



RID II (Rozwój Innowacji Drogowych)  
**Diagnostyka sprężonych oraz ciągnowych drogowych obiektów  
inżynierskich, z uwzględnieniem doboru systemów monitoringu**



---

**Procedura szacowania korozji zbrojenia w elementach żelbetowych,  
sprężonych i ciągnowych konstrukcji mostowych  
metodą impulsu galwanostatycznego**

**Opracował zespół:** dr hab. inż. W. Raczkiewicz, prof. uczelni  
prof. dr hab. inż. Grzegorz Świt

Wydanie 3

11.06.2026, Warszawa

## SPIS TREŚCI

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Wprowadzenie .....</b>                                                             | <b>3</b>  |
| <b>1. Elektrochemiczna polaryzacyjna metoda impulsu galwanostatycznego (GPM).....</b> | <b>3</b>  |
| 1.1. Opis metody .....                                                                | 3         |
| 1.2. Opis przykładowej aparatury stosowanej do pomiarów .....                         | 4         |
| <b>2. Metodyka prowadzenia pomiarów metodą impulsu galwanostatycznego .....</b>       | <b>5</b>  |
| 2.1. Wytypowanie elementów i obszarów reprezentatywnych do wykonania pomiarów .....   | 5         |
| 2.2. Prace przygotowawcze przed przystąpieniem do pomiarów .....                      | 6         |
| 2.3. Przygotowanie aparatury pomiarowej do prowadzenia pomiarów .....                 | 7         |
| 2.4. Połączenie elementów zestawu .....                                               | 7         |
| 2.5. Wykonywanie pomiarów w terenie na istniejących elementach konstrukcji.....       | 8         |
| <b>3. Wyniki .....</b>                                                                | <b>9</b>  |
| 3.1. Przykładowy podgląd wyników .....                                                | 9         |
| 3.2. Interpretacja wyników .....                                                      | 11        |
| <b>Literatura .....</b>                                                               | <b>12</b> |

## Wprowadzenie

Analizując konstrukcje mostowe należy w sposób szczególny zwracać uwagę na działanie czynników środowiska naturalnego (wpływy temperatury, w tym działanie mrozu, opadów atmosferycznych, zanieczyszczeń związkami chemicznymi, zwłaszcza chlorkami), a także czynniki reologiczne (skurcz betonu), które, nawet niezależnie od działających obciążeń, mogą mieć destrukcyjny wpływ na elementy konstrukcji i obniżenie ich trwałości [1,2].

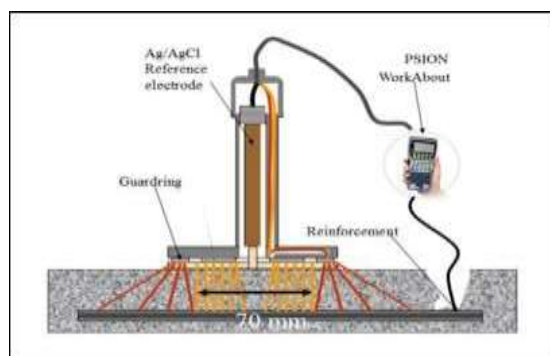
Pomiary wykonywane metodą impulsu galwanostatycznego (GP) stanowią ważny element badań uzupełniających konstrukcji mostów sprężonych odnoszący się do żelbetowych elementów obiektu (płyt pomostu, podpór/filarów, ścian przyczółków) sąsiadujących z elementami konstrukcji sprężonej. W trakcie prowadzenia badań elektrochemiczną metodą GP warto jest wykonać badania towarzyszące na próbkach betonu otuliny, które obejmują m.in. ocenę stopnia skarbonatyzowania betonu, ocenę zawartości chlorków, analizę mikrostruktury betonu na podstawie obrazów SEM (mikroskopu skaningowego).

