

Spis treści

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW	4
1. WSTĘP	5
2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	5
3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ	6
3.1 POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE.....	6
3.2 MORFOLOGIA I HYDROGRAFIA	6
3.3 CHARAKTERYSTYKA UŻYTKOWANIA TERENU BADAŃ.....	7
3.4 OBSZARY CHRONIONEJ PRZYRODY	8
4. CHARAKTERYSTYKA PROJEKTOWANEJ INWESTYCJI	8
4.1 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA	8
4.2 CHARAKTERYSTYKA TECHNICZNA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH	9
4.3 PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE PROJEKTOWANEJ DROGI	12
5. ZAKRES WYKONANYCH PRAC ORAZ OPIS METODYKI POLOWYCH I LABORATORYJNYCH BADAŃ GRUNTÓW	12
5.1 WIERCENIA BADAWCZE	12
5.1.1 ZAKRES WIERCEŃ	13
5.1.2 METODYKA I PRZEBIEG WIERCEŃ	14
5.2 SONDOWANIA	14
5.2.1 ZAKRES SONDOWAŃ	14
5.2.2 METODYKA SONDOWAŃ.....	14
5.3 BADANIA LABORATORYJNE W CELU KLASYFIKACJI, OZNACZENIA I OPISU GRUNTU	15
5.3.1 OZNACZENIE WILGOTNOŚCI NATURALNEJ GRUNTU	15
5.3.2 OZNACZENIE GĘSTOŚCI WŁAŚCIWEJ.....	16
5.3.3 OZNACZENIE SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO ORAZ WSPÓŁCZYNNIKA FILTRACJI	16
5.3.4 BADANIA PRZEPUSZCZALNOŚCI GRUNTU	16
5.3.5 AGRESYWNOŚĆ WODY W STOSUNKU DO BETONU	16
6. BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE.....	17
6.1 BUDOWA GEOLOGICZNA.....	17
6.2 WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE	18
7. MODEL GEOLOGICZNY ORAZ ZESTAWIENIE WYPROWADZONYCH WARTOŚCI PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH DLA KAŻDEJ WYDZIELONEJ WARSTWY	21
8. GEOTECHNICZNA CHARAKTERYSTYKA PODŁOŻA GRUNTOWEGO	27
9. WARUNKI GRUNTOWO-WODNE.....	30
10. ZALECENIA I WNIOSKI	41
11. SPIS WYKORZYSTANYCH MATERIAŁÓW	42

Spis załączników

Załącznik 1	Mapa przeglądowa w skali 1:10 000
Załącznik 2	Mapa dokumentacyjna w skali 1:1 000
Załącznik 3	Profile otworów
Załącznik 4	Wyniki sondowań
Załącznik 5	Przekroje geotechniczne
Załącznik 6	Wyniki badań laboratoryjnych
Załącznik 7	Zestawienie tabelaryczne wykonanych otworów i sondowań

1. Wstęp

Niniejsza Dokumentacja badań podłoża gruntowego powstała w firmie HPC POLGEOL S.A, ul. Berezyńska 39, 03-908 Warszawa na zlecenie TRAKT Sp. z o.o., S. K., ul. Jesionowa 9a, 40-159 Katowice. Inwestorem planowanej inwestycji jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Katowicach, ul. Myśliwska 5, 40-017 Katowice.

Przedmiotem opracowania jest określenie geotechnicznych warunków posadowienia inwestycji liniowej - autostrady A1 Odcinek B –węzeł Bełchatów (bez węzła) –węzeł Kamieńsk (z węzłem) od km 351+800,00 do km 376+000,00.

2. Cel i zakres opracowania

Dla projektowanego odcinka autostrady A1 wykonano następujące opracowania:

1. Wysokiński L. i inni, 2008 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska uszczegóławiająca na potrzeby projektowania autostrady A-1 na odcinku od km 295+850 węzeł „Stryków” do km 399+743 granica województwa śląskiego wraz z istniejącym odcinkiem autostrady A-1 węzeł „Tuszyn” – węzeł „Piotrków” od km 336+000 do km 347+700.”, Instytut Techniki Budowlanej, Państwowy Instytut Geologiczny, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, SEGI-AT Sp. z o.o. Warszawa
2. Żuk J i inni, 2011 - Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb projektowanej autostrady A1 Tuszyn – Pyrzowice ODCINEK B: węzeł Bełchatów (bez węzła) – węzeł Kamieńsk (z węzłem) od km 351+800 do km 376+000”, SEGI-AT Sp. z o.o., Warszawa.
3. P. Pieczonka, K. Woźniak, M. Pietrusiewicz – Woszczak, 2012 – Dokumentacja geotechniczna dla potrzeb projektu posadowienia obiektów inżynierskich w ciągu autostrady A1 na odcinku B od węzła „Bełchatów” z wyłączeniem węzła „Bełchatów” do węzła „Kamieńsk” wraz z węzłem od km 351+800 do km 376+000, PGI Piotr Janiszewski Sp. J., Łódź.

Przekazana przez Zamawiającego dokumentacja jest zgodna z obowiązującymi przepisami prawa i wystarczająca na potrzeby Projektu Budowlanego.

Celem opracowania jest określenie geotechnicznych warunków posadowienia inwestycji liniowej - autostrady A1 Odcinek B –węzeł Bełchatów (bez węzła) –węzeł Kamieńsk (z węzłem) od km 351+800,00 do km 376+000,00 na podstawie wierceń, sondowań i badań laboratoryjnych. Wiercenia zostały wykonane na podstawie Programu badań geotechnicznych.

3. CHARAKTERYSTYKA TERENU BADAŃ

3.1 Położenie administracyjne

Projektowana trasa autostrady położona jest na terenie województwa łódzkiego. Obejmuje ona swoim zasięgiem powiaty m. Piotrków Trybunalski, piotrkowski i radomszczański oraz gminy m. Piotrków, Wola Krzysztoporska, Rozprza i Kamieńsk.

Położenie terenu badań na tle podziału administracyjnego przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 3-1. Podział terytorialny w obrębie terenu badań

województwo	powiat	gmina
łódzkie	Piotrków Trybunalski	Piotrków Trybunalski
	piotrkowski	Wola Krzysztoporska
		Rozprza
	radomszczański	Kamieńsk

3.2 Morfologia i hydrografia

Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym Polski zastosowanym przez Kondrackiego (Kondracki, 2011 – poz. 1 spisu literatury) projektowany odcinek autostrady położony jest na obszarze prowincji Niż Środkowoeuropejski oraz w południowej części Wyżyny Polskie. Jednostkami niższego rzędu są podprowincje zwane odpowiednio Niziny Środkowopolskie i Wyżyna Małopolska. Opisywany teren leży na obszarze 2 makroregionów: Wzniesienia Południowomazowieckie i Wyżyna Przedborska, na obszarze mezoregionów odpowiednio Równina Piotrkowska i Wysoczyzna Bełchatowska oraz Wzgórza Radomszczańskie.

Tabela 3-2. Fizyczno-geograficzna regionalizacja terenu badań.

prowincja	Niż Środkowoeuropejski		Wyżyny Polskie
podprowincja	Niziny Środkowopolskie		Wyżyna Małopolska
makroregion	Wzniesienia Południowomazowieckie		Wyżyna Przedborska
mezoregion	Równina Piotrkowska	Wysoczyzna Bełchatowska	Wzgórza Radomszczańskie

Północny odcinek projektowanej autostrady zlokalizowany jest na obszarze Wysoczyzny Bełchatowskiej, zaznaczonej w morfologii przez ciąg zdenudowanych wzgórz czołowo morenowych, przecinających wysoczyznę bełchatowską z północy na południe, na linii Tuszyn – Kamieńsk. Najwyższe partie

wzgórz(piaszczyste wzgórza o wysokości względnej 10-20 m) występują w rejonie Tuszyna osiągając kulminację w rejonie Szczukawina i Górek Dużych.

W rejonie Kamieńska autostrada wkracza na obszar Równiny Piotrkowskiej a końcowy odcinek autostrady wkracza na teren Wzgórz Radomszczańskich (część Wyżyny Małopolskiej), będących przedłużeniem struktur mezozoicznych obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. Wzgórza te zbudowane są z piaskowców kredowych i wapieni jurajskich i osiągają maksymalnie 316 m n.p.m.

Najwyżej teren wznosi się w rejonie miejscowości: Parzniewice Małe (238,7 m npm), a najniższe miejsce na odcinku B autostrady A1 znajduje się w rejonie doliny rzeki Dąbrówki (196,7 m npm).

W środkowej części odcinka B autostrady A1 na km ok. 368+000 przechodzi wododział I rzędu Wisły i Odry. Odcinek położony w obszarze zlewni Wisły znajduje się w zlewni Pilicy i jednocześnie w dorzeczu Wolbórki i Luciąży dopływów Pilicy. Od początku odcinka B do km 368+000 trasa autostrady biegnie w zlewni rzeki Luciąży i jednocześnie w zlewniach rzek Strawy i Dąbrówki, dopływów Luciąży. Od km 368+000 do końca analizowanego odcinka autostrada biegnie w obrębie zlewni Odry: w zlewni rzeki Jeziorki, prawego dopływu Widawki.

3.3 Charakterystyka użytkowania terenu badań

Obszar badań jest rejonem o rolniczo-leśnym sposobie zagospodarowania, jedynie w rejonie Piotrkowa Trybunalskiego, Kamieńska trasa poprowadzona zostanie przez obrzeżenia wymienionych miast. Tereny, na których zaprojektowano mosty są to głównie nieużytki, tereny porośnięte trawą i krzewami.

Cały dokumentowany odcinek pokrywa się z istniejącą drogą krajową nr 1 Warszawa-Katowice.

Odcinek projektowanej autostrady A1 przebiega w sąsiedztwie dużego ujęcia wód podziemnych w Woli Krzysztoporskiej. Północna część projektowanego odcinka znajduje się w obszarze zasobowym ujęcia wód podziemnych w Piotrkowie Trybunalskim.

Projektowana autostrada przecina istniejącą sieć kolejową również na wschód od Woli Krzysztoporskiej (km 357+000).

Fragment odcinka B projektowanej autostrady, zawierający się od km 371+450 do km 373+120 znajduje się w granicach terenu górniczego „Pole Bełchatów”. Fragment ten znajduje się w strefie brzeżnej leja depresji.

Na podstawie danych prowadzonych w aktualizowanej na bieżąco oraz ogólnodostępnej bazie danych MIDAS (udostępnionych w Systemie Gospodarki i Ochrony Bogactw Naturalnych MIDAS) w pobliżu opisywanego terenu badań znajdują się następujące udokumentowane złoża kopalin:

- Pawłów I, Pawłów II, Pawłów B (złoża kruszyw piaszczysto-żwirowych),
- Parzniewiczki (złoża kruszyw piaszczysto-żwirowych),

- Napoleonów Północ (złoża kruszyw piaszczysto-żwirowych),
- Huta Porajska (torfy),
- Huta Porajska 39 (złoża kruszyw piaszczysto-żwirowych),
- Danielów (złoża kruszyw piaszczysto-żwirowych).

3.4 Obszary chronionej przyrody

Teren badań nie leży i ze względu na oddalenie nie wpływa bezpośrednio na istniejące obszary chronione (tj. parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, Obszary Natura 2000, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne oraz zespoły przyrodniczo-krajobrazowe).

Najbliższe obszary chronione to Park Krajobrazowy Doliny Widawki (położony jest 2 km na południowy zachód od projektowanej autostrady). Najbliższy obszar Natura 2000 Specjalny Obszar Ochrony Lasu Gorzkowickie znajduje się w odległości 8 km na południowy-wschód od terenu badań.

