

TOMASZ TYMIŃSKI

Instytut Inżynierii Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## WIELKOGABARYTOWY MODEL LABORATORYJNY WROCLAWSKIEGO WĘZŁA WODNEGO

### LARGE-SIZE LABORATORY MODEL OF WROCLAW HYDROTECHNICAL SYSTEM

**Streszczenie.** Złożoność i wielkowymiarowość zjawisk fizycznych w hydrowęźle wrocławskim utrudniają badania eksperymentalne w warunkach naturalnych. W laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska UP we Wrocławiu zbudowano unikatowy model hydrauliczny tego hydrowęźła. Praca zawiera szczegółową charakterystykę obiektu modelowania, podstawowe informacje konstrukcyjne i dobór głównych parametrów modelu. Przedstawiono i omówiono specyfikację problemów badawczych oraz możliwości wykorzystania laboratoryjnego modelu Wrocławskiego Węzła Wodnego do celów naukowych i edukacyjnych.

**Słowa kluczowe:** modelowanie fizyczne, wrocławski hydrowęzeł, budownictwo wodne

## Wstęp

Złożoność ruchu cieczy i wzajemnych powiązań, jakie mogą występować między wpływem wszystkich elementów obiektów hydrotechnicznych na przepływ, bardzo często nie pozwalają na dokładne opisanie niektórych zjawisk fizycznych w gospodarce wodnej za pomocą równań znanych z kursu hydromechaniki (CZETWERTYŃSKI i UTRYSKO 1968, SOBOTA 2003). Problem ten nabiera szczególnego znaczenia zwłaszcza wtedy, kiedy oczekujemy prostych rozwiązań przydatnych do zastosowań praktycznych. Nawet jeśli literatura naukowa obfituje w rozwiązania zagadnień bardziej złożonych i różnorodnych, mnogość istotnych zmiennych powoduje, że żaden nowy obiekt ani system hydrotechniczny nie znajduje sobie podobnych wśród już zbadanych i każdy z nich zawsze należy traktować indywidualnie (CZETWERTYŃSKI i UTRYSKO 1968). Często jedyną możliwością poznawczą są badania eksperymentalne. Nie zawsze jednak

można przeprowadzić eksperyment w naturalnych warunkach przebiegu danego zjawiska. Badania prowadzi się wtedy na miniaturach obiektów rzeczywistych, przez które przepływa woda. W szczególności dotyczy to zjawisk wielkowymiarowych, takich jak m.in. przepływ wody w sieci koryt rzecznych i zjawiska występujące podczas eksploatacji budowli hydrotechnicznych (SOBOTA 2003). Jednym z wielu takich szczególnych przypadków jest np. system wodny miasta Wrocławia.

Badania eksperymentalne na modelach obiektów wykonanych w pewnej skali prowadzić należy według określonych zasad, zapewniających podobieństwo przebiegu zjawiska hydraulicznego na modelu i w naturze. Zasady te i kryteria podobieństwa w modelowaniu znane są dość powszechnie w hydraulice akademickiej (SOBOTA 2003).

Hydrauliczne badania laboratoryjne na modelach fizycznych, obok modelowania matematycznego i różnego rodzaju symulacji i wizualizacji komputerowych, stanowią obecnie istotną część procesu projektowania każdej ważniejszej budowli wodnej. Często eksperymenty na modelach towarzyszą ustalaniu najkorzystniejszych dla eksploatacji budowli i systemów wodnych rozwiązań oraz wspomagają prognozowanie warunków hydraulicznych np. w przypadku wystąpienia przepływów ekstremalnych (wielkiej wody) bądź zjawisk lodowych w hydrosystemie.

We wszystkich liczących się w budownictwie wodnym krajach funkcjonują nowoczesne laboratoria wodne, w których przeprowadza się często bardzo skomplikowane badania modelowe, zarówno pojedynczych obiektów hydrotechnicznych (zapór, jazów, śluz, elektrowni wodnych), odcinków rzek przewidzianych do regulacji i terenów przyległych, jak i całych skomplikowanych systemów wodnych (estuariów, zespołów basenowo-portowych, sieci kanałów i węzłów wodnych) (CZETWERTYŃSKI i SZUSTER 1971). Największe w Polsce laboratoria hydrauliczne znajdują się we Włocławku („Hydroprojekt”) i Gdańsku (IBW PAN, Politechnika Gdańska) oraz w niektórych instytutach i katedrach uczelni wyższych. Jednym z nich jest Laboratorium Wodne im. Juliana Wołoszyna w Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W 2006 roku podjęta została przez władze uczelni decyzja o budowie i sfinansowaniu budowy w tym laboratorium wielkogabarytowego modelu fizycznego Wrocławskiego Węzła Wodnego, mającego służyć celom badawczym i dydaktycznym. Wyjątkowość modelowanego hydrowęzła i specyfika występujących w nim problemów badawczych przedstawiona została w kolejnych rozdziałach niniejszej pracy.

