

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

Profesor Emeritus, *Pennsylvania State University*, USA

Profesor Honorowy, *Uniwersytetu Politechnicznego w Madrycie*, Hiszpania

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

Życiorys zawodowy

Dorobek naukowy i życie Profesora Bieniawskiego jest podzielony na trzy etapy: edukacja w Polsce, szlify inżynierskie i badania naukowe w Afryce Południowej, oraz praca jako profesor, naukowiec i międzynarodowy konsultant w Ameryce. Te etapy na trzech kontynentach składają się z 21 lat spędzonych w Polsce, 20 lat w Afryce oraz 32 lata w USA aż do dzisiaj.

Edukacja w Polsce

Zdzisław Tadeusz Richard Bieniawski urodził się w Krakowie 1-go października 1936 roku w rodzinie nauczycielskiej: ojciec Tadeusz, był dyrektorem szkoły zawodowej, zaś matka Alicja z domu Preinłowa była nauczycielką szkoły podstawowej. Na skutek II Wojny Światowej, rodzina Bieniawskich została tragicznie rozdzielona na 19 lat. Ojciec, powołany do wojska w 1939 roku, przeszedł z armią polską do Rumunii, a później do Francji, ostatecznie zostając zdemobilizowany w ówczesnej Brytyjskiej kolonii, Rodezji w centralnej Afryce. W międzyczasie, 3-letni Zdzisław został po opiecej matki w miasteczku Grybów, na Podkarpaciu krakowskim. Choć żył w prymitywnych warunkach powojennych, młody Bieniawski otrzymał doskonale wykształcenie pod okiem matki nauczycielki. Ona mu tłumaczyła: „*wykształcenie i nauka to skarby których nikt ci nie może odebrać*”. Myśl ta kształtuje jego życie do dnia dzisiejszego.

W r. 1946 matka i syn zostali poinformowani przez Czerwony Krzyż że ojciec zginął w czasie wojny. W tym samym czasie, Tadeusz, żyjący w Rodezji, otrzymał zawiadomienie z Londynu że jego rodzina nie ocalała kiedy Armia Czerwona wyzwoliła Kraków. Ani ojciec, ani matka nie pogodzili się z tymi wiadomościami i

poszukiwali siebie nadal. Na swoje ślady, rodzina natrafiła dopiero w roku 1948.

Zdzisław miał doskonałych nauczycieli w szkole podstawowej i profesorów w gimnazjum. Uczył się z pasją, zawsze kończąc na czele każdej klasy, uwielbiał matematykę i fizykę. Kiedy zdał maturę w 1954 roku, otrzymał najlepsze świadectwo umożliwiające przyjęcie na wyższą uczelnię zgodnie z jego wyborem. Chciał zostać inżynierem, ale jego profesorowie i matka go ostrzegali że ten zawód wymaga nie tylko opanowania przedmiotów technicznych. Twierdzili, że wykształcony inżynier to musi być człowiekiem kulturalnym, humanistą i znawcą sztuk pięknych, aby właściwie służyć społeczeństwu. To był początek jego przyszłych międzydyscyplinarnych zajęć.

Jako kierunek kształcenia wybrał Budowę Okrętów Morskich na Politechnice Gdańskiej jako jego "powołanie", gdyż w szkole średniej był bardzo aktywny w Lidze Morskiej i zdobył nawet patent żeglarski na kursie rejsowym na Bałtyku w Jastarni. W ciągu czterech lat akademickich, Profesor Bieniawski skończył również obowiązkowe studium wojskowe jako podporucznik Marynarki Wojennej. Koniec czwartego roku na Politechnice Gdańskiej zbiegł się z otwarciem granic Polski na zachód w latach 1956-57. Wtedy właśnie, powstała możliwość połączenia z ojcem, po 19 latach rozstania. Matka Alicja otrzymała pozwolenie wyjechać jako pierwsza, zaś Zdzisław opuścił kraj rok później.

W tym czasie, Profesor Bieniawski w ogóle nie myślał o pozostaniu zagranicą, a już na pewno nie w afrykańskiej kolonii, dalekiej od kultury polskiej, gdzie jego ojciec pracował w kopalni miedzi w Mufulirze (obecna Zambia). Jako młody idealista, Zdzisław uwielbiał Budowę Okrętów i Politechnikę Gdańską - w owym czasie najbardziej ceniony kurs studiów - jak również chciał szybko wrócić do teatrzyku studenckiego w którym był aktorem i asystentem reżysera! Głównie jednak uważał że wszystko zawdzięcza swoim doskonałym profesorom - wtedy zdecydował że jego kariera ma tylko jeden cel: aby zostać profesorem w dziedzinie inżynierii i uczestniczyć w wielkich projektach. Ale los miał inne plany co do jego osoby, zwłaszcza po tragicznej śmierci ukochanej matki.

Afryka i wprowadzenie do górnictwa

Kiedy Profesor Bieniawski przyjechał do domu ojca w Mufulirze, do małego górniczego miasta na tzw „Copperbelcie” (wielkich złóż miedzi), nie było mowy o budowie okrętów w Zambii, kraju bez dostępu do morza. Z języków obcych władał rosyjskim, niemieckim i ...łacina, ale nie angielskim! Zaraz więc zapisał się do lokalnej szkoły technicznej dla górników, ucząc się angielskiego i terminologii technicznej. Po kilku miesiącach otrzymał pracę jako nowicjusz-górnik do eksploatacji podziemnej. To było wprowadzenie Profesora do górnictwa poczynając od najniższego szczebla. W brytyjskim stylu kolonialnym, on był pomocnikiem dla angielskiego górnika odpowiedzialnego za roboty strzałowe w złóżu miedzi, prowadzone przez drużynę czarnych robotników. Praca była lekka i dobrze płatna, lecz niebezpieczna, gdyż warunki pod ziemią były prymitywne i liczyła się tylko wysoka produkcja. Jednakże późniejszy Profesor uczył się górnictwa z pierwszej ręki widząc jak to się robi i był bardzo zainteresowany tym jak się analizuje stateczność wyrobisk i jak się mierzy wytrzymałość górotworu. Lecz w tych latach 50-tych, mechanika skał jeszcze nie istniała i powiedziano mu że, „robimy jak to zawsze tu się robiło”. Zauważył również wielkie braterstwo pomiędzy górnikami i bardzo mu się podobało że wszyscy sobie wzajemnie pomagają. Ze względu na fakt jego wykształcenia technicznego, został przeniesiony do prac na powierzchni w biurze geodezji.

