

INWESTOR	 <b>Gmina Przeworno</b> <b>ul Kolejowa 4A</b> <b>57-130 Przeworno</b>
JEDNOSTKA PROJEKTOWA	JLT Nadzory i Projekty Drogowe <i>Justyna Grzelczak</i> ul Moniuszki 8/7, 57-100 Strzelin 

STADIUM DOKUMENTACJI	<b>PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI</b>
ZAMIERZENIE BUDOWLANE	<b>Przebudowa drogi gminnej relacji Rożnów-Królewiec</b>
KATEGORIA OBIEKTU	<b>XXV</b>
LOKALIZACJA ZADANIA	działka nr 511/1 AM-2 Obręb Rożnów jednostka ewidencyjna Przeworno
ZAWARTOŚĆ	Projekt dotyczy zaprojektowania układu warstw konstrukcji nawierzchni drogi gminnej KR1 w odniesieniu do: metody AASTHTO 2004 i kryterium deformacji strukturalnych nawierzchni (podłoża gruntowego)

PROJEKTANT	BRANŻA	NR UPRAWNIEŃ/ SPECJALNOŚĆ	DATA	PODPIS
Łukasz Grzelczak	drogowa	LBS/P00D/0058/06 drogowa	grudzień 2018	

**Egzemplarz nr 1**

## **PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI**

---

### **1. CEL OPRACOWANIA**

Celem opracowania jest zaprojektowanie układu warstw konstrukcji nawierzchni dla zadania pn.: „Przebudowa drogi gminnej relacji Rożnów-Królewiec” dotyczącej przebudowy drogi gminnej nr 118161D na odcinku niezabudowanym (etap 1) i zabudowanym (etap 2).

### **2. PODSTAWA OPRACOWANIA**

Podstawą opracowania są:

- Umowa nr RUM-0131/18 z dn.12.09.2018r. zawarta pomiędzy Inwestorem tj. Gminą Przeworno ul. Kolejowa 4a, 57-130 Przeworno a Wykonawcą projektu tj. JLT Nadzory i Projekty Drogowe Justyna Grzelczak, ul. Moniuszki 8/7, 57-100 Strzelin.

### **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 i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 43, poz. 430).
- [2] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych – GDDKiA, czerwiec 2014.
- [3] Katalog Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych – 2013, GDDKiA – IBDiM, sierpień 2013.
- [4] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 - część I: Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania Techniczne – GDDKiA, Warszawa 2014.
- [5] Wyniki badań geotechnicznych opracowane przez GeoSoilTest ul Słoneczna 23, 57-100 Strzelin.

### **4. PROGNOZA RUCHU**

- nie dotyczy

### **5. KATEGORIA RUCHU**

W oparciu o założenia ruchu przyjęto kategorię ruchu dla przedmiotowego odcinka drogi.

Założenia:

- klasa drogi – lokalna (L);
- droga o przekroju 1x1;
- zakładana trwałość konstrukcji nawierzchni (okres projektowy) – 20 lat;
- dopuszczalne obciążenie nawierzchni – 100 kN/oś, zgodnie [1] §151 pkt 2).

Planowany ruch pojazdów kołowych odpowiada kategorii ruchu: KR1.

**6. OKREŚLENIE WARUNKÓW WODNYCH**

Stwierdzono poziom swobodnego zwierciadła wody gruntowej na głębokości 1,8 m poniżej poziomu terenu na podstawie [5].

Według [2] punkty 8.6-8.9 i tablicy 8.1: warunki wodne określono jako **przeciętne (złe)**.

**7. GRUPA NOŚNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO**

Oceny dokonano w oparciu o wyniki badań geotechnicznych otworów, grunty w podłożu zakwalifikowano do grupy nośności G3 i G4. Stwierdzono lokalne przewarstwienia gruntów w podłożu odpowiadające grupie nośności podłoża **G4** do której zalicza się glina pylasta/piaszczysta oraz grunty antropogeniczne -nasypy niekontrolowane zalegające w podłożu, które zakwalifikowano jako grunt nienośny wysadzinowy.

