

Rozpoznawanie warunków geologiczno-inżynierskich projektowanych obiektów tunelowych – rozważania nad podejściem dokumentacyjnym

Sebastian Kowalczyk¹, Krzysztof Cabalski¹, Michał Radzikowski¹



S. Kowalczyk



K. Cabalski



M. Radzikowski

Engineering geological conditions recognizing of designed tunnel facilities – considerations on a documentation approach. *Prz. Geol.*, 72: 798–804; doi: 10.7306/2024.69

Abstract. The article discusses the issue of recognition of engineering geological conditions for the implementation of tunnel investments. It was noted that despite the spread of tunnel construction in Poland, there is still no unambiguous, precise and widely used definition of a tunnel. It was pointed out that as of 2018, a number of industry guidelines (general, road, rail) for the investigation and recognition of the subsoil are in force in Poland. These guidelines are extensive and not always mutually consistent. The arti-

cle discusses important but marginalized activities in the engineering geological documentation process for tunnel construction. Among other things, reference is made to the analysis of archival materials, geological mapping, locating boreholes, taking parameters or making hydrogeological observations. The examples presented in the article prove that it is impossible to predict all possible potential geohazards in the guidelines. An instrumental approach to provisions in the guidelines can result in the omission of many important natural issues. Therefore, when documenting, great emphasis should be placed on the knowledge, experience and independence of the documenting engineering geologist.

Keywords: tunnels, engineering geological investigation

Problematyka rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby realizacji inwestycji tunelowych stanowi dziś istotną i aktualną kwestię. Świadczy o tym znacząco rosnąca liczba realizowanych inwestycji tunelowych jak również poruszanie tej tematyki na konferencjach branżowych. W bieżącym roku, podczas VI. Międzynarodowego Forum Tunelowego (<https://kongresdrogowy.pl/vi-miedzynarodowe-forum-tunelowe/>) jedna z sesji została poświęcona rozpoznaniu geologicznemu, geotechnicznemu i hydrologicznemu inwestycji tunelowych. Inna z sesji dotyczyła aspektów prawnych w zakresie inwestycji tunelowych, z uwzględnieniem Ustawy prawo geologiczne i górnicze (pgg) i jej wpływu na inwestycje tunelowe w Polsce. Notabene tylko jeden z pośród kilkunastu współautorów referatów jest uprawnionym geologiem inżynierskim, co potwierdza, że problematyka rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby realizacji inwestycji tunelowych jest postrzegana jako ważka. Niemniej jednak, o tym jak powinno się rozpoznawać budowę geologiczną oraz jak określać warunki geologiczno-inżynierskie powinni się wypowiedzieć przede wszystkim specjaliści w tej tematyce.

TUNELE W POLSCE

Obecny rozkwit budownictwa tunelowego w Polsce jest związany z wieloma zmianami zapoczątkowanymi na przełomie lat 80. i 90 XX wieku. Wpłynęły one na dostęp do finansowania tego typu inwestycji, dostęp do nowych technologii, a także ogólny rozwój gospodarczy, w tym infrastrukturalny (ryc. 1, tab. 1). Tunele ze względu na cel ich

budowy (Siemińska-Lewandowska, 2019a) dzieli się ogólnie na:

- komunikacyjne (np. żeglowne, kolejowe, drogowe, metro: szlakowe i stacyjne, tramwajowe, dla pieszych i inne);
- transportowe (służące do celów: budownictwa hydrotechnicznego, zaopatrzenia w wodę, gospodarki ściekowej, ochrony przed geozagrożeniami, naukowych, rekreacyjnych, ochrony środowiska).

Zauważyć należy, że pomimo upowszechnienia w Polsce budownictwa tunelowego, wciąż nie ma jednoznacznej, precyzyjnej i powszechnie stosowanej definicji tunelu. W literaturze i przepisach prawa pojawiają się różne próby, są one jednak często bardzo nieprecyzyjne, a czasem wręcz ze sobą sprzeczne.

Prof. Anna Siemińska-Lewandowska (2019a) podaje dość obszerną definicję tunelu za Stamatello (1970), która wskazuje, że *jest to budowla podziemna o charakterze liniowym służąca celom komunikacyjnym lub transportowym*. Podobną definicję znaleźć można w polskiej normie (PN-S-02203:1997) *budowla podziemna o charakterze liniowym, która służy celom komunikacyjnym lub transportowym, niezależnie od metody wykonania*.

Dużo mniej precyzyjna definicja pojawia się w art. 3 obecnie obowiązującej Ustawy prawo budowlane, gdzie tunel jest budowlą, czyli obiektem budowlanym niebędącym budynkiem lub obiektem małej architektury (Ustawa, 1994). Również definicje tuneli, podawane w aktach prawnych w odniesieniu do dróg publicznych, są bardzo mało precyzyjne np. *tunel – budowla przeznaczona do przeprowadzenia drogi przez przeszkodę lub pod przeszkodą* (Rozporządzenia, 2022) lub *tunel – budowla przeznaczona do przeprowadze-*

¹Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; s.kowalczyk@uw.edu.pl, ORCID ID: 0000-0002-9835-1479; krzysztof.cabalski@uw.edu.pl, ORCID ID: 0000-0002-2360-0573; michal.radzikowski@uw.edu.pl, ORCID ID: 0000-0001-6471-7447

nia drogi przez lub pod przeszkodą, oznaczoną odpowiednimi znakami (Ustawa, 1997).