4. Charakterystyka projektowanej inwestycji

4.1 Ogólna charakterystyka

Przedmiotem inwestycji jest budowa autostrady A-1 Stryków-Pyrzowice, na odcinku Tuszyn (bez węzła) – granica woj. łódzkiego/śląskiego. Przedmiotem opracowania jest Zadanie II Odcinek B.

Opracowanie niniejsze dotyczy odcinka B (bez węzła Bełchatów, z węzłem Kamieńsk) od km 351+ 800 do km 376+000, którego długość wyniesie 24 km 200 m. W ramach realizacji zadania przewiduje się m.in.:

- budowę autostrady A1 od km 351+800 do km 376+000.
- wykonanie 2 jezdni po 3 pasy ruchu na odcinku od węzła Bełchatów do węzła Kamieńsk
- budowę węzła „Kamieńsk” (na skrzyżowaniu z drogą wojewódzką 484),
- budowę, przebudowę lub remont obiektów, w tym przejazdów gospodarczych, mostów, wiaduktów, przejść dla pieszych,
- budowę Obwodu Utrzymania Autostrady „Kamieńsk”.

Trasa wpisuje się w pas terenu zajęty przez drogę krajową Nr 1. W związku z powyższym nie ingeruje znacząco w istniejące zagospodarowanie terenu oraz nie generuje kolizji z istniejącą zabudową mieszkaniową i zagrodową oraz innymi elementami istniejącego zagospodarowania terenu.

Przyjęte rozwiązania projektowe nie przewidują wykorzystania istniejącej nawierzchni w przebiegu jej dotychczasowej niwelety. Materiały tworzące korpus drogowy tej trasy zostaną wykorzystane na dolne warstwy nasypów po zastosowaniu niezbędnych ulepszeń i wzmocnień.

4.2 Charakterystyka techniczna obiektów budowlanych

W ramach projektowanej inwestycji zostaną wykonane m.in.

- drogi dojazdowe i serwisowe;
- zbiorniki;
- obiekty inżynierskie;
- obwód utrzymania autostrady.

Obiekty mostowe oznaczono symbolami składającymi się z oznaczenia literowego i kolejnego numeru obiektu. Przejęto następujące oznaczenia literowe:

- WA – wiadukt autostradowy;
- ED – estakada drogowa;
- WD – wiadukt drogowy nad autostradą,
- KP – kładka dla pieszych;
- MA – most autostradowy;
- PZGd – przejście górne dla dużych zwierząt;
- PZDd – przejście dolne dla dużych zwierząt;
- PZDdz – przejście dolne zespolone dla dużych zwierząt;
- PZSzd – przejście dolne zespolone dla średnich zwierząt;
- PZDs – przejście dolne dla średnich zwierząt;

Obiekty zaprojektowano na stan docelowy tzn. jezdnie po 3 pasy ruchu.

Tabela 4-2. Zestawienie projektowanych obiektów inżynierskich

Lp	Obiekt	Kilometraż	Rodzaj
1.	WD-297	352+078	wiadukt drogowy nad autostradą
2.	PG-298	353+426	Przejazd gospodarczy
3.	WD-299	357+744	wiadukt drogowy nad autostradą,
4.	WD-300	359+677	wiadukt drogowy nad autostradą
5.	WA-301	357+073	wiadukt autostradowy
6.	PZSd6	358+725	Przejście dla zwierząt
7.	KP-302	359+677	kładka dla pieszych
8.	WA-303	357+744	wiadukt autostradowy
9.	WD-304	361+179	wiadukt drogowy nad autostradą
10.	MA-305	362+020	most autostradowy
11.	WD-306	362+949	wiadukt drogowy nad autostradą

Lp	Obiekt	Kilometraż	Rodzaj
12.	WA-307	364+185	wiadukt autostradowy
13.	WD-308	365+448	wiadukt drogowy nad autostradą
14.	WA-309	366+591	wiadukt autostradowy
15	WD-310	368+248	wiadukt drogowy nad autostradą
16.	PZDdz4	369+544	przejście dla zwierząt
17.	MA-311	369+992	most autostradowy
18.	PZDg2	370+600	przejście dla zwierząt
19	PZSd2	370+600	przejście dla zwierząt
20	WD-312	371+783	wiadukt drogowy nad autostradą
21	WA-313	374+822	wiadukt autostradowy
22	MA-314	374+822	most autostradowy
23	WD-315	375+244	wiadukt drogowy nad autostradą
24	WD-316	375+501	wiadukt drogowy nad autostradą

W ramach zadania przewidywane jest wykonanie 40 dróg dojazdowych i serwisowych:

Tabela 4-3. Zestawienie projektowanych dróg serwisowych i dojazdowych

Droga	Rodzaj
DD02	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD03	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD05	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD06	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD07	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD10	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD12	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD13	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD17	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD18	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD19	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD20	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD21	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD22	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD23	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD24	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD25	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD26	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD30	Droga dojazdowa jezdnie główna
DD35	Droga dojazdowa jezdnie główna

Droga	Rodzaj
DD36	Droga dojazdowa jezdni główna
DD37	Droga dojazdowa jezdni główna
DD38	Droga dojazdowa jezdni główna
DD39	Droga dojazdowa jezdni główna
DD40	Droga dojazdowa jezdni główna
DD41	Droga dojazdowa jezdni główna
DD42	Droga dojazdowa jezdni główna
DD43	Droga dojazdowa jezdni główna
DD44	Droga dojazdowa jezdni główna
DD47	Droga dojazdowa jezdni główna
DD48	Droga dojazdowa jezdni główna
DD49	Droga dojazdowa jezdni główna
DD50	Droga dojazdowa jezdni główna
DD54	Droga dojazdowa jezdni główna
DD57	Droga dojazdowa jezdni główna
DD58	Droga dojazdowa jezdni główna
DD59	Droga dojazdowa jezdni główna
DD60	Droga dojazdowa jezdni główna
DDOUA2	Droga dojazdowa obwód utrzymania autostrady
DS./WA-301	Droga serwisowa wiadukt autostradowy WA-301

Obwód Utrzymania Drogowego do zrealizowania: Obwód Utrzymania Autostrady – OUA „Kamieńsk” w kilometrażu km 375+244. Obwód Utrzymania Autostrady (OUA) „Kamieńsk” zlokalizowany jest po wschodniej stronie jezdni autostrady. W ramach realizowanego OD zostaną wykonane:

- 1) budynek biurowo-socjalny (zarządzania OD), według załączonego projektu architektoniczno-budowlanego, w zakresie architektury, powierzchni użytkowej i rozkładu pomieszczeń,
- 2) budynek warsztatowo-garażowy z myjnią, według załączonego projektu architektoniczno-budowlanego w zakresie architektury, powierzchni użytkowej i rozkładu pomieszczeń,
- 3) parkingi dla pracowników i klientów OD oraz parkingi dla samochodów utrzymaniwych,
- 4) magazyn soli o powierzchni użytkowej min. 500 m², pojemność magazynu (przy gęstości soli 1,4 t/m³ i wysokości składowania 5 m) min. 4 000 t.
- 5) wiatę na sprzęt o powierzchni min. 200 m²,
- 6) boksy na wolny skład materiałów o powierzchni max 36 m² w ilości 10 szt.,

W ramach realizacji zadania zostaną wykonane również zbiorniki retencyjne:

Zgodnie z *Rozporządzeniem Rady Ministrów...*, dla całej projektowanej inwestycji przyjęto III kategorię geotechniczną, z uwagi na włączenie odcinka autostrady A1 do przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko. Natomiast dla obiektów budowlanych tj korpusu drogi (odcinki o prostej i złożonej budowie geologicznej) oraz obiektów towarzyszących - mostów, wiaduktów, przepustów i zbiorników (prosta i złożona budowa geologiczna) ze względu na złożoność konstrukcji Projektant przyjął II kategorię geotechniczną (zgodnie z Rozporządzeniem o geotechnicznych warunkach posadowienia).

4.3 Podstawowe parametry techniczne projektowanej drogi

Parametry techniczne projektowanej drogi:

- klasa techniczna drogi A,
- kategoria ruchu KR 7,
- prędkość projektowa 120 km/h,
- długość odcinka 24,2 km,
- liczba pasów ruchu 6 (przekrój 2x3)
- szerokość pasa ruchu 3,75 m
- szerokość pasa dzielącego 5.0 m bez opasek
- szerokość opasek wewnętrznych (pas dzielący) 0.5 m
- szerokość pasów awaryjnych 3,0 m
- szerokość poboczy min. 1,5 m
- pochylenie poprzeczne na prostej 2,5 %
- maks. pochylenie poprzeczne 2,5 %
- skrajnia pionowa 4,8 m
- pas technologiczny min. 3,0 m
- obciążenie 115 kN/oś

5. Zakres wykonanych prac oraz opis metodyki polowych i laboratoryjnych badań gruntów

5.1 Wiercenia badawcze

Wiercenia geotechniczne udokumentowane w niniejszym opracowaniu wykonane zostały we czerwcu i lipcu 2019 r. Roboty te były wykonywane przez HPC POLGEOL S.A.

W trakcie prac terenowych:

- przeprowadzono obserwacje i pomiary zwierciadła wody gruntowej w wykonanych otworach,
- pobrano próbki gruntu do badań laboratoryjnych oraz dokonano makroskopowego opisu gruntów;
- pobrano próby wody gruntowej do badań laboratoryjnych w celu określenia jej agresywności na beton, stal i żeliwa.

Po wykonaniu badań terenowych (wiercenie, pobieranie prób, obserwacje i pomiary hydrogeologiczne) otwory badawcze zlikwidowano przez zasypanie urobkiem w kolejności przewierconych warstw.

5.1.1 Zakres wierceń

W niniejszej dokumentacji przedstawiono wyniki następujących wierceń:

- 196 wierceń pod drogi lokalne i serwisowe do głębokości $3 \div 6$ m, o łącznym metrażu 594 mb,
- 8 wierceń pod zbiorniki o głębokości $6 \div 8$ m o łącznym metrażu 50 mb;
- 43 wiercenia pod obiekty inżynierskie o głębokości $10 \div 25,5$ m o łącznym metrażu 719 mb;
- 3 wiercenia pod obwód utrzymania autostrady o głębokości do 5 m, o łącznym metrażu 15 mb.

W stosunku do zaplanowanych przez Zamawiającego robót na etapie wykonawczym dokonano następujących zmian:

- otwór zbiornikowy DD48/1 został przesunięty o około 15 m ze względu na brak możliwości dojazdu w wyznaczone miejsce, wiercenia ręczne były niemożliwe do wykonania;
- otwory obiektowe O/MA-314/2 i O/MA-314/5 oraz C/MA-314/2 (otwór w miejscu niedogłębionego sondowania CPTu) – otwory niewykonane ze względu na brak możliwości dojazdu w wyznaczone miejsce;
- otwory obiektowe O/WA-301/3, O/WA-301/4, O/WA-301/5, O/WA-301/6, C/WA-301/7 (otwór w miejscu niedogłębionego sondowania CPTu), sondowanie CPTu C/WA-301/8 – wypadło w odsadźce filaru – teren należący do PKP, otwory zostaną wykonane po uzyskaniu zgody PKP, znacznie utrudniony dojazd w wyznaczone miejsca robót;
- sondowanie statyczne CPTu – brak możliwości bezpiecznego wykonania robót, sondowanie wypadło na środku istniejącego skrzyżowania.

Tabelaryczne zestawienie wszystkich udokumentowanych otworów przedstawiono w załączniku 7.

5.1.2 Metodyka i przebieg wierceń

Odwiercone otwory zostały wykonane systemem obrotowym przy użyciu świdrów spiralnych bez użycia płuczki. Szerokość zastosowanych świdrów ślimakowych różniła się nieznacznie w zależności od zespołu wiertniczego i wynosiła około 100 mm. Otwory znajdujące się na terenach niedostępnych dla urządzeń mechanicznych (lasy, tereny bardzo podmokłe) wykonywano zestawem ręcznym.

