

WOJCIECH RADOMSKI¹⁾

NAUKOWE UWARUNKOWANIA ROZWOJU INŻYNIERII LĄDOWEJ Artykuł dyskusyjny²⁾

STRESZCZENIE. Celem artykułu jest zainicjowanie dyskusji nad drogami rozwoju naukowych podstaw inżynierii lądowej. Przedstawiono koncepcję odróżnienia działalności naukowej od działalności technicznej. Omówiono podstawowe i specyficzne cechy inżynierii lądowej i ich wpływ na kierunki badań naukowych. Wskazano przykłady obszarów badawczych interesujących poznawczo i o dużym znaczeniu praktycznym.

1. GENEZA, CELE I ZAKRES OPRACOWANIA

Jest kilka powodów, aby podjąć zasygnalizowany w tytule temat. W całkowicie subiektywnym odczuciu autora jako główne można wymienić następujące:

- inżynieria lądowa jest jedną z najstarszych dziedzin cywilizacyjnej działalności człowieka, w związku z czym przez wielu, w tym reprezentantów nowszych nauk technicznych (na przykład przez elektroników, informatyków, nanotechnologów), postrzegana jest jako dziedzina tradycyjna, nie wnosząca już nowych treści poznawczych – to ma swoje konsekwencje (często niestety negatywne) w odbiorze inżynierii lądowej w ogólnym wymiarze społecznym i przez środowisko naukowe w wymiarze bardziej szczegółowym;

¹⁾ prof. dr hab. inż. – Politechnika Warszawska, Instytut Dróg i Mostów

²⁾ uwagi na temat artykułu prosimy przesyłać do Redakcji do 10 grudnia 2005 r.

- ze względu na swą długą historię właśnie i w związku z tym długą także i do tego bardzo rozległą tematykę badawczą, poszukiwanie nowych treści poznawczych w obszarze inżynierii lądowej nie jest obecnie łatwe - dotyczą one ograniczonej liczby wymienionych dalej obszarów, które są lub powinny być rozwijane, zwłaszcza w naszym kraju, i które stanowią o roli nowoczesnej nauki w inżynierii lądowej;
- warto powrócić do pewnych nurtów opracowań przygotowanych z okazji 50-lecia Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i prezentowanych podczas XLVIII Konferencji Krynickiej w 2002 roku [1] - nie stały się one niestety przedmiotem szerokiej, upublicznionej w prasie naukowej lub naukowo-technicznej dyskusji i refleksji w środowisku badaczy reprezentujących inżynierię lądową;
- warto odróżnić co w obszarze inżynierii lądowej jest działaniem naukowym, a co działaniem technicznym - potrzeba ta wynika stąd, że bezsporna jest ogromna przydatność społeczna inżynierii lądowej jako działu techniki, natomiast wskazanie nośnych, warunkujących rozwój dziedziny pól naukowego poznania nie zawsze jest uświadamiane nawet w środowisku, które naukę w tej dziedzinie uprawia lub stara się to robić;
- w wymienionym środowisku istnieje (być może usprawiedliwiona własnymi siłnymi zainteresowaniami) tendencja do „branżowego” traktowania poszukiwań naukowych, przy czym najbardziej zauważalne jest stanowisko przedstawicieli nauk teoretycznych w inżynierii lądowej, którzy często są skłonni za działania naukowe uznawać niemal wyłącznie te występujące w uprawianych przez nich dziedzinach – nie negując wielkiej poznawczej i uogólniającej systemy analiz roli teorii, stwierdzić trzeba brak bardziej całościowego spojrzenia na inżynierię lądową jak dział nauk technicznych.

W tym miejscu trzeba wyraźnie wskazać, że niniejsze opracowanie, zgodnie zresztą z jego tytułem, dotyczy naukowych uwarunkowań rozwoju inżynierii lądowej. Ta problematyka w nieco innym ujęciu, była już prezentowana przez autora na Seminarium, zorganizowanym w dniu 26 stycznia 2004 roku w IPPT PAN w celu uczczenia 30. rocznicy śmierci ŚP Profesora Zbigniewa Wasiutyńskiego oraz była przedmiotem poprzedniego opracowania autora [2]. Poza rozważaniami natury ogólnej, w niniejszym artykule zwrócona zostanie uwaga również na te aspekty owych uwarunkowań, które dotyczą głównie budownictwa komunikacyjnego. To właśnie tłumaczy miejsce obecnej publikacji.

Celami tego opracowania jest próba skłonienia do refleksji tych wszystkich, którym sprawy ugruntowania, a nawet podniesienia naukowej rangi inżynierii lądowej są bliskie, oraz próba podjęcia dyskusji nad drogami rozwoju naukowych podstaw tej dziedziny. Czas po temu jest najwyższy, bo przed inżynierią lądową stoją nowe zadania, także i badawcze, wynikające z obecnych i przewidywanych uwarunkowań społecznych i ekonomicznych.

Jest rzeczą oczywistą, że podjęta tu tematyka nie może być ujęta w sposób wyczerpujący. Dlatego zakres tego opracowania obejmuje tylko te zagadnienia, które zdaniem autora mają podstawowe znaczenie. Dalej sformułowane stwierdzenia będą

poparte przykładami zaczerpniętymi głównie z budownictwa komunikacyjnego, zwłaszcza z mostownictwa, jako z jednej strony obiektywnie ważnego działu inżynierii lądowej, zaś drugiej strony – dziedziny subiektywnie najbliższej zainteresowaniom autora. Raz jeszcze należy pokreślić, że wszystkie zawarte w tym opracowaniu stwierdzenia są formułowane wyłącznie na podstawie osobistych przemyśleń autora i na jego tylko odpowiedzialność.