### 1. Elektrochemiczna polaryzacyjna metoda impulsu galwanostatycznego (GPM)

#### Opis metody

Metoda impulsu galwanostatycznego (GPM) należy do grupy elektrochemicznych metod badawczych i pozwala (na podstawie pomiarów wykonanych bezpośrednio na obiekcie) na ustalenie z pewnym prawdopodobieństwem obszarów objętych korozją oraz oszacowanie stopnia zaawansowania procesu korozyjnego zbrojenia ze stali zwykłej i prognozowanie tempa korozji na podstawie pomiarów potencjału stacjonarnego zbrojenia, rezystywności otuliny betonowej oraz gęstości prądu korozyjnego [3-5].

Istotą pomiarów jest doprowadzenie do polaryzacji pręta zbrojeniowego, tj. wzbudzenia przepływu ładunków elektrycznych w układzie korozyjnym (jakim staje się stalowy pręt umieszczony w betonie o porach wypełnionych cieczą), czyli doprowadzenie do zaburzenia równowagi dynamicznej układu korozyjnego poprzez wygenerowanie prądu o określonym natężeniu. Bezpośrednio po wzbudzeniu przepływu ładunków elektrycznych wykonywany jest pomiar. Schemat połączenia badanego pręta zbrojeniowego z urządzeniem pomiarowym pozwalającym na tego typu pomiary jest pokazany na rysunku 1.1.



Rys. 1.1. Schemat połączenia badanego pręta zbrojeniowego z urządzeniem pomiarowym w metodzie impulsu galwanostatycznego (GPM) [4]

Uzyskane w wyniku przeprowadzonych pomiarów wartości analizowane są w odniesieniu do wartości kryterialnych, które w postaci danych tabelaryzowanych zamieszczone są na końcu niniejszego opracowania (Tabela 3.1). W zależności od uzyskanych wartości potencjału stacjonarnego zbrojenia i rezystywności otuliny betonowej można określić prawdopodobieństwo występowania korozji na badanym obszarze, a na podstawie wartości gęstości prądu korozyjnego można oszacować aktywność korozyjną badanego zbrojenia.

#### Opis przykładowej aparatury stosowanej do pomiarów

Do prowadzenia pomiarów elektrochemiczną polaryzacyjną metodą impulsu galwanostatycznego może na przykład posłużyć urządzenie pomiarowe GalvaPulse. Za jego pomocą można wykonać zarówno badania podstawowe (pomiar rezystywności otuliny betonowej i potencjału stacjonarnego zbrojenia na powierzchni elementu), jak i rozszerzone (tj. dodatkowo mierzona jest gęstość prądu korozyjnego). Pojedynczy pomiar daje możliwość uzyskania wszystkich badanych parametrów (dwóch lub trzech w zależności od zadeklarowanych pomiarów podstawowych lub zaawansowanych), co zwiększa miarodajność uzyskiwanych wyników. Urządzenie pomiarowe wraz z osprzętem mieści się w walizce, jak pokazano na rysunku 1.2.



Rys. 1.2. Elementy zestawu pomiarowego stosowanego w metodzie impulsu galwanostatycznego

Do podstawowego wyposażenia zestawu niezbędnego do wykonywania pomiarów metodą impulsu galwanostatycznego (GPM) należą (pokazane przykładowo na rysunku 1.3):

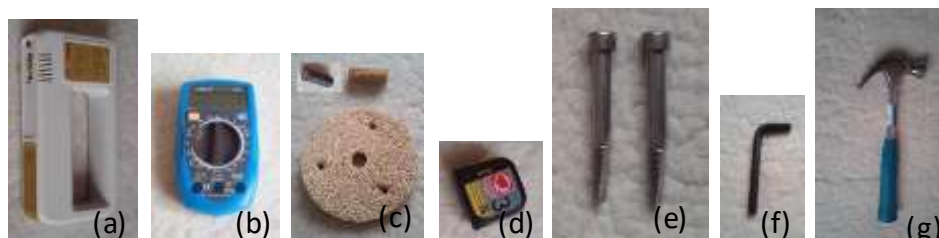
- a) urządzenie sterująco-rejestrujące, tj. ręczny komputer wraz z zainstalowanym oprogramowaniem, kartą pamięci FLASH 1MB i kompletem baterii: 2x baterie AA 1,5V, 1x bateria pastylkowa litowa R16 CR1620 3V,
- b) urządzenie kalibracyjne,
- c) ręczna elektroda pomiarowa z wymiennymi gąbkami oraz kablem umożliwiającym połączenie jej z urządzeniem sterująco-rejestrującym,
- d) kabel z końcówkami bananowymi,
- e) jedna para szczypczyków z otworami na końcówki bananowe.



