

Wojciech Grodecki*, Anna Siemińska-Lewandowska*

KSZTAŁCENIE KADR INŻYNIERSKICH W DZIEDZINIE BUDOWNICTWA PODZIEMNEGO NA POLITECHNICE WARSZAWSKIEJ

Specjalizacja Budownictwo Podziemne jest prowadzona na Politechnice Warszawskiej od 1951 roku. Nestorem i twórcą tego kierunku był profesor Henryk Stamatello. Jego kultywowane od początku kariery zawodowej zainteresowanie budownictwem podziemnym zaowocowało przyjęciem propozycji profesora Radzimira Piętkowskiego zatrudnienia od września 1949 roku na stanowisku starszego asystenta w kierowanej przezeń Katedrze Mechaniki Gruntów i Fundamentowania na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Warszawskiej. W 1951 roku powstała Katedra Budownictwa Podziemnego, której profesor Henryk Stamatello był wieloletnim kierownikiem. W latach 1951–1960 pełnił on funkcję dziekana i prodziekana Wydziału Budownictwa Lądowego. W 1959 roku doszło do reorganizacji, a w jej wyniku do utworzenia Katedry Mostów i Budowli Podziemnych. Fakt ten zbiegł się z propozycją objęcia przez Prof. Stamatello kierownictwa Katedry Wodociągów i Kanalizacji na ówczesnym Wydziale Inżynierii Sanitarnej i Wodnej, do czego doszło w roku 1960, a którą to funkcję Profesor pełnił do emerytury. Katedrą Mostów i Budowli Podziemnych, w której istniał Zakład Budowli Podziemnych (obok Zakładu Mostów Betonowych i Zakładu Mostów Metalowych), kierował prof. Zbigniew Wasiutyński, a następnie prof. Franciszek Szelański. W latach 70. w wyniku kolejnych zmian organizacyjnych na Politechnice Warszawskiej utworzono na Wydziale Inżynierii Lądowej cztery instytuty, a wśród nich Instytut Dróg i Mostów, w którego strukturach znalazł się Zakład Mostów i Budowli Podziemnych kierowany przez prof. Henryka Czudka.

10 lat później Zespół Budownictwa Podziemnego wszedł w skład Zakładu Geotechniki i Budowli Podziemnych, którego kierownikiem przez wiele lat był prof. Zbigniew Grabowski.

W niezmienionej od tego czasu strukturze prowadzone są zajęcia dydaktyczne z następujących przedmiotów:

- *podstawy budownictwa podziemnego* na studiach dziennych I stopnia, w wymiarze 15 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 6,

* Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Warszawska, Warszawa

- *podstawy budownictwa podziemnego* na studiach zaocznych, w wymiarze 20 godzin wykładów i 10 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 8,
- *podstawy budownictwa podziemnego* na studiach wieczorowych, w wymiarze 15 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 8,
- *budowle podziemne* na studiach magisterskich uzupełniających, w wymiarze 10 godzin wykładów i 10 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 3,
- *budowle podziemne* na studiach dziennych II stopnia, w wymiarze 30 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 1 i 2,
- *zabezpieczanie stateczności ścian wykopów* na studiach dziennych II stopnia, w wymiarze 15 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń projektowych w semestrze 2,
- *komputerowe wspomaganie projektowania budowli podziemnych* jako przedmiot obieralny, na studiach dziennych II stopnia, w wymiarze 2 godzin ćwiczeń laboratoryjnych w grupach po 12 osób, w semestrze 3,
- *mechanika skał* jako przedmiot obieralny na studiach dziennych II stopnia, w wymiarze 15 godzin wykładów i 15 godzin ćwiczeń w semestrze 3,
- *wybrane zagadnienia budownictwa podziemnego* jako przedmiot obowiązkowy na studiach dziennych II stopnia, w wymiarze 30 godzin zajęć zintegrowanych w semestrze 3,
- seminarium dyplomowe oraz prace magisterskie na studiach dziennych II stopnia w semestrze 4.

