

Zamierzenie budowlane:	ROZBUDOWA DROGI KRAJOWEJ NR 73 NA ODCINKU OD GRANICY MIASTA KIELCE DO WOLI MORAWICKIEJ WRAZ Z BUDOWĄ OBWODNICY MIEJSCOWOŚCI MORAWICA I WOLA MORAWICKA ODCINEK I
Obiekt budowlany:	ROZBUDOWA DROGI KRAJOWEJ NR 73 NA ODCINKU km 0+000.00 - 4+164.00 (18+011.00 - 22+175.00)
Adres obiektu:	Województwo świętokrzyskie, Powiat kielecki, Gmina Kielce i Morawica
Rodzaj projektu:	I. PROJEKT BUDOWLANY
Część projektu:	I.2. PROJEKT ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANY
Branża:	I.2.D.1. Drogi
Przedmiot projektu :	I.2.D.1.2. Ocena stanu technicznego nawierzchni
	TOM 6
Spis zawartości :	Strona 2
Spis pism i uzgodnień:	TOM 2
Spis numerów ewidencyjnych działek :	TOM 3

Inwestor:	Generalny Dyrektor Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Kielcach ul. Paderewskiego 43/45 25-950 Kielce	Umowa nr : 202/DA/76/2009
-----------	---	---

KONSORCJUM :

MGGP S.A. 33-100 Tarnów, ul. Kaczkowskiego 6 <i>tel./fax (+48 14) 626 38 90, 626 45 39</i> <i>www.mggp.com.pl, e-mail: mggp@mggp.com.pl</i>	
MBI – MAŁOPOLSKIE BIURO INWESTYCYJNE Sp. z o.o. 31-543 Kraków, ul. Francesco Nullo 8/5 <i>tel./fax (+48 12) 413 49 78, 413 42 56</i> <i>www.mbi.krakow.pl, e-mail: firma@mbi.krakow.pl</i>	

Funkcja:	Tytuł, Imię i Nazwisko	Specjalność	Nr uprawnień	Data	Podpis
Projektant:	mgr inż. Paweł Chowaniec	drogowa	MAP/0279/POOD/07	10.2010	
Projektant:	mgr inż. Dariusz Lackosz	drogowa	MAP/0110POOD/08	10.2010	
Sprawdził:	mgr inż. Piotr Czermak	drogowa	MAP/0069/POOD/04	10.2010	

Kraków, Październik 2010 r.

SPIS TREŚCI:**I. CZĘŚĆ OPISOWA**

1.	CEL I PODSTAWA OPRACOWANIA	3
2.	PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE PRZEBUDOWYWANEJ DROGI.....	3
3.	WYZNACZENIE KATEGORII RUCHU	4
4.	ISTNIEJĄCA KONSTRUKCJA	5
4.1.	GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA	5
4.2.	BADANIE MODUŁU SZTYWNOŚCI PEŁZANIA POD OBCIĄŻENIEM STATYCZNYM	10
4.3.	UGIĘCIA NAWIERZCHNI	11
5.	OBLICZENIA WZMOCNIENIA	13
6.	WNIOSKI.....	14
7.	ZAPROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI.....	15
7.1.	TECHNOLOGIA WZMOCNIENIA ISTNIEJĄCEJ NAWIERZCHNI.....	15
7.2.	PROJEKT NOWEJ NAWIERZCHNI	15
7.2.1.	Droga krajowa nr 73 (wymiana istniejącej konstrukcji drogi).....	15
7.2.2.	Droga krajowa nr 73 (konstrukcja nowej jezdni).....	16
7.2.3.	Drogi dojazdowe	17
7.2.4.	Nawierzchnia zatok autobusowych.....	17
7.2.5.	Nawierzchnia chodników	17
7.2.6.	Nawierzchnia na zjazdach.....	18
8.	PROJEKTOWANE WZMOCNIENIE PODŁOŻA POD KONSTRUKCJĄ NASYPÓW	18
8.1.	CEL I PODSTAWA OPRACOWANIA.....	18
8.2.	ROZWIĄZANIA TECHNICZNE	19
8.2.1.	Obliczenia stateczności	19
8.2.2.	Schemat obliczeniowy	19
8.2.3.	Technologia wykonania korpusu nasypu.....	20
8.2.3.1	Konstrukcja nr 1 – półmaterac geosyntetyczny - bazowy	21
8.2.3.2	Konstrukcja nr 2 – wkładka geosyntetyczna	22
8.2.3.3	Zbrojenie nawierzchni asfaltowej w miejscu połączenia starej nawierzchni z nową	23
8.3.	WYMIAROWANIE ZBROJENIA GEOSYNTETYCZNEGO.....	25
8.4.	SPECYFIKACJE MATERIAŁÓW GEOSYNTETYCZNYCH	28
8.4.1.	Geosyntetyk zbrojący typu A - geosiatka.....	28
8.4.2.	Geosyntetyk zbrojący typu B - geosiatka.....	31
8.4.3.	Geosyntetyk separacyjny typu C - geowłóknina	34
8.4.4.	Geosyntetyk typu D – geokompozyt do zbrojenia nawierzchni asfaltowych	35

CZĘŚĆ OPISOWA

1. CEL I PODSTAWA OPRACOWANIA

Głównym celem projektu jest podniesienie bezpieczeństwa ruchu oraz poprawa komfortu podróży na drodze krajowej nr 73 Kielce – Tarnów na odcinku od granicy miasta Kielce do miejscowości Morawica w km 0+000,00 – 4+164,00 (18+011,00 – 22+175,00).

Celem niniejszego opracowania jest obliczenie koniecznej grubości wzmocnienia konstrukcji nawierzchni. Obliczenia wykonano metodą ugięć na podstawie „Katalogu wzmocnień i remontów nawierzchni podatnych i półsztywnych” wydanego przez Generalną Dyрекcję Dróg Publicznych (Warszawa 2001). Pomiar ugięć sprężystych zostały wykonane ugięciomierzem dynamicznym FWD we wrześniu 2009 przez firmę Grontmij |Carl Bro z Danii. Pomiary wykonano w punktach co 50 m na prawym i lewym pasie ruchu, na poboczu wykonano pomiary co 25 m, a po jednym punkcie na każdej zatoce autobusowej.

2. PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE PRZEBUDOWYWANEJ DROGI

Parametry techniczne przyjęto zgodnie ze Specyfikacją Istotnych Warunków Zamówienia:

Droga krajowa nr 73:

- klasa techniczna drogi – GP (główna ruchu przyspieszonego)
- kategoria obciążenia ruchem – KR5
- prędkość projektowana $V_p = 80$ km/h poza terenem zabudowanym
- prędkość miarodajna $V_m = 100$ km/h poza terenem zabudowanym
- nośność nawierzchni - 115 kN/oś
- szerokość jezdni 2x7.50m
- szerokość pasa dzielącego 4.00m + 2x0.50m
- szerokości poboczy 1,50m (w miejscach ekranów akustycznych 2,75m)
- szerokość chodnika występującego w rejonie zatok autobusowych i skrzyżowań 1.50 – 5.50m
- przekrój poprzeczny drogowy daszkowy o nachyleniu jezdni 2% - 4% (na łukach poziomych)
- pochylenie poprzeczne chodników 2% w stronę jezdni
- **odsunięcie chodnika od krawędzi jezdni około 3.0m (zieleniec)**
- **skarpy nasypów 1:1,5 – (1:1 ograniczenia terenowe)**

3. WYZNACZENIE KATEGORII RUCHU

Założono, że remont nawierzchni zostanie wykonany w roku 2012, w związku z czym do wyznaczenia kategorii obciążenia ruchem przyjęto wielkości natężeń ruchu dla roku 2022 jako połowy okresu eksploatacji.

Prognozę ruchu wyznaczono w oparciu o pomiar ruchu przeprowadzonych we wrześniu 2009 r.

SDR 2022r:

• Ogółem :	4 208 [poj./dobę]
• Samochody ciężarowe bez przyczep:	917 [poj./dobę]
• Samochody ciężarowe z przyczepami:	3 064 [poj./dobę]
• Autobusy:	223 [poj./dobę]

Liczbę osi obliczeniowych na dobę na pas obliczeniowy w dziesiątym roku po oddaniu drogi do eksploatacji wyznaczono ze wzoru:

$$L = f_1 \cdot (N_1 \cdot r_1 + N_2 \cdot r_2 + N_3 \cdot r_3),$$

gdzie:

- f_1 – współczynnik obliczeniowego pasa ruchu
 $f_1 = 0,50$
- N_1 – średni dobowy ruch samochodów ciężarowych bez przyczep w przekroju drogi w dziesiątym roku po oddaniu drogi do eksploatacji
- r_1 – współczynnik przeliczeniowy samochodów ciężarowych bez przyczep na osie obliczeniowe
- N_2 – średni dobowy ruch samochodów ciężarowych z przyczepami w przekroju drogi w dziesiątym roku po oddaniu drogi do eksploatacji
- r_2 – współczynnik przeliczeniowy samochodów ciężarowych z przyczepami na osie obliczeniowe
- N_3 – średni dobowy ruch autobusów w przekroju drogi w dziesiątym roku po oddaniu drogi do eksploatacji
- r_3 – współczynnik autobusów na osie obliczeniowe

Tab. 1 Współczynniki przeliczeniowe grup pojazdów na osie obliczeniowe 100 kN [1]

Rodzaj pojazdu	Współczynnik przeliczeniowy na osie 100 kN
Samochody ciężarowe bez przyczep	$r_1 = 0,109$
Samochody ciężarowe z przyczepami	$r_2 = 1,245^{1)}$ $r_2 = 1,950^{2)}$
Autobusy	$r_3 = 0,594$

1) gdy udział pojazdów o obciążeniu osi 115 kN w grupie pojazdów ciężkich z przyczepami wynosi do 8%

2) gdy udział pojazdów o obciążeniu osi 115 kN w grupie pojazdów ciężkich z przyczepami wynosi od 8 do 20%

Liczba osi obliczeniowych wynosi:

$$L_{100} = (0,594 \times 223 + 0,109 \times 917 + 1,950 \times 3064) \times 0,5 = 3104 \text{ osi } 100\text{kN/pas/dobę},$$

co odpowiada kategorii ruchu **KR 6**.

Projektowana trwałość zmęczeniowa nawierzchni w okresie eksploatacji 20 lat, wynosi:

$$N_{100} = L_{100} \times 20\text{lat} \times 365\text{dni} = 3104 \times 20 \times 365 = \mathbf{22\ 657\ 528 \text{ osi } 100\text{kN/pas}}$$

4. ISTNIEJĄCA KONSTRUKCJA

Obecna konstrukcja badanego odcinka drogi krajowej nr 73 Kielce – Tarnów na odcinku od granicy miasta Kielce do miejscowości Morawica w km 0+000,00 – 4+164,00 (18+011,00 – 22+175,00) jest w dobrym stanie technicznym. Na powierzchni drogi nie widać spękań (zmęczeniowych, termicznych lub odbitych), deformacji trwałych czy uszkodzeń nawierzchni (ubytków warstwy ścieralnej). Według informacji od Zamawiającego w roku 2002 został przeprowadzony remont nawierzchni. Przedmiotowa droga posiada nawierzchnię asfaltową o grubości warstwy bitumicznej od 18 do 36 centymetrów, położoną na podbudowie z kruszywa naturalnego, lokalnie stabilizowanej spoiwem hydraulicznym.