Dużo rozmyślał o powrocie do Polski, gdzie otrzymał na Politechnice Gdańskiej roczny urlop dziekański. Jednakże nie mógł opuścić swojej nowo-połączonej rodziny gdyż nie zniosły by tego serca jego rodziców połączonych po tylu latach rozłąki. Rodzice błagali aby rozważył możliwość studiów w niedalekiej Unii Południowo-Afrykańskiej na Uniwersytecie Witwatersrand w Johannesburgu. Ta uczelnia miała znane Kolegium Inżynierskie, bardzo cenione w całej Wspólnocie Krajów Brytyjskich i w Ameryce. Akurat tak się zdarzyło że polski profesor, wykształcony w Wielkiej Brytanii, był dziekanem Wydziału Inżynierii Mechanicznej. On znał wysoki poziom kształcenia na Politechnice Gdańskiej i po sprawdzeniu indeksu Profesora Bieniawskiego obejrzawszy doskonale wyniki, zaproponował przyjęcie na 3-ci lub 4-ty rok studiów. Jedyłą

różnicą był stan jego angielskiego, potrzebny na czwartym roku do pracy dyplomowej. Profesor Bieniawski wybrał trzeci rok studiów biorąc pod uwagę przeniesienie specjalizacji z budowy okrętów do inżynierii mechanicznej i konieczność nadrobienia brakujących przedmiotów. W rezultacie ukończył kurs inżynierski w 1961 roku i kiedy egzaminy okazały się łatwe, zdał sobie sprawę z doskonałego poziomu wykształcenia jakie otrzymał na Politechnice Gdańskiej, kończąc teraz studia inżynierskie, tym razem po angielsku, na pierwszym miejscu na roku. Dyplom zawodowy magistra inżyniera otrzymał w 1963, w specjalizacji „mechanika inżynierska i analiza naprężeń”. Dalej chciał studiować jeszcze kilka lat dla uzyskania doktoratu któryby umożliwiłby mu w przyszłości o ubieganie się o wymarzone stanowisko profesora.

Po ukończeniu pracy magisterskiej, opublikował swój pierwszy artykuł naukowy*, którym wygrał nagrodę „młodego pracownika naukowego”. Pewnego dnia, recenzent zewnętrzny jego pracy magisterskiej ofiarował mu pozycję w swojej grupie naukowców w Departamencie Mechaniki Skał (Rock Mechanics Division), South African Council for Scientific and Industrial Research. Zapewniał go także, że ma temat idealny na robienie doktoratu.

Tak zaczęły się badania Profesora Bieniawskiego w tej nowej dla niego dziedzinie, teraz zwaną geoinżynierią. Tematem badań był „*mechanizm kruchego zniszczenia skał i jego zastosowanie w rozwiązywaniu problemów z tąpniętami w górnictwie złota*”. W tym czasie (1964), Republika Południowej Afryki, ze względu na swe największe na świecie zasoby złota i najgłębsze kopanie, (>3 km pod ziemią!) miała najbardziej zaawansowane badania naukowe w dziedzinie tąpnięć i mechaniki górotworu prowadzone na wielką skalę zarówno w kopalniach jak i w doskonale wyposażonych (przez przemysł) laboratoriach.

*"Application of the photoelastic coating technique to studying stress redistribution around notches". *South African Mechanical Engineer*, v.12, 1963, pp.275-287.

Studia doktoranckie, uwieńczone zostały w 1967 roku doktoratem z wyróżnieniem (*cum laude*) z zakresu inżynierii skalnej, obronionym na Wydziale Górnictwa na Uniwersytecie w Pretorii. Obroniona praca doktorska na tym uniwersytecie daje tytuł doktora *Doctor of Science (DSc)* - podobny do polskiego *Doktora habilitowanego*. Jest on przyznawany za pracę doktorską oraz za ocenione przez niezależnych recenzentów publikacje naukowe. Taki właśnie tytuł przyznano Profesorowi Bieniawskiemu.

W międzyczasie miał okazję być delegatem na 1-szy Światowy Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Mechaniki Skał (ISRM), który miał miejsce w Lizbonie w 1964, a później zorganizował Narodową Grupę Mechaniki Skał Afryki Południowej, zostając wybrany jej przewodniczącym. W latach 1974-79 służył jako Vice-Prezydent ISRM oraz przewodniczący Komisji do Badań Laboratoryjnych Skał.

Od tego czasu Profesor kierował, jako menadżer, wydziałem do badań Mechaniki Górotworu (Rock Mass Mechanics) dla górnictwa i budownictwa podziemnego i zajmował się geoinżynierią, geotechniką i geomechaniką. Nowe metody badania mechanicznych właściwości górotworu zostały opublikowane przez Profesora w latach 1969-76 i dotyczyły prób ściskania filarów węglowych podkreślając różnice pomiędzy badaniami wytrzymałości próbki i górotworu węgla.

