m).
- Przygotować i wypełnić druki protokołów pomiaru:
 - wpisać datę wykonania pomiaru,
 - nadać i zapisać w protokole pomiarowym unikalny „numer pomiarów”,
 - wpisać uzgodnienia z klientem, co do sposobu pomiaru (z anteną, bez anteny, pomiar ciągły, pomiar na punktach, pomiar mieszany),
 - zapisać warunki pomiaru: wielkość zachmurzenia, opady atmosferyczne, temperatura powietrza,
 - zapisać decyzję o odwołaniu/przerwaniu pomiarów (podać przyczynę).
- Zapisać stan pracy urządzenia:
 - poziom naładowania akumulatorów (baterii),
 - wyświetlane parametry dotyczące uzyskiwanej dokładności lokalizacji (dokładność położenia punktu, DOP, ilość widocznych satelitów, poziom sygnału etc.).
- Sprawdzić, czy jest wystarczająca ilość dostępnej pamięci w urządzeniu na zapis danych pomiarowych.
- Uruchomić i przygotować inne urządzenia do współpracy z GPS – np. komputer, nośniki danych etc.

4.4. Wykonanie pomiaru

Pomiary wykonuje się poprzez przemieszczanie odbiornika GPS, dokładnie wzdłuż granicy działki. Pojedynczy operator wykonuje w jednym przejściu czterokrotny pomiar działki, zmieniając każdorazowo kierunek poruszania się. Ustala się schemat poruszania: pierwszy pomiar wykonuje się, idąc w prawo, drugi pomiar wykonuje się, idąc w kierunku przeciwnym (w lewo), trzeci w prawo i czwarty w lewo. Pomiary te wykonywane są bezpośrednio jeden po drugim, z minimalną przerwą czasową, niezbędną do przygotowania odbiornika GPS do nowego pomiaru. Tak wykonane pomiary, stanowią pojedynczy *set* pomiarowy (klasę).

Walidacji poddawane mogą być bardzo różne zestawy pomiarowe, często wyposażone w dodatkowe narzędzia, służące zwiększeniu dokładności pomiaru. Pomiar walidacyjny może być więc wykonany, np. odbiornikiem z zainstalowaną dodatkową anteną zewnętrzną albo w trybie tzw. „postprocessingu”. W związku z tym, wskazówki zawarte w procedurach stosuje się w odniesieniu do możliwości konkretnego zestawu pomiarowego, z uwzględnieniem sposobu jego przyszłego użytkowania oraz instrukcją obsługi. Ogólnie pomiary mogą być wykonywane dwiema podstawowymi metodami:

1. Metoda ciągła

Pomiar polega na ciągłym poruszaniu się wzdłuż granicy działki:

- Pomiar w trybie ciągłej pracy odbiornika GPS.
- Stać na punkcie startowym pomiaru, uruchomić pomiar.
- Odbiornik/antena jest przemieszczany dokładnie nad wyznaczoną granicą działki.
- Odbiornik trzymany jest w dłoni, w odległości naturalnie wyciągniętej ręki, wspartej na biodrze (ok. 50 cm od ciała), na wysokości pasa (ok. 1-1,2 m).
- Operator porusza się wzdłuż wyznaczonej granicy działki niezbyt szybkim, równym krokiem, w jednostajnym tempie z prędkością ok. 2-4 km/h (0,55 do 1,1 m/s).
- Na załamaniach granicy, operator zatrzymuje się na okres równy minimalnemu ustawionemu interwałowi pomiaru.
- W trakcie pomiaru operator obserwuje wyświetlacz urządzenia GPS, monitorując warunki pomiaru.
- Pomiar kończy się dokładnie w miejscu rozpoczęcia, zapisaniem w pamięci urządzenia danych pomiarowych, w tym kompletnego zapisu tzw. śladu.

2. Metoda na punktach

W odróżnieniu od poprzedniej metody, tu pomiar wykonywany jest tylko na wyznaczonych punktach pomiarowych:

- Pomiar przeprowadza się na wyznaczonych wcześniej i jednoznacznie oznakowanych punktach na granicy działki referencyjnej.
- Rozkład punktów pomiarowych jest zgodny z punktami oznakowania granicy działki, wyznaczonymi zgodnie z procedurami.
- Odbiornik/antena umieszczany jest dokładnie nad punktem pomiarowym.
- Odbiornik trzymany jest w dłoni, w odległości naturalnie wyciągniętej ręki, wspartej na biodrze (ok. 50 cm od ciała), na wysokości pasa (ok. 1-1,2 m).
- Stać na pierwszym punkcie pomiarowym.
- Uruchomić pomiar, pozostać w bezruchu na punkcie pomiarowym przez cały czas trwania pomiaru.

- Czas pomiaru na punkcie dobrać tak, by zapewniał uzyskanie pięciu odczytów położenia punktu.
- Zapisać pomiar i wyłączyć rejestrację pomiaru, jeśli odbiornik oferuje taką funkcję.
- Szybkim krokiem, by zminimalizować czas między pomiarami, udać się do następnego punktu pomiarowego.
- Czynności pomiarowe powtórzyć na wszystkich wyznaczonych punktach.
- Ostatnim punktem pomiarowym jest początkowy (startowy) punkt. Pomiar kończy zapisaniem w pamięci urządzenia danych pomiarowych.

5. Procedura robocza – analiza danych i obliczenia

Procedura *Analiza danych i obliczenia* zawiera opisaną krok po kroku drogę przeprowadzania obliczeń. Zawarto w niej wszystkie niezbędne wzory i opisy. Obliczenia przeprowadza się w kolejności:

- Wstępna analiza danych – sprawdzenie błędów grubych. W punkcie tym sprawdzane jest, czy nie występują puste miejsca w formularzu danych, oraz czy nie występują widoczne bez obliczeń pomyłki.
- Analiza statystyczna – testy statystyczne. W punkcie tym opisany został schemat przeprowadzania testów statystycznych, wg schematu [22] oraz podane zostały wzory obliczeniowe i sposób interpretacji wyników testów statystycznych, zgodnie z normami [25].
- Analiza wariancji (ANOVA). Dla każdej działki należy przeprowadzić jedno-czynnikową analizę wariancji, gdzie czynnikami grupującymi dla analizy są:
 - kierunek pomiaru: zgodnie z kierunkiem obrotu wskazówek zegara, przeciwnie do obrotu wskazówek zegara,
 - dzień pomiaru: dzień nr 1, dzień nr 2, dzień nr 3,
 - operator wykonujący pomiary: operator nr 1, operator nr 2, operator nr 3.
- Obliczenie i sprawdzenie *biasu*. Dla każdej działki należy obliczyć różnicę pomiędzy zmierzoną wartością wielkości powierzchni, a wartością referencyjną oraz sprawdzić istotność tej różnicy, wykonując test t-Studenta.
- Obliczenie wariancji i bufora. Punkt opisuje przeprowadzenie obliczeń zgodnie ze wzorami z norm [25].

6. Porównanie Protokołu walidacji i procedur

W celu zestawienia różnic pomiędzy wytycznymi tworzącymi Protokół walidacji a opracowaną metodą pomiarową, sporządzono tabelaryczne zestawienie porównawcze cech i informacji zawartych w obu dokumentach (tabela nr 1).

Tabela 1. Zestawienie i porównanie cech Protokołu walidacji i procedur pomiarowych

| Cecha | Protokół | Procedury |
|---|----------|-----------|
| Spójna forma organizacji i prezentacji informacji | — | Tak |
| Całościowy schemat postępowania | — | Tak |
| Analiza zlecenia | — | Tak |
| Dobór personelu, ilość operatorów | — | Tak |
| Szkolenie personelu | — | Tak |
| Zachowanie operatorów w trakcie pomiarów | — | Tak |
| Opis dokumentacji pomiarowej | — | Tak |
| Formularze z wynikami pomiarów | Tak | Tak |
| Dokumentacja fotograficzna | Tak | Tak |
| Sposób archiwizacji wyników pomiarowych | — | Tak |
| Minimalna zawartość sprawozdania | Tak | Tak |
| Szczegółowy opis sprawozdania | — | Tak |
| Opis certyfikatu (zaświadczenia) | — | Tak |
| Ilość pól testowych | Min | Tak |
| Parametry pól testowych | Tak | Tak |
| Przysłonięcie horyzontu | Min | Min |
| Oznakowanie granic pól | Tak | Tak |
| Opis pomiaru referencyjnego | — | Tak |
| Dokładność pomiaru referencyjnego | Min | Tak |
| Niepewność danych referencyjnych | — | Tak |
| Czas pomiaru walidacyjnego | Tak | Tak |
| Warunki atmosferyczne | — | Tak |
| Ograniczenia urządzeń GNSS | — | Tak |
| Minimalne nastawy urządzeń GNSS | Min | Tak |
| Opis metody pomiaru ciągłego | — | Tak |
| Opis metody pomiaru na punktach | — | Tak |
| Ilość pomiarów i danych | Min | Tak |
| Opis wykonania testów statystycznych | Min | Tak |
| Opis analizy ANOVA | — | Tak |
| Opis obliczeń bufora | Min | Tak |
| Niepoprawne wyniki testów – postępowanie | — | Min |
| Kryteria powtórzenia pomiaru | — | Min |

„—” – nie występuje

„Tak” – występuje

„Min” – minimum informacji

7. Podsumowanie wdrożenia Protokołu walidacji

Ośrodek Badań Europejskich opublikował informacje, wskazujące jak przeprowadzana ma być walidacja urządzeń/zestawów pomiarowych GPS, wykorzystywanych w pomiarach kontrolnych wielkości powierzchni działek rolnych dla potrzeb systemu IACS – tzw. Protokół walidacji. Protokół ten nie stanowi pełnego przepisu na walidację, lecz zawiera pewne wytyczne, wartości czy rozwiązania zalecane, minimalne wymogi lub tylko przykładowe wartości. Opracowane informacje nie są gotowym algorytmem – metodą pomiarową, czy też metodą walidacji. Świadczy o tym zarówno zawartość merytoryczna, jak i forma, w jakiej Protokół walidacji jest udostępniony. Od strony merytorycznej wytyczne nie zawierają wielu niezbędnych informacji, nie w pełni opisują wszystkie zagadnienia, a niektóre wręcz pomijają. Przykładem takiej luki są wyniki obliczeń zamieszczonych w rozdziale 5 w punktach 6.2. i 7., dla których brak jest wskazówek, co do dalszego postępowania. Od strony formy prezentacji i organizacji informacji, Protokół walidacji jest zbiorem, często niezależnych materiałów, zamieszczonych na stronach internetowych ośrodka JRC [20], lepiej lub gorzej połączonych między sobą za pomocą odnośników. W związku z tym, każde laboratorium przeprowadzające walidacje, zmuszone jest samodzielnie implementować wytyczne do własnych procedur, co może powodować i powoduje różnice w uzyskiwanych wynikach, tych samych typów urządzeń dla podobnych lub nawet tych samych warunków pomiarowych. Różnice pomiędzy procedurami pomiarowymi opracowanymi na potrzeby autorów publikacji, a Protokołem walidacji, pokazane zostały w tabeli 1. Oczywiście jest, że nawet w przypadku istnienia prawdziwej metody pomiarowej, opracowanej przez JRC, wystąpiłyby i tak pewne różnice pomiędzy poszczególnymi laboratoriami. Jednak ilość i jakość tych różnic nie byłaby duża, a mogłyby się zmniejszać, dzięki współpracy laboratoriów referencyjnych, np. w formie wspólnych badań międzylaboratoryjnych.

ROZDZIAŁ 5

WALIDACJA ODBIORNIKA GPS TRIMBLE PROXT BEACON

Przeprowadzone walidacje urządzeń GNSS są praktyczną realizacją opracowanej metody walidacji. Wyniki i doświadczenia nabyte w trakcie pomiarów pozwalają ocenić trafność przyjętych rozwiązań i założeń. W niniejszym rozdziale opisana została przykładowa walidacja, wykonana w grudniu 2010 w Niemczech, w okolicach Hanoveru. Wybór takiego miejsca pomiaru został dokonany zgodnie z zaleceniami unijnymi, czyli w rejonie przyszłego użytkownika walidowanego zestawu.

1. Zarys zlecenia

Walidacji został poddany zestaw pomiarowy GNSS, którego przeznaczeniem miało być wykonywanie pomiarów kontrolnych, w ramach prowadzonych w systemie IACS kontroli na miejscu. Na miejsce wykonania walidacji wybrany został rejon w okolicach miasta Hanover. Wybór takiej lokalizacji pomiarów podyktowany został poniższymi przesłankami:

- rejon planowanego przyszłego wykorzystania urządzenia,
- dostępność poprawek korekcyjnych systemu Beacon – planowane w przyszłości wykorzystywanie tego typu poprawek,
- dostępność terenów, umożliwiających wytyczenie reprezentatywnych dla rejonu pól testowych.

Wykonanie pomiaru walidacyjnego zaplanowano na grudzień. Termin ten spełniał wymogi klienta, umożliwiając nie tylko określenie wielkości bufora urządzenia, ale również potwierdzenie jego możliwości technicznych (odporności na trudne warunki atmosferyczne), co było zgodne z przeznaczeniem urządzenia i jego specyfikacją techniczną.

2. Zestaw pomiarowy

Pomiary walidacyjne przeprowadzono z użyciem trzech, identycznych co do specyfikacji technicznej i konfiguracji sprzętowej, zestawów pomiarowych. Dzięki jednoczesnemu wykorzystaniu trzech zestawów, możliwe było sprawne przeprowadzenie pomiaru oraz zwiększenie wiarygodności uzyskanych wyników. Zestawy nie były przypisane do operatorów, lecz każdego dnia następowała zmiana, dzięki czemu można było dodatkowo sprawdzić wpływ poszczególnych zestawów na pomiar. 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>).

Urządzenia wyposażone były w dodatkowe akcesoria, umożliwiające łatwe ich przymocowanie do ubrania operatora oraz ergonomiczną obsługę. Widok „uzbrojonego” zestawu przedstawia fotografia 4.

Rysunek 4. Operator z gotowym do pracy zestawem pomiarowym



Dla potrzeb pomiarów ustawiono parametry pracy urządzenia, z jakimi przewiduje się, że będzie w przyszłości eksploatowane:

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

3. Pola testowe

Na rysunku nr 5 zaprezentowane zostały wytyczone działki referencyjne. Zgodnie z wdrożonymi procedurami, przygotowano sześć pól testowych o różnych wielkościach, kształtach i różnym przysłonięciu granic. Wyznaczone działki uzyskały akceptację JRC w Isprze.

Rysunek 5. Szkic pól testowych w Hanowerze



Pola testowe zostały zlokalizowane na płaskim otwartym terenie, graniczącym z terenem zalesionym. Wybrany teren umożliwiał swobodne nadanie kształtu działkom oraz zapewniał operatorom łatwość poruszania się. Granice działek oznakowane zostały drewnianymi palikami, rozmieszczonymi na załamaniach granic oraz pomiędzy załamaniem w maksymalnej odległości 25 m od siebie – zwiększona odległość spowodowana była rozmiarami działek i porą roku (krótki okres dobrej widoczności). Dodatkowo, ze względu na panujące warunki atmosferyczne, miejsca z palikami zostały oznakowane kontrastowymi kolorami. Pomiar referencyjny wykonany został wcześniej przez zleceniodawcę z wykorzystaniem odbiornika GPS RTK. Wartości referencyjne wielkości powierzchni i długości obwodów działek, zestawione zostały w tabeli nr 2.

Tabela 2. ProXT – Powierzchnia i obwód działek referencyjnych

| Symbol działki | A | B | C | D | E | F |
|-----------------------------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|
| P. refer. [m ²] | 37027,79 | 5278,23 | 10355,21 | 5039,73 | 1573,43 | 7228,77 |
| Obwód [m] | 769,48 | 319,78 | 522,56 | 308,84 | 170,18 | 382,44 |

4. Pomiar walidacyjny

Zgodnie z przewidywanym sposobem wykorzystania sprawdzanego zestawu, pomiar walidacyjny wykonano metodą pomiaru na punktach (*vertexach*). Pomiar został wykonany na każdym oznakowanym punkcie granicy działki z pięciosekundowym czasem rejestracji. Zgodnie z procedurami, każda działka zmierzona została czterokrotnie, przez każdego z trzech operatorów w jednej sesji pomiarowej. Pomiary wykonane zostały w ciągu trzech dni, każdego dnia w innych godzinach – jedna sesja pomiarowa przypadła na jeden dzień. W sumie zebrano 216 wyników pomiarów wszystkich działek, których zestawienie przedstawia tabela nr 3 (formularz A).

Tabela 3. Formularz A: zestawienie danych pomiarowych

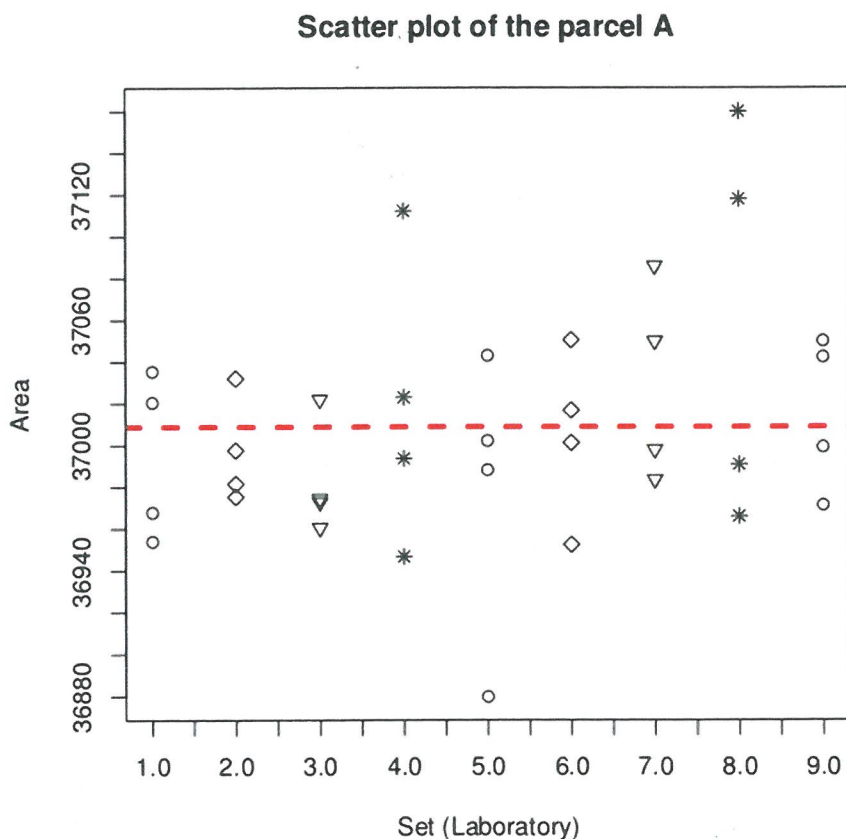
| klasa | A | B | C | D | E | F |
|-------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 | 37035,430 | 5274,660 | 10354,090 | 5023,180 | 1503,080 | 7190,940 |
| 1 | 37020,570 | 5278,860 | 10334,750 | 5018,890 | 1570,170 | 7251,910 |
| 1 | 36967,920 | 5268,880 | 10389,940 | 5026,500 | 1564,150 | 7141,670 |
| 1 | 36954,030 | 5283,210 | 10374,670 | 5055,770 | 1576,410 | 7157,210 |
| 2 | 36975,470 | 5255,980 | 10380,470 | 5034,220 | 1571,180 | 7197,390 |
| 2 | 36981,610 | 5270,400 | 10332,060 | 5057,820 | 1570,910 | 7153,020 |
| 2 | 37032,070 | 5274,900 | 10381,780 | 5034,810 | 1570,290 | 7167,740 |
| 2 | 36997,680 | 5262,500 | 10371,530 | 5026,930 | 1575,040 | 7180,780 |
| 3 | 37021,990 | 5270,290 | 10387,710 | 5021,850 | 1538,600 | 7216,900 |
| 3 | 36974,520 | 5271,210 | 10376,740 | 5019,290 | 1576,110 | 7165,460 |
| 3 | 36960,540 | 5270,110 | 10294,610 | 5015,980 | 1557,450 | 7147,980 |
| 3 | 36972,930 | 5253,310 | 10344,500 | 5010,830 | 1554,480 | 7153,580 |
| 4 | 36946,820 | 5244,170 | 10360,120 | 5049,740 | 1540,040 | 7162,240 |
| 4 | 36993,720 | 5309,710 | 10360,030 | 5056,270 | 1562,120 | 7183,150 |
| 4 | 37112,290 | 5250,680 | 10383,660 | 5044,710 | 1561,330 | 7106,670 |
| 4 | 37023,050 | 5287,080 | 10328,710 | 5062,300 | 1562,230 | 7182,660 |
| 5 | 36879,760 | 5234,470 | 10288,880 | 5044,540 | 1594,180 | 7225,260 |
| 5 | 37002,120 | 5288,890 | 10350,610 | 5053,060 | 1579,340 | 7222,460 |
| 5 | 37043,000 | 5256,830 | 10322,990 | 5046,220 | 1582,010 | 7187,720 |
| 5 | 36988,220 | 5265,120 | 10319,150 | 5031,110 | 1549,670 | 7225,750 |
| 6 | 37016,750 | 5281,870 | 10344,750 | 5023,110 | 1581,340 | 7130,830 |
| 6 | 36952,470 | 5256,350 | 10296,050 | 5028,470 | 1619,710 | 7136,160 |
| 6 | 37050,410 | 5282,740 | 10324,600 | 5028,310 | 1597,080 | 7217,230 |
| 6 | 37001,200 | 5253,770 | 10348,980 | 5023,780 | 1550,900 | 7243,190 |
| 7 | 37085,870 | 5258,190 | 10346,800 | 5050,000 | 1556,040 | 7211,760 |
| 7 | 36983,470 | 5270,180 | 10328,320 | 5040,280 | 1558,860 | 7213,290 |
| 7 | 37049,780 | 5252,660 | 10344,820 | 5038,930 | 1569,710 | 7235,760 |
| 7 | 36997,860 | 5259,730 | 10337,920 | 5026,630 | 1568,170 | 7147,880 |
| 8 | 37117,910 | 5299,660 | 10383,740 | 5037,940 | 1551,750 | 7154,440 |
| 8 | 37159,930 | 5268,520 | 10348,610 | 5039,430 | 1545,360 | 7163,400 |
| 8 | 36990,880 | 5270,600 | 10373,190 | 5039,110 | 1557,290 | 7095,000 |
| 8 | 36965,990 | 5266,270 | 10358,860 | 5049,020 | 1564,400 | 7253,570 |
| 9 | 36999,230 | 5258,840 | 10330,190 | 5041,870 | 1521,040 | 7162,070 |
| 9 | 36971,380 | 5272,130 | 10353,690 | 5010,230 | 1561,080 | 7166,260 |
| 9 | 37042,310 | 5259,520 | 10363,460 | 5039,010 | 1562,650 | 7166,860 |
| 9 | 37049,980 | 5288,980 | 10354,690 | 5023,790 | 1544,010 | 7209,480 |

5. Obliczenia

Wyniki zestawione w tabeli 3, zostały poddane zgrubnej, wizualnej analizie i sprawdzeniu, w wyniku czego usunięte zostały nieliczne błędy, powstałe w trakcie przepisywania wyników. Na tym etapie nie stwierdzono innych błędów grupowych. Dla danych tych wykonane zostały obliczenia podstawowych statystyk:

- wartości średnie w klasach,
- wartości odchylenia standardowego w klasach,
- wykresy wizualizujące zebrane wyniki: wykresy rozrzutu wyników, wykresy obliczonych statystyk podstawowych.

