

60 lat Instytutu Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku

Andrzej Sawicki

Dyrektor IBW PAN, e-mail: as@ibwpan.gda.pl

(Received July 11, 2013)

Informacja wstępna

Instytut Budownictwa Wodnego PAN powstał w roku 1953, w wyniku uchwały Prezydium Rządu PRL. Jego załącznikiem był Instytut Wodny Politechniki Gdańskiej, w postaci kadry oraz zrujnowanego laboratorium hydraulicznego, przejętego po Technische Hochschule Danzig. Pomysłodawcą był prof. K. Pomianowski, jeden z nielicznych przedwojennych naukowców w zakresie budownictwa. Obowiązki pierwszego dyrektora objął prof. R. Cebertowicz, który m.in. stwierdził, że „IBW ma być warsztatem naukowym dla kadry dydaktycznej Wydziału Budownictwa Wodnego PG” Wilde (1985). Do roku 1961 była możliwa dwuetatowość, więc większość kadry pracowała zarówno na Politechnice Gdańskiej, jak i w IBW PAN. Potem, prawie wszyscy samodzielni pracownicy wybrali pracę na Politechnice, a jedynie dwóch profesorów uzyskało zgodę ministra na dwuetatowość. Rozpoczął się dla Instytutu ciężki okres, spowodowany brakiem samodzielnej kadry naukowej oraz bazy materialnej, którą stopniowo przejmowała Politechnika Gdańska. Na szczęście, władze Gdańska przekazały Instytutowi ponad 6-hektarową działkę u wylotu przepięknej Doliny Radości w Oliwie oraz udostępniły skrzydło Pałacu Opatów w Parku Oliwskim, na zapleczu historycznej Katedry, rys. 1. W późniejszym czasie, Instytut korzystał także z hali laboratoryjnej na terenie PG, potem jeszcze wynajmował piętro w budynku Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, jak też kilka prywatnych mieszkań.

Taki stan utrzymał się aż do początku lat 90. XX wieku, gdy trzeba było podjąć decyzję o zasadniczej reorganizacji, wynikającej z drastycznego ograniczenia finansowania. Oprócz znacznej redukcji zatrudnienia, zrezygnowano z wynajmu nieruchomości i pomieszczeń poza terenem u wylotu Doliny Radości, na którym skoncentrowano bazę Instytutu, rys. 2. W pomieszczeniach gospodarczych, po ich modernizacji, ulokowano bibliotekę, salę konferencyjną z zapleczem oraz część laboratoriów. Prowizoryczny *Domont*, zbudowany w roku 1987, do dzisiaj jest siedzibą dyrekcji i dwóch Zakładów (rys. 3). W pierwszej połowie lat 90. XX wieku wybudowano jeszcze mały budynek biurowo-laboratoryjny (rys. 4), oraz budynek kanału falowego (rys. 5).



Fig. 1. Pałac Opatów w Oliwie, w którego skrzydle mieściła się, przez blisko 30 lat, siedziba IBW PAN (fot. autora)



Fig. 2. Aktualna lokalizacja IBW PAN, u wylotu Doliny Radości w Oliwie (fot. J. Kaźmierski)



Fig. 3. Widok *Domontu*, aktualnej siedziby dyrekcji IBW PAN oraz dwóch Zakładów (fot. autora)



Fig. 4. Budynek Zakładu Geomechaniki (fot. autora)



Fig. 5. Budynek kanału falowego (fot. Archiwum)

Oprócz opisanej powyżej bazy w Gdańsku-Oliwie, Instytut posiada Morskie Laboratorium Brzegowe w Lubiawie, ok. 60 km na północny zachód od Gdańska (rys. 6) oraz Letni Ośrodek Pracy Twórczej nad jeziorem Wdzydze, w którym m.in. odbywają się popularyzatorskie Letnie Spotkania z Nauką. Do początku lat 90. XX wieku Instytut miał jeszcze do dyspozycji unikatowe laboratorium umieszczone w skrzyni falochronu Portu Północnego, z którego zrezygnowano ze względów finansowych.



Fig. 6. Dalby pomiarowe w Morskim Laboratorium Brzegowym w Lubiawie. Zdjęcie ma wartość historyczną, gdyż dalby zostały zniszczone przez morze. Na początku było aż 7 dalb (fot. D. Piotrowska)

Instytut wchodzi w skład Wydziału IV Nauk Technicznych PAN i posiada uprawnienia do nadawania stopnia doktora w dyscyplinie *budownictwo*. W rankingach MNiSW Instytut zawsze otrzymywał najwyższą **1. kategorię**, a kilka lat temu był nawet sklasyfikowany na 1. miejscu w Polsce, w grupie jednorodnej *Budownictwo i Architektura*, na 48 jednostek, w tym wydziałów budownictwa politechnik. W ostatnim rankingu zostaliśmy sklasyfikowani na 3. miejscu w Polsce, zaraz za dwoma instytutami resortowymi, niestety wskutek manipulacji. W zakresie badań naukowych ciągle pozostajemy na 1. miejscu, por. Sawicki (2010).

Aktualnie w Instytucie pracuje nieco ponad 50 osób, w tym 3 profesorów tytularnych, 8 doktorów habilitowanych oraz 11 doktorów. 3 asystentów ma szansę, w najbliższych latach, obronić doktorat, zaś 3 doktorów otworzyć przewód habilitacyjny. W ostatnich latach, czworo doktorów habilitowanych oraz kilku doktorów ode-

szo do pracy na uczelniach, głównie ze względów ekonomicznych. IBW PAN był prawie zawsze źródłem dobrze wykształconej kadry dla wyższych uczelni oraz innych instytucji. W okresie PRL-u, w Instytucie było zatrudnionych nawet 270 osób, a plany ówczesnego dyrektora zakładały zatrudnienie 600 osób na przełomie wieków oraz wybudowanie imponującego gmachu. Życie zweryfikowało te zamierzenia, gdyż zatrudnienie zmalało aż 5-krotnie, zaś leciwa infrastruktura wymaga pilnej modernizacji. W ciągu 60-lecia, w Instytucie pracowało, krócej lub dłużej, ponad 700 osób.

Wydawnictwo IBW PAN wypracowało sobie w Polsce pewną renomę, a nawet było zauważalne w świecie. Oprócz książek, wydajemy czasopismo *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, które początkowo było publikowane przez PWN pod nazwą *Archiwum Hydrotechniki*, jako kwartalnik PAN. Przez wiele lat było ono punktem odniesienia dla środowiska naukowego w Polsce.

W tabeli 1 zestawiono nazwiska kolejnych **dyrektorów** IBW PAN. **Przewodniczącymi** Rady Naukowej byli kolejno profesorowie: E. Świątopełk-Czetwertyński (1953–1969), W. Tubielewicz (1970–1975), St. Hueckel (1975–1980), E. Dembicki (1981–1986, 1997–1999), P. Wilde (1987–1997), B. Mazurkiewicz (1999–).

Table 1. Dyrektorzy IBW PAN

Okres	Dyrektor
1953–1957	prof. Romuald Cebertowicz
1957–1961	prof. Witold Tubielewicz
1961–1974	prof. Stanisław Hueckel
1974–1986	prof. Piotr Wilde
1986–1991	prof. Stanisław Massel
1991–1997	prof. Andrzej Sawicki
1997–2000	prof. Piotr Wilde
2000–2004	prof. Wojciech Majewski
2004–	prof. Andrzej Sawicki

Profesorowie R. Cebertowicz, St. Hueckel, P. Wilde oraz K. Thiel otrzymali godność członków rzeczywistych PAN. Długoletni pracownicy IBW, profesorowie Cz. Druet i St. Massel, przeszli do pracy w Instytucie Oceanologii PAN, gdzie m.in. byli dyrektorami. Oni też zostali wybrani na członków rzeczywistych PAN.

Struktura Instytutu ulegała zmianom podczas kolejnych reorganizacji. Jeszcze w latach 80. XX wieku, oprócz pionu administracyjno-gospodarczego, były 3 zakłady naukowe, a w każdym z nich po 5 pracowni. Obecnie są już tylko 3 zakłady naukowe, bez pracowni, a mianowicie: Zakład Mechaniki Falowania i Dynamiki Konstrukcji (kier. dr hab. W. Sulisz), Zakład Dynamiki i Inżynierii Brzegów (kier. prof. Z. Pruszek), Zakład Geomechaniki (kier. prof. A. Sawicki). Instytut posiada unikatowe, jak na polskie warunki, laboratoria. Oprócz wspomnianych Morskiego Laboratorium Brzegowego w Lubiatowie i Kanału Falowego jest jeszcze Laboratorium Geomecha-

niki oraz wyposażenie służące do badań w naturze. Laboratoria są przypisane do poszczególnych Zakładów.