W roku 1970 ważnym wydarzeniem dla Profesora było otrzymanie uprawnień zawodowych w Wielkiej Brytanii i w Afryce Południowej jako „*Professional Chartered Engineer*”. To nadało mu prawo zatwierdzania podpisem prac inżynierskich w tych krajach wraz z tytułem *Pr.Eng* i *C.Eng*, podobne do dzisiejszego „*European Engineer*”. Wtedy to świadczyło, o przynajmniej 10 latach doświadczenia w przemyśle, w tym 5 lat na kierowniczych stanowiskach, co rzadko się zdarza naukowcom.

W latach 1972-73, Profesor Bieniawski tworzył i rozwijał klasyfikację skał "*Rock Mass Rating system (RMR)*" która znalazła szerokie zastosowanie przy projektowaniu kopalń, tuneli, zboczy oraz posadowień budowli inżynierskich, a szczególnie wielkich zapór wodnych. Wyniki tych badań publikował w dwóch pracach wydanych

w 1973 i 1976 roku oraz w podręczniku *"Engineering Rock Mass Classifications"*, John Wiley & Sons, New York, 1989.

W roku 1977, na zaproszenie trzech amerykańskich instytucji naukowych, Profesor Bieniawski zaakceptował pozycję profesora zwyczajnego (full professor) w Uniwersytecie Stanowym Pensylwanii, nareszcie wypełniając swoje marzenie zostania profesorem i kształtowania umysłów młodych kadr inżynierskich.

Ameryka i wiele ról profesora

Po 15 latach badań naukowych i przemysłowych, kiedy znalazł się w Ameryce, na jednym z czołowych państwowych uniwersytetów technicznych, Profesor Bieniawski oddał się obowiązkom dydaktycznym z pasją i entuzjazmem gdyż czekał na to całe swe życie. Wykładał do studentów wszystkich cykli: dla doktorantów, studentów II-go i I-go stopnia, zaś szczególnie lubił wykładać dla studentów pierwszego semestru gdyż dawało to możliwość podkreślenia wagi inżynierii oraz uczuć satysfakcji i podniecenia, które towarzyszą pracy nad nowymi projektami. Jego mottem dla studentów było: *"naukowcy odkrywają co jest, inżynierowie budują co nigdy nie było!"* (Theodore von Karman, 1911). Wykładał dużo przedmiotów: mechanikę skał i górotworu, geoinżynierię stosowaną, mechanikę teoretyczną i kryteria wytrzymałości, projektowanie filarów węglowych, budowę tuneli, stateczność zboczy, metodyka i zasady projektowania obiektów podziemnych, inżynieria środowiska, oraz... historia górnictwa i tunelowania na świecie. Szczególnym sukcesem był jego kurs dla doktorantów: „zaawansowane projektowanie tuneli i wyrobisk w przemyśle” oparty o praktyczne zastosowania w przemyśle, a kończący się projektem przedstawianym do oceny inżynierom praktykom. Jego studenci pochodzili z wydziałów górnictwa, inżynierii lądowej, inżynierii nafty i gazu, inżynierii mechanicznej, oraz z tzw. „science, technology and society”, czyli wzajemnego połączenia nauki, inżynierii i nauk społecznych. W międzyczasie również był reżyserem trzech filmów fabularnych dla nowych studentów i publiczności nie-inżynierskiej. Ważne również były jego działania jako promotora prac doktorskich i magisterskich badaczy którzy pracowali na jego projektach naukowych i przemysłowych. Zawsze podkreślał im ważność dobrego

pisania raportów zawodowych i naukowych. W wolnym czasie, pisał artykuły naukowe i podręczniki dla studentów. Za swoją aktywność akademicką, otrzymał dużo nagród i wyróżnień, z których najważniejsze dla niego było uznanie go za najlepszego wykładowcę wśród profesorów inżynierii na jego uniwersytecie, narodowa nagroda Amerykańskiego Instytutu Inżynierów Górnictwa i Nafty (AIME) za „wybitne osiągnięcia w naukowych i praktycznych zastosowaniach mechaniki skał (górotworu) i w inżynierii górnictwa węglowego i w budownictwie podziemnym”. Miał zaszczytne zaproszenia na stanowiska profesora wizytującego do czołowych uniwersytetów amerykańskich takich jak Harvard, Stanford, Berkeley, MIT i Cambridge w Anglii, Tokio w Japonii oraz Wyższych Szkół Górniczych w Rosji: w Moskwie i w St. Petersburgu. Został szczególnie wyróżniony wyborem na Przewodniczącego Amerykańskiego Komitetu Narodowego dla Technologii Tunelowania, który był organem Akademii Nauk USA. Na tej pozycji reprezentował Stany Zjednoczone Ameryki w Międzynarodowym Stowarzyszeniu Tunelowania (ITA).

Chociaż nie szukał uniwersyteckich pozycji administracyjnych, nie mógł jednakże omówić nominacji na stanowisko Dyrektora Instytutu Badań Mineralnych Pensylwanii, odpowiedzialnego bezpośrednio przed Rektorem Uniwersytetu i Gubernatorem Pensylwanii. Pracował na tej pozycji przez 10 lat od 1980-90 i otrzymał wyróżnienie za osiągnięcia w służbie narodu i stanu Pensylwania.

W ciągu swych lat akademickich Profesor Bieniawski wypromował 13 doktorantów i 9 magistrów z różnych krajów oraz był mentorem dodatkowych doktorantów jako członek ich komisji doktorskich. Jeden Polak z AGH znalazł się także w tej grupie: Dr. inż. Marek Mrugała, jego najlepszy student, późniejszy asystent i ostatecznie profesor górnictwa na tym samym uniwersytecie. Inni wychowawcy dzisiaj są naukowcami, profesorami lub dyrektorami przemysłowych firm nie tylko w Ameryce ale też w Chinach, Niemczech, Turcji, Grecji, Włoszech, Hiszpanii, Brazylii, Australii, Tajlandii, w Afryce Południowej, i oczywiście w Stanach Zjednoczonych. W roku 1996, z okazji obchodów 60-tej rocznicy urodzin Profesora Bieniawskiego i jego decyzji o opuszczeniu

Uniwersytetu Stanowego Pensylwanii i przejściu na „emeryturę” do Arizony, jego studenci zorganizowali „Cykl Wykładów Bieniawskiego” (Bieniawski Lecture Tour) w USA oraz publikację książki z ich i jego artykułów pod tytułem: *Milestones in Rock Engineering: The Bieniawski Collection* (A.A. Balkema, Rotterdam, 1996) podsumowując osiągnięcia naukowe Profesora.