## Ogólna charakterystyka Wrocławskiego Węzła Wodnego

Wrocławski Węzeł Wodny (WWW) to oryginalne przedsięwzięcie inżynierskie, które łączy walory naturalne sieci rzecznej Odry i jej dopływów w obrębie miasta Wrocławia z gospodarczym wykorzystaniem rzeki. Uważa się go za jeden z najbardziej skomplikowanych systemów wodnych w Europie. To tutaj spotykają się wody aż pięciu rzek: Odry, Widawy, Bystrzycy, Ślęzy i Oławy. Na licznych rozgałęzieniach koryt naturalnych i sztucznych od wieków wznoszono budowle piętrzące, żeglowne, energetyczne i przeciwpowodziowe, a przede wszystkim tak niezbędne dla funkcjonowania miasta przeprawy mostowe (tab. 1) (CZABAN 2002).

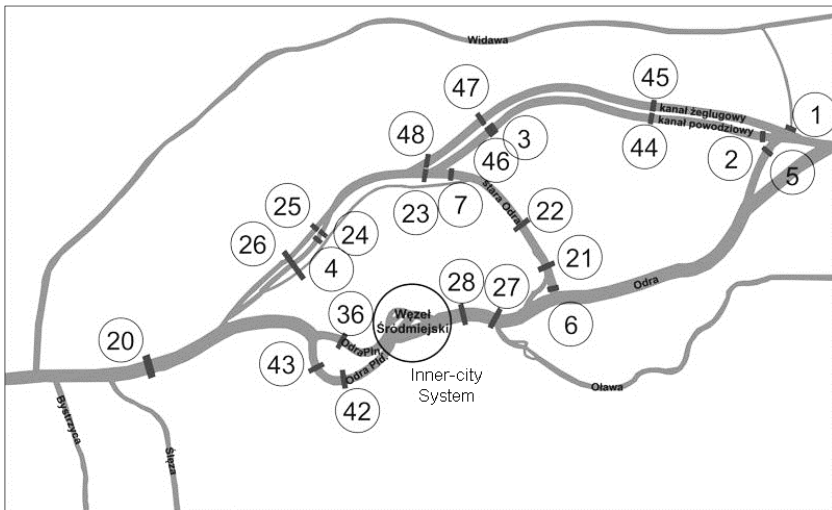
Wrocławski Węzeł Wodny rozpoczyna się w 241,5 km Odry w pobliżu Bliżanowic, a kończy niemal na granicy miasta w miejscu ujścia Widawy do Odry (km 266+900).

Tabela 1. Zestawienie i oznaczenia najważniejszych budowli wodnych Wrocławskiego Węzła Wodnego na rysunkach 1 i 2

Table 1. Water structures statement of Wrocław Hydrotechnical System for Figures 1 and 2

