

INSTYTUT BADAWCZY DRÓG I MOSTÓW
Zakład Diagnostyki Nawierzchni

SPRAWOZDANIE
z realizacji pracy TD-75 pt.:
„Opracowanie metody oceny jakości połączenia warstw w konstrukcji
nawierzchni za pomocą ugięciomierza dynamicznego FWD”

Zleceniodawca: GDDKiA, umowa nr 1188/2005

Opracowali:

mgr inż. Tomasz MECHOWSKI
inż. Przemysław HARASIM
inż. Adam KOWALSKI
Jacek KUSIAK
Radosław BORUCKI

Kierownik Zakładu
Diagnostyki Nawierzchni

mgr inż. Tomasz MECHOWSKI

Warszawa, listopad 2006

SPIS TREŚCI

1. Podstawa i zakres pracy	3
2. Wprowadzenie	3
3. Metody oceny połączenia międzywarstwowego	5
4. Badania na odcinkach badawczych	9
5. Analiza wyników badań	27
6. Wnioski	32
Bibliografia	34

Załącznik 1: Przykład wyników pomiarów generowanych przez urządzenie FWD

Załącznik 2: Wyniki pomiarów ugięć nawierzchni ugięciomierzem dynamicznym FWD na odcinkach badawczych

1. Podstawa i zakres pracy

Praca wykonana została na zlecenie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w ramach umowy nr 1188/2005 z dnia 27.07.2005 roku. Celem pracy jest opracowanie metodyki interpretacji wyników pomiarów ugięć ugięciomierzem dynamicznym FWD w celu oceny jakości połączenia międzywarstwowego. Niniejsze sprawozdanie opisuje przebieg realizacji zadań ustalonych w programie pracy.

2. Wprowadzenie

Połączenie międzywarstwowe jest jednym z głównych czynników, często mało docenianym, wpływającym na prawidłową pracę nawierzchni drogowej. Od sposobu wykonania połączenia zależy współpraca warstw w konstrukcji nawierzchni, co ma zasadniczy wpływ na jej trwałość. Szkody wynikające z wadliwego powiązania między poszczególnymi warstwami od dawna znane są w budownictwie drogowym, jednak badania tej cechy prowadzi się dopiero od ok. 20 lat.

Warstwa asfaltowa układana na wcześniej ułożonej innej warstwie uzyskuje połączenie międzywarstwowe poprzez oddziaływanie dwóch głównych czynników: sklejenia warstw i wzajemnego zazębienia się kruszyw obu warstw. Asfalt sklejący warstwy pochodzi ze skropienia dolnej warstwy emulsją asfaltową oraz, w mniejszym stopniu z wbudowywanych mieszanek mineralno-asfaltowych. Badania prowadzone na Politechnice Gdańskiej [1] wykazały, że wytrzymałość sklejenia warstw zależy od klejonego materiału, rodzaju asfaltu, zawartości polimerów, grubości spoiny oraz prędkości ścinania. Wytrzymałość spoin na ścinanie wyniosła w temperaturze 20°C od 150 do 250 kPa. Zauważono również, że spoiny wcześniej zniszczone regenerują się w temperaturze 40°C, co może mieć praktyczne znaczenie w nawierzchni drogi.

Badania [1] wykazały również, że drugi z elementów wpływających na dobre połączenie warstw tj. zazębienie się warstw zależy od takich czynników jak:

- temperatura warstwy dolnej - najlepszy efekt uzyskuje się przy zastosowaniu technologii asfaltu kompaktowego,
- zawartość asfaltu w warstwach – im więcej asfaltu tym lepszy efekt zazębienia się warstw,
- rodzaj asfaltu – im twardszy asfalt tym trudniejsze powiązanie warstw,
- uziarnienie mieszanki – drobniejsze mieszanki łatwiej zespalają się ze sobą,
- sztywność warstw – im sztywniejsze warstwy tym trudniejsza penetracja ziaren z warstwy górnej w dolną,
- czystość powierzchni – połączenie warstw osłabi lub praktycznie wyeliminuje warstwa brudu lub gliny na warstwie dolnej.

Badania wytrzymałości na ścinanie wykazały, że w zależności od rodzaju łączonych warstw i ich stanu (stare lub nowe warstwy) uzyskiwane wartości mieściły się w przedziale 780 – 2930

kPa. Wynika stąd, że zasadnicza część wytrzymałości spoiny na ścinanie pochodzi z zazębienia się wzajemnego warstw, a mniejsza z siły klejącej asfaltu.

Dotychczas wykonane w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów prace badawcze [3, 5, 6, 7] dotyczyły głównie opracowania metody badania połączenia między warstwami i ustalenia propozycji wymagań. Jako dobrą i możliwą do szybkiego wdrożenia w Polsce procedurę badania laboratoryjnego wskazano metodę Leutnera. Wyniki badania połączenia między warstwami (w temperaturze 20°C) na próbkach sporządzonych w laboratorium i wyciętych z nawierzchni drogi wykazały, że zakresy wartości naprężenia ścinającego τ są następujące:

a) próbki pobrane z drogi

$$\tau_n = 900 \div 2400 \text{ kPa}$$

b) próbki zagęszczone w formach walcowych

$$\tau_w = 850 \div 1600 \text{ kPa}$$

c) próbki zagęszczone w formach prostopadłościennych i wycięte z płyt

$$\tau_p = 1000 \div 2400 \text{ kPa}$$

Na podstawie wyników badań zaproponowano wymagania względem połączenia międzywarstwowego warstw asfaltowych:

- $\geq 1000 \text{ kPa}$ w projektowaniu ilości i rodzaju lepiszcza do skropienia,
- $\geq 800 \text{ kPa}$ w kontroli połączenia między warstwami na odcinkach drogowych.

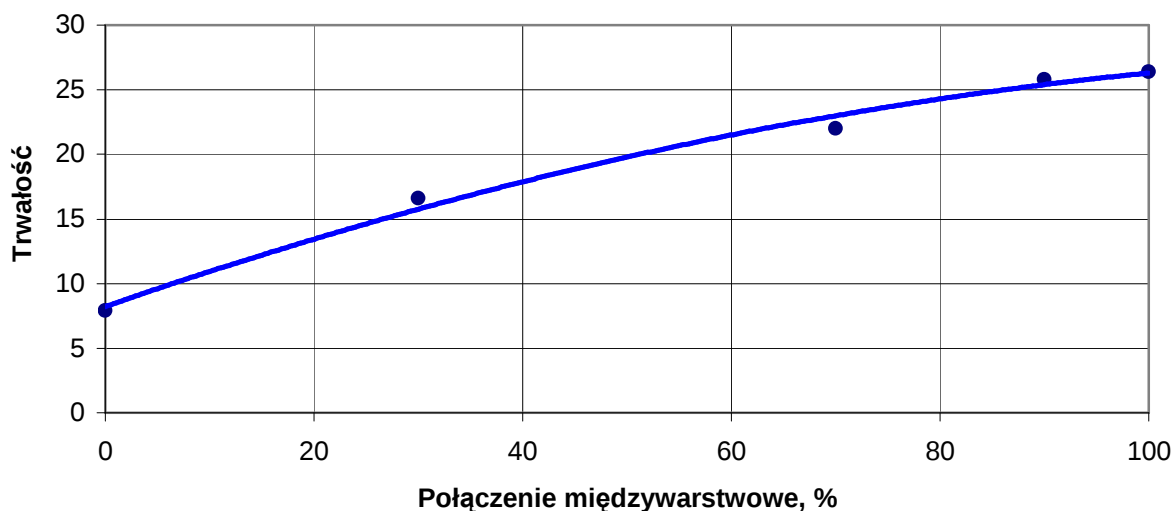
Później wartość wymagań dla próbek pobranych z nawierzchni została zweryfikowana na 1300 kPa.

Przeprowadzone badania terenowe wykazały, że brak lub zbyt słabe powiązanie między warstwami nawierzchni jest przyczyną, że pracują one oddzielnie. To powoduje zwiększenie ugięcia warstw niezwiązanych i wpływa na przyspieszenie niszczenia nawierzchni.

Obliczenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji wykonane w ramach [1] wykazały, że brak dobrego połączenia międzywarstwowego powoduje znaczny, nawet 70% spadek nośności. Analizy wykonano dla przypadku odcinka drogowego, na którym w krótkim czasie wystąpiły uszkodzenia spowodowane nieodpowiednią szczepnością między warstwami. Konstrukcja nawierzchni składała się z następujących warstw i odpowiadających im parametrów materiałowych:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ▪ 4 cm - nowa warstwa ścieralna z SMA | $E = 10000 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 7 cm - nowa warstwa wiążąca z BA | $E = 10000 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 9 cm - 1 warstwa podbudowy z BA | $E = 10000 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 9 cm - 2 warstwa podbudowy z BA | $E = 10000 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 15 cm - stare warstwy asfaltowe | $E = 8000 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 15 cm - stabilizacja cementem | $E = 300 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ 20 cm - warstwa z pospółki | $E = 80 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |
| ▪ podłoże gruntowe | $E = 40 \text{ MPa}, \nu = 0,30,$ |

Przyjęto, że osłabione jest połączenie międzywarstwowe na styku 1 i 2 warstwy podbudowy asfaltowej. Obliczenia wykonano przy użyciu programu BISAR i kryteriów zmęczeniowych Instytutu Asfaltowego. Wyniki obliczeń przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1 Trwałość zmęczeniowa konstrukcji nawierzchni w zależności od stopnia połączenia międzywarstwowego

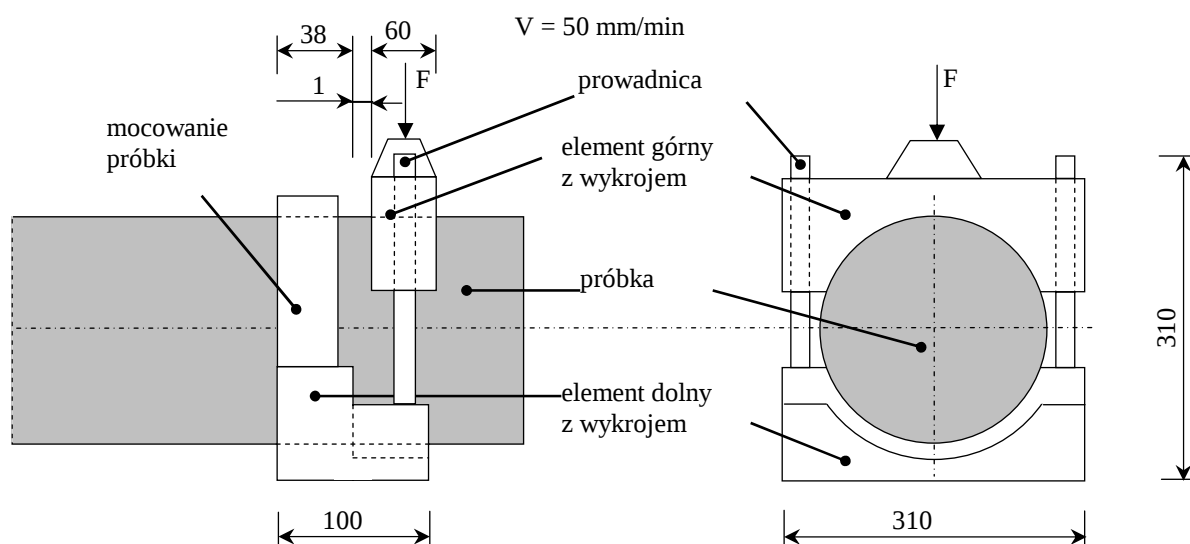
Problem złego połączenia międzywarstwowego jest coraz częstszym tematem prac badawczych. Powstają nowe metody oceny jakości szczepności warstw. W niniejszej pracy podjęto się próby opracowania procedury, która pozwoli na podstawie interpretacji wyników pomiarów ugięć ugięciomierzem dynamicznym FWD odpowiedzieć na pytanie czy badana konstrukcja charakteryzuje się dobrym czy też złym połączeniem międzywarstwowym.

3. Metody oceny połączenia międzywarstwowego

Pomimo, że szkody wynikające ze złego połączenia warstw znane są w budownictwie drogowym od dawna, to opracowywaniem metod badawczych zajęto się dopiero od dwudziestu paru lat. Jednostki badawcze w różny sposób podchodziły do rozwiązania problemu stworzenia metody oceny połączenia międzywarstwowego. Podczas gdy brytyjskie prace wykazywały podejście bardzo teoretyczne, to pierwsze niemieckie opracowania na ten temat charakteryzowały głównie założenia pragmatyczne. Obecnie istnieje kilka metod badawczych pozwalających na ocenę powiązania między warstwami. Należą do nich m.in. laboratoryjne: metoda Leutnera i dynamicznego ścinania w skrzynce (Sheare Box Test) oraz nieniszczące, terenowe: wg Hakima [8] z wykorzystaniem ugięciomierza uderowego FWD lub badanie młotem uderowym (Impulse Hammer Test).

Metoda Leutnera

Metoda ta powstała już w 1979 roku. Jest to proste badanie polegające na bezpośrednim ścinaniu próbek pobranych z nawierzchni lub wykonanych w laboratorium. Odwiercone rdzenie badane są w temperaturze 20°C w konwencjonalnym aparacie Marshalla. Zaletami metody jest to, że próbki po badaniu mogą być wykorzystane do dalszych badań oraz, że badanie może być włączone w proces oceny nawierzchni bez czasowego i sprzętowego znaczącego podwyższania kosztów.



Rysunek 2 Schemat aparatu do ścinania metodą Leutnera, próbka Ø150 mm
(widok z boku i z przodu)

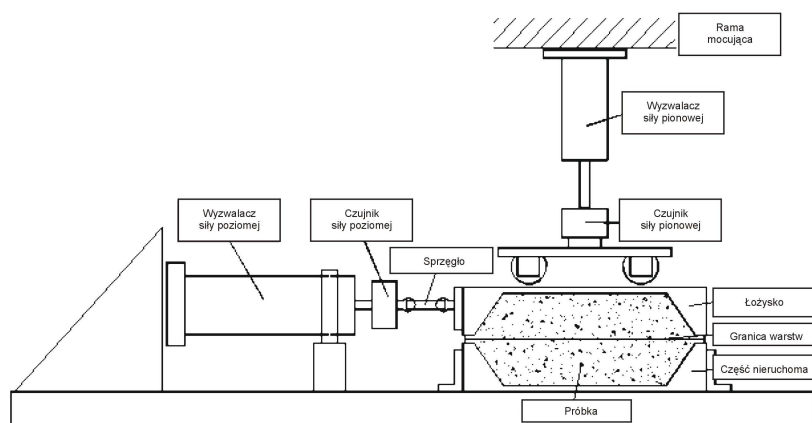
Metoda Sheare Box Test

Stosowana w badaniu próbka, składająca się z dwóch warstw, wytwarzana jest w laboratorium i zagęszczana urządzeniem tzw. Roller Compactor. Przygotowaną mieszankę mineralno-asfaltową umieszcza się w odpowiednio przygotowanej formie, a następnie rozpoczyna się proces kontrolowanego zagęszczania. Na bieżąco dokonuje się pomiaru temperatury, wysokości i liczby przejść walca. Po ostygnięciu, rozformowana próbka jest zmniejszana za pomocą piły do wymaganego wymiaru 320 x 200 mm, a bezpośrednio potem umieszczana w „Shear Box” i przyklejana klejem epoksydowym. Cały proces przygotowania próbki do badania wymaga dużego doświadczenia personelu laboratoryjnego, bez którego trudno jest uzyskać odpowiednie parametry materiałowe.

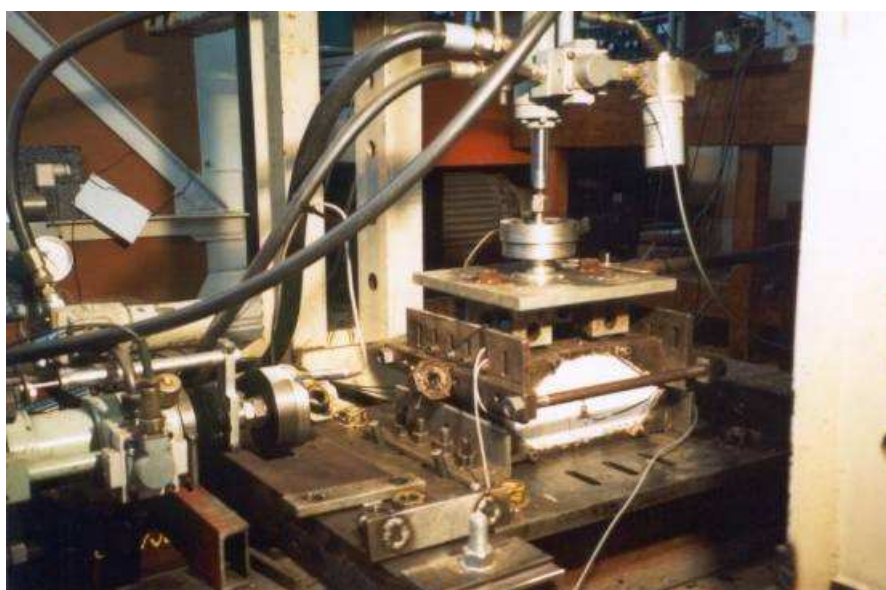
W celu wykonania próby ścinania skrzynkę ustawia się na stanowisku badawczym (rysunki 3 i 4) i poddaje obciążeniu siłą poziomą i pionową. Zachowanie próbki rejestrowane jest przez czujniki przemieszczeń i siły.

Metoda budzi pewne zastrzeżenie związane z małą prędkością wymuszanych przez siłowniki przemieszczeń próbki. W stosunku do metody Leutnera są one ok. 30-krotnie mniejsze i odbiegają od rzeczywistych warunków prędkości ścinania warstw w konstrukcji nawierzchni drogowej obciążonej ruchem drogowym. Jednak nieznaczne prędkości umożliwiają w

laboratorium dodatkowe obserwacje, które mają znaczenie dla zrozumienia zjawiska powiązania warstw. Większość eksperymentów pokazuje, że właściwe uszkodzenia próbki w obrębie granicy warstw nie są powodowane jedynie przez naprężenia ścinające, lecz przez ich kombinację z naprężeniami rozciągającymi.



Rysunek 3 Schemat badania w aparacie „Shear Box”



Rysunek 4 Stanowisko badawcze „Shear Box Test”

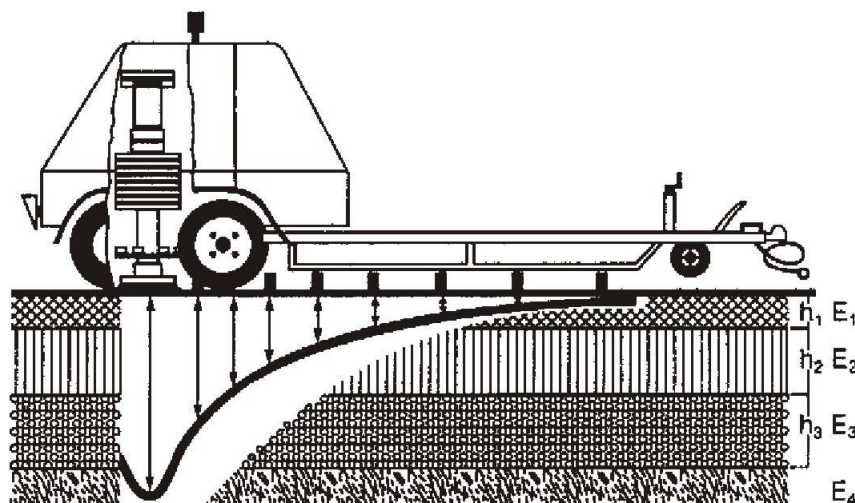
Metoda z użyciem FWD

Ugięciomierz dynamiczny FWD (Falling Weight Deflectometer) wywołuje powstanie na powierzchni drogi tzw. czaszy ugięcia (rysunek 5). Wartości ugięć, w poszczególnych punktach pomiarowych służą, jako dane wyjściowe do obliczenia sztywności (modułu sztywności) warstw konstrukcyjnych nawierzchni. Dotychczas było to podstawowe zastosowanie ugięciomierza FWD. Bezsprzeczne jest jednak, że jakość powiązania

międzywarstwowego wpływa na uzyskiwane wyniki w pomiarach FWD. Opracowana przez Hakima metoda pozwala dodatkowo na ocenę związania warstw.

Schemat postępowania w metodzie jest następujący:

- a) gromadzimy dane z pomiarów czaszy ugięć, dane o konstrukcji nawierzchni (grubości i rodzaj warstwy) i przyjmuje się współczynniki Poissona warstw,
- b) dokonuje się obliczeń przemieszczeń nawierzchni przy zadanych wartościach modułów sztywności warstw (tzw. analiza odwrotna) i przy założeniu pełnego połączenia między warstwami (sztywność przy ścinaniu $K_{si} = 10^5 \text{ MN/m}^3$),
- c) poprzez wielokrotny rachunek regresji (kolejne iteracje) otrzymujemy czaszę przemieszczeń najbardziej zbliżoną do czaszy ugięć (z pomiarów FWD),
- d) odpowiadające obliczonej czaszy przemieszczeń moduły sztywności wykorzystuje się w kolejnych analizach konstrukcji,
- e) przyjmuje się, że warstwy leżące poniżej ocenianych warstw asfaltowych, dla których dokonuje się analizy połączenia międzywarstwowego mają stałą wartość modułu sztywności wynikającą z wcześniejszych obliczeń,
- f) oblicza się moduły warstw asfaltowych według zasad opisanych w punktach a), b) i c) przy założeniu zmiennego połączenia między warstwami (sztywność przy ścinaniu od $K_{si} = 10^5 \text{ MN/m}^3$ – pełne połączenie do $K_{si} = 10^3 \text{ MN/m}^3$ – brak połączenia),
- g) wynikiem analiz jest obliczenie rzeczywistych wartości modułów warstw, uwzględniających istniejący podczas badania stan połączenia międzywarstwowego.