Obszerna definicja tunelu pojawiła się w dokumencie online „Opis potrzeb i wymagań dla projektowania tuneli”, który został opracowany przez Zespół tunelowy działający od 2021 r. w GDDKiA (<https://www.gov.pl/attachment/fbe6bb49-d609-48df-a6c8-318c48a44d78>):

Tunel Drogowy – obiekt budowlany składający się z:

- *podziemnych naw i korytarzy tunelu, którymi prowadzone są jezdnie autostrady/ drogi ekspresowej,*
- *niezbędnych budynków i budowli (zbiorników, czerpni, wyrzutni, budynków technicznych),*
- *infrastruktury towarzyszącej (sieci i przyłączy),*
- *zatoki postojowej przed wjazdem do tunelu dla każdej ze stron do kontroli pojazdów (na dojeździe do tunelu z obydwu jego stron, na odcinkach drogi poza konstrukcjami oporowymi i przed przejazdem awaryjnym zatokę dla pojazdów ciężarowych, umożliwiającą kontrolę pojazdu oraz ewentualny jego postój),*
- *bez których nie jest możliwe właściwe i bezpieczne funkcjonowanie obiektu, zgodnie z jego przeznaczeniem.*

Definicja powyższa odnosi się jednak do szczególnego przypadku, jakim są tunele autostradowe i dróg ekspresowych.

Bardzo ogólna definicja tunelu – podana dla tuneli kolejowych – znajduje się w publikacji PKP (Standardy...): *tunel liniowy – obiekt inżynierski umożliwiający przeprowadzenie linii kolejowej pod powierzchnią terenu.*

Warto dodatkowo przypomnieć, że od 28.10.2023 r. zaczęły obowiązywać znowelizowane zapisy Ustawy pgg (Ustawa, 2011). Jedną z wprowadzonych zmian jest wymóg, że wszystkie nowo drążone tunele mają zostać objęte nadzorem urzędów górniczych, z czego wynika, że prace tunelowe muszą być traktowane jako roboty górnicze. W myśl zmienionych przepisów drążenie tunelu będzie wykonywane na podstawie Planu Ruchu Zakładu Górniczego, a kierować nimi będzie kierownik Ruchu Zakładu Górniczego. Na ogół pozytywnie odbierana zmiana przepisów ma zagwarantować bezpieczeństwo związane z zagrożeniami, występującymi przy drążeniu tuneli, w tym m.in.: wodnymi, gazowymi, pyłowymi, pożarowymi itd. Powstają przy tym jednak wątpliwości związane z zakresem kompetencji kierownika budowy i kierownika Ruchu Zakładu Górniczego. Konieczne staje się wypracowanie zasad współpracy i podziału obowiązków, jak również odpowiedzialności w zakresie budowy pomiędzy te dwie osoby. Należy dodać, że definicja tunelu nie jest podana również w tej ustawie.

Niedawna zmiana Ustawy pgg powoduje, że konieczna staje się pilna zmiana i rozszerzenie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Rozporządzenia), m.in. tak, aby na etapie dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich i hydrogeologicznych istniały podstawy do rozpoznawania zagrożeń typowo górniczych. Przykładem koniecznych do wprowadzenia w tym zakresie zmian jest przypadek tunelu na trasie S-19 Rzeszów–Babica, gdzie dopiero w trakcie projektowania prac odwodnieniowych, związanych z budową tunelu, ujawniono występowanie metanu i zidentyfikowano zagrożenie metanem. Obecnie nigdzie nie jest w sposób jednoznaczny i oczywisty wyartykułowana konieczność rozpoznania warunków metanowych na etapie projektowania budowy tuneli lub innych obiektów inżynierskich, nawet na obszarach górniczych lub perspektywicznych w zakresie jego występowania.

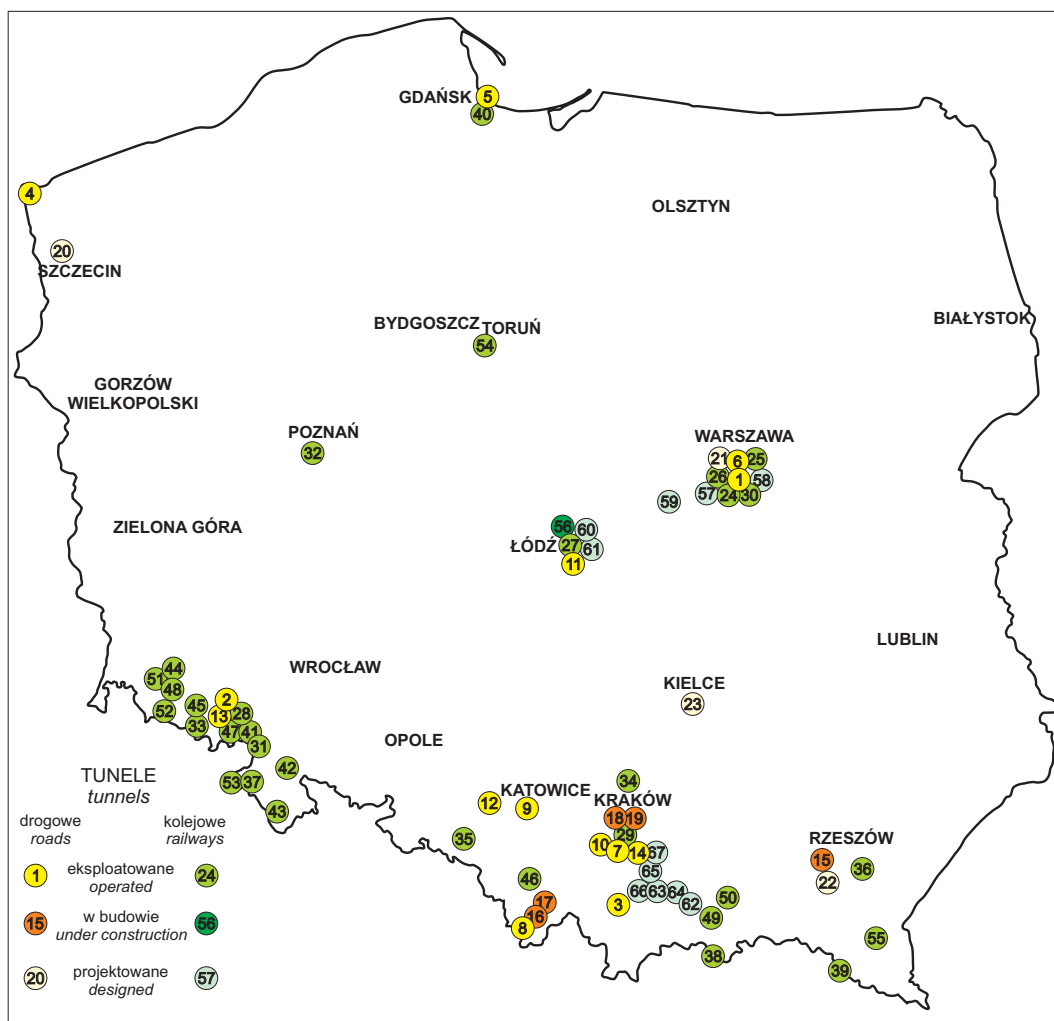
Brak jednoznacznej definicji tunelu w najbliższym czasie będzie generował wiele problemów formalnych, kompetencyjnych i prawnych. W interpretacji różnych organów ten sam obiekt budowlany będzie mógł być interpretowany jako tunel lub nie. Będzie to również wpływało bezpośrednio na sposób i zakres rozpoznania geologicznego i geotechnicznego, przebieg procesów administracyjnych oraz budowę.

