

Załącznik E7

Procedura przedsezonowych badań porównawczych georadarów GPR

Warszawa, maj 2019

Niniejsze opracowanie stanowi załącznik do dokumentu głównego:

**DIAGNOSTYKA STANU NAWIERZCHNI
I WYBRANYCH ELEMENTÓW KORPUSU DROGI**
Wytyczne stosowania

W załącznikach zamieszczono m.in.: szczegółowe zasady realizacji pomiarów, instrukcje dotyczące oceny i klasyfikacji poszczególnych parametrów, zasady wizualizacji i analizy wyników diagnostycznych, instrukcje wykonywania pomiarów, procedury przedsezonowych badań porównawczych, procedury badań kontrolnych na własnym odcinku testowym, katalogi uszkodzeń nawierzchni oraz elementów korpusu drogi

Dokumenty systemu DSN zostały opracowane przez Zespół Autorski pracowników
Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad

Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

1. Przygotowania do badań porównawczych	5
2. Pomiary na odcinku testowym	6
3. Ocena ogólna wyników badań porównawczych	6

1. Przygotowania do badań porównawczych

Każde urządzenie typu georadar, przed przystąpieniem do pomiarów wykonywanych w ramach DSN, powinno być poddane pomiarom określającym dokładność, odtwarzalność oraz powtarzalność otrzymywanych wyników. Takie badania powinny być przeprowadzone każdorazowo przed rozpoczęciem kampanii pomiarowej. Po analizie wyników badań porównawczych i spełnieniu wymagań niniejszej procedury, urządzenie otrzymuje Świadectwo Dopuszczenia do Wykonywania Pomiarów (SDWP), wystawione przez jednostkę nadzorującą kampanię pomiarową, dopuszczające georadary GPR do pomiarów w danym sezonie.

Pomiary porównawcze należy wykonać co najmniej na dwóch odcinkach pomiarowych, przynajmniej w dwóch seriach pomiarowych, antenami o częstotliwości emitowanej fali elektromagnetycznej 1 GHz i 400 MHz. Zaleca się, aby odcinki pomiarowe różniły się między sobą rodzajem konstrukcji i technologią wykonania. W miarę możliwości (jak również w celu wyeliminowania konieczności wykonywania odwiertów) dopuszcza się (zaleca) typowanie odcinków pomiarowych o znanej grubości konstrukcji (np. wykonanej z kostki brukowej lub płyt betonowych o znanych parametrach geometrycznych). Pomiary należy wykonać na suchych i oczyszczonych z powierzchniowych zabrudzeń odcinkach, w tym samym dniu (niepoprzedzonym intensywnymi opadami deszczu) wszystkimi urządzeniami, które mają zostać dopuszczone do pomiarów sieciowych. Przed wykonaniem pomiarów porównawczych urządzenia powinny zostać skalibrowane zgodnie z Instrukcją wykonywania pomiarów georadarem (Załącznik D7). Pomiary porównawcze należy wykonać na tych samych ustawieniach pracy (tabela 1.1), wszystkich georadarów biorących udział w przedsezonowych badaniach porównawczych.

Tabela 1.1. Zalecane ustawienia pomiarów porównawczych wykonywanych jednostką centralną SIR-20

Lp.	Nazwa parametru	AIR COUPLED	GROUND COUPLED
		1 GHz	400 MHz
1	Model Anteny (Antena Model)	4108 (41000S)	5103 (50400S)
2	Okno Czasowe (Time Range)	20 ns	50 ns
3	Maksymalny (teoretyczny) zasięg głębokościowy (Max. Depth of Penetration)	1,0 m w zależności od rodzaju ośrodka	2 m w zależności od rodzaju ośrodka
4	Szybkość Transmisji Danych (Transmit Rate)	100 kHz	100 kHz
5	Częstotliwość Próbkowania Sygnału (Samples / Scan)	512	512
6	Szybkość Gromadzenia Danych (Scans / Second)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (dla szybkości transmisji danych 100 kHz zalecana wartość 100)	w zależności od szybkości transmisji danych i kroku pomiarowego (zalecana przez producenta wartość 120)
7	Krok Pomiarowy (Scans / Metr)	dowolny (minimum 4 skany/m)	dowolny (minimum 4 skany/m)
8	Rozdzielczość (Bits / Sample)	16	16
9	Liczba Punktów Wzmocnienia (Number of Gain Points)	1	5
10	Poziom Automatycznego Wzmocnienia (Auto Gain Level)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)	0,25 lub 0,5 (zalecany 0,5)
11	Pionowy Filtr Górnoprzepustowy (Vertical High Pass Filter)	250 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	100 MHz
12	Pionowy Filtr Dolnoprzepustowy (Vertical Low Pass Filter)	3000 MHz lub o ile to możliwe wewnętrzny filtr anteny (zalecane)	800 MHz