Rysunek 6. Przykładowy wykres rozrzutu dla działki A



5.1. Analiza statystyczna

Zebrane wyniki pomiarów (tabela 3), zostały poddane analizie statystycznej. Zgodnie ze schematem analizy (rys. 2), zostały wykonane kolejne testy statystyczne. Poniżej, w kolejnych tabelach, przedstawiono wyniki obliczeń wraz z ich krótkim komentarzem. Wyniki testów podlegają ocenie, zależnie od testu i jego kryteriów, i mogą zostać sklasyfikowane jako:

- **correct** – oznacza poprawny wynik,
- **no outlier** – oznacza, że wynik nie jest wartością odstającą,
- **outlier** – oznacza wartość odstającą,
- **straggler** – oznacza wartość podejrzaną.

Dane, dla których wyniki testów klasyfikowane są jako *outlier*, są usuwane i nie biorą udziału w obliczeniach wartości bufora.

1. Test Cochrana

Test Cochrana jest pierwszym obligatoryjnym testem, który sprawdza, czy ekstremalna wartość odchylenia standardowego nie jest wartością „odstającą” lub „podejrzaną”. Wartość statystyki Cochrana, oceniana jest w oparciu o tabelaryzowane wartości kryterialne dla założonych progów istotności. Wyniki testu Cochrana 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 Cochrana nie wykazał żadnych wartości „odstających” lub „podejrzanych” – żaden wynik testu nie przekroczył wartości progu 5%. Rezultaty testu zawarto w tabeli 4.

Tabela 4. Wyniki testu Cochrana

| Symbol działki | A | B | C | D | E | F |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Wynik testu | 0.3339 | 0.4003 | 0.3411 | 0.2900 | 0.3610 | 0.2890 |
| Próg dla 5% | 0.403 | 0.403 | 0.403 | 0.403 | 0.403 | 0.403 |
| Próg dla 1% | 0.481 | 0.481 | 0.481 | 0.481 | 0.481 | 0.481 |
| Nr klasy | 8 | 4 | 3 | 1 | 1 | 8 |
| Klasyfikacja | correct | correct | correct | correct | correct | correct |

2. Test Grubbsa wewnątrz klas

Zgodnie ze schematem przeprowadzania testów statystycznych, w przypadku gdy w teście Cochrana nie została wykryta 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.

3. Test Grubbsa dla pojedynczej wartości ekstremalnej

Następnym etapem testowania jest wykonanie testu Grubbsa dla pojedynczej wartości ekstremalnej, dla wartości średnich obliczonych z wyników w klasach. Test ten sprawdza, czy skrajna wartość średniej nie jest wartością odstającą. Wyniki przeprowadzonego testu pokazuje tabela 5. Zgodnie z przyjętą klasyfikacją, w teście tym nie zostały wykryte żadne wartości odstające, w związku z czym, nie usunięto żadnych danych.

Tabela 5. Wyniki testu Grubbsa dla pojedynczej wartości średniej

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Wynik testu | 1.9836 | 1.4396 | 1.7372 | 1.6992 | 1.8760 | 1.9170 |
| Próg dla 5% | 2.215 | 2.215 | 2.215 | 2.215 | 2.215 | 2.215 |
| Próg dla 1% | 2.387 | 2.387 | 2.387 | 2.387 | 2.387 | 2.387 |
| Nr klasy | 8 | 7 | 5 | 3 | 6 | 5 |
| Klasyfikacja | no out. | no out. | no out. | no out. | no out. | no out. |

no out. – oznacza *no outlier*

4. Test Grubbsa dla dwóch, ekstremalnych wartości średnich

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 dwóch wartości ekstremalnych. Test ten sprawdza, czy dwie skrajne wartości średnie w klasach, nie są jednocześnie wartościami odstającymi. Wyniki testu zawiera tabela 6.

Tabela 6. Wyniki testu Grubbsa dla dwóch odstających wartości średnich

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Wynik testu | 0.2863 | 0.4181 | 0.2701 | 0.4251 | 0.2772 | 0.1968 |
| Próg dla 5% | 0.0851 | 0.0851 | 0.0851 | 0.0851 | 0.0851 | 0.0851 |
| Próg dla 1% | 0.1492 | 0.1492 | 0.1492 | 0.1492 | 0.1492 | 0.1492 |
| Klasyfikacja | no out. | no out. | no out. | no out. | no out. | no out. |

no out. – oznacza *no outlier*

Przeglądając wyniki w powyższej tabeli, warto zwrócić uwagę na fakt, że uległ zmianie sposób oceny wyników obliczeń statystyki – wynik *no outlier* występuje wtedy, gdy wartość obliczonej statystyki jest większa od wartości kryterialnej progu 1%. Dla wszystkich działek wynik tego testu jest pozytywny.

W wytycznych ośrodka JRC, w schemacie testów statystycznych przyjęto zasadę, że we wszystkich testach Grubbsa wyniki obliczonych statystyk są klasyfikowane zerojedynkowo tzn., że albo są wartości odstające, albo nie występują wartości odstające. Wynik testu w postaci *no outlier* 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 niepowodujące usuwania tych danych – stąd w schemacie testów, jak i w prezentowanych wynikach, występuje klasyfikacja typu *outlier – no outlier*. Jest to różnica w stosunku do testu Cochra, w którym klasyfikacja oparta jest o trzy możliwości: *outlier, straggler, correct*. Po przeprowadzonych testach dla walidowanego zestawu, nie usunięto żadnego pojedynczego wyniku pomiaru ani żadnej klasy pomiarowej (4 wyników). 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.

6. Obliczenia klasy dokładności (bufora)

Dla każdej działki obliczane są wielkości, charakteryzujące precyzję pomiaru:

s_{Rj}^2 – wariancja odtwarzalności (s_{Rj} – odchylenie standardowe odtwarzalności),

s_{rj}^2 – wariancja powtarzalności,

s_{Lj}^2 – wariancja międzylaboratoryjna.

Zwraca uwagę zmiana oznaczeń używanych wcześniej we wzorach 4.2. Zgodnie z zaleceniami normy, symbol σ oznaczający wartość prawdziwą, zastąpiony został literą s , która oznacza obliczone wartości przybliżone: s jest tzw. estymatorem σ .

Tabela 7. Zestawienie obliczeń wariancji

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| $s_{rj}^2 (m^4)$ | 2989.1144 | 266.0145 | 568.1160 | 107.4978 | 354.7339 | 1646.3787 |
| $s_{Lj}^2 (m^4)$ | -116.6761 | -97.5288 | 135.0473 | 90.3742 | 78.4375 | -97.5288 |
| $s_{Rj}^2 (m^4)$ | 2989.1144 | 266.0145 | 703.1633 | 197.8720 | 433.1714 | 1646.378 |
| $s_{Rj} (m^2)$ | 54,6728 | 16,3100 | 26,5172 | 14.0667 | 20,8128 | 40,5756 |

Wariancja s_{Rj}^2 używana jest do obliczenia podstawowej wielkości, charakteryzującej walidowany zestaw tzw. bufora B . Wielkość bufora obliczana jest niezależnie dla każdej działki, poprzez podzielenie odchylenia standardowego powtarzalności s_{Rj} przez obwód działki Ob zgodnie ze wzorem 4.2.

Tabela 8. Zestawienie wartości bufora B

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $s_{Rj} (m^2)$ | 54,6728 | 16,3100 | 26,5172 | 14.0667 | 20,8128 | 40,5756 |
| $Ob (m)$ | 769,48 | 319,78 | 522,56 | 308,84 | 170,18 | 382,44 |
| Bufor $B(m)$ | 0,1989 | 0,1428 | 0,1421 | 0,1275 | 0,3424 | 0,2971 |

6.1. Sprawdzenie zależności bufora od wielkości powierzchni działki

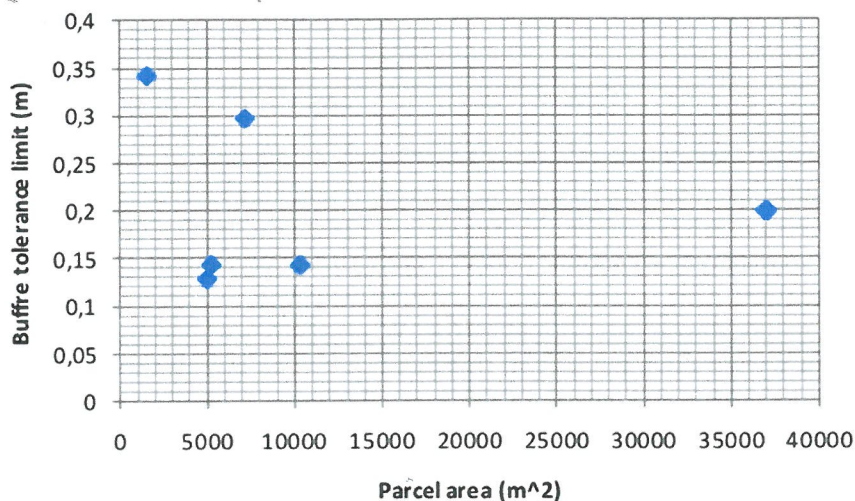
Rysunek nr 7 przedstawia wykres obrazujący rozkład wartości bufora dla poszczególnych działek, w zależności od wielkości ich powierzchni. Na wykresie punkty rozkładają się przypadkowo – nie można stwierdzić, że wielkość bufora rośnie lub maleje ze wzrostem wielkości powierzchni. Wykres nie przedstawia zależności liniowej, jak również nie jest zauważalna inna relacja. Oznacza to niezależność bufora od wielkości zmierzonej powierzchni działki, a to z kolei umożliwi użycie jednej wartości – średniej arytmetycznej do scharakteryzowania walidowanego zestawu pomiarowego. Ostatecznie obliczona wartość bufora dla wszystkich działek referencyjnych wynosi:

$$B = 0,21 \text{ [m]}$$

Na podstawie obliczonej wartości B , zestaw pomiarowy został przydzielony do klasy dokładności $\leq 0,5m$. Oznacza to, że bufor zestawu pomiarowego B_z , który wykorzystywany będzie w przyszłości do obliczania tolerancji pomiaru T , wynosi:

$$B_z = 0,5 \text{ [m]}$$

Rysunek 7. Wykres zależności bufora od wielkości powierzchni



6.2. Poprawność

Wartość bufora określa precyzję pomiaru, charakteryzującą rozrzut wyników pomiaru. Wskaźnik ten nie daje jednak informacji na temat dokładności pomiaru w sensie poprawności, czyli zgodności z wartością odniesienia. W celu sprawdzenia poprawności uzyskanego wyniku pomiaru powierzchni, badana jest wielkość różnicy pomiędzy średnią wartością zmierzona a wartością referencyjną. Sprawdzenia tego dokonuje się dla każdej działki indywidualnie. Istotność różnicy pomiędzy tymi wartościami zbadano, przeprowadzając test statystyczny t-Studenta.

Tabela 9. Zestawienie i ocena różnic wartości średnich, i referencyjnych wielkości powierzchni

| Symbol działki | A | B | C | D | E | F |
|------------------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
| P. refer. [m ²] | 7027.79 | 5278.23 | 10355.21 | 5039.73 | 1573.43 | 7228.77 |
| P. zmierz. [m ²] | 7008.87 | 5278.23 | 10349.32 | 5035.39 | 1563.00 | 7181.32 |
| Różnica [m ²] | 18.9244 | 9.5836 | 5.8858 | 4.3430 | 10.4250 | 47.4458 |
| Bł.względny [%] | 0,05 | 0,18 | 0,06 | 0,09 | 0,67 | 0,66 |
| Test Studenta | -2.1149 | -3.7370 | -1.3429 | -1.8898 | -3.0290 | -7.2140 |
| p-value | 0.0416 | 0.0007 | 0.1880 | 0.0671 | 0.0046 | 2.03e-08 |

W przypadku, gdy test t-Studenta wykaże, że różnica pomiędzy wartością odniesienia a wartością zmierzoną jest statystycznie istotna, mamy do czynienia z tzw. *biasem*, który mówi o istnieniu błędu systematycznego, czyli o niewystarczającej dokładności pomiarów dla przyjętego progu istotności (przyjmuje się 95% próg).

Analizując dane z tabeli 9, można zauważyć, że dla działek A, B, E, i F wartość *p-value* jest mniejsza od 0,05, co oznacza wystąpienie *biasu*. Jednakże, przed ostatecznym rozstrzygnięciem o poprawności pomiaru, należy dokładnie przyjrzeć się uzyskanym wynikom. 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 o bardzo małym rozrzucie ($B = 0,21$ m), kwalifikujące zestaw do najwyższej klasy dokładności ($\leq 0,5$ m'). Badane różnice dla wszystkich działek dają błędy względne, grubo poniżej 1%, co przy tego typu pomiarach jest wartością zadowalającą. Ponadto dodatkowo wykonano obliczenia sprawdzające (test t-Studenta) dla rozrzutu wyników, odpowiadającemu wartości progowej klasy dokładności zestawu, czyli dla bufora równego 0,5 m. Uzyskane wyniki testu nie wykazują, dla żadnej z działek, istnienia *biasu*. 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, a poprawność pomiaru jest poniżej klasy dokładności – poniżej 0,5 m.

7. Analiza wariancji ANOVA

Zgodnie z wytycznymi Protokołu walidacji, wykonano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA. Zestawienia wyników zawierają table 10, 11 i 12. Zawarte w tych tabelach wyniki obliczeń, uwidaczniają wpływ operatora na uzyskane wyniki dla działki D. Informacja ta jednak nie mówi nic o osobie operatora. W celu sprawdzenia, który z operatorów jest przyczyną zaobserwowanej zmienności, wykonany został test Tuckeya. Wyniki tego testu zawiera tabela 13.

Tabela 10. Anova – czynnik 'Dzień'

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| test | 2.31760 | 0.04318 | 3.01585 | 2.57901 | 2.71433 | 0.12448 |
| p-value | 0.11433 | 0.95779 | 0.06267 | 0.09106 | 0.08103 | 0.12448 |

Tabela 11. Anova – czynnik 'Kierunek'

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| test | 1.10221 | 2.43396 | 0.73654 | 0.00533 | 0.77979 | 1.53083 |
| p-value | 0.30119 | 0.12799 | 0.39678 | 0.94221 | 0.38341 | 0.22446 |

Tabela 12. Anova – czynnik 'Operator'

| Działka | A | B | C | D | E | F |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| test | 0.18659 | 0.05279 | 0.48351 | 9.21613 | 0.69098 | 0.15886 |
| p-value | 0.83065 | 0.94866 | 0.62091 | 0.00066 | 0.50816 | 0.85377 |

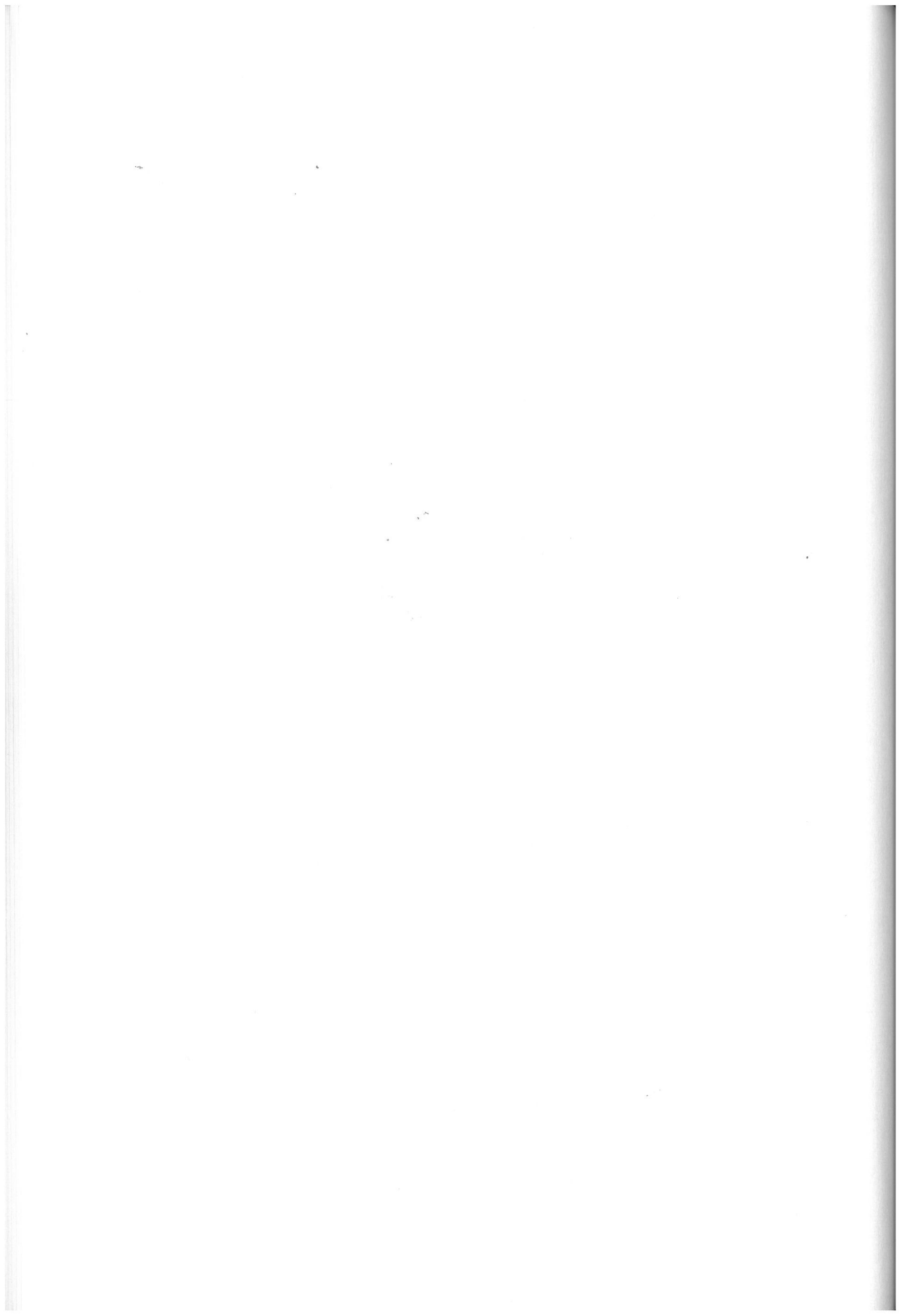
Tabela 13. Test Tukey-a

| | Operator 2 – 1 | Operator 3 – 1 | Operator 3 – 2 |
|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| różnica p-value | 0.08416667 0.999818896 | -17.22333333 0.002145023 | -17.30750000 0.002041158 |

Rezultat tego testu wskazuje, że na wyniki pomiarów działki D miał istotny wpływ operator nr 3. Analizując wcześniej uzyskane wyniki dla działki D, można stwierdzić, że nie odstają one od wyników dla innych działek. Ponadto wyniki innych testów dla tej działki są pozytywne, a wielkość bufora nie wpływa w żaden sposób na ostateczny wynik. Można zatem, bez straty dla jakości walidacji, pominąć wyniki analizy ANOVA.

