

Adnotacje urzędowe:

Nazwa i adres Inwestora:



GENERALNA DYREKCJA DRÓG KRAJOWYCH I AUTOSTRAD  
ODDZIAŁ W BYDGOSZCZY  
85-085 BYDGOSZCZ UL. FORDOŃSKA 6

Nazwa i adres jednostki projektowej:

**ARKAS-PROJEKT**

ARKAS - PROJEKT

10-460 OLSZTYN AL. PIŁSUDSKIEGO 75A, BUDYNEK B  
TEL. (089) 532 45 00, FAX. (089) 532 45 10

Stadium projektu:

**PROJEKT BUDOWLANY**

Zamierzenie budowlane / Obiekt budowlany:

**ROZBUDOWA SKRZYŻOWANIA DROGI KRAJOWEJ NR 15  
Z DROGĄ WOJEWÓDZKĄ NR 246 W M. GNIEWKOWO**

Obręb i nr ewidencyjne działek:

**DZIAŁKI POD REALIZACJĘ INWESTYCJI:**

Na terenie województwa kujawsko-pomorskiego, gmina Gniewkowo na działkach wg wykazu na str. 2

Nazwa opracowania:

**PROJEKT TECHNOLOGII WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI**

Branża:

**Drogowa**

Kod CPV:

Stanowisko:

Imię i nazwisko:

Specjalność i nr uprawnień:

Podpis:

Opracował

mgr inż. Piotr Mazurowski

POM/0078/POOD/09

Nr archiwalny:

**75-ARKAS/OLS/2010**

Data opracowania:

**Wrzesień 2011r.**

Nr tomu:

**1.2.7**

Nr egzemplarza:

## Spis treści

<b>1. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO OPRACOWANIA .....</b>	<b>2</b>
<b>3. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO .....</b>	<b>2</b>
3.1. Dane ogólne .....	2
3.2. Stan nawierzchni jezdni. Uszkodzenia.....	3
3.3. Konstrukcja istniejącej nawierzchni .....	4
<b>4. RUCH DROGOWY .....</b>	<b>6</b>
<b>5. METODYKA OBLICZEN WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI.....</b>	<b>6</b>
5.1. Podstawowe założenia projektowe .....	6
5.2. Kryteria projektowe .....	7
5.3. Stałe materiałowe .....	8
<b>6. ZAPROJEKTOWANA KONSTRUKCJA WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI .....</b>	<b>14</b>
<b>7. WYNIKI OBLICZEN TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ ZAPROJEKTOWANEJ KONSTRUKCJI WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI .....</b>	<b>15</b>
<b>8. NOWA KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI DK 15 .....</b>	<b>17</b>
<b>9. ULEPSZONE PODŁOŻE .....</b>	<b>18</b>
9.1. Nasypy niekontrolowane .....	18
9.2. Grunty grupy nośności G2 .....	18
9.3. Grunty grupy nośności G3 .....	18
<b>10. POZOSTAŁE KONSTRUKCJE.....</b>	<b>19</b>
10.1. Ul. Zajezierna.....	19
10.2. Ul. Krótka.....	19
10.3. DW246.....	19
10.4. Chodniki i opaski.....	20
10.5. Zatoka autobusowa i pierścień ronda.....	20
10.6. Wyspy segregujące ruch .....	20
10.7. Zjazdy indywidualne i publiczne .....	20
<b>11. ZESTAWIENIE ZAPROJEKTOWANYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DRÓG.....</b>	<b>21</b>

# **PROJEKT WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI**

## **1. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA**

Celem opracowania jest przedstawienie technologii wzmocnienia konstrukcji nawierzchni drogi dla zadania pn. "Rozbudowa skrzyżowania drogi krajowej nr 15 z drogą wojewódzką nr 246 w m. Gniewkowo". Na odcinku tym projektowana jest przebudowa istniejącego skrzyżowania drogi krajowej nr 15 z ul. Zajezierną oraz z drogą wojewódzką nr 246 na skrzyżowanie typu „małe rondo”.

Obliczenia wykonano dla dopuszczalnego obciążenia osi 115 kN. Przyjęto okres eksploatacji nawierzchni po przebudowie równy 20 lat

## **2. MATERIAŁY WYJŚCIOWE DO OPRACOWANIA**

Materiały wyjściowe do opracowania:

- Wizja lokalna na analizowanym odcinku w 2.05.2011 [1];
- „Dokumentacja geotechniczna istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz Dokumentacja geotechniczna i geotechniczne warunki posadowienia obiektów budowlanych” DZGEO-Technika Dariusz Ziółkowski, maj 2011 [2];
- „Rozporządzenie nr 430 MTiGM w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” z 2 marca 1999 r. [3];
- Wymagania Techniczne WT-2 „Nawierzchnie asfaltowe”, Warszawa 2010 [4];
- „Katalog wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych”, IBDiM, Warszawa 2001 [5];
- „Badania ugięć aparatem FWD droga krajowa nr 15 – Sprawozdanie z badań nr TD-1/06/11”, IBDiM Warszawa, czerwiec 2011 [6];
- „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” GDDP 1997 [7];
- Generalny pomiar ruchu na sieci dróg krajowych w roku 2010 – województwo kujawsko-pomorskie, strona internetowa GDDKiA [8];
- Założenia do prognoz ruchu, strona internetowa GDDKiA [9].