**8. PRZYJĘCIE DOLNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI I WARSTWY ULEPSZONEGO PODŁOŻA**

Dla grupy nośności podłoża G4 przyjęto wzmocnienie podłoża:

- Warstwa mrozoochronna z gruntu stabiliz. spoiwem hydraulicznym C<sub>1,5/2,0</sub> grub. 30 cm

**9. SPRAWDZENIE POTRZEBY STOSOWANIA WARSTWY ODSĄCAJĄCEJ**

Zgodnie z [2] pkt 9.15 nie ma potrzeby stosowania warstwy odsączającej.

**10. SPRAWDZENIE POTRZEBY STOSOWANIA WARSTWY ODCINAJĄCEJ**

Zgodnie z [2] pkt 9.23 wykonanie warstwy odcinającej nie jest wymagane.

**11. PRZYJĘCIE GÓRNYCH WARSTW KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI**

Przebudowa drogi gminnej będzie polegała na wymianie istniejącej konstrukcji nawierzchni jezdni. Na całym odcinku poddanym przebudowie nawierzchnia jezdni jest w złym stanie, stwierdzono liczne łaty, miejscowe zapadnięcia konstrukcji, spękania siatkowe oraz wyboje i koleiny.

W celu dobrania górnego układu warstw konstrukcji nawierzchni wykorzystano układ typowy wg [2] tablica 10.1. Typ A1;

**Droga gminna nr 118161D**

- Warstwa ścieralna z mastyksu grysowego SMA 16 JENA grub. 6 cm

- Warstwa podbudowy z mieszanki kruszywa niezwiązanego 0/31,5 C<sub>90/3</sub> grub. 20 cm

Ponadto przyjętą konstrukcję nawierzchni zweryfikowano:

**a) metodą mechanistyczną wg kryterium spękań zmęczeniowych AASHTO 2004 wg poniższego wzoru.**

$$N_f^{asf} = 7,3557 \cdot 10^{-6} \cdot C \cdot k_1' \cdot \varepsilon_t^{-3,9492} \cdot E^{-1,281}$$

gdzie:

$N_f^{asf}$  – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych,

$\varepsilon_t$  – odkształcenia rozciągające (wartość bezwzględna),

$E$  - moduł sztywności mieszanki mineralno-asfaltowej w MPa,

$k'_1$  – parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstwy asfaltowej, przy grubości warstw bitumicznych > 10cm  $k'_1 = 250$

$C$  – współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej

$$C = 10^M \quad M = 4,84 \cdot \left( \frac{V_b}{V_a + V_b} - 0,69 \right) \quad k'_1 = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374 \cdot h_{ac})}}}$$

w którym:  $V_b$  – zawartość objętościowa asfaltu, % (v/v)  
 $V_a$  – zawartość objętościowa wolnej przestrzeni, % (v/v) wg której trwałość zmęczeniowa

$$N^{asf} = N_f^{asf} \cdot D$$

gdzie:

$N_f^{asf}$  – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych,

$D$  – współczynnik zmniejszający liczbę osi obliczeniowych do ilości odpowiadającej wystąpieniu spękań na 10% (FC=10%) powierzchni pasa ruchu. Szkoła zmęczeniowa wywołana na spodzie warstw bitumicznych.