4.1. Grupa nośności podłoża

Istniejąca konstrukcja nawierzchni określona na podstawie odwiertów składa się następujących warstw:

JEZDNIA:

Otwór nr 1, km 0+004,00 (18+015,00) strona prawa,

- 18 cm – warstwy asfaltowe,
- 62 cm – podbudowa stabilizowana spoiwem,
- Gлина piaszczysta zwięzła w stanie twardoplastycznym,

Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 2, km 0+504,00 (18+515,00) strona lewa,

- 25 cm – warstwy asfaltowe,
- 15 cm – podbudowa z kruszywa wapiennego,
- 60 cm – piasek średni z domieszką okruszków wapienia,

- 30 cm – piasek średni,
 - Głina zwięzła w stanie twardoplastycznym.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 3, km 1+004.00 (19+015,00) strona lewa,

- 28 cm – warstwy asfaltowe,
 - 50 cm – podbudowa z kruszywa łamanego wapiennego,
 - 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego wapiennego zaglinionego,
 - 30 cm – glina piaszczysta w stanie twardoplastycznym,
 - 60 cm – nasyp niekontrolowany (zaglinione kruszywo),
 - 30 cm – glina w stanie twardoplastycznym,
 - 22 cm – piasek drobny,
 - 80 cm – glina zwięzła w stanie twardoplastycznym.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 4, km 1+504.00 (19+515,00) strona lewa,

- 24 cm – warstwy asfaltowe,
 - 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - 146 cm – glina zwięzła w stanie twardoplastycznym,
 - Piasek drobny.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 5, km 2+004.00 (20+015,00) strona prawa,

- 25 cm – warstwy asfaltowe,
 - 40 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - 80 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego, zaglinionego,
 - Wietrzelina kamienista wapieni.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 6, km 2+474.00 (20+485,00) strona lewa,

- 30 cm – warstwy asfaltowe,
 - 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - Głina zwięzła (wietrzelina gliniasta) w stanie twardoplastycznym.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 7, km 2+974.00 (20+985,00) strona prawa,

- 36 cm – warstwy asfaltowe,
 - 10 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - 90 cm – nasyp niekontrolowany piaszczysto-kamienisty),
 - Głina zwięzła (iłowiec) w stanie półzwałym.
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 8, km 3+474.00 (21+485,00) strona lewa,

- 20 cm – warstwy asfaltowe,
 - 25 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - 30 cm – piasek drobny,
 - glina zwięzła (wietrzelina gliniasta) w stanie twardoplastycznym,
- Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 9, km 3+974.00 (21+985,00) strona prawa,

- 19 cm – warstwy asfaltowe,
 - 10 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
 - 71 cm – nasyp niekontrolowany, piaszczysto kamienisty, z domieszką gliny,
 - 20 cm – glina pylasta w stanie twardoplastycznym,
 - Piasek drobny.
- Zwierciadło wody gruntowej na głębokości 2,2m.

PRAWIE POBOCZE:

Otwór nr 2p, km 0+504.00 (18+515,00) strona prawa,

- 19 cm – warstwy asfaltowe,
- 26 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
- 60 cm – piasek średni z domieszką okruchów wapienia,
- 20 cm – piasek średni,
- Gлина zwięzła w stanie twardoplastycznym.

Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 4p, km 1+504.00 (19+515,00) strona prawa,

- 17 cm – warstwy asfaltowe,
- 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
- 155 cm – glina zwięzła w stanie twardoplastycznym,
- 115 cm – piasek drobny z domieszką gliny.

Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 6p, km 2+474.00 (20+485,00) strona prawa,

- 15 cm – warstwy asfaltowe,
- 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
- Gлина zwięzła (wietrzelina gliniasta) w stanie twardoplastycznym.

Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Otwór nr 8p, km 3+474.00 (21+485,00) strona prawa,

- 19 cm – warstwy asfaltowe,
- 30 cm – podbudowa z kruszywa łamanego, wapiennego,
- 32 cm – glina zwięzła (wietrzelina gliniasta) w stanie twardoplastycznym.

Zwierciadła wody gruntowej nie nawiercono.

Warunki wodne przyjęto: **dobre**.

JEZDNIA:

Numer Otworu	Kilometraż otworu	Grubość nawierzchni [cm]		Razem [cm]	Rodzaj podłoża gruntowego	Grupa nośności podłoża	Wymagana grubość [cm]	Brakująca grubość konstrukcji* [cm]
		Warstwy asfaltowe	Warstwa podbudowy					
1	0+004 18+015	18	62	80	Gлина piaszczysta	G3	75	0
2	0+504 18+515	25	15	40	Piasek średni	G1	65	0
3	1+004 19+015	28	50	78	Gлина piaszczysta	G3	75	7
4	1+504 19+515	24	30	54	Gлина zwięzła	G2	65	11
5	2+004 20+015	25	40+80	145	Wietrzelina kamienista	G1	65	0
6	2+474 20+485	30	30	60	Gлина zwięzła (wietrzelina gliniasta)	G2	65	5
7	2+974 20+985	36	10+90	136	Gлина zwięzła (iłowiec)	G2	65	0
8	3+474 21+485	20	25+30	75	Gлина zwięzła (wietrzelina gliniasta)	G2	65	0
9	3+974 21+985	19	10+71	100	Gлина pylasta	G3	75	0

Tabela 2, Zestawienie grubości istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni

* – Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni dla KR 6 oraz:

- G3 oraz głębokości przemarzania 1,0m wynosi $H_{wym} = 0,75m$
- G1, G2 oraz głębokości przemarzania 1,0m wynosi $H_{wym} = 0,65m$

POBOCZE:

Numer Otworu	Kilometr otworu	Grubość nawierzchni [cm]		Razem [cm]	Rodzaj podłoża gruntowego	Grupa nośności podłoża	Wymagana grubość [cm]	Brakująca grubość konstrukcji* [cm]
		Warstwy asfaltowe	Warstwa podbudowy					
2p	0+504 18+515	19	26	45	Piasek średni	G1	65	20
4p	1+504 19+515	17	33	50	Gлина zwięzła	G2	65	15
6p	2+474 20+485	15	30	45	Gлина zwięzła (wietrzelina gliniasta)	G2	65	20
8p	3+474 21+485	19	29+32	80	Gлина zwięzła	G2	65	0

Tabela 3, Zestawienie grubości istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni

* – Wymagana grubość konstrukcji nawierzchni dla KR 6 oraz:

- G3 oraz głębokości przemarzania 1,0m wynosi $H_{wym} = 0,75m$
- G1, G2 oraz głębokości przemarzania 1,0m wynosi $H_{wym} = 0,65m$

Podsumowanie:

Nawierzchnia jezdni w trzech otworach nie jest zabezpieczona przed działaniem mrozu, brakująca grubość wynosi 7, 11 oraz 5 cm. Pakiet warstw asfaltowych jest zbyt mały.

Nawierzchnia poboczy jest mniejszej grubości, przez co brakująca grubość do spełnienia warunku mrozoodporności wynosi 15 i 20 cm, za wyjątkiem otworu 8p.

4.2. Badanie modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym

Zgodnie z Katalogiem Wzmocnień i Remontów przeprowadzono badania mieszanek mineralno – asfaltowych celem sprawdzenia odporności warstw na trwałe deformacje plastyczne.

Wymagana wartość modułu sztywności wynosi:

- dla warstwy ścieralnej: 14 MPa,
- dla warstwy wiążącej i podbudowy: 16 MPa.

Wyniki badań zestawiono w tabeli 4.

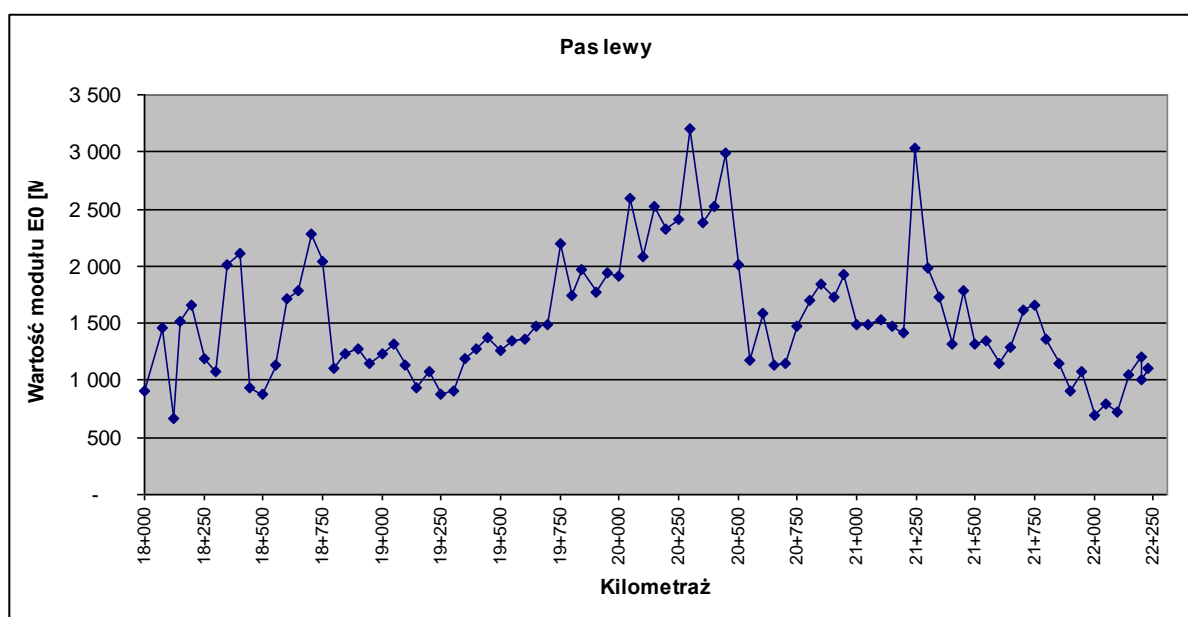
<i>Nr otworu</i>	<i>Lokalizacja</i>	<i>Nr warstwy</i>	<i>Wartość modułu [MPa]</i>
1	18+015	1	33,8
		2	20,0
2	18+515	3+4	13,2
		5	14,3
3	19+015	1	33,6
		2	41,1
4	19+515	3+4	12,5
		5+6	5,7
5	20+015	1	62,0
		3+4	22,7
6	20+485	2	25,4
		3+4	33,9
7	20+985	1	59,3
		3	18,3
8	21+485	2	14,9
		3+4	8,4
9	21+985	1	45,5
		2+3	41,9

Tabela 4. Zestawienie wyników badań modułu sztywności pełzania pod obciążeniem statycznym

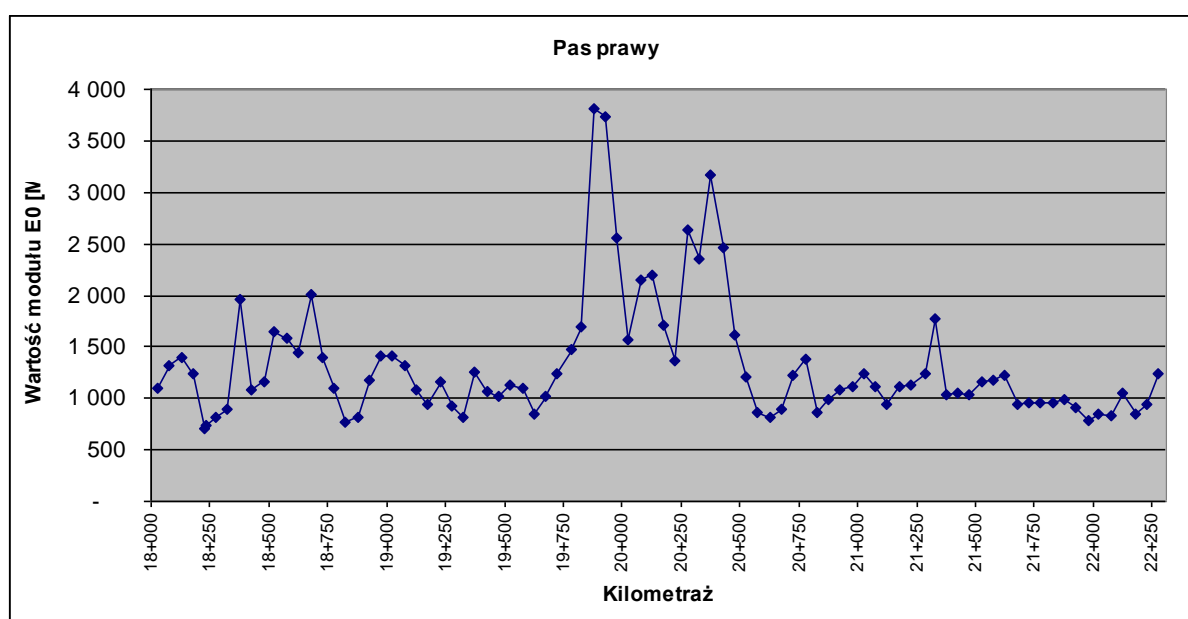
4.3. Ugięcia nawierzchni

Pomiary ugięć nawierzchni zostały wykonane ugięciomierzem dynamicznym FWD we wrześniu 2009 przez firmę Grontmij |Carl Bro z Danii. Pomiary wykonano w punktach co 50 m na prawym i lewym pasie ruchu, na poboczu wykonano pomiary co 25 m, a po jednym punkcie na każdej zatoce autobusowej. Wykonawca badań dostarczył raporty z obliczonymi modułami sztywności warstw konstrukcji nawierzchni wraz z podziałem na odcinki jednorodne. Moduły zostały sprowadzone do temperatury porównawczej +15°C. Badania były wykonane na pasie ruchu prawym, lewym oraz na zatokach autobusowych.