Finansowanie Instytutu opiera się na 3 filarach, a mianowicie: 1. Dotacja na badania statutowe; 2. Projekty badawcze (granty) własne oraz projekty Unii Europejskiej; 3. Prace zlecane przez przemysł oraz instytucje administracyjne. Dotacja na badania statutowe nie wystarcza na potrzeby Instytutu, a zdobycie brakujących funduszy zależy od aktywności pracowników i potrzeb rynku.

Rozwój problematyki i warsztatu naukowego

W tym krótkim artykule trudno jest przedstawić całokształt problematyki naukowej IBW, zwłaszcza na przestrzeni aż 60 lat. Bardziej szczegółowe informacje można znaleźć w jubileuszowych artykułach Hueckla (1964, 1973), Wildego (1979, 1985), Maszela (1988), Sawickiego i Wildego (1992) oraz w książce pod redakcją Majewskiego (2003). Tutaj naszkicujemy tę problematykę w sposób ogólny, w ujęciu historycznym, a bardziej szczegółowo przedstawimy tematykę aktualnych badań.

W czasie, gdy Instytut powstawał, najważniejszym zadaniem było odbudowanie zniszczonej wojną Polski. Brakowało wówczas kadry inżynierskiej, nie wspominając o naukowej, czyli punkt wyjścia był prawie zerowy. Nieliczni inżynierowie, wykształceni jeszcze przed wojną, podjęli się tej pionierskiej pracy, w zakresie odbudowy infrastruktury oraz kształcenia następców. Wymienić tu można nazwiska profesorów: K. Pomianowskiego, W. Balcerskiego, R. Cebertowicza, St. Hueckla czy W. Tubielewicz, m.in. dzięki którym powstał Wydział Budownictwa Wodnego Politechniki Gdańskiej, a nieco później Instytut Budownictwa Wodnego PAN.

W pierwszym okresie działalności, w Instytucie prowadzono głównie badania terenowe, wynikające z potrzeb gospodarki, budowano laboratoria oraz uczono się technik badań eksperymentalnych. Problematyka badawcza, w zakresie hydrauliki i mechaniki gruntów, wynikała z realizowanych inwestycji hydrotechnicznych. **Statut** Instytutu został ustanowiony w roku 1962. Jest tam zapis, że IBW PAN zajmuje się zagadnieniami podstawowymi budownictwa wodnego, śródlądowego i morskiego oraz powiązanych z tym specjalnościami, jak hydraulika, hydrologia, oceanologia, mechanika budowli, mechanika gruntów i skał, fundamentowanie, materiałoznawstwo i ochrona wód przed zanieczyszczeniem. Od tamtego czasu statut był kilkakrotnie modyfikowany, ale ten podstawowy zapis praktycznie nie uległ zmianie, może poza uaktualnieniem nazewnictwa. Przykładowo, mechanika gruntów i skał, fundamentowanie oraz przepływy wód gruntowych są teraz wspólnie traktowane jako geomechanika lub geotechnika, w zależności od tego, czy są to badania o charakterze bardziej podstawowym czy stosowanym, chociaż czasem trudno wyznaczyć pomiędzy nimi granicę. Najbardziej istotne badania koncentrowały się wokół następującej problematyki:

- a) **Mechanika falowania morskiego.** Opis statystycznych i widmowych charakterystyk fal powierzchniowych w strefie przybrzeżnej. Falowanie generowane wodo-

waniem statków. Nieliniowe zjawiska falowe. Transformacja fal przy budowlach i w strefie brzegowej. Opis klimatu falowego Bałtyku. Badanie fal ekstremalnych. Falowanie w portach.

- b) **Hydrosprężystość.** Opis sprzężonych drgań cieczy i konstrukcji, m.in. w oparciu o metody stochastyczne. Współoddziaływanie falowania i konstrukcji morskich.
- c) **Transport rumowiska** w strefie brzegowej, ujściach rzek i rzekach. Modelowanie transportu rumowiska. Analiza zapiaszczania dróg wodnych i ujść rzecznych, np. stożek Wisły czy tory podejściowe do portów. Analiza wpływu regulacji rzek na ich zapiaszczanie.
- d) **Dynamika i inżynieria strefy brzegowej.** Opis zmian linii brzegowej i morfologii dna morskiego. Problematyka ochrony brzegów, konstrukcje brzegowe. Hydrodynamika strefy brzegowej: prądy, sprzężenie prądów z falowaniem, oddziaływanie prądów i falowania na brzeg. Dynamika klifów. Badanie wpływu zmian klimatycznych na kształt linii brzegowej. Umocnienia dna w portach.
- e) **Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w morzu oraz wodach gruntowych.** Modelowanie wpływu morza na zasolenie ujęć wody gruntowej. Modelowanie zrzutu solanek i oczyszczonych ścieków do zatoki Gdańskiej. Modelowanie skażenia wód gruntowych po potencjalnej awarii elektrowni jądrowej. Modelowanie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w wodach gruntowych w sąsiedztwie zbiorników poflotacyjnych.
- f) **Termika zbiorników wodnych.** Badania termiki Jeziora Żarnowieckiego w związku z projektowaną budową elektrowni jądrowej. Zrzut ścieków i wód podgrzanych do rzek i kanałów.
- g) **Zjawiska lodowe i glacjaologia.** Hydraulika zjawisk lodowych na Wiśle – przepływy pod pokrywą lodową, zjawiska powodziowe. Mechanika lodowców oraz ich ewolucja.
- h) **Gospodarka wodna.** Analiza powodzi i opracowanie strategii przeciwpowodziowych, m.in. dla Gdańska. Problematyka zagospodarowania Wisły, stopnia Włocławek i innych planowanych zapór.
- i) **Mechanika konstrukcji hydrotechnicznych.** Mechanika konstrukcji morskich. Stateczność zapór. Dynamika elementów konstrukcji wodnych.
- j) **Mechanika skał.** Głównie mechanika fliszu karpackiego i problematyka bezpieczeństwa zapór tam budowanych.
- k) **Nowe materiały.** Kompozyty popiołowe do uszczelniania dna zbiorników. Grunt zbrojony. Zastosowanie geosyntetyków w inżynierii.
- l) **Modelowanie geomateriałów.** Teoretyczne modele gruntów i zjawisk zachodzących w gruntach. Sprężysto-plastyczne modele ośrodków sypkich, modele reologiczne, mechanika gruntu zbrojonego. Mechanika upłynniania gruntów.
- m) **Współoddziaływanie konstrukcji z podłożem.** Problemy fundamentowania i stateczności konstrukcji. Mechanika konstrukcji morskich – współoddziaływanie konstrukcji z dnem i wodą.

- n) **Geotechnika sejsmiczna.** Upłynnienie podłoża i dna morskiego w rejonach trzęsień ziemi. Stabilność konstrukcji i podłoża na terenach sejsmicznych. Tonięcie konstrukcji w upłynnionym podłożu. Dynamika upłynnionego dna morza. Stabilność zapór z odpadów poflotacyjnych na terenach parasejsmicznych.

Powyższe zestawienie jest niepełne, ale daje pewien pogląd na problematykę uprawianą w IBW PAN. Obecnie, m.in. ze względu na redukcję kadry, zrezygnowano z wielu tematów, np. dotyczących termiki zbiorników wodnych czy gospodarki wodnej. W razie potrzeby możemy jednak do nich powrócić. Powyższa problematyka będzie zawsze aktualna, gdyż bezpośrednio dotyczy gospodarki oraz jakości życia ludzi.

Rozwój naukowy IBW można zilustrować przez porównanie początków ze stanem aktualnym. Jak już wspomniano, startowaliśmy niemalże od zera. Trzeba było od podstaw budować laboratoria, uczyć się i szkolić młodzież. Większość urządzeń laboratoryjnych trzeba było konstruować samemu, a stacja badawcza w Lubiatowie była nawet przedsięwzięciem pionierskim, które dało przykład Amerykanom i Japończykom. Nie istniały wówczas „czasopisma filadelfijskie”, więc w IBW utworzono i wydawano *Archiwum Hydrotechniki* oraz wydawnictwo ciągle *Rozprawy Hydrotechniczne*. Na początku lat 1990 czasopisma te połączono w jeden periodyk *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, który ukazuje się do dzisiaj, rys. 7. Oficyna wydawnicza IBW przygotowywała też do druku książki, których wydano około 110, w tym monografie, rozprawy habilitacyjne, księgi konferencyjne oraz podreczniki. Dopiero w latach 70. XX wieku zaczęły się pojawiać nieliczne publikacje naszych pracowników w periodykach międzynarodowych.

