HYDRO FORUM

XI Polska Konferencja Hydroenergetyczna
Sympozjum Projektu Life NEXUS

Hotel „Witkowski”,
Warszawa, 26-28.10.2022

STRESZCZENIA
wystąpień konferencyjnych

The Eleventh Polish Hydropower Conference
Life NEXUS Project Symposium

ABSTRACTS
of Conference Contributions

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
iha affiliate member

TRMEW

IMP PAN GDAŃSK

PROJEKTUJEMY
ZIELONĄ ENERGIĘ

ENERGOPROJEKT-WARSZAWA SA

www.energoprojekt.pl

Jedenasta

Polska Konferencja Hydroenergetyczna

Sympozjum Projektu Life NEXUS

Hotel „Witkowski", Warszawa, 26-27.10.2022
Elektrownia Wodna Dębe, 28.10.2022

The Eleventh

Polish Hydropower Conference

Life NEXUS Project Symposium

„Witkowski" Hotel, Warsaw (Poland), 26-27.10.2022
Dębe Hydropower Plant, 28.10.2022

zorganizowana przez

Towarzystwo Elektrowni Wodnych

Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk

Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych

pod patronatem

Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

Izby Gospodarczej Wodociągi Polskie

Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

przy współpracy

PGE Energetyka Odnawialna SA

Konsorcjum Projektu Life NEXUS

organised by

Polish Hydropower Association

Robert Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences

Polish Association for Small Hydropower Development

under auspices of

State Water Holding Polish Waters

Polish Waterworks Commercial Chamber

Association of Polish Electrical Engineers

Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology

under collaboration with

PGE Energetyka Odnawialna SA

Life NEXUS Project Consortium

KSIĄŻKA STRESZCZEŃ

BOOK OF ABSTRACTS

WYDAWNICTWO IMP PAN

Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk

Gdańsk, grudzień 2022

Publishing House of the Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences

Gdansk, December 2022

Pod redakcją / Edited by:

Janusz Steller Instytut Maszyn Przepływowych PAN
Towarzystwo Elektrowni Wodnych

Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk, Poland
tel. 58-52-25-141, fax: 58-341-61-44,
e-mail: redakcja@imp.gda.pl

Sugerowany sposób cytowania:
HYDROFORUM 2022.
XI Polska Konferencja Hydroenergetyczna i Sympozjum Projektu Life NEXUS.
Książka streszczeń, TEW / IMP PAN, Warszawa/Gdańsk, 2022

Suggested citation:
HYDROFORUM 2022.
XIth Polish Hydropower Conference & Life NEXUS Project Symposium
Book of Abstracts, TEW / IMP PAN, Warsaw/Gdansk (Poland), 2022

© Copyright by Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Włocławek 2022,
Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, Gdańsk 2022

ISBN 978-83-66928-11-4

INSTYTUT ENERGETYKI
ODDZIAŁ GDAŃSK

Druk i oprawa:
Instytut Energetyki Oddział Gdańsk

adres korespondencyjny:
ul. Mikołaja Reja 27, 80-870 Gdańsk

Nakład: 90 egzemplarzy

Okładka przedstawia hydrozespół rekuperacyjny z turbiną Francisa w Stacji Uzdatniania Wody „Pomorzany" w Szczecinie.
The cover page shows the Francis turbine based hydraulic energy recovery unit in "Pomorzany" Drinking Water Treatment Plant in Szczecin (Poland).

Patronat

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie

Izba Gospodarcza WODOCIĄGI POLSKIE

Stowarzyszenie Elektryków Polskich

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Auspices

State Water Holding Polish Waters
ul. Żelazna 59a, 00-848 Warszawa
https://www.wody.gov.pl /

Polish Waterworks Commercial Chamber
ul. Jana Kasprowicza 2, 85-073 Bydgoszcz
https://www.igwp.org.pl/

Association of Polish Electrical Engineers
ul. Świętokrzyska 14, 00-050 Warszawa
https://sep.com.pl

Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology
ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa
https://is.pw.edu.pl/

Organizatorzy

Towarzystwo Elektrowni Wodnych

IMP PAN GDAŃSK Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk

TRMEW Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych

Organisers

Polish Hydropower Association
ul.Piaskowa 18, 84-240 Reda,
www.tew.pl

The Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk,
www.imp.gda.pl

Polish Association for Small Hydropower Development
ul. Królowej Jadwigi 1, 86-300 Grudziądz,
www.trmew.pl

Partnerzy

LIFE NEXUS Life Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

PGE Energia Odnawialna S.A.

Partners

A project co-funded by the LIFE financial instrument of the European Commission
LIFE17 ENV/ES/000252
and the National Fund for Environmental Protection and Water Management

https://www.lifenexus.eu /

PGE Energia Odnawialna SA
ul. Ogrodowa 59a, 00-876 Warszawa, Poland,
https://pgeeo.pl/

Sponsorzy

Sponsors[1]

ANGA
Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.

ANGA, ***Mechanical Seals Ltd***
ul. Wyzwolenia 550,
43-340 Kozy k. Bielska-Białej
www.anga.com.pl

AQUA-Tech Sp. z O.O.
ul. Lipcowa 64, 32-540 Trzebinia,
www.aqua-tech.info.pl

Belse Sp.z o.o.
ul. Szyprów 17, 43-382 Bielsko-Biała
https://www.belse.com.pl/

ENERGOPROJEKT
– WARSZAWA SA

ENERGOPROJEKT – WARSZAWA SA
Al. Niepodległości 58, 02-626 Warszawa
https://www.energoprojekt.pl/

Instytut Odnawialnych
Źródeł Energii Sp. z O.O.

Institute of Renewable Energy Sources
ul. Skrajna 41a, 25-650 Kielce,
http://www.instytutoze.pl/pl/

Zespół Elektrowni Wodnych
Niedzica S.A.

Niedzica Group of Hydropower Plants
ul. Widokowa 1, 34-441 Niedzica
http://www.zzw-niedzica.com.pl/

Współpraca wydawnicza i medialna

Publishing and Media Collaboration

ul. Henryka Jordana 25, 40-056 Katowice,
https://sep.com.pl/czasopisma/energetyka.html
e-mail: redakcja@elektroenergetyka.pl

ul. Skrajna 41a, 25-650 Kielce
www.energetykawodna.info
e-mail: redakcja@energetykawodna.info

Institute of Power Engineering, Gdansk Division
ul. Mikołaja Reja 27, 80-870 Gdańsk
http://www.ien.gda.pl,
e-mail: ien@ien.gda.pl

IMP PAN Publishers
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk,
http://www.imp.gda.pl/wydawnictwa/,
e-mail: jfrk@imp.gda.pl

[1] *The grey italics denote unofficial translations by the editor of this volume*

Komitet Honorowy — Honorary Committee

Sławomir Cieślik	Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Prezes *Association of Polish Electrical Engineers, President* Politechnika Bydgoska im. Jana i Jedrzeja Śniadeckich, Profesor *J. & J. Śniadecki Bydgoszcz University of Technology, Professor*
Krzysztof Dąbrowski	Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie, Prezes *Polish Waterworks Commercial Chamber, President*
Michał Karlikowski	PGE EO SA, Prezes Zarządu / *CEO, Chairman of the Board*
Marcin Lackowski	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Profesor i Dyrektor *Institute of Fluid Flow Machinery, Pol.Ac.Sci., Professor and Director,*
Raquel M. Lopez Fernandez	Fundación CARTIF**,** División de Energía *CARTIF Foundation, Energy Division / Life NEXUS Project*
Ewa Malicka	Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Prezeska Zarządu / *Polish Association for Small Hydropower Development, President*
Paweł Popielski	Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, Profesor i Dziekan *Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology, Professor and Dean*
Petras Punys	Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno, Litwa, Profesor *The Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, Professor* Litewskie Towarzystwo Energetyki Wodnej, Prezes honorowy *Lithuanian Hydropower Association, Honorary President*
Krzysztof Woś	Państwowe Gospodarstwo Wodne “Wody Polskie”, Prezes *State Water Holding „Polish Waters”, President*

Komitet Organizacyjny — Organising Committee

Janusz Steller	IMP PAN, starszy specjalista / *senior specialist* TEW, Prezes Zarządu / *President* (Przewodniczący Komitetu, *Chairman of the Committee*)
Henryka Stachowicz	TEW, Wiceprezes / *Deputy President* Dyrektor Biura / *Executive Director* (Sekretarz Konferencji, *Conference Secretary*)
Ewa Domke	IMP PAN, Pełnomocnik Dyrektora ds. Współpracy Międzynarodowej i Obsługi Projektów *Director's Proxy on International Collaboration and Project Management*
Mariusz Dudziuk	PGE Energia Odnawialna S.A Biuro Eksploatacji Elektrowni Wodnych Przepływowych., Dyrektor *Operational Bureau of the Run-of-river Power Plants, Director*
Zbigniew Krzemianowski	IMP PAN, starszy specjalista / *senior specialist*
Michał Lis	Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych *Polish Association for Hydropower Development* "Energetyka Wodna", Redaktor prowadzący / *Executive Editor*
Krzysztof Wrzosek	Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, adiunkt *Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology, Research Fellow* Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie", ekspert w Wydziale Nadzoru nad Realizacją Inwestycji *State Water Holding „Polish Waters"* *expert in the Department of Investment Projects Supervision*
Edward Ziaja	Instytut Automatyki Systemów Energetycznych *Institute of Power Systems Automation* Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Sekcja Energetyki *Association of Polish Electrical Engineers, Power Engineering Section*

Spis treści

Przedmowa 1

W XXXI rocznicę powstania Towarzystwa Elektrowni Wodnych
- wspomnienie kol. Leona Bubały, członka założyciela Towarzystwa ……..…….. 7

Program XI Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej HYDROFORUM 2022 11

Streszczenia wystąpień konferencyjnych

Sesja I: Energetyka wodna: kierunki rozwoju

1.1. P. Sobiesak, K. Wrzosek:
Realizowane i planowane inwestycje Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie 15

1.2. M. Kubecki: *Magazynowanie energii kluczowe dla rozwoju OZE* ……..…… 19

1.3. M. Lewandowski, A. Adamkowski, M. Kaniecki, A. Kamiński, S. Lewandowski :
Praktyczne sposoby podwyższenia elastyczności pracy elektrowni szczytowo-pompowych w systemie elektroenergetycznym ……..……..……..…… 20

Sesja III: Prace badawczo-rozwojowe

3.1 M. Kaniecki, F. Tor, B. Ośmiałowski, Z. Krzemianowski:, S. Kowalczyk: *Ultra-niskospadowa turbina wodna Kaplana – doświadczenia z realizacji projektu badawczego* 23

3.2 P. Szulc, A. Nycz, J. Bieńkowski:
Modelowanie przepływu cieczy w rurze ssącej średniobieżnej turbiny Francisa…… 25

3.3 M. Lewandowski, A. Adamkowski, S. Lewandowski:
Praktyczne aspekty analizy trwałości zmęczeniowej rurociągów hydroenergetycznych ……. 28

Sesja IV: Przemysł dla energetyki wodnej

4.1 E. Malicka: *HYPOSO – jak europejskie firmy z branży hydroenergetycznej mogą zaistnieć na rynkach Afryki i Ameryki Łacińskiej* 31

4.2 Ł. Kalina.: *Nowoczesne turbiny Kaplana – najnowsze krajowe wdrożenia* 33

Program Sympozjum Projektu Life NEXUS **12**

Streszczenia wykładów i referatów

Sesja LN1: Life NEXUS: ocena ukrytego potencjału

LN1.2 R.M. Lopez Fernandez, V.I. Serna González, L.Á. Bujedo, J. Samaniego, J. Steller, P. Punys, A. Radzevičius, M. Mirete: *LIFE NEXUS: Pierwsza europejska inwentaryzacja mikro-hydroenergetycznego potencjału rekuperacyjnego w sektorze wodno-kanalizacyjnym* (EN) 35

LN1.3 P. Punys, A. Radzevičius: *Ocena potencjału hydroenergetycznego w instalacjach oczyszczania ścieków w kraju nizinnym na przykładzie Litwy* (EN) …….. 40

Sesja LN2: Technologia - podstawy i przykłady (sesja szkoleniowa)

LN2.1 **J**. Steller, Z. Krzemianowski, M. Hajdarowicz: *Odzysk energii traconej w komunalnych i przemysłowych obiegach wodnych - wybrane aspekty technologiczne …* 43

LN2.2 M. Kaniecki, M. Lewandowski, A. Kamiński, S. Lewandowski: *Odzysk energii traconej w procesach technologicznych przedsiębiorstw przemysłowych. Praktyczne przykłady* 53

LN2.3 J. Samaniego, L.A. Bujedo, R.M. López Fernández, V.I. Serna González; M. Mirete, J. Pages: *Odzysk energii w stacji uzdatniania wody pitnej za pomocą innowacyjnej instalacji mikrohydroenergetycznej integrującej pompę w ruchu turbinowym z magazynem energii* (EN) 55

LN2.4 M. Piękoś: *Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych MPEC Kraków* 59

Sesja LN3: Prace badawcze i technologie innowacyjne

LN3.1 A. Machalski, J. Skrzypacz, P. Szulc, M. Janczak, W. Lorenz: *Analiza zjawisk przepływowych w pompie odśrodkowej pracującej w reżimie turbinowym* 61

LN3.3 A. Olszewski., K. Rafał: *Prototyp hydrozespołu z turbiną hydrokinetyczną* …… 63

Załączniki

HYDROFORUM 2022. Lista uczestników 65

HYDROFORUM 2021. Sprawozdanie z X Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej 67

Contents

Preface 1

At the XXXI anniversary of establishing the Polish Hydropower Association - recollections of Mr Leona Bubała, the association co-founder (PL) …….. 7

Programme of the XIth Polish Hydropower Conference HYDROFORUM 2022 ... 11

Abstracts of Conference Contributions

Session I: Hydropower: development directions

1.1. P**.** Sobiesak, K. Wrzosek: *The State Water Holding Polish Waters projects under construction and in planning* (PL) 15

1.2. M. Kubecki: *Key significance of energy storage for the RES sector development* (PL) …..... 19

1.3. M. Lewandowski, A. Adamkowski, M. Kaniecki, A. Kamiński, S.Lewandowski : *Practical methods of increasing elasticity of pumped storage plants in the national power grid* (PL) 20

Session III: Research and development activities

3.1 M. Kaniecki, F. Tor, B. Ośmiałowski, Z. Krzemianowski, S.Kowalczyk: *Ultra low head Kaplan water turbine - a research project experience* (PL) 23

3.2 P.Szulc, A. Nycz, J. Bieńkowski: *Modelling liquid flow through the draft tube of medium specific speed Francis turbine* (PL)... 25

3.3 M. Lewandowski, A. Adamkowski, S. Lewandowski: *Practical aspects of the hydropower penstock fatigue durability* (PL) ……..…….. 28

Session IV: Industry for the hydropower sector

4.1 E. Malicka: *HYPOSO – how European hydropower industry companies can gain visibility in Africa and Latin America* .. 31

4.2 Ł. Kalina: *The modern Kaplan turbines – recent Polish implementations* (PL) ……..... 33

Programme of the Life NEXUS Project Symposium **12**

Abstracts of Symposium Contributions

Session LN1: Life NEXUS: assessment of the hidden potential

LN1.2 R.M. Lopez Fernandez, V.I. Serna González, L.Á. Bujedo, J. Samaniego, J. Steller, P. Punys, A. Radzevičius, M. Mirete: *LIFE NEXUS*:
First European inventory of micro-hydroenergy recovery potential in the water industry 35

LN1.3 P. Punys, A. Radzevičius: *Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems in a Lowland Country, Lithuania* …….. 40

Session LN2: Technology – fundamentals and examples (training session)

LN2.1 J. Steller, Z. Krzemianowski, M. Hajdarowicz: *Recovery of energy dissipated in the municipal and industrial water cycles – selected technological aspects* (PL) …… 43

LN2.2 M. Kaniecki, M. Lewandowski, A. Kamiński, S. Lewandowski: *Recovery of energy lost in technological proces of industrial enterprises. Practical examples* (PL) 53

LN2.3 J. Samaniego, L.A. Bujedo, R.M. López Fernández, V.I. Serna González, M. Mirete, J. Page.: *Energy recovery in a DWTP using an innovative micro-hydropower system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage* …… .55

LN2.4 M. Piękoś: *Water turbine application in MPEC Cracow heating networks* (PL) 59

Session LN3: Research activities and innovative technologies

LN3.1 A. Machalski, J. Skrzypacz, P. Szulc, Janczak M., W. Lorenz: *Flow phenomena analysis in a centrifugal pump run in turbine mode of operation* (PL) …… 61

LN3.3 A. Olszewski., K. Rafał: *Hydrokinetic turbine unit prototype* (PL) ……..……. 63

Appendices

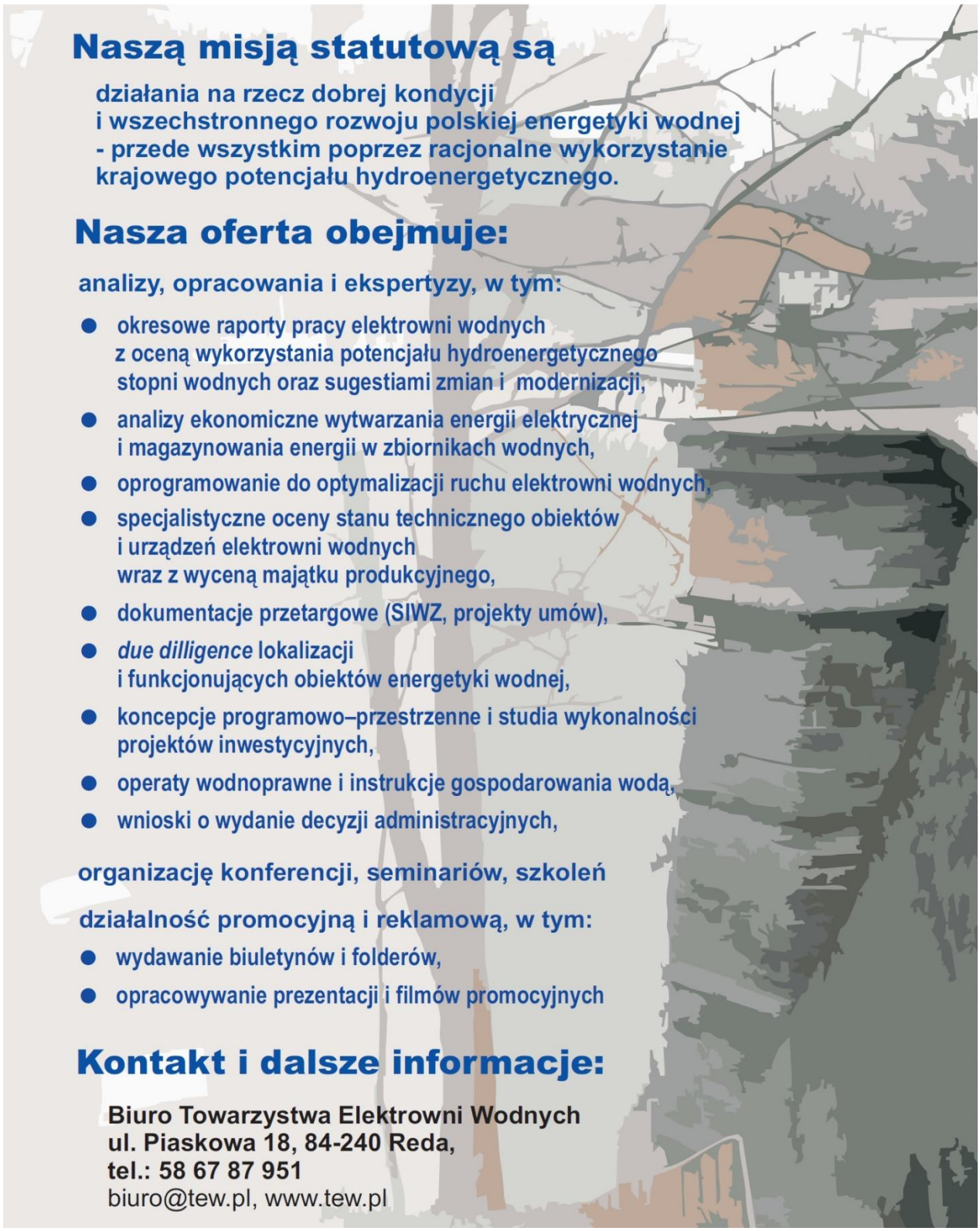
HYDROFORUM 2022. List of delegates 65

HYDROFORUM 2021.Report on the Xth Polish Hydropower Conference (PL) 67

Polskie konferencje hydroenergetyczne

Towarzystwo Elektrowni Wodnych

rok założenia 1992



Naszą misją statutową są

działania na rzecz dobrej kondycji
i wszechstronnego rozwoju polskiej energetyki wodnej
- przede wszystkim poprzez racjonalne wykorzystanie
krajowego potencjału hydroenergetycznego.

Nasza oferta obejmuje:

analizy, opracowania i ekspertyzy, w tym:

- okresowe raporty pracy elektrowni wodnych
z oceną wykorzystania potencjału hydroenergetycznego
stopni wodnych oraz sugestiami zmian i modernizacji,
- analizy ekonomiczne wytwarzania energii elektrycznej
i magazynowania energii w zbiornikach wodnych,
- oprogramowanie do optymalizacji ruchu elektrowni wodnych,
- specjalistyczne oceny stanu technicznego obiektów
i urządzeń elektrowni wodnych
wraz z wyceną majątku produkcyjnego,
- dokumentacje przetargowe (SIWZ, projekty umów),
- *due dilligence* lokalizacji
i funkcjonujących obiektów energetyki wodnej,
- koncepcje programowo–przestrzenne i studia wykonalności
projektów inwestycyjnych,
- operaty wodnoprawne i instrukcje gospodarowania wodą,
- wnioski o wydanie decyzji administracyjnych,

organizację konferencji, seminariów, szkoleń

działalność promocyjną i reklamową, w tym:

- wydawanie biuletynów i folderów,
- opracowywanie prezentacji i filmów promocyjnych

Kontakt i dalsze informacje:

Biuro Towarzystwa Elektrowni Wodnych
ul. Piaskowa 18, 84-240 Reda,
tel.: 58 67 87 951
biuro@tew.pl, www.tew.pl

Przedmowa

Prof. P. Popielski otwiera obrady HYDROFORUM 2022

Dr inż. K. Wrzosek odczytuje list prezesa PGW Wody Polskie, dra inż. K.Wosia

Prof. S. Cieślik wita uczestników w imieniu Zarządu SEP

Po raz pierwszy w historii HYDROFORUM książka streszczeń ukazuje się dopiero po kilku tygodniach od zamknięcia obrad. Sytuacje tę traktujemy jako wyjątkową. Zasadniczą przyczyną stało się nadzwyczaj duże obciążenie obowiązkami zawodowymi osób zaangażowanych w organizację różnymi. Stało się ono prawdziwym wyzwaniem i sprawiło, że informacja o wydarzeniu dotarła do potencjalnych uczestników bardzo późno – do niektórych na tydzień przed HYDROFORUM. Fakt, że w tej sytuacji udało się zgromadzić około 80 uczestników wydarzenia należy uznać za niewątpliwy sukces, wynikający głównie z powodzenia poprzednich zebrań. W czasie 2 dni obrad wygłoszono 18 referatów i 4 wykłady szkoleniowe. Odbyła się też dyskusja panelowa p.t. „Energetyka wodna dla bezpieczeństwa energetycznego Polski”.

Tegoroczne HYDROFORUM było jednak wyjątkowe i pod innymi względami. Na początku lutego tego roku minęło XXX lat od dnia rejestracji Towarzystwa Elektrowni Wodnych w Sądzie Wojewódzkim we Włocławku. Ponieważ jednak zebranie założycielskie Towarzystwa odbyło się pod koniec listopada 1991 roku, to właśnie rok 1991 wielu członków Towarzystwa uznaje za początek działalności TEW. Jubileusz rejestracji Towarzystwa w roku 1992 stał się natomiast okazją, by zaprosić członków TEW do podzielenia się swoimi wspomnieniami z okresu działalności w Towarzystwie. Na wezwanie Zarządu odpowiedział kol. Leon Bubała, jeden z współzałożycieli TEW. Jego wspomnienie publikujemy na następnych stronach.

Po raz pierwszy HYDROFORUM składało się z dwóch mniejszych wydarzeń. W tym roku była to XI Polska Konferencja Hydroenergetyczna HYDROFORUM 2022 oraz Sympozjum Projektu Life NEXUS. W ramach partnerstwa spółka PGE EO SA zapewniła możliwość zwiedzania Elektrowni Wodnej Dębe w trakcie modernizacji oraz okazała wsparcie finansowe dla Konferencji. Sympozjum zostało zorganizowane ze wsparciem ze środków projektu Komisji Europejskiej Life NEXUS, w którego realizacji uczestniczy Instytut Maszyn Przepływowych PAN. Projekt jest współfinansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE (LIFE17 ENV/ES/000252) oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Wśród sponsorów HYDROFORUM 2022 znalazło się szereg podmiotów gospodarczych związanych z energetyką wodną, w tym ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o., AQUA-Tech Sp. z O.O., Belse Sp.z o.o., ENERGOPROJEKT – WARSZAWA SA, Instytut Odnawialnych Źródeł Energii Sp. z O.O., Zespół Elektrowni Wodnych Niedzica S.A.

Na miejsce wydarzenia wybrano Warszawę. Zasadniczym powodem był zamiar wizyty technicznej w EW Dębe. Ostatecznie obrady miały miejsce w dniach 26 i 27 października hotelu „Witkowski” przy Al. Krakowskiej 131. Całe wydarzenie otworzyło wystąpienie prof. Pawła Popielskiego, dziekana Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej – jednego z patronów wydarzenia. Wcześniej uczestników HYDROFORUM powitali przedstawiciele Organizatorów – prezes Towarzystwa Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, p. Ewa Malicka, a także autor tego tekstu, który miał zaszczyt odczytać adres dyrektora Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, prof. Marcina Lackowskiego. Organizatorzy mieli powody do dumy z patronatu Państwowego Gospodarstwa Wodnego

„Wody Polskie” oraz Stowarzyszenia Elektryków Polskich. List od prezesa „Wód Polskich”, dra inż. Krzysztofa Wosia, ekspert Wydziału Nadzoru nad Realizację Inwestycji, dr inż. Krzysztof Wrzosek. Adres ze strony Stowarzyszenia Elektryków Polskich wygłosił nowo wybrany prezes SEP, prof. Sławomir Cieślik (Politechnika Bydgoska).

Na Konferencję złożyło się 10 referatów i wspomniana debata panelowa. Tematyka dotyczyła bieżących inwestycji i problemów związanych z funkcjonowaniem polskiej energetyki wodnej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym, prowadzonych prac badawczo-rozwojowych, a także oferty polskiego przemysłu. Do tego ostatniego tematu nawiązywało też wystąpienie Prezeski TRMEW, dotyczące możliwości otwarcia się na rynki Afryki i Ameryki Południowej poprzez platformę internetową projektu HYPOSO. Tegoroczną Debatę HYDROFORUM poprowadził autor tego tekstu. W Debacie wzięli udział: Artur Czarnecki (ZEW Niedzica), Marcin Kłosiński (Energoprojekt Warszawa), Michał Kubecki (TRMEW/IOZE), Ireneusz Rogala (Energa OZE) oraz Edward Ziaja (IASE/SEP/TEW). Tematyka dotyczyła w dużej mierze zagadnień wykorzystania dostępnych mocy i pojemności energetycznej zbiorników polskich elektrowni wodnych oraz ogłoszonych zamiarów dalszego rozwoju energetyki pompowo-szczytowej w naszym kraju. Nawiązano do ogłoszonego niedawno raportu „Rola elektrowni szczytowo-pompowych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym: uwarunkowania i kierunki rozwoju”, opracowany przez Zespół Ekspercki do spraw Budowy Elektrowni Szczytowo-Pompowych, powołany m Zarządzeniem Nr 351 Prezesa Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2021 r. (M.P. z 2022 r., poz. 6). Uczestnicy debaty nie mają wątpliwości, że rozwój odnawialnych źródeł energii, w tym tych najbardziej niestabilnych, jest koniecznością – zarówno z uwagi na przyjętą przez nasz kraj politykę klimatyczną Unii Europejskiej, jak i bezpieczeństwo energetyczne kraju. Skutki nieprzywiązywania dostatecznej wagi do tej ostatniej sprawy przez kolejne ekipy rządowe obnażył w całej jaskrawości przedłużający się konflikt rosyjsko-ukraiński. Warunkiem niezbędnym dla zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez rozwój OZE jest budowa wielkoskalowych magazynów energii, jakimi są elektrownie pompowo-szczytowe. Zgadzając się z kierunkami nowej polityki rządu w tej sprawie, niektórzy uczestnicy zwrócili uwagę, że po blisko 40 latach zastoju szybka budowa szeregu elektrowni pompowo-szczytowych siłami polskich wykonawców jest mało realna. Do podstawowych przyczyn należy doprowadzenie do upadku zaplecza projektowo-wykonawczego oraz wytworzenia się luki pokoleniowej wśród wysokokwalifikowanych specjalistów. Do stanu tego nie wolno było dopuścić, a dziś konieczne jest podjęcie pilnych działań naprawczych. Innej drogi nie ma. Szybka odbudowa potencjału budowanego niegdyś wielkim wysiłkiem przez dziesiątki lat nie jest jednak sprawą prostą.

Uczestnicy PKH HYDROFORUM 2022 przed hotelem „Witkowski” w Warszawie, 26 października 2022

Obrady XI Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej zakończyła uroczystą kolacją w restauracji hotelu „Witkowski”. Obrady Sympozjum Projektu Life NEXUS otworzyły w dniu następnym informacje wprowadzające, przekazane przez autora tego tekstu oraz wystąpienie mecenasa Pawła Sikorskiego, eksperta Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie” [IGWP], który powitał wszystkich zebranych w imieniu prezesa Izby p. Krzysztofa Dąbrowskiego oraz swoim własnym, przedstawił profil działalność IGWP oraz złożył gratulacje Towarzystwu Elektrowni Wodnych z okazji jubileuszu XXX-lecia istnienia. Przy tej okazji wręczył Zarządowi TEW statuetkę z wygrawerowanymi gratulacjami. Okazało się, że w tym roku również Izba obchodzi swój jubileusz XXX-lecia.

W kolejnym wystąpieniu dr Raquel M. Lopez, koordynująca prace konsorcjum projektu Life NEXUS w imieniu fundacji CARTIF przedstawiła obszerną informację na temat prowadzonych prac. Zasadniczym celem projektu jest promocja odzysku energii hydraulicznej rozpraszanej w komunalnych obiegach wodnych. Wśród różnych dostępnych technologii preferencję otrzymały pompy w ruchu turbinowym (*Pumps as Turbines*, PaT). Taka właśnie technologia połączona z magazynem elektrochemicznym zostanie użyta w innowacyjnej instalacji pilotowej w miejscowości Porma w pobliżu miasta Léon w Hiszpanii. W zakres zainteresowania wchodzi jednak również odzysk energii w instalacjach przemysłowych, a także użycie maszyn hydraulicznych innych niż hydrozespoły PaT – zwłaszcza hydrozespołów instalowanych w klasycznych MEW oraz dostosowanych specjalnie do odzysku energii wody płynącej w wodociągach. W ramach projektu dokonano inwentaryzacji części europejskich instalacji odzysku energii hydraulicznej. Informacje te umieszczono na platformie internetowej projektu w formie interaktywnej geomapy opracowanej przez zespół prof. P. Punysa z Kowna. Kontynuowane są prace nad studiami przedwstępnymi instalacji replikującymi instalacje pilotową, a także oceną dostępnego potencjału. Temu ostatniemu zagadnieniu było poświęcone wystąpienie prof. prof. P. Punysa i A. Radzevičiusa.

Sesję II poprowadził prof. P. Punys. Zgodnie z założeniami, miała ona charakter szkoleniowy. Autor tego tekstu miał przyjemność wygłosić wykład dotyczący technologii odzysku energii traconej w instalacjach hydraulicznych. Punktem ciężkości było dobór pompy, przewidzianej do ruchu turbinowego w charakterze maszyny rekuperacyjnej – zwłaszcza w sytuacji, gdy charakterystyki w ruchu turbinowym są niedostępne. W kolejnych wykładach sesji przedstawiono przykłady odzysku w różnych instalacjach hydraulicznych z wykorzystaniem zarówno pomp w ruchu turbinowym, jak i klasycznych turbin wodnych. Sympozjum zakończyła sesja poświęcona różnego rodzaju pracom badawczo-rozwojowym, w tym analizie przepływu w pompie w ruchu turbinowym. Poprowadził ją prof. Waldemar Jędral (Politechnika Warszawska) – wybitny polski autorytet z dziedziny budowy i eksploatacji pomp wirowych. Dzień zakończyło spotkanie koleżeńskie uczestników Sympozjum. Rano, 28 października, zainteresowani uczestnicy HYDROFORUM oddali się z wizytą techniczną do modernizowanej Elektrowni Wodnej Dębe. Z ramienia PGE EO SA wykład wprowadzający, na temat celów I zakresu modernizacji, wygłosiła p. Julia Trymucha.

Streszczenia większości wystąpień, które miały miejsce podczas HYDROFORUM 2022 publikujemy w niniejszej książce streszczeń. Na końcu książki umieściliśmy sprawozdanie z jubileuszowej Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej HYDROFORUM 2021, jak odbyła się w października 2021 roku w Gdańsku. Sprawozdanie z tego wydarzenia ukazało się także w grudniowym numerze "Energetyki Wodnej" z roku 2021. Podobnie, jak w latach ubiegłych, w najbliższych miesiącach przewidujemy publikację wybranych artykułów pokonferencyjnych w *Energetyce Wodnej*. W *Energetyce Wodnej* oraz w miesięczniku *Energetyka* ukaże się także sprawozdanie z konferencji. Autorom wystąpień o charakterze naukowym zamierzamy zaproponować publikację pokonferencyjną w języku angielskim w numerze specjalnym *Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery*. Zakładamy, że numer ten będzie zawierać wybrane materiały z kilku kolejnych konferencji. Przekazane nam prezentacje konferencyjne są dostępne ze strony internetowej TEW. Informujemy, że z tej samej strony dostępne są też materiały wszystkich dotychczasowych Polskich Konferencji Hydroenergetycznych, a także konferencji HYDROFORUM 2000 i 2005. Zachęcamy do korzystania z naszych zasobów.

Komitet Organizacyjny Konferencji wyraża serdeczne podziękowanie wszystkim osobom, firmom i instytucjom, które wsparły przygotowanie HYDROFORUM 2022 swoim zaangażowaniem merytorycznym, organizacyjnym i finansowym. Szczególne podziękowania należą się spółce PGE EO SA, która umożliwiła nam wizytę studyjna w dniu 28 października, oraz Instytutowi Energetyki Oddział Gdańsk, który wydrukował materiały konferencyjne. Serdecznie dziękujemy wszystkim naszym sponsorom i patronom medialnym, a także członkom Komitetu Honorowego, przewodniczącym sesji, autorom wystąpień, panelistom i wszystkim uczestnikom HYDROFORUM 2022. Dla Komitetu Organizacyjnego zainteresowanie środowiska związanego z szeroko rozumianą energetyką wodną jest kluczowym potwierdzeniem celowości podejmowanych starań.

Dr hab. Janusz Steller

Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
HYDROFORUM 2022

Gdańsk, grudzień 2022 r.

Preface

For the first time in the history of HYDROFORUM, the book of summaries is published only a few weeks after closing of the meeting. We consider this situation exceptional. The main reason was the extremely high workload of people involved in the organization of the event. It became a real challenge and made the information about the event reach potential participants very late – in some cases a week before HYDROFORUM. The fact that in this situation it was possible to gather more than 80 participants of the event should be considered an undoubted success, resulting mainly from the success of previous meetings. During the 2 days of the event, 18 papers and 4 training lectures were delivered. A panel discussion "Hydropower for energy security of Poland" was also arranged. The abstracts of almost all delivered contributions are published in this volume.

This year's HYDROFORUM was, however, unique in other respects. At the beginning of February this year, XXX years passed since registration of the Hydroelectric Power Plants Association in the Wloclawek Voivodship Court. However, since the founding meeting of the Association took place at the end of November 1991, it is 1991 that many members of the Association consider the beginning of TEW activities. However, the XXXth anniversary of registration was a good opportunity to invite TEW members to share their memories from the period of their activity in the Association. Leon Bubała, one of TEW co-founders, responded to the call of the Board. We publish his recollections from the first years of TEW activity on the following pages.

For the first time, HYDROFORUM consisted of two events. This year it was the XI Polish Hydropower Conference HYDROFORUM 2022 and the Life NEXUS Project Symposium. As a part of the partnership, PGE EO SA provided the opportunity to visit the Dębe Hydropower Plant under rehabilitation and provided financial support for the Conference. The Symposium was organized with support of Life NEXUS project with Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences acting as a project partner. The project is co-financed by the LIFE financial instrument (LIFE17 ENV/ES/000252) and the National Fund for Environmental Protection and Water Management (NFOŚiGW). The event was also sponsored by a number of business entities related to hydropower, including ANGA Uszczelnienia Mechaniczne (*Mechanical Seals*), AQUA-Tech, BELSE, Energoprojekt Warszawa SA, Instytut OZE (*Institute of Renewable Energy Sources*) and Zespół Elektrowni Wodnych Niedzica (*Niedzica Group of Hydropower Plants*).

Warsaw was selected as the HYDROFORUM venue this year. The main reason was the desire of visiting the Dębe Hydropower Plant in the course of rehabilitation process. Eventually, the HYDROFORUM debates took place on Ocober 26 and 27th in “Witkowski” Hotel located at Krakowska Avenue 131 in Warsaw. The event was opened on October 26 by the speech of Prof Paweł Popielski, Dean of the Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology – one of HYDROFORUM 2022 patrons. Earlier, the delegates were welcomed by representatives of the Organizers – Mrs Ewa Malicka, president of the Polish Association for Small Hydropower Development and the author of this text, who had also the honour to read the address of Prof Marcin Lackowski, director of the Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences,. The Organizers had reasons to be proud of the patronage taken by the State Water Holding "Wody Polskie" (*Polish Waters*) and the Association of Polish Electrical Engineers [SEP]. The address of the President of "Polish Waters", Dr Krzysztof Woś, was read out by an expert in the Department of Investment Projects Supervision, Dr Krzysztof Wrzosek. The address from the Association of Polish Electrical Engineers was delivered by the newly elected president, Prof Sławomir Cieślik..

The Conference consisted of 10 papers and the aforementioned HYDROFORUM Panel Debate. The topics concerned current projects, problems related to functioning of Polish hydropower in the National Power System, research and development works and the offer of Polish industry. The last topic was also addressed by Mrs Ewa Malicka in her contribution on the possibility of opening up to the markets of Africa and South America through the HYPOSO project online platform. This year HYDROFORUM Panel Debate was led by the author of this text. The debate was attended by the following experts: Artur Czarnecki (*ZEW Niedzica*), Marcin Kłosiński (*Energoprojekt Warszawa*), Michał Kubecki (TRMEW/IOZE), Ireneusz Rogala (*Energa Wytwarzanie*) and Edward Ziaja (IASE/SEP/TEW). The discussion topic was focused on the problems of using the available power and energy storage capacities of Polish hydropower plants and the announced intentions for further development of pumped storage plants in our country. Reference was made to the recently published report "The role of

pumped-storage power plants in the National Power System: conditions and directions of development", prepared by the Expert Team for the Construction of Pumped-Storage Power Plants, established by Regulation No. 351 of the Polish Prime Minister of December 28, 2021. The Debate participants have shown no doubt that the development of renewable energy sources – including the most unstable ones – is a necessity both due to the climate policy of the European Union adopted by our country and the energy security reasons. The consequences of disregarding this last issue by consecutive government teams have been exposed in all its severity by the prolonging Russian-Ukrainian conflict. A prerequisite for increasing the national energy security through the development of RES is development of large-scale energy storage facilities, such as pumped-storage power plants. Agreeing with the directions of the new government policy in this matter, some discussers pointed out that after nearly 40 years of stagnation, the rapid construction of a number of pumped-storage power plants by the forces of Polish contractors may be unrealistic. The basic reasons include the collapse of the design and executive facilities and the creation of a generation gap among highly qualified specialists. This situation must not have been allowed to happen, and the urgent corrective action is needed today. In fact, there is no other way. However, quick restoration the potential once developed with great effort over decades is not a simple matter

The debates of the XIth Polish Hydropower Conference ended with a gala dinner in the "Witkowski" hotel restaurant. The debates of the Life NEXUS Project Symposium were opened next day by the introductory information delivered by the author of this text and the speech by Mr. Paweł Sikorski, an expert of the "Polish Waterworks" Chamber of Commerce [IGWP], who welcomed the delegates on behalf of the President of the Chamber, Mr. Krzysztof Dąbrowski and his own, presented the profile of IGWP activities and congratulated the Polish Hydropower Association its XXXth anniversary of activities. On this occasion, he presented the TEW Board a statuette engraved with congratulations. Onthis occasion it has turned out that this year also the Chamber is celebrating its XXX anniversary.

Mec. P. Sikorski welcomes delegates to the Life NEXUS Project Symposium

In the next presentation, Dr Raquel M. Lopez provided extensive information about the Life NEXUS project. The main objective of the project is to promote the recovery of hydraulic energy dissipated in municipal water circuits. Among various technologies available, preference is given to pumps in turbine operation (PaTs). This technology combined with an electrochemical energy storage will be used in the innovative pilot plant in Porma near the city of Léon in Spain. However, the scope of interest includes also energy recovery in industrial installations, as well as the use of hydraulic machines other than PaT units – especially units installed in classic SHPs and specially adapted for the recovery of energy of water flowing in waterworks. As part of the project, an inventory of parts of European hydraulic energy recovery installations was made. This information was placed on the project's online platform in the form of an interactive geomap developed by the team of Prof Petras Punys from Kaunas. Work continues on preliminary studies of installations replicating the pilot plant, as well as an assessment of the available potential. The last issue was the topic Symposium contribution delivered by Professors P. Punys and A. Radzevičius.

