

Załącznik D1

Instrukcja pomiarów ugięciomierzem FWD

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. Wprowadzenie	5
1.1. Zespół pomiarowy	5
1.2. Warunki prowadzenia pomiaru	5
1.3. Dane wprowadzane przez operatora	5
1.4. Rejestracja wyników	5
2. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD – Dynatest	6
2.1. Przygotowanie aparatury pomiarowej	6
2.2. Wykonanie pomiaru	8
3. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD – Kuab	9
3.1. Przygotowanie aparatury pomiarowej	9
3.2. Wykonanie pomiaru	13
4. Sprzęt pomiarowy	13

1. Wprowadzenie

1.1. 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.).

1.2. Warunki prowadzenia pomiaru

Wymagania pomiarowe:

1. Średnia temperatura pakietu warstw asfaltowych w trakcie wykonywania pomiaru ugięć nawierzchni powinna zawierać się w przedziale 5–25°C.
2. 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 (np. typu BELLS — metoda określania przybliżonej temperatury).
3. Pomiar temperatury należy przeprowadzić na początku oraz końcu serii pomiarów FWD.
4. W przypadku zmian temperatury powietrza o więcej niż 5°C lub czasu trwania pomiarów przekraczającego 4 h, należy wykonać dodatkowy pomiar temperatury.
5. We wszystkich punktach pomiaru FWD należy rejestrować temperaturę powietrza oraz temperaturę powierzchni jezdni.
6. Na nawierzchni, w miejscu pomiaru FWD, nie powinna znajdować się stojąca woda, a podłoże gruntowe nie może być zamrożone.

1.3. Dane wprowadzane przez operatora

Przed rozpoczęciem pomiarów operator powinien odnotować wymagane informacje, a mianowicie:

1. lokalizację i długość badanego odcinka drogi,
2. typ nawierzchni drogi (podatna, półsztywna),
3. grubość warstw asfaltowych,
4. sekwencje obciążeń nawierzchni oraz wysokości zrzutów.

1.4. Rejestracja wyników

Dla całego badanego odcinka w pamięci komputera należy zarejestrować:

1. nazwę pliku pomiarowego,
2. numer drogi,
3. opis badanego odcinka (jezdni, pas),
4. rozstaw czujników ugięć,
5. dane kalibracyjne czujników ugięć i siły,
6. datę pomiaru,
7. współrzędne geograficzne lokalizacji pomiarów.

Dla każdego punktu pomiaru ugięć w pamięci komputera należy zarejestrować:

1. lokalizację pomiaru (km, strona pomiaru),
2. numer zrzutu,
3. czas pomiaru,
4. temperaturę pakietu warstw asfaltowych,
5. temperaturę otoczenia,
6. temperaturę powierzchni jezdni,
7. wartość maksymalną siły obciążającej (nacisk),
8. wartości maksymalne ugięć.

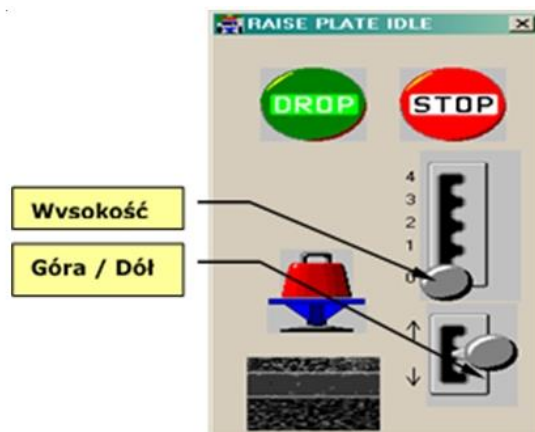
Należy zarejestrować co najmniej dane odczytane w trakcie ostatniego poprawnego zrzutu. Zaleca się rejestrację całej ostatniej poprawnej sekwencji pomiarowej (dwa zrzuty).

2. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD – Dynatest

2.1. 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 należy skorzystać z opcji sterujących pozycją płyty w okienku **RAISE PLATE IDLE**, przedstawionym na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Okienko **RAISE PLATE IDLE** do sterowania pozycją płyty

Przed ustawieniem płyty pomiarowej na jezdni należy zbadać temperaturę miarodajną w połowie grubości pakietu warstw asfaltowych. Temperatury powietrza i powierzchni jezdni są mierzone automatycznie przez czujniki zainstalowane w ugięciomierzu FWD. Wynik pomiaru jest zapisywany w tabeli uaktywnianej przez program pomiarowy. Temperatura miarodajna nawierzchni nie powinna przekraczać 25°C.

