

# **Załącznik D1. Instrukcja realizacji pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD**

## **1. Wprowadzenie**

Zespół pomiarowy.

Zaleca się, aby zespół pomiarowy zestawu FWD składał się z kierowcy oraz operatora sprzętu. Dopuszcza się zmniejszenie ekipy pomiarowej do jednej osoby pełniącej jednocześnie funkcję operatora - kierowcy. Operator FWD powinien być odpowiednio przeszkolony i posiadać ważny certyfikat wydany przez uprawnioną jednostkę.

Proces pomiaru ugięć nawierzchni jest wykonywany automatycznie. Operator przy pomocy dodatkowych urządzeń (dystansomierz, kamera) dokonuje wyboru miejsca oraz kontroluje przebieg procesu pomiarowego. Urządzenie FWD jest sterowane przez procesor pokładowy, a poprawność wyników uzyskiwanych w trakcie pomiarów kontrolowana jest na bieżąco przez program sterujący zainstalowany na komputerze pomiarowym.

Operator ma obowiązek rejestrowania szczególnych zdarzeń występujących na badanym odcinku (lokalizacji, przepustów itp.).

Warunki prowadzenia pomiaru.

- Średnia temperatura pakietu warstw asfaltowych w trakcie wykonywania pomiaru ugięć nawierzchni powinna zawierać się w przedziale od 5°C do 25°C;
- temperaturę należy mierzyć w połowie grubości pakietu warstw asfaltowych, w otworze zalanym cieczą zapewniającą dobry kontakt termiczny (olej, gliceryna) po ustabilizowaniu temperatury w otworze lub zastosować alternatywną metodę określania temperatury warstwy asfaltowej – metodę typu BELLS;
- pomiar temperatury należy przeprowadzić na początku oraz końcu serii pomiarów FWD;
- w przypadku zmian temperatury powietrza o więcej niż 5°C lub czasu trwania pomiarów przekraczającego 4 godziny, należy wykonać dodatkowy pomiar temperatury;
- we wszystkich punktach pomiaru FWD należy rejestrować temperaturę powietrza oraz temperaturę powierzchni jezdni;
- na nawierzchni w miejscu pomiaru FWD nie powinna znajdować się stojąca woda, a podłoże gruntowe nie może być zamrożone.

Dane dla operatora wymagane przed rozpoczęciem pomiarów.

- lokalizacja i długość badanego odcinka drogi;
- typ nawierzchni drogi (podatna, półsztywna);
- grubość warstw asfaltowych;
- program badań.

Rejestracja wyników.

Dla całego badanego odcinka w pamięci komputera należy zarejestrować:

- nazwę pliku pomiarowego,
- numer drogi,
- opis badanego odcinka (jezdni, pas),
- rozstaw czujników ugięć,
- dane kalibracyjne czujników ugięć i siły,
- datę pomiaru,
- współrzędne geograficzne wykonanych pomiarów.

Dla każdego punktu pomiaru ugięć w pamięci komputera należy zarejestrować:

- lokalizację pomiaru (km, strona pomiaru),
- numer zrzutu,
- czas pomiaru,
- temperaturę pakietu warstw asfaltowych,
- temperaturę otoczenia,
- temperaturę powierzchni jezdni,
- wartość maksymalną siły obciążającej (nacisk),
- wartości maksymalne ugięć.

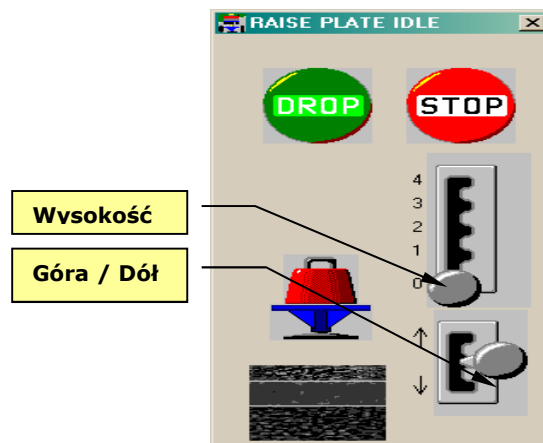
Należy zarejestrować, co najmniej dane odczytane w trakcie ostatniego poprawnego zrzutu. Zaleca się rejestrację całej ostatniej poprawnej sekwencji pomiarowej (dwa zrzuty).