Dr R.M. Lopez Fernandez delivers main information on the Life NEXUS project

Session II, as chaired by Prof P. Punys, was a training one. The author of this text had the pleasure to give a lecture on the technology used for energy recovery lost in hydraulic installations. The focus was on the selection of the pumps, intended to be run in turbining regime for the energy recovery purposes. The problem occurs especially in case the performance characteristics in the turbine movement are not available. In the next lectures, examples of energy recovery in various hydraulic installations using both pumps in turbine operation and classic water turbines were presented. The symposium ended

with a session dealing with various types of research and development, including the analysis of flow in a pump in turbine motion. The session was chaired by Prof Waldemar Jędral (Warsaw University of Technology) – an outstanding Polish authority in the field of construction and operation of impeller pumps. The day ended with the Symposium taking place also in friendly "Witkowski" hotel. In the morning of October 28, the interested HYDROFORUM delegates paid a technical visit to the Dębe Hydropower Plant in the process of rehabilitation. The introductory lecture on rehabilitation purposes and scope was delivered by Mrs Julia Trymucha, representing PGE EO SA company (the plant owner).

Prof. Waldemar Jędral announces the first speaker in Session III of the Symposium.

The abstracts of most of contributions delivered to HYDROFORUM 2022 event, nave been published in this Book of Abstracts. In the end of the volume a report of the HYDROFORUM 2021 jubilee conference held in October 2021 in Gdansk can be found. The report was published also in December 2021 edition of "Energetyka Wodna" quarterly. Following the tradition of previous years, publication of selected post-conference papers in the *Energetyka Wodna* quarterly is envisaged. The authors of contributions with a significant scientific content we'll be offered publication of their post-conference papers in a special issue of the *Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery.* The issue is assumed to contain selected proceedings of several consecutive conferences. The delivered presentations are already publically available s from the website of the Polish Hydropower Association. It is our pleasure to inform you also that the proceedings of all previous Polish Hydropower Conferences as well as those of the HYDROFORUM 2000 and 2005 Conferences are available from the same website. You are cordially invited to make use of our resources.

Delegates of the Life NEXUS International Symposium in front of the "Witkowski" hotel in Warsaw, October 27th, 2022

The Organising Committee of the XIth Polish Hydropower Conference and Life NEXUS Symposium expresses its most sincere thanks to all persons, companies, institutions and other organisations that supported the preparation process with an expert, organising and financial effort. Special thanks are due to the PGE EO SA company which enabled us a study visit on October 28th and the Institute of Power Engineering Gdansk Division - an institution having printed this book of abstracts. We extend our cordial thanks to all our sponsors and media partners, members of the Honorary Committee, session chairmen, authors, panelists and conference delegates. For the Organising Committee it is a proof that our efforts make a real sense.

Dr Janusz Steller, DSc

Chairman of the HYDROFORUM 2022
Organising Committee

Gdansk, December 2022

W XXXI rocznicę powstania Towarzystwa Elektrowni Wodnych

- wspomnienie kol. Leona Bubały, członka założyciela Towarzystwa[1]

Ponieważ dnia 28.XI.2022 będziemy obchodzili 31 rocznicę powstania „Towarzystwa Elektrowni Wodnych", pozwolę sobie na przypomnienie przesłanek dotyczących osób i okoliczności jakie towarzyszyły powstaniu naszego Towarzystwa.

Ponieważ pamięć jest zawodna , a chcę być w miarę precyzyjny , skorzystam z mojego opracowania „Elektrownia Szczytowo-Pompowa Porąbka -Żar 30 lecie eksploatacji 1979-2009" (Fakty, liczby, opinie, wspomnienia) gdzie w dziale „ organizacje działające w firmie" , piszę o TEW z pozycji naszych pracowników.

Podane tam dane i okoliczności są udokumentowane, poparte moją wiedzą uczestnika i obserwatora tych zdarzeń.

Dnia 28.XI 1991 roku w ZEW „Porąbka-Żar" w Międzybrodziu Żywieckim, odbyło się spotkanie przedstawicieli Polskich Elektrowni Wodnych. Celem spotkania było: podsumowanie dotychczasowych działań zmierzających do integracji Elektrowni Wodnych oraz wyłonienie reprezentatywnego forum właściwie zabezpieczającego interesy energetyki wodnej w procesie reformowania gospodarki narodowej.

Na spotkaniu zebrani stwierdzili , że przedyskutowane i uzgodnione stanowisko należy zaprezentować na zewnątrz w sposób instytucjonalny . Do tego celu w oparciu o istniejące normy prawne zdecydowano powołać Towarzystwo Elektrowni Wodnych.

W spotkaniu brało udział 17 uczestników reprezentujących :

ESP Żarnowiec ……	- 3 osoby (Stanisław Cicholski, Stanisław Lewandowski, Tadeusz Kiedrowski)
ZEW Rożnów ……	-2 osoby (Józef Kaczor; Stefan Kwiatkowski;)
ZEW Solina ……	-1 osoba (Edward Warchoł)
ZE Toruń ……	-1 osoba
ZE Toruń – EW Włocławek	- 1 osoba (Wacław Zdulski)
ZEW Porąbka-Żar	- 9 osób (Wiesław Biliński; Zygmunt Rychel; Jan Kliś; Czesław Kotas; Tadeusz Białek; Leon Bubała; Stanisław Stanaszek; Antoni Karoliński, Jacek Krzyszkowski; Jan Pituła)

Z tego grona 16 osób podpisało listę założycieli TEW , nie wyraził akcesu przedstawiciel ZE Toruń.

Listę założycieli do 17 uzupełnił nie będący na spotkaniu inż. Jan Pituła. Grono wybrało Komitet Założycielski w składzie :

- mgr inż. Wiesław Biliński – ZEW Porąbka – Żar (DN)
- mgr inż. Stefan Kwiatkowski – ZEW Rożnów (DN)
- mgr inż. Stanisław Lewandowski – ESP Żarnowiec
- mgr inż. Edward Warchoł -ZEW Solina (DN)
- mgr inż. Wacław Zdulski – EW Włocławek (DT)

Ustalono, że ze względu na centralne położenie w kraju oraz lokalizację spodziewanych wielkich inwestycji wodno-energetycznych Kaskady Dolnej Wisły, siedzibą Towarzystwa Elektrowni Wodnych będzie Włocławek, a konkretnie Elektrownia Włocławek.

[1] Wspomnienie zgłoszone na konkurs ogłoszony przez Towarzystwo Elektrowni Wodnych w czerwcu 2022 r.

Do czasu przygotowania dokumentów do sądu (28.XI.1991) deklarację założycielską podpisało jeszcze kilka osób. Sąd Wojewódzki Wydział I Cywilny wydaje w dniu 4.II.1992 „ Postanowienie o wpisaniu do rejestru stowarzyszeń Towarzystwa Elektrowni Wodnych" z siedzibą we Włocławku, obejmujące działaniem obszar Rzeczypospolitej Polskiej.

Pierwsze władze TEW zostały wybrane w Ciechocinku dn. 25.II 1992 , na zebraniu byłych członków grupy inicjatywnej , a od Postanowienia Sądu o wpisie do rejestru stowarzyszeń, jego członków założycieli.

Zarząd :

Prezes	- mgr inż. Stanisław Cicholski
Wiceprezes	- mgr inż. Wiesław Biliński
Sekretarz	- mgr inż.- Wiesław Zdulski
Skarbnik	- mgr inż. Czesław Kotas
Członkowie	- mgr inż. Edward Warchoł, mgr inż. Stefan Kwiatkowski, mgr inż. Henryk Subocz

Komisja Rewizyjna :

Przewodniczący	mgr inż. Tadeusz Kiedrowski
Członkowie :	mgr inż. Józef Kaczor , mgr inż. Tadeusz Białek

Sąd Koleżeński :

Przewodniczący mgr inż. Stanisław Stanaszek

Członkowie : inż. Jacek Krzyszkowski, inż. Jan Pituła

Dnia 28.II.1992 roku wpisano do Rejestru Stowarzyszeń Sądu Wojewódzkiego we Włocławku e dziale AST.Nr 338 :Towarzystwo Elektrowni Wodnych.

Dygresja:

Dnia 27.XI.1991 w godz. wieczornych w „letnim" domku prywatnym w Międzybrodziu Żywieckim Pana mgr inż. Klemensa Ścierskiego urzędującego Ministra Przemysłu odbyło się spotkanie dyskusyjne w którym uczestniczyli :

Minister Klemens Ścierski, Dyr. ZEW Porąbka-Żar Wiesław Biliński, Dyr. EW Żarnowiec Stanisław Cicholski ,Wójt Gm. Czernichów Adam Kos (były pracownik ZEW Porąbka Żar)

Spotkanie z inicjatywy Gości Pana Ministra i za jego zgodą miało charakter informacyjno-doradczy dot. planowanego nazajutrz spotkania Przedstawicieli Polskich Elektrowni Wodnych. Pan Minister wysłuchał, wyraził opinię i chyba zaaprobował a może i doradził jak temat prowadzić. Spotkanie ponoć przebiegało w serdecznej i przyjaznej atmosferze.

Skąd o tym wiem ? – otóż byłem wtedy u Pana Ministra w pokoju obok rozmawiając prywatnie z jego Żoną Panią Gabrielą. Z Ministrem Ścierskim przez parę lat pracowałem w Dziale Ruchu Elektrowni „Halemba"(stąd moja znajomość zawodowa i towarzyska z K. Ścierskim i jego rodziną) Tak się więc ułożyło że współuczestniczyłem w zorganizowania spotkania.(nieraz o pozytywnym efekcie prowadzenia tematu decydują jego kulisy)

Po 30-tu latach można i trzeba je udostępniać zaś 3 osoby tego spotkania już odeszły i nie miałyby nic przeciwko ich ujawnieniu.

A potem była intensywna praca Zarządu pierwszej kadencji , był to okres burzliwych przemian. W Polsce zmieniały się struktury i reguły prowadzenia krajowego przemysłu, a każda branża i grupa zawodowa „szukała” i walczyła o swoje nowe „dobre miejsce w szeregu”. W energetyce już prędzej powstały organizacje skupiające specjalistyczne grupy zakładów. Powstały m. innymi: „Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej”, „Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych”, „Towarzystwo Gospodarcze Elektrowni Cieplnych” i inne. Wynikła stad pilna potrzeba zorganizowania się energetyki wodnej, aby w tyglu zmian reguł prawnych, finansowych, strukturalnych być reprezentowanym , bo nieobecni nie mają głosu i bardzo często są pomijani w zapadających decyzjach, a ich problemy są marginalizowane.

I Zgromadzenie Krajowe TEW odbyło się w Jachrance k/Serocka dnia 2.X.1993

Tematów omawianych było bardzo dużo , ale nie opisując złożoności dochodzenia do decyzji końcowej dyskutowanej od 1990 roku na wielu forach, była informacja o zakończeniu i zrealizowaniu do końca 1993 roku procesu restrukturyzacji w energetyce wodnej utworzeniem trzech Spółek Akcyjnych Skarbu Państwa :

- ZEW Porąbka-Żar
- ESP Żarnowiec
- ZEW Dychów oraz
- SA „Elektrownie Szczytowo-Pompowe”

W grudniu 1993 r (22.XII.1993- akt notarialny, 31.XII.1993 rejestr sądowy) w ramach procesu restrukturyzacji sektora energetycznego zawiązana została spółka „Elektrownie Szczytowo-Pompowe S.A „ z siedzibą w Warszawie

Potem rytm cykliczny działalności TEW wyznaczały kolejne Zgromadzenia Krajowe i tak :

- II Zgromadzenie Krajowe odbyło się w Serocku 2.XI.1994
- III Zgromadzenie Krajowe odbyło się w Bełchatowie 4.X.1995
- IV Zgromadzenie Krajowe odbyło się w Pułtusku 14.X.1996

Potem były kolejne…..

Zgromadzenia Krajowe starano się łączyć z konferencjami naukowo-technicznymi, targami technicznymi, lub zwiedzaniem obiektów hydrotechnicznych i energetycznych w obrębie lokalizacji Zgromadzenia Krajowego.

Z albumu kol. H.Stachowicz: III Zgromadzenie Krajowe TEW miało miejsce w roku 1995 w Bełchatowie

Towarzystwo na przestrzeni 30 lat miało lepsze i trudniejsze okresy. Na X Zgromadzeniu Krajowym w Ciechocinku doszło do podziałów na tle linii programowej Towarzystwa oraz składu osobowego nowo wybranych władz. Dnia 12.XI.2002 rozpoczęło działalność konkurencyjne „Stowarzyszenie Energii Odnawialnej". Towarzystwo Elektrowni Wodnych przez parę lat wegetowało pomimo usilnych starań zmieniających się władz, próby nawiązania twórczych kontaktów z konkurencyjnym SEO spełzły na niczym. Na Zgromadzeniach Krajowych uczestniczyła niewielka ilość członków. (np. na XVI Zgromadzeniu Krajowym we Wrocławiu brało udział 37 członków na 172 zarejestrowanych). Taka sytuacja sprawiała brak quorum do podejmowania istotnych decyzji, paraliż pracy i zniechęcenie do niej.

Do przełomu doszło na XVII Zgromadzeniu Krajowym w Warszawie gdzie wybrano nowe władze TEW, działalność Towarzystwa zaczęła się wolno odbudowywać, aczkolwiek nigdy już nie wróciła atmosfera, jaka była do „Ciechocinka". Przyczyny upatruję w symbolicznym udziale i zaangażowaniu pracowników Kierownictwa i Dozoru technicznego największych firm energetyki wodnej. Starając się być obiektywnym: obustronne działania nie zawsze były fair, w niezgodzie zawsze przegrywa meritum sprawy, w tym przypadku przegranymi są podzielone środowiska energetyków i energetyka jako całość.

Jednak dorobek TEW jest niewątpliwy i tak:

- wymiana doświadczeń dot. dostępności i jakości stosowanych materiałów;
- ocena jakości usług świadczonych przez firmy na rzecz energetyki;
- wymiana doświadczeń z bieżącej eksploatacji;
- wymiar szkoleniowy przez : organizację sympozjów tematycznych, targów branżowych, udostępnianie źródeł informacji naukowo – technicznej, organizowanie wycieczek technicznych i poznawanie nowych obiektów hydrotechnicznych i elektrowni;
- niewątpliwy i bardzo ważny efekt integracji środowiska.

W/w było szczególnie istotne w latach 1990-2010 kiedy rynek usług i zaopatrzenia w kraju był w kryzysie.

Osobiście b. dobrze oceniam i wspominam swój udział w Towarzystwie, jestem jego współzałożycielem , 30 letnim członkiem, co nieco działałem w pierwszych latach jego istnienia, byłem uczestnikiem większości Zgromadzeń Krajowych , poznałem wielu wspaniałych Kolegów ze środowiska.

Z nostalgią wspominam Wielu którzy już odeszli, zaś obecnym życzę sukcesów w pracy i twórczej zgody. Z racji wieku (81 lat) skorzystałem z prawa do życzliwej krytycznej wypowiedzi na temat 30 letniej działalności Towarzystwa, poświęcając więcej uwagi na początki i kulisy tworzenia tej organizacji , upoważniało mnie to do tego czynne uczestnictwo oraz obowiązek przekazania obecnemu Koleżeństwu faktów, które nie mogą być im znane.

Z poważaniem

Leon Bubała

b. pracownik ZEW Porąbka-Żar SA

PROGRAM KONFERENCJI HYDROFORUM 2022

26 października 2022

9:00 Powitanie uczestników i otwarcie obrad

Sesja inauguracyjna

Sesję prowadzi: **Janusz Steller,** Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego HYDROFORUM 2022

9:00 **J. Steller** (IMP PAN/TEW):
Powitanie w imieniu Komitetu Organizacyjnego i TEW oraz informacje o programie

M.Lackowski (IMP PAN): List powitalny (odczytuje J.Steller)

E. Malicka (TRMEW): Powitanie w imieniu TRMEW

K.Wrzosek (PGW Wody Polskie): Wystąpienie w imieniu prezesa PGW Wody Polskie

S.Cieślak (SEP/ Politechnika Bydgoska): Wystąpienie Prezesa SEP

P.Popielski (Politechnika Warszawska): Wystąpienie Dziekana Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Otwarcie HYDROFORUM 2022

10:00 Przerwa kawowa

Sesja I: Energetyka wodna: kierunki rozwoju

Obrady prowadzi**: Maciej Kaniecki** (TG DNALOP Sp. z O.O.)

10:30 **P.Sobiesak, K.Wrzosek** (PGW Wody Polskie):
Realizowane i planowane inwestycje Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

11:00 **M.Kubecki** (TRMEW): *Magazynowanie energii kluczowe dla rozwoju OZE*

11:30 **L.Opyrchał**, A.Bąk (WAT): *Czy warto zbudować elektrownię szczytowo – pompową Turów?*

12:00 Przerwa kawowa

12:30 **Sesja II: Debata panelowa**
" Energetyka wodna dla bezpieczeństwa energetyczngo kraju "

Obrady prowadzi: **Janusz Steller** (IMP PAN/TEW)

13:30 Przerwa obiadowa

Sesja III: Prace badawczo-rozwojowe

Obrady prowadzi: **Janusz Skrzypacz** (Politechnika Wrocławska)

14:30 **M.Kaniecki, F.Tor, B. Ośmiałowski (**TG DNALOP**), Z.Krzemianowski** (IMP PAN)
S.Kowalczyk (ENSYS S.c.):
Ultra-niskospadowa turbina wodna Kaplana – doświadczenia z realizacji projektu badawczego

14:50 **P.Szulc, A. Nycz, J. Bieńkowski** (Politechnika Wrocławska):
Modelowanie przepływu cieczy w rurze ssącej średniobieżnej turbiny Francisa

15:10 **M. Lewandowski, A. Adamkowski** (IMP PAN), **S.Lewandowski** (EasyServ):
Praktyczne aspekty analizy trwałości zmęczeniowej rurociągów hydroenergetycznych

15:30 Przerwa kawowa

Sesja IV: Przemysł dla energetyki wodne

Obrady prowadzi**: Mariusz Hajdarowicz** (IMP PAN)

16:00 **E. Malicka** (TRMEW): *HYPOSO – jak europejskie firmy z branży hydroenergetycznej mogą zaistnieć na rynkach Afryki i Ameryki Łacińskiej*

16:20 **Ł. Kalina** (IOZE): *Nowoczesne turbiny Kaplana – najnowsze krajowe wdrożenia*

16:40 **J. Badura** (ANGA): *Uszczelnienia mechaniczne dla hydroenergetyki*

17:00 **M. Masek** (Belse): *Belzona – naprawa i regeneracja kompozytami polimerowymi*

Zakończenie obrad

PROGRAM SYMPOZJUM PROJEKTU Life NEXUS

27 października 2022

9:00 Powitanie uczestników i otwarcie obrad

Sesja LN1: Life NEXUS: ocena ukrytego potencjału

Obrady prowadzi: **Janusz Steller,** IMP PAN, Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego HYDROFORUM 2022

9:00 **J. Steller** (IMP PAN/TEW):
Powitanie w imieniu Komitetu Organizacyjnego oraz informacje o programie.

9:10 **P. Sikorski** (IGWP): *Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie*

9:30 **R.M. Lopez Fernandez, V.I. Serna González, L.Á. Bujedo, J.Samaniego** (CARTIF), **J.Steller** (IMP PAN)**, P.Punys, A.Radzevičius** (Uniwersytet Witolda Wlk.)**, M.Mirete** (Aquatec):
LIFE NEXUS: Pierwsza europejska inwentaryzacja mikro-hydroenergetycznego potencjału rekuperacyjnego w sektorze wodno-kanalizacyjnym (EN)

10:00 **P. Punys, A. Radzevičius** (Uniwersytet Witolda Wlk.): *Ocena potencjału hydroenergetycznego w instalacjach oczyszczania ścieków w kraju nizinnym na przykładzie Litwy* (EN)

10:20 Przerwa kawowa

Sesja LN2: Technologia - podstawy i przykłady (sesja szkoleniowa)

Obrady prowadzi**: Petras Punys**
(Uniwersytet Witolda Wielkiego w Kownie, Litewskie Towarzystwo Energetyki Wodnej)

10:40 **J. Steller, Z.Krzemianowski, M.Hajdarowicz** (IMP PAN): *Odzysk energii traconej w komunalnych i przemysłowych obiegach wodnych - wybrane aspekty technologiczne.*

11:40 **M.Lewandowski, A.Adamkowski** (IMP PAN), **M. Kaniecki** (TG DNALOP), **A. Kamiński** (Grupa Orlen)**, S.Lewandowski** (EasyServ): *Odzysk energii traconej w procesach technologicznych przedsiębiorstw przemysłowych. Praktyczne przykłady*

12:10 **J. Samaniego, L.A. Bujedo, R.M. López Fernández, V.I. Serna González** (CARTIF); **M. Mirete., J. Pages** (Aquatec): *Odzysk energii w stacji uzdatniania wody pitnej za pomocą innowacyjnej instalacji mikrohydroenergetycznej integrującej pompę w ruchu turbinowym z magazynem energii* (EN)

12:30 **M. Piękoś** (MPEC Kraków):
Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych MPEC Kraków

13:00 Przerwa obiadowa

Sesja LN3: Prace badawcze i technologie innowacyjne

Obrady prowadzi**: Waldemar Jędral** (Politechnika Warszawska)

14:00 **A. Machalski, J. Skrzypacz, P. Szulc** (Politechnika Wrocławska):
M. Janczak, W. Lorenz (Hydrovacuum SA):
Analiza zjawisk przepływowych w pompie odśrodkowej pracującej w reżimie turbinowym

14:20 **D. Liszka, D. Borkowski, D. Cholewa** (Aqua-Tech, Politechnika Krakowska, BC POWER)
Poprawa efektywności konwersji energii w małych elektrowniach wodnych z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury technicznej

14:40 **A. Olszewski, K. Rafał** (Instytut Optymalizacji Technologii):
Prototyp hydrozespołu z turbiną hydrokinetyczną

15:00 **J. Tomalik, K.A. Bloom** (Hydroresonance)**:** *Projektowanie MEW z punktu widzenia regeneracji środowiska przyrodniczego. Mała elektrownia wodna jako rzeczna stacja uzdatniania wody.*

15:30 Zamknięcie Sympozjum

Skróty:

IGWP	- Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie	SEP	- Stowarzyszenie Elektryków Polskich
IMP PAN	- Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk	TEW	- Towarzystwo Elektrowni Wodnych
IOZE	- Instytut OZE, Kielce	TRMEW	- Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych
MPEC	- Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej	WAT	- Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa
PGW	- Państwowe Gospodarstwo Wodne		

HYDROFORUM 2022 CONFERENCE PROGRAMME

October 26th, 2022

9:00 Welcome addresses and opening of the Conference

Opening session

Session chaired by **Janusz Steller,** Chairman of the HYDROFORUM 2022 Organising Committee

9:00 **J. Steller** (IMP PAN/TEW): Welcome address and information from the Organising Committee. Welcome address in the name of Polish Hydropower Association

M.Lackowski (IMP PAN): Welcome address by the IMP PAN Director (read by J.Steller)

E. Malicka (TRMEW): Welcome address of the President of Polish Association for Small Hydropower Development

K. Wrzosek (PGW Wody Polskie): Address in the name of PGW „Wody Polskie" President

S. Cieślak (SEP/ Bydgoszcz University of Technology): Welcome address by SEP President

P. Popielski (Warsaw University of Technology): Welcome address by the Dean Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering of the Warsaw University of Technology. Opening of HYDROFORUM 2022

10:00 Coffee break

Session I: Hydropower: development directions

Session chaired by**: Maciej Kaniecki** (TG DNALOP Sp. z O.O.)

10:30 **P.Sobiesak, K.Wrzosek** (PGW Wody Polskie): *The State Water Holding Polish Waters projects under construction and in planning* (PL)

11:00 **M.Kubecki** (TRMEW): *Key significance of energy storage for the RES sector development* (PL)

11:30 **L.Opyrchał**, A.Bąk (WAT): *Is the Turów Pumped Storage project feasible?*

12:00 Coffee break

12:30 Sesja II: Panel Debate " Hydropower for energy safety of Poland "

Debate chaired by: **Janusz Steller** (IMP PAN/TEW)

13:30 Lunch break

Session III: Research and development activities

Session chaired by: **Janusz Skrzypacz** (Wroclaw University of Technology)

14:30 **M.Kaniecki, F.Tor, B. Ośmiałowski (**TG DNALOP**), Z.Krzemianowski** (IMP PAN) **S.Kowalczyk** (ENSYS S.c.): *Ultra low head Kaplan water turbine - a research project experience* (PL)

14:50 **P.Szulc, A. Nycz, J. Bieńkowski** (Wroclaw University of Technology): *Modelling liquid flow through the draft tube of medium specific speed Francis turbine* (PL)

15:10 **M. Lewandowski, A. Adamkowski** (IMP PAN), **S.Lewandowski** (EasyServ): *Practical aspects of the hydropower penstock fatigue durability* (PL)

15:30 Coffee break

Session IV: Przemysł dla energetyki wodne

Session chaired by**: Mariusz Hajdarowicz** (IMP PAN)

16:00 **E. Malicka** (TRMEW): *HYPOSO – how European hydropower industry companies can gain visibility in Africa and Latin America* (PL)

16:20 **Ł. Kalina** (IOZE): *The modern Kaplan turbines – recent Polish implementations* (PL)

16:40 **J. Badura** (ANGA): *Mechanical seals for hydropower* (PL)

17:00 **M. Masek** (Belse): *Belzona – repair and regeneration by means of polymer composites* (PL)

Closing of the debate

Life NEXUS PROJECT SYMPOSIUM

27 October 2022

9:00 Welcome addresses and opening of the Symposium

Session LN1: Life NEXUS: assessment of the hidden potential

Session chaired by: **Janusz Steller,** IMP PAN, Chairman of the HYDROFORUM 2022 Organising Committee

9:00 **J. Steller** (IMP PAN/TEW): Welcome address and information from the Organising Committee.

9:10 **P.Sikorski** (IGWP): *Polish Waterworks Commercial Chamber* (PL)

9:30 **R.M. Lopez Fernandez, V.I. Serna González, L.Á. Bujedo, J.Samaniego** (CARTIF)**, J. Steller** (IMP PAN)**, P.Punys, A.Radzevičius** (Vytautas M. University)**, M.Mirete** (Aquatec)**:** *LIFE NEXUS: First European inventory of micro-hydroenergy recovery potential in the water industry*

10:00 **P. Punys, A. Radzevičius** (Vytautas M. University, Kaunas): *Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems in a Lowland Country, Lithuania*

10:20 Coffee break

Session LN2: Technology – fundamentals and examples (training session)

Session chaired by**: Petras Punys**
(Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuanian Hydropower Association)

10:40 **J. Steller, Z. Krzemianowski, M. Hajdarowicz** (IMP PAN): *Recovery of energy dissipated in the municipal and industrial water cycles – selected technological aspects* (PL)

11:40 **M. Lewandowski, A. Adamkowski** (IMP PAN), **M. Kaniecki** (TG DNALOP), **A. Kamiński** (Orlen Group)**, S. Lewandowski** (EasyServ): *Recovery of energy lost in technological processes of industrial enterprises. Practical examples* (PL)

12:10 **J. Samaniego, L.A. Bujedo, R.M. López Fernández, V.I. Serna González** (CARTIF); **M. Mirete., J. Pages** (Aquatec): *Energy recovery in a DWTP using an innovative micro-hydropower system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage*

12:30 **M. Piękoś** (MPEC Cracow): *Water turbine application in MPEC Cracow heating networks* (PL)

13:00 Lunch break

Sesja LN3: Research activities and innovative technologies

Session chaired by**: Waldemar Jędral** (Warsaw University of Technology)

14:00 **A. Machalski, J. Skrzypacz, P. Szulc** (Wroclaw University of Technology): **M. Janczak, W. Lorenz** (Hydrovacuum SA): *Flow phenomena analysis in a centrifugal pump running in turbine mode of operation* (PL)

14:20 **D. Liszka, D. Borkowski, D. Cholewa** (Aqua-Tech, Cracow University of Technology, BC POWER): *Improving energy conversion effectiveness in small hydropower plants using the available technical infrastructure* (PL)

14:40 **A. Olszewski, K. Rafał** (Institute of Technology Optimisation): *Hydrokinetic turbine unit prototype* (PL)

15:00 **J. Tomalik, K.A. Bloom** (Hydroresonance)**:** *Regenerative environmental approach to the design of SHPs. Small hydro power plant as a river water treatment station* (PL)

15:30 Closing of the Symposium

Abbreviations:

IGWP	- Polish Waterworks Commercial Chamber	SEP	- Association of Polish Electrical Engineers
IMP PAN	- Institute of Fluid Flow Machinery, Pol.. Ac. Sci.,	TEW	- Polish Hydropower Association
IOZE	- Institute of Renewable Energy Sources, Kielce	TRMEW	- Polish Association for Small Hydropower Development
MPEC	- Municipal Heat Energy Enterprise	WAT	- Military University of Technology, Warsaw
PGW	- the State Water Holding		

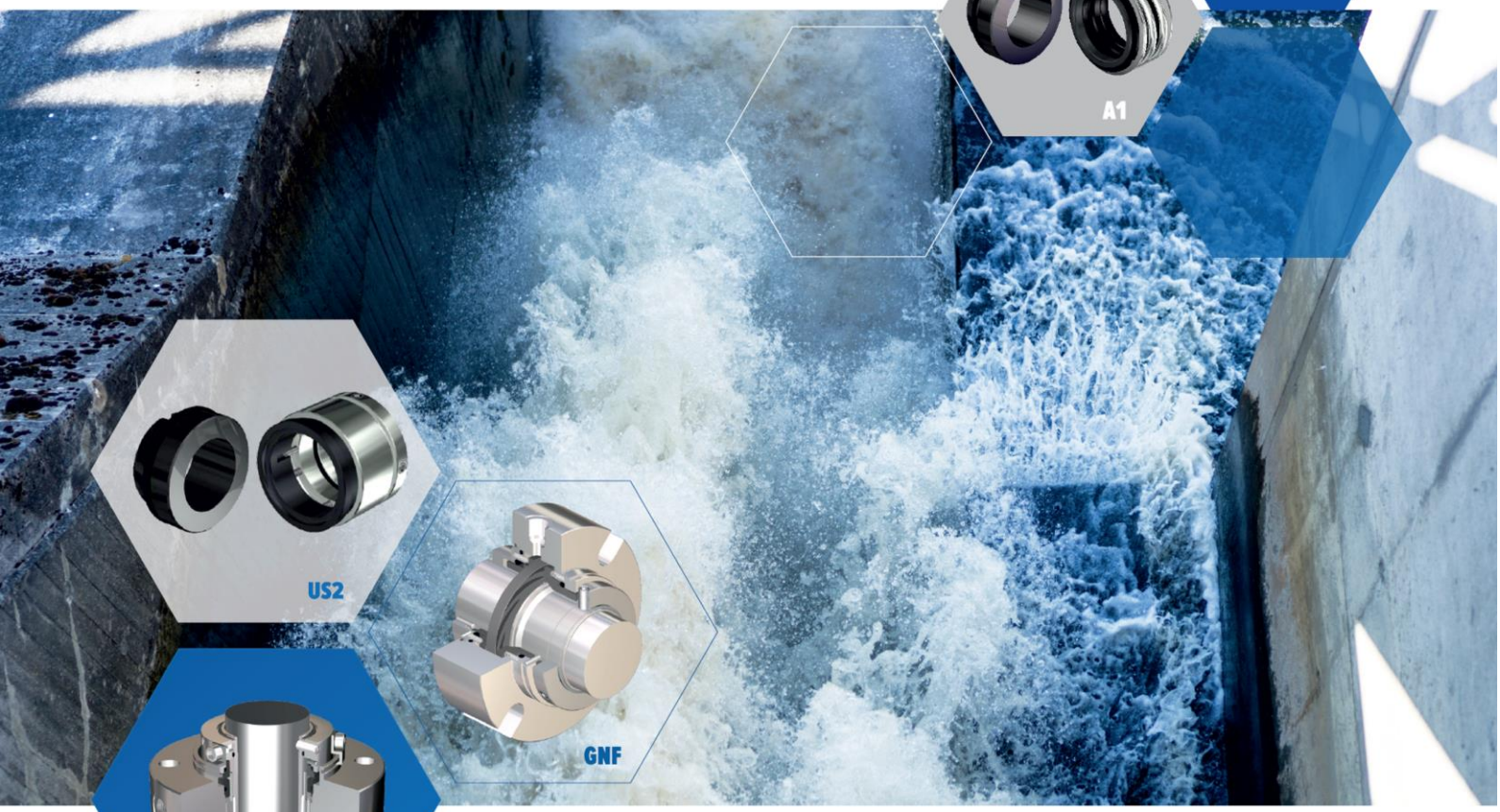
Jedenasta Polska Konferencja Hydroenergetyczna

The Eleventh Polish Hydropower Conference

HYDRO FORUM

USZCZELNIENIA MECHANICZNE DLA HYDROENERGETYKI

- ROZWIAZANIA SPECJALNE I NIETYPOWE
- REGENERACJA USZCZELNIEŃ ANGA I INNYCH PRODUCENTÓW
- PONAD 40 LAT DOŚWIADCZENIA
- PRODUKCJA W POLSCE



Zarządzanie Jakością ISO 9001 DEKRA certyfikat

Zarządzanie Środowiskowe ISO 14001 DEKRA certyfikat

Zarządzanie Bezpieczeństwem i Higieną Pracy ISO 45001 DEKRA certyfikat

ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.

ul. Wyzwolenia 550, 43-340 Kozy
T. 33 827 80 00, F. 33 827 80 11
E. anga@anga.com.pl

www.anga.com.pl

Sesja I

Energetyka wodna: kierunki rozwoju

Session I

Hydropower: development directions

1.1. Przemysław Sobiesak, Krzysztof Wrzosek:
Realizowane i planowane inwestycje Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

1.2. Michał Kubecki:
Magazynowanie energii kluczowe dla rozwoju OZE

1.3. Mariusz Lewandowski, Adam Adamkowski, Maciej Kaniecki, A. Kamiński, Stanisław Lewandowski
Praktyczne sposoby podwyższenia elastyczności pracy elektrowni szczytowo-pompowych w systemie elektroenergetycznym

Notatki **Notes**

Realizowane i planowane inwestycje Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie

Krzysztof Wrzosek

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20 00-653 Warszawa
e-mail: krzysztof.wrzosek@pw.edu.pl

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, ul Żelazna 59a, 00-848 Warszawa
e-mail: krzysztof.wrzosek@wody.gov.pl

Przemysław Sobiesak

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, ul Żelazna 59a, 00-848 Warszawa
e-mail: przemyslaw.sobiesak@wody.gov.pl

Uwagi ogólne

Potrzeby kraju w obszarze gospodarki wodnej są ogromne, co spowodowane jest niewystarczającymi inwestycjami w minionych 50 latach, a także niedostatecznym poziomem prac utrzymaniowych i remontowych na istniejących obiektach. Zapotrzebowanie na inwestycje w tym obszarze uwidoczniły się jeszcze bardziej w ostatnich latach, w których nasilają się niekorzystne dla środowiska, w tym wodnego, zmiany klimatyczne. Wszystkie te aspekty sprawiają, a wręcz wymuszają, aby Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (PGW Wody Polskie) planowały i realizowały inwestycje w obszarze gospodarki wodnej w sposób kompleksowy, zapewniając wszystkie uzasadnione społecznie, gospodarczo, ekonomicznie i środowiskowo potrzeby użytkowników i konsumentów, przy jednoczesnym utrzymaniu trwałej równowagi bilansu wodnego i pożądanego stanu środowiska naturalnego.

Jednym z pozytywnych następstw zmian organizacyjnych w zarządzaniu gospodarką wodną po 2018 roku jest właściwa organizacja i przejrzysty podział zadań oraz kompetencji pomiędzy ministrem właściwym ds. gospodarki wodnej i ds. żeglugi śródlądowej (obecnie Ministerstwo Infrastruktury), odpowiedzialnym m.in. za przygotowanie planów i programów strategicznych, a Prezesem PGW Wody Polskie, realizującym zadania inwestycyjne wynikające z tych planów i programów, by osiągnąć wszystkie wyznaczone cele.

Plany i programy strategiczne podlegają konsultacjom społecznym, a zaliczają się do nich m.in.:

- Plan gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy (PGW);
- Plan przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS);
- Program przeciwdziałania niedoborowi wody (PPNW);
- Plan zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP);
- Krajowy program żeglugowy (KPŻ).

Na podstawie planów i programów strategicznych PGW Wody Polskie opracowały Program Planowanych Inwestycji (PPI), który jest na bieżąco aktualizowany i obecnie zawiera blisko 1 800 zadań będących w kompetencji Pionu Ochrony Przed Powodzią i Suszą z całkowitym szacunkowym kosztem realizacji inwestycji na łączną kwotę ok. 85 mld zł (stan na koniec sierpnia 2022), z czego aktualnie blisko 400 zadań na łączną kwotę ok. 26 mld zł ma w części lub całości zapewnione źródło finansowania i są one w trakcie realizacji. Natomiast dla pozostałych zadań PGW Wody Polskie czynią starania w zakresie pozyskania środków finansowych na ich realizację.

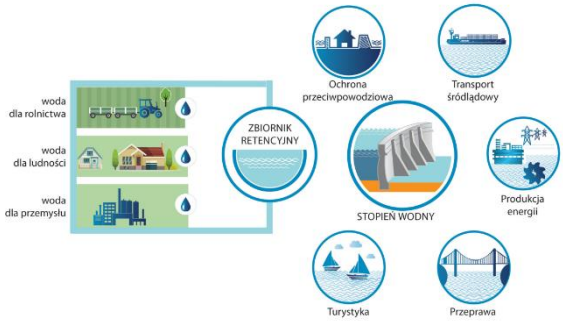
Źródła finansowania wykorzystywane obecnie:

- Środki własne z przeznaczeniem na założenia do Programu Kształtowania Zasobów Wodnych (PKZW);
- Środki własne z przeznaczeniem na Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW);
- Środki własne - nakłady inwestycyjne podlegające finansowaniu z przychodów uzyskiwanych z prowadzonej działalności statutowej wymienionych w art. 255 ust. 1-9 oraz 10a ustawy Prawo Wodne;
- Środki z budżetu państwa w ramach dotacji;
- Program wieloletni pn.: „Ochrona przeciwpowodziowa i osiągnięcie korzystnego bilansu wodnego w rejonie Odry Środkowej – cofka stopnia wodnego Malczyce”;
- Projekt Ochrony Przeciwpowodziowej w Dorzeczu Odry i Wisły (POPDOW);
- Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2014-2020 (POIiŚ 2014-2020);
- Regionalne Programy Operacyjne 2014-2020 (RPO 2014-2020);
- Program Operacyjny Rybactwo i Morze;
- Instrument "Łącząc Europę" (CEF).

Planowane źródła finansowania:

- Program wieloletni „Gospodarowanie zasobami wodnymi w Polsce”;
- Program wieloletni pn. „Kompleksowe zagospodarowanie środkowej Odry”;
- Program wieloletni pn. „Kompleksowe zagospodarowanie Dolnej Wisły”;
- Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 (FEnIKS);
- Fundusze Europejskie dla Regionów 2021-2027;
- Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej 2021-2027;
- Program LIFE;
- Instrument "Łącząc Europę" (CEF 2).

Fundamentalnym założeniem dla wszystkich realizowanych i planowanych inwestycji jest RACJONALNE GOSPODAROWANIE WODAMI, a budowane obiekty mają być WIELOFUNKCYJNE, realizowane przy szczególnym poszanowaniu środowiska naturalnego, co jest podstawową zasadą oraz kierunkiem jakie powinny być przyjęte przy realizowaniu kolejnych inwestycji w obszarze gospodarki wodnej.



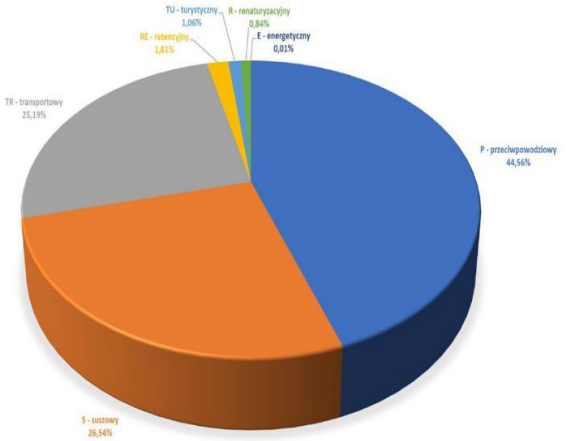
Rys. 1. Wielofunkcyjność budowli hydrotechnicznej na przykładzie stopnia wodnego

Bez wątpienia współczesne budownictwo hydrotechniczne wpływa na ochronę środowiska i poprawia jego jakość, a nierzadko rozwiązania konstrukcyjne, takie jak np. umocnienia czy budowle regulacyjne, tj. prowadzące do osiągnięcia przez rzekę stanu równowagi hydrodynamicznej, wykonywane są z materiałów naturalnych, „przyjaznych środowisku", takich jak drewno, faszyna czy kamień. Budowle takie są niezbędne do regulacji warunków wodnych, a nierzadko są konstrukcjami wykorzystywanymi do czynnej ochrony na obszarach cennych przyrodniczo. Umożliwiają również swobodne przemieszczanie się organizmów wodnych, jak również dobrze wkomponowują się w krajobraz nadrzeczny, poprawiając jakość życia mieszkańców i zwiększając atrakcyjność tych terenów.