Po uruchomieniu programu FwdWin należy wypełnić tabelę związaną z obsługą pliku rejestrującego dane, zakładanego dla odcinka pomiarowego — rys. 2.2.

Temperatury powietrza i powierzchni jezdni zapisywane są automatycznie, natomiast temperaturę miarodajną pakietu warstw należy wpisać z pomiaru w odwiercie. Podobnie należy wypełnić część opisową związaną z lokalizacją odcinka pomiarowego. Następnie w oknie **Test Setup** wprowadzamy wysokość i sekwencję zrzutów obciążenia (rys. 2.3).

Na ekranie kontrolnym dla całego procesu pomiarowego (rys. 2.4) 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 Kastrop Airport Heading East

km
 Previous 1.492
 Step 0.492
 Station 1.492 ↑

Test Setup Dynatest
 Comment
 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

Rys. 2.2. Okno RAISE PLATE IDLE (tabela danych założenia pliku pomiarowego i opisujących odcinek pomiarowy)

Test Setup

New Delete 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

5 Load (kPa or psi)

2 Load Percent

2 Deflection (mu or mil)

2 Deflection Percent

Sequence

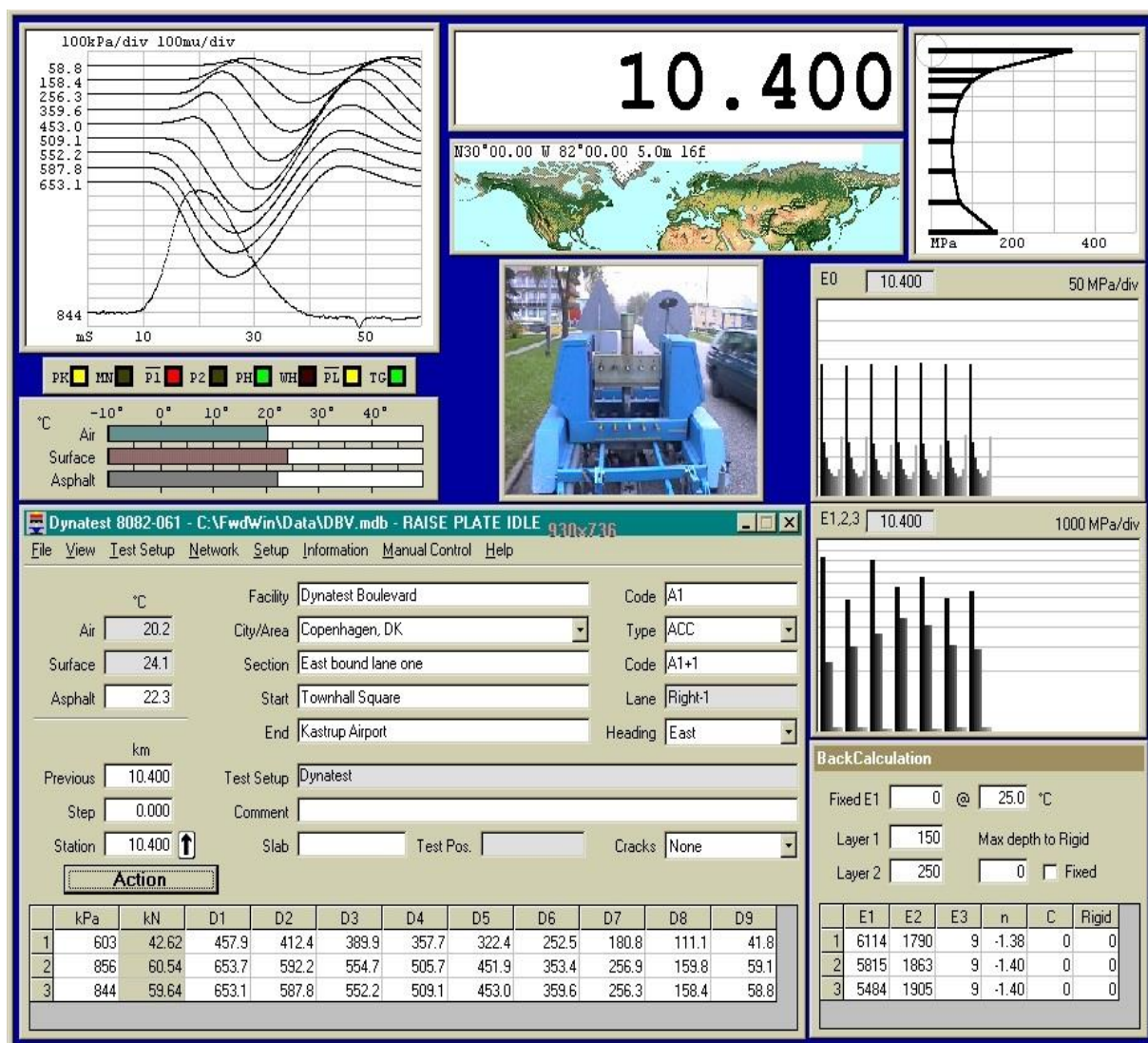
No of steps 3

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