Karty programowe wszystkich wymienionych powyżej przedmiotów znajdują się na stronie internetowej wydziału <http://www.il.pw.edu.pl>. Karty przedmiotów prowadzonych na studiach dziennych I stopnia przedstawiono w tabeli 1, a II stopnia w tabeli 2.

W ramach specjalizacji *Mosty i Budowle Podziemne* na studiach dziennych II stopnia oprócz zajęć z podanych wyżej przedmiotów wykonywane są corocznie magisterskie prace dyplomowe. Ich liczba zależy od studentów wybierających tę specjalizację. Od kilku lat jest to od 5 do 10 dyplomantów, przy liczebności grupy sięgającej 30 osób.

Przykładowe tematy prac dyplomowych prowadzonych w Zespole Budownictwa Podziemnego podano poniżej:

- *Analiza wpływu budowy stacji metra A15 na zachowanie się konstrukcji budynku „Arsenał”;*
- *Stacja metra A19 Marymont — Projekt koncepcyjny;*
- *Kotwy iniekcyjne — konstrukcja i badania;*
- *Analiza stanu przemieszczeń wspornikowej ściany szczelinowej w ciągu Drogowej Trasy Średnicowej w Katowicach;*
- *Analiza przemieszczeń ściany oporowej tunelu drogowego w ciągu DTŚ w Katowicach;*
- *Zastosowanie teorii zbiorów losowych w obliczeniach metody elementów skończonych do symulacji budowy tunelu;*
- *Bezpieczeństwo pożarowe w tunelach drogowych;*
- *Koncepcja budowy tunelu drogowego w Lublinie.*

TABELA 1
Studia I stopnia (stacjonarne)

Nazwa przedmiotu	Podstawy budownictwa podziemnego					
Typ przedmiotu	Obowiązkowy					
Poziom przedmiotu	zaawansowany					
Rok studiów, semestr	Rok IV, semestr 7 i 8					
Liczba punktów ECTS						
Metody nauczania	W	C	L	P	liczba tygodni	razem godzin
	1 godz. / tydzień	1 godz. / tydzień	1 godz. / tydzień	1 godz. / tydzień	15	30
Język wykładowy	polski					
Imię i nazwisko osoby odpowiedzialnej za przedmiot	prof. ndzw. dr hab. Anna Siemińska-Lewandowska Instytut Dróg i Mostów					
Wymagania wstępne	Przed rozpoczęciem nauki przedmiotu, student powinien zaliczyć następujące przedmioty: geologię, wytrzymałość materiałów, mechanikę budowli i geotechnikę. Pożądane byłoby również zaliczenie praktyki geotechnicznej. Nie powinno się dopuszczać sytuacji studiowania awansem bez zaliczenia któregośkolwiek z tych przedmiotów					
Cele przedmiotu	W wyniku zaliczenia przedmiotu student nabywa wiedzę niezbędną do koncepcyjnego projektowania i wykonawstwa budowli podziemnych tzn. tuneli i podziemnych obiektów kubaturowych oraz znajomość technologii i podstaw projektowania głębokich wykopów w budownictwie komunikacyjnym i ogólnym					
Treści merytoryczne przedmiotu	<p><u>Tematyka wykładów:</u> rys historyczny (1), podstawowe pojęcia i definicje, klasyfikacja tuneli (2), studia wstępne, geologiczne i ekonomiczne dla potrzeb budownictwa podziemnego (2), zasady wentylacji tuneli drogowych (2), zasady oświetlania tuneli drogowych (2), zasady kształtowania przekroju poprzecznego tunelu (2), zasady wyznaczania obciążeń stropu i ścian tuneli płytko i głęboko posadowionych (2) klasyfikacja metod budowy tuneli (1), klasyfikacja i konstrukcja sztolni (1)</p> <p><u>Tematyka ćwiczeń projektowych:</u> metody górnicze — NMA, belgijska, paryska (2), metody odkrywkowe i metody budowy głębokich wykopów — berlińska klasyczna, berlińska odmiana hamburska, ścian szczelinowych klasyczna, top & down, wąskich wykopów deskowanych (6), metody specjalne (2), zmechanizowane metody budowy tuneli (2), projekt koncepcyjny ściany głębokiego wykopu (3)</p>					
Metody oceny	Oceny pracy studenta na podstawie wykonanego projektu konsultowanego podczas semestru oraz obrony i kolokwium zaliczeniowego. Końcowe zaliczenie na podstawie egzaminu pisemnego i ustnego					
Spis zalecanych lektur	Stamatello H., Tunele i miejskie budowle podziemne Bartoszewski, Lessaer, Tunele i przejścia podziemne w miastach Jarominiak, Lekkie konstrukcje oporowe Wilun Z., Zarys geotechniki					