Należy jednak podkreślić, że każdy planowany obiekt wielofunkcyjny będzie charakteryzował się funkcją wiodącą, które zestawiono w tabeli nr 1, wśród których przeważają inwestycje o charakterze przeciwpowodziowym, transportowym i suszowym – rys. 2.

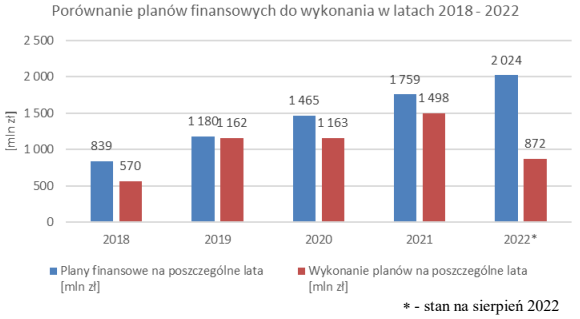
Tab. 1. Liczba zadań i szacunkowy koszt inwestycji z podziałem na wiodący charakter inwestycji

Nazwa wiodącego charakteru inwestycji	Liczba zadań	Całkowity szacunkowy koszt realizacji inwestycji [PLN]	Udział w koszcie wszystkich planowanych inwestycji PGW WP [%]
P - przeciwpowodziowy	1268	39 373 900 105,91	46,42%
RE - retencyjny	281	1 483 896 775,40	1,75%
S - suszowy	127	21 749 092 033,64	25,64%
TR - transportowy	50	20 648 796 418,94	24,34%
R - renaturyzacyjny	35	687 083 800,45	0,81%
TU - turystyczny	19	869 350 064,23	1,02%
E - energetyczny	7	5 385 649,71	0,01%
Suma końcowa	**1783**	**84 817 504 848,28**	100,00%

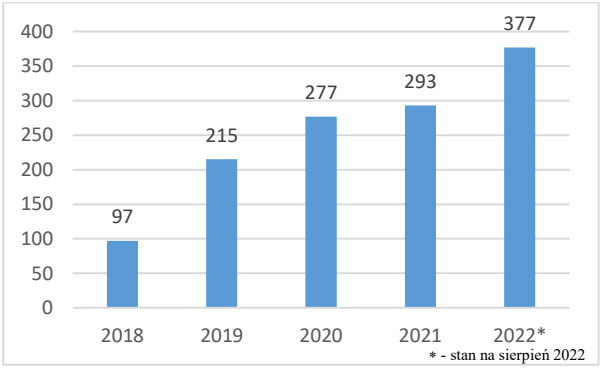


Rys. 2. Udział procentowy kosztów zadań ze względu na charakter inwestycji w Programie planowanych inwestycji w gospodarce wodnej PGW Wody Polskie

Jak wspomniano na wstępie, potrzeby kraju w obszarze gospodarki wodnej są ogromne. Wody Polskie konsekwentnie prowadzą działania, które mają na celu zaspokojenie tych potrzeb i pomimo, że minęło zaledwie 4 lata działalności tej instytucji to już dzisiaj widać znaczny i systematyczny przyrost realizowanych inwestycji – rys. 3 i rys. 4.



Rys. 3. Porównanie planów finansowych do wykonania w latach 2018 – 2022



Rys. 4. Liczba realizowanych inwestycji w latach 2018 - 2022

W prezentacji podano liczne przykłady realizowanych obecnie inwestycji w podziale etap robót budowlanych i etap przygotowania dokumentacji projektowej.

Rys. 5. Przykład inwestycji na etapie robót budowlanych. Budowa suchego zbiornika przeciwpowodziowego rzeka Nysa Kłodzka w miejscowości Boboszów - widok w osi zapory od strony prawego przyczółka.

Rys. 6. Przykład inwestycji na etapie przygotowania dokumentacji projektowej. Budowa zbiornika wodnego Kąty-Myscowa na rzece Wisłoce PGW WP RZGW w Rzeszowie – wizualizacja zapory o wysokości piętrzenia 45,7 m.

Przywołania

1. **Biegowski, J., Robakiewicz, M., Woś, K., & Wrzosek, K. (2022).** Sediment Transport Management Using the Planned Construction of the Lower Vistula Cascade as an Example. Energies , 15 , 1–17. https://doi.org/10.3390/en15051689
2. **Woś, K., Wrzosek, K., & Kolerski, T. (2022).** The Energy Potential of the Lower Vistula River in the Context of the Adaptation of Polish Inland Waterways to the Standards of Routes of International Importance. Energies , 15 , 1–14. https://doi.org/10.3390/en15051711
3. **Woś, K., & Wrzosek, K. (2021).** The Siarzewo barrage: a key element in Poland’s investment plans. International Journal on Hydropower and Dams , 28 , 34–40.
4. **Wrzosek, K., & Sobiesak, P. (2021).** Characteristic Technical Solutions of Barrages Planned on the Vistula River on the International E40 Waterway. Energetyka Wodna , 39 , 34–42.
5. **Wrzosek, K., Sobiesak, P., & Sikorski, G. (2021).** Charakterystyczne rozwiązania techniczne planowanych stopni wodnych na rzece Wiśle. Energetyka Wodna , 34–42.
6. **Wrzosek, K., Sobiesak, P., & Sikorski, G. (2021).** Charakterystyczne rozwiązania techniczne planowanych stopni wodnych na rzece Wiśle na odcinku Międzynarodowej Drogi Wodnej E40. Gospodarka Wodna , 23–32.
7. **Woś, K., Wrzosek, K., & Pieron, Ł. (2021).** Realizowane i planowane wielofunkcyjne inwestycje na polskich śródlądowych drogach wodnych. In (ed.), HYDROFORUM 2021. X Jubileuszowa Polska Konferencja Hydroenergetyczna. Streszczenia wystąpień konferencyjnych (pp. 60–61). Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk.
8. **Woś, K., Wrzosek, K., & Pieron, Ł. (2021).** Realizowane i planowane wielofunkcyjne inwestycje na polskich śródlądowych drogach wodnych [Paper presented].
9. **Kolerski, T., Wrzosek, K., Sobiesak, P., & Polak, K. (2020).** Modelowanie matematyczne transportu lodu w rejonie projektowanego Stopnia Wodnego Siarzewo. Gospodarka Wodna , 80 , 31–37.
10. **Wrzosek, K., Jurek, K., Górnik-Ziemkowska, M., Sobiesak, P., & Puchała, M. (2020).** Stopień Wodny Siarzewo - lokalizacja i rozwiązania techniczne. Gospodarka Wodna , 80 , 13–16.
11. **Walczak, Z., Sroka, Z., Tschuschke, W., Stefanek, P., & Wrzosek, K. (2017).** Straty filtracyjne zrzutów ze zbiornika Jeziorsko zasilających przepływy niżówkowe Warty. Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus , 16 , 217–232. https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2017.16.4.217

Autorzy

Krzysztof Wrzosek, dr inż., blisko trzydziestoletnie doświadczenie inżynieryjne w projektowaniu, kontroli stanu technicznego i ocenie stanu bezpieczeństwa obiektów budowlanych gospodarki wodnej, w tym związanych z zabezpieczeniem przeciwpowodziowym, retencją wód i regulacją rzek, jak również nietypowych budowli przemysłowych takich jak obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (OUOW) i składowiska odpadów paleniskowych. Od roku 1994 pracownik naukowo-dydaktyczny Politechniki Warszawskiej, a od 2018 roku również Ekspert ds. projektów strategicznych w Państwowym Gospodarstwie Wodnym Wody Polskie, który zajmuje się rekomendowaniem działań oraz wsparciem merytorycznym w realizacji kluczowych inwestycji w zakresie gospodarki wodnej. W latach 2019-2021 Kierownik Projektu SW Siarzewo. Autor 47 publikacji i kilkuset opracowań niepublikowanych. Od roku 2000 związany z KGHM Polska Miedź S.A., gdzie w latach 2006-2017, pełnił funkcję Generalnego Projektanta Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most (jako pracownik biura Hydroprojekt), a obecnie konsultant do spraw OUOW (TSF) w Sierra Gorda w Chile – członek TSF Technical Committee. Uprawnienie budowlane do projektowania bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno-budowlanej oraz z ograniczeniami w specjalności drogowej i mostowej, uzyskane w 2004 roku. Od 2021 wiceprzewodniczący Polskiego Komitetu Wielkich Zapór (POLCOLD), członek Rady naukowej Instytutu Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk, Prezes Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych (SITWM) i Członek Zarządu Stowarzyszenia Absolwentów Budownictwa Wodnego i Gospodarki Wodnej Politechniki Warszawskiej.

Przemysław Sobiesak, mgr inż., Hydrotechnik, inżynier z 16-letnim doświadczeniem zawodowym, specjalizujący się w projektowaniu obiektów hydrotechnicznych, głównie zapór ziemnych, systemów drenażowych oraz zapór budowanych z odpadów (tailings dams). Posiada doświadczenie w projektowaniu badań geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych oraz systemów monitoringu obiektów hydrotechnicznych, opracowywaniu instrukcji eksploatacji obiektów hydrotechnicznych i planów operacyjno-ratowniczych. W swojej zawodowej karierze zdobył duże doświadczenie w organizacji i koordynacji prac projektowych kierując wielobranżowymi zespołami projektowymi liczącymi od kilku do kilkudziesięciu

projektantów i asystentów. Przy realizacji projektów stale współpracuje z inżynierami z ogromnym bagażem doświadczeń, którzy byli i są autorami projektów obiektów hydrotechnicznych, budowanych zarówno w Polsce, jak i za granicą.

Absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska (obecnie Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska) Politechniki Warszawskiej – specjalność Inżynieria Wodna, oraz uzyskał absolutorium studiów magisterskich na kierunku Budownictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Uczestnik licznych kongresów, konferencji i seminariów naukowych i naukowo-technicznych z zakresu bezpieczeństwa budowli, monitoringu budowli, konstrukcji zapór z odpadów kopalnianych, technologii deponowania odpadów kopalnianych. Jest współautorem krajowych i zagranicznych artykułów naukowo-technicznych.

Członek Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa, Polskiego Komitetu Wielkich Zapór (POLCOLD), Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Stowarzyszenia Absolwentów Budownictwa Wodnego i Gospodarki Wodnej Politechniki Warszawskiej.

W latach 2006-2018 zawodowo związany z hydrotechnicznym biurem projektowym z kilkudziesięcioletnim doświadczeniem na rynku krajowym i zagranicznym – Hydroprojekt z siedzibą w Warszawie. Podczas blisko 13-letniej pracy w Hydroprojekcie przeszedł ścieżkę od Asystenta Projektanta do Generalnego Projektanta.

Od 2019 roku pracownik Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej PGW Wody Polskie, w którym obecnie zajmuje stanowisko Dyrektora Departamentu Przygotowania i Realizacji Inwestycji.

Magazynowanie energii kluczowe dla rozwoju OZE

Michał Kubecki

Instytut OZE Sp. z o.o., Kielce
e-mail: michal.kubecki@ioze.pl

Stan i zapotrzebowanie sieci

Obecny kryzys na rynku energii i obrana europejska strategia energetyczna przyczyniają się do dynamicznego rozwoju odnawialnych źródeł energii. Wysoki udział OZE jest jednak wyzwaniem dla systemów wytwarzania, przesyłu i dystrybucji w obecnym stanie. Źródła te charakteryzują się dużą zmiennością produkcji i jej nieprzewidywalnością, a dobowy profil wytwórczy nie jest tożsamy z profilem zapotrzebowania odbiorców. Aby zapewnić bezpieczeństwo sieci i odpowiednio zbilansowany miks energetyczny należy sukcesywnie rozwijać projekty związane z magazynowaniem energii i inwestować w elastyczne źródła wytwórcze.

Znaczenie hydroenergetyki

Hydroenergetyka odgrywa kluczową rolę w bilansowaniu innych, mniej stabilnych źródeł, dlatego też nie jest możliwe osiągnięcie miksu energetycznego opartego w 100% na OZE bez odpowiedniego udziału energetyki wodnej. Inwestycje w przepływowe elektrownie wodne oraz elektrownie szczytowo-pompowe to zdecydowany krok w kierunku zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego.

Elektrownie szczytowo-pompowe

Efektywne i wydajne magazynowanie energii to zapewnienie możliwie najlepszego wykorzystania wyprodukowanej energii, a także stworzenie warunków do powstawania kolejnych mocy wytwórczych OZE. W ostatnich latach w kontekście magazynowania energii szczególnego znaczenia nabierają elektrownie szczytowo-pompowe. Ich wartość jest bardzo istotna z punktu widzenia bilansowania OZE oraz sytuacji wymagających nagłej interwencji, jak awarie głównych bloków energetycznych i obiektów wytwórczych. Posiadają powiem zdolność relatywnie szybkiego rozruchu, a zatem realnie podnoszą bezpieczeństwo energetyczne.

W Polsce znajduje się 6 elektrowni szczytowo-pompowych, które powstały w XX wieku. W ostatnich latach mamy do czynienia z intensyfikacją prac nad rozwojem ESP – na etapie planowania jest 6 kolejnych obiektów. Obecnie trwają prace nad projektem ESP Młoty, o mocy 750 MW. Firma instytut OZE jest zaangażowana w opracowanie studium wykonalności dla tego przedsięwzięcia w zakresie projektu podstawowego, możliwości przyłączenia do Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) oraz analizy ekonomiczno-finansowej całego przedsięwzięcia.

Elektrochemiczne magazyny energii

Na rynku coraz większą popularność zyskują elektrochemiczne magazyny energii. Ich przewagą konkurencyjną względem ESP jest krótszy czas realizacji przedsięwzięcia, niższe nakłady inwestycyjne oraz szybkość pracy. Technologia elektrochemicznych magazynów energii proponuje rozwiązania otwierające przestrzeń dla szerokiego grona odbiorców. Ze względu na uniwersalność, modułowość i skalowalność mają zastosowanie zarówno w przypadku mocy rzędu kilku kW do kilkuset MW.

Rozwój elektrochemicznych magazynów energii w Polsce

W Polsce ma powstać największy w Europie magazyn elektrochemiczny, zlokalizowany w Żarnowcu, w niedalekim sąsiedztwie ESP. System bateryjnego magazynu energii zostanie przyłączony do GPZ Żarnowiec po stronie 400 kV, który stanowi również punkt przyłączeniowy instalacji fotowoltaicznych dużej skali oraz farm wiatrowych planowanych na morzu i lądzie. Instytut OZE jest zaangażowany w opracowanie Studium Wykonalności oraz Program Funkcjonalno-Użytkowy. Bateryjny magazyn energii elektrycznej projektowany jest na niespełna 1 GWh pojemności.

Autor

Michał Kubecki, mgr inżynier, w roku 2007 ukończył studia na Wydziale Mechatroniki i Budowy Maszyn o specjalności Technologie Laserowe i Plazmowe. Następnie podjął naukę na Akademii Górniczo – Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie - Szkoła Ochrony i Inżynierii Środowiska im. Walerego Goetla, gdzie ukończył w 2008 roku studia podyplomowe na kierunku Odnawialne Zasoby i Źródła Energii. Od 2008 do 2018 roku sprawował funkcję Członka Zarządu w Towarzystwie Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych (TRMEW).

W 2009 roku do objął funkcję Prezesa Zarządu w firmie Instytut OZE Sp. z o.o., która zajmuje się kompleksową realizacją inwestycji związanych z energetyką odnawialną: projekty budowlane i wykonawcze, koncepcje techniczne i analizy ekonomiczne inwestycji, raporty oddziaływania na środowisko, wybór lokalizacji pod inwestycję, analizy przestrzenne przy wykorzystaniu narzędzi GIS, operaty wodnoprawne, projekty badawczo – rozwojowe i dobór technologii do każdej inwestycji hydroenergetycznej. Od 2012 roku jest Redaktorem Naczelnym kwartalnika „Energetyka Wodna”.

Praktyczne sposoby podwyższenia elastyczności pracy elektrowni szczytowo-pompowych w systemie elektroenergetycznym

Mariusz Lewandowski, Adam Adamkowski

Instytut Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego
Polska Akademia Nauk
ul.Fiszera 14, 80-952 Gdańsk
e-mail: aadam@imp.gda.pl, mlew@imp.gda.pl

Arkadiusz Kamiński

Polski Koncern Naftowy Orlen
ul. Chemików 7, 09-411 Płock
e-mail: Arkadiusz.Kaminski@orlen.pl

Maciej Kaniecki

T-G DNALOP Sp. z o.o. ,
ul. Przemysłowa 11, 76-200 Redzikowo
e-mail: maciejk@thordonbearings.com

Stanisław Lewandowski

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
Easy Serv Sp. z o.o. Sp. k.
ul Glińskiego 13, 84-239 Bolszewo
e-mail: easyserv.spk@gmail.com

Opublikowany raport Międzynarodowej Agencji Energetycznej [IEA] „***OZE 2021***" wykazuje, jak dramatycznie pilne musi być w energetyce światowej odchodzenie od paliw kopalnych, w tym przede wszystkim od węgla. Zgodnie z jego treścią szacuje się, że aby osiągnąć do 2050 r. zerową emisję netto, roczne przyrosty mocy w zakresie energii odnawialnej muszą być o 80 procent wyższe niż obecne prognozy.

Dynamika nasycenia systemów energetycznych źródłami wytwarzania energii elektrycznej wykorzystującymi odnawialną energię rośnie i będzie rosła przynajmniej do czasu, gdy osiągnięty zostanie cel, jakim jest zerowa emisja dwutlenku węgla netto. Największy przyrost instalacji oze występuje, i nadal jest oczekiwany w obszarze wykorzystywania energii wiatru i promieniowania słonecznego. Te źródła energii, określane jako „niespokojne" w związku z tym, że charakteryzują się dużą szybkością zmian wytwarzanej energii przy jednoczesnym wysokim stopniu nieprzewidywalności, w znaczącym stopniu determinują parametry pracy systemów energetycznych. Dodatkowo na dynamikę zmian parametrów pracy systemów energetycznych nakłada się rosnąca dynamika zmian poboru energii związana z rozwojem technologicznym w przemyśle oraz u odbiorców indywidualnych, z postępującym globalnym ociepleniem, zmiennością uwarunkowań geopolitycznych oraz rosnącymi kosztami pozyskiwania energii. Są to podstawowe przyczyny rzutujące na stabilność pracy systemu elektroenergetycznego. Dla stabilizacji parametrów systemu elektroenergetycznego konieczne jest bilansowanie dynamicznych zmian, jakie występują zarówno po stronie wytwarzania energii, jak i po stronie jej odbiorców. W tym celu wykorzystywane są różne, bardziej lub mniej skuteczne i wyrafinowane sposoby techniczne, technologiczne, organizacyjne i formalno-prawne, m.in. instalowanie w systemach energetycznych wysoce dyspozycyjnych i elastycznych źródeł wytwarzania o szerokich pasmach regulacji mocy. Uwaga dyspozytorów systemów energetycznych w Europie i na świecie skierowana jest w szczególności na wykorzystanie energii wodnej w programach transformacji energetycznej. Czy i jak elektrownie wodne, stanowiące wśród instalacji oze jedno z najstabilniejszych źródeł wytwarzania energii elektrycznej, mogą pełnić rolę źródeł elastycznych, które wesprą bilansowanie niestabilnych źródeł w systemie elektroenergetycznym, będzie zależeć w głównej mierze od przeprowadzenia kierunkowej modernizacji aktualnie eksploatowanych elektrowni. Główna uwaga skierowana jest przede wszystkim na elektrownie wodne dysponujące możliwością średnio i długoterminowego magazynowania energii w zbiornikach wodnych. Są to elektrownie wodne zbiornikowe z dopływem naturalnym, jak również klasyczne elektrownie szczytowo – pompowe pracujące w obiegu zamkniętym. W aktualnie realizowanych projektach w światowej energetyce wodnej wykorzystuje się możliwości powiększania zdolności produkcyjnych, poprzez budowę nowych obiektów hydroenergetycznych, ale też podwyższenie dyspozycyjności i elastyczności elektrowni wodnych zwiększając techniczne możliwości regulacji mocy czynnej i napięcia. Niektóre ze sposobów realizacji tych celów stosowanych w światowej energetyce wodnej zostaną zaprezentowane w niniejszym referacie. Nakłady na wdrożenie proponowanych rozwiązań technicznych i technologicznych są znaczące, a dla niektórych rozwiązań wręcz bardzo wysokie. Czy właściciele elektrowni wodnych sięgną po sugerowane rozwiązania w swojej działalności gospodarczej będzie zależeć od tego, jak zostanie zorganizowany europejski i krajowy rynek energii elektrycznej. Energia wodna może i powinna odegrać kluczową rolę w osiągnięciu celu, jakim jest zerowa emisja netto. Warunkowane jest to jednak wypracowaniem i wdrożeniem odpowiednich ram politycznych, które dadzą pewność uzyskania oczekiwanej efektywności ekonomicznej podejmowanych przedsięwzięć modernizacyjnych.

Według IEA elektrownie wodne są głównym czynnikiem wpływającym pozytywnie na elastyczność pracy systemu energetycznego. W swoim raporcie rynkowym na temat energii wodnej z 2021 r. IEA stwierdza, że, ***elastyczność i możliwości magazynowe elektrowni zbiornikowych i elektrowni szczytowo-pompowych nie mają sobie równych w żadnej innej technologii***".

Autorzy

Mariusz Lewandowski, dr inż., absolwent Politechniki Gdańskiej. Obecnie adiunkt w Zakładzie Hydroenergetyki w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Główne zainteresowania zawodowe to m.in.: przepływy niestacjonarne w przewodach zamkniętych, badania maszyn przepływowych.

Adam Adamkowski, prof. dr hab. inż., absolwent Politechniki Gdańskiej. Obecnie kierownik Zakładu Hydroenergetyki w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Główne zainteresowania zawodowe to m.in., analizy i badania zjawisk niestacjonarnych w układach przepływowych pomp wirowych i turbin wodnych, zagadnień projektowania i eksploatacji wirowych maszyn wodnych, badań energetycznych i diagnostycznych tych maszyn w warunkach eksploatacyjnych.

Arkadiusz Kamiński, dr hab. inż., absolwent Politechniki Warszawskiej. W latach 2000-2014 wykładowca na tej uczelni, Habilitacja na Akademii Górniczo-Hutniczej. Obecnie ekspert w PKN ORLEN w obszarze operacyjnym, w zakresie ochrony środowiska i zasobów naturalnych oraz gospodarki wodnościekowej i energetyki.

Maciej Kaniecki, dr inż., ukończył Wydział Budowy Maszyn w roku 1998. W roku 2005 obronił prace doktorską z zakresu modelowania przepływów. W latach 1998-2013 zatrudniony w IMPPAN. W latach 2013-2020 zatrudniony w ZRE Gdańsk. Obecnie pracownik T-G DNALOP. Zakres jego kompetencji obejmuje projektowanie i badania turbin wodnych i pomp.

Stanisław Lewandowski, mgr inż., absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej. Pracuje w sektorze elektroenergetycznym od 1973 roku. Obecnie główny komandytariusz firmy Easy Serv sp. z o.o. sp. k. o profilu konsultingowym w obszarze energetyki wodnej. Członek Zarządu Towarzystwa Elektrowni Wodnych.

Sesja III

Prace badawczo-rozwojowe

Session III

Research and development activities

3.1. Maciej Kaniecki, Filip Tor, Bartłomiej Ośmiałowski, Zbigniew Krzemianowski, Sebastian Kowalczyk:
Ultra-niskospadowa turbina wodna Kaplana – doświadczenia z realizacji projektu badawczego

3.2. Przemysław Szulc, Aneta Nycz, Jacek Bieńkowski:
Modelowanie przepływu cieczy w rurze ssącej średniobieżnej turbiny Francisa

3.3. Mariusz Lewandowski, Adam Adamkowski, Stanisław Lewandowski
Praktyczne aspekty analizy trwałości zmęczeniowej rurociągów hydroenergetycznych

Notatki **Notes**

Ultraniskospadowa turbina wodna Kaplana – doświadczenia z realizacji projektu badawczego

Maciej Kaniecki, FilipTor, Bartłomiej Ośmiałowski

T-G DNALOP Sp. z o.o. , Redzikowo k. Słupska
e-mail: maciejk@thordonbearings.com, filipt@thordonbearings.com, barteko@thordonbearings.com

Zbigniew Krzemianowski

Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk
e-mail: krzemian@imp.gda.pl

Sebastian Kowalczyk

ENSYS S.C. , Śliwiny k. Pruszcza Gdańskiego
e-mail: office@ensys.pl

Wprowadzenie

Narastający kryzys energetyczny oraz związany z nim znaczący wzrost cen energii powoduje, iż na całym świecie tematem przewodnim staje się dywersyfikacja dostaw energii oraz wykorzystanie własnych zasobów energetycznych, w szczególności źródeł „zielonej” energii. Jednym z obszarów, w którym istnieją ciągle niewykorzystany potencjał, jest hydroenergetyka niskospadowa (do $H_{brutto} < 3$ m).

Firma T-G DNALOP wykonała analizę potencjału rynkowego w zakresie modernizacji niskospadowych obiektów MEW zarówno w Polsce, jak i innych krajach. Wnioski płynące z przeprowadzonego rozeznania rynku jasno wskazywały, iż istnieje potrzeba produkcji hydrozespołów charakteryzujących się wysokim wyróżnikiem szybkobieżności, a więc przeznaczonych do pracy przy niskich spadach i relatywnie wysokich przepływach – dedykowanych do obiektów niskospadowych. Konsekwencją przeprowadzonych badań rynkowych, jest realizacja przez firmę od roku 2020 projektu badawczego, dotyczącego projektowania i produkcji ultra-niskospadowych turbin wodnych typu Kaplana, dofinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (nr projektu POIR.01.01.01-00-0960/18). Finalnym efektem prowadzonych prac ma być opracowanie konstrukcji całego typoszeregu turbin oraz budowa i uruchomienie hydrozespołu prototypowego.

Opis projektu

Realizowany projekt został podzielony na cztery etapy:

poczynając od założeń koncepcyjnych i projektu układu przepływowego, a kończąc na budowie, instalacji i badaniach prototypu. Obecnie realizowany jest ostatni etap projektu, związany z budową prototypu hydrozespołu.

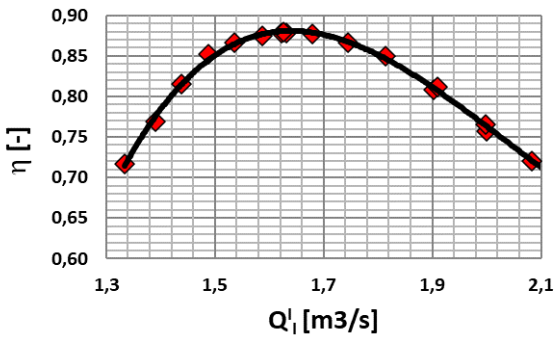
W niniejszej prezentacji autorzy przedstawili najistotniejsze rezultaty przeprowadzonych badań modelowych oraz zaprezentowali koncepcje i rozwiązania techniczne hydrozespołu prototypowego.

Kluczowym elementem projektu turbin wodnych, w tym także maszyn niskospadowych, jest sprawdzony, gwarantujący wysokie parametry energetyczne układ przepływowy turbiny. Jednym z kamieni milowych powyższego projektu było więc wykonanie badań laboratoryjnych modelu turbiny.

Kulminacją realizacji etapu drugiego było przeprowadzenie badań modelowych hydrozespołu na stanowisku eksperymentalnym Instytutu Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. Zakres przeprowadzonych testów obejmował wyznaczenie charakterystyk sprawności, krzywych kawitacyjnych z określeniem krytycznych wartości liczby kawitacyjnej, oraz wyznaczenie krzywych rozbiegowych maszyny.

Rys.1 Turbina modelowa o średnicy wirnika 300 mm na stanowisku badawczym w IMPPAN

Przeprowadzone badania energetyczne modelowej turbiny pozwoliły określić wartości sprawności dla szerokiego zakresu przepływów i szybkości obrotowych. Uzyskana maksymalna sprawność turbiny na poziomie 87.7% jest wielkością w pełni satysfakcjonującą. Po uwzględnieniu efektu skali dla większych maszyn, wartość sprawności przekroczy bowiem 90%.



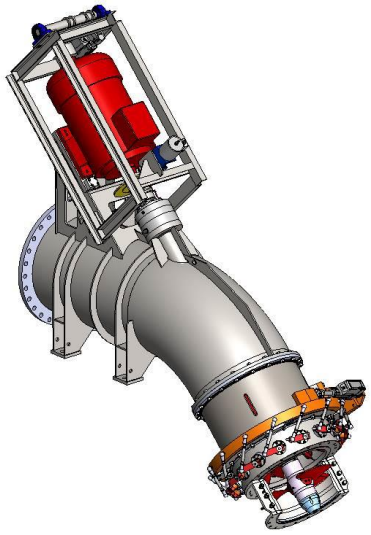
Rys. 2 Charakterystyka śmigłowa sprawności turbiny dla optymalnego ustawienia łopat wirnika *14°*.

W drugim etapie prac na stanowisku badawczym przeprowadzono badania kawitacyjne turbiny. Badania te były realizowane dla wybranych punktów pracy wcześniej wyznaczonych krzywych kombinatorowych (dla 5 szybkości obrotowych) turbiny. Poprzez zastosowanie układu pomp próżniowych obniżano ciśnienie na stanowisku laboratoryjnym, jednocześnie śledząc rozwój struktur kawitacyjnych na powierzchniach łopat wirnika. Równocześnie rejestrowane były zarówno parametry energetyczne, jak i dynamiczne pracy turbiny.

Rys.3 Rozwój struktur kawitacyjnych na powierzchni łopaty przy liczbie kawitacyjnej Thoma *Th=2* przy optymalnym otwarciu łopat wirnika.

W ostatnim etapie realizacji projektu przystąpiono do wykonywania turbiny prototypowej (średnica wirnika *500 [mm]*), której układ przepływowy jest powiększoną kopią przebadanego modelu. Zakończony projekt prototypu zawiera szereg nowoczesnych rozwiązań, w tym: łożysko prowadzące smarowane wodą firmy THORDON BEARINGS, tzw. „suchą piastę" – bez oleju - wyposażoną w łożyska samosmarne firmy THORDON BEARINGS oraz układ zmiennoprędkościowy.

Obecnie trwa produkcja elementów turbiny. W procesie produkcyjnym zostaną wykorzystane najnowocześniejsze obrabiarki 5-osiowe firmy DMU o bardzo dużej precyzji wykonania i powtarzalności detali. Poniższe ilustracje przedstawiają projektowaną turbinę prototypową.



Rys.4 Projekt hydrozespołu prototypowego o średnicy wirnika 500mm

Po wykonaniu całej konstrukcji, hydrozespół zostanie zainstalowany i przebadany na stanowisku w IMPPAN, a następnie będzie stanowił instalację demonstracyjną w MEW Strużyska k/Piły.

Wykorzystanie opisanych powyżej maszyn dla potrzeb małej energetyki wodnej, w opinii autorów, ma wiele zalet, wśród których najistotniejsze to relatywnie niewielkie wymiary hydrozespołu osiągnięte dzięki wysokiej szybkobieżności, co pozwala na przepuszczenie dużej ilości wody przez maszynę oraz ekologiczne rozwiązania łożysk smarowanych wodą i bezsmarnych a także pewne, gwarantowane parametry pracy maszyn.

Autorzy

Maciej Kaniecki, dr inż., ukończył Wydział Budowy Maszyn w roku 1998. W roku 2005 obronił prace doktorską z zakresu modelowania przepływów. W latach 1998-2013 zatrudniony w IMPPAN. W latach 2013-2020 zatrudniony w ZRE Gdańsk. Obecnie pracownik T-G DNALOP. Zakres jego kompetencji obejmuje projektowanie i badania turbin wodnych i pomp.

Zbigniew Krzemianowski, dr inż., ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej w roku 1998. W roku 2003 uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Politechnice Gdańskiej w zakresie projektowania układów łopatkowych. Od tego czasu jest zatrudniony w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. Zawodowo zajmuje się analizą przepływu, projektowaniem układów, badaniami maszyn hydraulicznych, a także numerycznym modelowaniem zjawiska kawitacji.

Sebastian Kowalczyk, dr inż., ukończył Politechnikę Gdańską Wydział Mechaniczny. W roku 2010 bronił pracę doktorską w IMP PAN. W latach 2003 - 2007 pracował w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku. Obecnie Dyrektor Biura Rozwoju i Innowacji Energa OZE SA. Od 2016 prowadzi firmę ENSYS S.C., zajmującą się optymalizacją urządzeń energetycznych z wykorzystaniem symulacji numerycznych.

Bartłomiej Ośmiałowski, mgr inż., ukończył Politechnikę Gdańską, Wydział Mechaniczny w roku 2016. Od początku kariery zawodowej pracował w przemyśle na stanowisku konstruktora. W latach 2017 – 2021 zatrudniony w firmie ZRE Gdańsk. Od 2022 roku pracuje w firmie TG – DNALOP na stanowisku konstruktora turbin wodnych.

Filip Tor, mgr inż., ukończył Wydział Mechaniczny na Politechnice Gdańskiej oraz studia magisterskie na University of Glasgow w Szkocji, na kierunku „Sustainable Energy". Pierwsze kroki stawiał w branży automotive, ale od 2012 roku stale związany z hydro energetyką. Prowadził projekty modernizacji elektrowni wodnych w Polsce, Skandynawii oraz na Bałkanach jako kierownik projektu i nadzorca nad pracami mechanicznymi.

Wystąpienie konferencyjne stanowi podsumowanie prac realizowanych w projekcie pt „Innowacyjny proces projektowania i produkcji typoszeregu ultra-niskospadowych turbin wodnych" nr POIR.01.01.01-00-0960/18. Projekt został dofinansowane ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020.

Modelowanie przepływu cieczy w rurze ssącej średniobieżnej turbiny Francisa

Przemysław Szulc, Aneta Nycz, Jacek Bieńkowski

Politechnika Wrocławska, Wrocław
e-mail: przemyslaw.szulc@pwr.edu.pl, aneta.nycz@pwr.edu.pl, jacek.bienkowski@pwr.edu.pl,

Wstęp

Zjawiska przepływowe w układzie hydraulicznym reakcyjnych turbin wodnych zależne są od położenia punktu pracy maszyny. Szczególnie dotyczy to elementu odprowadzenia cieczy, jakim jest rura ssąca. Zadaniem rury ssącej jest umożliwienie wykorzystania spadu geometrycznego zawartego między wirnikiem turbiny a zwierciadłem wody dolnej oraz odzyskanie energii kinetycznej cieczy wypływającej z wirnika (składowej dynamicznej ciśnienia). Odbywa się to dzięki jej zamkniętej formie oraz dyfuzorowemu kształtowi. Powszechnie znane jest znaczenie rur ssących w pracy turbin wodnych. Należy podkreślić, że rośnie ono wraz ze wzrostem wyróżnika szybkobieżności i może osiągać nawet 50%-55% mocy generowanej przez silnik wodny. Z tego względu należy starannie projektować rurę ssącą, aby zapewnić jej poprawną pracę, możliwie w całym zakresie działania silnika wodnego. W przypadku turbin o podwójnej regulacji rura ssąca jest mniej narażona na nierównomierność profilu prędkości cieczy na jej wlocie, co jest korzystne z energetycznego punktu widzenia. Dla turbin o regulacji pojedynczej (aparat kierowniczy) każde odejście od punktu optymalnego będzie charakteryzowało się występowaniem przepływu z krętem w przekroju wlotowym do rury ssącej.

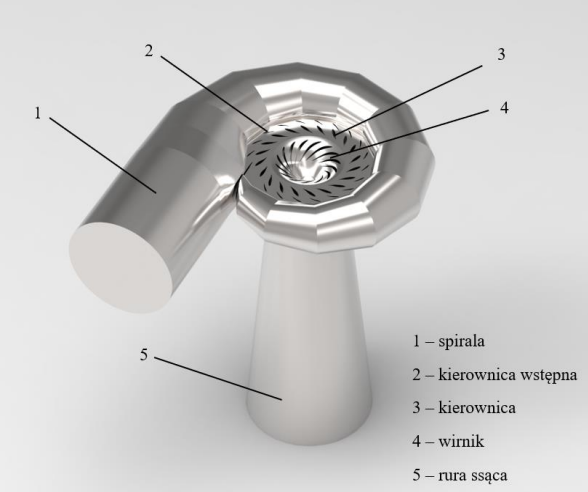
W referacie zaprezentowano modelowanie numeryczne zjawisk przepływowych występujących w rurze ssącej średniobieżnej turbiny Francisa podczas jej pracy pozaoptymalnej.

Cel badań

Celem badań była identyfikacja wpływu pozaoptymalnej pracy turbiny Francisa na zjawiska przepływowe w elemencie odprowadzenia cieczy – w rurze ssącej. Prace badawcze podzielono na dwa etapy. Przeprowadzone badania rzeczywiste miały na celu identyfikację parametrową pracy turbiny, niezbędną do walidacji modelu numerycznego, wykorzystanego do symulacji numerycznych, stanowiących drugi etap badań. Opracowanie zawiera zestawienie wyników badań eksperymentalnych i symulacji numerycznych uzależnionych od stopnia zregulowania turbiny, z szczególnym wyróżnieniem jakościowej analizy pracy rury ssącej.

Przedmiot analizy

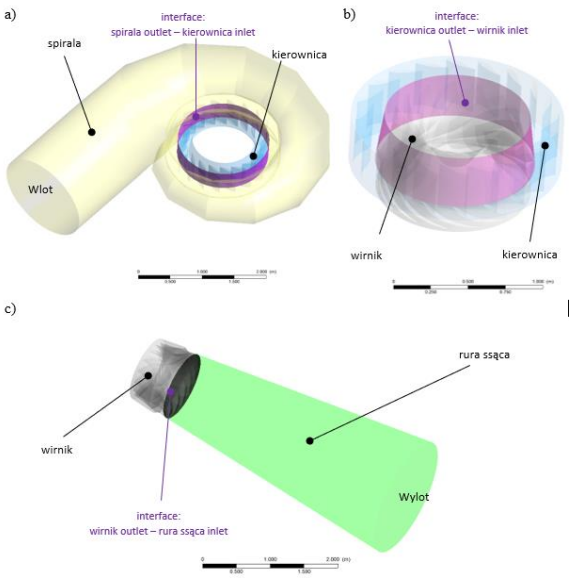
Przedmiotem badań była turbina Francisa o wyróżniku szybkobieżności n_{sN}~296 i średnicy wirnika D = 1050 mm. Trójwymiarowy układ przepływowym przedstawiono na rys.1. Jest to maszyna o pionowej osi obrotu, zasilana z rurociągu derywacji ciśnieniowej, posiadająca spiralę wykonaną ze stali w formie segmentowej oraz prostoosiową rurę ssącą.



Rys. 1 Model turbiny Francisa poddany analizy

Model numeryczny

Obiekt badań podzielono na cztery elementy składowe: spiralę, kierownicę Finka, wirnik oraz rurę ssącą. Dyskretyzację modelu wykonano za pomocą siatek niestrukturalnych. Liczba elementów siatki wynosiła około 60 mln dla całego modelu.



Rys. 2 Warunki brzegowe i domeny obliczeniowe

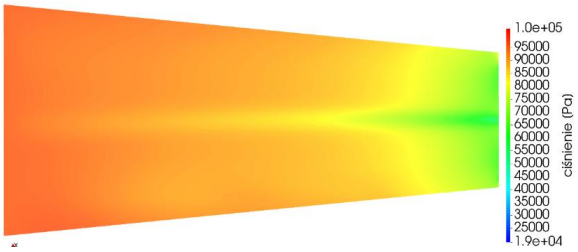
Za pośrednictwem lokalnych zagęszczeń siatki oraz z wykorzystaniem gęstości dyskretyzowano warstwy przyścienne z indywidualnym dopasowaniem dla każdej geometrii. Podczas symulacji kontrolowano wartość Y*. Obliczenia prowadzono jako niestacjonarne. Na rys.2 przedstawiono domeny obliczeniowe wraz z warunkami brzegowymi.

Wyniki symulacji numerycznych dla punktu optymalnego

Jako referencyjny punkt oceny pracy hydrozespołu przyjęto strukturę przepływu maszyny pracującej w stanie optymalnym. Wyniki uzyskane w poszczególnych częściach turbiny przedstawiono na rys.3 i rys.4. Jest on regularny. Niedostrzegalne są obszary ze strefami martwymi.

Rys. 3 Wektory prędkości względnej w przekroju poprzecznym układu kierownica – wirnik

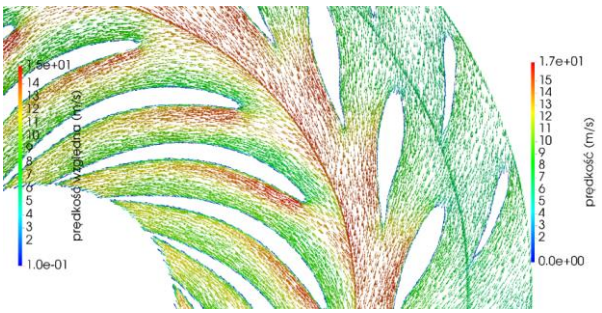
Analizując rozkład ciśnienia statycznego – rys. 4 – należy wnioskować, że rura ssąca pracuje poprawnie, co jest skutkiem równomierności profilu prędkości na wlocie do tego elementu oraz odpowiednio dobranego kąta rozwarcia dyfuzora. Odpowiednia dyfuzorowość powoduje, że rura ssąca pracuje prawie całym przekrojem.