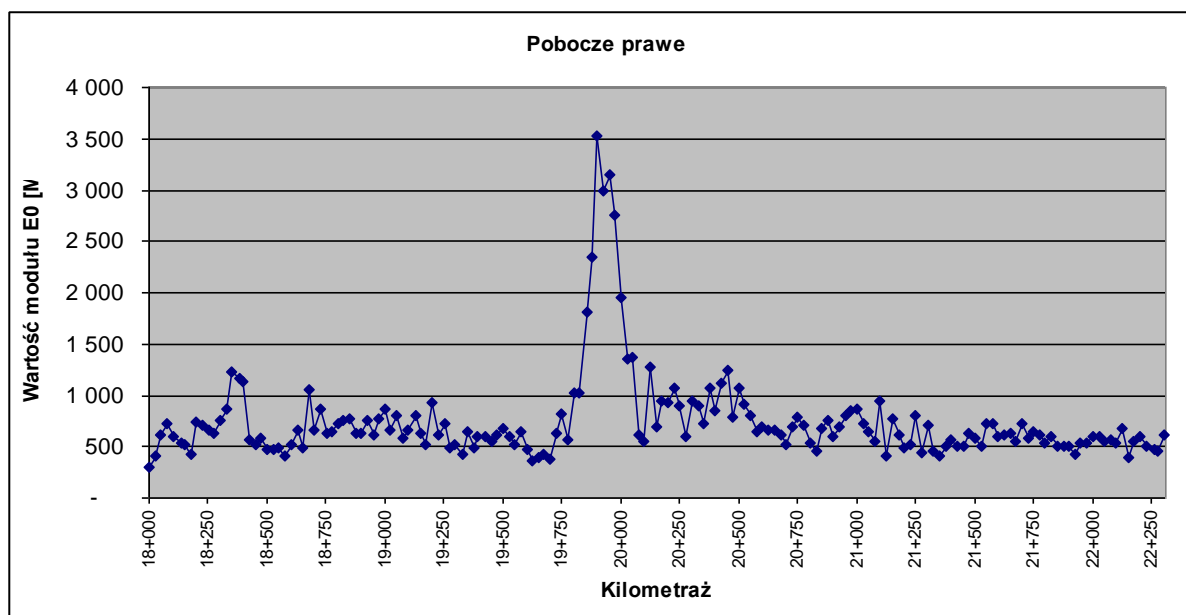
Poniżej, na wykresach, zestawiono wartości modułów powierzchniowych.



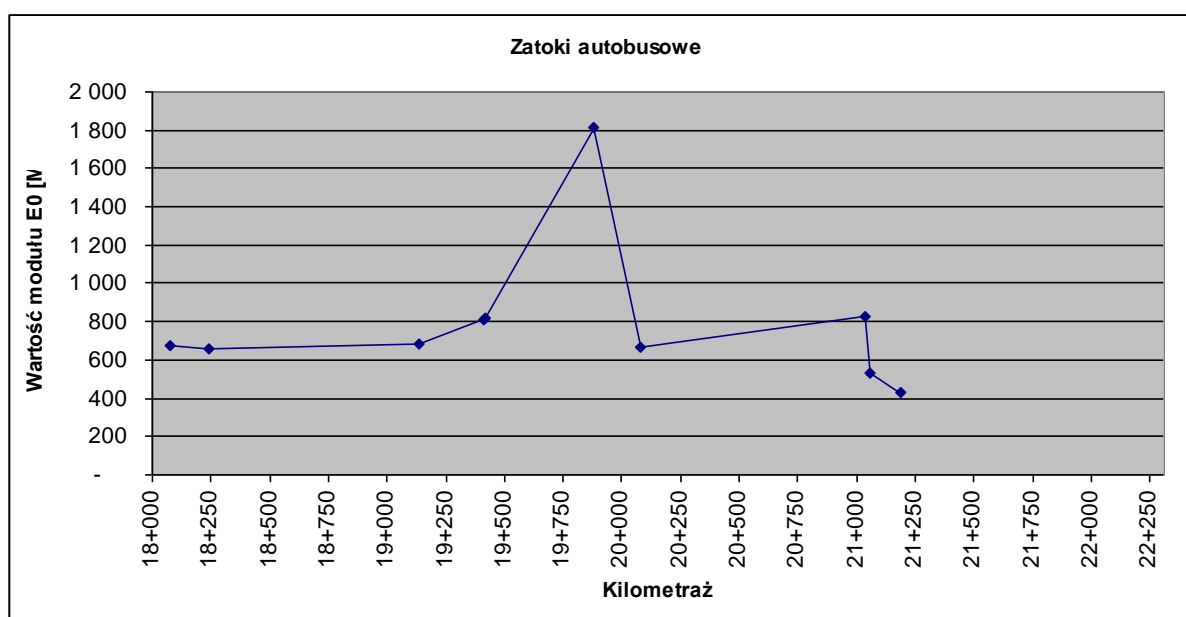
Wykres 1, Wartość modułu powierzchniowego E0 [MPa], pas lewy



Wykres 2, Wartość modułu powierzchniowego E0 [MPa], pas prawy



Wykres 3, Wartość modułu powierzchniowego E_0 [MPa], pobocze prawe



Wykres 4, Wartość modułu powierzchniowego E_0 [MPa], zatoki autobusowe

Wydzielono pięć odcinków jednorodnych na jezdni. Zestawienie modułów warstw zestawiono w tabeli 5. Przyjęto następujące oznaczenia:

- E1 – moduł sprężystości warstw asfaltowych,
- E2 – moduł sprężystości podbudowy,
- E4 – moduł sprężystości podłoża gruntowego.

Przy obliczeniach metodą mechanistyczno – empiryczną przyjęto wartości modułów sprężystości warstw przyjęto jako percentyl rzędu 15%, tj. tylko 15 % wyników może mieć parametry niższe.

	Pas Lewy			Pas prawy		
	E1	E2	E4	E1	E2	E4
18+000- 18+750						
Wartość średnia	5 547	594	223	7 238	1 025	196
Odchylenie standardowe	3 903	347	82	4 001	842	68
Percentyl 15%	1 489	306	144	2 704	476	149
18+750- 19+650						
Wartość średnia	6 380	1 240	186	3 465	437	165
Odchylenie standardowe	2 651	862	25	1 163	139	24
Percentyl 15%	3 386	594	161	2 481	321	140
19+650- 20+500						
Wartość średnia	6 996	3 957	382	4 565	1 007	375
Odchylenie standardowe	4 596	3 284	145	2 975	604	173
Percentyl 15%	2 818	844	244	1 456	512	232
20+500- 21+700						
Wartość średnia	6 497	1 626	213	3 872	440	175
Odchylenie standardowe	4 834	930	67	3 476	106	33
Percentyl 15%	1 929	701	167	1 303	331	146
21+700- 22+250						
Wartość średnia	8 074	732	137	4 653	487	131
Odchylenie standardowe	4 042	620	25	1 695	160	17
Percentyl 15%	3 594	327	126	3 648	387	111

Tabela 6, Zestawienie wartości modułów dla odcinków jednorodnych.

5. OBLICZENIA WZMOCNIENIA

Wzmocnienie istniejącej nawierzchni obliczono metodą mechanistyczno – empiryczną stosując program BISAR oraz wyznaczone w pkt 5.3 moduły poszczególnych warstw nawierzchni.

Wzmocnienie zostało wyznaczone na podstawie metody projektowania opisanej w Katalogu Wzmocnień i Remontów. Obliczono wartości odkształcenia rozciągającego (EYY) na spodzie warstw nowej warstwy ścieralnej o grubości 4 cm (pkt. 1) oraz starych warstw asfaltowych (pkt. 2), a także odkształcenie ściskające na powierzchni podłoża gruntowego (EZZ). Wyniki zestawiono w tabeli 7.

Pas Lewy			Pas Prawy		
18+000- 18+750			18+000- 18+750		
<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ	<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ
1	6,086	podłoża	1	3,926	podłoża
2	9,465	54,04	2	114,2	100,2
18+750- 19+650			18+750- 19+650		
<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ	<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ
1	4,15	podłoża	1	7,452	podłoża
2	72,7	138,9	2	83,73	63,95
19+650- 20+500			19+650- 20+500		
<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ	<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ
1	7,274	podłoża	1	41,5	podłoża
2	49,15	92,19	2	97,4	29,44
20+500- 21+700			20+500- 21+700		
<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ	<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ
1	22,68	podłoża	1	47,21	podłoża
2	94,92	96,3	2	79,99	45,15
21+700- 22+250			21+700- 22+250		
<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ	<i>pkt.:</i>	EYY	EZZ
1	10,19	podłoża	1	8,949	podłoża
2	104,5	119,5	2	101,1	83,58

**Tabela 7, zestawienie obliczonych wartości odkształceń w jednostkach μstrain ,
gdzie $1\mu\text{strain} = 10^{-6}\text{m}$.**

Podsumowanie:

Projektując nową warstwę ścieralną, trwałość nawierzchni będzie wystarczająca do spełnienia założeń projektowych wg kryteriów: zmęczeniowego warstw asfaltowych oraz deformacji podłoża gruntowego opisanych w KWiRN PiP

6. WNIOSKI

Po dokonaniu badań laboratoryjnych i polowych oraz obliczeń stwierdzono że istniejąca nawierzchnia nie posiada wymaganej nośności w związku z tym zaprojektowano wzmocnienie nawierzchni prawej jezdni oraz przyjęto konstrukcję jezdni lewej wg załącznika nr 5 Dz. U. Nr 43 co stanowi zawartość niniejszego tomu.

7. ZAPROJEKTOWANE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI

7.1. Technologia wzmocnienia istniejącej nawierzchni

Według powyższych obliczeń do zapewnienia wymaganej trwałości nawierzchni wystarczające będzie wykonanie nowej ścieralnej warstwy asfaltowej dla pasów prawego i lewego. Dlatego głównym kryterium dla wyboru przyjętych rozwiązań projektowych jest spełnienie warunku mrozoodporności.