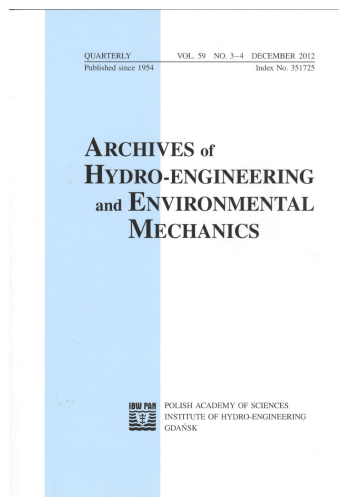


Fig. 7. Okładka AHEM, periodyku o 60-letniej historii i dobrej reputacji

Aktualnie Instytut reprezentuje przyzwoity poziom międzynarodowy, czego przejawami są przykładowo: systematyczne publikacje w najlepszych czasopismach światowych, zapraszanie pracowników IBW do wygłoszenia głównych wykładów na konferencjach międzynarodowych, publikowanie książek w wydawnictwach o randze światowej, zapraszanie niektórych pracowników do rad redakcyjnych międzynarodowych czasopism, szeroka współpraca z wieloma czołowymi ośrodkami naukowymi, a w ostatnich latach intensywny udział w wielu projektach Unii Europejskiej. W latach 2003–2005 Instytut miał status **Centrum Doskonałości UE**. Wielu pracowników IBW odbyło staże, a nawet było zatrudnionych, w czołowych światowych ośrodkach naukowych. Unikatowe w Polsce laboratoria są dobrze wyposażone, gdyż korzystamy z nowoczesnych technologii, chociaż niektóre elementy wymagają inwestycji, jak np. dalby w Lubiatowie, rys 6. Przepuszczalnie większość instytutów PAN przeszła podobną drogę, od prawie niczego do przyzwoitego standardu w skali międzynarodowej. Uważam to za duże osiągnięcie nas wszystkich oraz naszych poprzedników, gdyż dokonano tego w trudnych warunkach.

IBW jest jednym z ponad 70 instytutów PAN, które łącznie zatrudniają ok. 3700 pracowników naukowych, czyli mniej, niż liczba pracowników naukowo-dydaktycznych tylko jednego Uniwersytetu Jagiellońskiego. W większości międzynarodowych rankingów nie uwzględniano PAN, a tylko wyższe uczelnie. Natomiast w jednym z nich (SCImago) potraktowano instytuty PAN jako coś w rodzaju „uniwersytetu PAN”. W roku 2010 został on sklasyfikowany, pod nazwą *Polish Academy of Sciences*, na 50. miejscu w świecie, a w roku 2011 na 70. W tym samym rankingu, najlepsze polskie uniwersytety, czyli UJ i UW, zajęły miejsca na przełomie 4. i 5. setki, podobnie jak w pozostałych rankingach. Wiadomo, że do tych klasyfikacji trzeba podchodzić ostrożnie, ale jednak są to jakieś mierniki. Tak wysoką pozycję instytutów PAN trzeba traktować jako wyróżnienie, a fakt, że IBW jest częścią tego „uniwersytetu PAN” znaczy, że część tego zaszczytu spada też na nas. Przypomnę też o wysokiej pozycji IBW w rankingach MNiSzW, a także o tym, że niektóre wskaźniki naukometryczne również na to wskazują. Np. IBW miał najwyższy *zmodyfikowany indeks Hirscha* w Wydziale IV PAN.

O rozwoju **warsztatu naukowego** już pisałem, wspominając bazę laboratoryjną. Trzeba dodać, że na początku dużą rolę przypisywano badaniom doświadczalnym. Np. budowano wielkie modele projektowanych obiektów, jak przykładowo gdański Port Północny czy model ujścia rzeki Świny. Warto powiedzieć, że model Portu Północnego zajmował powierzchnię 3500 m². Następnie modele te poddawano oddziaływaniu prądów czy falowania, a wyniki badań analizowano korzystając m.in. z praw skalowania. Badania takie były kosztowne, więc z nich zrezygnowano, a ich rolę zaczęły przejmować symulacje komputerowe. Natomiast nie zrezygnowano z badań doświadczalnych w mniejszej skali i badań terenowych, jak przykładowo analiza procesów falowych w kanale, rys. 8.

Można w nim wygenerować falowanie o zadanej postaci i badać jego wpływ na modele konstrukcji, jak przykładowo progi podwodne, umocnienia dna, falochrony,



Fig. 8. Unikatowy w Polsce kanał falowy (fot. Archiwum)

itd. Obecnie planujemy eksperymenty dotyczące wpływu falowania na hodowlę małży i ryb, umieszczonych w klatkach (program UE „MERMAID”). Interesujące są doświadczenia dotyczące uderzenia fal w konstrukcje, powodujące generację dużych ciśnień, niszczących te budowle. Takie eksperymenty są spektakularne, więc zainteresowała się nimi nawet TVP (program W. Niedzickiego „Laboratorium”). Przy okazji wspomnę, że w programie „Laboratorium” pokazywano też nasze doświadczenia dotyczące upłynniania gruntów. Nb. udział IBW w propagowaniu nauki jest duży, gdyż oprócz wspomnianych programów TVP, wywiadów dla radia czy prasy, IBW organizuje Letnie Spotkania z Nauką w ośrodku na Wdzydzach oraz uczestniczy w dorocznym Festiwalu Nauki, przeznaczonym głównie dla młodzieży.

Innym przykładem badań laboratoryjnych są analizy zachowania się próbek gruntów pod wpływem różnorodnych wymuszeń, prowadzone w nowoczesnych aparatach trójosiowych, por. rys. 9. Celem takich badań jest rozpoznanie zjawisk zachodzących w gruntach czy wyznaczanie parametrów teoretycznych modeli gruntów. Umożliwiło to m.in. zrozumienie, a potem skonstruowanie opisu, tak spektakularnych zjawisk jak upłynnienie nawodnionych gruntów.

Kilka aparatów skonstruowaliśmy sami, gdyż takich urządzeń nie było na rynku, a były potrzebne w celu weryfikacji teorii rozwijanych w IBW. Są to, przykładowo, edometr z możliwością pomiaru naprężeń bocznych, czy też aparat do badania prostego ścinania cyklicznego gruntów, rys. 10. Wybudowanie bardziej ambitnych aparatów przekraczało nasze możliwości finansowe, chociaż opracowaliśmy konkretne projekty. Prowadzimy też badania doświadczalne w małej skali, wykorzystując skrzynie ze szklaną szybą, w których buduje się modele konstrukcji, np. z gruntu zbrojonego. Następnie takie konstrukcje się obciąża, rejestrując ich deformacje oraz mechanizmy



Fig. 9. Aparat trójosiowego ściskania do badania gruntu poddanego obciążeniom cyklicznym (fot. W. Świdziński)

zniszczenia. Tego typu badania przyczyniły się m.in. do rozwoju mechaniki gruntu zbrojonego, która była jednym z wiodących tematów w IBW.

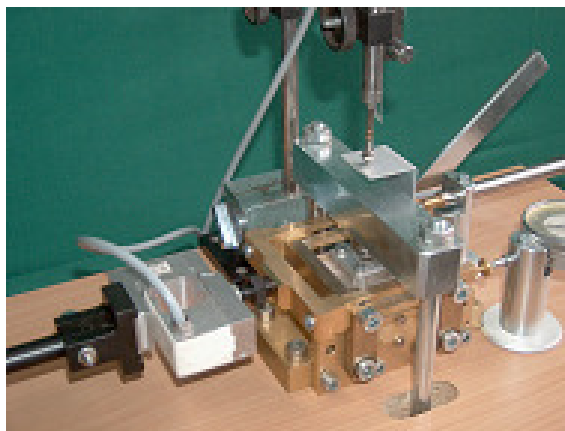


Fig. 10. Aparat prostego ścinania cyklicznego, skonstruowany w IBW PAN (fot. W. Świdziński)

W badaniach terenowych również korzystamy z unikatowych w Polsce urządzeń, jak przykładowo boja *wave rider*, która jest kotwiczona w wybranym miejscu na mo-

rze, w celu rejestrowania parametrów falowania, rys. 11. Zbierane informacje są przekazywane drogą radiową do IBW.