Jednym z przykładów może być Południowa Obwodnica Warszawy i odcinek „wawerski”, gdzie węzeł „Patriotów” – na potrzeby wydania „decyzji środowiskowej” – był traktowany jako tunel, zaś – na potrzeby projektu budowlanego – już jako wanna szczelna i wiadukty drogowe i kolejowe.

ISTNIEJĄCE WYTYCZNE

Ostatnie lata to okres, w którym gwałtownie wzrosła liczba nowych wytycznych dotyczących rozpoznania i badania podłoża gruntowego. Za pierwsze opracowanie tego typu, które pojawiło się w Polsce można uznać „Przepisy o ustalaniu przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa” (1971). Następnie w 1998 r. ukazała się „Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych” (Kłosiński, Grzegorzewicz, 1998). Rok później została opublikowana „Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej” (Bażyński i in., 1999). Kilka lat później zostały wprowadzone wytyczne rozpoznawania podłoża inwestycji dróg ekspresowych i autostrad (Zarządzenie nr 58, 2015). 27 czerwca 2019 r. Dyrektor GDDKiA podpisał zarządzenie nr 22 w sprawie wprowadzenia do stosowania w GDDKiA „Wytycznych badań podłoża budowlanego na potrzeby budownictwa drogowego”, składających się z 3 tomów (Wytyczne, 2019). W międzyczasie, w 2018 r., została wydana książka „Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego” (Majer i in., 2018) wprowadzająca wymagania Eurokodu 7 do praktyki dokumentowania geologiczno-inżynierskiego. W ostatniej dekadzie zostały także opublikowane wytyczne badań podłoża gruntowego na potrzeby budowy infrastruktury kolejowej (Wytyczne, 2016) oraz dla kolei dużych prędkości (Majer, Sokołowska, 2021, 2023). Z powyższego zestawienia wynika, że od 2018 r. obowiązuje wiele wytycznych branżowych dotyczących badań i rozpoznawania podłoża gruntowego. Wytyczne te są dość obszernymi opracowaniami, niekoniecznie wewnątrznie spójnymi. Następstwem wdrożenia wytycznych w codzienną praktykę zawodową jest zwiększenie roli badań podłoża w procesie inwestycyjnym, standaryzacja badań i procesu dokumentowania podłoża budowlanego (Majer i in., 2023). Jest to niewątpliwie pozytywny efekt, choć wydaje się, że wymaga dalszego dopracowywania.

Tendencja pisania wytycznych idzie w kierunku zastąpienia podręczników. Nie uwzględnia wiedzy, doświadczenia dokumentatorów. Instrumentalne podchodzenie do zapisów może skutkować pominięciem wielu istotnych zagadnień przyrodniczych. Niewystarczające badanie podłoża (zarówno gruntu, jak i skał) może skutkować opóźnieniami i dodatkowymi kosztami, chociaż zdarzyć się to może również, gdy rozpoznanie jest prawidłowe. Jednak uznaje się, że nawet obszerne badania geologiczno-inżynierskie i geotechniczne nie gwarantują zerowego ryzyka geologicznego. Przeprowadzenie oceny geozagrożeń na wczesnym etapie planowania projektu może pomóc w dalszym złagodzeniu



Ryc. 1. Lokalizacja tuneli drogowych i kolejowych w Polsce (eksploatowanych, w budowie, planowanych), zgodnie z wykazem w tabeli 1
Fig. 1. Location of road and railway tunnels in Poland (operated, under construction, designed), as listed in Table 1

ewentualnych skutków ich wystąpienia (Quick i in., 2004; Forcael i in., 2018; McDermot i in., 2020). Nie sposób jednak przewidzieć w wytycznych wszystkich potencjalnych geozagrożeń, a tym bardziej wykonywania badań podczas rozpoznawania podłoża pod kątem wszystkich geozagrożeń – nawet takich, które na danym obszarze nie mają prawa wystąpić. Tym bardziej przy wykonywaniu dokumentacji nie powinniśmy – jako dokumentatorzy – tracić „funkcji celu” na rzecz „checklisty”.

