

VIA CONSULTING sp. z o.o.

PROJEKTOWANIE, DORADZTWO, NADZORY
80 225 Gdańsk, ul. Wassowskiego 12/35, +48 603 874 596, www.viaconsulting.pl
NIP: 957-100-11-38, KRS: 0000308423

Projekt konstrukcji nawierzchni dla zadania „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie””.

Opracowano dla potrzeb:

Trakcja PRKil S.A.
ul. Złota 59 XVIII p
00-120 Warszawa

Opracował:

Bohdan Dołżycki

Dr inż. Bohdan Dołżycki

*ZATWIERDZAM DO
REALIZACJI*

Edward MAKOWSKI

2017.09.27.

Gdańsk, sierpień 2017

25.08.2017 r.

Projekt konstrukcji nawierzchni dla zadania „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie””.

1. Podstawa opracowania

Opracowanie wykonano w ramach realizacji przez Trakcja PRKił S.A. ul. Złota 59 XVIIIp.; 00-120 Warszawa projektu „Modernizacja byłej drogi krajowej nr 22”. Opracowanie obejmuje zadanie „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie””.

2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie wzmocnienia istniejących nawierzchni oraz zaprojektowanie nowych konstrukcji nawierzchni tam gdzie jest to wymagane ze względu na zastosowane rozwiązania projektowe w ramach przebudowy drogi wojewódzkiej nr 224, na odcinku od Godziszewa do autostrady A1 (węzeł „Stanisławie”).

Zakres opracowania obejmuje:

1. Ocenę stanu istniejącego konstrukcji nawierzchni.
2. Ocenę warunków gruntowo-wodnych.
3. Zaprojektowanie wzmocnienia istniejącej nawierzchni w ramach zaproponowanego rozwiązania.
4. Zaprojektowanie nowej konstrukcji nawierzchni w miejscu gdzie jest to wymagane ze względu na przyjęte rozwiązanie projektowe.

3. Materiały wyjściowe

W opracowaniu projektu wykorzystano następujące materiały:

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r., w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne., (DZ. U. nr 43, poz. 430).

- [2] Załącznik do Zarządzenia nr 31 GDDKiA z 16.06.2014, Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. Politechnika Gdańska, 2014.
- [3] Program Funkcjonalno – Użytkowy „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie”. Styczeń 2016
- [4] GDDKiA, Wymagania Techniczne. Mieszanki niezwiązane. WT-4 2010.
- [5] GDDKiA, Wymagania Techniczne. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych. WT-5 2010.
- [6] Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych GDDKiA, IBDiM, Warszawa 2001.
- [7] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2:2014. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne.
- [8] Judycki J. i wsp. „Analizy i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” WKŁ 2014.
- [9] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2:2016- Część II. Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych. Wymagania techniczne.
- [10] Pomiar ruchu na drogach krajowych w 2015 roku. www.gddkia.gov.pl
- [11] Synteza wyników pomiaru ruchu na drogach wojewódzkich w 2015 roku. Krzysztof Opoczyński, Transprojekt Warszawa.
- [12] KONCEPCJA PROGRAMOWA WIELOBRANŻOWA „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo - węzeł autostrady A-1 Stanisławie.” Europrojekt Gdańsk S.A. Gdańsk 2015.
- [13] „Opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla projektu rozbudowy drogi wojewódzkiej nr 224 Godziszewo – Stanisławie” Przedsiębiorstwo Wdrożeń Technicznych „GEOTEST” Sp. z o.o., Gdańsk 2014.
- [14] Badania konstrukcji nawierzchni - materiały przekazane przez Wykonawcę robót dnia 30 marca 2017 oraz 25 kwietnia 2017.
- [15] „Wykonanie pomiarów ugięć FWD dla zadania „Przebudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku węzeł „Stanisławie” – Godziszewo” Raport techniczny TPA sp. z o.o. Kwiecień 2016.
- [16] Aprobata Techniczna IBDiM nr AT/2011-02-2731/2. Spoiwa chemiczne SiccaBASE®, DUOSOLID®. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2011.
- [17] Ogólne Specyfikacje Techniczne D-04.12.01 „Podbudowa gruntowa stabilizowana dodatkami zwiększającymi odporność na absorpcję kapilarną wody”. Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego i mostowego. Warszawa 2016.

3. Stan istniejący

Ocenę stanu istniejącego nawierzchni podzielono na odcinki, na których zostanie wykonana nowa nawierzchnia oraz na odcinki, które przeznaczono do wzmocnienia. Dla poszczególnych dróg były to następujące odcinki:

- DW 222, od km 0+000 do km 0+380 (kilometraż lokalny) – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 94+893 do km 95+500 – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 95+500 do km 97+690 – wzmocnienie nawierzchni,
- DW 224, od km 97+690 do km 100+830 – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 100+830 do km 102+400 – wzmocnienie nawierzchni,
- DW 224, od km 102+400 do km 104+033 – nowa nawierzchnia,

Podział ten wynika przede wszystkim z zagospodarowania terenu. W terenie zabudowanym przewidziano nową nawierzchnię. Poza terenem zabudowanym zaproponowano wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni. Na etapie wykonywania projektu budowlanego oraz wykonawczego zakres wzmocnień i nowych konstrukcji może ulec zmianie.

3.1. Opis odcinka

Nawierzchnia drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku od Godziszewa do węzła z autostradą A-1 „Stanisławie” jest dość mocno zniszczona. Podstawowe uszkodzenia to przede wszystkim:

- Spękania o charakterze zmęczeniowym szczególnie intensywne przy prawej krawędzi jezdni,
- Liczne ubytki, wykruszenia oraz łaty,
- Deformacje o charakterze strukturalnym i plastycznym,
- Lokalne nierówności, zapadnięcia i wyboje,
- Pozostałości po zabiegach powierzchniowych.

Typowy wygląd stanu nawierzchni, na odcinkach przewidzianych do wzmocnienia, przedstawiono na fotografiach od 1 do 4.



Fotografia 1. Typowy stan nawierzchni i DW 224
na odcinku od km 95+500 do km 97+690



Fotografia 2. Typowy stan nawierzchni i DW 224
na odcinku od km 100+830 do km 102+400



Fotografia 3. Typowy stan nawierzchni i DW 224
na odcinku od km 100+830 do km 102+400



Fotografia 4. Typowy stan nawierzchni i DW 224
na odcinku od km 103+300 do km 104+033

3.2. Konstrukcja nawierzchni

Inwentaryzację nawierzchni wykonano kilka razy. Były to badania wykonane na etapie przygotowywania koncepcji [13] jak i później na etapie przygotowywania projektu [14]. Zestawienie wyników badań przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Zestawienie wyników badań drogi wojewódzkiej nr 224,
odcinek Godziszewo – Autostrada A1

Lp	Lokalizacja odwiertu	Grubość warstw bitumicznych	Rodzaj i grubość podbudowy	Podłoże gruntowe	Grupa nośności podłoża
1	1A wg [13] Km 94+870	30 cm	35 cm tłuczeń, kamienie, piasek średni	0 – 65 cm konstrukcja nawierzchni 65 – 200 cm glina piaszczysta 200 – 300 cm piasek drobny	G4
2	Km 95+043P wg [14]	15,5 cm	12 cm kostka kamienna 5 cm piasek	0 – 32 cm konstrukcja nawierzchni od 32 cm <i>Brak danych</i>	<i>Brak danych</i>
3	2A wg [13] Km 95+340	32 cm	58 cm tłuczeń, kamienie, piasek średni	0 – 90 cm konstrukcja nawierzchni 40 – 220 cm glina piaszczysta 40 – 300 cm glina pylasta	G4
4	Km 95+340 wg [14]	14,5 cm	bruk kamienny	<i>Odwiertu nie kontynuowano</i>	<i>Brak danych</i>
5	Km 95+400L wg [14]	24 cm	16 cm kostka kamienna	0 – 40 cm konstrukcja nawierzchni od 40 cm glina pylasta	G4
6	3A wg [13] Km 95+810	24 cm	52 cm tłuczeń, kamienie, piasek średni	0 – 76 cm konstrukcja nawierzchni 76 – 170 cm glina piaszczysta 170 – 300 cm piasek drobny	G4
7	Km 96+060P wg [14]	6,5 cm	10 cm kruszywo łamane 13 cm beton 15 cm asfaltowy tłuczeń	0 – 45 cm konstrukcja nawierzchni <i>Brak danych</i>	<i>Brak danych</i>
8	Km 96+530L wg [14]	17 cm	5 cm kruszywo łamane 12 cm bruk kamienny	0 – 34 cm konstrukcja nawierzchni od 34 cm glina pylasta	G4
9	4A wg [13] Km 96+600	23 cm	52 cm tłuczeń, kamienie, cement	0 – 75 cm konstrukcja nawierzchni 75 – 250 cm piasek gliniasty 250 – 300 cm piasek drobny	G4
10	Km 96+600 wg [14]	18 cm	33 cm kruszywo łamane	0 – 51 cm konstrukcja nawierzchni 51 – 100 cm piasek gliniasty	G4
11	Km 97+080P wg [14]	6 cm	6 cm kruszywo łamane 14 cm beton 10 cm asfaltowy tłuczeń	0 – 36 cm konstrukcja nawierzchni od 36 cm piasek średni	G1
12	5A wg [13] Km 97+360	23 cm	32 cm tłuczeń, kamienie, piasek średni 20 cm Bruk	0 – 75 cm konstrukcja nawierzchni 75 – 300 cm glina piaszczysta	G4
13	Km 97+500P wg [14]	10 cm	5 cm kruszywo łamane 15 cm pospółka	0 – 30 cm konstrukcja nawierzchni od 30 cm piasek drobny i piasek gliniasty	G4
14	Km 98+120L wg [14]	12 cm	15 cm tłuczeń	0 – 27 cm konstrukcja nawierzchni od 27 cm glina piaszczysta	G4

Projekt konstrukcji nawierzchni dla zadania
„Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie””.

