

STRUCTURE AND ENVIRONMENT

ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING, ENVIRONMENTAL ENGINEERING, ENERGY AND GEOMATIC

No. 2/2019 vol. 11 PL ISSN 2081-1500 www.sae.tu.kielce.pl KIELCE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



Contents

structure

VIKTOR PROSKURYAKOV

ARCHITECTURE OF THE CITY OF KIELCE OF THE FUTURE IN THE PROJECTS OF LVIV ARCHITECTURE SCHOOL STUDENTS ARCHITEKTURA KIELC W PRZYSZŁOŚCI W PROJEKTACH STUDENTÓW LWOWSKIEJ SZKOŁY ARCHITEKTURY	103
--	------------

VADYM ABYZOV

THE MAIN DIRECTIONS OF PREFABRICATED LARGE-PANEL SYSTEMS' IMPROVING GŁÓWNE KIERUNKI DOSKONALENIA PREFABRYKOWANYCH SYSTEMÓW WIELKOPŁYTOWYCH	110
---	------------

IRYNA L. KRAVCHENKO

WAYS OF FORMATION OF ARCHITECTURE OF EDUCATION'S NON-FORMAL INSTITUTIONS IN MODERN CONDITIONS IN UKRAINE SPOSOBY KSZTAŁTOWANIA ARCHITEKTURY NIEFORMALNYCH INSTYTUCJI OŚWIATOWYCH W NOWOCZESNYCH WARUNKACH NA UKRAINIE	119
--	------------

ANNA CHOMICZ-KOWALSKA, JOANNA BARTOS, KRZYSZTOF MACIEJEWSKI, EVA REMISOVA, JOZEF KOMACKA, MICHAL HOLY

THE EFFECT OF WMA ADDITIVE ON BASIC PROPERTIES OF 35/50 AND 50/70 FOAMED ROAD BITUMEN WPŁYW DODATKU WMA NA PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI SPIENIONYCH ASFALTÓW DROGOWYCH 35/50 I 50/70	126
---	------------

environment

ROBERT KOWALIK, JAROSŁAW GAWDZIK, ALICJA GAWDZIK, BARBARA GAWDZIK

INNOVATIVE SEQUENTIAL BATCH REACTOR SOLUTIONS FOR WASTEWATER TREATMENT INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA SEKWENCYJNYCH REAKTORÓW PORCJOWYCH STOSOWANE W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW	141
---	------------

IHOR ROMANYSHYN, MACIEJ HAJDUKIEWICZ

THE HEIGHT SURVEY OF MOUNT ŁYSICA IN THE CONTEXT OF VERIFICATION OF GEODESICAL AND CARTOGRAPHIC STUDIES POMIAR WYSOKOŚCIOWY GÓRY ŁYSICY W KONTEKŚCIE WERYFIKACJI OPRACOWAŃ GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNYCH	153
---	------------

ABSTRACTS	165
------------------------	------------

HOW TO PREPARE THE MANUSCRIPT	171
--	------------

THE REVIEW PROCESS	172
---------------------------------	------------

Editor-in-Chief:

Prof. Zdzisława OWSIAK – Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kielce University of Technology (Poland)

International Advisory Board:

Chairman: Prof. Wiesław TRĄMPCZYŃSKI – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Vadim ABIZOW – Kyiv National University of Technologies and Design (Ukraine)
Prof. Satoshi AKAGAWA – Hokkaido University, Sapporo (Japan)
Prof. Tomasz ARCISZEWSKI – George Mason University (USA)
Prof. Elżbieta BEZAK-MAZUR – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Mark BOMBERG – McMaster University (Canada)
Prof. Jan BUJNAK – University of Žilina (Slovakia)
Prof. Dorota CHWIEDUK – Warsaw University of Technology (Poland)
Prof. Barbara GOSZCZYŃSKA – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Krystyna GURANOWSKA-GRUSZECKA – Warsaw University of Technology (Poland)
Prof. Jerzy HOŁA – Wrocław University of Science and Technology (Poland)
Prof. Go IWAHANA – University of Alaska Fairbanks (USA)
Prof. Lucjan KAMIONKA – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Andrej KAPJOR – University of Žilina (Slovakia)
Prof. Zbigniew KOWAL – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Tomasz KOZŁOWSKI – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Andrzej KULICZKOWSKI – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Józef MELCER – University of Žilina (Slovakia)
Prof. Mikhail NEMCHINOV – Moscow State Automobile and Road Technical University MADI (Russia)
Prof. Andrzej S. NOWAK – Auburn University (USA)
Prof. Ana Cristina Dinis Vicente PARDAL – Polytechnic Institute of Beja (Portugal)
Prof. Wojciech G. PIASTA – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Jorge Cruz PINTO – Universidade de Lisboa (Portugal)
Prof. Jerzy Z. PIOTROWSKI – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Karel POSPÍŠIL – The Transport Research Centre CDV (Czech Republic)
Prof. Claude VAN ROOTEN – Belgian Road Research Centre (Belgium)
Prof. Zbigniew RUSIN – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Wacław SERUGA – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Jacek SZEWCZYK – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Jerzy WAWRZEŃCZYK – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Bogdan WOLSKI – Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Maria ŻYGADŁO – Kielce University of Technology (Poland)

Associate Editors:

Prof. Lidia DĄBEK – Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology (Poland)
Prof. Marek IWAŃSKI – Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kielce University of Technology (Poland)

Secretary of the Editor Board:

Łukasz ORMAN, Ph.D., D.Sc. – Faculty of Environmental, Geomatic and Energy Engineering, Kielce University of Technology (Poland)

www.sae.tu.kielce.pl

sae@tu.kielce.pl

The quarterly printed issues of Structure and Environment are their original versions

The Journal published by the Kielce University of Technology

PL ISSN 2081-1500

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2019

25-314 Kielce, al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, tel. 41 34 24 581

www.wydawnictwo.tu.kielce.pl

Index Copernicus Value(ICV) za rok 2017 = 86.59



Kielce University of Technology
2019

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L



structure
structure



VIKTOR PROSKURYAKOV
Lviv Polytechnic National University
e-mail: proskuryakov_das@ukr.net

Manuscript submitted 2018.10.23 – revised 2018.12.04,
initially accepted for publication 2019.01.08, published in June 2019

ARCHITECTURE OF THE CITY OF KIELCE OF THE FUTURE IN THE PROJECTS OF LVIV ARCHITECTURE SCHOOL STUDENTS

ARCHITEKTURA KIELC W PRZYSZŁOŚCI W PROJEKTACH STUDENTÓW LWOWSKIEJ SZKOŁY ARCHITEKTURY

DOI: 10.30540/sae-2019-007

Abstract

The article reflects the ideas of projects done by Lviv Architecture School students and created for the city of Kielce, various architecturally typological directions.

Keywords: academic, culturally-educational, entertaining buildings and structures

Streszczenie

W artykule przedstawiono projekty studentów lwowskiej szkoły architektury stworzone dla miasta Kielce w różnych stylach architektoniczno-typologicznych.

Słowa kluczowe: budynki i gmachy naukowe, kulturalno-oświatowe, rozrywkowe

Department of Architectural Environment Design was created by the decree No. 183-10 by Lviv Polytechnic National University rector 28 November 2003 at execution of the university academic senate resolution from 23 September 2003 (act No. 20). The first bachelor's graduation with the speciality architecture took place in 2004. In December 2005 at the department there was a successful defense of diploma projects with the speciality architecture environment design. In 2007 the first graduation of masters took place.

During 15 years 7 doctors of Architecture (PhD), over 150 masters, hundreds of specialists, over 500 bachelors defended at the department. Department teachers have published tens of monographs and textbooks, over 300 articles. The department has participated in over 100 conferences and 100 exhibitions of all grades where over 100 decorations have been received, a few Grand Prix and 75 diplomas of I degree. Department teachers and students have taken part in design and construction of over 500 architecture objects.

Active work in academic cooperation with architecturally-artistic schools of Vienna, Dresden, Kielce, Dnipro, Kyiv, Toronto etc. has helped the department gain such significant results [1, 2].

Katedra Projektowania Środowiska Architektonicznego została utworzona, zgodnie z decyzją rektora Uniwersytetu Narodowego „Politechniki Lwowskiej” nr 183-10, dnia 28 listopada 2003 roku na podstawie uchwały Rady Naukowej Uniwersytetu z dnia 23 września 2003 (protokół nr 20). W roku 2004 studia ukończyli pierwsi licencjaci w specjalizacji architektura. W grudniu 2005 roku w katedrze zakończyła się sukcesem pierwsza obrona projektów dyplomowych w specjalizacji projektowanie środowiska architektonicznego. W 2007 roku studia ukończyli pierwsi magistrowie.

Przez ponad 15 lat w katedrze obroniło się 7 doktorów architektury (PhD), ponad 150 magistrów, setki specjalistów, ponad 500 licencjatów. Wykładowcy katedry opublikowali 10 monografii, ponad 300 artykułów. Katedra wzięła udział w 100 konferencjach i 100 wystawach różnej rangi, w których otrzymano ponad 100 nagród i wyróżnień, między innymi Grand Prix, a także 75 dyplomów pierwszego stopnia. Wykładowcy i studenci katedry wzięli udział w projektowaniu i budowie ponad 500 obiektów architektonicznych.

W uzyskaniu takich znaczących osiągnięć pomogła katedrze między innymi aktywna współpraca akademicka ze szkołami architektoniczno-artystycznymi

Among various vectors of such cooperation – scientific and research excursions, plein-air lectures, scientific explorations of doctors and habilitation scholars – mutual educationally projecting seminars, which were first conducted by our Lviv architecture school in Ukraine and later also in Austria, Germany, Poland, have become especially important direction of speciality development.

A special form of artistic cooperation has formed between the department of architectural environment design and the department of architecture and urban planning at Kielce University of Technology. It was happening particularly in the sphere of educationally searching designing of public buildings by students of these departments in Lviv and Kielce [3]. At the beginning Ukrainian and Polish students conducted such projects as their semester works, later on as qualification bachelor's and architecturally engineering ones. Ukrainian students designed in the environment of the city of Kielce, Polish ones – in Lviv. During drawing plein-airs in Kielce Ukrainian students acquainted themselves with its architecture, environment, spatial organization, landscape, historical heritage, made sketches, analysis and afterwards created projects of both separate buildings and architecture ensembles or landscape solutions, prevailing majority of which were directed towards the future.

Among all the projects created by Lviv students within the last 10 years – duration the agreement of cooperation between Lviv Polytechnic National University and Kielce University of Technology, three main projecting directions have been formed, in particular: first direction is connected with development of architecture, spaces, environment of Kielce University of Technology campus; second projecting of culturally educational buildings and structures; third – projecting of buildings, leisure and entertainment centres.

The following projects should be considered as one of the best projects of the first direction: Development of Kielce University of Technology campus environment in Kielce by the student O. Urbanskyi (Fig. 1); Design of architecture of the subject and spatial environment of parking areas at Kielce University of Technology campus in Kielce by the student I. Myroniuka, Design of the landscape of Kielce University of Technology campus in Kielce by the student H. Katola.

Projects of international student centres done by the students O. Dmytrash, A. Stopachynskyi, Yu. Klapchuk and of Polish-Ukrainian Culture Centre suggested by V. Terletskyi may be considered as the second direction projects (Fig. 2).

Wiednia, Drezna, Kielc, Dniepru, Kijowa, Toronto... [1, 2].

Wśród różnych form takiej współpracy – wyjazdów naukowo-badawczych, wykładów plenerowych, badań naukowych doktorantów i habilitantów – szczególnie ważnym kierunkiem w rozwoju specjalizacji stały się wspólne seminaria naukowo-projektowe, które lwowska szkoła architektury prowadziła początkowo na Ukrainie w Austrii, Niemczech i Polsce.

Szczególne formy współpracy twórczej ukształtowała się pomiędzy Katedrą Projektowania Środowiska Architektonicznego a Katedrą Architektury i Urbanistyki Politechniki Świętokrzyskiej. Dotyczy to przede wszystkim procesu naukowo-poszukiwawczego projektowania budynków użyteczności publicznej przez studentów tych katedr we Lwowie i w Kielcach [3]. Początkowo takie projekty polscy i ukraińscy studenci wykonywali w ramach prac semestralnych, a później jako prace dyplomowe inżynierskie i magisterskie. Ukraińscy studenci projektowali w Kielcach, a polscy we Lwowie. Lwowskie studenci w czasie plenerów architektonicznych zapoznawali się z architekturą Kielc, ich środowiskiem, organizacją przestrzenną, krajobrazem, spuścizną historyczną, wykonywali szkice, analizowali, a później tworzyli projekty zarówno pojedynczych budowli, jak i zespołów architektonicznych lub rozwiązań krajobrazowych, których znaczna większość dotyczyła przyszłości.

Pośród wszystkich stworzonych w ciągu ostatnich 10 lat przez lwowskich studentów projektów, od kiedy obowiązuje umowa współpracy pomiędzy Politechniką Lwowską a Politechniką Świętokrzyską, ukształciły się trzy główne kierunki projektowania: pierwszy związany jest z rozwojem architektury, przestrzeni, środowiska kampusu Politechniki Świętokrzyskiej; drugi dotyczy projektowania budynków kulturalnych i oświatowych; a trzeci skupia się na projektowaniu kompleksów wypoczynkowo-rozrywkowych.

Do najlepszych projektów pierwszego kierunku należy zaliczyć Rozwój środowiska kampusu Politechniki Świętokrzyskiej w mieście Kielce O. Urbańskiego (rys. 1), Projekt architektury środowiska przedmiotowo-przestrzennego parkingów kampusu Politechniki Świętokrzyskiej w mieście Kielce studenta I. Myroniuka, Projekt krajobrazu kampusu Politechniki Świętokrzyskiej w mieście Kielce studenta Katoly.

Do drugiej grupy można zaliczyć projekty międzynarodowych centrów studenckich, które wykonali studenci O. Dmytrash, A. Stopaczynskyj, J. Klapczuk, oraz Centrum Kultury Polsko-Ukraińskiej autorstwa W. Terleckiego (rys. 2).



Fig. 1. Project Development of Kielce University of Technology campus environment in Kielce by the student O. Urbanskyi under the supervision of a professor V. Proskuriakov

Rys. 1. Projekt Rozwój środowiska kampusu Politechniki Świętokrzyskiej w mieście Kielce autorstwa studenta O. Urbańskiego, wykonany pod kierownictwem prof. W. Proskuriakowa

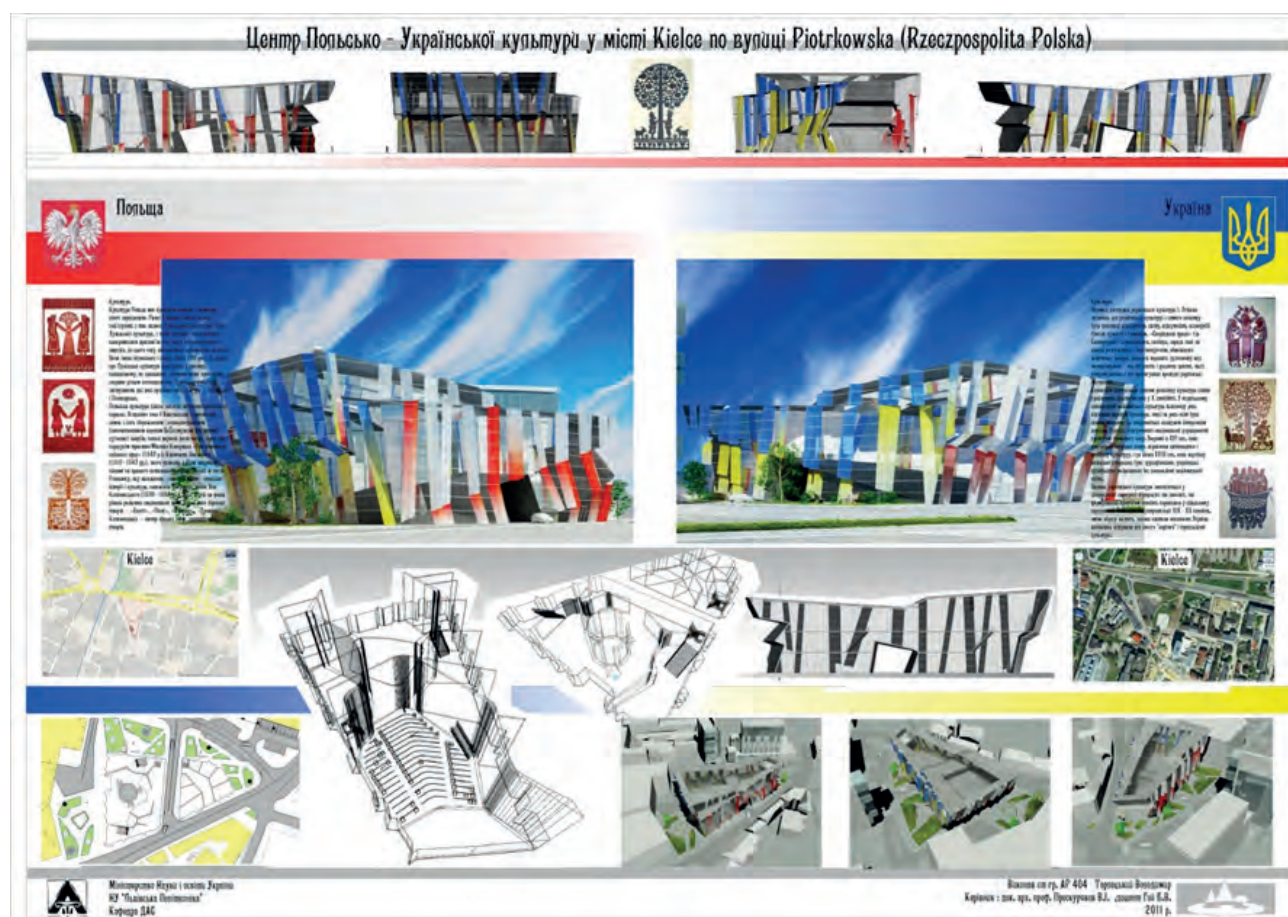


Fig. 2. Project Polish-Ukrainian Culture Centre in Kielce in Piotrkowska Street by the student V. Terletskyi under the supervision of a professor V. Proskuriakov and an associate professor B. Goy

Rys. 2. Projekt Centrum Kultury Polsko-Ukraińskiej przy ul. Piotrkowskiej autorstwa studenta W. Terleckiego, wykonany pod kierownictwem prof. W. Proskuriakowa i docenta B. Goja



Fig. 3. Project Design of entertainment centre in Kielce within Krakowska–Oгородowa streets by the student M. Mykyta under the supervision of professor V. Proskuriakov and assistant T. Harashchak

Rys. 3. Projekt Centrum rozrywkowe w Kielcach pomiędzy ulicami Krakowską a Oгородową autorstwa studentki M. Mykyty, pod kierownictwem prof. W. Proskuriakowa i asystenta T. Haraszczaka

It is possible to consider the following projects to the third direction: a project of entertainment centre in the city Kielce within Krakowska–Oгородowa streets by the student M. Mykyta (Fig. 3) and a project of shopping and entertainment centre in Kielce by the student N. Mashkevych (Fig. 4).

