



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

ZAŁĄCZNIK 13

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

ulica: **WOJSKA POLSKIEGO**
na odcinku: **Popieluszki - Inwalidów**

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. Wojska Polskiego na odcinku od ul. Popiełuszki do ul. Inwalidów. Na analizowanym odcinku rozpoznano i zarejestrowano 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 Wojska Polskiego na odcinku od ul. Popiełuszki do ul. Inwalidów 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 i 2. Zero pomiarowe, tj. pikietaż 0+000 przyjęto od linii krawężników ul. Popiełuszki.

Tablica 1. Prognoza trwałości bez wzmocnienia – jezdnia prawa

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Liczba osi obliczeniowych | Grubość warstw asf. | Rodzaj podbudowy |
|------------|--------------------|--------|---------------------------|---------------------|------------------|
| | od, km | do, km | 100 kN | cm | |
| 1 | 0,000 | 0,400 | 0 | 9,0 | kruszywo |
| 2 | 0,400 | 0,677 | 0 | 6,5 | bruk |

Tablica 2. Prognoza trwałości bez wzmocnienia – jezdnia lewa

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Liczba osi obliczeniowych | Grubość warstw asf. | Rodzaj podbudowy |
|------------|--------------------|--------|---------------------------|---------------------|------------------|
| | od, km | do, km | 100 kN | cm | |
| A | 0,000 | 0,400 | 0 | 6,2 | bruk |
| B | 0,400 | 0,680 | 0 | 12,8 | bruk |

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 3. Badania FWD - ugięcia i grubości

Jezdnia prawa

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Ugięcia, μm | | | |
|------------|--------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------|
| | od, km | do, km | U_{sred} | S_U | U_m | U_{obl} |
| 1 | 0,000 | 0,400 | 612 | 144 | 899 | 1,24 |
| 2 | 0,400 | 0,677 | 993 | 148 | 1289 | 1,78 |

Grubości warstw

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Grubości, cm | | Rodzaj podbudowy |
|------------|--------------------|--------|--------------|---------|------------------|
| | od, km | do, km | Asfalt | Podbud. | |
| 1 | 0,000 | 0,400 | 9,0 | 31,0 | kruszywo |
| 2 | 0,400 | 0,677 | 6,5 | 15,0 | bruk |

Jezdnia lewa

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Ugięcia, μm | | | |
|------------|--------------------|--------|------------------------|-------|-------|------------------|
| | od, km | do, km | U_{sred} | S_U | U_m | U_{obl} |
| A | 0,000 | 0,400 | 480 | 72 | 625 | 0,86 |
| B | 0,400 | 0,680 | 860 | 203 | 1265 | 1,74 |

Grubości warstw

| Nr odcinka | Odcinek jednorodny | | Grubości, cm | | Rodzaj podbudowy |
|------------|--------------------|--------|--------------|---------|------------------|
| | od, km | do, km | Asfalt | Podbud. | |
| A | 0,000 | 0,400 | 6,2 | 17,0 | bruk |
| B | 0,400 | 0,680 | 12,8 | 10,0 | bruk |

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 zmęzeniowych określonych w

Katalogu. Wyniki obliczeń trwałości wariantów wzmocnienia przedstawiono w tablicy 4 i 5.

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 KR2 (prognozowany ruch: 103 000 osi obliczeniowych 100 kN/8 lat).