15	6A wg [13] Km98+240	21 cm	44 cm kamienie, piasek średni, tłuczeń, bruk	0 – 65 cm 65 – 220 cm 200 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni nasyp niekontrolowany (gleba, piasek gliniasty, kamienie, gruz) głina piaszczysta	G4
16	Km 98+240 wg [14]	9,5 cm	30 cm kruszywo łamane	0 – 39 cm 39 – 90 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
17	Km 98+900L wg [14]	13 cm	12 cm tłuczeń	0 – 25 cm od 25 cm	konstrukcja nawierzchni głina	G4
18	7A wg [13] Km 99+120	23 cm	29 cm bruk, tłuczeń, kamienie, żwir	0 – 52 cm 52 – 180 cm 75 – 250 cm 250 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni nasyp niekontrolowany (piasek gliniasty, próchniczy, kamienie) piasek gliniasty piasek drobny	G4
19	Km 99+130P wg [14]	15 cm	19 cm tłuczeń 15 cm pospółka	0 – 49 cm od 49 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
20	Km 99+710P wg [14]	11 cm	10 cm tłuczeń	0 – 21 cm od 21 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
21	8A wg [13] Km 99+750	18 cm	43 cm tłuczeń, żwir, kamienie	0 – 61 cm 61 – 110 cm 110 – 190 cm 190 – 250 cm 250 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni nasyp niekontrolowany (piasek gliniasty, kamienie) głina próchnicza głina pylasta piasek drobny	G4
22	Km 99+700 wg [14]	6,5 cm	28 cm kruszywo łamane	0 – 34 cm 34 – 85 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
23	9A wg [13] 100+060	16 cm	49 cm tłuczeń, kamienie, żwir, piasek średni	0 – 65 cm 65 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
24	Km 100+160L wg [14]	13,5 cm	15 cm tłuczeń	0 – 29 cm od 29 cm	konstrukcja nawierzchni <i>brak danych</i>	G4
25	Km 100+600L wg [14]	12 cm	10 cm tłuczeń 20 cm kruszywo łamane	0 – 42 cm od 42 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
26	10A wg [13] 101+120	13 cm	49 cm tłuczeń, kamienie, żwir, piasek średni	0 – 62 cm 62 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
27	Km 101+120 wg [14]	9 cm	35 cm kruszywo łamane	0 – 44 cm 44 – 95 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
28	Km 101+230P wg [14]	11 cm	15 cm tłuczeń 17 cm pospółka	0 – 43 cm od 43 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
29	Km 101+690P wg [14]	16 cm	5 cm kruszywo łamane 30 cm bruk kamienny 30 cm pospółka	0 – 71 cm od 71 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
30	11A wg [13] 102+040	18 cm	37 cm tłuczeń, kamienie, żwir, piasek średni 13 cm bruk	0 – 68 cm 68 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
31	Km 102+220L wg [14]	12 cm	17 cm tłuczeń 15 cm kostka brukowa	0 – 44 cm od 44 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4
32	Km 102+460L wg [14]	17 cm	14 cm kruszywo łamane	0 – 31 cm od 31 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
33	12A wg [13] 102+990	19 cm	23 cm bruk 18 cm głina piaszczysta, kamienie	0 – 60 cm 60 – 300 cm	konstrukcja nawierzchni głina piaszczysta	G4

34	Km 102+690 wg [14]	12 cm	30 cm kruszywo łamane	0 – 42 cm 42 – 95 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
35	Km 103+210P wg [14]	17 cm	8 cm tłuczeń	0 – 25 cm od 25 cm	konstrukcja nawierzchni piasek gliniasty	G4
36	Km 103+730P wg [14]	23 cm	5 cm piasek średni	0 – 28 cm od 28 cm	konstrukcja nawierzchni gлина	G4
37	Km 103+990L wg [14]	10 cm	5 cm kruszywo łamane 5 cm beton asfaltowy 15 cm tłuczeń	0 – 35 cm od 35 cm	konstrukcja nawierzchni gлина piaszczysta	G4

Uwaga: Wyróżniono odcinki wzmacniane.

Istniejąca nawierzchnia składa się z warstw bitumicznych oraz podbudowy podatnej z kruszywa łamanego, lokalnie kostki kamiennej lub bruku. W podłożu pod warstwami z kruszywa występują głównie piaski gliniaste i gliny piaszczyste w stanie twardoplastycznym lub miękkooplastycznym. W odwiertach nie stwierdzono obecności wody gruntowej. Podłoże zaliczono do grupy nośności G4.

Dla poszczególnych odcinków wytypowanych do wzmocnienia wybrano jako miarodajne, po odrzuceniu około 20 % najcieńszych konstrukcji, następujące konstrukcje nawierzchni:

odcinek od km 95+500 do km 97+690

- Istniejące warstwy bitumiczne 17 cm,
- Kruszywa łamane 5 cm
- Bruk kamienny 12 cm
- Gлина pylasta

Grubość średnia konstrukcji na tym odcinku wynosi 56 cm.

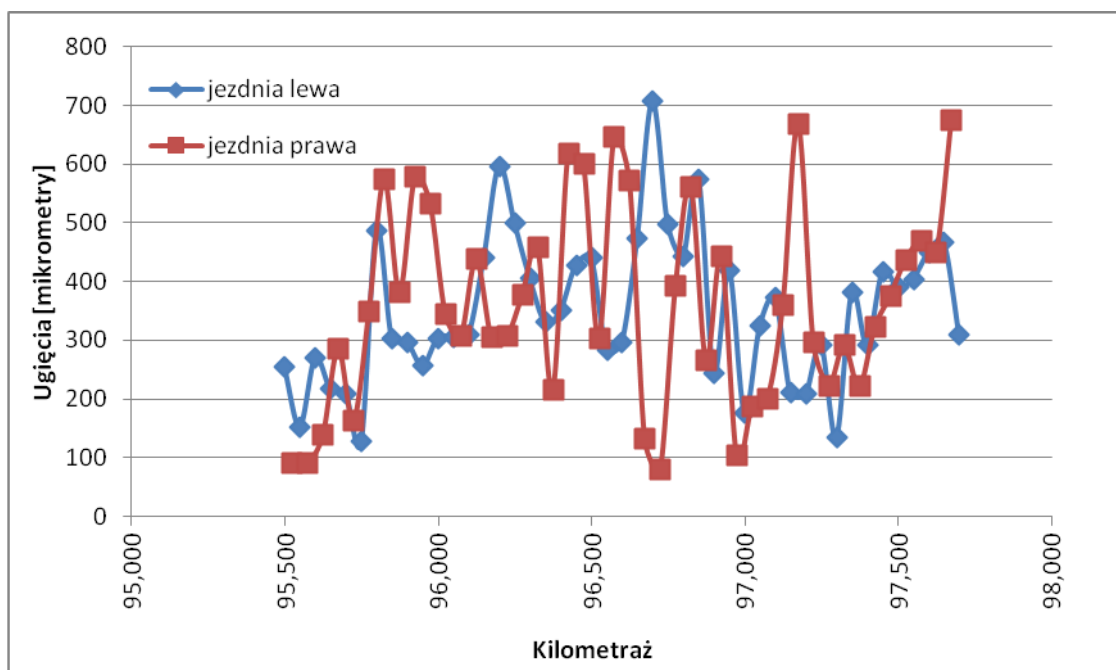
odcinek od km 100+830 do km 102+400

- Istniejące warstwy bitumiczne 11 cm,
- Tłuczeń 15 cm
- Pospółka 17 cm
- Gлина piaszczysta