8. Podsumowanie walidacji odbiornika GPS Trimble ProXT Beacon

Procesowi walidacji poddany został zestaw pomiarowy GeoXT z odbiornikiem poprawek Bacon. Pomiaru walidacyjne przeprowadzono w rejonie przyszłego użytkowania zestawu. Przez trzy dni pomiarowe, zmierzonych zostało sześć różnych działek. Z pomiarów uzyskano w sumie 216 wyników pomiarowych wielkości powierzchni. Dane te poddano analizie statystycznej, w wyniku której nie zostały usunięte żadne dane pomiarowe. Uzyskano średni bufor dla walidowanego zestawu $B = 0,21$ m, który to wynik klasyfikuje walidowany zestaw do najwyższej klasy dokładności określonej jako ' $\leq 0,5$ m', czyli $B_z = 0,5$ m. Uzyskana dokładność walidowanego zestawu, z maksymalnym błędem względnym równym 0,67%, jest wynikiem bardzo dobrym dla celów, do jakich przewidziany jest badany zestaw.



ROZDZIAŁ 6

PRAKTYCZNE ZAGADNIENIA WALIDACJI

Wdrażanie Protokołu walidacji, przejście procedury uzyskiwania statusu laboratorium referencyjnego, a przede wszystkim praktyka w postaci przeprowadzonych walidacji, zaowocowały licznymi doświadczeniami autorów. Być może najcenniejsze doświadczenia to te, wynikające z pokonywania mniejszych lub większych problemów, zarówno czysto fizycznych, związanych z wyborem pewnej drogi postępowania, jak i problemów natury merytorycznej, związanej z rozwiązaniami zawartymi w wytycznych walidacyjnych. Niniejszy rozdział zawiera opis własnych spostrzeżeń, uwag i doświadczeń z praktycznej realizacji walidacji, a w szczególności stanowi opis spostrzeżeń z pracy z opracowanymi procedurami. W rozdziale zamieszczono informacje o doborze personelu, projektowaniu pól testowych, wykonywaniu części analitycznej walidacji, a pominięto elementy ogólne, związane np. z obsługą klienta, systemem jakości etc.

1. Pola testowe (działki referencyjne)

Zgodnie z zapisami procedur pomiarowych (stosowanych przez autorów) do procesu walidacji, standardowo przygotowywanych jest sześć działek. Działki są zróżnicowane pod względem wielkości powierzchni, kształtu oraz przysłonięcia horyzontu. Miejsce walidacji, powinno odpowiadać miejscu przyszłego użytkownika odbiornika (region, kraj), a wybrane działki powinny być reprezentatywne. Projekt działek referencyjnych wykonywany jest zgodnie ze wzorem zawartym w wytycznych JRC.

W praktyce przy projektowaniu pól testowych, aby spełnić wymogi reprezentatywności, konieczne jest dysponowanie informacją, dotyczącą lokalnych warunkowań. Pomocne na tym etapie może być, np. uczestnictwo osoby miejscowej, zaznajomionej zarówno z wymogami systemu IACS, jak i znającej lokalne wa-

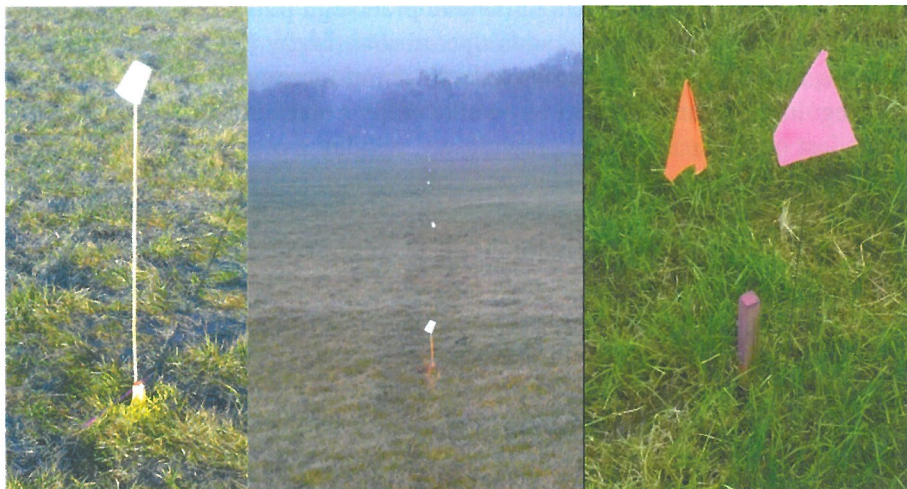
runki. Mimo to spełnienie tego wymogu dla dużego i niejednorodnego obszaru, takiego, jak np. terytorium całego kraju nie jest łatwe, a dla państw terytorialnie większych i zróżnicowanych, może być niemożliwe.

Istotny jest również wybór konkretnego miejsca, które powinno zapewniać nie tylko odpowiednie warunki pomiaru, ale również komfort ich wykonywania. W tym kontekście, uwzględnia się możliwość występowania bardzo różnych czynników, zakłócających pomiar. Zwracać uwagę należy na występowanie w pobliżu miejsca pomiarów, źródeł emitujących silne pola elektromagnetyczne, jak np. zakłady przemysłowe czy lotniska. Przeszkodami w pomiarze okazuje się fizyczne ograniczenie dostępu do sygnału GPS, powodowane przez wysoką zabudowę lub wysoką i gęstą roślinność (tereny zalesione). Położenie działek referencyjnych ma duży wpływ na ich późniejszą „eksploatację” pomiarową. Jest to związane z utrzymaniem wytyczonych działek, we właściwym stanie „technicznym” w czasie pomiarów. Miejsca publiczne, licznie odwiedzane, np. miejsca stanowiące bazę wypoczynkową dla miejscowej ludności, są terenami, z jednej strony bardzo ułatwiającymi organizację walidacji (łatwy dojazd, brak przeszkód terenowych, uporządkowany teren), a z drugiej strony trudnymi do wykonywania pomiarów walidacyjnych. Dzieje się tak z powodu na pozór dość błahych przyczyn, które jednak mogą nie pozwolić na prawidłowy pomiar. Pomiar walidacyjny trwa bowiem w optymalnych warunkach od dwóch do trzech dni. W tym relatywnie długim czasie zdarzają się różne zachowania ludzi, powodowane zaciekawieniem, a czasem nawet niechęcią. Oprócz zwykłego „wybijania z rytmu” operatorów, przerywania pomiarów, prowadzenia rozmów i tym podobnych w sumie drobnych utrudnień, dochodzi też do aktów dewastacji punktów pomiarowych. Sytuacja taka powodować może zarówno błędy pomiarowe operatorów, jak i błędy wynikające ze zmian granic działek. Zdarza się również konflikt z innymi użytkownikami terenu, którzy w tym samym czasie organizują, np. tzw. imprezę na świeżym powietrzu, zajmując pod swoją działalność akurat teren, na którym wytyczone jest pole testowe.

W miejscach, które znajdują się poza terenami często odwiedzanymi przez ludność, spotkać się można z innymi sytuacjami utrudniającymi pomiar. Tereny te są nieuporządkowane, nierówne, trudne do dobrego wytyczenia i oznakowania przebiegu granic pól testowych. Poruszanie się operatora w takich warunkach jest utrudnione, pojawia się ryzyko upadku i uszkodzenia urządzenia. Operator koncentruje się na poruszaniu się i utrzymywaniu równowagi, zamiast na wykonywaniu pomiaru. Wytyczanie, pomiar referencyjny i walidacyjny w takim terenie przebiega dużo dłużej, a uzyskane wyniki mogą być niższej jakości, o dużej wariancji. Zgodnie z wytycznymi JRC, tereny tego typu nie nadają się do przeprowadzania walidacji urządzeń GNSS. Wpływ na wybór miejsca pomiaru mogą mieć czynniki, takie, jak np. dostępność określonego typu poprawek dla systemu GPS (poprawki BEACON, EUPOS itp.), co podyktowane jest przewidywanym sposobem użytkowania danego zestawu.

Kolejnym istotnym elementem jest fizyczne wytyczenie i oznakowanie działek referencyjnych. Spełnienie w tym zakresie wymogów procedur pomiarowych to absolutne minimum. Bywa, że konieczne jest dodatkowe znakowanie przebiegu granic działek, w celu poprawy ich widoczności – co pokazuje zdjęcie nr 8. Przed każdym dniem pomiarowym, jak również w trakcie wykonywania pomiarów, dokonywane jest sprawdzanie oznakowania granic i w razie potrzeby jego poprawianie. Zdarza się, że konieczne jest uzupełnienie, czy wręcz odtworzenie oznakowania granicy. Konieczność taka wynikać może zarówno z normalnych ubytków i normalnego zużywania się oznakowania, zachodzącego w trakcie pomiarów, jak również z przyczyn zewnętrznych, takich jak warunki atmosferyczne, czy działalności ludności postronnej. Opady atmosferyczne mogą znacznie pogorszyć identyfikację granicy działek. I choć zwykle, nie przeprowadza się pomiarów ani walidacji w takich warunkach, to w wyjątkowych sytuacjach może się to zdarzyć. Zdarza się też, że w celu uniknięcia pomyłki, wykonywane jest dodatkowe oznakowanie (nie stanowiące punktów pomiarowych) działek o blisko siebie leżących lub nachodzących na siebie granicach. Jak widać z powyższych rozważań, oznakowanie przebiegu granic działek powinno być trwałe i zarazem powinno być łatwo usuwalne po zakończonych pomiarach. Znaczniki nie mogą trwale naruszać otoczenia.

Rysunek 8. Przykład oznakowania granicy pola testowego



Jak widać, wybór, zaprojektowanie i wytyczenie pól testowych, zapewnienie spełnienia wymogów procedur, zapewnienie właściwych warunków pomiarowych, a także uwzględnienie dodatkowych wymagań, jest zadaniem wymagającym godzenia różnych, często sprzecznych wymogów. Od właściwego wykona-

nia tej części walidacji w dużej mierze zależy jakość i przydatność uzyskanych wyników. Mogłoby się wydawać, że idealnym rozwiązaniem jest posiadanie na stałe wyznaczonych pól testowych, charakterystycznych dla danego rejonu. Jest to jednak przedsięwzięcie trudne do zrealizowania i prawdopodobnie mało praktyczne. Stałe pola testowe musiałyby być bowiem, utrzymywane nie przez laboratoria, które wykonują usługi w różnych rejonach, ale przez jakies jednostki regionalne, np. agendy rządowe czy samorządowe z danego regionu. Ponadto, biorąc pod uwagę szybki postęp technologiczny, powodujący ciągły wzrost dokładności urządzeń GNSS oraz możliwość pojawiania się nowych urządzeń i technik pomiaru, konieczne będzie przeprowadzenie zmian w protokole walidacji, a może nawet opracowanie zupełnie innych metod sprawdzania.

2. Ekipa pomiarowa

Dobór ekipy pomiarowej jest kluczowym zagadnieniem dla uzyskiwania wysokiej jakości wyników oraz ich powtarzalności. Ekipa pomiarowa, zgodnie z procedurami stosowanymi przez autorów, w wersji podstawowej składa się z czterech osób. Jedna osoba pełni funkcję kierownika, a pozostałe osoby pełnią funkcję operatorów. Do zadań kierownika należy przygotowanie ekipy pomiarowej do walidacji, przygotowanie działek pomiarowych, wykonanie pomiaru referencyjnego, kierowanie i nadzorowanie przebiegu pomiarów, przygotowanie dokumentacji pomiarowej. Do zadań operatorów należy fizyczne wykonywanie pomiarów, zgodnie z procedurami i wskazówkami kierownika.

Sz szczególnie istotna jest rola kierownika ekipy pomiarowej. Osoba pełniąca tę funkcję, jest odpowiedzialna za prawidłowy, zgodny z procedurami przebieg pomiaru. Ważną rzeczą jest to, że kierownik ekipy pomiarowej nie wykonuje pomiarów walidacyjnych. Jest on natomiast odpowiedzialny za ich przebieg i realizację. Musi on, więc szczegółowo zaznajomić się z zapisami procedur, właściwie zrozumieć cel pomiarów i sposób osiągnięcia tego celu. Jest to istotne szczególnie w kontekście tego, że pomiar walidacyjny nie jest typowym pomiarem geodezyjnym i zdarza się, że nie jest on prawidłowo rozumiany przez geodetów. Niezrozumienie walidacji prowadzi do wprowadzania zmian w procedurze pomiarowej, co może wpływać na otrzymywane wyniki. Kierownik ekipy pomiarowej, musi więc poznać zasady walidacji, umieć je przekazać operatorom oraz wyegzekwować w trakcie pomiaru. Pomimo powyższych zastrzeżeń, doświadczenie pokazuje, że na funkcję kierownika idealnie nadają się osoby z wykształceniem geodezyjnym, z praktyką pomiarową i znajomością obsługi różnych urządzeń pomiarowych. Kierownik ekipy pomiarowej przed pomiarem walidacyjnym wykonuje pomiar referencyjny. W pomiarze referencyjnym, jako pomocnicy, uczestniczą operatorzy. Celem uczestnictwa operatorów, poza pomocą w sprawnym przeprowa-

dzeniu pomiaru, jest ich dobre zaznajomienie się z przebiegiem granic działek. Kierownik pomiarów nie może natomiast udostępniać operatorom informacji o wielkościach mierzonych powierzchni – w celu wyeliminowania ewentualnego wpływu na wyniki późniejszego pomiaru walidacyjnego.

Zadaniem operatorów jest fizyczne wykonywanie pomiaru z użyciem walidowanego zestawu urządzeń GNSS. Pomiar walidacyjny polega na przejściu wzdłuż granic działek i wykonaniu rejestracji położenia punktów pomiarowych. Składa się on z trzech części, w której każda działka mierzona jest czterokrotnie przez każdego operatora. Każda sesja pomiarowa przewidziana jest do realizacji w czasie około 4-5 h. W jednej sesji każdy operator dokonuje pomiaru w sumie $6 \times 4 = 24$ działek. Wielkości działek mogą być różne w różnych walidacjach, ale gdyby założyć, że średni obwód działki to np. ok. 0,7 km, to każdy operator musi przejść w ciągu 1 sesji ok. 17 km, co oznacza średnią prędkość poruszania 3-4 km/h. Jak widać, pomiar walidacyjny nakłada na operatorów wymóg niemałej sprawności fizycznej. Oprócz tego pomiar musi być wykonywany zgodnie z procedurą, z którą operatorzy muszą się zapoznać. Duży wpływ na czas pomiaru, jak i na jakość wyników ma umiejętność obsługi urządzeń pomiarowych. Podobnie więc, jak w przypadku kierownika, dobrze jest jeśli operatorzy mają na co dzień styczność z jakimiś urządzeniami pomiarowymi, elektronicznymi itp., co powoduje, że opanowanie obsługi nowego zestawu, nie sprawia im problemu.

Podsumowując, chociaż pomiary w procesie walidacji nie odznaczają się szczególnym stopniem trudności i teoretycznie mogłyby być wykonywane przez dowolną osobę, to z praktyki autorów wynika, że dużo lepsze efekty osiąga się w przypadku osób, mających styczność zarówno z wykonywaniem pomiarów terenowych, jak i z technologią GNSS.

3. Dane pomiarowe

Walidację urządzeń GNSS, ze względu na charakter wykonywanych prac, można podzielić na dwie części. Część pierwsza obejmuje wszystkie czynności zmierzające do pozyskania danych, co w skrócie oznacza wytyczenie pól testowych oraz wykonywanie pomiarów (referencyjny i walidacyjny). Druga część to część analityczna, obejmująca przetwarzanie zebranych danych. Same dane pomiarowe, pozyskane w trakcie całego procesu walidacji, można również sklasyfikować w dwóch grupach.

Pierwszą grupę danych stanowią wyniki pomiarów wielkości powierzchni działek – zarówno wartości referencyjne, jak i te z pomiaru walidacyjnego. Dane te można by określić mianem danych „ilościowych”, gdyż są one bezpośrednio używane do dalszych obliczeń. Wyniki pomiarów są zapisywane do formularzy (kart pomiarowych) albo w trakcie pomiarów, albo bezpośrednio po ich zakoń-

czeniu. Moment zapisu danych do kart pomiarowych, zależy przede wszystkim od możliwości urządzenia, oraz od przebiegu samych pomiarów. Bieżący zapis danych daje kierownikowi możliwość kontrolowania poprawności wyników i natychmiastowej reakcji na ewentualne nieprawidłowości. Stąd też w procedurze pomiarowej zapisano, jako podstawowe zalecenie, rejestrowanie na bieżąco każdego uzyskanego wyniku. Ostatecznie zmierzone wielkości powierzchni działek zostają zebrane w tabeli. Dane z pomiaru referencyjnego umieszczane są w prostej, opracowanej przez autorów tabeli, która koresponduje z formularzem A. Dane z pomiaru walidacyjnego zapisywane są w tabeli, której wzór podają normy ISO serii 5725. Tabela taka zawiera standardowo, dla opracowanej przez autorów procedury, sześć kolumn oraz 36 wierszy. Każda kolumna odpowiada jednej działce referencyjnej. Wiersze podzielone są na dziewięć klas – każda klasa obejmuje cztery wiersze. Klasy rozdzielają dane w wierszach zgodnie z przeprowadzonymi sesjami pomiarowymi (klasa zawiera z reguły cztery wartości zmierzone). Tabela zaimplementowana w procedurze, jest zgodna ze wzorcem zawartym w normie [25]. Przyjęto taką formę zapisu danych, gdyż zdaniem autorów jest ona bardzo czytelna i pozwala na łatwe wykrycie tzw. błędów grubych, jak np. pomyłka przy wpisywaniu wyniku. Wyniki z obu tabeli (dane referencyjne i dane walidacyjne), stanowią komplet danych do przeprowadzenia dalszych obliczeń. Widok tabeli został pokazany w rozdziale 5 – tabela nr 3.

Drugą grupę danych, którą można by określić jako dane „jakościowe” lub metadane (opisujące w pewnym sensie jakość danych z grupy pierwszej), stanowią wszelkie informacje, opisujące warunki w trakcie wykonywania pomiaru walidacyjnego, jak np.: wskaźnik DOP, dokładność pomiaru położenia punktu, widoczność satelitów, wskaźnik naładowania baterii, warunki pogodowe itp. Informacje te są zapisywane w formularzu przez kierownika pomiarów i/lub automatycznie rejestrowane i zapisywane przez GPS do pliku, łącznie z informacją o współrzędnych zmierzonych punktów. Ilość udostępnianych przez urządzenia danych jest różna, zależna od producenta i klasy walidowanego zestawu. W trakcie pomiarów informacje o warunkach pomiaru są na bieżąco monitorowane zarówno przez kierownika ekipy, jak i samych operatorów. W przypadku, gdy jakaś wartość przekracza przyjętą wartość krytyczną, określoną przez procedurę lub uzgodnioną z klientem, fakt ten jest odnotowywany w karcie pomiarowej. Na podstawie tych zapisów, kierownik podejmuje decyzję, czy pomiar ma być przerwany, kontynuowany czy powtórzony.

Proces rejestracji danych i zapisu przebiegu pomiaru, jest istotnym czynnikiem wpływającym na ostateczny rezultat. Staranność na tym etapie skutkuje minimalizacją ilości błędów, decyduje o przyjęciu danych wartości do obliczeń, oraz daje możliwość prześledzenia historii pomiaru (co umożliwi wyjaśnienie ewen-

tualnych rozbieżności, błędów itp.). Dane pomiarowe są archiwizowane i przechowywane, zgodnie z wdrożoną procedurą, w formie papierowej lub papierowej i elektronicznej.

4. Część analityczna

Proces przeprowadzania analiz statystycznych i obliczeń dla walidacji urządzeń GNSS, jest stosunkowo żmudny i skomplikowany. Przyczyną tego stanu rzeczy jest oparcie części analitycznej walidacji na normach z serii ISO 5725. Obliczenia dla procesu walidacji przeprowadza się indywidualnie dla każdej działości, w kolejnych kilku etapach. W pierwszym etapie przeprowadzana jest analiza statystyczna danych pod kątem ich spójności i odrzucenia tzw. wartości odstających. Schemat testów statystycznych pokazano na rys. 2. W praktyce pomija się wykonanie pierwszego i ostatniego testu (test Mandela), których przeprowadzenie jest dobrowolne. Efektem wykonania testu Mandela, są ładnie wyglądające i ciekawe wykresy, które w zastosowanym schemacie, pełnią rolę narzędzi do wizualizacji danych. W związku z tym, że test ten nie wpływa na ilość danych, a jednocześnie przeprowadzenie go, generuje dużą ilość wykresów, nie jest on w praktyce stosowany.