In his project Development of Kielce University of Technology campus environment O. Urbanskyi suggested building up architecture, environment and space of an existing academic institution complex in a way to create a new main façade in Tysiąclecie Państwa Polskiego Avenue and to coordinate spatial structure with both already existing buildings and yard and with street axes and urban structure in the direction of its central city part. The author deliberately freed all the spaces and among them those which had been planned near new buildings for visual and physical connection of all internal space of the campus as a whole, and as hereditary development of historical and modern. Keeping existing symbols which identify the university the author also suggests a new one – office-tower in the shape of a cross as a

Do trzeciego kierunku należy projekt centrum rozrywkowego w Kielcach pomiędzy ulicami Krakowską a Oгородową autorstwa studentki M. Mykyty (rys. 3) oraz projekt centrum handlowo-rozrywkowego w Kielcach studenta N. Maszkewycza (rys. 4).

W swoim projekcie Rozwój środowiska kampusu Politechniki Świętokrzyskiej w mieście Kielce O. Urbański proponuje rozbudowę architektury, środowiska i przestrzeni istniejącego kompleksu uczelni w taki sposób, aby stworzyć nową główną fasadę od strony alei Tysiąclecia Państwa Polskiego, a struktura przestrzenna zostałaby dopasowana zarówno do istniejących gmachów i dziedzińców, jak i do osi ulic, i struktury miejskiej w kierunku centrum miasta. Autor świadomie uwalnia wszystkie przestrzenie, wśród nich te, które planowane są pod nowe gmachy, aby osiągnąć fizyczny i wizualny związek całej wewnętrznej przestrzeni kampusu jako jednej całości i jako kontynuacji rozwoju historycznego i nowoczesnego. Zachowując istniejące symbole, które identyfikują Politechnikę, autor proponuje także nowy biurowiec – w formie wieży-krzyża – jako symbol

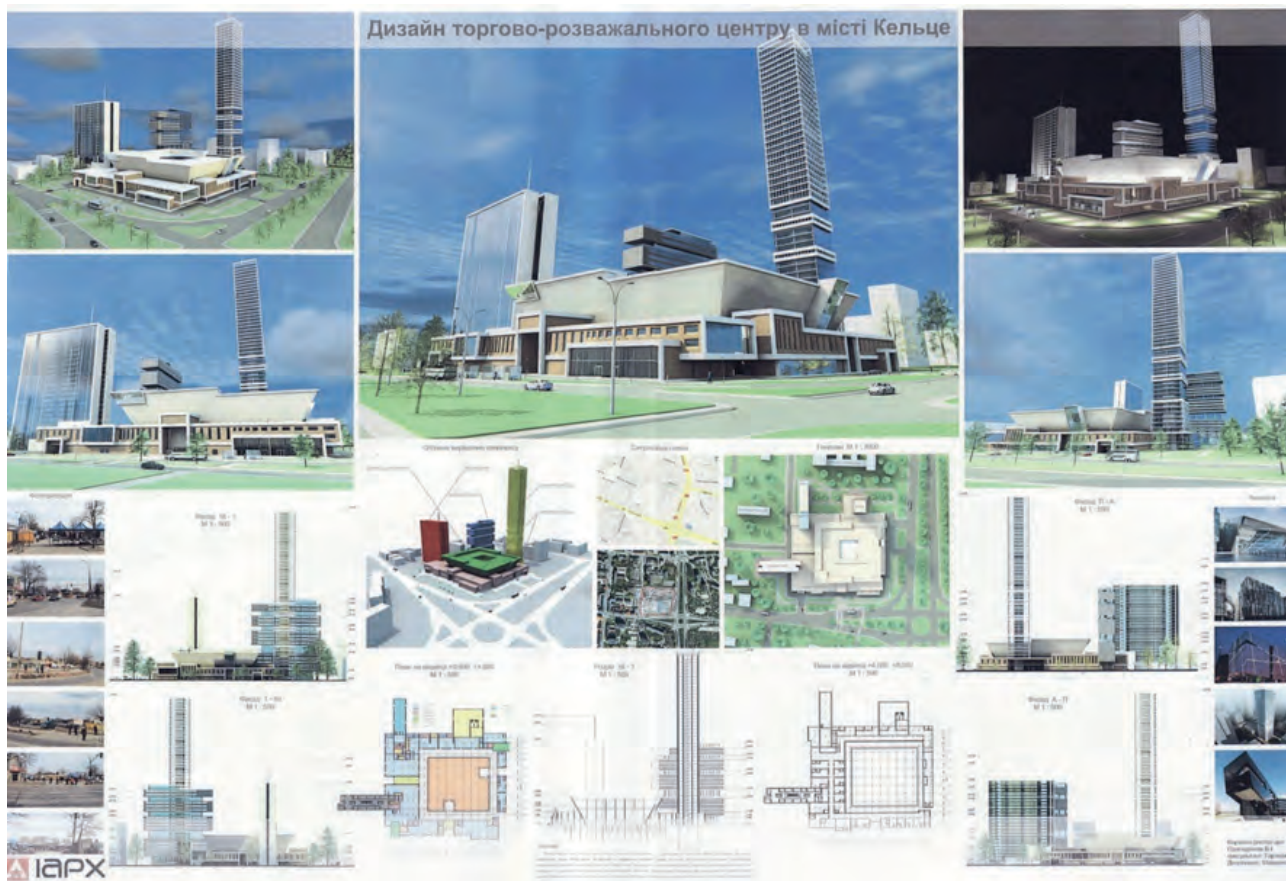


Fig. 4. Project Shopping and entertainment centre in Kielce by the student N. Mashkevych under the supervision of professor V. Proskuriakov and assistant T. Harashchak

Rys. 4. Projekt Centrum handlowo-rozrywkowe w Kielcach autorstwa studenta N. Maszkewycza, pod kierownictwem prof. W. Proskuriakowa i asystenta T. Haraszczaka

symbol of belonging to the name of the institution as well as spiritually spatial coordinate.

The project of an international student culture centre by O. Dmytrash on the premises of Kielce University of Technology has been determined by the author as an inter-institutional object of culture. Its purpose is to integrate university students into a worldwide education network and provide access and possibility to various conferences, congresses, artistic events of national and international levels. The author has designed her 5-level centre as a combination of suprematist volumes of versatile surface which are able to adjust to surrounding architecture of environment of both University of Technology and the one which forms the environment along Tysiąclecie Państwa Polskiego Avenue.

The centre of Polish-Ukrainian culture in Kielce, done by V. Terletsy, is designed as a crystal, fencing constructions of which are made in the colours of the national flags of Poland and Ukraine. The building

przynależności do nazwy uczelni, a także drogowskazu duchowo-przestrzennego.

Projekt międzynarodowego studenckiego centrum kulturalnego O. Dmytrash znajdującego się na terenie Politechniki Świętokrzyskiej zaproponowany został jako międzyuczelniany obiekt kulturalny. Jego funkcją miałyby być integracja studentów Politechniki z ogólnosiwiatową siecią oświatową oraz możliwość organizowania i korzystania z różnorodnych konferencji, kongresów, wydarzeń artystycznych na poziomie światowym i krajowym. Autorka zaprojektowała 5-kondygnacyjne centrum jako kombinację supematycznych brył i wysokości, które mogą dopasowywać się do pobliskiej architektury, tak Politechniki, jak i tego, co kształtuje środowisko wzdłuż alei Tysiąclecia Państwa Polskiego.

Centrum Kultury Polsko-Ukraińskiej w Kielcach autorstwa W. Terleckiego zaprojektowane zostało jako „kryształ”, którego ogrodzenia i krawędzie otrzymały kolory flag narodowych Polski i Ukrainy. Budynek

is made as a bridge on two props, which symbolize the unity of cultures of Polish and Ukrainian people, going over Silniczna Street. In one of the props, the bigger one, exhibitions and club spaces are designed, in a small one – universal theatrically performing space which can function in various modes and genres.

Projecting his shopping entertainment centre in place of a city market in Tarnowska and Seminaryjska streets N. Mashkevych has partially left the level of soil commercial function as a “memory” of the place and for servicing the residents of neighbouring blocks of flats who during decades got used to market services. However, having made over a modern hypermarket a space with functions such as performances of orchestras of various music genres, exhibitions, theatric, sport, educational events and performances the author has transformed the initial space into a modern powerful architecture complex which has also received an office, residential and universal building. Obviously, such composition solution could claim to participate in shaping the city silhouette. However, unfortunately, the analysis of possibility of integrating of a newly designed complex with architecture of a central historical part has not been performed by the author. Thus, it cannot be stated that exactly such a solution of a new building would be absolutely possible.

Analysis of the presented above projects by students of Lviv Architecture School has proved the following:

- architecture of the city of Kielce has its own unique genesis and development, and architecture of separate buildings, squares, environments of kindergartens and parks, spatial solutions of complexes and ensembles are not at all worse than in other European cities;
- clean air, forests and mountains, natural lakes and rivers, unique drinking water, parcellation of historical city building structure has been preserved, architecture monuments are attractive not only to modern investors, which objects are not always tolerant towards formed city environment but also to shaping the concept of a futuristic architecture of a city-garden which Kielce could become;
- preliminary experience of academic, searching, semester, conceptual projecting by the students of Lviv Architecture School in the environment of the city of Kielce has proven that it is and stays topical at the department of architectural environment design at Lviv Polytechnic National

ma formę mostu na dwóch pylonach, co symbolizuje połączenie kultur narodów polskiego i ukraińskiego, przerzuconego nad ulicą Silniczną. W większym z pylonów zaprojektowano powierzchnie wystawowe i klubowe, w mniejszym uniwersalną przestrzeń teatralno-widowiskową.

Projektując centrum handlowo-rozrywkowe w miejscu obecnego targu miejskiego, przy ulicach Tarnowskiej i Seminaryjskiej, N. Maszkewycz zdecydował się część kompleksu, znajdującego się na poziomie gruntu, przeznaczyć na obiekty handlowe, nawiązując jednocześnie do „pamięci” miejsca, z których mieszkańcy sąsiednich osiedli, którzy przez dziesięciolecia przyzwyczaili się do usług świadczonych na targu, mogli nadal korzystać. Jednak umieszczając nad projektowanym współczesnym hipermarketem powierzchnie o różnorodnych funkcjach, od występów muzycznych, reprezentujących szeroką paletę gatunków, do widowisk i wydarzeń teatralnych, sportowych i oświatowych, autor przekształcił wyjściową przestrzeń w potężny współczesny kompleks architektoniczny, który otrzymał także gmach biurowy, mieszkaniowy i uniwersalny. Oczywiście takie rozwiązanie kompozycyjne mogło pretendować do udziału w kształtowaniu sylwetki miasta. Niestety analiza możliwości integracji nowo zaprojektowanego kompleksu z architekturą centralnej, historycznej części miasta nie została przez autora przeprowadzona. Nie można zatem stwierdzić w żaden sposób, że właśnie takie rozwiązanie w przypadku nowej zabudowy jest całkowicie realne.

Analiza przytoczonych wyżej projektów studentów lwowskiej szkoły architektonicznej potwierdza, że:

- architektura Kielc ma swoją oryginalną genezę i rozwój, architektura poszczególnych budynków, placów, środowiska ogrodów i parków, rozwiązania przestrzenne kompleksów i zespołów nie ustępują innym miastom europejskim;
- czyste powietrze, lasy i góry, naturalne zbiorniki wodne i rzeki, unikalna woda pitna, zachowana parcelacja historycznej struktury urbanistycznej, zabudowy architektury są atrakcyjne nie tylko dla współczesnych inwestorów, których obiekty nie zawsze są tolerancyjne wobec uformowanego środowiska miejskiego, ale także dla kształtowania koncepcji futurystycznej architektury miasta-ogrodu, którym mogłyby stać się Kielce;
- poprzednie doświadczenie projektowania edukacyjnego, poszukiwawczego, semestralnego, conceptualnego przez studentów lwowskiej szkoły architektonicznej w środowisku Kielc udowodnił,

University currently and in the future. Results of such projecting will benefit the evolution of both educational and professional architecture thinking in Poland, Ukraine and other European countries.

że jest ono i pozostaje aktualne w Katedrze Projektowania Środowiska Architektonicznego Uniwersytetu Narodowego „Politechnika Lwowska” teraz i w przyszłości. Wyniki takiego projektowania będą sprzyjały ewolucji tak oświatowego, jak i profesjonalnego myślenia architektonicznego w Polsce, na Ukrainie i w innych krajach europejskich.

REFERENCES

- [1] Проскуряков В., Кафедра ДАС – триумф прогресу. Від минулого до майбутнього, В.І. Проскуряков, Архітектура: вісник НУ “Львівська політехніка” / відп. ред. Б.С. Черкес: вид-во Львівської політехніки. - №793. – 2014. – С. 5–8.
- [2] Проскуряков В., Міжнародне концептуальне проектування як метод генерування прогресивних ідей в архітектуру сучасної України, В.Проскуряков, Б.Черкес, Сборник научных трудов ОГАСА: Региональные проблемы архитектуры и градостроительства. – Одесса: Астропринт, 2007. - №9-10. – С. 651–662.
- [3] Proskuryakov V.I., *Educational-research designing as a method of typology development of library buildings by architectural schools of Lviv and Kielce polytechnics*, V.I. Proskuryakov, I.S. Voronkova // “Structure and Environment” 2013, No. 1, Vol. 5, pp. 5–10, PL ISSN 2081-1500.

Acknowledgments:

The work was financed by Lviv Polytechnic National University Department of Architectural Environment Design.

Podziękowania:

Praca była finansowana przez Uniwersytet Narodowy – Politechnika Lwowska, Katedra Projektowania Środowiska Architektonicznego

THE MAIN DIRECTIONS OF PREFABRICATED LARGE-PANEL SYSTEMS' IMPROVING

GŁÓWNE KIERUNKI DOSKONALENIA PREFABRYKOWANYCH SYSTEMÓW WIELKOPŁYTOWYCH

DOI: 10.30540/sae-2019-008

Abstract

The article discusses the features of the formation and development of prefabricated large-panel systems in civil engineering. Their advantages and disadvantages are given taking into account a variety of urban planning, architectural, structural and technological solutions. The directions of their improvement are determined and considered, the main of which are: optimization of parametric characteristics of building typing elements using modern computer technologies; increasing the steps of bearing walls with the introduction of large-span systems; improvement of technical solutions for enclosing structures and their joints; the use of combined panel-block systems based on local materials; improvement of aesthetic qualities and means of architectural and spatial expressiveness.

Keywords: prefabricated large-panel systems, the main directions of systems' improvement, housing construction, architectural and technical solutions

Streszczenie

W artykule omówiono cechy tworzenia i rozwoju prefabrykowanych wielkopłytowych systemów w budownictwie. Ich zalety i wady przedstawiono z uwzględnieniem różnych rozwiązań urbanistycznych, architektonicznych, konstrukcyjnych i technologicznych. Zidentyfikowane i omówione zostały kierunki ich doskonalenia, z których główne to optymalizacja charakterystyk parametrycznych elementów typowania budynków przy użyciu nowoczesnych technologii komputerowych, zwiększenie kroków ścian nośnych dzięki wprowadzeniu systemów o dużej rozpiętości, doskonalenie rozwiązań technicznych konstrukcje ścian zewnętrzne i ich połączeń stykowych, stosowanie kombinowanych panelowych i blokowych systemów na bazie lokalnych materiałów, poprawa walorów estetycznych i środków wyrazu architektoniczno-przestrzennych.

Słowa kluczowe: prefabrykowane systemy wielopłytowe, główne kierunki doskonalenia systemów, budownictwo mieszkaniowe, rozwiązania architektoniczne i techniczne

1. INTRODUCTION

Systems are considered to be prefabricated large-panel (PLP) if the vertical load-bearing elements are the walls, built and assembled of large panels, as a rule, no less than the size of the room. The main area of application of PLP systems of construction is the mass residential construction. They have also been used for construction of a number of public buildings without large halls (Fig. 1).

After large-scale construction in the early 1960's in Eastern Europe typical five-storey large-panel and

brick apartment houses with narrow step of bearing walls, since 1965 the block principle has become substantially prevalent, including block-cell method, that provides a comparable variability of space-planning and composition solutions. To overcome the monotony of development, instead of typical building the science of Architecture offered for the designers a set of different block sections, that provides them with some relative variability of individual residential formations in length, configuration and number of storeys. Offering at the first stage as the main element



Fig. 1. Prefabricated large-panel systems

Rys. 1. Prefabrykowane systemy wielopłytowe

of the typing the block section, the authors of this trend continued to go further by downscaling it with the use of semi-block sections, block elements, structural cells, etc. [1, 2].