Rys. 2.3. Okno Test Setup (tabela rozmieszczenia czujników, wysokości i sekwencji rzutów obciążenia)



Rys. 2.4. Ekran kontrolny pomiaru

2.2. Wykonanie pomiaru

Po wprowadzeniu niezbędnych informacji do programu pomiarowego, opisanych w p. 2.1, można rozpocząć pomiar ugięć.

Pomiary ugięć nawierzchni należy wykonywać w śladzie prawego koła, z krokiem pomiarowym wynoszącym 50 m. Należy zwracać uwagę, aby podczas zrzutu płyta naciskowa dokładnie przylegała do nawierzchni.

Pomiar ugięć jest wykonywany 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 dopasowującego płytę oraz dwóch zrzutów z odczytem ugięć.

Zrzut dopasowujący wykonywany z naciskiem około 20 kN jest nierejestrowany, a dwa następne zrzuty z wymaganym naciskiem, np. 50 kN $\pm 10\%$, są rejestrowane. 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:

1. Monotoniczności wykresu czaszy ugięcia (czy ugięcia maleją wraz ze wzrostem odległości).
2. Różnicy odczytów ugięć pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja $\pm 5 \mu\text{m}$ lub $\pm 5\%$ odczytu).
3. 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.

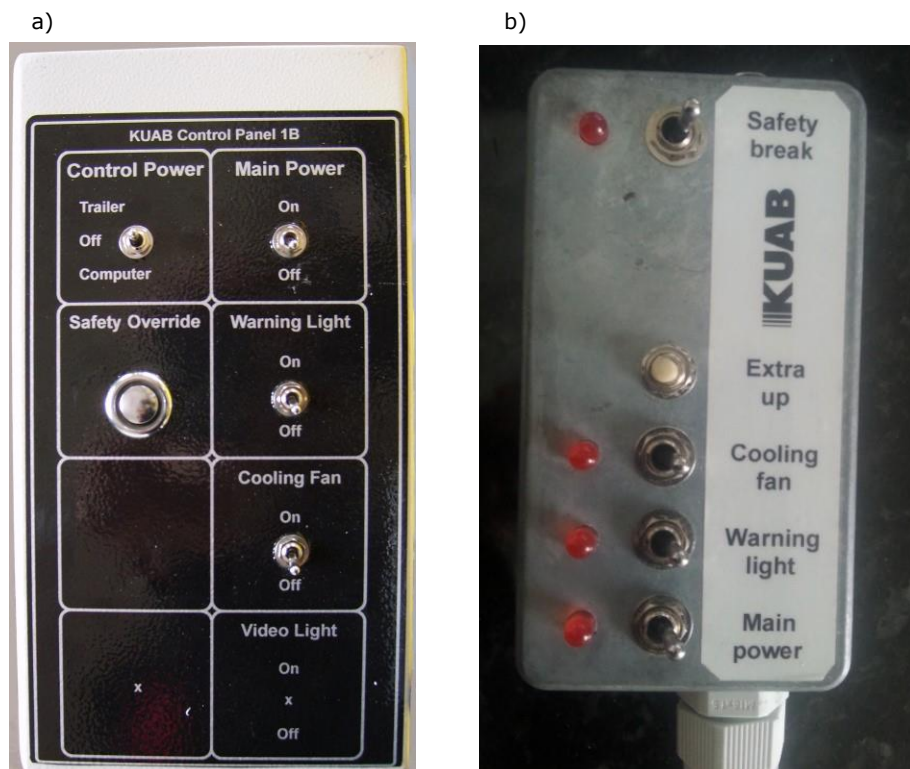
3. Realizacja pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD – Kuab