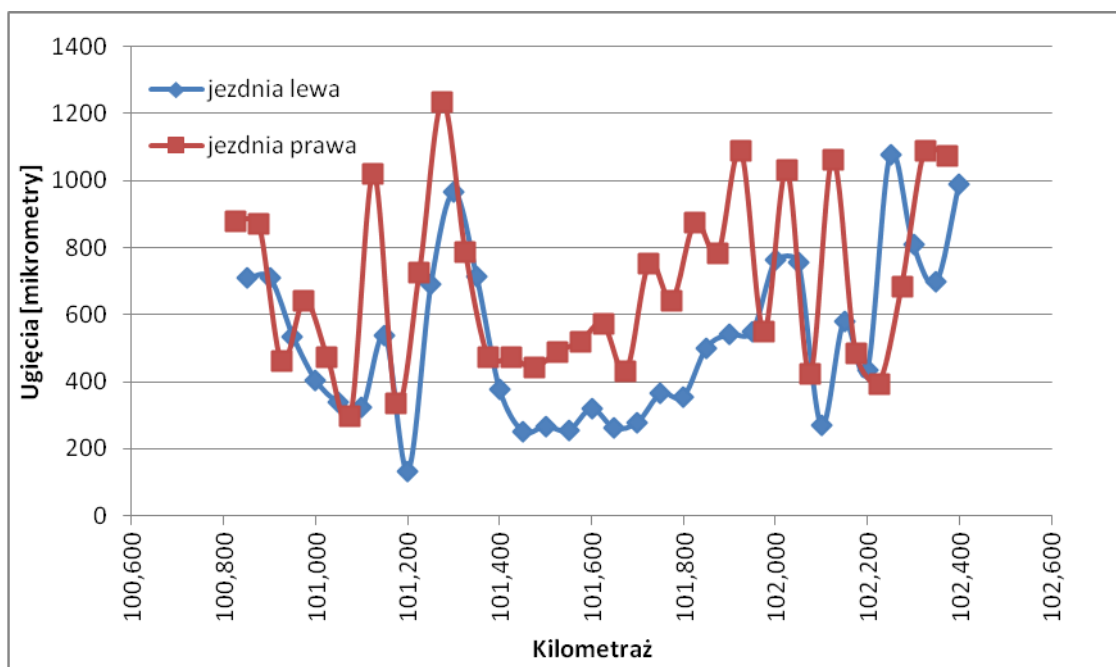
Grubość średnia konstrukcji na tym odcinku wynosi 57 cm.

3.3. Nośność nawierzchni

Badania nośności wykonano poprzez ocenę ugięć wykonaną metoda FWD [15]. W oparciu o przeprowadzone badania dla odcinków wytypowanych do wzmocnień poddano analizie ugięcia nawierzchni na poszczególnych odcinkach. Ugięcia przedstawiono na rysunkach 1, 2 i 3 natomiast zestawienie ugięć średnich i obliczeniowych w tablicy 2.



Rysunek 1. Ugięcia maksymalne DW 224
 na odcinku od km 95+500 do km 97+690



Rysunek 2. Ugięcia maksymalne DW 224
 na odcinku od km 100+830 do km 102+400

Tablica 2. Ugięcia nawierzchni na odcinakach DW 224 przewidzianych do wzmocnienia

Zakres	Ugięcie średnie [mm]	Odchylenie standardowe [mm]	Ugięcie miarodajne [mm]	Ugięcie obliczeniowe [mm]
Odcinek od km 95+500 do km 97+690				
Jezdnia lewa	0,350	0,126	0,601	0,782
Jezdnia prawa	0,360	0,170	0,700	0,909
Cała jezdnia	0,355	0,148	0,652	0,850
Odcinek od km 100+830 do km 102+400				
Jezdnia lewa	0,526	0,247	1,020	1,327
Jezdnia prawa	0,689	0,265	1,219	1,584
Cała jezdnia	0,608	0,267	1,142	1,484

Wyznaczone ugięcia posłużą do określania wzmocnienia nawierzchni metodą ugięć.

4. Ruch

Przewidywane obciążenie ruchem obliczono na podstawie pomiaru generalnego przeprowadzonego w 2015 roku [10]. W obliczeniach wykorzystano informacje z opracowania [11] oraz zasadę określania kategorii ruchu opisaną w [2].

Wyniki pomiaru generalnego dla drogi wojewódzkiej nr 222 oraz nr 224, dla grup pojazdów branych pod uwagę przy wyznaczaniu kategorii ruchu, przedstawiono w tablicy 3.

Analiza [11] wykazała, że na drogach wojewódzkich w województwie pomorskim średni wskaźnik wzrostu ruchu w ciągu 5 lat, pomiędzy 2010 a 2015 rokiem, wynosi 6%, co oznacza, że w ciągu roku jest to około 1,2%. Na podstawie tych danych określono prognozowane obciążenie drogi wojewódzkiej nr 222 oraz 224 w przewidywanym okresie eksploatacji. Założono okres eksploatacji nawierzchni 20 lat, rok oddania inwestycji do użytkowania na 2019. Jako połowę okresu eksploatacji przyjęto rok 2029. Obliczenia przewidywanego obciążenia przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Analiza ruchu na drodze wojewódzkiej nr 222 oraz 224

Opis cechy:	Grupy pojazdów		
	Ciężarowe bez przyczep	Ciężarowe z przyczepami	Autobusy
DW 222,. Odcinek Gdańsk - Godziszewo			
Ilość pojazdów wg pomiaru w 2015 roku [poj.dobę]	250	250	109
Ilość pojazdów w 2029 roku, przy założeniu wzrostu ruchu wg [11] [poj./dobę]	295	295	129
Całkowita ilość pojazdów w ciągu 20 lat eksploatacji nawierzchni	2 153 500	2 153 500	941 700
Współczynniki przeliczeniowe grup pojazdów wg [2] dla dróg pozostałych z dopuszczalnym obciążeniem 115 kN	0,45	1,70	1,15
Ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji dla poszczególnych grup pojazdów	969 075	3 660 950	1 082 955
Sumaryczna ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji	5 712 980		
Współczynnik obliczeniowy pasa ruchu	0,50		
Współczynnik szerokości pasa ruchu	1,06		
Współczynnik pochylenia niwelety	1,00		
Ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji na pas ruchu N ₁₀₀	3 027 879		
Kategoria ruchu	KR4		
DW 224, Odcinek Godziszewo – Stanisławie (A1)			
Ilość pojazdów wg pomiaru w 2015 roku [poj.dobę]	46	174	13
Ilość pojazdów w 2029 roku, przy założeniu wzrostu ruchu wg [11] [poj./dobę]	54	206	15
Całkowita ilość pojazdów w ciągu 20 lat eksploatacji nawierzchni	394 200	1 503 800	109 500
Współczynniki przeliczeniowe grup pojazdów wg [2] dla dróg pozostałych z dopuszczalnym obciążeniem 115 kN	0,45	1,70	1,15
Ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji dla poszczególnych grup pojazdów	177 390	2 556 460	125 925
Sumaryczna ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji	2 746 443		
Współczynnik obliczeniowy pasa ruchu	0,50		
Współczynnik szerokości pasa ruchu	1,06		
Współczynnik pochylenia niwelety	1,00		
Ilość osi obliczeniowych 100 kN w ciągu 20 lat eksploatacji na pas ruchu N ₁₀₀	1 456 615		
Kategoria ruchu	KR3		

Z przeprowadzonej analizy wynika, że na DW 222, odcinek Gdańsk - Godziszewo obciążenie ruchem wyniesie 3,03 mln osi obliczeniowych co odpowiada kategorii ruchu KR4, na DW 224, odcinek Godziszewo – Stanisławie (A1) obciążenie ruchem wyniesie 1,46 mln osi obliczeniowych co odpowiada kategorii ruchu KR3. Dla takich też kategorii ruchu zaproponowano przebudowę

istniejących nawierzchni. Wyznaczone obciążenie jest zgodne z wymaganiami określonymi w PFU [3].

W obliczeniach uwzględniono obciążenie osiami 115 kN poprzez przyjęcie odpowiednich współczynników przeliczenia pojazdów rzeczywistych na pojazdy obliczeniowe.

5. Technologia remontu drogi wojewódzkiej nr 222 oraz 224

W przypadku dróg wojewódzkich konstrukcje nawierzchni oraz technologię jej wykonania opracowano przy następujących założeniach:

1. Nawierzchnia zostanie zaprojektowana na 20 lat dla obciążeń ruchem KR3 lub KR4.
2. Zaproponowane rozwiązania mają umożliwić jak najlepsze powiązanie z otaczającą infrastrukturą.
3. Zaproponowane rozwiązania mają spełniać wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 43, poz. 430).
4. Zastosowane materiały mają zapewnić jak najdłuższą trwałość nawierzchni, przy jak najmniejszych nakładach na jej utrzymanie oraz obniżyć poziom hałasu emitowany przez ruch samochodowy.