At the same time, existing mass-scale, prefabricated industrial systems need further improvement, because in many respects they do not meet modern and perspective requirements and do not always allow to obtain complete architectural and urban-planning solutions. These systems often are oriented on outdated architectural, planning and technological requirements and in many cases do not allow to take into account numerous local conditions and factors.

2. PREFABRICATED LARGE-PANEL SYSTEMS

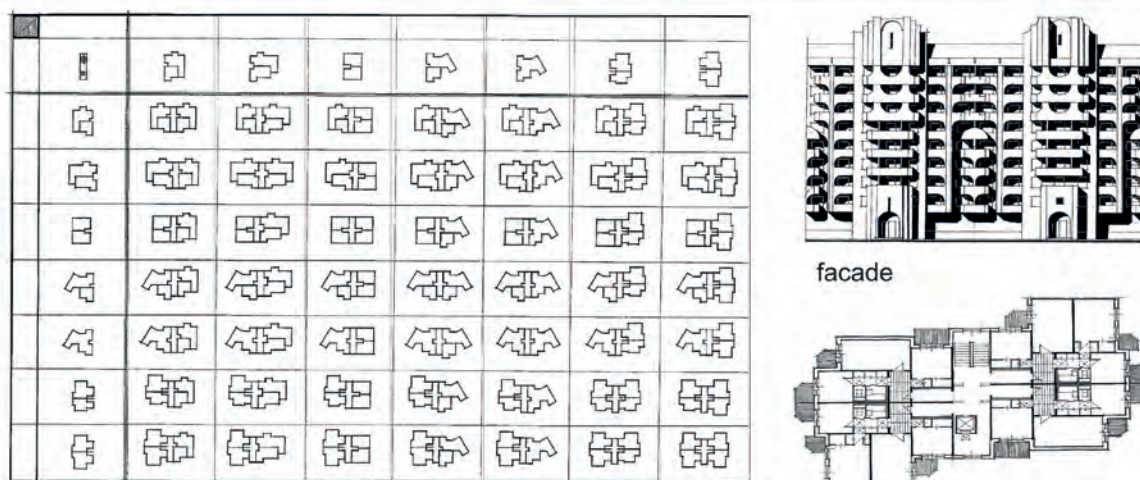
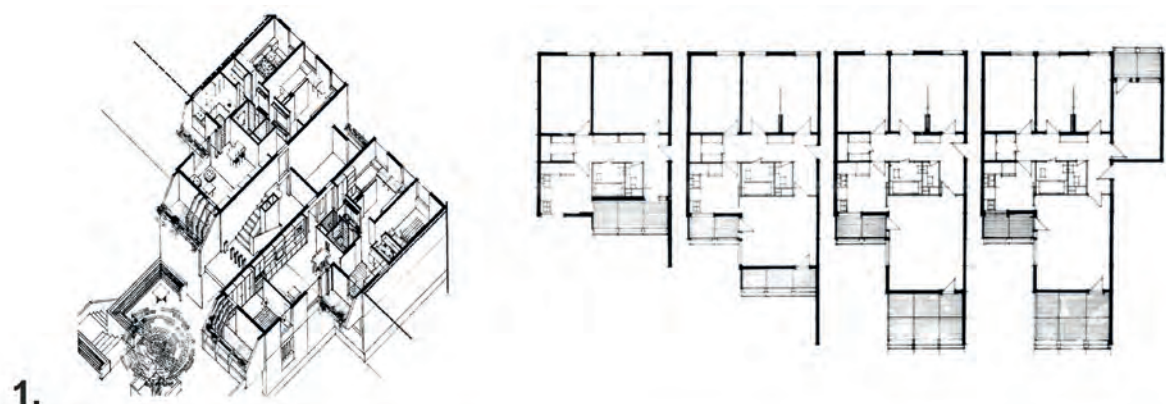
The main structural elements of the PLPS systems are: bearing reinforced concrete panels for interior walls, foundations, floor slabs; outer walls panels, covering slabs (roof construction); partitions (non-bearing panels); constructive elements of transport communications (lift tubing, stairs); engineering equipment and other non-bearing elements of the system [2, 3].

The basis of the prefabricated large-panel system construction is planar (frameless) construction system that has three basic varieties: transverse-wall; longitudinal-wall; cross-wall.

Prefabricated large-panel systems, according to the selected distance between load-bearing walls, are divided into: a narrow span of load-bearing walls – short-run (from 2.4 m up to 4.8 m); the wide span of load-bearing walls (over 4.8 m). Systems with a wide span of load-bearing walls in connection with their development in recent decades can be divided into the system with a mid-span (from 4.8 m to 7.2 m) and with

a wide span (from 7.2 m to 18 m). The formation of a certain type of prefabricated large-panel system and, in particular, its load-bearing system, depends on the functional purpose of buildings and their typological requirements, configuration and size of buildings, of their number of storeys (Fig. 2).

The largest spread in Eastern Europe has acquired a system with narrow transverse load-bearing walls, which has various modification combinations of different parameters of load-bearing walls. Such solutions have a high degree of industrial development, ensuring the high technology level of product manufacture and construction of buildings. Narrow span systems have fine-cell regular layout structure of the buildings, which makes their use for the construction of low-cost housing with small apartment areas, buildings of a hotel type and dormitories, administrative and other buildings without hall premises. For such buildings with fine-cell structure the transverse and cross-wall systems with transverse and longitudinal load-bearing walls and floors of the size of the room are used. Design scheme of the internal transverse load-bearing walls allow to provide the distribution of functions of bearing and enclosing structures. Their application involves the use of lightweight wall panels of the external walls and internal panels of transverse load-bearing walls. Such panels are made of lightweight concrete based on porous fillers, including keramzite, shale porosity, slag pumice.



the nomenclature of half-block sections of a series of dwelling houses

rotary block section



2. a project of a residential area "Pivnichny" development in the city of Zhytomyr based on the series

Fig. 2. Projects of prefabricated large-panel systems, designed by the architect Vadym Abyzov (in a group of authors): 1 – project for a series of dwelling houses for low-rise and high-density development, 2 – series of dwelling houses for the city of Zhitomir on the basis of local house-building plant

Rys. 2. Projekty prefabrykowanych systemów wielkopłytowych, zaprojektowanych przez architekta Vadyma Abyzova (w grupie autorów): 1 – projekt dla serii budynków mieszkalnych o niskiej zabudowie i wysokiej gęstości zagospodarowania, 2 – seria domów mieszkalnych dla miasta Żytomierza na podstawie lokalnego zakładu budownictwa mieszkaniowego

However, these systems of prefabricated large-panel construction have a significant disadvantage in regard to their moral and operational durability. The fact is, that the narrow span of transverse load-bearing walls is not able to conform a functional-typological structure of buildings in compliance with the typological requirements that are changing, and the conditions of their operation. Strict regular rational structure of short-span PLP systems in many ways limits the ability of layout transformations that are inevitable in connection with the change of socio-demographic, urban, functional, technical, economic and aesthetic conditions and factors. So, a strict constructional and layout structure of prefabricated large-panel residential buildings of the 1960s is now quite obsolete. At the same time, the dynamics of the coming changes on various conditions of housing threatens by a massive reproduction of deficiencies of prefabricated large-panel construction system with narrow span of transverse load-bearing walls [1].

Longitudinal-wall systems feature the mandatory inclusion of enclosing structures of panels of outer walls of bearing system of buildings. Transverse walls in these systems are the supporting elements and not included in load-bearing systems. Unlike transverse-wall, longitudinal-wall systems are characterized by greater layout freedom and flexibility and the possibility of transformation of architectural and spatial structure. However, they are used for buildings with a small number of storeys (up to 9 floors) in connection with a limited load capacity of enclosing structures. In addition, the use of these systems, compared with transverse-wall systems, requires the creation of a wider range of industrial products.

Prefabricated large-panel systems with a wide-span load-bearing walls, are primarily used for residential construction, where due to their implementation the total number of sizes and brands of industrial products had reduced and a new architectural quality of the construction was reached. Prefabricated large-panel systems with a wide-span load-bearing walls, which provides the free planning of buildings with large non-divided spaces have found their successful use in residential construction in Denmark, Sweden, Finland, the Netherlands [3–5]. These systems are quite promising for prefabricated large-panel housing construction also in the countries of Eastern Europe.

The range of application of prefabricated large-panel structures for public buildings is limited to organizations and enterprises, educational, administrative, commercial and household, medical

and cultural purposes, which have a fine-cell structure with the same type facilities and small hall premises.

In Western European countries the traditional construction of single-family and sectional houses and based on complete assembly construction of pre-manufactured concrete structures has been withdrawn. Prefabricated large-panel construction that developed fast in the 1950s for solving housing problems after World War II, mostly in France, Denmark, Sweden, the Netherlands, turned out to be warranted for these countries only in the presence of a large and persistent in time volumes of construction. However, in countries where the large production base of PLP systems existed, the selective prefabricated large-panel construction in various combinations with other building systems continues, mostly for low-rise construction and individual apartment houses for people with low levels of income (Fig. 3).



Fig. 3. Large-panel housing construction in the Netherlands (Rotterdam)

Rys. 3. Prefabrykowane budownictwo mieszkaniowe w Holandii (Rotterdam)

Creation of powerful basis for PLP systems with numerous residential building enterprises was crucial in carrying out a large-scale housing program in Eastern Europe, including the countries of the former USSR. Development and mass implementation of common projects of prefabricated large-panel residential buildings accompanied by the constant interdependent improvement of architectural-layout, design and technological solutions with regard to improving their technical and economic indexes. Extensive work was carried out to ensure the reliability of the butt joints, their air and water insulation. Comprehensive development was aimed at increasing the readiness of factory prefabricated elements, reduction of weight and material consumption of buildings, improvement of technologies of their

production and installation, the use of outer panel walls of light and porous concrete with different heat insulators. Three-layer wall panels with mineral wool or polystyrene insulation have become widespread.

The application of the PLP systems for the mass typical residential construction in the view of the high degree of efficiency and industrial capability, adaptability to manufacture of products and installation of the buildings turned out to be economically effective enough. It should be noted that the technical and economic performance of buildings on the basis of prefabricated large-panel structures largely depend on the number of storeys and the configuration of buildings, their layout solution, the level of engineering, degree of factory readiness of products, conditions of construction.

3. THE MAIN DIRECTIONS OF IMPROVING OF LARGE-PANEL SYSTEMS

Studying of various researches and publications [2–9], own project experience, as well as multifactorial analysis of design and implementation of large-panel systems, allowed to identify the main directions of improvement and prospects for the development of these systems. Let us review the following main directions of improving of prefabricated large-panel systems (Fig. 4).

For the conditions of mass construction of residential buildings, the issue of modular coordination and typification of structural and layout parameters of the PLP systems are crucial. The ultimate goal of such development is drastically reducing the number of brands of industrial products, improvement of their circulation, and, consequently, increase the efficiency of production and construction. This approach allows the maximum use of the advantages of streaming technology in the construction of a wide range of residential buildings and a solution for a multi-choice architecture-urban planning tasks. One of the main factors that determine the effectiveness of the development and functioning of architectural systems, industrial construction, is the question of optimizing the range of items of typification (block-sections, flats, etc.) of residential structures. Solving it is aimed at providing the minimum necessary number of source items of typification of maximum architectural composition and urban variations of the residential construction. A key requirement in the development of methods for the formation of prefabricated large-panel ABS is focusing on existing technologies of PLP systems. But the organization of technological process is actual, it ensures the creation

and integration of various parts and products of specified nomenclature with architectural qualities about the sizes, shapes, finishes, etc.

The next direction of improvement of PLP systems is to increase the span of internal load-bearing walls. This allows to increase the demographic and planned variation of residential cell sections, the level of comfort of accommodation, as well as improve the moral durability of buildings with their flexible layout organisation. However, the economic benefits of the systems with short-span floors come out mostly in solutions of high-rise buildings, designed for the construction in seismic and other difficult geological conditions. The research and project development are actual, relating to the possibilities of the implementation of long-span architectural and building PLP systems with the use of overlapping slabs on two, three or more rooms of 9.0, 12.0, and 15.0 m long. Considering the technical difficulties of creation of spatial rigidity for long-span systems of high-rise residential buildings, these solutions can be successfully applied for low-rise (up to 5 floors) high density building development.

The progressive trend of development of prefabricated large-panel systems in accordance to the modern requirements is to improve technical solutions for outer walls. For the solution of this problem the important issue is the distribution of load-bearing and enclosing functions between internal and external load-bearing structures. The release of the outer wall from the load-bearing functions will facilitate the solution for such requirements, as independence of the elements of enclosures from the support of structural system, their interchangeability and, where appropriate, disassembly, as well as facilitation of the weight of building products. This will, in turn, apply a variety of effective structures, including the multi-layered panels for outer walls using traditional and new building materials with high thermal insulation properties. Along with this should be considered that the low-rise construction and justified use of design schemes with longitudinal load-bearing external walls and the use of effective outer walls are advisable. An important tool for promoting rational use of local materials and construction resources, improvement of the architectural quality of the residential environment, which is formed on the basis of the prefabricated large-panel system of construction, is the use of local construction materials for external walls. In this case in accordance to the resources available the rational step is the application of various lightweight concrete

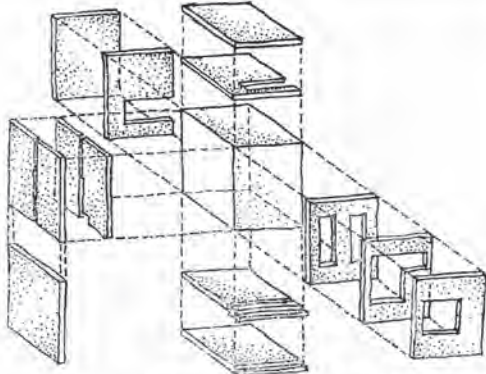
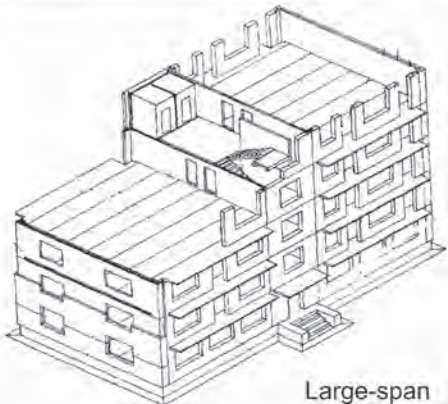
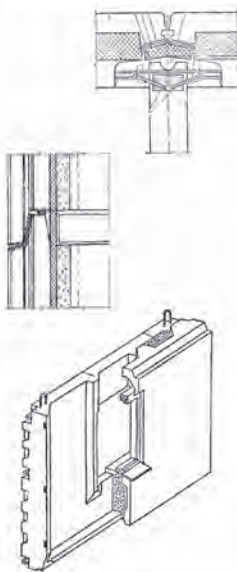
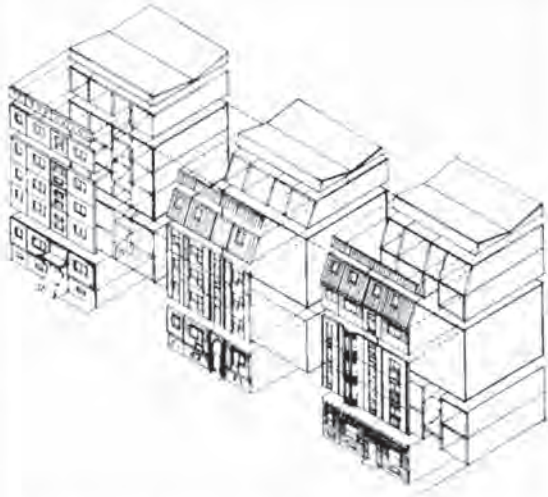
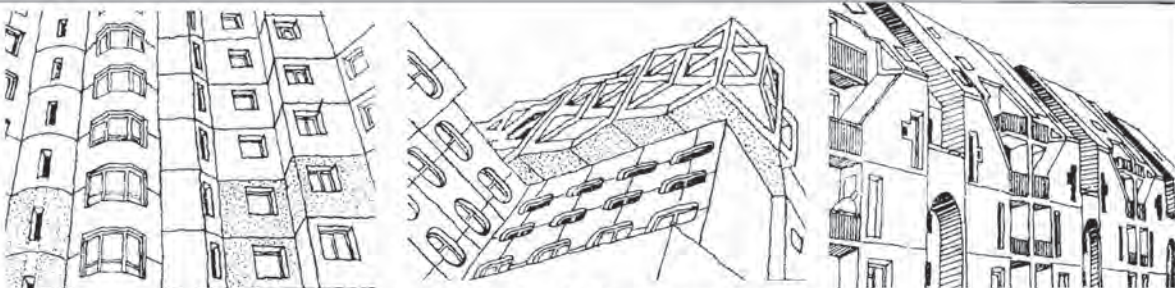
Optimization of parametric characteristics of series of residential houses and elements of their typing	Increasing the steps of bearing walls with the introduction of large-span large-panel systems.
 Formation of the "Mobile" system	 Large-span system "Bars"
Improvement of technical solutions for enclosing structures and their joints	The use of combined panel-block ABS based on local materials
  Lightweight plastic panels (France)	 Large-panel residential buildings in Chemnitz
Improvement of aesthetic qualities and means of architectural and spatial expressiveness of large-panel systems	
 Large-panel buildings of L'Avenir company (France)	

Fig. 4. The main directions of improving of large-panel systems

Rys. 4. Głównie kierunki doskonalenia prefabrykowanych systemów

blocks, blocks of limestone, sandstone, and other local materials, including use of waste products of industrial production. It can be widely used as a traditional brick, as well as its various new modifications, such as face, figured, hollow brick, as well as ordinary ceramic modular stone.