## 2. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD - Dynatest

*Przygotowanie aparatury pomiarowej.*

W pierwszej kolejności należy odblokować płytę naciskową. Z poziomu komputera unieść płytę i odsunąć blokady płyty oraz wyjąć zawleczkę blokady belki z geofonami. Uruchomić oznakowanie zabezpieczające.

Do wykonania tych czynności służy ikona w programie sterująca pozycją płyty przedstawiona na rys. nr D1.1.



Rysunek nr D1.1. Ikona sterująca pozycją płyty

Przed ustawieniem płyty pomiarowej na jezdni należy zbadać temperaturę miarodajną nawierzchni w połowie grubości pakietu warstw bitumicznych. Pozostałe temperatury powietrza i powierzchni jezdni mierzą automatycznie czujniki aparatu. Wynik pomiaru zapisywany jest w tabeli uaktywnianej przez program pomiarowy. Temperatura miarodajna nawierzchni nie może przekraczać 25°C.

Po uruchomieniu programu FwdWin należy wypełnić tabelę związaną z obsługą pliku rejestrującego dane, zakładanego dla odcinka pomiarowego – rysunek nr D1.2.

Temperatury powietrza i powierzchni jezdni zapisywane są automatycznie, natomiast temperaturę miarodajną należy wpisać z pomiaru w odwiercie. Podobnie należy wypełnić część opisową i lokalizacją odcinka pomiarowego. W kolejnej tablicy wprowadzamy wysokość i sekwencję zrzutów obciążenia rysunku nr D1.3. Na ekranie kontrolnym dla

całego procesu pomiarowego rysunku nr D1.4. śledzimy i korygujemy proces pomiarowy dla odcinka.

**Dynatest FWD - RAISE PLATE IDLE**

File View Test Setup Network Setup Information Manual Control Help

°C  
 Air: 20.4  
 Surface: 27.8  
 Asphalt: 33.0

Facility: Dynatest Boulevard | A1  
 District: Copenhagen, DK | AC  
 Section: East bound lane one | A1+1  
 Start: Townhall Square | Lane: Right-1  
 End: Kastруп Airport | Heading: East

km  
 Previous: 1.492 | Test Setup: Dynatest  
 Step: 0.492 | Comment:  
 Station: 1.492 | Slab: | Cracks: None

**Action**

|   | kPa | kN    | D1    | D2    | D3    | D4    | D5    | D6    | D7    | D8    | D9   |
|---|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1 | 539 | 38.09 | 411.5 | 368.5 | 349.6 | 317.8 | 287.7 | 224.7 | 163.3 | 100.1 | 37.8 |
| 2 | 847 | 59.86 | 654.5 | 584.6 | 559.4 | 504.2 | 453.6 | 359.5 | 258.5 | 159.8 | 59.4 |
| 3 | 846 | 59.79 | 657.5 | 582.5 | 550.1 | 507.1 | 453.0 | 355.6 | 258.9 | 157.6 | 59.2 |

Rysunek nr D1.2. Tabela danych założenia pliku pomiarowego i opisujących odcinek pomiarowy

**Test Setup**

New Delete Re|Rename

Setup Name: Dynatest  
Comment:

**Options**

- 60 mS Sampling Window
- Smoothing
- Preserve Temperatures

**Loading Plate**

- 300 Diameter of Plate
- Segmented

**Automated Prompts**

- Station
- Slab ID, Test position
- Asphalt Temperature
- Surface Temperature
- Air Temperature
- Cracking
- Comment
- Reject/Accept

**Positions**

| Ch | X-Pos | Y-Pos |
|----|-------|-------|
| 1  | 0     | 0     |
| 2  | 200   | 0     |
| 3  | 300   | 0     |
| 4  | 450   | 0     |
| 5  | 600   | 0     |
| 6  | 900   | 0     |
| 7  | 1200  | 0     |
| 8  | 1500  | 0     |
| 9  | 1800  | 0     |

