



Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni
Pracownia Technologii Nawierzchni
ul. Instytutowa 1
03-302 Warszawa

ZAŁĄCZNIK 4

do sprawozdania nr TN-2/3696/1/16
pt. „Opracowanie technologii naprawy i wzmocnienia nawierzchni jezdni ulic
na terenie m.st. Warszawy”

ulica: **RUDNICKIEGO**
na odcinku: **Maczka - Broniewskiego**

1. Inwentaryzacja ulicy

Przeprowadzono rejestrację stanu nawierzchni ul. Rudnickiego na odcinku od ul. Gen. Maczka do ul. Broniewskiego z rozpoznaniem uszkodzeń – spękania podłużne/poprzeczne/siatkowe/koleina, itd. Karty inwentaryzacji załączone są na płycie CD.

2. Wyznaczenie modułów sztywności i nośności nawierzchni

Na ul. Rudnickiego na odcinku od ul. Gen. Maczka do ul. Broniewskiego wykonano pomiary ugięć metodą FWD. Uzyskane ugięcia zostały przeliczone na ugięcia miarodajne zgodnie z metodologią opisaną w Katalogu Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (2014). Na tej podstawie wyznaczono pozostałą trwałość konstrukcji nawierzchni. Na tym etapie dokonano również podziału całego odcinka drogi na odcinki jednorodne z uwagi na podobieństwo ugięć miarodajnych nawierzchni. Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 1. Zero pomiarowe, tj. pikietaż 0+000 przyjęto w osi krawężników ul. Broniewskiego. Na podstawie wyników badań FWD wydzielono 2 odcinki jednorodne, z czego pierwszy charakteryzował się wyczerpaną nośnością z uwagi na wielkość ugięć, a drugi cechowała pozostała trwałość na poziomie kategorii ruchu KR2.

Tablica 1. Prognoza trwałości bez wzmocnienia

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Liczba osi obliczeniowych
	od, km	do, km	100 kN
1	0,000	0,300	150 000
2	0,300	0,625	0

W następnym etapie wybrano różne scenariusze wzmocnienia, m.in. z zastosowaniem samej wymiany warstw asfaltowych oraz z zastosowaniem podniesienia niwelety. Obliczono trwałość konstrukcji dla poszczególnych scenariuszy. Do tych obliczeń wykorzystano metodę mechanistyczną opisaną w Katalogu Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (2014). Dane wejściowe do tych obliczeń pochodzą z:

- wyników badań laboratoryjnych mieszanek mineralno-asfaltowych, zamieszczonych poniżej:

Odwiert 1

Gęstość objętościowa 2,343 Mg/m³

Gęstość 2,522 Mg/m³

Zaw. Lepiszcz 5,4 %

- obliczeń odwrotnych z badań FWD i pomiarów grubości konstrukcji:

Tablica 2. Badania FWD - ugięcia i grubości

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Ugięcia, μm			
	od, km	do, km	U_{sred}	S_U	U_m	U_{obl}
1	0,000	0,300	230	80	390	0,73
2	0,300	0,625	480	190	860	1,47

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Grubości, cm		Rodzaj podbudowy
	od, km	do, km	Asfalt	Podbud.	
1	0,000	0,300	8,6	15,9	beton cementowy
2	0,300	0,625	10,3	28,5	kruszywo z recykl.

Na podstawie obliczeń odwrotnych wyników pomiarów FWD wyznaczono moduły sztywności górnych warstw nawierzchni, podbudowy i podłoża, które następnie wykorzystano w analizie metodą mechanistyczną. Wyniki obliczeń metodą mechanistyczną oraz wyniki badań materiałowych wykorzystano do obliczenia wariantów trwałości konstrukcji na podstawie kryteriów zmęzeniowych określonych w Katalogu. Wyniki obliczeń trwałości wariantów wzmocnienia przedstawiono w tablicy 3.