Zaprojektowano następujące rozwiązanie (**Konstrukcja 3**) zróżnicowaną grubością warstwy wiążącej:

Odcinek I, od km 0+000.00 do 0+739.00 (18+011.00 - 18+750.00)

Odcinek III, od km 1+639.00 do 2+489.00 (19+650.00 - 20+500.00)

Odcinek IV, od km 2+489.00 do 3+689.00 (20+500.00 - 21+700.00)

Odcinek V, od km 3+689.00 do 4+239.00 (21+700.00 - 22+250.00)

Usunięcie istniejącego oznakowania poziomego i wykonanie:

- 4 cm – warstwy ścieralnej z mieszanki SMA 11.
- 6 cm – warstwy wiążącej z mieszanki AC WMS 16.

Odcinek II, od km 0+739.00 do 1+639.00 (18+750.00 - 19+650.00)

Brakująca grubość ze względu na warunek mrozoodporności wynosi 7 i 11 cm.

Usunięcie istniejącego oznakowania poziomego i wykonanie:

- 4 cm – warstwy ścieralnej z mieszanki SMA 11,
- 7 cm – warstwy wiążącej z mieszanki AC WMS 16.

Równocześnie mając na uwadze projektowane lokalne podniesienia istniejącej niwelety jezdni zaproponowano poniżej rozwiązanie z warstwą wyrównującą:

Konstrukcja 4 (dla jezdni od str. zach., grunt G3) – konstrukcja nr 3 z w-wą wyrównawczą

- warstwa ścieralna: SMA 11 grubości 4 cm
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy ACM 16 WMS z asfaltem modyfikowanym (Orbiton lub asfalty specjalne) grubości 6 (7) cm
- warstwa wyrównawcza: beton asfaltowy AC 16 W grubość zmienna

7.2. Projekt nowej nawierzchni

7.2.1. Droga krajowa nr 73 (wymiana istniejącej konstrukcji drogi)

Ze względu na projektowane obniżenie istniejącej niwelety jezdni, lokalne poszerzenia oraz niskie moduły sztywności przewidziano rozebranie istniejącej nawierzchni i zaprojektowano zgodnie z załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich

usytuowanie, Dz. U. Nr 43, poz. 430 z dnia 2 marca 1999 r. z późniejszymi nową nawierzchnię w przedstawionym poniżej układzie warstw:

Konstrukcja 2 (dla jezdni od str. zach., grunt G3) – poszerzenia i wymiana konstrukcji

- warstwa ścieralna: SMA 11 grubości 4 cm
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy ACM 16 WMS z asfaltem modyfikowanym (Orbiton lub asfalty specjalne) grubości 9 cm
- geosyntetyk na szer. 2.00m
- warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy AC 22 P grubości 18 cm
- podbudowa pomocnicza - kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5mm o $CBR \geq 120\%$ grubości 20 cm
- warstwa mrozoochronna – kruszywo o $CBR \geq 25\%$ i $k \geq 8 \text{ m/dobę}$ – min.15cm
- warstwa z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego cementem o $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ grubości 15cm

razem: 81cm

Sprawdzenie warunku mrozoodporności

Dla rejonu miasta Kielc wymagana grubość konstrukcji nawierzchni dla **KR 6** oraz **G3** wynosi $H_{wym} = 0,75 \text{ m}$ (głębokości przemarzania $1,0 \text{ m} \times 0,75 = 0,75 \text{ m}$). Zgodnie z tym zapisem w/w konstrukcja spełnia przedmiotowy warunek.

7.2.2. Droga krajowa nr 73 (konstrukcja nowej jezdni)

Rozbudowa drogi krajowej będzie polegać między innymi na dobudowaniu dodatkowej jezdni po wschodniej stronie istniejącego ciągu komunikacyjnego. Na podstawie załączonych do projektu badań geologicznych (tom 7, 7.1 oraz 7.2) określono grupę nośności podłoża gruntowego w tym rejonie na **G4**.

Dla kategorii ruchu KR6 i gruntu G4 zaprojektowano zgodnie z załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, Dz. U. Nr 43, poz. 430 z dnia 2 marca 1999 r. z późniejszymi nową nawierzchnię przedstawioną poniżej:

Konstrukcja 1 (dla jezdni od strony wsch., grunt G4)

- warstwa ścieralna: SMA 11 grubości 4 cm
- warstwa wiążąca: beton asfaltowy ACM 16 WMS z asfaltem modyfikowanym (Orbiton lub asfalty specjalne) grubości 9 cm
- warstwa podbudowy zasadniczej: beton asfaltowy AC 22 P grubości 18 cm
- podbudowa pomocnicza - kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5mm o $CBR \geq 120\%$ grubości 20 cm
- warstwa mrozoochronna – kruszywo o $CBR \geq 25\%$ i $k \geq 8 \text{ m/dobę}$ – min.15cm
- warstwa z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego cementem o $R_m = 2,5 \text{ MPa}$ grubości 25cm

razem: 91cm

Sprawdzenie warunku mrozoodporności

Dla rejonu miasta Kielc wymagana grubość konstrukcji nawierzchni dla **KR 6** oraz **G4** wynosi $H_{wym} = 0,85m$ (głębokości przemarzania $1,0m \times 0,85 = 0,85m$). Zgodnie z tym zapisem w/w konstrukcja spełnia przedmiotowy warunek.

7.2.3. Drogi dojazdowe

Modernizacja przedmiotowego odcinka drogi krajowej nr 73 wymusiła budowę wzdłuż rozbudowywanej trasy dróg dojazdowych, które mają na celu komunikację i obsługę przyległego do DK 73 terenu. Na podstawie załączonych do projektu badań geologicznych (tom 7, 7.1 oraz 7.2) określono grupę nośności podłoża gruntowego w rejonie budowanych dróg dojazdowych na **G4**.

Dla kategorii ruchu KR2 (określonej w SIWZ) i gruntu G4 zaprojektowano zgodnie z załącznikiem nr 4 do Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, Dz. U. Nr 43, poz. 430 z dnia 2 marca 1999 r. z późniejszymi nową nawierzchnię przedstawioną poniżej:

- warstwa ścieralna: beton asfaltowy AC 11 S grubości 5 cm
 - warstwa wiążąca: beton asfaltowy AC 16 W grubości 7 cm
 - podbudowa zasadnicza - kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie 0/31,5mm o grubości 20cm
 - warstwa mrozochronna – kruszywo o CBR $\geq 20\%$ i $k \geq 8m/dobę$ – min.15cm
 - warstwa z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego cementem o $R_m = 2,5 MPa$ grubości 25cm
- razem: 72cm**

Sprawdzenie warunku mrozoodporności

Dla rejonu miasta Kielc wymagana grubość konstrukcji nawierzchni dla **KR 2** oraz **G4** wynosi $H_{wym} = 0,65m$ (głębokości przemarzania $1,0m \times 0,65 = 0,65m$). Zgodnie z tym zapisem w/w konstrukcja spełnia przedmiotowy warunek.

7.2.4. Nawierzchnia zatok autobusowych

- warstwa ścieralna z betonu cementowego C35/45 (B40) o grubości 22cm
 - warstwa poślizgowa z emulsji asfaltowej szybkorozpadowej posypanej grysem 2/4mm
 - warstwa podbudowy zasadniczej z betonu cementowego C25/30 (B30) o grubości 15cm
 - warstwa podbudowy pomocniczej z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 0/31,5mm, o grubości 15cm
 - warstwa mrozochronna z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego mechanicznie o CBR $\geq 20\%$ i $k \geq 8m/dobę$ – min.15cm
 - warstwa z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego cementem o $R_m = 2,5 MPa$ grubości 15cm
- razem: 82cm**

7.2.5. Nawierzchnia chodników

- kostka betonowa wibroprasowana o grubości 8cm (kolor szary)
- podsypka cementowo-piaskowa 1:4 o grubości 3cm

- kruszywo łamane 0/31,5 mm stabilizowane mechanicznie o grubości 15cm
 - warstwa z kruszywa łamanego 0/63 stabilizowanego cementem o $R_m = 1,5$ MPa grubości 15cm
- razem: 41cm**

7.2.6. Nawierzchnia na zjazdach

a) konstrukcja dla zjazdów o nawierzchni z kostki betonowej:

- warstwa ścieralna z kostki betonowej o grubości 8cm (kolor czerwony)
 - podsypka cementowo-piaskowa 1:4 o grubości 3cm
 - podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 0/31,5 mm o grubości 15cm
 - podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 0/63 mm o grubości 20 cm
- razem: 46cm**

b) zjazdów o nawierzchni z betonu asfaltowego:

- warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC 11 S o grubości 5 cm
 - podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 0/31,5 mm o grubości 21cm
 - podbudowa z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie 0/63 mm o grubości 20 cm
- razem: 46cm**

8. PROJEKTOWANE WZMOCNIENIE PODŁOŻA POD KONSTRUKCJĄ NASYPÓW

8.1. Cel i podstawa opracowania

Celem opracowania jest analiza stateczności skarp oraz posadowienia nasypów dla zadania „Rozbudowa I etapu drogi krajowej nr 73 na odcinku od Kielc do miejscowości Bieleckie Młyny”, z uwagi na występowanie w podłożu gruntów słabonośnych.

Podczas projektowania korzystano z następujących materiałów pomocniczych:

Normy:

- | | |
|-------------------|--|
| [1] PN-81/B-03020 | Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. |
| [2] PN-S-02205 | Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania. |
| [3] DIN 4084-100 | Baugrund – Geländebruchberechnungen; Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten, Berechnungsbeispiele. |

Wytyczne:

- | | |
|-----|---|
| [4] | Rozporządzenie MTiGM z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. |
| [5] | Rozporządzenie MTiGM z dnia 30 maja 2000r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. |

[6] Rozporządzenie MSWiA z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych.

[7] Instrukcja nr ITB nr 429/2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”.

[8] Zarządzenie nr 8 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych tj. „Wytyczne wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym”.

Inne:

[9] „Dokumentacja geotechniczna warunków gruntowo-wodnych w obrębie terenu I etapu rozbudowy drogi krajowej nr 73 na odcinku od granicy miasta Kielce do miejscowości Bieleckie Młyny tj. od km 18+011 do km 22+713” opracowana przez: Przedsiębiorstwo Robót Geotechnicznych „ROTEK” z Krakowa.

8.2. Rozwiązania techniczne

8.2.1. Obliczenia stateczności

Przedmiotowe obiekty analizowano pod kątem sprawdzenia dwóch stanów granicznych (stanu granicznego nośności i stanu granicznego użyteczności), gdzie sprawdzono w każdym przypadku stateczność zewnętrzną i stateczność wewnętrzną obrazując najbardziej niekorzystny mechanizm zniszczenia po kołowej linii poślizgu.

8.2.2. Schemat obliczeniowy

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce „Wytycznymi wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym” [8] oraz instrukcją ITB nr 429/2007 [7] wartość stopnia wykorzystania wytrzymałości konstrukcji dla projektowanych obiektów musi spełniać warunek:

$$1/\eta < 1,00$$

np. wg DIN 4084-100 [3] dla stanu podstawowego do 120 lat użytkowania obiektu. Obliczenia stateczności nasypów wykonano metodą stanów granicznych wg Bishop'a w oparciu o DIN 4084-100 [3].

Do obliczeń przyjęto parametry geotechniczne gruntów stosowanych do budowy nasypów zgodnie z wymaganiami projektanta tj:

- kąt tarcia wewnętrznego: $\varphi \geq 33^\circ$;
- spójność: $c = 0$ kPa;
- ciężar objętościowy: $= 17,5$ kN/m³.

Przed przystąpieniem do realizacji obiektu potencjalny Wykonawca musi zapewnić, iż zastosowany przez niego materiał nasypowy spełnia w/w wartości parametrów geotechnicznych.