Tablica 4. Prognoza trwałości wg wariantów wzmocnienia – jezdnia prawa

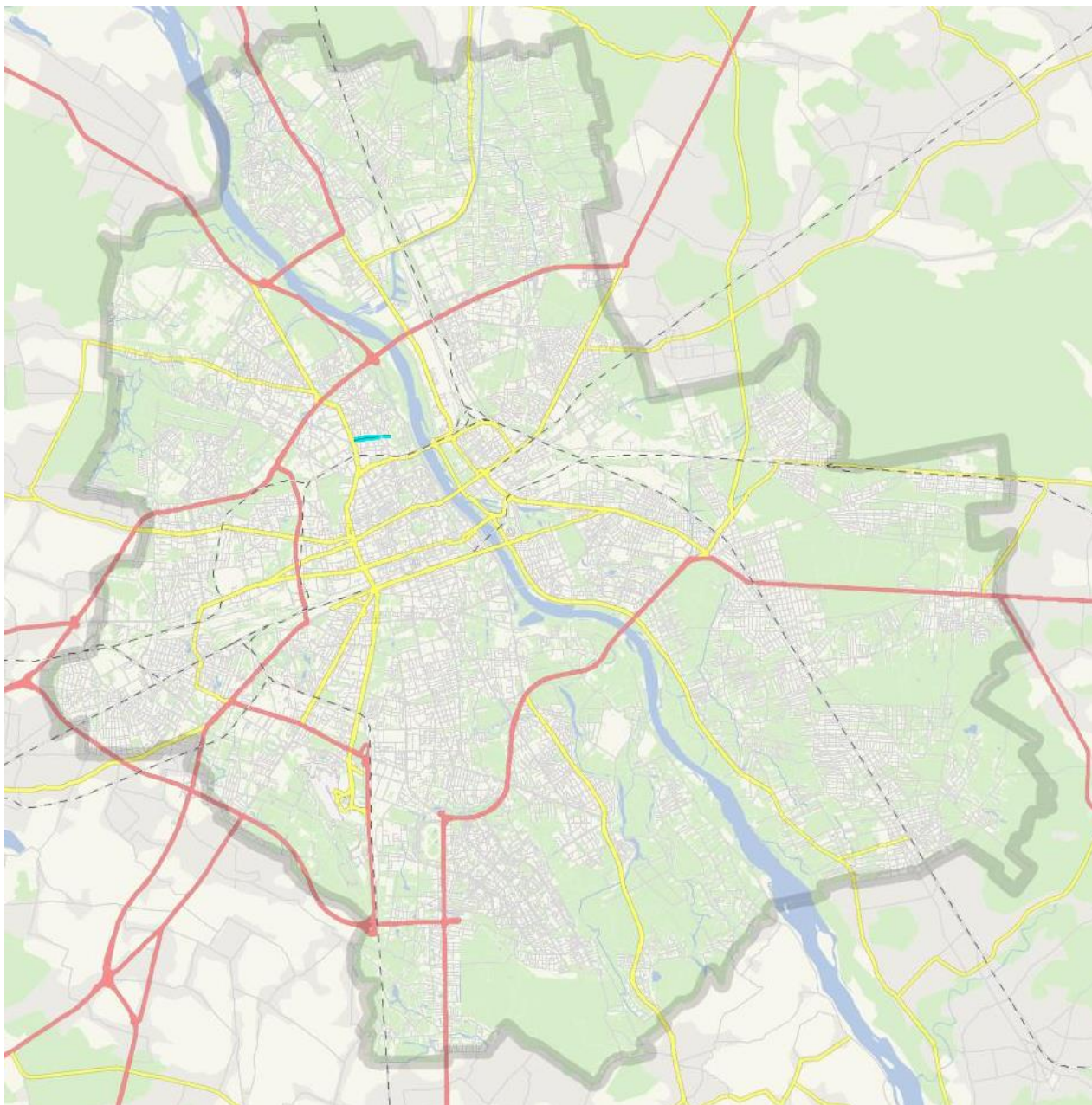
| Wariant wzmocnienia | Odkształcenie w spodzie warstw asfaltowych, $\mu\text{m}/\text{m}$ | Odkształcenie w stropie podłoża gruntowego, $\mu\text{m}/\text{m}$ | Trwałość, osie 100 kN |
|---|--|--|-----------------------|
| Odcinek 1 | | | |
| -9+3+6 | 235 | 490 | 351 000 |
| Odcinek 2 | | | |
| Według metody ugięć wymagana nakładka 14 cm – wymagana przebudowa | | | |

Tablica 5. Prognoza trwałości wg wariantów wzmocnienia – jezdnia lewa

| 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 A | | | |
| Według metody ugięć wymagana nakładka 4 cm | | | |
| Odcinek B | | | |
| -13+3+10 | 169 | 660 | 244 000 |

3. Odwierty z nawierzchni

W nawierzchni ul. Wojska Polskiego na odcinku od ul. Popiełuszki do ul. Inwalidów 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 odcinka ulicy

Badania na ul. Wojska Polskiego przeprowadzone były na odcinku o długości ok. 1,4 km. Wykonano w sumie 4 przewierty rdzeniowe i 2 wiercenia geotechniczne z sondowaniem DPL.