Rys. 4 Rozkład ciśnienia statycznego w rurze ssącej

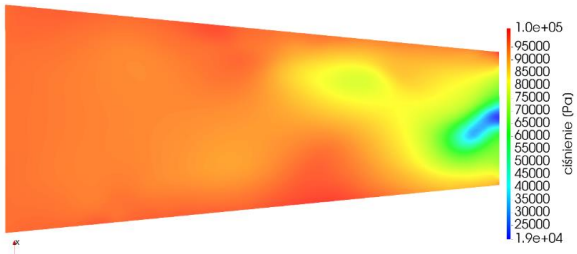
Wyniki symulacji numerycznych dla punktu pozaoptymalnego

Przepływ w obszarze wirnika i kierownicy turbiny pracującej w punkcie pozaoptymalnym charakteryzuje się regularnością, co zaprezentowano na rys. 5. Nie występują zaburzenia przepływu. Wektory te układają się zgodnie z kierunkiem definiowanym geometrią łopatek wirnika, zarówno w przekroju merydionalnym jak również w odwzorowaniu konforemnym.



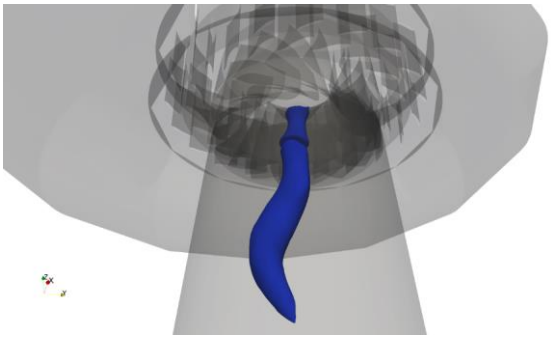
Rys. 5 Wektory prędkości w przekroju poprzecznym układu kierownica – wirnik

Istotnych informacji dotyczących struktury przepływu w rurze ssącej dostarcza analiza rozkładu ciśnienia statycznego – rys.6. Uzyskane wyniki badań wskazują na niepoprawność pracy dyfuzora. Konstrukcyjnie nie został on przystosowany do odzyskiwania choćby części składowej obwodowej. Zauważalne są tu liczne obszary o dużym gradiencie ciśnienia.



Rys. 6 Rozkład ciśnienia statycznego w rurze ssącej

W dalszej części pracy przeprowadzono szczegółowe symulacje numeryczne przepływu w rurze ssącej, ukierunkowane na określenie struktury występującego tam jądra kawitacji i zasięgu jego oddziaływania. Wyniki prac przedstawiono na rys. 7. Poddając analizie rezultaty symulacji numerycznych, można dostrzec obszerny wir o strukturze spiralnej, zrywający się z płaskiej części piasty wirnika turbiny, którego oś pokrywa się z osią rury ssącej.



Rys.7 Kawitacyjny wir sznurowy za piastą wirnika

Podsumowanie

Występowanie zjawiska przepływu z zawirowaniem w rurze ssącej podlega zasadzie stałego krętu, co powoduje, że prędkości obwodowe wirowania, w każdym punkcie przekroju prostopadłego do jej osi, są odwrotnie proporcjonalne do promienia. Zatem również i ciśnienia będą od niego zależne. Jeżeli na określonej wartości promienia ciśnienie absolutne będzie równe ciśnieniu nasycenia w danej temperaturze wytworzony zostanie sznurowy wir kawitacyjny.

Autorzy

Przemysław Szulc, dr inż., ukończył Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej w roku 2008. W roku 2014 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Zainteresowania zawodowe obejmują hydrauliczne maszyny przepływowe oraz ich systemy.

Aneta Nycz, mgr inż., ukończyła Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej w roku 2022. Obecnie doktorantka Szkoły Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej w dyscyplinie naukowej: Inżynieria środowiska, górnictwo, energetyka.

Jacek Bieńkowski, mgr inż., ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Wrocławskiej w roku 1991. Jest pracownikiem TAURON Ekoenergia sp. z o.o., obecnie doktorant szkoły Doktorskiej Politechniki Wrocławskiej w dyscyplinie naukowej Inżynieria środowiska, górnictwo, energetyka w ramach Programu "Doktorat wdrożeniowy".

Praktyczne aspekty analizy trwałości zmęczeniowej rurociągów hydroenergetycznych

Adam Adamkowski, Mariusz Lewandowski

Instytut Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego
Polska Akademia Nauk
ul.Fiszera 14, 80-952 Gdańsk
e-mail: aadam@imp.gda.pl, mlew@imp.gda.pl

Stanisław Lewandowski

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
Easy Serv Sp. z o.o. Sp. k.
ul Glińskiego 13, 84-239 Bolszewo
e-mail: easyserv.spk@gmail.com

Z punktu widzenia niezawodności różnego rodzaju konstrukcji technicznych zmęczenie materiału jest procesem niebezpiecznym, uznawanym za jedną z najważniejszych przyczyn niszczenia materiałów tych konstrukcji. Duże i odpowiedzialne konstrukcje, np. rurociągi derywacyjne w elektrowniach wodnych, zaprojektowane poprawnie pod względem zarówno odkształcenia sprężystego, jak i plastycznego, niekiedy ulegają katastroficznemu zniszczeniu w wyniku nagłego pęknięcia ich powłoki. Odpowiedzialny za to jest właśnie proces zmęczeniowy przebiegający w materiale ich konstrukcji, który decyduje o czasie ich użytkowania. Ocena długości tego okresu jest niezwykle istotna zarówno dla bezpieczeństwa elektrowni wodnej, jak również dla bezpieczeństwa obiektów i ludności znajdujących się w jej okolicy. Analizy zmierzające do ścisłego wyznaczenia okresu bezpiecznej eksploatacji są trudne do przeprowadzenia z powodu ich wrażliwości na przyjmowane w ich ramach założenia a także ograniczenia w pozyskaniu odpowiednich i dokładnych danych wejściowych. Również z tego powodu wyniki prowadzonych analiz są często niejednoznaczne, cechujące się większym bądź mniejszym prawdopodobieństwem trafności ich przewidywań.

Pomimo tych niedogodności szacowanie żywotności rurociągów derywacyjnych elektrowni wodnych można z powodzeniem wykorzystać jako efektywne narzędzie do oceny różnych sposobów eksploatacji lub modyfikacji konstrukcji, które mają na celu zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej ich powłok i w konsekwencji zapobieganie ryzyku ich zniszczenia, co pozwala na wydłużenie czasu ich użytkowania.

Autorzy, na podstawie swoich doświadczeń wykorzystania analizy stanu naprężeń oraz teorii liniowej propagacji pęknięć wraz z hipotezą kumulacji uszkodzeń oraz algorytmem zliczania cykli naprężeń typu rainflow, opracowali metodykę badań granicy zmęczenia powłok wielkogabarytowych cienkościennych rurociągów. Z powodzeniem wykorzystali ją przy szacowaniu żywotności i ocenie warunków pracy rurociągów w kilku elektrowniach wodnych eksploatowanych w Polsce. W referacie szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom, które mają znaczący wpływ na ocenę wytrzymałości zmęczeniowej tego rodzaju konstrukcji.

Proces zmęczeniowy powłok rurociągów derywacyjnych elektrowni wodnych jest mocno zależny od charakteru pracy danej elektrowni. Usługi regulacyjne świadczone przez elektrownie derywacyjne na rzecz systemu elektro-energetycznego (SEE) przekładają się bezpośrednio na wzrost stopnia zmienności obciążeń mających decydujący wpływ na trwałość zmęczeniową konstrukcji rurociągów derywacyjnych. Jest to ściśle związane z częstością i dynamiką przebiegów stanów nieustalonych realizowanych podczas eksploatacji elektrowni. Największe i najczęściej występujące obciążenia są generowane w elektrowniach szczytowych, a w szczególności w szczytowo-pompowych, które, poza wtórną regulacją generowanej mocy, wykorzystywane są także w regulacji trójnej/interwencyjnej (wyłączeniowo-złączeniowej). Realizują one często również przejścia systemowe pomiędzy różnymi trybami pracy, które charakteryzują się dużą dynamiką zmian parametrów pracy hydrozespołu (przepływ, pulsacje ciśnień, drgania itp.).

Dogłębna analiza wpływu zmiennych obciążeń na żywotność rurociągów derywacyjnych stanowi źródło wiedzy przydatne przy długofalowym planowaniu nakładów na inwestycje modernizacyjne i odtworzeniowe tych konstrukcji. Zaproponowana w referacie metodyka analizy, w połączeniu z innymi stosunkowo prostymi metodami (np. wyznaczania przy użyciu modelu analitycznego rozkładu naprężeń w powłokach rurociągów z niedoskonałościami geometrycznymi [1]), może stanowić również bardzo efektywne narzędzie do projektowania i oceny procedur ruchowych, optymalizacji wykorzystywania elektrowni w systemie elektroenergetycznym, czy też sposobów tłumienia zmiennych obciążeń rurociągów towarzyszących stanom nieustalonym hydrozespołów. Przykładem takiego wykorzystania zaproponowanej metodyki jest przedstawiony w referacie specjalny sposób tłumienia uderzenia hydraulicznego w wieloblokowej elektrowni szczytowo pompowej, którego zastosowanie, co wykazała przeprowadzona analiza żywotności, przyczynia się w efekcie do wydłużenia okresu jej bezpiecznej eksploatacji [2].

Przywołania

1. **Adamkowski, A., Lewandowski, M.**: *Analytical model of stress concentration for the welded joints with angular distortion of thin-walled pipelines*, Thin-Walled Structures, Vol.97, 2015, pp.101-113. https://doi.org/10.1016/j.tws.2015.09.001.
2. **Adamkowski, A., Lewandowski, M., Lewandowski S.**: *Fatigue life analysis of hydropower pipelines using the analytical model of stress concentration in welded joints with angular distortions and considering the influence of water hammer damping*, Thin-Walled Structures, Vol.159, 2021, 107350, https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.107350

Autorzy

Adam Adamkowski, prof. dr hab. inż., absolwent Politechniki Gdańskiej. Obecnie kierownik Zakładu Hydroenergetyki w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Główne zainteresowania zawodowe to m.in., analizy i badania zjawisk niestacjonarnych w układach przepływowych pomp wirowych i turbin wodnych, zagadnień projektowania i eksploatacji wirowych maszyn wodnych, badań energetycznych i diagnostycznych tych maszyn w warunkach eksploatacyjnych.

Mariusz Lewandowski, dr inż., absolwent Politechniki Gdańskiej. Obecnie adiunkt w Zakładzie Hydroenergetyki w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Główne zainteresowania zawodowe to m.in.: przepływy niestacjonarne w przewodach zamkniętych, badania maszyn przepływowych.

Stanisław Lewandowski, mgr inż., absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej. Pracuje w sektorze elektroenergetycznym od 1973 roku. Obecnie główny komandytariusz firmy Easy Serv sp. z o.o. sp. k. o profilu konsultingowym w obszarze energetyki wodnej. Członek Zarządu Towarzystwa Elektrowni Wodnych.

Sesja IV

Przemysł dla energetyki wodnej

Session IV

Industry for the hydropower sector

4.1. Ewa Malicka:
HYPOSO – jak europejskie firmy z branży hydroenergetycznej mogą zaistnieć na rynkach Afryki i Ameryki Łacińskiej

4.2. Łukasz Kalina:
Nowoczesne turbiny Kaplana – najnowsze krajowe wdrożenia

Notatki **Notes**

HYPOSO – jak europejskie firmy z branży hydroenergetycznej mogą zaistnieć na rynkach Afryki i Ameryki Łacińskiej

Ewa Malicka

Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Grudziądz
e-mail: ewa.malicka@trmew.pl

Podstawowe informacje

HYPOSO to projekt badawczy, finansowany w ramach programu UE HORYZONT 2020, którego celem jest wsparcie europejskiej branży małej hydroenergetyki, a jednocześnie stymulowanie zrównoważonego rozwoju tego sektora w wybranych krajach Afryki i Ameryki Łacińskiej (tj. w Ugandzie, Kamerunie, Kolumbii, Boliwii i Ekwadorze).

Projekt HYPOSO jest realizowany od 2019 roku przez konsorcjum, w którego skład wchodzi 13 partnerów, w tym 8 organizacji i firm europejskich oraz 5 z wymienionych wyżej krajów afrykańskich i latynoamerykańskich. W realizację zadań projektu HYPOSO zaangażowane są dwa polskie podmioty – Instytut Maszyn Przepływowych PAN i TRMEW sp. z o.o.

Działania

Projekt HYPOSO ma prowadzić do przełamania barier, które utrudniają eksport europejskich technologii hydroenergetycznych do krajów, w których energetyka wodna może pełnić pożyteczną rolę.

Aby zrealizować ten zamiar eksperci pracujący w projekcie stworzyli mapę potencjalnych lokalizacji elektrowni wodnych w krajach objętych projektem, która docelowo będzie zawierać ponad 2000 lokalizacji wraz z podstawowymi informacjami na ich temat. Spośród lokalizacji wybrano 15 projektów pilotażowych, dla których opracowywane są obecnie koncepcje techniczne oraz analizy środowiskowe i ekonomiczne. Ponadto eksperci projektu przeprowadzili szereg szkoleń służących budowaniu zasobów i wzmacnianiu kompetencji wśród lokalnych partnerów i interesariuszy, w tym potencjalnych inwestorów.

Kolejnym narzędziem do osiągnięcia założeń projektu są warsztaty na temat warunków ramowych dla energetyki wodnej w krajach docelowych dla polityków, administracji i innych zainteresowanych podmiotów. Realizowane są one w oparciu o analizę przeprowadzoną przez ekspertów HYPOSO, jak również w oparciu o przykłady pilotażowych projektów MEW, wybranych na potrzeby projektu HYPOSO. Debata przeprowadzona podczas warsztatów powinna zaowocować sformułowaniem rekomendacji dla decydentów w każdym z krajów, w których realizowany jest projekt na temat tego, jak ułatwić rozwój małych elektrowni wodnych i stworzyć lepsze warunki ramowe dla inwestycji w hydroenergetykę. Do tej pory warsztaty zorganizowano w Kamerunie, Boliwii i Ekwadorze, a w przyszłym roku planowane są kolejne - w Kolumbii i Ugandzie.

Na zakończenie projektu partnerzy z Afryki i Ameryki Łacińskiej będę mieli szansę odwiedzić europejskie firmy i elektrownie wodne podczas wizyty studyjnej w wybranych krajach Europy.

Projektowi towarzyszą liczne działania promocyjne, w tym udział ekspertów w krajowych i międzynarodowych konferencjach oraz publikacje, m.in. prezentujące europejskie firmy i technologie z dziedziny energetyki wodnej.

Platforma HYPOSO – ważny instrument dla firm europejskich

Bardzo ciekawym instrumentem, który powstał w ramach projektu w celu ułatwienia współpracy przedstawicieli europejskiego przemysłu energetyki wodnej z lokalnymi interesariuszami jest Platforma HYPOSO. Jest to wirtualne miejsce spotkań europejskich podmiotów reprezentujących branżę MEW z klientami i partnerami z krajów spoza Europy, przede wszystkim z krajów, w których realizowany jest projekt. Platforma HYPOSO oferuje możliwości zaprezentowania się przez podmioty z obszaru europejskiej branży energetyki wodnej, przedstawienia swojego pola działania oraz danych kontaktowych. Platforma umożliwia wyszukiwanie partnerów o określonym profilu działania i z określonego regionu geograficznego, co ułatwia znalezienie potencjalnych partnerów biznesowych. Jest bezpłatna i otwarta dla zainteresowanych firm, instytucji i organizacji. Jest to pierwsza tego typu baza danych.

Podziękowania

Autorka niniejszego tekstu pragnie podziękować Komisji Europejskiej oraz Innovation and Networks Executive Agency (INEA) za wsparcie projektu HYPOSO. Projekt ten został sfinansowany z Programu Unii Europejskiej Horyzont 2020 (numer umowy 857851). Okres realizacji projektu to wrzesień 2019 – maj 2023. Wyłączną odpowiedzialność za treść tej publikacji ponosi jej autorka. Nie stanowi ona opinii Unii Europejskiej. INEA i Unia Europejska nie odpowiadają za wykorzystanie informacji zawartej w powyższym tekście.

Strona internetowa projektu HYPOSO:
www.hyposo.eu/en/home/

Autorka

Ewa Malicka, mgr, w roku 1997 ukończyła studia z zakresu zarządzania i marketingu na Wydziale Prawa i Administracji Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, a w roku 2003 z zakresu filozofii na Wydziale Nauk Społecznych tej samej uczelni. Pracuje w rodzinnej firmie zajmującej się eksploatacją małych elektrowni wodnych. W 2009 roku rozpoczęła współpracę z Towarzystwem Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych w zakresie spraw międzynarodowych, reprezentując TRMEW w Zarządzie Europejskiego Stowarzyszenia Małej Energetyki Wodnej (ESHA) oraz w Europejskiej Federacji Energetyki Odnawialnej (EREF). Od 2011 roku zasiada w Zarządzie TRMEW, od 2014 roku będąc jego wiceprezeską, a od 2017 roku - prezeską. W TRMEW zajmuje się przede wszystkim przygotowywaniem opinii i komentarzy Stowarzyszenia do aktów prawnych oraz przedstawianiem stanowisk TRMEW w procesie konsultacyjnym.

Nowoczesne turbiny Kaplana – najnowsze krajowe wdrożenia

Łukasz Kalina

IOZE Hydro, Kielce
e-mail: lukasz.kalina@ioze.pl

Streszczenie

Technologia turbiny Kaplana znajduje zastosowanie przede wszystkim w lokalizacjach o niskim ciśnieniu i dużych ilościach wody. System podwójnej regulacji umożliwia szeroki zakres pracy maszyny.

IOZE hydro dostarcza wysokosprawne turbiny Kaplana w różnej zabudowie i układach.

Dostępne konfiguracje:

- układ pionowy, poziomy, S, Z, lewar,
- podwójna regulacja z generatorem z magnesami trwałymi,
- podwójna regulacja z przekładnią pasową,
- podwójna regulacja z bezpośrednio sprzęgniętym generatorem,
- pojedyncza regulacja (łopaty wirnika lub łopatki kierujące nieruchome),
- bez regulacji (śmigło).

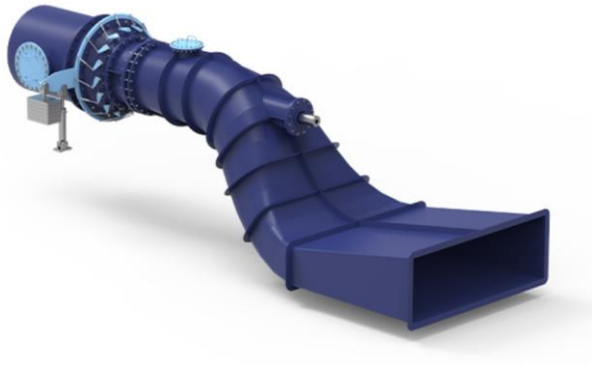
Na podstawie wyników analizy hydrologicznej rzeki oraz analizy zmienności spadu dobieramy indywidualne rozwiązania hydrozespołów do lokalnych, unikalnych warunków. Dokładamy szczególną uwagę do prawidłowego doboru rozwiązań aby zapewnić maksymalną zyskowność projektów inwestycyjnych naszych Klientów.

Dzięki posiadaniu własnych kompletnych kompetencji (biuro projektowe, generalne wykonawstwo, produkcja technologii) jesteśmy w stanie w sposób indywidualny zrealizować najbardziej nietypowe projekty zapewniając maksymalną wartość dla właścicieli elektrowni wodnych.

W swojej prezentacji autor skupi się na aspektach związanych z wysoką sprawnością wytwarzania energii elektrycznej w nowoczesnych hydrozespołach wyposażonych w turbiny Kaplana. Zostaną przedstawione najnowsze wdrożenia instalacji hydroenergetycznych w Polsce i omówione ich unikalne zastosowania i parametry techniczne.

Wdrożenia

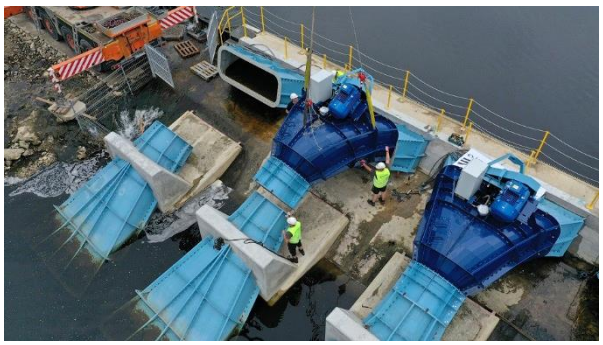
Przykład I - elektrownia wodna wyposażona w hydrozespół składający się z turbiny Kaplana i trójfazowego generatora synchronicznego, zainstalowanych w układzie poziomym, połączonych z rurą ssącą wychodzącą do komory wylotowej. Aby zmaksymalizować wydajność układu, obroty generatora dopasowano do obrotów turbiny, przez co wyeliminowano konieczność zastosowania przekładni, a sam generator połączono bezpośrednio z wałem turbiny. Do zarządzania i sterowania pracą obiektu wykorzystano zaawansowane systemy nadzoru i automatyki, które poza optymalizacją pracy hydrozespołu są w stanie zapewnić właściwe parametry sieci przy jego pracy wyspowej, a nawet start po wystąpieniu black-outu. Obiekt charakteryzuje się bardzo wysoką sprawnością w szerokim zakresie obsługiwanego spadu wahającego się od 5 m do 10 m.



Rys. 1 Turbina Kaplana w układzie S

Przykład II – cztery turbiny Kaplana zainstalowane na ultraniskim spadzie wynoszącym w okresie dotychczasowej 2 miesięcznej eksploatacji średnio 1,2 m. Turbiny w układzie lewarowym z silnikami asynchronicznymi to przykład na osiągnięcie dobrej rentowności projektu inwestycyjnego na bardzo niskim spadzie.

Dostępne rozwiązania, takie jak turbina Kaplana w układzie horyzontalnym czy nawet śruby Archimedesa, wymagały znacznych robót budowlanych, aby bezpiecznie posadowić turbiny. Dodatkowo wielkość optymalnych średnic turbin byłaby znaczna, co w rezultacie generuje wysokie nakłady inwestycyjne i niską rentowność projektu. Ostatecznie zdecydowano się na rozwiązanie z wykorzystaniem turbin w zabudowie lewarowej. IOZE hydro było odpowiedzialne za cały proces budowlany. Etapy realizacji projektu podzielono na kilka faz. Dzięki cyfrowemu modelu 3D całego układu elektrowni oraz wykorzystaniu precyzyjnego systemu pomiarowego z wykorzystaniem trackera laserowego, możliwe było wybudowanie w pierwszym etapie postumentów żelbetowych dla rur ssących i napływu do turbiny a następnie montażu układu turbiny. Dzięki modułowości, znaczny zakres prac montażowych i testy mogły odbyć się w hali produkcyjnej, a roboty budowlano-montażowe w miejscu instalacji turbin zostały przeprowadzone szybko i sprawnie. Koszt robót budowlanych niezbędnych do posadowienia turbin lewarowych stanowił ok. 10% wartości turbin.



Rys. 2. Montaż turbin lewarowych

Przykład III – instalacja hydroenergetyczna z dwoma hydrozespołami pracującymi w układzie pionowym. Wał turbiny Kaplana bezpośrednio połączony z generatorem z magnesami trwałymi PMG. Sprawność turbiny w optymalnym punkcie pracy wynosi 92,6%, zaś sprawność generatora 96,6% (100%). Moc nominalna generatora wynosi 200 kVA. Hydrozespoły wytworzone, zmontowane i przetestowane na zakładzie IOZE hydro. Podczas projektowania, inżynierzy starali się zapewnić jak największą kompaktowość rozwiązania aby minimalizować czas montażu na budowie. W efekcie dwie turbiny wodne zostały posadowione i finalnie ustawione w jeden dzień w miejscu docelowym.

Rys. 3. Kompaktowa turbina Kaplana w układzie pionowym

Nowoczesna turbina Kaplana

IOZE hydro dysponuje wysokosprawną technologią turbin Kaplana stanowiącą wynik prac badawczo-rozwojowych. Prace te zrealizowano w ramach projektu pn. „Wzrost poziomu innowacyjności Instytutu OZE Sp. z o. o. poprzez opracowanie ulepszonego modelu typoszeregu turbiny Kaplana", nr projektu: POIR.01.01.01-00-0690/17 w ramach Działania 1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Rezultat projektu w postaci typoszeregu turbin charakteryzuje się szeregiem cech i funkcjonalności pozwalających utrzymać wysoką przewagę konkurencyjną. Są to: zwiększona sprawność urządzenia, łatwy i szybki dostęp do kluczowych elementów wymagających przeglądów, obniżona awaryjność, przy konkurencyjnej cenie produktu.

IOZE hydro specjalizuje się w kompleksowej obsłudze inwestycji hydroenergetycznych i oferuje obsługę na każdym etapie współpracy. Każdy projekt elektrowni wodnych jest unikatowy i wymaga od wykonawców indywidualnego podejścia. Na wszystkich płaszczyznach naszych działań – w projektowaniu, budownictwie, konstruowaniu czy analizach stosujemy nowoczesne narzędzia i rozwiązania technologiczne. Nadrzędnym celem jest zapewnienie klientom maksymalnej zyskowności projektu inwestycyjnego w całym okresie życia instalacji, od fazy jego analizy po prowadzenie wieloletniej eksploatacji. Dlatego budujemy indywidualne zespoły, zatrudniamy profesjonalnych podwykonawców, a nasze doświadczenie, wiedza i rzetelność pozwalają nam na realizację nawet najbardziej skomplikowanych projektów.

Autor

Łukasz Kalina, mgr inż., w 2011 r. ukończył studia na Politechnice Świętokrzyskiej w Kielcach na kierunku Energetyka Odnawialna i Elektroenergetyka. Jest także absolwentem MBA Akademii Leona Koźmińskiego w Warszawie. Posiada wieloletnie doświadczenie w branży odnawialnych źródeł energii. Obecnie jako Dyrektor ds. Rozwoju Biznesu zajmuje się szeroko pojętym consultingiem, doradztwem inwestycyjnym i technicznym. Bierze udział we wdrażaniu projektów B+R z zakresu nowych rozwiązań w branży hydroenergetycznej. W ramach swoich obowiązków zawodowych regularnie współpracuje z inwestorami, właścicielami instalacji odnawialnych źródeł energii oraz producentami technologii dla sektora OZE

Poprawa bilansu energetycznego miejskiego obiegu wodnego: odzysk energii w instalacjach wodnych przy użyciu technologii mikroenergetyki wodnej

Boosting the sustainability of the urban water cycle: energy harvest in water industry using micro-hydropower technology

LIFE NEXUS

Sympozjum Projektu Life NEXUS

Life NEXUS Project Symposium

The project is co-financed by the LIFE financial instrument (LIFE17 ENV/ES/000252) and the National Fund for Environmental Protection and Water Management (NFOŚiGW)

Projekt jest współfinansowany ze środków instrumentu finansowego LIFE (LIFE17 ENV/ES/000252) oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

AQUA TECH

NOWOCZESNE ROZWIĄZANIA
DLA BUDOWNICTWA HYDRO- INŻYNIERYJNEGO

www.aqua-tech.info.pl

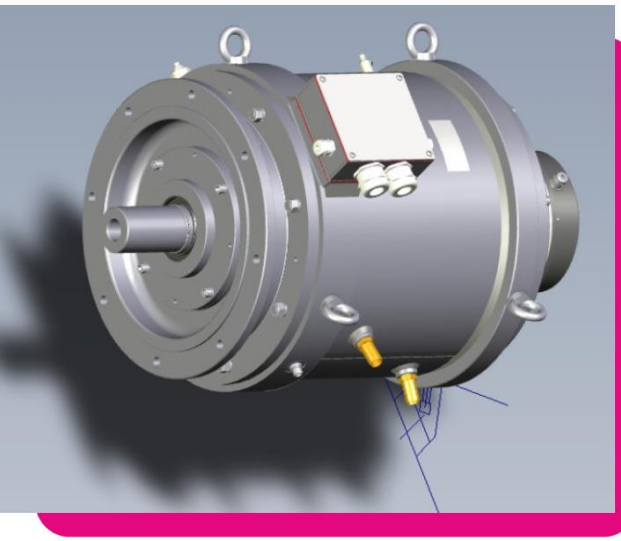
- ✓ modułowe małe elektrownie wodne - projektowanie i budowa
- ✓ jazy ruchome dla retencji korytowej
- ✓ przeciwpowodziowe systemy monitoringu poziomu rzek
- ✓ nowatorskie rozwiązania dla hydrotechniki

AQUA-Tech Sp. z o.o.
Lipcowa 64 32-540 Trzebinia

+48 530 133 269
+48 32 441 77 17

biuro@aqua-tech.info.pl

www.aqua-tech.info.pl
www.aquagen.pl



- ✓ generatory synchroniczne dla MEW
- ✓ turbozespoły dla MEW na spady ultraniskie
- ✓ modułowe systemy sterowania dla MEW
- ✓ dobór i modernizacja MEW do nowych wytycznych URE

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA
DLA HYDROELEKTROWNI

www.aquagen.pl

AQUA GEN

Fundusze Europejskie Inteligentny Rozwój

Rzeczpospolita Polska

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Unia Europejska
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego

AQUA-Tech Sp. z o. o. jest beneficjentem projektu POIR.01.02.00-00-0251/16 Opracowanie technologii niskospadowej modułowej elektrowni wodnej o wysokiej efektywności energetycznej i minimalnej ingerencji w środowisko

Sesja LN1

Life NEXUS: ocena ukrytego potencjału

Session LN1

Life NEXUS: assessment of the hidden potential

LN1.2. Raquel M. López Fernández, Víctor Iván Serna González, Luis Ángel Bujedo, Jesús Samaniego, Janusz Steller, Petras Punys, Algirdas Radzevičius, Mariano Mirete:
First European inventory of micro-hydroenergy recovery potential in the water industry

LN1.3. Petras Punys, Algirdas Radzevičius:
Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems in a Lowland Country, Lithuania

Notatki **Notes**

LIFE NEXUS: First European inventory of micro-hydroenergy recovery potential in the water industry

Raquel M. López Fernández, Víctor Iván Serna González, Luis Ángel Bujedo, Jesús Samaniego

Energy Division, CARTIF Technology Centre, Spain.
e-mail: raqlop@cartif.es, vicser@cartif.es, luibuj@cartif.es, jessam@cartif.es

Janusz Steller

Centre for Hydrodynamics of the Institute of Fluid-Flow Machinery of Polish Academy of Sciences (IMP PAN), Poland.
e-mail: steller@imp.gda.pl

Petras Punys, Algirdas Radzevičius

Faculty of Water & Land Management of Vytautas Magnus University (ASU), Lithuania.
e-mail: algirdas.radzevicius@vdu.lt; petras.punys@vdu.lt

Mariano Mirete

Energy Engineering, Water Advanced Solutions, AQUATEC, Spain
e-mail: mmirete@aquatec.es

Introduction

Water and energy are two of the most important resources of the 21st century. In particular, **cities** are a framework where this **water-energy nexus** is becoming critical due to demographic movements, economic growth and global change pressures. The current context of water scarcity and need **for low carbon intensity solutions** is making it a challenge to continue to deliver core urban water services without increasing the impact on the environment. LIFE NEXUS Project proposes a breakthrough by **considering urban water networks as a source of renewable energy**. Despite the odds, to date limited analyses have been carried out to identify the energy recovery potential in the urban water cycle (UWC) [1-4].

Supply water is transported by pressured piping grids, while drain and sewage systems are usually gravity fed. Both types of grids may hold untapped energy deriving from abundant pressure (water head) or the kinetic energy (water flow). Usually, these points with excess of energy are located in:

1) Storage/service reservoirs (SRV) gravity fed or water treatment works in the raw water network located in upland areas and feed into Drinking Water Treatment Plants (DWTPs), either at catchment or distribution stages,
2) Wastewater systems, either upstream or downstream of Waste Water Treatment Plants (WWTPs), collection or discharge stages,
3) Pressure reducing values (PRVs), are hydraulic devices that maintain pre-set pressure ranges and are installed to relieve the excess pressure and release it as waste heat,
4) Break pressure tanks (BPTs), whereby the pressure, kinetic and potential energy within the flow are dissipated to the atmosphere.

Theoretically, all PRVs and BPTs could be replaced with **in pipe generators**, maintaining the same control on water flow and pressure whilst producing usable electricity ("green electricity"). It is important to mention that recovering energy at these locations will have no impact on the flow or pressure to downstream consumers. Furthermore, the pressure reduction is correlated to a decrease in the water leakages [5].

LIFE NEXUS Project is evaluating the technical / economic and environmental feasibility of the energy recovery in water networks by means of Small Hydropower Plants (SHP). Among the different available machines (traditional turbines or adapted machines), LIFE NEXUS demonstration will be focus on the innovative Pump as Turbine (PaT), a type of adapted machine, that is becoming the technological solution for micro-hydraulic projects (≤ 100 kW) [6-8]. The main advantages of these machines are their immediate availability for installation and lower cost compared with conventional machines. A **cutting-edge integration** of a PaT machine together with battery storage is being carried out to enhance the possibilities of the energy management. This innovative system will be installed at the entrance of the Porma Drinking Water Treatment Plant (DWTP) located in Valdefresno, a small village nearby the city of Leon (Spain). Once they will be fully operating the energy generated will cover the total energy demand of the installation.

In parallel to the previous demonstration of the PaT technology, LIFE NEXUS has carried out the **1st European inventory** of the **energy recovery locations**, including both **new sites** and **existing hydropower plants**. Although the catalogue was initially intended to harbor **urban sites**, finally it also has included **industrial and irrigation locations**, in order to boost energy harvest in other sectors. This abstract is focus on this LIFE NEXUS inventory and describes the main outcomes obtained so far within the Project.

Methodology

The information contained in the catalogue is georeferenced, mapped in layers according to their location and is accessible through a web platform. For **data collection**, a questionnaire based on an Excel platform was created, which contains 16 or 19 questions depending on the type of location. This questionnaire for data collection is available through the LIFE Project website in the Community Menu [9]. For the **implementation of the online survey**, the **LimeSurvey** open source **Tool** was used.

For the **implementation of the database**, the **GeoJSON file** as database was the method chosen for different reasons: (i) The geometrical requirements are very low, because only Points will be stored, so all the potential that the database could provide is no needed and (ii) The data will not be update frequently, so the database will be mainly only for reading, functionality that GeoJSON can cover perfectly.

The information has been published as a **geo-referenced database** [10]. The main characteristic of a GIS (Geographical Information System) is that it is possible to work with data located in space with reference to a geographic coordinate system, which allows us to generate georeferenced maps. Leaflet is used as the web map client. It is an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. The main principles of Leaflet are the simplicity, performance and usability. It is well-documented and there are a wide variety of plugins that enables to extent the tool functionality. Leaflet is used to show the data contained in the json in a map.

Regarding the base map, in our case OpenStreetMap (OSM) and Mapbox will be used. OSM is created by a collaborative community for sharing free geographical data around the world in a free editable map of the world. This community add, verify and update the data using aerial images, GPS, maps and another free data so it is very complete. Map box is also an open source mapping platform for custom designed maps that contains data based in OSM. The visualization module is available through the Project website:

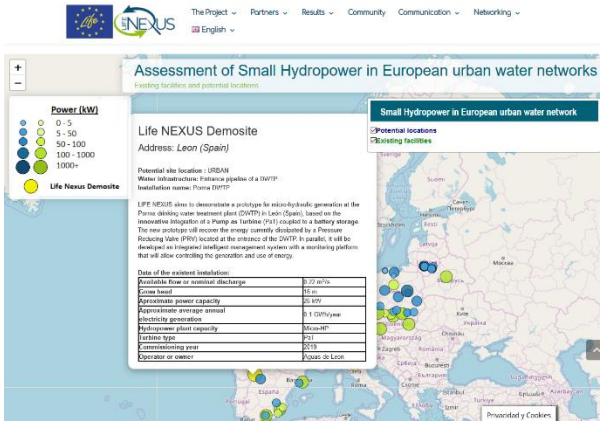


Fig.1. Visualisation of micro-hydro potential locations in urban water networks

CARTIF and AQUATEC have been responsible for the contacts in Spain. Then, IMP-PAN and ASU were in charge of Poland and Lithuania, respectively.

Results

At this moment, the inventory contains **104 energy recovery locations** (71 potential and 33 existing Hydropower plants) from **10 different European Countries:** Spain, Lithuania, Poland, Austria, Belarus, Czech Republic, Germany, Italy, Slovakia and Switzerland.

Potential locations

LIFE NEXUS inventory has 71 potential locations, located in Lithuania (25), Poland (23) and Spain (23). The approximate power capacity derived from these locations, assuming a generation efficiency of 75%, is **2.97 MW**. The **theoretical annual electricity generation** is **11.87 GWh/year** assuming 4000 hours of operation per year.

Regarding the type of locations, 52 sites are located in the UWC, 18 are placed in irrigation channels and one is a "mixed" site for urban water supply and irrigation.

37 of the potential locations are located at a WWTP (downstream or upstream), 22 are SRVs located at the entrance pipeline of a DWTP. Finally, there are nine PRVs and three BPTs, all of them located at the entrance to the distribution network.

Regarding the theoretical approximate power capacity (considering 75% of efficiency in the turbine), eight of them are Mini-hydraulic (≤ 1 MW), and the rest are Micro-hydraulic (≤ 100 kW).

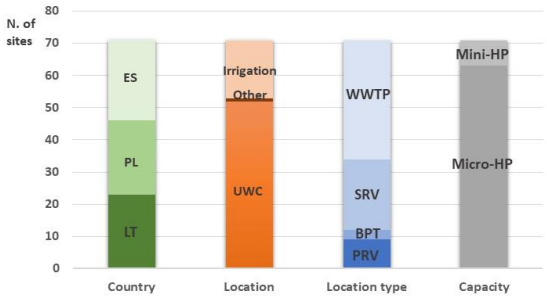


Fig.2. Characteristics of the potential energy recovery locations in the LIFE NEXUS inventory

Assessment of potential locations at country level

Lithuania: Due to the country's topographic conditions – a purely lowland country, only sewage (wastewater) networks with free gravitational flow can be attractive for the harvesting water energy. Drinking water distribution systems are artificially pressurised and cannot be used for energy recovery. Only one site was spotted in the drinking water distribution network with a pressure-reducing valve. The urban water networks of the two largest country's cities - the capital Vilnius and Kaunas were studied in depth along with a dozen smaller towns. So far, some 25 potential sites with their main characteristics were identified upstream or downstream waste water treatment plants (WWTP). All of the power capacities are below 100 kW (eight of them below 10 kW) [11].

Poland: Potential sites are located in the sewage networks and in WWTPs with free gravitational flows.

Most of the power capacities are below 100 kW (five of them bellow 10 kW). However, there are two potential sites very promising with 201 kW and 525 kW located in a WWTPs and in a SRV respectively.

Spain: four of the sites identified are located at the entrance of urban water distribution networks, being three of them PRV devices, while the other is a BPT. Approximate power capacities are in the interval 36 – 74 kW. The rest of the locations in Spain are located in irrigation channels, being one of them a "mixed" site for urban water supply and irrigation. Most of these locations are secondary storage reservoirs (SRVs) and show very different capacities: 11 sites bellow 10 kW and four sites with capacities above 150 kW.

Replication studies in potential locations

Thirty-five locations out of the total 71 have been selected for the so-called "**replications studies**", where the technical-economic viability of new mini-hydraulic projects is being assessed, considering the regulatory and policy context of each country.

In Lithuania, the viability of SHP energy recovery was performed **at eight potential locations**: three WWTPs, four wastewater collectors (upstream of WWTPs), and one site in the drinking water network. The latter represents a separate case.

Existing installations

The 33 existing hydropower plants are located in nine different European countries: Belarus (1), Slovakia (1), Germany (1), Italy (1), Switzerland (3), Austria (4), Czech Republic (6), Poland (6) and Spain (10). The **total installed power output** of these installations **is 14.82 MW and the annual electricity generation is 73.8 GWh/year.**

Thirty of the installations are placed in the UWC and the other three are located in several industries: metallurgy, power plant and oil refinery.

Regarding the location in the UWC; one turbine is located in the cooling system of a metallurgical industry and other one is located in a desalination plant. Then, seven turbines are located at the entrance of a DWTP, nine are in the downstream of a WWTP and finally 15 are at the entrance of a drinking water distribution network.

Regarding the type of turbine, there are two others (cross-flow or pressure exchanger), four Kaplan, eight Pelton, nine Francis and ten PaTs.

Finally, regarding the hydropower plant capacity, there are three SHPs (1-10 MW), 17 mini-hydraulic plants (100 kW – 1 MW) and 13 micro-hydraulic plants (≤ 100 kW).

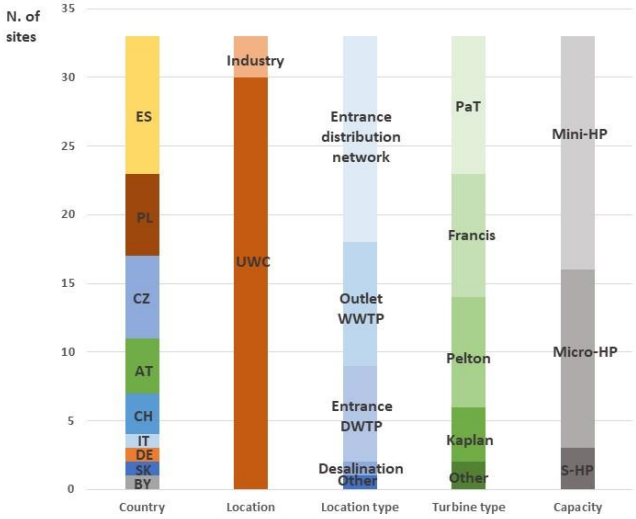


Fig.3. Characteristics of the existing installations included in the LIFE NEXUS inventory

Assessment of potential locations at country level:

Lithuania: No existing hydropower plants operating in water and waste water infrastructure have been identified so far in this country. The same is for other Baltic countries.