MARGINALIZOWANE KWESTIE DOKUMENTOWANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEGO NA POTRZEBY BUDOWY TUNELI

Kartowanie

W ostatnich latach autorzy niniejszej publikacji obserwują z niepokojem spadek znaczenia (jeśli wręcz nie całkowity zanik) kartowania geologicznego w ramach dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich. Umiejętność kartowania geologicznego to przecież podstawowa zdolność każdego geologa nabywana w trakcie nauki, która później, w ramach pracy zawodowej, nie jest właściwie wykorzystywana. Kartowanie geologiczne, obejmujące m.in.

analizę numerycznego modelu terenu, zdjęć lotniczych i satelitarnych, wykonanie obserwacji morfologicznych, geologicznych, hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich oraz sozologicznych, bez wykonywania robót geologicznych lub w powiązaniu z wykonywanymi robotami geologicznymi, jest w stanie dostarczyć na każdym etapie rozpoznawania podłoża istotnych informacji związanych z budową geologiczną. Kartowanie jest szczególnie istotne w przypadku wszystkich obiektów znacznie zagłębionych poniżej powierzchni terenu, w tym właśnie tuneli. Obecnie kartowanie geologiczne przeważnie ogranicza się do interpretacji wyników wykonanych wierceń i ich przedstawieniu na odpowiedniej mapie tematycznej wymaganej aktami wykonawczymi do Ustawy pgg. Pozyskane z wierceń informacje często nie są nawet skonfrontowane z morfologią terenu, nie mówiąc już o wykonaniu obserwacji w obszarach przyroległych i powiązaniu tych danych ze sobą. Znane są autorom przypadki, gdzie kluczowe informacje geologiczne dla realizacji inwestycji, w tym budowy tuneli, zostały pominięte, bo nie zinwentaryzowano i nie przeanalizowano informacji z istniejących po obu stronach drogi odkrywek, oddalonych od projektowanego pasa drogowego zaledwie o kilkadziesiąt metrów.

Należy przy tym wspomnieć o merytorycznej wartości obserwacji dokonywanych w odsłonięciach, gdzie możemy

Tab. 1. Tunele drogowe i kolejowe w Polsce (eksploatowanych, w budowie, planowanych)
Table 1. Road and railway tunnels in Poland (operated, under construction, designed)

Tunele drogowe eksploatowane <i>Roads tunnels operated</i>			Tunele drogowe w budowie <i>Roads tunnels under construction</i>		
lp.	Obiekt <i>Object</i>	Długość [m] <i>Length</i>	lp.	Obiekt <i>Object</i>	Długość [m] <i>Length</i>
1	Tunel S2 w Warszawie	2335	15	Tunel T-1 S19 Rzeszów Płd Babica	2300
2	Tunel TS-26 S3 Bolków Kamienna Góra	2300	16	Tunel TD-2 S1 Przybędza Miłowka	1000
3	Tunel pod Luboniem Małym	2058	17	Tunel TD-1 S1 Przybędza Miłowka	830
4	Tunel pod Świną	1780	18	Tunel TS-04 S52 Modlnica Mistrzejowice	653
5	Tunel pod Martwą Wisłą	1377	19	Tunel TS-14 S52 Modlnica Mistrzejowice	496
6	Tunel Wisłostrady	900	Tunele drogowe planowane <i>Roads tunnels designed</i>		
8	Tunel Emilia	678	20	Tunel S6 Police Święta	5000
9	Tunel Katowicki	657	21	Tunel S7 Kielpin Trasa AK	1123
10	Tunel TD-03 Trasy Łagiewnickiej	522	22	Tunel S19 Luteza Domaradz	990
11	Tunel w ciągu ul. Hasa	500	23	Tunel S74 Kielce Zach Bocianek	500
12	Tunel DTŚ w Gliwicach	493			
13	Tunel TS-32 S3 Bolków Kamienna Góra	310			
14	Tunel TD-12 Trasy Łagiewnickiej	209			
Tunele kolejowe ukończone <i>Railways tunnels operated</i>					
24	Tunel linii M1 Metra Warszawskiego	23000	48	Tunel Pilchowicki I	187
25	Tunel linii M2 Metra Warszawskiego	19000	49	Tunel w Kamionce Wielkiej (Kamionkowski)	180
26	Tunel Średnicowy w Warszawie	2310	50	Tunel Bobowski	160
27	Tunel stacji Łódź Fabryczna	2250	51	Tunel Pilchowicki II	154
28	Tunel pod Małym Wołowcem (Jedliński)	1601	52	Tunel w Szklarskiej Porębie (Szklarski)	145
29	Tunel Krakowskiego Szybkiego Tramwaju	1420	53	Tunel Lewiński	80
30	Tunel do Lotniska Chopina	1183	54	Tunel Toruński	51
31	Tunele pod Świerkową Kopą (Świerczański)	1171	55	Tunel Uherski	50
32	Tunel trasy tramwajowej os. Lecha-Franowo	1067	Tunele kolejowe w budowie <i>Railways tunnels under construction</i>		
34	Tunel pod Białą Górą (Kozłowski)	764	56	Tunel Średnicowy w Łodzi	7500
35	Tunel w Rydułtowach (Rydułtowski)	727	Tunele kolejowe planowane <i>Railways tunnels designed</i>		
37	Tunel w Kulinie Kłodzkim (Kuliński)	577	57	Tunel KDP Warszawa	10000
38	Tunel w Żegiestowie (Żegiestowski)	514	58	Nowa Linia Średnicowa w Warszawie	6000–12000
39	Tunel kolejowy w Łupkowie	416	59	Tunel przy Lotnisku CPK	2500
40	Tunel kolejowo-drogowy w Gdańsku	400	60	Tunel dalekobieżny w Łodzi	5200
41	Tunel pod Sajdakiem (Głuszycy)	380	61	Tunel KDP w Łodzi	4600
42	Tunel Bardzki	364	62	Tunel T13 Limanowa Męcina	3860
43	Tunel w Długopolu-Zdroju (Bystrzycki)	360	63	Tunel T5 Wilkowisko	3830
44	Tunel w Górze Zamkowej Wleń	320	64	Tunel T12 Tymbark Łososina Górna	1900
45	Tunel k. Trzeńska (Wojanowski)	293	65	Tunel T2 Gruszów	1370
46	Tunel Bielski	268	66	Tunel T4 Stróża +T7-T9 i T10-T11	1050
47	Tunel w Unisławiu Śląskim (Unisławski)	262	67	Tunel T1 Suchoraba	900

obserwować przestrzenny obraz budowy geologicznej w porównaniu do otworów wiertniczych, w których jednak obraz ten ma charakter punktowy.

