

prof.dr hab.inż. **Zdzisław Bieniawski**, DSc(Eng)-PhD, DrHonC(Madrid), MSc(Eng), M.ASCE, DTM

Profesor Emerytowany, *Pennsylvania State University*, USA

Profesor Honorowy, *Uniwersytetu Politechnicznego w Madrycie*, Hiszpania

Prezes Firmy, *Bieniawski Design Enterprises*, Prescott, Arizona, USA

Budując więzy pomiędzy Uczelnią, Przemysłem i Społeczeństwem ***Obserwacje doświadczeń z trzech kontynentów***

Fortuna populi pendet juvenum eruditione
Los narodów zależy od wykształcenia młodzieży
Polityka, księga VII, Arystoteles (384-322 pne)

Plan wykładu:

- Natura geoinżynierii
- Prace naukowo-badawcze
 - Obserwacje z Afryki: odkrywanie nowych dyscyplin naukowych
- Praktyka inżynierska i proces projektowania
 - Obserwacje z Europy: wartość doświadczeń przemysłowych
- Edukacja inżynierska
 - Reformy europejskie i system ECTS
 - Amerykańskie szkolnictwo wyższe
 - Obserwacje z Ameryki: lektura dla profesorów
- Studenci esencja uniwersytetów

Dzisiaj jest bardzo wielki dzień w moim życiu jako naukowca, inżyniera i profesora, gdy owoce 48 lat badań i doświadczeń nauczycielskich zostały docenione przez ten szacowny uniwersytet, któremu już wcześniej wyraziłem swą wdzięczność. Teraz chciałbym podzielić się z państwem kilkoma refleksjami odnośnie wzajemnego oddziaływania uniwersytetów, przemysłu i społeczeństwa, które wynikają z moich doświadczeń inżynierskich z wielu krajów, na trzech kontynentach, gdzie byłem świadkiem wielu sukcesów i (o tak!) niepowodzeń.

Wybrałem ten temat dla szacownej publiki, gdyż jestem pod wrażeniem szerokiego spektrum wydziałów (15), kierunków kształcenia (32) i specjalności (170) reprezentowanych na Akademii Górniczo-Hutniczej, co znacznie wykracza poza tradycyjne górnictwo.

Z moimi przemyśleniami zwracam się dzisiaj do członków Wysokiego Senatu jako: profesorów, inżynierów, geologów, matematyków, fizyków, inżynierów-biomedyków, liderów biznesu i zarządzania, specjalistów w dziedzinie nauk humanistycznych oraz szybko rozwijających się dziedzin techniki:

automatyki, informatyki, telekomunikacji jak i inżynierii medycznej oraz studentów reprezentujących różne wydziały AGH.

Dziedziny są różne, ale cel wspólny bo to przecież dla dobra kraju zajmujemy się eksploatacją surowców mineralnych, ukrytych niekiedy głęboko pod ziemią. Bez względu na branże, w których pracujemy, jesteśmy połączeni wyjątkowością używanych materiałów. W moim przypadku, specjalnością jest **geoinżynieria** w górnictwie i budownictwie tuneli. Chciałbym omówić specyficzne cechy tej dyscypliny, podejmowane wyzwania i to, jak służy ona środowiskom akademickim, przemysłowi i społeczeństwu, kierując się motto AGH: *Labore creata, labori et scientiae servio* (z pracy powstałam, pracy i nauce służę).

Przede wszystkim chciałbym pogratulować AGH ogromnego rozwoju w tylu nowych dziedzinach i odniesionych sukcesów plasujących was w czołówce najlepszych uczelni technicznych w Polsce. Pamiętam, że kiedy byłem tutaj po raz pierwszy w 1981 roku, dowiedziałem się, że AGH miała 12 tys. studentów; teraz jest ich ponad 35 tys., z czego około 1800 studiuje na kierunkach górniczych (podobna liczba studiuje metalurgię). Wyjaśnienie tego osiągnięcia znalazłem w przedmowie Pana Rektora Profesora Antoniego Tajdusia w pięknej książce "Skarby AGH", gdzie mówi: "*Musimy kroczyć drogą postępu co oznacza rosnącą specjalizację, rodzą się nowe specjalności, inne znikają*". Ta dalekosiężna wizja przyniosła wspaniałe rezultaty.

NATURA GEOINŻYNIERII

Zajmując się najstarszym materiałem technicznym – tworami geologicznymi, takimi jak górotwór - stajemy przed wyzwaniem badania materiału, który nie może być zaprojektowany ani wyprodukowany, tak jak stal czy beton, ale który jest obecny tylko w naturze - wraz ze wszystkimi swoimi cudami i przypadkowością.

Chociaż człowiek zajmował się skałami od niepamiętnych czasów, a historia cywilizacji pokazuje świetność budowli wykutych w skale i powstałych ze skały, to osiągnięcia te opierały się nie tylko na wiedzy zdobytej w wyniku doświadczeń i praktyki, ale także często na wyobraźni i intuicji. Budowa tunelu jest nawet wspomniana w Biblii (*Księga 2, werset 32:30*): to tunel króla Ezechiasza zbudowany około 700 r. przed naszą erą, którym dostarczano wodę podczas oblężenia Jerozolimy przez najeźdźców Asyryjczyków (jest on wciąż czynny i wraz z moją żoną zwiedziliśmy tę wspaniałą budowlę w 2000 roku). Wieki później nadszedł czas, kiedy zapotrzebowanie na duże budowle, takie jak tamy i tunele oraz wydobywanie zasobów mineralnych w coraz trudniejszych warunkach, np. na wielkich głębokościach, podyktowało bardziej racjonalne podejście, oparte na

wiedzy i wspomagane badaniami. Podejście to było konieczne nie tylko, aby zapobiec katastrofom, które miały miejsce ze względu na obawy skał i niebezpieczeństwo utraty życia, ale głębsza wiedza przyczyniła się do większych korzyści gospodarczych i poprawy jakości naszego życia.

Z perspektywy historycznej ta dziedzina inżynierii skalnej, jaką uczyniłem swoim zawodem i obszarem badań naukowych, jest bardzo młodą nauką, która powstała około 50 lat temu. To w Europie, w Lizbonie w 1966 roku odbył się pierwszy Międzynarodowy Kongres Mechaniki Skał. Dlaczego tyle czasu zajęło zestawienie danych inżynierskich i rozpoczęcie szeroko zakrojonych i ukierunkowanych badań oraz nauczania w tej dziedzinie? Dlatego, że w przeciwieństwie do innych materiałów inżynierskich, materia geologiczna, taka jak skały stawia przed projektantem nietypowe problemy; formacje skalne mają bardzo skomplikowaną naturę, różnią się bardzo swoimi właściwościami, a wybór materii jest ograniczony do tego, co można znaleźć w konkretnym miejscu wydobywania lub budowy tunelu. Przede wszystkim jednak projektant styka się ze ośrodkiem skalnym jako z zespołem nieregularnych bloków skalnych, oddzielonych różnymi rodzajami nieciągłości geologicznych, takimi jak spękania lub uskoki. To właśnie jest górotwór, składający się z materii skalnej i zaburzeń geologicznych i charakteryzuje go wiele parametrów oddziaływania. Masyw skalny, ze względu na swoją złożoność i rozmiar, nie może być poddawany testom w laboratorium, tak jak stal czy beton. Zrozumienie całościowego zachowania tak złożonych formacji stanowi wielkie wyzwanie – trudne lecz ważne zadanie, co najlepiej można pokazać na przykładzie faktu, że mimo wszelkich wysiłków, na chwilę obecną nie jesteśmy w stanie przewidzieć trzęsień ziemi pojawiających się w wielu częściach świata.