Wykonywanie obliczeń statystycznych jest stosunkowo proste i szybkie, ale tylko dla spójnych danych, które charakteryzują się małymi rozrzutami zarówno w obrębie klas, jak i pomiędzy klasami. W takim przypadku przeprowadza się w sumie trzy testy: Cochra, Grubbsa dla pojedynczej wartości średniej i dla podwójnej wartości średniej. W przeciwnym przypadku przebieg pętli obliczeniowych komplikuje się, poszczególne testy mogą być powtarzane nawet kilka razy, jedne obliczenia są wykonywane, a inne nie, usuwane są pojedyncze wartości lub całe zestawy (*sety*). W przypadku danych o dużych wariancjach może dojść do sytuacji, w której usunięta zostanie tak duża ilość wyników, że nie będzie możliwości przeprowadzenia wszystkich testów statystycznych, a wyznaczanie bufora stanie się bardzo problematyczne. W takich przypadkach wydaje się niezbędne powtórzenie pomiaru walidacyjnego. Z doświadczeń autorów wynika jednak, że przy właściwie przeprowadzonych pomiarach, usuwane są tylko nieliczne pojedyncze wyniki, czasem całe *sety*, co nie wpływa znacząco na ostateczne wyniki. W przypadku wyników pomiarów o dobrej jakości, można powiedzieć, że na ogół przeprowadzane testy nie mają wpływu na przydzieloną urządzeniu wartość bufora.

Po przeprowadzeniu testów statystycznych, otrzymuje się zestaw danych przygotowany do dalszych obliczeń. W pierwszym kroku obliczane są wariancje i bufor dla poszczególnych działości. W porównaniu do schematu testów statystycznych, przebieg tych obliczeń jest prosty i nienastręczający trudności. Natomiast

pewne problemy pojawiają się czasem przy obliczeniach, sprawdzających poprawność oraz wpływ wybranych czynników na uzyskane wyniki (ANOVA). W przypadku poprawności zdarza się, że dla niektórych działek pojawia się błąd systematyczny – *bias*. W dotychczasowej praktyce autorów nie zdarzyło się, by *bias* był tak duży, aby wpływał na klasę dokładności urządzenia. Niemniej jednak, występowanie *biasu* komplikuje nieco ostateczną interpretację wyników, szczególnie, że Protokół walidacji nie zawiera żadnych wskazówek, co do trybu postępowania w takich przypadkach.

Podobna sytuacja ma miejsce przy wykonywaniu jednoczynnikowej analizy ANOVA. W większości wypadków odnotowuje się wyniki, które wskazują na istnienie, znaczącego statystycznie wpływu któregoś z badanych czynników na wyniki pomiarów. Najczęściej zdarza się uzyskać wynik, mówiący o wpływie któregoś z operatorów na wyniki dla pojedynczej działki. Czasem takim czynnikiem bywa też kierunek poruszania się w trakcie pomiarów, czy sam dzień pomiaru. Również w takich przypadkach, Protokół walidacji nie zawiera żadnych wskazań co do dalszego postępowania. Problem z interpretacją wyników jest taki, że w przypadku przeszkolonych operatorów, którzy wykonują pomiar nie pierwszy już raz, podejrzane wyniki pomiaru nie wpływają na ostateczny rezultat obliczeń: obliczenia przeprowadzone z uwzględnieniem takich danych, jak i po ich usunięciu, powodują przydzielenie urządzeniu bufora o tej samej wartości.

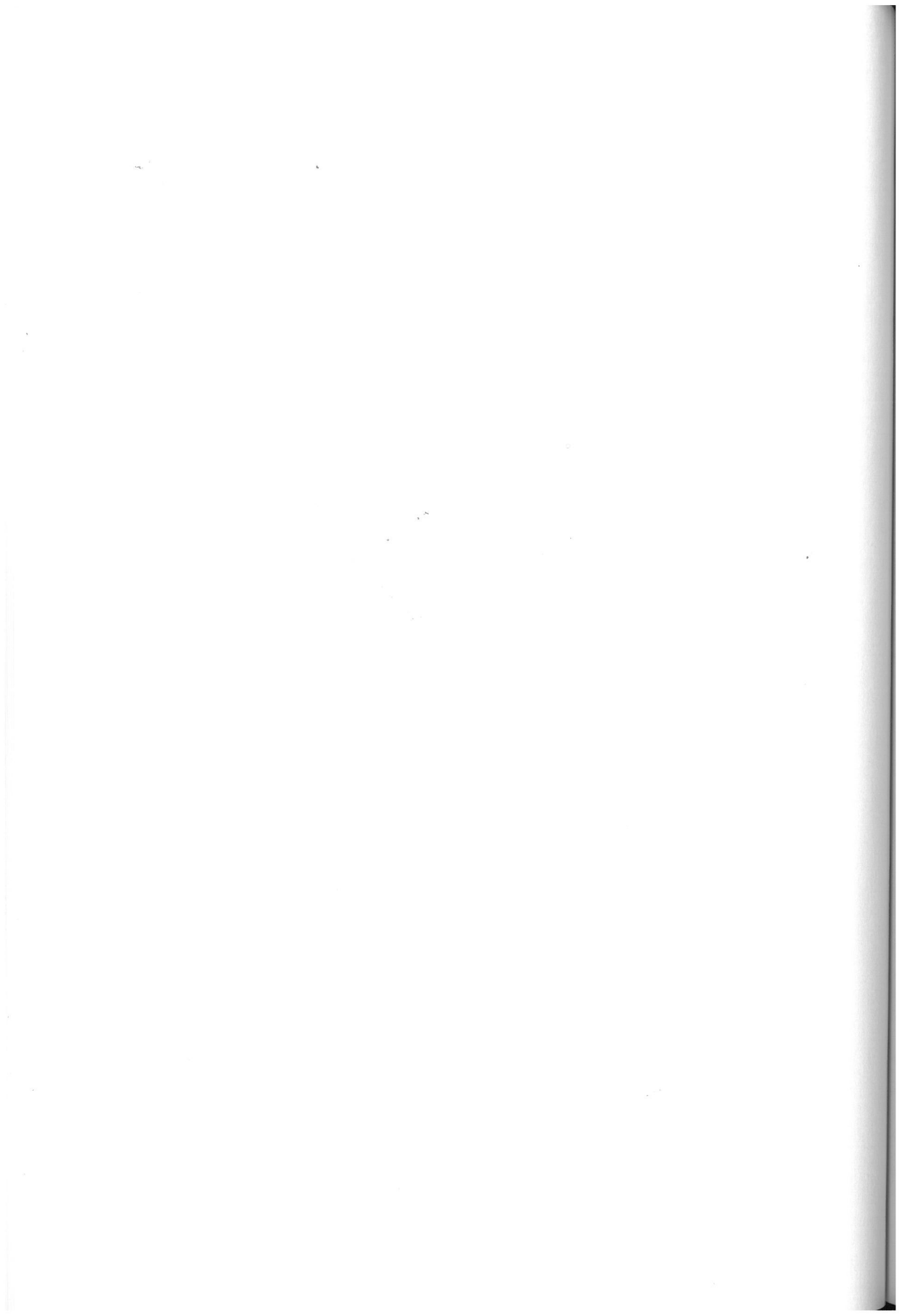
Z przeprowadzonej walidacji sporządzona zostaje dokumentacja pomiarowa oraz dwa dokumenty zewnętrzne (przekazywane klientowi): sprawozdanie (raport) i zaświadczenie (certyfikat). Sprawozdanie zawiera właściwie opis całego procesu: opis zestawu urządzeń, opis działek, informacje o metodzie pomiarowej, informacje o warunkach pomiaru i użytych nastawach urządzeń, dane tabelaryczne, zawierające wyniki kolejnych etapów obliczeń, wyniki końcowe i podsumowanie. Zaświadczenie natomiast jest rodzajem certyfikatu i stanowi niejako skrócony odpis ze sprawozdania, zawierając najistotniejsze informacje. Ma ono formę jednostronicowego dokumentu, którym klient może się w łatwy sposób posługiwać na co dzień.

5. Podsumowanie

W 2010 roku Stowarzyszenie Naukowe im. St. Staszica i firma DESS podjęły współpracę, w ramach której rozpoczęto pracę nad opracowaniem metody pomiarowej walidacji urządzeń GNSS. Metoda stanowić miała praktyczną aplikację wytycznych, opracowanych przez europejski ośrodek badawczy w Isprze (JRC) – tzw. Protokołu walidacji. Opracowane zostały spójne procedury pomiarowe, szczegółowo opisujące sposób przeprowadzania walidacji. Procedury opracowa-

ne zostały tak, by można je było wdrożyć do funkcjonującego w Stowarzyszeniu systemu kontroli jakości zgodnego z normą ISO 9001. Do chwili obecnej przeprowadzono osiem walidacji, różnych urządzeń GNSS, dla różnych klientów i w różnych rejonach Europy. Sama metoda walidacji została pozytywnie zweryfikowana przez ośrodek naukowy JRC, a Stowarzyszenie Naukowe im. St. Staszica przeszło pomyślnie proces akceptacji i zostało wpisane na listę tzw. laboratoriów referencyjnych. Na chwilę obecną lista ta zawiera tylko cztery laboratoria badawcze, w tym dwa z Polski. Status laboratorium referencyjnego można traktować jako oficjalne potwierdzenie kompetencji danego ośrodka do wykonywania walidacji urządzeń GNSS. Wykaz laboratoriów referencyjnych znajduje się na stronie internetowej JRC [14].

Przeprowadzony proces wdrażania wytycznych i weryfikacji kompetencji, owocował zebraniem licznych doświadczeń. Wiedza ta z jednej strony posłuży do doskonalenia procesu walidacji (doskonalenia zapisów procedur, wzrostu jakości pomiarów etc.), a z drugiej strony daje materiał do prac badawczych. Wykonane walidacje dają pogląd na opracowane przez JRC wytyczne. Pojawiły się pytania dotyczące wytycznych, przyjętych założeń, czy napotkanych trudności w realizacji procesu walidacji. Tematy te stanowią będą temat kolejnego rozdziału publikacji.



ROZDZIAŁ 7

WALIDACJA – DYSKUSJA ZAŁOŻEŃ I PRZYJĘTYCH ROZWIĄZAŃ

W niniejszym rozdziale zaprezentowane zostały problemy, spostrzeżenia i wątpliwości autorów, które pojawiły się w trakcie przeprowadzonych walidacji, jak i na wcześniejszym etapie opracowywania własnych procedur pomiarowych. Wydaje się, że niektóre elementy protokołu walidacji mogłyby zostać zmodyfikowane lub wręcz pominięte, bez uszczerbku dla idei walidacji, a cały proces mógłby być znacznie bardziej uproszczony i dzięki temu przystępny.

1. Artykuł 34. Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1122/2009 z dnia 30 listopada 2009 r. [27] – interpretacja i jej konsekwencje

Dyskusje zawarte w niniejszym rozdziale rozpoczynają się rozważaniami dotyczącymi różnych możliwości interpretacji zapisów artykułu 34, którego istotną dla dalszych rozważań część treści, przytoczono w rozdziale nr 1 *Tolerancja pomiaru*. Interpretacja zapisów rozporządzenia narzucać może bowiem określone podejście do zagadnień, będących przedmiotem tych regulacji, i tym samym wprowadzać różnego rodzaju ograniczenia i ramy dla wprowadzanych rozwiązań.

Wykonując czynności kontrolne, kontroler może nie dysponować znaną i stałą wartością wielkości powierzchni działki, uzyskaną wcześniej np. na drodze dokładnych pomiarów geodezyjnych. W związku z tym, nie ma możliwości porównania wielkości powierzchni, jaką zadeklarował rolnik ze znaną wartością „prawdziwą” i łatwej oceny poprawności deklaracji. W takim przypadku niezbędne jest wykonanie kontrolnego pomiaru powierzchni działki i porównanie, tak otrzymanej wartości z wartością zadeklarowaną. Wartość zmierzona w toku kontroli obarczona jest jakąś niepewnością pomiarową. Podobnie wartość zadeklarowanej wielkości powierzchni działki została przez rolnika w jakiś sposób

określona/zmierzona, i tym samym jest obarczona pewną niepewnością. Na potrzeby niniejszej dyskusji, przyjęto kilka uproszczeń i założeń, których celem jest tylko poglądowe przedstawienie omawianych zagadnień:

- wielkości powierzchni zadeklarowanej P_d i zmierzonej P_z , obarczone są niepewnościami: deklaracji $u(P_d)$ i pomiaru $u(P_z)$,
- kwalifikacja czy rolnik zadeklarował prawidłową wartość powierzchni następuje w oparciu o sprawdzenie czy różnica powierzchni $\Delta P = |P_z - P_d|$ nie przekracza tolerancji pomiaru T : $\Delta P \leq T$,
- w ogólności dwie wartości nie różnią się od siebie istotnie, gdy ich różnica nie jest większa od jej niepewności. W przypadku dopłat w rolnictwie, wartością stanowiącą kryterium oceny różnicy ΔP jest tolerancja T , którą w związku z tym można utożsamiać z niepewnością tej różnicy $T = u(\Delta P)$,
- dla uproszczenia rozważań przyjęto, że:
 - wartość niepewności różnicy powierzchni działek wyrażana jest, bez uwzględniania efektów znoszenia się niepewności, jako zwykła suma niepewności składowych (niepewności powierzchni zadeklarowanej i niepewności powierzchni zmierzonej): $u(\Delta P) = u(P_d) + u(P_z)$,
 - istnieje jedna wartość wielkości obwodu „ Ob ” dla wszystkich niepewności (rolnik deklaruje jedynie wielkość powierzchni, stąd obwód może być znany tylko z pomiaru).

Objaśnienia przyjętych na potrzeby publikacji oznaczeń zawarte są w punkcie nr 1 „Symbole i oznaczenia”, w rozdziale *Wprowadzenie*. Trzymając się przyjętych oznaczeń, można zapisać:

- tolerancja pomiaru zgodnie z rozporządzeniem:

$$T = B \cdot Ob \quad (7.1)$$

- niepewność zmierzonej powierzchni:

$$u(P_z) = B_z \cdot Ob \quad (7.2)$$

- niepewność powierzchni zadeklarowanej przez rolnika:

$$u(P_d) = B_d \cdot Ob \quad (7.3)$$

- niepewność wartości różnicy ΔP :

$$u(\Delta P) = u(P_d) + u(P_z) = Ob(B_d + B_z) \quad (7.4)$$

- tolerancja pomiaru utożsamiana z niepewnością różnicy:

$$T = u(\Delta P) \Rightarrow B \cdot Ob = Ob(B_d + B_z) \Rightarrow B = B_d + B_z \quad (7.5)$$

- weryfikacja deklaracji rolnika (ocena wielkości różnicy ΔP):

$$\Delta P \leq T \Rightarrow \Delta P \leq u(\Delta P) \Rightarrow \Delta P \leq Ob(B_d + B_z) \quad (7.6)$$

Niepewność zadeklarowanej wielkości powierzchni jest nieznaną. Można ją jednak przybliżyć, używając uzyskanej z pomiaru kontrolnego długości obwodu działki i założonego z góry dopuszczalnego bufora deklaracji. Sposób określenia bufora deklaracji, i tym samym sposób porównania wartości zadeklarowanej i zmierzonej, oraz ocena ich różnicy ΔP , wydaje się mieć ogromne znaczenie dla całego postępowania walidacyjnego. Różne podejścia do tego zagadnienia wynikać mogą z różnych interpretacji artykułu 34 rozporządzenia [27]. Poniżej przedstawiono trzy różne możliwości.

1.1. Interpretacja nr 1 – interpretacja dosłowna

Pierwszą możliwością interpretacji zapisu:

Tolerancja pomiaru jest określona przy uwzględnieniu 1,5-metrowej strefy buforowej wokół działki rolnej

jest dosłowne jego rozumienie. Uwzględniając różnicę w tłumaczeniu, zapis ten rozumieć można następująco:

- określona jest maksymalna tolerancja $T_{max} = 1,5 m \cdot Ob$, stąd do oceny poprawności deklaracji może być użyta również mniejsza wartość tolerancji T : $T \leq T_{max}$,
- tolerancja T dotyczy tylko pomiaru kontrolnego i nie dotyczy deklaracji rolnika, co oznacza przyjęcie wartości zerowej dla niepewności deklaracji: $u(P_d) = 0$,
- zapis matematyczny przybiera postać:
 - $u(P_d) = 0 \Rightarrow T = u(\Delta P) = u(P_z)$
 - $B \cdot Ob = B_z \cdot Ob \Rightarrow B = B_z$
 - $\Delta P \leq T \Rightarrow \Delta P \leq B_z \cdot Ob$

Jak widać z powyższych zależności, rzeczywistym kryterium oceny poprawności deklaracji rolnika jest parametr, charakteryzujący dokładność pomiaru, a w kontekście Protokołu walidacji, dokładność zastosowanego urządzenia po-

miarowego. Konsekwencją takiej interpretacji jest ciągle zmniejszanie się wartości stosowanej w trakcie kontroli tolerancji. Dzieje się tak z powodu rozwoju techniki pomiarowej GNSS i ciągłego wzrostu jej dokładności. W chwili obecnej zestawy GNSS, w przeprowadzanych walidacjach, uzyskują wartość granicy odtwarzalności na poziomie nawet poniżej 15 cm. Jedynym czynnikiem, który spowalnia odczuwanie tego trendu, są jak na razie zamrożone klasy dokładności urządzeń (bufor) – najlepsza klasa to obecnie 0,5 m. Oznacza to jednak, że dla urządzeń o tej klasie dokładności tolerancja jest trzykrotnie mniejsza niż dopuszczalna (1,5 m), a tym samym kryterium kontrolne jest również trzykrotnie ostrzejsze. Konsekwencją takiej sytuacji może być niechęć do stosowania urządzeń o większej dokładności, a także protesty rolników. Łatwo bowiem wyobrazić sobie, że kontrole przeprowadzane są z użyciem różnych zestawów, o różnej klasie dokładności i tym samym otrzymywane są różne rozstrzygnięcia – ten sam rolnik może zostać raz zweryfikowany pozytywnie, a innym razem negatywnie, w zależności tylko i wyłącznie od użytego urządzenia.

1.2. Interpretacja nr 2

Czytając artykuł 34, można zinterpretować jego zapisy w ten sposób, że określają one maksymalną dopuszczalną wartość, o jaką może się różnić wielkość powierzchni zadeklarowanej od zmierzonej. Wartość mierzona pełniłaby tu rolę wartości prawdziwej, a tolerancja oznaczała kryterium poprawności deklaracji rolnika. Konsekwencją takiej interpretacji jest, że pomiar kontrolny wykonany ma być zgodnie z obowiązującymi normami, co zagwarantuje jego poprawność, ale ocenie podlega nie pomiar, a sama deklaracja, czyli w efekcie końcowym pomijana jest dokładność urządzenia, o ile spełnia ono jakieś normy. W zapisie matematycznym wyglądałoby to następująco:

- $T = T_{max} \quad u(P_z) = 0 \Rightarrow B_z = 0, B = B_d = 1,5 \text{ m},$
- $T = 1,5 \cdot Ob, \Delta P \leq 1,5 \cdot Ob$

W drugiej interpretacji podane w rozporządzeniu wartości są stałymi wartościami kryterialnymi, niezależnymi od zastosowanej metody pomiarowej. Dopuszczalna różnica powierzchni wyznaczana jest jako iloczyn długości obwodu, zmierzonej w toku kontroli działki i stałego bufora równego 1,5 m. Takie podejście sugeruje w przeciwieństwie do pierwszego, że pomiar wykonywany, zgodnie z obowiązującymi normami technicznymi, charakteryzuje się pomijalnie małą wartością niepewności, a różnice między powierzchniami wynikają tylko z niedokładności deklaracji rolnika. W takim przypadku jednak należałoby się zasta-

nowić nad kryteriami dopuszczania urządzeń do przeprowadzania pomiarów kontrolnych i obowiązującego protokołu walidacji. Trudno bowiem jest oceniać różnicę między pomiarem a deklaracją, urządzeniem o klasie dokładności, w skrajnym przypadku, równej 1,5 m, czyli równej kryterium oceny. Inaczej mówiąc, oceniana byłaby różnica $\Delta P \leq 1,5$ m przy pomocy pomiaru o dokładności 1,5 m, stosując kryterium 1,5 m. Podejście to, wymagałoby więc stosowania urządzeń o bardzo wysokiej dokładności, tak by niepewność pomiaru kontrolnego była pomijalnie mała.

1.3. Interpretacja nr 3

Podane dopuszczalne wartości 1,5 m i nie więcej niż 1 ha, są dopuszczalnymi wartościami, o jakie może się różnić wielkość deklaracji od wielkości zmierzonej w trakcie kontroli, przy czym stosowana do oceny tolerancja jest sumą niepewności pomiaru i niepewności deklaracji rolnika:

- $u(\Delta P) = u(P_d) + u(P_z) = T_{max} \Rightarrow B = B_d + B_z = 1,5m,$
- $B_d = 1,5m - B_z$

W trzecim ujęciu, sumaryczna niepewność zawiera oba składniki: niepewność pomiaru i niepewność deklaracji. Do oceny różnicy ΔP używany jest bufor równy 1,5 m, z tym że bufor ten zawiera w sobie zarówno bufor urządzenia (klasę), jak i umowny bufor deklarowanej wartości powierzchni. Przy takim rozwiązaniu, sensowne jest używanie zestawów pomiarowych, o jak największej dokładności, dzięki czemu minimalizuje się wpływ pomiaru na wynik kontroli. Urządzenia GNSS, które charakteryzuje bufor porównywalny z buforem maksymalnym (1,5 m), są przy takim podejściu właściwie bezużyteczne, gdyż redukują możliwość pomyłki deklaracji do zera na rzecz dokładności pomiaru. Z drugiej strony można sądzić, na podstawie informacji z przeprowadzanych dotychczas kontroli, że zastosowanie urządzeń o klasie równej 0,5 m jest zupełnie wystarczające. Urządzenie o 0,5 m klasie dokładności, pozostawiałoby jednometrowy bufor na popełnienie błędu przez rolnika. Przy takiej interpretacji rozporządzenia, nie byłoby więc szczególnej presji na stosowanie urządzeń o geodezyjnej dokładności.