## **3. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO**

### **3.1. Dane ogólne**

Zakres niniejszego opracowania obejmuje odcinek drogi krajowej nr 15, od km ok. 216+451 do km ok. 216+901 wraz ze skrzyżowaniem z ul. Zajezierną i drogą wojewódzką nr 246 w m. Gniewkowo. Analizowany odcinek drogi głównej ma całkowitą długość 451 m.

Droga na analizowanym odcinku ma zmienny przekrój: półuliczny z jednostronnym chodnikiem lub drogowy z obustronnymi pobocznymi asfaltowymi.

### 3.2. Stan nawierzchni jezdni. Uszkodzenia

#### DK15:

Nawierzchnia na analizowanym odcinku DK15 jest w dosyć dobrym stanie (fot. 1 i 2). Lokalnie występują niewielkie spękania siatkowe (fot. 3) i podłużne (fot. 4) i pojedyncze spękania poprzeczne przez część szerokości nawierzchni (fot. 5).

#### Ulica Zajezierna:

Stan nawierzchni dobry, brak widocznych uszkodzeń (fot. 6).

#### DW246:

Stan nawierzchni zły. Występują spękania siatkowe, spękania podłużne i poprzeczne, łaty (fot. 7).



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4



Fot. 5



Fot. 6



Fot. 7

### 3.3. Konstrukcja istniejącej nawierzchni

W dokumentacji [2] przedstawiono cztery odwierty przez konstrukcję nawierzchni i podłoże analizowanego odcinka, oraz sześć odwiertów przez podłoże wykonane w poboczu.

Zestawienie konstrukcji istniejącej nawierzchni oraz warunków gruntowych przedstawiono w tablicy 1.

otwór nr	lokalizacja	łączna grubość konstrukcji [cm]	w-wy bitumiczne [cm]	podbudowa	grubość [cm]	grunt podłoża - rodzaj i miąższość warstw [m]
D1	DK15	41	8	nB (kamienie, piasek, lepik smołowy) tłuczeń wapienny + kamień polny	7 26	nasyp budowlany (Pd, K, Ps), szg: 0,41 do 0,80 piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 0,8 do 1,4 piasek gliniasty//piasek średni, tpi
D2	ul. Zajezierna	26	7	nB (kamienie, piasek, lepik smołowy) kamień polny	10 9	piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 0,26 do 1,7 piasek gliniasty//piasek średni, tpi
D4	DK15	38	14	nB (kamienie, piasek, lepik smołowy) tłuczeń wapienno-granitowy	4 20	nasyp budowlany (Pd, K, Ps), szg: 0,38 do 0,70 piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 0,7 do 1,6 piasek gliniasty//piasek średni, tpi
D5	DK15	35	23	nB (kamienie, piasek, lepik smołowy)	12	nasyp budowlany (Pd, K, Ps), szg: 0,35 do 0,70 piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 0,7 do 1,6 piasek gliniasty//piasek średni, tpi
P3	ul. Zajezierna					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 1,0 Piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 1,0 do 1,8 piasek gliniasty//piasek średni, tpi
P6	skrzyżowanie					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 0,6 nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps, gc, gb): 0,6 do 1,5 Piasek gliniasty//piasek drobny, tpi
P7	skrzyżowanie					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 0,9 humus piasek drobny//piasek gliniasty: 0,9 do 1,6 Piasek drobny+piasek średni, szg
P8	skrzyżowanie					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 0,7 humus piasek drobny//piasek gliniasty: 0,7 do 1,7 Piasek drobny//piasek gliniasty, szg
P9	skrzyżowanie					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 0,6 nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps, gc): 0,6 do 1,5 Piasek gliniasty//piasek drobny, tpi
P10	DK15					gleba/nasyp niekontrolowany (HPd, K, Ps): 0 do 0,8 Piasek drobny//piasek gliniasty, szg: 0,8 do 1,9 piasek gliniasty//piasek drobny, tpi

**Tablica 1:** Zestawienie wyników odwiertów przez konstrukcje nawierzchni i podłoże gruntowe

Woda gruntowa występuje pod postacią sączeń w czterech odwiertach, na głębokości 1,4; 1,7; 1,6 oraz 1,8 m.p.p.t.

Podłoże gruntowe zakwalifikowano do następujących grup nośności (kwalifikacja gruntów podłoża do poszczególnych grup nośności została zmieniona na bardziej niekorzystną w stosunku do kwalifikacji przedstawionej w badaniach [2]):

- nasypy niekontrolowane warstwy Ia zakwalifikowano do grupy nośności G4,

- piaski przewarstwione piaskami gliniastymi warstwy II oraz piaski gliniaste przewarstwione piaskami grubymi warstwy III zakwalifikowano do grupy nośności G3,
- nasypy budowlane warstwy Ib zakwalifikowano do grupy nośności G1.