Analiza stanu technicznego istniejących dróg oraz wzięcie pod uwagę uwarunkowań wynikających z zakresu realizowanych prac i zapisów PFU [3] pozwoliła na podział analizowanych odcinków dróg na następujące odcinki:

- DW 222, od km 0+000 do km 0+380 (kilometraż lokalny) – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 94+893 do km 95+500 – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 95+500 do km 97+690 – wzmocnienie nawierzchni,
- DW 224, od km 97+690 do km 100+830 – nowa nawierzchnia,
- DW 224, od km 100+830 do km 102+400 – wzmocnienie nawierzchni,
- DW 224, od km 102+400 do km 104+033 – nowa nawierzchnia.

Podział ten wynika przede wszystkim z zagospodarowania terenu. W terenie zabudowanym przewidziano nową nawierzchnię. Poza terenem zabudowanym zaproponowano wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni.

5.1. Nowa nawierzchnia

Nowa nawierzchnia zostanie, zgodnie z zaleceniami Wykonawcy Robót, zaprojektowana według następujących zasad:

- Wariant 1 z wykorzystaniem podbudowy z wytworzonej ze spoiwem chemicznym SiccaBASE® według zasad opisanych w aprobacie technicznej [16].
- Wariant 2 określonych w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. GDDKiA, Warszawa 2014 [2].
- Wariant 3 z wykorzystaniem podbudowy zasadniczej z mieszanki MCE.

We wszystkich przypadkach uwzględnione zostaną najnowsze wymagania dla mieszanek mineralno-asfaltowych określone w [7] i [9].

Podbudowa ze spoiwem chemicznym SiccaBASE® należy do materiałów, które pozwalają na wykonanie podbudowy zasadniczej stabilizowanej dodatkami trwale zwiększającymi odporność na absorpcję kapilarną wody oraz pozwalają na zaprojektowanie podbudowy o charakterze podatnym (bez spękań) o dość dużym module sztywności [16, 17] specyficzne cechy materiału pozwalają na wykonanie konstrukcji stosunkowo cienkiej, która jest nośna i równocześnie odporna na powstawanie wysadzin.

W przypadku rozwiązań z mieszanką MCE stanowi ona podbudowę zasadniczą i dla zapewnienia należytej staranności jej wykonania przewidziane jest, że będzie ona wytwarzana w wytwórni stacjonarnej i jako gotowy produkt będzie dostarczana w miejsce wbudowania. W takiej sytuacji nie będzie żadnego negatywnego oddziaływania na otoczenie, typowego dla wykonywania tej technologii „na miejsu”. Nie będzie więc negatywnych skutków pylenia środków wiążących (cementu) w trakcie wykonywania mieszanki MCE oraz utrudnień dla mieszkańców. Ponadto zastosowanie mieszanki MCE pozwoli na zutylizowanie starej nawierzchni, gdzie oprócz lepiszcza asfaltowego występuje również lepiszcze smołowe. Ta technologia jest najpowszechniej stosowanym rozwiązaniem do utylizacji warstw nawierzchni zawierających smołę.

5.2. Wzmocnienie istniejącej nawierzchni

Po przeanalizowaniu warunków wyjściowych, wzięciu pod uwagę stanu istniejącej nawierzchni jako najbardziej optymalny wybrano wariant polegający na wzmocnieniu istniejącej jezdni.

Wykonanie remontu według proponowanego rozwiązania na odcinku od km 95+500 do km 97+690 polegałoby na:

1. Rozbiórce około 1,0 – 1,2 m istniejącej nawierzchni z prawej strony (patrząc do Tczewa) ponieważ jest to najbardziej zniszczony fragment nawierzchni.
2. Naprawie istniejącej nawierzchni poprzez uzupełnienie ubytków oraz uszczelnienie spękań.
3. Odtworzenie rozbieranej nawierzchni oraz dobudowaniu poszerzeń w miejscach gdzie jest to przewidziane ze względu na poszerzenie jezdni lub zaproponowane rozwiązanie geometryczne.
4. Wykonaniu warstwy wyrównawczej na całej szerokości jezdni, łącznie z poszerzeniem.
5. Wykonanie warstwy przeciwspekaniowej z kompozytu z siatki szklanej nasączonego asfaltem. Należy zastosować kompozyt zapewniający dobre połączenie warstw (minimum 0,7 MPa w teście ścinania).
6. Wykonaniu nowych warstw asfaltowych.

Wykonanie remontu według proponowanego rozwiązania na odcinku od km 100+830 do km 102+400 polegałoby na:

1. Rozbiórce około 1,2 – 1,5 m istniejącej nawierzchni z prawej strony (patrząc do Tczewa) ponieważ jest to najbardziej zniszczony fragment nawierzchni.
2. Naprawie istniejącej nawierzchni poprzez uzupełnienie ubytków oraz uszczelnienie spękań.
3. Odtworzenie rozbieranej nawierzchni oraz dobudowaniu poszerzeń w miejscach gdzie jest to przewidziane ze względu na poszerzenie jezdni lub zaproponowane rozwiązanie geometryczne.
4. Wykonaniu warstwy wyrównawczej na całej szerokości jezdni, łącznie z poszerzeniem.
5. Wykonanie warstwy przeciwspekaniowej z kompozytu z siatki szklanej nasączonego asfaltem. Należy zastosować kompozyt zapewniający dobre połączenie warstw (minimum 0,7 MPa w teście ścinania).
6. Wykonaniu nowych warstw asfaltowych.

Zalety zaproponowanego rozwiązania:

- Wykonujemy konstrukcję dostosowaną do przewidywanych obciążeń.
- Zapewniamy nawierzchni wymaganą trwałość.
- Wykorzystujemy w istniejącą nawierzchnię w maksymalnym stopniu bez konieczności jej całkowitego rozbierania.
- Minimalizujemy ryzyko odtworzenia się istniejących spękań na powierzchni jezdni.

Wady:

- Nie jesteśmy w stanie zapobiec odtworzeniu się wszystkich uszkodzeń, co jest rzeczą naturalną i nieuniknioną przy wszelkiego typu wzmocnieniach nawierzchni.

6. Obliczenia trwałości zmęczeniowej konstrukcji metodami mechanistycznymi

Obliczenia trwałości zmęczeniowej przeprowadzono, ponieważ:

1. Projektowane wzmocnienie powinno przenieść przewidziane obciążenie w okresie obliczeniowym.
2. Zgodnie z wymaganiami [1] wzmocnienie nawierzchni zaleca się projektować metodami mechanistycznymi.
3. Wprowadzono nowe wymagania dla mieszanek mineralno-asfaltowych [7, 9], co zgodnie z zapisami [2] wymaga ponownego przeliczenia trwałości nawierzchni.

6.1. Założenia projektowe

Projektowanie konstrukcji nawierzchni jezdni głównej oraz pozostałych powierzchni komunikacyjnych wykonano według metody mechanistyczno-empirycznej, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. wraz z późniejszymi zmianami [1]. Trwałość zmęczeniową konstrukcji nawierzchni obliczono przy wykorzystaniu najnowocześniejszych kryteriów AASHTO 2004 (USA), stosowanych w Polsce od 2010 r.

Procedura postępowania podczas obliczeń była następująca:

- przyjęcie ruchu projektowego/obliczeniowego,
- przyjęcie grubości warstw konstrukcji nawierzchni,
- określenie stałych materiałowych warstw: modułów E i wsp. Poissona ν ,
- obliczenie krytycznych naprężeń i odkształceń w konstrukcji nawierzchni,
- obliczenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni (ilości obciążeń do osiągnięcia stanu krytycznego).

6.1.1. Ruch projektowy

Ruch projektowy przyjęto wg punktu 4.

6.1.2. Obciążenie

Przyjęto następujące obciążenie obliczeniowe:

- pojedyncza oś standardowa: 100 kN,
- koło pojedyncze o nacisku: 50 kN,
- ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią: 850 kPa,
- czas obciążenia nawierzchni przy prędkości pojazdu $V = 60$ km/h: 0.02 s.

Parametry obciążenia są zgodne z przyjętymi w katalogu[3].

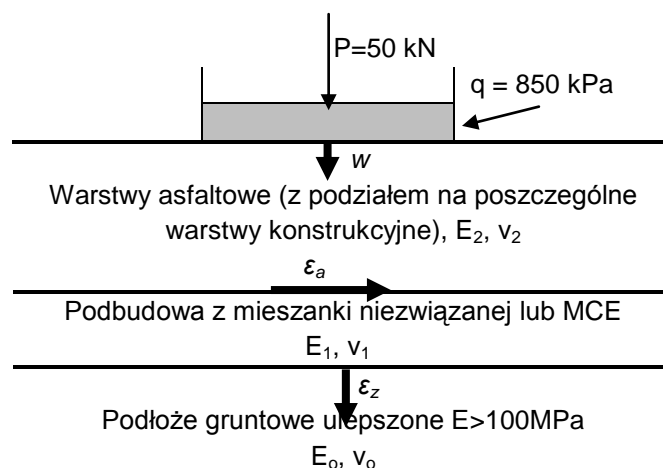
Obliczenia przeprowadzono dla osi 100 kN, tak jak to jest w nowym Katalogu [2]. Zaproponowane konstrukcje uwzględniają obciążenie osiami 115 kN poprzez zastosowanie do wyznaczania obciążeń współczynników przeliczeniowych dedykowanych nawierzchniom z dopuszczalnym obciążeniem osiami 115 kN.