Niemniej jednak, osiągnęliśmy zdolność budowy w różnych masywach skalnych olbrzymich budowli, takich jak tunele, podziemne siłownie, stacje metra; potrafimy budować kopalnie minerałów i węgla, tworzyć fundamenty, wydobywać surowce ze zboczy skalnych, budować tamy, wały, otwory wiertnicze, budować podziemne magazyny gazu, ropy, wody i odpadów radioaktywnych. Geoinżynieria umożliwia poprawę środowiska naturalnego, zmniejsza zagrożenia naturalne i poprawia jakość życia.

I dlatego słusznie możemy być dumni z wielu dobrych rzeczy, jakie osiągnęliśmy w inżynierii skalnej w ciągu ostatnich 50 lat, lecz jednocześnie zasmuceni złym planowaniem i błędnymi decyzjami, w wyniku których doszło do wypadków i katastrof oraz utraty życia i zasobów. Wyciąganie wniosków z własnych błędów zawsze było metodą stosowaną w inżynierii, dlatego tak ważne jest nie powtarzanie tych błędów i to, że nowe pokolenie profesjonalistów zrozumie minione zdarzenia i może rozsądnie korzystać z osiągnięć poprzedników.

Jestem przekonany, że aby to osiągnąć, inżynieria musi brać pod uwagę czynniki społeczne, gospodarcze, światowe, a także osobiste. Jest to podstawą kształcenia i szkolenia światowej klasy inżynierów XXI wieku.

Wielką radość na przestrzeni ostatnich czterech dziesięcioleci, sprawiło mi własne zaangażowanie w geoinżynierię ze względu na trzy główne przyczyny:

1. Interdyscyplinarny charakter: tak samo dobrze czułem się podczas pracy z inżynierami budownictwa lądowego i wodnego, pracującymi nad projektami tuneli, z inżynierami górnictwa zajmującymi się pokładami węgla kamiennego jak i inżynierami geologami analizującymi warunki geotechniczne dla podziemnego magazynowania ropy naftowej. Wykorzystanie wiedzy z jednej dziedziny do rozwiązania problemów w innej jest pasjonujące!

2. Współzależność miejsca wydobycia, projektowania, budowy i eksploatacji – każde mające swoje poszczególne cele, a wszystkie dążące do wypełnienia ogólnych celów projektu. Wymaga to zrozumienia zagadnień, najnowocześniejszych metod, które mają być zastosowane, jak również ścisłej współpracy między właścicielami, projektantami i wykonawcami, a nawet liczenia się z innymi stronami, takimi jak opinia publiczna.

3. Możliwość jedynych w swoim rodzaju tematów badawczych, wzbogacających nauczanie i doradzanie młodym naukowcom. Moim „laboratorium” były rzeczywiste projekty inżynieryjne, gdzie moi studenci wraz ze mną studiowali rzeczywiste zachowanie mas skalnych, a nie tylko badali próbki skalne w tradycyjnych laboratoriach. Badania w tym zakresie zaprowadziły mnie do Eurotunelu pod kanałem La Manche, łączącego Francję z Wielką Brytanią, najgłębszych kopalni złota w Afryce, miejsc trzęsienia ziemi w Kobe, w Japonii i podziemnych elektrowni w Etiopii, Południowej Afryce, Indiach i Nowej Zelandii, nie mówiąc już o lądowych, górniczych, naftowych i gazowych projektach w Stanach Zjednoczonych. Najbardziej satysfakcjonujące jest dostrzeżenie rozwoju młodych ludzi i ich sukcesów oraz owoców własnych badań mających zastosowanie w praktyce.

Dla mnie, najlepszą cechą mojego obszaru badań był fakt, że służył on jako odskocznia do wejścia w krąg innych kierunków badawczych, z których chciałbym wymienić trzy:

1. Projektowanie inżynierskie jako odrębna specjalność, zebrana jako osobna teoria i metodologia wraz z edukacją i praktyką. Projektowanie jest jednym z najstarszych zajęć człowieka począwszy od czasów prehistorycznych gdy ludzkość wymyślała narzędzia do polowania, schronienia oraz okrycia. Jednakże, do dzisiejszego dnia, projektowanie jest wykonywane intuicyjne, i traktowane raczej jako sztuka niż nauka. W pewnych przypadkach decyzje ad-hoc nie są efektywne, prowadzą do poważnych awarii zarówno strukturalnych jak i ekonomicznych. Inżynieria skalna dostarczyła mi i

moim współpracownikom, na uniwersytecie Penn-State, możliwości bycia kreatywnymi w rozwijaniu zasad projektowania i jego metodologii specjalnie dla budownictwa podziemnego w masywach skalnych.

2. Kształcenie inżynierów, w szczególności przygotowanie nowych programów nauczania inżynierów klasy światowej w 21 wieku, dostosowanie kursów do nowych potrzeb przemysłu i tworzenie nowych metod nauczania – zastosowanie wspomaganie komputerowego – ewolucja od wykładania do interaktywnego nauczania. Od 12 lat byłem zaangażowany w działalność pedagogiczną, wliczając Deklarację Bolońską (1999), z moimi hiszpańskimi kolegami w Głównej Szkole Górniczej Uniwersytetu Politechnicznego w Madrycie.
3. Społeczne konsekwencje przedsięwzięć inżynierskich, w rozumieniu współoddziaływania nauki, technologii i społeczeństwa, które stało się dla mnie szczególnie ważne podczas długiego uczestnictwa w programie składowania odpadów radioaktywnych w USA. Dla profesora nauki, technologii i spraw społecznych i jednocześnie będąc profesorem inżynierii górniczej, nauczanie studentów nauk humanistycznych, dziennikarstwa i sztuk wyzwolonych było dla mnie satysfakcjonującym doświadczeniem jako profesora inżynierii.

Podczas tego procesu przekonałem się, że do odbudowy i rozwoju naszej dziedziny, musimy łączyć trzy elementy: **badania**, **praktykę** i **edukację**. Rozumienie teorii, rozwój praktyki i zaangażowanie w edukację, oddziałują wspólnie by zapewnić tej dziedzinie odpowiednie uznanie.

PRACE NAUKOWO-BADAWCZE

*„Kiedy możesz mierzyć o czym mówisz
i wyrazić to w liczbach, wtedy wiesz coś o tym”*

Lord Kelvin (1824-1907)

Badania mogą być podstawowe (teoretyczne) lub stosowane, ale kiedy zaczynałem moje badania nigdy nie myślałem, że mogą one przynieść efekt w postaci znaczącej poprawy efektywnego i bezpiecznego projektowania w górnictwie i tunelowaniu. Mówiąc dokładniej, początkowo zajmowałem się badaniami podstawowymi dotyczącymi mechanizmu kruchego pęknięcia skał i kryteriami wytrzymałowymi. Na tej podstawie zaproponowałem hipotezę opisującą kompletny mechanizm i zachowanie się skał pod wpływem obciążenia, którą byłem w stanie poddać procesowi walidacji, poprzez szeroki program badań in situ, na wielkogabarytowych próbach skalnych w kopalniach i tunelach, przez okres 10 lat. Bazując na wynikach tych badań, opracowałem system klasyfikacji, która połączyła i przypisała odpowiednie wagi znaczącym geologicznym i

inżynierskim parametrom od których zależy jakość, zachowanie i właściwości masywów skalnych badanych dla zastosowań inżynierskich.

Tak właśnie urodził się *Wskaźnik Jakości Masywu* (system *Rock Mass Rating*) znany pod skrótem RMR. To odkrycie znalazło ważne praktyczne zastosowania w projektowaniu i budowie tuneli, kopalń, komór i szybów dla robót podziemnych jak i dla fundamentowania podłoża dużych zapór i zbczy w górnictwie odkrywkowym. W pigułce, system ten wykonuje trzy rzeczy:

1. identyfikuje najbardziej znaczące parametry geologiczne wpływające na zachowanie masywów skalnych i wymaga aby były one określone podczas rozpoznania geotechnicznego dla celów projektu inżynierskiego, jako minimalna ilość niezbędnych informacji geologicznych,
2. przydziela im noty punktowe i łączy te wszystkie parametry – przyporządkowując im wartości liczbowe – dla wyrażenia ogólnej jakości warstwy skalnej oraz,
3. wiąże wskaźnik jakości masywu RMR z jego właściwościami inżynierskimi używanymi do projektowania i konstrukcji poprzez oszacowanie jakości masywu, jego odkształcalności i wytrzymałości oraz wskazówek dotyczących obudowy i wzmocnienia masywu w wyrobiskach górniczych i tunelowaniu.