1.4. Która interpretacja?

Analizując obowiązujący protokół walidacji urządzeń GNSS, zauważyć można, że została zastosowana pierwsza interpretacja artykułu 34. Za takim wnioskiem przemawia fakt, że uzyskiwany wskaźnik dokładności (bufor) urzą-

dzenia, pomija niedokładność deklaracji. Walidacja urządzeń pomiarowych jest prowadzona w sposób uwzględniający różne czynniki, mające wpływ na dokładność pomiaru. Jednak czynniki te związane są przede wszystkim z urządzeniem pomiarowym, charakterystyką obiektów pomiarowych i sposobem pomiaru. Jak wynika z praktyki, przy zachowaniu tych samych lub zbliżonych parametrów pól testowych, dokładność uzyskiwanych wyników uzależniona jest od zastosowanego zestawu pomiarowego (zaawansowania technicznego zestawu) oraz od dostępności (jakości) sygnału satelitarne. Widać to wyraźnie, gdy przegląda się wyniki kolejnych walidacji dla nowych urządzeń – coraz mniej urządzeń uzyskuje bufor 1,5 czy 1,25 m, a coraz więcej mieści się w najdokładniejszej klasie 0,5 m. Skoro działki rolne są niezmiennie w sensie dokładności pomiarowej, to wniosek jest jeden – wyniki zależą od urządzenia. Sytuacja taka występuje niezależnie od zastosowanej metody pomiarowej – oczywiście wyniki walidacji mogą być różne dla różnych metod. Również dokładność deklaracji wielkości powierzchni działki rolnej przez rolnika nie zmienia się zasadniczo. Dzieje się tak ze względu na własności samego obiektu, jakim jest działka rolna, jakim są uprawy oraz ze względów ekonomicznych, które nie uzasadniają corocznego wykonywania pomiarów powierzchni przez rolników. Gdyby jednak rolnik musiał co roku dokonywać obmiarów, wtedy nie mielibyśmy do czynienia z deklaracją, lecz z podaniem wyniku pomiaru, do czego nie zobowiązują rolników regulacje unijne.

Obecnie walidacja urządzeń GNSS dostarcza wskaźnika służącego obliczeniu tolerancji pomiaru, pomijając niedokładność deklaracji rolnika. Sytuacja ta jest w pewien sposób łagodzona poprzez wprowadzenie do obliczeń współczynnika 2,8, który w pewnym sensie przydziela rolnikowi wartość niepewności. Nawet przy takiej interpretacji wartość tej niepewności zależy od jakości urządzenia (od jego dokładności), w związku z czym wpływ tego współczynnika jest niewielki – szczególnie przy ciągle rosnących dokładnościach urządzeń. Więcej informacji dotyczących tego współczynnika zawarto w dalszej części artykułu w punkcie nr 5 „Szacowanie niepewności pomiaru kontrolnego”.

Techniki pomiarowe, w tym również oparte na GNSS, podlegają ciągłemu rozwojowi. Obsługa urządzeń, jakość uzyskiwanych wyników, zmieniają się praktycznie na naszych oczach. Wydaje się zatem, że jest kwestią czasu, kiedy coraz doskonalsze urządzenia, będą w coraz mniejszym stopniu wpływały na jakość przeprowadzanych kontroli. W tym kontekście zastosowana interpretacja prowadzi do sytuacji nierealnych obostrzeń, których nie będzie w stanie dotrzymać praktycznie żaden rolnik. W takiej sytuacji być może najlepszą interpretacją obecnych przepisów, byłaby interpretacja nr 3 lub podobna, w której zestawy pomiarowe musiałyby spełniać jakieś kryteria, a jednocześnie pozostawiono by margines błędu deklaracji rolnika.

2. Walidacja i Protokół walidacji – dobór terminologii

Zagadnienia związane z przeprowadzaniem walidacji urządzeń GNSS, zostały nazwane protokołem walidacji i opisane na stronach internetowych WikiCAP [20]. Stosowanie określonego nazewnictwa jest często wymogiem niezbędnym, do jasnego i jednoznacznego formułowania i przekazywania treści. Stosując odpowiednią terminologię, szczególnie taką, która jest charakterystyczna dla danej dziedziny, unika się nieporozumień i pomyłek. Stosowane nazewnictwo może również sugerować określone spojrzenie na problem, a niekiedy podsuwać pewne rozwiązania. Proces walidacji urządzeń GNSS może stanowić dobry tego przykład. Terminem, który jest symbolem tego procesu jest słowo *walidacja*:

Walidacja – potwierdzenie przez dostarczenie dowodu obiektywnego, że zostały spełnione wymagania odnośnie konkretnego użycia lub zastosowania (PN-EN ISO 9000:2001).

Pojęcie *walidacja* pojawiło się w powszechnym użyciu jako wynik wdrażania norm ISO serii 9000. Sama definicja terminu *walidacja* jest szeroka, i w oparciu tylko o nią samą, można by walidować wszystko. Jednak w powołanych normach ISO serii 9000 walidacja jest jednym z narzędzi budowania systemu zarządzania jakością. Nie jest ona celem samym w sobie, ani oderwanym i niezależnym procesem. System zarządzania jakością jest tworzony w obrębie funkcjonowania jakiegoś podmiotu – instytucji, organizacji czy firmy. Walidacja dotyczy najczęściej procesów, środków kontroli, metod badawczych, projektowania, usług. W takim znaczeniu pojęcie *walidacji* używane jest powszechnie w różnych dziedzinach życia i różnych normach. Jednym z przykładów może być definicja zawarta w publikacji dotyczącej bezpieczeństwa żywności [3]:

Walidacja stanowi narzędzie do ciągłego doskonalenia, czyli powtarzających się działań mających na celu zwiększenie zdolności do spełnienia określonych wymagań.

Podobną definicję walidacji zawiera norma PN-EN ISO /IEC 17025 [26], której przedmiotem jest określenie ogólnych wymagań, dotyczących kompetencji przeprowadzania badań i/lub wzorcowań. Przytoczona norma dotyczy wszystkich organizacji przeprowadzających badania i/lub wzorcowania, niezależnie od ilości personelu i zakresu działalności, i definiuje ona walidację jako:

5.4.5.1 Walidacja jest potwierdzeniem, przez zbadanie i przedstawienie obiektywnego dowodu, że zostały spełnione szczególne wymagania dotyczące konkretnie zamierzonego zastosowania.

Istotne jest, że powołana norma 17025 [26], odnosi termin walidacji praktycznie wyłącznie do metod w celu potwierdzenia, że są one właściwe dla zamierzonego zastosowania.

Celem wdrażania systemu zarządzania jakością jest z jednej strony, chęć zwiększenia atrakcyjności rynkowej podmiotu gospodarczego, a z drugiej strony poprawa jego funkcjonowania. Potwierdzeniem wdrożenia systemu oraz spełnienia wymagań zawartych w normach ISO, jest certyfikat wydawany przez zewnętrzną dla podmiotu akredytowaną jednostkę certyfikującą.

Rozpatrując obecnie obowiązujący proces walidacji urządzeń GNSS, w świetle powyższych rozważań i definicji, można zauważyć, że:

1. Walidacja urządzenia/zestawu GNSS polega na przeprowadzeniu z jego użyciem pomiarów dla określonego rejonu i typów działek oraz dla wybranej metody pomiarowej. Walidacja dostarcza wskaźnika do wyznaczenia tolerancji pomiaru (bufor). W ogólności opisany proces, można by uznać za odpowiadający wyżej podanej definicji pojęcia walidacji.
2. Walidacja urządzenia/zestawu GNSS nie jest elementem jakiegokolwiek systemu zarządzania jakością. W zapisach rozporządzeń ([28] i [27]) oraz w samych wytycznych, nie ma żadnych wskazówek mówiących, że podmioty prowadzące pomiary kontrolne, zobligowane są wdrożyć system zarządzania jakością, którego elementem, mogłaby być wtedy walidacja urządzeń GNSS.
3. Przytaczane rozporządzenia i wytyczne JRC nie określają, kto ma obowiązek wykonywać walidację. Ośrodek badań JRC z jednej strony stworzył co prawda listę jednostek, które w pewnym sensie rekomenduje do wykonywania walidacji, ale z drugiej strony dopuścił przeprowadzanie walidacji przez producentów sprzętu oraz we własnym zakresie przez same państwa członkowskie. Tak naprawdę, zapisy te oznaczają, że proces walidacji może przeprowadzić każdy. Natomiast samo rozporządzenie [27] mówi tylko o konieczności używania dowolnego środka, zapewniającego określoną jakość pomiarów. Oznacza to, że wystarczy, by dane urządzenie posiadało w jakiś sposób, udokumentowaną zdolność do zapewnienia wymaganej jakości i nic więcej.
4. Wytyczne JRC nie określają jednoznacznie, czy przeprowadzenie walidacji dla konkretnego urządzenia/zestawu oznacza, że tylko i wyłącznie badany zestaw jest przydatny do wykonywania pomiarów kontrolnych, czy też oznacza to, że automatycznie wszystkie zestawy tego typu są przydatne do wykonywania tych pomiarów. Powszechnie praktykuje się, że dla zachowania wymogów unijnych wystarczające jest używanie zestawu, który został już wcześniej zwalidowany przez jakąkolwiek jednostkę dla danego rejonu – np. na podstawie informacji ze stron internetowych ośrodka JRC.
5. Wykonawca pomiaru kontrolnego nie jest zobligowany do posiadania wdrożonego systemu zarządzania jakością i w jego ramach dokonywania walidacji posiadanych urządzeń. Samo przeprowadzenie walidacji też nie jest ob-

warowane obowiązkiem wydania certyfikatu przez zewnętrzny, akredytowany lub certyfikowany podmiot, uprawniony do certyfikacji urządzeń GNSS. Wystarczające jest przeprowadzenie walidacji i przesłanie uzyskanych wyników do akceptacji JRC.

Zgodnie z powyższymi uwagami, zdaniem autorów, proces obecnie zwany walidacją nie spełnia warunków walidacji rozumianej w kontekście norm ISO. Proces ten nie stanowi elementu w jakimkolwiek systemie zarządzania jakością, nie stanowi też narzędzia doskonalenia i rozwoju w firmach czy organizacjach, a jedynie ma być elementem wskazującym, jakie urządzenia nadają się do wykonywania pomiarów kontrolnych w określonym rejonie/kraju. Co prawda, spotyka się w publikacjach termin *walidacja* w odniesieniu do przyrządów pomiarowych, ale dotyczy on wtedy urządzeń funkcjonujących właśnie w obrębie wdrożonego w konkretnej jednostce systemu zarządzania jakością, a nie jako osobny, niezależny i niepowiązany z systemem element. Wydaje się, że w przypadku walidacji urządzeń GNSS, bardziej odpowiednie byłoby sformułowanie typu *sprawdzenie* czy *certyfikacja*. Natomiast termin *walidacja* mógłby być używany w odniesieniu do zagadnień, które nasuwają się jako automatyczne skojarzenie ze słowem walidacja, a w kontekście zastosowanych przez JRC norm serii 5725, czy też normy 17025, w szczególności jako np.:

- walidacja standardowej metody pomiarowej – np. dla przeprowadzania kontrolnych pomiarów wielkości powierzchni działek rolnych z wykorzystaniem urządzeń GNSS (o ile wiadomo autorom, nie istnieje taka metoda pomiarowa),
- walidacja standardowej metody sprawdzania/kontroli przydatności zestawów/urządzeń GNSS do wykonywania pomiarów kontrolnych (taka metoda również nie została opracowana).

Przy zachowaniu powyżej zaproponowanej nomenklatury, obecny sposób walidacji mógłby być interpretowany jako sprawdzenie, czy określone urządzenie/zestaw GNSS jest przydatne do wykonywania pomiarów kontrolnych zgodnie ze standardową metodą pomiarową.

Ponadto, na przytoczanej już wcześniej stronie internetowej [14], mówiącej o tym, kto może przeprowadzać walidację urządzeń GNSS, znajdują się zapisy: *ciało certyfikujące/laboratorium referencyjne* oraz *używanie urządzeń przetestowanych i certyfikowanych przez ciało certyfikujące*. Niestety, strona nie zawiera definicji, czym jest laboratorium referencyjne, a czym ciało certyfikujące. Nie ma również wyszczególnionych różnic, pomiędzy laboratorium referencyjnym a ciałem certyfikującym. Nieznane są różnice w kompetencjach tych jednostek, ani jakie jest znaczenie statusu jednostki dla przeprowadzania walidacji. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica uzyskało status laborato-

rium referencyjnego, przechodząc całą procedurę weryfikacji bezpośrednio pod nadzorem JRC, a pomimo to kwestie różnic pomiędzy ciałem certyfikującym a laboratorium referencyjnym nie zostały wyjaśnione. Natomiast samo pojęcie *certyfikacja* nie pojawia się nigdzie dalej w protokole JRC, w przeciwieństwie do terminu *walidacja*.

Nazwanie jakiegokolwiek rzeczy mogłoby się wydawać, samo w sobie, dość mało istotnym elementem – samo słowo nie zmienia przecież merytorycznej strony. Jednak, jak starano się pokazać, stosowanie określonej terminologii powoduje inne spojrzenie na cały proces i może być przyczyną wprowadzania w nim istotnych zmian.

3. Zakres i celowość stosowania norm ISO serii 5725 w walidacji

Czytając tytuły norm oraz zakres ich stosowania można zauważyć, że przeznaczeniem tych normatywów jest wskazanie metodyki postępowania przy planowaniu eksperymentów, przy opracowywaniu, badaniu i walidacji metod pomiarowych, czy też przy opracowywaniu planu oraz wykonywaniu badań międzylaboratoryjnych. Zastanawia autorów, dlaczego do stosunkowo prostego i w swojej istocie detalicznego sprawdzenia przydatności danych urządzeń do kontroli w systemie AICS, użyto narzędzi tak „grubego kalibru”? Rodzi to również naturalne pytanie, czym ma być proces walidacji w zamierzeniu autorów wytycznych? Czy walidacja ma być czymś na wzór projektu badawczego, eksperymentu wyznaczania dokładności metody?

Trudno znaleźć, w opublikowanych na stronach internetowych ośrodka JRC informacjach, odpowiedź na te pytania. Wydawać się może, że zgodnie z polityką unijną, celem takiego sprawdzania urządzeń pomiarowych powinno być zapewnienie, że wyniki kontroli przeprowadzonych w różnych państwach mają jednakową wiarygodność i wagę, że są porównywalne, a od strony technicznej pomiaru zachowane zostaną wymagania co do jego dokładności. Elementem tego zapewnienia powinno być stosowanie odpowiednio sprawdzonych zestawów pomiarowych. Jeśli, zgodnie z obecnie obowiązującymi wytycznymi, sprawdzanie urządzeń pomiarowych ma być powszechnie stosowaną praktyką, jeśli sprawdzana ma być każda konfiguracja sprzętowa, jeśli sprawdzanie ma być wykonywane dla każdego rejonu/kraju indywidualnie, to sposób wykonywania takiego sprawdzania powinien być możliwie tani i szybki. Oznacza to potrzebę stosowania uproszczonych metod zarówno pomiarowych, jak i analitycznych.

W zastosowanej normie często pojawiają się terminy typu „przygotowanie próbek materiału”, „straty materiału”, „materiał powinien być specjalnie homogenizowany przed przygotowaniem próbek do wysyłki”. Norma zawiera również przykłady jej zastosowania, jak np. „Określenie zawartości siarki w węglu ka-

miennym” czy „Punkt topnienia smoły”. Przytoczone stwierdzenia pokazują, że norma opracowana została pod kątem badań laboratoryjnych w sensie dosłownym, czyli badań prowadzonych np. w pracowniach chemicznych. Tego typu badania odznaczają się zwykle możliwością kontroli warunków, w których przeprowadzane są pomiary, czy analizy i tym samym dają możliwość kontroli ich wpływu na uzyskiwane wyniki. Sytuacja wygląda zupełnie inaczej w przypadku pomiarów wykonywanych w tzw. „terenach”, gdzie warunki pomiaru są praktycznie niezależne od woli eksperymentatora, mogą charakteryzować się dużą zmiennością i często bardzo trudno jest oszacować ich wpływ na wyniki. Zdaniem autorów, przytoczone tu spostrzeżenia powinny zostać rozważone w kontekście poprawności założeń, przyjętych w protokole walidacji. Oczywiście jest, że materiał zawarty w normie może służyć do różnych zastosowań, a pojęcia można rozszerzyć na inne zagadnienia. Jest też normalną praktyką stosowanie norm do obszarów pokrewnych, dla których nie opracowano jeszcze takich dokumentów. Jednakże należałoby w takim przypadku uwzględnić szczególny charakter przedmiotu, do którego ma być taka norma zastosowana, jak np. pomiar w terenie, charakterystyka obiektu pomiarowego czy sama technika pomiaru.

W celu zilustrowania powyższych zastrzeżeń, wyniki z przykładowych czterech przeprowadzonych przez autorów walidacji poddane zostały uproszczonej analizie statystycznej oraz uproszczonym obliczeniom. Do detekcji danych odstających, zastosowano popularne kryterium trzech odchyłeń standardowych, czyli za wartości odstające uznano wyniki niemieszczące się w przedziale określonym przez:

$$|OD| > m + 3 \cdot \sigma$$

gdzie:

OD – wartość odstająca,

m – średnia arytmetyczna z wszystkich wyników pomiarów,

σ – odchylenie standardowe wyników pomiarów,

a do wyznaczenia granicy odtwarzalności R i bufora B użyto odchylenia standardowego obliczonego ze wszystkich wyników pomiarów, po odrzuceniu wartości odstających. Otrzymane rezultaty ze stawiono w tabeli nr 14. Każda kolumna zawiera wyniki wyznaczania wartości bufora B dla poszczególnych działek, średniego bufora B dla wszystkich działek oraz przydzielonej badanemu urządzeniu klasy dokładności czyli bufora B_z . Oznaczenia B i B_z są zgodne z wcześniejszymi używanymi. Kolumny zostały pogrupowane tak, by obok siebie znajdowały się wartości obliczone metodą uproszczoną (oznakowane literą „U”) i wyniki obliczone zgodnie z obowiązującym protokołem walidacji, opartym na normie 5725 (oznakowane literą „N”). Cyfra umieszczona obok oznaczeń „U” i „N” oznacza walidację kolejnego zestawu urządzeń GNSS.

Tabela 14. Porównanie wartości buforów B i B_z obliczonych metodą uproszczoną (U) z wartościami obliczonymi zgodnie z normą 5725 (N) dla walidacji czterech różnych zestawów GNSS

| Działka | U1 | N1 | U2 | N2 | U3 | N3 | U4 | N4 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A [m] | 0.37 | 0.38 | 0.91 | 0.93 | 0.20 | 0.20 | 0.21 | 0.21 |
| B [m] | 0.29 | 0.29 | 0.81 | 0.81 | 0.13 | 0.14 | 0.31 | 0.26 |
| C [m] | 0.27 | 0.27 | 0.60 | 0.58 | 0.14 | 0.14 | 0.16 | 0.18 |
| D [m] | 0.40 | 0.40 | 1.51 | 1.61 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.16 |
| E [m] | 0.56 | 0.57 | 1.30 | 1.35 | 0.34 | 0.34 | 0.27 | 0.27 |
| F [m] | 0.75 | 0.76 | 1.58 | 1.58 | 0.29 | 0.30 | 0.30 | 0.32 |
| średni B [m]: | 0.44 | 0.44 | 1.12 | 1.14 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.23 |
| bufor B_z [m]: | 0.50 | 0.50 | 1.25 | 1.25 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |

Jak widać z powyższego porównania, wyniki otrzymywane za pomocą dwóch metod są bardzo zbliżone, dając również ten sam rezultat końcowy, czyli kwalifikację zestawu GNSS do tej samej klasy dokładności. Oczywiście jest, że nie można wyciągać „twardych” wniosków w oparciu o tak niewielkie porównanie, jak w tym przypadku. Niemniej jednak uzyskane wyniki potwierdzają w pewien sposób wątpliwości, co do zasadności przyjętego, tak skomplikowanego, schematu analizy danych i przeprowadzania obliczeń. Dodatkowym argumentem mogą być wnioski zawarte w pracy magisterskiej [2], w której zaprezentowano, zbieżne z danymi z tabeli nr 14, wyniki. Autor pracy wykonał podobne obliczenia porównawcze dla danych pomiarowych, uzyskanych w projekcie badawczym z roku 2005 [5]. Rezultaty porównania również wskazywały na to, że w przypadku pomiarów GNSS, nie ma zdecydowanych różnic pomiędzy wynikami uzyskanymi metodą uproszczoną a wynikami obliczeń przeprowadzonych zgodnie z normami serii 5725.

4. Standardowa metoda pomiarowa – element wdrażania wzajemnej zgodności zintegrowanego systemu kontroli

Metoda pomiarowa – ogólnie termin ten określa logiczny ciąg czynności/operacji, jakie wykonywane są w procesie pomiaru. W rozumieniu normy 5725 [25]:

W celu zapewnienia aby pomiar przeprowadzано w ten sam sposób, metoda powinna być znormalizowana [...]. Oznacza to, że należy opracować dokument, w którym podano w szczegółach jak należy przeprowadzić pomiary.