Fig. 11. Stawianie boi *wave rider* w miejscu pomiarowym na Bałtyku (fot. D. Piotrowska)

IBW ma uprawnienia akademickie w zakresie dyscypliny *budownictwo*. Natomiast nasza działalność wchodzi też w zakres innych dyscyplin, jak przykładowo oceanografia, geologia, mechanika stosowana czy gospodarka wodna. Oznacza to, że część badań prowadzonych w IBW ma charakter interdyscyplinarny, a tradycyjne podziały dyscyplin i specjalności naukowych podlegają ewolucji. Zatrudnialiśmy w Instytucie głównie inżynierów budownictwa wodnego, ale też matematyków, fizyków, a ostatnio absolwentów oceanografii. W przeszłości pracowali u nas nawet chemicy i biologowie, ale nigdy nie odegrali znaczącej roli. Ta tendencja w zmianie struktury zatrudnienia wpływa też na działalność naukową. Chociaż problematyka naukowa, ta określona w statucie, pozostaje aktualna, to ewolucji podlega warsztat naukowy. Głównym bodźcem tych zmian jest postęp w zakresie informatyki. Wpłynął on istotnie na rozwój technik doświadczalnych z *hardware* włącznie oraz z nowymi możliwościami, jak przykładowo komputerowa analiza obrazu. Oczywiście jest rola wzrostu mocy komputerów w obliczeniach numerycznych, tak istotnych dla problemów inżynierskich oraz zagadnień mechaniki, nie wspominając już o nowoczesnych metodach numerycznych, czy nowych możliwościach w zakresie gromadzenia i przetwarzania informacji. IBW PAN dostosował się do tych trendów. Nowe możliwości pojawiają się też w zakresie wykorzystania zdjęć satelitarnych. W IBW wykorzystano je przy opracowaniu tzw. klimatu falowego Bałtyku, obejmującego okres 50 lat.

Żyją jeszcze ludzie, którzy pamiętają siermiężne początki, gdy najprostsze urządzenia trzeba było budować samemu, dostęp do informacji był ograniczony *żelazną kurtyną*, a możliwości obliczeniowe zależały od posiadania tzw. kręciołka, czyli mechanicznego arytmometru. Nieco później, szczęśliwcami byli posiadacze kalkulatorów, które obecnie można nabyć już za 20 zł. Ograniczona moc obliczeniowa ówczesnych urządzeń powodowała rozwijanie metod analitycznych. Teraz akcenty się przesunęły, gdyż dominują metody komputerowe, których olbrzymiego potencjału jeszcze nie potrafimy w pełni wykorzystać. W IBW staramy się zachować równowagę pomiędzy wypróbowaną tradycją i nowoczesnością.

Usługi dla gospodarki

Jak już wspomniano, IBW PAN powstał m.in. po to, aby pomagać przy odbudowywaniu Polski z powojennych gruzów. Nie było w kraju większej inwestycji hydrotechnicznej, do której nie wnieśliby wkładu pracownicy Instytutu, począwszy od badań, które miały na celu opracowanie założeń projektowych, poprzez wdrażanie nowych rozwiązań technicznych i technologii, aż do sporządzania ekspertyz i doradztwa. Przedstawienie tych wszystkich przedsięwzięć, nawet z najkrótszą charakterystyką, wymagałoby opracowania o objętości książeczki. Zdecydowano się zatem na krótkie zestawienie wybranych inwestycji, w których powstaniu i utrzymaniu Instytut miał udział, w zakresie swoich kompetencji.

- **Porty:** np. Gdańsk, Gdynia, Szczecin, Łeba, Ustka, Darłowo, Władysławowo, Kołobrzeg i szereg mniejszych. Prace dotyczyły różnych aspektów technicznych, np. geometrii i konstrukcji falochronów, umocnień dna, nabrzeży portowych, podejść do portów, itd.
- **Zapory:** np. Tresna, Solina, Włocławek, Niedzica, Porąbka-Żar, Besko, Młoty, Dychów oraz szereg innych budowli piętrzących, np. w postaci jazów na mniejszych rzekach. Badano m.in. przepływy przez urządzenia spustowe, stateczność i bezpieczeństwo, elementy konstrukcji zapór, wpływ zapór na gospodarkę wodną, monitorowano i analizowano deformacje zapór w trakcie ich eksploatacji.
- **Elektrownie i elektrociepłownie:** np. Ostrołęka, Pątnów, Konin, Bełchatów, Porąbka-Żar, Żarnowiec. Badano m.in. zagadnienia związane ze zrzutem podgrzanych wód i ujęciami wodnymi.
- **Stocznie:** np. Szczecin, Gdańsk, Gdynia. Problemy: suchy dok w Gdyni, falowanie przy wodowaniu statków.
- **Tory wodne:** np. Świnoujście-Szczecin, czy inne podejścia do portów. Problemy: hydrodynamika, zapiaszczanie.
- **Platforma wiertnicza:** Petrobaltic. Problemy: posadowienia na dnie morskim oraz problemy techniczne związane z elementami konstrukcji.
- **Rzeka Wisła:** Całokształt problemów związanych z gospodarką wodną, ochroną przeciwpowodziową (np. wały), regulacją Wisły i jej zabudową, zjawiskami lodowymi, problemem ujścia Wisły (stożek).

- **Brzeg morski:** Problemy związane z ochroną polskiego wybrzeża, praktycznie na całej długości 500 km. Ochrona Półwyspu Helskiego.
- **Zbiorniki poflotacyjne:** np. zbiornik „Żelazny Most” w Rudnej. Bezpieczeństwo zbiornika i okolic, rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w wodach gruntowych.
- **Zrzut oczyszczonych ścieków do morza:** np. oczyszczalnia Gdańsk-Wschód. Lokalizacja miejsca zrzutu, technologia rozpraszania ścieków.

Poniżej przedstawia się kilka przykładów konkretnych projektów realizowanych na potrzeby gospodarki, obecnie i w przeszłości.

Przykład 1: Prognoza wpływu składowiska „Żelazny Most” na okoliczne wody podziemne i powierzchniowe

Składowisko „Żelazny Most” służy do magazynowania odpadów poflotacyjnych, powstałych przy wydobywaniu rudy miedzi w lubińskim „Zagłębiu Miedziowym” (KGHM). Obwałowania zbiornika są nadbudowywane z tych odpadów, w miarę eksploatacji złóż rudy. Aktualnie powierzchnia zbiornika wynosi 13,4 km², zaś wysokość zapór (obwałowań) wynosi od 32 do 65 m nad poziom terenu. Jest to największy tego typu zbiornik w Europie, rys. 12.



Fig. 12. Składowisko „Żelazny Most” i fragment miasta Rudna (fot. K. Zając)

Docelowo, w roku 2042 wysokość zapór ma wzrosnąć jeszcze o 18 m. Ważnymi problemami technicznymi są tutaj bezpieczeństwo obwałowań zbiornika oraz zapobieżenie skażeniu wód gruntowych solą lub metalami ciężkimi. Ostatnio zlecono nam opracowanie trójwymiarowego komputerowego modelu hydrogeologicznego

składowiska, w celu przewidywania jego wpływu na okolice wody podziemne i powierzchniowe, w okresie najbliższych 30 lat. Taki model już zbudowano, przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania, oraz wytarowano go wykorzystując dane z systemu pomiarowego, składającego się z ponad 1000 piezometrów. W kolejnych latach, model ten będzie systematycznie aktualizowany, gdyż w sposób ciągły będzie się porównywać jego predykcje z wynikami monitoringu. Na rys. 13 przedstawiono przykładowe wyniki obliczeń dotyczące rozprzestrzeniania się wód zasolonych w sąsiedztwie składowiska w porównaniu z wynikami pomiarów terenowych.

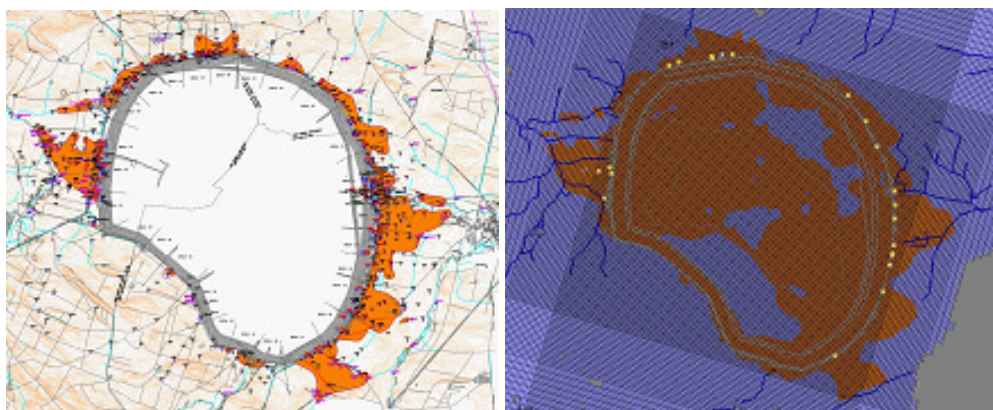


Fig. 13. Zasięg wód zasolonych w wodach gruntowych w roku 2011. Po lewej stronie pomierzony, a po prawej wynik symulacji komputerowej

Same osady poflotacyjne, technologia ich deponowania, a nawet szczególne warunki geologiczne w okolicach Rudnej sprawiają, że składowisko „Żelazny Most” jest inspiracją do badań podstawowych w mechanice gruntów. Problemów tam występujących nie można rozwiązać metodami opisanymi w tradycyjnych podręcznikach, czyli trzeba opracowywać nowe. Zbiornik jest rzeczywistym obiektem, o olbrzymim znaczeniu gospodarczym, a zatem jest wyjątkowo dobrze monitorowany, co też ma duże znaczenie dla celów badawczych, gdyż możemy porównywać przewidywania teoretyczne z tym, co jest w rzeczywistości. Z takich ciekawych zagadnień wymienimy tylko wpływ struktury osadów na ich właściwości, czy też wpływ zjawisk parasejsmicznych (tąpnięcia górnicze) na stabilność składowiska.