**Data Validity Checks**

- Enabled Decrease
- Enabled Roll Off
- Enabled Overflow
- Disabled Repeatability
  - Include Seating Drops
  - Load (kPa or psi)
  - Load Percent
  - Deflection (mu or mil)
  - Deflection Percent

**Sequence**

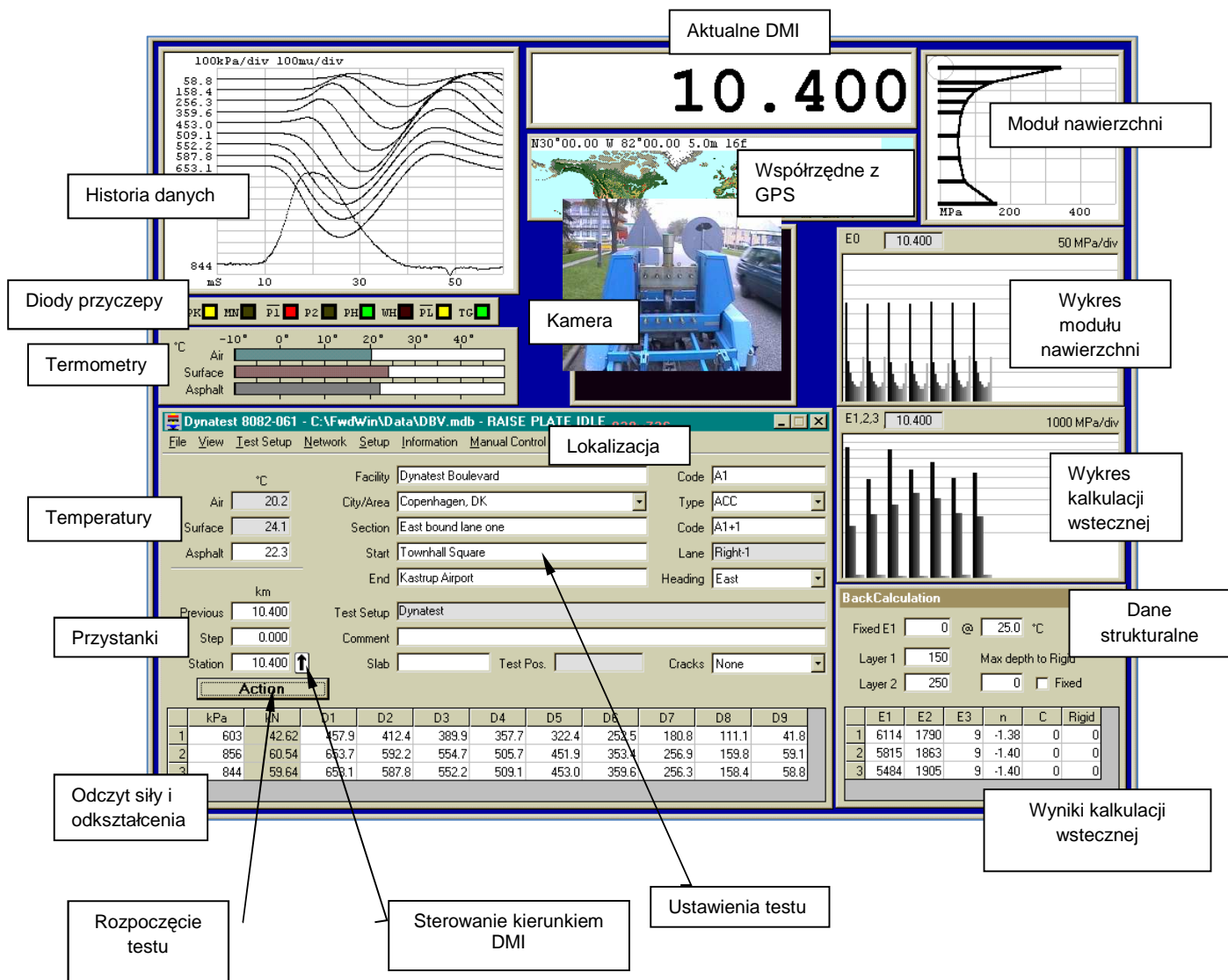
No of steps: 3

| No | Type   | Param | D | F |
|----|--------|-------|---|---|
| 1  | Height | 1     | ⊗ | - |
| 2  | Height | 2     | ⊗ | - |
| 3  | Height | 2     | ⊗ | ⊗ |

OK Apply Cancel

6/22/2001 11:36:25 AM - Dynatest

Rysunek nr D1.3. Tabela rozmieszczenia czujników, wysokości i sekwencji zrzutów obciążenia.