#### 4. RUCH DROGOWY

Prognozę opracowano na podstawie GPR 2010 [10]. SDR w 2010 na analizowanym odcinku wynosił:

- samochody ciężarowe bez przyczep: 428 pojazdów/dobę
- samochody ciężarowe z przyczepami: 1528 pojazdów/dobę
- autobusy: 88 pojazdów/dobę

Założono wykonanie przebudowy w roku 2012, w związku z czym SDR w połowie dwudziestoletniego okresu eksploatacji obliczono dla roku 2022.

Rodzaj pojazdu	rok 2010	rok 2015	rok 2020	rok 2025	rok 2022
Pojazdy ciężarowe bez przyczep	428	466	505	539	<b>520</b>
Pojazdy ciężarowe z przyczepami	1528	1971	2460	3010	<b>2679</b>
Autobusy	88	88	88	88	<b>88</b>
Osie obliczeniowe 100 kN/dobę na pas ruchu	1539	1973	2452	2990	<b>2666</b>

**Tablica 2:** Prognozowany ruch obliczeniowy

Prognozowany SDR w roku 2022 na analizowanym odcinku wynosi 2666 osi 100 kN/pas/dobę, co odpowiada 19,5 mln osi 100 kN/pas w 20-letnim okresie eksploatacji. Ruch należy do kategorii **KR6**.

Do ustalenia prognozowanego natężenia ruchu przyjęto obciążenie osi standardowych 100 kN, natomiast obliczenia konstrukcji wykonano dla dopuszczalnego obciążenia osi 115 kN, przeliczając uzyskane wyniki przy pomocy wzoru „4-tej potęgi” – patrz p. 7.

#### 5. METODYKA OBLICZEŃ WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

##### 5.1. Podstawowe założenia projektowe

Do obliczenia trwałości zmęczeniowej nawierzchni zastosowano, zgodnie z wymaganiami [3] i [7], metody mechanistyczne. Naprężenia i odkształcenia w konstrukcji nawierzchni obliczano według teorii wielowarstwowej półprzestrzeni sprężystej.

Do obliczeń wzmocnienia konstrukcji nawierzchni przyjęto następujące założenia:



- Nawierzchnia obciążona osią obliczeniową 115 kN – obciążenie na koło 57,5 kN;
- Obliczona trwałość zmęczeniowa wyrażona w osiach 115 kN zostanie przeliczona na trwałość wyrażoną w osiach 100 kN przy pomocy wzoru „4-tej potęgi”;
- Ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem a nawierzchnią wynosi 715 kPa;
- Średnica zastępcza śladu koła wynosi 0,32 m;
- Czas obciążenia nawierzchni kołem wynosi 0,02 s;
- Moduły sprężystości warstw asfaltowych zależą od czasu obciążenia i temperatury. Moduły te określono według metody Shella.
- Parametry warstw istniejącej nawierzchni i nośność podłoża pod nawierzchnią istniejącą określono na podstawie analizy ugięć FWD.

## 5.2. Kryteria projektowe

Dla podatnych konstrukcji nawierzchni zgodnie z [7] zastosowano kryteria zmęczeniowe Instytutu Asfaltowego (USA), dla spękań zmęczeniowych na spodzie nowych warstw asfaltowych oraz dla deformacji strukturalnych nawierzchni, wyznaczanych na poziomie podłoża gruntowego, bezpośrednio pod konstrukcją.

Odształcenia rozciągające wyznaczano na spodzie najniższej z nowych warstwach asfaltowych.

Konstrukcję nawierzchni zaprojektowano w taki sposób, aby w okresie 20 lat nie wystąpiły:

- spękania zmęczeniowe warstw asfaltowych na 20% powierzchni jezdni (kryterium – punkt 5.2.1),
- deformacje trwałe nawierzchni, tzn. aby głębokość koleiny nie przekroczyła 12,5 mm (kryterium – punkt 5.2.2).

### 5.2.1. Kryterium spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych

Do wyznaczenia trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych, tzn. ilości przyłożonych obciążeń do powstania zniszczenia, posłużono się następującą zależnością:

$$N_{ASF} = 18,4 \times C \times (6,167 \times 10^{-5} \times \varepsilon_{ASF}^{-3,291} \times |E^*|^{-0,854})$$

gdzie:

$N_{ASF}$  – liczba przyłożonych obciążeń do powstania zniszczenia,  
 $\varepsilon_{ASF}$  – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych,  
 $|E^*|$  – moduł sztywności mieszanki mineralno-asfaltowej najniższej warstwy [MPa],  
 $C$  – funkcja objętości wolnych przestrzeni i objętości asfaltu w mieszanke mineralno-asfaltowej; wyznaczona z zależności:

$$C = 10^M.$$

gdzie:



$M=4,84 \times \{ [V_{ASF} / (V_{ASF} + V_V)] - 0,69 \},$   
 $V_{ASF}$  – zawartość objętościowa asfaltu w najniższej warstwie [%],  
 $V_V$  – zawartość wolnych przestrzeni w najniższej warstwie [%].