This solution with a combination of different load-bearing structures is a combined cell-panel architecture-construction system [5, 6]. For the conditions of low-rise dense building development, as well as mass low-rise individual construction for categories of the population with a low level of income, the conversion of prefabricated large-panel system residential construction to the application of ABS with external walls made of local materials, is quite promising. So, the proof is the development of the existing urban environment in East Germany and in the Netherlands with the low-rise residential buildings based on cell-panel systems, either in the surroundings of historic building development. Besides the possibilities to solve various architectural and artistic problems, this will improve the workability of production structures, produced by construction enterprises, due to the exclusion of the manufacture of panels of external

walls, expand the use of products, and reduce the capital intensity of building production by the rational use of local resources of building materials.

For buildings of more than 9 floors high with wide span of bearing walls the rational step is the introduction of reinforced concrete monolithic core for spatial hardness. The application of staircase-elevator unit in this vertical core (shaft), combined with prefabricated large-panel build up is a combined panel-monolithic system [5].

The search for various options of facade fragmentation is quite promising, with various location of loggias and balconies, entrances, stair-elevator units that can be used as a turning and connecting elements of block-sections in the compositional structure of residential houses. Formation of architectural-spatial and visual expressiveness of prefabricated large-panel residential buildings is contributed by such tricks as the creation of terrace development, 3D elements of loggias, attic floors, shading, and other structural and decorative items, as well as a variety of solutions to the relief and colour processing of exterior panels, facades, etc. (Fig. 5).

Various techniques of architectural and artistic



Fig. 5. Various options of facade fragmentation of prefabricated large-panel buildings
Rys. 5. Różne opcje fragmentacji elewacji prefabrykowanych budynków wielkopłytowych

decisions of assorted elements for personalising the facade are designed by the architects and builders of the countries of Eastern Europe, in particular of Poland. They include the use of triangular loggias and balconies, that vary in length and depth, standing out 3D elements, use of the plastic properties of concrete to create relief panels, etc. Technology of forming the concrete products in fibreglass forms used in Riga ("Rigabeton"), is characterized with the combination of the high technical and economic indicators (low consumption of concrete, increased density, impermeability, frost resistance) with architectural qualities (a variety of shape, plastic, high quality front surface). In France the "artbeton" is widely used, which combines the efficient production technology with plastic properties of concrete mass. Prefabricated concrete products become the independent artistic value. The surface can be smooth or rough, fine-grained or coarse, with marble, granite or other crumbs, covered with shredded ceramics, glass mosaic.

The production and supply of such parts is provided by special companies that in cooperation with architects determine the required range of panels of different options – by shape, colour, and textured finishing and using new building materials [9]. For example, modern decorative plasters ArtBeeton and SaltBeton from the company RM Distribution imitate not only rough concrete structure, but also fading or salt deposits on the surface.

It should be noted that overcoming the contradictions between the architectural requirements and structural and technological features in prefabricated large-panel residential construction must occur in close cooperation of architects, designers and technologists, including modernization of residential construction

enterprises and determining the optimal nomenclature of industrial products. For this issue the experience of foreign and particularly Czech architects and builders is useful, they master the programme of new construction and prefabrication of various parts based on periodic (every 3–5 years) forms, equipment, and products updates.

4. CONCLUSIONS

Due to the cost-effectiveness, the high degree of industrialization, the technological efficiency of manufacturing products and the installation of buildings, the use of prefabricated large-panel systems for social housing construction remains quite effective. The main characteristics of these systems are determined by their differentiation according to the constructive scheme (transverse-walls, longitudinal-wall, cross-wall) and the distance between the bearing walls (narrow span, mid-span, wide span of load-bearing walls). The main directions of large-panel systems' improvement are the following:

- optimization of parametric characteristics of series of residential houses and elements of their typing, using modern computer technologies;
- increasing the steps of bearing walls with the introduction of large-span prefabricated systems;
- improvement of technical solutions for enclosing structures and their joints;
- the use of combined panel block systems based on the use of local building materials;
- improvement of aesthetic qualities and means of architectural and spatial expressiveness of prefabricated large-panel systems.

REFERENCES

- [1] Abyzov V., *Theory of Architecture-&-Construction Systems Development*, KNUKiM, Kyiv 2010.
- [2] Maksimenko V.A., *Industrial engineering and technical systems of residential and public buildings*, Higher School, Moscow 1987.
- [3] Tofiluk A., *Systemy prefabrykacji dla wielorodzinnego budownictwa mieszkaniowego – „wielka płyta” wczoraj i dziś*, „Prefabrykacja – Jakość, Trwałość, Różnorodność” 2017, z. 5, Warszawa.
- [4] Stodolny Ł., *Prefabrykowane budynki mieszkalne według systemu Pekabex, prezentacja dla projektantów*, Warszawa 2017, <www.pekabex.pl>.
- [5] Kvashnin-Samarin S., *Combined systems of industrial houses*, L.: Stroyizdat, 1986.
- [6] Knaack U., Chung-Klatte S., Hasselbach R., *Prefabricated Systems. Principles of Construction*, Birkhäuser, Basel 2012.
- [7] Deplazes A., *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures*, Handbook, Birkhäuser – Publishers for Architecture, Basel–Boston–Berlin 2005.
- [8] Jopek D., *Dom jako produkt. Nowe wyzwania prefabrykacji*, „Przestrzeń i Forma” 2011, 15.

- [9] Toflic A., *Betonowe fasady a efekt architektoniczny – możliwości kształtowania prefabrykowanych i monolitycznych elewacji. Wprowadzenie*, „Prefabrykacja – Jakość, Trwałość, Różnorodność” 2017, z. 5, Warszawa.

Acknowledgments:

The work was financed by work Kyiv's National University of Technologies and Design

Podziękowania:

Praca była finansowana przez Narodowy Uniwersytet Technologii i Projektowania



IRYNA L. KRAVCHENKO
Kiev National University of Construction and Architecture
e-mail: kravchenko.il@knuba.edu.ua

Manuscript submitted 2019.02.15 – revised 2019.03.20,
initially accepted for publication 2019.04.07, published in June 2019

WAYS OF FORMATION OF ARCHITECTURE OF EDUCATION'S NON-FORMAL INSTITUTIONS IN MODERN CONDITIONS IN UKRAINE

SPOSOBY KSZTAŁTOWANIA ARCHITEKTURY NIEFORMALNYCH INSTYTUCJI OŚWIATOWYCH W NOWOCZESNYCH WARUNKACH NA UKRAINIE

DOI: 10.30540/sae-2019-009

Abstract

Ways of formation of architecture of education's non-formal institutions in modern conditions in Ukraine are discussed in the article. The aim of the article is to describe some problems of architectural formation of non-formal education establishments and determine main ways to resolve this problem. In Ukraine, the existence of non-formal education covers the following areas: out-of-school education, postgraduate and adult education, civic education (diverse activities of public organizations), school and student self-government (due to the possibility of obtaining managerial, organizational, communicative, and other skills) educational initiatives aimed at developing additional skills and abilities (computer and language courses, hobby groups, etc.). The adaptation method for regulatory framework to do more flexible typology of non-formal education institutions is proposed. This method is called "related typology" detection and it lies in the typological field and is based in world tendency of cooperation of functions.

Keywords: non-formal education, institutions of non-formal education, cooperation of functions, related typology

Streszczenie

W artykule omówiono sposoby kształtowania architektury nieformalnych instytucji oświatowych w nowoczesnych warunkach na Ukrainie. Celem artykułu jest opisanie niektórych problemów formowania architektonicznego placówek kształcenia pozaformalnego i określenie głównych sposobów rozwiązania tego problemu. Na Ukrainie istnienie edukacji nieformalnej obejmuje następujące obszary: edukację pozaszkolną; kształcenie podyplomowe i dla dorosłych; edukację obywatelską (różnorodne działania organizacji publicznych); samorząd szkolny i studencki (ze względu na możliwość uzyskania umiejętności kierowniczych, organizacyjnych, komunikacyjnych i innych) inicjatywy edukacyjne mające na celu rozwijanie dodatkowych umiejętności takich jak kursy komputerowe i językowe, grupy hobbyistyczne itp. Proponuje się metodę adaptacji ram regulacyjnych do bardziej elastycznej typologii placówek kształcenia pozaformalnego. Metoda ta jest nazywana wykrywaniem „powiązanej typologii”, znajduje się w obszarze typologicznym i opiera się na światowej tendencji do współpracy funkcji.

Słowa kluczowe: edukacja nieformalna, instytucje edukacji pozaformalnej, współpraca funkcji, typologia powiązana

1. INTRODUCTION

In recent decades, the complexity and speed of social development has been constantly increasing. And the faster changes occur in society, the sooner the previously acquired knowledge and existing competencies become obsolete. In the late 80s and early 90s of XX century the period of mass informatization of society has started. Scientists paid attention to the amount of information produced by mankind. So, in the 1970s the

total amount of human knowledge has been doubling in 10 years, in the 1980s – in 5 years, in the 1990s – annually, at the beginning of the XXI century that has become a matter of months [1]. The French sociologist P. Berto introduced the concept of “half-life period of competence”, which means that after a certain period of time about half of the knowledge acquired by a person during his studies becomes outdated. In the 1950s this period lasted approximately 10 years,

now scientists are talking about 3–5 years, and in some areas of professional activity this process goes even faster (Fig. 1) [2].

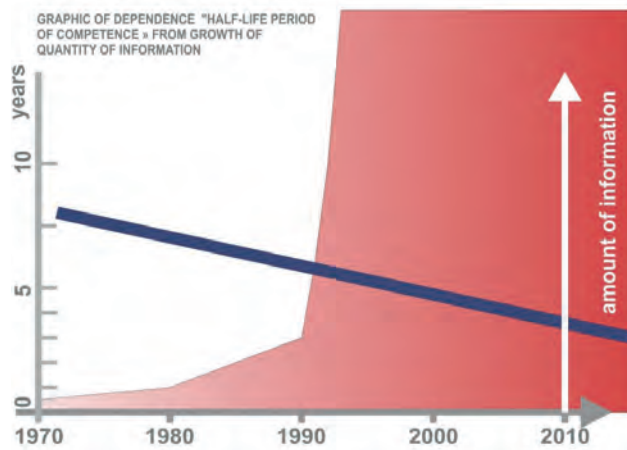


Fig. 1. Dependence of the “half-life period of competence” (P. Berto) from the growth of the amount of information. Source: The scheme developed by Iryna L. Kravchenko according to sociological and pedagogical researches [1, 2]

The current situation led to the notions of “continuous education” and “lifelong education” [3]. The implementation of the concept of continuous education, in turn, made it necessary to pay attention to various types of education, since the existing education system was clearly late in responding to the challenges of the post-industrial information society, which requires constant growth and/or changes in competences from a person [1].

2. BASIC THEORY

The concept of non-formal education has several definitions. A common definition is: non-formal education is an educational process that takes place outside educational institutions (schools, colleges, universities, etc.) and, as a rule, does not lead to official certification. And, at the same time, non-formal learning is systematic; it defines goals, learning outcomes, learning duration. According to the “Law of Ukraine of 05.09.2017 No. 2145-VIII On Education”: non-formal education is education that is acquired, as a rule, according to educational programs and does not provide awards of educational qualifications recognized by the state according to educational levels, but may result either in acquisition of professional and/or in being awarded with partial educational qualifications [4].

In Ukraine, the existence of non-formal education covers the following areas: out-of-school education; postgraduate and adult education; civic education

(diverse activities of public organizations); school and student self-government (due to the possibility of obtaining managerial, organizational, communicative, and other skills) educational initiatives aimed at developing additional skills and abilities (computer and language courses, hobby groups, etc.). Recently, several third age universities have begun providing educational services to senior individuals (Fig. 2) [5].

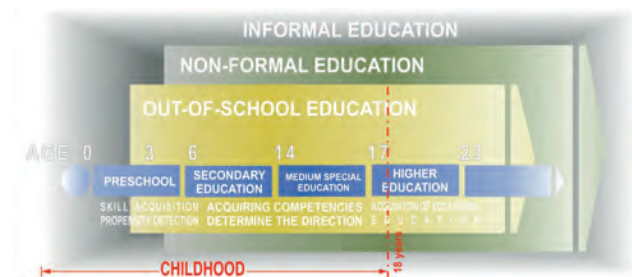


Fig. 2. Types and periods of education. Source: The scheme developed by Iryna L. Kravchenko according to educational system existing in Ukraine [4, 5]

Usually, during the educational process in a general education institution, children and teens attend circles and clubs of various kinds. This, for example, may be a combination of various sports sections of primary and secondary educational levels, as well as after-school activities of artistic, scientific, technical or artistic-aesthetic nature. Such an approach not only contributes to the child’s diverse development, but also helps to determine the future direction of education and professional orientation.

But, ensuring the optimal combination of such functions in educational institutions and making sure that continuous access to additional education for all groups of the population remains unhindered, if necessary, are quite problematic questions. A number of factors influence the formation of educational institutions of a new type. These are, in particular, social, demographic, territorial, political (education reform and decentralization), technological, economic and ecological factors of influence [8]. Factors cause problems, and they, in turn, the emergence and development of certain trends that are partially or fully designed to optimally solve these problems. In the course of the study, several major trends in the development of the architecture of non-formal education institutions in Ukraine are identified in this article by the author. Largest of those trends are: cooperation, in-depth specialization, integration, and adaptive architecture. Further in the article it is proposed to consider the most powerful trend, which is cooperation, more thoroughly.

3. RESULTS AND DISCUSSION

From an architectural point of view, the problem of forming a typological network of non-formal education institutions is as follows.

Firstly, as mentioned above, pedagogically and according to scenario of the functioning of non-formal education institutions, they are very similar to other educational institutions and, basically, at first glance, they do not require special buildings. In our time, such centers arise almost spontaneously and function in premises, adapted, rented, and the like. But this does not always mean optimal functioning.

Secondly, on the part of pedagogical science, out-of-school education is fairly allocated by a separate link, since it covers the age groups of children and adolescents who are at the stage of identifying their interests and acquiring skills of primary and basic educational level of out-of-school education and receiving formal education in general educational institutions. From the architectural point of view, according to the author, it makes sense to conduct research in a direction that typologically combines the notions of extra educational institutions (extra-curricular, non-formal, life-long education, etc.), since processes occurring in buildings with such specificity are the same – Educational. The functional and planning difference will be in the direction of the non-formal education itself: artistic and aesthetic, artistic, scientific and technical, sports, etc. So here exists a problem associated with a large number of typological branches, and in combined establishments – with capacity, location and mode of operation.

Thirdly, the system of functioning of non-formal education establishments is closely connected with the institutions that provide formal education at all levels. There is a question of schedule – the lessons are ending, various circle classes can be held at the school premise, which, in fact, happened during the USSR and is happening now. At higher educational institutions, small academies of sciences and various institutions of non-formal higher education carry out similar work. But at the same time, the education reform in Ukraine has shown a number of problems in such way of functioning. In connection with the processes of decentralization, the formation of united territorial communities in the regions, the network of out-of-school institutions is being optimized by combining specialized institutions into multipurpose ones [6, 7]. Ungraded schools are closing, and with them the out-of-school education institutions that functioned on the premises of these schools. That is,

for the time being, such optimization does not help to bring the possibilities of out-of-school education closer to people, but alienates the non-formal/out-of-school education services geographically from potential users.

These problems force us to reconsider the functioning of institutions of additional education and closely look at the trend of cooperation, that appears here in several aspects: cooperation of functions, various age groups, architectural and planning techniques, architectural volume and landscape. In order to bring the services of non-formal education institutions closer to potential users and while relying on the global tendency of cooperation of various typological units [8], it was proposed to investigate the degree of symbiotic combination of non-formal establishments, including out-of-school education (according to the updated list of Ministry of Education and Science of Ukraine) of various levels and capacities, with buildings that typologically belong to different categories and are regulated by Ukrainian state building codes. For comparison, the chosen method of detection, the so-called **related typology**. It lies in the following and consists of four parameters:

first parameter – to identify from the types of buildings that are compared, the main groups of premises which are necessary for the educational process (classes, laboratories, workshops, etc.) or to determine the possibility of their design;

second parameter is to identify groups of premises necessary for the full functioning of the main institution and symbiotic establishments (dining room, buffets, WC, ancillary rooms, etc.) in accordance with the schedule (mode) of operation and throughput;

third parameter – to determine the normative presence of recreational zones of the main institution theoretically, or to determine the possibility of their arrangement, with the aim of building a common communicative space with a symbiotic establishment;

fourth parameter is to determine the normative availability of the main institution's territorial resources in order to arrange a common public informative space.

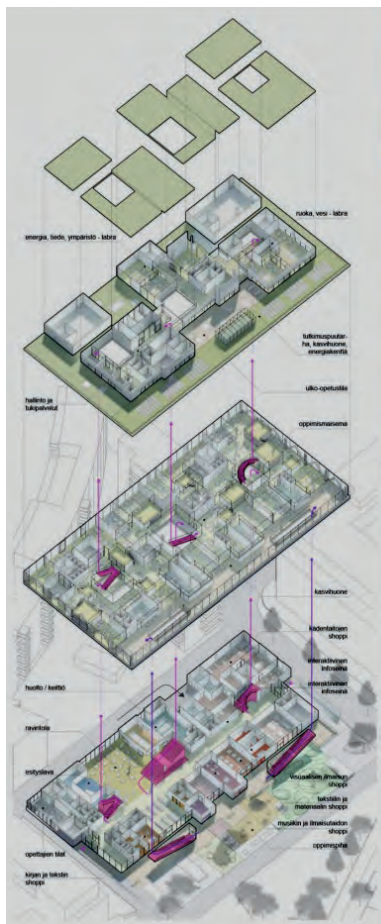
These parameters are identified not just for new educational buildings, but also for existing ones, which should be adopted for the new educational concepts.