Metodyka wierceń geotechnicznych była zgodna z zapisami normy *PN-EN 1997-2 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego oraz normą PN-B-04452:2002 Geotechnika. Badania polowe*, będącej z założenia normą zharmonizowaną z Eurokodem 7.

W trakcie wykonywania wierceń pobierano próby do badań laboratoryjnych bezpośrednio ze świdra ślimakowego. Sposób poboru próbek umożliwiał pobranie próbki zaliczonej do kategorii B (struktura naruszona, wszystkie składniki w próbce są w takich samych proporcjach jak grunt „in situ”, zachowana jest naturalna wilgotność). Klasa jakości pobranych próbek odpowiada 3 klasie. Otwory zostały zlikwidowane poprzez zasypanie urobkiem (zgodnie z profilem geologicznym) pozyskanym w trakcie wiercenia.

5.2 Sondowania

5.2.1 Zakres sondowań

W niniejszej dokumentacji przedstawiono wyniki 29 sondowań statycznych CPTu pod obiekty inżynierskie, do głębokości $3 \div 20$ m, łącznie 350,20 mb.

Lokalizację sondowań statycznych przedstawia załącznik 2.

5.2.2 Metodyka sondowań

Do badań CPTu wykorzystano sondę produkcji włoskiej firmy Pagani. Wykonane badania gruntu metodą sondowania statycznego przeprowadzono stożkiem piezoelektrycznym. Polegają one na wciskaniu sondy (stalowy pręt zakończony odpowiednią końcówką wyposażoną w elektroniczne układy miernicze) w podłoże gruntowe ze stałą prędkością 2 cm/s. Sondowania wykonano zgodnie z zaleceniami EN 1997-2:2007 - Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego. Sonda w postaci stalowego pręta o kołowym przekroju poprzecznym, zakończona jest stożkiem o kącie rozwarcia równym 60 stopni (powierzchnia stożka wynosi 10 cm^2 , a powierzchnia tulei ciernej 150 cm^2). W trakcie wprowadzania stożka piezoelektrycznego w podłoże gruntowe, tj. w trakcie penetracji sondy, mierzy się następujące podstawowe parametry:

- siłę oporu penetracji względem powierzchni końcówki stożka - q_c ,
- siłę tarcia względem powierzchni bocznej końcówki (tuleja cierna o powierzchni 150 cm²) znajdującej się bezpośrednio za stożkiem - f_s ,
- ciśnienie porowe generowane na powierzchni stożka w trakcie penetracji - u_2 .

Pomiar dokonywany jest metodą elektroniczną, a sam wynik pomiaru z końcówki sondy przekazywany jest do specjalnego odbiornika metodą akustyczną, co pozwala na bezpośrednie, tj. w czasie rzeczywistym, wykreślenie trzech ciągłych krzywych przedstawiających mierzone wartości w zależności od głębokości penetracji.

Parametry sondowań statycznych zostały zinterpretowane na podstawie:

- IL – wzór z normy PN-B-04452
- ID - wzór z normy PN-B-04452
- Su – wzór z Lune, 1997, współczynniki Nkt zależnie o rodzaju gruntu
- Fi – wzór z normy EN-1997-2
- Eoed – wzór z normy EN-1997-2, współczynniki alfa zależnie od rodzaju i stanu gruntu

Badania sondą CPT-u przedstawia załącznik 4. Poszczególne badania zostały zakończone płycej niż planowano. Wykonanie sondowań do zakładanych głębokości nie było możliwe z powodu zalegania gruntów zawierających żwir, gruz i kamienie. Wciskana kolumna żerdzi wraz ze stożkiem w takie grunty bardzo szybko uzyskiwała kąt odchylenia sondowania zagrażający zerwaniem stożka lub żerdzi.

Wszystkie sondowania zostały wykonane przez Pawła Gajowczyka, interpretacji dokonał Łukasz Słonin.

5.3 Badania laboratoryjne w celu klasyfikacji, oznaczenia i opisu gruntu

Badania laboratoryjne zostały wykonane zgodnie z normą *PN-ISO* (Eurokod 7). Wykonano:

- analiza sitowa – 104 sztuk,
- analiza areometryczna – 10 sztuk,
- wilgotność naturalna i granice konsystencji – 113 sztuk,
- agresywność wody w stosunku do betonu, stali i żeliwa – 22 sztuki.

Zestawienie wyników wykonanych badań laboratoryjnych przedstawiono w Załączniku 6.

5.3.1 Oznaczenie wilgotności naturalnej gruntu

Analizę wilgotności naturalnej i granic konsystencji wykonano dla wybranych gruntów spoistych w celu określenie ich stopnia plastyczności. Analizę wilgotności wykonano zgodnie z *normą PKN-CEN ISO/TS 17892-1. Badania Geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 1: Oznaczanie*

wilgotności. Oznaczenie granicy płynności oraz plastyczności wykonano zgodnie z normą PKN-CEN ISO/TS 17892-12. *Badania Geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic Atterberga.*

5.3.2 Oznaczenie gęstości właściwej

Wartości gęstości właściwej odczytano z nomogramów.

5.3.3 Oznaczenie składu granulometrycznego oraz współczynnika filtracji

Analizę sitową gruntów niespoistych wykonywano w celu określenia nazwy gruntu oraz co szczególnie istotne, określenia ich współczynnika filtracji oraz przydatności do zagęszczenia.

Analizy sitowe wykonywano zgodnie z normą PKN-CEN ISO/TS 17892-4. *Badania Geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 4: Oznaczanie składu granulometrycznego.* Wyniki analiz sitowych wraz z określonym współczynnikiem filtracji wzorami Hazena i USBSC przedstawiono w Załączniku 6. Wraz z krzywymi uziarnienia podano także wskaźniki różnoziarnistości gruntów pomocne w określeniu przydatności gruntów do zagęszczenia. Im większa wartość wskaźnika różnoziarnistości, tym większa przydatność gruntu do zagęszczenia. Przyjmuje się, że grunt nadaje się do zagęszczenia, gdy wskaźnik różnoziarnistości (d_{60}/d_{10}) przekracza wartość 4.

5.3.4 Badania przepuszczalności gruntu

Przepuszczalność gruntu określa współczynnik filtracji, który został wyznaczony na podstawie wzorów empirycznych podczas wykonania analizy sitowej gruntów niespoistych. Jest to właściwość gruntu polegająca na przepuszczaniu wody siecią kanalików utworzonych z porów w nim występujących. Prędkość przepływu wody w gruncie zależy głównie od jego uziarnienia, porowatości, spadku hydraulicznego oraz od temperatury przepływającej wody.

5.3.5 Agresywność wody w stosunku do betonu

Oznaczeń zawartości poszczególnych substancji oraz właściwości wykonano zgodnie z normami branżowymi (patrz załącznik nr 6). Oceny agresywności w stosunku do betonu dokonano w oparciu o normę PN-EN 206.

3.1 Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

6.1 Budowa geologiczna

Obszar badań jest dobrze rozpoznany, ze względu na badania rozpoznawcze pod projektowaną autostradą A1. Opis budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych oraz chemizmu wód podziemnych podawany jest za opracowaniami archiwalnymi.

Obszar badań w rejonie projektowanego i przebudowywanego odcinka B autostrady A1 w większości znajduje się w obrębie mezozoicznej jednostki zwanej niecką mogileńsko-łódzką. Południowy odcinek w rejonie Kamieńska położony jest w obrębie niecki miechowskiej. Na całym obszarze badań utwory powierzchniowe stanowią głównie osady czwartorzędowe – plejstoceny i holoceny - o zróżnicowanym wykształceniu. Starsze utwory, trzeciorzędowe oraz mezozoiczne, znajdują się pod pokrywą czwartorzędową, której miąższość waha się od ok. 20 m do ok. 70 m.).

Od km 351+800 do km 360+000 na powierzchni dominują gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego o miąższości sięgającej 14 m, tworzące powszechnie występującą na powierzchni terenu pokrywę. Na powierzchni glin występują piaski i mułki deluwialne zlodowacenia północnopolskiego oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe nierozdzielne zlodowacenia środkowopolskiego, wypełniające szerokie rozcięcia w glinach zwałowych, lub częściej występujące na nich płytami o miąższości 2-10 m. Na powierzchni częste są piaski eoliczne w wydmach, występujących na tarasach nadzalewowych. Rozległe obszary występowania glin zwałowych poprzecinane są korytami rzek, wypełnionymi piaskami den dolinnych i tarasów zalewowych. W okolicach km 350+000 i km 355+000 punktowo pojawiają się na powierzchni piaski i żwiry moren czołowych, tworzące odosobnione pagórki.

Od km 360+000 do km 365+000 na powierzchni terenu współwystępują gliny zwałowe zlodowacenia środkowopolskiego z piaskami i żwirami wodnolodowcowymi. Bezpośrednio na nich miejscami pojawiają się piaski pylaste peryglacialne, różnoziarniste, często zaglinione, z niewielką domieszką żwirów i głazików. Miąższość tych utworów nie przekracza 1,5 m. Na odcinku km 365+000-375+000 w budowie powierzchniowej przeważają piaski, żwiry i głazy moren czołowych zlodowacenia środkowopolskiego, występujące w formie odosobnionych pagórków. Ich miąższość przeważnie wynosi od 4 do 6 m, maksymalnie sięgając 10 m. Na km 370+000, na północ od miejscowości Danelów na dużym obszarze występują torfy i namuły torfiaste na piaskach rzecznych tarasów zalewowych, o miąższości do 3 m. W okolicach od km 360+000 do km 376+000 pod osadami czwartorzędu zalegają górnokredowe margle, opoki i wapienie (kampan), które na km 375+000 przechodzą w opoki i margle (kampan) oraz margle, wapienie i opoki (cenoman-santon), głównie piaszczyste, z dużą zawartością glaukonitu.

6.2 Warunki hydrogeologiczne

Warunki hydrogeologiczne na badanym odcinku są zróżnicowane. Stwierdzono obszary, na których woda występuje stosunkowo płytko od powierzchni terenu jak również obszary, na których nie stwierdzono występowania wody podziemnej do kilkunastu metrów. Stwierdza się obecność poziomów wód podziemnych o charakterze użytkowym jak też warstw wodonośnych o małych miąższościach, nieposiadających charakteru użytkowego.

km 351+800 – 360+000

Na odcinku od km 351+000 do km 360+000 (Piotrków Trybunalski – Wola Krzysztoporska) występują dwa poziomy wodonośne o charakterze użytkowym, w utworach czwartorzędu i kredy. Piętro wodonośne kredy górnej jest związane głównie z spękanymi wapieniami i marglami. Miąższość warstwy wodonośnej, o napiętym zwierciadle wody, wynosi około 150 m. W obrębie osadów czwartorzędu charakter użytkowy posiada poziom podglinowy, występujący jako jedna lub dwie warstwy wodonośne rozdzielone nieciągłą warstwą glin. Zwierciadło ma charakter napięty lub swobodny i zwykle występuje poniżej 15-20 m. Izolacja użytkowego czwartorzędowego poziomu wodonośnego jest dobra ze względu na obecność w nadkładzie znacznego kompleksu utworów gliniastych od kilkunastu do ponad 20 m. Na odcinku od km 355+000 do 360+000 projektowanej autostrady występuje lokalny brak wodonośnych utworów czwartorzędu. Izolacja piętra czwartorzędu jest zmienna, od całkowitego jej braku po ponad dwudziestometrową warstwę glin.

Zasilanie odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji opadów atmosferycznych. Kontakt między piętrami czwartorzędu i kredy górnej występuje na odcinku km 345+000 – 355+000 projektowanej autostrady, gdzie połączone poziomy osiągają miąższość 150 m i charakteryzują się przewodnością wodną 500-1000 m²/d i współczynnikiem filtracji około 7 m/d. Przepływ wód odbywa się w kierunku SE ku lokalnej bazie drenażu – rzece Łuciąży.