Rysunek nr D1.4. Ekran kontrolny pomiaru.

### Wykonanie pomiaru.

Po wprowadzeniu niezbędnych informacji do programu pomiarowego opisanych powyżej można rozpocząć pomiar ugięć.

Pomiary ugięć nawierzchni należy wykonywać w śladzie prawego koła na każdym pasie ruchu z częstotliwością, co 50m. Należy zwracać uwagę, aby podczas zrzutu płyta naciskowa dokładnie przylegała do nawierzchni.

Pomiar ugięć wykonywany jest punktowo, przy zatrzymanym pojeździe z jednoczesną rejestracją dystansu oraz współrzędnych geograficznych.

W każdym punkcie pomiarowym badanego odcinka drogi należy stosować jednakową sekwencję pomiarową składającą się z „technicznego” zrzutu osadzającego płytę oraz dwóch zrzutów z odczytem ugięć.

Zrzut wykonywany jest trzykrotnie – pierwszy zrzut dopasowujący z naciskiem ok. 20kN, dwa następne o zadanym nacisku np. 50 kN  $\pm 10\%$  są rejestrowane, a rozrzut wyników nie może przekraczać 2% na każdym geofonie.

W celu zwiększenia dokładności pomiaru zaleca się prowadzenie automatycznej kontroli wartości mierzonych podczas każdego zrzutu w zakresie:

- monotoniczności wykresu czaszy ugięcia (czy ugięcia maleją wraz ze wzrostem odległości),
- różnicy odczytów ugięć pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja  $\pm 5 \mu\text{m}$  lub  $\pm 5\%$  odczytu),
- różnicy odczytów siły obciążającej pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja  $\pm 5 \text{ kN}$  lub  $\pm 5\%$  odczytu).

Jeżeli kontrola da wynik negatywny, należy powtórzyć sekwencję pomiarową w danym punkcie, a gdy powtórzenie nie przyniesie poprawy należy nieznacznie zmienić miejsce wykonywania pomiaru ugięcia.

Do analizy należy przyjąć dane zarejestrowane podczas ostatniego zrzutu.

### 3. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD - Kuab

Przygotowanie aparatury pomiarowej.

W pierwszej kolejności po podłączeniu przewodów, wykonać czynności kontrolne przewidziane w instrukcji obsługi urządzenia. Następnie po uruchomieniu silnika na panelu kontrolnym urządzenia przełączyć "Control Power" do pozycji komputer. Na panelu kontrolnym znajdującym się w pojeździe holującym przedstawionym na rys. D1.5. włączyć zasilanie główne "Main power" i „Safety break” oraz uruchomić oznakowanie ostrzegawcze "Warning light".



Rys. D1.5 Panel kontrolny znajdujący się w pojeździe holującym.

Po uruchomieniu programu FVO w celu przygotowania konfiguracji wykonywanych pomiarów w zakładce "konfiguracja" wybrać funkcję "Tryb obciążenia". W tabeli odpowiednim oznaczeniem literowym przypisać oczekiwane obciążenia podczas badania. Rys. D1.6.

| Wysokości domyślne                            |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|
| Obciążenia nominalne dla wysokości domyślnych |      |      |      |      |      |
| 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 15.0  | 30.0 | 40.0 | 50.0 | 60.0 | 80.0 |

| Loads                          |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| Wprowadź oczekiwane obciążenia |      |      |      |      |      |
| A                              | B    | C    | D    | E    | F    |
| 20.0                           | 40.0 | 50.0 | 57.5 | 75.0 | 80.0 |

Rys. D1.6. Tabela trybów obciążenia

W zakładce "konfiguracja" wybrać funkcję "ustawienia dodatkowych informacji" Używając przycisków Dodaj, Wstaw i Usuń dostosować tablice nagłówków rys. D1.7. wprowadzając następujące linie danych: droga, odcinek pomiarowy, pas ruchu, itp. Po utworzeniu pliku pomiarowego, użytkownik będzie proszony o dane wejściowe dla każdej z linii w tablicy nagłówka.