It was revealed that certain typological “flexibility” as symbiotic objects in this combination is inherent of multifunctional out-of-school education establishments, primary specialized art educational

institutions, children's and youth clubs of various orientations, and the like. It is assumed that the buildings of the institutions of formal education for various purposes and different capacities will theoretically be attracted to the symbiotic combination – they have a high degree of typological integration and tend to become more open pedagogically, so it is necessary to be careful about the development of new structural and functional models of such types of buildings. It is not only about taking into account the above factors when designing new educational buildings. It is impossible to ignore the adaptation of existing building types to new conditions. The processes of non-formal education can take place in classrooms, laboratories, lecture classrooms and sports halls of buildings of formal education institutions. Yes, we understand that such processes are a matter of scheduling, but there is a need to find opportunities and to design architecturally a more optimal educational environment.

A comparative analysis of existing architectural objects is one of the ways of this research. The analysis includes educational buildings that, to the author's opinion, are similar in function to institutions of non-formal education of a new type. Let's analyze a couple of such objects according to parameters shown above.

First of them is Jätkäsaari School in Helsinki, Finland, the winning in two-phase open competition 2015. The project made by Lundén Architecture Company in collaboration with Ramboll Finland Oy and Granlund Finland Oy (Fig. 3). The proposal 'Three Cities' explores how a paradigm shift in school education can affect the physical learning spaces. The proposed school is composed of three different "cities": 'The Street', a city for culture, expression and community, 'The Learning Landscape', a city for creating knowledge and 'The Lab', a city for environmental and natural discovery. All three "cities"



- First parameter** - "The Street" & "The Lab"
- Second parameter** - "The Street" (restaurant), WC on each floor, etc
- Third parameter** - recreation premises has become a space for communications and learning
- Fourth parameter** - "The Learning Landscape"

Location: Helsinki, Finland
Program: Comprehensive School
Size: 8 000 m²

Fig. 3. Helsinki, Finland, Jätkäsaari School. Winning in two-phase open competition 2015. Lundén Architecture Company, in collaboration with Ramboll Finland Oy and Granlund Finland Oy [9, 10]. Source: The scheme developed by Iryna L. Kravchenko according to analysis of the architectural object [4, 5] and "related typology" method, presented by the author



First parameter - classes & laboratories are perimetrically located

Second parameter - kitchen & food courts on ground floor with outside terrace, WC on each floor

Third parameter - "Agora", central communication space

Fourth parameter - main function is in "Agora" & is partly placed around the building

Location: Odense, Denmark

Program: Adult education centre

Capacity: 1 300 students



Fig. 4. Adult education centre for the VUC FYN & FYNs HF courses in Odense, Denmark CEBRA in collaboration with E. Pihl & Son and Hundsbaek & Henriksen [11, 12]. Source: The scheme developed by Iryna L. Kravchenko according to analysis of the architectural object [11, 12] and "related typology" method, presented by the author

have distinct identities. The atmosphere of each 'city' manifests through spatial organization and materiality of the learning spaces. 'The Street' on the ground floor aims for openness. Its facilities are shared with the community during the school day. 'The Learning Landscape' on the first floor consists of student home cells that are accessed through a communal glazed terrace. The landscape evolves from the traditional classroom model by offering a wider variety of spaces with different conditions for learning. 'The Lab' on the second floor allows students to learn about the natural world, such as nutrition and sciences, through the use of laboratories and a green roof terrace with energy and food production [9, 10].

The object is typologically positioned as a comprehensive school, but not in the usual sense. This concept is interpreted much more widely in the way of this object's functioning. In addition to our usual understanding of this object, there is a combination of educational processes arises for adults as well, which is the lifelong education.

The second object is the Adult education centre in Odense, Denmark (Fig. 4). Danish firm CEBRA has, in collaboration with E. Pihl & Son and Hundsbaek

& Henriksen, won the competition for the new teaching building for the VUC FYN & FYNs HF courses. Located in a central position near the train station and harbor in the city of Odense, the HF & VUC Fyn adult education centre ties the inner city with the harbor side. The building's unassuming exterior contrasts with its interior openness, which creates a unique and varied learning environment for 1.300 students. Carsten Primdahl, architect and co-founding partner of CEBRA says: "The basic idea was to design a school that doesn't look like a school. The general conception of a completed educational degree as a security to fall back on is subjected to a fundamental review. We have realized that we must learn constantly in order to adapt to an ever-changing reality. An adult education centre like HF & VUC Fyn will play an essential role in maintaining a society's competences in the future. Therefore, it is essential that it is built on lasting values that revolve around the individual. The building has to adapt to the student and not the other way around [11, 12].

That is why the project focuses on creating a building with specialized, yet diverse environments, where students can find spaces and settings that match

their own preferred learning style". The design aspires to create a versatile framework for a learning culture, in which lifelong learning and education form an inherent part of the adult individual's personal growth. The building is organized around a central space, the Agora, which functions as a forum for social activities. The rounded shapes form a series of balconies and platforms with shifting overlaps across the atrium in order to create single, double and triple height spaces with varying degrees of daylight, transparency and intimacy. Along the building's outer edges are quieter, more intimate spaces for studying or reading and learning. Roofed outdoor spaces and terraces on upper floors provide views over the city as well as relaxation areas and outdoor study areas. This vivid and bright building at the heart of the community keeps adults up to date with the latest educational trends and encourages lifelong learning [11, 12].

This architectural object is combined premises for traditional forms of education (classes and laboratories, premises for group and individual learning, etc.) with modern learning activities space. The symbiotic combination here is taking place both in the educational concept and in the interpretation of the architectural space for education.

The main architectural planning characteristic of these two objects shown and analysed above is, according to the author, the new way of creating educational environment by combination of recreation places, learning premises and communication spaces into the one functional architectural environment.

4. CONCLUSIONS

The current trend towards cooperation of functions in various educational institutions is closely related to the rethinking of education as a process. It is transforming and acquiring other forms in the modern world. Similarly, the educational space should be transformed and adapted to the needs of today.

REFERENCES

- [1] Shilova O., Reiswich T., *Non-formal education: historical aspect and modernity* [Неформальное образование: исторический аспект и современность], "Bulletin of the Russian Christian Academy of Humanities" 2015, Vol. 16, Issue 2, pp. 277–285.
- [2] Vershlovskiy S., *From adult education to lifelong education* [От образования взрослых к непрерывному образованию], Vershlovskiy S.G., *Lifelong education as a social fact: monograph* [Непрерывное образование как социальный факт: монография], Lobanov N.A., Kulya E., Penkovska M., scientific edition of Lobanov N.A., Skvortsov V.N., Pushkin Leningrad State University, Research Institute Socio-Economic and Educational Problems of Lifelong Education, Pushkin Leningrad State University, St. Petersburg 2011, pp. 349–395.
- [3] Lengrand P., *An Introduction to Lifelong Education*, UNESCO, Paris 1975.
- [4] Law of Ukraine of 09.05.2017 № 2145-VIII On Education, Article 8, Kinds of education, p. 4.

Non-formal education is a fairly new term for Ukraine. Now all over the world there is a need to acquire skills and competencies throughout one's life, to improve and develop already acquired professional skills and even to acquire a new profession. Any object of public architecture today must perform a certain informational or/and educational function. For the full functioning of non-formal education organizations in different cities of Ukraine, several factors should be taken into account. When designing new buildings, it is necessary to take into account certain educational processes that are currently changing due to reforms in the educational sphere. During the reconstruction (renovation) of existing building types, a balanced approach to the integration of such cells should be considered. When it is necessary to combine functions in public buildings, architects should be guided by optimal indicators of the parameters of a symbiotic combination, such as: to take into account the type and direction of the non-formal education establishment, its capacity and throughput in accordance with the location (city, district, neighborhood, quarter, village, etc.).

There is an urgent need to revise and supplement the existing regulatory framework when designing new type of non-formal education institutions. The objects considered in the article vividly illustrate the tendency towards cooperation. In the context of decentralization, such educational centers can answer the needs of united territorial communities regarding the creation of public administrative and educational complexes that meet the requirements of today. Therefore, according to the author's opinion, one of the most promising areas for the development of architecture of non-formal education institutions is the functional cooperation of non-formal education institutions with other architectural typological links.

- [5] Pavlik N., *Theory and practice of organizing non-formal youth education* [Теорія і практика організації неформальної освіти молоді]: [Tutorial], Publishing House Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhitomir 2017, p. 162.
- [6] Official site of the State Statistics Service of Ukraine <<http://www.ukrstat.gov.ua/>>.
- [7] Official website of the Ministry of Education and Science of Ukraine <mon.gov.ua>.
- [8] Kravchenko I., *The main aspects of teaching the special course "Modern problems and tendencies in the development of architecture of objects of civil construction" for the 5th year student*, "Modern Problems of Architecture and Urban Development. Scientific and Technical Collection", 2017, Issue 47, KNUCA, Kyiv, pp. 481–486.
- [9] Lundén Architecture Company wins purchase in Jätkäsaari school competition. Retrieved [15.02.2019] from <<https://www.lunden.co/lunden-architecture-company-wins-purchase-in-jatkasaari-school-competition>>.
- [10] Creating novel learning environments for the entire community. Retrieved [15.02.2019] from <<https://www.lunden.co/project/jatkasaaren-peruskoulu-busholmens-grundskola>>.
- [11] Boetcherr K. *A school that adapts to the students*. Monday 15 Jun 2015, retrieved [05.03.2019] from <<https://www.worldarchitecturenews.com/article/1515530/school-adapts-students>>.
- [12] Adult education center. CEBRA. Internet journal Arch2o.com. Retrieved [05.03.2019] from <<https://www.arch2o.com/adult-education-center-cebra/#!>>.

Acknowledgments:

The work was financed by the Kiev National University of Construction and Architecture, Architecture, Architectural faculty, Departament of the Architectural Theory

Podziękowania:

Praca była finansowana przez Kijowski Krajowy Uniwersytet Budownictwa i Architektury, Wydział Architektoniczny, Wydział Teorii Architektury, Ukraina

ANNA CHOMICZ-KOWALSKA
Kielce University of Technology
e-mail: akowalska@tu.kielce.pl

JOANNA BARTOS
Kielce University of Technology
e-mail: jbartos@tu.kielce.pl

KRZYSZTOF MACIEJEWSKI
Kielce University of Technology
e-mail: kmaciejewski@tu.kielce.pl

EVA REMISOVA
University of Zilina
e-mail: eva.remisova@fstav.uniza.sk

JOZEF KOMACKA
University of Zilina
e-mail: jozef.komacka@fstav.uniza.sk

MICHAL HOLY
University of Zilina
e-mail: michal.holy@fstav.uniza.sk

Manuscript submitted 2019.01.28 – revised 2019.03.02,
initially accepted for publication 2019.04.08, published in June 2019

THE EFFECT OF WMA ADDITIVE ON BASIC PROPERTIES OF 35/50 AND 50/70 FOAMED ROAD BITUMEN

WPŁYW DODATKU WMA NA PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI SPIENIONYCH ASFALTÓW DROGOWYCH 35/50 I 50/70

DOI: 10.30540/sae-2019-010

Abstract

The need to use asphalt additives along with the reduction in the temperatures of asphalt mixes results mainly from the need to ensure the durability of asphalt pavements. The use of foamed asphalt for warm mix asphalt (WMA) enables reducing the temperatures of asphalt mixes by approx. 30–40°C in relation to traditional hot mix asphalt. The article presents an analysis of the impact of a liquid chemical additive that is currently used in the WMA technology on changes in foamed asphalt properties. The assessment embraced the basic features of bitumens and the parameters of the asphalt foam manufactured based on them. The base bitumen used in the testing included road asphalt 35/50 and 50/70, whereas the modification of their properties was carried out using the WMA additive content of 0.3% to 0.6% in relation to the asphalt mass. The asphalt foam parameters were measured after foaming at 155°C and with the foaming water content (FWC) of 1.5% to 3.5% with increments of 1.0%.

Keywords: foamed bitumen, WMA – Warm Mix Asphalt, FWC – Foaming Water Content

Streszczenie

Potrzeba stosowania dodatków do asfaltu wraz z obniżaniem temperatur technologicznych mieszanek mineralno-asfaltowych wynika głównie z konieczności zapewnienia trwałości nawierzchni asfaltowej. Stosowanie asfaltu spienionego do technologii na ciepło (WMA) umożliwia obniżenie temperatur mieszanek mineralno-asfaltowych o około 30–40°C względem tradycyjnej technologii na gorąco. W artykule przedstawiono analizę wpływu dodatku chemicznego w postaci płynnej, który stosowany jest obecnie do technologii WMA, na zmiany właściwości asfaltów spienionych. Ocenie poddano podstawowe cechy lepiszczy oraz parametry wyprodukowanej na ich bazie piany asfaltowej. W badaniach jako bazowe lepiszcze zastosowano asfalty drogowe 35/50 oraz 50/70, natomiast do modyfikacji ich właściwości zastosowano dodatek WMA w ilości od 0,3% do 0,6% w stosunku do masy asfaltu. Pomiar parametrów piany asfaltowej przeprowadzono przy temperaturze wyjściowej asfaltu (przed spienieniem) wynoszącej 155°C oraz przy zawartości wody spieniającej (FWC – Foaming Water Content) w zakresie od 1,5% do 3,5% ze wzrostem co 1,0%.

Słowa kluczowe: asfalt spieniony, WMA – Warm Mix Asphalt, FWC – Foaming Water Content

1. INTRODUCTION

The quick increase in car traffic and the increasing requirements of road users in Poland and globally contributed to the development in the road industry of new technologies and modifiers used as additives for road bitumen to improve the performance of asphalt mixes and prolong the road pavement

1. WPOWADZENIE

Szybki wzrost natężenia ruchu samochodowego oraz coraz większe wymagania użytkowników dróg w Polsce, jak i na świecie przyczyniły się do rozwoju w drogownictwie nowych technologii i modyfikatorów stosowanych jako dodatki do asfaltów drogowych w celu poprawy właściwości użytkowych mieszanek mine-

lifetime. Bitumens are thermo-plastic materials with viscoelastic properties and in road pavements they are exposed to traffic loads in various climatic conditions [1, 2]. Due to the above, it is necessary to take into consideration the behaviour of asphalt mixes in both low and high service temperatures [3]. Ensuring increased durability requires increasing the road pavement resistance to permanent deformation, cracking, ageing, fatigue and impact of external factors [4].

The Warm Mix Asphalt technologies are currently gaining in popularity. A substantial benefit of using this type of technologies is the reduction in the amount of energy needed to manufacture the mix asphalt. In the hot mix asphalt technology, high temperature is required to lower the bitumen's viscosity that allows obtaining the suitable bitumen enclosure and workability enabling the correct asphalt mix compaction. The currently used method of manufacturing asphalt mixes with lowered temperature can be divided into two primary groups: asphalt mixes using additives for the bitumen (affecting the bitumen's rheological properties, facilitating aggregate coating, improving workability) and mixes utilising the asphalt foaming phenomenon (with the addition of water) [6]. Another method of asphalt foaming is the use of zeolites which are classified as aluminosilicates due to their chemical structure. The mineral's crystalline structure allows for water absorption [8], while asphalt foaming using a zeolite additive is possible thanks to the slow release of water from their structure, thereby causing the formation of asphalt foam [9]. Today, the market features many asphalt foaming technologies and the most popular one is based on foaming hot asphalt with cold water under pressure in a foaming chamber, where the process is executed in a controlled environment. As result, it is possible to obtain asphalt foam with low viscosity and ability to coat the aggregate in lowered temperatures. In the process of foaming and manufacturing mix asphalt with foamed asphalt, the hot bitumen is affected by water vapour and atmospheric pressure, which can potentially affect the bitumen's ageing.

Currently, there are attempts at using various methods allowing for process temperature reduction at the same time during the construction of asphalt roads including, among others, foaming of bitumens and the use of WMA additives [5, 10]. The purpose of this paper is to present the results of testing the

ralno-asfaltowych (mma) oraz wydłużenia okresu eksploatacji nawierzchni drogowej. Lepiszczta asfaltowe są materiałami termoplastycznymi o właściwościach lepkosprężystych, a w nawierzchniach drogowych narażone są na obciążenie ruchem w różnych warunkach klimatycznych [1, 2]. W związku z tym należy uwzględniać zachowanie się mieszanek mineralno-asfaltowych zarówno w niskich, jak i wysokich temperaturach eksploatacyjnych [3]. Zwiększenie trwałości wymaga zwiększenia odporności nawierzchni na trwałe odkształcenia, pękanie, starzenie, zjawisko zmęczenia oraz na oddziaływanie czynników zewnętrznych [4].

Popularność zdobywają technologie mieszanek wytwarzanych na ciepło (WMA – Warm Mix Asphalt). Istotną korzyścią ze stosowania tych technologii jest zmniejszenie ilości energii potrzebnej przy ich produkcji. W technologii wytwarzania mma „na gorąco” (HMA – Hot Mix Asphalt) wysoka temperatura niezbędna jest do obniżenia lepkości lepiszcza, pozwalającej uzyskać odpowiednie otoczenie mieszanki mineralnej lepiszczem oraz urabialność zapewniającą poprawne zagęszczenie mieszanki. Stosowane obecnie metody wytwarzania mieszanek o obniżonej temperaturze można podzielić na dwie zasadnicze grupy: wykorzystujące dodatki do lepiszcza asfaltowego (wpływające na właściwości reologiczne lepiszcza, ułatwiające otaczanie kruszywa, poprawiające urabialność) oraz wykorzystujące zjawisko spieniania asfaltu (wprost dodatkiem wody) [6]. Inną metodą spieniania asfaltów jest stosowanie dodatku zeolitów, które z uwagi na swoją chemiczną budowę zaliczane są do grupy krzemianów. Budowa krystaliczna tego minerału pozwala na absorpcję wody [8], a spienianie asfaltu dodatkiem zeolitów jest możliwe dzięki powolnemu uwalnianiu wody z ich struktury, powodując powstanie piany asfaltowej [9]. Dziś rynek oferuje wiele technologii spieniania asfaltu, a najpopularniejsza z nich polega na spienianiu gorącego asfaltu zimną wodą pod ciśnieniem w komorze spieniania, gdzie proces ten jest realizowany w sposób kontrolowany. W wyniku tego powstaje piana asfaltowa o małej lepkości i zdolności otaczania kruszywa w obniżonych temperaturach. W procesie spieniania oraz wytwarzania mieszanki z asfaltem spienionym na gorące lepiszcze asfaltowe oddziałuje jednocześnie para wodna oraz powietrze atmosferyczne, co potencjalnie może mieć wpływ na przebieg starzenia technologicznego lepiszcza.