System RMR jest jednym z dwóch systemów klasyfikacji stosowanych na całym świecie – drugim jest system Q opracowany w 1974 w Norwegii. Oba systemy uzupełniają się i służą do wzajemnej weryfikacji, współpracujemy i wymieniamy informacje i doświadczenia.

Ten przykład wskazuje, że aby badania naukowe w geoinżynierii były efektywne, muszą zawierać w sobie zarówno aspekty teoretyczne jak i praktyczne, badania laboratoryjne i polowe, zastosowania rozwiązań alternatywnych i monitoring strukturalnego zachowania się masywu skalnego. Tylko wtedy, projekt taki może być uważany za odkrycie naukowe. Ale nawet wtedy, w przypadku badań prowadzonych przez profesorów i innych pracowników uczelni, Boyer (1990) w pracy „*Scholarship Reconsidered*“ zaobserwował, że profesura ma cztery witalne funkcje lub obszary działania w procesie stypendialnym:

- **odkrywanie** (badania dla wytworzenia nowej wiedzy, jak w wyżej omówionym przykładzie),
- **integracja** (interpretowanie i dopasowanie nowej wiedzy do istniejącego stanu nauki),
- **zastosowanie** (wykorzystanie wyspecjalizowanej wiedzy do ważnych problemów społecznych),
- **nauczanie**.

Obecny system bodźców finansowych i nagród pieniężnych dla profesorów preferuje bardziej stypendium za odkrywanie, niż na pracę dydaktyczną.

Obserwacje z AFRYKI: Odkrywanie nowych dyscyplin naukowych

W rozdziale wstępnym, odniosłem się już do tego ważnego stwierdzenia Rektora AGH, profesora Antoniego Tajdusia, który położył silny nacisk na potrzebę tworzenia nowych specjalizacji, w miarę nadarzających się okoliczności. Mogę osobiście potwierdzić wagę i kreatywność takiego postępowego myślenia na podstawie doświadczeń z czasów kiedy pracowałem w Republice Południowej Afryki (1963-1978), w czasach gdy państwo to posiadało, z powodu rozwoju górnictwa złota i węgla, wiodący przemysł na świecie.

Moja grupa badawcza, którą kierowałem liczyła w sumie 32 osoby, z czego 23 to byli inżynierowie górnicy i geologowie, a reszta to technicy oraz specjaliści warsztatowi. Mieliśmy duży budżet zapewniony przez subsydia państwowe, sponsoring przemysłu oraz wspaniałe laboratoria. Wszystko to z powodu pilnej potrzeby rozwiązania problemu zagrożenia tąpnięciami w głębokich (do 3 km) kopalniach złota oraz problemów stateczności filarów węglowych w komorowo-filarowym systemie wybierania pokładów węgla. W tym samym czasie, przemysł stworzył swoje własne grupy badawcze, ufundował laboratoria i stopniowo angażował coraz więcej ludzi i zasobów w górnicze projekty badawcze. Po kilku latach, okazało się, że mamy poważne współzawodnictwo, obniżone fundusze i redukcje personelu.

W tym czasie byłem także Przewodniczącym Narodowej Grupy Mechaniki Skał afiliowanej przy ISRM i zorganizowałem kilka sympozjów dla członków z dziedziny górnictwa i inżynierii cywilnej połączonych z wizytami w kopalniach i tunelach dla pokazania zastosowań mechaniki skał. Wkrótce się okazało, że silny przemysł górniczy RPA, nie miał wystarczającej ilości wykwalifikowanych pracowników, gotowych do przejścia do tunelowania w ramach inżynierii lądowej. Co gorsza, okazało się, że studenci inżynierii lądowej nie byli kształceni w zakresie mechaniki skał, a jedynie mechaniki gruntów. Stąd, większość projektów tuneli w kraju musiało być kierowanych przez inżynierów rekrutowanych zagranicą. Na szczęście, miałem wtedy w moim zespole dwóch inżynierów z zakresu tunelowania i jednego geologa z Austrii – kraju numer 1 w zakresie tunelowania w owym czasie. Zdecydowałem więc, że wykorzystam ich do szkolenia moich ludzi dla różnych specjalności z zakresu tunelowania. Zorganizowaliśmy konferencję dla przemysłu budownictwa lądowego pod tytułem „Tunelowanie w Skałach: Badania, Projektowanie i Wykonawstwo” i opublikowaliśmy materiały (1974) w których artykuły miało wielu zaproszonych specjalistów z Europy. Rezultatem była lawina kontraktów dla naszych inżynierów górniczych, którzy okazali się robić wspaniałą robotę w dziedzinie tunelowania, dla potrzeb inżynierii lądowej. W ciągu kilku lat mój zespół miał faktyczny monopol na współpracę przy projektach tuneli. Zainicjowaliśmy także badania w

dziedzinie tunelowania, które w ostateczności doprowadziły do rozwoju systemu RMR. W roku 1977 opublikowaliśmy dwutomową pracę kompilacyjną „*Badania w Inżynierii Skalnej w Górnictwie i Tunelowaniu*”, która stała się podstawowym podręcznikiem dla projektowania i wykonywania obiektów podziemnych. Jak na ironię losu, inny zespół badawczy zorganizowany przez przemysł i dedykowany wyłącznie górnictwu, został ostatecznie rozwiązany, zaś większość jego personelu przesunięta do gwałtownie rozwijającego się przemysłu w zakresie tunelowania.

Od tego czasu, nawet po moim przejściu na stanowisko w USA, przyglądałem się możliwościom poszerzenia konsultingu Szkół Górniczych w kierunku inżynierii cywilnej i kształcenia inżynierów górniczych w kierunku tunelowania. Takie możliwości otworzyły się na uniwersytecie stanowym w Pensylwanii, gdy górnictwo stało się niepopularne, i w Głównej Szkole Górniczej na Uniwersytecie Politechnicznym w Madrycie,

Dzisiaj w Europie powstają nowe inicjatywy aby kształcić inżynierów tunelowania na specjalizacji inżynierskiej na II poziomie studiów. Na przykład, na uniwersytecie w Warwick w Wielkiej Brytanii, w tym roku ogłoszono nabór na II stopień w zakresie Tunelowania i Przestrzeni Podziemnej.

Proszę mi także pozwolić wyrazić nadzieję, że trwająca ekspansja AGH będzie także obejmować kształcenie inżynierów górniczych o specjalizacji z tunelowania (budownictwa podziemnego). Zaś nowe projekty badawcze inspirowane przez profesorów i adiunktów będą dotyczyły tak nowoczesnych i pożądaných tematów jak urabialność masywu skalnego dla maszyn TBM, które są w dużej mierze niezbadane. Będzie to zapewne bardzo potrzebne, na przykład przy projektach metra, budowie podziemnych stacji kolejowych i tuneli w większych polskich miastach. Właśnie zauważyłem notatkę prasową że kontrakt na budowę centralnego odcinka *II linii warszawskiego metra* kosztujący 4,12 miliardy zł wygrało konsorcjum włosko-turecko-polskie; czy to znaczy że międzynarodowa kompetycja już powiększa nabyt na inżynierów doświadczonych w robotach tunelowych w Polsce?