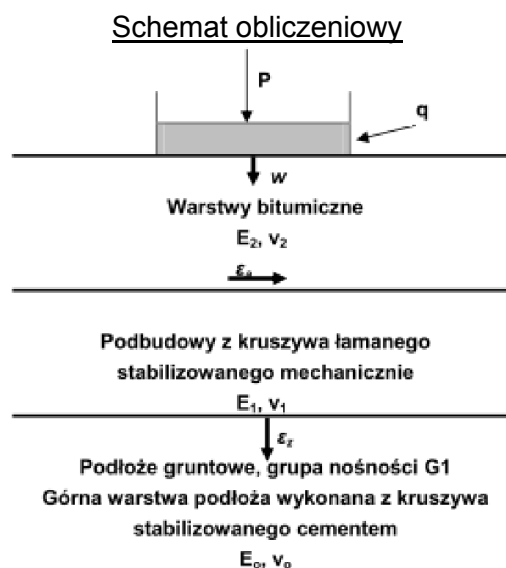
$$FC_{bottom} = \left( \frac{100}{1 + e^{(-2 \cdot C'_2 + C'_2 \cdot \log_{10}(D \cdot 100))}} \right)$$

gdzie:

$C'_2$  – współczynnik kalibracyjny ze wzoru  $C'_2 = -2,40874 - 39,748 \cdot (1 + h_{ac}/2,54)^{-2,856}$

$h_{ac}$  – łączna grubość wszystkich warstw asfaltowych w konstrukcji nawierzchni w cm,

$FC_{bottom}$  – ilość spękań siatkowych (aligatorowych) typu „z dołu do góry” wyrażona w % w stosunku do całej powierzchni pasa ruchu.



Rysunek 1. Schemat konstrukcji nawierzchni przyjęty do obliczeń

Oznaczenia wielkości pokazanych na rysunku 1 są następujące:

- w – ugięcie,  
 $\varepsilon_t$  – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych,  
 $\varepsilon_p$  – odkształcenie ściskające w podłożu,  
 $E_i, \nu_i$  – stałe materiałowe poszczególnych warstw wg tabeli 1,  
P – obciążenie koła, 50,0 kN,  
q – ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią, q = 850 kPa.

Przyjęto następujące obciążenie obliczeniowe:

- pojedyncza oś standardowa: 100 kN
- koło pojedyncze o nacisku: 50,0 kN
- ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią: 850 kPa

*Tabela 1. Stałe materiałowe przyjęte do obliczeń*

Warstwa nawierzchni	Moduł sprężystości E (MPa)	Współczynnik Poissona / Zawartość asfaltu i wolnych przestrzeni
Warstwa ścieralna z SMA 16 JENA grub. 6 cm	6 800	$\nu = 0,30$ $B = 5,2 \% (m/m) (v/v)$ $V_a = 5 \% (v/v) ^*$
Łączna grubość warstw asfaltowych 6 cm		
Warstwa podbudowy z mieszanki kruszywa niezwiązanego 0/31,5 C <sub>90/3</sub> -grub. 20 cm	400	$\nu = 0,30$
Warstwa mrozoochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym C <sub>1,5/2,0</sub> -grub. 30 cm	200	$\nu = 0,30$
Podłoże gruntowe (istniejące G4)	25	$\nu = 0,35$
Łączna grubość 56 cm		

*\* zawartości asfaltu i wolnych przestrzeni przyjęto wg założeń projektowych skrajnych*

Odształcenia rozciągające na spodzie warstw bitumicznych wynoszą  $\varepsilon_t = 0,0002575$

$N_f^{asf} = 0,53362$  mln osi 100kN/pas

**b) kryterium deformacji strukturalnych nawierzchni (podłoża gruntowego)**

$$\varepsilon_p = k(1 / N_f^{gr})^m$$

gdzie:  $N_f^{gr}$  – liczba dopuszczalnych obciążeń do wystąpienia krytycznej deformacji strukturalnej w konstrukcji nawierzchni,