Przykład 2: *Umocnienia dna w portach*

W dawnych czasach, duże statki były holowane do portu przez mniejsze jednostki, stąd nazwa *holowniki*. Potężne śruby tych olbrzymów były wówczas wyłączone i nie robiły w portach szkód. Wraz z wprowadzeniem technologii *ro-ro*, te wielkie statki już nie potrzebowały holowników, tylko same wpływały do portów. Natomiast ich śruby, mimo małej prędkości statku, wywoływały duże szkody spowodowane prąda-

mi, które generowały. Te prądy powodowały z kolei erozję dna i niszczenie umocnień, zagrażając nawet stabilności nabrzeży. Ich siła była taka, że nawet odrywały od dna wielkie głazy, które z kolei niszczyły śruby. Rozwiązanie tego problemu, w zakresie efektywnego umocnienia dna, zlecono Instytutowi. W rezultacie, opracowano teorię zjawiska *breakout*, czyli procesu odrywania obiektów od nawodnionego podłoża. Na podstawie tej teorii opracowano nową konstrukcję umocnienia dna, przy zastosowaniu tzw. geomembran, którą następnie zastosowano w Porcie Gdańskim, rys. 14. Na styku geomembrany z podłożem generowane są siły ssania, które przeciwstawiają się siłom odrywającym umocnienie od dna. W tym przypadku siły odrywające są wywołane przez prąd, zaś siły ssania są reakcją na to wymuszenie. Gdy nie ma prądu, to nie ma też sił przysiania. Jest to zatem konstrukcja „inteligentna”, wykorzystująca prawa natury.



Fig. 14. Nowy typ umocnienia dna w Porcie Gdańskim (fot. M. Kulczykowski)

Przykład 3: Zrzut solanki do Zatoki Puckiej

W okolicach Gdyni buduje się podziemne magazyny gazu, o docelowej pojemności 0,25 miliarda m³. Buduje się je na głębokości w zakresie od 800 do 1600 m, poprzez ługowanie złóż soli kamiennej, o docelowej masie 5,6 miliona ton. Solanka trafia rurociągiem do Zatoki Puckiej, na którego końcu jest umieszczony tzw. dyfuzor, którego zadaniem jest kilkusetkrotne rozcieńczenie solanki w momencie zrzutu.

Na rys. 15 przedstawiono schemat zrzutu solanki do Zatoki Puckiej, zaś na rys. 16 podwodne zdjęcie strugi wydobywającej się z jednej z dysz dyfuzora.

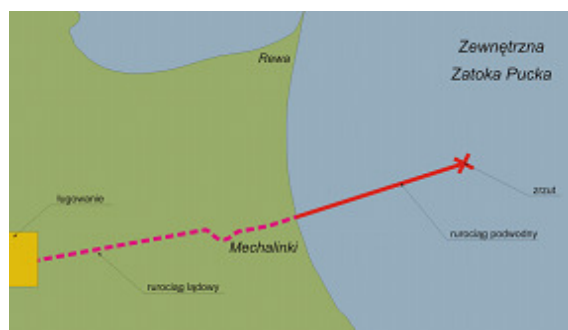


Fig. 15. Schemat zrzutu solanki do Zatoki Puckiej



Fig. 16. Struga solanki wyrzucana z dyszy dyfuzora (fot. Investgas S.A.)

Podstawowy problem społeczny, jak też wynikający z formalnych warunków uzyskania pozwolenia na budowę, dotyczy potencjalnego zagrożenia ekologicznego Zatoki Puckiej wskutek nadmiernego zasolenia. Jego analizę zlecono IBW PAN, który prowadzi monitoring zasolenia Zatoki Puckiej, a jednocześnie przeprowadza symulacje numeryczne rozprzestrzeniania się i mieszania solanki w wodzie, z uwzględnieniem lokalnych warunków hydrodynamicznych. Dotychczasowe wyniki wskazują, że zrzut solanki nie zagraża ekologii Zatoki, gdyż normy zasolenia nie są przekraczane.

Przykład 4: *Badania Jeziora Żarnowieckiego dla potrzeb energetyki*

Jezioro Żarnowieckie jest aktualnie zbiornikiem dolnym elektrowni szczytowo-pompowej, a w niedawnej przeszłości jego brzeg był również terenem budowy pierwszej w Polsce elektrowni jądrowej. Budowę tej elektrowni przerwano ze względu na

protesty społeczne po katastrofie w Czarnobylu. IBW PAN uczestniczył w pracach poprzedzających projektowanie i budowę obydwu elektrowni. Obecnie znowu planuje się budowę elektrowni jądrowej w Polsce, zaś Żarnowiec został ponownie wytypowany jako jedno z trzech miejsc jej lokalizacji, gdyż Jezioro Żarnowieckie może pełnić rolę zbiornika wody chłodzącej. Na rys. 17 przedstawiono fragment zbiornika górnego elektrowni szczytowo-pompowej oraz część placu zaniechanej budowy elektrowni jądrowej.



Fig. 17. Górny zbiornik elektrowni szczytowo-pompowej Żarnowiec. U góry fragment Jeziora Żarnowieckiego oraz plac budowy elektrowni jądrowej. Na przesmyku istniejąca elektrownia, w budowie której IBW miał duży udział

Wymienione przedsięwzięcia wymagały przeprowadzenia badań dotyczących hydrologii, hydrodynamiki, termiki, biologii i chemii jeziora, co wymagało udziału wielu specjalistów z tak różnych specjalności. Całość prac była koordynowana przez IBW. Elektrownia szczytowo-pompowa została zbudowana już dawno i ciągle dobrze służy gospodarce. W trakcie jej eksploatacji występowały różne problemy techniczne, w rozwiązywaniu których IBW miał duży udział. Na przykładzie Jeziora Żarnowieckiego widać znaczenie badań interdyscyplinarnych w zakresie budownictwa. Nie wystarczy znajomość tylko tradycyjnych specjalności, jak mechanika budowli, hydrodynamika, czy mechanika gruntów, gdyż występują problemy wymagające również współpracy chemików, biologów czy meteorologów. Te interdyscyplinarne badania wymagają koordynacji. IBW PAN sprawdził się jako taki koordynator.

Przykład 5: *Strategia przeciwpowodziowa dla Gdańska*

Gdańsk jest miastem, które od setek lat było zagrożone powodzią ze względu na swoją lokalizację. Rozumieli to już dawno Krzyżacy, którzy byli też dobrymi inżynierami i m.in. wybudowali kanał rzeki Raduni, aby zapobiec zagrożeniom powodziowym. Rozwój cywilizacji nie był w stanie przeciwstawić się naturze, a czasem przeciwnie, postępowano bezmyślnie, np. betonując i asfaltując wielkie obszary, które kiedyś retencjonowały wody opadowe. W ten sposób doprowadzono do tego, że parugodzinna nawałnica niemalże zatopiła Gdańsk w roku 2001, rys. 18.



Fig. 18. Powódź w Gdańsku, lipiec 2001 (fot. W. Majewski)

Po tej katastrofalnej powodzi, władze miasta zleciły IBW PAN opracowanie strategii ochrony przeciwpowodziowej Gdańska. Przeprowadzono kompleksową analizę hydrologiczno-inżynierską, na podstawie której zaproponowano system polegający na wybudowaniu dodatkowych zrzutów wody z Kanału Raduni, zbiorników retencyjnych i dwóch polderów przeciwpowodziowych.