Niezależnie od występowania użytkowych poziomów wodonośnych, w strefie przypowierzchniowej w utworach piaszczystych występują wody podziemne – wody gruntowe - mało zasobne o charakterze nieużytkowym. Wody gruntowe występują głównie w utworach piaszczysto-żwirowych akumulacji rzecznej i wodnolodowcowej. Warunki hydrogeologiczne ich występowania są zróżnicowane. Obok obszarów, na których woda występuje stosunkowo płytko od powierzchni terenu występują również obszary na których nie stwierdzono jej występowania do głębokości kilkunastu metrów. Ze względu na obecność zwartego kompleksu utworów gliniastych przeważają obszary występowaniem wód w przewarstwieniach piaszczystych lub w izolowanych, śródglinowych soczewkach piaszczystych na różnych głębokościach, niekiedy pod niewielkim ciśnieniem. Lokalnie wody gruntowe o zwierciadle swobodnym na głębokości (zwykle 1-2m) występują w przypowierzchniowych warstwach piasków,

występujących na warstwie glin. Z uwagi na zróżnicowane warunki geologiczne, występujące wzdłuż projektowanej trasy autostrady, woda gruntowa może wystąpić, okresowo jako woda zawieszona,

km 360+000 – 376+000

Na odcinku Wola Krzysztoporska-Kamieńsk użytkowe piętra wodonośne występują w utworach czwartorzędu i kredy górnej, przy czym często pozostają w łączności hydraulicznej między sobą.

Wodonośne utwory czwartorzędu występują tu powszechnie, z wyjątkiem okolic Kamieńska (km 375+000), gdzie obserwujemy wychodnie skał kredy górnej. Piętro czwartorzędowe jest zasilane przez infiltrację wód opadowych, a drenowane przez cieki powierzchniowe (rzeki: Dąbrówkę i Jeziorkę) oraz przez lej depresyjny powstały na skutek odwadniania odkrywki KWB Bełchatów. W obrębie utworów czwartorzędu występują dwie warstwy wodonośne. Pierwsza o swobodnym zwierciadle wody, występuje głównie w obszarach dolinnych. W ostatnich latach, w wyniku wypełniania leja depresji spowodowanego przesunięciem się centrum eksploatacji w kierunku zachodnim, często obserwuje się obszary trwale podtopione. Druga warstwa wodonośna, pod kompleksem glin, zalega na głębokości 5-15 m. Spływ wód odbywa się w kierunku północno-wschodnim, ku dolinie Dąbrówki (km 360+000 - 364+000) oraz w kierunku południowo-zachodnim, ku dolinie Jeziorki (km 367+000 – 373+000). W dolinie Dąbrówki zwierciadło występuje na rzędnej 195-205 m n.p.m., natomiast w dolinie Jeziorki na rzędnej 205-215 m n.p.m. Współczynnik filtracji, określony na podstawie badań skał pobranych w trakcie wiercenia otworu badawczego B-10, wynosi 15,3 m/d. W okolicach miejscowości Parzniewice Małe (km 364+000 - 367+000) oraz w okolicy Kamieńska (km 373+000 – 375+000) wyznaczono obszar zróżnicowanych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego.

Piętro kredy górnej jest równie powszechne jak piętro czwartorzędu i występuje na całym odcinku. Zasilane jest na obszarze wychodni lub poprzez infiltrację z utworów nadległych. Często pozostaje w kontakcie z piętrem czwartorzędowym. Występuje na głębokości 40-240 m. Piętro to jest także drenowane przez lej depresji KWB Bełchatów. Współczynnik filtracji piętra kredy górnej wynosi średnio 4 m/d, a wydajność nie przekracza 70 m³/h.

Piętro wodonośne w utworach trzeciorzędu w granicach omawianego odcinka występuje wyspowo (w lokalnych zagłębieniach stropu utworów kredy górnej) i odgrywa rolę podrzędną, nie tworząc użytkowego piętra wodonośnego.

Dla poniższej inwestycji główne znaczenie ma przypowierzchniowy poziom wodonośny.

Poziom czwartorzędowy zasilany jest przez infiltracje opadów atmosferycznych. Lustro wody ulega wahaniom w zależności od ilości opadów lub intensywności roztopów. Zw. wód podziemnych, ze względu na brak izolacji poziomu od powierzchni może ulegać wahaniom do 1,5 m.

W załączniku 6 przedstawiono wyniki badań agresywności wody względem betonu, żeliwa i stali (22 próby).

Tabela 6-1. Zestawienie wyników badań agresywności wody

L. p.	Nazwa otworu	Ocena agresywności w stosunku do żeliwa i stali	Ocena agresywności w stosunku do betonu
1	C/PG 298/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
2	C/WD 297/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
3	O/KP 302/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
4	O/MA 305/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA1 podwyższona zawartość agresywnego dwutlenku węgla
5	O/WD 299/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
6	O/PZSd 6/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA2 – wysoka zawartość agresywnego dwutlenku węgla XA1 – obniżony odczyn pH,
7	O/WA 303/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
8	O/WA 313/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA2 – podwyższona zawartość agresywnego dwutlenku węgla
9	O/WD 297/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
10	O/WD 300/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
11	PZDg2/3	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA2 – podwyższona zawartość agresywnego dwutlenku węgla
12	O/PZDz4/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
13	O/WA 301/9	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
14	O/WA 307/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
15	O/WD 312/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA1 – podwyższona zawartość agresywnego dwutlenku węgla
16	O/WA 309/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
17	O/WD 310/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
18	O/MA 311/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
19	O/WD 308/1	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
20	O/WD 304/3	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	Woda nieagresywna
21	O/WD 315/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA2 – podwyższona zawartość agresywnego dwutlenku węgla
22	PZSd2/2	Woda wykazuje silne właściwości korozyjne	XA2 – wysoka zawartość agresywnego dwutlenku węgla XA1 – niski odczyn pH,

Woda w podłożu projektowanych obiektów w przeważającej większości to woda nieagresywna w stosunku do betonu (15 prób), jedynie pod obiektami MA 305 oraz WD 312 klasa ekspozycji została

określona na XA1 ze względu na podwyższoną zawartość dwutlenku węgla, natomiast pod obiektami PZSd 6, WA 313, PZDg2, . WD 315 oraz PZSd2/2 klasa ekspozycji została określona na XA2 ze względu na podwyższoną zawartość dwutlenku węgla i/lub niski odczyn pH. W otworze WD 56+336 ze względu na wysoką zawartość agresywnego dwutlenku węgla klasa ekspozycji została określona na XA1.

Woda we wszystkich pobranych próbach wykazuje silne właściwości korozyjne w stosunku do żeliwa i stali.

6. Model geologiczny oraz zestawienie wyprowadzonych wartości parametrów geotechnicznych dla każdej wydzielonej warstwy

Analiza materiałów archiwalnych pozwoliła określić budowę geologiczną badanego obszaru.

Nawiercone, w trakcie przeprowadzonych wierceń badawczych, osady sklasyfikowano w warstwach geotechnicznych zgodnie z -81/B-03020, gdzie warstwą geotechniczną nazwano strefę podłoża gruntowego, dla której ustala się jednakowe wartości parametrów geotechnicznych. Jako cechę wyróżniającą dla gruntów niespoistych przyjęto stopień zagęszczenia – ID a dla gruntów spoistych stopień plastyczności – IL. Z analizy przeprowadzonych wierceń oraz badań terenowych (sondowania CPTu, badania makroskopowe gruntów) i laboratoryjnych w rejonie projektowanej autostrady A1 wydzielono 6 głównych serii geotechnicznych. W obrębie poszczególnych serii wydzielono warstwy w zależności od wartości stopnia zagęszczenia bądź plastyczności. Podstawą do wydzielenia warstw geotechnicznych były przeprowadzone sondowania CPTu oraz laboratoryjne określenie stopnia plastyczności i pomocniczo analiza makroskopowa stanu gruntów spoistych. Wydzielone warstwy geotechniczne przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 7-1 Wydzielone warstwy geotechniczne

L.p.	Oznaczenie warstwy	Objaśnienie	Symbol geologicznej konsolidacji
1	I – nasypy i gleba		
2	Ia	nasypy niekontrolowane i gleba	-
3	Ib	nasypy budowlane	-
4	II – grunty organiczne		
5	Ila	torfy	-

L.p.	Oznaczenie warstwy	Objaśnienie	Symbol geologicznej konsolidacji
6	IIb	namuły	-
7	IIc	piaski próchnicze	-
8	III – grunty spoiste nieskonsolidowane pochodzenia powodziowego, zastoiskowego		
9	IIIa	grunty zastoiskowe w stanie miękkoplastycznym	C
10	IIIb	grunty zastoiskowe w stanie plastycznym	C
11	IIIc	grunty zastoiskowe w stanie twardoplastycznym	C
12	IIId	grunty zastoiskowe w stanie półzwartym i zwartym	C
13	IV – grunty spoiste pochodzenia lodowcowego nieskonsolidowane		
14	IVa	grunty spoiste lodowcowe w stanie miękkoplastycznym	B
15	IVb	grunty spoiste lodowcowe w stanie plastycznym	B
16	IVc	grunty spoiste lodowcowe w stanie twardoplastycznym	B
17	IVd	grunty spoiste lodowcowe w stanie półzwartym	B
18	V – grunty niespoiste		
19	Va	piaski drobne i pylaste w stanie luźnym	-
20	Vb	piaski średnie i grube w stanie luźnym	-
21	Vc	piaski drobne i pylaste w stanie średniozagęszczonym	-
22	Vd	piaski średnie i grube w stanie średniozagęszczonym	-
23	Ve	pospółki i żwiry w stanie średniozagęszczonym	-
24	Vf	piaski drobne w stanie zagęszczonym	-

L.p.	Oznaczenie warstwy	Objaśnienie	Symbol geologicznej konsolidacji
25	Vg	piaski średnie i grube w stanie zagęszczonym	-
26	Vh	żwiry i pospółki w stanie zagęszczonym	-
27	Vi	piaski drobne w stanie bardzo zagęszczonym	-
28	Vj	piaski średnie i grube w stanie bardzo zagęszczonym	-
29	Vk	pospółki w stanie bardzo zagęszczonym	-
30	VI – grunty spoiste pochodzenia lodowcowego skonsolidowane		
31	VIa	grunty spoiste lodowcowe w stanie plastycznym	A
32	VIb	grunty spoiste lodowcowe w stanie twardoplastycznym	A
33	VIc	grunty spoiste lodowcowe w stanie półzwałym	A

Wartość wyprowadzoną parametru geotechnicznego podaje się na podstawie badań polowych lub laboratoryjnych z wykorzystaniem teorii, korelacji albo doświadczenia. Stopień zagęszczenia lub stopień plastyczności został określony metodą A wg. punktu 3.2 normy *PN-81-B-03020:1981 Grunty budowlane*. Posadowienie bezpośrednie budowli. Pozostałe parametry geotechniczne określono na podstawie wyników badań laboratoryjnych, terenowych, zarówno wykonanych na podstawie aktualnych wyników rozpoznania jak i dokumentacji archiwalnych wyszczególnionych w rozdziale 6.1 i spisie literatury. Zestawienie wyprowadzonych wartości parametrów charakterystycznych dla wydzielonych warstw geotechnicznych przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 7-2. Wartości parametrów dla warstw geotechnicznych