### 5.2.2. Kryterium deformacji strukturalnych (odkształceń trwałych podłoża gruntowego)

Trwałość ze względu na deformacje trwałe nawierzchni określono posługując się poniższą zależnością:

$$N_{DEF} = (k / \varepsilon_{POD})^{1/m}$$

gdzie:

$N_{DEF}$  – liczba dopuszczalnych obciążeń do powstania strukturalnej koleiny o głębokości krytycznej równej 12,5 mm,

$\varepsilon_{POD}$  - pionowe odkształcenie ściskające na górze podłoża gruntowego,

$k, m$  – współczynniki empiryczne:

$$k = 1,05 \times 10^{-2},$$

$$m = 0,223.$$

**Obliczona trwałość jest mniejszą wartością trwałości z dwóch kryteriów:**

$$N_f = \min \{ N_{ASF}; N_{DEF} \}$$

gdzie:

$N_f$  - liczba osi obliczeniowych w założonym okresie eksploatacji – trwałość zmęczeniowa nawierzchni

### 5.3. Stałe materiałowe

Wszystkie warstwy zarówno istniejącej konstrukcji nawierzchni, jak i nowe warstwy nawierzchni są charakteryzowane poprzez stałe materiałowe, tj.:

$E$  – moduł sprężystości warstwy [MPa],

$\nu$  – współczynnik Poissona [-].

#### 5.3.1. Nowe warstwy asfaltowe

Właściwości fizyczne betonu asfaltowego przyjęto w oparciu o Wymagania WT-2 [4].

Do obliczeń przyjęto parametry następujących rodzajów asfaltów:

- asfalt PMB 45/80-55 do warstwy ścieralnej z SMA
- asfalt 35/50 do warstwy wiążącej z betonu asfaltowego
- asfalt 35/50 do podbudowy z betonu asfaltowego

Do wykonania warstw asfaltowych przyjęto zastosowanie następujących mieszanek:

- do warstwy ścieralnej: SMA 11
- do warstwy wiążącej i wyrównawczej: AC 16 W
- do warstwy podbudowy: AC 22 P

Do wykonania warstw asfaltowych można zastosować inne rodzaje asfaltów i mieszanki o innym uziarnieniu, pod warunkiem, że będą one zgodne z wymaganiami dla odpowiednich warstw i kategorii ruchu zgodnie z Wytycznymi WT-2 [4]. Zmiana rodzaju asfaltu i uziarnienia mieszanki wymaga zgody Inżyniera.

Do obliczeń przyjęto następujące parametry dla nowych warstw asfaltowych:

Właściwości		<b>SMA 11</b> do warstwy ścieralnej	<b>AC 16 W</b> do warstwy wiązącej	<b>AC 22 P</b> do warstwy podbudowy
Zawartość wagowa asfaltu [% m/m.]	wg WT-2	Bmin 6,4	Bmin 4,4	Bmin 3,8
	przyjęte	6,5	4,5	4,4
Zawartość objętościowa asfaltu [% v/v]	obliczona	16,25	11,25	11,00
Zawartość wolnych przestrzeni [% v/v]	wg WT-2	Vmin1,5 – Vmax3	Vmin4 – Vmax7	Vmin4 – Vmax7
	przyjęte	3,0	6,0	6,0
Moduł sztywności [MPa]	przyjęte	<b>7 500</b>	<b>10 000</b>	<b>10 000</b>

**Tablica 3:** Zestawienie przyjętych do obliczeń parametrów nowych warstw asfaltowych

Pozostałe wymagane parametry warstw asfaltowych należy przyjąć zgodnie z wymaganiami WT-2 [4]

Dla wszystkich warstw asfaltowych przyjęto następujące wartości współczynnika Poissona:

- $\nu = 0,30$

### 5.3.2. Warstwy istniejącej konstrukcji nawierzchni i podłoże pod istniejącą konstrukcją

W celu ustalenia parametrów warstw istniejącej konstrukcji przeprowadzono analizę wyników badań ugięć FWD wykonanych dla analizowanego odcinka. Analizę wykonano przy pomocy programu Elmod. W celu uproszczenia analizy różne warstwy podbudowy (tłuczeń, kamienie) połączono w pakiet i potraktowano jako jedną warstwę.