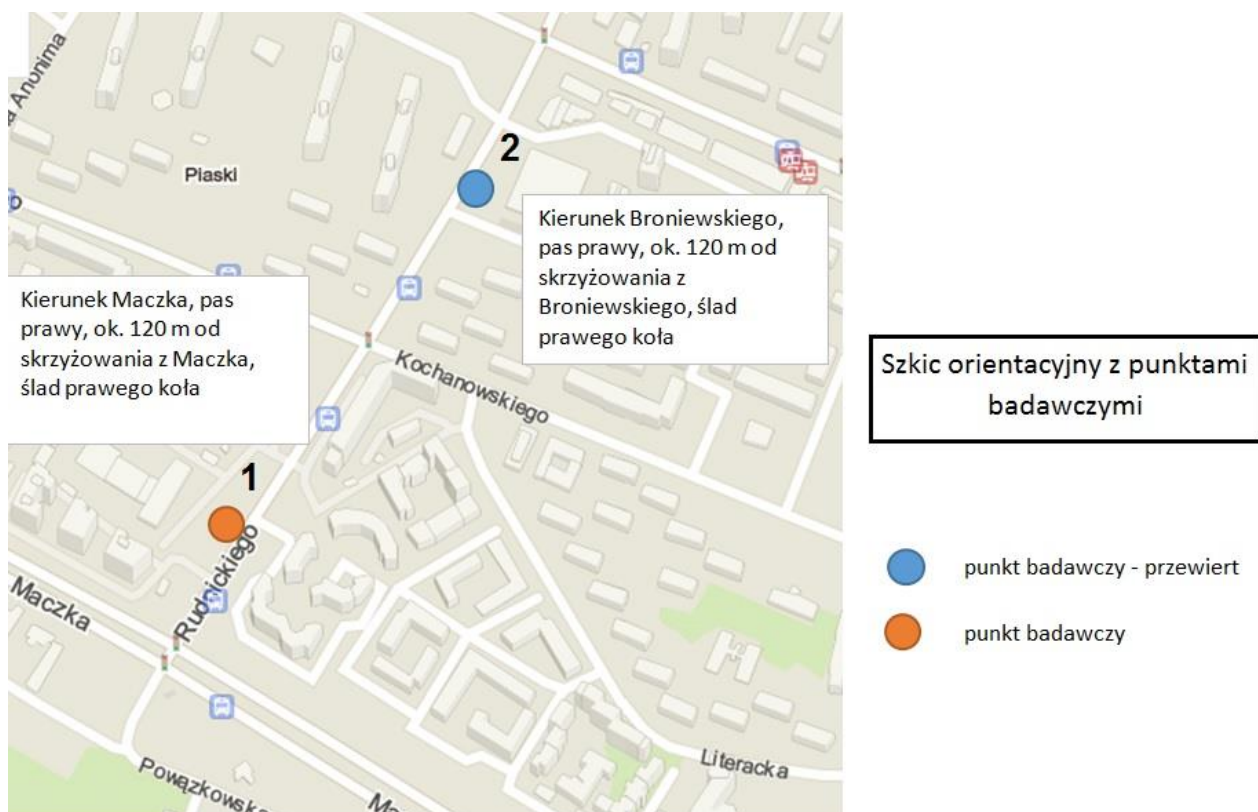
Z uwagi na fakt prowadzenia weekendowego remontu, o niepełnej trwałości projektowej, do obliczenia kategorii ruchu zastosowano metodę przybliżoną, tj. przeliczono dane przekazane przez ZDM z jednodniowych pomiarów natężenia ruchu. Z obliczeń wynika, że nawierzchnia obciążona będzie ruchem kategorii KR3 w 20-letnim okresie eksploatacji.

Tablica 3. Prognoza trwałości wg wariantów wzmocnienia

Wariant wzmocnienia	Odkształcenie w spodzie warstw asfaltowych, $\mu\text{m}/\text{m}$	Odkształcenie w stropie podłoża gruntowego, $\mu\text{m}/\text{m}$	Trwałość, osie 100 kN
Odcinek 1			
-9+3+6	118	-733	153 000
-9+3+7	113	-658	248 000
-9+3+8	108	-593	395 000
-9+3+9	102	-536	622 000
-9+3+10	96	-486	964 000
Odcinek 2			
-10+3+6	242	-757	132 000
-10+3+7	214	-664	238 000
-10+3+8	191	-556	417 000
-10+3+9	171	-521	706 000
-10+3+10	155	-467	1 153 000

3. Odwierty z nawierzchni

W nawierzchni ul. Rudnickiego wykonano odwierty kontrolne. Lokalizację pobrań przedstawiono na rysunku 1. Próbkę odwiercono w celu ustalenia stanu i rodzaju istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz stanu i rodzaju podłoża gruntowego wraz z określeniem niezbędnych właściwości materiałowych w badaniach laboratoryjnych. Rozpoznano warstwy geotechniczne w podłożu oraz rozpoznano grupy nośności podłoża. Opracowano przekroje konstrukcyjne wraz z opisem technologii i materiałów. Dodatkowo, w obrębie występowania gruntów niespoistych wykonano sondowania DPL w celu określenia zagęszczenia.