2. NAUKA I TECHNIKA – KILKA REFLKSJI

Najogólniej rzecz ujmując, rozwój nauki to rozwój zakresu poznania. Rozwój ten dotyczy wszystkich dziedzin życia i działalności człowieka. Interesujący nas obszar - to technika. Według akceptowanej powszechnie ogólnej definicji „technika jest działaniem, mającym na celu dostosowanie przyrody do potrzeb życia ludzi”. W ślad za tym, technikę podzielić można na poznawczą i produkcyjną. Pierwsza obejmuje poznanie przyrody, określenie potrzeb i sposobów ich zaspakajania oraz poznanie działań przekształcających przyrodę. Druga – to stosowanie wiadomości zebranych przez pierwszą. Rozwój obu uwarunkowany jest stanem wiedzy rozwijanej przez nauki przyrodnicze i społeczne.

W interesującej nas tu tematyce, nauki przyrodnicze można podzielić na dwie podstawowe grupy [3]:

- nauki podstawowe rozwijane poza techniką (np. matematyka, fizyka, chemia, logika, teoria poznania);
- działy nauk podstawowych, rozwijane w obrębie techniki (np. wytrzymałość materiałów, teoria sprężystości i plastyczności, akustyka, mechanika gruntów, hydromechanika, teoria pola).

Z kolei nauki społeczne podzielić można też na dwie podstawowe grupy:

- nauki podstawowe rozwijane poza techniką (np. ekonomia, psychologia, socjologia, estetyka, prawo);
- działy nauk społecznych, rozwijane w obrębie techniki (np. organizacja i mechanizacja pracy, ekonomika produkcji, analiza użytkowa działań i przedmiotów technicznych).

Nie sposób już teraz nie zauważyć, że inżynieria lądowa jako dział techniki korzystała o nadal korzysta w swym rozwoju ze wszystkich wymienionych tu nauk. Ten, bardziej szczegółowy wątek, będzie dalej szerzej podjęty.

Warto jest jeszcze wprowadzić dodatkowe odróżnienie, co uważać tu będziemy za działalność naukową, a co za działalność techniczną, uważając obie te sfery za równie ważne w rozwoju wiedzy i o równym, szeroko rozumianym znaczeniu społecznym.

Autor na własny użytek i na własną odpowiedzialność sformułował kiedyś taką oto zwięzłą definicję: „Odkrywanie nieznanego to działalność naukowa, stosowanie, udoskonalanie lub zwiększanie skali i zakresu zastosowań już znanego – to działalność techniczna”. Owo „odkrywanie nieznanego” może być dokonywane w niewielkim

nawet zakresie i może nie być bezpośrednio aplikowane, ale musi jednak nosić cechy nowości rozszerzającej choćby o małą cząstkę zakresu poznania. Jeśli na przykład mrozoodporność betonu badana jest z zastosowaniem sieci neuronowych, ale nie uzyskujemy dzięki temu nowej wiedzy o tej mrozoodporności, to nie jest to według przyjętych tu kryteriów działalność naukowa, bo zakres poznania cechy materiału będącej przedmiotem badań nie ulega poszerzeniu. Dzięki owym sieciom badania można przeprowadzić szybciej i być może taniej, co jest niewątpliwie postępem, ale w sferze techniki, a nie nauki, w tym przypadku wiedzy o betonie. W stwierdzeniu tym nie ma niczego pejoratywnego, chodzi wyłącznie o uściślenie pojęć.

Między wyżej określonymi „działalnością naukową” oraz „działalnością techniczną” występują wzajemne powiązania – rozwój pierwszej uwarunkowany jest rozwojem drugiej i odwrotnie, nie występuje tu sztywny, jednoznaczny podział. Trudno na przykład wyobrazić sobie „udoskonalanie znanego” bez stosowania naukowych metod badawczych. Często „udoskonalając znane” dokonujemy mniej lub bardziej przypadkowo „odkrywania nieznanego”, także w sensie innego zakresu zastosowań. Historia nauki i techniki zna wiele takich przypadków. Klasycznym przykładem z zakresu budownictwa jest żelbet, którego źródłem są przecież donice ogrodnika Josepha Moniera.

Innym ważnym odróżnieniem działalności naukowej i działalności technicznej jest rola ekonomii. Otóż działalność naukowa może w wielu przypadkach nie mieć żadnych odniesień ekonomicznych, mimo iż z jej osiągnięć korzysta w szerokim zakresie technika, w której owe odniesienia ekonomiczne występują zawsze. Historia nauki i techniki to potwierdza. Na przykład inspiracja do poszukiwań, które doprowadziły do sformułowania przez Enrico Bettiego twierdzenia o wzajemności prac, lub – by posłużyć się nowszym przykładem – wprowadzenie do mechaniki pęknięcia całej Rice’a, nie wynikały z żadnych przesłanek ekonomicznych. Motywacja do poszukiwań naukowych, owego „odkrywania nowego” ma przeto swe źródła w postawach intelektualnych i psychicznych badaczy, uświadomieniu przez nich niewystarczalności dotychczasowych ujęć i metod badawczych.

Ale i powiązania techniki z ekonomią nie zawsze są jednoznaczne. Dobrze to wyjaśnia różnica między „wynalazkiem technicznym” i „postępem technicznym”. Pierwszy może być (i często bywa!) produktem indywidualnym, nie zawsze uzasadnionym ekonomicznie, to jest nie prowadzącym do wytwarzania w większej skali i nie przynoszącym korzyści w wymiarze społecznym. Drugi musi mieć swoje konsekwencje ekonomiczne i społeczne, częściej rzecz jasna pozytywne (np. oszczędności czasu, energii, etc.) niż negatywne (np. zagrożenia dla naturalnego środowiska), ale zawsze odczuwalne w wymiarze ponadindywidualnym. Oczywiście „wynalazek” jest na ogół elementem postępu technicznego, ale nie musi nim być (wystarczy przejrzeć choćby rejestry patentów nigdy nie zastosowanych w praktyce).