Grunt do budowy nasypów powinien być zgodny z wymaganiami odpowiedniej ST. Obliczenia wykonano dla warunków gruntowo-wodnych zgodnych z występującymi w wybranych przekrojach

poprzecznych odwiertami geologicznymi bazując na dostarczonej przez Zamawiającego dokumentacji geotechnicznej [9].

Na potrzeby wykonania analiz wykorzystano profesjonalne, akredytowane i niezależne programy komputerowe.

8.2.3. Technologia wykonania korpusu nasypu

Po wykonaniu szeregu analiz stateczności nasypów zaprojektowano konstrukcje wzmacniające w technologiach zależnych od lokalizacji. Plan rozmieszczenia w/w technologii przedstawiono na rysunkach typowych przekrojów poprzecznych, a zakresy w tabeli nr 1.

Przyjęto technologię wzmocnień podłoża geosyntetycznym półmateracem bazowym (konstrukcja nr 1) oraz strefy przyskarpowej wkładkami z geosyntetyku.

Tabela nr 1. Zestawienie zakresów do wzmocnienia geosyntetykami

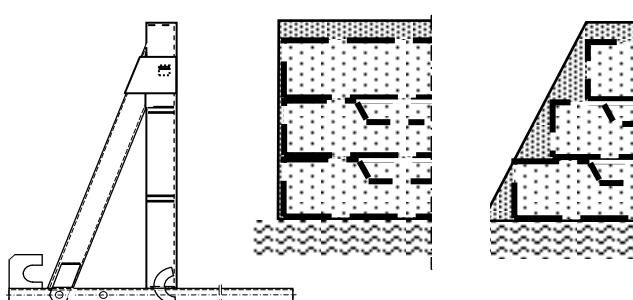
L.p.	Kilometraż	Długość odcinka [mb]	Obliczenia stateczności w km	Rodzaj konstrukcji zbrojącej	Typ geosyntetyku	UWAGI
1.	0+810,00 ÷ 1+000,00	190,0	0+900,00	Nr 1	A + C	
2.	1+425,00 ÷ 1+575,00	150,00	1+475,00	Nr 1	A + C	
3.	1+670,00 ÷ 1+950,00	280,00	1+825,00 1+900,00	Nr 1	A + C	zbrojenie prawej strony w km 1+825,00 do km 1+925,00
4.	2+200,00 ÷ 2+370,00	170,00	2+275,00 2+325,00	Nr 1	A + C	
5.	2+465,00 ÷ 2+700,00	235,00	2+550,00	Nr 1	A + C	
6.	2+885,00 ÷ 3+050,00	165,00	2+950,00 3+000,00	Nr 1	A + C + B	zbrojenie strefy przyskarpowej w km 2+925,00 do km 3+025,00
7.	3+440,00 ÷ 3+670,00	230,00	3+525,00 3+600,00	Nr 1	A + C	
8.	3+950,00 ÷ 4+050,00	100,00	4+000,00	Nr 1	A + C	

8.2.3.1 Konstrukcja nr 1 – półmaterac geosyntetyczny - bazowy

Celem podwyższenia sił utrzymujących stateczność budowanego nasypu należy w strefie posadowienia wykonać półmaterac zbrojący (konstrukcja nr 1) składający się z mechanicznie zagęszczonych warstw kruszywa grubości 40 cm i przekładek geosyntetycznych stanowiących bazę zbrojącą.

Po usunięciu humusu i odpowiednim wyprofilowaniu terenu, można przystąpić do wykonania półmateraca wzmacniającego. Przygotowanie podłoża pod wykładanie go pasami geosyntetyków nie wymaga odmiennych, jak tradycyjnie stosowane, metod i sposobów jego wyrównania i zagęszczenia. Istotnym z punktu widzenia trwałości powierzchni wytworzonych z geosyntetyków jest zapewnienie braku na ich styku z podłożem wtrąceń elementów o własnościach i cechach ostrzy tnących: kawałków tafli szklanych, blach o ostrych krawędziach, końców prętów metalowych, itp. Tego typu wtrącenia mogą powodować przecięcia geosyntetyku i osłabienie jego funkcji zbrojących.

Formowanie półmateraca bazowego wzmacniającego podłoża (konstrukcja nr 1) należy poprzedzić przygotowaniem odpowiedniego szalunku. Szalunek umożliwia uzyskanie wymaganej geometrii konstrukcji półmateraca i umożliwia zagęszczanie sprzętem mechanicznym, aż do krawędzi konstrukcji. Przykłady szalunków przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 1 Przykłady szalunków do konstrukcji z gruntu zbrojonego.

Po ustawieniu szalunków na wyprofilowane podłoża gruntowe należy ułożyć pierwszą warstwę geosyntetyku separacyjnego typu „C”.

Dla zapewnienia niezmienności formy rozłożenia powierzchni z geosyntetyków korzystnym do łączenia przewidzianych materiałów jest zastosowanie szpilek stalowych. Szpilki te mają kształt litery „U”, wykonane z drutu stalowego lub ze stali zbrojeniowej zwykłej jakości. Szpilki należy stosować w miejscach zakładów „pas na pas” brytów geosyntetyków w rozstawie ~1,2 mb.

Geosyntetyk typu „C” należy układać w poprzek lub wzdłuż osi drogi zachowując wymagane zakłady: pas na pas 0,30 m, przedłużenie pasa 0,50 m, oraz pozostawiając na krawędziach naddatek potrzebny do wykonania tzw. „zawinięcia”.

Następnie na geosyntetyk separacyjny typu „C” należy ułożyć warstwę geosyntetyku zbrojącego typu „A”. Geosyntetyk zbrojący należy układać w poprzek osi drogi zachowując wymagane zakłady przy łączeniu poszczególnych pasm geosyntetyku tj. pasa na pas 0,50 m, przedłużenie pasa min. 2,00 m.

Rozkładanie materiału wypełniającego powinno odbywać się w kierunku przeciwnym do kierunku ułożenia pasów geosyntetyku. Należy dobrać sprzęt i technologię zagęszczania tak, aby uzyskać wymagany wskaźnik zagęszczenia. W celu uniknięcia sytuacji odkrycia geosyntetyku, bądź jego miejscowego naciągnięcia przez koła samochodów dowożących kruszywo, należy tak zorganizować prace, aby samochody jeździły po warstwie już ułożonego i zagęszczonego materiału nasypowego.

Geosyntetyk zbrojący typu „A” musi być układany z kontrolowanym, jednorodnym naciągiem wzdłużnym, a następnie zasypywany warstwą materiału nasypowego o grubości 0,20 m. Warstwę kruszywa należy zagęszczać wibracyjnie. Sprzęt mechaniczny i zagęszczający nie może wjeżdżać bezpośrednio na geosyntetyk zbrojący przed rozłożeniem pierwszej warstwy kruszywa. Po zagęszczeniu należy nanieść przy licu warstwy (szalunku) kolejną warstwę materiału nasypowego grubości 0,20 m na długości 0,75 m licząc od krawędzi skarpy i zagęścić. Po zagęszczeniu wykonać zakotwienie poprzez zawinięcie i zaszpilowanie pozostawionych na krawędziach pasm materiału geosyntetycznego na długość min. 1,50 m. Kolejną czynnością będzie ułożenie materiału nasypowego grubości 0,20 m na pozostałym obszarze wykonywanej warstwy i zagęszczenie. Po wykonaniu zagęszczenia można przystąpić do wykonywania kolejnych warstw nasypu.

8.2.3.2 Konstrukcja nr 2 – wkładka geosyntetyczna

Dla zapewnienia stateczności stref przyskarpowych należy w korpusie nasypu zastosować zbrojenie wkładkami geosyntetycznymi.

Przed przystąpieniem do układania geosyntetyków należy sporządzić plan układania i sposobu ich łączenia. Plan powinien być sporządzony przed rozpoczęciem prac. Ma on na celu określenie ułożenia każdej rolki geosyntetyku, umiejscowienia na podłożu i kolejności układania. Powinien podawać sposób zachodzenia na siebie pasów i mocowania geosiatki do podłoża.

Formowanie wkładek (konstrukcja nr 1) należy poprzedzić przygotowaniem odpowiedniego szalunku. Szalunek umożliwia uzyskanie wymaganej geometrii i umożliwia zagęszczanie sprzętem mechanicznym aż do krawędzi konstrukcji. Przykłady szalunków przedstawiono w punkcie 8.2.3.1.

Po ustawieniu i wypozyjonowaniu szalunków można przystąpić do układania zbrojenia. Wkładka zbrojąca z geosyntetyku typu „B” przycięta na odpowiednią długość tj.: zakotwienie min. 1,00 m plus wysokość warstwy 0,50 m plus zbrojenie zasadnicze 3,50 m – powinna być ułożona bezpośrednio na zagęszczonej warstwie z materiału nasypowego w poprzek osi drogi pozostawiając końce geosyntetyku na krawędziach nasypu do wykonania zbrojenia zasadniczego. Geosyntetyk należy układać na zakład pasa na pas 0,50 m. Łączenie poszczególnych pasm geosyntetyków na długości pasa nie jest dopuszczalne. Geosyntetyk musi być zabudowywany z kontrolowanym naciągiem wzdłużnym zgodnie z zaleceniami producenta lub dostawcy. Następnie należy ułożyć na krawędziach nasypu przycięte na odpowiednie długości pasma geosyntetyku typu „C”. Pasma geosyntetyku typu „C” będą tworzyć wypełnienie lica warstwy gruntu zbrojonego. Następnie na geosyntetyk należy nanieść warstwę materiału nasypowego grubości 0,25 m i zagęścić. Po zagęszczeniu należy nanieść przy licu warstwy (szalunku) kolejną warstwę materiału nasypowego

grubości 0,25 m na długości 0,75 m licząc od krawędzi skarpy i zagęścić. Po zagęszczeniu należy wykonać zbrojenie zasadnicze poprzez zawinięcie pozostawionych na krawędziach pasm materiału geosyntetycznego na długość 3,50 m. Kolejną czynnością będzie ułożenie materiału nasypowego grubości 0,25 m na pozostałym obszarze wykonywanej warstwy i zagęszczenie.

8.2.3.3 Zbrojenie nawierzchni asfaltowej w miejscu połączenia starej nawierzchni z nową

W miejscu połączenia dobudowywanej nawierzchni do nawierzchni istniejącej (poszerzenie starej nawierzchni) w celu zmniejszenia propagacji spękań odbitych należy zastosować wzmocnienie w postaci specjalnego geokompozytu do nawierzchni asfaltowych.

Przystępując do procesu układania geosyntetyku typu „D” należy zapewnić: dokładne usunięcie ze starej nawierzchni zanieczyszczeń, nie będących integralną jej częścią (takich jak: luźne kawałki i odpryski asfaltu, betonu; przyłączone do nawierzchni kawałki błota, gliny, itp.) oraz usunięcie istniejącego oznakowania poziomego jak i wszelkich plam po olejach, smarach itp. Powyższe dotyczy sytuacji, w których geosyntetyk typu „D” nakładany ma być bezpośrednio na nienaruszoną mechanicznie powierzchnię starej nawierzchni (tzn. wykonanie nakładki bez usuwania elementów starej nawierzchni).