W tablicy 4 zestawiono wartości modułów warstw konstrukcji uzyskanych dla poszczególnych punktów pomiarowych, natomiast w tablicy 5 zestawiono wartości modułów warstw konstrukcji uszeregowane od największego do najmniejszego.

punkt	E1 (warstwy bitumiczne) [MPa]	E2 (podbudowa) [MPa]	E3 (podłoże) [MPa]
0	33434	3188	100
0	9468	5476	130
0,025	8668	5188	142
0,026	13360	3840	72
0,05	9711	8497	94
0,051	11144	1618	164
0,075	21016	4688	134
0,075	6262	1403	82
0,101	12189	4962	82
0,107	12655	4575	149
0,125	24200	2987	77
0,127	4644	2445	176
0,149	6691	1567	114
0,15	14952	2273	73
0,175	12417	3176	70
0,175	8488	2086	182
0,2	7172	2906	118
0,2	12915	4314	138
0,225	8052	4041	106
0,226	11788	8596	104
0,25	10137	4454	153
0,252	7508	3336	127
0,276	12110	1992	193
0,276	11731	3880	143
0,3	5375	3723	76
0,3	13985	2729	119
0,325	10058	1615	168
0,325	14124	2390	153
0,35	14396	4498	136
0,351	9133	2306	123
0,376	8880	3253	102
0,377	10807	6087	120
0,4	12574	2760	157
0,402	7104	3097	174
0,425	7336	2607	234
0,425	19424	2654	135
0,449	10380	4010	146
0,451	6036	2918	165
0,475	10023	5691	99
0,476	6575	4532	140
0,5	5356	2323	115
0,5	12331	4340	154
0,525	3878	4223	94

0,525	6894	4467	170
0,55	9396	5308	104
0,551	8069	3913	185
0,575	7901	3661	117
0,576	14605	7344	125
0,6	8554	3177	114
0,6	8754	6614	136
0,625	10345	3372	144
0,625	9300	6429	133
0,65	7105	2684	149
0,65	16835	3720	186
0,675	9279	1706	208
0,676	10991	8441	128
0,7	7398	3556	141
0,7	16086	6024	133
0,725	9706	2635	162
0,726	13689	6319	150
0,75	9848	1339	180
0,751	12507	7601	188
0,775	7943	1771	207
0,775	10124	3149	193
0,8	13809	1479	231
0,8	10948	3029	195
0,825	5847	2012	151
0,825	4080	3420	150
0,85	11356	4259	104
0,851	6610	4496	133
0,875	17338	3507	100
0,876	8305	3421	138
0,9	12454	3455	182
0,9	18290	3975	153
0,925	7932	4801	124
0,926	12108	6808	137
0,951	4142	4559	149
0,951	4435	2810	104
0,976	3257	3287	142
0,976	10374	3565	98
1	6668	1917	170
1	18716	2041	188
1,025	11597	3874	155
1,026	5307	1904	85
1,05	5338	2901	142
1,051	7350	2276	72
1,075	14130	5127	170
1,101	11538	4744	69
1,101	15326	4771	86

1,125	20760	13258	216
1,15	29777	1440	87
1,175	8462	3844	87
1,176	28324	4403	94

**Tablica 4:** Wartości modułów warstw istniejącej konstrukcji i podłoża dla poszczególnych punktów pomiarowych

E1 (warstwy bitumiczne) [MPa]	E2 (podbudowa) [MPa]	E3 (podłoże) [MPa]
33434	13258	234
29777	8596	231
28324	8497	216
24200	8441	208
21016	7601	207
20760	7344	195
19424	6808	193
18716	6614	193
18290	6429	188
17338	6319	188
16835	6087	186
16086	6024	185
15326	5691	182
14952	5476	182
14605	5308	180
14396	5188	176
14130	5127	174
14124	4962	170
13985	4801	170
13809	4771	170
13689	4744	168
13360	4688	165
12915	4575	164
12655	4559	162
12574	4532	157
12507	4498	155
12454	4496	154
12417	4467	153
12331	4454	153
12189	4403	153
12110	4340	151
12108	4314	150
11788	4259	150
11731	4223	149

11597	4041	149
11538	4010	149
11356	3975	146
11144	3913	144
10991	3880	143
10948	3874	142
10807	3844	142
10380	3840	142
10374	3723	141
10345	3720	140
10137	3661	138
10124	3565	138
10058	3556	137
10023	3507	136
9848	3455	136
9711	3421	135
9706	3420	134
9468	3372	133
9396	3336	133
9300	3287	133
9279	3253	130
9133	3188	128
8880	3177	127
8754	3176	125
8668	3149	124
8554	3097	123
8488	3029	120
8462	2987	119
8305	2918	118
8069	2906	117
8052	2901	115
7943	2810	114
7932	2760	114
7901	2729	106
7508	2684	104
7398	2654	104
7350	2635	104
7336	2607	104
7172	2445	102
7105	2390	100
7104	2323	100
6894	2306	99
6691	2276	98
6668	2273	94
6610	2086	94
6575	2041	94

6262	2012	87
6036	1992	87
5847	1917	86
5375	1904	85
5356	1771	82
5338	1706	82
5307	1618	77
4644	1615	76
4435	1567	73
4142	1479	72
4080	1440	72
3878	1403	70
3257	1339	69

**Tablica 5:** Wartości modułów warstw istniejącej konstrukcji i podłoża uszeregowane od największych wartości do najmniejszych