I jedna jeszcze uwaga. Czynnikiem odróżniającym naukę od techniki jest funkcja czasu. „Odkrywanie nowego” jest nieprzewidywalne w czasie. Można wprawdzie

(i tak się współcześnie dzieje) stawiać wymagania formalne dotyczące terminu zakończenia badań nad jakimś tematem, zakwalifikowanym mniej lub bardziej słusznie do tematów naukowych, ale to nie gwarantuje, że to „nowe”, rozszerzające zakres poznania zostanie rzeczywiście odkryte. Natomiast czas trwania zadań technicznych (tj. głównie „udoskonalanie lub zwiększanie skali zastosowań znanego”), jest zdecydowanie bardziej przewidywalny. Tu można stawiać określone terminy, pod warunkiem odpowiedniego finansowania prac, także (a może przede wszystkim!) badawczych, potrzebnych do realizacji tych zadań. Współczesne przykłady takich zadań, to choćby programy wdrażania rozmaitych nowych technologii.

Oddzielne zagadnienie, szczególnie ważne w naszym kraju, to ramy organizacyjne, prawne i finansowe działalności naukowej i technicznej (inaczej – ich instytucjonalizacja). Ramy te mogą sprzyjać rozwojowi tej działalności lub ją utrudniać. To temat rzeka, bo o tym w Polsce już wiele dyskutowano i dyskutuje się nadal, ale bez praktycznie odczuwalnych skutków. Poprzestaśmy na stwierdzeniu o wysoce niedostatecznym stopniu przeznaczania środków budżetowych na naukę, mierzonym choćby procentowym ich udziałem w dochodzie narodowym. Konsekwencje najnowszych aktów prawnych, dotyczących na przykład finansowania nauki, nie zostały jeszcze zweryfikowane ze względu na zbyt krótki czas ich obowiązywania. Mimo jednak, że strony formalna i organizacyjna funkcjonowania nauki są bardzo istotne, tematyka ta nie będzie tu bliżej rozpatrywana. Będziemy się więc dalej zajmować raczej merytorycznymi uwarunkowaniami nauki i techniki związanej z inżynierią lądową, traktując zagadnienia formalno-organizacyjne tylko jako pewnego rodzaju dopełnienie poruszanej tematyki.

Nie można wreszcie nie nawiązać do narastającego dynamicznie w ostatnich latach procesu globalizacji nauki i techniki, umiędzynarodowienia wielu programów badawczych i migracji kadr naukowych. „Odkrywanie nowego” z natury rzeczy jest pozbawione zabarwienia narodowego, choć narodowość odkrywców niejednokrotnie silnie eksponowano, ale zwykle w celach pozanaukowych. Dążenie do tego „odkrywania” nie jest jednak wolne od nacisków ekonomicznych, a często i politycznych. Jako przykłady można podać programy podboju kosmosu czy prace badawcze służące celom militarnym. „Udoskonalanie znanego lub zwiększenie skali zastosowań już znanego” to obecnie w dużej mierze sprawa ekspansji ekonomicznej, często korporacyjnej, o różnej skali oddziaływania – od międzynarodowej do lokalnej. Jako przykład bliski inżynierii lądowej można tu podać transfer zaawansowanych technologii materiałowych, obserwowany ostatnio tak wyraźnie w Polsce.

Poziom nauki i techniki w danym kraju w znacznym stopniu decyduje obecnie o jego pozycji w wymiarze światowym. Dlatego oba te obszary są z jednej strony przedmiotem konkurencji, zaś z drugiej – co pozornie paradoksalne – przedmiotem współpracy międzynarodowej, bo realizacja wielkich programów badawczych przekraczają często możliwości finansowe pojedynczych państw (nie mówimy tu o potęgach ekonomicznych, np. programach w USA). Jako przykład można podać prace nad nowymi modelami samolotów pasażerskich, realizowane w Europie. Konsekwencją tego jest raczej konkurencja między ponadnarodowymi korporacjami, reprezentującymi różne

działy techniki i jej badawczego zaplecza (to bardzo ważny obecnie czynnik!), niż między państwami sensu stricto. Ważną natomiast sprawą jest to, co dane państwo do owych korporacji wnosi pod względami intelektualnym i finansowym. Efektywny udział Polski jest w tym zakresie jak dotychczas raczej niewielki. Nie oznacza to jednak, że żaden; niektóre zespoły badawcze efektywnie uczestniczą w realizacji międzynarodowych programów badawczych, także i tych dotyczących inżynierii lądowej, by tytułem przykładu wymienić udział IPPT PAN w programie badawczym finansowanym przez NATO i dotyczącym trwałości betonów. Generalnie jednak realnej i efektywnej współpracy międzynarodowej jest jeszcze mało.

3. PODSTAWOWE CECHY INŻYNIERII LĄDOWEJ I ICH WPŁYW NA KIERUNKI BADAŃ NAUKOWYCH

Na przedstawionym w poprzednim punkcie ogólnym tle, przedstawione dalej będą bardziej szczegółowo uwarunkowania rozwoju inżynierii lądowej jako działu techniki i jednocześnie obszernego działu nauk technicznych. Podlega ona w części tym samym ogólnym prawom rozwojowym, co inne działy nauki i techniki, ale w znacznej części wykazuje pewne znamienne cechy, które sprawiają, że jej procesy rozwojowe mają swą własną specyfikę.

Jak już zwrócono uwagę, inżynieria lądowa jest niewątpliwie jednym z najstarszych, a kto wie czy nie najstarszym w ogóle, działem techniki – ludzie zawsze musieli gdzieś mieszkać (budownictwo mieszkaniowe!) i jakoś się przemieszczać (budownictwo komunikacyjne!). Nie będziemy tu poruszać historycznych aspektów rozwojowych budownictwa. Nie abstrahując jednak od nich całkowicie, przejdziemy do problematyki współczesnej, zwłaszcza do spraw roli nauki.