TABELA 2

Studia II stopnia (stacjonarne)

Nazwa przedmiotu	<i>Budowle podziemne</i>					
Typ przedmiotu	<i>Obowiązkowy</i>					
Poziom przedmiotu	<i>zaawansowany</i>					
Rok studiów, semestr	<i>Rok I studiów II stopnia, semestr 1 i 2</i>					
Liczba punktów ECTS						
Metody nauczania	W	C	L	P	liczba tygodni	razem godzin
	<i>2 godz. / tydzień</i>			<i>1 godz. / tydzień</i>	30	90
Język wykładowy	polski					
Imię i nazwisko osoby odpowiedzialnej za przedmiot	<i>prof. ndzw. dr hab. Anna Siemińska-Lewandowska Instytut Dróg i Mostów</i>					
Wymagania wstępne	<i>Przed rozpoczęciem nauki przedmiotu, student powinien zaliczyć następujące przedmioty: podstawy budownictwa podziemnego, geologię, wytrzymałość materiałów, mechanikę budowli i geotechnikę. Pożądane byłoby również zaliczenie praktyki geotechnicznej. Nie powinno się dopuszczać sytuacji studiowania awansem bez zaliczenia któregośkolwiek z tych przedmiotów</i>					
Cele przedmiotu	<i>W wyniku zaliczenia przedmiotu student nabywa wiedzę niezbędną do projektowania i wykonawstwa budowli podziemnych tzn. tuneli i podziemnych obiektów kubaturowych, tuneli drążonych tarczami zmechanizowanymi oraz znajomość technologii i podstaw projektowania głębokich wykopów w budownictwie komunikacyjnym i ogólnym</i>					
Treści merytoryczne przedmiotu	<p><u>Tematyka wykładów:</u> <i>metoda wąskich wykopów deskowanych — technologia (2); nowoczesne metody tarczowe — konstrukcja tarcz, zasady funkcjonowania, projektowanie (8); TBM — zasady działania (2); tunelowanie w skalach za pomocą materiałów wybuchowych, za pomocą głowic frezujących (4); nowa Metoda Austriacka budowy tuneli — zasady technologiczne, projektowanie wstępne, pomiary kontrolne i ich interpretacja (6); kotwienie skal, zasady technologiczne, projektowanie wstępne (6); transport pionowy i poziomy w tunelarstwie (2); szyby tunelowe — metody budowy, zasady projektowania (4), sposoby wzmocnienia i uszczelniania gruntów dla potrzeb tunelarstwa: — iniekcyjne metody wzmocnienia gruntu — zasady, technologia, projektowanie (6); mrożenie gruntu — zasady, technologia, projektowanie (6); tunelowanie pod sprężonym powietrzem (6); ochrona budowli podziemnych przed prądami błędzącymi (2); budownictwo podziemne a ochrona środowiska (6)</i></p> <p><u>Tematyka ćwiczeń:</u> <i>wykonanie projektu: koncepcja, wybór optymalnych przekrojów, ocena geologii i geotechniki, wymiarowanie ścian i obliczenia w każdej fazie realizacji — metoda berlińska budowy tuneli (sem. 1) metoda stropowa i półstropowa oraz elementy NMA (sem. 2) — część rysunkowa i obliczeniowa</i></p>					
Metody oceny	<i>Ocena pracy studenta na podstawie wykonanego projektu konsultowanego podczas semestrów oraz obrony i kolokwium zaliczeniowego. Końcowe zaliczenie na podstawie egzaminu pisemnego i ustnego. Jest możliwość kontynuowania tej tematyki w ramach pracy dyplomowej</i>					