Podjęmowane są próby jednoczesnego stosowania różnych metod pozwalających redukować temperatury technologiczne podczas budowy dróg asfaltowych, w tym m.in. spienianie lepiszczy asfaltowych oraz użycie dodatków WMA [5, 10]. Przedmiotem niniejszego

impact of the WMA additive on the properties of (non-foamed) road asphalts and asphalt subjected to water foaming.

2. MATERIALS AND RESEARCH METHODOLOGY

The starting material for the laboratory testing included road asphalts 35/50 and 50/70 derived from a domestic manufacturer. The WMA additive was the liquid Rediset LQ agent, which is a mix of surface-active substances, organic additives and other compounds affecting the rheological and adhesive properties, allowing for lowering the asphalt mix manufacturing temperature by 20–30°C [7]. It was dosed into hot bitumen in the amount of 0.3% to 0.6% in relation to the asphalt mass, with increments of 0.15% for basic testing of non-foamed and foamed bitumens, as well as of 0.3% during measurements of the asphalt foam's physical properties (expansion and half-life).

The properties of bitumens including a variable WMA additive content were tested both prior to and after foaming with the use of 2.5% foamed water.

The scope of testing related to determining the impact of the WMA additive on the properties of non-foamed and foamed asphalts features several stages. The first stage featured the determination of the basic parameters of asphalts prior to foaming, i.e. penetration at 25°C (Pen_{25}) acc. to PN-EN 1426, softening point (T_{PIK}) acc. to PN-EN 1427 and breaking point (T_{Fraass}) PN-EN 12593. Then, the bitumens were foamed using 2.5% water and thereafter the foaming water remains were removed by heating the foamed bitumen in a dryer at 140°C for 3 hours in slender vessels, including 5 cycles of intense mixing. No substantial bitumen foaming was observed after this treatment. Then, the prepared samples featured designation of the same basic parameters as in the case of non-foamed bitumens. The last stage of testing featured the measurement of the asphalt foam's physical features, i.e. ER – Maximum Expansion Ratio and HL – Half Life with varying foaming water content, i.e. 1.5%, 2.5% and 3.5%. Then, the obtained results were used to develop the mathematical dependencies between the ER and HL dependent variables and the tested FWC factor for each of the tested bitumens.

The results of the aforementioned designations were analysed in terms of the dependent variables:

- bitumen: meaning the type of the base bitumen: 35/50 or 50/70;

artykułu jest przedstawienie wyników badań wpływu zastosowania dodatku WMA na właściwości asfaltów drogowych (niespianionych) i poddanych procesowi spieniania wodą.

2. MATERIAŁY I PROCEDURY BADAWCZE

W badaniach laboratoryjnych jako materiał wyjściowy wykorzystano asfalty drogowe 35/50 i 50/70 pochodzące od krajowego producenta. Jako dodatek WMA stosowano płynny środek Rediset LQ, który jest mieszaniną substancji powierzchniowo aktywnych, dodatków organicznych i innych związków wpływających na własności reologiczne oraz adhezyjne, pozwalający uzyskać obniżenie temperatury produkcji mma o 20–30°C [7]. Dozowano go do gorącego lepiszcza w ilości od 0,3% do 0,6% w stosunku do masy asfaltu, z krokiem co 0,15% dla badań podstawowych na lepiszczach niespianionych i po spienieniu oraz co 0,3% na etapie pomiaru cech fizycznych piany asfaltowej (ekspansji oraz okresu półtrwania).

Właściwości lepiszczy zawierających zmienną ilość dodatku WMA badano zarówno przed, jak i po spienieniu z zastosowaniem 2,5% wody spieniającej.

Zakres prac badawczych związanych z ustaleniem wpływu dodatku WMA na właściwości asfaltów niespianionych i spianionych obejmował kilka etapów. W pierwszym określono podstawowe parametry asfaltów przed spienieniem, tj. penetrację w 25°C (Pen_{25}) według PN-EN 1426, temperaturę mięknięcia (T_{PIK}) według PN-EN 1427 oraz temperaturę łamliwości (T_{Fraass}) PN-EN 12593. Następnie lepiszcza spieniono dodatkiem 2,5% wody, a później usunięto pozostałości wody spieniającej poprzez ogrzewanie spienionego lepiszcza w suszarce w temperaturze 140°C przez 3 godziny w smukłych naczyniach, mieszając je intensywnie pięciokrotnie. Po zabiegach tych nie obserwowano już istotnego pienienia. Następnie na tak przygotowanych próbkach oznaczono te same podstawowe parametry co dla lepiszczy asfaltowych niespianionych. Ostatnim etapem prac badawczych był pomiar cech fizycznych piany asfaltowej, tj. ER – maksymalnej ekspansji (Maximum Expansion Ratio) oraz HL – okresu półtrwania (Half Life) przy zmianie ilości wody spieniającej (FWC – Foaming Water Content), tj. 1,5%, 2,5% i 3,5%. Następnie na podstawie uzyskanych wyników opracowano zależności matematyczne pomiędzy zmiennymi zależnymi ER i HL a badanym czynnikiem FWC dla każdego z badanych lepiszczy.

Wyniki powyższych oznaczeń były analizowane w kontekście zmiennych niezależnych:

- type: specifying whether the bitumen was subjected to foaming: *N* (non-foamed) or *F* (foamed);
- WMA: meaning the content of WMA additive: 0.00%, 0.30%, 0.45%, 0.60%.

- bitumen: oznaczającej rodzaj bazowego lepiszcza asfaltowego: 35/50 lub 50/70;
- type: wskazującą czy lepiszcze asfaltowe było poddane spienieniu: *N* (non-foamed) lub *F* (foamed);
- WMA: oznaczającą ilość zastosowanego dodatku WMA: 0,00%, 0,30%, 0,45%, 0,60%.

3. RESULTS AND ANALYSIS

3.1. Properties of non-foamed and foamed bitumens

The average results of designation of the basic parameters for non-foamed and foamed bitumens are presented in Figures 1 and 2. Figure 1a–1c present the average values of tested parameters, whereas Figure 2 features a graphic representation of the impact of the analysed factors (with/without additive, non-foamed, foamed).

3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

3.1. Właściwości lepiszczy asfaltowych niespianionych i spianionych wodą

Średnie wyniki oznaczeń podstawowych parametrów dla lepiszczy niespianionych oraz spianionych przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Na rysunku 1a–1c pokazano średnie wartości zbadanych parametrów, natomiast na rysunku 2 zaprezentowano graficznie wpływ analizowanych czynników (bez/z dodatkiem, niespianiony/spianiony).

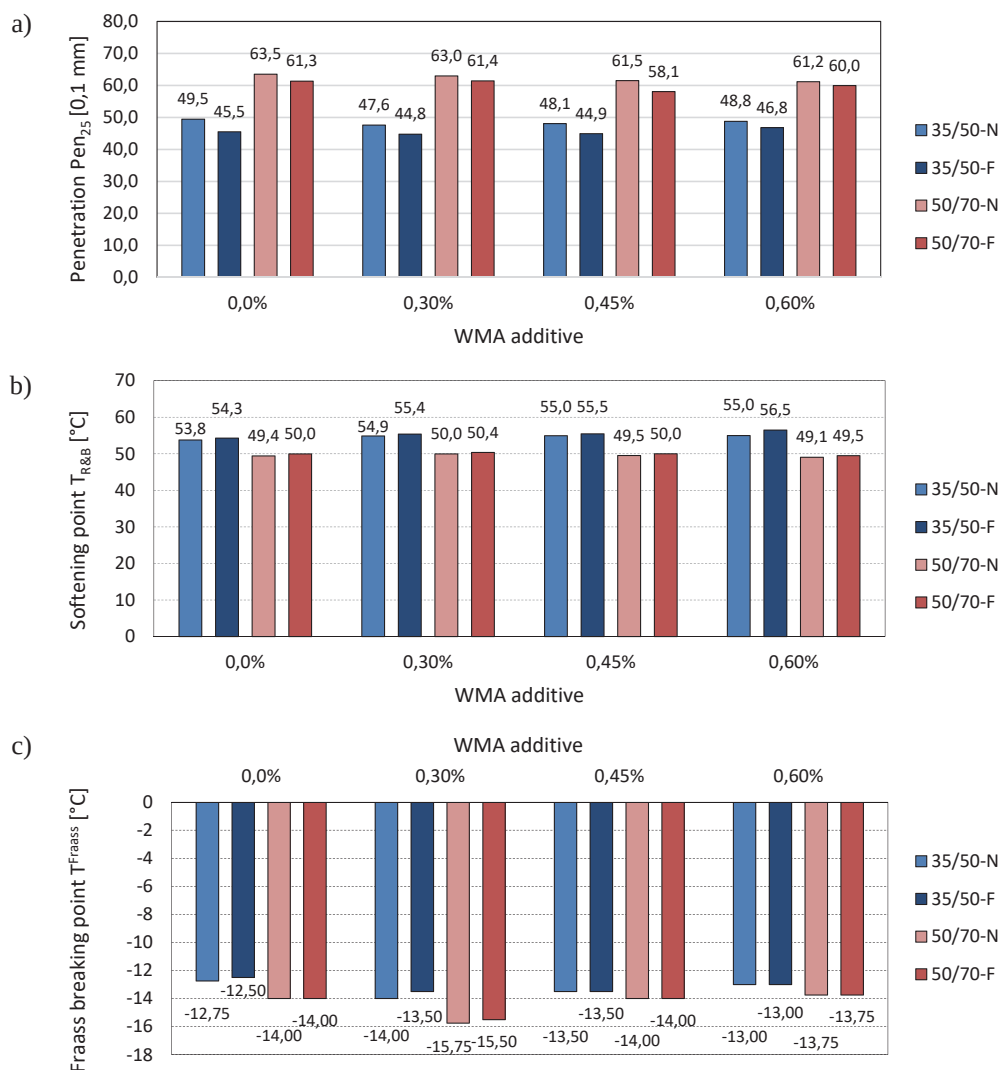


Fig. 1. Results of parameter designations: a) Pen_{25} , b) $T_{R\&B}$, c) T_{Fraass} for non-foamed and foamed asphalts

Rys. 1. Wyniki oznaczeń parametrów: a) Pen_{25} , b) $T_{R\&B}$, c) T_{Fraass} dla asfaltów niespianionych oraz poddanych procesowi spieniania

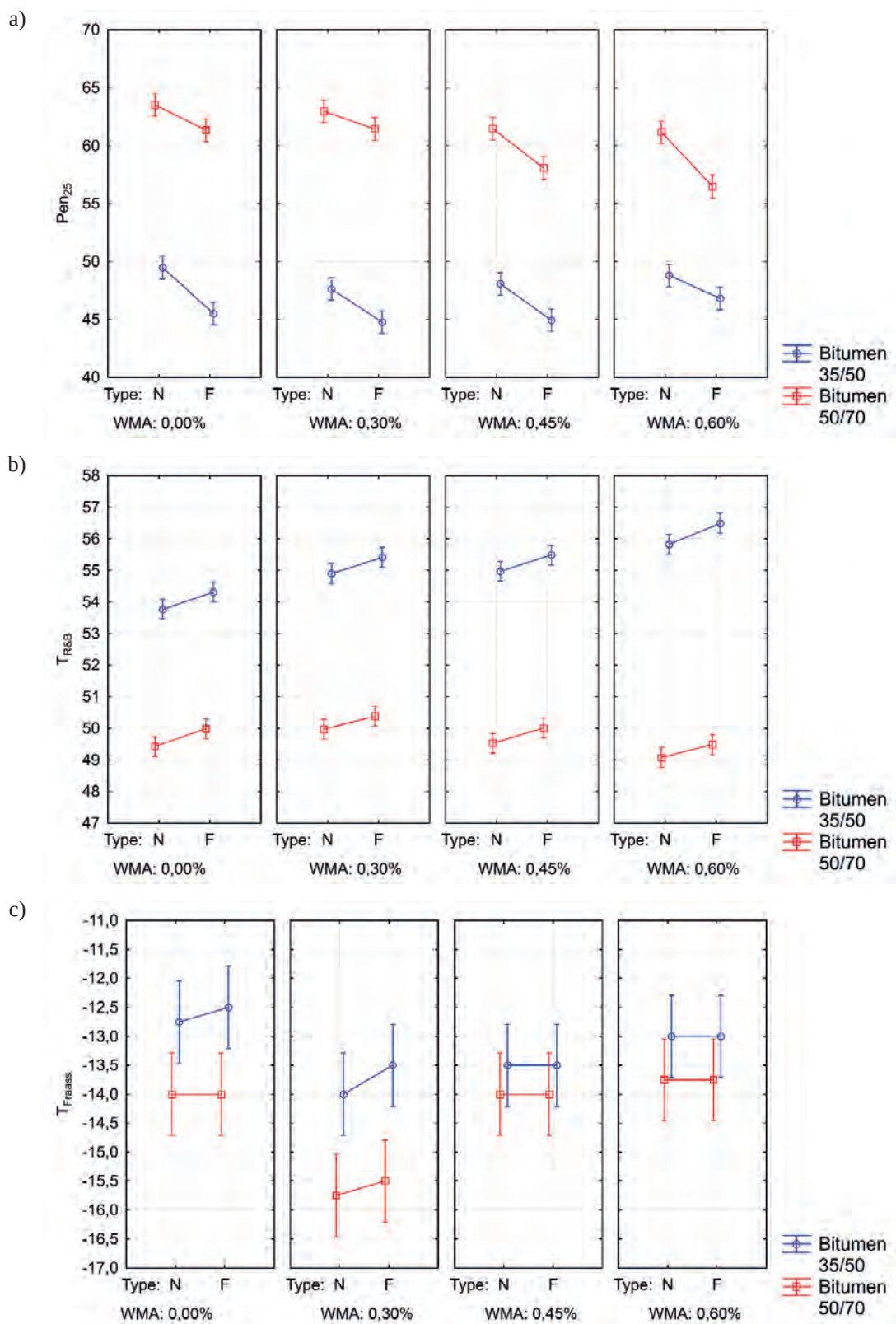


Fig. 2. Impact of the analysed factors (with/without additive, non-foamed/foamed) on the average values of parameters: a) Pen₂₅, b) T_{R&B}, c) T_{Fraass}. The error columns present 95% of the confidence interval

Rys. 2. Wpływ analizowanych czynników (bez/z dodatkiem, niespiany/spiany) na wartości średnie parametrów: a) Pen₂₅, b) T_{R&B}, c) T_{Fraass}. Słupki błędów prezentują 95-procentowe przedziały ufności

When analysing the results for bitumens not subjected to foaming, based on the 50/70 bitumen, it is possible to state that the use of the WMA additive resulted in a reduction in penetration from 63.5 (0.1 mm) for the base bitumen to 61.2 (0.1 mm) for asphalt with 0.60% additive. When comparing the results for the 35/50 bitumen, it is possible to state that the increase in the WMA additive content featured a reduction in penetration from 49.5 (0.1 mm) to 47.6 (0.1 mm) at the additive content of 0.30%, whereas further increase in its content caused an increase in Pen_{25} to 48.8 (0.1 mm) at the additive content of 0.60%.

Similar dependencies can be observed for asphalts subjected to foaming. In this case, the observations featured a noticeable reduction in penetration of all bitumens, which indicated the stiffening of foamed bitumens. However, taking into consideration the adopted sample preparation procedure, it is difficult to clearly determine which of the factors contributed mostly to the change in the penetration value: the foaming process or the sample heating process aimed at removing the foaming water remains.

Another analysed asphalt property was the softening point, which plays a significant role in bitumen classification and evaluation of pavement resistance to permanent deformation. When analysing the results of softening point designations, it was ascertained that adding the WMA agent to the 35/50 asphalt caused a slight increase in the softening point from 53.8°C for the base bitumen to 55.8°C at WMA additive content of 0.60%. The difference in extreme measurements amounted to 2°C. A different dependence was observed in the case of bitumen with penetration of 50/70. The WMA additive caused a slight increase in the softening point at the lowest dosage level, i.e. 0.30%. However, a reduction in the softening point was observed at increased dosage of 0.45% and 0.60%. The difference between the extreme results amounted to 0.9°C.

In the case of bitumens subjected to foaming featured a similar tendency to standard asphalts. The 35/50 asphalt demonstrated an increase in softening point along with the increase in the WMA additive content and the highest softening point was observed with the WMA additive content of 0.60% and the increase amounted to 2.20°C. In the case of the 50/70 asphalt, the increase in softening point occurred again with the WMA additive content of 0.30% to 50.4°C, and then a reduction when the dosage was increased. The use of the additive content of 0.60%

Analizując wyniki lepiszczy niepoddanych procesowi spieniania na bazie asfaltu 50/70, stwierdzić można, że zastosowanie dodatku WMA spowodowało zmniejszenie wartości penetracji z 63,5 (0,1 mm) dla lepiszcza bazowego do 61,2 (0,1 mm) dla asfaltu z 0,60% dodatku. Porównując wyniki dla asfaltu 35/50, można stwierdzić, że wraz ze wzrostem ilości dodatku WMA początkowo wartość penetracji zmniejszyła się z 49,5 (0,1 mm) do 47,6 (0,1 mm) przy ilości dodatku równej 0,30%, natomiast dalsze zwiększenie jego ilości spowodowało wzrost wartości cechy Pen_{25} do 48,8 (0,1 mm) przy zawartości 0,60% dodatku.