Nr No	Obiekt – Object	Nr No	Obiekt – Object
1	Przewał Odra-Widawa Odra-Widawa embankment weir	25	Most Trzebnicki Płn. North Trzebnicki bridge
2	Jaz Bartoszowice Bartoszowice weir	26	Most Osobowicki Osobowicki bridge
3	Jaz Zacisze Zacisze weir	27	Most Grunwaldzki Grunwaldzki bridge
4	Jaz Różanka Różanka weir	28	Most Pokoju Bridge of the Peace
5	Jaz Opatowice Opatowice weir	29	Most Tumski Tumski bridge
6	Jaz Szczytniki Szczytniki weir	30	Most Młyński Płd. South Młyński bridge
7	Jaz Psie Pole Psie Pole weir	31	Most Młyński Płn. North Młyński bridge
8	Upusty młynów „Maria” i „Feniks” Diversion weirs of the “Maria” and “Feniks” water-mills	32	Most Słodowy Słodowy bridge
9	Upust nieczynny Diversion weir out of order	33	Most św. Klary St. Klara’s bridge
10	Upust jazu Klary Klara’s diversion weir	34	Most Uniwersytecki Płn. North Uniwersytecki bridge
11	Jaz Klary – stały Klara’s solid weir	35	Most Pomorski Płn. North Pomorski bridge
12	Upust płuczący EW „Wrocław II” Rinsing weir of the “Wrocław II” water-power plant	36	Mosty Mieszkańskie Mieszkańskie bridges
13	Jaz klapowy EW „Wrocław II” Flap gate weir of the “Wrocław II” water-power plant	37	Most Piaskowy Piaskowy bridge
14	Jaz Macieja – stały Matthias’ solid weir	38	Most św. Macieja St. Matthias’ bridge
15	Jaz Macieja – zasuwowy Matthias’ vertical lift gate weir	39	Most Uniwersytecki Płd. South Uniwersytecki bridge
16	Jaz Macieja – iglicowy Matthias’ needle weir	40	Most Pomorski Środkowy Middle Pomorski bridge
17	Upust płuczący EW „Wrocław I” Rinsing weir of the “Wrocław I” water-power plant	41	Most Pomorski Płd. South Pomorski bridge
18	Upust jazu stałego EW „Wrocław I” Diversion weir of the “Wrocław I” water-power plant	42	Most Sikorskiego Sikorski’s bridge
19	Jaz stały EW „Wrocław I” Solid weir of the “Wrocław I” water-power plant	43	Most Dmowskiego Dmowski’s bridge
20	Jaz Rędzin Rędzin weir	44	Most Swojczycki Zach. West Swojczycki bridge
21	Most Zwierzyniecki Zwierzyniecki bridge	45	Most Swojczycki Wsch. East Swojczycki bridge
22	Most Szczytnicki Szczytnicki bridge	46	Most Jagielloński Płd. South Jagielloński bridge
23	Mosty Warszawskie Środkowe Middle Warszawskie bridges	47	Most Jagielloński Płn. North Jagielloński bridge
24	Most Trzebnicki Płd. South Trzebnicki bridge	48	Mosty Warszawskie Wsch. East Warszawskie bridges

W celach przeciwpowodziowych Widawę i Odrę połączono dodatkowo (km 243+000) kanałem przerzutowym (rys. 1 – 1). W tym tzw. węźle bartoszowicko-opatowickim (km 243+500) Odra, płynąca dotąd jednym korytem, rozgałęzia się na Odrę Miejską oraz Kanały: Powodziowy i Żeglugowy. Zbudowane w tym rejonie jazy: Bartoszowicki (rys. 1 – 2) i Opatowicki (rys. 1 – 5) służą do sterowania rozdziałem wód w węźle. Odra Miejska rozdziela się w 249,3 km ze Starą Odrą. Jest to tzw. węzeł szczytnicki. Ważną rolę hydrauliczną pełnią tu służą i jaz Szczytniki (rys. 1 – 6). Poniżej jazu Psie Pole (rys. 1 – 7) Stara Odra łączy się z Kanałem Powodziowym, a za mostami Warszawskimi (rys. 1 – 48) – z Kanałem Żeglugowym. Dalej płynie ona praktycznie jednym korytem, któremu niemal równoległe towarzyszą: Kanał Miejski i kanał z jazem Różanka (rys. 1 – 4).



Rys. 1. Mosty i budowle wodne we Wrocławskim Węźle Wodnym (INSTRUKCJA... 1997)