Należy dostosować dodatkowe kolumny, jakie powinien mieć plik pomiarowy. W sekcji "pole danych" wprowadzić nacisk płyty obciążeniowej.

Rys. D1.7. Tabela ustawień dodatkowych informacji.

W celu zapisania odpowiedniej sekwencji pomiarowej w zakładce "konfiguracja" wybrać funkcję "tryb pomiaru". W każdym punkcie pomiarowym badanego odcinka drogi należy stosować jednakową sekwencję pomiarową składającą się z „technicznego” zrzutu osadzającego płytę z naciskiem ok. 20kN oraz dwóch zrzutów o zadanym nacisku np.50 kN z odczytem ugięć.

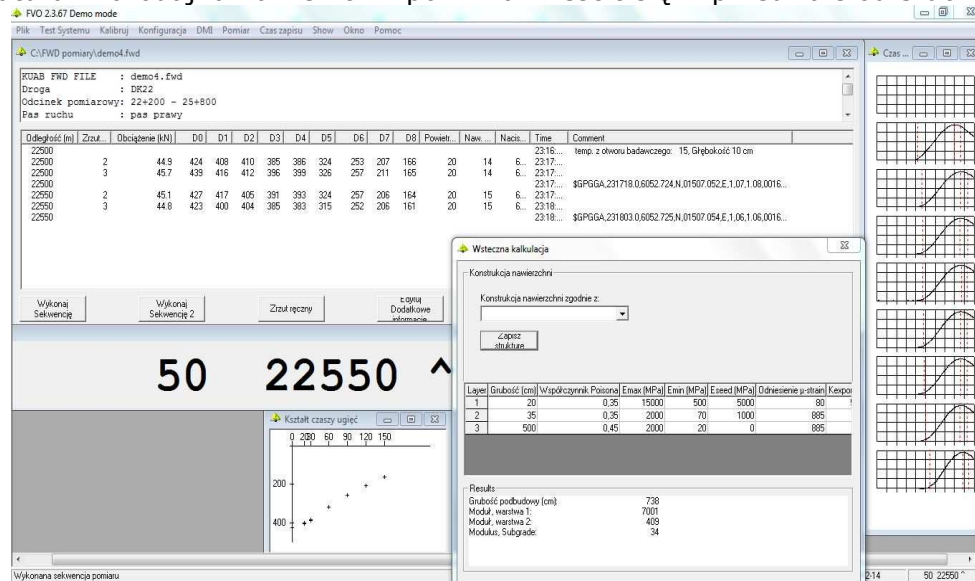
Rys. D1.8. Tabela ustawień trybu pomiarowego

Po utworzeniu pliku pomiarowego wprowadzić dane dotyczące lokalizacji badanego odcinka.

Następnie ustawić kilometraż punktu początkowego w zakładce DMI poprzez funkcję "zmień pozycję". Należy ustalić również kierunek DMI. W przypadku DMI malejącego w zakładce pomiar wybrać funkcję "obróć się o 180 stopni".

Przed ustawieniem płyty pomiarowej na jezdni należy zbadać temperaturę miarodajną nawierzchni w połowie grubości pakietu warstw bitumicznych. Pozostałe temperatury powietrza i powierzchni jezdni mierzą automatycznie czujniki aparatu. W celu podania temperatury warstw asfaltowych w zakładce "pomiar" wybrać funkcję "dodaj odczyt temperatury z otworu badawczego".

Temperatura miarodajna nawierzchni powinna mieścić się w przedziale od 5 do 25 °C.



Rys. D1.9. Ekran kontrolny pomiaru.

Na ekranie kontrolnym dla całego procesu pomiarowego rys. nr D1.9. śledzimy i korygujemy proces pomiarowy dla odcinka.

## Wykonanie pomiaru

Po wprowadzeniu niezbędnych informacji do programu pomiarowego opisanych powyżej można rozpocząć pomiar ugięć.

Pomiary ugięć nawierzchni należy wykonywać w śladzie prawego koła na każdym pasie ruchu z częstotliwością, co 50m. Należy zwracać uwagę, aby podczas zrzutu płyta naciskowa dokładnie przylegała do nawierzchni.