Podobne zależności można zaobserwować dla asfaltów poddanych procesowi spieniania. W tym przypadku zaobserwowano zauważalny spadek wartości penetracji wszystkich lepiszczy asfaltowych będący oznaką usztywnienia lepiszczy spienionych. Mając jednak na uwadze przyjętą procedurę przygotowywania próbek, trudno jest jednoznacznie określić, który z czynników miał przeważający wpływ na zmianę wartości penetracji: proces spieniania czy proces wygrzewania próbek w celu usunięcia pozostałości wody spieniającej.

Kolejną analizowaną własnością była temperatura mięknięcia, która odgrywa istotną rolę w klasyfikacji lepiszczy i ocenie odporności na deformacje trwałe nawierzchni. Analizując wyniki oznaczeń temperatury mięknięcia, stwierdzono, że dodanie środka WMA do asfaltu 35/50 spowodowało nieznaczny wzrost temperatury mięknięcia z wartości 53,8°C dla lepiszcza bazowego do 55,8°C przy jego zawartości 0,60%. Różnica skrajnych pomiarów wyniosła 2°C. W przypadku lepiszcza asfaltowego o penetracji 50/70 zaobserwowano odmienną zależność. Dodatek WMA spowodował nieznaczny wzrost temperatury w najniższym poziomie dozowania, tj. 0,30%. Jednak przy zwiększeniu dozowania do 0,45% i 0,60% zaobserwowano spadek temperatury mięknięcia. Zróżnicowanie dwóch skrajnych wyników wyniosło jedynie 0,9°C.

W przypadku lepiszczy poddanych spienianiu została zaobserwowana podobna tendencja co w przypadku asfaltów zwykłych. Asfalt 35/50 wykazywał wzrost temperatury mięknięcia wraz ze wzrostem dozowania dodatku WMA, największą temperaturę mięknięcia zaobserwowano przy jego zastosowaniu w ilości 0,60%, a wzrost ten wyniósł 2,20°C. W przypadku asfaltu 50/70 ponownie wystąpił wzrost temperatury mięknięcia przy dozowaniu dodatku WMA w ilości 0,30% do wartości 50,4°C, a następnie spadek przy zwiększeniu jego dozowania. Zastosowanie dodatku w ilości 0,60% spowodowało obniżenie tem-

caused a reduction in softening point by 0.50°C in comparison to asphalt without additive.

The Fraass breaking point prior to and after foaming was designated to determine the WMA additive's and foaming process' impact on the low-temperature properties of bitumens. In each case, asphalt with 35/50 penetration was characterised by higher breaking point than the 50/70 asphalt. In the case of both bitumens, a slight positive impact of using the WMA additive content of 0.3% was observed, resulting in a reduction in the breaking point by 1.75°C and 1.25°C respectively for the 35/50 asphalt and 1.75°C for the 50/70 bitumen. The increase in WMA additive content in the case of both bitumens resulted in an increase in breaking point to values similar to the values of base bitumens.

As for foamed bitumens, a similar tendency was observed as in the case of non-foamed asphalts. For each of the applied additive quantities, the 50/70 asphalt demonstrated a lower breaking point than 35/50 asphalt. Similarly to the previous case, a slight positive impact of using the WMA additive content of 0.3% was observed, resulting in a reduction in the breaking point by 1.0°C and 1.5°C respectively for the 50/70 and 35/50 asphalt in comparison to asphalt without additives. The increase in WMA additive content above 0.3% caused an increase in the breaking point to base values in both cases. Taking into consideration the narrow range of changes in the Fraass breaking point caused by the use of the WMA additive, the positive effect of its use must be deemed in the analysed case as confirmed, however irrelevant.

Another aspect of deliberations concerned the significance of the differences between the average values of the analysed independent variables (Pen_{25} , $T_{\text{R\&B}}$, T_{Fraass}) in four unrelated groups (WMA: 0.00%, 0.30%, 0.45%, 0.60%) for both base bitumens, i.e. 35/50 and 50/70 depending on the levels of the independent variables (type of bitumen, WMA additive content and bitumen foaming). Due to the conformity of the variables' distribution with the standard distribution and meeting the assumption of variance uniformity, it was possible to use the F (Fisher-Snedecor) parametric test that enables comparing several average values simultaneously. Table 1 presents the results of a multi-dimensional analysis of variance.

temperatury mięknięcia o $0,50^{\circ}\text{C}$ w porównaniu z asfaltem bez dodatku.

Do określenia wpływu dodatku WMA oraz procesu spieniania na właściwości niskotemperaturowe lepiszczy asfaltowych wykonano oznaczenia temperatury łamliwości Fraassa przed i po procesie spieniania. W każdym przypadku asfalt o penetracji 35/50 charakteryzował się wyższą temperaturą łamliwości niż asfalt 50/70. W przypadku obu lepiszczy asfaltowych zaobserwowano niewielki pozytywny wpływ zastosowania dodatku WMA w ilości 0,3%, skutkujący spadkiem temperatury łamliwości odpowiednio o $1,75^{\circ}\text{C}$ i $1,25^{\circ}\text{C}$ dla asfaltu 35/50 i $1,75^{\circ}\text{C}$ dla lepiszcza 50/70. Zwiększenie dozowania dodatku WMA w przypadku obu lepiszczy skutkowało wzrostem temperatury łamliwości do wartości bliskich wartościom charakteryzującym lepiszcza bazowe.

W przypadku lepiszczy spienionych zaobserwowano podobną tendencję jak w przypadku asfaltów niepoddanych procesowi spieniania. Dla każdej ze stosowanych ilości dodatku asfalt 50/70 wykazywał niższą temperaturą łamliwości niż asfalt 35/50. Podobnie jak w poprzednim przypadku zaobserwowano niewielki pozytywny wpływ zastosowania dodatku WMA w ilości 0,3% skutkujący spadkiem temperatury łamliwości odpowiednio o $1,0^{\circ}\text{C}$ i $1,5^{\circ}\text{C}$ dla asfaltu 50/70 i 35/50 w porównaniu z asfaltem bez dodatków. Zwiększenie ilości dodatku WMA z zawartości powyżej 0,3% spowodowało podwyższenie temperatury łamliwości do wartości bazowych w obu przypadkach. Biorąc pod uwagę niewielki zakres zmian temperatury łamliwości Fraassa, spowodowany zastosowaniem dodatku WMA, pozytywny efekt jego zastosowania należy uznać w analizowanym przypadku za potwierdzony, jednak mało znaczący.

Kolejnym elementem rozważań było wnioskowanie o istotności różnic między średnimi wartościami rozpatrywanych zmiennych niezależnych (Pen_{25} , $T_{\text{R\&B}}$, T_{Fraass}) w czterech niepowiązanych grupach (WMA: 0,00%, 0,30%, 0,45%, 0,60%) dla obu lepiszczy bazowych, tj. dla 35/50 i 50/70 w zależności od poziomów zmiennych niezależnych (rodzaju lepiszcza, ilości dodatku WMA i poddaniu lepiszcza procesowi spieniania). Z uwagi na zgodność rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym oraz spełnienie założenia jednorodności wariancji możliwe było użycie testu parametrycznego F (Fishera-Snedecora) pozwalającego na przeprowadzenie jednoczesnego porównania kilku średnich. W tabeli 1 zamieszczono wyniki wielowymiarowej analizy wariancji.

Table 1. Analysis of variance for the tested dependent variables: Pen_{25} , $T_{R\&B}$, T_{Fraass} Tabela 1. Analiza wariancji dla badanych zmiennych zależnych: Pen_{25} , $T_{R\&B}$, T_{Fraass}

Effect	Degr. of Freedom	SS	MS	F	p
Pen_{25}					
Intercept	1	464887.5	464887.5	191391.0	<0.001
Bitumen	1	7635.6	7635.6	3143.5	<0.001
Type	1	353.1	353.1	145.4	<0.001
WMA	3	8.1	28.4	11.7	<0.001
Bitumen*Type	1	0.0	0.0	0.0	0.939454
Bitumen*WMA	3	142.4	47.5	19.5	<0.001
Type*WMA	3	8.3	2.8	1.1	0.335679
Bitumen*Type*WMA	3	30.5	10.2	4.2	0.007107
Error	144	349.8	2.4		
Total	159	8604.8			
$T_{R\&B}$					
Intercept	1	263974.6	263974.6	1761039	<0.001
Bitumen	1	703.3	703.3	4692	<0.001
Type	1	6.3	6.3	42	<0.001
WMA	3	10.8	3.6	24	<0.001
Bitumen*Type	1	0.1	0.1	0	0.546025
Bitumen*WMA	3	21.0	7.0	47	<0.001
Type*WMA	3	0.0	0.0	0	0.978674
Bitumen*Type*WMA	3	0.1	0.0	0	0.940219
Error	80	12.0	0.1		
Total	95	753.6			
T_{Fraass}					
Intercept	1	12155.06	12155.06	24310.13	<0.001
Bitumen	1	20.25	20.25	40.50	<0.001
Type	1	0.25	0.25	0.50	0.482919
WMA	3	19.31	6.44	12.88	<0.001
Bitumen*Type	1	0.06	0.06	0.12	0.725222
Bitumen*WMA	3	4.62	1.54	3.08	0.035995
Type*WMA	3	0.38	0.13	0.25	0.860939
Bitumen*Type*WMA	3	0.06	0.02	0.04	0.988528
Error	48	24.00	0.50		
Total	63	68.94			

The analysis of variance demonstrated a significance of impact of the type of base bitumen, foaming process and WMA additive content on the penetration designations at 25°C and softening point. Furthermore, a statistical significance of the interaction between the type of bitumen and WMA additive content as well as of the interaction between all three tested factors was demonstrated, which indicates that they had a substantial impact on the value of the Pen_{25} dependent variable. On the other hand, in the case of the $T_{R\&B}$

Analiza wariancji wykazała istotność wpływu rodzaju bazowego lepiszcza asfaltowego, procesu spieniania oraz ilości dozowanego dodatku WMA na wartości oznaczeń penetracji w 25°C oraz temperatury mięknięcia. Wykazano ponadto istotność statystyczną interakcji rodzaju lepiszcza asfaltowego i ilości dodatku WMA oraz interakcji pomiędzy wszystkimi trzema badanymi czynnikami, co wskazuje że miały one istotny wpływ na kształtowanie wartości zmiennej zależnej Pen_{25} . Natomiast dla cechy $T_{R\&B}$

feature, aside from the significance of all main effects (type of bitumen, WMA additive content, foaming), the significance of impact of the interaction between the type of asphalt and WMA additive content on the designated dependent variable was demonstrated. In the case of the breaking point, the achieved p-value is smaller than the assumed significance of 0.05 for the bitumen and WMA factors as well as their interactions, which indicates a significance of the impact of the type of bitumen and the WMA additive content. At the same time, the significance of impact of the foaming process or the interaction between other independent variable combinations on the T_{Fraass} dependent variable was not confirmed.

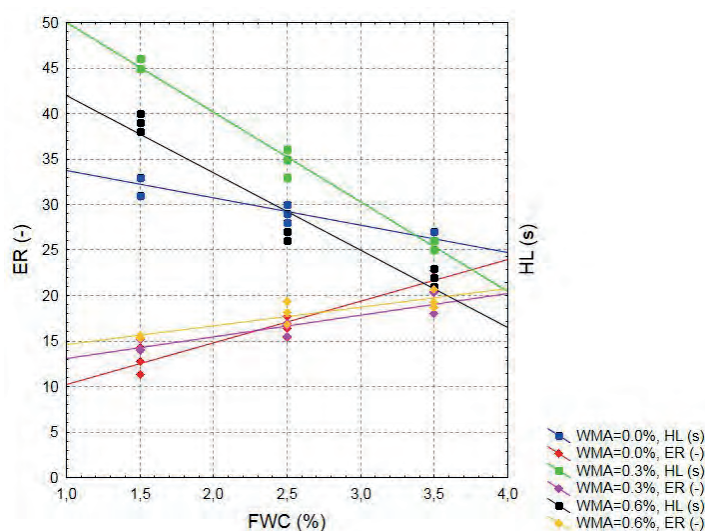
3.2. Physical parameters of foamed bitumens

The foaming process featured a measurement of two physical parameters of the asphalt foam: the ER expansion ratio and the HL half-life according to [10]. The results of testing the foaming features of the tested bitumens are presented in Figures 3 and 4, respectively for 35/50 and 50/70. During the testing, the WMA additive content for the 35/50 and 50/70 asphalts was reduced from 0.15% to 0.30%.

poza istotnością wszystkich efektów głównych (rodzaj lepiszcza, ilość dodatku WMA, spienianie) wykazano istotność wpływu interakcji rodzaju asfaltu oraz ilości dozowania dodatku WMA na oznaczone wartości zmiennej zależnej. W przypadku temperatury łamliwości uzyskana wartość p-value jest mniejsza od założonego poziomu istotności równego 0,05 dla czynników bitumen i WMA, jak również ich interakcji, co wskazuje na istotność wpływu rodzaju asfaltu bazowego oraz ilości dozowania dodatku WMA. Nie potwierdzono jednocześnie istotności wpływu procesu spieniania ani interakcji pozostałych kombinacji ocenianych zmiennych niezależnych na wartość zmiennej zależnej T_{Fraass} .

3.2. Właściwości fizyczne piany asfaltowej

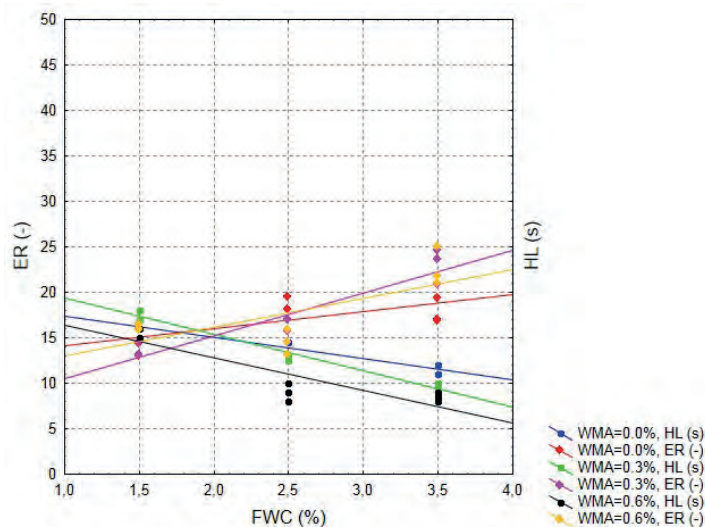
Podczas procesu spieniania dokonano pomiaru dwóch parametrów fizycznych piany asfaltowej: wskaźnik ekspansji ER oraz czas połowicznego rozpadu HL zgodnie z [10]. Wyniki badań charakterystyk spieniania badanych lepiszczy asfaltowych przedstawiono na rysunkach 3 i 4, odpowiednio dla 35/50 i 50/70. Na tym etapie prac badawczych krok dozowania dodatku WMA względem asfaltów 35/50 i 50/70 został zmniejszony z 0,15% do 0,30%.



Parameter	WMA = 0.0%		WMA = 0.3%		WMA = 0.6%	
	Function	Pearson (r)	Function	Pearson (r)	Function	Pearson (r)
ER (-)	$y = 5.633 + 4.582 \cdot x$	0.9546	$y = 10.707 + 2.379 \cdot x$	0.9321	$y = 12.546 + 2.055 \cdot x$	0.8948
HL (s)	$y = 36.722 - 3.000 \cdot x$	-0.9522	$y = 59.806 - 9.833 \cdot x$	-0.9937	$y = 50.472 - 8.500 \cdot x$	-0.9629

$x = \text{FWC}$, $y = \text{ER or HL}$

Fig. 3. Dependency of ER and HL on the dosage of foaming water for 35/50 with and without variable WMA additive content
Rys. 3. Zależność ER oraz HL od poziomu dozowania wody spieniającej dla 35/50 bez i ze zmienną ilością dodatku WMA



Parameter	WMA = 0.0%		WMA = 0.3%		WMA = 0.6%	
	Function	Pearson (r)	Function	Pearson (r)	Function	Pearson (r)
ER (-)	$y = 12.189 + 1.895 \cdot x$	0.6658	$y = 5.782 + 4.720 \cdot x$	0.9355	$y = 9.759 + 3.201 \cdot x$	0.7120
HL (s)	$y = 19.667 - 2.333 \cdot x$	-0.9272	$y = 23.389 - 4.000 \cdot x$	-0.9878	$y = 20.014 - 3.583 \cdot x$	-0.8812

$x = \text{FWC}$, $y = \text{ER}$ or HL

Fig. 4. Dependency of ER and HL on the dosage of foaming water for 50/70 with and without variable WMA additive content
 Rys. 4. Zależność ER oraz HL od poziomu dozowania wody spieniającej dla 50/70 bez i ze zmienną ilością dodatku WMA

Based on the obtained dependencies of the expansion ratio and half-life on the foaming water content (Figs. 3, 4), it is possible to designate a foaming water content that allows for obtaining similar values of both of these features, i.e. optimal foaming water content at the intersection of the expansion ratio and half-life curves. It can be noted that for the 35/50 bitumens with and without a variable WMA additive content, the optimal foaming water content amounted to 3.5%, whereas for softer bitumens, based on the 50/70 asphalt – it was 2.0%. This dependency corresponds to those achieved for asphalts with other additives, including the Fischer-Tropsch synthetic wax [5, 10]. The foamed asphalt parameters obtained for the optimal FWC factor levels amounted to approx. $\text{ER} = 18\text{--}22$ and $\text{HL} = 24\text{--}27$ s as well as $\text{ER} = 15\text{--}17$ and $\text{HL} = 13\text{--}16$ s respectively for bitumens made from 35/50 and 50/70 asphalts. For bitumens based on the 35/50 asphalt, across the full range of the WMA additive content, these are satisfactory results ($\text{ER} > 17$ and $\text{HL} > 13$ s acc. to [11]) in terms of using them for manufacturing mixes in lowered process temperatures.