Szczególnym przekonaniem jakie wyniósł ze swej kariery, jako profesor i konsultant międzynarodowych projektów przemysłowych jest to, że wiedza techniczna czy naukowa nie wystarcza aby je dobrze przekazać społeczeństwu lub klientom, w zastosowaniu do projektów budowlanych lub górniczych. Potrzebna jest jeszcze zręczność i biegłość w komunikacji ustnej i pisemnej: to znaczy wielka umiejętność pisania prac i artykułów, co nawet czasami okazuje się ważniejsze niż aspekty techniczne danego projektu przemysłowego!

Konsultant międzynarodowy i europejskie kontakty

Profesor Bieniawski oficjalnie przeszedł na emeryturę z Uniwersytetu w Pensylwanii jako zasłużony *Profesor Emeritus*, lecz w dalszym ciągu kontynuował prace w trzech dziedzinach dla których uprzednio nie miał wystarczającej ilości czasu: (i) dalej doskonalić teorię i metodykę (prakseologię) inżynierii konstrukcyjnej (*design engineering*), (ii) rozwijać swą firmę konsultanta międzynarodowego w tunelowaniu i górnictwie, szczególnie w Europie, gdzie użycie i konstrukcja maszyn do prac podziemnych TBM (*tunnel boring machines*) są najbardziej zaawansowane, oraz... (iii) pracując nad szczegółami drzewa genealogicznego swej wielo-narodowej rodziny i pisząc historię swoich polskich korzeni dla trzech synów i synowych i ośmiu wnucząt urodzonych w Ameryce.

Zaczął te zobowiązania w styczniu 1997 kiedy został zaproszony na rok jako profesor wizytujący na Uniwersytecie Cambridge w Anglii, w dziedzinie projektowania inżynierskiego (*engineering design* - specjalność tego uniwersytetu jako najlepszego w Europie). Kiedy rozpoczął swe obowiązki jako profesor Uniwersytetu Cambridge, miał zaszczyt być jedynym profesorem Pensylwanii który zdobył tzw. „trzy-korony” (*triple-crown*) honor profesorstwa na trzech czołowych uniwersytetach świata: Stanford (1984), Harvard (1990) i Cambridge (1997). Rok później został

zaproszony do hiszpańskiej Wyższej Szkoły Górniczej Politechniki Madryckiej, co rozpoczęło jego długą afiliację z tym uniwersytetem oraz konsultacje na pracach tunelowych w Hiszpanii, które są kontynuowane aż do dzisiaj. Po czterech latach studiów, nauczył się hiszpańskiego i wykłada w tym języku. A drzewo rodzinne i polskie korzenie umacniają się jak czas pozwala i jak jego wnuki studiuja jego opowieści.

Oprócz tego, w dalszym ciągu lubi kontakty ze studentami wykładając jako wolontariusz w lokalnym Yavapai College przedmioty związane z polityką zagraniczną i powiązania pomiędzy nauką i religią.

Za jego osiągnięcia i dorobek naukowy, Politechnika Madrycka przyznała mu tytuł *Doktora Honoris Causa* w 2001 roku, w dniu jego 65-tej rocznicy urodzin, oraz tytuł profesora dystyngowanego w *claustro extraordinario de todas Españas* (rada profesorów hiszpańskich całego świata) jako *el patrino* (promotor) geoinżynierii w Wyższej Szkole Górniczej Politechniki Madryckiej. Parę lat później, w 2003, nazwano Aulę wykładową jego imieniem i ustanowiono stypendium i doroczną nagrodę Bieniawskiego, sponsorowane przez przemysł, za najlepszą pracę dyplomową. Otrzymał wtedy symboliczny złoty klucz do drzwi Auli Bieniawskiego w Wyższej Szkole Górniczej w Madrycie. Właśnie w Hiszpanii, od lat 2005 aż do dzisiaj, rozpoczął nowe badania naukowe i przemysłowe, w najszybciej rozwijającej się dziedzinie budownictwa podziemnego: prognozowaniu wyników prac wielkogabarytowych maszyn do drażenia tuneli, obecnie osiągających powyżej 15m średnicy. Wraz z naukowcami z Wyższej Szkoły Górniczej w Madrycie, zaproponował nowy system prognozy nazwany: *Rock Mass Excavability index (RME)* - wskaźnik urabialności maszyn TBM (*World Tunnel Congress, 2006, ITA Seoul, Korea*). Zebrano dane techniczne z wielu projektów i opublikowano rezultaty prognoz dla trzech typów wielkich maszyn TBM, co pomogło w obecnym praktycznym zastosowaniu wskaźnika RME do nowych projektów w Hiszpanii, Niemczech, Włoszech i Etiopii.