3.1. Przygotowanie aparatury pomiarowej

W pierwszej kolejności po podłączeniu przewodów, wykonać czynności kontrolne przewidziane w instrukcji obsługi urządzenia.

Następnie na panelu kontrolnym Kuab Control Panel 1B (CP1B) zamocowanym na skrzynce sterowania, po uruchomieniu silnika, przełączyć **Control Power** do pozycji **Computer** (rys. 3.1a).

Na panelu kontrolnym CP1A znajdującym się w pojeździe holującym, przedstawionym na rys. 3.1b, włączyć zasilanie główne **Main power** i **Safety break** oraz uruchomić oznakowanie ostrzegawcze **Warning light**.



Rys. 3.1. Panele kontrolne:
a) **Control Panel 1B** – CP1B, b) panel znajdujący się w pojeździe holującym – CP1A

Po uruchomieniu programu FVO, w celu przygotowania konfiguracji wykonywanych pomiarów, w zakładce **Konfiguracja** wybrać opcję **Tryb obciążenia**. W oknie odpowiednim oznaczeniom literowym przypisać oczekiwane obciążenia podczas badania (rys. 3.2).

Tryb obciążenia

Load Mode: 4+4 plates, 4 buffers, 80 kN

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

Ok Anuluj

Rys. 3.2. Okno Tryb obciążenia

W zakładce **Konfiguracja** wybrać opcję **Edytuj Ustawienie dodatkowych informacji**. Używając przycisków **Dodaj**, **Wstaw** i **Usuń** dostosować tablice nagłówków (rys. 3.3) 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 powinny znajdować się w pliku pomiarowym. W sekcji **Pole Danych** należy wprowadzić nacisk płyty obciążeniowej.

Edytuj Ustawienie dodatkowych informacji

Opis: DSN

Linie Nagłówka

Droga
Odcinek pomiarowy
Pas ruchu

Dodaj Wstaw Usuń

Pole Danych: 1

Pole danych

Nacisk płyty obciążeniowej kPa

☐ Użyj czynnika konwersji

Nagłówek 1: Nacisk kPa

Nagłówek 2:

Pozycje:

Ok Anuluj

Rys. 3.3. Okno Edytuj Ustawienie dodatkowych informacji

W celu zapisania odpowiedniej sekwencji pomiarowej w zakładce **Konfiguracja** wybrać opcję **Tryb pomiaru**.

W każdym punkcie pomiarowym badanego odcinka drogi należy stosować jednakową sekwencję pomiarową, składającą się z „technicznego” zrzutu dopasowującego płytę z naciskiem około 20 kN oraz dwóch zrzutów o zadanym nacisku, np. 50 kN z odczytem ugięć (rys. 3.4).