Do dalszych obliczeń przyjęto wartości modułu sprężystości istniejących warstw asfaltowych oraz modułu odkształcenia podłoża z 90% poziomem ufności (tzn. odrzucono 10% najniższych wyników – po osiem wyników dla każdej warstwy – i do obliczeń przyjęto najniższy z pozostałych). Dodatkowo wartość modułów warstw asfaltowych skorygowano do temperatury projektowej +10°C wg wzoru IBDiM:

$$E_{10}=E_T \times (0,77+0,023 \times T)$$

Gdzie:

$E_{10}$  – moduł sztywności warstw asfaltowych skorygowany do temperatury 10°C,  
 $E_T$  - moduł warstw asfaltowych w temperaturze badania,  
 $T$  - temperatura badania wynosząca +19 st

Dodatkowo znacznie zmniejszono wartość modułu sprężystości dla warstwy podbudowy z kruszywa. Na bazie doświadczenia oraz analizy parametrów dla nowych warstw przedstawionych w „Rozporządzeniu...” należy stwierdzić, że wartość modułu sprężystości dla warstw kruszywa na poziomie 1700 MPa jest zdecydowanie za wysoka.

Ostatecznie, po zaokrągleniu w dół, przyjęto dla poszczególnych warstw następujące parametry:

- warstwy asfaltowe:  $E = 6000 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0,3$
- podbudowa z kruszywa:  $E = 300 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0,3$
- podłoże:  $E_2 = 80 \text{ MPa}$ ,  $\nu = 0,35$ .

## 6. ZAPROJEKTOWANA KONSTRUKCJA WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI

Po przeanalizowaniu stanu istniejącego i wyników badań nawierzchni zaprojektowano następującą technologię wzmocnienia konstrukcji nawierzchni istniejącej:



- ułożenie warstwy wyrównawczej z AC16W o grubości min. 4 cm
- ułożenie warstwy wiążącej z AC16W o grubości 6 cm
- ułożenie warstwy ścieralnej z SMA11 o grubości 4 cm

## **7. WYNIKI OBLICZEŃ TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ ZAPROJEKTOWANEJ KONSTRUKCJI WZMOCNIENIA NAWIERZCHNI**

Obliczenia trwałości zmęczeniowej wzmocnionej konstrukcji nawierzchni istniejącej wykonano dla konstrukcji z odwiertu nr D1. Do obliczeń przyjęto następujący układ warstw:

- istniejące podłoże gruntowe o nośności  $E_2 = 80 \text{ MPa}$
- istniejąca podbudowa o grubości 33 cm
- istniejące warstwy asfaltowe o grubości 8 cm
- nowe warstwy asfaltowe:
  - warstwa wyrównawcza z AC16W o grubości 4 cm
  - warstwa wiążąca z AC16W o grubości 6 cm
  - warstwa ścieralna z SMA11 o grubości 4 cm

W tablicy 6 przedstawiono wyniki obliczeń odkształceń na spodzie nowych warstw asfaltowych i na górze podłoża gruntowego wykonane w programie do analizy półprzestrzeni sprężystej, natomiast w tablicy 7 przedstawiono obliczoną trwałość zmęczeniową konstrukcji.

Wyniki uzyskane dla obciążenia osią 115 kN przeliczono na wyniki dla obciążenia osią 100 kN przy pomocy „wzoru 4-tej potęgi”:

$$N_{100} = (115/100)^4 \times N_{115}$$

		Modulus				Vertical	Vertical	Horz. (Shear)	Horz. (Shear)				Shear
Layer	Thickness	Elasticity	Poisson's		Load	Load	Stress	Load	Stress	Radius	X-Coordinate	Y-Coordinate	Angle
Number	(m)	(MPa)	Ratio		Number	(kN)	(MPa)	(kN)	(MPa)	(m)	(m)	(m)	(Degrees)
1	0,14	1,00E+04	0,3		1	5,75E+01	7,15E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,60E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2	0,08	6,00E+03	0,3										
3	0,33	3,00E+02	0,3										
4		8,00E+01	0,35										
					Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Displacement	Displacement	Displacement
Position	Layer	X-Coordinate	Y-Coordinate	Depth	XX	YY	ZZ	XX	YY	ZZ	UX	UY	UZ
Number	Number	(m)	(m)	(m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	μstrain	μstrain	μstrain	(μm)	(μm)	(μm)
1	1	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-01	4,88E-01	4,88E-01	-2,62E-01	4,20E+01	4,20E+01	-5,55E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,47E+02
2	4	0,00E+00	0,00E+00	5,50E-01	1,15E-03	1,15E-03	-1,88E-02	9,17E+01	9,17E+01	-2,45E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,88E+02