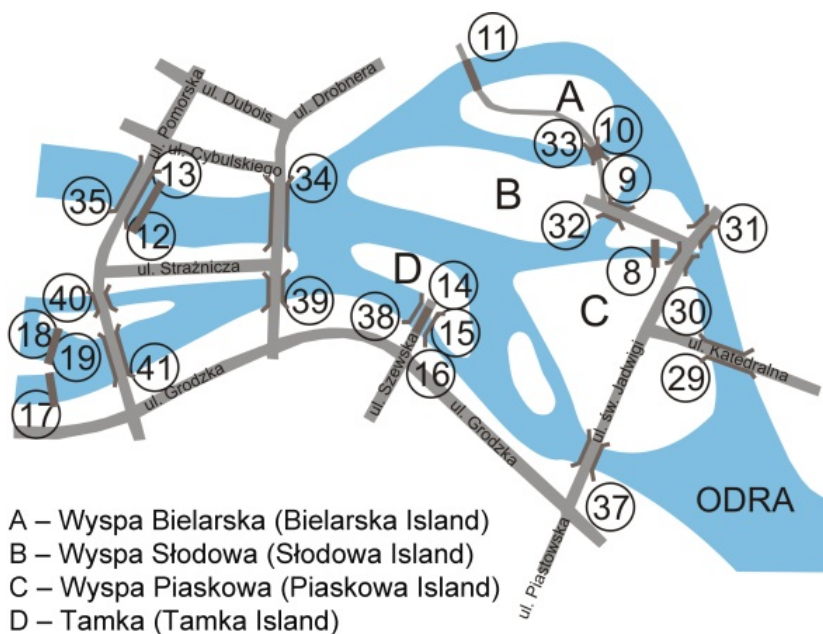
Fig. 1. Bridges and water structures of Wrocław Hydrotechnical System (INSTRUKCJA... 1997)

W pobliżu mostu Grunwaldzkiego (rys. 1 – 27) do Odry Miejskiej uchodzi Oława (km 250+500), a poniżej mostu Pokoju (rys. 1 – 28), przy Wyspie Piaskowej (km 251+400), Odra Miejska dzieli się na dwa koryta: Odrę Północną i Odrę Południową. Przyjmuje się, że od tego miejsca zaczyna się tzw. Śródmiejski Węzeł Wodny (rys. 2). Będzie o nim mowa w dalszej części pracy.

Poniżej obu wrocławskich elektrowni wodnych, w okolicach mostów Mieszkańskich (rys. 1 – 36) i Dmowskiego (rys. 1 – 43), Odra Północna łączy się z Odrą Południową (km 254+000). Połączenie Starej Odry z Odrą Miejską ma miejsce w km 255+800. Dalej Odra płynie znowu jednym korytem. Ostatnią budowlą wodną wrocławskiego hydrowęzła jest jaz Rędzin (rys. 1 – 20). Jego dolne stanowisko jest pod wpływem piętrzenia jazu w Brzegu Dolnym. Poniżej Rędzina do Odry dopływa Ślęza, a jeszcze niżej – Bystrzyca i w jej sąsiedztwie Widawa (koniec WWW; km 266+900).

## Śródmiejski Węzeł Wodny

Śródmiejski Węzeł Wodny we Wrocławiu to obszar około 4 km<sup>2</sup> w centrum miasta, który obejmuje swym zasięgiem sieć naturalnych i sztucznych koryt Odry Miejskiej i jej odnóg między km 251,0 i km 252,4 (rys. 2). Sprzyjające warunki topograficzne (m.in. 10 wysp i wysepek) to jeden z czynników, który spowodował, iż obszar ten stał się kolebką wczesnośredniowiecznego Wrocławia. Tu znajdowały się pierwsze ośrodki władzy kościelnej (Ostrów Tumski – katedra) i administracji państwowej (gród Mieszka na Ostrowie, a potem nowy zamek Piastów Śląskich na lewym brzegu Odry). Tutaj zlokalizowane były główne przeprawy przez Odrę (brody, a następnie mosty) oraz pierwsze przystanie rzeczne i młyny wodne. W chwili obecnej na terenie Śródmiejskiego Węzła Wodnego można wyróżnić – nie licząc nieczynnych już śluz (np. Śluza Mieszczkańska) – 24 mosty, upusty i jazy oraz 2 elektrownie wodne (tab. 1, rys. 2).



Rys. 2. Obiekty hydrotechniczne w Śródmiejskim Węźle Wodnym (INSTRUKCJA... 1997)

Fig. 2. Hydrotechnical objects of Wrocław Inner-city Water System (INSTRUKCJA... 1997)

Szczegółowy opis tego hydrowęzła można znaleźć m.in. w pracy JELOWICKIEGO (1998). Budowle piętrzące ŚWW są zgrupowane na dwóch poziomach: górnym (młynskim) i dolnym (energetycznym). Połączone koryta i kanały tworzą kilka możliwości dróg przepływu (rys. 2). Stopień energetyczny spełnia funkcję piętrzenia wody na potrzeby energetyki i w celu stabilizacji poziomów wody Odry Północnej i Południowej. W skład stopnia wchodzi na Odrze Południowej elektrownia wodna „Wrocław I” (rys. 2

– 17-19), a na Odrze Północnej – elektrownia wodna „Wrocław II” (rys. 2 – 12-13). W zakresie przepływów niskich i średnich cały przepływ w obrębie stopnia energetycznego jest zużywany na potrzeby energetyki. Tylko nadwyżka wody przepuszczana jest przez jazy.