Podczas układania geosyntetyku typu „D” na frezowanej nawierzchni asfaltowej zaleca się wykonanie warstwy wyrównawczej grubości około 2 cm w przypadku, gdy głębokość rowków po sfrezowaniu przekracza 0,5 cm. Oczyszczenie całej nawierzchni (najkorzystniej: obrotową mechaniczną wirującą drucianą szczotką) do stanu, w którym zapewnione zostanie pozostawienie na podłożu starej nawierzchni jedynie związanych jej elementów. W szczególności istotne jest bardzo dokładne oczyszczenie - tzn. odkurzenie, wydmuchanie drobnych części ze szczelin i spękań, ewentualnie, najkorzystniej zmycie całej renowowanej powierzchni strumieniem wody pod odpowiednim ciśnieniem, odtłuszczenie plam po olejach i tłuszczach. Miejsca pokryte farbami w punktach oznakowania poziomego na jezdni oraz, co istotne, obszary plam – sfrezować na głębokość zapewniającą pełne usunięcie tych niekorzystnych dla przyczepności geosyntetyku typu „D” elementów.

Do skropienia podłoża pod układany geosyntetyk typu „D” należy użyć emulsji asfaltowej kationowej szybkozspadowej o właściwościach zgodnych z: „Warunki Techniczne. Drogowe Kationowe Emulsje Asfaltowe. EmA-99” IBDiM Warszawa 1999; zeszyt nr 60.

Tabela nr 2. Wymagania dla asfaltowej emulsji kationowej szybkozspadowej K1-65:

Lp.	Badane właściwości	Metoda badania	Wymagania
1	Zawartość lepiszcza, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.2.	63-67
2	Lepkość wg Englera, °E	PN-77/C-04014	>6
3	Jednorodność, % ϕ 0,63 mm	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.6.	<0,10

4	Jednorodność, % ϕ 0,16 mm	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.6.	<0,25
5	Trwałość % ϕ 0,63mm po 4 tygodniach	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.7.	<0,4
6	Sedymентация, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.8.	$\leq 5,0$
7	Przyczepność do kruszywa, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.9.	≥ 85
8	Indeks rozpadu	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.10.	<90

Tabela nr 3. Wymagania dla asfaltowej emulsji kationowej szybkoropadowej K1-65MP:

Lp.	Badane właściwości	Metoda badania	Wymagania
1	Zawartość lepiszcza, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.2.	64-66
2	Lepkość wg Englera, °E	PN-77/C-04014	>10
3	Jednorodność, % ϕ 0,63 mm	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.6.	<0,20
4	Sedymентация, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.8.	$\leq 5,0$
5	Przyczepność do kruszywa, %	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.9.	≥ 85
6	Indeks rozpadu	wg WT zeszyt 60 pkt. 5.10.	<90

W przypadku wzmacniania nawierzchni geosyntetykiem typu „D” powierzchnie skrapiamy emulsją w ilości od 0,25 do 0,45 kg/m² z przeliczeniem na 100% asfaltu w zależności od stanu skrapianej nawierzchni (tzn. np. 0,25 kg/m² dla gładkiej nawierzchni na wykonaną wcześniej warstwę podbudowy z betonu asfaltowego i 0,45 kg/m² podczas skrapiania warstw spękanych o znacznym ubytku lepiszcza lub sfrezowanych o głębokości rowków nie przekraczającej 0,5 cm).

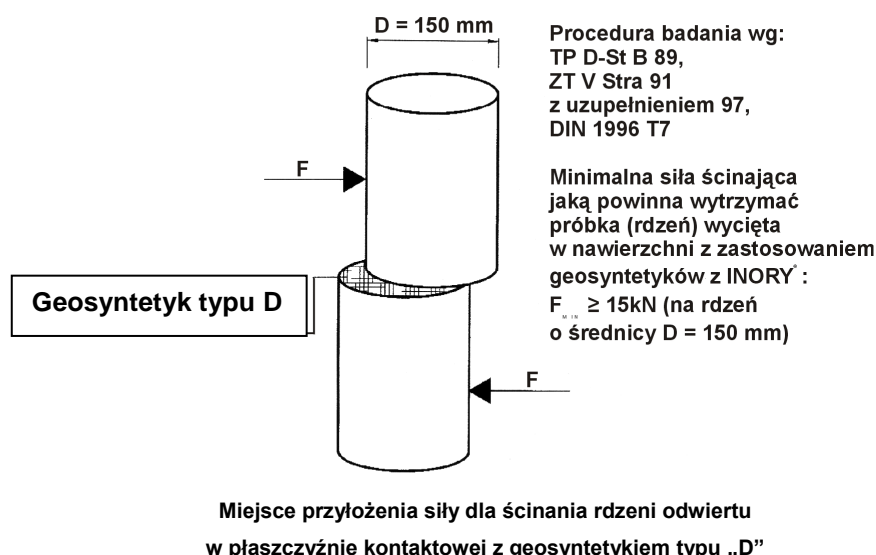
Skropienie można wykonać w zależności od robót ręcznie, dla małych powierzchni, lub mechanicznie, w przypadku wzmacniania większych powierzchni, co gwarantuje równomierne i odpowiednie dozowanie. Nie dopuszcza się pozostawiania suchych, nie skropionych powierzchni (nawet rzędu 5 czy 10 cm²).

Postęp robót należy zorganizować w taki sposób ażeby skropione powierzchnie nie były narażone na przejazd pojazdów, zabrudzenie lub opady atmosferyczne.

Między skropieniem i ułożeniem geosyntetyku typu „D” powinno upłynąć tyle czasu, aby nastąpiło swobodne wytrącenie się emulsji (tj. odparowanie wody z emulsji). W celu sprawdzenia czy czas wytrącenia się emulsji minął można przykleić kawałek układanego później materiału na emulsji, jeżeli oderwanie kawałka materiału jest uciążliwe można uznać, że emulsja już się wytrąciła. Następnie można przystąpić do rozkładania geosyntetyku typu „D”.

Podczas rozkładania geosyntetyku typu „D” należy zapewnić odpowiedni naciąg materiału, tak aby nie powstawały fałdy, zagięcia itp. Geosyntetyk typu „D” należy instalować w taki sposób, aby układanie materiału zakończyć 10 cm od krawędzi w przekroju poprzecznym.

Badana siła szczepności (siła ścinania), wykonana metodą Leutnera, dla pełnych rdzeni (pobranych wraz ze starą nawierzchnią) o średnicach \varnothing 150 mm pobranych z miejsca ułożenia nawierzchni z zastosowaniem geosyntetyku nie może być mniejsza od 15 kN na styku: warstwa asfaltobetonu - geosyntetyk - warstwa asfaltobetonu.



Ścisłe przestrzeganie zaleceń powyższej instrukcji zapewni wykonawcy i inwestorowi uzyskanie zamierzonych efektów tj. wydłużenie żywotności obszaru pokrytego geosyntetykiem typu „D” od 25% do 150% żywotności nawierzchni nie wzmocnionej w zależności od grubości nakładanych warstw i rodzaju mieszanek asfaltowych.

8.3. Wymiarowanie zbrojenia geosyntetycznego

Wymiarowanie zbrojenia przeprowadzono zgodnie z „Wytocznymi wzmacniania podłoża gruntowego w budownictwie drogowym” – Zarządzenie nr 8 [8] oraz instrukcją ITB nr 429/2007 [7]:

Wartość charakterystyczna wytrzymałości geosyntetyku wynosi:

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

gdzie:

F_o – deklarowana przez producenta wytrzymałość na rozciąganie, ustalona w badaniu wg EN ISO PL 10 319 dla poziomu ufności 95%,

$F_{o,k}$ – krótkoterminowa wytrzymałość na rozciąganie,

F_d – długoterminowa, obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny nośności, zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, F_d wynosi:

- geosyntetyk typu „A” → $F_d = 36 \text{ kN/m}$
- geosyntetyk typu „B” → $F_d = 14 \text{ kN/m}$

$F_k(\epsilon)$ – długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny użyteczności, zgodnie z przeprowadzonymi obliczeniami, wynosi

- geosyntetyk typu „A” → $F_k(\epsilon) = 27 \text{ kN/m}$
- geosyntetyk typu „B” → $F_k(\epsilon) = 10 \text{ kN/m}$

ϵ – maksymalna wielkość odkształcenia zbrojenia z uwzględnieniem pełzania w projektowanym okresie użytkowania konstrukcji,

ϵ_{gr} – dopuszczalna wielkość odkształcenia (wg ITB nr 429/2007 [7] → $\epsilon_{gr} \leq 5,0\%$),

A_1 – materiałowy współczynnik pełzania, indywidualnie ustalany dla danego konkretnego produktu, typu i odmiany - ustalany w oparciu o PN-EN ISO 13 431. Badania pozwalające na określenie tego współczynnika dla konkretnego materiału, konkretnego producenta muszą trwać, co najmniej (zgodnie z PN-EN ISO 13 431) 10.000 godzin. Wartość tego współczynnika jest zależna od rodzaju polimeru i procesu produkcji materiału.

A_2 – materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniający uszkodzenia mechaniczne powstałe w trakcie transportu, instalacji i wbudowania materiału zasypowego. Wartość tego współczynnika zależy od indywidualnego charakteru i od typu danego produktu, polimeru, rodzaju kruszywa, materiału podłoża i materiału nasypowego i zastosowanej techniki zagęszczania.

A_3 – współczynnik materiałowy, uwzględniający straty na połączeniach (np. szwy). W projekcie zakłady zostały zwymiarowane w taki sposób, aby siła rozciągająca na zakładce była całkowicie przenoszona przez tarcie, a zatem $A_3 = 1,0$.

A_4 – współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia). W tym przypadku można wyjść z następujących założeń: zakres $4,1 \leq \text{pH} \leq 9,0$, jako polimer do produkcji zbrojenia należy stosować PES.

γ_F – określa tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego i zgodnie z instrukcją ITB nr 429/2007 [7] wymaga się przyjmować go w wysokości 1,30 dla stanu końcowego.

β – współczynnik dopuszczalnego wykorzystania wytrzymałości zbrojenia. Wartość współczynnika dla zakładanego projektowanego okresu użytkowania konstrukcji na podstawie zależności obciążenia – odkształcenie (tzw. izochron), przedłożonych przez producenta wyrobu.

W przypadku zastosowania materiałów o innych parametrach niż ujęte w specyfikacjach materiałowych należy wykonać ponowną analizę stateczności.

W oparciu o powyższe dane wyznaczono wymaganą minimalną wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia ($F_{o,k}$) dla projektowanej konstrukcji i okresu użytkowania $t=120$ lat.