Powyższe zdawkowe informacje tylko pobieżnie ilustrują wkład IBW PAN do polskiej gospodarki w okresie 60 lat. Na początku uczestniczyliśmy w odbudowie Polski, a potem, jak i teraz, byliśmy ciągle zaangażowani w życie gospodarcze kraju. Oprócz podstawowych badań naukowych, zajmujemy się rozwiązywaniem problemów praktycznych, w większości związanych z polską specyfiką. Odniesienie do polskich warunków ma znaczenie, gdyż mamy do czynienia z konkretnym obszarem polskiego wybrzeża, konkretnymi rzekami i górami. Równania mechaniki, sformułowane w postaci równań różniczkowych, są uniwersalne, ale aby je rozwiązać dla konkretnych warunków, potrzebujemy informacji dotyczącej tych właśnie warunków brzegowych, a nie innych. Rzeka Wisła podlega ogólnym prawom hydrauliki, ale tylko na podstawie tych ogólnych praw nie jesteśmy w stanie przewidzieć jej zachowania. Musimy jeszcze znać szczegóły dotyczące specyfiki tej rzeki. Podobnie jest z fliszem karpac-

kim, który jest innym górotworem niż masywy skalne z różnych regionów świata. Np. bez badań szczegółowych, głównie *in situ*, nie jesteśmy w stanie powiedzieć niczego konkretnego o tysiącach osuwisk w rejonach podgórskich. Takie osuwiska niszczą dorobek konkretnych ludzi (domy i gospodarstwa) i zagrażają bezpieczeństwu publicznemu, gdyż np. powodują zagrożenie dla transportu i trzeba zamykać drogi, co oznacza straty dla gospodarki. Ogólne równania mechaniki też tu nie wystarczą, gdyż musimy jeszcze znać właściwości tego fliszu. Należy też wspomnieć, że wykonywaliśmy również usługi dla gospodarek Libii i Iraku.

Współpraca międzynarodowa

Już od początku swego istnienia, Instytut nawiązywał intensywną współpracę międzynarodową, która przybierała różne formy, jak przykładowo: wizyty zagranicznych naukowców w Gdańsku, krótko- i długoterminowe wyjazdy pracowników IBW do ośrodków zagranicznych, współpraca na podstawie umów pomiędzy instytucjami, wspólne ekspedycje badawcze, udział w międzynarodowych projektach, a ostatnio również szeroki udział w projektach Unii Europejskiej. Lista instytucji, z którymi Instytut współpracował, jest bardzo długa, więc wystarczy tylko wspomnieć, że były to uniwersytety i instytuty z prawie wszystkich kontynentów, zaś jeśli chodzi o samą Europę, to taka współpraca dotyczyła praktycznie wszystkich państw. Samo zwięzłe przedstawienie danych dotyczących współpracy IBW PAN z zagranicą wymagałoby publikacji o objętości grubego zeszytu, więc ograniczymy się tylko do ostatniego okresu.

Podstawową formą współpracy międzynarodowej są programy Unii Europejskiej, których zestawienie przedstawiono w tabeli 2. W każdym z nich uczestniczy wiele różnych instytucji ze wszystkich krajów Wspólnoty, np. w programie MERMAID jest ich aż 28. Zespół IBW bezpośrednio współpracuje tutaj z kolegami tylko z trzech ośrodków (uniwersytet w Dundee oraz politechniki w Kopenhadze i Istambule), ale musimy mieć jeszcze bezpośredni kontakt z kolegami z kilku innych instytucji, np. z DELTARES w Holandii czy niemieckiego uniwersytetu w Brunshwiku, chociażby ze względu na pozyskanie pewnych danych. W pozostałych projektach UE jest podobnie, więc liczba partnerów z nami współpracujących jest znaczna. Aktualnie bierzemy udział w 5 takich projektach (tabela 2), co na możliwości kadrowe IBW jest dużym wysiłkiem. Dla porównania podamy, że Uniwersytet Gdański, który zatrudnia ponad 50 razy więcej pracowników naukowych niż IBW, uczestniczy tylko w 15 projektach UE.

Problematyka projektów UE, w których uczestniczymy, dotyczy głównie zagadnień inżynierii morskiej i brzegowej, chociaż były też projekty dotyczące powodzi czy osuwisk górotworu, a nawet okrętownictwa. Wszystkie projekty dotyczą zagadnień ważnych gospodarczo i społecznie, z których wielu w Polsce jeszcze nie dostrzegamy. Np. projekt MERMAID dotyczy projektowania wielofunkcyjnych platform morskich, planowanych w Europie głównie ze względów ekonomicznych, gdyż potrzeby

Table 2. Zestawienie programów UE, w których IBW PAN uczestniczył i aktualnie bierze udział

Lata	Akronim	Problematyka
1996–1999	PACE	Prognozy okresowych zmian strefy brzegowej
1996–1999	BASYS	Badania środowiska Morza Bałtyckiego
1997–2000	INDIA	Dynamika przetoki pomiędzy zalewem i oceanem
1999–2001	SURVAS	Prognozy wzrostu poziomu morza
2001–2004	ALARM	Łagodzenie skutków osuwisk skalnych i ziemnych
2002–2004	MANTRA EAST	Ujścia rzek w Europie Wschodniej – strategię zarządzania
2002–2003	MAXWAVE	Fale ekstremalne – przewidywanie i problemy oddziaływania na statki
2002–2004	HUMOR	Wielkoskalowa ewolucja morfologii strefy brzegowej
2002–2004	LIMAS	Problemy upłynnienia podłoża w sąsiedztwie budowli morskich
2004–2006	FLOODsite	Analiza ryzyka powodzi i metody zarządzania
2005–2007	COASTAL RISK	Ryzyko w inżynierii brzegowej
2006–2008	ENCORA	Europejska platforma inżynierii brzegowej
2007	IMPULSE C	Inżynieria morska – narzędzia i strategię
2006–2007	ASTIR	Oceanografia operacyjna – zintegrowane zarządzanie strefą brzegową
2007–2010	CONSCIENCE	Erozja wybrzeża morskiego
2010–2012	FIELD-AC	Procesy na granicy pomiędzy lądem i morzem
2010–2013	THESEUS	Technologie dotyczące bezpieczeństwa wybrzeża przy uwzględnieniu zmian klimatycznych
2011–2015	JERICO	Europejska sieć monitoringu strefy brzegowej
2012–2014	LAGOONS	Laguny i zalewy w kontekście zmian klimatycznych
2012–2015	MERMAID	Problemy projektowania i eksploatacji wielofunkcyjnych platform morskich

w zakresie produkcji energii, żywności czy transportu wciąż rosną. Takie platformy muszą być ponadto oddalone od brzegu, który od lat jest już zagospodarowany. Jednym z możliwych rozwiązań technicznych są właśnie wielofunkcyjne platformy, typu *off-shore*. Wiążą się z tym takie problemy jak przykładowo posadowienie platform na dnie morskim, problemy eksploatacyjne w ekstremalnych warunkach, jak sztormy czy trzęsienia ziemi, czy też nietypowe zagadnienia konstrukcyjne. IBW został za-

proszony do tego projektu ze względu na dorobek w zakresie modelowania tego typu zjawisk oraz problemów współpracy konstrukcji z podłożem i wodą.

Podobnie było z projektem LIMAS, realizowanym po katastrofalnym trzęsieniu ziemi w Turcji, w roku 1999. Modele opracowane wcześniej w IBW pozwoliły na odtworzenie procesów upłynnienia gruntów oraz tragicznych skutków tego zjawiska, czyli okazały się ważnym praktycznie narzędziem. Ponadto, praca w projekcie zaowocowała opracowaniem innych modeli współpracy konstrukcji z podłożem na terenach sejsmicznych. Np. opracowano model wyjaśniający wielometrowe przesunięcia ciężkich nabrzeży. W Polsce trzęsień ziemi nie ma, natomiast występują zjawiska parasejsmiczne. Modele opracowane w IBW mają też zastosowanie, w takich przypadkach, również w Polsce, np. w Rudnej czy w morskiej strefie brzegowej, gdzie może dojść do upłynnienia dna podczas sztormów. Na rys. 19 zilustrowano efekt upłynnienia gruntu w strefie brzegowej Morza Marmara po trzęsieniu ziemi w roku 1999. Nadbrzeżna restauracja, wskutek gigantycznego obsuwu ziemi, spowodowanego jej upłynnieniem, znalazła się pod wodą. Podtopione lampy wskazują kierunek alejki prowadzącej kiedyś do tej restauracji.



Fig. 19. Podtopione lampy wskazują kierunek do zatopionej restauracji nad Morzem Marmara. Efekt upłynnienia gruntów podczas trzęsienia ziemi w Turcji, w roku 1999 (fot. autora)

W innym projekcie (MAXWAVE) analizowano fale ekstremalne, których zaledwie kilkaset pojawia się corocznie na oceanach, m.in. łamiąc na połowę statki. Wysokość takich fal dochodzi do kilkudziesięciu metrów. Na rys. 20 przedstawiono frag-

ment animacji zderzenia fali ekstremalnej ze statkiem, w celu zilustrowania skali analizowanych zjawisk. Udział IBW dotyczył ich modelowania.