6.1.3. Temperatura projektowa

Przyjęto, zgodnie z [2], że temperatura ekwiwalentna do obliczenia nawierzchni podatnych wynosi 13°C .

6.1.4. Schemat obliczeniowy

Obliczenia wykonano przy założeniu, że modelem konstrukcji nawierzchni jest wielowarstwowa półprzestrzeń sprężysta. Schemat modelu konstrukcji przyjętego do obliczeń przedstawiono na rysunku 4.



Rysunek 4. Schemat konstrukcji nawierzchni przyjęty do obliczeń

Oznaczenia wielkości pokazanych na rysunku 4 są następujące:

- w – ugięcie,
- ϵ_a – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych,
- ϵ_z – odkształcenie ściskające w podłożu,
- E_i, ν_i – stałe materiałowe poszczególnych warstw,
- P – obciążenie koła, $P=50$ kN,
- q – ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią, $q=850$ kPa.

6.1.5. Kryteria zmęczeniowe

Dla określenia trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych i trwałości ze względu na deformacje strukturalne nawierzchni zastosowano kryteria zmęczeniowe M-ENPDM AASHTO 2004 z USA, opisane w [8]. Jako moment zniszczenia nawierzchni w tej metodzie przyjmuje się wystąpienie spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych uznanych za graniczne lub wystąpienie deformacji strukturalnej o głębokości 12,5 mm. Dla ruchu KK3-KR4 przyjęto poziom spękań 10 %.

W przypadku spękań zmęczeniowych jako główne kryteria zmęczeniowe stosowano kryteria: spękań „z dołu do góry” warstw asfaltowych z najnowszej metody AASHTO 2004 (patrz wzór 1, 2, 3 i 4), deformacji trwałych z metody Instytutu Asfaltowego 1982 (patrz wzór 5).

$$N_f = 7,3557 * (10^{-6}) \cdot C \cdot k'_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3,9492} \left(\frac{1}{E}\right)^{1,281} \quad (1)$$

gdzie:

- N_f – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych, uznanych za graniczne,
- k'_1 – parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstwy asfaltowej (patrz wzór 7.3),
- ε_t – odkształcenie rozciągające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni, liczba bezwymiarowa,
- E – moduł sztywności najniższej warstwy asfaltowej, w MPa,
- C – współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej, określony zależnością $C = 10^M$.

$$M = 4,84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0,69 \right) \quad (2)$$

gdzie:

- V_b – efektywna zawartość asfaltu, % objętościowo,
- V_a – zawartość wolnych przestrzeni, % objętościowo.

$$k'_1 = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374 \cdot h_{ac})}}} \quad (3)$$

gdzie:

- h_{ac} – grubość pakietu warstw asfaltowych podana w calach.

Obliczenie ilości obciążeń do wystąpienia 10% siatkowych spękań zmęczeniowych wykonano według wzoru (7.4).

$$FC_{bottom} = \left(\frac{100}{1 + e^{(-2 \cdot C'_{f2} + C'_{f2} \cdot \log_{10}(D \cdot 100))}} \right) \quad (4)$$

gdzie:

- FC_{bottom} – ilość spękań siatkowych (zmęczeniowych) typu „z dołu do góry”, wyrażona w procentach w stosunku do całej powierzchni pasa ruchu,
 D – szkoda zmęczeniowa wywołana na spodzie warstw asfaltowych (wstawiana do wzoru jako ułamek dziesiętny).

$$N_p = \left(\frac{\varepsilon_z}{0,0105} \right)^{\left(-\frac{1}{0,223} \right)} \quad (5)$$

gdzie:

- N_p – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia deformacji strukturalnej o głębokości 12,5 mm,
 ε_z – odkształcenie ściskające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni, liczba bezwymiarowa.

6.2. Określenie parametrów technicznych konstrukcji nawierzchni niezbędnych do obliczenia trwałości zmęczeniowej

6.2.1. Podłoże gruntowe

Do obliczeń przyjęto, zgodnie z katalogiem [2]:

- dla podłoża zaliczanego do grupy nośności G1, $E = 80$ MPa, $\nu = 0,35$.
- dla podłoża zaliczanego do grupy nośności G2, $E = 50$ MPa, $\nu = 0,35$.
- dla podłoża zaliczanego do grupy nośności G4, $E = 25$ MPa, $\nu = 0,35$.
- dla podłoża mineralnego, słabszego od grupy nośności G4, ale $E \geq 10$ MPa przyjęto $E = 10$ MPa, $\nu = 0,35$.

W przypadku gorszych warunków gruntowych należy podłoże ulepszyć w sposób pozwalający na uzyskanie wymaganej nośności.

Dla ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym C0,4/0,5, zgodnie z katalogiem [2] przyjęto:

- moduł sprężystości $E = 150$ MPa,
- współczynnik Poissona podłoża $\nu = 0,3$.

6.2.2. Podbudowy związane

Do obliczeń trwałości projektowanych konstrukcji nawierzchni przyjęto podbudowę z mieszanki związanej. Dla podbudowy z mieszanki związanej o klasie wytrzymałości C3/4, zgodnie z [2], przyjęto:

- moduł sprężystości $E = 400$ MPa,
- współczynnik Poissona podłoża $\nu = 0,3$.

Dla podbudowy z mieszanki związanej spoiwem SiccaBASE® zgodnie z [16], przyjęto:

- moduł sprężystości $E = 1000 \text{ MPa}$,
- współczynnik Poissona podłoża $\nu = 0,3$.

6.2.3. Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej

Do obliczeń trwałości konstrukcji nawierzchni projektowanych konstrukcji nawierzchni przyjęto podbudowę z mieszanki niezwiązanej. Dla podbudowy z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 ($C_{90/3}$, $\text{CBR} > 80 \%$), zgodnie z [2], przyjęto:

- moduł sprężystości $E = 400 \text{ MPa}$,
- współczynnik Poissona podłoża $\nu = 0,3$.

W przypadku podbudowy zasadniczej można zastosować również mieszanki niezwiązane o uziarnieniu 0/45 lub 0/63 o parametrach takich jak mieszanka 0/31,5. Uziarnienie mieszanki niezwiązanej nie będzie miało wpływu na trwałość nawierzchni.

6.2.4. Warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki MCE

Do obliczeń trwałości konstrukcji nawierzchni projektowanych konstrukcji nawierzchni przyjęto podbudowę z mieszanki MCE. Zgodnie z [2], przyjęto:

- moduł sprężystości $E = 1500 \text{ MPa}$,
- współczynnik Poissona podłoża $\nu = 0,3$.

6.2.5. Warstwy asfaltowe

Do obliczeń przyjęto następujące mieszanki mineralno-asfaltowe, zgodnie z [7]:

- warstwę ścieralną dla nawierzchni obciążonych ruchem KR 3 - 4, z mastyksu grysowego SMA 0/11, z zastosowaniem asfaltu modyfikowanego 45/80-55,
- warstwę wiążącą dla nawierzchni obciążonych ruchem KR 3 - 4, z betonu asfaltowego AC 16 W, z zastosowaniem asfaltu 35/50,
- warstwę podbudowy dla nawierzchni obciążonych ruchem KR 3 - 4, z betonu asfaltowego AC 22P, z zastosowaniem asfaltu 35/50,

Tablica 4 zawiera parametry mieszanek mineralno-asfaltowych przyjętych do obliczeń. Moduły sztywności przyjęto według katalogu [2].

Tablica 4. Cechy mieszanek mineralno – asfaltowych przyjętych do obliczeń trwałości, dla nawierzchni obciążonych ruchem KR1 – KR4 wg [2, 7, 9]

L.p.	Cechy	Warstwa ścieralna dla ruchu KR 3 - 4 SMA 11	Warstwa wiążąca dla ruchu KR 3 - 4 AC 16 W	Warstwa podbudowy dla ruchu KR3 - 4 AC 22 P
1.	Zawartość wolnych przestrzeni w nawierzchni	1,5 – 5,0	3,0 – 8,0	3,0 – 8,0
2.	Zawartość wagowa asfaltu w projekcie laboratoryjnym	6,6	4,6	4,0
Cechy przyjęte do obliczeń trwałości konstrukcji nawierzchni				
3.	Zawartość wolnych przestrzeni przyjęta do obliczeń [% v/v]	4,0	7,0	7,0
4.	Zawartość asfaltu przyjęta do obliczeń (2,35 g/cm ³): • wagowa [% m/m] • objętościowa [% v/v]	6,6 15,5	4,6 10,8	4,0 9,4
6.	Moduły mieszanki, dla czasu obciążenia t = 0,02 s, [MPa], T = +13C	7300	10300	9800
7.	Współczynniki Poissona MMA T = +13C	0,3	0,3	0,3

6.2.6. Warstwy istniejące

Dla istniejących warstw nawierzchni, w oparciu o dotychczasowe doświadczenie przyjęto następujące parametry:

- Istniejące warstwy bitumiczne E = 3 000 MPa,
- Podbudowa z kruszywa łamanego i bruku kamiennego E = 600 MPa,
- Tłuczeń i pospółka, grubość 32 cm E = 300 MPa,
- Piasek średni, grubość 5 cm E = 80 MPa.