Stopień młyński (km 251,5-251,9) tworzą: jaz Macieja na Odrze Południowej (rys. 2 – 14-16), a na Odrze Północnej młyny „Maria” i „Feniks” (rys. 2 – 8), pozostałości po młynie „Klara” (rys. 2 – 9-10) i stały jaz Klary (rys. 2 – 11). W dzisiejszych czasach stopień młyński nie ma już znaczenia gospodarczego, wciąż jednak pełni ważną rolę stabilizacji dna i poziomów wody w Odrze. Drożność stopnia młyńskiego zapewniała dawniej Śluza Piaskowa. Obecnie żegluga w obrębie węzła nie odbywa się. Nieczynna śluza nie bierze udziału w przeprowadzaniu wód powodziowych, a pozostałe budowle są otwarte zarówno przy przepływach normalnych, jak i w czasie powodzi. Cały obszar stopnia młyńskiego pozostaje pod wpływem piętrzenia urządzeń stopnia dolnego. Przepływ przez ten stopień odbywa się w reżimie zatopionym (JEŁOWICKI 1998).

Poniżej stopnia młyńskiego Odra Północna łączy się z kanałem i upustem byłego młyna „Klara”, a Odra Południowa – z kanałami młyńskimi młynów „Maria” i „Feniks”. Przed mostem Uniwersyteckim (rys. 2 – 34) koryta Odry Północnej i Południowej łączą się lokalnie, by następnie znowu się rozdzielić na dwa ramiona w kierunku elektrowni wodnych. Opływając Kępę Mieszczzańską, Odra Miejska opuszcza Śródmiejski Węzeł Wodny.

Budowle hydrotechniczne Wrocławskiego Węzła Wodnego można w dzisiejszych czasach traktować jako zabytki techniki. Znana jest ich geneza powstania, podziw budzą formy architektoniczne, a niektóre obiekty to niemal dzieła sztuki budowlanej dodające uroku miastu. Z uwagi na fakt, że ich przeważająca liczba jest wciąż sprawna technicznie i pełni znaczną funkcję w systemie ochrony przeciwpowodziowej Wrocławia, interesująca jest również ich charakterystyka techniczna, a zwłaszcza parametry hydrauliczne.

Znanych jest wiele różnego rodzaju opracowań fachowych, które zawierają wyniki obliczeń, symulacji, analiz dotyczących rozdziału wód i przepustowości hydrowęzła wrocławskiego. Powstało też kilka koncepcji jego modernizacji w celu poprawy systemu ochrony miasta Wrocławia od powodzi (np. INSTRUKCJA... 1997, JEŁOWICKI 1998, SZCZEGIELNIAK 2000, CZABAN 2002, RADCZUK i IN. 2002). Niektóre ich elementy już zrealizowano, m.in. przebudowano jaz Szczytniki, zmodernizowano nabrzeża i wały, udrożniono koryta. Wciąż jednak potrzebne są nakłady na utrzymanie i konserwację istniejących obiektów i wciąż jeszcze poszukuje się optymalnych warunków ich eksploatacji i wzajemnego oddziaływania w hydrosystemie, a jedną z możliwych dróg są hydrauliczne badania modelowe np. w laboratoriach wodnych.

## **Model laboratoryjny hydrowęzła**

### **Konstrukcja modelu**

Głównym wykonawcą modelu hydrowęzła wrocławskiego była firma „Hydroprojekt” Warszawa Sp. z o.o. – Oddział we Włocławku. W modelu można wyróżnić dwie główne części:

- płytę z odwzorowaniem topograficznym sieci kanałów i koryt Odry wraz z terenami przyległymi, modelami obiektów hydrotechnicznych (jazy, śluzy, mosty i in.) i makietami budynków charakterystycznych dla wybranego fragmentu miasta (np. ratusz, Uniwersytet, katedra) (rys. 3),
- stalową ramę-stół, którą tworzą połączone ze sobą czworonożne stojaki o wysokości 0,7 m, na których spoczywa zasadniczy model (płyta).