Rys. 1.3. Podstawowe wyposażenie pomiarowe zestawu w metodzie GPM – opis w tekście

Pozostałe, przydatne w czasie prowadzenia pomiarów, elementy wyposażenia zestawu stanowią (Rys. 1.4):

- a) lokalizator zbrojenia,
- b) miernik przewodności elektrycznej,
- c) gąbki do elektrody pomiarowej (jedna okrągła, jedna w kształcie kostki) oraz kapturek ochronny na elektrodę chlorosrebrową,
- d) taśma miernicza,
- e) kotwy do łączenia zbrojenia,
- f) klucz imbusowy 10 mm,
- g) młotek.



Rys. 1.4. Wyposażenie dodatkowe zestawu w metodzie GPM – opis w tekście

Sprzęt dodatkowy, który nie stanowi części głównego zestawu pomiarowego, ale może być przydatny w trakcie wykonywania pomiarów w terenie, to:

- a) wiertarka udarowa z kompletem wiertel,
- b) kabel 15m (przedłużacz),
- c) spryskiwacz.

## 2. Metodyka prowadzenia pomiarów metodą impulsu galwanostatycznego

### Wytypowanie elementów i obszarów reprezentatywnych do wykonania pomiarów

W celu właściwego wyboru obszarów reprezentatywnych należy dokonać:

- a) analizy dokumentacji technicznej obiektu; szczególnie zwracając uwagę na lokalizację dylatacji, miejsc połączeń prefabrykatów, styków, podparć, kierunku spadku jezdni

- i chodników, tj. obszarów o podwyższonym prawdopodobieństwie występowania uszkodzeń,
- b) oceny wizualnej stanu istniejącego, w tym widocznych ubytków, raków, rys, odspojień betonu mogących świadczyć o niewłaściwym otuleniu zbrojenia, nieszczelnościach powierzchni, uszkodzeniach instalacji odwadniających, powłok ochronnych.

### Prace przygotowawcze przed przystąpieniem do pomiarów

Badania wykonywane elektrochemiczną metodą impulsu galwanostatycznego (GPM) wymagają wykonania odpowiednich wstępnych czynności przygotowawczych. Należą do nich:

- a) określenie położenia i przebiegu badanego zbrojenia w elemencie; można w tym celu wykorzystać ferroskan lub inne urządzenie pozwalające w sposób nieniszczący określić położenie i przebieg zbrojenia; możliwe jest też wykorzystanie znajdującego się w zestawie lokalizatora zbrojenia (Rys. 1.4.a); obecność zbrojenia jest sygnalizowana przez ostry dźwięk i palącą się czerwoną lampkę,
- b) sprawdzenie ciągłości zbrojenia na badanym obszarze; w tym celu również można wykorzystać lokalizator zbrojenia lub znajdujący się w zestawie miernik przewodności elektrycznej (Rys. 1.4.b) wraz z kablem i dodatkowym wyposażeniem; należy wówczas:
  - odkuć beton na tyle, aby możliwe było podłączenie do badanego pręta regulowanych szczypczyków lub
  - na kierunku osi zbrojenia wiertłem fi 18 wywiercić otwór dochodzący do pręta, następnie wymienić wiertło na fi 12 i wywiercić otwór odsłaniający powierzchnię boczną pręta, w który, po oczyszczeniu, należy wkręcić kotwę ze ściętym końcem (używając klucza imbusowego) i do niej podłączyć regulowane szczypczyki,
  - za pomocą kabla połączyć szczypczyki na przeciwległych końcach zbrojenia z miernikiem; miernik należy ustawić w funkcji *Diode* i sprawdzić odczyt, który powinien być  $\square 0$ ,
- c) wybór miejsca i wykonanie odkrywki zbrojenia, tj. odkucie otuliny na odcinku o szerokości  
~5 cm w celu połączenia urządzenia pomiarowego z badanym zbrojeniem,
- d) odsłonięcie warstwy otuliny betonowej, w tym usunięcie powłok ochronnych, malarskich, warstw tynku, itp.,
- e) dokładne oczyszczenie powierzchni przewidzianej do prowadzenia pomiarów z warstw izolujących, powłok ochronnych, farb, żywic epoksydowych czy nalotów organicznych,
- f) naniesienie regularnej siatki punktów pomiarowych, co pozwoli na późniejsze generowanie graficznych map rozkładu wartości mierzonych parametrów; punkty powinny być rozmieszczone tak, aby znajdowały się na linii przebiegu prętów zbrojeniowych. Przy ustalaniu siatki należy wziąć pod uwagę:
  - wielkość badanego obszaru,
  - średnicę elektrody pomiarowej (fi 70 mm),
  - maksymalną liczbę punktów pomiarowych, jaką można przyjąć – 100,
  - równomierny rozstaw punktów w danym kierunku.
- g) bezpośrednio przed rozpoczęciem pomiarów powierzchnia przewidziana do badania powinna być intensywnie i równomiernie nawilżona; czynność tę należy powtórzyć przynajmniej 3krotnie w odstępach 15 minutowych przed rozpoczęciem pomiarów. Przez cały czas prowadzenia pomiarów należy pamiętać o intensywnym nawilżeniu badanej powierzchni jak i gąbek elektrody. Wilgotność badanej powierzchni powinna być maksymalnie wysoka i stale utrzymywana na poziomie, przy którym rezystywność

otuliny betonowej nie wzrośnie powyżej  $\Theta = 50$  [k $\Omega$ cm]. Wartość rezystywności można kontrolować za pomocą miernika rezystywności betonu.

### Przygotowanie aparatury pomiarowej do prowadzenia pomiarów

**Uwaga:** przed każdym nowym badaniem należy umieścić w mierniku nowy komplet baterii o pełnej pojemności. **Mierniki stosowane w pomiarach metodą GPM są bardzo czułe na spadki napięcia**, a tym samym mogą błędnie odczytywać wartości mierzonych parametrów lub wyłączyć się nagle, co skutkuje utratą wszystkich niezapisanych pomiarów.

Przygotowując aparaturę pomiarową do badań wykonywanych metodą GPM należy ściśle stosować się do zaleceń producenta. Przygotowanie obejmuje zwykle wprowadzenie ustawień poszczególnych parametrów urządzenia oraz badanego elementu. Wprowadzić należy:

- a) ustawienia siatki punktów pomiarowych, w których wykonywane będą pomiary; rozmiar siatki i liczba deklarowanych punktów pomiarowych wynikają z parametrów urządzenia, w tym np. z wymiarów średnicy pierścienia elektrody pomiarowej - nie można zadeklarować odległości między punktami mniejszych, niż średnica; nie można zadeklarować odległości większych niż to wynika z wbudowanego oprogramowania; oprogramowanie urządzenia określa też maksymalną liczbę punktów na osi (np. równą 100 punktów). Ustawienia siatki pomiarowej wynikają również z rozmiarów badanego obszaru (im większy obszar, tym więcej punktów pomiarowych należy przyjąć),
- b) czas trwania impulsu; zwykle, im zbrojenie jest bardziej skorodowane, tym czas generowania impulsu powinien być dłuższy,
- c) wartość natężenia prądu polaryzacji; należy dążyć do tego, aby wprowadzona wartość natężenia prądu była jak najniższa, ale taka, przy której odczyty pomiaru potencjału stacjonarnego były poprawne:
  - dla obszarów o niskiej aktywności korozyjnej dobre odczyty uzyskuje się przy ustawieniu 25  $\mu$ A,
  - dla obszarów o wyższej aktywności korozyjnej należy ustawić  $50 \div 100$   $\mu$ A,
  - dla obszarów o bardzo wysokiej aktywności korozyjnej należy ustawić nawet 400  $\mu$ A
- d) parametry badanego zbrojenia: średnicę pręta zbrojeniowego i długość badanego odcinka pręta (zwykle jest to odcinek równy średnicy pierścienia elektrody pomiarowej),
- e) włączenie lub wyłączenie systemu pierścienia ograniczającego, pierścień ograniczający jest wbudowany w elektrodę pomiarową i, w zależności od zadeklarowania, może być aktywny lub nie; z założenia jest on domyślnie włączony, co ogranicza badany zasięg polaryzacji zbrojenia do konkretnej długości odcinka; wyłączenie pierścienia ma sens, jeśli pomiar obejmuje odcinek krótszy,