Seria geotechniczna		Numer warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu	Symbol według punktu 1.4.6	Stan gruntu		Gęstość objętościowa	Kąt tarcia wewnętrznego	Spójność	edometryczny moduł ścisłości pierwotnej	edometryczny moduł ścisłości wtórnej	moduł odkształcenia pierwotnego	Wytrzymałość na ścinanie	Moduł odkształcenia pierwotnego										
Oznaczenie stratygraficzne	Nr serii				Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności																		
															I _D	I _L	ρ	φ _u	c _u	M _o	M	E _o	Su	E _{oed}
															-	-	[t/m³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]
Q _h / Q _p	II	IIa	T	-	-	-	Grunty słabonośne – parametrów nie podaje się						-	-										
		IIb	Nm	-	-	-							-	-										
		IIc	Ph	-	-	-							-	-										
Q _h / Q _p	III	IIIa	π, πp	C	-	0,65	1,90	7,6	6,2	11600	19300	8100	0,03-0,12	1,70-5,45										
		IIIb	π, πp Gπ			0,33	2,00	12,7	12,4	22150	37000	15500	0,08-0,26	3,27-7,64										
		IIIc	π, πp Gπ			0,20	2,05	14,8	17,0	29400	49000	20500	0,15-0,93	5,54-13,19										
		IIId	π			0,00	2,05	18,00	30,00	48300	80600	33800	1,23-2,46	17,45-34,70										
Q _p	IV	IVa	Gp, Pg	B	-	0,58	2,00	11,2	19,5	16600	22100	12600	0,03-0,12	1,27-3,40										
		IVb	Gp, G, Pg		-	0,30	2,10	16,4	28,0	29200	39000	22200	0,08-0,27	2,75-8,26										

Seria geotechniczna		Numer warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu	Symbol według punktu 1.4.6	Stan gruntu		Gęstość objętościowa	Kąt tarcia wewnętrznego	Spójność	edometryczny moduł ściś- łości pierwotnej	edometryczny moduł ściś- łości wtórnej	moduł odkształcenia pier- wotnego	Wytrzymałość na ścinanie	Moduł odkształcenia pier- wotnego								
Oznaczenie stratygraficzne	Nr serii				Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności																
					I _D	I _L									ρ	φ _u	c _u	M _o	M	E _o	S _u	E _{oed}
					-	-									[t/m³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]
		IVc	G, Gp, Pg		-	0,15	2,15	19,2	33,4	41900	55900	31900	0,16-1,06	5,50-16,01								
		IVd	Gp, Pg, G		-	0,00	2,20	22,0	40,0	65750	87650	49980	0,55	12,42								
Q _h / Q _p	V	Va	Pd, Pπ	-	0,20	-	1,60* 1,85**	29	-	35300	44200	26100	-	3,85-10,14								
		Vb	Ps, Pr	-	0,20		1,65* 1,95**	31	-	55300	61500	46100		3,16-7,25								
		Vc	Pd, Pπ	-	0,56		1,65* 1,90**	31	-	69100	86400	51500	-	12,73-19,42								
		Vd	Ps, Pr	-	0,52		1,70* 2,00**	33	-	98000	108900	82700	-	13,18-27,70								
		Ve	Ż, Po, K	-	0,44		1,75* 2,05**	38	-	141000	141000	127000	-	15,47								
		Vf	Pd, Pπ	-	0,78		1,70* 2,00**	32	-	101300	126000	75000	-	28,53-35,34								
		Vg	Ps, Pr	-	0,70		1,75* 2,05**	34	-	132000	146800	111000	-	21,80-43,60								
		Vh	Po	-	0,76		1,85* 2,10**	40	-	210000	210000	188000	-	32,99-38,48								
		Vi	Pd	-	0,88		1,70*	32	-	118800	148600	87700	-	51,59								

Seria geotechniczna		Numer warstwy geotechnicznej	Rodzaj gruntu	Symbol według punktu 1.4.6	Stan gruntu		Gęstość objętościowa	Kąt tarcia wewnętrznego	Spójność	edometryczny moduł ścisłości pierwotnej	edometryczny moduł ścisłości wtórnej	moduł odkształcenia pierwotnego	Wytrzymałość na ścinanie	Moduł odkształcenia pierwotnego
Oznaczenie stratygraficzne	Nr serii				Stopień zagęszczenia	Stopień plastyczności								
					I _D	I _L								
					-	-								
							ρ	φ _u	c _u	M _o	M	E _o	Su	E _{oed}
							[t/m³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[MPa]
					0,95		2,00**							
		Vj	Ps	-			1,80*	36	-	191700	213000	159700	-	47,39-74,53
							2,05**							
		Vk	Po	-	0,95		1,80*	42	-	257000	257000	231000	-	62,78
					2,10**									
Q _p	VI	VIa	Gp	A	-	0,27	2,10	20,3	36,3	38630	42920	32670	0,14-0,15	4,51-4,77
		VIb	G, Gp, Pg			0,10	2,20	23,3	44,1	59500	66100	50000	0,23-0,35	6,90-11,13
		VIc	Gp			0,00	2,20	25,0	50,0	80590	89500	67500	0,94-1,48	21,8-22,58-

* - grunty mało wilgotne

** - grunty wilgotne

7. Geotechniczna charakterystyka podłoża gruntowego

W rejonie projektowanej inwestycji stwierdzono występowanie 6 głównych serii geotechnicznych.

Seria geotechniczna nr I obejmuje gleby oraz nasypy niekontrolowane. Grunty tej serii znajdują się przy powierzchni terenu. W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- Ia – w warstwie tej znajdują się nasypy niekontrolowane i gleba. Są to grunty nienośne, występujące przy powierzchni terenu. Stan gruntów jest zmiany od luźnego do średniozagęszczonego, stąd parametrów geotechnicznych nie podaje się;
- IIb – w warstwie tej znajdują się nasypy określone jako budowlane, stanowiące podłoże istniejącej drogi krajowej nr 1.

Seria nr II obejmuje grunty organiczne, tzn. o zawartości substancji organicznej w ilości większej od 2%. W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- IIa – w warstwie tej znajdują się torfy. Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IIb – w warstwie tej znajdują się namuły. Są to grunty o zawartości substancji organicznej powyżej 5%. Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IIc – w warstwie tej znajdują się: grunty niespoiste próchniczne (o zawartości substancji organicznej od 2 do 5%); Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

Seria nr III obejmuje nieskonsolidowane utwory spoiste pochodzenia rzeczno- i zastoiskowego, wieku holoceni (Q_h) i plejstoceni (Q_p). W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- IIIa – w warstwie tej znajdują się pyły oraz pyły piaszczyste w stanie miękkoplastycznym o wyprawionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,65$ (zakres 0,57 – 0,69). Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IIIb – w warstwie tej znajdują się: pyły, pyły piaszczyste i gliny pylaste w stanie plastycznym o wyprawionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,33$ (zakres 0,26 – 0,50). Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IIIc – w warstwie tej znajdują się pyły, pyły piaszczyste oraz gliny pylaste w stanie twardoplastycznym o wyprawionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,20$ (zakres 0,05 – 0,25). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

- IIIId – w warstwie tej znajdują się pyły w stanie półzwałym i zwałym o wyprowadzonej, wartości stopnia plastyczności $I_L = -0,00$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

Seria nr IV obejmuje nieskonsolidowane utwory spoiste pochodzenia lodowcowego, wieku plejstocénskiego (Q_p). W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- IVa – w warstwie tej znajdują się gliny piaszczyste, piaski gliniaste w stanie miękkoplastycznym o wyprowadzonej, uśrednionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,58$ (zakres 0,55 – 0,77). Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IVb – w warstwie tej znajdują się gliny piaszczyste, gliny, piaski gliniaste w stanie plastycznym o wyprowadzonej, uśrednionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,30$ (zakres 0,26 – 0,45). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IVc – w warstwie tej znajdują się gliny, gliny piaszczyste, piaski gliniaste w stanie twardoplastycznym o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,15$ (zakres 0,01 – 0,25). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- IVd – w warstwie tej znajdują się gliny piaszczyste, piaski gliniaste i gliny w stanie półzwałym o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,00$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

Seria nr V obejmuje utwory niespoiste, pochodzenia rzecznoego, wodnolodowcowego, zastoi-skowego, eolicznego wieku holocénskiego (Q_h) i plejstocénskiego (Q_p). W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- Va – w warstwie tej znajdują się piaski drobne w stanie luźnym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,20$ (zakres 0,16 – 0,22). Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vb – w warstwie tej znajdują się piaski średnie i grube w stanie luźnym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,20$ (zakres 0,17 – 0,22). Są to grunty słabonośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vc – w warstwie tej znajdują się piaski drobne i pylaste w stanie średniozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,56$ (zakres 0,40 – 0,59). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vd – w warstwie tej znajdują się piaski średnie oraz grube w stanie średniozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,52$ (zakres 0,43 – 0,61). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

- Ve – w warstwie tej znajdują się pospółki, żwiry, kamienie w stanie średniozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,44$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vf – w warstwie tej znajdują się piaski drobne i pylaste w stanie zagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,78$ (zakres 0,76-0,80). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vg – w warstwie tej znajdują się piaski średnie i piaski grube w stanie zagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,70$ (zakres 0,69 – 0,89). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vh – w warstwie tej znajdują się pospółki w stanie zagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,76$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vi – w warstwie tej znajdują się piaski drobne w stanie bardzozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,88$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vj – w warstwie tej znajdują się piaski średnie w stanie bardzozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,95$ (zakres 0,89 – 0,98). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vk – w warstwie tej znajdują się pospółki w stanie bardzozagęszczonym o wyprowadzonej wartości stopnia zagęszczenia $I_D = 0,95$ (zakres 0,95 – 0,99). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

Seria nr VI obejmuje skonsolidowane utwory spoiste pochodzenia lodowcowego, wieku plejstocenijskiego (Q_p). W obrębie przedmiotowej serii wydzielono następujące warstwy geotechniczne:

- Vla – w warstwie tej znajdują się gliny piaszczyste w stanie plastycznym o wyprowadzonej, uśrednionej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,27$ (zakres 0,26 – 0,29). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vlb – w warstwie tej znajdują się gliny, gliny piaszczyste, piaski gliniaste w stanie twardoplastycznym o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,10$ (zakres 0,05 – 0,25). Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;
- Vlc – w warstwie tej znajdują się gliny piaszczyste w stanie półzwałym i zwałym o wyprowadzonej wartości stopnia plastyczności $I_L = 0,00$. Są to grunty nośne dla posadowienia przedmiotowej inwestycji;

Na podstawie przeprowadzonych badań geotechnicznych stwierdzono, że w większości z analizowanych otworów nawiercone grunty mogą być wykorzystane do posadowienia projektowanych

obiektów budowlanych i nie wymagają dodatkowych zabiegów wzmacniających. Warstwami nienośnymi i słabonośnymi dla posadowienia przedmiotowej drogi są warstwy: IIA, IIB, IIC (grunty organiczne), IIIa, IVa (miękkoplastyczne grunty spoiste) oraz Va, Vb (grunty luźne).

Warstwy nr VIa i VIb (grunty niespoiste w stanie luźnym), w przypadku znajdowania się w poziomie posadowienia wymagają zagęszczenia do stanu co najmniej średniozagęszczonego.

Warstwy uznane przez Projektanta za nienośne oraz słabonośne i znajdujące się w poziomie posadowienia wymagają wymiany bądź zastosowania metod wzmacniających podłoże.

W przypadku zdecydowania się na pierwszy wariant (wymiana), należy zastanowić się nad zastosowaniem jedynie częściowej wymiany gruntów. Głębokość, do której przeprowadzona będzie wymiana gruntu musi być określona w zależności od przewidywanego obciążenia, dopuszczalnych osiadań oraz z uwzględnieniem czasu konsolidacji gruntów organicznych.