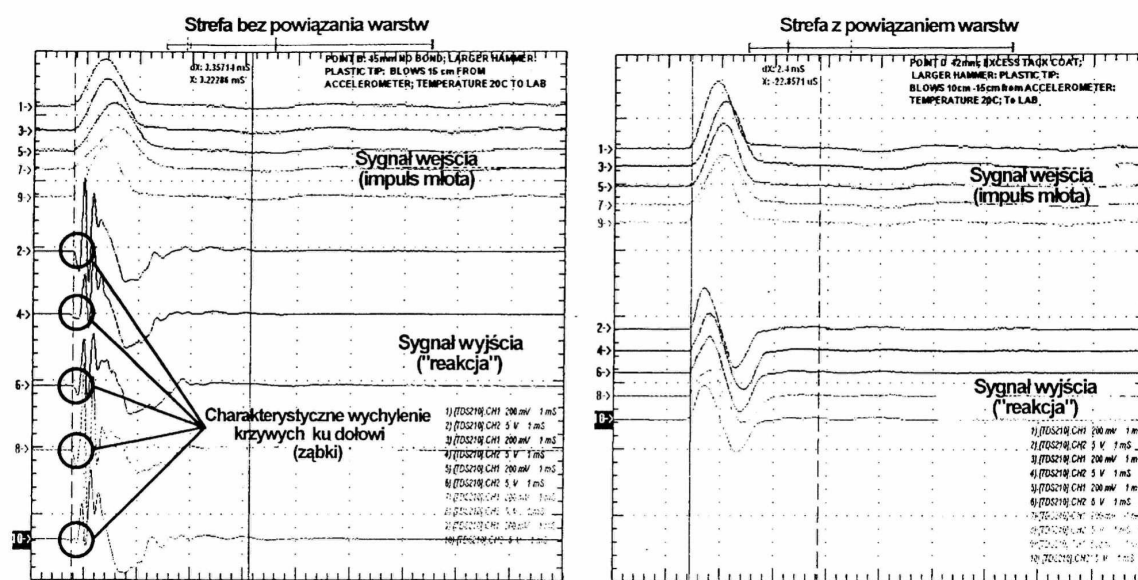
Rysunek 5 Schemat badania ugięciomierzem FWD

Biorąc obliczone wartości za podstawę do dalszych obliczeń, możliwe jest dokładniejsze orzekanie np. o szkodliwych koncentracjach naprężeń i oczekiwanej trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni.

Test młotem impulsowym

Metoda jest nowoczesnym rozwiązaniem opracowanym na Uniwersytecie Nottingham pozwalającym na ocenę powiązania pierwszych dwóch górnych warstw nawierzchni

wykonanych z mieszanki mineralno-asfaltowej, bez konieczności wykonywania odwiertów w drodze. Zastosowana zasada pomiaru bazuje na tym, że uderzenie młotem wzbudza reakcję falową, która zostaje zmierzona przez przetwornik przyspieszeń. Przykładowe wyniki analiz spektralnych dla przypadków „bez powiązania” i „z powiązaniem” przedstawia rysunek 6. Już tutaj wyraźne są różnice w przebiegu krzywych. Wadliwe, względnie nie istniejące powiązanie warstw charakteryzuje się „postrzępionymi” wykresami przyspieszeń w odróżnieniu od „płynnych” przebiegów dla układów dobrze połączonych.



Rysunek 6 Porównanie analiz spektralnych dla testu młotem impulsowym ze złym oraz dobrym powiązaniem warstw

Z wykresów na rysunku 6 widać, że pierwsze jakościowe oceny możliwe są już bez dalszej matematycznej obróbki danych. Pierwsze badania porównawcze z innymi metodami badawczymi pozwalają wnioskować o wyraźnej zgodności badania młotem impulsowym z oceną powiązania warstw metodą Leutnera.

Z metodą młota uderowego należy wiązać duże nadzieje w zastosowaniu praktycznym, na drodze. Jest to badanie nieniszczące, które pozwoli na ocenę powiązania warstw bezpośrednio po ułożeniu nowej warstwy w trakcie procesu budowlanego.

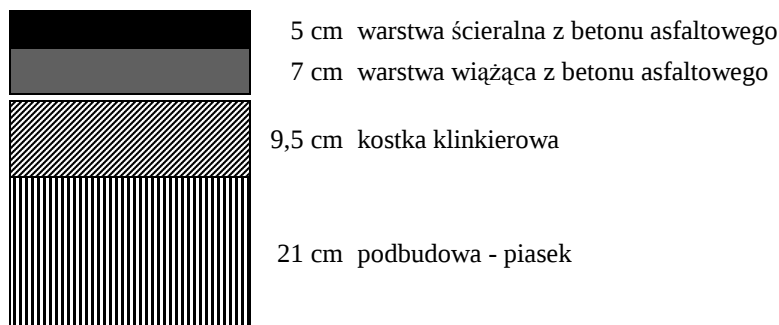
4. Badania na odcinkach badawczych

Do badań wytypowano 12 odcinków badawczych. Wyboru dokonano spośród odcinków dróg, na których stwierdzono zarówno złe jak i dobre powiązanie warstw konstrukcyjnych. Na odcinkach badawczych dokonano rozpoznania konstrukcji, pobrano próbki do badań laboratoryjnych oraz wykonano pomiary ugięć nawierzchni przy zastosowaniu ugięciomierza dynamicznego FWD. Lokalizację wytypowanych odcinków badawczych oraz wyniki pomiarów ugięć przedstawiono w załączniku 2.

Odcinek 1 – droga krajowa nr 17

Odcinek drogi, od km 212+00 do km 213+500 (strona lewa) charakteryzuje się niedostatecznym połączeniem pakietu warstw asfaltowych z górną warstwą podbudowy, którą stanowi kostka klinkierowa. Na odcinku wykonano pomiary ugięć z częstotliwością co 100 m.

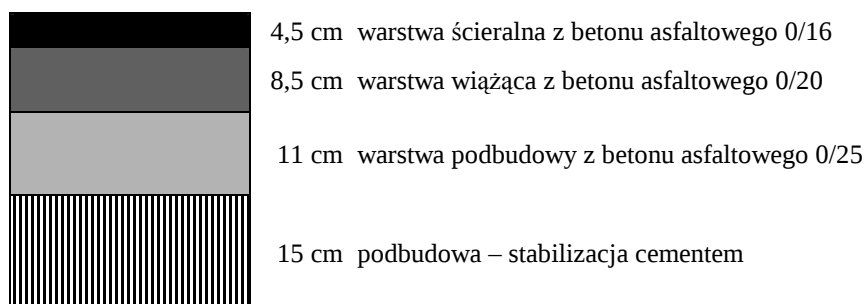
Lokalizacja próbki: km 213+000



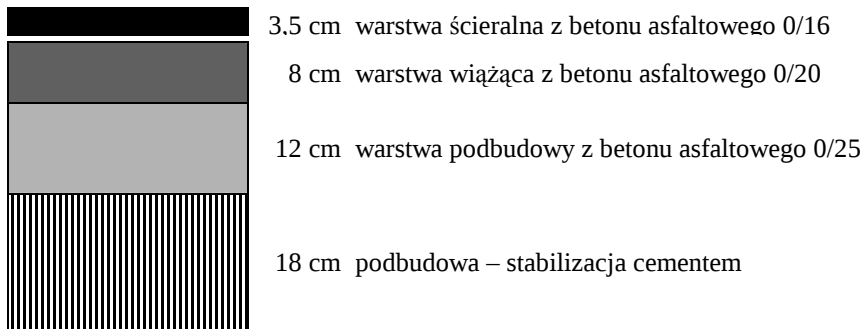
Odcinek 2 – ul. Sielska w Olsztynie

Nawierzchnia na ocenianym odcinku jest równa, bez kolein, garbów i przemieszczeń. Dominującym uszkodzeniem są ubytki powierzchniowe lepiszcza i ziaren kruszywa w warstwie ścieralnej oraz miejscowo występujące wyboje, na grubość warstwy ścieralnej. Uszkodzenia wystąpiły w ciągu kilku miesięcy po wykonanym wzmocnieniu nawierzchni. Na odcinku pobrano 6 odwiertów w celu rozpoznania konstrukcji oraz wykonania oceny połączenia międzywarstwowego (wyniki w tab. 1). Pomiary ugięć przeprowadzono na obu pasach ruchu (w obu kierunkach) z częstotliwością co 50 m.

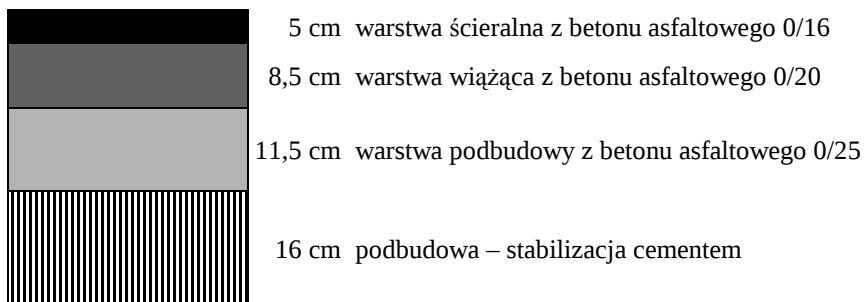
Lokalizacja próbki „A”: strona lewa, pas prawy, km 1+650



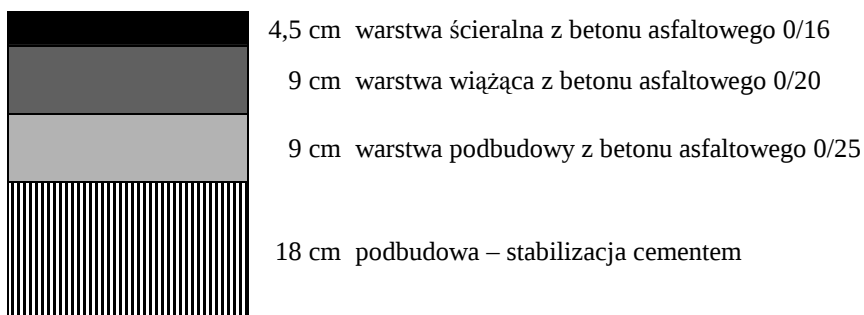
Lokalizacja próbki „B” strona lewa, pas prawy, km 1+150



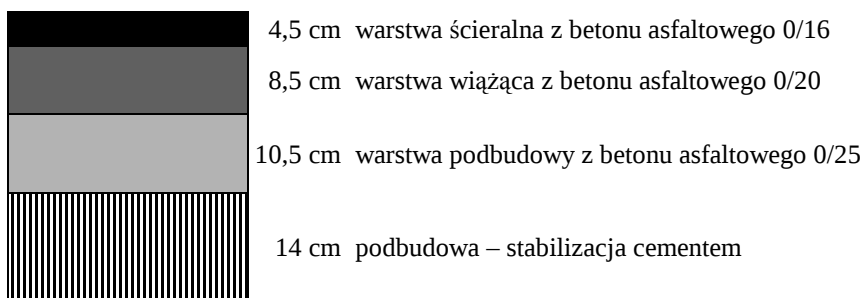
Lokalizacja próbki „C”: strona lewa, pas prawy, km 0+250



Lokalizacja próbki „D”: strona prawa, pas prawy, km 0+620



Lokalizacja próbki „E”: strona prawa, pas prawy, km 0+850



Lokalizacja próbki „F”: strona prawa, pas prawy, km 1+440

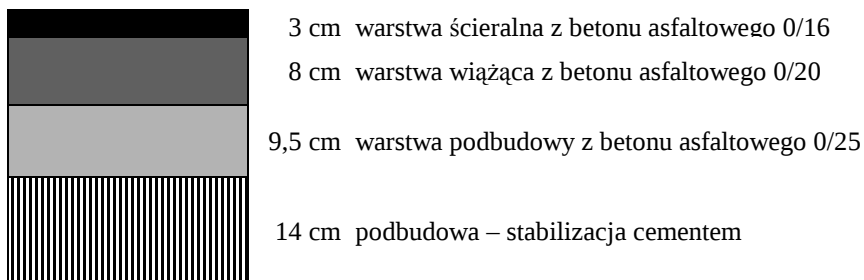


Tabela 1 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 2 (między 1 i 2 warstwą)

Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa
A	2,0	D	1,3
B	brak połączenia	E	3,0
C	2,2	F	1,3

Odcinek 3 – droga krajowa nr 94

Na badanym odcinku oceniono połączenie międzywarstwowo w odległości 1 m od osi, oraz w obszarze śladów prawego koła, gdzie między warstwy ścieralną i wiążącą został zastosowany geokompozyt (kompozyt włókniny z siatką szklaną). Pomiary ugięć wykonano w trzech „przejazdach”:

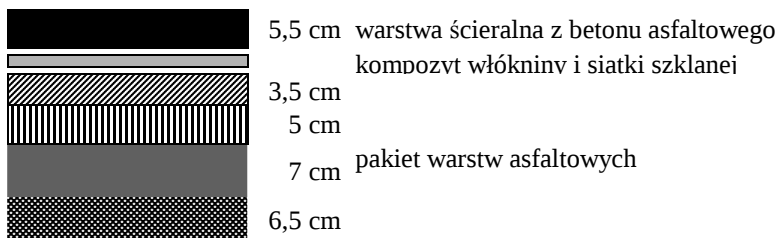
- przejazd 1 – pobocze,
- przejazd 2 – prawy ślad koła,
- przejazd 3 – 1 m od osi jezdni,

na trzech pododcinkach:

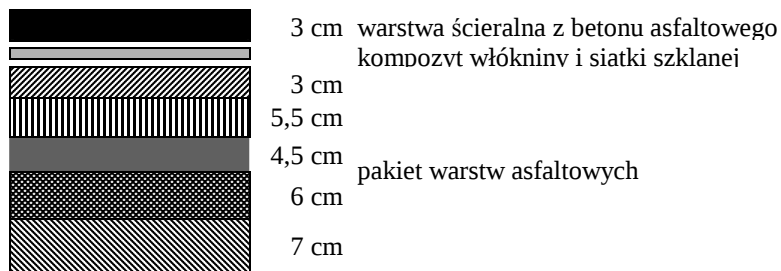
- pododcinek A – od km 321+700 do km 322+400,
- pododcinek B – od km 322+900 do km 323+500,
- pododcinek C – od km 325+300 do km 326+000.

Z ocenianego odcinka (pododcinek C) pobrano również próbki w celu określenia konstrukcji oraz do badania połączenia międzywarstwowego (wyniki w tab. 2).

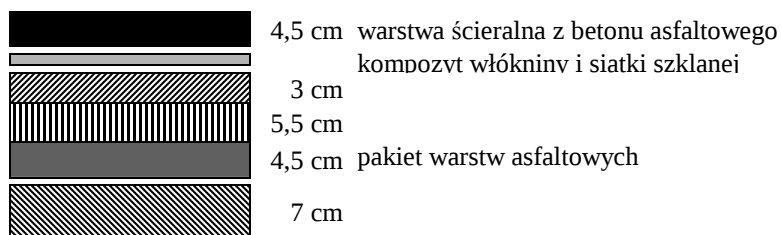
Lokalizacja próbki 1: prawy ślad koła, strona prawa, km 325+450



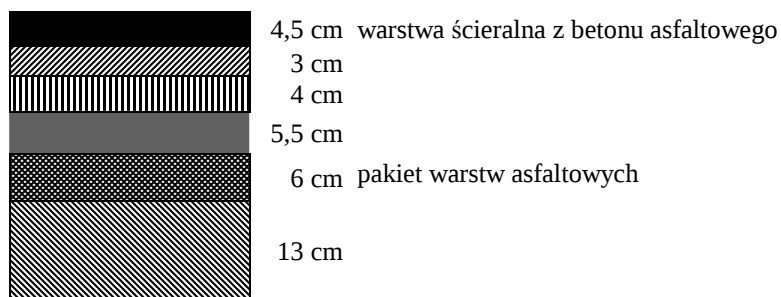
Lokalizacja próbki 2: prawy ślad koła, strona prawa, km 325+640



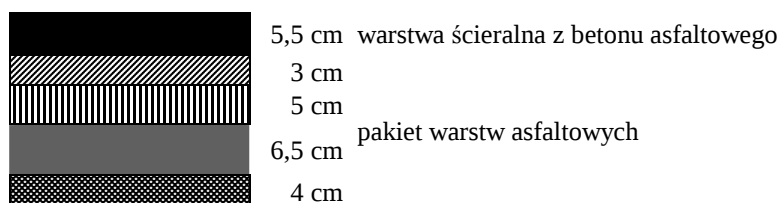
Lokalizacja próbki 3: prawy ślad koła, strona lewa, km 325+545



Lokalizacja próbki 4: 1m od osi jezdni, strona prawa, km 325+700



Lokalizacja próbki 5: 1m od osi jezdni, strona prawa, km 325+450



Lokalizacja próbki 6: 1m od osi jezdni, strona lewa, km 325+500

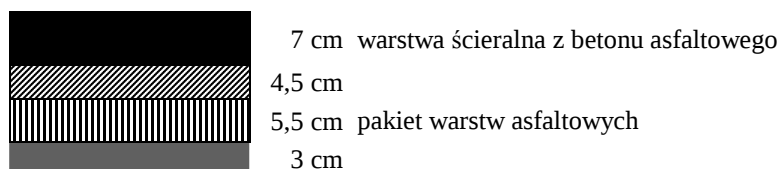


Tabela 2 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 3 (między 1 i 2 warstwą)

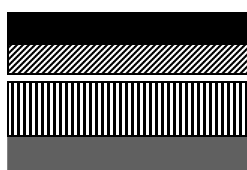
Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	brak połączenia	4	1,7
2	brak połączenia	5	1,5
3	brak połączenia	6	1,4

Odcinek 4 – droga w miejscowości Ostrówek

Nawierzchnię na tym odcinku wzmocniono dwiema warstwami: wyrównawczo-wiązącą i ścieralną. Na prawym pasie jezdni warstwa wyrównawczo-wiążąca została położona na mokrym, nie oczyszczonym i nie skropionym podłożu, na skutek tego nie połączyła się wcale ze starym podłożem asfaltowym. Na lewym pasie jezdni warstwa ta została położona w dobrych warunkach. Całą jezdnię przykryto warstwą ścieralną z BA.

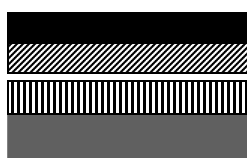
Pomiary ugięć wykonano na obu pasach ruchu, w prawym śladzie koła oraz między śladami kół. Z ocenianego odcinka pobrano również próbki w celu określenia konstrukcji oraz do badania połączenia międzywarstwowego (wyniki w tab. 3).

Lokalizacja próbki 1P: pas prawy, między śladami kół, km 0+050



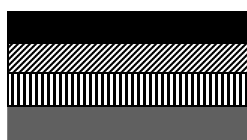
3 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
3 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
7 cm pakiet warstw asfaltowych
5 cm

Lokalizacja próbki 2P: pas prawy, prawy ślad koła, km 0+050



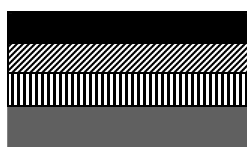
2,5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
3,5 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
3,5 cm pakiet warstw asfaltowych
6 cm

Lokalizacja próbki 1L: pas lewy, między śladami kół, km 0+130



3,5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
2 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
3 cm pakiet warstw asfaltowych
4 cm

Lokalizacja próbki 2L: pas lewy, prawy ślad koła, km 0+130



3,5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
2 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
3 cm pakiet warstw asfaltowych
5,5 cm

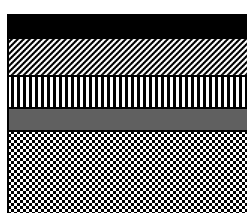
Tabela 3 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 4(między 2 i 3 warstwą)

Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
1P	brak połączenia	1L	1,0
2P	brak połączenia	2L	0,9

Odcinek 5 – droga krajowa nr 20

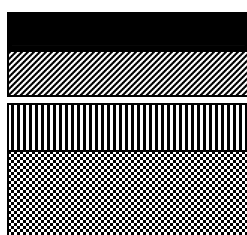
Oceniono odcinek od km 13+500 do km 14+500. Stan nawierzchni jest dobry. Natomiast próbki pobrane z odcinka charakteryzują się brakiem połączenia między warstwami bitumicznymi. Na nawierzchni wykonano pomiary ugięć, z częstotliwością co 25 m.