Wszystkie dane powinny być zapisane w aparaturze na cały czas prowadzenia badań danego obszaru.

### Połączenie elementów zestawu

Aparatura pomiarowa wykorzystywana w pomiarach metodą GPM musi być w sposób właściwy połączona ze zbrojeniem w badanym elemencie. W tym celu należy połączyć ze sobą za pomocą właściwego okablowania elektrodę pomiarową oraz miernik z wybranym prętem zbrojenia w badanym elemencie. Przykładowo przedstawiono to na rysunku 2.1 wykorzystując próbkę betonową ze zbrojeniem.



Rys. 2.1. Sposób połączenia miernika i elektrody pomiarowej z prętem zbrojeniowym w próbce betonowej

#### Wykonywanie pomiarów w terenie na istniejących elementach konstrukcji

Zgodnie z tym co podaje literatura oraz producenci aparatury pomiarowej na temat badań prowadzonych elektrochemiczną metodą polaryzacyjną [3,4] efektywniej jest wykonać najpierw pomiary w ramach badań podstawowych na większym obszarze, a następnie, na podstawie uzyskanych wyników, przystąpić do bardziej czasochłonnnych badań rozszerzonych na mniejszych obszarach, w których prawdopodobieństwo korozji (określone w oparciu o pomiary podstawowe) jest większe. Jednak badania podstawowe dają zwykle mało precyzyjną informację o wielkości prawdopodobieństwa korozji na badanym obszarze, dlatego też, w celu uzyskania miarodajnych wyników, zalecane jest od początku wykonywanie pomiarów rozszerzonych.

W przypadku prowadzenia pomiarów podstawowych na całym wytypowanym odcinku/obszarze badawczym elementu konstrukcji, we wszystkich zadeklarowanych punktach pomiarowych wykonuje się pomiary tylko dwóch parametrów, tj. potencjału stacjonarnego zbrojenia oraz rezystywności otuliny betonowej. W tym celu wybiera się właściwą opcję z dwóch dostępnych (zgodnie z instrukcją producenta aparatury). Na podstawie wartości ww. parametrów uzyskanych z wszystkich punktów pomiarowych do dalszej części badań typowane są jedynie wybrane punkty pomiarowe, tj. te, w których wartości potencjału korozyjnego zbrojenia i rezystywności otuliny betonowej wskazują na istniejące prawdopodobieństwo występowania korozji prętów zbrojenia (na podstawie tabeli 3.1). W wytypowanych punktach wykonuje się pomiary rozszerzone, tj. mierzona jest gęstość prądu korozyjnego oraz ponownie potencjał stacjonarny zbrojenia oraz rezystywność otuliny betonowej.