Wspólne działania państw członkowskich, wdrażanie jednolitych rozwiązań organizacyjno-prawnych, norm harmonizacyjnych etc. powoduje powstawanie różnych rozwiązań stanowiących platformę działania i komunikacji. Również w celu zachowania kompatybilności w systemie dopłat bezpośrednich do rolnictwa, istnieje potrzeba tworzenia takich wspólnych rozwiązań, umożliwiających wymianę doświadczeń czy porównywanie uzyskiwanych efektów. W kontekście wykonywania pomiarów kontrolnych w ramach systemu AICS, elementami takich rozwiązań mogą być standardowe metody pomiarowe. Stosowanie standardowych metod zapewnia, że wyniki kontroli są porównywalne oraz, że prezentują ten sam poziom wiarygodności. Dla potrzeb pomiarów kontrolnych wielkości działek rolnych, środkiem do osiągnięcia spójności i kompatybilności uzyskiwanych wyników mogłoby być opracowanie przynajmniej dwóch kompletnych, spójnych i tworzących jeden system metod standardowych: jedną dotyczącą sprawdzania urządzeń pomiarowych oraz drugą pokazującą sposób wykonywania pomiarów kontrolnych z użyciem tych urządzeń.

Pomiar kontrolny z wykorzystaniem urządzeń GNSS może być, w ogólności, wykonywany dwoma sposobami: jako pomiar ciągły lub jako pomiar na wyznaczonych punktach (vertexach). Pomiar ten może być również wykonany w sposób, który łączy oba wymienione – tzw. metoda kombinowana. Ponadto, w różny sposób można wykonać pomiar przy zastosowaniu każdej z tych metod i tym samym osiągać różne rezultaty. Różnice mogą wynikać już z samego doboru obiektów pomiarowych – w sensie minimalnych parametrów jakościowych i ilościowych, opisujących działkę. Każda bowiem metoda pomiarowa, jeśli została prawidłowo zwalidowana, posiada określony zakres stosowalności, w ramach którego gwarantuje uzyskiwanie poprawnych wyników. Podobnie jest w przypadku pomiarów powierzchni działek rolnych z wykorzystaniem urządzeń GNSS. W zależności od charakterystyki mierzonego obiektu (działki rolnej), możliwe jest uzyskanie wyniku pomiaru obciążonego różną niepewnością, a niekiedy wykonanie pomiaru może być wręcz niemożliwe. Źródłem różnic mogą być również rozmaite czynniki techniczne wykonania pomiaru, jak np. dokładność lokalizacji czy ilość punktów pomiarowych, interwały czasowe, sposób ustalania przebiegu granicy działki, sposób poruszania się, czy też prezentacji anteny pomiarowej. Czynniki te również powinny zostać odpowiednio opisane z podaniem ich dopuszczalnych zakresów, czy zalecanych wartości lub sposobów ustalania tych wartości. Dla zilustrowania opisanej sytuacji, można się posłużyć przykładem sposobu pomiaru kontrolnego opartego na vertexach. Metoda polega na pomiarze położenia wybranych punktów rozmieszczonych wzdłuż granicy działki. Pomiar kontrolny może być wykonywany tylko na punktach załamania przebiegu granic działki albo również na dodatkowych punktach pomiędzy załamaniami granic. W każdym punkcie pomiarowym rejestrowane są współrzędne położenia punktu. Zależnie od czasu pomiaru i nastaw urządzenia, ilość odczytów z punktu może być różna –

może być wykonywany zarówno pojedynczy odczyt (pomiar), jak i wielokrotny. Zmienność w pomiarze wprowadzać mogą również czynniki związane zarówno z samym obiektem pomiarowym, jak i z „medium”. W trakcie pomiarów kontrolnych, mierzone obiekty mogą się bowiem charakteryzować dużą zmiennością takich cech, jak np. kształt, przysłonięcie horyzontu czy nawet łatwością identyfikacji przebiegu granicy. Jednocześnie, z różnych innych przyczyn, może zaistnieć sytuacja słabszego dostępu do sygnału z satelitów (bieżąca konstelacja satelitów, warunki pogodowe). Tak więc, standardowa metoda pomiarowa powinna dobrze określać swój zakres stosowalności, szczegółowo opisywać aspekty techniczne pomiaru oraz określać sposób szacowania niepewności pomiaru. Metoda taka, ze względu na swoje przeznaczenie powszechnego stosowania, powinna łączyć prostotę wykonania kontroli z minimalną, niezbędną jakością wyników uzyskiwanych za jej pomocą. Opracowanie takiej metody wpływa również na dobór urządzeń pomiarowych, które muszą spełniać minimalne wymagania techniczne, jak choćby umożliwiać monitoring wybranych parametrów pomiaru, np. wskaźnik DOP (Dilutions Of Precision).

Podobne założenia powinna spełniać metoda sprawdzania (dopuszczania) urządzeń pomiarowych do wykonywania pomiarów kontrolnych. Opracowany przez ośrodek JRC Protokół walidacji ma opisywać, jak ten proces należy przeprowadzać. Jednak w opinii autorów, opartej w dużej mierze o własne doświadczenia, na podstawie wytycznych JRC, możliwe jest wykonywanie pomiaru walidacyjnego w bardzo różny sposób. Wytyczne są na tyle ogólne, że istnieje możliwość różnej ich interpretacji. Protokół walidacji nie jest zbiorem szczegółowo opisanych czynności – nie stanowi przepisu, który można by nazwać metodą pomiarową. Protokół ten jest raczej zbiorem różnych zaleceń, czasem minimalnych wymogów. Poniżej wymieniono wybrane przykłady zapisów protokołu, które mogą być źródłem rozbieżności w wykonywanych przez różne laboratoria walidacjach oraz pytania pojawiające się w trakcie walidacji:

- Nieprecyzyjne określenie, kto jest uprawniony do wykonywania walidacji urządzeń GNSS, oraz brak definicji i rozróżnień dla zastosowanej nomenklatury *ciało certyfikujące/laboratorium referencyjne*. W oparciu o zapisy Protokołu, walidację mogą przeprowadzać państwa członkowskie we własnym zakresie, co w praktyce oznacza, że każdy może ją przeprowadzać.
- Używanie różnych terminów na określenie tych samych wielkości, powodujących duże zmniejszenie czytelności i jasności zapisów protokołu.

Przykłady:

- w dokumentacji stosowane są trzy różne określenia wielkości charakteryzującej urządzenie GNSS, które zostało poddane walidacji: *technical tolerance* czyli tolerancja techniczna (najczęściej chyba używana nazwa), *class* – klasa oraz *buffer, buffer tolerance* czyli bufor, tolerancja bufora,

- używane są cztery różne określenia pojedynczego zestawu kilku pomiarów: *set, run, class, laboratorium*.
- Wybór liczby i kształtu działek referencyjnych:

It is recommended to take at least 5 fields with sizes spread along the typical size range of the country.

Określona została minimalna liczba pól testowych (działek). Nie podano natomiast zasad czy wskazówek doboru liczby działek, mówiących, czy wskazana wartość minimalna jest wystarczająca, w jakich warunkach jest wystarczająca, kiedy i w jaki sposób zwiększać liczbę pól testowych, oraz czy w ogóle może wystąpić potrzeba zwiększania tej ilości. Dlatego w różnych walidacjach przeprowadzanych przez różne jednostki, można spotkać odmienną liczbę pól testowych, co może mieć bezpośredni wpływ na ostateczne wyniki walidacji. Protokół zawiera bardzo ogólne wskazówki, dotyczące parametrów działek referencyjnych. Wskazówki te ograniczają się praktycznie do stwierdzenia, że działki powinny mieć różny kształt i wielkość. Stosowane w protokole pojęcia nie zostały w żaden sposób opisane, jak np. działka regularna, nieregularna, wydłużona. Nie podano również żadnych wskazówek, w jaki sposób określić, czy wybrany zestaw pól testowych jest reprezentatywny i w jakim stopniu spełnia to kryterium. Biorąc to pod uwagę, można spodziewać się występowania zmienności wyników walidacji, przeprowadzanych tymi samymi zestawami pomiarowymi i dla tego samego rejonu, ale przez różne laboratoria, z tytułu doboru pól testowych o różnych parametrach.

- Warunki pomiaru: protokół nie zawiera ani precyzyjnych wskazówek, ani wartości liczbowych określających, w jakich warunkach powinien przebiegać pomiar walidacyjny. Nie zostały opisane choćby takie parametry, jak np. maska, DOP, dokładność położenia punktu. W zasadzie trudno znaleźć jakiegokolwiek wskazówki co do zakresu wartości parametrów określających pomiar. Protokół zawiera natomiast ogólne i mało precyzyjne zalecenie, że walidacja powinna być przeprowadzana w warunkach, w jakich planuje się wykorzystywać urządzenie w przyszłości. Natomiast bardziej szczegółowe określenie warunków pomiaru mogłoby również mieć wpływ na wybór pól testowych, np. w przypadku wykonania pomiaru działek o ograniczonej widoczności nieba (granica z drzewami). Podobne zastrzeżenia dotyczą również braku wskazówek co do warunków atmosferycznych w trakcie walidacji.
- Szczegóły techniczne wykonania pomiaru: protokół walidacji nie dostarcza informacji dotyczących wielu, na pozór drobnych, szczegółów wykonania pomiaru, jak np. sposób noszenia urządzenia, wysokość montażu anteny, ilość odczytów na punktach, wielkość interwału czasowego, które to szcze-

góły mogą w sposób istotny wpływać na uzyskiwane wyniki. Protokół nie podaje również, ilu powinno być operatorów (ogólne stwierdzenie mówi o kilku osobach) i jak powinni się oni zachowywać w trakcie pomiarów, np. czy jest dopuszczalna zmiana operatorów w trakcie pomiaru, czy możliwa jest zamiana zestawów pomiarowych, czy dopuszczalne są przerwy w trakcie jednego *setu*, jak postępować w przypadku zaistnienia takich przerw etc.

- Dane pomiarowe: protokół zawiera niepełne i nieprecyzyjne informacje co do ilości danych pomiarowych. Dla ustalonej liczby pól testowych, ilość danych zależna jest od liczby klas (*setów*) pomiarowych i liczby pomiarów w każdej klasie pomiarowej (od ilości powtórzeń). Protokół określa minimalną liczbę klas i powtórzeń w klasie (odpowiednio 5 i 2) oraz zalecaną ich ilość (odpowiednio 4 i 8 do 12). Tymczasem przy 2 powtórzeniach, nie jest możliwe przeprowadzenie testów statystycznych, zgodnie z protokołem. Również dla 4 powtórzeń może dojść do podobnej sytuacji, w przypadku pojawienia się błędów, powodujących już na wstępnym etapie analizy, usunięcie części danych. Protokół nie dostarcza wskazówek, w jaki sposób rozwiązać taki problem, jeśli się już pojawi.
- Pomiar referencyjny: protokół walidacji nie opisuje precyzyjnie, jak powinien zostać wykonany pomiar referencyjny: jednokrotny czy wielokrotny pomiar, z jaką wymaganą dokładnością oraz jak uwzględnić niepewność tego pomiaru w ostatecznym wyniku. Istnieje co prawda zapis, mówiący o tym, że pomiar referencyjny powinien być wykonywany za pomocą urządzenia, dzięki któremu można uzyskać trzykrotnie lepszą dokładność niż dokładność walidowanego zestawu. Zapis ten wydaje się jednak nie dość precyzyjny, gdyż nie podano miary dokładności w kontekście pomiaru powierzchni działek, czyli co oznacza „3-krotnie dokładniejszy” – czy to oznacza trzykrotnie mniejszy bufor, a jeśli tak, to czy urządzenia takie trzeba wcześniej zwalidować w ten sam sposób? Czy dla urządzenia GPS dającego bufor 1,5 m wystarczy przeprowadzić pomiar referencyjny urządzeniem o buforze 0,5 m? Czy w takiej sytuacji właściwym jest pomijanie w obliczeniach niepewności pomiaru referencyjnego?
- Protokół walidacji nie zawiera wskazówek dotyczących rozwiązywania problemów: nie jest określone, co należy zrobić w przypadku wystąpienia zakłóceń w przebiegu pomiarów, np. czasowy brak sygnału, czasowe i znaczne obniżenie się wartości różnych wskaźników np. dokładności pomiaru czy DOP, rozładowane baterie itp. Brakuje informacji, w jakich sytuacjach należy pomiar powtórzyć, a w jakich można go kontynuować.
- W zasadzie brak jest określenia, jakie dokumenty powinny być sporządzone po wykonaniu walidacji, jak np. sprawozdanie/raport, zaświadczenie/certyfikat. Protokół nic nie mówi o tego typu dokumentach, nie

określa więc też minimalnych wymogów co do ich treści i formy. Tymczasem pewne ujednoczenie treści i formy tego typu dokumentacji daje łatwość posługiwania się nią, szczególnie gdy sporządzona została przez różne jednostki, a nawet kraje członkowskie. Dzięki podobnej formie i zawartości opracowań, można w prosty i szybki sposób porównywać uzyskane wyniki oraz dokonywać wymiany informacji i doświadczeń. Ujednoczona dokumentacja jest również łatwo rozpoznawalna i identyfikowalna, co stanowi pewnego rodzaju wizytówkę, mówiącą o udanym wprowadzeniu spójnych i dopracowanych standardów. W tym zakresie posiłkować się można jedynie wymaganiami dla państw członkowskich, korzystających z pomocy JRC przy prowadzonych walidacjach, gdzie zawarto wykaz informacji, które należy podać.

- Obliczenia i ich skutki: protokół walidacji zawiera opis przeprowadzania obliczeń, odsyłając w wielu miejscach do zastosowanych norm [25]. Jednakże w trakcie uzyskiwania przez Stowarzyszenie statusu laboratorium referencyjnego, ośrodek JRC zażądał wdrożenia przez Stowarzyszenie dodatkowych obliczeń, które nie są ujęte bezpośrednio w Protokole walidacji ani w części stosowanej normy. Chodzi o przeprowadzenie dodatkowo jednoczynnikowej analizy danych (ANOVA), o której nie ma informacji w głównych dokumentach WikiCAP – wspomniano o niej jedynie w skróconym opisie Protokołu walidacji, tzw. posterze [18]. Pomijając rodzące się pytania, co do samej celowości tych obliczeń, w kontekście walidacji, zaznaczyć trzeba, że na stronach internetowych ośrodka JRC, nie został opisany sposób wykonywania tej analizy, np. nie wyszczególniono czynników, których wpływ powinien zostać zbadany – jedyne odniesienie znaleźć można w posterze [18]. Ponadto, dla niektórych obliczeń nie został wskazany tok postępowania, zależnie od otrzymywanych wyników. Dotyczy to właśnie obliczeń ANOVA, oraz obliczeń sprawdzających istnienie tzw. *biasu*. Protokół walidacji nie mówi nic o tym, co powinno się zrobić w przypadku uzyskania negatywnych wyników, tzn. w przypadku stwierdzenia, że któryś z czynników miał istotny wpływ na wyniki pomiarów czy też w przypadku stwierdzenia, że istnieje znaczący *bias*. Brak takich wskazówek powoduje, że wyniki tych obliczeń pozostają tylko samą, nieznaczącą informacją, a ich interpretacja i wykorzystanie zostawione zostało, wykonującemu walidację.

Podsumowując, Protokół walidacji nie stanowi jednolitego opracowania, które można by bez zastrzeżeń uznać za pełnoprawną metodę pomiarową, zarówno zgodnie z ogólną wiedzą metrologiczną, jak i w kontekście wymogów zastosowanych norm serii 5725.

5. Szacowanie niepewności pomiaru kontrolnego

Jeśli spostrzeżenia zawarte w poprzednich punktach są słuszne, to trudno mówić o istnieniu standardowej metody pomiarowej dla wykonywania kontroli z wykorzystaniem odbiorników GNSS. Każdy bowiem z krajów członkowskich, wykonuje pomiary kontrolne zgodnie z własnymi procedurami lub instrukcjami. Również istniejący Protokół walidacji trudno jest zakwalifikować jako pełnoprawną, standardową metodę sprawdzania urządzeń GNSS. W związku z powyższym, z definicji niejako, stosowany obecnie sposób weryfikacji poprawności deklaracji wielkości powierzchni działek rolnych jest niejednorodny i nieporównywalny. Brak standardowych metod, nie jest jedynym czynnikiem wpływającym na wiarygodność pomiarów kontrolnych. Istotnym elementem wpływającym na jakość kontroli jest sposób wyznaczania w procesie walidacji klasy (bufora) urządzenia. W przyjętym schemacie obliczeń istnieje kilka budzących wątpliwości rozwiązań, a między innymi poniżej opisane:

1. Granica odtwarzalności

Wartość granicy odtwarzalności obliczana jest zgodnie ze wzorem:

$$R = 2,8 \cdot \sigma_R \quad (7.7)$$

gdzie

R – granica odtwarzalności,

σ_R – odchylenie standardowe odtwarzalności.

Współczynnik „2,8” wynika ze składania dwóch niepewności, zgodnie z zasadą, opisaną w części 6 normy [25]:

4.1.2 Gdy dana wielkość jest obliczana na podstawie sum lub różnic n niezależnych oszacowań, z których każde ma odchylenie standardowe σ , to odchylenie standardowe tej wielkości wynosi $\sigma\sqrt{n}$.

W przypadku, gdy $n = 2$ otrzymujemy $\sigma\sqrt{2}$. Dla rozkładu normalnego, w celu zapewnienia 95% poziomu prawdopodobieństwa, uzyskany wynik przemnożony jest przez współczynnik równy „1,96”, co daje wartość „2,77”. Zgodnie z wytycznymi normy przyjęta została zaokrąglona wartość równa „2,8”. Takie rozwiązanie oznacza jednak, że w obliczeniach walidacyjnych uwzględnione zostały dwa niezależne oszacowania, czyli niepewności dwóch pomiarów. Możliwe jest, że autorom Protokołu chodziło o złożenie niepewności pomiaru wykonanego przez kontrolera i niepewności związanej z wielkością zadeklarowanej powierzchni działki. Jeśli istotnie taka jest podstawa przyjęcia współ-

czynnika „2,8”, to wydaje się to pewnym nieporozumieniem. Wątpliwości dotyczą przede wszystkim kilku rzeczy:

- Założono, że odchylenie standardowe deklaracji rolnika σ_d jest równe odchyleniu standardowemu, opisującemu pomiar wykonany zestawem podlegającym walidacji σ_z , stąd pojawia się współczynnik 2,8. Konsekwencją tego jest „oczekiwanie”, że rolnik określi powierzchnię działki z taką samą dokładnością, jaką posiada urządzenie pomiarowe kontrolera.
- Za każdym razem, gdy dla tego samego rejonu, będą wykonywane walidacje różnych urządzeń o różnych odchyleniach standardowych wyników pomiaru, to rolnik ma przypisaną inną wartość odchylenia standardowego. Analogiczna sytuacja wystąpi w trakcie pomiaru kontrolnego tej samej działki, urządzeniami o różnej klasie dokładności.
- Dlaczego w ogóle do określania i sprawdzania urządzeń GNSS (walidacja) używana jest niepewność niezwiązana z pomiarem ani z urządzeniem, lecz z deklaracją rolnika?

Wydaje się, że jeśli sprawdzana ma być przydatność danego urządzenia/zestawu GNSS do wykonywania pomiarów kontrolnych, to właściwe byłoby wyznaczenie wielkości bufora tylko na podstawie czynników związanych z tym urządzeniem, czyli wariacji odtwarzalności i współczynnika „1,96”, odpowiadającego prawdopodobieństwu 95%. Konsekwencją przyjętego sposobu określania bufora jest to, że niepewność powierzchni zadeklarowanej przez rolnika, zależy od niepewności wnoszonej przez dany zestaw pomiarowy i jest jej równa. Jeśli jednak rolnik dokonał pomiaru za pomocą urządzenia o innej wartości niepewności, to po pierwsze, wynik pomiaru kontrolnego jest obciążony nieznaną niepewnością, a po drugie w określonych przypadkach może zaistnieć sytuacja błędnej oceny poprawności deklaracji rolnika. Można przypuszczać, że wprowadzone rozwiązanie wynika z przyjętej interpretacji przepisów (co zostało omówione w punkcie nr 1 rozdziału 7) i miało stanowić pewnego rodzaju przeciwdziałanie zbyt ostrym kryteriom weryfikacji w toku kontroli.

2. Klasa (bufor)

Klasa dokładności urządzeń GNSS (bufor) B_z przydzielana jest na podstawie średniej wartości bufora B (średniej dla wszystkich działek), uzyskanej z przeprowadzonej walidacji. Pomimo, że klasy zostały opisane już na początku publikacji, to dla wygody czytania zestawiono je w poniższej tabeli nr 15.