Współczynnik Poissona dla wszystkich warstw istniejących przyjęto $\nu = 0,3$.

6.3. Projektowana konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 222

6.3.1. Konstrukcja z podbudową SiccaBASE®

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 8,0 cm E = 9 800 MPa
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 35 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe G4 E = 25 MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 222 z podbudową SiccaBASE®

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G4, $E \geq 25$ MPa	74,37	294,3	10,50	9,15	9,15

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie 9,15 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie nieznacznie większe od kategorii KR4 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (3,03 mln osi 100 kN).

6.3.2. Konstrukcja z podbudową niezwiązaną

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm $E = 7\,300$ MPa
 - wiąząca (AC 16 W 35/50), grubość 6,0 cm $E = 10\,300$ MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 8,0 cm $E = 9\,800$ MPa
- Mieszanka niezwiązana 0/31,5 $C_{90/3}$, grubość 22,0 cm $E = 400$ MPa
- Mieszanka związana C3/4, grubość 35 cm $E = 400$ MPa
- Podłoże gruntowe G4 $E = 25$ MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 6.

Tablica 6. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 222 z podbudową niezwiązaną

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G4, $E \geq 25$ MPa	93,09	250,0	4,27	19,01	4,27

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie 4,27 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR4 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (3,03 mln osi 100 kN).

6.4. Projektowana konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 224

6.4.1. Konstrukcja z podbudową SiccaBASE®

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa

Dla podłoża G1 i G2:

- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 25 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe E = 50 MPa

Dla podłoża G4:

- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 30 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe E = 25 MPa

Dla podłoża poniżej G4 ale $E \geq 10$ MPa:

- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 35 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe E = 10 MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 224 z podbudową SiccaBASE®

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G1 i G2, $E \geq 50$ MPa	90,05	371,5	5,09	3,22	3,22
G4, $E \geq 25$ MPa	87,15	387,4	5,80	2,67	2,67
Poniżej G4, ale $E \geq 10$ MPa	84,21	420,8	6,64	1,84	1,84

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 1,84 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

6.4.2. Konstrukcja z podbudową niezwiązaną

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm $E = 7\,300\text{ MPa}$
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm $E = 10\,300\text{ MPa}$
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm $E = 9\,800\text{ MPa}$
 - Mieszanka niezwiązana 0/31,5 C_{90/3}, grubość 22,0 cm $E = 400\text{ MPa}$
- Dla podłoża G1 i G2:
- Mieszanka związana C3/4, grubość 15 cm $E = 400\text{ MPa}$
 - Podłoże gruntowe $E = 50\text{ MPa}$
- Dla podłoża G4:
- Mieszanka związana C3/4, grubość 35 cm $E = 400\text{ MPa}$
 - Podłoże gruntowe $E = 25\text{ MPa}$
- Dla podłoża poniżej G4 ale $E \geq 10\text{ MPa}$:
- Mieszanka związana C3/4, grubość 15 cm $E = 400\text{ MPa}$
 - Warstwa ulepszanego podłoża, grubość 35 cm $E = 150\text{ MPa}$
 - Podłoże gruntowe $E = 10\text{ MPa}$

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 8.

Tablica 8. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 224 z podbudową niezwiązaną

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G1 i G2, $E \geq 50\text{ MPa}$	120,8	358,0	1,60	3,80	1,60
G4, $E \geq 25\text{ MPa}$	114,3	290,8	1,99	9,65	1,99
Poniżej G4, ale $E \geq 10\text{ MPa}$	118,8	378,8	1,71	2,95	1,71

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 1,60 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

6.4.3. Konstrukcja z podbudową z mieszanki MCE i SiccaBASE®.

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
 - Mieszanka MCE, grubość 15,0 cm E = 1500 MPa
- Dla podłoża G1 i G2:
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 25 cm E = 1000 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 50 MPa
- Dla podłoża G4:
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 30 cm E = 1000 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 25 MPa
- Dla podłoża poniżej G4 ale $E \geq 10$ MPa:
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 35 cm E = 1000 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 10 MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 9.

Tablica 9. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 224 z podbudową z mieszanki MCE

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G1 i G2, $E \geq 50$ MPa	80,13	403,1	13,96	2,23	2,23
G4, $E \geq 25$ MPa	76,82	409,6	16,50	2,08	2,08
Poniżej G4, ale $E \geq 10$ MPa	71,95	364,9	21,35	3,49	3,49

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 2,08 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

6.4.4. Konstrukcja z podbudową z mieszanki MCE

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej nowej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw nawierzchni:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
 - Mieszanka MCE, grubość 20,0 cm E = 1500 MPa
- Dla podłoża G1 i G2:
- Mieszanka związana C1,5/2, grubość 20 cm E = 200 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 50 MPa
- Dla podłoża G4:
- Mieszanka związana C1,5/2, grubość 20 cm E = 200 MPa
 - Ulepszone podłoże spoiwem lub wapnem, grubość 20 cm E = 150 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 25 MPa
- Dla podłoża poniżej G4 ale $E \geq 10$ MPa:
- Mieszanka związana C1,5/2, grubość 20 cm E = 200 MPa
 - Ulepszone podłoże spoiwem lub wapnem, grubość 30 cm E = 150 MPa
 - Podłoże gruntowe E = 10 MPa
- Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 10.

Tablica 10. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni DW 224 z podbudową z mieszanki MCE

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
G1 i G2, $E \geq 50$ MPa	84,12	380,0	11,52	2,91	2,91
G4, $E \geq 25$ MPa	82,66	352,0	12,38	4,10	4,10
Poniżej G4, ale $E \geq 10$ MPa	81,62	416,1	12,98	1,94	1,94

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 1,94 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

6.4. Konstrukcja wzmocnienia nawierzchni na odcinku od km 95+500 do km 97+690

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej poszerzenia konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw:

- Warstwy asfaltowe
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55) grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa,
 - wiążąca (AC 16 W 35/50) grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa,
 - wyrównawcza (AC 16 W 35/50) grubość miń. 3,0 cm E = 10 300 MPa,
- Istniejące konstrukcja nawierzchni:
 - Istniejące warstwy bitumiczne, grubość 17 cm E = 3 000 MPa,
 - Kruszywo łamane i bruk kamienny, grubość 17 cm E = 600 MPa,
- Podłoże gruntowe: E = 25 MPa,

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej poszerzenia i odtworzenia wzmacnianej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ:

Wariant z podbudową SiccaBASE®:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 30 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe E = 25 MPa

Wariant z podbudową niezwiązaną:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
- Mieszanka niezwiązana 0/31,5 C_{90/3}, grubość 20,0 cm E = 400 MPa
- Mieszanka związana C3/4, grubość 35 cm E = 400 MPa
- Podłoże gruntowe E = 25 MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 11.

Tablica 11. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni na wzmacnianym odcinku od km 95+500 do km 97+690

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a (x 10 ⁻⁶)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z (x 10 ⁻⁶)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N _{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N _{asf}	Deformacje strukturalne N _{def}	
Wzmocnienie	112,3	385,8	8,74	2,72	2,72
Poszerzenie z podbudową z SiccaBASE®	85,72	386,3	8,45	2,70	2,70
Poszerzenie z podbudową z niezwiązaną	112,5	302,8	2,89	8,05	2,89

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 2,70 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie nieznacznie większe od kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

6.5. Konstrukcja wzmocnienia nawierzchni na odcinku od km 100+830 do km 102+400

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej poszerzenia konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ warstw:

- Warstwy asfaltowe
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55) grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa,
 - wiążąca (AC 16 W 35/50) grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa,
 - wyrównawcza (AC 16 W 35/50) grubość miń. 3,0 cm E = 10 300 MPa,
- Istniejąca konstrukcja nawierzchni:
 - Istniejące warstwy bitumiczne, grubość 11 cm E = 3 000 MPa,
 - Tłuczeń i pospółka, grubość 32 cm E = 300 MPa,
- Podłoże gruntowe: E = 25 MPa,

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej poszerzenia i odtworzenia wzmocnianej konstrukcji nawierzchni przyjęto następujący układ:

Wariant z podbudową SiccaBASE®:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
- Mieszanka związana SiccaBASE®, grubość 30 cm E = 1000 MPa
- Podłoże gruntowe E = 25 MPa

Wariant z podbudową niezwiązaną:

- Warstwy asfaltowe:
 - ścieralna (SMA 11 45/80-55), grubość 4,0 cm E = 7 300 MPa
 - wiążąca (AC 16 W 35/50), grubość 5,0 cm E = 10 300 MPa
 - podbudowa (AC 22P 35/50), grubość 6,0 cm E = 9 800 MPa
- Mieszanka niezwiązana 0/31,5 C_{90/3}, grubość 20,0 cm E = 400 MPa
- Mieszanka związana C3/4, grubość 35 cm E = 400 MPa
- Podłoże gruntowe E = 25 MPa

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 12.