Rysunek 1 Lokalizacja pobrań próbek

Badania na ulicy Rudnickiego przeprowadzone były na odcinku o długości ok. 0,6 km od ul. Gen. Stanisława Maczka do ul. Broniewskiego, dzielnica Bielany. Wykonano 2 otwory rdzeniowe i jeden geotechniczny z sondowaniem DPL.

Ulica Rudnickiego posiada nawierzchnię asfaltową o grubości warstw bitumicznych 8,6 – 10,3 cm. W otw. 2 podbudowę stanowi beton cementowy, a w otw. 1 kruszywo z recyklingu.

Dokładną konstrukcję nawierzchni przedstawiono poniżej w tablicach i na fotografiach.

Pod warstwą podbudowy stwierdzono występowanie podłoża gruntowe – piasek.

- Nasyp niekontrolowany – zbudowany z piasku, gruzu ceglanego i żużla, małowilgotny, ze względu na niejednorodność grupy nośności nie określono.
- Piasek drobny – małowilgotny, średniozagęszczony o $ID = 0,65$, jest to grunt niewysadzinowy – grupa nośności G1.
- Piasek średni – małowilgotny, jest to grunt niewysadzinowy – grupa nośności G1.

Na badanym terenie, do głębokości wykonanych otworów, w podłożu gruntowym nie stwierdzono występowania wody gruntowej. Szczegółowe wyniki sondowań zestawiono w kartach i na wykresach.

Nr otworu: 1

Ulica: **Rudnickiego**

Lokalizacja: wg mapy, jezdni

Współrzędne:

X:02056458

Y:5215598

Data: 03.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 - 0,10	4,5	10,3	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka kruszyw
2		5,8		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka kruszyw
3	0,10 – 0,35	25,0	-	stabilizacja	kruszywo z recyklingu
4	> 0,35	52,0	-	-	nasyp



Nr otworu: 2

Ulica: **Rudnickiego**

Lokalizacja: wg mapy, jezdni

Współrzędne:






X:02056564

Y:5216097

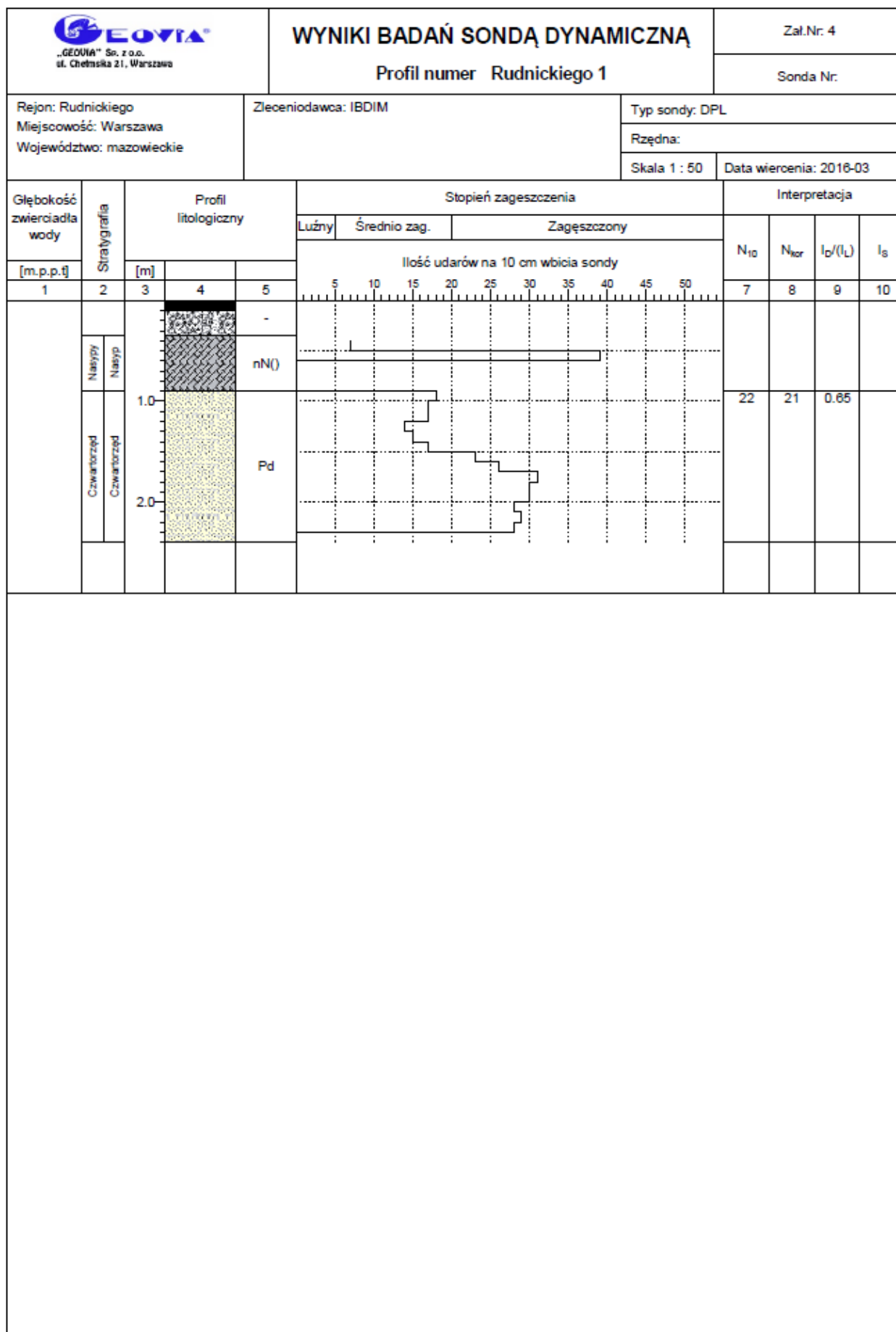
Data: 03.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 - 0,09	4,4	8,6	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		4,2		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
3	0,09 – 0,25	15,9	-	podbudowa	beton cementowy
4	> 0,25	-	-	-	podłoże gruntowe (piasek średni)



<div> „GEOVIA” Sp. z o.o. ul. Chłomska 21, Warszawa</div>				<div>KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO</div> <div>Profil numer Rudnickiego 1</div>				<div>Zał.Nr: 3</div> <div>Wiertnica:</div>				
<div>Miejscowość: Warszawa</div> <div>Województwo: mazowieckie</div>				<div>Obiekt: ul. Rudnickiego</div> <div>Zleceńodawca: IBDIM</div> <div>Wiercenie: Geovia Sp. z o.o.</div>				<div>System wiercenia:</div>				
								<div>Rzędna:</div>				
								<div>Skala 1 : 50</div>		<div>Data wiercenia: 2016-03</div>		
Wiercenie	Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t]	Stratygrafia		Profil	Przelot [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Warstwa geotechniczna	Wilgotność	Stan gruntu		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		Nasypy	1.0		0.10	Nawierzchnia asfaltowa	-		mw			
					0.35	Podbudowa z kruszywa z recyklingu	-					
		Czwartorzęd			0.90	nasyp niekontrolowany (piasek, gruz ceglany, żużel)	nN			-		
		Czwartorzęd			0.90	piasek drobny, brązowo-szary	Pd			G1	szg	
					2.40							

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z Domyslna (zgodna z tematem)



Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z Domyslna (zgodna z tematem)

4. Karta przeglądu stanu nawierzchni ulicy

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono podsumowanie i zalecenia dotyczące metody remontu nawierzchni wraz z podaniem technologii naprawy i przekrojami konstrukcyjnymi podpisanymi przez uprawnionego projektanta, w wariantcie przedłużenia trwałości badanej drogi o średnio 8-10 lat w zakładanym podejściu naprawy weekendowej, o ile będzie to możliwe i uzasadnione.