Ten spadek zainteresowania kartowaniem geologicznym i pozyskiwaniem informacji z istniejących elementów terenowych wynika przede wszystkim ze sposobu finansowania prac związanych z dokumentowaniem warunków podłoża budowlanego, gdzie przede wszystkim wyceniane

są i finansowane przez Inwestora wiercenia badawcze oraz sondowania. Najczęściej istnieje prosty przelicznik 1 metra bieżącego wiercenia udokumentowanego, a wszystko inne jest uwzględniane niejako w ryczałcie za 1 metr wiercenia. W związku z powyższym firmy wykonujące dokumentację geologiczną nie są zainteresowane przeprowadzaniem prac kartografii geologicznej, gdyż są one niejako gratisowym dodatkiem do wykonanych wierceń.

Analiza materiałów archiwalnych

Podobny, jak w przypadku kartowania geologicznego, problem obserwuje się przy analizie materiałów archiwalnych. Kluczowe dla dokumentowania informacje są często trudno dostępne i wymagają czasochłonnych poszukiwań w różnych archiwach. Tymczasem w przypadku tuneli mogą one mieć istotne znaczenie przy rozpoznaniu podłoża, zaprojektowaniu, budowie i późniejszej eksploatacji obiektu (<https://www.archiwum.gddkia.gov.pl>). Wykonane w przeszłości badania geologiczne, analiza zmian w morfologii, istniejące kiedyś na danym obszarze wyrobiska, sztolnie, składowiska, zakłady przemysłowe (Radzikowski i in., 2017; Zawrzykraj i in., 2022) mają w tym zakresie fundamentalne znaczenie i przekładają się na koszty i warunki budowy oraz bezpieczeństwo eksploatacji. Tymczasem, podobnie jak w przypadku kartowania geologicznego, są one wykonywane jako dodatkowy, wymagany – „przez przepisy prawa i wytyczne lub instrukcje – bezpłatny element „Projektu robót geologicznych...” bądź „Programu badań geotechnicznych...”. Stąd też niechęć dokumentatorów i firm wykonujących dokumentację do podejmowania trudu związanego z odszukaniem, interpretacją i wykorzystaniem materiałów archiwalnych. Najczęściej analiza materiałów archiwalnych ogranicza się do pozyskania i przekopiowania, często nawet bez ich gruntownej analizy, ogólnie dostępnych map geologicznych, hydrogeologicznych i geośrodowiskowych, udostępnianych na stronach internetowych przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

Dodatkowo obserwuje się w tym zakresie tendencję przerzucania odpowiedzialności za analizę materiałów archiwalnych na przyszłego wykonawcę prac budowlanych, powołując się na jego doświadczenie i możliwość wglądu do materiałów ogólnodostępnych. Prowadzi to w oczywisty sposób do sytuacji spornych i wielu rozszczeń w zakresie nieprzewidywalnych warunków fizycznych na budowie.

Przykładem szampowego podejścia do analizy materiałów archiwalnych i nie wykraczanie poza wymagania wytycznych może być rozpoznanie podłoża pod budowę tunelu na drodze S19. Z informacji medialnych wiadomo, że podczas prac budowlanych stwierdzono występowanie metanu. Mapy powszechnie stosowane jako materiał archiwalny i dostarczające podstawowych danych wyjściowych z zakresu geologii oraz danych geośrodowiskowych tj. *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, Mapa Geośrodowiskowa Polski* – na której jedną z warstw tematycznych jest ocena warunków podłoża budowlanego, nie wskazują występowania geozagrożeń związanego z ekshalacją gazu ziemnego. Teren inwestycji budowanego tunelu na S19 znajduje się na obszarze Koncesji na poszukiwanie i rozpoznanie złóż kopalni objętych własnością górnictwa – nr koncesji: 28/96/Ł (Biuletyn Informacji Publicznej Ministerstwa Klimatu i Środowiska). Trzeba jednak wyraźnie zaznaczyć, że zestawione informacje dotyczą złóż gazów ziemnych w rozumieniu Ustawy pgg, gdzie: *złożem kopaliny – jest naturalne nagromadzenie minerałów, skał oraz innych substancji, których wydobywanie może przynieść korzyść gospodarczą*. W przypadku metanu, który został stwierdzony w studniach odwadniających tunel, ilości prawdopodobnie są dużo mniejsze i nie dają podstawy do kwalifikowania ich jako złóż kopaliny. Badanie zawartości stężeń gazu w powietrzu glebowym, podobnie jak i pomiary sejsmiczności, nie są standardową procedurą, pomimo że

wiedza o występowaniu węglowodorów w Karpatach jest powszechna, podobnie jak fakt, że na tym obszarze są odnotowywane wstrząsy sejsmiczne.

Przyjmowane parametry

Innym dość często obserwowanym problemem w dokumentowaniu warunków geologicznych jest przyjmowanie zbyt niskich wartości parametrów fizyczno-mechanicznych skał i gruntów. Przy określaniu charakterystycznych parametrów geotechnicznych (z zastosowaniem ostrożnego szacowania) obserwuje się często „zaniżanie” parametrów, tak, aby być „po bezpiecznej stronie”. Problem pojawia się w przypadku, gdy bardziej niekorzystne są te wyższe wartości parametru, a nie te niższe. Podanie zbyt niskich parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych prowadzi do złej oceny np. w zakresie urabialności masywu skalnego lub gruntowego. Problem urabialności gruntów i skał jest osobnym zagadnieniem, ale przy określaniu parametrów ośrodka gruntowo-skalnego należy o nim pamiętać, gdyż efekty zbyt ostrożnego szacowania mogą być w rzeczywistości bardzo kosztowne w skutkach. Bardzo istotną sprawą jest chociażby „banalny” parametr gęstości objętościowej gruntów lub skał. Panuje przyzwyczajenie, związane z określaniem nośności podłoża dla bezpośredniego posadowienia obiektów budowlanych, do podawania raczej niższych wartości tego parametru, gdyż jego wyższa wartość wpływa na wyższą nośność podłoża. Tymczasem w przypadku tuneli, ale również w przypadku nasypów i wielu innych budowli, parametr ten staje się niekorzystny, gdyż związany jest z obciążeniem wywieranym na obiekt. Znane są nam przypadki, gdzie zaniżona już przy określaniu parametrów charakterystycznych wartość gęstości była dodatkowo obniżana przy określaniu parametrów obliczeniowych i dopiero ten parametr służył obliczeniom obciążenia od gruntu/skał. Należy pamiętać, że właściwie do ostatniej chwili mogą zmieniać się rozwiązania budowlane związane z realizacją inwestycji – parametr, który na etapie wykonywania rozpoznania geologicznego wydawał się korzystny, na etapie budowy i użytkowania będzie już musiał być inaczej traktowany.