Jako podstawowe i specyficzne cechy inżynierii lądowej, można wymienić następujące:

- wspomniana już długa historia – powtórzmy: skutek tego inżynieria lądowa postrzegana jest przez wielu (w tym przez przedstawicieli innych nauk, także technicznych) jako dziedzina tradycyjna, w obrębie której rozwój nauki jest mało dynamiczny (jeśli w ogóle jest coś w tej dziedzinie rzeczywiście naukowego – tak uważają niektórzy);
- dział techniki, od stanu i poziomu którego w znacznym stopniu zależy jakość codziennego życia – dlatego brak spełnienia standardów uznawanych za elementarne (np. brak mieszkań) są szczególnie odczuwalne społecznie, a ponadto wpływ tego działu na jakość życia przez wielu zostaje dostrzegana dopiero w sytuacjach wyjątkowych, zaburzających komfort normalnego bytowania (na przykład utrudnienie komunikacyjne wskutek wyłączenia mostów z ruchu w następstwie awarii lub prac renowacyjnych albo modernizacyjnych);

- masowa skala istniejących obiektów – to sprawia, że zagadnienia związane z ich utrzymaniem i modernizacją mają poważne znaczenie gospodarcze, często równie ważne, a niekiedy nawet ważniejsze, od budowania nowych obiektów – konieczne jest określenie racjonalnych, uzasadnionych technicznie, ekonomicznie i społecznie kryteriów analizy: „remontować i modernizować, czy rozbierać stare i budować nowe obiekty”;
- bezpieczeństwo użytkowania obiektów – to sprawia, że rozwinięte muszą być metody określania bezpieczeństwa obiektów (np. metody diagnostyki stanu technicznego, analiza niezawodności) oraz badań przydatności materiałów budowlanych, także ze względu na ich oddziaływanie na człowieka (np. metody badania statycznych i dynamicznych cech wytrzymałościowych materiałów, ich cech reologicznych i odpornościowych, toksyczność, etc.);
- trwałość obiektów w długim czasie – to odróżnia inżynierię lądową od innych działów techniki (np. lotnictwa lub elektroniki), których produkty stosunkowo szybko ulegają tzw. starzeniu moralnemu – ten proces jest w budownictwie znacznie wolniejszy, co nie oznacza jak powszechnie wiadomo, że nie występują w nim potrzeby modernizacyjne, dostosowujące na przykład zasoby mieszkaniowe czy sieć drogową do nowych potrzeb;
- potrzeba wielokierunkowej normalizacji, obejmującej projektowanie, wykonywanie, odbiór oraz metody szeroko pojętej kontroli jakości – te cechy wynikają wprost z wymienionych poprzednio masowości, bezpieczeństwa użytkowania oraz trwałości obiektów;
- trwałość (przynajmniej w długich przedziałach czasu) lokalizacja obiektów – to wpływa na oddziaływanie na tzw. środowisko naturalne i kształtowanie przestrzeni (aspekty ekologiczne i szeroko pojętej estetyki);
- zlokalizowanie wznoszenia i funkcjonowania obiektów – stąd potrzeba ich dostosowania do określonych warunków klimatycznych i gruntowych, korzystania z istniejących na danym terenie zasobów (np. wodnych), stosowanie lokalnych materiałów do budowy (konieczność badania ich przydatności); wszelkie wytwory (obiekty) inżynierii lądowej (budynki, drogi, mosty, etc.) są związane trwale z miejscem użytkowania, podczas gdy wytwory wielu innych dziedzin techniki są mobilne i mogą być użytkowane w niemal dowolnym miejscu i w dowolnym czasie;
- wielki udział obiektów w ogólnym majątku narodowym (np. w Polsce tylko drogi i mosty to 30 % tego majątku) – stąd wielkie znaczenie ekonomiczne inżynierii lądowej, której rozwój (także w sensie badawczym) wymaga wprawdzie znacznych nakładów, ale przynosi wielkie i najczęściej szybkie korzyści społeczne;
- wielkie znaczenie w strategii tzw. zrównoważonego rozwoju – stąd dążenie do oszczędności energii, eliminacja i ograniczenia zagrożeń dla środowiska, etc., co wymaga stałego rozwoju wiedzy, aby zrationalizować działania, jednym z tego przykładów jest powtórne użycie materiałów rozbiórkowych (tzw. recykling), co wymaga oczywiście prowadzenia odpowiednich badań o cechach naukowych;

- duże znaczenie polityczne, także w wymiarze międzynarodowym, ze względu na społeczną i gospodarczą rolę wszelkiego rodzaju budownictwa.

Wymienione cechy, zdawać się mogą dość oczywiste, ale warte są, jak sądzę, wyeksponowania, bo z nich wynikają interesujące nas tu konsekwencje badawcze. W tym aspekcie sformułujemy cztery podstawowe stwierdzenia (być może znów aż nazbyt oczywiste), które następnie skomentujemy:

- a) inżynieria lądowa korzysta w swym rozwoju z wielu nauk podstawowych, technicznych i społecznych (por. punkt 2 tego opracowania) – stąd badania prowadzone są w wielu placówkach;
- b) inżynieria lądowa jako dział nauk technicznych nie może być efektywnie rozwijana bez prowadzonych na odpowiednio dużą skalę inwestycji budowlanych – więzi nauki i praktyki są w tej dziedzinie szczególnie silne;
- c) źródłem powstawania nowych ujęć teoretycznych lub nawet nowych gałęzi szczegółowych nauk w inżynierii lądowej były (a niekiedy są i nadal) doświadczenia płynące ze zrealizowanych obiektów – w skrócie: praktyka często wyprzedzała i wyprzedza teorię;
- d) jakość wszelkich „wytworów” inżynierii lądowej - ich bezpieczeństwo, trwałość, ekonomiczność, standard użytkowania, nie zależą tylko od – ogólnie rzecz ujmując – sposobu ich policzenia (tj. analizy statycznej i dynamicznej, metod wymiarowania, optymalizacji wytrzymałościowej, etc.), ale także od wielu innych czynników, których wpływ trzeba umieć przewidzieć i określić stosując naukowe metody badawcze, czyli dążąc do „odkrywania nowego”.