Pracownicy IBDiM dokonali rejestracji stanu nawierzchni wraz z rozpoznaniem ilości, wielkości i/lub obszaru uszkodzeń, tj. spękań podłużnych, spękań poprzecznych, siatkowych, występowania kolein, wybojów, ubytków, wystających studzienek, itd. Stan i ilość uszkodzeń nanoszono w formularzach, a następnie zobrazowano poprzez utworzenie profilu uszkodzeń w formie graficznej i przedstawiono w „Kartach przeglądu stanu nawierzchni ulicy” dla poszczególnych ulic. Oceniono tam stan nawierzchni oraz przedstawiono zalecenia technologiczne. Stan techniczny i ilość/procent uszkodzeń został oznaczony kolorami objaśnionymi poniżej:

	stan zły
	stan ostrzegawczy
	stan średni
	stan dobry

W „Kartach przeglądu stanu nawierzchni ulicy” wyszczególniono następujące uszkodzenia, które wyliczono według wzorów:

- Indeks spękań:

$$IS = L_p + 1/2 L_n, \text{ gdzie:}$$

L_p – spękania pełne (przez całą szerokość pasa),

L_n – spękania niepełne

	$IS > 3$
	$1 < IS < 3$
	$IS < 1$

- Spękania podłużne
- Spękania siatkowe i skupiska rys:

$$SS = (S_1 + S_{1-5} \times 3 + S_5 \times 5) / P, \text{ gdzie:}$$

S_1 – powierzchnia spękań do 1 m²

S_{1-5} – powierzchnia spękań powyżej 1 m² ale do 5 m²

S_5 – powierzchnia spękań powyżej 5 m²

P – szerokość pasa ruchu przez powierzchnię pasa o długości 100 m

- Koleina:

	koleina wyraźna
	koleina mała > 30 %
	koleina mała < 30 %
	Brak koleiny

- Łaty:

	ilość > 5
	ilość 2-5
	ilość 1
	brak łat

- Niewyregulowane, wystające studzienki:

	ilość > 3
	ilość 2-3
	ilość 1-2
	brak

- Wyboje lub ubytki

	ilość > 2
	ilość 1-2
	Brak wyboi i ubytków

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono obecny stan nawierzchni ul. Rudnickiego oraz zaproponowano sposób i metodę remontu i wzmocnienia nawierzchni.

Ogólny stan nawierzchni oceniono jako zły. Na ulicy zaobserwowano liczne spękania poprzeczne, na prawie całej powierzchni indeks spękań wynosił powyżej 3. Występują liczne spękania siatkowe i skupiska rys nieprzekraczające 20 % powierzchni. Kolejną zaobserwowano lokalnie w pobliżu zatok autobusowych. Nawierzchnia była łatana w ramach zabiegów utrzymaniowych, ale występują też nienaprawiane wyboje.

W celu doprowadzenia ulicy do kategorii ruchu KR3 w 20-letnim okresie eksploatacji należałoby wykonać pełną przebudowę nawierzchni lub zastosować wymianę warstw asfaltowych z podniesieniem niwelety drogi o 3-4 cm. Wiązałoby się to z większą przebudową chodników, dojazdów, zatok i skrzyżowań z innymi ulicami. Na odcinku 0+300-0+600 występuje podbudowa betonowa, z tego powodu frezowanie

można wykonać jedynie do głębokości podbudowy. Przy zastosowaniu technologii weekendowego frezowania polegającej na wykonaniu zbrojenia całej sfrezowanej powierzchni siatką szklaną nasączoną asfaltem i wymianie warstw asfaltowych, trwałość naprawy na tym odcinku bez uwzględnienia wpływu siatek powinna wynieść minimum 5 lat. Jeśli weźmie się pod uwagę pozytywny wpływ siatek zbrojących nawierzchnię, trwałość powinna być przedłużona do około 9 lat. Ta sama sytuacja dotyczy odcinka 0+0+300, gdzie stwierdzono występowanie słabej podbudowy stabilizowanej cementem. Jeśli byłoby technicznie możliwe, możnaby zwiększyć głębokość frezowania do 13 cm, co zwiększyłoby trwałość remontu do kilkunastu lat. Jeśli nie będzie możliwe zwiększenie głębokości frezowania, trwałość naprawy szacowana jest również na ok. 5-6 lat, pod warunkiem zastosowania zbrojenia siatką szklaną nasączoną asfaltem na całej powierzchni. W miejscach o widocznym koleinowaniu oraz 50 m na dojeździe do skrzyżowania należy dodatkowo zastosować siatkę szklano-węglową nasączoną asfaltem pod warstwą ścieralną.

KONIEC