PRAKTYKA INŻYNIERSKA I PROCES PROJEKTOWANIA

„Naukowcy odkrywają to co jest, inżynierowie tworzą to, czego nigdy nie było”

Theodor von Karman, 1911

Wyróżniamy trzy główne podejścia w praktyce inżynierii skalnej: analityczne, empiryczne, oraz obserwacyjne. Podejście empiryczne jest wciąż obecnie dominujące w inżynierii górniczej i tunelowaniu. Pomimo znacznego rozwoju w rozwiązaniach zamkniętych, metodach numerycznych oraz pomiarach

polowych, głównym problemem jest wciąż integracja wszystkich tych działań prowadząca do efektywnego projektowania wyrobisk w skałach.

Przykładowo, klasyfikacje masywów skalnych są integralną częścią podejścia empirycznego i nigdy nie zamierzano ich używać jako ostateczne rozwiązania dla problemów projektowych. Nie zostały utworzone dla zastąpienia procedur analitycznych, pomiarów polowych czy osądu inżynierskiego, miały być dodatkową pomocą w projektowaniu, będąc jednym z elementów „skrzynki z narzędziami” dla inżyniera skalnego.

Głównym wyzwaniem w inżynierii skalnej jest fakt, że proces projektowania na tym polu jest zależny od znacznej niepewności dotyczącej materiału skalnego, co często skutkuje decyzjami projektowymi opartymi na wyrywkowej i niekompletnej wiedzy na temat wszystkich czynników wpływających na proces projektowania. Dla przezwyciężenia tej sytuacji, w inżynierii skalnej potrzebne są metodologie procesu projektowania, tak samo jak zostały one wypracowane w inżynierii mechanicznej w Niemczech, tunelowaniu w Austrii (ÖNormen, 2004) lub są używane w Hiszpanii w budownictwie podziemnym. („*diseño estructural activo*”, DEA, Celada, 2005).

Proces projektowania inżynierskiego

Projektowanie: to wielkie słowo symbolizuje kreatywność, innowacyjność oraz esencję inżynierii. Pochodzi od łacińskiego wyrazu - *designare* – mapować, projektowanie inżynierskie jest definiowane jako proces decyzyjny kształtowania produktu aby sprostał on wymaganym potrzebom. Teraz uświadomiono sobie, że dobry projektant nie tylko potrzebuje wiedzy *DLA* projektowania (wiedzy technicznej, która jest używana do wytworzenia alternatywnych rozwiązań projektowych dla wyboru najlepszego z nich), ale dobry projektant musi także posiadać wiedzę *O* projektowaniu (właściwe zasady i usystematyzowaną metodologię do wykorzystania).

Polska była na czele w badaniach w tym obszarze. Byłem szczególnie pod wrażeniem prac Polskiej Akademii Nauk kiedy czytałem o badaniach Profesora Tadeusza Kotarbińskiego który w 1965 roku rozwinął teorię systemów dla rozwiązania problemów metodologii projektowania w zastosowaniach nauki. W 1969 roku PAN utworzyło Zespół Metodologii Projektowania na Wydziale Prakseologii (nauka o sprawnym działaniu) pod kierownictwem wybitnego naukowca Profesora Wojciecha Gasparskiego. Celem badań były studia nad nauką projektowania. Kiedy odwiedziłem Polskę w 1989, spotkałem się z profesorem Gasparskim, nawiązałem z nim kontakt i wymianę rezultatów badań. Później zaproponowałem metodologię i zasady procesów projektowania specjalnie dla projektów budowlanych w formacjach skalnych. Składa się ona z dziesięciu

etapów i sześciu zasad, które znalazły szczególne zastosowania w projektowaniu składowisk odpadów radioaktywnych w USA, gdzie przepisy prawa wymagały metodologii jako gwarancji do procedury kontroli jakości.

Rysunek 1 przedstawia metodologię systemu projektowania geoinżynierskiego, która koncepcyjnie jest także aplikowana do innych kierunków inżynierskich objętych systemem kształcenia przez AGH.

Szczególną zaletą tej metodologii jest, że specyfikuje ona kreatywny proces podejmowania decyzji, który zapewnia rozróżnienie pomiędzy dobrymi i niewłaściwymi decyzjami projektanta.

Dla zobrazowania tego punktu, jedna z zasad projektowania może być wyodrębniona: **Zasada Konstruowalności**: „Najlepsze projektowanie warunkuje najbardziej efektywną konstrukcję obiektu w masywie skalnym poprzez wybór najbardziej przydatnej metody drążenia i obudowy”. Zasada ta jest wyjątkową innowacją w inżynierii skalnej. W inżynierii mechanicznej, koncepcja „projektuj dla produkcji” wysoce ujednoliciła proces projektowania. Koncepcja „projektuj dla konstrukcji”, przedstawiona tutaj zasługuje na specjalne miejsce w inżynierii skalnej, gdyż procedury konstrukcji nie mogą być uprzednio w pełni przetestowane.

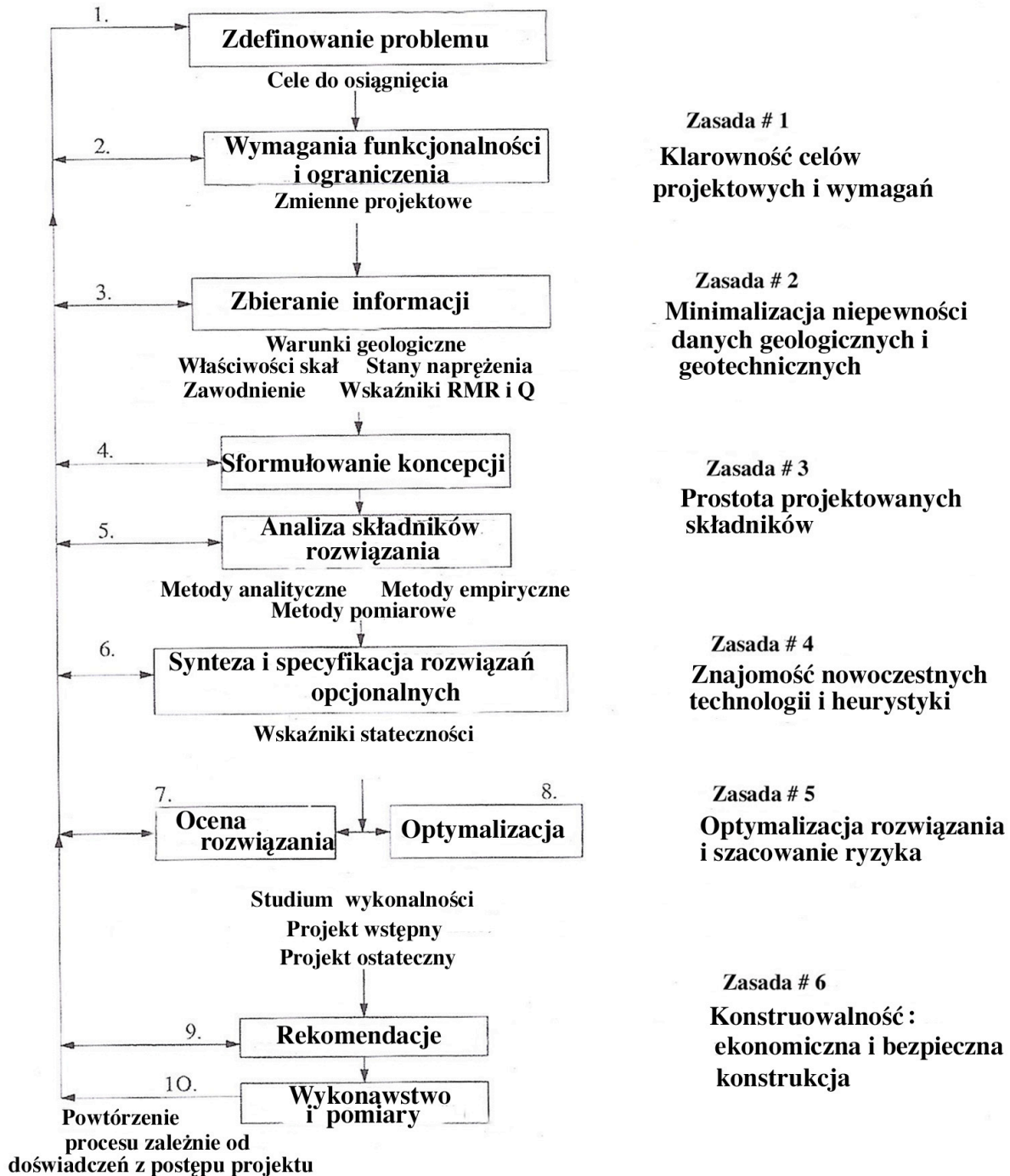
Wreszcie, każdy powinien sobie wyobrazić metodologię projektowania jako listę rzeczy do załatwienia (podobną do listy której używają piloci przed startem) lub mapę drogową prowadzącą projektanta do wypełnienia celów projektu poprzez wybór najlepszej opcji projektowej.