W przypadku zdecydowania się na drugi wariant (wzmocnienie) poprawienie właściwości gruntów organicznych można uzyskać np. poprzez zastosowanie nasypów przyspieszających konsolidację podłoża lub czasowo go przeciążających. Obciążenie nasypem należy dostosować do właściwości słabego podłoża. Właściwości zarówno gruntów organicznych jak i słabych mineralnych można znacząco poprawić poprzez zastosowanie np. kolumn kamiennych, tłuczniowych, w technologii DSM itp. Miększe warstwy glin oraz ilów w stanie miękkoplastycznym można wzmocnić np. poprzez wibrowymianę.

Wszelkie metody dotyczące konsolidacji gruntów lub dotyczące metod wzmacniania gruntów należy przyjąć jako przykładowe. Nie są one przedstawione jako metody konieczne lub zalecane do wykonania w trakcie budowy drogi.

Wybór sposobu posadowienia należy do Projektanta w zależności od obliczeń nośności oraz osiadań dla planowanej drogi.

8. Warunki gruntowo-wodne

W czasie wykonywania badań geotechnicznych występowanie wody gruntowej stwierdzono jedynie w kilku miejscach. Należy jednak pamiętać, że badania geotechniczne wykonywane były w okresie bezdeszczowym i nie można wykluczyć pojawienia się zawodnienia w poziomie posadowienia. Poziom wody może więc ulec podwyższeniu, na większości obszaru nawet do 0,5 ÷ 1,0 metra. W sąsiedztwie cieków poziom wód podziemnych związany jest z poziomem wody w rzece i różnice w stosunku do stanu obecnego mogą być do 1,5 m. W porze mokrej mogą pojawić się dodatkowo sączenia położone w stropie podłoża utworów słaboprzepuszczalnych.

Na kilku odcinkach przebiegu trasy drogi występują warunki złożone związane z obecnością gruntów miękkoplastycznych, niespoistych luźnych i organicznych. Rodzaj warunków gruntowo-wodnych w podłożu projektowanych dróg dojazdowych i serwisowych przedstawia poniższa tabela.

Tabela 9-1. Opis warunków gruntowo wodnych w podłożu dróg

Droga dojazdowa	Opis warunków gruntowo-wodnych
DD02	W podłożu pod warstwą gleby występuje warstwa piasku średniozagęszczonego i twardoplastyczne gliny.
DD03	W podłożu na twardoplastycznych i półzwartych glinach i pyłach występują średniozagęszczzone piaski. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 1,6 ÷ 2,7 m ppt.
DD05	W podłożu pod warstwą gleby występuje warstwa piasku średniozagęszczonego i twardoplastyczne gliny, przewarstwione zawodnionymi piaskami średnimi. Zw. wód stabilizuje się na 1,6 m p.pt.
DD06	W podłożu na twardoplastycznych i półzwartych glinach występują średniozagęszczzone piaski. W obrębie glin lokalne soczewki zawodnionych piasków, stabilizacja zw. wody na 1,6 m ppt.
DD07	W podłożu na twardoplastycznych i lokalnie plastycznych glinach występują średniozagęszczzone piaski. Zw. wody w stabilizacja zw. wody na 1,5 ÷ 2,1 m ppt.
DD10	W podłożu na twardoplastycznych glinach i lokalnie pyłach występują średniozagęszczzone piaski. W obrębie glin lokalne soczewki zawodnionych piasków, stabilizacja zw. wody na 1,6 m ppt.
DD12	W podłożu na twardoplastycznych glinach występują średniozagęszczzone piaski. Brak przejawów zawodnienia.
DD13	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny przewarstwione 0,3 m warstwą piasków średnich. Brak przejawów zawodnienia.
DD17	W podłożu pod warstwą gleby występują piaski na twardoplastycznych, plastycznych i półzwartych glinach. Brak przejawów zawodnienia.
DD18	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny. Brak przejawów zawodnienia.
DD19	W podłożu na twardoplastycznych i plastycznych glinach występują średniozagęszczzone piaski i piaski humusowe. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 0,8 m ppt.
DD20	W podłożu pod warstwą gleby występują zawodnione od gł. 1,2 m p.p.t piaski na plastycznych glinach.
DD21	W podłożu na twardoplastycznych glinach występują średniozagęszczzone piaski i piaski humusowe. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 1,4m ppt., lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD22	W podłożu na twardoplastycznych glinach występują średniozagęszczzone piaski. Sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD23	W podłożu na twardoplastyczne grunty spoiste. Brak przejawów zawodnienia.
DD24	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne i lokalnie plastyczne gliny. Brak przejawów zawodnienia.

Droga dojazdowa	Opis warunków gruntowo-wodnych
DD25	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny, lokalnie z piaskami średnimi na stropie. W okolicach otworu DD25/8 występuje zw. wody stabilizujące się na gł. 1,4 m p.pt.
DD26	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny, lokalnie przewarstwione zawodnionymi piaskami średnimi. Zw. wód w odizolowanych soczewkach stabilizuje się na gł. 1,2 ÷ 2,0 m ppt.
DD30	W części północnej piaski od drobnych do grubych, z lokalnymi przewarstwieniami gruntów zastoiskowych i lodowcowych. Zw. wód na głębokości 0,9 ÷ 3,2 m p.pt, W obniżeniach terenu przypowierzchniowe torfy i piaski humusowe do głębokości 0,5 ÷ 0,7 m. W części południowej twardoplastyczne i plastyczne grunty spoiste lodowcowe, lokalnie z zawodnionymi piaskami na stropie (zw. wód na głębokości 1,0 m p.p.t). Lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD35	W podłożu średniozagęszczone piaski, zawodnione od głębokości 1,4 ÷ 1,5 m p.p.pt. Lokalnie przewarstwienia twardoplastycznych glin.
DD36	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne i plastyczne gliny, lokalnie przewarstwione zawodnionymi piaskami średnimi. Zw. wód stabilizuje się na gł. 1,7 m ppt.
DD37	W podłożu na twardoplastyczne grunty spoiste. Brak przejawów zawodnienia.
DD38	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny lodowcowe i zastoiskowe z zawodnionymi piaskami średnimi na stropie. Zw. wód w odizolowanych soczewkach stabilizuje się na gł. 0,6 m ppt.
DD39	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne grunty spoiste z pojedynczą warstwą piasków. Brak przejawów zawodnienia.
DD40	W podłożu na twardoplastycznych i plastycznych glinach występują średniozagęszczone piaski. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 1,0 m ppt oraz w obrębie zawodnionych soczewek piaszczystych na głębokości 1,3 ÷ 1,8 m. p.p.t.
DD41	W podłożu na twardoplastyczne gliny z lokalnymi soczewkami zawodnionych piasków o zw. wody na gł. 1,5 m ppt. Lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD42	W części północnej plastyczne i twardoplastyczne grunty spoiste lodowcowe, lokalnie zastoiskowe pyły, z lokalnymi piaskami średniozagęszczonymi na stropie. W części południowej (od otworu DD42/9) piaski od drobnych do grubych z lokalnymi przewarstwieniami gruntów zastoiskowych. Lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD43	W podłożu na twardoplastyczne gliny z lokalnymi soczewkami pyłów. Lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych.
DD44	W podłożu średniozagęszczone piaski i żwiry, niezawodnione.
DD47	W podłożu średniozagęszczone piaski, zawodnione w południowej części drogi od głębokości 1,0 ÷ 1,6 m p.p.pt. Lokalnie przewarstwienia

Droga dojazdowa	Opis warunków gruntowo-wodnych
	twardoplastycznych glin. W obniżeniach terenu przypowierzchniowe torfy i piaski humusowe do gł. 0,8 m p.p.pt.
DD48	Pod warstwą przypowierzchniowych torfów występują średniozagęszczone piaski przewarstwione twardoplastycznymi pyłami zastoiskowymi oraz namułem o miąższości 1,5 m. Zw. wód od głębokości 0,5 m p.pt.
DD49	W podłożu średniozagęszczone piaski średnie, grube, pospółki; zawodnione od głębokości 1,1 ÷ 2,5 m p.p.pt. W obniżeniach terenu przypowierzchniowe torfy do gł. 0,3 m p.p.pt.
DD50	W podłożu średniozagęszczone piaski średnie, grube; zawodnione od głębokości 0,4 ÷ 2,9 m p.p.pt. Pod piaskami twardoplastyczne gliny lodowcowe. W obniżeniach terenu przypowierzchniowe torfy do gł. 0,4 ÷ 0,5 m p.p.pt.
DD54	W części północnej twardoplastyczne grunty spoiste lodowcowe, od północy na średniozagęszczonych piaskach. W części południowej (od otworu DD54/5) piaski od drobnych do grubych, pospółki z lokalnymi przewarstwieniami gruntów zastoiskowych i lodowcowych. Zw. wód na głębokości 1,7 ÷ 2,1 m p.pt, lokalne sączenia w obrębie gruntów spoistych. W obniżeniach terenu przypowierzchniowe torfy i piaski humusowe do głębokości 0,3 m.
DD57	W podłożu na twardoplastycznych i plastycznych glinach występują średniozagęszczone piaski. Zw. wody na gł. 1,5 ÷ 1,7 m ppt. Lokalne przewarstwienia twardoplastycznych pyłów.
DD58	W podłożu na twardoplastycznych glinach lodowcowych i zastoiskowym pyle występują średniozagęszczone piaski. Zw. wody występuje na gł. 1,0 m ppt.
DD59	W podłożu na twardoplastycznym pyle zastoiskowym występują średniozagęszczone piaski i piaski próchniczne. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 1,5 m ppt.
DD60	W podłożu na twardoplastycznych i plastycznych glinach lodowcowych występują średniozagęszczone piaski. Zw. wody na stropie gruntów spoistych na gł. 1,0 m ppt oraz poniżej warstwy glin na głębokości 1,2 m ppt.
DDOUA2	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny lodowcowe i zastoiskowe pyły z zawodnionymi piaskami średnimi na stropie. Zw. wód na stropie gruntów spoistych stabilizuje się na gł. 0,8 m ppt.
DS./WA-301	Pod nasypami występują twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe, w części południowej na twardoplastycznych pyłach zastoiskowych występują średniozagęszczone piaski. Sączenia w obrębie glin lodowcowych.

Tabela 9-2. Opis warunków gruntowo – wodnych w podłożu obiektów inżynierskich i towarzyszących

Rodzaj obiektu	Obiekt	Opis warunków gruntowo-wodnych
Obiekty inżynierskie	WD-297	W podłożu występują twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe i pyły zastoiskowe, przewarstwione średnio- i zagęszczonymi piaskami. Zw. wód pod glinowego poziomu wodonośnego na gł. 15,8 m ppt.
	PG-298	W podłożu twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe, przypowierzchniowo występują luźne piaski i średniozagęszczone pospółki. Brak przejawów zawodnienia. W obrębie gruntów spoistych występują soczewki piaszczyste.
	WD-299	W podłożu twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe, przypowierzchniowo występują średniozagęszczone piaski. Brak przejawów zawodnienia. W obrębie gruntów spoistych występują soczewki piasków średnio i bardzozagęszczonych.
	WD-300	W podłożu twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe, w spągu półzwaite, przypowierzchniowo występują luźne i średniozagęszczone piaski. W obrębie gruntów spoistych występują zawodnione soczewki piasków bardzozagęszczonych. Zw. wód występuje również na stropie gruntów spoistych na głębokości 1,6 m ppt.
	WA-301	Pod warstwa nasypów występują lodowcowe grunty spiste w stanie od miękkoplastycznych do półzwaitych, przewarstwione średniozagęszczonymi i zagęszczonymi piaskami. W obrębie gruntów spoistych występują sączenia.
	PZSd6	W podłożu twardoplastyczne, plastyczne i miękkoplastyczne gliny lodowcowe, lokalnie z soczewkami średniozagęszczonych piasków. Na glinach, pod przypowierzchniową warstwą nasypów, warstwa piasków w stanie od luźnego do zagęszczonego, piaski zawodnione od głębokości 1,8 ÷ 2,9 ppt. W otworze PZSd6/1 od głębokości 4,6 warstwa podglinowych zawodnionych zagęszczonych piasków.
	KP-302	W podłożu twardoplastyczne gliny lodowcowe, na których występują średniozagęszczone piaski przewarstwione plastycznymi glinami. Piaski zawodnione od głębokości 2,2 m ppt. W obrębie gruntów spoistych występują soczewki piaszczyste.
	WA-303	W podłożu pod twardoplastycznymi i plastycznymi glinami lodowcowymi występują piaski średniozagęszczone do zagęszczonych przewarstwione miękkoplastycznymi gruntami lodowcowymi. Zw. wód ma charakter swobodny i stabilizuje się 9,4÷ 9,5 m ppt.
	WD-304	W podłożu pod twardoplastycznymi i plastycznymi glinami lodowcowymi i plastycznymi pyłami zastoiskowymi występują piaski i pospółki średniozagęszczone przewarstwione twardoplastycznymi gruntami lodowcowymi. Zw. wód ma charakter swobodny i stabilizuje się 5,3÷ 5,5 m ppt.
	MA-305	W podłożu twardoplastyczne gliny lodowcowe. Na glinach, pod przypowierzchniową warstwą nasypów i lokalnie 0,5 m warstwą torfów, występuje warstwa piasków w stanie od luźnego do bardzozagęszczonego, piaski zawodnione od głębokości 1,2 ÷ 2,0 ppt. Piaski przewarstwione są pyłami zastoiskowymi w stanie od miękkoplastycznego do półzwaitego.