Tabela 15. Klasa (tolerancja techniczna, bufor B_z) przydzielana zależnie od wartości średniego bufora dla wszystkich działek B

| Nr klasy | wartość klasy B_z [m] | średni bufor B [m] |
|----------|-------------------------|----------------------|
| 1 | 0,50 | $B \leq 0,50$ |
| 2 | 0,75 | $0,50 < B \leq 0,75$ |
| 3 | 1,00 | $0,75 < B \leq 1,00$ |
| 4 | 1,25 | $1,00 < B \leq 1,25$ |
| 5 | 1,50 | $1,25 < B \leq 1,50$ |

Bufor B obliczany jest jako średnia arytmetyczna z buforów wyznaczonych indywidualnie dla poszczególnych działek. Istnieje zatem możliwość, że wśród kilku działek jedne będą miały bufor pasujący te działki poniżej któregoś z progów dokładności dla danej klasy, a inne powyżej tego progu. Średnia arytmetyczna może w rezultacie dawać wartość poniżej progu. Inaczej mówiąc, w niektórych przypadkach może być tak, że gdyby przydzielać urządzeniu klasy dokładności B_z w zależności od pojedynczej wartości bufora B , to dane urządzenie mogłoby mieć kilka różnych klas zależnie od parametrów pola testowego. W takim przypadku, jeśli kontroli podlega działka o parametrach zbliżonych do działki testowej, dla której wystąpił bufor o większej wartości, to pomiar może wykazać niezgodność wielkości deklarowanej powierzchni ze zmierzoną i tym samym obciążyć rolnika konsekwencjami.

Tabela 16. Wartości buforów B i klas B_z dla walidacji dwóch różnych zestawów GNSS

| Działka / urządzenie | A | B | C | D | E | F | średni bufor B | klasa B_z |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------------------|-------------|
| N1 [m] | 0.38 | 0.29 | 0.27 | 0.40 | 0.57 | 0.76 | 0.44 | 0.50 |
| N2 [m] | 0.93 | 0.81 | 0.58 | 1.61 | 1.35 | 1.58 | 1.14 | 1.25 |

Tabela nr 16 zawiera część danych z tabeli nr 14, które ilustrują opisaną wyżej sytuację. Urządzenie oznaczone $N1$ zakwalifikowane zostało do klasy dokładności 0,5 m. Tymczasem wyniki uzyskane dla działek E i F, kwalifikują to urządzenie do klasy o mniejszej dokładności, odpowiednio 0,75 m i 1,00 m. Jeśli w trakcie przeprowadzania kontroli zmierzona zostanie działka o parametrach zbliżonych do działki referencyjnej F, to może zaistnieć sytuacja błędnej oceny wartości deklarowanej przez rolnika, gdyż do wyznaczania tolerancji pomiaru

użyta zostanie klasa o dokładności 0,50 m. W urządzeniu o oznaczeniu N2 sytuacja jest jeszcze gorsza. Oprócz tego, że wartości bufora są mocno zróżnicowane pomiędzy działkami, to w niektórych przypadkach sprawdzany zestaw nie zostałby dopuszczony do wykonywania pomiarów kontrolnych. Wartości bufora dla działki D i F przekraczają maksymalną dopuszczoną przez rozporządzenie [27] wartość, wynoszącą 1,5 m. Tymczasem, w rezultacie uśrednienia wyników zestaw ten został zakwalifikowany do przedostatniej klasy dokładności.

3. Niepewność pomiaru kontrolnego

Tolerancja pomiaru kontrolnego określana jest w oparciu o zmierzoną długość obwodu działki i bufor B_z , przydzielony urządzeniu. Chcemy, by wartość tolerancji była tak określona, by szansa popełnienia błędu przy weryfikacji deklaracji rolnika była jak najmniejsza. Powszechnie przyjętym poziomem niepewności jest wartość 95%. By zachować taki poziom prawdopodobieństwa, w trakcie walidacji przyjęto dla wyznaczenia klasy urządzenia (bufora) to samo kryterium wiarygodności. Jednak wykorzystując obecnie stosowany sposób obliczania wartości tolerancji, w przypadkach podobnych do tych z tabeli nr 16, nie jesteśmy w stanie podać przedziału ufności. Przyjęcie jednej wartości klasy dla wszystkich działek powoduje, że dla części z nich uzyskuje się kryterium lepsze niż 95%, ale dla innych gorsze. W takiej sytuacji, bez przeprowadzenia dodatkowych obliczeń nie można wprost określić poziomu niepewności, który może być gorszy od przyjętego kryterium. Co za tym idzie, wyniki pomiarów kontrolnych mogą być obciążone nieznaną wartością niepewności, szczególnie dla tych typów działek, dla których bufory cząstkowe z walidacji nie mieszczą się w przyznanej klasie.

6. Powiązanie pomiaru kontrolnego z walidacją urządzeń GNSS

Sposób określania tolerancji pomiaru pokazuje, że powinna istnieć ścisła korelacja pomiędzy procesem walidacji urządzenia, a późniejszym jego wykorzystaniem w pomiarach kontrolnych. Świadczyć o tym może zarówno bezpośrednie wykorzystanie klasy dokładności do obliczenia tolerancji pomiaru, jak i wskazówki zawarte w Protokole walidacji:

- działki referencyjne dla walidacji powinny być reprezentatywne dla danego regionu,
- walidacja powinna być wykonywana w warunkach odpowiadających warunkom przewidywanego, późniejszego wykorzystywania urządzenia.

Zapisy te pokazują, że wyniki walidacji urządzenia, w tym jego klasa dokładności, nie są wartościami uniwersalnymi, które można używać w dowol-

nych rejonach Europy. Oznacza to brak możliwości pełnego korzystania przez państwa członkowskie z informacji zamieszczanych w Internecie przez JRC [20]. Opublikowane wyniki walidacji konkretnych zestawów pomiarowych, są nieprzydatne dla innych państw. Mogą one najwyżej dowiedzieć się gdzie, jaki zestaw został poddany walidacji oraz jakie otrzymano wyniki. Nie wiadomo jednak, czy w warunkach innego państwa zestaw taki też się sprawdzi. Nie można również skorzystać z faktu, że dane urządzenie zostało już zwalidowane – konieczna jest ponowna walidacja być może identycznego zestawu.

Jednocześnie przy braku metod standardowych można wskazać wiele różnic pomiędzy różnymi sposobami wykonywania pomiarów kontrolnych a metodą walidacji. Dobrym przykładem jest np. różna ilość punktów pomiarowych w metodzie *vertexów*. W procesie walidacji punkty pomiarowe wyznaczone są na załamaniach przebiegu granicy działki oraz w punktach pośrednich, rozmieszczonych co najwyżej co 25 m. W trakcie pomiarów kontrolnych, powszechnie mierzone są tylko punkty załamania granic. Podobnie wygląda sprawa ustawienia interwału czasowego pomiędzy pomiarami oraz ilości odczytów na jednym punkcie, nie wspominając już o tym, że najczęściej nie ma komfortu wykonywania pomiaru wzdłuż wyznaczonej np. palikami granicy.

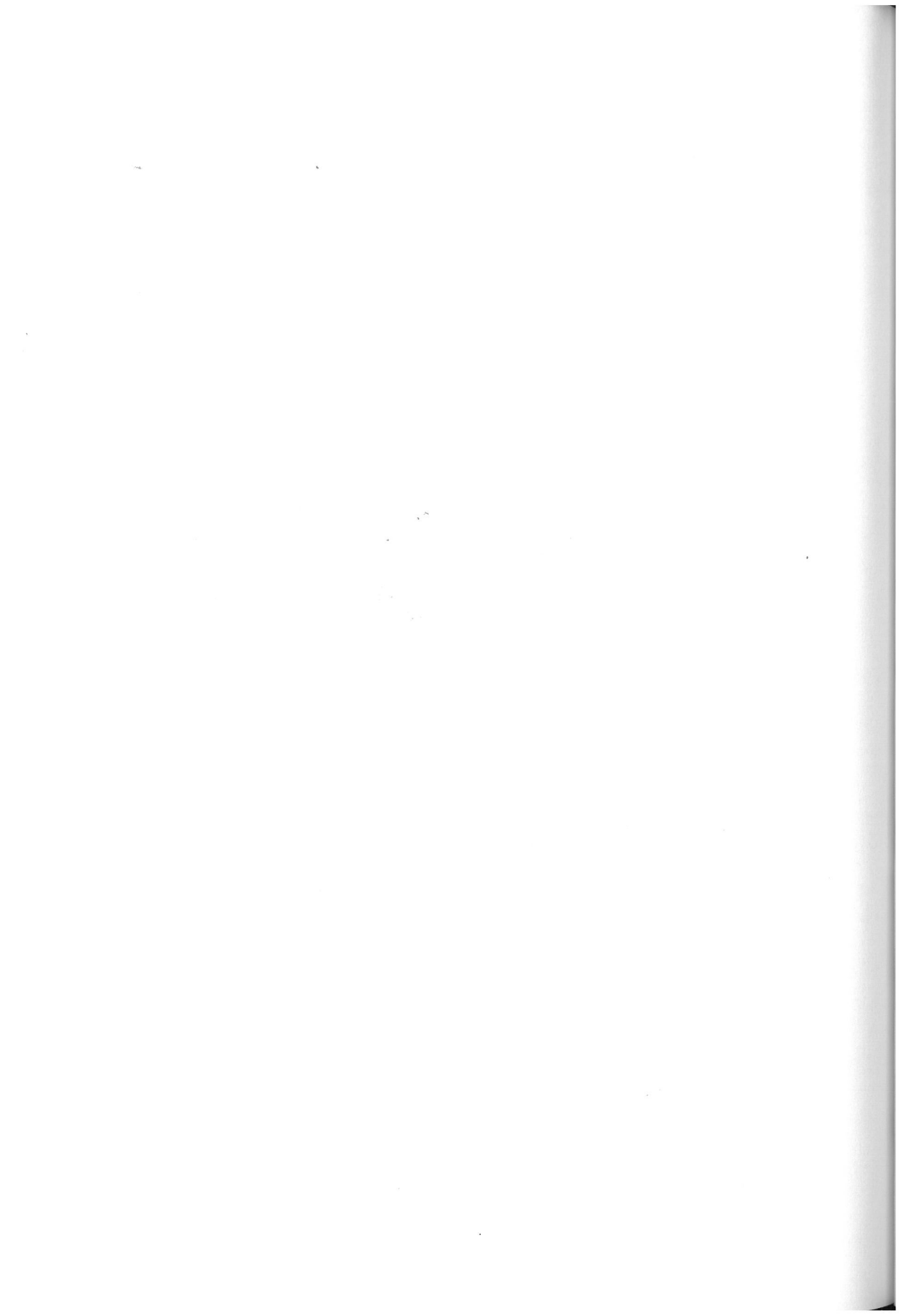
Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, nasuwają się pytania:

- czy wyniki uzyskiwane w obecnie przeprowadzanej walidacji, przenoszą się wystarczająco dokładnie na realia pomiaru kontrolnego?
- czy walidacja powinna być metodą dostarczającą jednej i jedynej wartości do szacowania dokładności pomiaru, czy może wartość ta powinna być jedną z kilku składowych, na podstawie których wyznaczana byłaby dokładność/niepewność konkretnego rzeczywiście wykonanego pomiaru?
- czy stosując obecnie obowiązujący Protokół walidacji, nie byłoby uzasadnione wprowadzenie jakiegoś sposobu różnicowania działek pomiarowych, ze względu na ich cechy własne (kształt, wielkość etc.), w zależności od których to cech przyporządkowywana byłaby inna klasa dokładności?
- czy nie warto by rozważyć wprowadzenia zmian do Protokołu walidacji, tak by wynik walidacji danego zestawu był wskaźnikiem, uniwersalną wartością charakteryzującą taki zestaw, oderwanym od warunków rzeczywistych, ale za to przenoszalnym i jednoznacznie decydującym o przydatności urządzenia?

Powyższe pytania stanowią tylko część wątpliwości, jakie pojawiały się w trakcie aplikacji Protokołu walidacji.

7. Podsumowanie dyskusji o walidacji

Wdrożenie Protokołu walidacji wymagało przeprowadzenia gruntownej analizy jego założeń, zapoznania się z podstawami, na jakich został oparty, oraz zmierzenia się z praktyczną stroną realizacji teoretycznych zapisów. Cały proces wdrożenia przeprowadzony został pod nadzorem ośrodka naukowego JRC w Isprze. W trakcie prowadzonych prac pojawiały się pytania, wątpliwości oraz problemy wymagające rozwiązania. Na takiej właśnie bazie, powstał materiał dyskusyjnej części publikacji. Intencją autorów nie było jednak deprecjonowanie Protokołu walidacji, czy poszczególnych rozwiązań. Autorzy są świadomi, że przyjęte rozwiązania są być może najlepszym możliwym w danym czasie do wypracowania kompromisem pomiędzy wymaganiami ekonomicznymi funkcjonującego systemu dopłat bezpośrednich a wymaganiami stworzenia niegeodezyjnego podejścia do masowego pomiaru powierzchni działek rolnych. Kompromis ten musiał na przykład uwzględniać dużą różnorodność struktury upraw, zwyczajów czy stosowanych środków technicznych występujących w krajach członkowskich UE. Jednocześnie, patrząc na całość przyjętych rozwiązań, oraz znając pojawiające się problemy i zastrzeżenia zgłaszane przez państwa, wydaje się być sensownym, bieżące monitorowanie i doskonalenie istniejących metod pomiarowych.



ROZDZIAŁ 8

EKSPERYMENT BADAWCZY Z 2011 ROKU

W rozdziale nr 7 zaprezentowane zostały wybrane zagadnienia, które budzą wątpliwości, rodzą pytania i zastrzeżenia, nie tylko u samych autorów publikacji, ale są również podnoszone przez państwa członkowskie UE. Wydaje się, że zagadnienia te poruszają podstawowe problemy, które powinny być zostać rozwiązane przed wprowadzaniem Protokołu walidacji, jako obowiązującej wszystkie kraje członkowskie UE procedury. Ostatecznie, przeprowadzane są walidacje kolejnych zestawów pomiarowych, wyniki tych walidacji umieszczane są zwykle na stronach internetowych JRC, po czym zestawy te używane są do przeprowadzania pomiarów kontrolnych. Wydaje się zatem, że zaproponowany Protokół walidacji powinien być pewnym i sprawdzonym sposobem sprawdzania zestawów pomiarowych, a uzyskiwane wartości bufora powinny gwarantować prawidłową i wiarygodną ocenę deklaracji rolnika. Odpowiedź na pytanie, czy tak właśnie jest, powinna być znana zanim wdrożono Protokół walidacji.

1. Założenia eksperymentu

Powyższe pytanie zostało jednak sformułowane przez JRC, niestety dopiero w 2010 roku. Po wielu dyskusjach ostatecznie doprowadzono do przeprowadzenia eksperymentu pomiarowego, symulującego pomiary kontrolne, który odbył się we wrześniu 2011 roku ([7], [8], [9], [10]). Eksperyment nazwano testem biegłości (PT – Proficiency tests), który jest definiowany normą ISO/IEC Guide 43-1:1997 (Proficiency testing by interlaboratory comparisons). Zgodnie z przytoczoną normą, testy biegłości polegają na pomiarach międzylaboratoryjnych, co w przypadku Protokołu walidacji sprowadzać się powinno do wykonania porównawczych walidacji przez różne laboratoria. W tak skonstruowanym eksperymencie, rolę jednostki akredytującej pełniłoby JRC, jako ośrodek, który opracował wytyczne

walidacji, a pomiary powinny być wykonywane przez laboratoria referencyjne, czyli te, które zostały przez JRC zaakceptowane. Jednakże decyzją JRC, pomiar wykonany został przez ekspertów z różnych krajów UE, niebiorących udziału w walidacji urządzeń GPS i w pewnych przypadkach również, niewykonywających kontroli. Eksperyment był zatem sprawdzeniem możliwości wykorzystania uzyskiwanych w wyniku walidacji wartości bufora w rzeczywistych pomiarach kontrolnych. W tym przypadku używanie nazwy profiency test (PT) jest zatem nieściśle. Uzyskane z eksperymentu wyniki zostały zaprezentowane na spotkaniu roboczym JRC (Workshop GNSS, 24th-26th October 2011 w Gavirate – Włochy) oraz na corocznej konferencji naukowej GeoCAP (17th Conference GEOCAP – Tallinn 23-25 November 2011).

Dla potrzeb przeprowadzenia eksperymentu, wybrano do pomiarów rzeczywiste działki rolne, które posłużyły za pola testowe. Działki te zlokalizowane były na terenie, na którym JRC prowadziło wcześniej inne pomiary, związane z kontrolą jakości ortofotomap, pozyskiwanych z nowych obrazów satelitarnych i lotniczych. Obszar ten znajduje się na południu Francji, w okolicy Maussane.

Głównym zarzutem w stosunku do Protokołu walidacji jest fakt, że walidacja wykonywana jest na specjalnie przygotowanych polach testowych, o bardzo dobrze sygnalizowanych granicach. Natomiast w trakcie pomiaru kontrolnego rzeczywistych działek rolnych, tylko wyjątkowo mamy do czynienia z działkami o sygnalizowanych, czy też tak łatwo identyfikowalnych granicach. W większości rzeczywistych sytuacji pomiarowych, granice są naturalne i obserwator musi dokonać interpretacji granicy. Do eksperymentu wybranych zostało 28 rzeczywistych działek rolnych, a do wykonania pomiarów zaproszono ośmiu zewnętrznych ekspertów z różnych krajów członkowskich. Dodatkowo do grupy pomiarowej dołączyła jedna osoba – pracownik ośrodka badań JRC. Wszystkie pomiary wyznaczonych działek rolnych wykonane zostały za pomocą dwóch podstawowych metod: metodą ciągłą oraz metodą na punktach (wierzchołkową). Eksperti wykonywali pomiary niezależnie od siebie. Pomiary wykonane zostały w dwu etapach. W pierwszym etapie zmierzone zostały działki w stanie naturalnym, tzn. bez oznakowania granic działek. W związku z tym każdy operator musiał wykonać pomiar wzdłuż granic, które za każdym razem sam zinterpretował. W drugim etapie granice działek zostały zasygnalizowane. Sygnalizacja granic wykonana została poprzez umieszczenie na granicy znaczników, w odległości wzajemnej co 25 m. Zasygnalizowanie granic działek, miało na celu zasymulowanie pomiaru walidacyjnego. W podsumowaniu założeń projektu wykonanego w Maussane, można wymienić:

- obiektem pomiaru było 28 naturalnych działek rolnych,
- testowano metody pomiarowe: pomiar ciągły, pomiar na punktach (wierzchołkach),
- pomiar wykonano w dwóch etapach: z granicami naturalnymi działek oraz z granicami oznakowanymi,

- każda działka, w każdym etapie, została zmierzona cztery razy przez każdego operatora:
 - granice niesygnalizowane – metoda ciągła ($m1$),
 - granice niesygnalizowane – metoda wierzchołkowa ($m2$),
 - granice sygnalizowane – metoda ciągła ($m3$),
 - granice sygnalizowane – metoda wierzchołkowa ($m4$),
- każdy zestaw pomiarowy składa się z 252 pomierzonych powierzchni (28 działek x 9 obserwatorów),
- ogółem wykonano 1008 pomiarów powierzchni (28 działek x 9 obserwatorów x 4 powtórzenia),
- pomiary referencyjne wykonane zostały z wykorzystaniem urządzenia RTK, przez jednego z operatorów,
- użyto ośmiu różnych zestawów pomiarowych:
 - dwa zestawy pomiarowe były wcześniej poddane walidacji i uzyskały w niej bufor $B_z = 0,5$ m,
 - cztery zestawy pomiarowe, które nie były nigdy walidowane; jednakże w oparciu o dokumentację techniczną, doświadczenie pomiarowe oraz wykorzystywaną różnicową metodę pomiaru przypisano im bufor $B_z = 0,5$ m,
 - dwa zestawy pomiarowe, o mniejszej dokładności pomiaru niż ww. cztery zestawy; dla tych zestawów wartość bufora została wyznaczona w trakcie pomiarów, a nie przyjęta a priori.

2. Kryteria oceny

Uzyskane w eksperymencie wyniki, wartości wielkości powierzchni działek P_E , były porównywane do wielkości powierzchni referencyjnej P_{Ref} . Dodatkowo wykonane zostały porównania wybranych danych pomiarowych pomiędzy sobą. Obliczane różnice $\Delta P_E = P_E - P_{Ref}$ porównywano z tolerancją pomiaru T , którą obliczano w oparciu o odpowiedni bufor B_z i obwód Ob : $T = B_z \cdot Ob$. Tolerancja pomiaru T była wyznaczana z 95% poziomem ufności. W związku z tym przyjęto kryterium, że wynik PT jest pozytywny, gdy w 95 na 100 przypadków zaobserwowane różnice powierzchni ΔP_E są mniejsze lub równe przyjętej tolerancji. W przeciwnym wypadku wynik PT należy uznać za niezadowalający. Jeżeli oznaczymy zaobserwowaną różnicę powierzchni jako ΔP_E i przyjętą tolerancję jako T , to regułą decyzyjną PT możemy zapisać w następujący sposób:

$$P T = \begin{cases} 1 \text{ (zaliczony)} & \Rightarrow \Delta P_E \leq T \text{ dla } 95\% \text{ przypadków} \\ 0 \text{ (niezaliczony)} & \Rightarrow \text{w przeciwnym razie} \end{cases} \quad (8.1)$$

Możliwa jest również modyfikacja tej reguły decyzyjnej. Można bowiem zamiast różnic powierzchni porównywać wartości buforów.