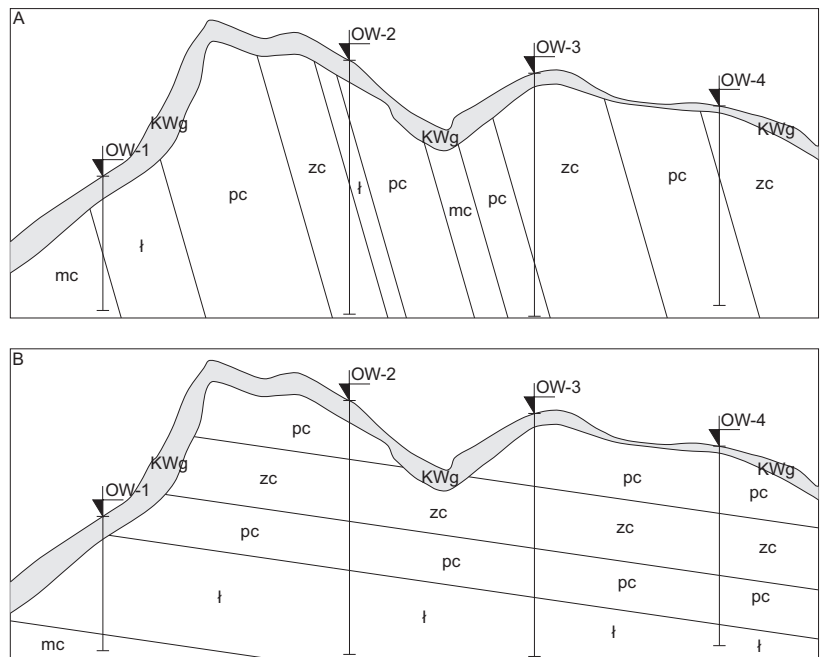
Rozstaw otworów

Oczywistym się wydaje, że podejście do dokumentowania powinno się różnić w zależności od tego, czy tunel ma przebiegać przez grunty czy skały. Inne podejście do dokumentowania, w zależności od ośrodka geologicznego, powinno się także odnosić do wierceń w zakresie technologii ich wykonywania, jak i rozstawu czy kierunku (pionowe, kierunkowe). Wydaje się, że nie ma większego sensu podawania dokładnego rozstawu siatki wierceń w wytycznych. Podejście do tego zagadnienia powinno być zdroworozsądkowe i przyrodnicze (duże upady warstw – małe rozstawy, małe upady – otwory mogą być rozgęszczone). Rozstaw otworów powinien być powiązany z morfologią. Wykonywanie wierceń w równej siatce może skutkować pominięciem pozyskania ważnych informacji geologicznych (ryc. 2, 3). Podobnie i w przypadku glacytektoniki, zmienności obocznej i facjalnej skał i gruntów – poprawnie oceniać może geolog. Kolejnym zagadnieniem, dotyczącym wierceń na potrzeby obiektów tunelowych, jest ich wykonywanie w nawiązaniu do lokalizacji obiektu – punkty dokumentacyjne nie powinny być rzutowane, gdyż

może to prowadzić do błędów w rozpoznaniu i kosztownych konsekwencji na etapie realizacji. Przykładem może być II linia metra w Warszawie i tunel Wisłostrady (Siemińska-Lewandowska, 2019b). Decydujący głos w sprawie rozstawu i lokalizacji wierceń powinien należeć do dokumentującego geologa inżynierskiego i być poprzedzony dokładną analizą materiałów archiwalnych, wizją i wywiadem terenowym oraz kartowaniem, przy dużej znajomości szczegółów zamierzenia budowlanego.

Prowadzenie obserwacji hydrogeologicznych

W przypadku budownictwa tunelowego niezwykle istotną kwestią są warunki hydrogeologiczne. Mają one kluczowy wpływ na rozwiązania projektowe, wykonawstwo i eksploatację tuneli. Niestety bardzo często zauważany jest zbyt krótki okres wykonywania obserwacji hydrogeologicznych na etapie poprzedzającym budowę tych obiektów. Często daleko idące wnioski są wysnuwane na podstawie jednorocznych obserwacji poziomu wód podziemnych. W obecnie zmieniających się warunkach klimatycznych, meteorologicznych oraz postępujących zmianach antropogenicznych rok obserwacji jest okresem zdecydowanie za krótkim. Może on przypadać na obserwowane długotrwałe okresy suszy i /lub okresowe nawalne opady atmosferyczne, czy też obejmować obniżone zwierciadło wody gruntowej na skutek odwadniania innej, pobliskiej inwestycji. Na przestrzeni wielolecia wahania poziomu wód podziemnych, ale także ich chemizm, mogą być zupełnie inne, niż jesteśmy w stanie to stwierdzić w przypadkowo wybranym roku. Równie istotną kwestią, związaną z monitoringiem wód podziemnych, jest częstotliwość wykonywania pomiarów. Na obszarach górskich, gdzie krążenie wód podziemnych ma miejsce przede wszystkim systemem szczelinowym lub krasowym, zmiany poziomów wód mogą następować błyskawicznie po opadach i równie szybko po ich zaniku powracać do stanu pierwotnego. Zdaniem autorów obserwacje hydrogeologiczne – prowadzone na etapie przygotowania inwestycji tunelowej – powinny obejmować kilkuletni okres przed etapem projektowym i być prowadzone możliwie często, najlepiej w sposób ciągły i zautomatyzowany. Warto wspomnieć, że problem przedziału czasowego prowadzonych badań monitoringowych pojawia się nie tylko w przypadku obserwacji hydrogeologicznych, ale także w przypadku np. powierzchniowych ruchów masowych.