Kontakty naukowe i akademickie z Polską

Profesor Bieniawski, jest obywatelem polskim oraz (od 1983 roku) amerykańskim. Od wielu lat i do dzisiaj, utrzymywał kontakty z Ojczyzną i przy każdej okazji podkreślał w swych artykułach i wykładach ważność Polskiej myśli naukowej i technicznej. Uważa że podstawą wszystkich jego sukcesów jest doskonale wykształcenie które otrzymał w Polsce, zarówno w swym liceum, jak i na Politechnikach Śląskiej i Gdańskiej, oraz przez wpływ jaki na niego mieli znakomici polscy profesorowie (np. *prof. dr hab. inż. Jerzy Doerffer*) z ich wysokim poziomem wykładów, ćwiczeń i seminariów dyplomowych. W jego opinii, polskie wykształcenie, można porównać z tym, które można zdobyć na najlepszych światowych uniwersytetach, które zwiedzał dając wykłady. „*To co jest zagranicą, to nie znaczy że musi być lepsze*”, mówił studentom w czasie swej pierwszej rewizyty do Polski, po 23 latach w **1981** roku. „*nie jest tak trudno dać sobie radę zagranicą jak masz polskie wykształcenie i wierzysz w swe możliwości*”, dodawał. „*rankingi nie zawsze wyrażają prawdziwe pozycję uniwersytetu którą tylko absolwent może ocenić po wielu latach pracy*”.

Najszerze kontakty miał Profesor Bieniawski z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie. Korespondencyjnie zaczęło się to znacznie wcześniej niż w roku 1981, lecz ponieważ w latach 1960-1980, kiedy pracował w Afryce Południowej, ten kraj nie miał stosunków dyplomatycznych z Polską, nie mógł otrzymać wizy do Polski. Pierwsza okazja nadarzyła się już w Stanach Zjednoczonych, kiedy został zaproszony przez AGH i Polską Akademię Nauk z okazji 7-mej Konferencji Plenarnej Międzynarodowego Biura Mechaniki Górniczej (Prezydentem był Prof. dr hab. inż. Marcin Borecki) w Gliwicach, gdzie wygłosił referat, *Analizy Modelowanie jako Narzędzie Geomechaniczne dla Projektowania Kopalń w USA*. Tak był wzruszony swą pierwszą wizytą w Polsce po tylu latach, że napisał obszerny raport dla swych studentów i rodziny (*Report on a Visit to Poland, Penn. St. Univ. June, 1981*). Do dzisiaj Profesor Bieniawski bardzo miło wspomina spotkania z wybitnymi profesorami i naukowcami, których wtedy poznał (zanotował że w tym czasie AGH miała 12.000 studentów a Politechnika Krakowska, 6.000 studentów):

AGH:

- Dziekan (*obecny*) prof. dr hab. inż. **Piotr Czaja** (*który przygotował tą wizytę*)
- Dziekan (*były*) prof. dr hab. inż. **Stanisław Knothe**
- Rektor AGH (*były*) prof. dr hab. inż. **Henryk Filcek**, Instytut Mech. Górniczej,
- Prof. dr hab. inż. **Danuta Krzysztoń**,
- Dr inż. **Stefan Józkiwicz**.

IMG PAN Kraków:

- Prof. dr hab. inż. **Jerzy Litwiniszyn**, Zakład Mechaniki Skał.

Politechnika Wroclawska:

- Prof. dr hab. inż. **Zdzisław Gergowicz**, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki
- Dr inż. **Leszek Wojno**

Politechnika Warszawska:

- Prof. dr habil. Inż. **Stanisław Kajfasz**, Instytut podstawowych Problemów Techniki PAN

Politechnika Radomska:

- Prof. dr hab. inż. **Zygmunt Strzyżakowski**, Wydział Transportu

Politechnika Gdańska:

- Rektor (*były*) Prof. dr hab. inż. **Jerzy Doerffer**

Polska Akademia Nauk w Gdańsku:

- Prof. dr hab. inż. **Kazimierz Thiel**, Dyrektor Zakładu Mechaniki Skał
- Dr hab. inż. **Bogumił Dembski**

Politechnika Śląska:

- Prof. dr hab. inż. **Henryk Gil**
- Prof. dr hab. inż. **Marcin Borecki**, Prezes Międzynarodowego Biura Mechaniki Górotworu

Główny Instytut Górnictwa Katowice:

- Dr inż. *Józef Łojas*

W rok później, po tej pamiętnej wizycie, Profesor miał drugą okazję spotkania z Panem Dziekanem Czają, tym razem w Stanach Zjednoczonych w czasie 1982 Polsko-Amerykańskiej Konferencji Geomechaniki Górniczej, kiedy prezentowali swoje referaty wraz z grupą polskich inżynierów. Późniejsze wizyty do Polski miały miejsce w lipcu **1989**, jako gość zaproszony na III Kongres Uczonych Polskiego Pochodzenia w Warszawie. Wtedy nawiązał kontakty w nowej dziedzinie (całkowicie poza górnictwem), a mianowicie w teorii projektowania: Dział Metodologii Projektowania (Prakseologia) Polskiej Akademii Nauk. Poznał tam profesora Wojciecha Gasparskiego, wybitnego następcę znanego w tej dziedzinie pioniera Profesora Tadeusza Kotarbinskiego.

W maju **1991** odbyła się wizyta trzecia, tym razem z żoną, aby poznała Ojczyznę. Żona, magister historii i amerykanka szkockiego pochodzenia, była zachwycona Polską, a szczególnie Krakowem i Zakopanym. Od tego czasu zawsze podróżowali do Polski razem. Profesor nawiązał w tamtym roku kontakt z profesorem Kazimierzem Thielem z Pracowni Mechaniki Skał, Instytutu Budownictwa Wodnego, Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku. Odwiedził również projektowany zbiornik wodny w Świnnej Porębie na rzece Skawa. Wygłosił dwa wykłady: "Klasyfikacje geotechniczne masywów skalnych" oraz "Projekt i budowa Tunelu pod Kanalem La Manche" (gdzie był konsultantem). Spotkał się też z Rektorem Politechniki Gdańskiej (jego Alma Mater) prof. Jerzym Doerfferem i został zaproszony do pełnienia funkcji doradcy odnośnie zmian curriculum studiów inżynierskich.