Prace dyplomowe od wielu lat są nagradzane w konkursach Ministra Infrastruktury lub Budownictwa.

Literatura wykorzystywana w procesie dydaktycznym w Zespole Budownictwa Podziemnego obejmuje wymienione poniżej podręczniki, czasopisma, normy i wytyczne:

- 1) podręczniki w języku polskim:
 - Stamatello H., *Tunele i miejskie budowle podziemne*;
 - Bartoszewski, Lessaer, *Tunele i przejścia podziemne w miastach*;
 - Jarominiak A., *Lekkie konstrukcje oporowe*;
 - Wiłun Z., *Zarys geotechniki*;
 - Thiel H., *Mechanika skał*;
- 2) podręczniki obcojęzyczne:
 - *Cours de mecanique des sols. Fondations et soutènements*, Ecole Nationale des Ponts et Chaussees;
 - Puller M., *Deep excavations. A practical manual*;
 - NUMGE 2002. 5th European Conference Numerical Methods in Geotechnical Engineering, LCPC 2002;
 - *Recommendations on Excavations*. German Society for Geotechnics 2003;
 - Potts D., Zdravkovic L., *Finite element analysis in geotechnical engineering. Theory*, 1999;
 - Potts D., Zdravkovic L., *Finite element analysis in geotechnical engineering. Application*, 1999;
 - Kerisel J., Absi E., *Tables de poussee et de butee des terres*, LCPC;
- 3) normy:
 - PN-S-02203 grudzień 1997, Tunele komunikacyjne. Terminologia i klasyfikacja;
 - PN-EN 1537 marzec 2002, Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Kotwy gruntowe;
 - PN-EN 1538 marzec 2002, Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ściany szczelinowe;
- 4) czasopisma:
 - Budownictwo Górnicze i Tunelowe (kwartalnik);
 - Tunnel (Magazine of the Czech Tunnelling Committee and Slovak Tunnelling Association ITA/AITES);
 - World Tunnelling and Subsurface Excavation (miesięcznik The Mining Journal Ltd, London);
 - Tunnel (International Journal for Underground Construction — Official Journal of the STUVA, Cologne);
 - Tunnels et Ouvrages Souterrains (Association Francaise des Travaux Souterrain AFTES);

- Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussees (LCPC Paris, France);
- Gallerie e grandie opere sotterranee (Societa Italiana ITA/AITES).

Oprogramowanie wykorzystywane w procesie dydaktycznym w Zespole Budownictwa Podziemnego to:

- PLAXIS — <http://www.plaxis.nl>;
- GEO5 — <http://www.fine.cz>;
- RIDO — <http://www.geos.ch/logiciel-rido.htm>;
- CESAR — <http://www.lcpc.fr/en/produits/cesar>;
- PAL;
- PARCIE;
- HYDROGEO.

Programy przedmiotów obejmują szeroką gamę zagadnień z dziedziny budownictwa podziemnego — budowy, projektowania i eksploatacji tuneli komunikacyjnych i obiektów podziemnych zarówno płytkich, jak i głębokich. Działalność naukowo-badawcza Zespołu jest związana z zagadnieniami współpracy obiektów podziemnych z podłożem gruntowym, modelowaniem numerycznym (do wyboru kilka programów komputerowych MES i innych) oraz nowoczesnymi technologiami drążenia tuneli głębokich.