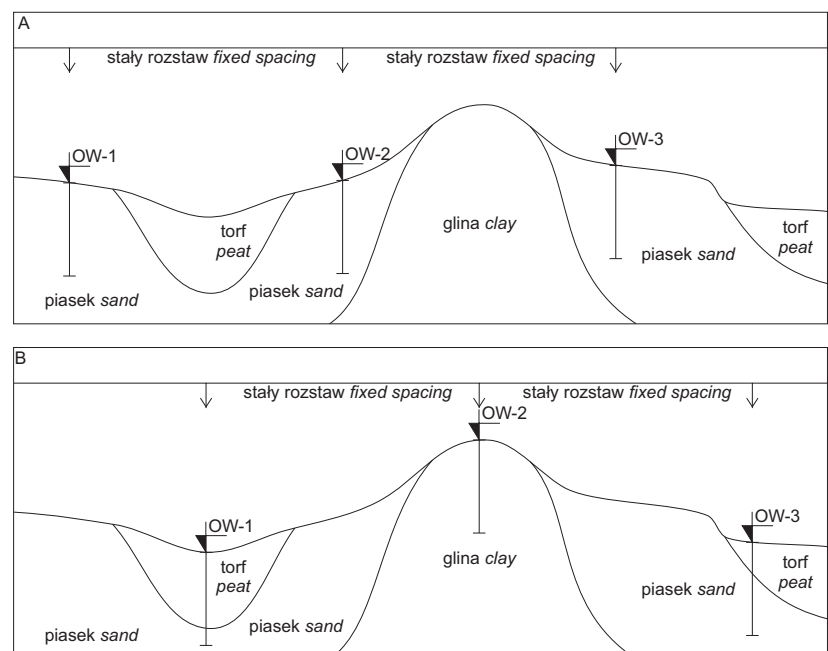


Ryc. 2. Porównanie jakości rozpoznania w zależności od upadu warstwy przy stałym rozstawie otworów wiercniczych

A – upad zbliżony do pionowego; **B** – upad zbliżony do poziomego; OW-1 – nr otworu; zc – zlepieniec; pc – piaskowiec; ł – łupek; mc – mułowiec; KWg – zwietrzelina gliniasta

Fig. 2. Comparison of the reconnaissance quality depending on the layer fall at constant borehole spacing

A – fall close to vertical; **B** – fall close to horizontal; OW-1 – borehole number; zc – conglomerate; pc – sandstone; ł – slate; mc – mudstone; KWg – residual clay soil



Ryc. 3. Lokalizowanie otworów przy stałym rozstawie punktów

A – lokalizacja otworów w oderwaniu od morfologii terenu – błędy w dokumentowaniu; **B** – lokalizacja otworów nawiązująca do morfologii terenu; OW-1 – nr otworu

Fig. 3. Locating boreholes at fixed point spacing

A – location of boreholes in detachment from terrain morphology – errors in documentation; **B** – location of boreholes related to the terrain morphology; OW-1 – borehole number

PODSUMOWANIE

Rozpoznawanie warunków geologiczno-inżynierskich w obszarze projektowanych obiektów tunelowych będzie coraz częstszym zagadnieniem podczas dokumentowania. Wprowadzenie powszechnie dostępnych wytycznych do codziennego użytku bez wątplenia podniosło jakość oraz standaryzację dokumentowania podłoża budowlanego. Należy jednak krytycznie odnieść się do instrumentalnego podejścia niektórych dokumentatorów, projektantów i inwestorów. W niniejszym artykule wskazano liczne przykłady, w których dokumentowanie miało charakter „checklisty”. Takie podejście jest wygodne i poniekąd zdejmuje odpowiedzialność z dokumentatora, prowadząc niekiedy do zaniku funkcji celu, jakiemu ma służyć rozpoznanie. Autorzy niniejszego artykułu uważają, że wytyczne powinny mieć charakter ogólny, a przy dokumentowaniu powinien być położony duży nacisk na wiedzę, doświadczenie i niezależność dokumentującego geologa inżynierskiego. Pilna wydaje się kwestia aktualizacji Rozporządzenia w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej poprzez dodanie paragrafu dotyczącego dokumentowania dla obiektów tunelowych. W naszej opinii należy uwzględnić zagadnienia poruszone w niniejszym artykule, w szczególności rozpoznawania zagrożeń typowo górniczych przy określaniu warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby posadowienia tuneli.