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

$$m = 0,223$$

$\mathcal{E}_p$  – odkształcenie podłoża

Odształcenia pionowe podłoża wynoszą  $\mathcal{E}_p = 0,000738$

$$N_f^{gr} = \mathbf{0,14825} \text{ mln osi } 100\text{kN/pas}$$

$$N_f = \min(N_f^{asf}; N_f^{gr})$$

$$N_f = \min(0,53362 \text{ mln}; 0,14825 \text{ mln}) \text{ osi } 100\text{kN/pas}$$

$$N_f = 0,14825 \text{ mln osi } 100\text{kN/pas}$$

Trwałość zmęczeniowa nawierzchni jest to minimalna wartość uzyskana na podstawie powyższych obliczeń min.(0,53362 mln. ; 0,14825 mln). Najmniejszą wartość dopuszczalnej liczby obciążeń do wystąpienia krytycznej deformacji strukturalnej w konstrukcji nawierzchni (otrzymano wg metody deformacji podłoża gruntowego) tj. 0,14825 mln osi 100kN/pas to jest więcej od wymaganego przedziału dla KR1 ( $0,03 \text{ mln} < N_{100} \leq 0,09 \text{ mln osi } 100\text{kN/pas}$ ).

Otrzymana wartość zmęczeniowa nawierzchni 0,14825 mln osi 100kN/pas zawiera się w przedziale dla KR2 ( $0,09 \text{ mln} < N_{100} \leq 0,50 \text{ mln osi } 100\text{kN/pas}$ ) w dolnym zakresie.

W związku z powyższym przyjęta grubość pakietu warstwy bitumicznej oraz dolnych warstw konstrukcji spełnia wymagania trwałości zmęczeniowej dla prognozowanego ruchu w drodze gminnej nr 118161D – KR1.

## **12. SPRAWDZENIE WARUNKU ODPORNOŚCI NAWIERZCHNI NA WYSADZINY**

Według tablicy 9.5 [2] minimalna wymagana grubość konstrukcji nawierzchni i warstwy ulepszonego podłoża ze względu na wysadzinowość:

- dla kategorii ruchu KR1 i kategorii gruntu G4 wynosi:

$$H_{\min} = 0,6 \cdot h_z = 0,6 \cdot 0,8 = 0,48\text{m}$$

$$h_z = 0,8\text{m} \text{ - głębokość przemarzania gruntu wg PN-81/B-03020}$$

$$\text{Całkowita grubość konstrukcji: } H_{\text{całk}} = 56 \text{ cm} > H_{\min}$$

**Warunek jest spełniony.**

*PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI*  
*„Przebudowa drogi gminnej relacji Rożnów-Królewiec”*

**ZAŁĄCZNIKI**

➤ **OBLICZENIA**



## - Block Report

Roznow KR1 G4 JENA

System 1: (untitled)

### Structure

### Loads

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	0,060	6,800E+03	0,30	1	5,000E+01	8,500E-01	0,000E+00	0,000E+00	1,368E-01	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
2	0,200	4,000E+02	0,30									
3	0,300	2,000E+02	0,30									
4		2,500E+01	0,35									

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX $\mu$ strain	Strains YY $\mu$ strain	ZZ $\mu$ strain	UX ( $\mu$ m)	Displacements UY ( $\mu$ m)	UZ ( $\mu$ m)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	6,000E-02	2,279E+00	2,279E+00	-5,177E-01	2,575E+02	2,575E+02	-2,772E+02	0,000E+00	0,000E+00	1,024E+03
2	4	0,000E+00	0,000E+00	5,600E-01	2,158E-03	2,158E-03	-1,694E-02	2,932E+02	2,932E+02	-7,380E+02	0,000E+00	0,000E+00	7,508E+02



## Przebudowa drogi gminnej relacji Rożnów-Królewiec

kategoria ruchu KR1

### Kryterium spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych wg Instytutu Asfaltowego 2004

$\epsilon_f = 0,0002575$  (xx) odkształcenie na spodzie warstw bitumicznych  
 $V_a = 5$  % zawartość objętościowa wolnych przestrzeni % (v/v)  
 $V_b = 12,7$  % zawartość objętościowa asfaltu % (v/v)