W roku **1997**, podczas następnej wizyty na Politechnice Gdańskiej i czwartej do Polski, spotkał się z Dziekanami Wydziału Inżynierii Mechanicznej prof. Janem Knyszewskim i prof. Jerzym Wojciechowskim, na dyskusje wymiany informacji i współpracy o reformy curriculum Polska-USA. W roku **2006** przyjechał do Polski aby obchodzić 70-ą rocznicę swych urodzin w Krakowie i w Warszawie gdzie mieszka jego rodzina. Spotkał się przy tej okazji z dr

inż. Wojciechem Grodeckim, przewodniczącym Podkomitetu Budownictwa Podziemnego Międzynarodowego Stowarzyszenia Tunelowania (ITA). Z nim utrzymywał kontakty przez wiele lat spotykając się na Kongresach ITA, jako reprezentant delegacji amerykańskiej. Ostatnie ich spotkanie było w Indiach w 2008. Profesor był także w Polsce w 2009 z wizytą u rodziny z okazji ślubu jego siostrzenicy.

Podsumowując dorobek naukowo-zawodowy Profesora, można wyróżnić pięć głównych kierunków, które są przedstawione poniżej.

Dorobek naukowy to liczba 213 pozycji, w tym 195 publikacji naukowych, 10 podręczników (cztery książki przetłumaczone na rosyjski, chiński, koreański i hiszpański), trzy redakcje opracowań technicznych i reżyseria trzech filmów naukowych o inżynierii skalnej (rock engineering). Wypromował 22 doktorów (PhD. Eng) i magistrów (M.Sc. Eng) nauk technicznych w tym dwóch doktorów habilitowanych (D.Sc. Eng), z których jeden jest obecnie prorektorem politechniki a drugi dziekanem wydziału geoinżynierii. Był też mentorem pięciu innych doktorantów będąc członkiem ich komisji doktorskich. Siedmiu z jego własnych doktorantów jest obecnie profesorami a pięciu jest dyrektorami własnych firm w przemyśle górniczym i budownictwie. Dwóch z nich to czołowi naukowcy w górniczym organie (MSHA: Mine Health and Safety Administration) rządu USA do spraw zdrowia i bezpieczeństwa w kopalniach węgla.

Dorobek techniczny Profesora to praca jako konsultant i doradca dla 48 przedsiębiorstw przemysłowych i udział w 66 projektach w Europie (Wielka Brytania, Francja, Grecja, Hiszpania, Włochy), Azji (Chiny, Indie, Iran, Japonia, Korea i Turcja) w Ameryce Północnej (USA, Kanada i Meksyk) i Południowej (Argentyna i Chile), w Afryce (Etiopia, Namibia, Rodezja i RPA) oraz w Australii. Był doradcą technicznym do Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ) i dydaktycznym dla uniwersytetów w USA (Columbia, Pennsylvania State, Arizona), Uniwersytetu w Cambridge w Wielkiej Brytanii i Politechniki Madryckiej w Hiszpanii.

1. - Kruche pękanie skał i jego zastosowanie do ograniczenia zagrożenia tąpniętami w kopalniach głębokich

1963-72

Ten temat został podjęty jako prerekwizyt do badań kryteriów teoretycznych opisujących zachowanie się skał w złożonym stanie naprężenia. W tym celu zaczął od studiów teorii Griffitha dotyczącej kruchego pękaniu metali. Po pięciu latach badań teoretycznych i laboratoryjnych, zaproponował hipotezę o mechanizmach najważniejszych procesów zachodzących się w skałach pod działaniem naprężeń, od początkowego obciążenia aż do kruchego pękaniem stanu pozniszczeniowego (*post-failure*). Opublikował 17 artykułów naukowych, z których najważniejszy to: *Mechanizm kruchego zniszczenia skał (Mechanism of brittle fracture of rock, Int. J. Rock Mech. & Min. Sci., v.4, 1967, pp.395-430)*. Profesor Leopold Müller, słynny naukowiec i prezydent Międzynarodowego Towarzystwa Mechaniki Skał, recenzował tę publikację pisząc w *Rock Mechanics Journal* (Wiedeń, 1968): "*Artykuł Bieniawskiego to znaczący krok naprzód w naszym rozumieniu mechanizmu pękania jako procesu tektonicznego. Jego wyniki prowadzą do nowej możliwości interpretacji zachowania się skał spękanych, z którymi mamy do czynienia w naturze*". Jedną z ważniejszych idei zawartych w tej pracy było sformułowanie definicji krytycznej emisji energii (*critical energy release*) podczas niestabilnej propagacji szczeliny. Idea ta znalazła później zastosowanie w ograniczeniu zagrożenia tąpniętami w głębokich kopalniach złota; oraz kryterium wytrzymałości skał mocnych (kwarcyt, noryt) jakie znajdują się w głębokich kopalniach złota.

Podręcznik: Bieniawski, Z.T. "Rock Mechanics in Mining and Tunnelling", A.A.Balkema, Rotterdam, 1984.

Bibliografia: "Strength and Failure of Rock", Collection of 17 publications, Pennsylvania State University, 1986.

2. - Badania wielkowymiarowe filarów węglowych i formuła projektowana eksploatacji systemem filarowo-komorowym