Lokalizacja próbki 1: pas prawy, km 13+600



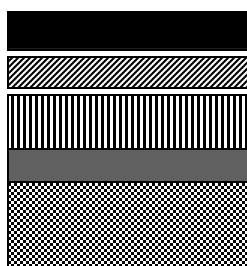
2,5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
4,5 cm
4 cm pakiet warstw z lepiszczem smołowym
2 cm
podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Lokalizacja próbki 2: pas lewy, km 13+800



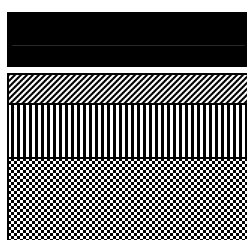
4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
6,5 cm
pakiet warstw z lepiszczem smołowym
6 cm
podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Lokalizacja próbki 3: pas lewy, km 14+200



4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
3 cm
6 cm pakiet warstw z lepiszczem smołowym
2,5 cm
podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Lokalizacja próbki 4: pas prawy, km 14+300



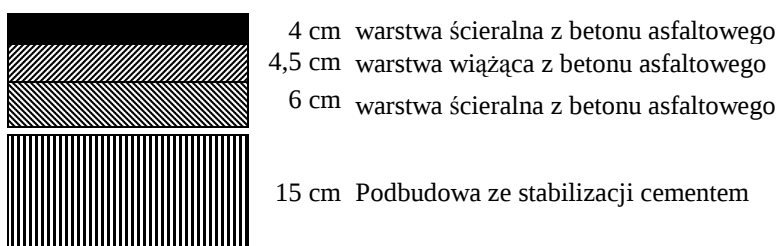
6,5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
2,5 cm
6,5 cm pakiet warstw z lepiszczem smołowym
podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Odcinek 6 – ul. Hipoteczna w Łodzi

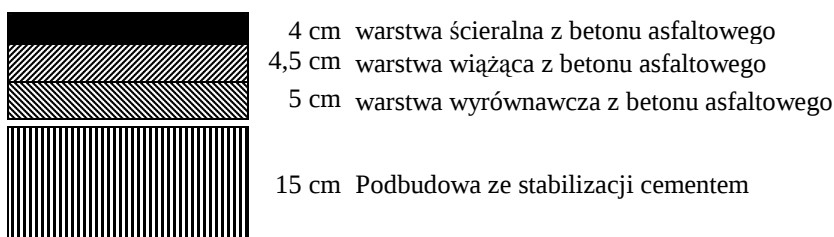
Na ul. Hipotecznej wykonano remont nawierzchni polegający na sfrezowaniu warstwy (warstw) skoleniowanej. Po dwóch latach eksploatacji pojawiły się uszkodzenia w postaci spękań zmęczeniowych. Podczas wiercenia próbek z odcinka okazało się, że brak jest zespolenia warstwy ścieralnej z warstwą wiążącą oraz wiążącej z podbudową (ze starym podłożem asfaltowym).

Na obu pasach ruchu wykonano pomiary ugięć, z częstotliwością co 20 m oraz pobrano próbki do badania połączenia warstw (wyniki w tab. 4 i 5).

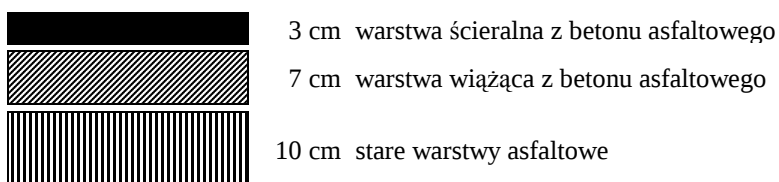
Lokalizacja próbki 1: lewy ślad koła, pas prawy, km 0+230



Lokalizacja próbki 2: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+230



Lokalizacja próbki 3: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+370



Lokalizacja próbki 4: lewy ślad koła, pas prawy, km 0+370

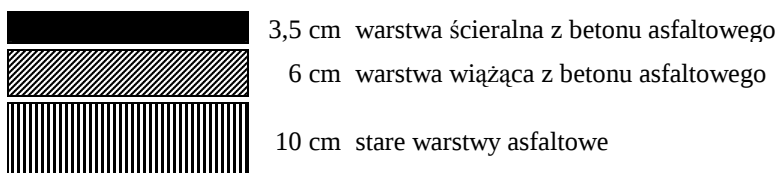


Tabela 4 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 6 (między 1 i 2 warstwą)

Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ściananie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ściananie met. Leutnera, MPa
1	1,5	3	brak połączenia
2	1,2	4	brak połączenia

Tabela 5 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 6 (między 2 i 3 warstwą)

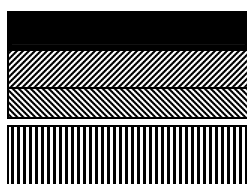
Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	0,9	3	brak połączenia
2	1,8	4	brak połączenia

Odcinek 7 – droga krajowa nr 51

Na wytypowanym odcinku wyodrębniono dwa pododcinki. Na pierwszym od 26+020 do km 26+820 w czasie układania warstw ścieralnej i wiążącej stosowano skropienie podłoża natomiast na drugim od km 27+070 do km 27+870 skropienia nie zastosowano. Z nawierzchni tych odcinków wycięto próbki ze śladów koleiny prawej i lewej oraz z miejsc między śladami kolein.

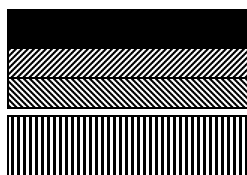
Pomiary ugięć wykonano na obu pododcinkach, na lewym i prawym pasie, w śladzie prawego koła i między koleinami. Wyniki pomiarów ścinania między warstwami próbek zestawiono w tabeli 6.

Lokalizacja próbki A: lewy ślad koła, pas lewy, km 26+800



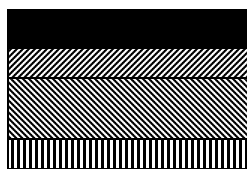
5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
5 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
4 cm warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego
8 cm stare warstwy asfaltowe

Lokalizacja próbki B: prawy ślad koła, pas lewy, km 26+800



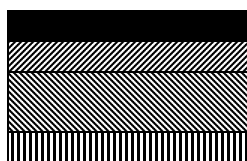
4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
3,5 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
3,5 cm warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego
7,5 cm stare warstwy asfaltowe

Lokalizacja próbki C: lewy ślad koła, pas prawy, km 27+300



5 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
3,5 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
8 cm warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego
3 cm stare warstwy asfaltowe

Lokalizacja próbki D: prawy ślad koła, pas prawy, km 27+300



4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
4 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
8 cm warstwa wyrównawcza z betonu asfaltowego
3 cm stare warstwy asfaltowe

Tabela 6 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 7 (między warstwami 1 i 2)

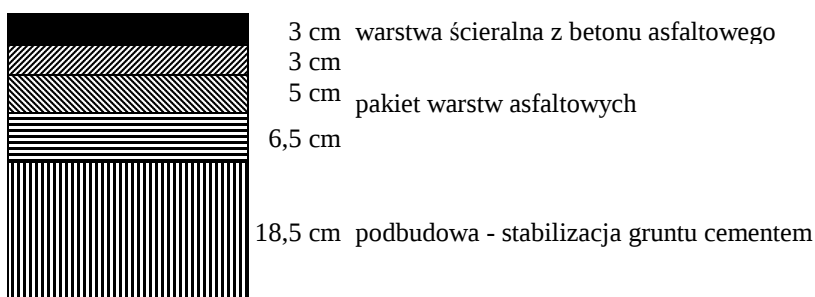
Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ściananie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ściananie met. Leutnera, MPa
A	3,1	C	1,5
B	2,8	D	1,3

Odcinek 8 – droga krajowa nr 7

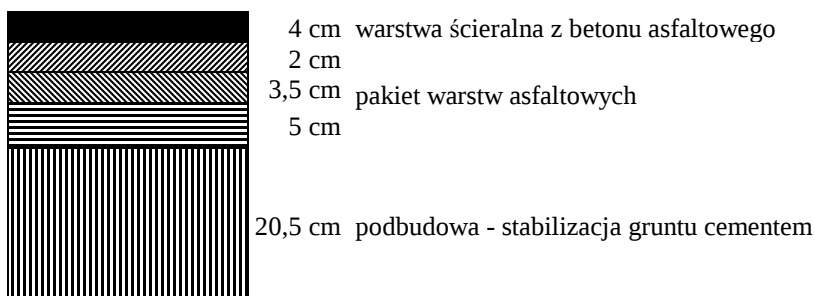
Odcinek badawczy zlokalizowany jest na drodze DK-7, na jezdni prawej od km 387+200 do km 388+000. Warstwy asfaltowe w pobranych próbkach wykazują dobre połączenie (wizualnie).

Pomiary ugięć wykonano na pasie zewnętrznym co 50 m oraz na pasie wewnętrznym z częstotliwością co 100 m.

Lokalizacja próbki I: pas prawy, km 386+700

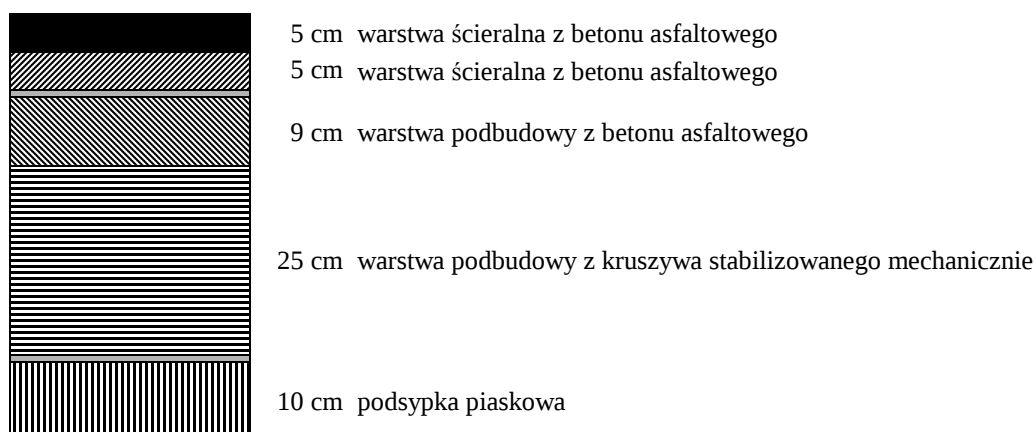


Lokalizacja próbki II: pas prawy, km 387+700



Odcinek 9 – ul. Marszałkowska w Warszawie

Odcinek badawczy zlokalizowany jest na ul. Marszałkowskiej, jezdni wschodnia, od ul. Pięknej do ul. Nowogrodzkiej. Na odcinku tym wytypowano dwa pododcinki. Pierwszy, od ul. Pięknej do ul. Hożej ma następującą konstrukcję:



Między warstwą wiążącą i podbudową znajduje się geosiatka szklana, natomiast na podsypce piaskowej ułożono geowłókninę.

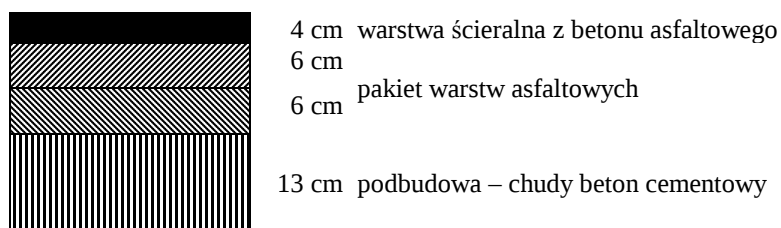
Odcinek drugi, od ul. Hożej do ul. Nowogrodzkiej ma taką samą konstrukcję, lecz bez geosyntetyków.

Z ocenianego odcinka nie pobierano próbek do badań połączenia międzywarstwowego. Pomiary ugięć wykonano na wszystkich trzech pasach ruchu, z częstotliwością co 25 m.

Odcinek 10 – droga krajowa nr 9

Odcinek badawczy zlokalizowany jest na drodze DK-9, na pasie prawym od km 186+300 do km 187+000. Warstwy asfaltowe w pobranej próbce wykazują dobre połączenie (wizualnie). Pomiary ugięć wykonano z częstotliwością co 50.

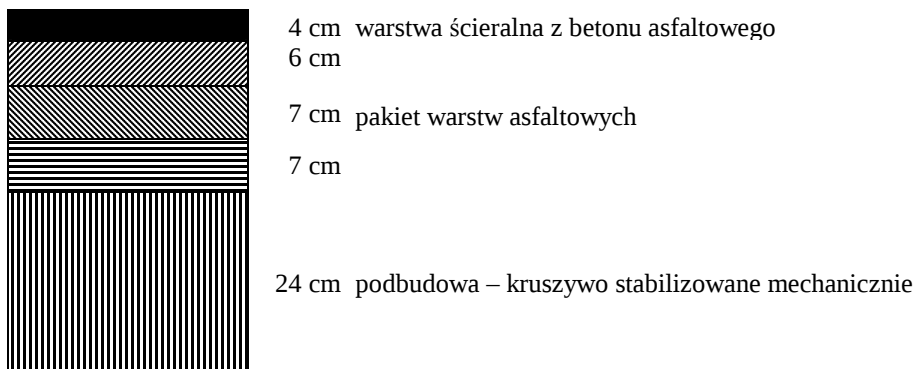
Lokalizacja próbki : pas prawy, km 186+650



Odcinek 11 – droga krajowa S-1

Odcinek badawczy zlokalizowany jest na drodze S-1, na pasie prawym od km 536+350 do km 537+350. Na nawierzchni występują liczne uszkodzenia, głównie w postaci spękań zmęczeniowych. Warstwy asfaltowe w próbce pobranej z nawierzchni nie są rozdzielone. Pomiary ugięć wykonano tylko na pasie zewnętrznym, z częstotliwością co 50.

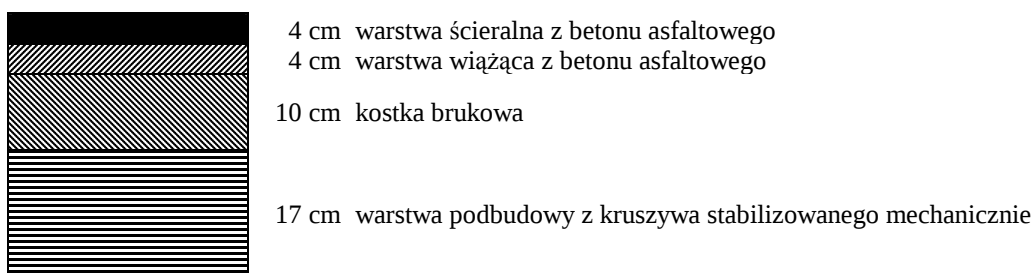
Lokalizacja próbki : pas prawy, km 186+650



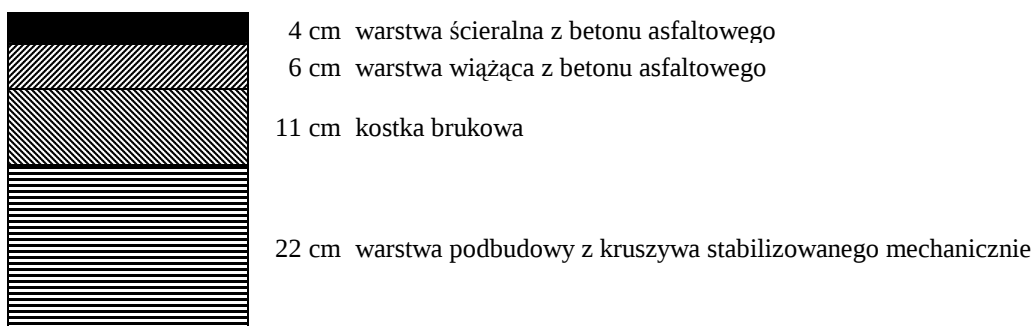
Odcinek 12 – ul. Warszawska w Radomiu

Oceniany odcinek, zlokalizowany na ul. Warszawskiej w Radomiu planowany był do naprawy w 2006 roku. Na nawierzchni występują liczne uszkodzenia: spękania siatkowe, wykruszenia ziaren i lepiszcza, wyboje, łaty po naprawach. Próbki pobrane z nawierzchni nie wykazują braku połączenia pomiędzy warstwami asfaltowymi i kostką brukową, stanowiącą podbudowę. Pomiary ugięć wykonano na jezdni lewej, na obu pasach ruchu (wewnętrznym i zewnętrznym), z częstotliwością co 50.

Lokalizacja próbki „A”: pas prawy, km 0+300



Lokalizacja próbki „B”: pas prawy, km 0+600

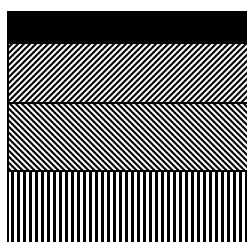


Odcinek 13 – ul. Marynarska w Warszawie

Na wytypowanym odcinku, o długości ok. 250 m prace remontowe polegały na usunięciu warstwy ścieralnej i ułożeniu nowej, grubości 4 cm. Z nawierzchni wycięto 4 próbki z

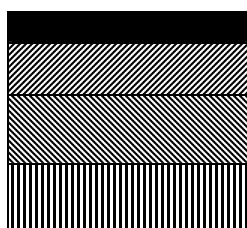
prawego śladu koła. Pomiary ugięć wykonano na całej długości odcinka z częstotliwością co 25 m. Wyniki pomiarów ścinania między warstwami próbek zestawiono w tabeli 7 i 8.

Lokalizacja próbki 1: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+020



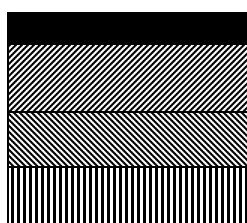
4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
8 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
9 cm górna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego
9,5 cm dolna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego

Lokalizacja próbki 2: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+020



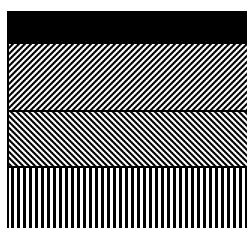
4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
7 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
9 cm górna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego
9 cm dolna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego

Lokalizacja próbki 3: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+200



4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
9 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
7,3 cm górna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego
7,7 cm dolna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego

Lokalizacja próbki 4: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+200



4 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego
9 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego
7,4 cm górna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego
8,5 cm dolna warstwa podbudowy z betonu asfaltowego

Tabela 7 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 13 (między warstwą 2 i 3)

Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	0,8	3	1,1

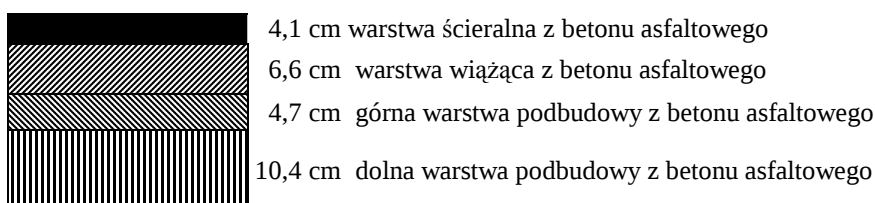
Tabela 8 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 13 (między warstwą 3 i 4)

Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	0,1	3	0,3

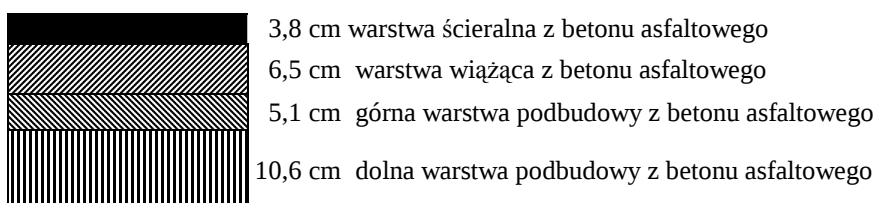
Odcinek 14 – Al. Jerozolimskie w Warszawie

Odcinek badawczy zlokalizowany jest w Al. Jerozolimskich, na dojeździe do Ronda Zesłańców Syberyjskich, na środkowym pasie ruchu. Na wytypowanym odcinku występują koleiny spowodowane brakiem odporności warstw asfaltowych na koleinowanie oraz hamowaniem i postojem pojazdów ciężkich przed sygnalizacją świetlną. Z nawierzchni pobrano 5 próbek z jednego przekroju poprzecznego. Pomiary ugięć wykonano na całej długości odcinka z częstotliwością co 10 m. Wyniki pomiarów ścinania między warstwami próbek zestawiono w tabeli 9, 10 i 11.