Aby podkreślić ważność metodologii procesu projektowania w inżynierii, chcę dodać że najlepsza uczelnia na świecie, Harvard University, ma od wielu lat Wyższą Szkołę Projektowania (*Graduate School of Design*), gdzie miałem honor być zaproszony jako Profesor Wizytujący w roku 1990. Inżynierowie i architekci studiują tam metodologię projektowania jako specjalną dziedzinę.

Obserwacje z EUROPY: Wartość doświadczeń przemysłowych

Miałem okazję jako profesor pracować dla trzech europejskich uniwersytetów, Wyższej Szkoły Technicznej w Karlsruhe w Niemczech (1972), Uniwersytetu w Cambridge w Wielkiej Brytanii (1997), Wyższej Szkole Górniczej Uniwersytetu Politechnicznego w Madrycie, w Hiszpanii (2001, 2003) i spędziłem na każdej z nich rok sabatyczny. We wszystkich trzech przypadkach byłem pod wrażeniem, że profesorowie, którzy mnie zaprosili, mieli szerokie doświadczenia przemysłowe i projekty badawcze. Robiło to wrażenie ponieważ mogli oni nauczać swoich studentów ostatnich osiągnięć z praktyki inżynierskiej, a nie materiałów z podręczników. Jak to było możliwe? Okazało się, że w ramach polityki uniwersytetu, każdy z profesorów prowadził prywatnie prace zleczone z przemysłu

w czasie pracy na uniwersytecie i otrzymywał za to przyzwoite wynagrodzenie. Dozwolona ilość prac zleconych była zależna od kraju.



Metodologia projektowania inżynierskiego - zasady i etapy procesu projektowania w geoinżynierii

W *Hiszpanii*, profesorowie mogli spędzić 80% ich czasu na prace zlecone, ucząc jednocześnie tylko jednego przedmiotu na semestr; ich pensja była zredukowana odpowiednio aby odzwierciedlać wynagrodzenie za godziny pracy, ale zachowywali swój pełen status, tytuł i inne przywileje. Obecnie prowadzi się oceny efektywności nauczania, chociaż aktywność dydaktyczna nie ma wielkiego wpływu na awanse i wzrost pensji. W *Wielkiej Brytanii* zasady są bardzo niejasne dopóki profesorowie wypełniają swoje minimalne obowiązki dydaktyczne. Jeżeli ktoś pełni także obowiązki administracyjne, może być całkowicie zwolniony z obowiązków dydaktycznych. Profesorowie nie muszą prowadzić godzin konsultacyjnych aby spotykać się ze studentami. W *Niemczech*, profesor z reguły kieruje swoim własnym instytutem badawczym, prowadząc niezależną działalność i zatrudniając znaczącą ilość absolwentów II-go stopnia („Dipl.-Eng.”), którzy pracują nad doktoratami, co czasem zabiera im sześć lat. Nazywa się to „tanią siłą roboczą”, ale po uzyskaniu tytułów doktorskich profesor znajduje im atrakcyjną pracę korzystając ze swoich kontaktów w przemyśle.

W *Ameryce*, gdzie wszystko musi być zorganizowane i obowiązują liczne przepisy (ale zawsze są od nich wyjątki!), regułą jest, że profesor może spędzić jeden pełny dzień w tygodniu na prace zlecone, plus oczywiście weekendy i święta narodowe. Jako że profesorowie zwyczajni (etatowi) mogą prowadzić tylko jeden kurs na semestr, jeżeli mają pełne obciążenie badawcze ze strony przemysłu, ta reguła działa dobrze i dlatego byłem w stanie wykonywać duże ilości prac zleconych. To trzymało mnie na bieżąco z praktyką inżynierską, mogłem testować nowe pomysły i zapoznawać moich studentów z rzeczywistymi problemami występującymi w górnictwie i tunelowaniu.

Parafrazując: wierzę, że profesorowie powinni być nie tylko nauczycielami i badaczami, ale także praktykami w swojej dziedzinie, rozwijając i nauczając technik, które mogą być stosowane do projektowania i budowy obiektów.

Jestem bardzo zainteresowany jak wygląda porównanie, prac zleconych z przemysłu realizowanych przez profesorów i pracowników polskich uniwersytetów, z resztą Europy. Szczególnie w odniesieniu do krajów Unii Europejskiej stosownie do Deklaracji Bolońskiej.

EDUKACJA INŻYNIERSKA

„Uczelnia jest miejscem gdzie uczysz się jak się uczyć”

Socrates (469-399 pne)

Wracając na uczelnię, po badaniach i pracy w przemyśle, byłem podniecony pozycją profesora uniwersyteckiego dedykowanego do nauczania przyszłych generacji górników i inżynierów budownictwa lądowego. Mój entuzjazm jest tylko częściowo ograniczony po 33 latach kształcenia inżynierów. Faktem jest, że nasze

systemy kształcenia w Europie i Ameryce mają jeszcze wiele do poprawy, jak zademonstrowała Deklaracja Bolońska oraz reformy, które obecnie mają miejsce w Ameryce.

Dzisiaj w USA przeważa opinia, że zasadnicza poprawa może być osiągnięta poprzez zapewnienie obecności trzech specyficznych elementów w edukacji inżynierskiej.

Pierwszym elementem jest potrzeba „*umiędzynarodowienia*” programu kształcenia. Absolwenci muszą być gotowi do funkcjonowania jako produktywni, odpowiedzialni obywatele świata, którzy mają świadomość, że tylko inżynieria i czynniki naukowe nie mogą być dobrą podstawą, dla decyzji inwestycyjnych podejmowanych przez amerykańskie firmy górnicze i korporacje budowlane.

Drugi element dotyczy nauczania i struktury przedmiotów na niższych semestrach kursu inżynierskiego (tj. matematyki, nauk podstawowych i podstawowych przedmiotów inżynierskich). Ich programy są zmieniane w celu uczynienia ich bardziej znaczącymi dla studentów inżynierii. Obecnie, niektóre z tych przedmiotów są często powodem rezygnacji studentów ze studiów inżynierskich, bo oni mają niewielką, lub wręcz nie mają żadnej, styczności z praktyką inżynierską, nawet po dwóch latach studiów! To może nie dotyczyć tego uniwersytetu bo AGH, jak nasze MIT, jest samodzielną politechniką, a nie częścią wielokierunkowego uniwersytetu, które przeważają w Ameryce. Przedmioty na pierwszych semestrach powinny skupiać się na myśleniu, analizowaniu, syntezie, krytycznym poszukiwaniu przyczyn, zaś mniej na zapamiętywaniu informacji.

Trzecim elementem jest projektowanie inżynierskie jako istota edukacji inżynierskiej. Projektowanie inżynierskie i wykonawstwo powinno reprezentować efekt całego procesu kształcenia inżynierskiego na pierwszym stopniu. Nacisk na projektowanie, innowacje i kreatywność jest odzwierciedleniem zasady że *jakość* doświadczenia w projektowaniu jest bardziej istotna niż *ilość* wymogów często używanych.