Tablica 12. Wyniki obliczeń odkształceń i trwałości zmęczeniowej konstrukcji nawierzchni na wzmacnianym odcinku od km 100+830 do km 102+400

Podłoże	Odkształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych ϵ_a ($\times 10^{-6}$)	Odkształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego ϵ_z ($\times 10^{-6}$)	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] N_{asf}
			Spękania warstw asfaltowych N_{asf}	Deformacje strukturalne N_{def}	
Wzmocnienie	139,6	408,0	3,78	2,11	2,11
Poszerzenie z podbudową z SiccaBASE®	85,72	386,3	8,45	2,70	2,70
Poszerzenie z podbudową z niezwiązaną	112,5	302,8	2,89	8,05	2,89

Przyjęta konstrukcja nawierzchni przeniesie, w najmniej korzystnym przypadku, 2,11 mln osi 100 kN. Jest to obciążenie kategorii KR3 oraz jest to obciążenie większe od prognozowanego na tym fragmencie DW 224 (1,46 mln osi 100 kN).

7. Wzmocnienie nawierzchni metodą ugięć

W celu weryfikacji obliczeń przeprowadzonych metodą mechanistyczną wyznaczono wymaganą grubość wzmocnienia metodą ugięć według procedury opisanej w katalogu wzmocnień [6].

Do wyznaczenia potrzebnego wzmocnienia przyjęto następujące dane:

- Obciążenie 1,19 mln osi /pas
- Ugięcie obliczeniowe na poszczególnych odcinkach:
 - od km 95+500 do km 97+690 0,85 mm,
 - od km 100+830 do km 102+400 1,48 mm.

W oparciu o nomogram zawarty w katalogu wzmocnień [6] wyznaczono potrzebne grubości zastępcze oraz potrzebne grubości rzeczywiste warstw bitumicznych. Były to odpowiednia na poszczególnych odcinkach:

- od km 95+500 do km 97+690 0,85 mm
 - grubość zastępcza warstw bitumicznych 16 cm,
 - grubość rzeczywista warstw bitumicznych 8 cm,
- od km 100+830 do km 102+400 1,48 mm
 - grubość zastępcza warstw bitumicznych 37 cm,
 - grubość rzeczywista warstw bitumicznych 18,5 cm.

Wzmocnienie na tych odcinkach wyznaczone metodą mechanistyczną zakłada wbudowanie minimum 12 cm nowych warstw bitumicznych. Jest to wartość zbliżona do wzmocnienia wyznaczonego dla odcinka 1, ale wyraźnie mniejsza niż dla odcinka 2. Różnice wynikają najprawdopodobniej z dużej niejednorodności nawierzchni na odcinku 2, co ma duży wpływ na ugięcia obliczeniowe.

8. Mrozoodporność konstrukcji nawierzchni

Dla zaprojektowanych konstrukcji nawierzchni sprawdzono odporność na postawnie wysadzin zaprojektowanych konstrukcji nawierzchni. Przy wyznaczaniu odporności na powstawanie wysadzin przyjęto następujące założenia:

1. Głębokość przemarzania wynosi 1 m.
2. Dla konstrukcji z mieszanką niezwiązaną do wyznaczania minimalnej grubości konstrukcji ze względu na przemarzanie zastosowano procedurę opisaną w Katalogu [2].
3. Dla konstrukcji z podbudową SiccaBASE[®] do wyznaczania minimalnej grubości konstrukcji ze względu na przemarzanie zastosowano procedurę opisaną w aprobacie technicznej [16].
4. Do wyznaczania odporności na wysadziny wzmocnień przyjęto grubości średniej dla danego odcinka. Było to podyktowane rozbiórką najcieńszych fragmentów nawierzchni (poszerzeń), gdzie stwierdzono najcieńszą nawierzchnię.

Wyniki analizy odporności na powstawanie wysadzin dla zaproponowanych konstrukcji przedstawiono w tablicy 13.

Z przedstawionych danych w tablicy 13 wynika, że zaprojektowane konstrukcje są odporne na powstawanie wysadzin.

Tablica 13. Sprawdzenie mrozoodporności konstrukcji nawierzchni ($h_z = 1,0$ m)

Rodzaj konstrukcji nawierzchni:	Minimalna grubość konstrukcji ze względu na przemarzanie:	Zaprojektowana grubość konstrukcji nawierzchni:
Nowa konstrukcja dla DW 222, podbudowa SiccaBASE®, podłoże G4, ruch KR4	50,0 wg [16]	52,0
Nowa konstrukcja dla DW 222, podbudowa z mieszanki niezwiązanej, podłoże G4, ruch KR4	75,0 wg [2]	75,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa SiccaBASE®, podłoże G2, ruch KR3	35,0 wg [16]	40,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa SiccaBASE®, podłoże G4, ruch KR3	45,0 wg [16]	45,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa niezwiązana, podłoże G2, ruch KR3	50,0 wg [2]	52,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa niezwiązana, podłoże G4, ruch KR3	70,0 wg [2]	87,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa z mieszanki MCE i SiccaBASE®, podłoże G2, ruch KR3	35,0 wg [16]	40,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa z mieszanki MCE i SiccaBASE®, podłoże G4, ruch KR3	45,0 wg [16]	45,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa z mieszanki MCE, podłoże G2, ruch KR3	50,0 wg [2]	50,0
Nowa konstrukcja dla DW 224, podbudowa z mieszanki niezwiązanej, podłoże G4, ruch KR3	70,0 wg [2]	70,0
Wzmocnienie nawierzchni DW 224 od km 95+500 do km 97+690, podłoże G4, ruch KR3	70,0 wg [2]	70,0
Wzmocnienie nawierzchni DW 224 od km 100+830 do km 102+400, podłoże G4, ruch KR3	70,0 wg [2]	71,0
Poszerzenie nawierzchni DW 224 podbudowa SiccaBASE®, podłoże G4, ruch KR3	45,0 wg [16]	45,0
Poszerzenie nawierzchni DW 224 podbudowa niezwiązana, podłoże G4, ruch KR3	70,0 wg [2]	70,0

7. Przyjęte konstrukcje nawierzchni

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń przyjęte rozwiązania dla nowych konstrukcji nawierzchni przedstawiono na rysunkach 4, 5, 6, 7, 8 i 9. Zaproponowane konstrukcje dla wzmocnienia i poszerzenia nawierzchni przedstawiono na rysunkach 10 i 11.

Wszystkie konstrukcje są sobie równoważne pod względem trwałości zmęczeniowej. Ostateczny wybór konstrukcji zostanie przeprowadzony po dokonaniu bilansu materiałów rozbiórkowych oraz ustaleniu organizacji robót.

W przedstawionych konstrukcjach z podbudowami MCE oraz SiccaBASE® istnieje minimalne ryzyko pojawienia się spękań poprzecznych. W chwili pojawienia się spękań należy je uszczelnić, aby zahamować degradację

nawierzchni w tym miejscu. Dobrze uszczelnione spękanie nie będzie miało zasadniczo wpływu na trwałość nawierzchni.

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) Grubość 4 cm
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5 cm
Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50 Grubość 8 cm
Warstwa podbudowy z mieszanką związaną spoiwem SiccaBASE® Grubość 35 cm
Podłoże gruntowe G4

Rysunek 4. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 222.
Ruch KR4. Przejście przez Godziszewo. Podbudowa z SiccaBASE®.

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) Grubość 4 cm
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 6 cm
Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50 Grubość 8 cm
Warstwa podbudowy z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 Grubość 22 cm dla C90/3
Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C 3/4 Grubość 35 cm
Podłoże gruntowe G4

Rysunek 5. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 222.
Ruch KR4. Podbudowa z mieszanki niezwiązanej. Przejście przez Godziszewo.

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5 cm		
Podbudowa, beton asfaltowy AC 16P 35/50 Grubość 6 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanka związana spoiwem SiccaBASE® Grubość 25 cm	Warstwa podbudowy z mieszanka związana spoiwem SiccaBASE® Grubość 30 cm	Warstwa podbudowy z mieszanką związaną spoiwem SiccaBASE® Grubość 35 cm
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podłoże gruntowe G3 i G4	Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne (E2> 10 MPa)

Rysunek 6. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 224.
Ruch KR3. Podbudowa z SiccaBASE®.