Pomiar ugięć wykonywany jest punktowo, przy zatrzymanym pojeździe z jednoczesną rejestracją dystansu oraz współrzędnych geograficznych.

W każdym punkcie pomiarowym badanego odcinka drogi należy stosować jednakową sekwencję pomiarową składającą się z „technicznego” zrzutu osadzającego płytę oraz dwóch zrzutów z odczytem ugięć.

Zrzut wykonywany jest trzykrotnie - pierwszy zrzut dopasowujący z naciskiem ok. 20kN, dwa następne o zadanym nacisku np. 50 kN  $\pm 10\%$  są rejestrowane, a rozrzut wyników nie może przekraczać 2% na każdym geofonie.

W celu zwiększenia dokładności pomiaru zaleca się prowadzenie automatycznej kontroli wartości mierzonych podczas każdego zrzutu w zakresie:

- monotoniczności wykresu czasu ugięcia (czy ugięcia maleją wraz ze wzrostem odległości),
- różnicy odczytów ugięć pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja  $\pm 5 \mu\text{m}$  lub  $\pm 5\%$  odczytu),

- różnicy odczytów siły obciążającej pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja  $\pm 5$  kN lub  $\pm 5\%$  odczytu).

Jeżeli kontrola da wynik negatywny, należy powtórzyć sekwencję pomiarową w danym punkcie, a gdy powtórzenie nie przyniesie poprawy należy nieznacznie zmienić miejsce wykonywania pomiaru ugięcia.

Do analizy należy przyjąć dane zarejestrowane podczas ostatniego zrzutu.

#### 4. Sprzęt pomiarowy

Do wykonywania badań ugięć nawierzchni należy stosować zestaw pomiarowy składający się z przyczepy pomiarowej FWD oraz samochodu holującego. Dopuszcza się stosowanie innego równoważnego, wiarygodnego sprzętu, jeśli dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem FWD.

##### 🚧 Geofony.

Wielkości ugięć nawierzchni mierzone są za pomocą minimum dziewięciu czujników przemieszczeń (geofonów) ustawionych w ściśle określonych odległościach od osi działania siły obciążającej.

Przebiegi procesów obciążenia i odkształcenia się konstrukcji są rejestrowane jednocześnie, impuls obciążenia trwa 20-60 msek, a geofony są rozstawione co 300 mm licząc od geofonu centralnego do + 1500 mm geofonu nr - 9. Zalecane rozmieszczenie czujników przedstawia się następująco: -300; -200; 0; +200; +300; +600; +900; +1200; +1500 mm od punktu obciążenia.

##### 🚧 Czujnik siły

- minimalna rozdzielczość odczytu: 0.1 kN,
- minimalna dokładność pomiaru: 0.5 % pełnego zakresu skali lub 2 % odczytu,
- minimalna powtarzalność pomiaru:  $\pm 0.1$  % pełnego zakresu skali,
- minimalna powtarzalność pomiaru:  $\pm 2 \mu\text{m} + 1\%$  odczytu,
- maksymalny zakres pomiaru: 2000  $\mu\text{m}$ ,
- minimalna rozdzielczość odczytu: 1  $\mu\text{m}$ .

##### 🚧 Pomiar temperatury warstwy asfaltowej.

- minimalna rozdzielczość odczytu: 0.5 °C,
- minimalna dokładność pomiaru termometru:  $\pm 1.0$  °C w zakresie od -10 do + 50 °C.

##### 🚧 Pomiar odległości.

- minimalna rozdzielczość odczytu: 1.0 m
- minimalna dokładność pomiaru:  $\pm 0.5$  % mierzonego dystansu

##### 🚧 Sprzęt dodatkowy

- sonda temperaturowa uniwersalna o długości około 15 cm,
- wiertarka udarowa z wiertłem –  $\varnothing 10$  mm,
- pojemnik z wodą – 1l.

Struktury danych wynikowych badań ugięć nawierzchni zostały szczegółowo opisane w załączniku H.

Szczegółowy opis programu do przeprowadzania badań znajduje się w instrukcji obsługi urządzenia [4], [5].