Dla drugiego stanu granicznego wyznaczono dopuszczalne obciążenie zbrojenia dla wartości granicznej wydłużenia równej $\epsilon_{gr} = 5\%$ i czasu działania obciążenia $t=120$ lat wg instrukcji ITB nr 429/2007 stosując wzór:

$$F_{o,k} = (F_k(\epsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

$$\epsilon \leq \epsilon_{gr}$$

Obliczenie wytrzymałości krótkoterminowej dla zaprojektowanego zbrojenia należy przeprowadzić wg poniższego algorytmu:

– geosyntetyk typu A:

$$F_d = 36 \text{ kN/m}$$

A_1, A_2, A_3, A_4 – współczynniki wg producenta danego typu geosyntetyku (w algorytmie określone dla Huesker Synthetic wg EBGeo);

$\gamma_F = 1,30$ – współczynnik bezpieczeństwa materiałowego wg ITB nr 429/2007 [7];

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

$$F_{o,k} = 36 \cdot 1,52 \cdot 1,07 \cdot 1,00 \cdot 1,03 \cdot 1,30 = 78,40 \text{ kN/m}$$

$$F_{o,k} = 78,40 \text{ kN/m}$$

Sprawdzenie warunku maksymalnego odkształcenia się zbrojenia z tytułu dopuszczalnych odkształceń zbrojenia z uwagi na stan graniczny użytkowalności:

$$F_k(\varepsilon) = 27 \text{ kN/m (wg specyfikacji)}$$

$\varepsilon_{gr} = 5,0 \%$ (wg specyfikacji) $\rightarrow \beta = 37,9 \%$ (przyjęte z izochron dla podanego ε_{gr})

$$F_{o,k} = (F_k(\varepsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

$$F_{o,k} = (27 / 0,379) \cdot 1,07 \cdot 1,00 \cdot 1,03 = 78,51 \text{ kN/m}$$

$$F_{o,k} = 78,51 \text{ kN/m}$$

Z powyższego wynika, iż do zbrojenia można zastosować geosyntetyk, dla którego F_o wynosi:

$$F_o = 80 \text{ kN/m}.$$

– geosyntetyk typu B:

$$F_d = 14 \text{ kN/m}$$

A_1, A_2, A_3, A_4 – współczynniki wg producenta danego typu geosyntetyku (w algorytmie określone dla Huesker Synthetic wg EBGeo);

$\gamma_F = 1,30$ – współczynnik bezpieczeństwa materiałowego wg ITB nr 429/2007 [7];

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

$$F_{o,k} = 14 \cdot 1,52 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,03 \cdot 1,30 = 34,19 \text{ kN/m}$$

$$F_{o,k} = 34,19 \text{ kN/m}$$

Sprawdzenie warunku maksymalnego odkształcenia się zbrojenia z tytułu dopuszczalnych odkształceń zbrojenia z uwagi na stan graniczny użytkowalności:

$$F_k(\varepsilon) = 10 \text{ kN/m (wg specyfikacji)}$$

$\varepsilon_{gr} = 5,0 \%$ (wg specyfikacji) $\rightarrow \beta = 37,9 \%$ (przyjęte z izochron dla podanego ε_{gr})

$$F_{o,k} = (F_k(\varepsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

$$F_{o,k} = (10 / 0,379) \cdot 1,07 \cdot 1,00 \cdot 1,03 = 32,61 \text{ kN/m}$$

$$F_{o,k} = 32,61 \text{ kN/m}$$

Z powyższego wynika, iż do zbrojenia można zastosować geosyntetyk, dla którego F_o wynosi:

$$F_o = 35 \text{ kN/m}$$

Uwaga!

Dobór zbrojących materiałów geosyntetycznych musi być zaakceptowany przez autora projektu wzmocnienia. W tym celu wykonawca jest zobowiązany o sporządzenie i dostarczenie, zgodnie z obowiązującą procedurą na kontrakcie odpowiedniego opracowania, zawierającego niezbędne obliczenia, a także materiałów jakimi się posługiwał wykonując niezbędne wyliczenia wg powyższego algorytmu.

8.4. Specyfikacje materiałów geosyntetycznych

8.4.1. Geosyntetyk zbrojący typu A - geosiatka

Geosyntetyk powinien być wykonany z włókien chemicznych zespolonych w płaskie, podłużne sploty, przeplatane w węzłach. Włókna tworzące sploty powinny być pokryte warstwą polimerową, chroniącą geosyntetyk przed uszkodzeniem i działaniem promieni UV na czas zabudowania i wypełniania materiałem mineralnym. Właściwości materiału powinny pozostawać niezmiennymi w stanie suchym jak i wilgotnym oraz zapewniać długowieczność po zabudowaniu.

Charakterystyka Techniczna:

Długoterminowa obliczeniowa wytrzymałość „I” na rozciąganie F_d z uwagi na stan graniczny nośności	\geq	kN/m	36
Długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość „II” na rozciąganie $F_k(\epsilon)$ z uwagi na stan graniczny użyteczności	\geq	kN/m	27
Proponowana charakterystyczna (krótkoterminowa) wytrzymałość na rozciąganie (UTS) z uwzględnieniem współczynników materiałowych A_1, A_2, A_3, A_4 i współczynnika bezpieczeństwa materiałowego γ_F (określonych np. wg ITB 429/2007) dla okresu eksploatacji $t=120$ lat	\geq	kN/m	80/30
Wydłużenie przy zerwaniu (wzdłuż / wszerz):	max	%	10/10
Dopuszczalne maksymalne wydłużenie ϵ dla $t=120$ lat pracy konstrukcji	\leq	%	5,0
W tym wydłużenie z tytułu pełzania $\Delta\epsilon$ (wg II stanu granicznego – różnica wydłużeń wg izochron od momentu oddania obiektu do eksploatacji do końca użytkowania konstrukcji = 120 lat)	\leq	%	1,0
Polimer wzdłuż / wszerz			PES

Z powyższymi geosyntetykami, spełniającymi warunki specyfikacji technicznej, należy zastosować kruszywo o parametrach wg poniższej tabeli, zagęszczone do minimalnego wskaźnika zagęszczenia $I_s \geq 0,97$. W przypadku, gdy kruszywo nie spełnia podanych poniżej parametrów, należy przeprowadzić ponowną analizę stateczności nasypów dla określenia siły dla zbrojenia geosyntetycznego.

Kąt tarcia wewnętrznego φ	°	$\geq 33,0$
Kohezja (spójność) c_u	kPa	0,0
Ciężar objętościowy γ	kN/m ³	17,5÷19,0
Fracja	mm	$\geq 0/63$

Wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia należy wyznaczyć następującym wzorem (wg Instrukcji ITB nr 429/2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”):

I stan graniczny nośności:

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

II stan graniczny użytkowalności:

$$F_{o,k} = (F_k(\epsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

gdzie:

$F_{o,k}$ – krótkoterminowa wytrzymałość na rozciąganie,

F_d – długoterminowa, obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny nośności,

$F_k(\epsilon)$ – długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny użytkowalności,

A_1 – materiałowy współczynnik pełzania,

A_2 – materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniający uszkodzenia mechaniczne powstałe w trakcie transportu, instalacji i wbudowania materiału zasypowego.

A_3 – współczynnik materiałowy, uwzględniający straty na połączeniach (np. szwy).

A_4 – współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia).

γ_F – określa tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego $\gamma_F = 1,30$ dla stanu końcowego (wg ITB nr 429/2007 [7]).

β – współczynnik dopuszczalnego wykorzystania wytrzymałości zbrojenia.

W oparciu o powyższe dane należy obliczyć wymaganą minimalną wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia (F_k) dla projektowanej konstrukcji i okresu użytkowania 120 lat.

Dostawca wyraża zgodę na kontrolne badania wytrzymałości krótkoterminowej i wydłużenia przy zerwaniu zbrojących materiałów geosyntetycznych. Badaniu podlegać będzie próbka losowo wybrana przez nadzór budowy lub projektanta w obecności przedstawiciela producenta z każdej partii 50.000 m² dostarczonego materiału.

Informacje uzupełniające dla Wykonawców:

Przed przystąpieniem do opracowania oferty potencjalny oferent powinien zwrócić się do producenta i/lub dostawcy w celu uzyskania informacji odnośnie:

- współczynników materiałowych;
- kosztów związanych z ewentualnym oprzyrządowaniem koniecznym do zabudowy tego wyrobu, jak również ilości i rodzaju ewentualnie koniecznych pomocniczych materiałów (szpilki, gwoździe itp.).

Wykonawca powinien od swojego dostawcy oprócz źródłowych informacji o współczynnikach materiałowych wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczanych geosyntetyków była umieszczona etykieta zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej.

Producent i/lub dostawca geosyntetyków powinien dostarczyć wykonawcy wypełniony formularz potwierdzający parametry wytrzymałościowe geosyntetyków według załączonego wzoru. Integralną część formularza stanowić ma załącznik, przedstawiający izochrony wydłużenia w czasie.

Formularz potwierdzający parametry wytrzymałościowe geosyntetyków

Obliczenie wytrzymałości krótkoterminowej dla zaprojektowanego zbrojenia

 $F_d = 36 \text{ kN/m}$ ($F_{k(\varepsilon)} = 27 \text{ kN/m}$) według poniższych wzorów:**I stan graniczny nośności**

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

II stan graniczny użytkowności $F_{o,k} = (F_{k(\varepsilon)} / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$

Współczynniki materiałowe dla geosyntetyków wynoszą:

Tabela 1: Współczynnik materiałowy A_1 .

	t=120 lat
A_1 [-]	

W przypadku gdy producent geosyntetyku nie przedstawi udokumentowanych współczynników materiałowych zostaną przyjęte normowe wartości tych współczynników:

A_1 – dla następujących polimerów: polipropylen i polietylen wysokiej gęstości: $A_1 = 5,0$;

poliamid i poliester: $A_1 = 2,5$.

Tabela 2: Współczynnik materiałowy A_2 .

	Grupa gruntu (frakcja):
A_2 [-]	

W przypadku gdy producent geosyntetyku nie przedstawi udokumentowanych współczynników materiałowych zostaną przyjęte normowe wartości tych współczynników:

A_2 - piaski i pospółki: $A_2 = 1,5$;

żwiry i otoczaki: $A_2 = 2,0$.

W przypadku zastosowania kruszywa łamanego zaleca się każdorazowo kontrolę przyjętej w obliczeniach statycznych wartości A_2 (na próbkach pobranych po wbudowaniu).

Tabela 3: Współczynnik materiałowy A_4 .

Wartość pH gruntu	pH = 4,1 ÷ 9,0 neutralny
A_4 [-]	

A_4 - współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia). W tym przypadku można wyjść z następujących założeń:

W środowisku gruntowym o $4,1 < \text{pH} < 9,0$ takie polimery jak: polipropylen, poliester, polietylen, poliamid; poliwinylalkohol, aramid wykazują wystarczającą odporność chemiczną i odporność na mikrobiologiczne oddziaływania i grzyby, tak, że można stosować wielkości $A_4 = 1,0$. W środowiskach silnie alkalicznych i silnie kwaśnych, a więc poza wymienionym zakresem pH, należy stosować PVA.

Globalny współczynnik bezpieczeństwa materiałowego przyjęty wg pozycji: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 429/2007; wydane przez Instytut Techniki Budowlanej – Warszawa 2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”.

$$\gamma_F = 1,30$$

Obliczenie wytrzymałości krótkoterminowej „ $F_{o,k}$ ” geosyntetyku:**I stan graniczny nośności:** $F_{o,k} = 36 \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot 1,30 = \dots \text{ kN/m}$ **II stan graniczny użytkowności:** $F_{o,k} = (27 / \dots) \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots = \dots \text{ kN/m}$
Pieczęć i podpis Dostawcy

Załączniki:

Załącznik nr 1 – Izochrony wydłużeń w czasie dla proponowanego wyrobu geosyntetycznego

8.4.2. Geosyntetyk zbrojący typu B - geosiatka

Geosyntetyk powinien być wykonany z włókien chemicznych zespolonych w płaskie, podłużne sploty, przeplatane w węzłach. Włókna tworzące sploty powinny być pokryte warstwą polimerową, chroniącą geosyntetyk przed uszkodzeniem i działaniem promieni UV na czas zabudowania i wypełniania materiałem mineralnym. Właściwości materiału powinny pozostawać niezmiennymi w stanie suchym jak i wilgotnym oraz zapewniać długowieczność po zabudowaniu.