Reformy europejskie i system *ECTS*

Większość z państwa na tej sali trudzi się implementacją Deklaracji Bolońskiej, podpisanej przez europejskich ministrów szkolnictwa wyższego 19 czerwca 1999 roku i ustanawiającej Europejski Obszar Szkolnictwa Wyższego. Jego celem jest konsolidacja europejskiego kształcenia wyższego i wprowadzanie systemu czytelnie zgodnych stopni aby wszyscy mogli efektywnie używać ich kwalifikacji, kompetencji i umiejętności w całej Europie. Jako profesor honorowy, w Wyższej Szkole Górniczej na Uniwersytecie Politechnicznym w Madrycie, byłem ściśle wprowadzony w rozwój tych działań w Hiszpanii przez okres około 10 lat i jestem świadomy na jakie problemy napotkano.

Główny problem z konwersją planu bolońskiego i systemu European Credit Transfer System (ECTS) w Hiszpanii stanowi fakt, że poprzednio inżynierowie mogli otrzymać dyplomy w dwóch różnych specjalizacjach: wyższy inżynier (*superior*) i inżynier techniczny (*técnico*). Pierwszy z kursów trwa 6 lat zaś drugi 4 lata. Obecnie – od 1-go września 2010 – ten system został zarzucony i dla zdobycia obu tytułów trzeba będzie zaliczyć stopień I trwający cztery lata, jako „wstępna kwalifikacja siły roboczej”. Również na stopniu II, oba kursy Masters (*técnicos* oraz *superiores de investigación*) będą trwały dwa lata. Master *Técnicos* to specjalizacja inżynierska dedykowana do produkcji. Magistrowie *superiores* będą koncentrować się na badaniach i innowacyjności. Ciągłe nierozwiązany jest proces licencjonowania inżynierów przez hiszpańskie *colegios* wydających uprawnienia dla inżynierów do sygnowania dokumentacji technicznej.

Jeżeli chodzi o Polskę, to z zainteresowaniem przeczytałem ostatnio artykuł Bianki Siwińskiej zatytułowany „Polskie problemy z internacjonalizacją” (*Perspektywy*, nr 55, wiosna 2009). Autorka recenzuje proces boloński w Polsce i narzeka na brak koherentnej ogólnokrajowej polityki stymulacji integracji Polski do międzynarodowej społeczności. Na przykład, w programie wymiany Erasmus, na każdych trzech polskich wyjeżdżających za granicę studentów przypada tylko jeden przyjeżdżający do Polski. Powodem jest, że świat nie jest wystarczająco świadomy atrakcyjnych możliwości studiowania w Polsce. A co najważniejsze, niewielkie wysiłki są podejmowane w celu przyciągnięcia cudzoziemców na stanowiska akademickie lub wykorzystania naukowców z zagranicy z polskimi korzeniami, jako niezależnych recenzentów propozycji projektów badawczych finansowanych ze źródeł krajowych.

Zauważyłem, że ostatnio powstało wiele rankingów polskich uniwersytetów i politechnik. W Ameryce opracowuje się takie rankingi i debatuje nad nimi od dziesiątków lat, mimo niepewności związanych z tym procesem. A to dlatego, że będąc niezależne – i w większości samofinansujące – uniwersytety i wyższe uczelnie konkurują o najlepszych profesorów, najbardziej utalentowanych studentów i jakiegokolwiek lukratywnie darowizny. Znajomość takich rankingów może być użyteczna aby sprawdzić czy najlepsze polskie programy akademickie nie są związane z instytucjami 3-ciej lub 4-tej kategorii w USA czy Europie. Co więcej, porozumienia o wymianie na poziomie instytucji nie są tak potencjalnie korzystne, jak związki indywidualne pomiędzy poszczególnymi profesorami realizującymi ich programy badawcze, jak ma to miejsce w Ameryce.

Jest dla mnie jednakowoż pewną tajemnicą, dlaczego europejskie uniwersytety, które znam bardzo dobrze i szanuję wysoki poziom, osiągają takie zróżnicowane rezultaty w porównaniu z uniwersytetami amerykańskimi. Na przykład w klasie „Inżynierskie Instytuty na Świecie”, ranking z 2009 roku czasopisma *The Times* z Londynu podaje Uniwersytet Cambridge na 4 miejscu na

świecie (po MIT, Berkeley i Stanford), a Karlsruhe Technische Hochschule jest dopiero na miejscu 71, zaś Uniwersytet Politechniczny w Madrycie na 150.

Według mojej opinii, będąc profesorem wizytującym na wszystkich trzech wymienionych uniwersytetach i będąc bardzo dumny z mojego polskiego licealnego wykształcenia i edukacji uniwersyteckiej, nie sądzę aby ranking polskich instytutów był prawdziwy w porównaniu z uniwersytetami europejskimi i amerykańskimi. Według moich ostatnich informacji wynika, że w maju 2005 roku Konferencja Rektorów Akademickich Szkół Polskich podjęła znaczące kroki dla poprawy umiędzynarodowienia studiów, tak aby w 2009 roku ilość studentów zagranicznych na polskich uczelniach osiągnęła 30%. Ostatnie sondaże wskazują, że absolwenci polskich wyższych uczelni i uniwersytetów wypadają dobrze w porównaniu z tymi z innych krajów pod względem osiągnięć i przygotowania do pracy. Wiem, z mojego doświadczenia, że wykształceni w Polsce naukowcy i inżynierowie, pracują i osiągają znaczące sukcesy na głównych uniwersytetach, w organizacjach badawczych i korporacjach przemysłowych na całym świecie.

Oczywiście, państwo jesteście najlepiej zorientowani jakie podjąć decyzje co do dalszych usprawnień, które mogą być potrzebne, ale proszę mi pozwolić na kilka porównań z systemem amerykańskim, co może być interesujące.

Amerykańskie szkolnictwo wyższe

Podczas gdy Europa wprowadzała głębokie zmiany w systemie punktów ECTS na podstawie Deklaracji Bolońskiej, amerykańskie szkolnictwo wyższe używało podobnego systemu punktów już od dziesiątków lat.

Zanim opiszę te zmiany dla europejskiej widowni, ważną rzeczą jest wspomnienie o paradoksie w amerykańskiej edukacji: my wierzymy, że nasze publiczne szkoły średnie (*high schools*) są na ogół mało wydajne i nie są tak dobre jak ich europejskie odpowiedniki, ale nasze uczelnie wyższe i uniwersytety są wspaniałe. Jak to jest możliwe?

Jest wiele powodów dla tej, wydającej się sprzecznej sytuacji. Główną przyczyną jest unikalność systemu kształcenia wyższego w USA, który jest nieporównywalny do innych krajów: całkowita niezależność i elastyczność uniwersytetów amerykańskich. W Europie i Japonii uniwersytety odpowiadają przed Ministerstwem Edukacji, które ustala standardy akademickie, rozdziela fundusze i mianuje profesorów. Amerykańskie uniwersytety są o tyle różne, że każdy może prowadzić uczelnię według własnego uznania i mogą kształtować swoje programy nauczania bez jakiegokolwiek wtrącania się ministerstwa. ***Nie ma Ministerstwa Kształcenia Wyższego w USA***. Jest federalny Departament Edukacji, ale jego rolą jest głównie kształtowanie standardów nauczania dla szkół podstawowych i średnich, dystrybucja funduszy na edukację do wszystkich 50

stanów, a w zasadzie do stanowych rad szkolnych. Ale nasze uniwersytety pobierają wysokie czesne.