W odniesieniu do stwierdzenia a) przypomnieć wypada, że w Polsce naukami związanymi z inżynierią lądową zajmują się trzy rodzaje placówek: instytuty Polskiej Akademii Nauk (np. Instytut Podstawowych Problemów Techniki), tzw. instytuty resortowe (np. Instytut Techniki Budowlanej lub Instytut Badawczy Dróg i Mostów – jako wiodące i najbardziej wszechstronne w swych dziedzinach) i inne wyspecjalizowane jednostki (np. Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu betonów CEBET) oraz wyższe uczelnie techniczne (w skali kraju 22 wydziały budowlane). Nie będziemy tu analizować ani oceniać tej „trójpionowości” prowadzenia badań, ani efektywnej współpracy „poziomej” między placówkami w poszczególnych „pionach” (choć brak tu rozwiązań systemowych). Zwrócimy tylko uwagę na zasadnicze różnice między nimi, wynikające z kryteriów sformułowanych w poprzednim punkcie tego opracowania.

Otóż placówki PAN zajmują się głównie analizami teoretycznymi i badaniami doświadczałnymi zmierzającymi do „odkrywania nowego”, prowadzą więc działalność naukową. Nie oznacza to, że w jej wyniku nie zostanie dokonane „udoskonalenie znanego” w sensie aplikacyjnym (a więc technika!) lub nie zostaną opracowane nowe metody badania „znanego” (co się zdarza!), ale nie to stanowi jądro prowadzonych w tych placówkach prac.

Instytuty resortowe to głównie prace nad „stosowaniem, udoskonalaniem lub zwiększaniem skali i zakresu zastosowań znanego”, a więc działalność techniczna. Tu warto

nadmienić, że „udoskonalanie znanego” obejmuje także sprawy szeroko rozumianej normalizacji, co stanowi ważny obszar prac prowadzonych w tych placówkach. Podobnie do poprzednio wspomnianej sytuacji, podejmowane w nich badania mogą oczywiście prowadzić i niejednokrotnie prowadzą do „odkrywania nowego” – rozwoju zakresu poznania nie można bowiem zadekretować i to w żadnej dziedzinie. Oddzielnym polem zadań, wynikających ze „stosowania, udoskonalania lub zwiększania skali i zakresu zastosowań” są badania jakości i badania związane z dopuszczaniem nowych wyrobów do stosowania w budownictwie. Zadania te niezależnie od uregulowań prawnych wynikają wprost z wymienionych cech budownictwa – masowości, bezpieczeństwa i długotrwałości użytkowania obiektów.

Głównym zadaniem uczelni wyższych jest kształcenie na poziomie akademickim, czego nie można robić dobrze bez prowadzenia własnych badań. Natura kształcenia technicznego i badania podejmowane na wydziałach budowlanych krajowych politechnik obejmują zarówno „stosowanie, udoskonalanie lub zwiększenie skali i zakresu zastosowań znanego”, jak i dążenie do „odkrywania nowego”. Trudno jest określić wzajemne proporcje między tymi dwoma obszarami.

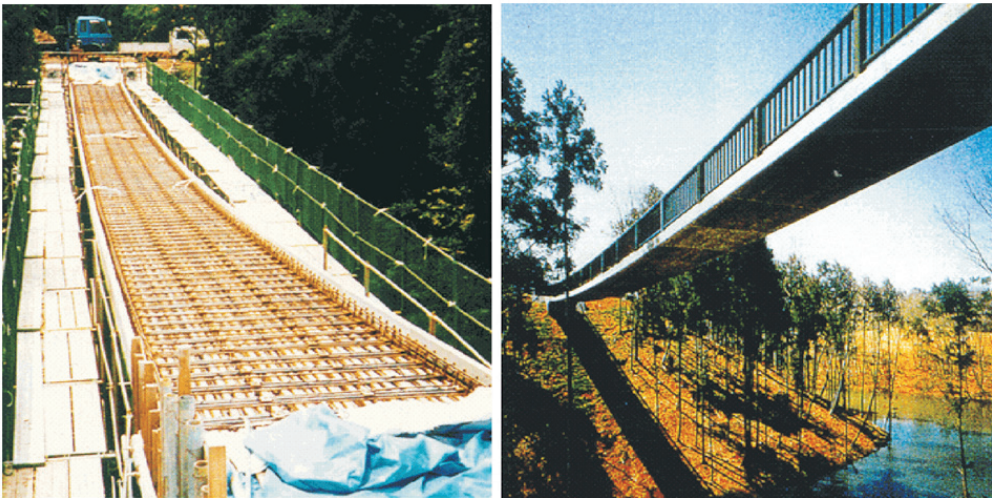
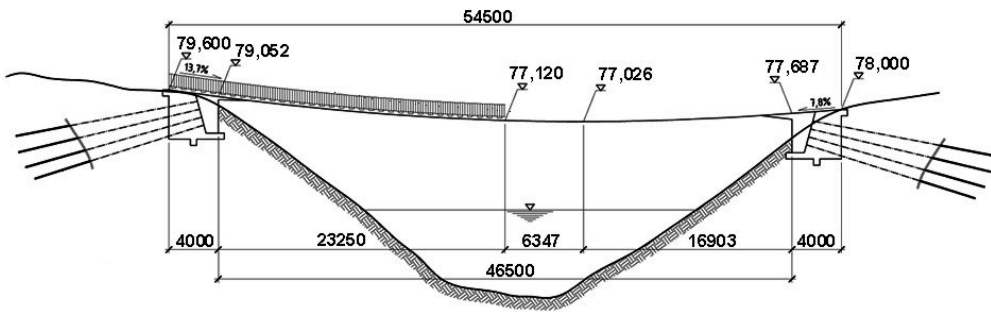
Reasumując, w obszarze inżynierii lądowej, instytuty PAN to przede wszystkim „badania podstawowe”, instytuty resortowe – to przede wszystkim „badania stosowane”, zaś uczelnie wyższe – to oba wymienione rodzaje badań.