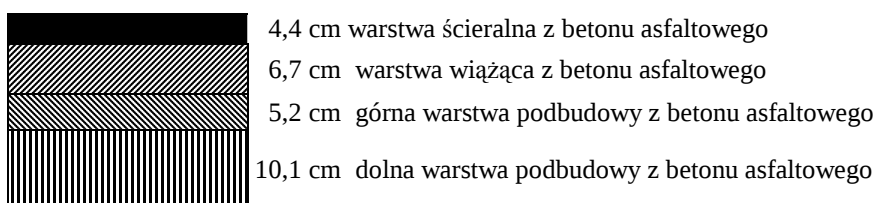
Lokalizacja próbki A: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+040 (0,2 m od krawędzi pasa)



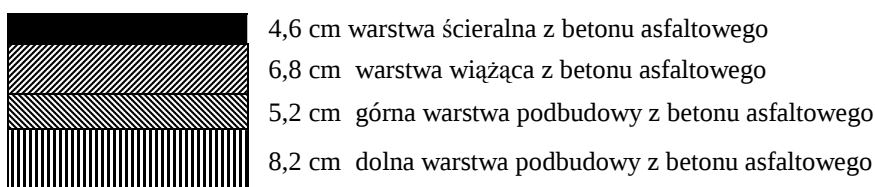
Lokalizacja próbki B: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+040 (1 m od krawędzi pasa)



Lokalizacja próbki C: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+040 (1,6 m od krawędzi pasa)



Lokalizacja próbki D: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+040 (2,4 m od krawędzi pasa)



Lokalizacja próbki E: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+040 (3 m od krawędzi pasa)

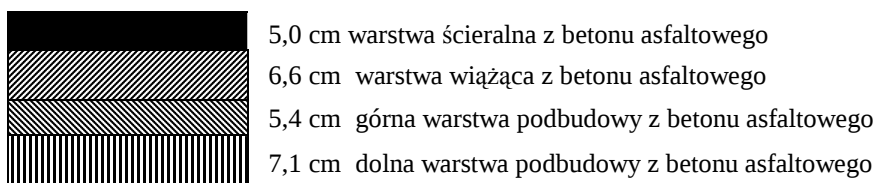


Tabela 9 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 14 (między warstwą 1 i 2)

Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
A	2,6	D	1,0
B	1,7	E	2,4
C	2,8		

Tabela 10 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 14 (między warstwą 2 i 3)

Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
A	2,4	D	2,5
B	1,5	E	2,1
C	2,7		

Tabela 11 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 14 (między warstwą 3 i 4)

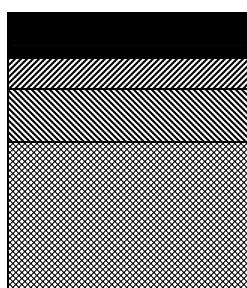
Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowe, ścinanie met. Leutnera, MPa
A	1,0	D	1,3
B	1,1	E	1,1
C	0,9		

Dodatkowo, na próbkach pobranych w odległości: 0,4, 1,4, oraz 2,0 m od krawędzi pasa (linii rozgraniczającej) stwierdzono brak połączenia pomiędzy 3 i 4 warstwą.

Odcinek 15 – Pl. Zbawiciela w Warszawie

Odcinek badawczy zlokalizowany jest na Pl. Zbawiciela, między ul. Marszałkowską a ul. Nowowiejską, na prawym pasie ruchu. Odcinek ma nową konstrukcję, wykonaną w 2006 roku. Z nawierzchni pobrano 1 próbkę do oceny połączenia między warstwami asfaltowymi. Pomiary ugięć wykonano na całej długości odcinka (ok. 20 m) z częstotliwością co 10 m.

Lokalizacja próbki A: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+010



6,0 cm warstwa ścieralna z betonu asfaltowego

4,0 cm warstwa wiążąca z betonu asfaltowego

7,0 cm warstwa podbudowy z betonu asfaltowego

20,0 cm warstwa podbudowy z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

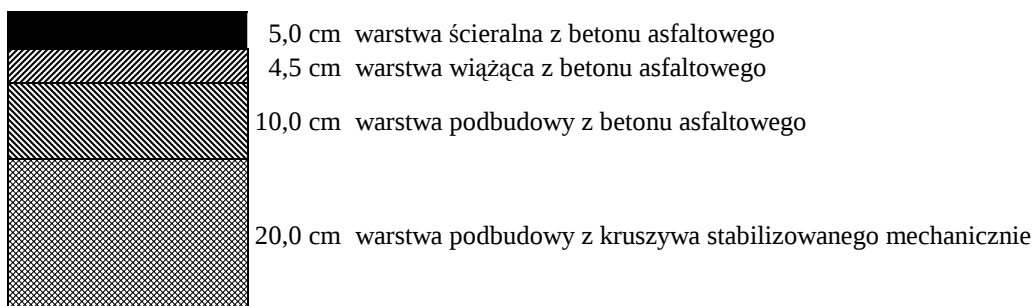
Zbadano jakość połączenia między warstwami i otrzymano następujące wyniki:

- wytrzymałość na ścinanie między 1 i 2 warstwą 1,25 MPa,
- wytrzymałość na ścinanie między 2 i 3 warstwą 0,62 MPa,

Odcinek 16 – ul. Marszałkowska w Warszawie

Na wytypowanym odcinku, podobnie jak na odcinku nr 15 wykonano nową nawierzchnię, wiosną 2006 roku. Zlokalizowany jest na części ulicy pomiędzy wiaduktem nad Trasą Łazienkowską a Placem Zbawiciela. Z nawierzchni wycięto 2 próbki i poddano je badaniu odporności na ścinanie metodą Leutnera. Pomiary ugięć wykonano z częstotliwością co 25 m. Wyniki pomiarów ścinania między warstwami próbek zestawiono w tabeli 12 i 13.

Lokalizacja próbki 1: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+050



Lokalizacja próbki 2: prawy ślad koła, pas prawy, km 0+150

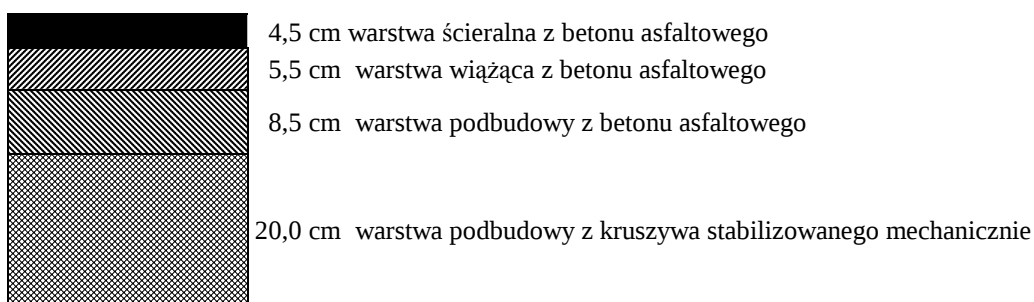


Tabela 12 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 16 (między warstwą 1 i 2)

Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	1,2	2	1,1

Tabela 13 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 16 (między warstwą 3 i 4)

Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	1,2	2	0,9

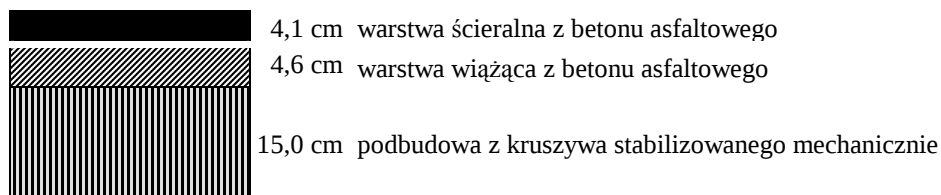
Odcinek 17 – parking przed CH Auchan w Piasecznie

Powierzchnia nawierzchni asfaltowej parkingu charakteryzuje się licznymi pęknięciami oraz nieprawidłowym wykonaniem połączeń pomiędzy działkami technologicznymi. W wielu miejscach występowało wyraźne niedogęszczenie mieszanki mineralno-asfaltowej warstwy ścieralnej. Nawierzchnia parkingu odznaczała się dużymi nierównościami oraz występowaniem zapadniętych i wybruszonych miejsc. Zarejestrowano również naprawione,

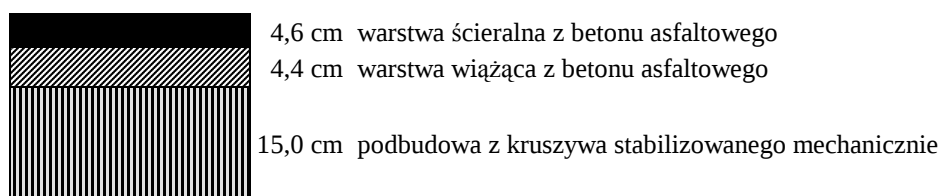
przy użyciu kostki betonowej oraz mieszanki asfaltowej, miejsca wokół studzienek kanalizacji deszczowej.

Na nawierzchni parkingu wykonano pomiary ugięć ugięciomierzem FWD oraz pobrano próbki do oceny połączenia między warstwami asfaltowymi. Wyniki pomiarów ścinania między warstwami próbek zestawiono w tabeli 14.

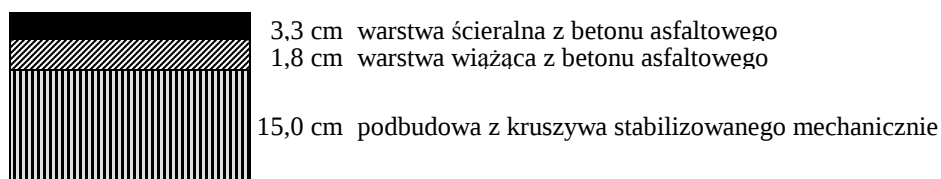
Układ warstw próbki 1:



Układ warstw próbki 2:



Układ warstw próbki 3:



Układ warstw próbki 4:

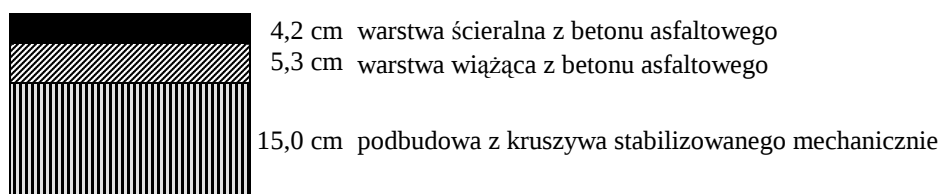


Tabela 14 Ocena połączenia międzywarstwowego na odcinku 17 (między warstwą 1 i 2)

Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa	Próbka	Połączenie międzywarstwowo, ścinanie met. Leutnera, MPa
1	brak połączenia	C	0,8
2	1,1	D	1,7

Odcinek 18 – droga powiatowa nr 15921

Nawierzchnia ocenianego odcinka została przebudowana na przełomie sierpnia i października 2002 r. Celem zabiegu było podniesienie nośności konstrukcji do przenoszenia ruchu kategorii KR-3. Wzmocnienie istniejącej konstrukcji zaplanowano z wykorzystaniem jej jako podbudowy. Projekt zakładał następujący układ warstw konstrukcyjnych:

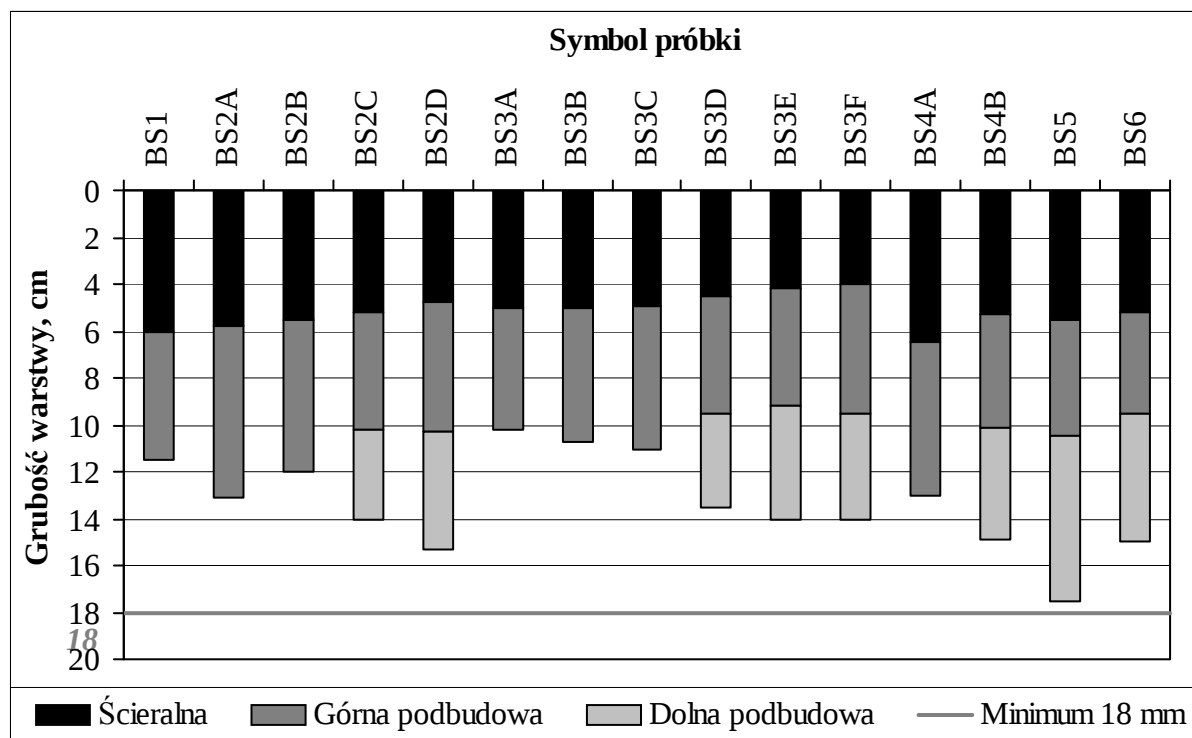
- o sfrezowana na głębokość 10 cm stara nawierzchnia asfaltowa (pozostało ok. 15 cm),
- o podbudowa zasadnicza z betonu asfaltowego gr. 15 cm,
- o warstwa ścieralna z betonu asfaltowego gr. 5 cm.

Podbudowę z betonu asfaltowego układano w dwóch warstwach. Pomiędzy warstwami, na połączeniu jezdni z poboczem ułożono geowłókninę.

Na nawierzchni w ciągu trzech lat wystąpiły uszkodzenia w postaci ubytków kruszywa i masy oraz spękań siatkowych i podłużnych. Wyniki badań wykonanych na ocenianym odcinku wskazują, że przyczyn złego stanu należy upatrywać w:

- o nie uwzględnieniu warstwy odsączającej w konstrukcji pobocza,
- o złej koncepcji konstrukcji nawierzchni jezdni i poboczy utwardzonych,
- o brak rozwiązania technologicznego połączenia warstw konstrukcji jezdni i pobocza bitumicznego,
- o zastosowaniu geowłókniny w miejscu działania największych obciążeń od ruchu,
- o zmniejszeniu łącznej grubości nowych warstw asfaltowych w stosunku do projektu,
- o niewłaściwym zagęszczeniu warstwy ścieralnej,
- o niespełnieniu wymagań co do składu wbudowanych mieszanek betonu asfaltowego, przede wszystkim zaniżona zawartość asfaltu w warstwie ścieralnej (zmniejszona ilość stosunkowo twardego asfaltu zwykłego w warstwie ścieralnej),
- o zastosowaniu wątpliwego kruszywa kwarcytowego do warstwy ścieralnej.

Z nawierzchni drogi pobrano próbki oraz wykonano pomiary ugięć ugięciomierzem FWD. Układ warstw asfaltowych przedstawia Rysunek 7.



Rysunek 7 Wykresy ugięć i nacisku w miejscu dobrego powiązania warstw

W IBDiM zbadano jedynie 2 próbki: BS3B i BS4A. Otrzymano wytrzymałość na ścinanie, odpowiednio: 0,6 MPa i 1,4 MPa. Pozostałe próbki nie nadawały się do badania, gdyż uległy rozwarstwieniu. Nie można wykluczyć, że warstwy w tych próbkach były związane, a uległy oddzieleniu podczas wiercenia i wyjmowania próbek z nawierzchni, przy czym jeśli istniało połączenie, to musiało być ono stosunkowo słabe.

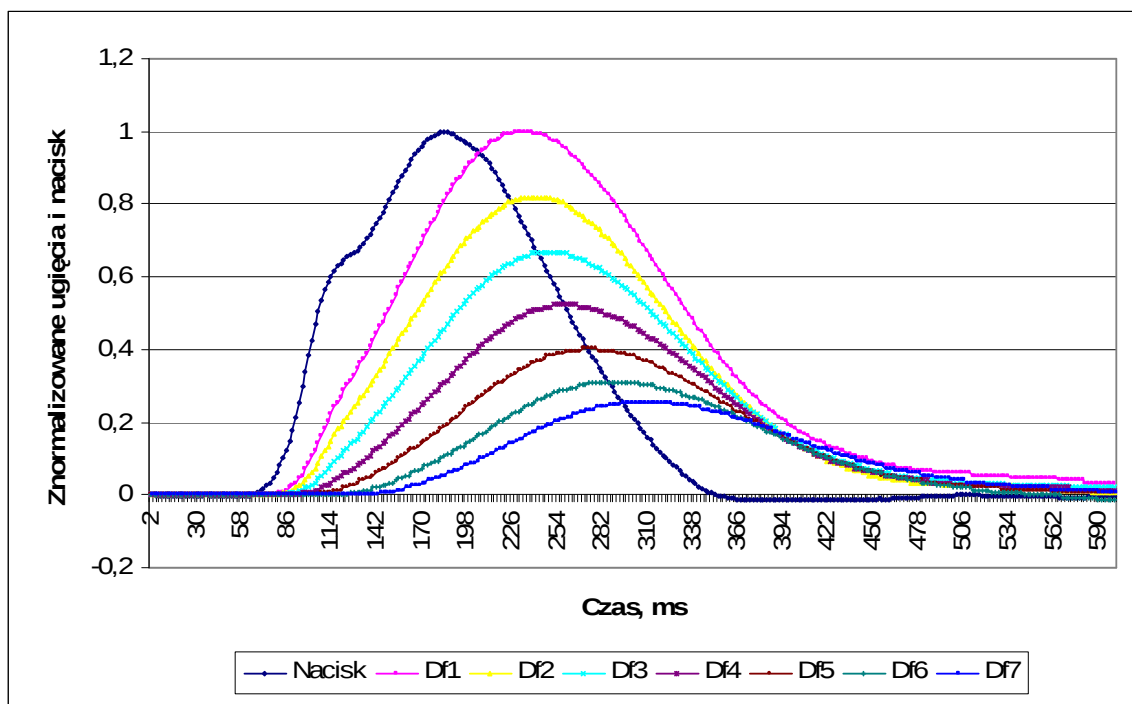
5. Analiza wyników badań

Podstawowym założeniem jakie przyjęto przy opracowaniu metody oceny jakości połączenia międzywarstwowego było wykorzystanie pełnych możliwości jakie daje ugięciomierz dynamiczny FWD. W programach komputerowych służących do obliczania modułów warstw konstrukcyjnych, a następnie trwałości zmęczeniowej nawierzchni korzysta się z pomiaru czaszy ugięć, na którą składają się wartości maksymalnych ugięć na poszczególnych geofonach. Program Moddyn opracowany w IBDiM, oparty na teorii zjawisk falowych w układach wielowarstwowych, wykorzystuje pełne przebiegi ugięć nawierzchni i wartości ciśnienia kontaktowego, od momentu dokonania rzutu obciążenia do chwili odprężenia. Przykładowy wynik pomiaru FWD (pełne przebiegi) przedstawiono w załączniku 1. Dotychczasowe wieloletnie doświadczenia w wykonywaniu pomiarów ugięć FWD upoważniają do twierdzenia, że oprócz oceny nośności nawierzchni można tym urządzeniem badać również połączenie warstw konstrukcyjnych nawierzchni.

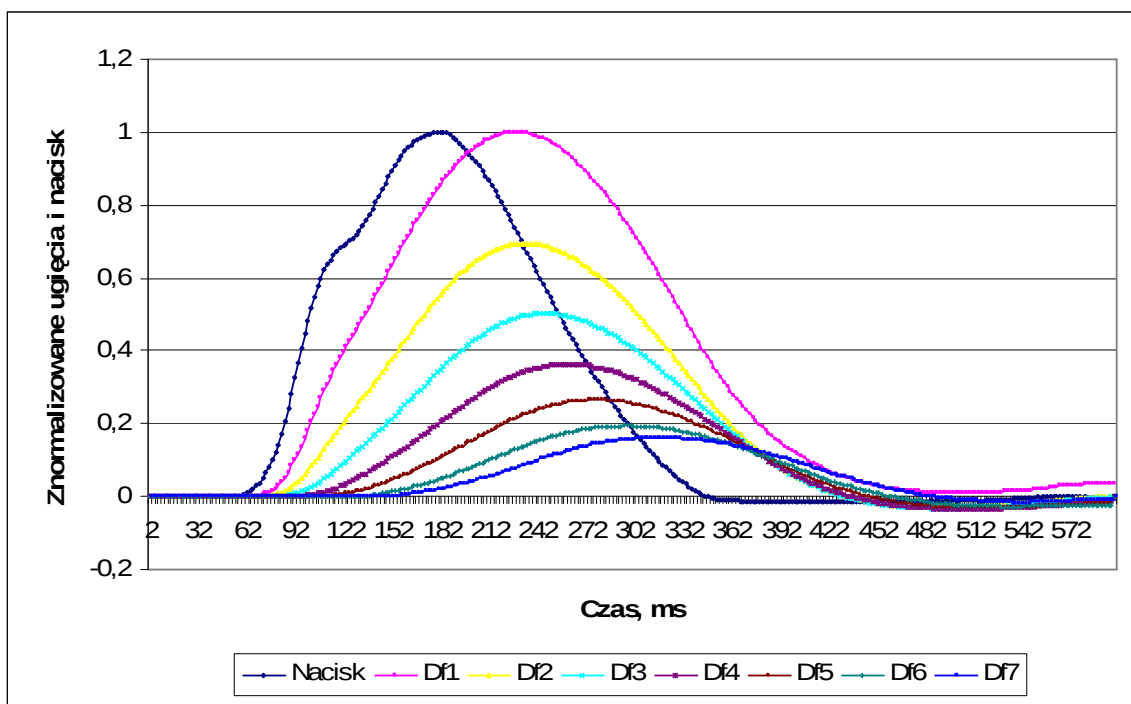
Analizując metody oceny połączenia międzywarstwowego, dokonywanej na podstawie badań nieniszczących, przedstawionych w rozdziale 3 wydaje się, że ze względów praktycznych najkorzystniejsze jest opracowanie metody zbliżonej do „testu młotem uderowym”. W przypadku pomiarów FWD „młotem” jest obciążenie dynamiczne generowane przez urządzenie, natomiast odbiornikiem geofony (czujniki przemieszczeń). Należy jednak opracować odpowiednią procedurę przetwarzania wyników pomiarów ugięć, aby pozwalały na określenie – czy warstwy w danej konstrukcji charakteryzują się dobrym połączeniem czy niedostatecznym oraz ewentualnie, które połączenie (między którymi warstwami) jest wadliwe.