Edytuj tryb pomiaru

Opis: DSN

Sequence 1

Sekwencja zrzutów (wysokości): acc

Liczba zrzutów do wykonania: 111

Zapisać? (YNHW/P3456?): NYH

Sequence 2

Sekwencja zrzutów (wysokości): accdd

Liczba zrzutów do wykonania: 11111

Zapisać? (YNHW/P3456?): NYHYH

Odległość między punktami: 50

Odległość odniesienia po obrocie o: 0

Alarm ostrzeżenia uruchomiony (%): 80

Alarm ostrzeżenia wyłączony (%): 95

Wyświetlacz lewy: Odległość do następnego punktu

Wyświetlacz prawy: Pozycja

Ustawienie dodatkowych informacji: DSN

Ok Anuluj

Rys. 3.4. Okno **Edytuj tryb pomiaru**

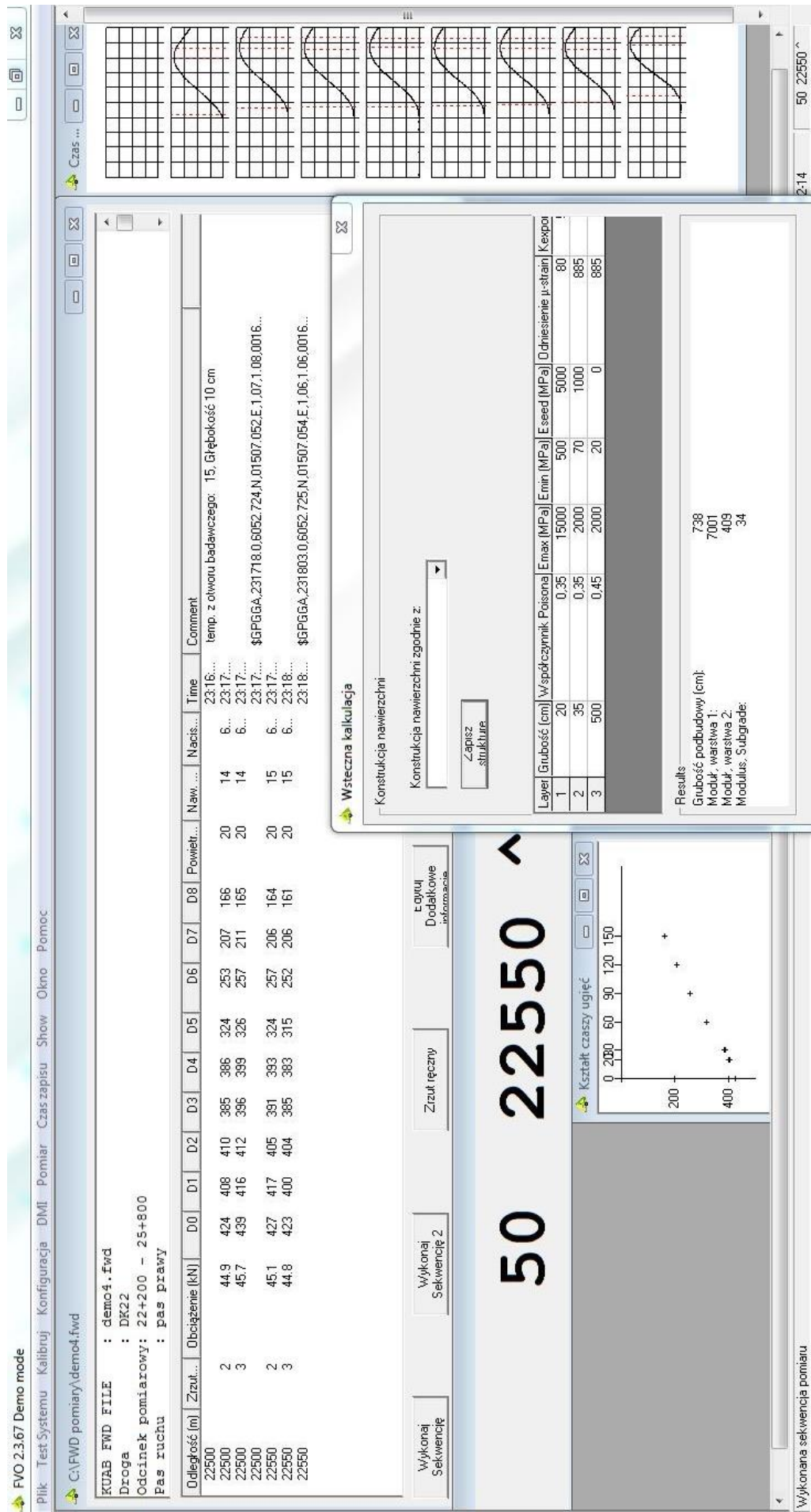
Po utworzeniu pliku pomiarowego wprowadzić dane dotyczące lokalizacji badanego odcinka.

Następnie ustawić kilometraż punktu początkowego w zakładce **DMI** poprzez opcję **Zmień pozycję**. Należy ustalić również kierunek DMI. W przypadku DMI malejącego w zakładce **Pomiar** trzeba wybrać opcję **obrócić się o 180 stopni**.