Rys. 3. Fragment modelu hydrowęzła wrocławskiego w Laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Fig. 3. Fragment of Wrocław Hydrotechnical System model in Laboratory of Institute of Environmental Engineering at Wrocław University of Environmental and Life Sciences

Model składa się z ośmiu połączonych ze sobą segmentów o wymiarach  $6 \times 2$  m. Zbudowano je z płyt ze spienionych poliuretanów pokrytych laminatem i połączonych żywicami. Model w całości został zbudowany u wykonawcy, następnie rozebrano go na części, przetransportowano do Wrocławia i ponownie zmontowano w Laboratorium Instytutu, gdzie go uszczelniono i dodatkowo pomalowano wodoodporną farbą. Po przyłączeniu modelu do instalacji w hali Laboratorium Wodnego: elektrycznej (ruchome, sterowane elektrycznie zamknięcia m.in. jazów elektrowni wodnych), kanalizacyjnej i wodnej (obieg zamknięty, ze zbiornikiem głównym w piwnicy budynku) – stał się on jego integralną częścią. Zbiornik bezpośrednio zasilający model jest wyposażony w urządzenia do uspokajania przepływu.

Aby umożliwić naukowo-badawcze użytkowanie obiektu, wyposażono go w ruchomy pomost przesuwany nad modelem, o wymiarach zapewniających przebywanie na pomoście m.in. dwóch osób z ewentualną aparaturą pomiarową.

### Dobór parametrów modelu

Rozpatrując działanie sił przy przepływie wody przez hydrowęzeł, założono, iż dominującą rolę odgrywa tu siła ciężkości. Do przeliczeń odpowiednich wartości z modelu na naturę i odwrotnie zastosowano właściwe dla tego przypadku kryterium podobieństwa Froude'a (CZETWERTYŃSKI i SZUSTER 1971, SOBOTA 2003).

Na podstawie niezbędnych analiz i obliczeń (np. skali modelowania) określono zasadnicze parametry modelu hydrowęzła:

- a) całkowite wymiary zewnętrzne (nie uwzględniając wysokości wież kościołów) – długość  $\times$  szerokość  $\times$  wysokość:  $17,00 \times 6,50 \times 1,00$  m;
- b) skalę geometryczną modelu, która wynosi 1 : 200; skalę tę przyjęto jako wynik kompromisu między:
  - potrzebą uwzględnienia w modelu jak największego fragmentu miasta (udało się wymodelować cały obszar Śródmiejskiego Węzła Wodnego – rys. 2 i 4 – oraz dodatkowo, szczególnie newralgiczny z punktu widzenia ochrony przeciwpowodziowej Wrocławia, węzeł szczytnicki),
  - możliwościami technicznymi Laboratorium Wodnego i aparatury pomiarowej,
  - oczekiwaniami ośrodków pozauniwersyteckich,
  - zasadami i kryteriami podobieństwa w modelowaniu laboratoryjnym;



Rys. 4. Wielkogabarytowy model laboratoryjny Wrocławskiego Węzła Wodnego  
Fig. 4. Large-size laboratory model of Wrocław Hydrotechnical System



- c) maksymalną przepustowość modelu  $Q_M$ , która – bez groźby wylania się wody na halę laboratoryjną – wynosi  $20 \text{ dm}^3/\text{s}$ , co daje możliwość modelowania przepływów katastrofalnych w naturze do wartości  $Q_N = 11\,000 \text{ m}^3/\text{s}$ ; ustalono ją ze sporym zapasem, gdyż woda 1000-letnia dla Wrocławia  $Q_{0,1\%} = 3278 \text{ m}^3/\text{s}$ , a w czasie pamiętnej powodzi 1997 roku, w przekroju Brzeg-Most powyżej Wrocławia płynęło, według IMGW (za RADCZUK i IN. 2002), około  $3530 \text{ m}^3/\text{s}$  wody;
- d) spadek dna w kierunku odpływu:  $J = 0,17\%$ ,
- e) masę całkowitą bez wypełniania wodą:  $m = 1600 \text{ kg}$ .