**Tablica 6:** Wyniki obliczeń odkształceń w konstrukcji nawierzchni

		Trwałość zmęczenia w okresie 10 lat [osi 115 kN/pas/dobę]	Trwałość zmęczenia w okresie 10 lat [mln osi 115 kN]	Trwałość zmęczenia w okresie 10 lat [osi 100 kN/pas/dobę]	Trwałość zmęczenia w okresie 10 lat [mln osi 100 kN]
Poziome odkształcenie rozciągające na spodzie nowych warstw asfaltowych $\varepsilon_a [x 10^{-4}]$	0,420	9367	68,38	16384	119,6
Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego $\varepsilon_z [x 10^{-3}]$	0,245	2852	20,82	4988	36,41
DECYDUJĄCE: kryterium odkształcenia podłoża gruntowego				4988	36,41
Wielkości wymagane				<b>2666</b>	<b>19,50</b>

**Tablica 7:** Trwałość zmęczenia wzmocnionej konstrukcji nawierzchni w okresie obliczeniowym 20 lat

**Wniosek:** zaprojektowane wzmocnienie nawierzchni istniejącej zapewnia uzyskanie wymaganej trwałości zmęczeniowej konstrukcji.

## 8. NOWA KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI DK 15

Nową konstrukcję nawierzchni należy zastosować w następujących miejscach:

- na rondzie
- na poszerzeniach istniejącej nawierzchni
- na odcinku od km 216+840 do km 216+901, na którym ze względu na obniżenie niwelety konieczna jest rozbiórka istniejącej konstrukcji i wykonanie nowej

Nowa konstrukcja nawierzchni została przyjęta zgodnie z „Rozporządzeniem...” [3] jak dla ruchu KR6. Zmodyfikowano jedynie układ warstw asfaltowych w celu ich dostosowania do układu warstw na wzmocnieniu nawierzchni istniejącej. Nowa konstrukcja nawierzchni DK15 jest następująca:

- ulepszone podłoże: patrz p. 9
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 21 cm (układana w dwóch warstwach)
- geosiatka o wytrzymałości 100/100 kN/m układana na styku nawierzchni istniejącej i poszerzenia
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

## **9. ULEPSZONE PODŁOŻE**

### **9.1. Nasypy niekontrolowane**

Zalegające w podłożu słabonośne grunty warstwy Ia (nasypy niekontrolowane, humus), należące do grupy nośności G4, należy usunąć poprzez wykonanie wymiany gruntu na niespoisty grunt nasypowy. W związku z tym, że pomimo wykonania wymiany gruntu trudno jest uzyskać na wymienionym gruncie wymaganą nośność  $E2 = 120 \text{ MPa}$ , dodatkowo należy wykonać warstwę ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego cementem, jak w p. 9.2.

### **9.2. Grunty grupy nośności G2**

Zgodnie z „Rozporządzeniem...” [3], dla gruntów grupy nośności G2 wystarczające wzmocnienie stanowi warstwa gruntu stabilizowanego cementem o grubości 10 cm. Jednak w celu uzyskania wymaganej grubości konstrukcji ze względu na mrozoodporność nawierzchni zwiększono grubość warstwy ulepszanego podłoża i ostatecznie przyjęto wykonanie warstwy gruntu stabilizowanego cementem  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$  o grubości 15 cm.

Konstrukcja ulepszanego podłoża jest następująca:

- podłoże grupy nośności G2
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ : 15 cm
- konstrukcja nawierzchni: 51 cm
  - Razem: 66 cm

Wymagana grubość nawierzchni ze względu na przemarzanie dla gruntów G2 to 65 cm, zatem warunek mrozoodporności jest spełniony.

### **9.3. Grunty grupy nośności G3**

Na odcinku od km 216+610 do km 216+901 oraz na rondzie grunty warstwy Ia zalegają stosunkowo płytko i po ich usunięciu spód nowej konstrukcji nawierzchni będzie znajdował się w przybliżeniu na poziomie góry warstwy II, zakwalifikowanej do grupy nośności G3. W związku z tym dla nowej konstrukcji nawierzchni na tych odcinkach konieczne jest zaprojektowanie konstrukcji ulepszanego podłoża.

Konstrukcja ulepszanego podłoża jest następująca:

- podłoże grupy nośności G3
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 1,5 \text{ MPa}$ : 10 cm
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ : 15 cm
- konstrukcja nawierzchni: 51 cm
  - Razem: 76 cm

## **10. POZOSTAŁE KONSTRUKCJE**

Dla pozostałych odcinków dróg i innych nawierzchni wchodzących w zakres opracowania, zaprojektowano następujące konstrukcje:

### **10.1. Ul. Zajezierna**

W nowym przebiegu drogi w planie możliwe byłoby wykorzystanie niewielkiej części nawierzchni istniejącej. Dodatkowo projektowana niweleta nie podnosi się bądź podnosi nieznacznie w stosunku do niwelety istniejącej, co wyklucza możliwość wykonania wzmocnienia nawierzchni nakładką. Z tych powodów zaprojektowano technologię polegającą na rozbiórce nawierzchni istniejącej i wykonaniu nowej konstrukcji zgodnie z „Rozporządzeniem...” jak dla ruchu KR2:

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ : 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 8 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