Poland: six hydraulic energy recovery installations are currently under operation in Poland. Four of them operate in the UWC and the other two are located downstream the WWTPs of the PKN Orlen Oil Refinery (130 kW Francis turbine) and the Skawina Hydropower Plant (1.4 MW Kaplan turbine)

Spain: A number of ten hydraulic energy recovery installations are operating in the country and all of them operating in the UWC. Nine of the facilities are micro-hydropower installations (power capacity in the range of 11-90 kW), involving seven PaT machines, one Francis turbine and one cross flow turbine. Finally, there is an energy recovery device (Pelton turbine) in a desalination plant with a power capacity of 514 kW.

Replication studies in existing installations:

One hydropower plant out of the total 33 has been selected for the so-called "**replications studies**". It is rehabilitation of a decommissioned energy recovery installation in the PKN Orlen Oil Refinery in Poland. Several alternatives for the substitution of the Francis turbine by other turbines located in different locations of the plant are being studied.

Conclusions

(1) Micro-hydropower plants are an appropriate solution to recover the untapped energy existing in water networks, and thus, they can support the clean energy transition in the European water industry.

(2) LIFE NEXUS inventory has mapped 71 potential locations along Poland, Lithuania and Spain, which all together lead to an approximate "sleeping" potential of 2.97 MW. The energy generated can be used on site, as for the case of the LIFE

NEXUS demosite, where the energy harvest by means of the PaT will cover the total demand of the installation .

(3) Most of the potential locations included in the inventory have a capacity below 100 kW (micro-hydropower) and are located mainly in WWTPs (downstream or upstream) or in SRVs located at the entrance pipeline of DWTPs.

(4) LIFE NEXUS inventory has mapped 33 existing Hydropower plants along Europe, with a total installed power output of 14.82 MW. Most of the installations are located in the UWC, mainly at the entrance of a DWTP, at the entrance of a distribution network, or downstream of a WWTP. PaTs are the most installed machines in this energy recovery plants, followed by Francis and Pelton turbines. Regarding the capacity, almost have of them are mini-hydropower plants and the other half are micro-hydropower plants.

Acknowledgments

LIFE NEXUS Project has received funding from the LIFE financial instrument of the European Commission LIFE17 ENV/ES/000252.

References

1. **ESHA, Mhylab et al**.: *Energy recovery in existing infrastructures with small hydropower plants*. Multipurpose Schemes – Overview and Examples. FP6, SHAPES, 2010.
2. **Choulot, A., Denis, V., Punys. P**.: *Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures. Hydropower – Practice and Application*. Rijeka. InTech, 2012. pp. 239-276.
3. **Bousquet, C., Samora, I., Manso, P., Rossi, L., Heller, P., Schleiss, A.J**.: *Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland.* Renewable Energy 113, 2017, pp. 64-73.
4. **Gallagher, J., Harris, I.M., Packwood, A.J., McNabola, A., Williams, A.P**.: *A strategic assessment of micro-hydropower in the UK and Irish water industry: Identifying technical and economic constraints.* Renewable Energy 81, 2015, pp. 808-815.
5. **Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cobacho, R**.: *Assessment through Water Distribution Network Simulation*. J. Water Resour. Plan. Manag. 131, 2015, 458–466.
6. **Williams A**: *Pumps as Turbines – A User´s Guide.* ITDG Publishing, London, 2nd ed., 2003.
7. **Steller, J., Adamkowski, A., Stankiewicz, Z., Lojek, A., Rduch, J. & Zarzycki, M**.: *Pumps as Turbines for Hydraulic Energy Recovery and Small Hydropower Purposes in Poland*. Proceedings of the International Conference HIDROENERGIA, p. 10, Bled, Slovenia, June 12-13, 2008.
8. **De Marchis, M., Milici, B., Volpe, R., Messineo, A**.: *Energy Saving in Water Distribution Network through Pump as Turbine Generators: Economic and Environmental Analysis*. Energies 9, 2016, p.877.
9. **LIFE NEXUS project**: LIFE NEXUS Community. 2022. https://www.lifenexus.eu/en/community/
10. **LIFE NEXUS project**: *European inventory of micro-hydroenergy recovery potential in water industry*. 2022. https://www.lifenexus.eu/en/results/eu-inventory/
11. **Punys, P., Jurevičius, L.** *Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems and Application in a Lowland Country, Lithuania*. Energies 15(14), 2022, p.1.

Authors

Raquel López Fernández. PhD in Chemistry. In 2005 she became full-time staff in the Environment Division of CARTIF Technology Centre and leaded the research line related to water and wastewater treatment. In 2015 she moved to the Energy Division in CARTIF and since then, her work is related to water-energy Projects and Smart Cities initiatives. Currently she is the Coordinator of the LIFE NEXUS project.

Víctor Iván Serna González. MSc in Telecommunications Engineering. He has been working in the Environment Division of CARTIF Technology Centre from 2007 as Project Manager and R&D engineer participating in several National and European R&D projects related to the use of ICT technologies and data analysis applied to energy efficiency management, in particular in ICT solutions for energy efficiency, renewable energy systems integration in buildings and Smart Grids and development of tools for energy planning.

Luis Angel Bujedo is an industrial engineer and MEng. He has been working over 25 years in the efficient use of energy in CARTIF. Participates in several energy platforms PTE-EE, Task 38, and has experience in energy facilities, as well as energy management in industrial and residential buildings. He has given conferences and training on solar cooling energy efficiency in buildings. Has the capacity to provide training of trainers on energy efficiency in buildings.

Jesús Samaniego received the Electrical Engineer´s Degree in 2002, and the MEng in the Automatic Control and Systems program in 2004, both from the University of Valladolid. He has worked as R&D engineer and Project Manager in the Energy Division of CARTIF since 2002, where he has participated in several National and European R&D projects in the fields of energy efficiency, renewable energies simulation and integration in buildings and in the electrical grid, demand response programs and power quality energy. He is an author of several publications about energy efficiency and renewable energies.

Janusz Steller, DSc in mechanical engineering, graduated in 1977 from the Faculty of Mathematics, Physics and Chemistry of the University of Gdańsk specializing in theoretical physics. Since then, an employee of the Institute of Fluid-Flow Machinery of the Polish Academy of Sciences (IMP PAN). In 2019 awarded with a DSc degree by the Senate of the Wroclaw University of Technology. Now senior specialist in the Centre for Hydrodynamics of the IMP PAN. President of the Polish Hydropower Association. Main professional interests include cavitation and cavitation erosion, methodology of hydraulic machinery design and exploitation, as well as that of the performance and diagnostic tests under field and laboratory conditions, general problems of hydropower development.

Petras Punys, PhD in Hydraulic Engineering. Since 2002 a full Professor at Water Resources Engineering Institute at Lithuanian University of Agriculture (currently Vytautas Magnus). He has written a large number of papers on hydrology, hydropower, river basin management as well as text books or chapters of books. Since 1993 he has been the chairman of the Lithuanian Hydropower Association, now he is the honorary chairman. Participated in a number EU and locally funded projects on small hydropower, water management issues.

Algirdas Radzevičius. PhD in Hydraulic Engineering. Since 2012 he is Director of Hydraulic Engineering Institute of Aleksandras Stulginskis University (currently Vytautas Magnus University). The main research area – alternative energy, wastewater treatment technologies, physical modeling of hydraulic processes. Leaded 2 EU and 12 national research projects, published more than 40 articles, 2 manuals, 9 course books.

Mariano Mirete. Expert in design, execution and commissioning of pumping installations, solar pumping, photovoltaic solar installations for self-consumption and turbine installations in drinking water networks. Energy audits and bill optimization in AQUATEC.

Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems in a Lowland Country, Lithuania.

Petras Punys

Vytautas Magnus University, Department of Water Engineering, Universiteto str.10, LT-53361, Akademija Kaunas distr., Lithuania, e-mail: petras.punys@vdu.lt

Algirdas Radzevičius

Vytautas Magnus University, Department of Water Engineering, Universiteto str.10,53361,Akademija Kaunas dis.,Lithuania. e-mail:algirdas.radzevicius@vdu.lt

Introduction

The untapped potential of small, mini, and micro hydropower (MHP) systems in engineered water conduits of urban areas has largely remained unexplored. This alternative energy source is receiving more attention from regulators in several countries [1-4]. While other European countries have widely invested in this technology, Lithuania and other Baltic countries are still behind in their potential development rate.

Assessment of wastewater resources for hydropower generation is a crucial task. Knowing the amount of wastewater and its flow rate and distribution over time is essential. Flow rate frequency analysis must be performed to construct the flow duration curve (FDC), which is a key element for estimating hydropower energy. A big issue is accounting for wastewater flow in the collection network, i.e., upstream of the wastewater treatment plant (WWTP). A methodology is needed to construct the FDC for ungauged sites [4].

Lowland or low-lying areas of a country represent challenges for installing hydro turbines in urban water networks compared with regions with a steep topography surrounded by mountains. The accuracy and completeness of the hydraulic data are crucial, especially when evaluating low- and ultralow-head sites.

The specific objectives of this study were as follows: (1) To review the available best practices of energy recovery in wastewater systems and identify methodology based on local conditions; (2) To search for the potential sites for the installation of hydro turbines and to evaluate wastewater resources for harnessing hydropower; (3) To review and propose tools to facilitate preliminary and/or feasibility analysis of hydro schemes and to review turbines and their installation layouts in wastewater systems; (4) To show best practice in performing multicriteria analysis for the selection of optimal sites.

Materials and Methodology

The study area was the urban water network with potential micro-hydro sites to be deployed in Lithuania. Due to the country's topographic conditions, mostly sewage (wastewater) networks with a free gravitational flow are attractive for harvesting water energy. More than 20 potential sites for installing hydropower turbines were identified [5]. Most of them were located in the sewage network, while only one site was spotted in the drinking water distribution network with a pressure-reducing valve.

This study examined the opportunities for MHP energy recovery at three WWTPs, four wastewater collectors (upstream of WWTPs), and one site in the drinking water network. The layouts of water network systems, their engineering drawings, and spatial information (GIS data) from water companies were analysed [6]. In contrast, the assessment of the head did not present any difficulty.

Sewage volume data were obtained in various temporal formats from WWTPs and water utility companies. Additionally, measurements of wastewater-level fluctuations at the outlets of WWTPs and key structures of the collection network (upstream of the WWTP) were conducted to reveal the pattern of wastewater flow. Spot measurements (from 1 to 3 months) using data loggers at a 30 min intervals were also performed. The recordings obtained were transformed into volumetric discharge values.

The following tools were tested: (1) RETScreen Expert, (2) In-Conduit Hydropower Project Screening Tool, and (3) Business Case Assessment Tool. RETScreen Expert was identified as the most comprehensive tool for assessing the feasibility of eight potential sites.

The multicriteria analysis of siting potential micro-hydro facilities in urban water networks was carried out using the software HYPSE. Collected field data and data generated by RETScreen Expert software were used as the input for a two-dimensional impact matrix, including alternatives or scenarios (e.g., projects or actions) and their criteria according to which the other options must be evaluated

Results

The analysis of the mean annual wastewater flow at the outlets of the 56 collected WWTPs operating in the country showed that it correlates quite well with the population equivalent (PE) and wastewater collection (service) network area (A, km^2). The proposed methodology allowed for establishing a flow duration curve for an ungauged site using only three parameters.

A selection field for classical turbines is relatively narrow in a flat terrain where elevations and flows are relatively low. This can be explained by the low flow rates and small size of turbine units, which increases the unit price of turbines (EUR/kW) compared to the larger capacity of hydro turbines. Only reaction-type turbines can be used at low-head schemes, e.g., propeller, Kaplan, seldom crossflow, and Francis. The development of compact and modular turbines is a recent trend in turbine technology, e.g., a generator unit using a propeller turbine in an axial flow design. A submersible turbine and a generator are combined in one unit; therefore, the need to use a powerhouse is eliminated, and installation costs are reduced. Turbine costs comprise approximately half of the conventional hydropower project development costs. To offset this drawback of conventional turbines, low-cost generators, e.g., pumps as turbines (PaTs), have been suggested. In contrast to an axial propeller (or Kaplan) turbine, PaT units are much more sensitive to clogging issues when operating in effluents charged with suspended particles.

RETScreen software, a conventional hydropower project tool, requires a great deal of engineering preparation before it can be used to assess hydropower schemes in municipal water distribution systems. Its technical level is much higher than other available screening tools; it can be easily adapted to complete feasibility studies and preliminary design of in-conduit hydro schemes.

No studies have been performed in Lithuania on the impact of wastewater quality on the operation of hydraulic machines and their clogging**.** Available data from water companies show that the average concentrations of TSS in raw effluent can reach 500 mg/L. After treatment, they decrease at least 25-fold, down to 20 mg. Large solids, rags, and other fibrous materials from wastewater can be severe for operating turbines if not monitored. This harsh environment can be considered when installing turbines in such locations.

In total, 17 criteria were used for the multicriteria analysis (Table 3). Twelve criteria were to be maximised, while five were to be minimised. Their grouping was as follows: (1) technical-related (TEC; layout, turbine type, design flow, gross head, etc.), (2) economic-related (ECO; investment costs, electricity generated, simple payback, etc.), and (3) environmental-related (ENV; GHG reduction and use of electricity).

The following conclusions were drawn up: (1) While the potential of energy recovery from wastewater systems using micro-hydro plants (MHPs) is an appropriate solution to improve the energy efficiency of the municipal water sector, it has seen no exploitation due to a number of technical and non-technical issues in low-lying countries. Non-technical problems include a lack of awareness about the scale of the existing resources available in water networks; (2) The potential in lowland areas in terms of power capacity resulting from mostly low-head sites cannot be compared to that of elevated topography. In addition, for flat terrain, the selection field for turbines is relatively narrow; moreover, the low flow rates and small size of turbine units increase the unit price of turbines; (3) A methodology was developed to quantify the potential and identify conduit hydropower sites in a lowland country's wastewater systems, including resource assessment, suitable tools to make a preliminary assessment of potential sites, and choice of turbines and their operating parameters in a harsh environment. The lack of in-depth studies on wastewater quality's impact on hydro turbines, particularly the risk of clogging them in sewage networks upstream of WWTPs, can be a severe problem; (4) A conventional multicriteria analysis can help select the most appropriate site for constructing MHPs in urban water areas to achieve energy recovery. There are plenty of multicriteria tools available on the market for solving any real-world issue. However, at least preliminary site assessments and design procedures must be accessible beforehand for this analysis.

References

1. **Choulot, A., Denis, V., Punys, P.** *Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures.* In Hydropower—Practice and Application; InTech: Rijeka, Croatia, 2012.
2. **Beltran, H., Vidal, R., Basiero, L., Santos, J.M., Basiero, J.A., Belenguer, E.** *Micro hydro installation analysis in a wastewater treatment plant.* Renew. Energy Power Qual. J. 2014, 12, 15–20.
3. **Gallagher, J., Harris, I.M., Packwood, A.J., McNabola, A., Williams, A.P.** *A strategic assessment of micro-hydropower in the UK and Irish water industry: Identifying technical and economic constraints.* Renew. Energy 2015, 81, 808–815.
4. **Bousquet, C., Samora, I., Manso, P., Rossi, L., Heller, P., Schleiss, A.J.** *Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland.* Renew. Energy 2017, 113, 64–73,
5. **Lopez-Fernandez, R.M., Gonzalez, V.I.S., Punys, P., Radzevičius, A., Steller, J., Jagielska, A**. *Web-based Atlas of Micro-hydro Inventory in Urban Water Networks.* In Proceedings of the Hydroforum 2019: 9th Polish Hydropower Conference, Gdansk, Poland, 9–10 October 2019.
6. **Punys P, Jurevičius L.** *Assessment of Hydropower Potential in Wastewater Systems and Application in a Lowland Country*, Lithuania. Energies. 2022; 15(14):5173.

Authors

Petras Punys, PhD in Hydraulic Engineering. Since 2002, he is a Full Professor at the Department of Water Engineering of Vytautas Magnus University. He has written many papers on hydrology, hydropower, river basin management, and textbooks or chapters of books. Since 1993 he has been the chairman of the Lithuanian Hydropower Association. Participated in a number of EU and locally funded projects on small hydropower, water management issues.

Algirdas Radzevičius. PhD in Hydraulic Engineering, actually Professor at the Department of Water Engineering of Vytautas Magnus University. Since 2012 he has been the Director of Hydraulic Engineering Institute at Vytautas Magnus University. The main research area – alternative energy, wastewater treatment technologies, physical modelling of hydraulic processes. Leaded 2 EU and 12 national research projects, published more than 40 articles, 2 manuals, 9 coursebooks.

Sesja LN2

Technologia - podstawy i przykłady (sesja szkoleniowa)

Session LN2

Technology – fundamentals and examples (training session)

LN2.1 Janusz Steller, Zbigniew Krzemianowski, Mariusz Hajdarowicz:
Odzysk energii traconej w komunalnych i przemysłowych obiegach wodnych - wybrane aspekty technologiczne

LN2.2 Mariusz Lewandowski, Adam Adamkowski, Maciej Kaniecki, Arkadiusz Kamiński, Stanisław Lewandowski:
Odzysk energii traconej w procesach technologicznych przedsiębiorstw przemysłowych. Praktyczne przykłady

LN2.3 Jesús Samaniego, Luis Ángel Bujedo, Raquel M. López Fernández, Víctor Iván Serna González, Mariano Mirete, Josep Page:
Energy recovery in a DWTP using an innovative micro-hydropower system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage

LN2.4 Mariusz Piękoś:
Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych MPEC Kraków

Notatki **Notes**

Odzysk energii traconej w komunalnych i przemysłowych obiegach wodnych - wybrane aspekty technologiczne

Janusz Steller, Mariusz Hajdarowicz, Zbigniew Krzemianowski

Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk
e-mail: steller@imp.gda.pl, hajdarowicz.m@gmail.com, krzemian@imp.gda.pl

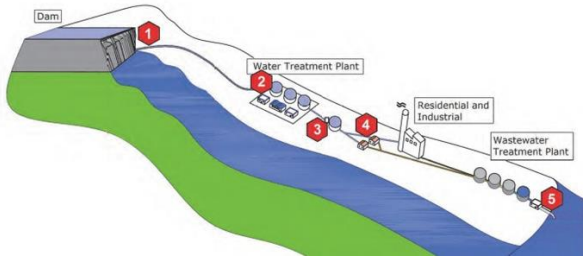
1. Wprowadzenie

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego krajowa konsumpcja energii elektrycznej przeznaczonej na zaopatrzenie w wodę i gospodarowanie odpadami wyniosła w roku 2020 około 3100 GWh, co stanowiło blisko 2 % całkowitego zużycia energii elektrycznej w Polsce [1]. Uważa się jednak, że w wielu krajach rozwiniętych sam sektor oczyszczania ścieków pochłania 3 do 5 % ogólnokrajowej konsumpcji energii elektrycznej [2, 3]. Dlatego już od dawna, perspektywa energetycznego równoważenia sektora wodno-kanalizacyjnego poprzez wykorzystanie potencjału energetycznego ukrytego w ciągu technologicznym, jest niezwykle atrakcyjna.

Warto zwrócić uwagę, że oprócz energii odzyskiwanej z cyklu technologicznego, niektóre zakłady wodno-kanalizacyjne korzystają z niezależnych źródeł OZE, np. farm paneli słonecznych, czy też elektrowni wodnych, umieszczonych poza siecią wodociągową. Ostatecznie szereg takich zakładów oraz ich poszczególnych instalacji – takich, jak stacje uzdatniania wody (SUW), czy oczyszczalnie ścieków (OŚ) - jest w stanie nie tylko pokryć własne potrzeby, ale być źródłem energii niezbędnej dla potrzeb innych - zwłaszcza komunalnych. Racjonalnej gospodarce wytwarzaną energią elektryczną na potrzeby własne sprzyja wyposażenie takich instalacji w magazyny energii, co przewidziano w pilotowej instalacji projektu Life NEXUS w miejscowości Porma [4].

Najlepsze możliwości wykorzystania energii hydraulicznej stwarzają zwykle ujęcia wody oraz komory redukcji ciśnienia na wlocie do stacji uzdatniania wody, zbiorników wyrównawczych, czy wlotów na poszczególne fragmenty sieci komunalnej. Ma to szczególne znaczenie w okolicach górskich i podgórskich. Dobrym przykładem jest elektrownia wodna Mühlau, eksploatowana od początku lat 50-tych przez Zakłady Komunalne IKB w Innsbrucku. Elektrownia jest położona 450 m poniżej ujęcia wody dla miasta i okolic. Wyposażona jest w 2 hydrozespoły z turbinami Peltona o łącznej mocy 6 MW i produkcji rocznej 34 GWh [5]. Na wielką skalę z potencjału hydroenergetycznego własnej sieci wodociągowej korzysta stolica Ekwadoru - Quito. Roczna produkcja energii elektrycznej z elektrowni wykorzystujących własny potencjał hydroenergetyczny lokalnej spółki EPMAPS wynosi ponad 200 GWh [6]. W Polsce jest zaledwie kilka instalacji wykorzystujących potencjał hydroenergetyczny wody pitnej i charakteryzujących się mocą w przedziale 100 do 400 kW, np. [7]. W zdecydowanej większości chodzi tu o moce nie przekraczające kilkudziesięciu kilowatów.

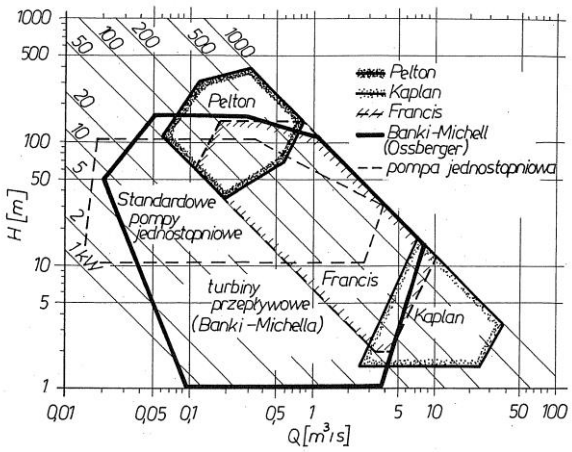
W przypadku oczyszczalni ścieków (OŚ) najpoważniejszym źródłem energii użytecznej jest dzisiaj metan uzyskiwany w wyniku fermentacji osadów komunalnych [2]. W niektórych przypadkach znaczący wkład do pokrycia własnego zapotrzebowania na energię elektryczną wnosić może jednak energia związana ze zrzutem oczyszczonej wody z oczyszczalni [3, 8]. Typowe miejsca odzysku energii hydraulicznej w cyklu wodno-kanalizacyjnym pokazano za [9] na rys.1.



Rys.1 Typowe miejsca odzysku energii hydraulicznej w komunalnym obiegu wodno-kanalizacyjnym.
1 – ujęcie wody; 2 –SUW, 3 - zbiorniki wyrównawcze, 4 – odbiorcy; 5 – zrzut z oczyszczalni ścieków [8]

2. Dostępne technologie odzysku energii hydraulicznej

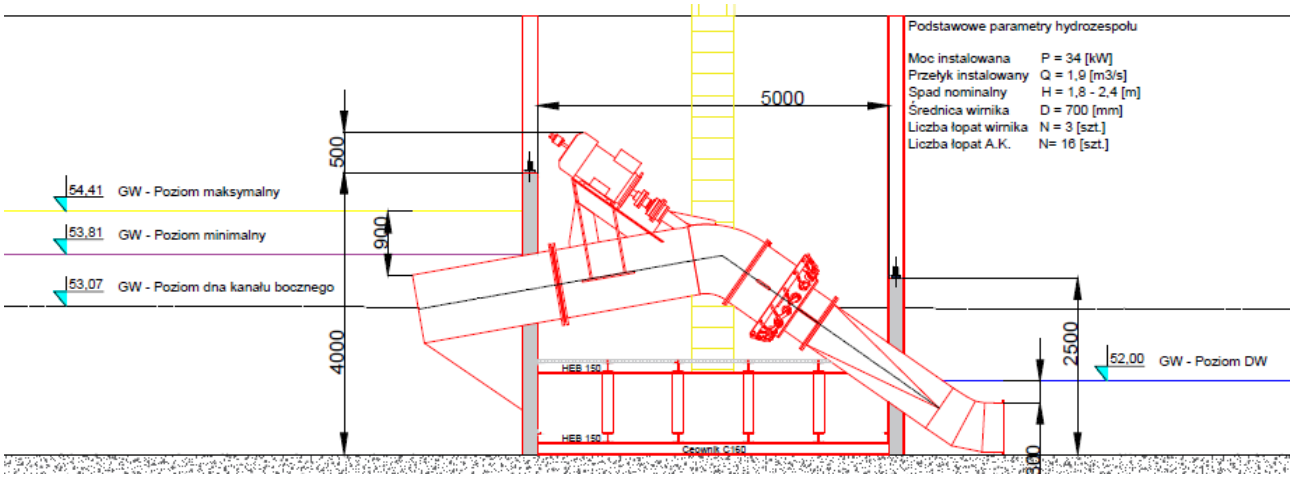
Ze względów techno-ekonomicznych najbardziej pożądane jest wykorzystanie energii hydraulicznej dostępnej na ujęciach wody i w komorach redukcji ciśnienia przed stacjami uzdatniania wody lub zbiornikami wyrównawczymi. To właśnie tutaj należy liczyć się z najwyższymi spadami i mocami surowymi. Gdy moce surowe przekraczają około 50 kW, a spad – odpowiednio 60 i 20 m pod uwagę bierze się turbiny Peltona i Francisa. Przy wartościach mocy i spadu z dolnej części tego zakresu oraz niższych, ekonomicznie uzasadnioną alternatywą są turbiny typu turgo i turbiny o przepływie poprzecznym (Banki-Michella), natomiast przy mocach poniżej 100 kW i spadach w zakresie 10 do 100 m – także pompy jednostopniowe w ruchu turbinowym (PaT, ang. *Pump as Turbine*). Przy spadach rzędu kilkudziesięciu metrów i dużej zmienności natężenia przepływu rozwiązaniem mogą być hydrozespoły z turbinami diagonalnymi opracowanymi przez szwajcarską firmę MhyLab. Typowy zakres zastosowań niektórych klasycznych turbin wodnych i PaT pokazano za [10] na rys.2. Bardziej aktualne informacje znaleźć można m.in. w artykule przeglądowym A.Cholout, V.Denisa i P.Punysa [11].



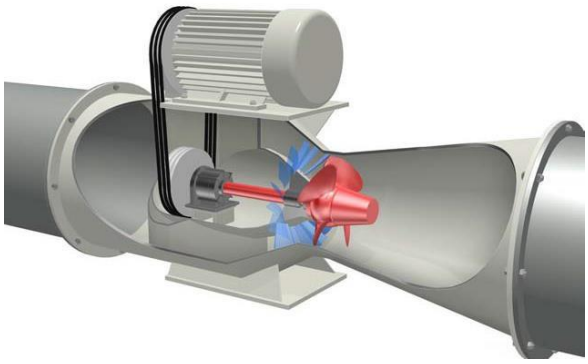
Rys.2 Zakres zastosowań niektórych turbin klasycznych i pomp w ruchu turbinowym stosowanych w mikrohydroenergetyce i instalacjach odzysku energii wg [10]

W ciągu ostatnich kilku dekad zaobserwować można wyraźny wzrost zainteresowania odzyskiem energii hydraulicznej w lokalizacjach niskospadowych, które zdecydowanie dominują w przypadku zrzutów wody z oczyszczalni ścieków. Zastosowanie znajdują tu wciąż szybkokobieżne turbiny Francisa [8], jednak w wielu przypadkach dobrym rozwiązaniem są turbiny rurowe w różnych konfiguracjach (rys.3, 4), a przy spadach najniższych – również niektóre hydrozespoły grawitacyjne i hydrokinetyczne [12, 13], nadające się szczególnie dobrze do zastosowań w kanałach otwartych.

Na szczególną uwagę zasługują hydrozespoły instalowane wewnątrz rurociągu (ang. „in-conduit"), do których zaliczyć należy przede wszystkim kompaktowe hydrozespoły rurowe z „mokrym" generatorem synchronicznym lub asynchronicznym. W tym pierwszym przypadku stosuje się często wirniki z magnesami trwałymi (np. neodymowymi). Zazwyczaj są to hydrozespoły o regulowanej szybkości obrotowej z częścią turbinową wyposażoną w stałe łopatki kierownicy i wirnika (rys.5).

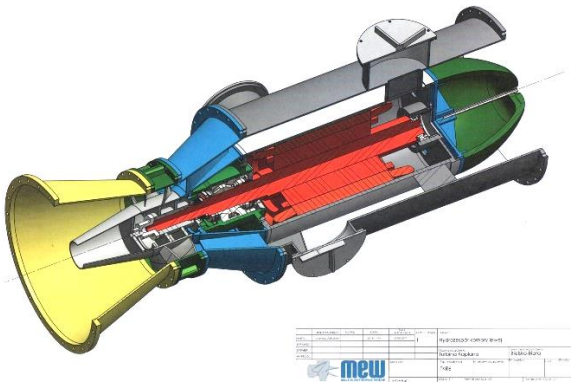


Rys.3 Hydrozespół z kolanową turbiną rurową zaproponowany do odzysku energii w kanale odpływowym jednej z polskich oczyszczalni ścieków (dzięki uprzejmości TG DNALOP Sp. z o.o.)

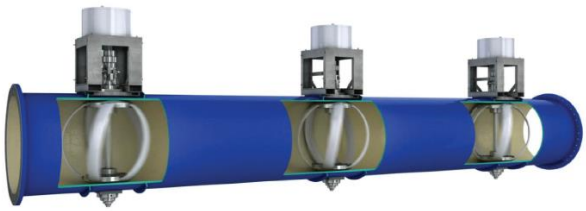


Rys.4 Hydrozespół z mikroturbiną rurową produkcji Fuji [12]

Innym interesującym rozwiązaniem „in-conduit" są hydrozespoły z turbinami wyposażonymi w pionowe wirniki Gorlowa, produkowane przez amerykańską firmę *Lucid Energy* pod nazwą handlową *Lucid Pipe Power System* [12÷14]. Zgodnie z informacją producenta, turbiny wykorzystują one różnice ciśnień od 0,7 do 3,5 m H_2O, w związku z czym instaluje się je w pakietach składających się nawet z 3 modułów zainstalowanych szeregowo (rys.6).



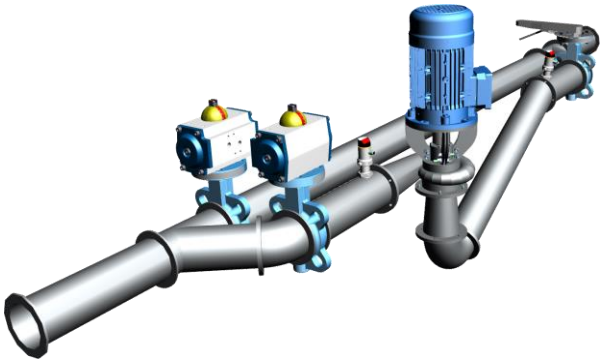
Rys.5 Rurowy mikrohydrozespół kompaktowy z generatorem mokrym produkowany przez spółkę MEW Sc we współpracy z Instytutem KOMEL (za zgodą producenta)



Rys.6 Zespół rekuperacyjny *Lucid Pipe Power System* [14]

Podstawowym warunkiem, jaki powinna spełniać każda instalacja odzysku energii w komunalnym lub przemysłowym obiegu hydraulicznym jest zapewnienie niezawodności i możliwości utrzymania dotychczasowych lub wcześniej zakładanych parametrów przepływu cieczy w miejscu, gdzie zaplanowano odzysk energii.

Jeśli w miejscu tym ciecz płynie rurociągiem z urządzeniem dyssypacyjnym (np. zawór redukcyjny), to odzysk powinien być dokonywany na rurociągu równoległym (obejściowym) – tak, aby w sytuacji awaryjnej zapewnić szybkie przekierowanie przepływu na odcinek z wcześniej stosowanym lub zapasowym urządzeniem dyssypacyjnym (rys.7).



Rys.7 Sposób instalacji małej turbiny Francisa na obejściu zaworu regulacyjnego [8]

Jeśli dotychczasowe lub planowane parametry ruchu cieczy (ciśnienie i natężenie przepływu) są zmienne w czasie, to niezbędne może być wyposażenie instalacji w odpowiedni układ regulacji. Właściwe środki zabezpieczające i regulacyjne należy zachować również w przypadku kanałów przepływowych otwartych.

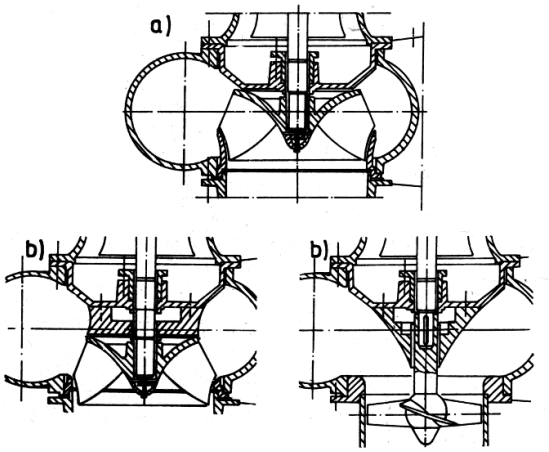
3. Pompy w ruchu turbinowym

Możliwość zastosowania pomp w ruchu turbinowym w mikroelektrowniach wodnych, a zwłaszcza w instalacjach odzysku energii w przemysłowych ciągach technologicznych i w komunalnych obiegach wodnych, stała się przedmiotem intensywnych prac badawczo-rozwojowych jeszcze w latach 70-tych. Szczególnie duże zaangażowanie wykazywali przedstawiciele koncernu KSB AG, których liczne doniesienia o pracach na ten temat znaleźć można w materiałach Kongresów Pompowych organizowanych do lat 90-tych we Frankfurcie nad Menem, np. [10, 15÷17]. Na przełomie lat 70-tych i 80-tych w nurt tych prac włączyli się inni wytwórcy pomp, a przede wszystkim liczne ośrodki naukowe i badawczo-rozwojowe. W Polsce prace takie prowadzone były do lat 90-tych przede wszystkim przez zespoły prof. M. Zarzyckiego (Politechnika Śląska) i K. Stellera (Instytut Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku) [18 ÷24].

W krajach Europy Zachodniej, w tle tego zainteresowania leżał wówczas wzrost cen tradycyjnych nośników energii, uwarunkowany głównie sytuacją na Bliskim Wschodzie. W niektórych krajach Bloku Wschodniego, wciąż preferujących rozwój energochłonnych sektorów gospodarki, pojawiły się trudności w zbilansowaniu mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym i zapewnieniu mu właściwych parametrów pracy. Kłopoty dotyczyły zwłaszcza obszarów peryferyjnych sieci.

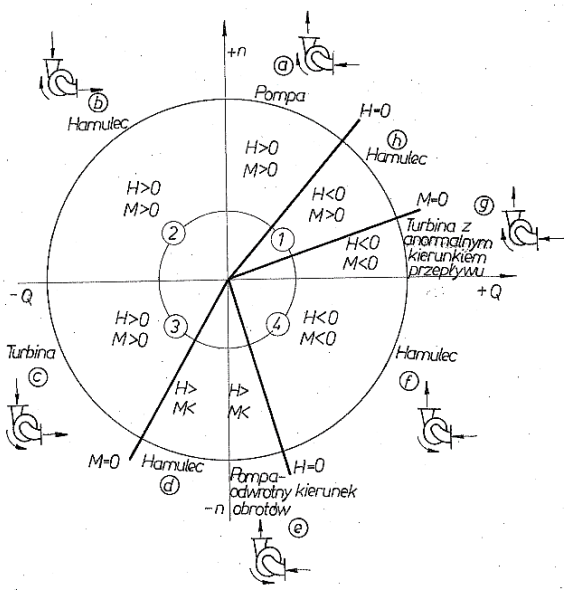
Jedną z reakcji na ww. wyzwania stał się powrót do rozwoju małej energetyki wodnej. Istotną przeszkodą na tej drodze okazała się jednak mała dostępność wyposażenia elektromechanicznego uwarunkowana przede wszystkim ograniczonym – a w Europie Wschodniej często zlikwidowanym – potencjałem wytwórczym turbin wodnych małej mocy. W tym stanie rzeczy wykorzystanie dostępnych „z półki” pomp w ruchu turbinowym okazało się kierunkiem w pełni uzasadnionym.

Stwierdzenie to pozostaje w mocy również i dzisiaj, gdy znacznie łatwiej dostępne turbiny wodne o mocach rzędu kilkudziesięciu kilowatów wciąż rzadko mogą konkurować wskaźnikami ekonomicznymi z pompami w ruchu turbinowym. Współczesne maszyny typu PaT osiągnęły poza tym wyraźny wzrost sprawności. Szczególnie interesujące wyniki uzyskuje się zastępując oryginalny wirnik pompowy wirnikiem turbinowym i dokonując ewentualnie dodatkowych zmian w układzie przepływowym (rys.8). W latach 80-tych i 90-tych prace rozpoznawcze w tym kierunku prowadzone były w IMP PAN. Obecnie intensywne prace badawczo-rozwojowe nad typoszeregiem PaT, zbudowanych w oparciu o korpusy pomp odśrodkowych wyposażonych w wirniki typu Francisa, są prowadzone przez konsorcjum, w skład którego wchodzi spółka *HydroVacuum* SA z Grudziądza i Politechnika Wrocławska (zespół dra P.Szulca).



Rys.8 Przekrój przez pompę helikoidalną 400 UM 250 i propozycje modyfikacji jej układu przepływowego rozpatrywane w IMP PAN w latach 80-tych [18]

Pełną charakterystykę przepływową każdej hydraulicznej maszyny wirnikowej wykreśla się zwykle w płaszczyźnie (Q, n) lub (Q_{HD}, n_{HD}), gdzie Q i n oznaczają odpowiednio natężenie przepływu i szybkość obrotową, zaś wskaźniki dolne H i D – redukcję na jednostkową wysokość podnoszenia (spad) i średnicę znamionową wirnika 1 m (rys.9). Znak $H>0$ ($H<0$) oznacza pracę przy różnicy ciśnień na wlocie i wylocie maszyny zgodną (niezgodną) z założeniami projektowymi. Z praktycznego punktu widzenia interesujące są przede wszystkim podstawowa praca pompowa i turbinowa realizowane odpowiednio w obszarach (a) i (c).

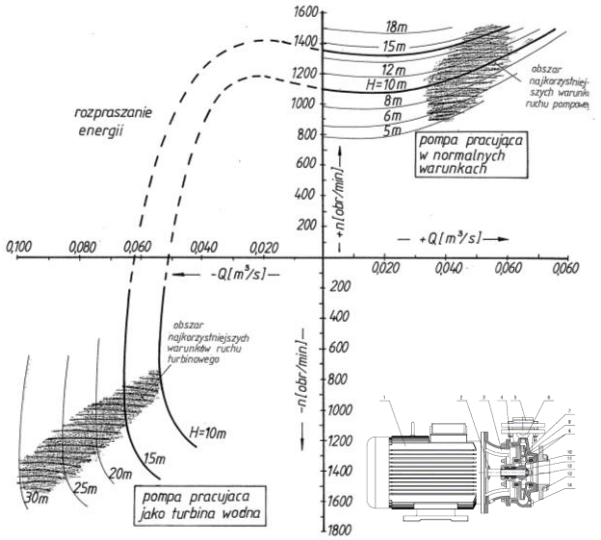


Rys. 9 Obszary pracy hydraulicznej maszyny wirnikowej w płaszczyźnie (*Q*, *n*) [20]

Wykreślone w takiej płaszczyźnie ruchowe charakterystyki uniwersalne (czterokwadrantowe) maszyny wirnikowej wskazują wyraźnie, że przy każdych obrotach optymalny obszar pracy w ruchu turbinowym jest przesunięty w kierunku wyższych wartości Q i H w stosunku do optymalnego punktu pracy w ruchu pompowym (rys.10). Wg E.Schmiedla [16] należy się liczyć z następującymi relacjami między parametrami w ruchu pompowym (p) i turbinowym (t)

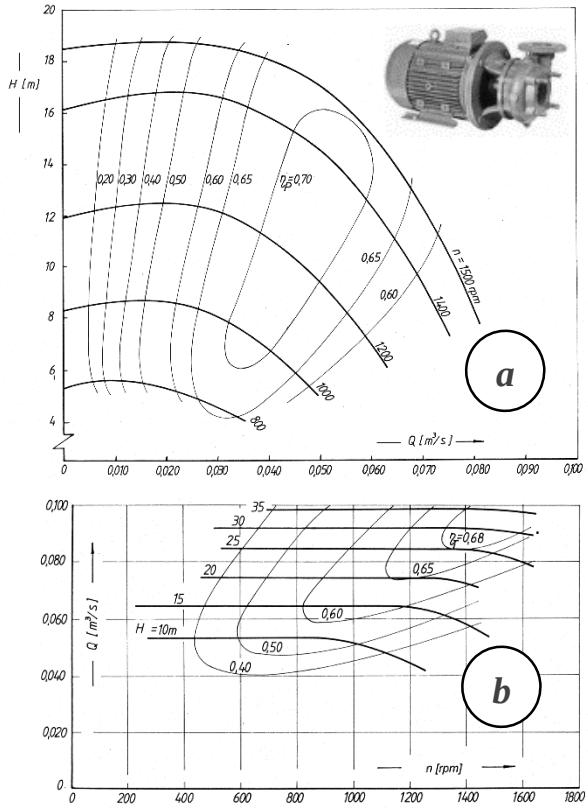
$$Q_t/Q_p = 1{,}5 \div 2{,}4 \quad \text{i} \quad H_t/H_p = 1{,}7 \div 3{,}7$$

Relacje te mają podstawowe znaczenie przy doborze pompy do pracy turbinowej na podstawie jej charakterystyk w ruchu pompowym. Niestety, zależą one istotnie od cech konstrukcyjnych pompy i z tego powodu wykazują bardzo duże zróżnicowanie [20]. Stosunkowo nowy przegląd rekomendowanych zależności można znaleźć w pracy M.Pérez-Sáncheza i in. [25].