Analiza wyników pomiarów ugięć na odcinkach badawczych wskazuje na różnice w charakterystykach ugięcia nawierzchni z dobrym i złym połączeniem warstw. Na rysunkach 8 i 9 przedstawiono wykresy ugięć i nacisku płyty w dwóch punktach pomiarowych na odcinku badawczym nr 3. Rysunek 8 przedstawia dobre połączenie warstw natomiast rysunek 9 ugięcia w miejscu o gorszym połączeniu międzywarstwowym. Dla lepszego porównania obu wykresów wartości ugięć i nacisków znormalizowano do wartości maksymalnych.

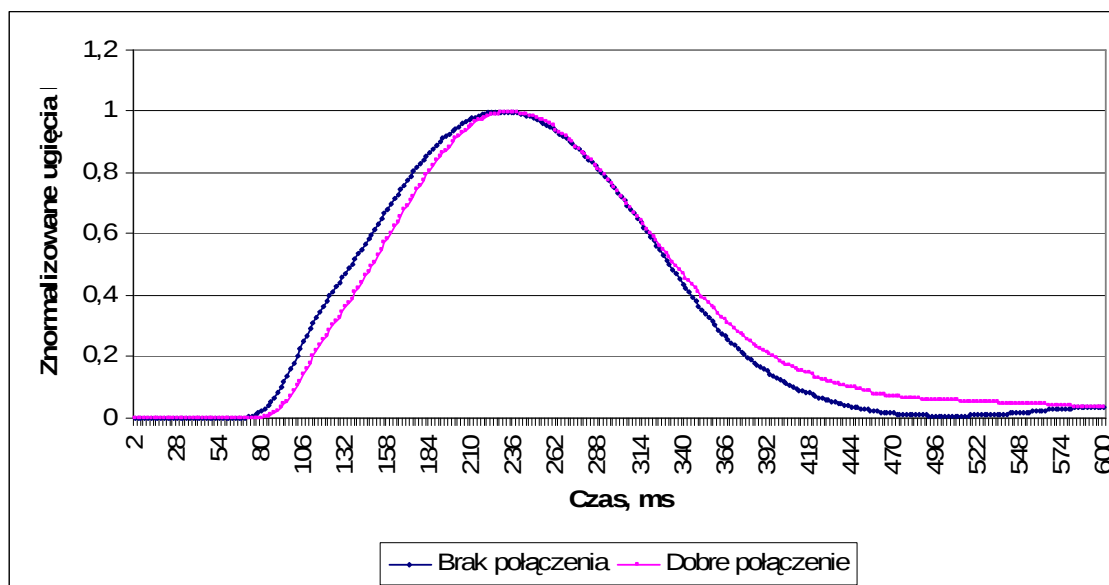
Na rysunkach tych wyraźnie widać różnice w przebiegu ugięć nawierzchni w miejscach dobrego i złego połączenia warstw. Jeszcze wyraźniej różnice te przedstawia rysunek 10, na którym zestawiono ugięcia tylko dla czujnika centralnego, w miejscu obciążenia płytą naciskową.



Rysunek 8 Wykresy ugięć i nacisku w miejscu dobrego powiązania warstw

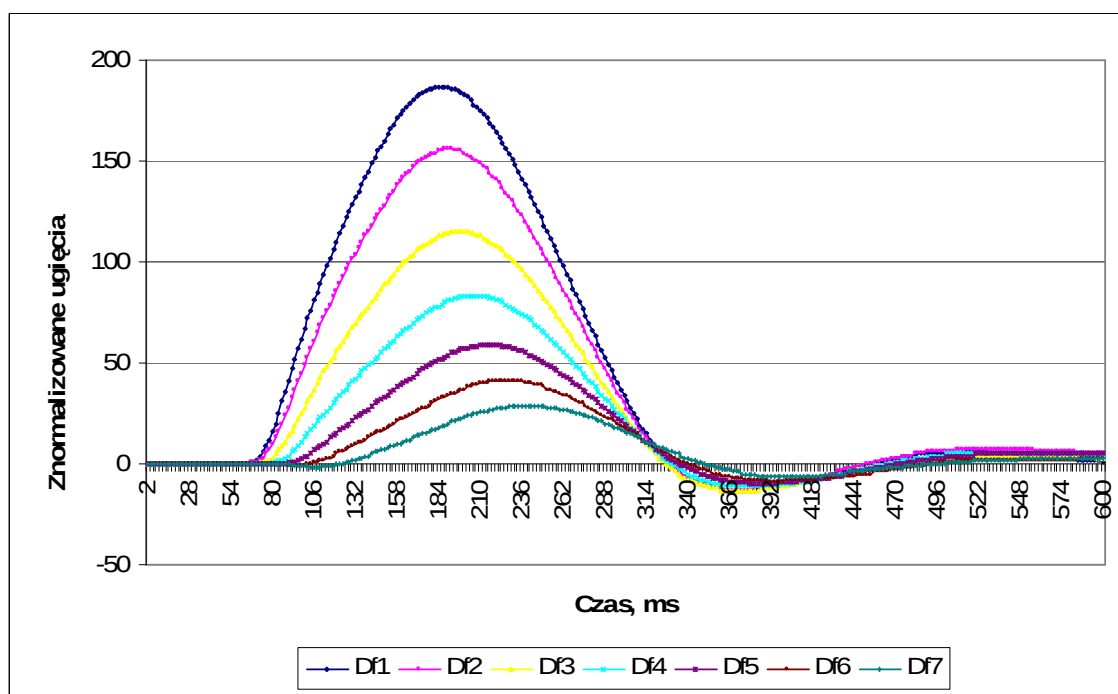


Rysunek 9 Wykresy ugięć i nacisku w miejscu ograniczonego powiązania warstw



Rysunek 10 Wykresy ugięć rejestrowanych przez czujnik centralny w miejscu dobrego i złego powiązania warstw

Różnice w wykresach ugięć jeszcze wyraźniej widać na przykładzie odcinka badawczego nr 9. Na rysunku 11 przedstawiono wykres ugięcia nawierzchni w miejscu braku połączenia międzywarstwowego na tym odcinku.



Rysunek 11 Wykresy ugięć i nacisku w miejscu ograniczonego powiązania warstw

Na wykresie obrazującym dobre połączenie warstw (rys. 8) widoczne są dwa punkty przegięcia krzywej: pierwszy podczas zwiększania się nacisku wywieranego na powierzchnię i drugi podczas odpężenia. Natomiast wykresy przedstawiające ugięcia na odcinkach o ograniczonym powiązaniu warstw lub jego braku (rys. 9 i 11) charakteryzują się dodatkowym punktem przegięcia po odpężeniu powierzchni.

Po przeanalizowaniu wykresów dla wszystkich pomierzonych ugięć stwierdzono, że dla odcinków, na których w wyniku wykonanych badań laboratoryjnych i odwiertów zaobserwowano brak połączenia międzywarstwowego (odcinki badawcze nr 1, 5 cz.2, 6, 7, 13, 17 i 18) przebiegi ugięć są podobne jak na rysunkach 9 i 11. Natomiast dla odcinków o dobrym połączeniu międzywarstwowym (odcinki badawcze nr 3, 5 cz.2, 10, 11 i 12) otrzymano wykresy analogiczne jak na rys. 8.

Aby zaobserwowane zjawisko można było oceniać w sposób jakościowy wprowadzono „na roboczo” wskaźnik połączenia warstw W_{pw} , którego wartość oblicza się ze wzoru:

$$W_{pw} = \frac{U_{end} - U_{min}}{U_{max}} \cdot 100\%$$

w którym:

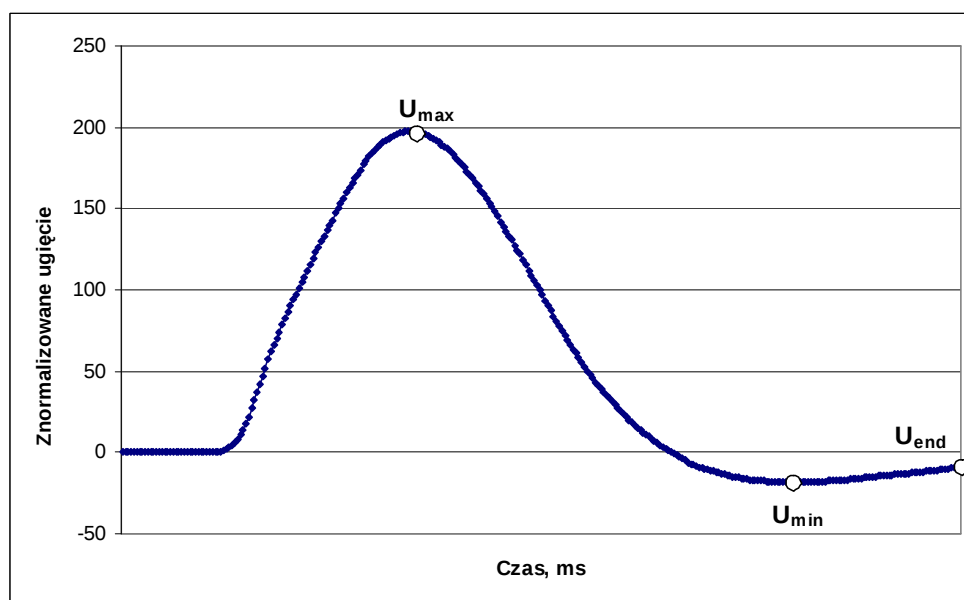
W_{pw} – wskaźnik połączenia warstw,

U_{end} – wartość ugięcia na końcu rejestrowanego przebiegu (po 600 ms),

U_{min} – najmniejsza wartość ugięcia,

U_{max} – ugięcie maksymalne.

W przypadku niewystępowania wartości U_{min} (np. w przypadku dobrego połączenia warstw) przyjmuje się, że $U_{min} = U_{end}$. Znaczenie wartości użytych we wzorze obrazuje rysunek 12.



Rysunek 12 Zmienność ugięcia nawierzchni pod czujnikiem centralnym w czasie wraz z punktami charakterystycznymi

Dla wszystkich pomiarów ugięciomierzem FWD na odcinkach badawczych obliczono wskaźnik połączenia warstw W_{pw} i wyznaczono wartości statystyczne (tabela 15).

Tabela 15 Obliczone wartości wskaźników na odcinkach badawczych

Nr odcinka	Opis odcinka	Wartość średnia	Odchylenie standard.	Wartość najmniejsza	Wartość największa
1	strona lewa	9,1	8,0	1,1	27,8
2	strona lewa	4,0	3,5	0,0	10,9
2	strona prawa	4,1	3,3	0,0	10,7
3	1 m od osi jezdni	0,0	0,0	0,0	0,0
3	prawy ślad koła	0,5	1,1	0,0	3,6
4	pas prawy	2,7	2,9	0,0	9,0
4	pas lewy	1,6	1,4	0,0	4,0
5	km 13+500 do 14+000	0,0	0,0	0,0	0,0
5	km 14+000 do 14+500	9,8	6,3	0,0	24,1
6	prawy ślad koła	11,6	5,0	1,9	24,0
6	lewy ślad koła	10,4	5,0	3,0	22,3
7	km 26+020 do 26+820	7,9	4,7	0,0	17,4
7	km 27+070 do 27+870	7,3	4,8	0,8	17,8
8	pas wewnętrzny	1,7	2,9	0,0	8,2
8	pas zewnętrzny	0,8	1,6	0,0	5,2
9	odcinek z siatką	5,7	3,5	1,7	12,6
9	odcinek bez siatki	6,6	5,0	0,0	14,4
10	pas prawy	1,5	2,5	0,0	6,4
11	pas prawy	1,2	2,2	0,0	6,1
12	pas prawy	0,1	0,3	0,0	1,1
12	pas lewy	0,8	2,4	0,0	7,7
13	pas prawy	12,5	5,6	2,0	18,2
14	pas środkowy	4,4	5,5	0,0	14,9
15	pas prawy	6,8	8,9	0,0	16,9
16	pas prawy	5,5	1,8	3,4	9,2
17	wybrane punkty	14,7	3,4	10,0	21,0
18	strona prawa i lewa	7,8	5,1	0,0	18,6

Odcinki oznaczone kolorem czerwonym charakteryzują się złym połączeniem warstw nawierzchni, natomiast kolorem zielonym zaznaczono nawierzchnie o dobrym połączeniu. W obu przypadkach o jakości połączenia warstw świadczą nie tylko wartości wskaźnika W_{pw} ale również wyniki badań laboratoryjnych i wygląd próbek pobranych z drogi.

Pozostałe odcinki charakteryzują się zmiennym stanem połączenia. Nie można w tych przypadkach jednoznacznie ocenić jakości połączenia dla całego odcinka i potwierdzić tego stanu badaniami laboratoryjnymi. Uzyskiwane wartości są zmienne, a w niektórych przypadkach oceny wytrzymałości na ścinanie metodą Leutnera nie wykonywano (np.:

odcinki 8 i 9). Ciekawych obserwacji dokonano na odcinku nr 3. Na odcinku tym oceniono połączenie międzywarstwowe w odległości 1 m od osi jezdni, oraz w obszarze śladów prawego koła, gdzie między warstwy ścieralną i wiążącą został zastosowany geokompozyt (kompozyt włókniny z siatką szklaną). Wyniki badań laboratoryjnych wykazują brak połączenia między warstwami w śladzie prawego koła natomiast w odległości 1 m od osi połączenie jest dobre (wytrzymałość na ścinanie $\tau > 1,3$ MPa). Wyniki pomiarów ugięć nie wykazują znacznej różnicy między ocenianymi częściami nawierzchni. Przyczyną tego jest prawdopodobnie fakt, że odwierty wykonywane w śladzie prawego koła zlokalizowane były w pobliżu styku części zawierającej kompozyt z częścią bez ułożonej siatki. Ponieważ w bezpośrednim sąsiedztwie punktów pomiarowych (w badaniu FWD) występowała nawierzchnia o dobrym połączeniu warstw to również w lewym śladzie koła otrzymywano charakterystyki ugięć typowe dla konstrukcji o dobrym połączeniu warstw.

Na podstawie wykonanych pomiarów ugięć ugięciomierzem dynamicznym FWD oraz konfrontacji uzyskanych wyników ze stanem nawierzchni ocenionym na podstawie badań laboratoryjnych i wyglądu próbek pobranych z odcinków badawczych, przyjęto następującą, wstępną klasyfikację stanu połączeń między warstwami:

$W_{pw} = 0$	pełne połączenie warstw,
$0 < W_{pw} \leq 4$	dobre połączenie warstw,
$4 < W_{pw} \leq 8$	słabe połączenie warstw,
$W_{pw} > 8$	brak połączenia warstw.

6. Wnioski

Wykonana praca pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- wyniki pomiarów ugięciomierzem dynamicznym FWD (pełne przebiegi ugięć w czasie) mogą być z powodzeniem wykorzystane do oceny jakości połączenia między warstwami konstrukcyjnymi nawierzchni drogowej,
- podana metodyka oceny jakości połączenia warstw, polegająca na wyznaczeniu wskaźnika W_{pw} lub analizie wykresów ugięć w funkcji czasu, pozwala na szybkie i proste, wstępne wnioskowanie o jakości połączenia,
- operatorzy aparatów FWD powinni w większym stopniu wykorzystywać możliwości ugięciomierz FWD; podczas pomiaru program obsługujący na bieżąco wizualizuje wartości ugięć nawierzchni; zaleca się więc na bieżąco rejestrowanie nietypowych przebiegów ugięć;
- na obecnym etapie badań nie można jednoznacznie określić, które warstwy charakteryzują się złym połączeniem; stwierdzono brak korelacji wyników pomiarów ugięć z głębokością występowania
- należy opracować metodykę obliczania naprężeń i odkształceń w warstwach konstrukcyjnych nawierzchni (w konsekwencji również oceny trwałości)

uwzględniającą brak lub niepełne połączenie międzywarstwowe; projektowanie wzmocnień nawierzchni przy założeniu ciągłości odkształceń (pełnego połączenia) może powodować znaczne błędy,

- ocenę połączenia warstw ugięciomierzem FWD powinno się uzupełniać badaniami Penetroradarem, ponieważ analiza obrazu prześwietlanej konstrukcji nawierzchni również pozwala na wskazanie miejsc lub odcinków charakteryzujących się brakiem połączenia międzywarstwowego,
- prace badawcze, związane z wykorzystaniem ugięciomierza FWD do oceny połączenia międzywarstwowego należy kontynuować; głównym celem jest sprecyzowanie procedury pozwalającej na ilościową i jakościową ocenę oraz klasyfikacji jakości połączenia warstw na podstawie badań FWD.

Bibliografia

- [1] Judycki J.: Szczepność między warstwami asfaltowymi nawierzchni. Drogownictwo 9/2003
- [2] Wałęcka H.: Układ i związanie warstw w konstrukcji nawierzchni asfaltowych. Nowości Zagranicznej Techniki Drogowej 140/2000
- [3] Zawadzki J., Skierczyński P.: Analiza wpływu połączenia międzywarstwowego na nośność nawierzchni asfaltowej. Sprawozdanie z pracy TN-225. IBDiM 2002
- [4] Mikulski J.: Powiązanie asfaltowych warstw nawierzchni: badania, wpływy, ocena – rozważania porównawcze Niemcy-Wielka Brytania. Nowości Zagranicznej Techniki Drogowej 154/2003
- [5] Zawadzki J., Skierczyński P., Mechowski T.: Wpływ połączenia między warstwami asfaltowymi na trwałość nawierzchni. Zbiór referatów z IX Międzynarodowej Konferencji „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”. Kielce 2003
- [6] Zawadzki J., Skierczyński P., Pałys M.: Połączenie między warstwami nawierzchni asfaltowej – metoda badania i wymagania. Zbiór referatów z VIII Międzynarodowej Konferencji „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”. Kielce 2002
- [7] Sybilski D., Zawadzki J., Bańkowski W., Jezierska D., Mechowski T., Mularzu R.: Wzmocnienie nawierzchni siatkami stalowymi i geosyntetykami. Raport końcowy z realizacji projektu KBN w ramach programu międzynarodowego COST 348. IBDiM Warszawa 2005
- [8] Hakim A., Armitage R., Thom N.: Pavement assessment including bonding conditio: case studiem. Materiały z Konferencji „International Conference on Bering Capacity of Roads and Airfields. Trondheim 1998
- [9] Zawadzki J., Sybilski D., Skierczyński P. – Zalecenia stosowania geosyntetyków w warstwach asfaltowych nawierzchni drogowych. IBDiM 2004