### **10.2. Ul. Krótka**

Ulica Krótka nie posiada nawierzchni ulepszonej. Należy na niej wykonać nową konstrukcję zgodnie z „Rozporządzeniem...” [3] jak dla ruchu KR2:

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ : 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 8 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

### **10.3. DW246**

Na odcinku DW246 wchodzącym w zakres opracowania projektowane jest stosunkowo znaczne podniesienie niwelety, pozwalające na wykonanie wzmocnienia nawierzchni istniejącej do kategorii ruchu KR3. Zaprojektowano następującą konstrukcję wzmocnienia:

- istniejąca konstrukcja
- warstwa wyrównawcza: AC16W: min. 4 cm
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

Na poszerzeniach DW246 należy wykonać konstrukcję zgodnie z „Rozporządzeniem...” [3] jak dla ruchu KR3:

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 8 cm
- geosiatka o wytrzymałości 100/100 kN/m układana na styku nawierzchni istniejącej i poszerzenia
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

#### **10.4. Chodniki i opaski**

Konstrukcję chodnika zaprojektowano przy założeniu, że będzie po nim dopuszczony ruch pojazdów (np. sprzęt odśnieżający):

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 1,5$  MPa: 10 cm
- podbudowa: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 15 cm
- podsypka piaskowo-cementowa: 3 cm
- warstwa ścieralna: kostka betonowa: 8 cm

#### **10.5. Zatoka autobusowa i pierścień ronda**

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza z gruntu stabilizowanego cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 20 cm
- podbudowa zasadnicza z chudego betonu: 20 cm
- podsypka piaskowo-cementowa: 3 cm
- warstwa ścieralna z kostki kamiennej 15/17: 16 cm

#### **10.6. Wyspy segregujące ruch**

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 1,5$  MPa: 10 cm
- podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 20 cm
- podsypka piaskowo-cementowa: 3 cm
- warstwa ścieralna z kostki kamiennej 9/11: 10 cm

#### **10.7. Zjazdy indywidualne i publiczne**

- ulepszone podłoże: grunt stabilizowany cementem  $R_m = 1,5$  MPa: 10 cm
- podbudowa zasadnicza z gruntu stabilizowanego cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 19 cm
- podsypka piaskowo-cementowa: 3 cm
- warstwa ścieralna z kostki betonowej: 8 cm

## **11. ZESTAWIENIE ZAPROJEKTOWANYCH KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DRÓG**

Poszczególnych typom konstrukcji nawierzchni przyporządkowano oznaczenia i w tabeli 8 zestawiono te typy dla poszczególnych odcinków dróg.

**Typ N1:** Nowa konstrukcja drogi głównej, grunty G1, G2

- podłoże G1, G2
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 21 cm (układana w dwóch warstwach)
- geosiatka o wytrzymałości 100/100 kN/m układana na styku nawierzchni istniejącej i poszerzenia
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

**Typ N2:** Nowa konstrukcja drogi głównej, grunty G3

- podłoże G3
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 1,5$  MPa: 10 cm
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 21 cm (układana w dwóch warstwach)
- geosiatka o wytrzymałości 100/100 kN/m układana na styku nawierzchni istniejącej i poszerzenia
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

**Typ W1:** Wzmocnienie nawierzchni istniejącej drogi głównej

- istniejąca konstrukcja
- warstwa wyrównawcza: AC16W: min. 4 cm
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

**Typ B1:** Nowa konstrukcja dla dróg bocznych KR2, grunty G1, G2

- podłoże G1, G2
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 8 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm



**Typ B2:** Nowa konstrukcja dla dróg bocznych KR3, grunty G1, G2

- podłoże G1, G2
- grunt stabilizowany cementem  $R_m = 2,5$  MPa: 15 cm
- podbudowa pomocnicza: kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5: 20 cm
- podbudowa zasadnicza: AC22P: 8 cm
- geosiatka o wytrzymałości 100/100 kN/m układana na styku nawierzchni istniejącej i poszerzenia
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

**Typ W2:** Wzmocnienie nawierzchni istniejącej DW246

- istniejąca konstrukcja
- warstwa wyrównawcza: AC16W: min. 4 cm
- warstwa wiążąca: AC16W: 6 cm
- warstwa ścieralna: SMA11: 4 cm

odcinek	nawierzchnia istniejąca	poszerzenia
<b>DK15</b>		
216+456 do 216+525	W1	wymiana + N1
216+525 do 216+610 (rondo)	rozbiórka + N2	wymiana + N2
216+610 do 216+840	W1	wymiana + N2
216+840 do 216+901	rozbiórka + N2	wymiana + N2
<b>Zajezierna</b>		
cały odcinek	rozbiórka + B1	wymiana + B1
<b>Krótką</b>		
cały odcinek	B1	
<b>DW246</b>		
cały odcinek	W2	wymiana + B2

„Wymiana” oznacza wymianę gruntów warstwy Ia, głębokość wymiany od 0,8 do 1,7 m

**Tablica 8:** Zestawienie zaprojektowanych konstrukcji nawierzchni dla poszczególnych odcinków dróg