Niech B_E oznacza zaobserwowaną wielkość bufora, a bufor uzyskany z walidacji B_z . Wartość bufora B_E można obliczyć według wzoru: $B_E = \frac{\Delta P_E}{Ob}$

W tym przypadku reguła decyzyjna jest następująca:

$$PT = \begin{cases} 1 \text{ (zaliczony)} & \Rightarrow B_E \leq B_z \text{ dla 95\% przypadków} \\ 0 \text{ (niezaliczony)} & \Rightarrow \text{w przeciwnym razie} \end{cases} \quad (8.2)$$

3. Wyniki eksperymentu

Poniżej przedstawiono dwie, wybrane z materiałów konferencyjnych, tabele z wynikami PT. Tabela nr 17 przedstawia wartości bufora B_E , uzyskane z pomiaru wykonanego najdokładniejszym zestawem pomiarowym, używanym w eksperymencie, pracującym w trybie z poprawkami DGPS. Wartości bufora B_E , obliczone zostały empirycznie, w oparciu o różnice pomiędzy wartościami uzyskanymi z pomiaru referencyjnego, a wynikami uzyskanymi z pomiaru tym zestawem. Przy obliczeniach, zgodnie z zaleceniami JRC, nie była uwzględniana niepewność pomiaru zestawu RTK, wykorzystanego do wykonania pomiaru referencyjnego. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że dokładność zestawu pomiarowego i zestawu RTK, przy metodzie pomiaru wierzchołkowego, zbliżają się do siebie, co pokazują wyniki z kolumny $m4$ prezentowanej tabeli.

Zgodnie z Protokołem walidacji, zestawom pomiarowym o największej dokładności pomiaru wielkości powierzchni przyporządkowywany jest bufor o wartości $B_z = 0,5$ m. Obserwowane wartości bufora B_E dla czterech metod pomiarowych są zamieszczone w ostatnich czterech kolumnach tabeli nr 17. Jak widać, pozytywny wynik PT (poniżej progu 5% ilości przypadków) został osiągnięty tylko dla metody wierzchołkowej o sygnalizowanych granicach – kolumna $m4$. W przypadku metody pomiaru ciągłego, dla granic sygnalizowanych (kolumna $m3$) oraz dla obu metod pomiarowych, dla niesygnalizowanych granic (kolumny $m1$ i $m2$) wynik PT jest negatywny. W metodzie wierzchołkowej dla działek o granicach naturalnych (kolumna $m1$ i $m2$), zaobserwowane wartości bufora B_E były średnio dla ok. 20% przypadków większe niż wartość tolerancji z walidacji. Oznacza to, że w 20% przypadków, kiedy wykonano dwa pomiary kontrolne powierzchni działek o naturalnych granicach, uzyskana rozbieżność, będzie przekraczała wartość dopuszczalną. Jeśli jednocześnie założymy, że rolnik zmierzył powierzchnię działki wykorzystując najdokładniejsze urządzenie pomiarowe (co nie jest wysoce prawdopodobne), to i tak w ok. 20% przypadków pojawiają się problemy podczas pomiaru kontrolnego.

W tabeli nr 18 przedstawiono wyniki PT dla pięciu urządzeń GNSS, które uzyskały najlepsze wyniki, i które charakteryzują się buforem o wartości: $B_z = 0$, 5 m. W kolumnie oznakowanej jako T , znajdują się wartości tolerancji pomiaru dla poszczególnych działek, czyli dopuszczalne odchyłki pomiędzy powierzchnią zmierzoną a referencyjną. W kolejnych kolumnach zawarto wartości, obliczonych w eksperymencie, różnic ΔP pomiędzy powierzchniami referencyjnymi działek a powierzchniami zmierzonymi metodą $m1$. Dla wszystkich operatorów wynik PT był negatywny – średnio w 37% przypadków nastąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnej T .

Tabela 17. Zestawienie wartości bufora B_E , dla wszystkich metod pomiarowych, dla najbardziej dokładnego zestawu pomiarowego

| L.p. | powierzchnia ref. [m ²] | obwód ref. [m] | B_E [m] | | | |
|--|-------------------------------------|----------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | | m1 | m2 | m3 | m4 |
| 1 | 11047 | 459 | -0,15 | -0,15 | 0,20 | 0,07 |
| 2 | 14480 | 548 | 0,12 | -0,04 | 0,17 | 0,08 |
| 3 | 17966 | 606 | 0,30 | -0,07 | 0,22 | 0,06 |
| 4 | 20434 | 660 | -0,36 | -0,23 | -0,13 | -0,05 |
| 5 | 5005 | 356 | 0,02 | 0,08 | 0,12 | 0,06 |
| 6 | 5756 | 406 | -0,75 | -0,56 | -0,08 | 0,10 |
| 7 | 18967 | 611 | 0,44 | 0,13 | 0,28 | 0,07 |
| 8 | 6294 | 541 | -1,08 | -1,04 | -0,27 | -0,06 |
| 9 | 12054 | 567 | -0,12 | 0,21 | 0,04 | 0,20 |
| 10 | 6150 | 475 | -0,33 | -0,34 | -0,12 | -0,07 |
| 11 | 2056 | 217 | 0,61 | 0,17 | 0,96 | 0,43 |
| 12 | 15062 | 493 | -0,94 | -1,78 | -0,12 | -0,99 |
| 13 | 20423 | 616 | 0,04 | 0,03 | 0,43 | 0,11 |
| 14 | 5836 | 310 | 0,25 | 0,45 | 0,28 | 0,28 |
| 15 | 12937 | 463 | -0,16 | -0,24 | 0,14 | 0,10 |
| 16 | 6031 | 319 | -0,05 | -0,38 | 0,27 | 0,18 |
| 17 | 8829 | 405 | -5,81 | -6,09 | 0,69 | 0,00 |
| 18 | 2297 | 197 | 0,68 | 0,18 | 0,59 | 0,17 |
| 19 | 3806 | 268 | 0,10 | -0,23 | 0,46 | 0,05 |
| 20 | 5430 | 390 | 0,14 | -0,31 | 0,10 | 0,10 |
| 21 | 3239 | 254 | 0,08 | -0,50 | 0,30 | 0,05 |
| 22 | 6781 | 331 | -0,10 | -0,29 | 0,29 | 0,07 |
| 23 | 2962 | 226 | -0,31 | -0,20 | 0,25 | 0,03 |
| 24 | 13335 | 556 | -0,24 | -0,20 | 0,21 | 0,04 |
| 25 | 1675 | 168 | 1,08 | -0,03 | 0,32 | 0,08 |
| 26 | 4576 | 320 | 0,35 | -0,10 | 0,64 | 0,03 |
| Liczba przypadków w (%) przekroczenia progu 5% | | | 23% | 15% | 15% | 3,8% |

Tabela 18. Zestawienie wartości różnic powierzchni ΔP
dla wybranych pięciu operatorów (metoda $m1$)

| L.p. | T[m ²] | Nr operatora / ΔP [m ²] | | | | |
|---|--------------------|---|-------|------|------|------|
| | | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |
| 1 | 230 | 147 | -57 | -473 | -89 | 47 |
| 2 | 274 | -120 | 13 | -510 | 34 | -20 |
| 3 | 303 | -34 | -62 | -564 | 39 | -34 |
| 4 | 330 | 334 | -234 | -366 | 33 | -266 |
| 5 | 178 | 105 | 64 | 35 | 85 | 5 |
| 6 | 203 | -144 | 145 | -84 | -284 | -144 |
| 7 | 306 | -433 | 108 | -543 | 191 | 2767 |
| 8 | 271 | 594 | 384 | 124 | -372 | -106 |
| 9 | 284 | 154 | -19 | 204 | 1491 | -46 |
| 10 | 238 | -250 | -153 | -320 | -93 | -250 |
| 11 | 109 | 256 | 297 | -44 | 370 | 356 |
| 12 | 247 | -438 | -635 | -548 | -431 | -338 |
| 13 | 308 | 223 | -486 | 13 | 57 | 223 |
| 14 | 155 | 136 | -116 | -424 | -63 | -264 |
| 15 | 232 | 237 | 166 | -23 | 57 | 137 |
| 16 | 160 | 131 | -11 | -269 | 105 | 231 |
| 17 | 203 | 729 | -1177 | -21 | 382 | -271 |
| 18 | 99 | 197 | 79 | -73 | 62 | 97 |
| 19 | 134 | 6 | -74 | -104 | 46 | 6 |
| 20 | 195 | 530 | 52 | -240 | -72 | 130 |
| 21 | 127 | 39 | 1276 | -191 | -130 | -61 |
| 22 | 166 | 81 | 0 | -249 | -17 | 81 |
| 23 | 113 | -38 | -75 | -128 | -156 | 62 |
| 24 | 278 | -65 | 42 | -15 | 157 | 135 |
| 25 | 84 | -25 | 16 | -5 | 31 | 75 |
| 26 | 160 | 776 | 410 | -64 | 224 | 176 |
| Liczba przypadków w (%) przekroczenia progu 5% | | 42% | 27% | 50% | 35% | 31% |

Analizując tabelę nr 18, można zauważyć, że pomiary wykonywane najbardziej dokładnymi zestawami pomiarowymi GNSS dostarczają wyników, które w 27% do nawet 50% przypadków niespełniają przyjętych w eksperymencie PT wymogów dokładności pomiaru (wzór nr 8.1 oraz bufor $B_z = 0,5$ m). Podobna

sytuacja miała miejsce dla pomiarów wykonanych metodą m2 (pomiar wierzchołkowy, niesygnalizowane granice), gdzie liczba przekroczeń wynosiła 31%.

Z zaprezentowanych materiałów dotyczących eksperymentu wynika, że w przypadku pomiarów wykonywanych na działkach o sygnalizowanych granicach, wynik eksperymentu PT byłby pozytywny, jeśli wartość bufora B_z dla użytych urządzeń wynosiłaby 0.75 m. Analogicznie, w przypadku działek o naturalnych granicach wartość ta musiałaby by wynosić: $B_z = 1$ m.

Podsumowując, walidacja urządzeń GNSS prowadzona na działkach „laboratoryjnych”, czyli o jednoznacznie sygnalizowanych granicach, pozwala na określenie dokładności pomiaru powierzchni, uwzględniając, zgodnie z planowanym w przyszłości wykorzystywaniem zestawu w kontroli, takie parametry metody pomiaru jak: hardware, software, ustawienia i metoda pomiaru. Jednakże podczas prowadzenia pomiarów kontrolnych rzeczywistych działek rolnych, mamy do czynienia z innym niż podczas walidacji obiektem pomiarowym. Podstawową różnicą wydaje się być większa lub mniejsza nieokreśloność tego typu obiektów, która powoduje, że operator zmuszony jest dokonywać interpretacji przebiegu granicy działki, co jest bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na dokładność pomiaru. W tym bowiem momencie działka rolna wnosi dodatkową, swoją własną niepewność do wyniku pomiaru. Autorzy przeprowadzonego w Mosanne eksperymentu, właśnie w tym czynniku oraz w jego nieuwzględnieniu w Protokole walidacji, upatrują przyczyny negatywnego wyniku PT.

4. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując, można powiedzieć, że walidacja urządzeń GNSS, w wersji proponowanej przez JRC, pozwala na oszacowanie błędu różnicy powierzchni, pomierzonej przez dwóch operatorów, tym samym urządzeniem, bez uwzględnienia błędu pochodzącego od mierzonego obiektu, w tym przypadku działki rolnej o naturalnych granicach. Problem oszacowania dokładności identyfikacji granicy wiąże się bezpośrednio z fizyczną możliwością określenia w terenie linii, rozgraniczającej dwie uprawy. W pewnych przypadkach może to być łatwe zadanie, jeśli np. w terenie istnieje wąska miedza pomiędzy dwiema uprawami. Jednakże nawet wtedy, należy uwzględnić jakiś błąd z tego tytułu, np. 10-20 cm. Jeśli natomiast mamy do czynienia z granicą porośniętą krzakami, drzewami, granica może być bardzo trudno interpretowalna lub prawie niemożliwa do określenia z dokładnością w granicy 1,5 m. W takich przypadkach istnieje konieczność konsultacji z rolnikiem, co w praktyce oznacza pomiar podobny do pomiaru na granicach sygnalizowanych, jeśli rolnik sam zaznacza w terenie zasięg uprawy. Przeprowadzony eksperyment nie uwzględniał jednak jeszcze jednego aspektu, mianowicie faktu, że porównywaliśmy pomiary wykonane przez kontrolerów,

a w praktyce porównujemy deklarację rolnika z pomiarem kontrolnym. Oznacza to, że wynik może być tylko bardziej niekorzystny dla metody walidacji, ponieważ nie ma żadnych przesłanek, że rolnik wykorzystał do pomiaru taką samą metodę pomiarową jak kontroler, szczególnie, jeśli kontroler wykonywał pomiar urządzeniem o najwyższej klasie dokładności. Wręcz przeciwnie, z dużym prawdopodobieństwem można powiedzieć, że tak nie było. Eksperyment pomiarowy w Maussane, potwierdził hipotezę postawioną w 2010 roku w JRC, kwestionującą wykorzystywanie tolerancji uzyskanej w wyniku walidacji, w pomiarze kontrolnym rzeczywistych działek rolnych, ze względu na nieuwzględnienie istotnego czynnika, błędu identyfikacji granicy. Identyfikacja granicy była problemem znanym, ale pomijanym, ze względu na trudność jej uwzględnienia. W poprzednich latach, kiedy dysponowaliśmy urządzeniami GPS o tolerancji ok. 1-1,5 m, problem ten nie uwidaczniał się. Powodem była mała dokładność GPS. Obecnie, kiedy dokładność GPS jest znacznie lepsza i coraz częściej wykorzystuje się dodatkowo pomiar w trybie DGPS, urządzenia są klasyfikowane do kategorii 0,5 m, ujawnia się błąd z tytułu identyfikacji granicy, którego nie da się zaniedbać. Można uznać to zjawisko za tzw. *Zeitgeist* (niem.) duch czasów, ponieważ niemal równocześnie Niemcy zgłosili swoje obiekcje, dotyczące rekomendowanej przez JRC walidacji, uznając ją za zbyt „laboratoryjną”. Równoległe z PT przeprowadzonym przez JRC w 2011 roku, Niemcy przyprowadzili własne pomiary, których celem było wykonanie walidacji na działkach o naturalnych granicach [11]. Pomimo, że oba eksperymenty były przeprowadzone inaczej, uzyskane wyniki są zbieżne i pokazują niemożność wiarygodnego wykorzystania bufora B_z , w rzeczywistych pomiarach kontrolnych.

Wziąwszy pod uwagę powyższe fakty, należałoby rozważyć następujące rozwiązanie: pozostawienie walidacji urządzeń GNSS, zgodnie z propozycją JRC, co zapewnia jakość wykorzystywanych urządzeń, natomiast do pomiaru kontrolnego należy zaproponować jakąś korektę, uwzględniającą niepewność zawiązaną z identyfikacją granicy. Korekta mogłaby być wprowadzana indywidualnie dla działek, które mogłyby być skategoryzowane ze względu na typ granicy, np. w oparciu o LPIS. Można w celu minimalizacji ryzyka przyjąć jedną wartość tolerancji. Dyskusję toczącą się wokół tego problemu można prześledzić, analizując materiały konferencyjne [15].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bogaert P., Delinc'e J., Kay S., Assessing the error of polygonal area measurements: a general formulation with applications to agriculture, 2005, *Meas. Sci. Technol.*, 16, 1170–1178.
- [2] Czajkowski P., Badanie dokładności pomiaru pola powierzchni działki rolnej dla potrzeb systemu dopłat bezpośrednich do rolnictwa IACS (analiza wyników pomiarów wykonanych w ramach projektu nr 22581-2004-12 f1 sci isp pl), 2005 Niepublikowana praca magisterska.
- [3] Dzwolak W., Bezpieczeństwo żywności wg ISO 22000. Produkcja, obrót żywnością i gastronomia, 2008.
- [4] Hejmanowska B., Data inaccuracy in Geographical Information System – propagation of DTM and orthophotomap errors in the spatial analysis, 2003, *Geodesy 40: Geodesy, Photogrammetry and Monitoring of Environment*, wydawnictwa PAN.
- [5] Hejmanowska B., Palm R., Oszczak S., Ciećko A., Validation of methods for measurement of land parcels areas, 2005. Dostępny w internecie: <http://home.agh.edu.pl/~galia/research/research.html>.
- [6] Hejmanowska B., Palm R. Validation of methods for measurement of parcel areas – near-VHR imagery, 2005. Dostępny w internecie: <http://home.agh.edu.pl/~galia/research/research.html>.
- [7] Hejmanowska B., Loudjani P., Lucau C., Ganisheva K., Proficiency test for parcel area validation method the first results of maussane campaign september 2011 – GNSS, MARS Unit of the Joint Research Centre, Workshop GNSS 24th-26th October, 2011. Dostępny w internecie: <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/News-Events/GNSS-Workshop-2011/11Beata-Hejmanowska>.
- [8] Hejmanowska B., Proficiency test for parcel area validation method the first results of Maussane campaign September 2011 – orthoimagery, 2011. Dostępny w internecie: <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/News-Events/GNSS-Workshop-2011/11Beata-Hejmanowska>.
- [9] Hejmanowska B., Parcel area reference measurements, 2011. Dostępny w internecie: <http://http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/News-Events/GNSS-Workshop-2011/9BEATA-Hejmanovska>.
- [10] Hejmanowska B., Loudjani P., Luckau C., Ganisheva K., Fasbender D., Maussane study on GNSS measurements: preliminary results, 17th Conference GEOCAP – Tallinn 23-24-25 November 2011 'Geomatics in support of the CAP: towards a sound management of rural land areas', 2012.

- [11] Jahn M., Investigation of tolerances for on-the-spot checks, 17th Conference GEOCAP – Tallinn 23-24-25 November 2011, 2011.
- [12] Kay S., Spruyt P., JRC GPS validation scheme (ref. jrc ipsc/g03/p/ska/ska d(2002)(1092)), 2002.
- [13] Kay S., JRC Technical Information Document: Technical Tolerances for On the Spot checks (ref. jrc ipsc/g03/p/ska/ska d(2003)(1576)), 2003.
- [14] Kay S., Sima A., Area measurement validation scheme, 2009. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Area_measurements_validation_scheme.
- [15] Loudjani P., Measurement tolerance: one value for all?, Methods Workshop 2012, 27-28 March 2012, Varese, 2012.
- [16] Oszczak S., 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, 2004.
- [17] Oszczak S., Ciećko A., Proposed procedure fo validation and certification of GNSS instruments and observers, Geographical Information in support of the Common Agricultural Policy. Proceeding of the 12th MARS PAC Annual Conference 2006. EUR 22160EN-2007, 2007.
- [18] Sima A., Validation of GNSS receivers: step by step, poster presentation on 2008 MARS, Annual conference „Geomatics in support of the CAP”, 2008. Dostępny w internecie: http://mars.jrc.it/mars/content/download/1255/7259/file/Poster_Sima_Validation_JRC_updated.pdf.
- [19] Spruyt P., JRC Protocol for reference field-measurement (ref. JRC IPSC/G03/P/PSP/psp D(2002)(1108)), 2004.
- [20] JRC. Strona główna Wiki CAP. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Main_Page.
- [21] JRC. Protokół walidacji. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/GNSS_equipment_-_validation_protocol.
- [22] JRC. Schemat analizy wartości odstających. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/images/8/80/Outlier_detection_flow-chart.pdf.
- [23] JRC. Metoda określania wartości tolerancji pomiaru powierzchni działki rolnej. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer_tolerance_validation_method.
- [24] JRC. Metoda określania wartości tolerancji pomiaru powierzchni działki rolnej. Dostępny w internecie: http://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Buffer_tolerance_validation_method_-_recommendation_for_orthoimagery.
- [25] Norma PN-ISO 5725: Dokładność (poprawność i precyzja) metod pomiarowych i wyników pomiarów, 2002.
- [26] PN-EN ISO/IEC 17025: Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących, 2005.

- [27] *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1122/2009 z dnia 30 listopada 2009 ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 73/2009 odnośnie do zasady wzajemnej zgodności, modulacji oraz zintegrowanego systemu zarządzania i kontroli w ramach systemów wsparcia bezpośredniego przewidzianych w wymienionym rozporządzeniu oraz wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w odniesieniu do zasady wzajemnej zgodności w ramach systemu wsparcia ustanowionego dla sektora wina.*
- [28] *Rozporządzenie Rady (WE) nr 73/2009 z dnia 19 stycznia 2009 r. ustanawiające wspólne zasady dla systemów wsparcia bezpośredniego dla rolników w ramach wspólnej polityki rolnej i ustanawiające określone systemy wsparcia dla rolników, zmieniające rozporządzenia (WE) nr 1290/2005, (WE) nr 247/2006, (WE) nr 378/2007 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1782/2003.*

Mgr inż. Piotr Kramarczyk
Instytucja: DESS
42-202 Częstochowa
Al. NMP 36/38/28
gorgany100@o2.pl

Dr hab. Beata Hejmanowska, prof. AGH
Instytucja: AGH Kraków
ul. Mickiewicza 30
galia@agh.edu.pl

Dr inż. Janusz Dąbrowski
Instytucja: PWSTE w Jarosławiu
AGH Kraków
Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica w Krakowie
31-115 Kraków
ul. Garncarska 5/2
geo-staszic@wp.pl