Potencjał badawczy inżynierii lądowej jest Polsce zdaniem piszącego wystarczający, natomiast oddzielną sprawą jest korzystanie z tego potencjału w praktyce i finansowanie ośrodków naukowych. Temat ten wymaga osobnego opracowania, choć pewne spostrzeżenia z nim związane będą tu jeszcze zasygnalizowane.

W odniesieniu do stwierdzenia b) warto zauważyć, iż doświadczenie wskazuje, że gdy pojawiają się poważne inwestycje, to generują one potrzebę badań i to mniej lub bardziej świadomie ukierunkowanych na „odkrywanie nowego”, jak i „stosowanie, udoskonalanie lub zwiększenie skali i zakresu zastosowań znanego”. Badania, które oderwane są od realnych potrzeb nie doprowadzają zazwyczaj w inżynierii lądowej do wyników, rzeczywiście wpływających na rozwój wiedzy i zakres jej zastosowań w praktyce – pozostają raczej przyczynkami o niewielkim zwykle znaczeniu. Natomiast jest wiele przykładów wskazujących, jak potrzeby praktyki inspirowały i inspirują wartościowe badania poznawcze (rys. 1 – 2). Jako najnowsze wymienić można badania nad betonami nowej generacji stosowanymi w obiektach mostowych (potrzeba zwiększenia trwałości i zmniejszenia ciężaru konstrukcji) lub nowe ujęcia zadań projektowych (projektowanie na trwałość, ang. *durability design*), określanie kosztów w ciągu całego przewidywanego okresu użytkowania obiektu (ang. *whole life costing*), bądź badania nad nowymi metodami wzmocnień konstrukcji za pomocą wyrobów kompozytowych z polimerów z włóknami. Dobrym i konkretnym przykładem jest budowa metra w Warszawie, inwestycji która wygenerowała wiele tematów badawczych od spraw gruntowych (np. projektowanie i wykonywanie kotwionych ścian szczelinowych), po badania wpływu eksploatacji na istniejące budynki i przebywających w nich ludzi) lub budowa Mostu Siekierkowskiego (sterowanie procesem wiązania betonu w masywach fundamentowych).



Rys.1. Wiadukt Millau we Francji (2004)
Fig.1. Millau viaduct in France (2004)



Rys.2. Kładka wstęgowa z fibrobetonu i CFRP w Japonii (1990)
Fig.2. Stress ribbon bridge made of fibre concrete and CFRP in Japan (1990)

W nawiązaniu do stwierdzenia c) wypada przypomnieć, że rozwój nauki czyli rozwój zakresu poznania wynikał w wielu przypadkach z obserwacji już zrealizowanych obiektów – one bowiem stanowią ostateczny i konkretny sprawdzian wiedzy. Jako przykłady historyczne, ale do dziś zachowujące ważność, można podać nową teorię wybożenia Ludwiga von Tetmajera i Feliksa Jasińskiego inspirowaną katastrofami stalowych mostów kolejowych o tzw. przekroju otwartym lub powstanie reologii betonu jako gałęzi nauki, która swe źródło ma w obserwacjach zachowania mostu przez Allier w Veurdre we Francji i dociekaniach Eugène Freyssineta. Jeden z najnowszych przykładów, to potrzeba natychmiastowej naprawy w 1991 roku mostu Ibach koło Lucerny w Szwajcarii, która zapoczątkowała intensywne badania nad zastosowaniami kompozytów polimerowych z włóknami do wzmacniania konstrukcji. Potrzeby praktyki wyprzedzają często zastaną, usystematyzowaną wiedzę teoretyczną. To właśnie jest jednym ze źródeł, ale bardzo znamienne, rozwoju inżynierii lądowej jako działu nauk technicznych.

W nawiązaniu wreszcie do stwierdzenia d) należy wskazać, że w inżynierii lądowej występuje wiele rozwiązań akceptowalnych, a niekiedy nawet podziwianych, które pozostają w rażącej sprzeczności z rozwiązaniami racjonalnymi ze względu na ujęcia teoretyczne. Jednym z licznych przykładem akceptowalności mogą być choćby produkowane w niektórych krajach prefabrykowane belki mostowe z betonu sprężonego o przekroju poprzecznym mało oszczędnym pod względem zużycia materiału i ukształtowanym nieracjonalnie ze względów wytrzymałościowych, ale za to pozwalającym na wyjmowanie gotowych belek z form bez potrzeby ich rozsuwania – to przyspiesza znacznie i ułatwia wytwarzanie belek, obniżając w ten sposób koszty produkcji przy drogiej stosunkowo robociznie. Najbardziej chyba spektakularnym przykładem podziwu mogą być mostowe dzieła Santiago Calatravy, których ukształtowanie przeczy przeciw zasadom racjonalnego przepływu sił w konstrukcji (na przykład stosowanie przez niego łuków wyginanych z płaszczyzny). Dzięki teorii i metodom komputerowym potrafimy obecnie policzyć niemal wszystko, ale to nie racjonalna teoria toruje drogi rozwojowe wielu dziedzin inżynierii lądowej, na przykład mostownictwa.

