

## SPIS TREŚCI

|  |    |
|--|----|
| <b>1. Wstęp</b> .....  | 3  |
| <b>2. Diagnostyka betonowych budowli hydrotechnicznych</b> .....   | 8  |
| <b>3. Metody kontroli powierzchni betonowych (nieinwazyjne, nieniszczące)</b> .....  | 14 |
| 3.1. Badania wizualne – obserwacje powierzchni .....   | 15 |
| 3.2. Metoda sklerometryczna – test sklerometrem (młotkiem) Schmidta .....  | 17 |
| <b>4. Wybrane zastosowania skanowania laserowego w monitorowaniu zapór</b> .....   | 20 |
| 4.1. Inwentaryzacja zapory – ustalenie zewnętrznej geometrii obiektu za pomocą<br>naziemnego skaningu laserowego .....   | 21 |
| 4.2. Pomiary inwentaryzacyjno-kontrolne wewnątrz galerii zastrzykowo-kontrolnej .....  | 25 |
| 4.3. Weryfikacja geometrii modelu numerycznego zachowania obiektu .....  | 29 |
| 4.4. Wybrane przykłady pomiarów inwentaryzacyjno-kontrolnych zapór wodnych<br>zrealizowanych przez inne niż Wydział Geodezji i Kartografii PW jednostki krajowe<br>i zagraniczne ..... | 36 |
| 4.4.1. Pomiar zapory wodnej Gabčíkovo, Słowacja .....  | 36 |
| 4.4.2. Pomiar turbiny w Čunovo, Słowacja .....   | 37 |
| 4.4.3. Pomiar zapory wodnej Cancano Lake, Włochy .....   | 37 |
| 4.4.4. Pomiar turbiny Kaplana w elektrowni wodnej Arrau, Szwajcaria .....  | 38 |
| 4.4.5. Pomiar wnętrza komór spustowych zapory wodnej we Włocławku, Polska ...  | 39 |
| <b>5. Intensywność odbitego od mierzonej powierzchni promieniowania laserowego</b> .....   | 40 |
| <b>6. Różnicowanie materiałów budowlanych na podstawie analizy zarejestrowanych<br/>wartości intensywności odbicia promienia laserowego</b> .....                                      | 45 |
| 6.1. Badania laboratoryjne zmienności rejestrowanych wartości Intensity<br>w zależności od właściwości powierzchniowych skanowanych próbek .....                                       | 46 |
| 6.1.1. Próbkki wykonane z różnych materiałów (Koska et al., 2004) .....  | 46 |
| 6.1.2. Próbkki różnobarwne (Voegetle et al., 2008; Pawleta et al., 2009) .....   | 50 |
| 6.1.3. Próbkki wykonane z różnych rodzajów drewna (Voegetle et al., 2008) .....  | 51 |
| 6.1.4. Próbkki betonowe poddane działaniu wysokiej temperatury (Hancock et al., 2012) ..   | 53 |
| 6.2. Badania in situ .....   | 54 |
| 6.2.1. Ocena zabytkowej drewnianej zabudowy (Zapłata, 2015) .....  | 54 |
| 6.2.2. Różnicowanie materiału konstrukcji murowej (Toś, 2013) .....  | 56 |
| 6.3. Podsumowanie .....  | 57 |
| <b>7. Właściwości powierzchniowe betonu a rejestrowana wartość Intensity</b> .....   | 57 |
| 7.1. Charakterystyka badanych próbek betonu hydrotechnicznego .....  | 58 |
| 7.2. Naziemne skanowanie laserowe próbek betonu .....  | 61 |
| 7.2.1. Naziemne skanery laserowe wykorzystane w trakcie pomiarów<br>doświadczalnych .....  | 61 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.2.2. Różnicowanie powierzchni betonu na podstawie zarejestrowanych w trakcie skanowania wartości Intensity – opracowanie numeryczne wyników pomiarów  | 66  |
| 7.3. Teledetekcja hiperspektralna w różnicowaniu powierzchni  | 74  |
| 7.3.1. Biblioteka spektralna próbek betonu hydrotechnicznego  | 76  |
| 7.3.2. Różnicowanie powierzchni próbek na podstawie krzywych spektralnych   | 79  |
| 7.4. Podsumowanie   | 84  |
| <b>8. Uwarunkowania pomiarowe mające wpływ na wyniki oceny stanu powierzchni betonu</b>   | 89  |
| 8.1. Pola testowe   | 90  |
| 8.1.1. Pole testowe PW(1)   | 90  |
| 8.1.2. Pole testowe PK(1)   | 91  |
| 8.2. Wpływ kąta padania promienia laserowego na wyniki skanowania laserowego  | 94  |
| 8.2.1. Wpływ kąta padania promienia laserowego na rejestrowane wartości Intensity   | 94  |
| 8.2.2. Wpływ kąta padania promienia laserowego na kompletność danych  | 100 |
| 8.3. Wpływ odległości stanowiska od badanej powierzchni na wyniki skanowania laserowego   | 104 |
| 8.4. Wpływ odległości na rozdzielczość skanu  | 105 |
| 8.5. Korekcje wartości Intensity ze względu na lokalizację stanowiska pomiarowego   | 106 |
| 8.5.1. Korekcja wartości Intensity na podstawie analizy skanu ściany odpowietrznej zapory betonowej Solina (Góra et al., 2015; Zaczek-Peplinska et al., 2015)   | 107 |
| 8.5.2. Korekcja wartości Intensity (Mukup et al., 2017)   | 115 |
| 8.6. Obszary o jednorodnej dokładności rejestrowanej wartości intensywności – klasy zobrazowania powierzchni  | 122 |
| <b>9. Automatyczne rozpoznawanie obrazów w analizie zarejestrowanych wartości intensywności odbicia (I)</b>   | 126 |
| <b>10. Dobór i agregacja pól treningowych do klasyfikacji nadzorowanej obrazu intensywności</b>   | 134 |
| 10.1. Rozpoznanie natury klasyfikowanego problemu – identyfikacja klas istotnych dla klasyfikowanego problemu   | 135 |
| 10.2. Określenie danych referencyjnych – pozyskanie pól treningowych na podstawie wiedzy a priori   | 136 |
| 10.3. Obliczenie charakterystyk dla wzorców klas, czyli wydobycie informacji statystycznej (wartość minimalna, maksymalna, wartość średnia, odchylenie standardowe, histogram jednowymiarowy, macierz wariancyjno-kowariancyjna) dla pól treningowych | 138 |
| 10.4. Analiza charakterystyk pól treningowych pod względem ich jednorodności i rozłączności (wykresów dwuwymiarowych – skaterogramów i miar rozłączności)   | 141 |
| <b>11. Przykład oceny stanu powierzchni ściany odpowietrznej zapory z wykorzystaniem analizy obrazów intensywności</b>  | 149 |
| 11.1. Charakterystyka obiektu   | 150 |
| 11.2. Przebieg pomiarów terenowych  | 152 |
| 11.3. Klasyfikacja obrazów intensywności  | 156 |
| 11.4. Wyniki praktyczne opracowania – wskazanie obszarów powierzchni do czyszczenia, uzupełnienia i zabezpieczenia  | 160 |
| <b>12. Podsumowanie</b>   | 163 |
| <b>13. Literatura</b>   | 167 |