Charakterystyka Techniczna:

Długoterminowa obliczeniowa wytrzymałość „I” na rozciąganie F_d z uwagi na stan graniczny nośności	\geq	kN/m	14
Długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość „II” na rozciąganie $F_k(\epsilon)$ z uwagi na stan graniczny użyteczności	\geq	kN/m	10
Proponowana charakterystyczna (krótkoterminowa) wytrzymałość na rozciąganie (UTS) z uwzględnieniem współczynników materiałowych A_1, A_2, A_3, A_4 i współczynnika bezpieczeństwa materiałowego γ_F (określonych np. wg ITB 429/2007) dla okresu eksploatacji $t=120$ lat	\geq	kN/m	35/35
Wydłużenie przy zerwaniu (wzdłuż / wszerz):	max	%	10/10
Dopuszczalne maksymalne wydłużenie ϵ dla $t=120$ lat pracy konstrukcji	\leq	%	5,0
W tym wydłużenie z tytułu pełzania $\Delta\epsilon$ (wg II stanu granicznego – różnica wydłużeń wg izochron od momentu oddania obiektu do eksploatacji do końca użytkowania konstrukcji = 120 lat)	\leq	%	1,0
Polimer wzdłuż / wszerz			PES

Z powyższymi geosyntetykami, spełniającymi warunki specyfikacji technicznej, należy zastosować kruszywo o parametrach wg poniższej tabeli, zagęszczone do minimalnego wskaźnika zagęszczenia $I_s \geq 0,97$. W przypadku, gdy kruszywo nie spełnia podanych poniżej parametrów, należy przeprowadzić ponowną analizę stateczności nasypów dla określenia siły dla zbrojenia geosyntetycznego.

Kąt tarcia wewnętrznego ϕ	°	$\geq 33,0$
Kohezja (spójność) c_u	kPa	0,0
Ciężar objętościowy γ	kN/m ³	17,5÷19,0
Frakcja	mm	$\geq 0/63$

Wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia należy wyznaczyć następującym wzorem (wg Instrukcji ITB nr 429/2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”):

I stan graniczny nośności:

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

II stan graniczny użyteczności:

$$F_{o,k} = (F_k(\epsilon) / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$$

gdzie:

$F_{o,k}$ – krótkoterminowa wytrzymałość na rozciąganie,

F_d – długoterminowa, obliczeniowa wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny nośności,

$F_k(\epsilon)$ – długoterminowa, charakterystyczna wytrzymałość na rozciąganie z uwagi na stan graniczny użytkowalności,

A_1 – materiałowy współczynnik pełzania,

A_2 – materiałowy współczynnik bezpieczeństwa, uwzględniający uszkodzenia mechaniczne powstałe w trakcie transportu, instalacji i wbudowania materiału zasypowego.

A_3 – współczynnik materiałowy, uwzględniający straty na połączeniach (np. szwy).

A_4 – współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia).

γ_F – określa tzw. współczynnik bezpieczeństwa materiałowego $\gamma_F = 1,30$ dla stanu końcowego (wg ITB nr 429/2007 [7]).

β – współczynnik dopuszczalnego wykorzystania wytrzymałości zbrojenia.

W oparciu o powyższe dane należy obliczyć wymaganą minimalną wytrzymałość krótkoterminową zbrojenia (F_k) dla projektowanej konstrukcji i okresu użytkowania 120 lat.

Dostawca wyraża zgodę na kontrolne badania wytrzymałości krótkoterminowej i wydłużenia przy zerwaniu zbrojących materiałów geosyntetycznych. Badaniu podlegać będzie próbka losowo wybrana przez nadzór budowy lub projektanta w obecności przedstawiciela producenta z każdej partii 50.000 m² dostarczonego materiału.

Informacje uzupełniające dla Wykonawców:

Przed przystąpieniem do opracowania oferty potencjalny oferent powinien zwrócić się do producenta i/lub dostawcy w celu uzyskania informacji odnośnie:

- współczynników materiałowych;
- kosztów związanych z ewentualnym oprzyrządowaniem koniecznym do zabudowy tego wyrobu, jak również ilości i rodzaju ewentualnie koniecznych pomocniczych materiałów (szpilki, gwoździe itp.).

Wykonawca powinien od swojego dostawcy oprócz źródłowych informacji o współczynnikach materiałowych wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczanych geosyntetyków była umieszczona etykieta zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej.

Producent i/lub dostawca geosyntetyków powinien dostarczyć wykonawcy wypełniony formularz potwierdzający parametry wytrzymałościowe geosyntetyków według załączonego wzoru. Integralną część formularza stanowić ma załącznik, przedstawiający izochrony wydłużenia w czasie.

Formularz potwierdzający parametry wytrzymałościowe geosyntetyków

Obliczenie wytrzymałości krótkoterminowej dla zaprojektowanego zbrojenia

 $F_d = 14 \text{ kN/m}$ ($F_{k(\varepsilon)} = 10 \text{ kN/m}$) według poniższych wzorów:**I stan graniczny nośności**

$$F_{o,k} = F_d \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot \gamma_F$$

II stan graniczny użytkowności $F_{o,k} = (F_{k(\varepsilon)} / \beta) \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$

Współczynniki materiałowe dla geosyntetyków wynoszą:

Tabela 1: Współczynnik materiałowy A_1 .

	t=120 lat
A_1 [-]	

W przypadku gdy producent geosyntetyku nie przedstawi udokumentowanych współczynników materiałowych zostaną przyjęte normowe wartości tych współczynników:

A_1 – dla następujących polimerów: polipropylen i polietylen wysokiej gęstości: $A_1 = 5,0$;

poliamid i poliester: $A_1 = 2,5$.

Tabela 2: Współczynnik materiałowy A_2 .

	Grupa gruntu (frakcja):
A_2 [-]	

W przypadku gdy producent geosyntetyku nie przedstawi udokumentowanych współczynników materiałowych zostaną przyjęte normowe wartości tych współczynników:

A_2 - piaski i pospółki: $A_2 = 1,5$;

żwir i otoczaki: $A_2 = 2,0$.

W przypadku zastosowania kruszywa łamanego zaleca się każdorazowo kontrolę przyjętej w obliczeniach statycznych wartości A_2 (na próbkach pobranych po wbudowaniu).

Tabela 3: Współczynnik materiałowy A_4 .

Wartość pH gruntu	pH = 4,1 ÷ 9,0 neutralny
A_4 [-]	

A_4 - współczynnik materiałowy, uwzględniający wpływ środowiska gruntowego (chemia + biologia). W tym przypadku można wyjść z następujących założeń:

W środowisku gruntowym o $4,1 < \text{pH} < 9,0$ takie polimery jak: polipropylen, poliester, polietylen, poliamid; poliwinylalkohol, aramid wykazują wystarczającą odporność chemiczną i odporność na mikrobiologiczne oddziaływania i grzyby, tak, że można stosować wielkości $A_4 = 1,0$. W środowiskach silnie alkalicznych i silnie kwaśnych, a więc poza wymienionym zakresem pH, należy stosować PVA.

Globalny współczynnik bezpieczeństwa materiałowego przyjęty wg pozycji: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 429/2007; wydane przez Instytut Techniki Budowlanej – Warszawa 2007 „Projektowanie konstrukcji oporowych, stromych skarp i nasypów z gruntu zbrojonego geosyntetykami”.

$$\gamma_F = 1,30$$

Obliczenie wytrzymałości krótkoterminowej „ $F_{o,k}$ ” geosyntetyku:**I stan graniczny nośności:** $F_{o,k} = 14 \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots \cdot 1,30 = \dots \text{ kN/m}$ **II stan graniczny użytkowności:** $F_{o,k} = (10 / \dots) \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots = \dots \text{ kN/m}$
Pieczęć i podpis Dostawcy

Załączniki:

Załącznik nr 1 – Izochrony wydłużeń w czasie dla proponowanego wyrobu geosyntetycznego

8.4.3. Geosyntetyk separacyjny typu C - geowłóknina

Geowłóknina powinna być wykonana z polipropylenu, jako igłowana, nietkana (non wovens), aby materiał posiadał właściwości dyfuzyjne, pozwalające na swobodny przepływ wody. Właściwości materiału powinny pozostawać niezmiennymi w stanie suchym, jak i wilgotnym oraz zapewniać wieloletnią żywotność, w tym odporność na agresywne środowiska chemiczne, gnicie i grzyby.

PARAMETRY TECHNICZNE:

Klasa wg. międzynarodowej klasyfikacji CBR		min.	2
Siła przy przebiciu (metoda CBR)	N		1800
Wytrzymałość na rozciąganie: - wzdłuż pasma wyrobu - wszerz pasma wyrobu	kN/m	12,0 12,0	
Wydłużenie względne: - wzdłuż pasma wyrobu - wszerz pasma wyrobu	%	40 50	
Średnica otworu przy dynamicznym przebiciu (metoda opadającego stożka)	mm	28	

Geosyntetyk powinien charakteryzować się w zakresie transportu wody następującymi parametrami:

Wskaźnik prędkości przepływu wody przy $\Delta H_{\text{wody}}=50$ mm w kierunku prostopadłym do płaszczyzny wyrobu	m/s	0,05
Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie wyrobu przy gradiencie hydraulicznym $i=1,0$ i nacisku 20 kPa	$\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-7}$	7,28
Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie wyrobu przy gradiencie hydraulicznym $i=1,0$ i nacisku 100 kPa	$\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-7}$	3,79
Zdolność przepływu wody w płaszczyźnie wyrobu przy gradiencie hydraulicznym $i=1,0$ i nacisku 200 kPa	$\text{m}^2/\text{s} \cdot 10^{-7}$	3,58
Umowny wymiar porów $O_{90\%}$ (ISO 12956)	μm	85

Pozostałe parametry:

Masa powierzchniowa	g/m^2	ok.	165
Szerokość rulonu	m		5
Długość zwoju w rulonie	m		100

Informacje uzupełniające dla Wykonawców:

Wykonawca powinien od swojego dostawcy wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczonej rolki geosyntetyku była umieszczona etykieta, zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej;

8.4.4. Geosyntetyk typu D – geokompozyt do zbrojenia nawierzchni asfaltowych

Geosyntetyki powinny być wykonane z pęków włókien poliestrowych, zespolonych w płaskie, podłużne sploty, przeplatane w węzłach siatki. Nie dopuszcza się konstrukcji wykonanych z włókien szklanych oraz bazaltowych (ze względu na ich kruchość pod działaniem mrozu oraz brak odporności na działanie sił skierowanych prostopadle do płaszczyzny konstrukcji nawierzchni drogowej). Włókna tworzące sploty powinny być nasączone warstwą bitumu, nadając siatce barwę czarną. Siatka powinien być jednostronnie pokryta i zdwojona z warstwą włókniny. Właściwości materiału powinny pozostawać niezmiennymi w stanie suchym jak i wilgotnym oraz zapewniać odporność na wysoką temperaturę masy (do +250°C), rozpuszczalniki organiczne, środki odladzające, agresywne środowiska chemiczne oraz gnienie i grzyby.

CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA:

Wytrzymałość wyrobu na rozciąganie (wzdłuż / wszerz) pasma:	kN/m	≥	50/50
Wydłużenie przy zerwaniu (wzdłuż / wszerz) pasma wyrobu:	%		10 do 12
Nominalna wielkość oczek:	mm	max	40/40
Temperatura topnienia:	°C	około	+256
Temperatura stosowania:	°C	około	+190
Skurcz w temperaturze +190°C po 15 minutach:	%	max	1
Surowiec: geosiatka:	poliester polipropylen		
włóknina:			
Powłoka:	bitumiczna		

Siatki, dla których nie podano kompletu powyższych danych lub dla których podane dane nie spełniają podanego co najmniej jednego wymagania - nie mogą być zastosowane dla celów niniejszego projektu przez Wykonawców i dopuszczone przez Nadzór Budowy.

Parametry zaopatrzeniowe:

Masa powierzchniowa:	g/m ²	ok.	360
Szerokość rolki:	m		5
Długość rolki:	mb		150

Informacje uzupełniające dla Wykonawców:

Wykonawca powinien od swojego dostawcy wymagać, aby na każdym opakowaniu dostarczonej rolki geosyntetyku była umieszczona etykieta, zawierająca co najmniej następujące dane:

- typ wyrobu oraz nazwę, adres producenta i datę produkcji;
- parametry zaopatrzeniowe;
- informację, iż wyrób posiada certyfikat CE dopuszczający do stosowania na terenie Unii Europejskiej;