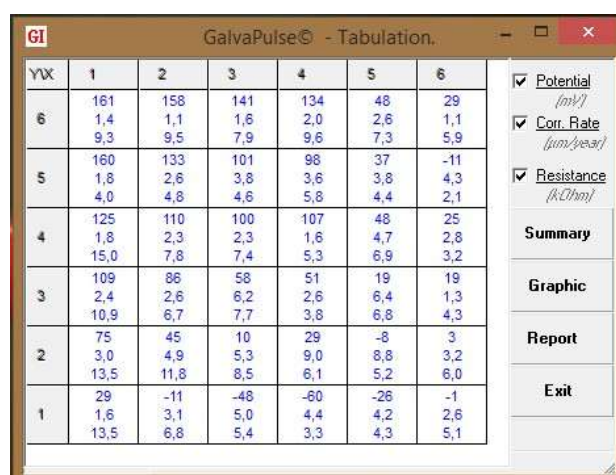
W czasie wykonywania badań czasami zdarza się, że nie można uzyskać wartości pomiaru wybranego parametru w danym punkcie. Najczęściej dzieje się tak w przypadku zbyt małej wilgotności betonu na badanym odcinku, słabych baterii miernika lub niewłaściwie zadeklarowanych ustawień czasu trwania impulsu i/lub natężenia prądu polaryzacji. W takiej sytuacji należy zwiększyć wilgotność i/lub doraźnie zmienić ustawienia miernika dla

pojedynczego punktu postępując zgodnie z wytycznymi producenta danej aparatury pomiarowej.

### 3. Wyniki

#### Przykładowy podgląd wyników

Przykładowa aparatura pomiarowa GalvaPulse wyposażona jest w oprogramowanie do podglądu wyników i generowania raportów, które można zainstalować w komputerze osobistym. Dzięki temu, po przesłaniu danych z aparatury do komputera można podglądać tabele wynikowe, jak to pokazano przykładowo na rysunku 3.1.



| YWX | 1                  | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 |
|-----|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 6   | 161<br>1,4<br>9,3  | 158<br>1,1<br>9,5 | 141<br>1,6<br>7,9 | 134<br>2,0<br>9,6 | 48<br>2,6<br>7,3  | 29<br>1,1<br>5,9  |
| 5   | 160<br>1,8<br>4,0  | 133<br>2,6<br>4,8 | 101<br>3,8<br>4,6 | 98<br>3,6<br>5,8  | 37<br>3,8<br>4,4  | -11<br>4,3<br>2,1 |
| 4   | 125<br>1,8<br>15,0 | 110<br>2,3<br>7,8 | 100<br>2,3<br>7,4 | 107<br>1,6<br>5,3 | 48<br>4,7<br>6,9  | 25<br>2,8<br>3,2  |
| 3   | 109<br>2,4<br>10,9 | 86<br>2,6<br>6,7  | 58<br>6,2<br>7,7  | 51<br>2,6<br>3,8  | 19<br>6,4<br>6,8  | 19<br>1,3<br>4,3  |
| 2   | 75<br>3,0<br>13,5  | 45<br>4,9<br>11,8 | 10<br>5,3<br>8,5  | 29<br>9,0<br>6,1  | -8<br>8,8<br>5,2  | 3<br>3,2<br>6,0   |
| 1   | 29<br>1,6<br>13,5  | -11<br>3,1<br>6,8 | -48<br>5,0<br>5,4 | -60<br>4,4<br>3,3 | -26<br>4,2<br>4,3 | -1<br>2,6<br>5,1  |

Rys. 3.1. Przykładowa tabela wynikowa wygenerowana w programie aparatury GalvaPulse

Dzięki dostępnym opcjom w oprogramowaniu możliwe jest generowanie tabel wynikowych zawierających wartości tylko jednego lub dwóch mierzonych parametrów w dowolnej konfiguracji (Rys. 3.2).