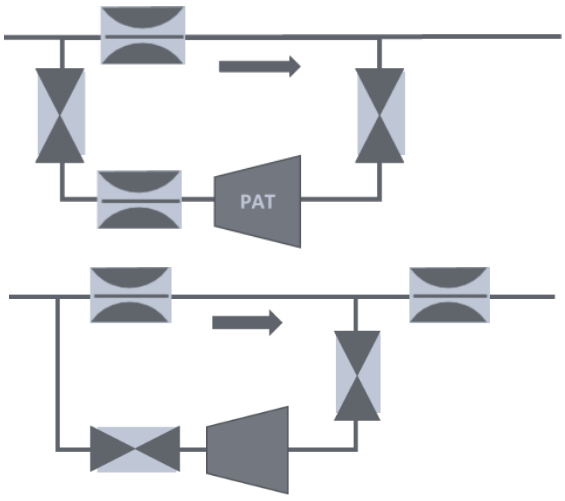


Rys.10 Uniwersalne charakterystyki przepływowe pompy odśrodkowej 150 PJM 250 Leszczyńskiej Fabryki Pomp [21]

Węzły redukcji ciśnienia w sieci wodociągowej pracują często ze zmienną wydajnością i z tego powodu sprawą niezwykle istotną są własności regulacyjne PaT. Niestety, w przypadku pomp odśrodkowych (rys.11) możliwości regulacji szybkością obrotową są bardzo ograniczone. Należy też zwrócić uwagę, że - podobnie jak w przypadku turbin Francisa - wzrost szybkości obrotowej przy stałym spadzie prowadzi do spadku natężenia przepływu. Jak wynika z analiz przeprowadzonych przez autorów tego tekstu, w wielu przypadkach rozwiązaniem bardziej korzystnym od sterowania szybkością obrotową może być sterowanie przy użyciu zaworów regulacyjnych umieszczonych szeregowo i/lub równolegle do PaT (rys.12).

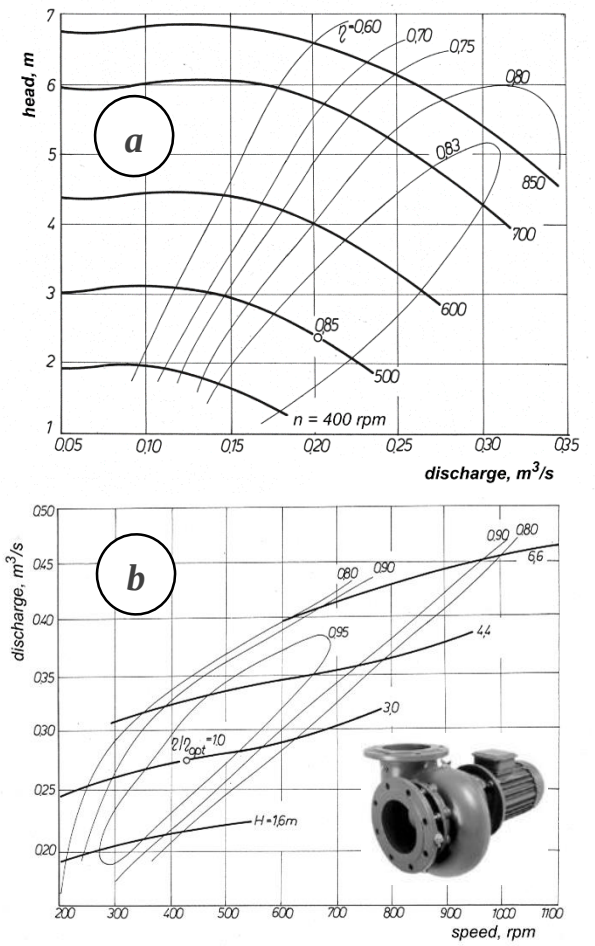


Rys.11 Pagórki sprawności pompy odśrodkowej 150 PJM 250 Leszczyńskiej Fabryki Pomp w ruchu pompowym (*a*) i turbinowym (*b*) [21]



Rys.12 Schematy ideowe regulacji dławieniowej hydraulicznego zespołu rekuperacyjnego

Sytuacja jest odmienna w przypadku pomp o wyższej szybkobieżności – tzn. helikoidalnych (rys.13) i diagonalnych, a tym bardziej – śmigłowych. Z uwagi na zakres pracy ograniczony do niskich spadów, ich zastosowanie w układach odzysku energii dotyczy głównie zrzutów wody do zbiorników otwartych.



Rys.13 Pagórki sprawności pięciołopatkowej pompy helikoidalnej 400 UM 250 Leszczyńskiej Fabryki Pomp w ruchu pompowym (*a*) i turbinowym (*b*) [18]

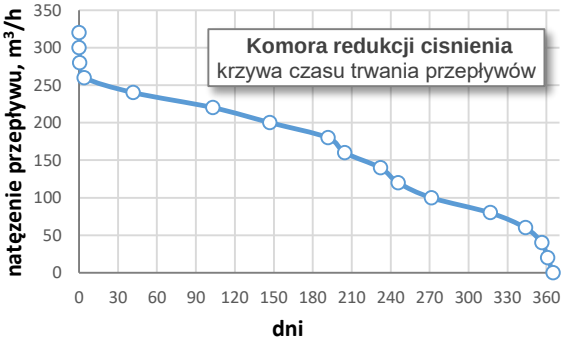
4. Dobór pompy do pracy turbinowej

4.1. Zasady ogólne

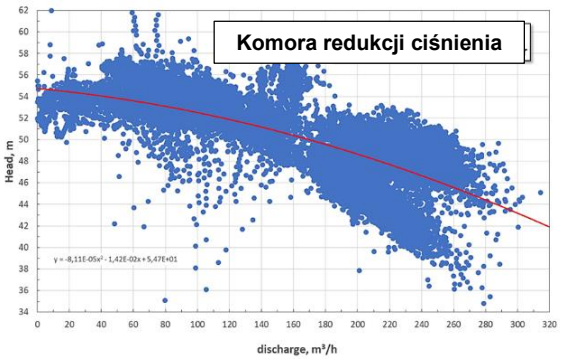
Dobór maszyny do odzysku energii w instalacji hydraulicznej zawsze rozpoczyna się od rozpoznania dostępnego potencjału hydroenergetycznego oraz warunków instalacyjnych w planowanym miejscu odzysku energii. Podobnie, jak w przypadku studiów przedwstępnych wszystkich elektrowni wodnych, podstawą jest krzywa czasów trwania przepływów określona na podstawie pomiarów trwających odpowiednio długo – najlepiej nie mniej niż jeden rok. Przykład takiej krzywej pokazano na rys.14.

Dobór maszyny rekuperacyjnej nie jest możliwy bez informacji o spadzie użytecznym, jakiego należy oczekiwać przy różnych przepływach (rys.15). W przypadku komór redukcji ciśnienia, usytuowanych np. przed stacją uzdatniania wody lub na wlocie do zbiorników wyrównawczych zasadnicze znaczenie mają warunki na ujęciu wody, straty hydrauliczne oraz wymagania dotyczące ciśnienia poniżej punktu odzysku energii. W przypadku, gdy odzysk następuje na zrzucie wody do zbiornika otwartego, kluczowe znaczenie może mieć poziom wody w tym zbiorniku, a niekiedy także zależne od przepływu straty hydrauliczne na odcinku przed zrzutem wody.

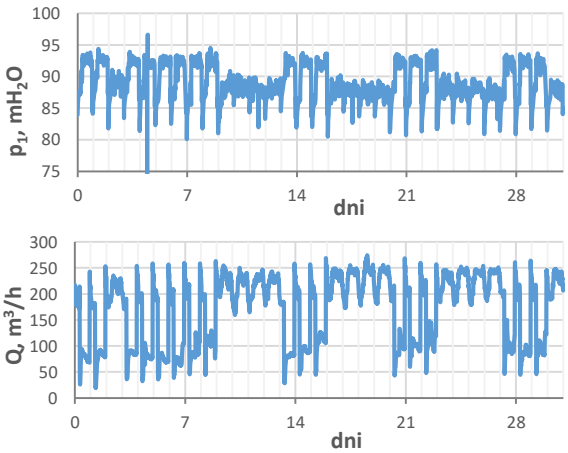
W rzeczywistości sytuacja bywa dość złożona – warunki na wlocie bywają zmienne, straty hydrauliczne mogą sięgać dziesiątek metrów, ciśnienie na odpływie może zależeć od szeregu dodatkowych czynników. Autorom znana jest sytuacja, w której przy tym samym przepływie spad użyteczny na zaworze redukcyjnym zmienia się od kilku do kilkudziesięciu metrów. Zrozumieniu tego rodzaju osobliwości mogą pomóc wykresy wahań spadu lub ciśnienia i natężenia przepływu (rys.16), a także obliczenia strat hydraulicznych w rurociągach.



Rys.14 Krzywa czasu trwania przepływów w jednej z komór redukcji ciśnienia MPGK Krosno (na podstawie danych z roku 2019)



Rys.15 Punkty pracy zaworu redukcyjnego w komorze jak wyżej



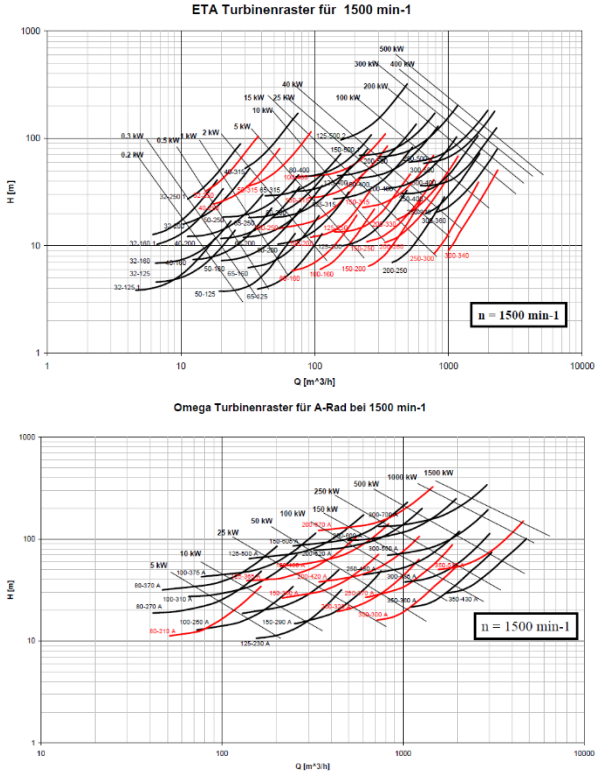
Rys.16 Przebiegi ciśnienia wlotowego i przepływu przez komorę redukcji ciśnienia MPGK Krosno (maj 2019)

Wymienione wyżej informacje są zwykle zasadniczą podstawą wskazania projektowego punktu pracy maszyny rekuperacyjnej (PaT). W najprostszym podejściu, jako projektowe natężenie przepływu można przyjąć medianę rozkładu czasu trwania przepływów, a jako projektowy spad – wartość wynikającą z przebiegu linii trendu wykresu *Q-H* (rys.15). Tak wybrany projektowy punkt pracy jest zwykle zbliżony do optymalnego i może stanowić punkt wyjścia dla optymalizacji zaawansowanej, która wymaga już utworzenia stosownej funkcji celu uwzględniającej przebieg charakterystyk maszyny rekuperacyjnej oraz sposobu regulacji. Zagadnienia te nie będą przedmiotem dalszych rozważań.

4.2. Dobór PaT na podstawie charakterystyk w ruchu turbinowym

Zainteresowanie wykorzystaniem pomp w ruchu turbinowym dla potrzeb mikrohydroenergetyki oraz odzysku energii hydraulicznej w instalacjach przemysłowych i w komunalnych sieciach wodno-kanalizacyjnych sprawiło, że niektórzy wytwórcy pomp wirnikowych zdecydowali się na przebadanie całych typoszeregów. Oprócz wskazanego już koncernu KSB AG, wymienić również należy m.in. takie firmy europejskie, jak *Sulzer* (Szwajcaria) i *Caprari* (Włochy), a w Polsce – wspomnianą już firmę *HydroVacuum SA* z Grudziądza. Wynikiem ich prac są nomogramy lub wykresy zbiorcze charakterystyk typoszeregów PaT w płaszczyźnie (*Q-H*) (rys.17). Wykresy te mogą być dostępne dla jednej (synchronicznej) szybkości obrotowej, lecz uzyskanie charakterystyk dla innych obrotów wymaga tylko użycia wyróżników:

- natężenia przepływu: $$\varphi = \frac{Q}{nD^3}, \qquad (1)$$
- spadu: $$\psi = \frac{gH}{n^2D^2}. \qquad (2)$$



Rys.17 Charakterystyki zbiorcze PaT opartych o pompy odśrodkowe KSB z typoszeregów *Etanorm* i *Omega*

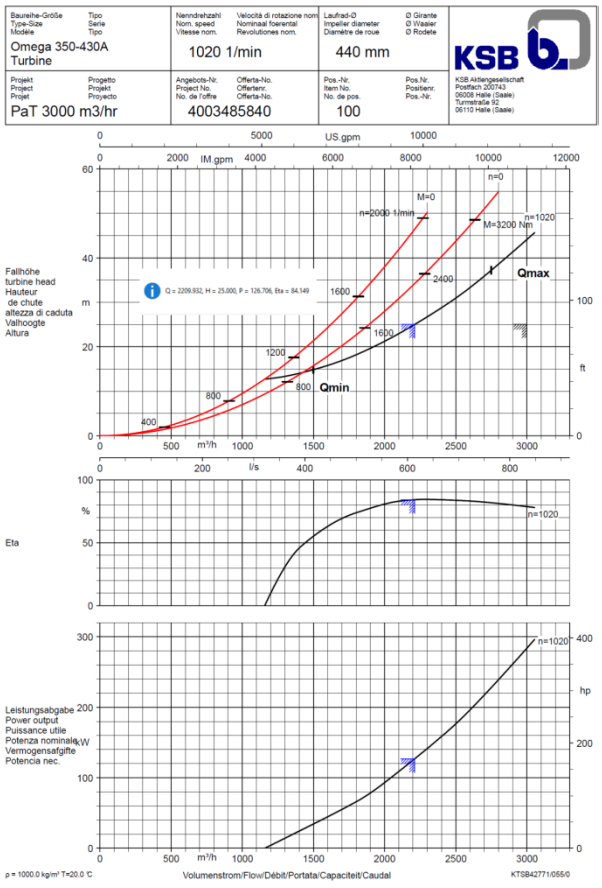
Charakterystyki zbiorcze należy traktować, jako przybliżone. Mogą one służyć tylko do wstępnego doboru typu PaT z określonej rodziny. Typ ten zwykle obejmuje kilka typowielkości różniących się średnicą *D* wirnika, a niekiedy i pewnymi innymi cechami geometrycznymi. Dlatego w sprawach ostatecznego doboru konieczny jest zawsze kontakt z przedstawicielem producenta, który powinien być w stanie dostarczyć charakterystykę eksploatacyjną ostatecznie dobranej maszyny. Kontakt ten jest zresztą zalecany i na wcześniejszym etapie.

Przykład wspomnianej wyżej charakterystyki eksploatacyjnej PaT przeznaczonej do pracy ze stałą szybkością obrotową pokazano na rys.18. Charakterystyka ta składa się z części przepływowej i energetycznej. W płaszczyźnie *Q-H* pokazano krzywe:

- spadu podczas rozbiegu (*M* = 0; *n* = *var*)
- spadu podczas postoju (*M* = *var*; *n* = 0)
- spadu podczas normalnej pracy (*M* = *var*; *n* = *const*),

gdzie symbolem *M* oznaczono moment na wale.

W części energetycznej wykreślono krzywe sprawności i mocy na wale. Na wszystkich wykresach wskazano też nominalny punkt pracy. Charakterystyki te, wraz z charakterystyką silnika w ruchu generatorowym, mogą zostać już bezpośrednio wykorzystane do prognozowania produkcji energii elektrycznej



Rys.18 Charakterystyka PaT typu Omega 350-430A wyposażonej w wirnik średnicy 440 mm i pracującej z szybkością obrotową *n* = 1020 obr/min

4.4. Dobór PaT na podstawie charakterystyk w ruchu pompowym

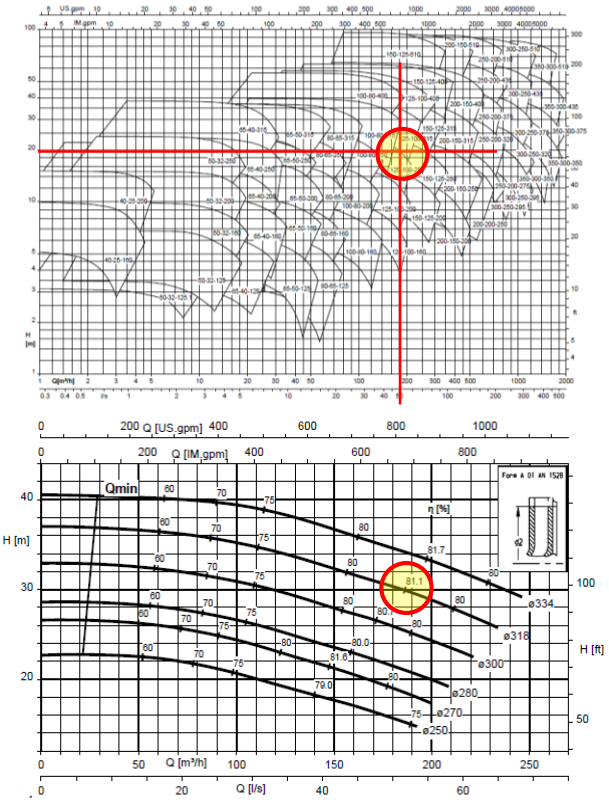
Dostęp do charakterystyk przepływowych i energetycznych całych typoszeregów pomp w ruchu turbinowym jest możliwy w przypadku maszyn dostarczanych przez niewielu producentów, a i wówczas jest on często dość ograniczony. Stąd tak wielkie zainteresowanie związkami między charakterystykami pomp w obu kierunkach ruchu i procedurami doboru pompy do pracy turbinowej na podstawie charakterystyk w ruchu pompowym. Na typową procedurę składają się następujące kroki:

a) określenie optymalnego punktu pracy poszukiwanej typowielkości w ruchu pompowym na podstawie parametrów projektowego punktu pracy w ruchu turbinowym oraz wzorów przybliżonych;

b) dobór pompy z nomogramu oraz charakterystyk w ruchu pompowym na podstawie (a) (rys.19);

c) określenie charakterystyk w ruchu turbinowym na podstawie wzorów przybliżonych;

d) założenie sposobu regulacji instalacji rekuperacyjnej oraz analiza jej charakterystyk eksploatacyjnych.



Rys.19 Dobór pompy z typoszeregu Etanorm (KSB) na podstawie parametrów w optymalnym punkcie pracy, nomogramu i charakterystyk ruchowych [26]

Kluczowe znaczenie ma oczywiście znajomość związku pomiędzy parametrami optymalnego punktu pracy w obu kierunkach ruchu. Generalnie istnieje zgodność co do tego, że proste formuły zawierające jedynie stałe współczynniki, a niekiedy i sprawność w ruchu pompowym, powinny być stosowane do maszyn o zbliżonym kształcie układu przepływowego. Formuły bardziej uniwersalne wymagają uwzględnienia różnic w geometrii układu przepływowego. Warunkowi temu najłatwiej sprostać posługując się wyróżnikiem szybkobieżności (zwanym czasami także liczbą kształtu).

Podczas prowadzonych w ramach projektu Life NEXUS studiów wstępnych nad doborem pomp z typoszeregu Etanorm (KSB) do odzysku energii w wybranych sieciach wodociągowych na terenie Polski, autorzy posługiwali się następującymi wzorami wynikającymi z analizy obejmującej m.in. 19 pomp z typoszeregu Etanorm, przeprowadzonej niedawno przez S.Fontanellę i in. w ramach projektu REDAWN [27]:

$$\frac{Q_{tb}}{Q_{pb}} = 1{,}3595\,\frac{n_t}{n_p} \tag{3}$$

$$\frac{H_{tb}}{H_{pb}} = 1{,}4568\left(\frac{n_t}{n_p}\right)^2 \tag{4}$$

$$\frac{P_{tb}}{P_{pb}} = 1{,}0403\left(\frac{n_t}{n_p}\right)^3 \tag{5}$$

We wzorach tych wskaźnikiem *b* oznaczono optymalny punkt pracy. Dokładność obliczeń opartych o powyższe wzory jest ograniczona. Przykładem niech będzie dobór PaT z typoszeregu Etanorm do komory K20 przy SUW Iskrzynia należącej do MPGK Krosno (tabela 1).

Tabela 1. Porównanie wyników doboru PaT na podstawie charakterystyk w ruchu pompowym i wzorów (3÷5) oraz charakterystyk w ruchu turbinowym (KSB)

wielkość	pompa		turbina	
	obliczenia	odczyt	obliczenia	KSB
D, mm		318	318	334
n, 1/min	1450	1450	1550	1520
Q, m³/h	167	185	267	240
H, m	30,57	30,00	49,11	50,00
η, %		81,1	64,8	80,0
P, kW		18,6	23,1	25,0

Punktem wyjścia były parametry Q = 240 m³/h i H =50 m, wyznaczone na podstawie analizy danych dostarczonych przez MPGK Krosno. Korzystając z wzorów (3, 4) wyznaczono na tej podstawie spodziewane parametry pompy w ruchu pompowym, a następnie, korzystając z nomogramu (rys.19) wybrano w pierwszym przybliżeniu typ pompy spełniającej te oczekiwania. Średnicę wirnika oraz optymalny punkt pracy w ruchu pompowym wyznaczono z dostępnych charakterystyk wybranego typu. Ponieważ optymalny punkt pracy w ruchu pompowym był tylko zbliżony do założonego, sięgnięto jeszcze raz do wzorów (3, 4), by wyznaczyć wynikowy punkt pracy w ruchu turbinowym. Ostatecznie wskazano na pompę typu Etanorm 125-100-315 z wirnikiem o średnicy ∅318 mm, pracującą z szybkością obrotową 1550 obr/min. Na pompę tego samego typu wskazał specjalista KSB, opierając się wyłącznie o dane wyjściowe oraz dostępne mu charakterystyki pomp w ruchu turbinowym. Wybrał on jednak pompę z wirnikiem o większej średnicy i wskazał na znacznie wyższą sprawność niż wartość wynikająca z wzoru (5).

Warto też zwrócić uwagę, że podczas doboru PaT na podstawie charakterystyk w ruchu pompowym założono (nieprawidłowo) jednakowy poślizg silnika/generatora w obu kierunkach ruchu, a w wyniku dalszego postępowania wskazano pompę Etanorm 150-125-510 pracującą z wirnikiem ∅508/496/28°/A05 i szybkością obrotową 1040 obr/min, jako rozwiązanie bardziej korzystne od wybranej wcześniej pompy 125-100-315 z wirnikiem o średnicy ∅318 mm. Nie zmienia to opinii, że starannie dobrane formuły przybliżone mogą być z powodzeniem wykorzystywane do wstępnych analiz. Dokonując ostatecznego doboru, zawsze warto jednak starać się o dostęp do danych z badań pompy w ruchu turbinowym. Zwykle najlepiej skonsultować się w tej sprawie z dostawcą.

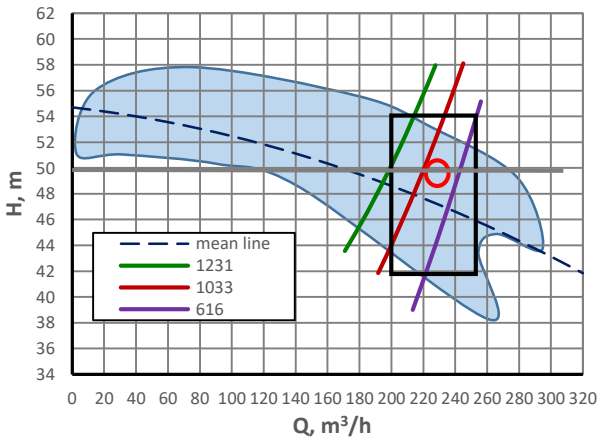
Duża ilość materiału doświadczalnego, jaki pojawił się w ciągu ostatnich dekad, stała się również zachętą do wyznaczenia licznych zależności empirycznych opisujących przebieg podstawowych charakterystyk ruchowych PaT. Oprócz wspomnianych już prac [25, 27], warto wymienić często cytowane analizy S. Derakhshana i A. Nourbakhsha [28], P. Singha i F. Nestmanna [29], a ostatnio również F.J. Lugauera i in. [30]. Mimo ograniczonej dokładności, formuły te pozwalają dokonać wstępnej prognozy własności eksploatacyjnych instalacji. Oczywiście, należy zwrócić uwagę na to, by korzystać z formuł opartych o analizę własności PaT o konstrukcji zbliżonej do PaT, stanowiącej przedmiot zainteresowania. W przypadku maszyn dobieranych dla potrzeb projektu Life NEXUS autorzy korzystali z następujących formuł zaproponowanych przez S.Fontanellę i in. [27]:

$$\frac{H_t}{H_{tb}} = 1 + 0.9633\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right)^2 + 1.4965\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right)$$

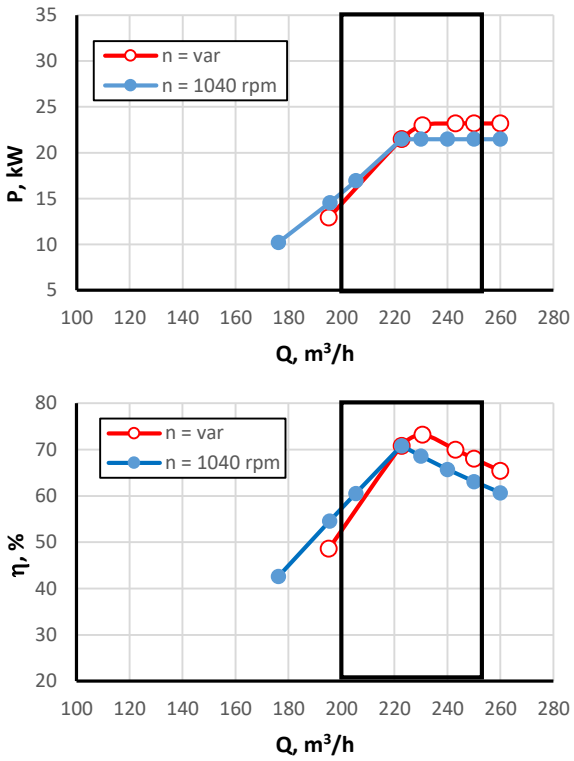
$$\frac{P_t}{P_{tb}} = 1 + 2.7071\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right) + 1.4326\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right)^2 - 0.2405\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right)^3 + 0.03499\left(\frac{Q_t}{Q_{tb}} - 1\right)^4$$

$$\text{dla } 0.33 < \frac{Q_t}{Q_{tb}} < 6.25 \qquad (6, 7)$$

Wzory te posłużyły między innymi do oceny skuteczności regulacji PaT szybkością obrotową. Jak widać z rys.20, możliwości te są mocno ograniczone w przypadku zastosowania pompy Etanorm 150-125-510 we wspomnianej komorze K20 SUW Iskrzynia. Do podobnego wniosku doprowadziła analiza pracy pompy Etanorm 125-100-315 dla tego obiektu, a także studia przeprowadzone dla pozostałych obiektów analizowanych przez autorów w ramach projektu Life NEXUS. Ostatecznym argumentem okazały się w każdym przypadku krzywe mocy na wale i sprawności wskazujące bardzo wątpliwą przewagę regulacji szybkością obrotową w optymalnym obszarze pracy. Dość proste rozważania prowadzą do wniosku, że w razie konieczności uzyskania dużych zmian natężenia przepływu przy określonym spadzie zastosowanie regulacji dławieniowej zarówno równoległej, jak i szeregowej, staje się niezbędne.



Rys.20 Charakterystyki *H-Q* pompy Etanorm 150-125-510 z wirnikiem ∅508/496/28°/A05 w pracy turbinowej przewidywane przy różnych szybkościach obrotowych (616, 1033, 1231 obr/min) w komorze redukcji ciśnienia K20 przy SUW Iskrzynia (MPGK Krosno). W tle – obszar pracy komory.



Rys.21 Charakterystyki energetyczne pompy Etanorm 150-125-510 z wirnikiem ∅508/496/28°/A05 w ruchu turbinowym z natężeniem przepływu *Q* = 200÷250 m³/h i regulacją szybkością obrotową (kolor czerwony) oraz regulacją dławieniową (kolor niebieski). Komora redukcji ciśnienia K20 przy SUW Iskrzynia. Spad *H* = 50 m.

5. Uwagi końcowe i wnioski

1) Z uwagi na cenę i dostępność, pompy w ruchu turbinowym (PaT) stanowią atrakcyjny zamiennik klasycznych turbin wodnych w wielu mikroinstalacjach hydroenergetycznych. Dotyczy to przede wszystkim instalacji odzysku energii w komunalnych i przemysłowych obiegach hydraulicznych.

   Do wad tego rozwiązania należy stosunkowo niska sprawność i stromy przebieg niektórych charakterystyk energetycznych, a często - brak informacji o tych charakterystykach.

2) W przypadku jednakowej lub zbliżonej szybkości obrotowej optymalny punkt pracy pompy w ruchu turbinowym jest przemieszczony w kierunku wyższych wartości Q i H w stosunku do optymalnego punktu pracy w ruchu pompowym.

3) W przypadku braku dostępu do charakterystyk przepływowych lub energetycznych w ruchu turbinowym, położenie optymalnego punktu pracy a także przebieg charakterystyk można określać w pierwszym przybliżeniu z dostępnych formuł przybliżonych. Dokładność i zgodność tych formuł jest ograniczona. Zdecydowanie zaleca się korzystanie z formuł opartych o analizę danych dotyczących pomp o geometrii układu przepływowego, zbliżonej do geometrii tego układu w pompie rozpatrywanej.

4) Regulacja szybkością obrotową przy zadanym spadzie pozwala osiągnąć optymalny punkt pracy, choć natężenie przepływu niekoniecznie mieści się w zadanym przedziale.

5) W przypadku pomp odśrodkowych w ruchu turbinowym zwiększanie szybkości obrotowej przy stałym spadzie prowadzi do obniżenia natężenia przepływu, zaś jej zmniejszanie daje efekt odwrotny. Sytuacja jest odmienna w przypadku pomp diagonalnych, helikoidalnych i śmigłowych. (Patrz: pagórki sprawności turbin wodnych o różnej szybkobieżności.)

6) W przypadku pomp odśrodkowych w ruchu turbinowym zmiana szybkości obrotowej daje dość ograniczone możliwości regulacji przepływu w ruchu. W przypadkach będących przedmiotem analizy wyraźną przewagę wydaje się mieć regulacja dławieniowa.

Podziękowania

Niniejszy artykuł został przygotowany jako wprowadzenie do sesji szkoleniowej podczas Sympozjum Projektu Life NEXUS[1], jakie odbyło się w dniu 27 października 2022 w Hotelu „Witkowski” w Warszawie. Sympozjum było współfinansowane ze środków projektu j.w. Autorzy wyrażają podziękowanie koordynatorowi projektu reprezentowanemu przez p. Raquel Lopez (CARTIF, Valladolid, Hiszpania) za udzielone wsparcie merytoryczne i organizacyjne.

Za udostępnienie materiałów niezbędnych do wykonania prac analitycznych, a także przygotowania niniejszego tekstu dziękujemy wszystkim partnerów Projektu, dla których przygotowujemy studia przedwstępne instalacji odzysku energii, a przede wszystkim p. mgr. inż. Grzegorzowi Wygodzie ze Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Krośnie.

Szczególne słowa podziękowania za konsultacje merytoryczne oraz udostępnienie niezbędnych materiałów kierujemy do spółek KSB Polska Sp. z o.o. z Polski i Aquatec z Hiszpanii.

Przywołania

1. *Zużycie paliw i nośników energii w 2020 roku. Tablice w formacie xlsx*. GUS, Warszawa, 2021
2. **Chen S., Chen B.**: *Net energy production and emissions mitigation of domestic wastewater treatment system: A comparison of different biogas–sludge* use alternatives. Bioresource Technology 144 (2013) 296–303
3. **Bousquet C., Samora I., Manso P., Rossi L., Heller P., Schleiss A.J.**: *Assessment of hydropower potential in wastewater systems and application to Switzerland*. Renewable Energy 113 (2017) 64-73
4. **Samaniego J., Bujedo L.A., López Fernández R.M., Serna González V.I., Mirete M., Pages** J.: *Energy recovery in a drinking water plant using an innovative micro-hydropower system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage*. HYDROFORUM 2022. XIth Polish Hydropower Conference & Life NEXUS Project Symposium Book of Abstracts, TEW / IMP PAN, Warsaw/Gdansk (Poland), 2022
5. *Kraftwerk Mühlau. Trinkwasser- und Naturstromkraftwerk.* https://www.ikb.at/unternehmen/ kraftwerke/kraftwerk-muehlau
6. **Villagómez A.**: *Know-how for Small Power Hydro (SPH) development. Public sector company experience. EPMAPS case.* HYPOSO Workshop on Small Hydropower Framework Conditions in Ecuador, Quito, 26 July 2022
7. **Żaba T.**: *Odzysk energii na rurociągu magistralnym zasilającym krakowski system zaopatrzenia w wodę*, Energetyka Wodna 2/2013, s. 37-41
8. **Tomalik J.**: *Mała Elektrownia Wodna z turbiną Francisa jako system odzysku energii w oczyszczalni ścieków w Toruniu.* V Polska Konferencja Hydroenergetyczna RENEXPO Poland, Warszawa, wrzesień 2015
9. **van Vuuren S.J, van Dijk M., Loots I, Barta B. & Scharfetter B.G:** *Conduit Hydropower Development Guide*, University of Pretoria, July 2014
10. **Engeda A., Strate P., Rautenberg M.**: *Auswahl von Kreiselpumpen als Turbine*n. Pumpentagung Karlsruhe’88, Sektion A6, Fachgemeinschaft Pumpen im VDMA, Frankfurt/Main, Oktober 1988

[1] Projekt realizowany w ramach programu Komisji Europejskiej *LIFE Environment and Resource Efficiency* (LIFE17 ENV/ES/000252)

11. **Choulot A., Denis V. Punys P**.: *Integration of Small Hydro Turbines into Existing Water Infrastructures. Hydropower – Practice and Application***,** Dr H. Samadi-Boroujeni (Ed.), InTech, March 2012, Available from: http://www.intechopen.com/books/hydropower-practice-and-application/integration-of-small-turbines-into-water-infrastructure
12. **Casini M.:** *Harvesting energy from in-pipe hydro systems at urban and building scale*. International Journal of Smart Grid and Clean Energy. vol. 4, no. 4, October 2015, pp.316-327
13. *Tapping in-conduit hydropower as alternative renewable energy source*, World Water, Vol.42, Issue 4, July/August 2019, pp.12-15
14. *Harvesting renewable, low-cost electricity from gravity-fed water pipes.* Lucid Energy Product Info. www.lucidenergy.com
15. **Hergt P., Krieger P., Thommes S.**: *Die strömungstechnischen Eigenschaften von Kreiselpumpen in Turbinenbetrieb*. Pumpentagung Karlsruhe'84, Fachgemeinschaft Pumpen im VDMA, Frankfurt/Main, Oktober 1984
16. **Schmiedl E**.: *Serien-Kreiselpumpen im Turbinenbetrieb*. Pumpentagung Karlsruhe'88, Sektion A6, Fachgemeinschaft Pumpen im VDMA, Frankfurt/Main, Oktober 1988
17. **Schnitzer V**.: *Pumpenantriebe mit regenerativer Energie; ihre besondere Anforderungen an Pumpen.* Pumpentagung Karlsruhe'92, Fachgemeinschaft Pumpen im VDMA, Frankfurt/Main, Oktober 1992, Beitrag A5-11
18. **Kirejczyk J.:** *Analiza przydatności pompy 400 UM 250 do pracy turbinowej*. Opr. IMP PAN, Gdańsk, 1982
19. **Reymann Z., Steller K., Litorowicz J**.: *Activities of the Polish Academy of Sciences' Institute of Fluid-Flow Machinery concerning development of small water power plants.* Trans. IF-FM, 1989, vol. 90-91, pp.149-162
20. **Steller K**.: *Pompy wirowe jako turbiny wodne.* Zesz. Nauk. IMP PAN nr 297/1262/90, 31 s.
21. **Steller K., Łojek A., Reymann Z.**: *Sprawozdanie z badan laboratoryjnych niskociśnieniowej pompy wirowej odśrodkowej jednostopniowej typu PJM*. Opr. IMP PAN nr 173/92
22. **Rduch J., Zarzycki M.**: *Badania laboratoryjne pomp wirowych wielostopniowych w ruchu turbinowym*. HYDROFORUM'94. Straszyn, wrzesień 1994. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej. Suplement, Wyd. IMP PAN, Gdańsk, 1994., s. 11-18
23. **Klein M., Łojek A**.: *Maszyna rekuperacyjna jako reduktor ciśnienia w instalacjach przemysłowych*. Trans. IF-FM, 1996, z. 101, s.141-154
24. **Steller J., Adamkowski A., Stankiewicz Z., Łojek A., Rduch J., Zarzycki M**.: *Pumps as turbines for hydraulic energy recovery and small hydropower purposes in Poland*. Hidroenergia'2008, Bled (Slovenia), June 11-13th, 2008, Session 5A
25. **Pérez-Sánchez M., Sánchez-Romero F.J., Ramos H.M.** and **López-Jiménez A.P.**: *Improved Planning of Energy Recovery in Water Systems Using a New Analytic Approach to PAT Performance Curves*. Water 2020, 12, 468; doi:10.3390/w12020468
26. *Wassernormpumpe – 50 Hz. Etanorm/ Etanorm SYT/ Etanorm V/ Etabloc/ Etabloc SYT, Etanorm-RSY. Kennlinienheft.* KSB SE & Co. KGaA, Frankenthal 07.06.2021
27. **Fontanella S., Fecarotta O., Molino B., Cozzolino L., Della Morte R**.: *A Performance Prediction Model for Pumps as Turbines (PATs*). Water 2020, 12, 1175; doi:10.3390/w12041175
28. **Derakhshan S., Nourbakhsh A**.*: Experimental study of characteristic curves of centrifugal pumps working as turbines in different specific speeds.* Experimental Thermal and Fluid Science 32 (2008) 800–80
29. **Singh P., Nestmann F**., *An optimization routine on a prediction and selection model for the turbine operation of centrifugal pumps*. Experimental Thermal and Fluid Science 34 (2010) 152–164
30. **Lugauer F.J., Kainz J.,Gaderer M**.: *Techno-Economic Efficiency Analysis of Various Operating Strategies for Micro-Hydro Storage Using a Pump as a Turbine*, Energies 2021, 14, 425. doi.org/10.3390/en14020425

Autorzy

Janusz Steller, dr hab., w roku 1977 ukończył studia na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Gdańskiego w specjalności fizyka teoretyczna. Od tego czasu pracownik Instytutu Maszyn Przepływowych PAN, który w roku 1984 nadał mu stopień doktora nauk technicznych. W roku 2019 Senat Politechniki Wrocławskiej nadał mu stopień doktora habilitowanego za prace nad oceną odporności kawitacyjnej materiałów metodą frakcyjną. Obecnie starszy specjalista w Ośrodku Hydrodynamiki IMP PAN. Prezes Zarządu Towarzystwa Elektrowni Wodnych (TEW). Zawodowo zajmuje się badaniem zjawiska kawitacji i erozji kawitacyjnej, a także zagadnieniami rozwoju energetyki wodnej. W przeszłości również: obliczeniami projektowymi oraz metodyką badań energetycznych i diagnostycznych hydraulicznych maszyn wirnikowych.

Mariusz Hajdarowicz, mgr inż. ukończył Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa Politechniki Gdańskiej w roku 1996. Pracę zawodową rozpoczął w roku 1996 w Zakładach Remontowych Energetyki Gdańsk Sp. z o.o. W latach 1999-2002 pracował w firmie *Gajek Engineering* Sp. z o.o. Następnie od roku 2002 pracował w firmie ZRE Gdańsk Sp. z o.o.. W roku 2006 został kierownikiem utworzonego Działu Rozwoju firmy ZRE Gdańsk, który to dział tworzył i rozwijał w kolejnych latach. Odpowiadał m.in. za kontakty i współpracę ZGE Gdańsk ze światem nauki. Zawodowo zajmuje się szeroko pojętą energetyką wodną, doborem turbin wodnych i obliczeniami ich parametrów. Od roku 2021 zatrudniony w IMP PAN na stanowisku starszego specjalisty oraz w firmie *Remak Energomontaż.*

Zbigniew Krzemianowski, dr inż., ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej w roku 1998. W roku 2003 uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Politechnice Gdańskiej. Od tego czasu zatrudniony jest w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN – od drugiej połowy 2022 roku Ośrodku Energetyki Cieplnej. Zawodowo zajmuje się trójwymiarową analizą przepływu cieczy (CFD), projektowaniem turbin wodnych, badaniami maszyn hydraulicznych w warunkach laboratoryjnych i eksploatacyjnych, a także numerycznym modelowaniem zjawiska kawitacji.