ZAŁĄCZNIK 1

Przykład wyników pomiarów
generowanych przez urządzenie FWD

R32 24055 0501017SIELSKA 36F20	-1 0 0 0 0 0 0 0	589 186 130 79 41 16 4 -2
700031008002-10670581.5203111 6	-1 0 0 0 0 0 0 0	601 191 134 81 43 18 4 -1
150 0 300 600 900 120015001800	-1 0 0 0 0 0 0 0	611 196 138 84 45 19 5 -1
C:\POM05\OLSZTYN\ .FWD	0 0 0 0 0 0 0 0	622 201 142 87 47 20 6 0
Sielska ulica	-1 0 0 0 0 0 0 0	632 206 146 89 49 22 7 0
S 1.900P 25 43 30 23752	-1 0 0 0 0 0 0 0	643 211 149 92 51 23 8 1
S 2.258P 25 43 30 24056	-1 0 0 0 0 0 0 0	653 216 153 95 53 24 9 1
775 2469273036800 1.9	-1 0 0 0 0 0 0 0	662 221 157 98 54 26 9 2
16 15 3.5 5 2 15 2 8	-2 0 0 0 0 0 0 0	670 226 161 100 56 27 10 2
Ld 157 .988 92.8	-1 0 0 0 0 0 0 0	677 230 165 103 58 28 11 3
D1 1481 1.006 1.055	-1 0 0 0 0 0 0 0	684 235 169 106 60 29 12 3
D2 1482 1.007 1.032	-2 0 0 0 0 0 0 0	691 240 173 108 62 31 13 4
D3 1483 1.005 1.012	-1 0 0 0 0 0 0 0	697 244 176 111 64 32 14 4
D4 1484 1.013 1.055	0 0 0 0 0 0 0 0	702 249 180 113 66 33 15 5
D5 1485 1.01 1.046	0 0 0 0 0 0 0 0	708 253 183 116 68 35 16 5
D6 1486 1.009 1.040	2 0 0 0 0 0 0 0	715 257 186 118 70 36 17 6
D7 1487 1.007 1.014	4 0 0 0 0 0 0 0	721 261 190 121 72 37 17 7
D* ***** 1 1	7 0 0 0 0 0 0 0	728 265 193 123 74 39 18 7
D* ***** 1 1	11 0 0 0 0 0 0 0	733 268 196 125 75 40 19 8
D* ***** 1 1	17 0 0 0 0 0 0 0	736 272 199 127 77 41 20 9
AK&RB	23 0 0 0 0 0 0 0	739 276 201 129 79 43 21 9
00010000.....	31 0 0 0 0 0 0 0	739 279 204 131 80 44 22 10
2 2 2 2	37 1 0 0 0 0 0 0	737 282 207 133 82 45 23 11
*centrum <-- granica miasta	44 1 0 0 0 0 0 0	733 285 209 135 84 47 24 11
Sielska ulica	54 2 1 0 0 0 0 0	728 287 211 136 85 48 25 12
Sielska	64 2 1 0 0 0 0 0	721 289 213 138 87 49 26 13
*centrum --- granica miasta	77 3 1 0 0 0 0 0	714 291 215 140 88 50 27 13
.....	94 5 2 0 0 0 0 0	704 292 217 141 89 51 28 14
0 0Peak...	113 6 3 0 0 0 0 0	695 293 218 142 91 52 29 15
..12.....	137 9 4 1 0 0 0 0	687 294 219 143 92 54 30 16
AB22333311122222333333344444444	164 12 5 1 0 0 0 0	678 295 220 144 93 55 31 17
.....	195 15 7 2 0 0 0 0	668 296 221 145 94 56 32 17
..*****	228 19 9 3 1 0 0 0	660 296 221 145 95 57 33 18
...*	261 24 12 4 1 0 0 0	652 296 222 146 96 58 34 19
...*	295 30 15 5 1 0 0 0	644 296 222 146 97 59 35 20
TD-2005	332 37 19 6 1 0 0 0	634 296 222 146 98 59 36 21
*centrum --> granica miasta	368 44 23 8 2 0 0 0	624 295 222 146 98 60 37 21
S 1.900L 25 41 30 I01203	402 52 28 11 3 0 -1 0	613 295 222 147 99 61 37 22
737 302 223 152 100 66 46 35	431 60 33 13 3 0 -1 0	601 294 222 147 99 62 38 23
740 296 222 147 100 65 47 36	455 69 39 16 4 0 -1 0	589 294 221 146 99 62 39 24
B300 1 rd1 rd2S 1.900.....	476 78 45 19 6 0 -1 0	577 293 221 146 100 63 40 25
0 0 0 0 0 0 0 0	494 87 51 23 7 0 -1 -1	564 291 220 146 100 63 41 26
0 0 0 0 0 0 0 0	508 95 58 26 8 1 -1 -1	550 290 219 145 100 64 41 26
-1 0 0 0 0 0 0 0	517 104 64 30 10 1 -1 -1	537 289 218 145 100 64 42 27
-1 0 0 0 0 0 0 0	523 112 70 34 12 2 -1 -1	523 287 217 144 100 64 43 28
-1 0 0 0 0 0 0 0	528 120 76 38 14 2 -1 -1	509 285 216 144 100 65 43 29
-1 0 0 0 0 0 0 0	531 127 82 42 16 3 -1 -1	495 283 215 143 100 65 44 29
0 0 0 0 0 0 0 0	534 134 88 46 19 4 -1 -2	481 281 214 142 100 65 44 30
0 0 0 0 0 0 0 0	535 140 93 50 21 5 -1 -2	468 279 212 141 99 65 45 31
1 0 0 0 0 0 0 0	535 146 98 54 23 6 -1 -2	455 276 210 140 99 65 45 31
0 0 0 0 0 0 0 0	537 152 103 57 26 7 -1 -2	441 274 209 139 98 65 45 32
0 0 0 0 0 0 0 0	541 157 107 61 28 8 0 -2	428 271 207 138 98 65 46 32
0 0 0 0 0 0 0 0	546 162 112 64 30 10 0 -2	415 269 205 137 97 65 46 33
-1 0 0 0 0 0 0 0	552 167 116 67 33 11 1 -2	402 266 203 135 97 65 46 33
-1 0 0 0 0 0 0 0	560 172 119 70 35 12 2 -2	389 263 201 134 96 65 46 34
-1 0 0 0 0 0 0 0	568 177 123 73 37 14 2 -2	376 260 198 132 95 65 47 34
-1 0 0 0 0 0 0 0	578 181 127 76 39 15 3 -2	364 257 196 131 94 64 47 34

351 254 194 129 93 64 47 35	-9 32 12 -4 -5 -3 2 7	-10 16 -1 -7 -11 -11 -11 -8
339 250 191 127 92 64 47 35	-10 30 10 -6 -7 -5 1 6	-10 16 0 -6 -11 -11 -10 -8
326 247 188 126 91 63 47 35	-10 28 8 -7 -8 -6 0 5	-9 17 0 -5 -10 -10 -10 -7
315 244 186 124 90 63 47 35	-10 26 6 -9 -9 -7 -1 4	-10 17 1 -5 -10 -10 -10 -7
304 240 183 122 89 62 46 36	-10 24 4 -10 -10 -8 -2 3	-10 17 1 -4 -10 -9 -9 -7
292 237 180 120 87 61 46 36	-10 22 3 -12 -12 -9 -3 2	-10 18 2 -4 -9 -9 -9 -6
282 233 177 118 86 61 46 36	-10 21 1 -13 -13 -10 -4 2	-10 18 2 -3 -9 -8 -8 -6
271 229 174 116 85 60 46 36	-10 19 0 -14 -14 -11 -5 1	-11 18 3 -3 -8 -8 -8 -6
261 225 171 114 83 59 46 36	-11 17 -1 -15 -15 -11 -6 0	-10 19 3 -2 -8 -8 -8 -5
251 222 168 112 82 59 45 36	-10 16 -3 -16 -16 -12 -7 -1	-9 19 4 -2 -8 -8 -7 -5
241 218 165 110 80 58 45 36	-10 15 -4 -17 -17 -13 -7 -1	-8 19 4 -1 -7 -7 -7 -5
230 214 162 107 79 57 44 36	-11 14 -5 -17 -17 -14 -8 -2	-9 19 4 -1 -7 -7 -7 -4
220 210 159 105 77 56 44 36	-10 13 -6 -18 -18 -15 -9 -3	-8 20 5 -1 -7 -6 -6 -4
210 206 156 103 76 55 43 36	-10 12 -7 -19 -19 -15 -10 -3	-9 20 5 0 -6 -6 -6 -4
200 202 152 100 74 54 43 35	-10 11 -8 -19 -20 -16 -10 -4	-8 20 6 0 -6 -6 -6 -3
192 198 149 98 72 53 42 35	-10 10 -8 -20 -20 -16 -11 -5	-8 20 6 1 -6 -5 -5 -3
182 194 146 96 70 52 42 35	-10 9 -9 -20 -21 -17 -12 -5	-8 20 7 1 -5 -5 -5 -3
173 189 142 93 69 51 41 35	-10 8 -9 -21 -21 -17 -12 -6	-8 21 7 1 -5 -4 -5 -2
164 185 139 91 67 50 40 34	-10 8 -10 -21 -22 -18 -13 -6	-8 21 7 2 -4 -4 -4 -2
156 181 135 88 65 48 40 34	-10 7 -10 -21 -22 -18 -13 -7	-7 21 8 2 -4 -4 -4 -2
147 177 132 86 63 47 39 34	-11 7 -11 -22 -22 -19 -14 -7	-7 21 8 2 -4 -3 -4 -1
138 173 129 83 61 46 38 33	-11 6 -11 -22 -23 -19 -14 -8	-8 21 9 3 -4 -3 -3 -1
130 169 125 81 60 45 37 33	-10 6 -11 -22 -23 -19 -15 -8	-7 21 9 3 -3 -3 -3 -1
121 164 122 78 58 43 36 32	-11 6 -12 -22 -23 -20 -15 -9	-6 21 10 3 -3 -2 -3 -1
114 160 118 75 56 42 36 32	-10 6 -12 -22 -23 -20 -15 -9	-5 21 10 3 -3 -2 -3 0
105 156 115 73 54 41 35 31	-10 6 -12 -22 -23 -20 -16 -10	-6 21 10 4 -2 -2 -2 0
98 151 111 70 52 40 34 31	-10 6 -12 -22 -23 -20 -16 -10	-5 22 11 4 -2 -2 -2 0
90 147 107 68 50 38 33 30	-10 6 -12 -22 -23 -20 -16 -10	-6 22 11 4 -2 -1 -2 0
83 143 104 65 48 37 32 30	-10 6 -12 -22 -23 -20 -17 -11	-6 22 11 4 -1 -1 -1 1
76 138 100 62 46 36 31 29	-10 6 -12 -21 -23 -20 -17 -11	-6 22 12 4 -1 -1 -1 1
69 134 97 60 44 34 30 28	-11 6 -11 -21 -23 -20 -17 -11	-6 22 12 4 -1 0 -1 1
63 130 93 57 43 33 29 28	-11 6 -11 -21 -23 -20 -17 -11	-5 22 13 5 -1 0 -1 1
57 125 90 55 41 31 28 27	-11 7 -11 -20 -22 -20 -17 -12	-5 22 13 5 0 0 -1 2
51 121 86 52 39 30 27 26	-10 7 -11 -20 -22 -20 -17 -12	-5 22 13 5 0 0 0 2
45 117 83 49 37 29 26 26	-10 7 -10 -19 -22 -20 -17 -12	-6 22 14 5 0 1 0 2
38 112 79 47 35 27 25 25	-10 7 -10 -19 -22 -20 -17 -12	-5 22 14 5 0 1 0 2
33 108 76 44 33 26 24 24	-11 8 -10 -19 -21 -19 -17 -12	-5 22 14 5 1 1 0 3
28 104 72 42 31 25 23 24	-10 8 -9 -18 -20 -19 -17 -12	-5 22 15 5 1 1 1 3
24 99 69 39 29 23 22 23	-10 8 -9 -17 -20 -19 -17 -12	-4 22 15 5 1 1 1 3
19 95 65 37 27 22 21 22	-10 9 -8 -17 -20 -18 -16 -12	-3 22 15 5 1 2 1 3
15 91 62 34 25 20 20 21	-10 9 -8 -16 -19 -18 -16 -12	-3 22 15 6 1 2 1 3
11 87 59 32 24 19 19 21	-10 9 -8 -16 -19 -18 -16 -12	-1 22 16 6 2 2 1 3
9 83 55 29 22 18 18 20	-10 10 -7 -15 -18 -17 -16 -12	-1 22 16 6 2 2 1 3
6 79 52 27 20 16 17 19	-10 10 -7 -14 -18 -17 -16 -12	0 22 16 6 2 2 1 3
2 75 49 24 18 15 16 18	-10 11 -6 -14 -18 -17 -15 -11	1 22 16 6 2 2 2 4
0 71 46 22 16 13 15 17	-10 11 -6 -13 -17 -16 -15 -11	1 22 16 6 2 2 2 4
-2 68 43 20 14 12 14 17	-10 11 -6 -13 -17 -16 -15 -11	0 22 16 6 2 2 2 4
-4 64 40 17 13 11 13 16	-10 12 -5 -12 -16 -15 -14 -11	1 22 17 6 2 2 2 4
-5 61 37 15 11 9 12 15	-10 12 -5 -12 -16 -15 -14 -11	2 22 17 6 2 2 2 4
-6 57 34 13 9 8 11 14	-10 13 -4 -11 -15 -15 -14 -10	3 22 17 6 2 3 2 4
-6 54 31 11 7 7 10 13	-10 13 -4 -11 -15 -14 -13 -10	4 22 17 6 2 3 2 4
-7 51 28 9 6 5 9 12	-10 13 -3 -10 -14 -14 -13 -10	S 1.850L 25 40 30 I01204
-8 48 26 7 4 4 8 12	-10 14 -3 -9 -14 -13 -13 -10	723 254 190 131 86 56 39 30
-8 45 23 5 2 3 7 11	-10 14 -2 -9 -13 -13 -12 -9	725 249 186 130 85 56 39 31
-9 39 18 1 -1 0 5 9	-10 15 -2 -8 -13 -12 -12 -9	B300 1 rd1 rd2S 1.850.....
-10 37 16 -1 -2 -1 4 8	-10 15 -1 -8 -12 -12 -11 -9	
-9 34 14 -3 -4 -2 3 7	-9 15 -1 -7 -12 -12 -11 -8	

ZAŁĄCZNIK 2

Wyniki pomiarów ugięć nawierzchni ugięciomierzem
dynamicznym FWD na odcinkach badawczych

ODCINEK NR 1 droga DK-17

Pas lewy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 2°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
213+453	721	404	320	208	142	100	74	58
213+353	710	781	517	287	173	119	89	70
213+255	725	579	378	217	139	101	79	64
213+056	707	977	590	272	156	108	82	67
212+950	733	383	291	188	121	83	63	53
212+850	724	681	444	248	157	108	80	64
212+756	719	614	430	235	145	103	79	63
212+654	713	841	547	279	171	116	85	68
212+554	723	753	477	259	159	107	82	65
212+454	714	1036	543	277	166	119	87	65
212+356	734	549	358	216	143	96	75	60
212+251	738	459	322	201	134	95	71	55
212+151	731	557	362	209	132	92	69	54
212+056	729	481	306	169	106	75	57	47
211+953	699	635	397	237	165	110	86	64

ODCINEK NR 2 ulica Sielska w Olsztynie

Kierunek od granicy miasta do ul. Kłosowej								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 25°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0,000	691	122	96	77	62	49	39	32
0,050	690	223	188	150	116	88	67	52
0,100	691	246	199	154	115	86	64	50
0,150	694	216	166	118	81	58	43	35
0,200	684	195	144	111	83	63	50	41
0,250	678	213	164	124	89	64	49	39
0,300	676	196	156	116	85	62	45	35
0,350	693	194	150	114	83	58	42	32
0,400	686	211	163	125	91	67	51	42
0,450	685	201	158	116	83	58	43	34
0,500	687	281	217	157	111	78	57	45
0,550	698	229	163	112	79	55	41	33
0,600	697	182	131	91	66	46	37	30
0,650	692	221	155	100	66	48	36	30
0,700	694	191	132	92	66	50	38	32
0,750	694	211	164	121	86	63	45	36
0,800	688	289	222	158	112	79	59	47
0,850	689	264	207	151	106	74	54	41
0,900	687	310	229	162	116	80	61	49
0,950	688	246	186	131	89	62	45	35
1,000	690	290	223	165	118	82	59	45
1,050	689	201	149	99	63	41	30	25
1,100	687	262	198	137	91	61	43	34
1,150	692	238	178	121	81	55	42	34
1,200	690	253	181	125	84	58	43	36
1,250	691	237	170	121	85	62	47	39
1,300	689	260	198	144	101	72	55	44
1,350	690	241	181	126	86	58	42	33
1,400	693	259	192	130	85	57	41	32
1,450	686	246	183	129	86	59	43	35
1,500	690	238	178	126	85	58	42	33
1,550	689	257	201	146	103	71	52	40
1,600	684	235	183	130	88	60	43	33
1,650	690	252	190	130	86	57	42	33
1,700	693	221	169	120	83	56	41	32
1,750	692	266	200	135	91	66	50	41
1,800	692	229	187	140	101	73	55	43
1,850	691	176	144	108	79	56	41	32
1,900	690	277	203	132	83	54	39	31

ODCINEK NR 2 ulica Sielska w Olsztynie

Kierunek od ul. Kłosowej do granicy miasta								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 25°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
1,900	740	296	222	147	100	65	47	36
1,850	725	249	186	130	85	56	39	31
1,800	714	235	176	122	82	56	40	32
1,750	707	252	192	137	94	65	49	39
1,700	705	260	197	139	94	65	48	39
1,650	705	232	180	127	86	59	44	35
1,600	705	221	173	125	89	63	47	38
1,550	701	222	163	114	78	55	41	33
1,500	708	217	170	124	88	63	46	37
1,450	699	243	178	118	78	53	39	31
1,400	704	185	140	96	66	44	31	25
1,350	701	231	183	133	92	63	45	35
1,300	703	205	157	115	81	58	44	35
1,250	703	226	174	124	85	59	44	35
1,200	706	235	180	130	91	64	48	39
1,150	703	237	174	121	82	57	42	34
1,100	700	227	165	116	80	56	43	35
1,050	703	240	180	125	84	58	43	35
1,000	700	266	203	143	98	67	48	37
0,950	697	267	203	146	101	70	51	40
0,900	700	251	195	141	100	71	55	44
0,850	699	248	194	140	100	70	51	40
0,800	700	231	177	128	90	62	48	38
0,750	696	227	170	119	83	60	44	36
0,700	700	249	183	123	84	57	43	34
0,650	699	228	172	123	87	60	47	38
0,600	701	253	187	131	87	59	43	34
0,550	694	308	221	147	97	68	52	41
0,500	696	284	213	152	106	73	54	42
0,450	691	187	141	100	70	49	36	28
0,400	689	218	154	101	63	41	29	23
0,350	696	199	158	120	88	65	50	41
0,300	689	229	187	139	98	67	46	33
0,250	691	199	166	120	86	60	44	34
0,200	689	212	169	128	90	63	49	39
0,150	690	266	208	148	103	71	54	44
0,100	695	235	187	140	102	72	54	43
0,050	695	218	178	139	105	79	61	48
0,000	689	140	120	109	92	74	60	49

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek A-1, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
321+700	726	234	130	68	40	25	15	9
321+740	721	271	140	77	44	25	13	9
321+750	720	310	173	90	48	28	16	11
321+780	719	360	193	93	45	23	13	9
321+800	707	458	293	180	116	83	61	48
321+855	712	323	207	137	98	71	53	41
321+905	702	479	307	188	120	87	66	54
321+950	689	665	443	258	159	108	83	68
322+000	691	562	375	230	157	121	94	76
322+030	681	563	378	225	152	108	84	70
322+050	684	398	284	185	122	86	65	53
322+070	681	496	367	236	150	102	76	61
322+100	697	299	211	155	114	87	66	53
322+143	704	297	227	169	129	99	77	61
322+150	701	317	230	168	125	94	74	59
322+200	713	323	240	173	122	88	66	53
322+250	704	330	174	99	72	58	49	41
322+300	702	216	133	115	99	85	70	59
322+350	707	244	140	116	89	67	50	37
322+400	699	376	238	147	87	57	37	27

Odcinek A-1, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+400	723	328	196	128	89	64	45	34
322+350	726	286	211	146	100	78	62	50
322+300	712	520	292	152	90	67	55	45
322+280	721	376	226	126	70	49	39	33
322+250	717	316	200	129	93	75	63	54
322+200	716	209	137	109	89	72	58	46
322+150	718	314	205	134	96	74	56	46
322+100	707	442	309	206	142	101	76	60
322+070	712	391	270	194	142	104	78	62
322+050	713	269	197	146	109	83	65	51
322+030	706	389	269	189	137	99	77	62
322+000	705	483	303	204	143	105	78	61
321+950	714	367	274	199	143	106	82	65
321+905	708	470	310	198	129	92	70	56
321+855	702	338	246	170	116	82	61	48
321+800	705	405	294	201	134	93	69	53
321+750	706	483	264	116	54	28	15	10
321+700	714	193	115	73	46	28	17	10

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek A-2, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
321+700	712	121	54	36	24	15	8	6
321+735	714	181	81	54	33	19	11	7
321+750	712	116	85	60	39	24	14	9
321+780	707	193	90	53	31	17	10	6
321+800	705	233	147	115	90	66	53	41
321+860	698	122	106	88	72	57	46	37
321+905	705	169	146	118	93	72	57	45
321+950	681	243	174	142	114	88	68	54
322+000	683	144	105	95	83	70	58	49
322+025	683	143	98	89	79	68	58	50
322+050	689	142	106	93	78	64	52	44
322+100	693	138	113	98	80	65	53	44
322+143	690	147	109	91	76	62	51	43
322+150	696	170	107	88	74	62	52	44
322+200	700	117	84	77	65	54	46	39
322+250	704	103	54	50	44	38	33	29
322+300	690	115	61	55	49	43	36	32
322+350	684	113	78	66	54	43	35	28
322+400	691	131	79	65	52	37	28	21