$A_m$  – zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej (%)  
 $\rho_a$  – gęstość asfaltu (g/cm<sup>3</sup>)  
 $\rho_s$  – gęstość strukturalna zagęszczonej próbki mieszanki mineralno-asfaltowej (g/cm<sup>3</sup>)

$A_m = 5,20\%$

$\rho_a = 1,024$  g/cm<sup>3</sup> (15 stopni C)

$\rho_s = 2,5$  g/cm<sup>3</sup>

$V_b = 12,70\%$

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

$M = 0,13317$

$C = 1,35884$   $C = 10^M$

$h_{ac} = 6$  cm

$K_1' = 1641,49$  "z dołu do góry"

$K_1' = 87,30$  "z góry do dołu"

$E = 6800$  MPa

$C_2' = -3,6540$

$D = 0,25043$

$D = 0,25043$

$F_{c \text{ bottom}} = 9,999962$

przy spękaniach typu „z dołu do góry”:

$$k_1' = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374/h_{ac})}}}$$

przy spękaniach typu „z góry na dół”:

$$k_1' = \frac{1}{0,01 + \frac{12,00}{1 + e^{(15,676 - 1,109/h_{ac})}}}$$

$$C_2' = -2,40874 - 39,748 \cdot (1 + h_{ac}/2,54)^{-2,856}$$

$$F_{c \text{ bottom}} = \left( \frac{100}{1 + e^{[-2 \cdot C_2' + C_2' \cdot \log_{10}(D \cdot 100)]}} \right)$$

$$F_{c \text{ top}} = \left( \frac{17,936}{1 + e^{(7,0 - 3,5 \cdot \log_{10}(D \cdot 100))}} \right)$$

$F_{c \text{ bottom}} = 10,0000$  % 10% zniszczeń jednego pasa ruchu w postaci spękań siatkowych

$F_{c \text{ top}} = 1,9488$  m/km ilość spękań podłużnych liniowych w m/km pasa ruchu <1137 m/km

$N_t^{asf} = 30\,209\,594$

$$N_f = 7,3557 \times (10^{-6}) \cdot C \cdot K_1' \left( \frac{1}{\epsilon_t} \right)^{3,9492} \left( \frac{1}{E} \right)^{1,281}$$

$N^{asf} = 7\,565\,389$  osi/100kN/pas

$$N^{asf} = N_f^{asf} \times D$$

$N_f^{asf} = 533\,617$  osi/100kN/pas

$$N_f^{asf} = 18,4 \cdot C \cdot (6,167 \cdot 10^{-5} \cdot \epsilon_t^{-3,291} \cdot |E|^{-0,854})$$

### Kryterium deformacji strukturalnych (podłoża gruntowego)

$\epsilon_p = 0,000738$  (zz)  $\epsilon_p = k(1/N_f^{gr})^m$  odkształcenie podłoża

$k = 0,0105$

$m = 0,223$

$N_f^{gr} = 148\,252$  osi/100kN/pas >0,09 mln osi 100 kN/obliczeniowy pas ruchu






$\min(N_f^{asf}, N_f^{gr}) = \min(0,5336 \text{ mln}; 0,1483 \text{ mln}) = 0,148 \text{ mln} > 0,09 \text{ mln}$  osi 100 kN/pas ruchu

dla KR1 [0,03 < N100 ≤ 0,09]




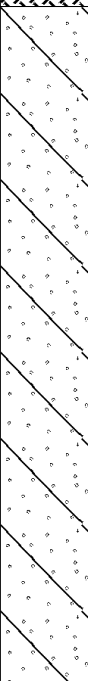


*PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI*  
*„Przebudowa drogi gminnej relacji Rożnów-Królewiec”*