W podsumowaniu tej części opracowania trzeba więc stwierdzić, że inżynieria lądowa, jedna z najstarszych dziedzin działalności ludzkiej, jest dzięki swym cechom (zwłaszcza tym stanowiącym o jakości życia) niewątpliwie rozwojowym działem nauk technicznych, korzystających z osiągnięć wielu innych działów techniki - w ostatnich zwłaszcza latach – z osiągnięć inżynierii materiałowej. To właśnie wprowadzanie nowych materiałów i badania nad nimi stanowią obecnie jeden z jego głównych czynników jej rozwoju (por. np. [4]). Znajduje to wyraz również w tematyce podejmowanych prac badawczych o cechach naukowych, prac teoretycznych (na przykład formułowanie nowych zależności konstytutywnych, zasad wymiarowania) i prac doświadczalnych (weryfikowanie ujęć teoretycznych, stwarzanie podstaw do formułowania nowych ujęć analitycznych), czyli prac zmierzających do rozszerzenia poznania, „odkrywania nowego”.

4. OBSZARY BADAŃ NOŚNYCH POZNAWCZO I O DUŻYM ZNACZENIU PRAKTYCZNYM

Na wstępie postawię fundamentalne pytanie – czy wobec zasygnalizowanych tylko trudności w finansowaniu krajowych badań istnieje realna możliwość wyboru podejmowanych tematów, a do tego jeszcze preferowania niektórych? Przyjmijmy jednak, że istnieje swoboda wyboru i preferencji i że środki finansowe potrzebne do realizacji programów badawczych są zapewnione. Jakie w takich wyidealizowanych warunkach prace powinny być podejmowane? Odpowiedź na to pytanie ma nie tyle znaczenie bezpośrednio praktyczne (ów brak środków, małe zaangażowanie przedsiębiorstw, nawet tych wielkich, w programy badawcze, inne znane trudności, etc.), ale ma służyć refleksji nad wyborem obszarów badawczych, nad uświadomieniem roli nauki w rozwoju inżynierii lądowej. Jeśli w wyniku tego namysłu podjęte zostaną nowe badania, choćby tylko nieliczne, to i tak będzie dobrze!

Nie będą tu oczywiście wymienione szczegółowe tematy proponowanych badań. Będzie natomiast wskazanych kilka przykładów obszarów badawczych, głównie tzw. rozwojowych, z krótkim uzasadnieniem dlaczego warto są zainteresowania, przede wszystkim ze względu na szeroko rozumiane „odkrywanie nowego”. Przypomnijmy – obszary te, to całkowicie subiektywny wybór autora.

Obszar 1

Prace studialne nad konsekwencjami technicznymi (budowlanymi oraz infrastrukturalnymi) postępującej urbanizacji. Jest to problem ważny w skali światowej i częściowe badania można wykonywać we współpracy międzynarodowej. Prace te mogą doprowadzić do nowych rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych obiektów budowlanych, uwzględniających nowe potrzeby społeczne.

Obszar 2

Częściowo związany z obszarem 1, ale jeszcze szerszy – budownictwo, a dążenie do zrównoważonego rozwoju. Ten temat jest w kraju podjęty, także przy współpracy międzynarodowej. Warto go kontynuować i rozwijać zarówno ze względów poznawczych jak i aplikacyjnych. Jest to jeden z najbardziej nośnych badawczo tematów o znaczeniu społecznym i technicznym. Ma wiele aspektów: konstrukcyjnych, materiałowych, energetycznych, ekologicznych (np. wykorzystanie odpadów, „recykling”, etc.) oraz estetycznych.

Obszar 3

Nowe wymagania projektowe ze względu na zabezpieczenia obiektów budowlanych przed różnego rodzaju zagrożeniami (pożary, akty terrorystyczne, etc.). Rozwinięcie i rozpowszechnienie analizy ryzyka i metod niezawodnościowych w inżynierii lądowej, zwłaszcza w odniesieniu do budynków użyteczności publicznej i mostownictwa.

Analiza ryzyka w odniesieniu do już istniejących obiektów budowlanych, inżynierskich oraz infrastruktury – sformalizowanie matematyczne określania wpływu ich stanu technicznego na bezpieczeństwo użytkowania.

Obszar 4

Techniczne aspekty racjonalnej długości użytkowania obiektów budowlanych. Starzenie techniczne, funkcjonalne i przestrzenne – symulacyjne metody ich określania. Nowoczesne metody diagnostyki budowlanej. Koszty społeczne w budownictwie wobec nowych wymagań. Wszystkie te zagadnienia dotyczą utrzymania istniejącej substancji budowlanej, jej modernizacji lub wyburzenia. To wymaga naukowych podstaw podejmowania decyzji w warunkach gospodarki rynkowej, z uwzględnieniem specyfiki substancji budowlanej w naszym kraju, jej wieku, struktury i lokalizacji.

Obszar 5

Opracowanie i wdrożenie praktycznych procedur projektowania opartych na interakcji obiekt–podłoże gruntowe. Tematyka ta jest obecnie rozwijana na świecie i w Polsce, istnieje pewne oprogramowanie, ale nie ma jeszcze oficjalnie usankcjonowanej i powszechnie stosowanej metody projektowania opartej na wymienionej interakcji. Stosowanie takich procedur projektowania może dać wymierne bezpośrednie korzyści ekonomiczne i sprzyjać podniesieniu trwałości obiektów.

Obszar 6

Weryfikacja doświadczalna w skali naturalnej (tj. *in situ*) wyników symulacji komputerowych oraz badań modelowych (przeprowadzanych nawet w stosunkowo dużej skali). Ta tematyka może dotyczyć najrozmaitszej problematyki – na przykład weryfikacji symulowania komputerowego zachowania konstrukcji, zwłaszcza nowatorskich, pod działaniem różnego rodzajami obciążeń i oddziaływań.