Odcinek A-2, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+400	697	89	69	56	45	34	26	21
322+350	709	84	71	62	54	45	38	32
322+300	713	78	66	61	52	47	41	35
322+280	711	73	59	53	48	42	36	32
322+250	712	92	62	56	51	43	39	33
322+200	707	108	78	69	60	50	43	36
322+150	702	107	92	80	68	55	45	37
322+100	696	174	148	119	94	73	58	46
322+065	696	168	133	109	86	69	54	44
322+050	694	148	111	91	75	61	51	43
322+000	696	149	146	127	101	82	63	53
321+950	701	168	138	116	95	76	60	49
321+905	705	176	135	111	86	68	53	43
321+855	693	154	116	96	77	62	49	40
321+800	699	201	141	113	86	65	49	39
321+750	691	136	82	56	37	23	14	8
321+700	691	88	56	42	29	19	12	8

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek A-3, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 15°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
321+700	710	58	43	30	21	14	9	6
321+740	708	73	54	39	27	17	10	7
321+750	706	83	61	43	30	20	13	8
321+780	705	102	80	56	37	24	14	9
321+800	695	125	105	87	70	58	44	37
321+855	699	135	112	90	72	56	45	37
321+905	705	122	104	86	70	56	45	37
321+950	690	144	125	104	83	68	53	46
322+000	694	102	90	79	69	59	49	42
322+025	708	106	94	84	73	62	52	45
322+050	702	113	97	84	69	58	47	40
322+100	696	151	127	107	83	66	51	43
322+143	712	120	102	86	71	57	47	39
322+150	701	112	94	79	66	54	44	38
322+200	722	85	74	66	58	48	42	36
322+250	713	60	48	43	39	34	28	26
322+300	714	69	57	51	45	39	34	29
322+350	708	85	71	59	47	37	31	25
322+400	722	83	66	53	42	32	23	18

Odcinek A-3, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+400	708	74	61	51	41	31	24	18
322+350	712	73	61	51	43	34	27	24
322+300	708	70	58	51	46	39	36	30
322+280	703	57	50	45	39	35	31	27
322+250	702	56	46	43	38	33	29	26
322+200	702	90	76	66	58	49	42	35
322+150	696	110	94	78	65	52	43	35
322+100	688	168	142	111	88	66	52	42
322+065	688	126	107	88	72	58	48	39
322+050	690	121	102	86	70	57	47	39
322+025	688	124	104	90	77	64	53	45
322+000	693	108	95	84	73	60	51	41
321+950	694	127	108	92	76	62	54	42
321+905	707	121	101	87	69	55	44	37
321+855	697	135	112	90	71	55	44	37
321+800	695	125	106	87	68	53	41	33
321+750	692	84	63	47	30	18	11	7
321+700	691	59	44	33	23	15	10	7

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek B-1, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+900	715	435	210	114	74	51	37	30
322+950	702	676	404	210	130	90	69	56
323+000	713	553	360	201	111	73	57	45
323+050	707	563	336	158	83	54	42	34
323+080	705	592	374	200	117	79	60	49
323+100	707	491	272	147	95	71	54	43
323+150	722	265	150	92	63	48	38	33
323+200	707	299	195	132	89	62	47	38
323+225	683	740	450	256	151	99	74	60
323+250	698	381	273	183	123	84	61	49
323+265	700	354	254	166	106	75	54	42
323+300	671	581	365	193	118	85	66	54
323+300	682	578	380	201	120	84	65	53
323+325	700	653	397	217	127	84	62	49
323+350	700	633	401	225	136	91	67	53
323+375	712	402	273	174	114	76	55	43
323+400	705	623	383	209	131	92	70	57
323+410	708	282	214	147	104	73	60	44
323+450	703	561	352	201	126	90	72	59
323+500	713	594	398	233	141	95	73	58

Odcinek B-1, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
323+500	699	526	348	198	124	90	72	60
323+450	709	274	165	113	79	59	46	38
323+410	701	394	260	157	103	72	54	43
323+400	699	387	269	161	104	75	56	44
323+350	702	380	232	144	94	64	48	38
323+300	690	532	319	177	108	77	59	47
323+260	689	513	371	241	154	97	69	45
323+250	687	955	635	330	166	98	71	55
323+230	698	820	534	289	163	105	77	62
323+200	692	736	463	234	127	79	61	50
323+150	716	382	224	137	88	65	49	39
323+100	706	561	341	189	113	79	61	49
323+075	709	538	288	138	83	62	45	36
323+050	704	543	269	127	71	48	37	30
323+000	723	432	222	109	68	51	40	32
322+970	679	678	403	227	129	77	57	44
322+950	708	404	266	160	91	61	46	37
322+900	698	550	345	181	106	72	53	43

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek B-2, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+900	713	124	93	69	56	42	34	26
322+950	705	177	102	88	71	57	45	37
323+000	695	122	116	97	78	57	46	37
323+050	703	125	93	75	59	43	34	30
323+075	708	196	108	87	66	49	37	30
323+100	709	116	96	79	64	49	42	33
323+150	715	190	107	88	69	53	41	33
323+200	696	267	165	122	86	63	46	36
323+225	693	204	151	121	94	71	54	42
323+250	691	189	113	95	77	60	46	37
323+265	689	152	106	86	70	53	41	33
323+300	686	131	113	98	79	63	50	42
323+320	708	196	152	120	92	68	51	39
323+350	707	217	131	109	86	65	49	37
323+400	694	180	134	109	85	64	49	39
323+410	694	141	112	93	75	58	46	37
323+450	695	152	103	88	73	59	49	41
323+500	702	177	123	101	80	64	50	41

Odcinek B-2, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
323+500	716	214	134	108	87	70	57	47
323+450	705	115	89	73	61	49	41	35
323+405	705	142	115	94	74	59	46	36
323+400	703	196	120	97	77	60	46	37
323+350	708	136	91	74	59	46	35	27
323+315	705	164	143	105	76	53	39	29
323+300	703	199	122	99	76	59	46	38
323+260	709	189	155	120	90	64	47	34
323+250	703	366	222	153	108	77	54	41
323+200	705	217	182	137	98	69	50	38
323+150	704	227	131	103	77	59	45	36
323+100	704	127	105	85	68	53	42	34
323+075	703	137	102	80	60	44	31	25
323+050	712	143	118	93	71	52	39	30
323+000	707	130	107	83	61	47	34	29
322+970	694	157	127	94	68	49	37	29
322+950	704	117	80	67	55	44	36	30
322+900	694	105	86	72	60	48	38	31
323+500	716	214	134	108	87	70	57	47

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek B-3, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 15°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
322+900	728	94	77	62	50	38	32	23
322+950	731	101	85	71	57	45	36	28
323+000	715	115	93	73	56	42	32	26
323+050	708	110	88	72	51	41	29	23
323+075	715	115	91	72	57	44	33	27
323+100	711	112	87	72	55	44	34	28
323+150	701	123	102	82	63	50	39	31
323+200	703	190	152	114	84	61	45	36
323+225	688	169	137	107	82	61	47	37
323+250	697	154	125	96	72	54	41	32
323+265	693	125	104	83	64	51	37	30
323+300	690	110	93	79	64	51	40	33
323+330	690	131	108	85	65	49	37	29
323+350	697	99	82	73	56	46	35	28
323+410	680	125	101	84	66	53	42	34
323+450	685	100	87	74	62	52	43	37
323+500	701	116	97	81	65	52	42	35

Odcinek B-3, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 16°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
323+500	712	120	98	86	67	55	45	37
323+450	702	102	84	71	59	48	40	34
323+410	702	130	109	88	70	53	42	33
323+400	708	126	106	86	65	51	40	31
323+350	700	103	86	71	55	43	34	27
323+320	700	144	114	92	67	51	38	29
323+300	701	117	98	82	65	51	41	33
323+260	701	165	135	105	78	56	41	32
323+250	702	193	152	119	86	63	46	36
323+200	703	231	183	137	90	65	47	37
323+150	704	144	116	94	72	55	42	33
323+100	705	114	90	75	59	47	37	31
323+075	710	110	88	72	53	43	32	25
323+050	710	124	94	77	56	43	31	24
323+000	708	126	97	72	52	37	28	23
322+970	708	139	114	86	64	46	37	30
322+950	705	96	76	63	50	39	31	27
322+900	688	92	73	63	49	40	32	24

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek C-1, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 12°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
325+300	728	409	258	169	124	95	80	63
325+350	721	512	357	234	158	114	88	71
325+400	719	511	352	208	127	85	63	50
325+436	712	621	421	272	171	115	88	70
325+450	705	898	628	364	212	137	97	76
325+500	708	872	595	340	201	134	100	81
325+550	726	527	349	208	136	98	77	61
325+600	708	709	425	237	145	100	79	63
325+640	713	575	356	202	130	89	67	54
325+700	713	527	342	209	134	98	74	59
325+750	713	498	318	205	143	104	80	63
325+800	707	650	406	226	141	106	80	62
325+850	726	475	317	201	135	97	75	59
325+895	715	655	444	271	174	120	89	71
325+900	717	666	446	270	172	122	88	70
325+960	719	354	269	187	129	93	71	55
326+000	709	183	132	98	71	58	47	39

Odcinek C-1, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
326+000	723	767	529	291	170	114	87	70
325+960	731	666	440	256	142	89	66	53
325+900	725	325	157	89	66	55	47	40
325+895	716	366	208	121	83	66	54	45
325+850	722	370	218	138	96	73	54	45
325+800	722	271	190	127	88	65	51	39
325+750	708	472	344	223	142	98	72	58
325+700	693	647	460	281	169	110	80	66
325+640	686	815	518	268	145	94	72	60
325+610	693	438	307	199	134	96	73	57
325+600	694	590	416	248	148	103	78	63
325+550	698	545	363	224	144	105	80	64
325+500	711	309	239	189	141	106	79	59
325+445	705	409	304	199	130	95	71	56
325+400	698	475	333	211	134	94	72	59
325+370	680	557	364	215	136	94	71	59
325+350	692	540	394	243	150	100	76	61
325+300	712	301	255	196	144	104	73	59

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek C-2, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
325+300	713	182	122	101	83	68	56	46
325+350	716	181	140	118	95	77	62	50
325+400	708	232	166	128	95	70	53	42
325+436	711	211	154	121	96	74	58	47
325+450	708	347	241	174	126	92	68	56
325+500	726	362	261	191	136	98	72	57
325+545	715	218	153	121	94	73	59	48
325+600	715	178	122	103	84	68	54	45
325+640	706	157	121	100	79	62	49	40
325+700	710	194	118	100	82	65	53	43
325+750	701	202	127	110	91	73	59	47
325+800	710	201	135	118	98	78	62	50
325+850	712	180	110	95	78	65	52	42
325+895	711	274	216	159	116	84	66	54
325+905	712	275	220	170	127	94	71	55
325+960	710	132	106	92	74	61	46	39
326+000	711	145	98	81	66	54	44	38

Odcinek C-2, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 13°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
326+000	720	223	146	117	91	71	55	44
325+960	722	246	172	135	100	73	55	43
325+905	719	273	177	143	109	85	66	53
325+895	715	243	150	110	82	64	52	43
325+850	712	234	143	113	85	66	51	42
325+800	715	178	120	87	69	52	42	34
325+750	714	227	155	120	92	72	56	45
325+700	710	219	146	119	97	77	60	49
325+640	703	205	141	104	79	59	46	37
325+610	701	198	115	95	78	63	51	43
325+600	711	203	124	101	83	68	55	46
325+545	704	276	183	139	109	84	65	52
325+500	708	233	156	121	90	68	53	43
325+450	712	215	152	124	96	74	59	47
325+400	712	212	136	110	87	68	54	45
325+370	709	193	144	116	89	69	55	45
325+350	703	266	160	124	94	71	55	44
325+300	710	230	147	119	95	75	59	48
326+000	720	223	146	117	91	71	55	44

ODCINEK NR 3 droga DK-94

Odcinek C-3, strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 15°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
325+300	689	147	120	98	78	63	51	43
325+350	700	128	108	89	71	57	46	39
325+400	698	121	98	78	62	50	41	35
325+436	712	141	110	87	69	55	45	38
325+450	707	176	139	109	83	68	55	46
325+500	706	149	122	99	78	60	46	38
325+550	707	148	122	99	79	64	53	45
325+600	695	128	106	85	69	55	45	37
325+640	707	113	92	75	60	48	38	32
325+700	706	105	85	71	61	48	40	34
325+750	698	129	103	85	69	56	45	38
325+800	696	142	110	86	65	55	43	36
325+850	707	157	118	90	68	53	42	35
325+895	707	165	135	106	82	63	49	42
325+905	698	160	133	107	86	69	55	45
325+960	696	118	95	78	60	50	41	34
326+000	709	99	83	73	62	53	41	37

Odcinek C-3, strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 16°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
326+000	730	129	106	89	71	58	48	40
325+960	733	113	89	77	63	51	40	34
325+900	721	203	152	113	85	65	51	41
325+895	723	182	145	107	85	63	50	42
325+850	720	165	128	99	74	57	45	38
325+800	720	118	96	77	62	48	40	32
325+750	714	165	123	101	75	61	47	39
325+700	717	116	87	74	60	52	43	36
325+640	715	128	99	79	62	50	40	33
325+610	717	124	98	79	67	54	45	37
325+600	717	121	98	79	65	55	45	38
325+550	707	163	127	99	81	66	52	42
325+500	710	194	144	106	78	59	46	38
325+450	713	168	134	106	81	61	51	43
325+400	705	123	97	81	63	50	42	36
325+370	713	143	122	92	69	55	43	35
325+350	702	177	135	103	75	59	47	40
325+300	706	175	141	112	83	67	52	43
326+000	730	129	106	89	71	58	48	40

ODCINEK NR 4 dojazd do miejscowości Ostrówek

Strona prawa, prawy ślad kół								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	732	293	224	150	106	77	58	49
0+020	736	277	205	136	90	69	56	47
0+040	725	473	333	209	145	113	88	72
0+060	706	481	343	230	159	123	92	78
0+080	720	360	289	206	150	115	87	72
0+100	716	309	240	173	129	102	79	66
0+120	721	304	226	149	98	70	52	41
0+140	720	301	221	151	108	84	65	55
0+160	708	398	320	227	166	128	98	80
0+180	712	371	282	205	155	119	94	78
0+200	707	456	311	204	149	117	93	76
0+212	697	541	354	220	144	106	81	67
0+220	717	325	245	168	121	91	71	59
0+240	710	356	277	201	147	118	90	74
0+260	712	378	291	207	155	122	94	74
0+280	712	296	257	195	140	111	87	69
0+300	707	421	290	205	145	112	86	71
0+320	705	475	359	248	170	124	92	74
0+340	703	580	430	286	194	142	104	82
0+344	676	674	496	334	220	159	108	90

Strona prawa, pomiar między koleinami								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	707	301	225	152	103	75	58	48
0+020	705	305	230	156	107	79	62	51
0+040	703	397	300	199	135	104	81	67
0+060	690	457	328	212	144	115	88	72
0+080	701	368	301	208	146	111	86	70
0+100	696	317	255	175	126	95	72	60
0+120	706	334	222	130	88	65	50	41
0+140	710	288	232	165	119	90	70	58
0+160	700	374	303	226	167	124	95	75
0+180	703	351	285	208	152	115	89	72
0+200	702	363	281	203	151	115	90	73
0+214	696	399	276	180	124	93	72	58
0+220	705	297	236	164	117	87	66	54
0+240	708	328	273	207	151	112	86	70
0+260	696	356	287	205	148	110	86	71
0+280	691	383	301	214	149	112	84	71
0+300	701	357	290	209	151	113	86	70
0+320	691	404	328	222	157	116	89	72

ODCINEK NR 4 dojazd do miejscowości Ostrówek

Strona lewa, pomiar w prawym śladzie kół								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+360	688	484	356	264	180	133	94	78
0+342	677	577	459	315	209	146	109	87
0+320	690	529	430	304	206	145	107	83
0+300	692	490	371	253	174	126	96	77
0+280	694	509	406	281	195	140	102	80
0+260	688	430	352	259	186	137	105	83
0+240	692	487	384	260	182	138	104	84
0+220	686	429	346	252	187	140	105	81
0+211	679	408	325	236	176	132	103	81
0+200	683	452	366	272	205	157	119	91
0+180	684	524	405	278	199	146	114	92
0+160	680	551	444	318	223	163	118	94
0+140	677	572	446	315	223	159	117	90
0+120	690	382	318	237	168	121	87	65
0+100	669	707	540	346	229	151	101	86
0+080	678	487	391	286	204	148	109	87
0+060	676	599	442	294	204	151	117	94
0+040	694	371	303	225	163	125	89	75
0+020	693	351	276	200	143	107	80	63
0+000	700	265	224	178	139	108	82	61

Strona lewa, pomiar między koleinami								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+360	677	484	384	273	186	138	106	84
0+340	681	445	355	254	183	135	101	80
0+320	677	477	382	271	189	132	98	75
0+300	692	332	271	203	149	112	87	70
0+280	692	435	336	244	175	123	95	77
0+260	687	359	298	227	169	125	93	73
0+240	694	444	348	242	171	126	95	76
0+220	687	410	328	240	172	126	94	73
0+214	684	417	331	238	171	128	97	78
0+200	690	341	288	226	174	134	103	82
0+180	683	483	374	262	183	135	103	83
0+160	686	428	361	272	196	142	104	83
0+140	678	459	376	272	194	137	102	79
0+120	681	327	267	197	142	101	73	56
0+100	668	431	350	247	174	124	93	73
0+080	663	431	352	264	189	137	105	82
0+060	671	407	327	236	171	129	99	80
0+040	681	282	237	182	137	104	81	65

ODCINEK NR 5 droga DK-20

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
13+500	778	210	176	143	120	103	90	80
13+525	772	242	197	148	114	90	77	67
13+550	768	229	187	146	116	94	81	74
13+575	751	351	291	221	167	127	100	82
13+600	758	215	184	150	126	107	93	81
13+625	753	240	204	163	129	105	89	78
13+651	743	234	198	156	123	102	88	77
13+675	733	299	242	178	131	99	83	73
13+700	734	322	255	177	124	93	77	67
13+725	736	217	177	136	105	83	72	64
13+750	719	332	267	194	139	105	82	69
13+775	726	269	224	171	128	96	73	56
13+800	721	298	231	162	120	89	69	55
13+825	730	273	215	161	119	89	68	54
13+850	733	223	178	134	100	74	57	46
13+875	727	197	163	130	101	78	63	52
13+900	734	201	166	126	97	75	61	51
13+925	718	157	134	108	86	67	54	44
13+950	717	216	169	124	92	70	56	47
13+975	718	257	204	148	105	74	55	44
14+000	730	182	154	122	95	72	56	45
14+025	719	145	126	109	90	74	60	50
14+050	711	223	175	137	108	81	64	53
14+075	708	179	145	116	89	67	52	41
14+100	708	214	178	142	109	82	63	50
14+125	710	266	220	164	119	85	64	49
14+150	710	226	187	148	112	84	64	50
14+175	708	198	164	129	100	75	58	46
14+200	713	184	155	125	97	75	58	46
14+225	714	174	142	114	84	67	51	40
14+250	706	215	178	140	106	79	60	47
14+275	708	217	185	150	118	91	72	57
14+300	711	240	200	156	117	86	64	49
14+326	700	426	315	215	146	101	72	56
14+350	708	324	260	182	122	86	62	48
14+375	716	209	175	137	103	77	59	46
14+401	710	219	185	142	103	73	54	41
14+425	704	398	320	224	145	96	68	51
14+451	711	265	215	158	111	77	55	42
14+476	701	198	165	122	88	63	48	38
14+500	700	290	215	145	101	73	55	43

ODCINEK NR 6 ul. Hipoteczna w Łodzi

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 20°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+090	737	473	359	236	159	108	78	58
0+110	743	393	305	210	140	93	63	46
0+130	740	366	289	201	145	100	68	51
0+150	729	359	286	200	135	99	67	53
0+170	724	548	375	235	145	96	66	52
0+190	716	683	407	215	126	84	57	46
0+210	729	393	281	174	108	70	49	38
0+230	731	342	232	155	108	74	47	30
0+250	730	396	296	190	122	79	54	41
0+270	735	458	314	177	105	68	49	38
0+290	722	572	451	310	204	136	89	63
0+310	729	441	323	207	133	89	65	49
0+330	729	555	394	226	141	96	70	55
0+350	710	701	429	231	130	90	68	56
0+370	712	774	506	265	156	108	79	66
0+390	730	473	342	217	139	92	68	53
0+410	725	567	391	242	155	105	72	54
0+430	720	662	457	273	163	108	78	61
0+450	730	505	371	223	130	86	63	50
0+470	736	404	288	179	115	82	61	49

ODCINEK NR 6 ul. Hipoteczna w Łodzi

Pas lewy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 20°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+460	726	520	357	212	130	93	65	49
0+440	728	437	301	184	116	75	54	42
0+420	720	482	329	198	124	83	57	43
0+400	719	603	379	212	128	85	58	44
0+380	720	471	338	224	158	110	77	62
0+360	729	302	256	202	147	106	76	58
0+340	729	334	248	165	109	77	56	44
0+320	724	347	266	178	117	82	60	47
0+300	722	397	297	189	125	83	59	46
0+280	711	423	302	192	122	81	54	42
0+260	734	413	294	176	106	67	45	35
0+240	720	487	331	195	122	77	53	40
0+220	722	445	283	150	90	66	48	38
0+200	720	412	281	170	108	75	51	39
0+180	712	392	306	205	139	93	65	49
0+160	715	434	301	203	138	97	71	55
0+140	718	406	318	219	143	98	68	49
0+120	719	323	308	238	171	117	76	50
0+100	714	423	310	204	134	98	69	51