Odzysk energii traconej w procesach technologicznych przedsiębiorstw przemysłowych. Praktyczne przykłady.

Maciej Kaniecki

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
T-G DNALOP Sp. z o.o. ,
ul. Przemysłowa 11, 76-200 Redzikowo
e-mail: maciejk@thordonbearings.com

Mariusz Lewandowski

Instytut Maszyn Przepływowych im. R. Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk
ul.Fiszera 14, 80-231 Gdańsk
e-mail: mlew@imp.gda.pl

Arkadiusz Kamiński

Polski Koncern Naftowy Orlen
ul. Chemików 7, 09-411 Płock
e-mail: Arkadiusz.Kaminski@orlen.pl

Stanisław Lewandowski

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
Easy Serv Sp. z o.o. Sp. k.
ul Glińskiego 13, 84-239 Bolszewo
e-mail: easyserv.spk@gmail.com

Aktualna sytuacja geopolityczna, kryzys energetyczny spowodowany wojną w Ukrainie oraz z roku na rok coraz bardziej odczuwalne negatywne efekty globalnego ocieplenia, powinna stanowić poważny impuls wymuszający działania zmierzające nie tylko do poszukiwania sposobów na oszczędność zużywanej energii i upowszechniania energetycznego wykorzystywania odnawialnych źródeł energii, ale idące również w kierunku odzysku energii traconej w procesach produkcyjnych.

Jedną z najbardziej energochłonnych gałęzi gospodarki jest gospodarka wodno-ściekowa. Globalne zapotrzebowanie na energię przez tę gałęź przemysłu wynosi ponad 4% całkowitej zużywanej energii, zaś udział w zużyciu energii tylko w oczyszczalniach ścieków wynosi 1,5%. Stąd oczywiste jest, że koszty energii wykorzystywanej w działalności firm wodno–kanalizacyjnych są znaczące. Szczególnie odczuwalne jest to w ostatnim okresie, w którym to wzrost cen energii mocno zaważył na budżetach tych przedsiębiorstw. Firmy wodno-kanalizacyjne, jako przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, nie mogą zaprzestać swojej działalności, stąd rosnące koszty energii muszą być skompensowane poprzez działania restrukturyzacyjne, ograniczenia kosztów działalności i wdrażanie innowacji zmierzających do ograniczenia energochłonności. Jednym ze sposobów takich działań jest odzyskiwanie energii potencjalnej wody w węzłach redukcyjnych sieci wodociągowej. Właściwe zarządzanie ciśnieniem w sieci wodociągowej stanowi jedno z najważniejszych zadań strategii skierowanej na obniżanie awaryjności sieci wodociągowej, co w efekcie przekłada się na ograniczenie strat wody. Dlatego też w wielu węzłach sieci wodociągowej wymagana jest redukcja ciśnienia, która realizowana jest głównie przy wykorzystywaniu zasuw, przepustnic i zaworów dławiących.

Wymagany stopień redukcji ciśnienia w sieci wodociągowej można uzyskać także poprzez włączenie w układ przepływowy turbiny wodnej, która z powodzeniem i z dużą dokładnością zrealizuje to zadanie, przy jednoczesnym wykorzystaniu traconej energii przepływającej wody na napęd generatora i w efekcie na produkcję energii elektrycznej.

Wielkość instalowanej mocy i produkowanej energii może być znacząca, na co wykazują zastosowane już w niektórych węzłach wodociągowych hydrozespoły. Zastosowana w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba w Dobczycach turbina Francisa napędza generator o mocy zainstalowanej 440 kW, który rocznie produkuje ponad 2.800.000 kWh energii. Stanowi to 20% energii zużywanej na pompowanie wody w tej instalacji i według przyjętych granicznych wartości zużywanej energii w gospodarstwach domowych pokryłaby roczne zapotrzebowanie energii na ogrzewanie 1400 gospodarstw domowych. W referacie zostanie opisany szczegółowo jeszcze inny pozytywny przykład wykorzystania energii traconej w węźle redukcyjnym sieci wodociągowej wdrożony w 2019 r.

Powszechnie znane są także efektywne metody wykorzystywania energii biogazu, stanowiącego produkt uboczny w procesie technologicznym oczyszczania ścieków komunalnych. Potencjał energetyczny biogazu w ponad 1800 oczyszczalniach ścieków w naszym kraju wynosi blisko 1.200 MW. Niektóre oczyszczalnie ścieków wykorzystując ten potencjał pokrywają w całości swoje potrzeby energetyczne. Przykładem w pełni pasywnej oczyszczalni ścieków jest OSK Tychy. W wielu oczyszczalniach ścieków istnieje również dodatkowa możliwość częściowego odzysku energii traconej na pompowanie ścieków poprzez wykorzystanie energii potencjalnej oczyszczonych ścieków odprowadzanych do zbiorników lub cieków wodnych. Przykładem odzysku ok 10% energii zużywanej na przepompowywanie ścieków jest OSK Płaszów, gdzie na zrzucie oczyszczonych ścieków zainstalowano turbinę Kaplana z podwójną regulacją przepływu napędzającą generator o mocy zainstalowanej 85 kW. Roczna produkcja tej małej elektrowni wodnej wynosi 380.000 kWh. W referacie zostanie zaprezentowana również inna hydroelektrownia zainstalowana na zrzucie oczyszczonych ścieków z przemysłowej oczyszczalni ścieków.

Wykorzystanie energii, która bezpowrotnie jest tracona w procesach technologicznych stanowi bardzo ważny element dbałości o klimat. Należy pamiętać o tym, że wyprodukowanie w tego typu instalacjach 1 MWh energii to ograniczenie emisji CO_2 do atmosfery w ilości minimum 800 kg. Dotyczy to nie tylko przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, ale także wszystkich tych, w których można odzyskać energię traconą na redukcję ciśnienia oraz energię wody zrzucanej po jej wykorzystaniu w procesie technologicznym. W referacie zostaną zaprezentowane praktyczne możliwości odzysku traconej w procesach produkcyjnych energii także w innych, poza firmami wodno-kanalizacyjnymi, przedsiębiorstwach.

Autorzy

Maciej Kaniecki, dr inż., ukończył Wydział Budowy Maszyn w roku 1998. W roku 2005 obronił prace doktorską z zakresu modelowania przepływów. W latach 1998-2013 zatrudniony w IMP PAN. W latach 2013-2020 zatrudniony w ZRE Gdańsk S.A.. Obecnie pracownik T-G DNALOP. Zakres jego kompetencji obejmuje projektowanie oraz badania turbin wodnych i pomp.

Mariusz Lewandowski, dr inż., absolwent Politechniki Gdańskiej. Obecnie adiunkt w Zakładzie Hydroenergetyki w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN. Główne zainteresowania zawodowe to m.in.: przepływy niestacjonarne w przewodach zamkniętych, badania maszyn przepływowych.

Arkadiusz Kamiński, dr hab. inż., absolwent Politechniki Warszawskiej. W latach 2000-2014 wykładowca na tej uczelni, Habilitacja na Akademii Górniczo-Hutniczej. Obecnie ekspert w PKN ORLEN w obszarze operacyjnym, w zakresie ochrony środowiska i zasobów naturalnych oraz gospodarki wodnościekowej i energetyki.

Stanisław Lewandowski, mgr inż., absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej. Pracuje w sektorze elektroenergetycznym od 1973 roku. Obecnie główny komandytariusz firmy Easy Serv sp. z o.o. sp. k. o profilu konsultingowym w obszarze energetyki wodnej. Członek Zarządu Towarzystwa Elektrowni Wodnych.

Energy recovery in a drinking water plant using an innovative micro-hydropower system based on the integration of a Pump as Turbine and an energy storage

Jesús Samaniego, Luis Ángel Bujedo, Raquel M. López Fernández, Víctor Iván Serna González

Energy Division, CARTIF Technology Centre, Spain.
e-mail: luibuj@cartif.es, jessam@cartif.es, raqlop@cartif.es, vicser@cartif.es

Mariano Mirete, Josep Pages

Energy Engineering, Water Advanced Solutions, AQUATEC, Spain
e-mail: mmirete@aquatec.es, josep.pages@aquatec.es

Introduction

European hydrological planning policies have traditionally been based on increasing the availability of water resources and the capacity to regulate them. In the case of the urban water cycle (UWC), these approaches have led to a gradual depletion of the resource (overexploited aquifers), loss of quality of water provisioned, deterioration of aquatic ecosystems and conflicts between users motivated by the existence of conflicting interests. In recent years, water and sewage treatment operators across Europe have been forced to use more energy intensive processes as a consequence of expanding water quality legislation [1]. Metropolises around the world are also facing global change pressures due to climate change and water scarcity, which are making it a challenge to continue to deliver core urban water services without increasing the impact on the natural environment. In addition, much of the water and wastewater infrastructure in the developed world is now over 50 years old and needs replacement, upgrade or repair. The importance of water losses in the overall total distributed water is well known. The amount of water leaked in water distribution systems varies widely between different countries, regions and systems, from 3–7% of distribution input in the well-maintained systems to 50% and even more in some undeveloped countries and less well-maintained systems [2]. Extreme temperatures due to climate change and infrastructure aging will enhance the problem of water leakage and confirm the need to control and reduce leakages in the drinking water networks.

In general, all the above-mentioned threats looming over the UWC shown imply an increase in the energy consumption and operating cost. However, to date, limited analyses of the energy implication of water strategies have been undertaken and energy use is rarely mentioned in urban water strategies, despite considerable public commitment and efforts from individual utilities. It is clear that planners must now consider the energy implications in decision making on the water system. Sustainable solutions to these challenges need to be sensitive to long-term investment needs, but also to increasing energy prices, demands for low carbon intensity solutions, and the need to reduce greenhouse gas (GHG) emissions from urban activities.

The potential of energy savings in the UWC, and in the water transport in particular is very significant. Water is a natural carrier of heat and energy gradients, which could be re-used to improve energy efficiency in several ways. The water-energy needs to be considered at all levels, from the overarching water management (combining smart-water and smart-energy), to new solutions in various steps of the water chain.

LIFE NEXUS project is focus on the energy harvest from the UWC stages than implies water movement: catchment, distribution, collection and discharge. The project is evaluating the technical / economic and environmental feasibility of the energy recovery potential available in the previous mentioned four types of locations by means of Small Hydropower Plants (SHP). Among the different available machines (traditional turbines or adapted machines) LIFE NEXUS demonstration will be focus on the innovative Pump as Turbine (PaT), a type of adapted machine, that is becoming the technological solution for micro-hydraulic projects (≤ 100 kW). The main advantages of these machines are their immediate availability for installation and lower cost compared with conventional machines.

A cutting-edge integration of a PaT machine together with battery storage is being carried out to enhance the possibilities of the energy management. This innovative system will be installed at the entrance of the Porma Drinking Water Treatment Plant (DWTP) located in Valdefresno, a small village nearby the city of Leon (Spain). Once they will be fully operating the energy generated will cover the total energy demand of the installation. This paper is focus on (1) the design of the PaT prototype, including the selection of the pump, (2) the definition of the hydraulic operation and (3) analysis of energetic production and optimization of energy scenarios.

Materials and Methodology

The demosite is located at the DWTP of Valdefresno in León (Spain). The plant is supplied by a diversion of water from the Porma River with a height difference of 16 m. The transport pipe between the diversion dam and the DWTP is approximately 33 km long. The PaT prototype will be located at the entrance of the DWTP, replacing an existing PRV (see Fig.1). The DWTP consists of five treatment stages: (1) Pre-oxidation, carried out with sodium hypochlorite, (2) Coagulation/ Flocculation, carried out by adding aluminum polychloride, (3) Flotation, sludge separation is done in the eight floats, not in decanters, (4) six sand filters (see Figure 11) and (5) final disinfection with sodium hypochlorite. The DWTP annually treats an average volume of 8.146 Hm^3/year.

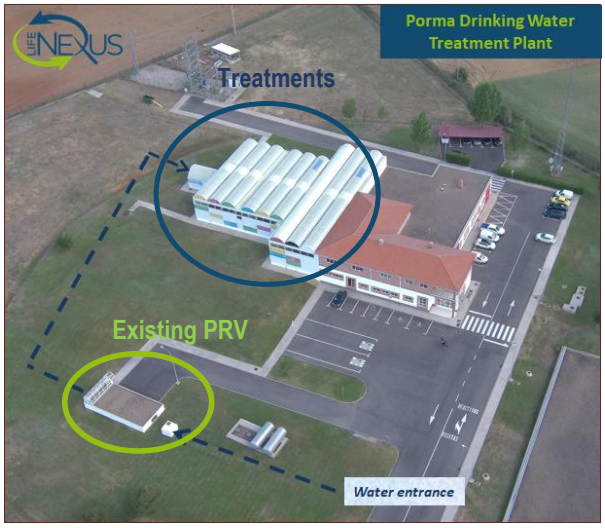


Fig.1. Porma DWTP demosite

Results and Discussion

PaT prototype design and pump selection

The pump was chosen considering the resistance curve at the entrance of the DWTP, with 25.5 kW of nominal power (45 kW maximum power). The information from the projected installation and the estimation of annual energy generated is shown in the table below:

Table 1. Data of projected installation and annual energy generated

Parameter	Value
Average available flow (m^3/h)	853
Average available hydraulic jump (mwc)	18.3
Average hydraulic power available (MWh/year)	372
Average power generated hourly P2 (kW)	28.9
Hours of work per year	8,724
Annual energy generated (MWh/year)	252
Performance with respect to potential	68%
Performance PaT	81%
Averaged turbined flow (m^3/h)	738
Average hydraulic jump in PaT (mwc)	16

To operate the system, it will be necessary to install an inline valve (PRV) downstream of the PaT connected in series with it, and another pressure sustaining valve which enables the regulation of the flows in the PaT's by-pass (see Fig.2):

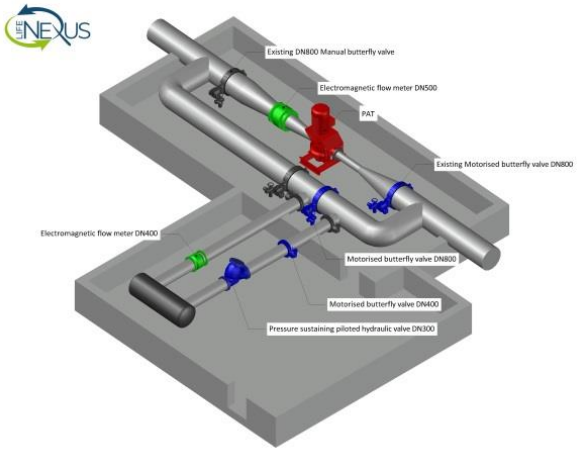


Fig.2. PaT prototype

Proposed installation and hydraulic operation

The pressure sustaining valve in the by-pass has the function of diverting excess flow in the main line. By diverting part of the flow, it manages to fix the flow rate through the PaT, fixing at the same time the jump in this machine and the power generated whilst maintaining the network pressure o within the current operating range. The inline valve has the function of ensuring the necessary downstream pressure, therefore, depending on the scenario; it will regulate its opening to achieve the necessary pressure (see Fig.3):

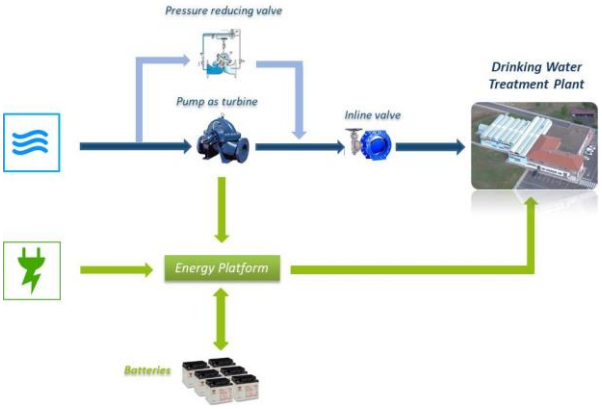


Fig. 3. Hydraulic operation of the PaT prototype

Two hydraulic scenarios of operation have been defined depending on the flow needed by the installation and the averaged turbined flow of 205 L/s (738 m^3/h):

Scenario 1 (Inlet flow ≤ 205 L/s): all flows between 115 l/s and 205 l/s will pass through the PaT and the in line valve, which will be regulating until it can maintain the necessary downstream pressure of 3 mwc (Fig.3). This opening will depend on the demand flows of the plant, but will always guarantee the pressure consigned at the plant inlet. In this scenario, no water will enter the by-pass and, therefore, the pressure sustaining valve in the by-pass will be completely closed.

Scenario 2 (Inlet flow > 205 L/s): in this scenario, a stable flow of 205 l/s (738 m^3/h) will pass through the PaT and the valve in-line will be completely open, being 100% open this valve will not regulate. The downstream pressure of this valve should be 3 mwc, the same as in the previous scenario. In this case, all volumes greater than 205 l/s (738 m^3/h) will go through the by-pass. The pressure sustaining valve situated in the by-pass will regulate its opening depending on the flow which goes through the by-pass and its downstream pressure. This valve's operating range will vary between 54% and 29% of opening.

Analysis of energetic production and simulation of energy scenarios

The analysis of the operation of the PaT system was established together with a system of batteries that accumulate the energy in periods when more energy is generated than consumed by the DWPT. The objective is to study the energetic advantage when renewable energy can be accumulated for its later consumption in the facility, leading to less consumption from the grid, a greater degree of energetic self-sufficiency and a reduction in energy costs. For that, the charge curve (energy demand) of the Porma DWTP was analysed (Fig. 4). As it can be seen, in the Quarter hourly-charge curve over the year, powers of 50 kW are consumed sporadically every two days approximately and mean between 20 and 30 kW of extra consumption on the immediate consumption. This periodic peak consumption takes place in the equipment related to the sand filters washing: backwash pumps and blowers.

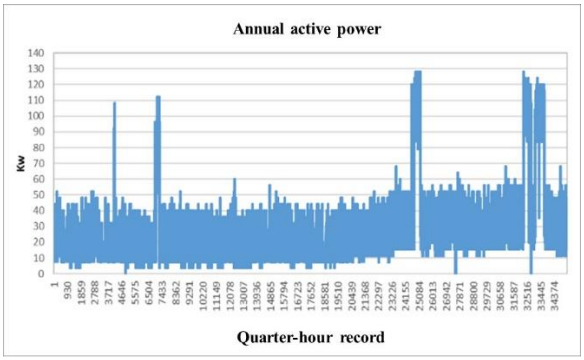


Fig. 4. Charge curve for the DWTP

These machines start up every time it is necessary to clean the filters, which is approximately every two days and they work for 6 minutes, first the pump and afterwards the blower for 6 minutes. As the washing filter system is integrated by 2 lines (pump and blower) which operate alternately, demand is not exactly the same every day. It is about avoiding these consumption peaks, taking advantage of the energy generated in the turbine, which will normally be greater than the immediate energy consumed in the DWTP, accumulating that excess energy in the batteries to make the most of it during that occasional periodic demand. By doing so, it is believed that it would be possible to reduce the peak power required in the DWTP the majority of the year, which means a benefit for the electric grid given that it stabilises demand and a possible benefit for the DWTP reducing the need to contract high powers and thus reducing the energetic cost.

In conclusion, a hybridisation via batteries has been designed, modifying the system through the incorporation of a frequency converter in the head of the four units (2 backwash and 2 blower pumps). A charge regulator has also been included which will be responsible for slowly the batteries slowly and discharging them in in a matter of minutes. Lastly, the batteries have been dimensioned so they can supply the demanded energy for the equipment over the time they are operating.

Simulation of energy scenarios

Usually the energy generated in the PaT is greater than the instantaneous energy consumed in the DWTP so the production will be used to cover this demand (See Fig. 4). The excess energy will accumulate in the batteries to take advantage of it during that periodic punctual demand that corresponds to the consumption peaks of the washing filter system. With the aim of minimizing the network contribution and optimizing the use of energy storage, the behaviour of the PaT-storage system has been evaluated in a dynamic simulation environment (TRNSYS) by carrying out a series of models that represent different configurations and operating scenarios. First, a **PaT model** has been generated, which, depending on the flow rate and its operating restrictions, provides the power and energy generated and, on the other hand, the outlet pressure. For this, we have started from the information of the operating curves provided by the manufacturer:

$$P = 0.0001 \cdot Q^2 - 0.0079 \cdot \mathrm{Q} - 2{,}3928 \quad (1)$$

$$\Delta\mathrm{H} = 0.000029 \cdot Q^2 - 0.012776 \cdot \mathrm{Q} + 7.949 \quad (2)$$

Being P the electrical power output (kW), Q the water flow (m^3/h) and ΔH (mwc). As operating restrictions, it has been considered that the turbine operates in the flow range that goes from 115 l/s and 205 l/s. For higher flow values, the bypass branch is opened to limit the maximum flow that passes through the turbine as explained in the hydraulic scenario 2.

The model's input data are the flow records that enter the DWTP and the hourly energy demand values collected over a year (simulation period, Fig. 4). The model generates as outputs the energy balances and the operating status of each of the systems (operating regime, load level, etc.) including the needs for energy exchange with the grid.

Then, it has been carried out the development of **a model of the total system**. In the TRNSYS dynamic simulation environment, the different models of the elements of the DWTP installation have been integrated: PaT, batteries and different loads (backwash pumps, blowers, lighting, etc.). In this model, the interconnections between the elements have been made and the controllers that guarantee the safe operation of the system have been included.

Two basic operation schemes have been established, depending on the interaction between storage and the rest of the installation (see Fig. 5):

- In the first case (Fig. 5a) it is considered that the battery system exclusively supplies the demands of the pumps and the blower of the cleaning equipment (as initially planned).
- In the second case (Fig. 5b) the battery power can be used to cover the overall needs of the system.

In both cases, the PaT discharges its energy into the internal network of the system, allowing it to power the different loads and charge the battery. Energy imbalances are exchanged with the grid:

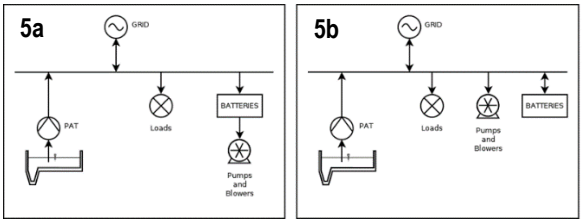


Fig. 5. Basic operation schemes

Figure 6 shows the TRNSYS model used. In each of the cases considered above, the internal control programming is modified to establish the energy flows and the final balances:

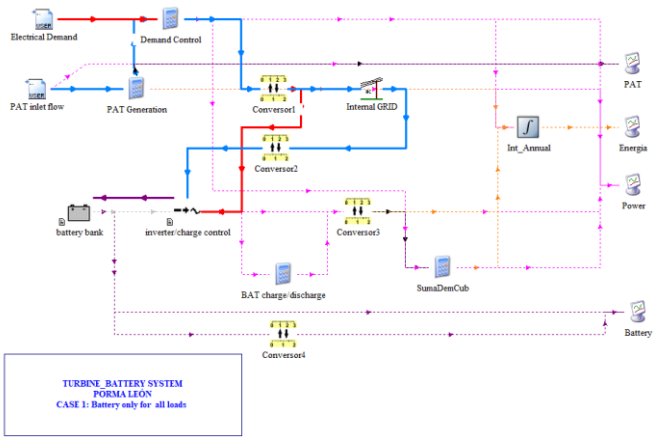


Fig. 6. TRNSYS model. Case 1.

Finally, from the simulation of the developed models, a sensitivity analysis is being carried out, varying the key design and operation parameters (battery size, hours of use of the equipment, weather conditions, etc., allowing the analysis of the flows of energy produced in the different scenarios. This phase is currently under development and will allow establishing the best operating strategies for the system and identifying improvements in the implementation of battery-powered PaT systems in other locations. Note that the simulation data will be verified with the measurements obtained from the data of the real system when it is operational.

Acknowledgments

LIFE NEXUS Project has received funding from the LIFE financial instrument of the European Commission LIFE17 ENV/ES/000252.

LIFE Programme

References

1. **Zakkour, P.D., Gaterell, M.R., Griffin, P., Gochin, R.J. and Lester, J.N.** *Developing A Sustainable Energy Strategy for A Water Utility. Part II: A Review of Potential Technologies and Approaches*. J. Environ. Manag. 2002, 66, 115–125.
2. **Covas D., Ramos H.** *Practical methods for leakage control, detection and location in pressurised systems*. 1999. www.civil.ist.utl.pt/~hr/bhrgroupEdin.pdf.

Authors

Luis Angel Bujedo is industrial engineer and MEng. It has over 25 years working in the efficient use of energy in CARTIF. Participates in several energy platforms PTE-EE, Task 38, and has experience in energy facilities, both industrial and buildings. He has given conferences and training on solar cooling energy efficiency in buildings. Has the capacity to provide training of trainers on energy efficiency in buildings.

Jesús Samaniego received the Electrical Engineer´s Degree in 2002, and the MEng in the Automatic Control and Systems program in 2004, both from the University of Valladolid. He has worked as R&D engineer and Project Manager in the Energy Division of CARTIF since 2002, where he has participated in several National and European R&D projects in the fields of energy efficiency, renewable energies simulation and integration in buildings and in the electrical grid, demand response programs and power quality energy. He is author of several publications about energy efficiency and renewable energies.

Raquel López Fernández. PhD in Chemistry. In 2005 she became full-time staff in the Environment Division of CARTIF Technology Centre and leaded the research line related to water and wastewater treatment. In 2015 she moved to the Energy Division in CARTIF and since then, her work is related to water-energy Projects and Smart Cities initiatives. Currently she is the Coordinator of the LIFE NEXUS project.

Víctor Iván Serna González. MSc in Telecommunications Engineering. He has been working in the Environment Division of CARTIF Technology Centre from 2007 as Project Manager and R&D engineer participating in several National and European R&D projects related to the use of ICT technologies and data analysis applied to energy efficiency management, in particular in ICT solutions for energy efficiency, renewable energy systems integration in buildings and Smart Grids and development of tools for energy planning.

Mariano Mirete. Expert in design, execution and commissioning of pumping installations, solar pumping, photovoltaic solar installations for self-consumption and turbine installations in drinking water networks. Energy audits and bill optimization in AQUATEC.

Josep Pages. Expert in design, execution and commissioning of pumping installations, solar pumping, photovoltaic solar installations for self-consumption and turbine installations in drinking water networks. Energy audits and bill optimization in AQUATEC.

Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych MPEC Kraków

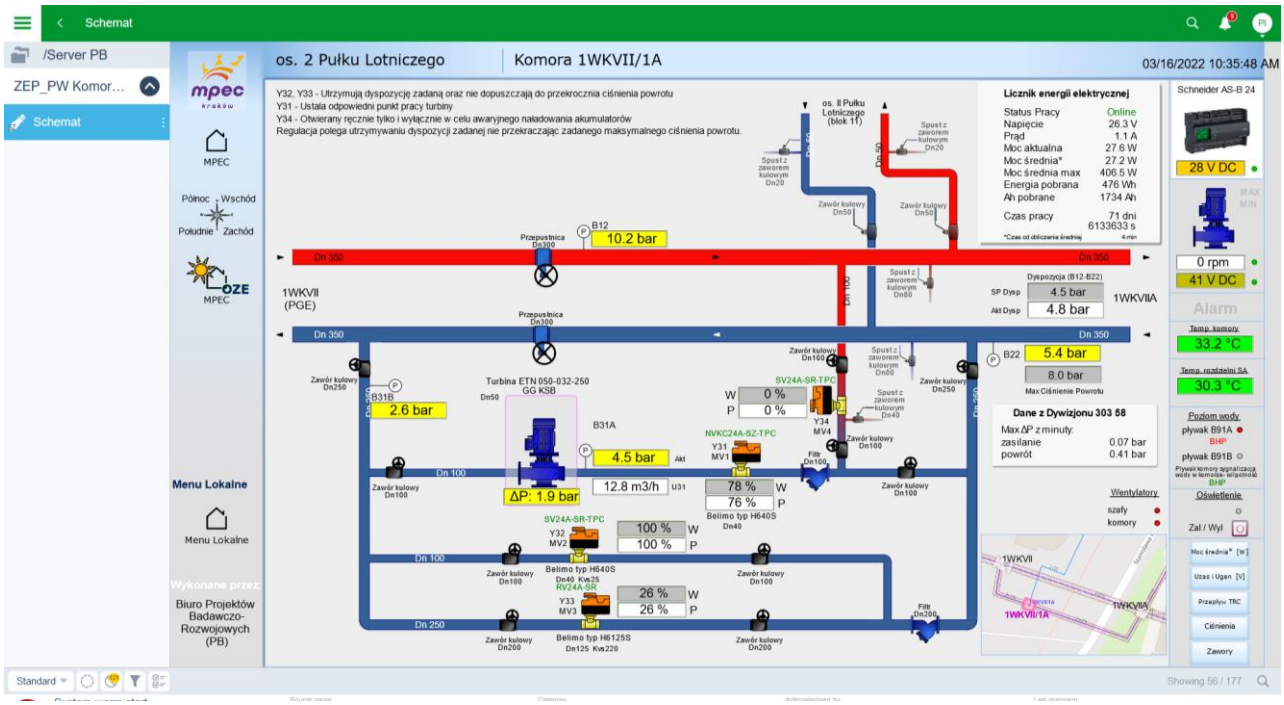
Mariusz Piękoś

Biuro Projektów Badawczo Rozwojowych
Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej S.A. w Krakowie
e-mail: mariusz.piekos@mpec.krakow.pl

Rozległe systemy ciepłownicze wymagają monitoringu telemetrii i podłączenia komór ciepłowniczych do systemu SCADA. Aby poprawnie zarządzać siecią ciepłowniczą służby techniczne powinny posiadać informacje o aktualnej sytuacji na sieci ciepłowniczej. Przekaz informacji do dyspozytorni umożliwia podjęcie szybkich i skutecznych działań, a tym samym zmniejsza możliwość awarii i ogranicza jej skutki. Aby zapewnić właściwą pracę systemu monitoringu i sterowania siecią ciepłownicza należy doprowadzić energię elektryczną do komór ciepłowniczych. Należy zwrócić uwagę że wprowadzenie napięcia 230 V lub 400 V do pomieszczenia , które może być zalane wodą jest ryzykowne.

Rozwiązaniem, które znalazło zastosowanie w MPEC Kraków jest zamontowanie układów TRC (Turbinowych Regulatorów Ciśnienia) do wytwarzania energii elektrycznej na potrzeby komory ciepłowniczej 24V DC. Wykorzystując energię przepływającej wody, wytwarzana jest w turbinie i generatorze energia elektryczna. Prąd przemienny AC w zespole prostowniczym zamieniony jest w prąd stały DC i skierowana do regulatora napięcia i następnie do akumulatora gdzie jest gromadzona jest energia na potrzeby pracy komory.

W roku 2021 został oddany do eksploatacji układ TRC zamontowany w komorze 1WKVII1A. Komora nie ma połączenia z siecią energetyczną a wytworzony prąd zasila urządzenia znajdujące się w komorze. Komora jest w pełni autonomiczna reguluje ciśnienie dyspozycyjne na odgałęzieniu z magistrali ciepłowniczej, posiada łączność i telemetrię w systemie SCADA, oświetlenie, czujniki zalania itp. Efekty pracy autonomicznej komory zostaną przedstawione w planowanym artykule i referacie.



Rys.1

Obiekt Kombatantów 18 jest budynkiem po starej nieczynnej przepompowni sieciowej, która po modernizacji sieci ciepłowniczej została zlikwidowana kilkanaście lat temu. Obecnie zainstalowany jest tam układ automatycznego podparcia powrotu, ponieważ sieć ciepłownicza zasila budynki mieszkalne na wzniesieniu terenu i z obawy przed zbyt niskim ciśnieniem na powrocie zamontowano wspomniany powyżej układ regulacji.

Przez obiekt Kombatantów 18 przechodzi sieć ciepłownicza DN 500 (Rys 1) i zainstalowane jest podparcie powrotu zaworem regulacyjnym. Zastosowano układ z dwiema turbinami 200 T/h i 400 T/h. Jeżeli nastąpi ko-

nieczność większego przepływu niż 600 T/ h zastosowano dodatkowe obejście układu. Zebrane doświadczenia z poprzednich instalacji TRC wskazują, że korzystniej jest niedowymiarować turbinę niż ją przewymiarować.

Prace nad budową układu zaawansowane są w około 80%. Zmontowany został układ hydrauliczny i w większości układ elektryczny

Rys.2

Autor

Mariusz Piękoś, mgr inż., ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Krakowskiej w roku 1987. Od 1989 roku zatrudniony jest w Miejskim Przedsiębiorstwie Energetyki Cieplnej w Krakowie, pracując w dziale Analiz Technicznych. Od 2019 roku pracuje w Biurze Projektów Badawczo Rozwojowych MPEC Kraków. W 2019 rozpoczął studia doktoranckie. Opatentował w 2012 r wynalazek "System dystrybucji cieczy i gazów" opisujący metodę zastosowania turbin odzyskujących energię z przepływających mediów.

Sesja LN3

Prace badawcze i technologie innowacyjne

Session LN3

Research activities and innovative technologies

LN3.1 Artur Machalski, Janusz Skrzypacz, Przemysław Szulc, Marcin Janczak, Witold Lorenz:
Analiza zjawisk przepływowych w pompie odśrodkowej pracującej w reżimie turbinowym

LN3.3 Artur Olszewski., Krzysztof Rafał:
Prototyp hydrozespołu z turbiną hydrokinetyczną

Notatki **Notes**

Analiza zjawisk przepływowych w pompie odśrodkowej pracującej w reżimie turbinowym

Artur Machalski, Janusz Skrzypacz, Przemysław Szulc

Politechnika Wrocławska, Wrocław
e-mail: artur.machalski@pwr.edu.pl, Janusz.skrzypacz@pwr.edu.pl, przemyslaw.szulc@pwr.edu.pl

Marcin Janczak, Witold Lorenz

Hydro-Vacuum S.A., Grudziądz
e-mail: m.janczak@hv.pl, w.lorenz@hv.pl

Wstęp

Energetyka wodna jest jednym z najstarszych źródeł energii wykorzystywanym na świecie. Jest odnawialna, ekologiczna oraz niezależna od paliw kopalnianych. Technologia produkcji energii z wody, zarówno mechanicznej jak i elektrycznej w związku z tym, że jest rozwijana od dawna stoi na bardzo wysokim poziomie technicznym. W światowym bilansie wytwarzania energetyka wodna stanowi około 16% globalnej produkcji [1]. Pomimo wielu zalet boryka się ona również z wieloma problemami, szczególnie dotyczą one większych elektrowni wodnych, których budowa często wymaga bardzo dużych nakładów finansowych co przekłada się na długie okresy zwrotu. Dodatkowo wiąże się to z koniecznością zatapiania dużych obszarów, co niesie za sobą wiele problemów zarówno społecznych jak i ekologicznych. Stąd też możliwość budowy dużych elektrowni wodnych, choć korzystna ze względu na ekonomię skali, nie zawsze może być zrealizowana ze względów: ekonomicznych, społecznych, politycznych bądź ekologicznych. W rezultacie tego w ostatniej dekadzie gwałtownie wzrosło zainteresowanie wykorzystanie energii wodnej na małą skalę, w tym możliwości rekuperacji energii hydraulicznej z wykorzystaniem pomp.

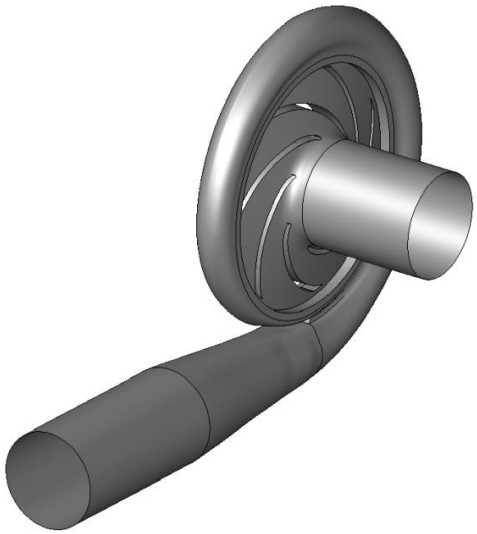
W referacie zaprezentowano wyniki modelowania numerycznego zjawisk przepływowych występujących w pompie odśrodkowej pracującej w reżimach: pompowym i turbinowym. Wyznaczone zostały pełne charakterystyki energetyczne, zarówno pompowe jak i turbinowe. Dodatkowo na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono analizę dostępnych modeli przeliczeniowych charakterystyk pompowych na turbinowe.

Cel badań

Celem badań była identyfikacja i analiza zjawisk przepływowych w pompie odśrodkowej, pracującej w reżimach: pompowym i turbinowym. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem symulacji numerycznych przepływu. Przeprowadzone symulacje pompy w trybie normalnej pracy były podstawą do weryfikacji dostępnych w literaturze algorytmów przeliczeniowych. Dodatkowo charakterystyka pompy dostarczona przez producenta wykorzystana została jako baza do weryfikacji symulacji numerycznych. Opracowanie zawiera zestawienie wyników badań symulacji numerycznych oraz ich analizy wraz z porównaniami i oceną dokładności modeli przeliczeniowych dostępnych w literaturze [2], [3].

Przedmiot analizy

Przedmiotem badań jest typowa pompa wirowa, jednostopniowa, odśrodkowa. Model pompy przedstawiono na rys. 1. Pompa nie została poddana żadnym modyfikacjom geometrii. Badania jednostki pompowej, zarówno w ruch pompowym jak i turbinowym, przeprowadzono w całym zakresie charakterystyk pracy, który założono od $0{,}2Q_n$ do $1{,}4Q_n$. Przepływ nominalny (Q_n) został wyznaczono osobno dla obu trybów pracy.



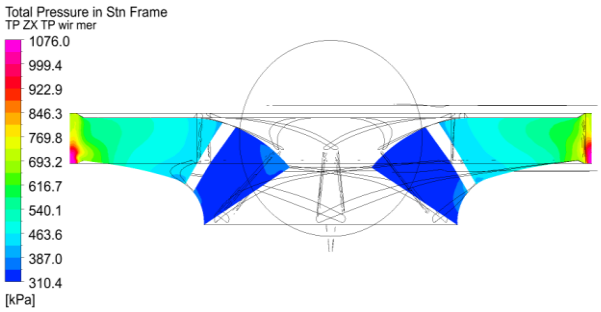
Rys. 1 Model geometrii pompy

Model numeryczny

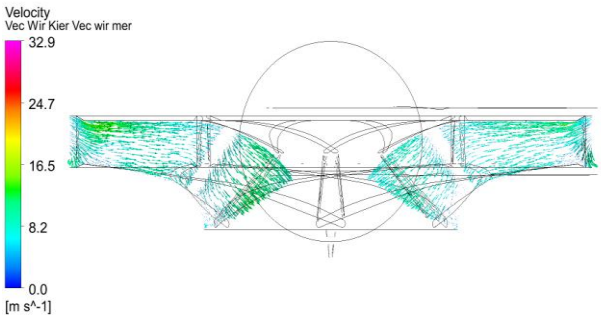
Symulacje przeprowadzono dla modelu podzielonego na dwie domeny: stacjonarną – spiralę oraz ruchomą – wirnik. Siatka numeryczna została wykonana według wszystkich zaleceń wybranego modelu turbulencji (kOmegaSST). Wartości Y+ w warstwie przyściennej zarówno wirnika jak i spirali znajdowały się poniżej 1. Obliczenia prowadzono jako stacjonarne. Wykorzystano algorytm obliczeniowy SIMPLE, wszystkie metody dyskretyzacji wybrano jako drugiego rzędu. Model turbulencji oraz ustawienia solvera wybrano na podstawie zaleceń dostępnych w: *A Performance Prediction Method for Pumps as Turbines (PAT) Using a Computational Fluid Dynamics (CFD) Modeling Approach [4]*.

Wyniki symulacji numerycznych dla punktu optymalnego

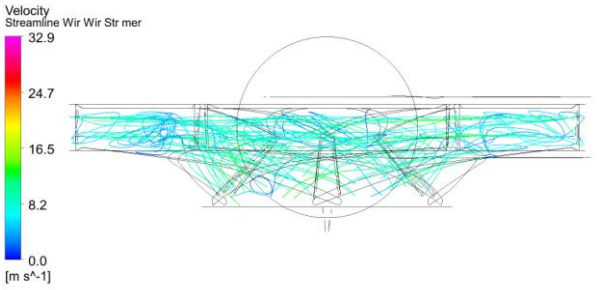
Jako referencyjną wartość przepływu wykorzystaną do oceny jakościowej pompy w ruchu turbinowym przyjęto punkt optymalny. Wizualizacje wyników symulacji przedstawiono na rys.2 i rys.3 oraz rys.4. W przypadku pracy turbinowej dla punktu optymalnego występują zdecydowanie intensywniejsze strefy recyrkulacji w porównaniu do trybu pracy pompowego (rys. 4). Rozkład ciśnienia w wirniku (rys.2) jest zdecydowanie bardziej stabilny i nie posiada dużych anomalii. Niedostrzegalne są obszary ze strefami martwymi.