Obszar 7

Projektowanie na trwałość. Dobór rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych. Minimalizacja kosztów utrzymania obiektów budowlanych i inżynierskich, wszelkiego rodzaju infrastruktury. Optymalizacja działań w tym zakresie.

Obszar 8

Badania wewnętrznej struktury materiałów budowlanych pod kątem możliwości określania na ich podstawie właściwości tych materiałów w skali makro (czyli po wbudowaniu w obiekt).

Obszar 9

Nowe, niekonwencjonalne materiały konstrukcyjne (nowe generacje betonów, fibrobetony, stale wysokowartościowe, polimery zbrojone włóknami, elementy warstwowe stal-polimer, połączenie drewna z innymi materiałami). Określenie uzasadnionych technicznie i ekonomicznie pól zastosowań z uwzględnieniem elementów trwałości i kosztów utrzymania w ciągu całego zakładanego okresu eksploatacji (ang. *whole life costing*), opracowanie przydatnych w praktyce metod wymiarowania. Ten obszar badawczy dotyczy też niemetalicznego zbrojenia biernego i aktywnego w konstrukcjach wykonywanych z użyciem konwencjonalnych materiałów (stali, betonu, drewna).

Obszar 10

Przewidywanie wpływu zmian warunków gruntowo-wodnych spowodowanych działaniami ludzi na zachowanie obiektów budowlanych i inżynierskich – istniejących i nowych. Zmiany szybko i wolno zmienne w czasie. Komputerowa symulacja tych zmian i metody ich weryfikacji.

Podane wyżej obszary tematyczne są w przeważającej mierze badania zmierzające do kreowania kierunków rozwoju inżynierii lądowej na podstawie pozyskiwania nowej wiedzy, a więc owego „odkrywania”, stanowiącego z jednej strony o rozszerzeniu zakresu poznania, zaś z drugiej – mającego w tym przypadku konkretne odniesienia praktyczne. Wymienione obszary mogą mieć odniesienia światowe, ale są sformułowane przede wszystkim z myślą o rozwijaniu badań naukowych w Polsce. Istnieją też zapewne inne obszary, niedostrzeżone przez autora, a mające równie ważne znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Mam nadzieję, że wskażą je inni w ramach dyskusji.

5. ZAMIĄST PODSUMOWANIA

Inżynieria lądowa wbrew opinii wielu jest nie tylko ważnym, ale rozwojowym działem nauk technicznych, korzystającym z osiągnięć wielu innych nauk, nie tylko technicznych, podlegającym zmianom i wrażliwym na potrzeby społeczne. Występuje w niej stałe przenikanie elementów techniki i nauki, rozumianej tak, jak to zdefiniowano w tym opracowaniu. Występują też w niej (jak zresztą i wielu innych dziedzinach) pewne meandry w podejmowaniu tematyki badawczej – niektóre kierunki są już – jak można sądzić - w sensie poznawczym bliskie wyczerpania, na przykład te dotyczące konwencjonalnego betonu lub tradycyjnej stali konstrukcyjnej. Dlatego warto wskazać na możliwości podejmowania bardziej rozwojowych pod względem naukowym tematów badawczych. Dużo się w tym zakresie dzieje w kraju i na świecie, ale w codziennym działaniu brakuje głębszej refleksji nad naukowymi uwarunkowaniami rozwoju inżynierii lądowej. Refleksji takiej i dyskusji ma w zamierzeniu autora służyć to opracowanie. A czy pobudzi ono do tego – czas pokaże.

Głosy w dyskusji mogą dotyczyć różnych spraw tu poruszonych lub tych, które pominięto (tak przecież też być może). Aby jednak dyskusję tę ukierunkować, to pozwalam sobie wypunktować takie oto zagadnienia, które subiektywnie uznaję za najważniejsze:

- co w inżynierii lądowej jest działaniem naukowym, a co technicznym?
- jaki jest związek tendencji rozwojowych inżynierii lądowej z tematyką podejmowanych w Polsce badań?
- czy przedstawione w tym opracowaniu obszary badawcze dobrze odzwierciedlają rolę badań naukowych w inżynierii lądowej?
- jakie powinny być priorytety badawcze w inżynierii lądowej jako dział nauk technicznych wobec ograniczeń w finansowaniu nauki?
- jaka jest pozycja inżynierii lądowej jako działu nauk technicznych w porównaniu do innych nauk technicznych?

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nauka w dziedzinie inżynierii lądowej – Diagnoza i prognoza rozwoju. XLVIII Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, tom 1, Opole–Krynica 15 – 20 września 2002
- [2] *Radomski W.*: Rozwój nauki w obszarze inżynierii lądowej a rola Instytutu Techniki Budowlanej. Sympozjum „Instytuty Badawcze Budownictwa w Unii Europejskiej”, Dział Wydawniczy ITB, 9 – 21, Warszawa 24 maja 2005
- [3] *Wasiutyński Z.*: Technika, jej działy i metoda, PWN, 1962
- [4] *Radomski W.*: Materiał a konstrukcja – refleksje mostowca. IV Konferencja Naukowo–Techniczna „Zagadnienia materiałowe w inżynierii lądowej”, MATBUD 2003, Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, 15 – 39, Kraków 25-27 czerwca 2003

CONDITIONS FOR SCIENTIFIC DEVELOPMENT IN CIVIL ENGINEERING

Abstract

The objective of the paper is to initiate a discussion on directions of scientific development in the area of civil engineering. A concept for distinguishing a scientific investigation and a technical activity is presented. Basic and specific features of civil engineering are described and their influence on directions of scientific development is discussed. Several examples of research areas are provided, including these of high scientific merit and of high potential for applications.