1967-1975

Po wielkiej tragedii zawału filarów w kopalni węgla „Coalbrook” w Afryce Południowej w styczniu 1960 roku, kiedy zginęło 437 górników, przemysł w tym kraju szukał nowych i bezpiecznych metod projektowania eksploatacji w kopalniach węgla. Jednym z realizowanych tematów były badania prowadzone pod kierunkiem Profesora Bieniawskiego na filarach węglowych *in situ* gdzie próbki węgla były ściskane aż do zniszczenia. Badania prowadzono dla dużych prób o różnych kształtach i wielkości, oraz, dla porównania, także na małych próbkach laboratoryjnych. Jako rezultat ośmiu lat testów *in situ* w trzech kopalniach, na 66 dużych próbach węgla mierzących aż do 2m długości i szerokości oraz mające stosunek szerokości do wysokości 0,5 do 3,4, po raz pierwszy rozwiązano eksperymentalnie problem efektu w dużej skali (*size effect*). Na podstawie tych wyników, zaproponowano formułę matematyczną dla projektowania filarów w kopalniach węgla, która jest używana do dzisiaj w Stanach Zjednoczonych i w innych krajach. Koszt tych badań był bardzo wysoki (\$319.500 w ciągu 10 lat), lecz w tym czasie przemysł górniczy zarobił ponad \$1,5 miliardów i otrzymał bezpieczniejsze i bardziej efektywne metody oceny stateczności filarów węglowych, opisane w Bieniawskiego w pracy „Sposób projektowania systemu komorowo-filarowego w górnictwie węglowym” („*Design Code for Bord-and-Pillar Coal Mining*”, CSIR Publ. 570, Pretoria, 1968). Ta zależność matematyczna i procedura, zwane przez górniczy przemysł amerykański jako „Formuła Filarowa Bieniawskiego” (*Bieniawski Pillar Formula*) jest polecana w oficjalnym podręczniku górniczym „*Mining Engineering Handbook*”, Society of Mining Engineers (editor H. Hartman), AIME, New York, 1992, pp.899-939. Obecnie, Formuła Bieniawskiego jest używana nie tylko w eksploatacji typu filarowo-komorowego lecz również w nowoczesnych systemach ścianowych w górnictwie węglowym.

Podręcznik: Bieniawski, Z.T. "Strata Control in Mineral Engineering", John Wiley & Sons, New York, 1987.

Bibliografia: "Strength and Failure of Coal and Coal Strata", Collection of 8 publications, Pennsylvania State University, 1986.

3. - Klasyfikacja geomechaniczna skał dla projektowania tuneli i wielkogabarytowych wyrobisk komorowych: Rock Mass Rating (RMR) 1972-1989

Używany obecnie na całym świecie w górnictwie i budownictwie podziemnym, system RMR miał skromny początek kiedy Profesor Bieniawski został zaproszony przez znakomitego inżyniera-geologa Profesora Leopolda Müllera do Technische Hochschule Karlsruhe w 1970 roku aby studiować Nową Austriacką Metodę Drażenia Tuneli (NATM). Profesor Müller, który był pierwszym prezydentem Międzynarodowego Towarzystwa Mechaniki Skał (ISRM) chciał nauczyć młodego naukowca że „*skały należy rozumieć i słuchać w naturze ponieważ one chcą nam dużo powiedzieć*”. Profesor Müller był ekspertem w dziedzinie geologii i tunelowania, który mógł przewidzieć pewne właściwości górotworu na bazie swego wielkiego doświadczenia. Nie miał on jednakże systemu aby ilościowo przedstawić dane geologiczne i zastosować je dla celów inżynierskich, np. dla wyznaczenia modułu odkształcenia potrzebnego do projektowania wyrobisk podziemnych. Profesor Bieniawski stworzył taki system nadając noty punktowe głównym parametrów geologicznych korzystając z bazy danych z 351 tuneli i kopalń węgla i rud metali. Następnie, analizując statystycznie wszystkie dane zaproponował ranking i notę punktową masywu skalnego (*RMR - rock mass rating*) i ten wskaźnik służył do korelacji z modułem deformacji, czasem utrzymania nieodpartego stropu wyrobiska oraz wytrzymałością górotworu. Początkowo, system RMR był stosowany do tuneli i wyrobisk w kopalniach, oferując metodykę projektowania obudowy mogącej się składać z kotwi, torkretu i odrzwi stalowych. Później został zmodyfikowany i rozszerzony w zastosowaniu dla kopalń azbestu i miedzi eksploatujących metodą komorową z dennym wypuszczeniem (*block caving*), oraz do projektowania zboczy i posadowień budowli inżynierskich,

szczególnie wielkich zapór wodnych. System RMR jest jednym z dwóch obecnie stosowanych na świecie i jest także adaptowany dla tworzenia eksperckich baz wiedzy. Zastosowany został również w Polsce do klasyfikacji fliszu karpackiego i obudowy tuneli wykonywanych w tych skałach. Po 38-miu latach szerokich zastosowań w skali globalnej, system RMR wytrzymał próbę czasu i obecnie jest szczególnie używany przez ekspertów dla arbitrażu, w przypadkach różnic poglądów o jakości masywu skalnego przewidywanych przez geotechników i stwierdzonych w czasie eksploatacji czy konstrukcji. Jako przykład mogą tu posłużyć dyskusje w czasie budowy tunelu pod kanałem La Manche.

Najważniejsze publikacje w recenzowanych czasopismach naukowych :

"Determining rock mass deformability from case histories", Int. J. of Rock Mechanics & Mining Sciences, v.15, 1978, p.237-247.

"Engineering Classification of Rock Masses: The RMR System and Future Trends", Chapter 22 in 'Comprehensive Rock Engineering' (ed. J. Hudson), Pergamon Press, London/New York, v.3, pp.553-573.

Podręcznik: Bieniawski, Z.T. *"Engineering Rock Mass Classifications: Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil and Petroleum Engineering"*, John Wiley & Sons, New York, 1989.

Bibliografia: "Rock Mechanics in Mining Practice", Collection of 26 publications, Pennsylvania State University, 1986.

