



IBDiM

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

ZAŁĄCZNIK 3

do sprawozdania nr TN-2/3822/1/16
pt. „Opracowanie technologii naprawy i wzmocnienia nawierzchni jezdni
ulic na terenie m.st. Warszawy – etap I”

ulica: **PODLEŚNA**
na odcinku: **Gwiaździsta - Marymoncka**

Załącznik 3

Sprawozdanie nr TN-2/3822/1/16

Opracowanie technologii naprawy i wzmocnienia nawierzchni jezdni ulic na terenie m.st. Warszawy – etap I

1. Inwentaryzacja ulicy

Na podstawie umowy nr DPZ/70/PN/59/16 z dnia 12.08.2016 r. pracownicy IBDiM przeprowadzili oględziny stanu nawierzchni ul. Podleśnej na odcinku od ul. Gwiaździstej do ul. Marymonckiej wraz z rozpoznaniem uszkodzeń. Rejestrowano uszkodzenia takie jak:

- spękania podłużne, poprzeczne i skupiska rys,
- deformacje trwałe (koleiny),
- łatanie nawierzchni,
- obniżone/podniesione studzienki,
- wyboje.

Arkusze inwentaryzacji ulicy zostały załączone do sprawozdania.

2. Wyznaczenie modułów sztywności i nośności nawierzchni

Na ul. Podleśnej na odcinku od ul. Gwiaździstej do ul. Marymonckiej 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 tabelicy 1. Zero pomiarowe, tj. pikietaż 0+000 przyjęto od linii krawężników ul. Gwiaździstej.

Tabela 1. Prognoza trwałości bez wzmocnienia

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Liczba osi obliczeniowych	Grubość
	od, km	do, km	100 kN	cm
1	0,000	0,075	1 000 000	25,8
2	0,075	0,300	350 000	12,5
3	0,300	0,550	1 000 000	11,2
4	0,550	0,750	400 000	7,4
5	0,750	1,050	150 000	5,0
6	1,050	1,425	0	5,5

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 oraz z 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	$U_{\text{śred}}$	S_U	U_m	U_{obl}
1	0,000	0,075	284	48	380	0,42
2	0,075	0,300	448	62	572	0,64
3	0,300	0,550	301	61	423	0,47
4	0,550	0,750	417	42	501	0,56
5	0,750	1,050	329	150	628	0,70
6	1,050	1,425	497	221	939	1,05

Grubości warstw

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Grubości, cm		Rodzaj podbudowy
	od, km	do, km	Asfalt	Podbud.	
1	0,000	0,075	25,8	31,2	kruszywo
2	0,075	0,300	12,5	14,2	trylinka
3	0,300	0,550	11,2	14,2	trylinka
4	0,550	0,750	7,4	15,0	trylinka
5	0,750	1,050	5,0	17,0	trylinka
6	1,050	1,425	5,5	19,5	trylinka

Na podstawie obliczeń odwrotnych wykonanych na wynikach 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 zmęczeniowych 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 (750 000 osi obliczeniowych 100 kN / 8 lat).

Tablica 3. Prognoza trwałości wg wariantów wzmocnienia

Wariant wzmocnienia	Odkształcenie w spodzie warstw asfaltowych, $\mu\text{m/m}$	Odkształcenie w stropie podłoża gruntowego, $\mu\text{m/m}$	Trwałość, osie 100 kN
Odcinek 1			
-15+3+12	101	-219	4 800 000
-10+3+7	121	-247	2 700 000
Wymiana ścieralnej	(nie dotyczy zatoki)		
Nie wymagana naprawy	Uszczelnienie spękań		
Odcinek 2			
-12+3+9	124	-636	300 000
-12+3+10	115	-575	450 000
-12+3+11	107	-513	760 000
Odcinek 3			
-11+3+8	120	-576	450 000
-11+3+9	111	-515	750 000
Odcinek 4			
-7+3+6 (+2)	154	-786	110 000
-7+3+7 (+3)	142	-668	232 000
-7+3+9 (+5)	123	-550	550 000
-7+3+10 (+6)	113	-493	900 000
Odcinek 5			
-5+3+5 (+3) stalowa	161	-862	75 000
-5+3+9 (+7)	113	-517	730 000
Odcinek 6			
-5+3+5 (+3)	155	-855	80 000
-5+3+9 (+7)	109	-482	1 001 000

Stwierdzono, że na odcinku 4, 5 i 6 wymagane jest znaczące podniesienie niwelety w celu uzyskania wystarczającej trwałości w 8 letnim okresie eksploatacji. Wymagana jest zatem przebudowa „w głąb”.