Nr otworu: 1

Ulica: Wojska Polskiego

Lokalizacja: prawa strona jezdni

Kilometraż: 0+200

Współrzędne:

X:02058575

Y:5215465

Data: 09.2016

| Nr warstwy | Głębokość m ppt | Grubość cm | Suma warstw bitumicznych cm | Rodzaj warstwy | Opis |
|------------|-----------------|------------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1 | 0,0 – 0,09 | 5,5 | 9,0 | ścieralna | beton asfaltowy, mieszanka kruszyw |
| 2 | | 3,5 | | wiążąca | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 3 | 0,09 – 0,40 | 31,0 | - | podbudowa | kruszywo łamane |
| 4 | >0,40 | - | - | - | nasyp gliniasty z gruzem |



Nr otworu: 2

Ulica: Wojska Polskiego

Lokalizacja: prawa strona jezdni

Kilometraż: 0+500

Współrzędne:

X:02059140

Y:5215479

Data: 09.2016

| Nr warstwy | Głębokość m ppt | Grubość cm | Suma warstw bitumicznych cm | Rodzaj warstwy | Opis |
|------------|-----------------|------------|-----------------------------|----------------|--|
| 1 | 0,0 – 0,07 | 1,0 | 6,5 | ścieralna | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 2 | | 5,5 | | wiążąca | beton asfaltowy, mieszanka grysowa, popękany |
| 3 | 0,07 – 0,22 | 15,0 | - | podbudowa | bruk kamienny |
| 4 | >0,22 | - | - | - | nasyp gliniasto-piaszczysty z gruzem - (G+Pd+gruz) |



Nr otworu: 3

Ulica: Wojska Polskiego

Lokalizacja: lewa strona jezdni

Kilometraż: 0+550

Współrzędne:

X:02059155

Y:5215501

Data: 09.2016

| Nr warstwy | Głębokość m ppt | Grubość cm | Suma warstw bitumicznych cm | Rodzaj warstwy | Opis |
|------------|-----------------|------------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1 | 0,0 – 0,09 | 3,0 | 12,8 | ścieralna | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 2 | | 6,0 | | wiążąca | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 3 | 0,09 – 0,13 | 3,8 | | podbudowa | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 4 | 0,13 – 0,23 | 10,0 | - | podbudowa | bruk kamienny |
| 5 | >0,23 | - | - | - | nasyp gliniasty (G) |



Nr otworu: 4

Ulica: Wojska Polskiego

Lokalizacja: lewa strona jezdni

Kilometraż: 0+100

Współrzędne:


X:02058519

Y:5215473


Data: 09.2016

| Nr warstwy | Głębokość m ppt | Grubość cm | Suma warstw bitumicznych cm | Rodzaj warstwy | Opis |
|------------|-----------------|------------|-----------------------------|----------------|------------------------------------|
| 1 | 0,0 – 0,06 | 1,7 | 6,2 | ścieralna | beton asfaltowy, mieszanka kruszyw |
| 2 | | 4,5 | | wiążąca | beton asfaltowy, mieszanka grysowa |
| 3 | 0,06 – 0,25 | 17,0 | - | podbudowa | bruk kamienny |
| 4 | >0,23 | - | - | - | nasyp gliniasty (G) |



| | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------|----------------------|---|-------------------------|--|--------------------------|-----------------------|---------------|------------------------------------|------------------------|---|
| <div><div><div>JEDZYM</div><div>Sp. z o.o.</div><div>ul. Chłodnia 21, Warszawa</div></div></div> | | | | <div><div>KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO</div><div>Profil numer Wojska Polskiego 3</div></div> | | | | | | <div>Zał.Nr:</div> | | |
| <div>Rejon: Wojska Polskiego</div> <div>Miejscowość: Warszawa</div> <div>Województwo: mazowieckie</div> | | | | <div>Obiekt: Wojska Polskiego</div> <div>Zlecniodawca: IBDIM</div> | | | | | | | | |
| | | | | <div>Rzędna:</div> | | | | | | | | |
| | | | | <div>Skala 1 : 25</div> | | | | | | <div>Data wiercenia: 2016-09</div> | | |
| <div>Wiercenie</div> | <div>Głębokość zwiększenia wody [m p.p.]</div> | <div>Stratygrafia</div> | <div>Skala [m]</div> | <div>Profil</div> | <div>Przebieg [m]</div> | <div>Opis Litologiczny</div> | <div>Symbol gruntu</div> | <div>Wilgotność</div> | <div>ID</div> | <div>IL</div> | <div>Stan gruntu</div> | <div>Grupa nośności podłoża</div> |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | Nawierzchnia asfaltowa | - | - | | | | - |
| | | | | | 0.23 | nasyp niekontrolowany (piasek gliniasty, glina, gruz) | | | | | | |
| | | | | | | | nN | mw | | | - | G4 |
| | | | | | 2.23 | | | | | | | |