W ostatnich latach rozwinęła się współpraca, w zakresie inżynierii morskiej i brzegowej, z partnerami chińskimi, jak przykładowo National Cheng Kung University (Tainan, Tajwan) czy Narodowe Centrum Nauki w Taipei. Wspomnieć też należy o wieloletniej współpracy z Rosyjską Akademią Nauk, a szczególnie z jej placówką w Kaliningradzie, jak też z wieloma instytucjami w krajach nadbałtyckich. Przedmiotem współpracy są problemy naukowe związane z Bałtykiem, a dotyczące modelowania jego hydrodynamiki i dynamiki strefy brzegowej, jak też wymiany i przetwarzania danych.



Fig. 20. Fragment animacji zderzenia fali ekstremalnej ze statkiem (fot. Archiwum)

Najważniejsze osiągnięcia

Na osiągnięcia instytutu o charakterze inżynierskim można spojrzeć dwójako: z ogólnej perspektywy oraz z bliska, szukając znaczących i oryginalnych odkryć, teorii czy metod. Ta ogólna perspektywa została już naszkicowana powyżej, a tutaj zamieścimy tylko krótkie podsumowanie:

- Dorobkiem prawie 3 pokoleń pracowników IBW jest zbudowanie Instytutu o przyzwoitym standardzie międzynarodowym, startując niemalże od zera.
- Wkład IBW do polskiej gospodarki. Przypominamy, że Instytut uczestniczył, w zakresie swoich kompetencji, w powstaniu wszystkich ważniejszych inwestycji hydrotechnicznych w Polsce.

- Wysoka pozycja IBW w rankingach MNiSzW, np. 1. kategoria, czy 1. pozycja w Polsce w grupie *Budownictwo i Architektura*, w zakresie działalności naukowej.
- Przyznanie Instytutowi statusu Centrum Doskonałości UE oraz systematyczny udział w projektach UE.
- Systematyczne publikowanie artykułów i książek w wydawnictwach o randze światowej.

Na osiągnięcia szczegółowe można popatrzeć przez pryzmat indywidualnych osiągnięć pracowników, albo też zespołów. Te indywidualne osiągnięcia to m.in. interesujące przyczynki, opublikowane w znaczących czasopismach, których lista jest długa, więc byłaby zbyt szczegółowa i nudna. Przykładem może być mechanika zjawiska *breakout* i opisane powyżej jego wykorzystanie techniczne, w postaci opracowania „inteligentnej” ochrony dna w portach. Można wspomnieć, że pierwsze prace doświadczalne dotyczące zjawiska *breakout*, powstały w IBW już w latach 60. XX wieku, a dopiero kilka lat później ukazały się prace autorów amerykańskich. Zasygnalizujemy tylko istotne osiągnięcia zespołów naukowych, na podstawie trzech przykładów.

Mechanika gruntu zbrojonego

Grunt zbrojony jest materiałem kompozytowym, który został wprowadzony do praktyki inżynierskiej w latach 70. XX wieku. Składa się on z warstw zbrojenia (taśmy metalowe czy geosyntetyki) oraz z warstw gruntu, ułożonych naprzemiennie. Sam grunt, np. piasek, nie przenosi sił rozciągających, co musiały uwzględnić tradycyjne rozwiązania geotechniczne. Wprowadzenie gruntu zbrojonego zmieniło tę sytuację, gdyż rolą zbrojenia jest przejmowanie sił rozciągających. Wprowadzenie technologii zbrojenia gruntów można porównać do wprowadzenia żelbetu w budownictwie, co wówczas było rewolucją techniczną. Żelbet wprowadzano do praktyki metodą prób i błędów, a jego modele pojawiły się dopiero pół wieku po pierwszych zastosowaniach praktycznych. W przypadku gruntu zbrojonego, pierwsza jego teoria powstała już kilkanaście lat po wynalezieniu tego materiału i to właśnie w IBW PAN. Nasze osiągnięcia dotyczyły opracowania oryginalnych modeli gruntu zbrojonego, ich zastosowania do analizy problemów o znaczeniu praktycznym, weryfikacji rozwiązań w skali modelowej i rzeczywistej, aż po wytyczne projektowania i projekty konkretnych obiektów, które potem zostały zrealizowane. Dorobek IBW został podsumowany pierwszą w świecie książką nt. mechaniki gruntu zbrojonego (*Mechanics of Reinforced Soil*, Balkema, Rotterdam/Brookfield 2000).

Na rys. 21 przedstawiono model ściany oporowej badany w laboratorium IBW. W rozwiązaniach tradycyjnych, skarpa powinna być podparta przez żelbetowy mur oporowy, często jeszcze posadowiony na palach, którego koszt jest znacznie wyższy, niż rozwiązania z gruntu zbrojonego. Zalety konstrukcji z gruntu zbrojonego są jeszcze inne, np. jego podatność, co ma znaczenie w przypadku słabego podłoża, albo obciążeń sejsmicznych.

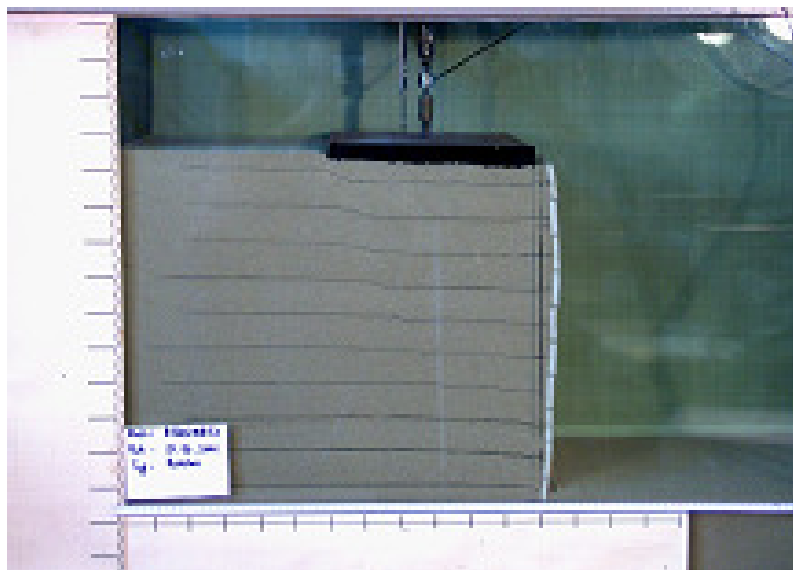


Fig. 21. Model ściany oporowej z gruntu zbrojonego badany w laboratorium IBW. Ciemne warstewki odpowiadają zbrojeniu. Widoczny jest początek zniszczenia konstrukcji (fot. M. Kulczykowski)

Do osiągnięć z zakresu mechaniki gruntu zbrojonego należy też włączyć dorobek dotyczący modelowania geosyntetyków oraz wzmocnionych nimi konstrukcji ziemnych, m.in. nawierzchni drogowych czy fragmentów konstrukcji brzegowych. Do znaczących osiągnięć można tu zaliczyć opracowanie modeli reologicznych geosyntetyków oraz mechanikę konstrukcji zbrojonych geosyntetykami. Grunt zbrojony jest materiałem kompozytowym, więc wkład IBW w zakresie mechaniki gruntu zbrojonego jest również wkładem w mechanikę kompozytów. Nb. zanim zaproponowano modele gruntu zbrojonego, to w IBW opracowano ogólniejszą teorię kompozytów sprężysto-plastycznych.

Mechanika upłynnienia gruntów

Zjawisko upłynnienia gruntu polega na tym, że początkowo sztywny szkielet gruntowy, który był solidnym podłożem dla konstrukcji, zamienia się w materiał o cechach cieczy lepkiej, w którym toną konstrukcje, przewracają się domy czy spływają zbrocza, por. rys. 19. Zjawisko to jest poprzedzone wzrostem ciśnienia wody w porach gruntu i postępującą degradacją właściwości wytrzymałościowych szkieletu gruntowego. Ze względu na wymienione procesy i samo zjawisko upłynnienia, nawodniony grunt jest czasem nazywany „piątym stanem materii”.

W IBW opracowano modele teoretyczne opisujące procesy poprzedzające upłynnienie, zjawisko upłynnienia oraz zachowanie się gruntu po upłynnieniu. Pokazano zastosowanie tych modeli do opisu wielu problemów o znaczeniu praktycznym,

jak upłynnienie dna morskiego w strefie brzegowej i pod konstrukcjami, upłynnienie ziemnych zapór, mechanizm tonięcia konstrukcji w upłynnionym podłożu, itd.