3. Odwierty z nawierzchni

W nawierzchni ul. Podleśnej 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 pobrania próbek

Badania na ulicy Podleśnej przeprowadzone były na odcinku o długości ok. 1,4 km od ul. Gwiaździstej do ul. Marymonckiej, dzielnica Żoliborz. Wykonano 6 przewiertów rdzeniowych i 2 wiercenia geotechniczne z sondowaniem DPL.

Nr otworu: 1

Ulica: **Podleśna**

Lokalizacja: prawa strona jezdni

Kilometraż: 0+035

Współrzędne: X:02058349 Y:5217141

Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,13	4,1	25,8	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		8,3		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
3		13,4		podbudowa	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
4	0,26 - 0,57	31,2	-	podbudowa	kruszywo
5	>0,57	-	-	-	piasek drobny (Pd)



Nr otworu: 2

Ulica: Podleśna

Lokalizacja: lewa strona jezdni

Kilometraż: 0+250

Współrzędne: X:02058253 Y:5217107

Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,13	7,7	12,5	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		4,8		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka kruszyw
3	0,13 – 0,27	14,2	-	podbudowa	trylinka
4	>0,27	-	-	-	piasek drobny (Pd)



Nr otworu: 3

Ulica: Podleśna

Lokalizacja: prawa strona jezdni

Kilometraż: 0+365

Współrzędne: X:02058180 Y:5217089

Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,11	6,2	11,2	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		5,0		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka kruszyw
3	0,11 – 0,26	14,2	-	podbudowa	trylinka
4	>0,26	-	-	-	piasek drobny (Pd)



Nr otworu: 4

Ulica: Podleśna

Lokalizacja: lewa strona jezdni

Kilometraż: 0+700

Współrzędne: X:02058046 Y:5217026

Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,08	7,4	7,4	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2	0,08 – 0,23	15,0	-	podbudowa	trylinka
3	>0,23	-	-	-	piasek drobny (Pd)



Nr otworu: 5

Ulica: Podleśna

Lokalizacja: prawa strona jezdni

Kilometraż: 0+850

Współrzędne: X:02057551 Y:5217002

Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,05	5,0	5,0	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2	0,05 – 0,22	17,0	-	podbudowa	trylinka
3	>0,22	-	-	-	piasek drobny (Pd)



Nr otworu: 6

Ulica: Podleśna

Lokalizacja: lewa strona jezdni



Kilometraż: 1+335

Współrzędne: X:02057349 Y:5216530


Data: 08.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 – 0,06	5,5	5,5	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2	0,06 – 0,25	19,5	-	podbudowa	trylinka (popękana)
3	>0,25	-	-	-	nasyp piaszczysty + gruz (cegła)