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5 cm		
Podbudowa, beton asfaltowy AC 22P 35/50 Grubość 6 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 Grubość 22 cm dla C90/3		
Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C3/4 Grubość 15 cm	Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C3/4 Grubość 35 cm	Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C3/4 Grubość 15 cm
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podłoże gruntowe G3 i G4	Warstwa ulepszonego podłoża Grunt związany spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 35 cm
		Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne (E2> 10 MPa)

Rysunek 7. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 224.
Ruch KR3. Podbudowa z mieszanki niezwiązanej

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 6 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanki MCE Grubość 15 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanką związaną spoiwem SiccaBASE® Grubość 15 cm	Warstwa podbudowy z mieszanką związaną spoiwem SiccaBASE® Grubość 20 cm	Warstwa podbudowy z mieszanką związaną spoiwem SiccaBASE® Grubość 30 cm
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podłoże gruntowe G3 i G4	Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne (E2> 10 MPa)

Rysunek 8. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 222.
Ruch KR3. Podbudowa z mieszanki MCE i SiccaBASE®.

Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm		
Podbudowa, beton asfaltowy AC 16P 35/50 Grubość 6 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanki MCE Grubość 20 cm		
Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym C1,5/2 Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Warstwa ulepszonego podłoża Grunt związany spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 20 cm	Warstwa ulepszonego podłoża Grunt związany spoiwem hydraulicznym C 0,4/0,5 Grubość 30 cm
	Podłoże gruntowe G3 i G4	Podłoże gruntowe gorsze od G4 ale mineralne (E2> 10 MPa)

Rysunek 9. Nowa konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 222.
Ruch KR3. Podbudowa z mieszanki MCE i SiccaBASE®.

Przebudowa	Poszerzenie
Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm	
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5cm	
Kompozyt szklany nasączony asfaltem na całej szerokości jezdni	
Warstwa wyrównawcza, beton asfaltowy AC 11W 35/50 Grubość minimum 3 cm	
Istniejąca konstrukcja nawierzchni	Warstwa wyrównawcza , beton asfaltowy AC 11W 35/50 Grubość 3 cm Wcięcie na około 50 cm
	Warstwa podbudowy pomocniczej Mieszanka związana spoiwem + SiccaBASE® Grubość 30 cm
Podłoże gruntowe	
Podłoże gruntowe G3 i G4	

Rysunek 10. Wzmocnienie konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 224.
Ruch KR3. Podłoże gruntowe G3 i G4. Podbudowa z SiccaBASE®.

<i>Przebudowa</i>	<i>Poszerzenie</i>
Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 8 45/80-55 (teren zabudowany) lub SMA 11 45/80-55 (teren niezabudowany) Grubość 4 cm	
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5cm Kompozyt szklany nasączony asfaltem na całej szerokości jezdni	
Warstwa wyrównawcza, , beton asfaltowy AC 11W 35/50 Grubość minimum 3 cm, średnio 5 cm	
<i>Istniejąca konstrukcja nawierzchni</i>	Warstwa wyrównawcza, , beton asfaltowy AC 11W 35/50 Grubość 3 cm <i>Wcięcie na około 50 cm</i>
	Podbudowa zasadnicza, mieszanka niezwiązana 0/31,5 C90/3 Grubość 20 cm
	Warstwa podbudowy pomocniczej, mieszanka związana C3/4 Grubość 30 cm
Podłoże gruntowe Podłoże gruntowe G3 i G4	

Rysunek 11. Wzmocnienie konstrukcja nawierzchni drogi wojewódzkiej nr 224.
Ruch KR3. Podłoże gruntowe G3 i G4.

Dla poszczególnych dróg przewidziano następujące rozwiązania:

Nowa nawierzchnia:

- DW 222, od km 0+000 do km 0+380 (kilometraż lokalny),
- DW 224, od km 94+893 do km 95+500,
- DW 224, od km 97+690 do km 100+830,
- DW 224, od km 102+400 do km 104+033,

Wzmocnienie nawierzchni:

- DW 224, od km 95+500 do km 97+690,
- DW 224, od km 100+830 do km 102+400,

Ostateczny podział na etapie wykonywania projektu wykonawczego, po uwag lenieniu wszystkich uwarunkowań jakie wystąpią podczas projektowania przebudowy DW 222 i DW 224. Na etapie wykonywania projektu wykonawczego powstanie schemat pokazujący na jakich odcinkach zostanie zastosowany poszczególny typ konstrukcji nawierzchni.

8. Pozostałe konstrukcje nawierzchni

W ramach realizacji zadania „Rozbudowa drogi wojewódzkiej nr 224 na odcinku Godziszewo – węzeł Autostrady A-1 „Stanisławie”” oprócz jezdni przewidziano wykonanie następujących elementów:

- zjazdy z kostki betonowej wibroprasowanej,
- zjazdy bitumiczne,
- chodniki,

- ścieżki rowerowe w terenie zabudowanym,
- ścieżki rowerowe poza terenem zabudowanym,
- zatoki autobusowe,
- miejsca postojowe dla pojazdów osobowych.

Wariant I		Wariant II
Kostka betonowa wibroprasowana Grubość 8 cm		
Podsypka cementowo-piaskowa Grubość 3 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G3 i G4

Rysunek 12. Zjazdy z kostki betonowej wibroprasowanej

Wariant I		Wariant II
Warstwa ścieralna, beton asfaltowy AC 8S 50/70 Grubość 4 cm		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 5 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G3 i G4

Rysunek 13. Zjazdy bitumiczne

Wariant I		Wariant II
Płyty chodnikowe 35/35x5 Grubość 5 cm		
Podsypka cementowo-piaskowa Grubość 3 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 15 cm
		Podłoże gruntowe G3 i G4

Rysunek 14. Chodniki

Wariant I		Wariant II
Warstwa ścieralna, beton asfaltowy AC 8S 50/70, kolor czerwony Grubość 3 cm		
Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16W 35/50 Grubość 3 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 15 cm
	Podłoże gruntowe G3 i G4	

Rysunek 15. Ścieżki rowerowe w terenie zabudowanym

Wariant I		Wariant II
Warstwa ścieralna, beton asfaltowy AC 8S 50/70, kolor czarny Grubość 4 cm		
Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm		
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu Grubość 20 cm	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 15 cm
	Podłoże gruntowe G3 i G4	

Rysunek 16. Ścieżki rowerowe poza terenem zabudowanym

Kostka kamienna 18/20 Grubość 20 cm	
Podsypka cementowo-piaskowa Grubość 5 cm	
Beton cementowy C20/25 Grubość 20 cm	
Podbudowa pomocnicza, mieszanka związana cementem C3/4 Grubość 20 cm	
Podłoże gruntowe G1 i G2	Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2 Grubość 20 cm
	Podłoże gruntowe G3 i G4

Rysunek 17. Zatoki autobusowe

Wariant I		Wariant II
<i>Kostka betonowa wibroprasowana</i> <i>Grubość 8 cm</i>		
<i>Podsypka cementowo-piaskowa</i> <i>Grubość 3 cm</i>		
<i>Podbudowa zasadnicza z mieszanki z kruszywa z recyklingu</i> <i>Grubość 20 cm</i>		
<i>Podłoże gruntowe G1 i G2</i>	<i>Podbudowa pomocnicza z kruszywa z recyklingu</i> <i>Grubość 20 cm</i>	<i>Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C1,5/2</i> <i>Grubość 15 cm</i>
		<i>Podłoże gruntowe G3 i G4</i>

Rysunek 18. Miejsca postojowe dla pojazdów osobowych

9. Podsumowanie

1. Przedstawione konstrukcje nawierzchni są typowymi rozwiązaniami proponowanymi do zastosowania. W uzasadnionych przypadkach, ze względu na szczegółowe rozwiązanie sytuacyjne i wysokościowe, konstrukcje w poszczególnych przekrojach mogą się różnić od przedstawionych propozycji.
2. Gdy grubość warstwy wyrównawczej przekracza 8-10 cm to należy ją układać w warstwach o grubościach nie przekraczających 8 – 10 cm.
3. Decydujące znaczenie dla trwałości zaproponowanych rozwiązań ma odpowiednia szczepność w miejscu instalacji kompozytu. Wymaga się, aby była ona nie mniejsza niż 0,7 MPa.
4. Proponowane nowe konstrukcje nawierzchni są mrozoodporne.
5. Proponowane konstrukcje przeniosą zakładane obciążenie pod warunkiem zastosowania odpowiednich materiałów i zapewnienie odpowiednich reżimów technologicznych w czasie realizacji oraz odpowiednich zabiegów utrzymaniowych w trakcie eksploatacji nawierzchni.

Opracował:

Bohdan Dołycki

Dr inż. Bohdan Dołycki