Praca nad problematyką upłynnienia gruntów zaowocowała też nowym spojrzeniem na tradycyjną mechanikę gruntów. M.in. opracowano oryginalną teorię opisującą zachowanie się nawodnionych ośrodków sypkich, która może być punktem odniesienia do weryfikacji istniejących podejść. Opracowano też teorię zagęszczania ośrodków sypkich, poddanych obciążeniom cyklicznym, która m.in. spotkała się z zainteresowaniem agrofizyków i lekarzy. Agrofizycy zajmują się również ośrodkami sypkimi, np. w postaci ziaren zbóż, a lekarze ortopedzi technologią sztucznych stawów, gdzie stosuje się rozdrobnione kości. Okazuje się więc, że uprawiana w IBW mechanika gruntów ma szersze zastosowania, niż tylko inżynieria lądowa i wodna. Wspomnimy też, że ośrodki sypkie są również przedmiotem badań fizyków, pracujących nad problematyką złożoności w przyrodzie.

Dynamika morza i strefy brzegowej

Morze i strefa brzegowa są wielkimi układami złożonymi, w których występuje sprzężenie wielu zjawisk: meteorologicznych, hydrodynamicznych czy geomorfologicznych. Ich synteza jest trudna, gdyż nie ma jeszcze ogólnej teorii złożoności. Natomiast możemy je badać dostępnymi metodami, m.in. dzieląc je na części i analizując zachowanie się wyizolowanych układów. Dotyczy to falowania, oddziaływania falowania na konstrukcje, ewolucji małych form brzegowych, itd. Takie podejście zaowocowało w postaci opracowania wielu szczegółowych modeli dotyczących konkretnych aspektów inżynierii morskiej i brzegowej. Każdy z nich ma może rangę zaledwie oryginalnego przyczynku, ale wszystkie razem są już efektywnym narzędziem badawczym, co można uznać za osiągnięcie.

Spośród podejść opracowanych w IBW można wymienić modelowanie falowania w ujęciu probabilistycznym, modelowanie fal nieliniowych, modelowanie nabiegania fali na brzeg, modelowanie falowania w portach, wyznaczanie obciążeń od falowania na konstrukcje i brzeg morski, sprzężone drgania konstrukcji i cieczy (hydrosprężystość), itd. Dużym stopniem złożoności charakteryzują się badania związane np. z budową i eksploatacją portów. Np. należy tak dobrać geometrię falochronów, aby zminimalizować falowanie w akwenu portowym. Inne problemy związane są z konstrukcją i statecznością falochronów, nabrzeży i umocnień dna, zapiaszczaniem torów wodnych, itd. Przykładowo, niedawno wybudowano marinę przy sopockim molo, rys. 22. W IBW przeprowadzono obliczenia dotyczące wpływu falowania na optymalną geometrię falochronów, z uwzględnieniem lokalizacji najbezpieczniejszego wejścia do mariny.

Wyzwania

Historię IBW PAN, tak jak i pozostałych jednostek naukowych w Polsce, można z grubsza podzielić na dwa okresy. Dłuższy okres, bo blisko 40-letni, to czasy PRL-u,



Fig. 22. Marina przy sopockim mołu. Widok od strony Jelitkowa, na tle klifu w Redłowie (fot. autora)

gdy Instytut tworzono oraz gdy funkcjonował on w ówczesnych siermiężnych warunkach. Tamten okres charakteryzował się równie siermiężną stabilnością, tylko kilka razy zakłócaną przez gorące wydarzenia polityczne. Drugi okres rozpoczął się na początku lat 90. XX wieku, po zmianie ustrojowej i drastycznym ograniczeniu finansowania badań naukowych, co wprowadziło niestabilność związaną z permanentnym poczuciem zagrożenia. IBW PAN zapłacił za to dużą cenę, przede wszystkim w postaci znacznej redukcji kadry oraz systematycznego obniżania realnych pensji, z wszystkimi tego konsekwencjami.

Przypominamy, że w latach 70. XX wieku pracowało u nas blisko 270 osób, na początku lat 90. już około 190, a obecnie mniej niż 60. Na początku „transformacji” ustrojowej ludzi trzeba było zwalniać, bo gwałtownie obcięto finansowanie badań statutowych. Potem, ze względu na niskie pensje, wielu pracowników samodzielnych oraz doktorów przeszło do pracy na uczelniach, gdzie podstawowe uposażenia były znacznie wyższe. Podstawowe pensje w IBW pozostały niezmienione od roku 1996 do drugiej połowy roku 2012. Oznacza to, że wartość realnej pensji w roku 2012 stanowiła zaledwie 61% uposażenia z roku 1996, przy założeniu 3% inflacji. Przy założeniu 4% inflacji, to już tylko 52%. Niskie pensje nie zachęcały też młodych ludzi do podejmowania u nas pracy. Drenaż kadry oraz brak napływu uzdolnionej młodzieży są dla Instytutu zagrożeniem.

Aby uzupełnić budżet Instytutu, należało wzmocnić wysiłki w celu pozyskania nowych źródeł finansowania, w postaci dodatkowych zleceń z przemysłu czy projektów UE. Przypomina to trochę sytuację człowieka, który chce jednocześnie wejść na trzy drzewa. Jak te drzewa rosną bardzo blisko siebie, to może jest jeszcze jakaś szansa, natomiast gdy są odległe, to trzeba wybrać tylko jedno z nich, aby się na nie wdrapać. Np. wyniki badań dla gospodarki nie zawsze nadają się do publikacji, a czasem zleceniodawca wręcz sobie tego nie życzy. A Ministerstwo rozlicza nas z publikacji, które powstają głównie w wyniku badań statutowych, na które z kolei możemy poświęcać

coraz mniej energii. Jest to dylemat. Pogodzenie tych trzech filarów działalności jest również wyzwaniem dla Instytutu.

Jest nim również poszukiwanie funduszy na inwestycje, remonty infrastruktury oraz zakup nowych urządzeń badawczych i wyposażenia laboratoriów. Mimo redukcji zatrudnienia, przydałby się nowy budynek biurowo-laboratoryjny, gdyż *Domont* uległ dekapitalizacji. Potrzebne są też fundusze na ocieplenie i modernizację innych budynków, remonty dachów, wymianę okien, itd. Corocznie składamy wnioski, ale jak na razie bez rezultatu. Podobnie z niektórymi urządzeniami badawczymi, jak odbudowa dalb w Lubiatowie, czy zakup tzw. „prawdziwego” aparatu trójosiowego do zaawansowanych badań gruntów. Przypominamy, że dalby były podstawowym wyposażeniem stacji w Lubiatowie (rys. 6), która dostarczała unikatowych informacji nt. dynamiki morza, z pomiarów w skali naturalnej. W tym drugim przypadku, na weryfikację doświadczalną czeka szereg gotowych już propozycji teoretycznych, odwrotnie do wielu sytuacji w Polsce, gdy najpierw kupuje się sprzęt, potem uczy się jego podstawowej obsługi, zaś na oryginalne badania zwykle nie ma pomysłu.

Podziękowanie

Dziękuję koleżankom i kolegom z IBW PAN, którzy przeczytali pierwszą wersję tego artykułu i zaproponowali poprawki.

Literatura

- Hueckel St. (1964) Instytut Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku w dziesięcioleciu 1953–1963, *Rozprawy Hydrotechniczne*, **15**, 5–18.
- Hueckel St. (1973) Dwadzieścia lat Instytutu Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku, *Rozprawy Hydrotechniczne*, **32**, 3–20.
- Majewski W. (redaktor) (2003) *50 lat Instytutu Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk w Gdańsku. Fakty-Wydarzenia-Ludzie*, Wydawnictwo IBW PAN, stron 229.
- Massel St. (1988) Instytut Budownictwa Wodnego PAN w 35. rocznicę powstania, *Rozprawy Hydrotechniczne*, **50**, 9–13.
- Sawicki A. (2010) Obraz polskiej nauki po rankingu MNiSW, *Forum Akademickie*, (11), 40–41.
- Sawicki A. i Wilde P. (1992) Instytut Budownictwa Wodnego PAN w przededniu czterdziestolecia, *Nauka Polska*, (5–6), 119–128.
- Wilde P. (1979) Dwadzieścia pięć lat Instytutu Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku, *Rozprawy Hydrotechniczne*, **40**, 3–10.
- Wilde P. (1985) Trzydzieści lat Instytutu Budownictwa Wodnego PAN w Gdańsku, *Rozprawy Hydrotechniczne*, **47**, 3–9.