## Specyfikacja problemów badawczych

Wielkogabarytowy model fizyczny hydrowęzła wrocławskiego (część śródmiejska) umożliwi realizację wielu problemów badawczych. Najistotniejsze z nich to:

### 1. Określanie położenia zwierciadła wody w korycie

Planuje się pomiary położenia zwierciadła wody na Odrze Miejskiej, jej kanałach i odnogach, Starej Odrze oraz Oławie w obrębie Śródmiejskiego Węzła Wodnego dla symulowanych przepływów powodziowych zadawanych na wejściu do modelu na Odrze w przekroju Kładki Zwierzynieckiej (przy ogrodzie zoologicznym).

Rozmieszczenie w niewralgicznych przekrojach hydrowęzła śródmiejskiego nowoczesnych elektronicznych mierników do pomiaru głębokości wraz ze sterowaną komputerowo przepustnicą na zasilaniu umożliwi ciągłą kontrolę napełnienia w poszczególnych odgałęzieniach w funkcji zmiennych parametrów hydrodynamicznych. Niezbędna będzie budowa sieci wraz z komputerem do rejestracji i przetwarzania sygnałów z poszczególnych czujników.

Wyniki pomiarów na modelu fizycznym umożliwią stworzenie i ewentualną weryfikację modelu numerycznego, a przede wszystkim identyfikację i analizę odcinków najbardziej zagrożonych awarią i fragmentów miasta najbardziej zagrożonych zalaniem, co ma fundamentalne znaczenie w aspekcie ochrony przeciwpowodziowej Wrocławia.

### 2. Pomiary natężenia przepływu wody

Pomiary natężenia przepływu wody w poszczególnych odgałęzieniach hydrosystemu umożliwią ilościową i jakościową analizę *rozdziału strumienia wody*, a co za tym idzie – opracowanie koncepcji sterowania takim rozdziałem w hydrowęzle śródmiejskim. Problem ten wymaga instalacji na modelu fizycznym precyzyjnej i zautomatyzowanej aparatury pomiarowej.

### 3. Badania przestrzennego rozkładu prędkości przepływu

Pomiary przestrzennego rozkładu prędkości lokalnej z wykorzystaniem wielokierunkowych sond elektromagnetycznych umożliwią przebadanie na wybranych przekrojach modelu zjawiska przepływów turbulentnych w aspekcie transportu rumowiska w Odrze Miejskiej oraz identyfikację odcinków rzeki szczególnie narażonych na erozję.

### 4. Przepustowość hydrowęzła wrocławskiego

Zlokalizowane na modelu laboratoryjnym węzła śródmiejskiego budowle hydrotechniczne (jazy, mosty, śluzy, młyny, elektrownie wodne itp.) pozwalają na zaplanowanie badań związanych z oceną piętrzenia i oceną przepustowości tych obiektów oraz oceną przepustowości całego hydrowęzła.

### 5. Zjawiska lodowe

Osobny problem badawczy stanowi zjawisko przemieszczania się kry lodowej przez węzeł śródmiejski. Wykorzystanie modelu fizycznego w pełni umożliwi symulację tego zjawiska w Laboratorium i w dalszej kolejności sporządzenie charakterystyki hydraulicznej i modelu numerycznego. Badania dadzą możliwość opracowania koncepcji sterowania przejściem kry lodowej przez Wrocław.

### 6. Zabudowa biologiczna

Modelowany fragment miasta zawiera również odcinki międzywała porośnięte różnego rodzaju roślinnością. Z punktu widzenia przepływu wielkiej wody nie jest to zjawisko pożądane. Badania w Laboratorium umożliwią wielowariantowe symulacje i analizę oddziaływania roślinności na warunki przepływu, gdy z różnych względów nie jest możliwe jej usunięcie z międzywała.

### 7. Problematyka ruchu rumowiska

Na modelu laboratoryjnym w szerokim zakresie będzie można wykonać badania ruchu rumowiska, m.in. przewidziano możliwość prowadzenia pomiarów w korytach Odry Miejskiej i Starej Odry z ruchomym dnem. Ponadto planuje się montaż specjalnej aparatury do dozowania i do pomiaru ilości rumowiska w hydrowęzle śródmiejskim.

### 8. Przerwanie wału przeciwpowodziowego

W przypadku przejścia przez Wrocław fali powodziowej nie da się wykluczyć ryzyka przzerwania wałów przeciwpowodziowych. Model hydrowęzła śródmiejskiego zawiera również taką opcję. Możliwe będą: laboratoryjna symulacja przzerwania wału, szczegółowe badania samego zjawiska rozmycia, jak i ewentualnych skutków oddziaływania katastrofy na przyległy obszar miasta (np. pomiary i analiza zasięgu potencjalnego zalania).