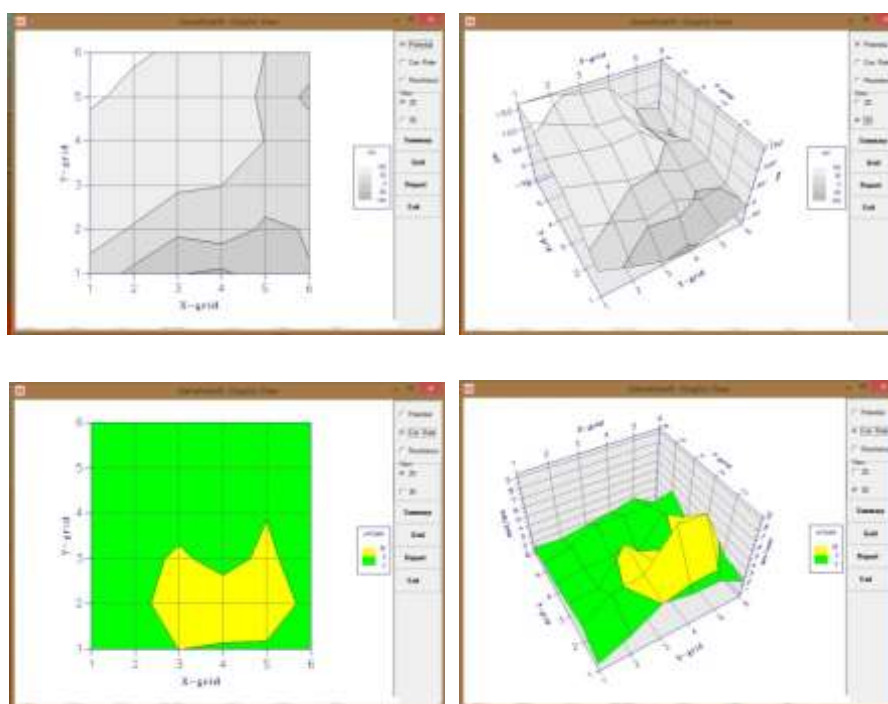


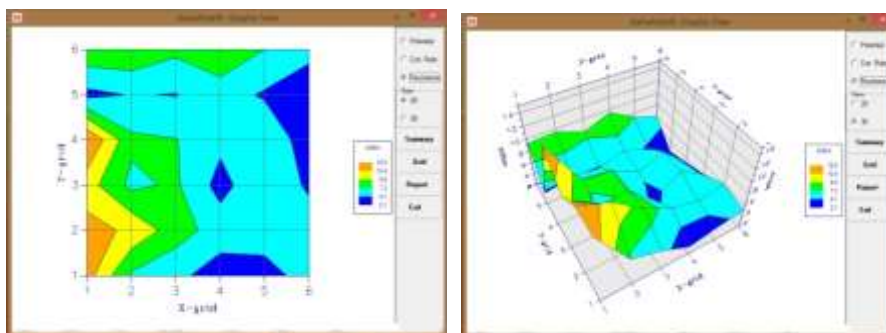
| YWX | 1                    | 2                    | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 |
|-----|----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 6   | 3,3<br>4,8<br>4,8    | 5,5<br>4,8<br>4,8    | 7,9<br>4,8<br>4,8 | 6,6<br>5,3<br>5,3 | 7,3<br>4,4<br>4,4 | 5,9<br>2,1<br>2,1 |
| 5   | 16,8<br>16,8<br>16,8 | 7,9<br>7,9<br>7,9    | 7,4<br>7,4<br>7,4 | 5,3<br>5,3<br>5,3 | 6,9<br>6,9<br>6,9 | 5,2<br>5,2<br>5,2 |
| 4   | 16,8<br>16,8<br>16,8 | 6,7<br>6,7<br>6,7    | 7,7<br>7,7<br>7,7 | 5,8<br>5,8<br>5,8 | 6,8<br>6,8<br>6,8 | 4,3<br>4,3<br>4,3 |
| 3   | 13,5<br>13,5<br>13,5 | 11,8<br>11,8<br>11,8 | 8,5<br>8,5<br>8,5 | 6,1<br>6,1<br>6,1 | 5,2<br>5,2<br>5,2 | 6,0<br>6,0<br>6,0 |
| 2   | 29<br>29<br>29       | -11<br>-11<br>-11    | -48<br>-48<br>-48 | -60<br>-60<br>-60 | -26<br>-26<br>-26 | -1<br>-1<br>-1    |
| 1   | 13,5<br>13,5<br>13,5 | 6,8<br>6,8<br>6,8    | 5,4<br>5,4<br>5,4 | 3,3<br>3,3<br>3,3 | 4,3<br>4,3<br>4,3 | 5,1<br>5,1<br>5,1 |