**ZAŁĄCZNIKI**

➤ **BADANIA GEOTECHNICZNE**

GeoSoilTest ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer 1					Zał.Nr: 1 Wiertnica: Wacker			
Miejscowo : Ro nów-Królewiec Gmina: Przeworno Powiat: strzeli ski Województwo: dolno l skie				Obiekt: Droga Ró nów-Królewiec Zleceńodawca: Wiercenie: GeoSoilTest, ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin Dozór geol.: mgr in . Norbert Baran				System wiercenia: mechaniczny-udarowy				
								Rz dna: 181.10 m n.p.m.				
								Skala 1 : 10		Data wiercenia: 2018-10-01		
Wiercenie	Gł boko zwięziadła wody [m p.p.t]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przelot [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Wilgotno	Liczba wałeczków	Stan gruntu	Warstwa geotechniczna	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		Nasypy Nasyp	1.0		0.02	Nawierzchnia asfaltowa	-					
					0.10	Podbudowa z kruszywa łamanego						
		Czwartorz d Czwartorz d			0.50	nasyp budowlany (piasek redni z wkładkami gliny pylastej oraz z domieszk gruzu ceglanego)	nB(Ps//Gπ+gruz)					
					1.60	głina pylasta, szaro-br zowa	Gπ					
					2.00	głina pylasta warstwowana piaskiem rednim, szaro-br zowa	Gπ//Ps					
			2.0									

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z PN-B-04481:1988

GeoSoilTest ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer 2				Zał.Nr: 2 Wiertnica: Wacker			
Miejscowo : Ro nów-Królewiec Gmina: Przeworno Powiat: strzeli ski Województwo: dolno l skie				Obiekt: Droga Ró nów-Królewiec Zleceniodawca: Wiercenie: GeoSoilTest, ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin Dozór geol.: mgr in . Norbert Baran				System wiercenia: mechaniczny-udarowy Rz dna: 180.80 m n.p.m. Skala 1 : 10 Data wiercenia: 2018-10-01			
Wiercenie	Gł boko zwierciadła wody [m p.p.t]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przelot [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Wilgotno	Liczba wałeczków	Stan gruntu	Warstwa geotechniczna
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Nasypy Nasyp	1.0		0.03	Nawierzchnia asfaltowa	-				
					0.08	Podbudowa z kruszywa naturalnego					
						nasyp budowlany (piasek redni zagliniony na pograniczu piasek gliniasty, z gruzem ceglanym) br zowy nB(Ps(g)/Pg(+gruz))					
					0.70	piasek gliniasty, br zowy Pg		w	0/0	tpl	
		Czwartorz d Czwartorz d	2.0		1.60	piasek redni ze wirem zaglinionym, br zowy Ps+ (g)		w/nw		szg	
					2.00						

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z PN-B-04481:1988

GeoSoilTest ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer 3					Zał.Nr: 3 Wiertnica: Wacker		
Miejscowo : Rońów-Królewiec Gmina: Przeworno Powiat: strzeliński Województwo: dolnośląskie				Obiekt: Droga Róńów-Królewiec Zleceniodawca: Wiercenie: GeoSoilTest, ul. Słoneczna 23, 57-100 Strzelin Dozór geol.: mgr inż. Norbert Baran				System wiercenia: mechaniczny-udarowy			
								Rzeczna: 184.10 m n.p.m.			
								Skala 1 : 10		Data wiercenia: 2018-10-01	
Wiercenie	Głębokość z wiercenia wody [m p.p.t]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przelot [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Wilgotność	Liczba wałeczków	Stan gruntu	Warstwa geotechniczna
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Nasyp Nasyp	1.0		0.03	Nawierzchnia asfaltowa	-				
					0.06	Podbudowa z kruszywa naturalnego					
					0.70	nasyp budowlany (Piasek średni z gruzem budowlanym) ciemnobrązowy					
		Czwartorzęd Czwartorzęd	2.0		2.00	głina piaszczysta z przewarstwieniami piasku średniego ze wżem, brązowa	Gp//Ps+	w	1/2	tł	

1.80 m

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z PN-B-04481:1988