Na ponad 3000 uniwersytetów w USA, mamy około 270 uniwersytetów politechnicznych, z czego około 200 jest regularnie ocenianych i rankingowanych co roku przez *U.S. News & World Report*. Czołowa dwudziestka piątka reprezentuje bardzo wysoki standard i stanowi czołówkę uniwersytetów na świecie. Uniwersytet Stanowy w Pensylwanii zajmuje 15 pozycję w rankingu w kategorii uniwersytetów publicznych.

Ponad 60% absolwentów szkół średnich w Ameryce podejmuje studia wyższe, co daje nam ponad 15 milionów studentów, z czego ponad 64 % stanowią kobiety! Obecnie, nie mniej niż 575 000 studentów z zagranicy, ze 193 krajów studiuje na uniwersytetach w USA, podczas gdy tylko 103 000 Amerykanów studiuje za granicą i ponad 90 % z nich to studenci I-go stopnia. Z tych, tylko 1100 studiuje kierunki inżynierskie, podczas gdy co roku ponad 65 000 Amerykanów kończy inżynierskie studia I-go stopnia, a kolejnych 20 000 kończy studia II-go stopnia.

Obecnie, większość programów inżynierskich w Ameryce trwa 4 lata i prowadzi do uzyskania tytułu Bachelor of Science (BS) – odpowiednikowi polskiego inżyniera – który jest przepustką do pracy w przemyśle. Stopień *Master* (magister) wymaga dalszych studiów o długości 1-2 lat i jest generalnie tytułem badawczym.

W styczniu 2003 roku, Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Budownictwa Lądowego (ASCE) opublikowało głęboko przemyślane oświadczenie dotyczące polityki restrukturyzacji podstaw akademickich dla kształcenia profesjonalistów. Elementy definiujące standardy kształcenia inżynierów obejmowały trzy stopnie nauczania/uczenia się:

- 4-letnie studia I-go stopnia prowadzące do uzyskania tytułu *Bachelor of Science in Engineering* (BScE) odpowiadającego polskiemu *inżynierowi*,
- Jednoroczne studium (dla absolwentów I-go stopnia) poświęcone zagadnieniom praktycznym i prowadzące do uzyskania tytułu *Master of Engineering* (ME) – odpowiadające polskiemu *magistrowi inżynierowi*,
- Praktyka zawodowa po studiach BScE/ME, trwająca około 5 lat i dająca podstawę do osiągnięcia uprawnień zawodowych i uzyskania licencji profesjonalnego inżyniera.

Ta propozycja dla inżynierów budownictwa lądowego nie została zaakceptowana przez pozostałe kierunki inżynierskie i trwają nad nią dyskusje w środowiskach akademickich i przemysłowych.

W górnictwie, Ameryka cierpi na brak inżynierów w przemyśle węglowym. W roku 2009, 84 160 pracowników, w tym 940 inżynierów górniczych wydobyciu

1,2 miliarda ton węgla. Naszych 11 uczelni górniczych wykształciło zaledwie 123 absolwentów I-go stopnia. A ja odnotowałem, że w 2009 roku tylko AGH wykształciło więcej inżynierów górniczych (237) niż całe USA! Obecnie, na wszystkich wydziałach górniczych w Stanach Zjednoczonych, studiuje tylko 821 studentów I-go stopnia, podczas gdy znacznie więcej ich jest na samym Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH!

Rola Przemysłu, Władz i Społeczeństwa

Światowa historia edukacji pokazuje, że uniwersytety najlepiej wypełniają swoją misję, kiedy są wolne od wpływów rządu. Wykazano, że społeczeństwo, które wybiera władze, przemysł, które umacnia gospodarkę, może wpływać na kształcenie wyższe w znacznym stopniu poprzez ograniczanie roli władz i większe wykorzystywanie własnej inicjatywy.

Na przykład reformy w kształceniu wyższym, proponowane w USA dla inżynierii lądowej, są głównie inspirowane inicjatywą przemysłu, reprezentowanego przez Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Budownictwa Lądowego (ASCE) oraz przez Narodową Akademię Nauki i Inżynierii. Jednakże, taka inicjatywa niesie ze sobą nie tylko innowacyjne pomysły, ale także czas i pieniądze, zapoznanie się z punktem widzenia uniwersytetów i społeczeństwa, które posyła swoje dzieci na uniwersytety i płaci ich czesne i wydatki.

Społeczeństwo ma także dalszą rolę do odegrania. W USA, ***donacje dla uniwersytetów*** od fundacji charytatywnych są wyjątkowo ważne. Rankingi i ocena działania uniwersytetów odgrywają decydujący wpływ na wybór studentów i poprawę standardów. A najważniejsze jest, że Rada Akredytacyjna dla Inżynierii i Technologii (ABET), złożona z naukowców i praktyków, determinuje przydatność, lub nieprzydatność standardów edukacyjnych każdego programu inżynierskiego w USA.

Cóż, czyżby nie było miejsca dla udziału władz w kształceniu wyższym? Oczywiście, że jest. Nie wpływanie, ale asystowanie przy dostarczaniu funduszy na badania, w naszym przypadku poprzez agencję zwaną Narodowa Fundacja Nauki (NSF), albo, w przeszłości Biuro Górnicze Stanów Zjednoczonych (USBM). Także autoryzacja specjalnych funduszy poprzez inicjatywę ustawodawczą dla poprawy nauczania była bardzo udana w sferze partnerstwa pomiędzy uniwersytetami, przemysłem i środowiskami zawodowymi. Co więcej, władze stanowe mogą pomagać poprzez bodźce podatkowe, granty na ważne inwestycje jak nowe budynki, klasy i urządzenia laboratoryjne.

Obserwacje z AMERYKI: Lektura dla profesorów

Na własnej skórze przekonałem się jak to jest być profesorem w Stanach Zjednoczonych. Przyjechałem do tego kraju, z wielkimi oczekiwaniami aby zostać pełnym entuzjazmu nauczycielem, cieszącym się niepodzielną uwagą studentów, tak jak to zapamiętałem z moich polskich czasów, wspominając moich ukochanych profesorów. Okazało się jednakże, że **nauczanie** – jako działalność akademicka – ma drugorzędne znaczenie w amerykańskim systemie szkolnictwa wyższego. Pierwszorzędowe znaczenie miały badania, ponieważ to one były źródłem funduszy dla uniwersytetu na pokrycie stałych kosztów utrzymania. W rzeczywistości profesorowie są opłacani na bazie 9 miesięcy, zaś reszta musi być środkami pozyskanymi z badań lub zleceń z przemysłu. Wyobraźcie sobie zatem, że macie miesięczną pensję, o której myślicie, że jest zupełnie wystarczająca i wtedy okazuje się nagle, że jest ona wypłacana tylko przez 9 miesięcy w roku. Stąd też profesorowie muszą się poświęcić badaniom i oto dlatego ostatecznym hasłem rozwoju czyjejs kariery jest „Publish or perish” (czyli „Publikuj lub zgiń”).

Jako że przed przyjazdem na Uniwersytet Stanowy Pensylwanii spędziłem 15 lat poświęcając się nauce i współpracy z przemysłem i opublikowałem więcej artykułów niż jakikolwiek inny profesor na tym uniwersytecie, chciałem skupić się na nauczaniu. Niestety, stałem się mianowicie źródłem konsternacji dla moich kolegów. Dlaczego, z moją reputacją, nie chciałem zabiegać o duże projekty badawcze, lecz wolałem polegać na mojej skromnej pensji z nauczania. Cóż, to była bardzo trudna sytuacja i początkowo żona i ja mieliśmy kłopoty finansowe w Ameryce. Stało się jasne, że musiałem się zaadaptować do amerykańskiego systemu, bo uniwersytet nie chciał zapewnić kosztów delegacji, publikacji książek i periodyków, nie pokrywał kosztów sprzętu ani nie chciał zatrudniać techników i asystentów dla nauczania i badań.