### 9. Edukacja i ćwiczenia

Laboratoryjny model Wrocławskiego Węzła Wodnego z opcją symulacji wymienionych zagadnień może być wykorzystywany do szkoleń i ćwiczeń praktycznych odpowiednich służb cywilnych związanych m.in. z zarządzaniem kryzysowym i ochroną przeciwpowodziową (Sztab Zarządzania Kryzysowego, Rejonowy Komitet Przeciwpowodziowy itp.). Przewidziane jest również zintegrowanie na modelu hydrowęzła zajęć dydaktycznych ze studentami kształcącymi się na kierunkach: inżynieria bezpieczeństwa, inżynieria środowiska, budownictwo i geodezja, a także architektura krajobrazu i gospodarka przestrzenna. Wymienione kierunki studiów funkcjonują w ramach struktur dydaktycznych i organizacyjnych Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, podobnie jak wspomniane Laboratorium Wodne Instytutu Inżynierii Środowiska.

## Podsumowanie

Przedsięwzięcie związane z budową i uruchomieniem wielkogabarytowego modelu laboratoryjnego Wrocławskiego Węzła Wodnego wciąż jest jeszcze w fazie realizacji. Pozostało do wykonania, jakże ważne, zadanie skomputeryzowania procesu pomiarów i obsługi modelu oraz oprzyrządowania go w aparaturę kontrolno-pomiarową i sterującą. Po zakończeniu tych prac model laboratoryjny wrocławskiego hydrowęzła dla jednych stanowić będzie unikatowe narzędzie dydaktyczne i naukowe, a dla innych – być może – kolejną atrakcję turystyczną Wrocławia.

## Literatura

- CZABAN S., 2002. Modernizacja Wrocławskiego Węzła Wodnego w świetle doświadczeń z powodzi w 1997 roku. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 437, *Konf.* 35: 79-88.
- CZETWERTYŃSKI E., SZUSTER A., 1971. *Hydrologia i hydraulika*. WSiP, Warszawa.
- CZETWERTYŃSKI E., UTRYSKO B., 1968. *Hydraulika i hydromechanika*. PWN, Warszawa.
- INSTRUKCJA ochrony przeciwpowodziowej dolin rzek na terenie działania Rejonowego Komitetu Przeciwpowodziowego we Wrocławiu. Część hydrauliczna. 1997. *Maszynopis*. Instytut Inżynierii Środowiska AR, Wrocław.
- JEŁOWICKI J., 1998. Model symulacyjny przepływu w systemie koryt rzecznych z zabudową przeciwpowodziową. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 339, *Konf.* 21: 187-198.
- RADCZUK L., PARZONKA W., ELIASIEWICZ R., GŁOWSKI R., JEŁOWICKI J., KASPEREK R., WINTER J., 2002. Hydrauliczna ocena przepustowości Wrocławskiego Węzła Wodnego i doliny Widawy przed i po modernizacji. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 437, *Konf.* 35: 283-294.
- SOBOTA J., 2003. *Hydraulika i mechanika płynów*. Wyd. AR, Wrocław.
- SZCZEGIELNIAK Cz., 2000. Program modernizacji systemu ochrony przed powodzią w dolinie górnej Odry. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 385, *Inż. Środ.* 11: 315-332.

## LARGE-SIZE LABORATORY MODEL OF WROCLAW HYDROTECHNICAL SYSTEM

**Summary.** Complexity and large-size of physical phenomena in Wrocław Hydrotechnical System make experimental investigations difficult under natural conditions. In the Laboratory of Institute of Environmental Engineering at Wrocław University of Environmental and Life Sciences the unique hydraulic model of that system was built. The work contains a detailed characteristic of modelling object, basic constructional information and model main parameters fitting. Specification of research problems and possibilities of utilization of Wrocław Hydrotechnical System laboratory model for scientific and educational purposes are presented and described.

**Key words:** physical modelling, Wrocław Hydrotechnical System, hydro-engineering

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Tomasz Tyimiński, Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Poland, e-mail: tomasz.tyimiński@up.wroc.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*28.09.2011*

*Do cytowania – For citation:*

*Tymiński T., 2011. Wielkogabarytowy model laboratoryjny Wrocławskiego Węzła Wodnego. Nauka Przyr. Technol. 5, 6, #110.*