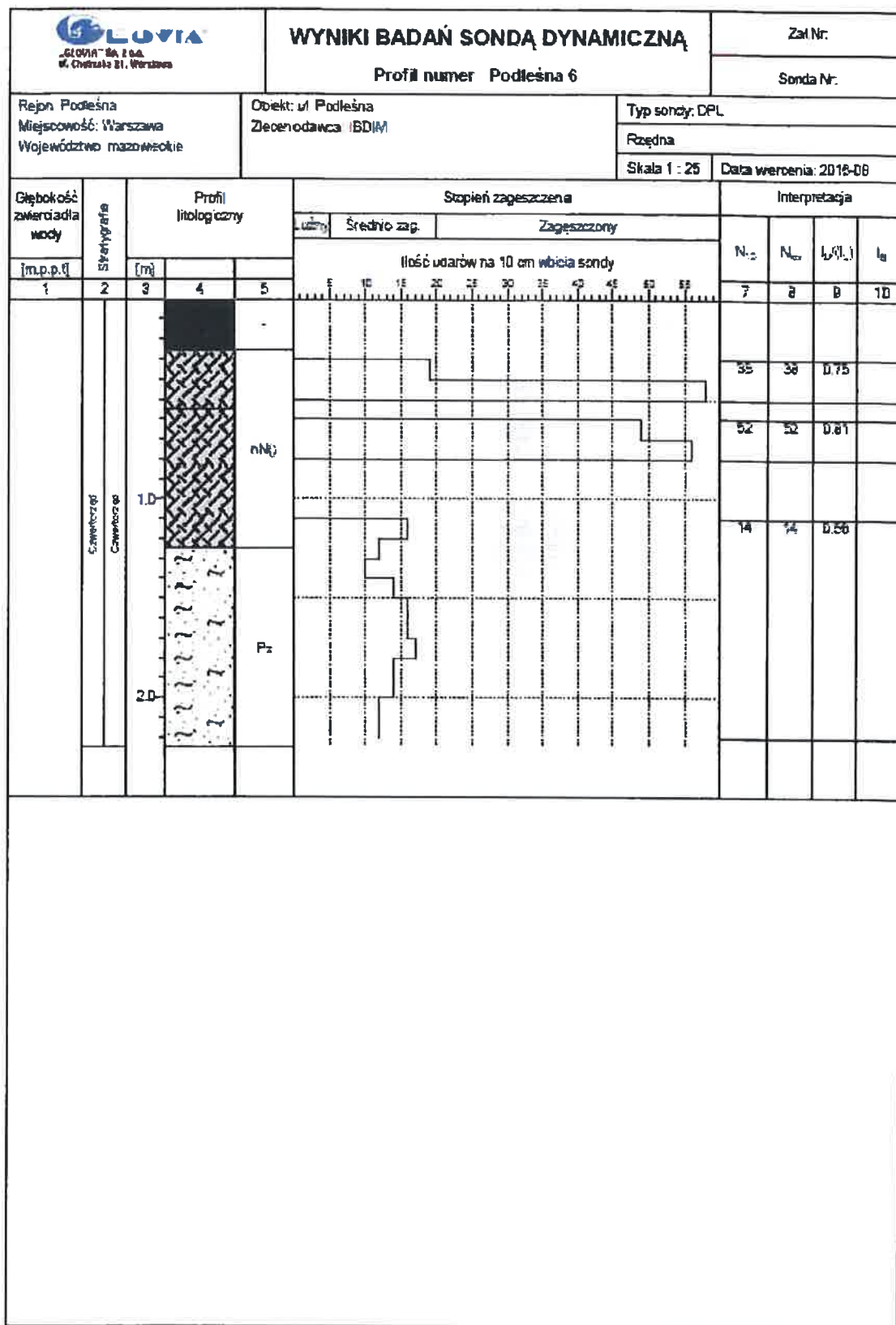


						KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer Podleśna 3				Zak.Nr.						
Rejon: Podleśna Miejscowość: Warszawa Województwo: mazowieckie						Obiekt: ul. Podleśna Zlecający: ISD JM				Rzędna						
										Skala 1 : 25		Data wykonania: 2016-08				
Wiercenie	Głębokość zwiększenia wody [m p.p.t.]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przebieg [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Wielkość	ID	IL	Stwierdzenie	Grupa nośności podłoża				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
		<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">Nasyt</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Nasyt</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Ciepłota</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Ciepłota</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">1.0</div> <div style="margin-bottom: 10px;">2.0</div> </div>		0.26	nasyp budowlany (piasek drobny) brązowy	nB/Pd)	0.70			zg	G1				
					0.45	nasyp budowlany (piasek drobny) szary										
								1.26	piasek pylisty brązowo-szary	Px	0.72					G2
								2.06	pył piaszczysty szary	Op		0.05	zpl	G3		
								2.28								