2. Pomiary na odcinku testowym

W przedsezonowych badaniach porównawczych, w celu określenia dokładności otrzymywanych danych z georadarów, należy na każdym odcinku pomiarowym wykonać co najmniej jeden odwiert, przynajmniej do głębokości stropu warstwy podbudowy pomocniczej. W przypadku znanych parametrów geometrycznych warstw, wykonywanie odwiertów można pominąć. Grubość warstw otrzymanych z odwiertów należy pomierzyć zgodnie z normą PN-EN 12697-36:2005.

3. Ocena ogólna wyników badań porównawczych

Różnicę (Δx_o) pomiędzy wartością pomierzoną z odwiertu (x_o) oraz wynikiem z pierwszego pomiaru georadarem (x_{g1}), jak również wynikiem z drugiego pomiaru georadarem (x_{g2}), należy obliczyć następująco:

$$\Delta x_{o,g1} = \left| \frac{x_{g1} - x_o}{x_o} \right| \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

$$\Delta x_{o,g2} = \left| \frac{x_{g2} - x_o}{x_o} \right| \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

Różnicę (Δx) pomiędzy dwoma pomiarami, wykonanymi za pomocą georadaru (wartości średnie z odcinka — x_{g1} i x_{g2}), należy obliczyć następująco:

$$\Delta x_{g1,g2} = \left| \frac{x_{g1} - x_{g2}}{x_{g1}} \right| \cdot 100\%. \quad (3.3)$$

Aby urządzenie zostało dopuszczone do pomiarów w ramach DSN, musi spełniać następujące warunki:

1. Różnica (Δx) pomiędzy wartością pomierzoną z odwiertu oraz z georadaru, na każdym odcinku pomiarowym, nie może przekraczać 5% (dokładność 95% i większa). Dotyczy to pierwszego, jak i drugiego pomiaru za pomocą georadaru. Wyżej wymieniona dokładność dotyczy warstw do głębokości stropu warstwy podbudowy pomocniczej i w każdym innym przypadku maleje wraz ze wzrostem głębokości i rodzajem materiału (dla warstw podbudowy pomocniczej należy przyjąć kryterium dokładności na poziomie co najmniej 90%).
2. Różnica (Δx) pomiędzy dwoma wartościami, uzyskanymi podczas pomiaru georadarem (wartość średnia z odcinka) na każdym odcinku pomiarowym, nie może przekraczać 5%. Przedstawione kryterium dotyczy warstw do głębokości stropu warstwy podbudowy pomocniczej i w każdym innym przypadku maleje wraz ze wzrostem głębokości i rodzajem materiału (dla warstw podbudowy pomocniczej należy przyjąć dopuszczalną różnicę na poziomie 10%).
3. Ocena wyników badań poszczególnych urządzeń pomiarowych, pod kątem ich odwzorowalności, należy przeprowadzić w oparciu o wartość wskaźnika z (z-score), obliczoną wg wzoru:

$$z = \frac{x - \bar{x}}{s}, \quad (3.4)$$

w którym:

x — wynik parametru mierzonego (grubość warstwy), uzyskany przez uczestnika (wartość średnia z dwóch pomiarów),

- \bar{x} — wartość rzeczywista (otrzymana z pomiaru grubości warstwy z odwiertu lub ze znanych wartości parametrów geometrycznych warstwy).
- s — odchylenie standardowe z wyników parametru mierzonego (grubość warstwy) przez uczestników.

W oparciu o uzyskane wartości wskaźnika kryteria oceny są następujące:

- $|z| \leq 2$ — wynik zadowalający,
- $2 < |z| < 3$ — wynik wątpliwy,
- $|z| \geq 3$ — wynik niezadowalający.

W ramach prac przygotowawczych do kolejnych kampanii procedura będzie aktualizowana.