Rys. 3.2. Przykładowe tabele wyników wygenerowane dla wybranych wartości parametrów

Ponadto, zarchiwizowane wyniki mogą być widoczne w postaci graficznych map rozkładu zmierzonych wartości potencjału stacjonarnego zbrojenia, rezystywności otuliny betonowej i gęstości prądu korozyjnego w formie 2D lub 3D, co przykładowo pokazano na rysunku 3.3.





Rys. 3.3. Przykładowe graficzne mapy rozkładów mierzonych parametrów

### Interpretacja wyników

Interpretacja uzyskanych z badań wyników pomiarów jest możliwa dzięki informacji o wartościach granicznych podanych w tabeli 3.1. W zależności od uzyskanych wartości potencjału stacjonarnego zbrojenia i rezystywności otuliny betonowej można wnioskować o stopniu prawdopodobieństwa korozji zbrojenia na badanym obszarze, natomiast na podstawie wartości gęstości prądu korozyjnego można szacować tempo aktywności korozyjnej badanego pręta zbrojeniowego w czasie.

Tab. 3.1. Kryteria oceny stopnia zagrożenia korozyjnego zbrojenia [3]

|                      |                                                                  |                                                          |             |                                     |
|----------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|
| Pomiary zaawansowane | Pomiary podstawowe                                               | Potencjał stacjonarny zbrojenia, $E_{st}$ [mV]           | > -200      | 5% prawdopodobieństwo korozji       |
|                      |                                                                  |                                                          | -350 ÷ -200 | 50% prawdopodobieństwo korozji      |
|                      |                                                                  |                                                          | < -350      | 95% prawdopodobieństwo korozji      |
|                      |                                                                  | Rezystywność otuliny betonowej, $\Theta$ [k $\Omega$ cm] | $\geq 20$   | małe prawdopodobieństwo korozji     |
|                      |                                                                  |                                                          | 10 ÷ 20     | średnie prawdopodobieństwo korozji  |
|                      |                                                                  |                                                          | $\leq 10$   | duże prawdopodobieństwo korozji     |
|                      | Gęstość prądu korozyjnego, $i_{kor}$ [ $\mu$ A/cm <sup>2</sup> ] |                                                          | < 0,5       | nieprognozowana aktywność korozyjna |
|                      |                                                                  |                                                          | 0,5 ÷ 2,0   | nieistotna aktywność korozyjna      |
|                      |                                                                  |                                                          | 2,0 ÷ 5,0   | niska aktywność korozyjna           |
|                      |                                                                  |                                                          | 5,0 ÷ 15,0  | umiarkowana aktywność korozyjna     |
|                      |                                                                  |                                                          | > 15,0      | wysoka aktywność korozyjna          |

## Literatura

1. Ajdukiewicz A., Mames J.: Betonowe konstrukcje sprężone, *Wydawnictwo Stowarzyszenia Producentów Betonu*, 2008, ISBN: 978-83-61331-00-1
2. Madaj A., Wołowicki W.: Mosty betonowe. Wymiarowanie i konstruowanie, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010
3. Zybura A., Jaśniok M., Jaśniok T.: Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Badania korozji zbrojenia i właściwości ochronnych betonu, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2011
4. GalvaPulse. Available online: <https://www.germanninstruments.com/corrosion-rate-testconcrete-galvapulse> (dostęp 10.10.2025)
5. Raczkiewicz W.: Metodyka prowadzenia pomiarów służących ocenie stopnia skorodowania zbrojenia w betonie przy użyciu zestawu GP 5000-GalvaPulse™, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2019