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

				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO				Zak. Nr.				
Rejon: Podleśna Miejscowość: Warszawa Województwo: mazowieckie				Profil numer: Podleśna 6				Obiekt: ul. Podleśna Zlecoeniodawca: IBDIM				
Rozedna				Skala 1 : 25				Data wiercenia: 2015-08				
Wiercenie	Głębokość zwiększenia wody [m p.n.ł.]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przebieg [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Współnośc	ID	IL	Stan gruntu	Grupa rodności podłoża
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
						nawierzchnia asfaltowa						
					0.25	nasyp niekontrolowany (piasek + gruz, cegła)						
					0.55	nasyp niekontrolowany (piasek drobny szary + ślady gruzu)	nN					
					1.25	pasiek pylasty brązowo-żółty						
					2.25		Pz					

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, poprzecznych i skupisk rys, deformacji trwałej (koleiny), łatania nawierzchni, obniżonych/podniesionych studzienek i wybojów. Stan i ilość uszkodzeń przedstawiono w formularzach (Załącznik 5), a następnie zobrazowano poprzez utworzenie profilu uszkodzeń w formie graficznej i przedstawiono w „Kartach przeglądu stanu nawierzchni ulicy” dla poszczególnych ulic. Karty zostały załączone do niniejszego sprawozdania (Załącznik 2). W kartach oceniono stan nawierzchni oraz przedstawiono zalecenia technologiczne dotyczące dalszej eksploatacji nawierzchni. Stan techniczny i ilość/procent uszkodzeń na każde 100 mb pasa ruchu 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:

$IS = Lp + 1/2Ln$, gdzie:

Lp – spękania pełne (przez całą szerokość pasa ruchu),

Ln – spękania niepełne

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

- Spękania podłużne
- Spękania siatkowe i skupiska rys:

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

S_1 – powierzchnia spękań do 1 m²

S₁₋₅ – powierzchnia spękań powyżej 1 m² ale do 5 m²

S₅ – 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 wybojów i ubytków

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono obecny stan nawierzchni ul. Podleśnej. Ogólny stan nawierzchni oceniono jako średni. Na ulicy zaobserwowano spękania poprzeczne, głównie o indeksie między 1 a 3 oraz powyżej 3 na pojedynczym odcinku. Występowała średnia ilość spękań siatkowych i skupisk rys nie przekraczających 20 % powierzchni. Zaobserwowano koleinowanie nawierzchni zatok autobusowych. Nawierzchnia była łatana w ramach zabiegów utrzymaniowych, ale występują też nienaprawiane ubytki. Na podstawie wyników badań FWD wydzielono 6

odcinków jednorodnych. Odcinki 1, 2 i 3 charakteryzują się nośnością na poziomie kategorii ruchu KR2, a odcinki 4, 5 i 6 wymagają wzmocnienia.

5. Technologia naprawy

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono technologię naprawy ulicy. W celu doprowadzenia całego odcinka ul. Podleśnej do prognozowanej kategorii ruchu KR3 należałoby przebudować nawierzchnię na odcinku 4, 5 i 6. Natomiast stosując technologię frezowania weekendowego polegającą na częściowym frezowaniu starych warstw asfaltowych i ułożeniu nowych warstw SMA i AC WMS można uzyskać trwałość naprawy na odcinkach 4, 5 i 6 na maksymalnym poziomie 4-7 lat. Ograniczona jest możliwość podniesienia niwelety drogi, zatem podana trwałość możliwa jest jedynie przy założeniu zastosowania siatki wzmacniającej stalowej na tych odcinkach oraz siatki szklanej na odcinkach 2 i 3. Odcinek 1 nie wymaga wzmocnienia, ale można rozważyć wymianę warstwy ścieralnej w celu zachowania estetyki remontu. W miejscach o widocznym koleinowaniu oraz 50 m na dojeździe do skrzyżowania należy dodatkowo zastosować siatkę szklano-węglową nasączoną asfaltem pod warstwą ścieralną.

KONIEC