LITERATURA

BAŻYŃSKI J., DRĄGOWSKI A., FRANKOWSKI Z., KACZYŃSKI R., RYBICKI S., WYSOKIŃSKI L. 1999 – Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
Biuletyn Informacji Publicznej Ministerstwa Klimatu i Środowiska; https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/koncesje_geologiczne/raporty_i_zestawienia/2022/8-2022/31.08.2022
FORCAEL E., MORALES H., AGDAS D., RODRÍGUEZ C., LEÓN C. 2018 – Risk identification in the Chilean tunneling industry. *Eng Manage J.*, 30 (3): 203–215.
<https://www.archiwum.gddkia.gov.pl/a/41126/odkrylismy-sztolnie-w-drazonym-tunelu-w-ciagu-s3-na-dolnym-slasku> (dostęp na dzień: 01.08.2024)
<https://www.gov.pl/attachment/fbe6bb49-d609-48df-a6c8-318c48a44d78> (dostęp na 25.06.2024)
<https://bip.mos.gov.pl/koncesje-geologiczne/mapy-koncesji-na-poszukiwanie-rozpoznawanie-i-wydobywanie-kopalin-ze-zloz-pliki-jpeg-i-shapefile/> (dostęp na 01.08.2024)
<https://kongresdrogowy.pl/vi-miedzynarodowe-forum-tunelowe/> (dostęp na 01.08.2024)
KŁOŚIŃSKI B., GRZEGORZEWICZ K. 1998 – Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa.
MAJER E., SOKOŁOWSKA S. (red.) 2021 – Wytyczne rozpoznania i badań podłoża budowlanego dla inwestycji kolejowych dużych prędkości. Wydanie 1. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa; <https://www.cpk.pl/aktualnosci-2/spolka-cpk-przedstawila-wytyczne-badan-podloza-budowlanego-dla-kdp>
MAJER E., SOKOŁOWSKA S. (red.) 2023 – Wytyczne rozpoznania i badań podłoża budowlanego dla inwestycji kolejowych dużych prędkości. Wydanie 2. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa; <https://www.cpk.pl/aktualnosci-2/spolka-cpk-przedstawila-wytyczne-badan-podloza-budowlanego-dla-kdp>

czy, Warszawa; <https://www.cpk.pl/aktualnosci-2/spolka-cpk-przedstawila-wytyczne-badan-podloza-budowlanego-dla-kdp>
MAJER E., ROGUSKI A., SOKOŁOWSKA M. 2023 – Wprowadzenie do problematyki badania i rozpoznania podłoża budowlanego inwestycji kolejowych. *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, 4: 42–45.
MAJER E., SOKOŁOWSKA M., FRANKOWSKI Z., BARAŃSKI M., BESTYŃSKI Z., OSTROWSKI S., PASIECZNA A., PIETRZYKOWSKI P., PRZYLUCKA M., BŁACHNIO O., CHADA M., CZARNIAK P., DZIEKAN-KAMIŃSKA E., JAROS M., JUDKOWIAK M., ŁUKAWSKAA., MAJER K., PACANOWSKI G., PIECHOTA A., ROGUSKIA., RYŻYŃSKI G., SAMEL I., SOKOŁOWSKI J., SZABŁOWSKA M., SZLASA M. 2018 – Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
MCDERMOT E., AGDAS D., RODRÍGUEZ DÍAZ C.R., ROSE T., FORCAEL E. 2020 – Improving performance of infrastructure projects in developing countries: an Ecuadorian case study. *International Journal of Construction Management*, 22 (13): 2469–2483; <https://doi.org/10.1080/15623599.20.11797985>
PN-S-02203:1997 – Tunele komunikacyjne Terminologia i klasyfikacja.
PRZEPISY, 1971 – Przepisy o ustalaniu przydatności gruntów dla potrzeb budownictwa. Centralny Urząd Geologii, Wydawnictwa Geologiczne.
QUICK H., MICHAEL J., PRINZ H., ARSLAN U. 2004 – Tunnelling for German High Speed Railway Lines – A General Report. *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 4; <https://scholarsmine.mst.edu/icchge/5icchge/session06/4>
RADZIKOWSKI M., CABALSKI K., KOWALCZYK S. 2017 – Geologia obszarów miejskich: przykłady z aglomeracji warszawskiej. *Prz. Geol.*, 65(10/2): 883–889.
ROZPORZĄDZENIE, 2022 – Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych. *Dz.U. z dnia 20 lipca 2022 r.*, poz. 1518.
ROZPORZĄDZENIE, 2016 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. *Dz.U. 2016 poz. 2033*.
SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA A. 2019a – Budownictwo tunelowe. *Mosty*, 28–33.
SIEMIŃSKA-LEWANDOWSKA A. 2019b – Miejskie inwestycje tunelowe w Polsce. *Budownictwo, Technologie, Architektura*, 3: 46–50.
STAMATELLO H. 1970 – Tunele i miejskie budowle podziemne. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
STANDARDY techniczne szczegółowe warunki techniczne dla modernizacji lub budowy linii kolejowych do prędkości $V_{max} \leq 250$ km/h, tom III. Kolejowe obiekty inżynieryjne. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
USTAWA, 2011 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U. z 2023 r. poz. 633, 1688, 2029, z 2024 r. poz. 834*.
USTAWA, 1994 – Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane. *Dz.U. z 2024 r. poz. 725, 834*.
WYTYCZNE, 2016 – Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej Igo-1, PKP PLK S.A., Warszawa; <https://www.plk-sa.pl/klienci-i-kontrahenci/akty-prawne-i-przepisy/instrukcje-pkp-polskich-linii-kolejowych-sa/geologia-inzynierska>
WYTYCZNE, 2019 – Wytyczne badań podłoża budowlanego w drogownictwie; Część 1. Praca zbiorowa PIG, AGH, PW; <https://www.pgi.gov.pl/dokumenty-pig-pib-all/projekty/rid-projekt/7248-wytyczne1-dokumentowanie/file.html>
ZARZĄDZENIE nr 58, 2015 – Zarządzenie nr 58 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dn. 23 listopada 2015 r. w sprawie dokumentacji do realizacji.
ZARZĄDZENIE nr 22, 2019 – Zarządzenie nr 22 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dn. 27 czerwca 2019 r. w sprawie wprowadzenia do stosowania w GDDKiA „Wytycznych badań podłoża budowlanego na potrzeby budownictwa drogowego”.
ZAWRZYKRAJ P., RYDELEK P., BĄKOWSKAA., CABALSKI K. 2022 – Ettringite as a factor causing structural strengthening of fluvial sand from the Praski terrace (Warsaw, Poland). *Acta Geologica Polonica*, 72 (4): 519–528; doi: 10.24425/aggp.2022.142648

Praca wpłynęła do redakcji 06.08.2024 r.
Akceptowano do druku 23.12.2024 r.