4. - Sformułowanie zasad i metodologii projektowania inżynierskiego w masywie skalnym 1984-1996

Profesor Bieniawski uważa że aby być dobrym inżynierem trzeba mieć wiedzę nie tylko dla projektowania i konstrukcji, tzn. wiedzę techniczną, ale również i wiedzę o projektowaniu, tzn. o metodologii samego procesu projektowania, jego etapów składowych oraz zasad. W tym celu studiował teorię i filozofię metodologii w różnych krajach jak i procesy tworzenia i innowacyjności inżynierów i architektów. Był szczególnie zmotywowany pracami Polskiej Akademii Nauk kiedy w 1965 roku czytał o badaniach Profesora T. Kotarbińskiego, który 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 działań było studia nad nauką projektowania. Profesor Bieniawski odwiedził Polskę w 1989 i spotkał się z profesorem Gasparskim, rozpoczynając ich kontakty i wymianę rezultatów badań. Później Profesor Bieniawski zaproponował metodologię i zasady procesów projektowania specjalnie dla projektów konstrukcji w formacjach geologicznych. Składało to się z dziesięciu etapów i sześciu zasad, które znalazły szczególne zastosowania w projektowaniu składowisk odpadów radio-aktywnych, gdzie przepisy prawa wymagały metodologii jako gwarancji w procedurach kontroli jakości. Książka Profesora była jedynym źródłem informacji w tym zakresie! Profesor podkreśla (artykuł poniżej) ważność uczenia studentów inżynierii górniczej i budowlanej metodologii projektowania aby ich przygotować, od pierwszego roku studiów, do ich przyszłych ról jako projektantów w przemyśle.

"Principles and Methodology of Design for Excavations in Geologic Media", Journal of Research in Engineering Design, v.5, 1993, p.49-58.

"Reviving the Mission of Rock Mechanics Teaching in Mining and Civil Engineering", Int. J. of Rock Mech. & Mining Sciences, v.31, 1994, p.135-142.

Podręcznik: Bieniawski, Z.T. *"Design Methodology for Rock Engineering: Theory, Education and Practice"*, A.A. Balkema Publishers (Elsevier), Rotterdam, 1992.

5. - Propozycja nowego Wskaźnika Urabialności Masywu Skalnego (Rock Mass Excavability) do prognozowania postępu tarcz zmechanizowanych TBM

2006-2010

W ostatnich 10-ciu latach technologii budowy tuneli i kopalń towarzyszył ogromny wzrost mechanizacji oraz automatyki operacji prac. Szczególnie w budownictwie podziemnym, Europa stała się liderem produkcji wielkich maszyn drążących, zwanych TBM (tunnel boring machines). Osiągnęły one wielkie rozmiary, mogąc drążyć tunele o średnicy 10 metrów w 2000 roku, a w roku 2010 do średnicy 15,5 m dla tunelu drogowego we Włoszech drążonego przez tarczę firmy Herrenknecht z Niemiec. Jednakże przewidywanie postępu maszyn TBM było bardzo trudne i polegało się na doświadczeniu i

ekstrapolacji z poprzednich tuneli o zbliżonych średnicach drążonych w podobnych masywie skalnym. Wskaźnik RMR nie był przewidywany do wykorzystania dla tych celów. W 2005 roku, wraz z grupą profesorów hiszpańskich z Wyższej Szkoły Górniczej Politechniki Madryckiej, którzy również byli specjalistami w praktycznym tunelowaniu, Profesor rozpoczął badania i analizy wzajemnej współpracy masywu w otoczeniu tuneli i maszyn TBM. Po roku intensywnych prac, zaproponowano nową koncepcję przewidywania postępu podczas drążenia tuneli: Wskaźnik Urabialności Masywu Skalnego (*RME*). Jest to wskaźnik składający się z kluczowych elementów dotyczących własności górotworu jak i maszyny urabiającej, tzn. średnica, moc, siła ciągu, moment obrotowy i typ: otwarta, jednotarczowa lub dwutarczowa.

Analizowano statystycznie 387 przypadków drążenia tuneli w Hiszpanii, Niemczech i Etiopii. Pierwsze, bardzo obiecujące, rezultaty opublikowano na Światowym Kongresie Tunelowym w Seulu w 2006 roku. W każdym następnym roku analizowane były inne aspekty wskaźnika RME dodając dane z dodatkowych tuneli i publikowano postęp w międzynarodowych konferencjach i czasopismach naukowych oraz technicznych wykorzystywanych przez przemysł budowy tuneli. Obecnie opracowuje się nową koncepcję specyficznej energii urabiania (*specific energy of excavation*) co umożliwi utworzenie dodatkowego kryterium postępu jako funkcja jakości masywu skalnego (wyrażonej w RMR) oraz średnicy maszyny.

Bieniawski, Z.T., Celada, B. and Galera, J.M. "*Rock Mass Excavability (RME) Indicator: Machine-Rock Interaction*", Proc. World Tunnel Congress, Seoul, Korea, 2006, paper #06-0254.

Bieniawski, Z.T., Celada, B. and Galera, J.M. "Predicting TBM Excavability: Principles", *Tunnels - Tunnelling International*, Sept. 2007, p.25-33.

Bieniawski, Z.T. and Grandori, R. "Predicting TBM Excavability: Applications in Ethiopia", *Tunnels-Tunnelling International*, Jan. 2008, p.15-21.

Bieniawski, Z.T., Celada, B. and Galera, J.M. "*New Applications of the Excavability Index (RME) for Selection of TBM types and Predicting their Performance*", Proc. World Tunnel Congress, Agra, India, 2008, pp.1618-1629.

Celada, B., Galera, J.M., Tardaguila, I. and Bieniawski, Z.T., "*Prediction of the Specific Energy of Excavation during Tunnel Construction*", Proc. World Tunnel Congress, Budapest, Hungary, 2009.

Pełny dorobek naukowy Profesora jest dostępny w Bibliotece Głównej AGH oraz na stronach internetowych bibliotek:

- Library of Congress, Washington, USA,
- Pennsylvania State University, USA,
- Universidad Politécnica de Madrid, Spain,
- oraz na stronie ***<http://myweb.cableone.net/profztb/edu.html>***.

Mottem życiowym Profesora Bieniawskiego jest „*Perseverantia omnia vincit*”. Kieruje się także powiedzeniem słynnego Polaka:

„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.