Rodzaj obiektu	Obiekt	Opis warunków gruntowo-wodnych
	WD-306	W podłożu piaski od luźnych do zagęszczonych, przewarstwione plastycznymi gruntami lodowcowymi.
	WA-307	W podłożu występują gliny lodowcowe w stanie od miękkoplastycznego do twardoplastycznego oraz zastoiskowe twardoplastyczne pyły. W obrębie gruntów spoistych występują soczewki i przewarstwienie średniozagęszczonych i zagęszczonych piasków. Piaski nawodnione od głębokości 8,9 ÷ 9,0 m ppt.
	WD-308	W podłożu twardoplastyczne, plastyczne i miękkoplastyczne gliny lodowcowe, z soczewkami średniozagęszczonych i zagęszczonych piasków. Na glinach, pod przypowierzchniową warstwą nasypów, warstwa piasków w stanie luźnym. W obrębie gruntów spoistych występują sączenia.
	WA-309	W podłożu twardoplastyczne i półzwarte gliny lodowcowe oraz twardoplastyczne pyły. Na glinach, pod przypowierzchniową warstwą nasypów występują bardzozagęszczone pospółki. Między glinami występują średniozagęszczone piaski i pospółki, zawodnione od głębokości 11,7 ppt.
	WD-310	W podłożu dominują piaski od średnio- do bardzozagęszczonych i zagęszczone pospółki, położone nad i pod glinami lodowcowymi w stanie twardoplastycznym, w spągu znajdują się twardoplastyczne pyły. Zw. wody na gruntach spoistych – na głębokości 3,6 ÷ 9,0 m ppt.
	PZDdz4	W podłożu dominują piaski i pospółki od średnio- do zagęszczonych położone nad i pod glinami lodowcowymi w stanie plastycznym, lokalnie przewarstwione glinami twardoplastycznymi. Zw. wody na gruntach spoistych – na głębokości 2,4 m ppt.
	MA-311	W podłożu twardoplastyczne i półzwarte gliny lodowcowe. Na glinach, pod warstwą nasypów i torfów występują średniozagęszczone i zagęszczone piaski, przewarstwione glinami plastycznymi. Piaski zawodnione od głębokości 4,0 m ppt.
	PZDg2	W podłożu twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe, lokalnie pyły. Na glinach średniozagęszczone i zagęszczone piaski i pospółki przewarstwione pyłami w stanie twardoplastycznym. Piaski zawodnione od głębokości 2,3 ÷ 2,6 m ppt.
	WD-312	W podłożu twardoplastyczne i plastyczne gliny lodowcowe. Na glinach, pod warstwą nasypów i torfów występują luźne, średniozagęszczone i zagęszczone piaski, przewarstwione pyłami w stanie od plastycznego do półzwartego. Piaski zawodnione od głębokości 1,7 ÷ 2,2 m ppt. Poniżej glin występują średniozagęszczone zawodnione piaski i pospółki.
	PZSd2	W podłożu dominują piaski średniozagęszczone, lokalnie luźne, przewarstwione glinami miękkoplastycznymi i twardoplastycznymi. Zw. wody na na głębokości 1,4 m ppt.
	WA-313	W podłożu miękkoplastyczne i plastyczne, podrzędnie twardoplastyczne pyły oraz miększe grunty organiczne (namuły i torfy). Poniżej gruntów organicznych i spoistych średniozagęszczone piaski, przewarstwione twardoplastycznymi glinami lodowcowymi. Zw. wód na stropie gruntów spoistych na głębokości 0,8 ÷ 1,8 m ppt.

Rodzaj obiektu	Obiekt	Opis warunków gruntowo-wodnych
	MA-314	W podłożu miękkoplastyczne i plastyczne, podrzędnie twardoplastyczne pyły i gliny pylaste przykryte piaskami luźnymi i średniozagęszczonymi. Poniżej gruntów spoistych średniozagęszczone piaski, przewarstwione twardoplastycznymi glinami lodowcowymi. Zw. wód na głębokości 0,8 ÷ 4,3 m ppt.
	WD-315	W podłożu plastyczne, twardoplastyczne i miękkoplastyczne gliny lodowcowe. Na glinach występują piaski luźne. Poniżej glin średniozagęszczone piaski i pospółki przewarstwione pyłami w stanie plastycznym. Zw. wód napięte, stabilizuje się na głębokości 6,0 m ppt.
	WD-316	W podłożu gliny lodowcowe w stanie od miękkoplastycznego do półzwarłego. Na glinach występują piaski luźne. Sączenia w obrębie gruntów spoistych.
Zbiorniki	Z/Sr-B-04	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny lodowcowe. Brak przejawów zawodnienia.
	Z/Si-B-01	W podłożu pod warstwą gleby występują średniozagęszczone piaski o miąższości 0,5 m na twardoplastycznych glinach lodowcowych. Brak przejawów zawodnienia.
	Z/Sr-B-13a	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny lodowcowe. Brak przejawów zawodnienia.
	Z/Sr-B-24	W podłożu pod warstwą gleby występują średniozagęszczone piaski o miąższości 0,7 m na twardoplastycznych glinach lodowcowych. Brak przejawów zawodnienia.
	Z/Si-B-02	W podłożu pod warstwą gleby występują zawodnione piaski na twardoplastycznych glinach lodowcowych. Zw. wód od głębokości 2,9 m p.p.t
	Z/Sr-B-38	W podłożu pod glebą występują średniozagęszczone piaski o miąższości m, zawodnione od głębokości 2,0 m p.pt. Piaski są przewarstwione twardoplastycznymi pyłami zastoiskowymi.
	Z/Sr-B-39	W podłożu pod przypowierzchniową warstwą namułu występują średniozagęszczone piaski o miąższości 2,9 m położone na plastycznych i twardoplastycznych zastoiskowych pyłach. Piaski zawodnione od głębokości 1,2 m p.pt.
	ZB.K-01	W podłożu pod warstwą gleby występują twardoplastyczne gliny lodowcowe. Brak przejawów zawodnienia.
Obwód utrzymania autostrady		W podłożu na twardoplastycznych i półzwarłych glinach lodowcowych oraz twardoplastycznych i plastycznych zastoiskowych glinach i pyłach występują średniozagęszczone piaski. Zw. wód podziemnych na stropie gruntów spoistych, na głębokości 2,7 m p.pt.

Woda gruntowa w pokrywach czwartorzędowych to woda gruntowa gromadząca się w kompleksach piasków na glinach lodowcowych (I poziom wodonośny) oraz grawitacyjna woda wsiąkowa (sączenia) o zwierciadle nieciągłym, lokalnie woda występująca w kompleksie piaszczystym poniżej glin (II poziom wodonośny) Na większości obszaru woda podziemna występuje płytko w osadach piaszczystych a poziom jej stabilizuje się na głębokości od 0,4 do 9,5 m p.p.t. W większości otworów

badawczych zw. wód ma charakter swobodny. Lokalnie w miejscach płytkiego występowania powoduje istnienie stałych podmokłości.

W poniższej tabeli zestawiono występowanie wody gruntowej w wykonanych otworach badawczych.

Tabela 9-3. Położenie zwierciadła wody w otworach geotechnicznych

Nazwa otworu	Zwierciadło nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło ustabilizowane [m p.p.t.]	Sączenia [m p.p.t.]
Z/Sr-B-39	1,2	1,2	
Z/Sr-B-38	2,0	2,0	
Z/Sr-B-38	5,0		
Z/SI-B-02	2,9	2,9	
PZSd2/2	1,4	1,4	
PZDg2/3	2,6	2,6	
PZDg2/3	3,3		
PZDg2/3	9,4		
PZDg2/2	2,3	2,3	
PZDg2/2	3,8		
PZDg2/2	13,4		
PZDg2/1	2,2	2,2	
PZDg2/1	4,2		
PZDg2/1	13,0		
OUA-3			1,3
OUA-2	2,7	2,7	
O/WD-316/1			2,7
O/WD-315/2	6,2	6,0	
O/WD-315/2	8,5		
O/WD-312/1	1,7	1,7	
O/WD-312/1	2,7		
O/WD-310/2	3,6	3,6	
O/WD-310/2	12,8		
O/WD-308/1			6,5
O/WD-304/3	5,3	5,3	
O/WD-304/1	5,5	5,5	
O/WD-304/1	8,7		
O/WD-300/1			3,2
O/WD-299/1			2,3
O/WD-299/1	9,7	8,8	
O/WD-297/1			2,5
O/WD-297/1			7,8
O/WD-297/1	15,8	15,8	
O/WA-313/1	1,8	1,8	
O/WA-313/1	3,8		
O/WA-313/1	7,6		
O/WA-313/1	14,3		
O/WA-313/1	23,0		
O/WA-309/2			4,2
O/WA-309/2	11,7	11,7	
O/WA-307/1	9,0	9,0	
O/WA-307/1	2,7	2,7	
O/WA-303/1	9,5	9,5	

Nazwa otworu	Zwierciadło nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło ustabilizowane [m p.p.t.]	Sączenia [m p.p.t.]
O/WA-301/9	3,6	3,6	
O/WA-301/9	18,5	4,2	
O/PZSd6/4	2,9	2,9	
O/PZSd6/1	1,8	1,8	
O/PZSd6/1	4,6		
O/PZDdz4/2	2,4	2,4	
O/PZDdz4/2	10,7		
O/MA-314/3	13,2		
O/MA-314/3	4,3	4,3	
O/MA-311/2	4,0	4,0	
O/MA-311/2	7,6		
O/MA-305/3	2,0	2,0	
O/MA-305/1	1,7	1,7	
O/KP-302/1	2,2	2,2	
DS/WA-301/1			2,5
DDOUA2/1	0,8	0,8	
DD60/4	1,0	1,0	
DD60/3			0,7
DD60/1	1,2	1,2	
DD59/1	1,5	1,5	
DD58/2	1,0	1,0	
DD57/3	1,5	1,5	
DD57/3			2,0
DD57/2	1,0	1,0	
DD57/1	2,0	1,7	
DD54/9	1,8	1,8	
DD54/8	2,1	2,1	
DD54/7			0,1
DD54/7	1,8	1,4	
DD54/3			2,0
DD54/2	1,3	1,3	
DD54/2			1,7
DD54/10	1,7	1,7	
DD54/1	0,9	0,9	
DD50/6	1,7	1,7	
DD50/5			1,4
DD50/4	2,3	2,3	
DD50/3	2,9	2,9	
DD50/2	0,4	0,4	
DD50/1	0,4	0,4	
DD49/8	2,3	2,3	
DD49/7	1,8	1,8	
DD49/6	2,5	2,5	
DD49/4	2,2	2,2	
DD49/3	2,2	2,2	
DD49/3	2,5		
DD49/2	2,2	2,2	
DD49/1	1,1	1,1	
DD48/1	0,5	0,5	