Przed ustawieniem płyty pomiarowej na jezdni należy zbadać temperaturę miarodajną w połowie grubości pakietu warstw asfaltowych. Temperatury powietrza i powierzchni jezdni są mierzone automatycznie przez czujniki zainstalowane w ugięciomierzu FWD. W celu podania temperatury warstw asfaltowych w zakładce **Pomiar** wybrać opcję **dodaj odczyt temperatury z otworu badawczego**.

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

Na ekranie kontrolnym dla całego procesu pomiarowego (rys. 3.5) śledzimy i korygujemy proces pomiarowy dla odcinka.



Rys. 3.5. Ekran kontrolny pomiaru

3.2. Wykonanie pomiaru

Po wprowadzeniu niezbędnych informacji do programu pomiarowego opisanych w p.3.1 można rozpocząć pomiar ugięć.

Pomiary ugięć nawierzchni należy wykonywać w śladzie prawego koła, z krokiem pomiarowym wynoszącym 50 m. Należy zwracać uwagę, aby podczas zrzutu płyta naciskowa dokładnie przylegała do nawierzchni.

Pomiar ugięć jest wykonywany 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 dopasowującego płytę oraz dwóch zrzutów z odczytem ugięć.

Zrzut dopasowujący wykonywany z naciskiem około 20 kN jest nierejestrowany, a dwa następne zrzuty z wymaganym naciskiem, np. 50 kN $\pm 10\%$, są rejestrowane. 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:

1. Monotoniczności wykresu czaszy ugięcia (czy ugięcia maleją wraz ze wzrostem odległości),
2. Różnicy odczytów ugięć pomiędzy kolejnymi zrzutami (np. tolerancja $\pm 5 \mu\text{m}$ lub $\pm 5\%$ odczytu),
3. 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.

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.

Wykonanie pomiaru powinno poprzedzać przygotowanie i sprawdzenie aparatu pomiarowego oraz sprzętu dodatkowego wg poniższych zasad:

1. Geofony:
 - a) wielkości ugięć nawierzchni mierzone są za pomocą siedmiu do dziewięciu czujników przemieszczeń (geofonów) ustawionych w ściśle określonych odległościach od osi działania siły obciążającej,
 - b) w przypadku ugięciomierzy posiadających siedem geofonów rozstawienie czujników od punktu obciążenia jest następujące: 0 mm, +300 mm, +600 mm, +900 mm, +1200 mm, +1500 mm, +1800 mm; natomiast dla układu z dziewięcioma geofonami zalecane rozmieszczenie czujników od punktu obciążenia jest następujące: -300 mm, -200 mm, 0 mm, +300 mm, +600 mm, +900 mm, +1200 mm, +1500 mm, +1800 mm,

- c) przebiegi procesów obciążenia i odkształcenia konstrukcji są rejestrowane jednocześnie,
 - d) impuls obciążenia trwa 20–60 ms.
2. Czujnik siły:
- a) minimalna rozdzielczość odczytu: 0,1 kN,
 - b) minimalna dokładność pomiaru: 0,5% pełnego zakresu skali lub 2% odczytu,
 - c) minimalna powtarzalność pomiaru: $\pm 0,1\%$ pełnego zakresu skali,
 - d) minimalna powtarzalność pomiaru: $\pm 2 \mu\text{m} + 1\%$ odczytu,
 - e) maksymalny zakres pomiaru: 2000 μm ,
 - f) minimalna rozdzielczość odczytu: 1 μm .
3. Pomiar temperatury warstwy asfaltowej:
- a) minimalna rozdzielczość odczytu: 0,5°C,
 - b) minimalna dokładność pomiaru termometru: $\pm 1,0^\circ\text{C}$ w zakresie od -10°C do $+50^\circ\text{C}$.
4. Pomiar odległości:
- a) minimalna rozdzielczość odczytu: 1,0 m,
 - b) minimalna dokładność pomiaru: $\pm 0,5\%$ mierzonego dystansu.
5. Sprzęt dodatkowy:
- a) sonda temperaturowa uniwersalna o długości około 15 cm,
 - b) wiertarka udarowa z wiertłem — $\varnothing 10 \text{ mm}$,
 - a) 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].