Rys. 2 Rozkład ciśnienia całkowitego – wirnik – praca turbinowa



Rys. 3 Wektory prędkości – wirnik – praca turbinowa



Rys. 4 Linie prądu – wirnik – praca turbinowa

Podsumowanie

Przeprowadzone analizy pozwoliły na jakościową jak i ilościową analizę badanej pompy w ruchu turbinowym. Numerycznie wyznaczone charakterystyki pozwoliły na weryfikację dostępnych w literaturze metod przeliczeniowych. W większości przypadków pozwalają one na zgrubne wyznaczenie potencjalnych charakterystyk pompy w ruchu turbinowym. Bazując na wnioskach z innych publikacji można stwierdzić, że różne metody obliczeniowe mają zmienną dokładność przeliczeń, która jest funkcją wyróżnika szybkobieżności. Przyszłe prace powinny się skupić na opracowaniu jednolitej, dokładniejszej metody obliczeniowej, która będzie słuszna dla szerokiego zakresu wyróżnika szybkobieżności.

Przywołania

1. *Statistical Review of World Energy*, 69th edition 2020
2. **Sanjay V. Jain*, Rajesh N. Patel:** *Investigations on pump running in turbine mode: A review of state-of-the-art,* Renewable and Sustainable Energy Reviews 30 (2014) pp 841-868.
3. **S. Stelzer, R. N. Walters:** *Estimating Reversible Pump-Turbine Characteristics*, Engineering Monograph No. 39
4. **Emma Frosina, Dario Buono, Adolfo Senatore:** *A Performance Prediction Method for Pumps as Turbines (PAT) Using a Computational Fluid Dynamics (CFD) Modeling Approach,* Energies 2017, 10, 103; doi:10.3390

Autorzy

Artur Machalski, dr inż., w roku 2022 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Zawodowo zajmuje się maszynami przepływowymi oraz układami hydraulicznymi.

Janusz Skrzypacz, dr hab. inż., w roku 1997 ukończył Wydział Mechaniczny Politechniki Wrocławskiej, a w roku 2002 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Od roku 2000 związany z Wydziałem Mechaniczno-Energetycznym Politechniki Wrocławskiej. Zainteresowania zawodowe obejmują hydrauliczne maszyny przepływowe i ich systemy, rurociągi oraz urządzenia ciśnieniowe.

Przemysław Szulc, dr inż., ukończył Wydział Mechaniczno-Energetyczny Politechniki Wrocławskiej. W roku 2014 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Zainteresowania zawodowe obejmują hydrauliczne maszyny przepływowe oraz ich systemy.

Marcin Janczak, dr inż., absolwent Wydziału Mechaniczno-Energetycznego. W roku 2009 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Aktualnie Kierownik Działu Badawczo-Rozwojowego Hydro-Vacuum S.A.

Witold Lorenz, dr inż., absolwent Wydziału Mechaniczno-Energetycznego. W roku 2011 uzyskał stopień doktora nauk technicznych. Aktualnie główny specjalista ds. obliczeń numerycznych w Dziale Badawczo-Rozwojowym Hydro-Vacuum S.A.

Fundusze Europejskie Inteligentny Rozwój
Rzeczpospolita Polska
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
UNIA EUROPEJSKA EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO

Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020

Prototyp hydrozespołu z turbiną hydrokinetyczną

Artur Olszewski, Krzysztof Rafał

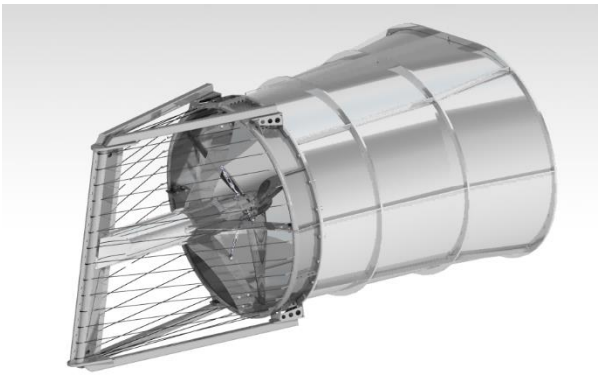
Instytut Optymalizacji Technologii, Warszawa
e-mail Artur.Olszewski.iot@gmail.com, efficientturbine@gmail.com

Wstęp

Pływające turbiny wodne PTW to silniki wodne, które do produkcji energii elektrycznej wykorzystują energię płynącej wody (nurt rzek lub pływów morskich i oceanicznych). W przeciwieństwie do klasycznych turbin wodnych nie potrzebują zabudowy hydrotechnicznej spiętrzających wodę w postaci stopni wodnych. Praca turbiny hydrokinetycznej w minimalny sposób oddziaływuje na środowisko. Jest to zdecydowanie najbardziej przyjazna środowisku elektrownia wodna. Stanowi ona ekologiczną alternatywę dla klasycznych elektrowni wodnych - jest w stanie zachować odcinki rzek w stanie niezmienionym, a jednocześnie generuje zieloną energię elektryczną, co może zaspokoić lokalne zapotrzebowanie energetyczne.

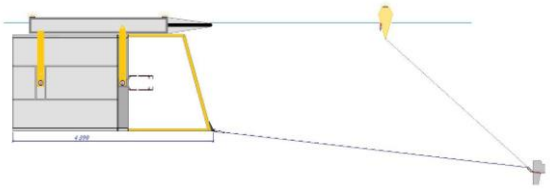
Prototyp hydrozespołu z turbina hydrokinetyczną

Na podstawie studium literaturowego stwierdzono, że optymalną do zastosowania będzie turbina hydrokinetyczna o przepływie osiowym wyposażona w dyfuzor (rys.1). Zaprojektowano i zbudowano model testowy, który poddano badaniom terenowym na stanowisku w formie katamaranu. Model ten zamocowany był do stanowiska za pomocą czterech ramion. W wyniku przeprowadzonych testów wytypowano wirnik odznaczający się najlepszymi parametrami energetycznymi.



Rys.1 Model opracowanego hydrozespołu

Docelowo prototyp urządzenia wytwórczego ma pracować pod powierzchnią wody i być zakotwiony w dnie (rys. 2). Do tego celu zaprojektowano pływak znajdujący się w górnej części hydrozespołu (rys. 3) zapewniający bezpieczną eksploatację.



Rys.2 Sposób posadowienia hydrozespołu w miejscu pracy

Rys.3 Prototypu hydrozespołu z pływakiem

Układ regulacji oraz odbioru mocy

Turbina przeznaczona jest do współpracy z siecią elektroenergetyczną niskiego napięcia. Wyposażona została w falownik umożliwiający włączenie jej do sieci jako mikroinstalację. W trakcie badań układ pracował na sieć wydzieloną i był obciążony rezystorami. Poprzez zmianę krzywej obciążenia badano moc możliwą do uzyskania przy różnych wyróżnikach szybkobieżności. Docelowo w falowniku zaprogramowano krzywą umożliwiającą automatyczną pracę turbiny w punkcie optymalnym.

Badania doświadczalne

Badania modelowe turbiny zostały przeprowadzone w warunkach rzeczywistych na rzece Wiśle. Miejsce badań zostało dobrane na podstawie wykonanego wcześniej pomiaru nurtu rzeki. Osprzęt stanowiska terenowego umożliwiał pomiar takich wielkości jak:

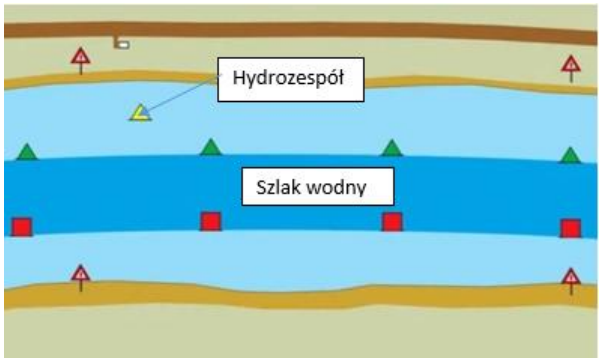
- prędkość strumienia wody – realizowany przez młynki hydrometryczne,
- szybkość obrotową wirnika – realizowany przez enkoder,
- moc generowaną przez hydrozespół – realizowany przez rejestracje prądów i napięć.

Badania polegały na długotrwałym pomiarze mocy przy niezmiennej prędkości napływu dla optymalnego wyróżnika szybkobieżności. Testy przeprowadzono w wa-

runkach pełnego i częściowego zanurzenia. Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono współczynniki wykorzystania energii, z których otrzymano teoretyczne krzywe uzyskiwanych mocy w zależności od prędkości nurtu.

Farma hydrozespołów z turbinami hydrokinetycznymi

Tak jak w przypadku energetyki wiatrowej turbiny hydrokinetyczne mogą współdziałać w farmie i tym samym w efektywniejszy sposób wykorzystywać odcinek rzeki charakteryzujący się dobrymi warunkami hydrologicznymi. Hydrozespoły pracujące w farmie, ze względu bezpieczeństwa, umiejscowione będą poza szlakiem żeglugowym (rys. 4).



Rys.4 Miejsce pracy turbiny poza szlakiem żeglugowym

Planuje się zbudowanie farmy składającej się z 30 hydrozespołów o mocy znamionowej 8 kW każdy, o łącznej mocy 240 kW. Powstanie dziesięć rzędów hydrozespołów po trzy maszyny w każdym.

Uwagi końcowe

Prace zostały przeprowadzone w ramach projektu POIR.01.02.00-00-0268/17: „Wysoko efektywna turbino-prądnica pływającej elektrowni wodnej napędzana nurtem" współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020.

Autorzy

Artur Olszewski, mgr, Absolwent Wydziału Prawa i Administracji Uniwersytetu Warszawskiego. W 1999 r. uzyskał tytuł magistra nauk prawnych. W 2020 r. rozpoczął studia Doktoranckich na Politechnice Warszawskiej - specjalizacja energetyczne maszyny przepływowe.

Krzysztof Rafał, dr inż. tytuł uzyskał w 2013 roku na Politechnice Warszawskiej w dziedzinie elektrotechnika. Wieloletni kierownik zespołów badawczych opracowujących rozwiązania w dziedzinie energetyki odnawialnej i magazynowania energii.

Załączniki

Appendices

Z.1. ***HYDROFORUM 2022. Lista uczestników***

HYDROFORUM 2022. List of delegates

Z.2. ***HYDROFORUM 2021***
Sprawozdanie z X Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej

HYDROFORUM 2021.
Report of the Xth Polish Hydropower Conference

Załącznik 1 Appendix 1

Lista uczestników HYDROFORUM 2022[1]

List of HYDROFORUM 2022 delegates

1		Jerzy	Badura	ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.
2		Leszek	Bajorek	ZEW Niedzica SA
3		Jacek	Bieńkowski	TAURON Ekoenergia sp. z o.o.
4	LN	K. Athan	Bloom	Hydroresonance, USA
5		Dominik	Błoński	Instytut Optymalizacji Technologii sp. z o.o.
6		Dariusz	Borkowski	AQUA-Tech Sp. z o. o., Trzebinia
7	LN	Luis Angel	Bujedo Nieto	CARTIF Centro Tecnológico, Hiszpania
8		Dariusz	Cholewa	AQUA-Tech Sp. z o. o., Trzebinia
9		Sławomir	Cieślik	Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Politechnika Bydgoska
10		Arkadiusz	Czarnecki	ZEW Niedzica SA
11		Dariusz	Downar	Instytut Energetyki o/Gdańsk
12		Grzegorz	Franosz	Stowarzyszenie Naukowo Techniczne Techników i Inżynierów SILESIA
13		Marta	Gajewska	Hydro-Invest, Warszawa
14		Adam	Góralczyk	Instytut Optymalizacji Technologii sp. z o.o.
15		Dariusz	Gronek	Hydro-Invest, Warszawa
16		Wiesław	Grzesiak	TB Hydro sp. z o.o., Poznań
17		Krzysztof	Gwizdała	Gajek Engineering Sp z o.o., Gdańsk
18		Mariusz	Hajdarowicz	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk
19		Marek	Hensler	ENEA Nowa Energia Sp. z o. o.
20		Kamil	Jabłoński	Energoprojekt Warszawa SA
21		Jakub	Kamrowski	Remak-Energomontaż SA
22		Łukasz	Kalina	Instytut OZE, Kielce
23		Maciej	Kaniecki	TG DNALOP sp. z o.o., Redzikowo
24		Marcin	Kłosiński	Energoprojekt Warszawa SA
25		Piotr	Kołat	TB Hydro sp. z o.o., Poznań
26		Piotr	Kowalewski	TG DNALOP sp. z o.o. Redzikowo
27		Zbigniew	Krzemianowski	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk
28		Michał	Krzyszkowski	ZEW Niedzica SA
29		Michał	Kubecki	Instytut OZE, Kielce
30		Mariusz	Lewandowski	Instytut Maszyn Przepływowych PAN
31		Michał	Lis	Energetyka Wodna, Kielce
32		Damian	Liszka	AQUA-Tech Sp. z o. o., Trzebinia
33		Witold	Lorenz	Hydro-Vacuum S.A., Grudziądz
34	LN	Raquel M.	López Fernández	CARTIF Centro Tecnológico, Hiszpania
35		Mariusz	Łabuń	TAURON Ekoenergia sp. z o.o.
36		Artur	Machalski	Politechnika Wrocławska
37		Krzysztof	Majcher	PGE Energia Odnawialna SA o/ZEW Solina-Myczkowce
38		Ewa	Malicka	Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych

[1] Symbol LN oznacza osoby uczestniczące wyłącznie w sympozjum Life NEXUS.

39		Roman	Masek	BELSE Sp. z o.o., Bielsko-Biała
40		Mariusz	Misiewicz	Energopomiar-Elektryka sp. z o.o., Gliwice
41		Michał	Muszer	Efekt-Automatyka Sp. z o.o., Ruda Śląska
42		Grzegorz	Nawodziński	ENEA Nowa Energia Sp. z o. o.
43		Zygmunt	Niski	TAURON Polska Energia S.A.
44		Jacek	Nowicki	Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Warszawa
45		Aneta	Nycz	Politechnika Wrocławska
46		Artur	Olszewski	Instytut Optymalizacji Technologii sp. z o.o.
47		Leszek	Opyrchał	Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa
48		Bartłomiej	Ośmiałowski	TG DNALOP sp. z o.o., Redzikowo
49		Zbigniew	Pawlak	Energoprojekt- Warszawa SA
50		Mariusz	Piękoś	Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej sp. z o.o., Kraków
51		Piotr	Plichta	BELSE Sp. z O.O., Bielsko-Biała
52		Paweł	Popielski	Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska
53	LN	Petras	Punys	Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno (Litwa)
54	LN	Algirdas	Radzevičius	Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno (Litwa)
55		Krzysztof	Rafał	Instytut Optymalizacji Technologii sp. z o.o.
56		Ireneusz	Rogala	Energa Wytwarzanie SA, Gdańsk
57	LN	Jesús	Samaniego Muñoz	CARTIF Centro Tecnológico, Hiszpania
58		Ernest	Sehmehmedovic	Voith Hydro GmbH & Co KG
59		Paweł	Sikorski	Izba Gospodarcza "Wodociągi Polskie"
60		Janusz	Skrzypacz	Politechnika Wrocławska
61		Henryka	Stachowicz	Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Reda
62		Zbigniew	Stachowicz	Instytut Energetyki o/Gdańsk
63		Janusz	Steller	Towarzystwo Elektrowni Wodnych/ IMP PAN
64		Irena	Steller	wolontariusz
65		Robert	Stępień	Gajek Engineering Sp z o.o.
66		Arkadiusz	Szkudlarek	Inex Green Sp. z o.o.
67		Przemysław	Szulc	Politechnika Wrocławska
68		Elwira	Ścigała	TAURON Ekoenergia sp. z o.o.
69		Sławomir	Terkiewicz	PGE Energia Odnawialna SA, Warszawa
70	LN	Jarosław	Tomalik	Hydroresonance, Wrocław
71		Filip	Tor	TG DNALOP sp. z o.o. Redzikowo
72		Robert	Trzaskowski	UNITe Polska Sp. z o.o.
73		Jacek	Weigel	ANGA Uszczelnienia Mechaniczne Sp. z o.o.
74		Józef	Wójcik	ZEW Niedzica SA
75		Krzysztof	Wrzosek	PGW Wody Polskie / Politechnika Warszawska
76		Edyta	Zalewska	Uponor Infra Sp. z o.o.
77		Edward	Ziaja	Instytut Automatyki Systemów Energetycznych, SEP
78		Tomasz	Żebrowski	Remak-Energomontaż SA

Załącznik 2 Appendix 2

HYDROFORUM 2021
Sprawozdanie z X Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej*

Było już wpół do siódmej wieczorem, gdy w czwartek, 14 października 2021 roku, zakończyła swoje dwudniowe obrady X Polska Konferencja Hydroenergetyczna HYDROFORUM 2021. Obrady toczyły się w auli Politechniki Gdańskiej. W dniu następnym część uczestników odwiedziła Elektrownię Wodną Żarnowiec. HYDROFORUM zawitało do Elektrowni po raz pierwszy od 30 lat, kiedy to Sympozjum 91 podsumowywało tu wyniki części prac Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego 5.1.

Magia miejsca

Wydarzenie zaplanowano pierwotnie w audytorium Instytutu Maszyn Przepływowych PAN – w miejscu obrad pierwszego HYDROFORUM w roku 1973. IMP PAN pozostawał głównym organizatorem HYDROFORUM aż do roku 2005. Cykl Polskich Konferencji Hydroenergetycznych zainaugurowały Warsztaty Walidacyjne Projektu SHP Streammap, zorganizowane jako wydarzenie towarzyszące Międzynarodowym Targom Energii Odnawialnej i Efektywności Energetycznej RENEXPO Poland w roku 2011. W roku 2018 przeprowadzono konferencję po raz pierwszy poza Warszawą, a rok później organizatorzy wrócili do marki HYDROFORUM.

Do tradycyjnego grona współorganizatorów – Towarzystwa Elektrowni Wodnych (TEW), Towarzystwa Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych (TRMEW) i Instytutu Maszyn Przepływowych PAN (IMP PAN) - dołączyła Polska Akademia Nauk i Politechnika Gdańska, na teren której przeniesiono ostatecznie obrady z powodu bardzo dużego zainteresowania wydarzeniem. Miejsce podkreśliło jego jubileuszowy charakter. Wynikało to nie tylko z rangi uczelni i walorów historyczno-architektonicznych jej murów, ale także ze związków, jakie przez lata łączyły Politechnikę Gdańską z energetyką wodną. Jubileusz był dla autora tego tekstu dobrą okazją dla przypomnienia niektórych szczególnie zasłużonych członków społeczności Politechniki – m.in. profesorów K.Pomianowskiego, A.Hoffmanna, W.Balcerskiego i M.Broszkę. Autor przypomniał także wieloletnią współpracę uczelni z Instytutem Maszyn Przepływowych PAN oraz historię konferencji HYDROFORUM.

Inauguracja i jubileusz

W inauguracji wzięli czynny udział przedstawiciele wszystkich współorganizatorów. Prezes TRMEW, kol. Ewa Malicka, i prorektor Politechniki Gdańskiej, prof. Dariusz Mikielewicz, wystąpili z krótkimi adresami powitalnymi, zaś prof. Jan Kiciński, dyrektor IMP PAN oraz członek korespondent Polskiej Akademii Nauk, dokonał uroczystego otwarcia obrad. Patronat nad konferencją sprawowało Ministerstwo Aktywów Państwowych, Ministerstwo Infrastruktury oraz Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP). Silnego wsparcia udzieliło konferencji Państwowe Gospodarstwo Wodne „Wody Polskie”, reprezentowane w tym roku m.in. przez dra Krzysztofa Wosia z-cę prezesa ds. ochrony przed powodzią i suszą oraz p. Annę Łukaszewską-Trzeciakowską, dyrektora RZGW Warszawa.

Otwarcia obrad dokonał dyrektor IMP PAN, prof. Jan Kiciński

W konferencji udział wzięło ponad 130 osób – w tym przedstawiciele wszystkich największych korporacji energetycznych, dostawców wyposażenia i usług, biur projektowych, ośrodków badawczych oraz badawczo-rozwojowych. Wygłoszono 36 referatów i komunikatów konferencyjnych, przeprowadzono 2 dyskusje panelowe. Wśród 18 uczestników zagranicznych znalazł się między innymi prof. Jean-Jacques Fry, prezes Europejskiego Klubu Międzynarodowego Komitetu Wielkich Zapór (ICOLD) i zastępca koordynatora projektu *Hydropower Europe*. Swoje własne sesje miała norweska fundacja

*Sprawozdanie to ukazało się także drukiem w numerze 4/2021 Energetyki Wodnej

NORWEP (*Norwegian Energy Partners*), wspierająca działalność norweskich firm z sektora energetycznego na rynkach europejskich, a także projekt Komisji Europejskiej HYPOSO (*Hydropower Solutions for developing and emerging countries*) promujący europejskie technologie MEW w krajach Afryki i Ameryki Łacińskiej. Silną reprezentację miała także grupa kapitałowa *Voith* z drem Klausem Krügerem na czele. Znaną kanadyjską firmę *Thordon Bearings Inc*. reprezentował już po raz drugi jej współwłaściciel Sandy Thomson i przedstawiciele związanej z nią spółki krajowej. Uczelnie wyższe reprezentowane były przede wszystkim przez Uniwersytet Witolda Wielkiego z Kowna z profesorami Petrasem Punysem i Algirdasem Radzevičiusem. W konferencji wziął też udział prof. Bernhard Pelikan - emerytowany profesor uniwersytetu BOKU w Wiedniu i wieloletni prezes ESHA (*European Small Hydropower Association*) – tym razem występujący z ramienia ekipy biura projektowego *Frosio Next*, partnera projektu HYPOSO.

Po sesji inauguracyjnej uczestnicy zebrali się na schodach przed Gmachem Głównym Politechniki (fot. Belse Sp z o.o.)

Sesję inauguracyjną uświetnił wykład prezesa SEP, dra inż. Piotra Szymczaka, poświęcony dziełu wybitnego inżyniera polskiego pochodzenia – Michała Doliwo-Dobrowolskiego - który 130 lat temu dokonał pierwszego na świecie przesyłu prądu trójfazowego linią wysokiego napięcia (15 kV). Źródłem zasilania był generator trójfazowy w elektrowni wodnej Lauffen nad Neckarem. Odbiór odbywał się na terenach światowej wystawy elektrotechnicznej w odległym o 175 km Frankfurcie nad Menem.

Otrzymanie medalu A.Hoffmanna to zaszczyt dla każdego polskiego hydroenergetyka. Na zdjęciu prezes SEP, Piotr Szymczak, i prezes honorowy TEW, Stanisław Lewandowski z wręczonym przed chwilą medalem

Ważnym elementem jubileuszu było wręczenie medali honorowych SEP niektórym zasłużonym członkom obu krajowych stowarzyszeń hydroenergetycznych, a także prof. Wojciechowi Majewskiemu, wybitnemu specjaliście z zakresu gospodarki wodnej, gorącemu orędownikowi rozwoju energetyki wodnej w naszym kraju. Medale Alfonsa Hoffmanna otrzymali kol. kol. Dariusz Gronek, Stanisław Lewandowski, B. Kuba Puchowski, Tadeusz Sobolewski, Józef Wójcik i prof. Wojciech Majewski, medal Michała Doliwo-Dobrowolskiego – autor tego tekstu, zaś medal 100-lecia SEP – kol. Edward Ziaja. Wręczenia medali dokonał osobiście prezes SEP, dr inż. Piotr Szymczak.

Debaty panelowe i HYPOSO

Centralnym punktem programu pierwszego dnia obrad była Debata HYDROFORUM poświęcona tym razem znaczeniu energetyki wodnej dla transformacji energetycznej i przeciwdziałania skutkom zmian klimatycznych. Poprzedziła ją sesja I, podzielona na dwa segmenty – segment poświęcony zagadnieniom rozwoju energetyki wodnej z perspektywy europejskiej i globalnej oraz segment poświęcony sytuacji sektora MEW w naszym kraju. Wprowadzenie do debaty stanowiły wystąpienia dra Klausa Krügera (*Voith Hydro*) i autora tego tekstu, który też debatę poprowadził wspólnie z kol. Edwardem Ziają, reprezentującym zarazem Instytut Automatyki Systemów Energetycznych (IASE), SEP i TEW. W swoim wystąpieniu autor zwrócił uwagę nie tylko na trwający już 40 lat zastój w rozbudowie mocy regulacyjnych i zasobów magazynowych energetyki wodnej, ale i zmniejszone wykorzystanie dziś dostępnych możliwości technicznych z powodu uregulowań prawno-ekonomicznych. Jak wynika z analiz przeprowadzonych w pierwszej połowie ubiegłej dekady przez TEW, zasoby magazynowe w zbiornikach polskich elektrowni wodnych wynoszą ponad 90 GWh [3]. Zasoby te pozostają w dużej mierze „uśpione". Celowość inwestowania i szerszego wykorzystania energetyki wodnej do celów regulacyjnych potwierdzili uczestnicy zagraniczni (K.Krüger, G.Vik, J.-J. Fry), zaś brak warunków dla szerszego wykorzystania już dostępnych możliwości – pan Leszek Bajorek, prezes ZEW Niedzica SA.

Debata Panelowa HYDROFORUM 2021. Od lewej siedzą: J.Steller (IMP PAN / TEW), E.Ziaja (IASE / SEP / TEW), K.Krüger (Voith Hydro), K.Woś (PGW Wody Polskie), R.Koropis (TRMEW), G.Vik (NORWEP), B.Pelikan (BOKU / Frosio Next), J.Strzelbicki (PSE), L.Bajorek (ZEW Niedzica), J.-J. Fry (Eurocold), P.Punys (Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno) (fot. Belse Sp. z O.O.)

Wobec nieobecności przedstawiciela Ministerstwa Klimatu i Środowiska, kluczowe znaczenie dla debaty miała obecność reprezentanta Polskich Sieci Elektroenergetycznych SA, p. Jerzego Strzelbickiego, który jednoznacznie potwierdził zainteresowanie PSE rozbudową zasobów regulacyjnych systemu elektroenergetycznego i zapewnił, że energetyka wodna może być pomocna w rozwiązaniu istniejących problemów. Zamiarem organizatorów debaty było przekazanie Ministerstwu Klimatu i Środowiska przesłania w sprawie potrzeby wznowienia programu budowy elektrowni pompowo-szczytowych w naszym kraju. Kilka dni później okazało się, że uczestnicy debaty nie byli świadomi przygotowywanego już w tej sprawie porozumienia z PGE SA i Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej [4]. W części poświęconej przeciwdziałaniu skutkom zmian klimatycznych głos zabrał m.in prezes. K.Woś, który zwrócił uwagę na wielozadaniowy charakter wielu inwestycji prowadzonych przez PGW „Wody Polskie". W sprawie znaczenia hydroenergetyki dla gospodarki wodnej wypowiadali się też pozostali uczestnicy debaty.

Sesja fundacji NORWEP poświęcona była głównie hybrydyzacji elektrowni zbiornikowych poprzez wyposażenie ich w człon fotowoltaiczny w postaci farm słonecznych unoszących się na powierzchni zbiorników wodnych. Dodatkowe 2 wystąpienia (dr E.Kasiulis i M.Korzeński) dotyczyły hybrydowych elektrowni morskich. Sesję rozpoczęło wcześniej zarejestrowane wystąpienie powitalne radcy Ambasady Norweskiej w Polsce, p. Metje Jøranli, oraz prezentacja fundacji NORWEP dokonana przez p. Gunn Vik, która wspólnie z dr Ewą Kwast przewodniczyła obradom. Ostatnim ich punktem była debata panelowa na temat możliwości hybrydyzacji elektrowni wodnych w warunkach polskich. Roli moderatora podjął się p. Stanisław Lewandowski, prezes honorowy i członek Zarządu TEW. Zainteresowanie tematem jest

ewidentne, chociaż zwracano też uwagę na uwzględnienie zagrożeń związanych z warunkami atmosferycznymi (np. zalodzenie). Po dyskusji uczestnicy i partnerzy reprezentowanych przez nich firm udali się na spotkanie B2B zorganizowane przez Fundację NORWEP w budynku IMP PAN.

Sesje NORWEP i HYPOSO poprowadzili: dr Ewa Kwast i prof. Bernhard Pelikan

Sesję projektu HYPOSO poprowadził prof. Bernhard Pelikan. Celem wystąpienia p. Ingo Balla, zarządzającego projektem z ramienia koordynatora (*WIP GmbH & Co Planungs KG*), było przede wszystkich zachęcenie polskich przedsiębiorców do uczestnictwa w platformie internetowej HYPOSO, przeznaczonej dla klientów z krajów będących przedmiotem zainteresowania projektu, lecz mogącej z powodzeniem służyć nawiązaniu kontaktów biznesowych i pozyskaniu nowych klientów również w Europejskim Obszarze Gospodarczym. Rejestracji można łatwo dokonać posługując się instrukcjami dostępnymi na stronie https://www.hyposo.eu/en/hyposo-platform/. Sesję zakończyło wystąpienie p. Gitany Vyčiene, prezentujące metodykę wstępnego rozpoznawania potencjalnych lokalizacji elektrowni wodnych technikami GIS, jaką opracował zespół badawczy z Uniwersytetu Witolda Wielkiego. Wieczorem tego samego dnia jubileuszową kolacją przyjął uczestników konferencji hotel „Grano" na Wyspie Spichrzów w Gdańsku. W hotelu tym nocowała zdecydowana większość uczestników przyjezdnych.

EW Żarnowiec i inwestycje

Drugi i ostatni dzień obrad rozpoczęła sesja V, dotycząca Elektrowni Wodnej Żarnowiec. Sesja została zorganizowana w związku planowaną wizytą studyjną w Elektrowni. Otwarło ją wystąpienie prezesa Stanisława Lewandowskiego poświęcone osobie Stanisława Cicholskiego, wieloletniego dyrektora EW Żarnowiec i pierwszego prezesa Towarzystwa Elektrowni Wodnych. Wystąpienie, było w dużej mierze oparte na wspomnieniach osobistych. W tej samej sesji prof. Wojciech Majewski przedstawił podsumowanie badań Jeziora Żarnowieckiego, jakie przeprowadzono przed laty dla potrzeb projektowych i eksploatacyjnych Elektrowni Wodnej i Jądrowej Żarnowiec, zaś kol. Lech Adamczewski podzielił się swoimi doświadczeniami z nadzoru eksploatacyjnego nad rurociągami derywacyjnymi elektrowni.

Prezentacje dotyczące przyszłości Kaskady Dolnej Wisły są zawsze przedmiotem szczególnego zainteresowania. Na zdjęciu: dyr. A. Łukaszewska-Trzeciakowska (RZGW Warszawa)

Sesja VI była bardzo oczekiwana z uwagi na wystąpienia przedstawicieli PGW Wody Polskie (K.Wrzosek i A.Łukaszewska-Trzeciakowska), które w swoich planach inwestycyjnych mają szereg obiektów wielozadaniowych z elektrowniami wodnymi, w tym stopień wodny Siarzewo na Wiśle. Mimo, że część zamierzeń jest znana już od dłuższego czasu, to uzyskana z pierwszej ręki informacja o ich aktualizacji lub stanie prac nad poszczególnymi projektami ma trudną do przecenienia wartość. Wcześniej przedstawiciele IASE (Edward Ziaja i Roman Skakowski) przekazali informacje o rozwijanych przez Instytut od lat podsystemach automatycznej regulacji częstotliwości i mocy (ARCM, ang. *LFC, Load Frequency Control*). Urządzenia IASE są instalowane z rosnącym powodzeniem w polskich elektrowniach wodnych stanowiąc ważne narzędzie bilansowania z poziomu operatora sieci. Na zakończenie prezes Instytutu OZE (Michał Kubecki) podzielił się swoimi doświadczeniami dotyczącymi modernizacji MEW w sposób pozwalający na skorzystanie z mechanizmów wsparcia w naszym kraju, natomiast znana na rynku europejskim mecenas Bettina Geisseler przedstawiła szereg

zaleceń dotyczących formułowania kontraktów inwestycyjnych w energetyce wodnej. Kolizja terminów uniemożliwiła pani mecenas przyjazd do Gdańska. W związku z tym jej wystąpienie było transmitowane online z kancelarii Geisseler Law we Freiburgu (Niemcy).

Prace badawczo-rozwojowe

Kolejne sesje zorientowane były jeszcze bardziej na zagadnienia techniczne i wyniki prac badawczo-rozwojowych. W sesji VII prof. Andrzej Błaszczyk (HYDROPOMP) podzielił się doświadczeniami z doważania wirników hydrozespołów w EW Włocławek, zaś przedstawiciele IMP PAN (Janusz Steller) i firmy Belse Sp. z o.o. (Roman Masek) – wynikami prac badawczych nad możliwościami prognozowania erozji kawitacyjnej na podstawie badań laboratoryjnych oraz doświadczeniami w stosowaniu preparatu Belzona do zabezpieczania i regeneracji maszyn i urządzeń narażonych na oddziaływania kawitacyjne.

Trzy pierwsze wystąpienia sesji VIII poświęcone były instalacjom niskospadowym. Przedstawiciel Voith Hydro (Sebastian Mayerhof) omówił zalety cieszącego się od lat dużym uznaniem hydrozespołu Stream Diver, zaś dr Maciej Kaniecki (związany dziś poprzez spółkę TG DNALOP z firmą Thordon Bearings Inc.) zaprezentował wnioski wynikające z realizacji projektu badawczo-rozwojowego dotyczącego projektowania i technologii produkcji ultraniskospadowach hydrozespołów z potrójną regulacją. Rozwiązania modułowe obejmujące nie tylko hydrozespół ultraniskospadowy z regulacją szybkości obrotowej, ale również zunifikowane fragmenty zabudowy hydrotechnicznej zaprezentowała firma AquaTech (Andrzej Polniak). W tej samej sesji przedstawiciele Uniwersytetu Witolda Wielkiego w Kownie (prof. prof. A.Radzievičius i P.Punys) przedstawili wyniki analiz możliwości odzysku energii w instalacjach wodociągowych i oczyszczalniach ścieków na Litwie. Analizy przeprowadzono w ramach projektu Komisji Europejskiej Life NEXUS [5]. Wśród wniosków znalazł się postulat opracowania małych hydrozespołów specjalnie przystosowanych do instalacji w sieciach wodociągowych. Sesję zamknęła prezentacja hydrozespołu z turbiną hydrokinetyczną opracowanego przez Instytut Optymalizacji Technologii z Warszawy (Artur Olszewski i Adam Góralczyk).

Tematyka oddziaływania instalacji hydroenergetycznych na środowisko, a zwłaszcza środków technicznych ograniczających oddziaływania niepożądane jest już od dawna obecna podczas Polskich Konferencji Hydroenergetycznych. Podczas ostatniej sesji HYDROFORUM 2021 przedstawiono jeden referat dotyczący metodologii badań tarlisk rybnych w zbiornikach dużych elektrowni wodnych (A.Jurevičius), dwa referaty z wynikami analizy działania użytkowanych technologii i urządzeń - barier elektrycznych przed kratami wlotowymi (Piotr Augustyn, PROCOM System) oraz dwukierunkowych zespołów śrub Archimedesa (Michał Kalina, Instytut OZE) – a także innowacyjny układ śluzowania ryb zintegrowany z turbiną wodną (Bernhard Pelikan).

Zamknięcie obrad

Zamykając obrady Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego podziękował wszystkim uczestnikom - w szczególności autorom wystąpień konferencyjnych, panelistom i przewodniczącym sesji, członkom komitetów konferencyjnych, obsłudze technicznej i tłumaczom symultanicznym, a także innym osobom które udzielały wsparcia na wszystkich etapach organizacji wydarzenia. Z szczególnymi podziękowaniami zwrócił się do partnerów i sponsorów HYDROFORUM 2021. Ich lista była w tym roku wyjątkowo długa. Partnerami konferencji były następujące podmioty: *PGE Energia Odnawialna SA*, Instytut Energetyki O/Gdańsk, *Norwegian Energy Partners* (*NORWEP*), Fundacja Poszanowania Energii w Gdańsku i projekt *HYPOSO*. Na liście sponsorów znalazły się*: Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG*, PGW Wody Polskie, *AQUA-Tech Sp. z O.O.*, *PROCOM SYSTEM SA* i Instytut Odnawialnych Źródeł Energii .

Niezwykle cenne okazało się wsparcie rzeczowe ze strony PGE Energia Odnawialna SA, właściciela EW Żarnowiec, oraz Instytutu Energetyki O/Gdańsk, który już po raz kolejny wydrukował książkę streszczeń Włączenie Politechniki Gdańskiej do grona organizatorów konferencji pozwoliło nadać jej uroczystą oprawę, a jednocześnie zapewniło znakomitą obsługę techniczną. Nie do przecenienia była współpraca wydawnicza – przede wszystkim z „Energetyką Wodna", gdzie od samego początku drukowane są ogłoszenia o konferencjach, relacje z ich przebiegu oraz inne artykuły pokonferencyjne. W roku bieżącym relacja taka ukazała się również w „Energetyce". Stałym partnerem pozostaje także Wydawnictwo IMP PAN, przy współpracy z którym ukazują się kolejne zbiory streszczeń i artykuły pokonferencyjne drukowane w piśmie naukowym *Transactions of the Institute of Fluid-Flow Machinery*. Od lat organizatorzy

konferencji współpracują również z wydawcą znanego magazynu ZEK Hydro i z portalem CIRE. Do tego grona dołączył ostatnio portal *energetyka 24.com*.

Po konferencji

Bezpośrednio po zamknięciu obrad niewielka grupa osób wybrała się do laboratorium IMP PAN, by obejrzeć model ultraniskospadowej turbiny wodnej firmy TG DNALOP, zaś następnego dnia grupa około 30 uczestników konferencji wybrała się z wizytą studyjną do EW Żarnowiec. Elektrownia została uruchomiona w roku 1983 z myślą o współpracy z elektrownią jądrową, powstającą w tym samym czasie na przeciwległym brzegu Jeziora Żarnowieckiego. Do powstania EJ Żarnowiec ostatecznie nie doszło. EW Żarnowiec, wyposażona w hydrozespoły odwracalne o mocy instalowanej 4×179/200 MW, pozostaje wciąż najmłodszą polską elektrownią pompowo-szczytową, a zarazem największą polską elektrownią wodną. Stanowi zarazem siedzibę lokalnego oddziału PGE EO SA. Po spotkaniu z dyrektorem Oddziału, p. Piotrem Książkiem, uczestnicy udali się do hali maszyn i na kolejne poziomy technologiczne budynku elektrowni, a także nad zbiornik górny. Wizytę zakończył obiad w restauracji „Nadolanka", który był już ostatnim punktem programu HYDROFORUM 2021.

Uczestnicy wizyty studyjnej na obwałowaniu zbiornika górnego EW Żarnowiec

Reakcje docierające do organizatorów zarówno w czasie, jak i po konferencji świadczą, że wydarzenie było potrzebne i można uznać je za sukces. Następne zaplanowano w Warszawie. Książka streszczeń jest ogólnie dostępna z zakładki *konferencje-seminaria/referaty-prezentacje* na strony internetowej TEW *www.tew.pl*. z tej samej zakładki są również wszystkie prezentacje. Wydanie numeru specjalnego *Transactions IFFM* będzie zależeć od zainteresowania potencjalnych autorów i uzyskanych recenzji.

Janusz Steller,
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
Polskich Konferencji Hydroenergetycznych

Gdańsk, listopad 2021/grudzień 2022

Przywołania

1. Steller J.: *Realizacja projektu SHP STREAMMAP dobiegła końca*, Energetyka Wodna, 3/2012, s.28-33
2. Steller J.: *Polska Konferencja Hydroenergetyczna HYDROFORUM 2019 – Pod uznaną marką*. Energetyka Wodna 4/2019, s.18-21
3. Steller J., Lewandowski S.: *Hydroelektrownie jako kompensacyjne źródło energii odnawialnej w krajach o bardziej różnorodnym systemie OZE opartym na energetyce wiatrowej i słonecznej. Potencjał rozwoju małych elektrowni wodnych.* Międzynarodowa Konferencja Szkoleniowa NFOŚiGW, Gdańsk, 25.11.2015. *https://www.tew.pl/biblioteka/prezentacje/2015_stellerlewandowski_PL04_pelna_wersja.pdf*
4. *https://www.gov.pl/web/nfosigw/magazynowanie-energii-w-elektrowniach-szczytowo-pompowych-szansa-dla-stabilnych-dostaw-pradu*, NFOŚiGW, BIP, 22.10.2021
5. López Fernández R.M., i in.: *Internetowy atlas mikroinstalacji hydroenergetycznych w miejskich sieciach wodnych*. Energetyka Wodna 1/2020, s.20–21

PEWNOŚĆ
W EKSTREMALNYCH WARUNKACH

BELSE

BELZONA®
Ulepszenie • Naprawa • Ochrona

POWŁOKI OCHRONNE
I KOMPOZYTY NAPRAWCZE

więcej na www.belse.com.pl

IOZE
hydro

turn water into profits

- Oferujemy **kompleksowe** doradztwo w zakresie inwestycji w elektrownie wodne włącznie z dostarczeniem **autorskich technologii** oraz wykonawstwem pod klucz.
- Tworzymy **interdyscyplinarne zespoły ekspertów i specjalistów** z zakresu hydrotechniki, mechaniki, automatyki i budownictwa, którzy proponują **rozwiązania precyzyjnie dopasowane do potrzeb** Klientów.

Zapraszamy do kontaktu:

Łukasz Kalina
+48 512 008 805
lukasz.kalina@ioze.pl

www.ioze.pl