Nazwa otworu	Zwierciadło nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło ustabilizowane [m p.p.t.]	Sączenia [m p.p.t.]
DD48/1	4,1		
DD47/8	1,0	1,0	
DD47/7	1,6	1,6	
DD43/2			2,2
DD42/5			0,8
DD42/4			1,0
DD42/1			2,0
DD41/2	1,5	1,5	
DD41/1			1,8
DD40/8	1,3	1,3	
DD40/7			1,7
DD40/6			1,5
DD40/5			1,7
DD40/2	1,0	1,0	
DD40/1	1,8	1,8	
DD38/2	0,6	0,6	
DD36/2	2,5	1,7	
DD35/3	1,4	1,4	
DD35/2	1,4	1,4	
DD35/1	1,5	1,5	
DD30/9			1,8
DD30/8	2,7	1,7	
DD30/7	2,2	2,2	
DD30/6	1,0	1,0	
DD30/5	0,9	0,9	
DD30/4	1,7	1,7	
DD30/3	1,5	1,5	
DD30/2	2,0	2,0	
DD30/12	1,0	1,0	
DD30/10			2,0
DD30/1	3,2	3,2	
DD26/9	2,0	2,0	
DD26/8			1,6
DD26/6	2,2	1,7	
DD26/1	1,2	1,2	
DD25/8	1,4	1,4	
DD25/7			2,8
DD25/4			2,2
DD23/3			2,5
DD22/1			1,5
DD21/5			2,2
DD21/3			2,1
DD21/1	1,4	1,4	
DD20/1	1,2	1,2	
DD19/2	0,8	0,8	
DD19/1			1,6
DD17/4			1,6
DD10/6	1,4	1,4	
DD10/4			2,0

Nazwa otworu	Zwierciadło nawiercone [m p.p.t.]	Zwierciadło ustabilizowane [m p.p.t.]	Sączenia [m p.p.t.]
DD10/2	1,9	1,9	
DD10/15	1,3	1,3	
DD10/11			2,3
DD10/10			2,1
DD10/1			2,3
DD07/8			1,2
DD07/7			2,5
DD07/3	1,7	1,7	
DD07/2	2,1	2,1	
DD07/12	1,5	1,5	
DD07/11	2,4	1,7	
DD07/1	2,1	2,1	
DD06/P	1,6	1,6	
DD06/9	1,2	1,0	
DD06/6	1,6	1,6	
DD06/5	1,2	1,2	
DD06/11	1,8	1,8	
DD06/10	1,5	1,2	
DD05/1	1,6	1,6	
DD03/6	1,6	1,6	
DD03/5	2,7	2,7	
DD03/4			2,5
DD03/3	2,7	2,7	
DD03/1			2,0
C/WD-316/2			4,3
C/WD-316/2			3,2
C/WD-312/2	2,2	2,2	
C/WD-312/2	12,2		
C/WD-310/1	9,0	9,0	
C/WD-310/1	10,4		
C/WD-300/2	1,6	1,6	
C/WD-300/2	5,9	5,9	
C/WD-300/2	12,7		
C/WD-297/2	24,6	24,6	
C/WA-313/2	0,8	0,8	
C/WA-313/2	12,5		
C/WA-309/1			6,7
C/WA-307/2	8,9	8,9	
C/WA-303/2	9,4	9,4	
C/WA-301/2			4,3
C/WA-301/1			9,2
C/PZSd6/2	2,9	2,9	
C/PG-298/2			2,3
C/MA-305/4	1,4	1,4	
C/MA-305/4	13,9		
C/MA-305/2	1,2	1,2	

W czasie wykonywania robót należy zachować zasady pozwalające na bezpieczne wykonanie robót.

Wykopy o głębokości około 2 metrów mogą nie być obudowane pod warunkiem zachowania

bezpiecznego nachylenia skarp. W przypadku wykopu w gruntach niespoistych skarpy wykopu muszą być dość łagodne i wynosić około 40°. W gruntach spoistych nachylenie skarp wykopu może być bardziej strome choć nie zaleca się aby przekraczało 60°. Wykopy o większym nachyleniu skarp należy zabezpieczyć przed osuwaniem się gruntu.

Należy także pamiętać o zabezpieczeniu skarp i dna wykopu przed warunkami atmosferycznymi. Najprostszym sposobem jest przykrycie ich folią zabezpieczającą przed wodą opadową, wymywaniem i podmywaniem.

W skarpach wykopu należy wyznaczyć i odpowiednio wyprofilować półki technologiczne i pochylene zjazdowe do dna wykopu. Łagodne wyprofilowanie tych elementów pozwoli zachować stateczność skarp.

Dno wykopu w gruntach spoistych powinno się ukształtować pod niewielkim spadkiem, rzędu kilku promili, tak aby woda swobodnie spływała do jednego miejsca, gdzie należałoby wykonać studnie zbiorczą pozwalającą na swobodne odpompowanie wody.

Woda utrzymująca się na dnie wykopu powoduje uplastycznienie się gruntu i tym samym pogorszenie jego właściwości. Ostatnie 10 – 20 cm wykopu należy wykonywać ręcznie lub koparkami posiadającymi gładkie łyżki, tak aby nie zniszczyć struktury gruntu i tym samym nie pogorszyć jego właściwości. Dno wykopu wykonane w ten sposób zapewni też swobodny odpływ wody.

9. Zalecenia i wnioski

1. „Dokumentację badań podłoża gruntowego...” wykonano w HPC POLGEOL Spółka Akcyjna., 03-908 Warszawa, ul. Berezyńska 39, na zlecenie TRAKT Sp. z o.o., S. K., ul. Jesionowa 9a, 40-159 Katowice. Inwestorem planowanej inwestycji jest Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Łodzi, ul. Irysowa 2, 91-857 Łódź.
2. W dokumentacji przedstawiono wyniki łącznie 1378 m.b. wierceń geotechnicznych, w 196 wierceń pod drogi lokalne i serwisowe do głębokości 3 ÷ 6 m, o łącznym metrażu 594 mb, 8 wierceń pod zbiorniki o głębokości 6 ÷ 8 m o łącznym metrażu 50 mb; 43 wiercenia pod obiekty inżynierskie o głębokości 10 ÷ 25,5 m o łącznym metrażu 719 mb; 3 wiercenia pod obwód utrzymania autostrady o głębokości do 5 m, o łącznym metrażu 15 mb.
3. W podłożu projektowanych dróg przeważają proste warunki gruntowo wodne. Warunki złożone I występują lokalnie w podłożu obiektów inżynierskich. Występują tu na ogół oprócz nośnych warstw gruntów, grunty słabonośne oraz nienośne, wykształcone w postaci gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym grunty organiczne.

4. Technologia wykonania wykopu powinna być dobrana na etapie projektu budowlanego z uwzględnieniem rodzaju gruntu oraz rodzaju, rozmiaru i głębokości wykopu gruntu oraz ukształtowania terenu.
5. Ocena warstw znajdujących się w poziomie posadowienia oraz wybór sposobu posadowienia należy do Projektanta w zależności od obliczeń nośności oraz osiadań dla planowanych dróg oraz obiektów.
6. Wykopy pod projektowane drogi należy wykonać z zachowaniem ich stateczności, uwzględniając dopuszczalne nachylenie skarp. Grunty na dnie wykopu należy chronić przed opadami i przemarzaniem.
7. Wykonane otwory geotechniczne dają punktowe rozpoznanie podłoża, natomiast wykonane przekroje geotechniczne stanowią interpretację tych materiałów. Należy więc brać pod uwagę możliwość występowania gruntów słabonośnych/organicznych w rejonach rowów, cieków, mimo że nie zostały one stwierdzone podczas prac terenowych.
8. Przedstawione w niniejszej dokumentacji wyniki badań potwierdziły zgodność wcześniejszego rozpoznania geologicznego oraz pozwoliły na uzyskanie głębszego rozpoznania pod obiekty inżynierskie. Powyższe informacje pozwolą na optymalizację elementów projektu (roboty ziemne, zakresy wymian, wzmocnienia, konstrukcji nawierzchni).

10. Spis wykorzystanych materiałów

1. Baraniecka M. D., 1971 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Kamieńsk (736) wraz z objaśnieniami; WG, Warszawa.
2. Gajowiec B., 2002 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Gorzkowice (737) wraz z objaśnieniami; PIG Warszawa.
3. Kacprzak L., Janica D. & Ładoń A., 2006 – Mapa występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego Polski w skali 1:50 000, ark. Kamieńsk (736) wraz z objaśnieniami; PIG, Warszawa.
4. Kondracki J., 2011 – Geografia regionalna Polski. PWN. Warszawa.
5. Krawczyk J., 2008 – Mapa występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego Polski w skali 1:50 000, ark. Gorzkowice (737) wraz z objaśnieniami; PIG, Warszawa.
6. Krawczyk J., Zdechlik M., 2008 – Mapa występowania i hydrodynamiki pierwszego poziomu wodonośnego Polski w skali 1:50 000, ark. Radomsko (737) wraz z objaśnieniami; PIG, Warszawa.
7. Kurkowski S. & Popielski W., 1991 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Gorzkowice (737) wraz z objaśnieniami; WG, Warszawa.

8. Mikuła E. & Siwy-Będkowska K., 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Kamieńsk (736) wraz z objaśnieniami; PIG, Warszawa.
9. Mikuła E. & Siwy-Będkowska K., 2000 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Radomsko (773) wraz z objaśnieniami; PIG, Warszawa.
10. Pieczonka P., Woźniak K., Pietrusiewicz – Woszczak M., 2012 – Dokumentacja geotechniczna dla potrzeb projektu posadowienia obiektów inżynierskich w ciągu autostrady A1 na odcinku B od węzła „Bełchatów” z wyłączeniem węzła „Bełchatów” do węzła „Kamieńsk” wraz z węzłem od km 351+800 do km 376+000, PGI Piotr Janiszewski Sp. J., Łódź.
11. Skrzypczyk L., (red.), 2008 – Mapa Głównych Zbiorników Wód Podziemnych; PIG, Warszawa.
12. Stupnicka E., 1997 - Geologia regionalna Polski, Wyd. UW.
13. Wągrowski A., 1987 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Rzejowice (774) wraz z objaśnieniami; WG, Warszawa.
14. Wągrowski A., 1990 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Radomsko (773) wraz z objaśnieniami; WG, Warszawa.
15. Wysokiński L. i inni, 2008 – Dokumentacja geologiczno-inżynierska uszczegóławiająca na potrzeby projektowania autostrady A-1 na odcinku od km 295+850 węzeł „Stryków” do km 399+743 granica województwa śląskiego wraz z istniejącym odcinkiem autostrady A-1 węzeł „Tuszyn” – węzeł „Piotrków” od km 336+000 do km 347+700.”, Instytut Techniki Budowlanej, Państwowy Instytut Geologiczny, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, SEGI-AT Sp. z o.o. Warszawa
16. Żuk J i inni, 2011 - Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla potrzeb projektowanej autostrady A1 Tuszyn – Pyrzowice ODCINEK B: węzeł Bełchatów (bez węzła) – węzeł Kamieńsk (z węzłem) od km 351+800 od km 376+000”, SEGI-AT Sp. z o.o., Warszawa.