Aby „zwyciężyć system” – ostatecznie spędziłem długie godziny pisząc propozycje projektów, otrzymałem duże kontrakty badawcze i stałem się niezależny zarówno finansowo jak i w sferze nauczania (uczyłem przedmiotów które preferowałem). Uznanie i awanse przyszły z powodu książek i publikowania cytowanych artykułów. Fundusze z projektów umożliwiły mi także zatrudnianie moich własnych studentów, zakup sprzętu i podróże na ważne konferencje i do przemysłu. Co więcej, nasza trudna sytuacja finansowa w Ameryce przez pierwsze kilka lat nauczyła nas, wspólnie z żoną, lepszego planowania budżetu domowego i wakacyjnego, które natychmiast wpoiliśmy naszym trzem synom, chociaż nie wzbudziło to ich entuzjazmu! Ameryka jest rzeczywiście cudownym krajem wielu możliwości, ale każdy musi pracować bardzo ciężko, nauczyć się systemu („*jeżeli nie możesz ich pokonać, to przyłącz się do nich*”), a w trudnych czasach warto mieć wspaniałą żonę, która umie hodować warzywa na wynajętej działce. Prawdę mówiąc, każdy z naszych początkowych problemów bytowych był do pokonania dla zdeterminowanego krakowiaka z tak dobrym wykształceniem, które

otrzymałem w Polsce. Po dwóch latach osiągnąłem pozycję koordynującego pracę 10 amerykańskich profesorów i wykładowców, i nikt nie sądził aby to było coś niezwykłego.

Główną lekcją, której się tam nauczyłem jest, że aby mieć sukces jako profesor w Ameryce, trzeba naprawdę „znać zasady gry”, być w ścisłym kontakcie z przemysłem, unikać biurokratów oraz potrafić zainteresować i zainspirować studentów.

STUDENCI – ESENCJA UNIwersYTETÓW

"To co nam przedstawia problemy, to nie te rzeczy których nie znamy, ale rzeczy o których jesteśmy pewni, że znamy doskonale."

KAZIMIERZ PUŁASKI, Polski i Amerykański Generał, Savannah, USA, 1778.

Omówiwszy zasady współdziałania i współzależności uczelni, przemysłu i społeczeństwa, pozostaje mi skupić się na samym sednie zabiegów uczelnianych: studentach, których szkolimy i nauczamy. Począwszy od starożytnej *Akademii* Platona i *Liceum* Arystotelesa, z czasów przed naszą erą, do średniowiecznego pierwszego uniwersytetu w Bolonii (1119), Oxfordzie (1168) i Paryżu (1200), to właśnie studenci zatrudniali nauczycieli (a nie na odwrót), co doprowadziło do pojęcia *universitas*, czyli gildia lub korporacja, w pigułce: *studenci uniwersytetu*.

W związku z tym - jako profesorowie – powinniśmy definiować i zapewniać standardy i zajęcia, które spełnią i urzeczywistnią oczekiwania studentów, inwestujących w nas i instytucji kształcenia wyższego.

Jakie więc wartości powinniśmy wpajać w przyszłe pokolenia inżynierów? Chciałbym przedstawić ich trzy główne aspekty: po jednym z *uczelni, przemysłu i społeczeństwa* - wszystkie określone przez absolwentów inżynierii górniczej.

Podejście akademickie pochodzi z ostatniej propozycji definiującej inżyniera światowej klasy, przedstawione przez Penn State Center for Enhancement of Undergraduate Engineering Education. W tym celu zostały wyodrębnione następujące cechy:

1. *Świadomość globalna*: wrażliwość na różnice kulturowe i kwestie środowiskowe;
2. *Dobra podstawa*: wszechstronne wykształcenie w zakresie podstaw inżynierii;
3. *Szerokie horyzonty techniczne*: zrozumienie, że współczesne problemy naukowe są interdyscyplinarne; dostrzeganie problemów w kontekście różnych możliwości i ich prawdopodobieństwa, biegłość w wielu dziedzinach;

4. *Skuteczność w działaniach grupowych*: umiejętność współpracy z grupą jak i z pojedynczymi jej członkami, pracujący dla osiągnięcia wspólnego celu, efektywnie komunikujący się w mowie i piśmie, rozumiejący wiele aspektów operacji biznesowych, a przede wszystkim ich jakość;
5. *Wszechstronność*: umiejętność rozwiązywania problemów, podejmowania decyzji i nowatorskich pomysłów;
6. *Orientacja na klienta*: znajdowanie i zaspakajanie potrzeb klientów, skuteczność na rynku światowym.

Podejście przemysłowe zostało sformułowane przez światowego konsultanta w zakresie górnictwa i budowy tuneli, którego zapytałem, czego spodziewałby się po młodym inżynierze, którego chciałby zatrudnić. Odpowiedział:

“Natychniaś zatrudnił bym młodych absolwentów przekonanych o tym, czego się nauczyli, nie aroganckich, ale rozsądnie myślących, patrząc mi prosto w oczy, którzy potrafią z pasją mówić o tym, co chcieliby zrobić ze swoim życiem. Wykształcenie czysto akademickie tylko w części kształtuje człowieka; reszta jest szansą, którą się zauważy i wykorzysta, ciężką pracą, uczciwością, a w niektórych przypadkach łutem szczęścia.

Podejście społeczne pochodzi od mojego byłego doktoranta, który jest dzisiaj szefem krajowego biura do spraw zdrowia i bezpieczeństwa w górnictwie. Oto 5 cech wzorcowego geoinżyniera, który realizuje potrzeby i spełnia zaufanie społeczne”:

Entuzjastyczny: jest zainteresowany, nie jest łatwo go zniechęcić i jest w stanie зараżać innych swoim entuzjazmem.

Zmotywowany i nowatorski: ustala własne cele, a nie czeka, aby zrobili to inni; znajduje nowe sposoby patrzenia na problemy.

Praktyczny: zainteresowany szukaniem rzeczywistych rozwiązań rzeczywistych problemów. Bardzo obeznany z przemysłem i ludźmi.

Wiedza naukowa i techniczna: solidne wykształcenie akademickie w wielu pokrewnych dziedzinach, jest na bieżąco z najnowszymi osiągnięciami.

Umiejętności interpersonalne: potrafi przekazać wyniki badań w sposób pisemny, ustny oraz za pośrednictwem innych mediów.

Powyższe uwagi stanowią szereg porad, do których chciałbym dodać jeszcze trzy słowa, które dla mnie okazały się najlepsze: *Perseverantia omnia vincit* (wytrwałość wszystko zwycięża). Myśl ta motywowała mnie przez całe moje zawodowe życie, od studenta przez doktora nauk, profesora i konsultanta. ***A to oznacza, że każdy z nas, zwykłych ludzi jest zdolny do niezwykłych rzeczy. Mówię***

moim studentom: idźcie w świat i nie bójcie się, możecie zrobić różnicę w życiu innych. Dlatego znaleźliście się tutaj!

NA ZAKOŃCZENIE

Budowanie połączeń między uczelnią, przemysłem i społeczeństwem jest niezbędne do czerpania korzyści z ich współzależności i uczenia się od siebie nawzajem. Mam nadzieję, że dowiodłem tego na podstawie mojego doświadczenia jako inżynier, naukowiec i profesor na 3 kontynentach, odwiedzając przy okazji wiele krajów.

Dzięki dzisiejszemu wielkiemu wyróżnieniu nadanemu mi przez Akademię Górniczo-Hutniczą, spotkanie z Państwem przy tej niezapomnianej okazji było zaszczytem i przyjemnością. Powracając do miejsca mego urodzenia, Krakowa, śmiało mogę teraz powiedzieć że w moim przypadku historia zatoczyła pełne koło.

Kończąc, dziękuję wszystkim i zostawiam Państwa z myślą wybitnego naukowca i profesora **ALBERTA EINSTEINA**, który w 1941 roku na uniwersytecie Princeton powiedział:

*Entuzjazm jest największym kapitałem na świecie,
przewyższa pieniądze, i siłę i wpływy.*