ODCINEK NR 7 droga DK-51

Strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
26+820	691	259	224	181	140	106	78	59
26+800	724	343	286	208	154	115	87	66
26+780	738	255	225	184	144	112	84	65
26+760	719	306	267	211	160	119	87	68
26+740	735	258	224	176	135	100	75	59
26+720	715	350	300	229	169	124	90	69
26+700	740	322	261	190	134	94	66	49
26+680	726	323	269	204	147	104	74	55
26+660	729	309	251	187	132	95	70	54
26+640	733	223	188	149	114	88	70	60
26+620	732	268	223	170	126	98	79	69
26+600	721	302	249	193	146	113	88	74
26+580	728	268	234	191	150	117	92	74
26+560	725	423	344	253	173	122	88	68
26+540	724	328	283	211	153	113	83	65
26+520	740	274	241	191	145	108	80	61
26+500	720	307	261	203	150	111	82	64
26+480	729	269	227	177	135	97	72	55
26+460	721	271	230	180	136	98	71	53
26+440	726	276	237	180	127	90	66	49
26+420	731	314	265	204	150	109	79	59
26+400	728	306	269	219	165	123	92	69
26+380	714	300	263	208	157	117	87	66
26+360	731	302	256	197	145	105	76	58
26+340	740	326	279	218	163	119	89	68
26+320	728	328	277	210	155	113	83	63
26+300	725	295	250	194	143	104	75	55
26+280	727	332	280	219	161	116	84	63
26+260	735	343	301	240	182	135	98	72
26+240	731	304	241	180	134	98	72	56
26+220	729	311	267	210	158	117	83	62
26+200	725	292	244	187	135	101	73	56
26+180	729	262	230	180	134	100	70	53
26+160	714	265	233	189	146	109	83	63
26+140	738	267	222	168	122	88	64	48
26+120	734	237	200	156	115	82	57	42
26+100	719	269	236	192	147	109	78	56
26+080	732	299	242	179	130	91	63	48
26+060	730	276	229	172	123	85	60	45
26+040	724	281	241	191	145	107	79	59
26+020	716	316	263	193	141	102	75	56

ODCINEK NR 7 droga DK-51

Strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 10°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
27+070	711	247	214	173	136	104	79	61
27+090	705	309	267	210	159	119	88	67
27+110	696	388	329	244	173	126	91	68
27+130	705	382	303	230	169	123	89	65
27+150	712	270	230	180	135	99	72	54
27+170	703	508	365	240	157	111	79	62
27+190	691	394	313	218	148	108	81	64
27+210	706	401	307	219	154	110	80	62
27+230	701	338	285	213	154	111	83	64
27+250	708	264	230	179	136	102	79	62
27+270	694	346	290	216	160	115	86	66
27+290	705	271	226	167	123	91	69	55
27+310	704	266	226	176	129	95	72	57
27+330	699	323	271	198	140	99	71	54
27+350	703	307	242	175	124	89	64	51
27+370	706	290	250	185	133	95	70	54
27+390	708	312	244	178	128	93	70	54
27+410	711	258	210	165	121	91	68	53
27+430	703	327	253	183	132	97	71	55
27+450	713	272	232	178	129	95	70	55
27+470	708	248	202	148	108	79	58	45
27+490	703	304	244	178	124	87	62	47
27+510	704	259	215	163	118	87	65	51
27+530	698	281	232	173	125	89	63	47
27+550	701	302	243	174	119	86	66	54
27+570	704	246	201	149	110	82	62	50
27+590	711	212	162	118	87	66	50	39
27+610	706	231	170	118	81	59	47	39
27+630	706	161	139	112	88	68	51	41
27+650	699	153	136	115	94	74	59	47
27+670	700	187	153	120	89	70	56	43
27+690	704	168	143	115	91	70	54	44
27+710	699	239	190	137	98	73	53	41
27+730	707	255	204	143	97	68	47	35
27+750	669	389	287	182	115	77	55	42
27+770	695	340	243	160	106	71	52	39
27+790	702	277	210	151	109	75	53	41
27+810	707	280	220	158	119	92	68	55
27+830	706	215	181	147	112	85	66	53
27+850	712	200	173	141	112	88	69	55
27+870	703	246	191	134	98	73	55	43

ODCINEK NR 8 droga DK-7

Jezdnia prawa, pas zewnętrzny								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
387+200	729	357	288	201	149	112	86	68
387+225	683	658	405	245	171	124	90	69
387+250	722	345	295	212	154	119	90	71
387+275	726	341	273	199	148	108	81	59
387+300	727	262	214	165	126	94	71	56
387+326	729	199	180	156	129	97	70	55
387+350	721	307	255	187	137	100	75	59
387+375	707	298	247	191	145	106	76	58
387+400	724	266	209	158	118	85	63	49
387+425	717	388	275	178	120	82	62	49
387+450	714	302	230	165	123	92	68	51
387+475	731	162	130	108	90	72	57	45
387+500	733	272	214	158	116	84	62	46
387+525	730	412	303	207	143	100	73	56
387+550	732	232	199	156	120	88	67	53
387+575	715	163	140	116	97	80	65	51
387+600	727	275	231	174	134	105	80	62
387+626	727	216	177	141	112	85	65	51
387+650	708	346	294	140	104	77	60	49
387+675	727	209	183	133	103	78	61	49
387+700	726	250	203	164	127	91	71	55
387+725	723	271	224	191	91	71	56	45
387+750	726	230	190	141	110	85	63	48
387+776	725	294	235	172	127	92	66	52
387+800	716	249	205	154	117	90	71	57
387+824	700	307	237	174	127	92	69	54
387+850	716	231	179	132	104	81	64	50
387+876	706	248	211	154	116	86	67	54
387+900	709	231	199	142	106	83	66	54
387+925	705	280	238	182	142	114	89	62
387+950	720	280	243	167	134	100	78	61
387+975	708	365	294	219	159	115	86	66
388+000	729	301	276	175	141	109	84	64

ODCINEK NR 8 droga DK-7

Jezdnia prawa, pas wewnętrzny								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 11°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
387+200	713	214	189	151	119	92	72	57
387+250	722	176	157	133	111	91	74	61
387+299	716	189	166	139	115	94	76	62
387+351	711	317	273	214	166	127	97	75
387+400	723	211	192	166	136	108	86	68
387+450	717	187	167	143	120	99	80	65
387+501	712	249	212	165	127	97	73	56
387+550	715	131	119	106	92	76	62	50
387+601	714	322	251	195	151	115	88	68
387+650	717	257	207	157	117	88	69	57
387+701	713	205	182	152	127	106	88	73
387+750	716	204	176	137	108	85	66	53
387+800	714	237	208	173	143	118	98	82
387+851	718	189	161	131	107	87	71	58
387+901	714	266	217	169	132	104	82	65
387+950	715	352	275	206	158	122	93	73
388+000	715	172	155	133	113	97	81	68

ODCINEK NR 9 ul. Marszałkowska w Warszawie

Pas 1, nawierzchnia z siatką								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	769	159	134	106	83	63	48	36
0+025	763	217	189	154	122	91	64	48
0+050	760	225	191	147	109	80	58	44
0+075	754	187	163	125	95	71	56	44
0+100	761	194	166	129	100	75	58	46
0+125	754	207	174	134	103	79	61	50
0+150	751	314	256	188	135	96	70	56
0+175	748	225	189	146	113	88	69	55
0+200	750	177	149	115	88	68	53	44
0+225	748	226	192	147	110	81	62	50
0+250	750	173	142	107	81	62	49	40
0+275	731	261	177	124	87	62	45	35
0+300	745	190	163	128	100	75	57	44
0+325	742	201	169	132	100	75	58	47

Pas 1, nawierzchnia bez siatki								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+350	749	177	149	118	90	66	49	37
0+375	748	190	157	119	88	64	46	35
0+400	742	202	165	120	85	61	44	33
0+425	740	202	175	134	99	71	51	37
0+450	724	394	249	146	96	68	47	35
0+475	739	254	207	146	100	67	46	34
0+500	738	241	193	139	97	68	49	37
0+525	734	217	168	112	75	54	40	32
0+550	745	213	180	136	102	76	56	45
0+575	738	240	201	154	114	83	62	49
0+600	733	317	236	145	91	61	46	37
0+625	738	186	155	116	87	66	50	40
0+650	740	109	87	67	52	42	35	31
0+675	730	281	249	199	156	121	94	77

ODCINEK NR 9 ul. Marszałkowska w Warszawie

Pas 2, nawierzchnia z siatką								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	735	129	105	80	60	45	34	26
0+025	724	200	176	141	108	80	59	44
0+050	736	192	158	120	88	65	49	37
0+075	735	180	148	107	77	56	41	32
0+100	733	170	143	108	80	59	45	36
0+125	728	160	132	99	74	56	44	36
0+150	725	210	174	131	97	72	55	44
0+175	732	171	146	110	85	65	51	41
0+200	732	178	148	112	83	62	48	40
0+225	732	198	167	128	95	70	53	42
0+250	730	165	133	95	67	50	37	31
0+275	726	160	132	97	70	52	39	32
0+300	730	148	126	98	73	53	39	30
0+325	728	188	149	108	79	58	44	34

Pas 2, nawierzchnia bez siatki								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+350	726	162	131	97	71	52	38	29
0+375	723	187	152	111	80	56	41	30
0+400	726	233	183	122	79	52	36	27
0+425	725	187	156	115	83	59	41	29
0+450	729	217	176	127	89	61	42	31
0+475	723	190	157	118	84	60	40	29
0+500	727	209	173	127	92	64	44	33
0+525	728	204	164	117	79	54	38	29
0+550	728	150	115	81	57	40	30	25
0+575	730	152	128	99	75	56	43	33
0+600	723	228	185	132	92	64	44	33
0+625	725	177	152	118	88	64	49	37
0+650	725	140	113	84	60	44	34	27
0+675	726	174	146	122	105	88	72	61

ODCINEK NR 9 ul. Marszałkowska w Warszawie

Pas 3, nawierzchnia z siatką								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	745	156	133	102	78	58	43	33
0+025	737	241	201	154	117	87	63	47
0+050	736	169	140	107	80	61	47	37
0+075	731	205	173	132	99	74	56	44
0+100	735	207	169	125	91	68	52	41
0+125	736	177	145	106	78	57	42	32
0+150	735	172	141	106	79	59	45	36
0+175	733	175	148	113	85	64	50	41
0+200	739	172	140	100	70	51	40	33
0+225	737	196	160	120	89	66	48	37
0+250	742	160	126	90	64	47	37	31
0+275	741	197	155	109	77	57	44	36
0+300	736	182	156	120	90	66	48	36
0+325	735	169	138	101	75	56	43	35

Pas 3, nawierzchnia bez siatki								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 5°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+350	735	147	125	97	74	54	40	30
0+375	731	168	141	105	77	55	39	29
0+400	735	180	149	109	78	54	38	28
0+425	734	189	155	114	80	57	40	29
0+450	730	175	145	109	77	54	39	29
0+475	733	196	160	115	79	53	37	26
0+500	728	214	178	130	93	64	45	34
0+525	731	208	172	127	92	66	47	35
0+550	736	124	98	69	49	36	29	24
0+575	730	193	154	112	79	56	41	32
0+600	728	219	178	126	87	59	42	32
0+625	727	189	161	123	93	69	53	41
0+650	731	151	125	96	70	50	36	29
0+675	725	254	210	137	89	69	58	49

ODCINEK NR 10 droga DK-9

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 25°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
186+300	753	254	191	146	108	76	53	40
186+349	770	144	100	84	70	55	43	34
186+400	750	413	265	159	94	58	40	31
186+451	755	269	177	134	98	70	51	39
186+501	754	316	221	157	112	77	53	40
186+551	756	302	221	167	121	84	60	45
186+601	754	281	194	139	106	79	60	47
186+651	752	344	261	184	131	92	67	52
186+702	755	354	244	183	139	101	75	59
186+750	731	231	198	158	108	72	52	40
186+800	759	376	205	126	87	60	42	33
186+851	710	399	288	166	100	65	44	38
186+900	742	344	242	162	106	69	47	35
186+951	743	400	296	216	153	106	74	56
187+000	742	253	205	165	128	96	71	55

ODCINEK NR 11 droga S-1

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
536+351	719	105	94	85	69	52	39	32
536+401	727	132	91	66	50	40	30	24
536+452	724	109	89	66	48	36	27	22
536+501	726	101	76	62	51	39	28	22
536+550	742	136	100	84	66	48	36	29
536+603	727	251	167	109	78	54	40	30
536+653	717	516	288	151	92	67	51	42
536+701	734	140	114	87	64	46	33	25
536+749	731	130	93	65	48	37	28	22
536+805	725	114	91	69	57	46	36	32
536+854	725	212	170	127	95	70	53	42
536+901	724	280	225	169	128	91	71	55
536+952	727	305	243	173	125	93	69	56
537+001	729	176	127	96	79	64	54	47
537+050	732	241	203	139	99	72	55	44
537+100	732	146	129	108	90	74	59	49
537+151	698	883	513	259	154	104	74	56
537+200	716	514	362	246	187	148	117	94
537+250	725	140	108	93	79	67	57	49
537+300	721	153	116	95	79	65	53	45
537+351	727	79	62	54	49	39	34	30

Strona lewa, pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+850	700	476	352	215	138	94	70	52
0+800	707	359	295	216	135	91	64	48
0+750	686	428	291	156	96	76	61	45
0+700	709	345	248	157	95	67	48	39
0+649	712	460	272	126	84	63	49	41
0+600	706	468	272	163	103	66	46	36
0+550	705	495	279	148	85	52	33	24
0+500	696	456	297	175	112	77	58	46
0+450	711	411	236	137	86	60	45	36
0+400	707	345	230	133	89	64	48	39
0+350	710	325	241	156	118	85	60	44
0+300	696	428	300	178	109	75	57	45
0+250	705	378	244	140	91	64	48	38
0+200	698	501	321	167	113	77	53	42
0+149	705	488	335	200	136	96	70	50
0+100	696	536	394	246	145	103	72	58
0+050	707	210	177	142	111	86	68	56
0+000	709	299	220	135	82	51	37	30

Strona lewa, pas lewy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+850	714	194	146	114	94	75	61	49
0+800	714	170	137	107	84	66	53	44
0+750	706	288	226	163	118	85	61	46
0+700	702	388	254	153	95	67	51	41
0+649	714	160	146	125	101	77	58	43
0+600	712	133	130	115	99	70	46	37
0+550	714	163	145	119	97	74	55	43
0+500	712	174	148	116	90	68	53	42
0+450	711	284	221	157	110	74	54	42
0+400	709	165	142	113	91	69	47	38
0+350	714	142	123	105	87	69	55	45
0+300	710	146	122	90	74	60	49	40
0+250	711	402	287	174	108	73	55	45
0+200	698	274	192	121	84	62	46	36
0+149	703	439	257	156	109	79	57	44
0+100	712	155	140	115	91	70	54	43
0+050	713	104	94	83	70	59	49	41
0+000	709	247	197	139	97	69	53	40

ODCINEK NR 13 ulica Marynarska w Warszawie

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+009	748	199	172	140	109	84	66	53
0+026	742	156	140	120	100	82	64	52
0+051	741	171	152	129	105	84	66	52
0+076	737	148	130	109	88	71	55	44
0+100	738	181	162	136	113	90	72	57
0+124	735	163	149	128	106	87	67	54
0+151	732	150	134	115	95	76	61	49
0+176	731	172	153	128	103	80	62	48
0+201	732	177	156	132	109	87	67	52

Pas środkowy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	694	137	119	99	83	66	49	41
0+009	696	135	102	96	79	63	45	40
0+020	670	133	149	123	349	85	55	20
0+019	681	150	122	106	86	77	51	47
0+030	697	153	135	104	88	68	51	44
0+040	695	133	129	108	86	70	53	42
0+050	719	122	101	89	73	62	49	41
0+061	721	59	44	45	42	38	33	30
0+070	724	61	52	47	42	38	34	30

ODCINEK NR 15**Pl. Zbawiciela w Warszawie**

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+000	734	215	168	123	91	69	54	44
0+010	736	150	113	78	57	44	36	30
0+017	725	130	105	80	62	49	39	33

Pas prawy								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 7°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
0+012	775	167	130	97	75	61	50	42
0+025	756	149	118	92	71	57	48	41
0+051	749	150	122	95	72	58	44	37
0+076	744	143	112	82	61	48	39	33
0+100	710	236	185	112	82	61	45	34
0+126	738	143	109	85	62	48	39	33
0+150	735	156	124	96	69	52	41	33
0+175	734	176	134	99	72	53	41	34

Wybrane punkty o złym stanie nawierzchni								
Lokalizacja punktu	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 15°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
1	728	573	365	203	119	77	54	39
2	715	246	156	97	69	55	43	36
3	719	347	238	150	93	55	27	12
4	713	178	133	97	69	52	36	27
5	706	140	93	67	53	43	34	28
6	697	281	206	144	103	73	51	36
7	692	452	331	194	114	75	51	35
8	715	130	99	75	57	43	33	27
9	692	543	369	218	135	80	57	43

Strona prawa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 25°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
5+150	721	425	262	166	115	75	51	36
5+200	682	427	265	150	89	58	41	31
5+250	723	399	275	183	121	82	56	41
5+300	734	308	194	131	95	72	55	45
5+353	730	271	164	104	72	53	41	34
5+400	728	353	224	146	97	68	47	35
5+450	730	220	131	79	59	43	33	28
5+500	729	270	186	126	92	70	54	44
5+550	726	320	212	131	89	64	48	37
5+600	723	324	225	144	101	74	56	46
5+651	731	287	193	121	82	60	43	33
5+701	733	269	189	121	84	60	40	31
5+752	720	369	225	123	72	45	30	22
5+801	724	330	220	140	93	61	41	29
5+852	725	265	164	102	71	50	36	28
5+901	691	535	326	177	105	66	44	32
5+952	718	334	230	146	98	67	46	33
6+000	718	408	280	169	103	65	43	31
6+050	737	197	97	71	51	40	28	23
6+100	741	173	113	85	67	50	36	29
6+150	727	319	229	165	115	82	58	44
6+200	726	374	271	191	136	95	68	51
6+250	738	319	207	130	85	57	40	30
6+300	744	252	182	130	94	70	52	40
6+350	715	319	242	171	124	89	66	51
6+401	718	431	320	209	143	95	68	50
6+450	736	403	307	212	141	91	56	41
6+500	724	389	305	221	161	119	89	70
6+550	734	421	313	230	167	122	86	65
6+600	734	264	178	125	93	68	53	44
6+651	740	326	211	137	94	69	53	43
6+701	726	366	247	159	104	72	51	41
6+751	716	323	212	127	79	51	35	26
6+801	695	524	325	202	128	84	58	43
6+852	720	536	370	230	141	88	56	41
6+901	726	527	342	217	143	95	63	45
6+952	740	325	221	147	102	73	55	43

Strona lewa								
Pikietaż, km	Nacisk	Ugięcia na poszczególnych geofonach (µm) – w temp. 25°C						
	kPa	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7
6+975	648	787	436	250	167	118	87	69
6+925	713	422	289	209	147	105	74	56
6+874	732	480	300	197	133	90	60	43
6+826	720	482	301	184	118	81	55	42
6+775	704	388	243	150	97	68	50	39
6+725	703	498	271	147	92	61	42	31
6+675	729	441	275	177	123	90	65	51
6+625	711	441	298	200	144	103	76	59
6+575	706	499	325	227	154	108	76	60
6+525	702	635	449	293	196	138	94	75
6+476	707	585	391	251	176	129	97	76
6+425	707	543	374	235	149	94	62	46
6+375	689	448	328	240	181	129	92	70
6+325	685	493	360	242	166	114	80	60
6+275	706	573	363	222	144	98	68	53
6+226	717	504	306	189	120	83	54	39
6+175	727	418	300	209	145	103	71	54
6+124	731	355	260	191	136	97	69	51
6+075	742	212	128	93	72	56	44	36
6+025	722	308	159	110	96	68	48	38
5+975	724	336	232	167	111	76	51	38
5+926	692	342	233	152	105	74	54	41
5+874	691	477	259	147	94	66	44	33
5+824	696	349	216	138	98	67	47	33
5+775	729	344	193	139	92	65	44	33
5+724	724	531	318	173	96	53	32	22
5+674	720	557	314	163	98	63	43	32
5+626	721	531	333	212	139	94	65	48
5+575	724	495	346	234	160	113	81	62
5+524	713	601	401	256	171	121	84	63
5+475	719	383	235	152	105	77	56	43
5+424	690	450	272	163	105	70	48	36
5+376	694	624	330	162	94	61	43	33
5+325	724	455	279	185	127	88	64	49
5+275	719	471	304	194	138	100	76	61
5+225	716	466	306	196	139	100	69	52
5+203	729	440	289	199	134	96	66	47
5+194	724	479	313	198	126	85	55	41
5+174	680	649	364	205	122	85	55	40