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

|  <small>„GEOVIA” Sp. z o.o. ul. Chłodnia 21, Warszawa</small> | | | | KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer Wojska Polskiego 2 | | | | | | Zał.Nr: | | | |
|---|---|--------------|-----------|---|--------------|---|-----------------|------------|----|--------------|-------------|------------------------------|--|
| Rejon: Wojska Polskiego Miejscowość: Warszawa Województwo: mazowieckie | | | | Obiekt: Wojska Polskiego Zleconiodawca: IBDIM | | | | | | Rzędna: | | | |
| | | | | | | | | | | Skala 1 : 25 | | Data wiercenia: 2016-09 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Wiercenie | Głębokość zwięzienia wody [m p.p.t] | Stratygrafia | Skala [m] | Profil | Przebieg [m] | Opis Litologiczny | Symbol gruntu | Wilgotność | ID | IL | Stan gruntu | Grupa nośności podłoża | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| | | | | | | Nawierzchnia asfaltowa | - | - | | | | - | |
| | | | | | 0.22 | nasyp niekontrolowany (głina, piasek drobny, gruz) | | | | | - | G4 | |
| | | | -1.0 | | | | | | | | | | |
| | | | -2.0 | | | | nN(G+Pd+gruz)zw | | | | | | |
| | | | | | 2.22 | | | | | | | | |

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zoodnie z Domvslna (zoodna 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 wariancie 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:

$IS = L_p + 1/2 L_n$, gdzie:

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

L_n – spękania niepełne

| | |
|--|--------------|
| | $IS > 3$ |
| | $1 < IS < 3$ |
| | $IS < 1$ |

- Spękania podłużne
- Spękania siatkowe i skupiska rys:

$SS = (S_1 + S_{1-5} \times 3 + S_5 \times 5) / P$, 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. Wojska Polskiego na odcinku od ul. Popiełuszki do ul. Inwalidów. Ogólny stan nawierzchni jezdni lewej i prawej oceniono jako zły. Na obu jezdniach stwierdzono występowanie pojedynczych spękań poprzecznych o indeksie od 1 do 3 oraz powyżej 3, a także licznych spękań siatkowych i skupisk rys. Na części nawierzchni zaobserwowano wyraźne koleinowanie szczególnie przed skrzyżowaniami. Nawierzchnia odznaczała się licznym łataniem w ramach zabiegów utrzymaniowych, ale występowały też nienaprawiane spękania o dużym rozwarciu, a także ubytki i wyboje. Na podstawie

wyników badań FWD na jezdni prawej i lewej wydzielono po 2 odcinki jednorodne. Wszystkie odcinki charakteryzowały się niewystarczającą nośnością na zapewnienie trwałości w 8 letnim okresie eksploatacji przy obciążeniu od ruchu na poziomie KR2.

5. Technologia naprawy

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono technologię naprawy ul. Wojska Polskiego.

Stwierdzono, że powodu licznych uszkodzeń i wyczerpanej nośności nawierzchnia wymaga wzmocnienia. Wzmocnienie nawierzchni należy wykonać poprzez wymianę starych warstw asfaltowych na nowe, co pozwoli na odsunięcie konieczności przebudowy o parę lat. Również z powodu stwierdzonych deformacji trwałych nawierzchni zaleca się wymianę starych, nienośnych warstw asfaltowych na nowe odporne na deformacje trwałe z ACWMS i SMA. Z uwagi na wymagane znaczne podniesienie niwelety na jezdni prawej na odcinku drugim, konieczna będzie wymiana podbudowy i ułożenie nowych warstw asfaltowych. Bezwzględnie należy zastosować zbrojenie w postaci siatki szklanej 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