A model in the form of a second degree multinomial was adopted for the evaluation of the impact of changes in the tested factors (FWC, WMA) on the properties of bitumens.

Na podstawie uzyskanych zależności wskaźnika ekspansji i czasu połowicznego rozpadu od ilości wody spieniającej (rys. 3, 4) wyznaczyć można taką zawartość wody spieniającej, przy której uzyskuje się zbliżone wartości obu tych cech, czyli optymalną ilość wody spieniającej na przecięciu się krzywych ekspansji oraz czasu półtrwania. Zauważyć można, że dla lepszycy 35/50 bez i ze zmienną ilością dodatku WMA optymalna zawartość wody spieniającej wyniosła 3,5%, natomiast dla lepszycy bardziej miękkich na bazie asfaltu 50/70 wyniosła 2,0%. Zależność ta jest zgodna z tymi, które uzyskiwano dla asfaltów z innymi dodatkami, w tym z woskiem syntetycznym Fischera-Tropscha [5, 10]. Uzyskane dla tych optymalnych poziomów czynnika FWC parametry asfaltów spienionych wyniosły od około $\text{ER} = 18\text{--}22$ i $\text{HL} = 24\text{--}27$ s oraz $\text{ER} = 15\text{--}17$ i $\text{HL} = 13\text{--}16$ s odpowiednio dla lepszycy wytworzonych z asfaltu 35/50 oraz 50/70. Dla lepszycy na bazie asfaltu 35/50, w pełnym zakresie dozowania dodatku WMA, są to wartości zadowalające ($\text{ER} > 17$ i $\text{HL} > 13$ s wg [11]) z punktu widzenia przeznaczenia ich do wytwarzania mieszanek w obniżonych temperaturach technologicznych.

Do oceny wpływu zmian poziomu badanych czynników (FWC, WMA) na właściwości lepszycy asfaltowych przyjęto model w postaci wielomianu stopnia drugiego.

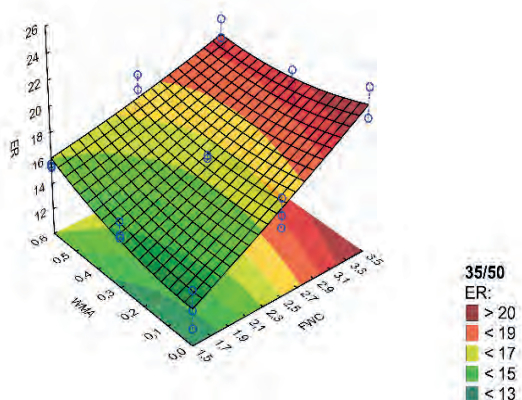
The graphical interpretation of the surface responses to changes in the expansion ratio and half-life depending on the WMA additive content and the foaming water content for the tested bitumens is presented in Figure 5a–5d.

Graficzną interpretację powierzchni odpowiedzi zmian wskaźnika ekspansji oraz okresu półtrwania w zależności od ilości dodatku WMA oraz zawartości wody spieniającej dla badanych lepiszczy przedstawiono na rysunku 5a–5d.

a)

$$ER = 7.6962 + 3.1217 \cdot FWC + 6.6451 \cdot WMA + 0.2293 \cdot FWC^2 - 4.2105 \cdot FWC \cdot WMA + 8.1288 \cdot WMA^2$$

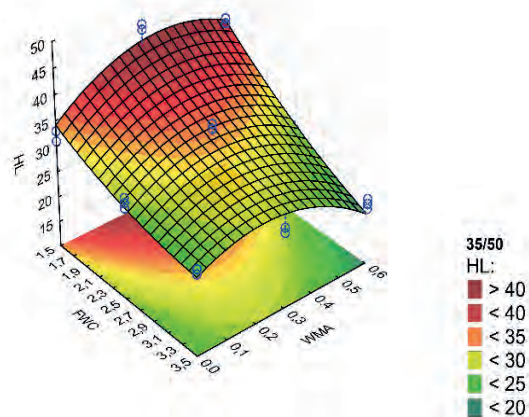
$$R^2 = 0.87416$$



b)

$$ER = 49.431 + 62.9167 \cdot WMA - 12.6944 \cdot FWC - 66.6667 \cdot WMA^2 - 9.1667 \cdot WMA \cdot FWC + 1.6667 \cdot FWC^2$$

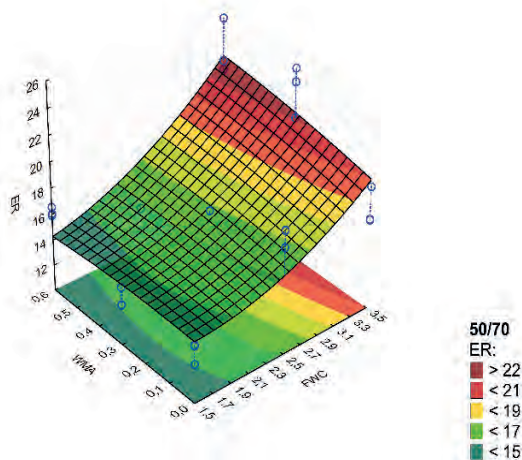
$$R^2 = 0.92708$$



c)

$$ER = 17.5026 - 3.7605 \cdot FWC - 2.4591 \cdot WMA + 1.2759 \cdot FWC^2 + 2.1772 \cdot FWC \cdot WMA - 2.6531 \cdot WMA^2$$

$$R^2 = 0.74726$$



d)

$$HL = 28.7546 + 6.875 \cdot WMA - 10.0417 \cdot FWC - 10.4938 \cdot WMA^2 - 2.0833 \cdot WMA \cdot FWC + 1.4722 \cdot FWC^2$$

$$R^2 = 0.92296$$

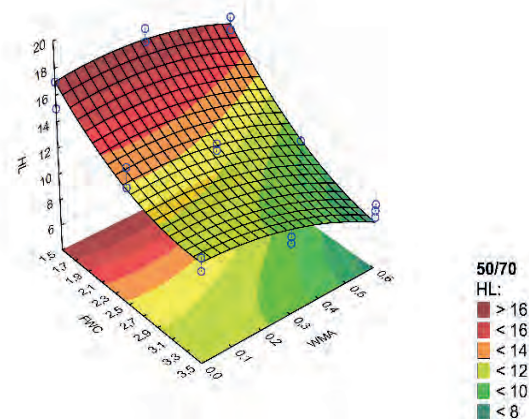


Fig. 5. Impact of the changes in the WMA and FWC factor levels on the parameters (ER, HL) of asphalt foam manufactured from the 35/50 (a–b) and 50/70 (c–d) bitumen

Rys. 5. Wpływ zmiany poziomu czynnika WMA oraz FWC na parametry (ER, HL) piany asfaltowej wyprodukowanej z lepiszcza 35/50 (a–b) oraz 50/70 (c–d)

The presented results suggest that the foaming water content during the foaming process as well as the change in the WMA additive content in both base bitumens had a substantial impact on the HL dependent variable. The increase in the additive and foaming water content caused an accelerated decay of the asphalt foam. On the other hand, in the case of the ER feature, the above analysis does not

Przedstawione wyniki sugerują, że ilość dozowanej wody spieniającej podczas procesu spieniania, jak również zmiana zawartości dodatku WMA do obu lepiszczy bazowych miały istotny wpływ na zmienną zależną HL. Zwiększanie zawartości dodatku jak również ilości wody spieniającej powodowało przyspieszenie rozpadu piany asfaltowej. Natomiast w przypadku cechy ER powyższa

confirm the significance of the impact of the WMA additive content.

4. CONCLUSIONS

Based on the analysis of the test results, it is possible to formulate the following conclusions:

- the use of the WMA additive had statistically important impact on the values of penetration, softening point and breaking point of the tested binders;
- the evaluation of the aforementioned dependent variables concluded no interactions between the impact of the foaming process and the type of bitumen and WMA additive;
- the foaming process had substantial impact on the penetration of the tested bitumens with the WMA additive lowering the asphalt mix manufacturing temperature;
- in each of the described cases, the use of the WMA additive had a statistically substantial impact on the penetration reduction in relation to the 50/70 and 35/50 base asphalts with simultaneous increase in softening point for the non-foamed and foamed 35/50 asphalt;
- the additive used in the testing had a statistically substantial, positive impact on the reduction of the Fraass breaking point in both foamed and non-foamed asphalt, however the degree of changes (max 1.75°C) made the effect to have a limited relevance;
- bitumens made from the 35/50 asphalt were characterised by more favourable foaming parameters in comparison to the 50/70 asphalt in the full range of the WMA additive dosage;
- the foaming process had a statistically substantial impact on the penetration, softening point and breaking point of the tested bitumens, however the differences between the foamed bitumens and base bitumens in terms of the softening point did not exceed 1°C and as for the breaking point –0.5°C;
- a statistically important impact of the change in the WMA additive and foaming water content on the ER parameter was observed for both bitumen groups, whereas the change had no major impact on the asphalt foam's half-life.

analiza nie potwierdza istotności wpływu ilości środka WMA.

4. WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników badań można sformułować następujące wnioski:

- zastosowanie dodatku WMA miało istotny statystycznie wpływ na wartości penetracji, temperatur mięknienia oraz temperatur łamliwości;
- w ocenie powyższych zmiennych zależnych nie zaobserwowano interakcji między wpływem procesu spieniania a rodzajem lepiszcza asfaltowego oraz dodatkiem WMA;
- proces spieniania miał istotny wpływ na wartości penetracji badanych lepiszczy asfaltowych bazowych oraz z dodatkiem środka WMA obniżającego temperaturę produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej;
- w każdym z opisanych przypadków zastosowanie dodatku WMA miało istotny statystycznie wpływ na zmniejszenie penetracji w stosunku do asfaltów bazowych 50/70 i 35/50 przy równoczesnym wzroście temperatury mięknienia dla asfaltu 35/50 niespionionego i po spienieniu wodą;
- dodatek stosowany w badaniach wpływa w sposób statystycznie istotny pozytywnie na obniżenie temperatury łamliwości według Fraassa, zarówno w asfalcie niespionionym, jak i spionionym, jednak wielkość tych zmian (maksymalnie o 1,75°C) sprawia, że jest to efekt o ograniczonym znaczeniu;
- korzystniejszymi parametrami spieniania charakteryzowały się lepiszcza wytworzone z asfaltu 35/50 w stosunku do 50/70, w pełnym zakresie dozowania dodatku WMA;
- proces spieniania miał istotny statystycznie wpływ na wartości penetracji, temperatury mięknienia oraz temperatury łamliwości badanych lepiszczy asfaltowych, jednakże różnice między lepiszczami poddanymi procesowi spieniania oraz lepiszczami bazowymi w przypadku temperatury mięknienia nie przekraczały 1°C, a w przypadku temperatury łamliwości 0,5°C;
- zanotowano istotny statystycznie wpływ zmiany ilości dodatku WMA oraz wody spieniającej na parametr ER dla obu grup lepiszczy asfaltowych, natomiast zmiana poziomu wspomnianych czynników nie wpłynęła znacząco na okresy półtrwania piany asfaltowej.

REFERENCES

- [1] Remisova E., Zatkalikova V., Schlosser F., *Study of rheological properties of bituminous binders in middle and high temperatures*, "Civil and Environmental Engineering" 2016, Vol. 12, Issue 1, pp. 13–20, DOI: 10.1515/cee-2016-0002.
- [2] Remisova E., Zatkalikova V., Schlosser F., *Evaluation of bituminous binder in relations to permanent deformation*, XXV Polish-Russian-Slovak Seminar – Theoretical Foundation of Civil Engineering, "Procedia Engineering" 2016, Vol. 153, pp. 584–589, DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.196.
- [3] Mieczkowski P., *The effect of an organometallic catalyst on the properties of pen grade bitumens*, "Structure and Environment" 2018, 4, Vol. 10, pp. 338–353, DOI: 10.30540/sae-2018-031.
- [4] Gawel J., Kalabińska M., Piłat J., *Asfalty drogowe*, WKiŁ, Warszawa 2001.
- [5] Chomicz-Kowalska A., Mrugała J., Maciejewski K., *Evaluation of foaming performance of bitumens modified with the addition of surface active agent*, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 2017, Vol. 245, 1–10.
- [6] Gallelli V., Iuele T., Vaiana R., *Warm MiX Bitumen with Synthetic Zeolite: a Laboratory Study on Mixes Workability*, "International Journal of Pavement Research and Technology" 2013, Chinese Society of Pavement Research and Engineering, No. 5, Vol. 6, pp. 562–569.
- [7] <<https://www.akzonobel.com>>.
- [8] Judycki J., Stienss M., *Badania mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze otaczania – raport końcowy*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2011.
- [9] Franus W., Woszek A., Bandura L., Zofka A., *Właściwości zeolitu naturalnego i syntetycznego oraz ich wpływ na efekt spienienia asfaltu*, „Materiały Budowlane” 2017, nr 8, s. 60–64.
- [10] Iwański M., Chomicz-Kowalska A., Maciejewski K., *Application of synthetic wax for improvement of foamed bitumen parameters*, "Construction and Building Materials" 2015, Vol. 83, pp. 62–69, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.02.060.
- [11] Jenkins K.J., *Mix design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen*, University of Stellenbosch, 2000.

Acknowledgments:

The work is supported by the program of the Minister of Science and Higher Education under the name: Regional Initiative of Excellence in 2019–2022 project number 025/RID/2018/19 financing amount PLN 12.000.000.

Podziękowania:

Projekt finansowany w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą Regionalna Inicjatywa Doskonałości w latach 2019–2022, nr projektu 25/RID/2018/19, kwota finansowania 12 000 000 zł.





environment
environment



ROBERT KOWALIK
JAROSŁAW GAWDZIK
Kielce University of Technology
ALICJA GAWDZIK
University of Opole
BARBARA GAWDZIK
The Jan Kochanowski University in Kielce
e-mail: robert2099290@gmail.com

Manuscript submitted 2018.11.20 – revised 2019.01.04,
initially accepted for publication 2019.02.10, published in June 2019

INNOVATIVE SEQUENTIAL BATCH REACTOR SOLUTIONS FOR WASTEWATER TREATMENT

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA SEKWENCYJNYCH REAKTORÓW PORCJOWYCH STOSOWANE W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW

DOI: 10.30540/sae-2019-011

Abstract

Sequential Biological Reactors (SBR) are widely used for wastewater treatment, which is becoming increasingly contaminated with new and more complex substances. Therefore, it is beneficial to include various configurations and operational modifications in order to purify wastewater more effectively. The paper presents a basic description of the SBR process and its modifications, which lead to better removal of the resulting contaminants. The Cyclic Activated Sludge System (CASS) was characterized as one of the most popular sequential reactor (SBR) processes used for the treatment of municipal wastewater and sewage emissions from a variety of industries, including refineries and petrochemicals. Another example presented in this paper is the Unitank biological wastewater treatment system, which combines the advantages of a traditional process with activated sludge and an SBR reactor. The last example of SBR technology modification, presented in the article, is ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System) process, which processes continuous sewage inflow. The variable inlet is supported by a distribution box which distributes the flow evenly over all the tanks in order to avoid overloading a single tank. In each case, the benefits of using a given modification are presented.

Keywords: wastewater treatment, modern wastewater treatment methods, aerobic reactors, SBR, CASS, UNITANK, ICEAS

Streszczenie

Sekwencyjne biologiczne reaktory (SBR) są szeroko wykorzystywane do oczyszczania ścieków, które obecnie stają się zanieczyszczone coraz to nowymi i bardziej złożonymi substancjami. Korzystne zatem staje się włączenie różnego rodzaju rozszerzających się konfiguracji oraz modyfikacji operacyjnych, aby efektywniej oczyszczać ścieki. W pracy przedstawiono podstawowy opis procesu SBR oraz jego modyfikacji, które prowadzą do lepszego usuwania powstających zanieczyszczeń. Scharakteryzowano cykliczny system osadów czynnych (CASS), który jest jednym z najpopularniejszych procesów reaktorów sekwencyjnych (SBR) stosowanych do oczyszczania ścieków komunalnych oraz ścieków z różnych branż, w tym rafinerii i zakładów petrochemicznych. Kolejnym przykładem przedstawionym w pracy jest biologiczny system oczyszczania ścieków Unitank, który łączy w sobie zalety tradycyjnego procesu z osadem czynnym oraz reaktora SBR. Ostatnim przykładem modyfikacji technologii SBR, jaki przedstawiono w artykule, jest proces ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System). W reaktorach ICEAS zmienny dopływ jest obsługiwany przez skrzynkę rozdzielającą, która rozdziela przepływ równomiernie na wszystkie zbiorniki tak, aby uniknąć przeciążenia pojedynczego zbiornika. W każdym przypadku przedstawiono korzyści płynące z wykorzystania danej modyfikacji.

Słowa kluczowe: oczyszczanie ścieków, nowoczesne metody oczyszczania ścieków, reaktory tlenowe, SBR, CASS, UNITANK, ICEAS

1. INTRODUCTION

As demands on the quality of wastewater discharged into the environment increase, the continuous flow biological treatment of wastewater poses a major challenge. The SBR (Sequencing Batch Reactor) batch sequencing technology is a modification of a popular ASP (Activated Sludge Process) process [1]. This conversion of the continuous sludge-based treatment process into a batch process as in SBR improves the flexibility and control of the processes involved to meet the requirements for discharging wastewater to the collector. Modern development of wastewater treatment with activated sludge in portioning systems was achieved through the research of Irvine and his co-workers in the sixties of the twentieth century. Irvine first used the name sequential biological reactor for a single-tank reactor, which he designed in 1969 for large-scale industrial wastewater treatment at Corpus Christi, Texas [2]. In the first years of its operation, SBR was mainly used in municipal domestic sewage treatment plants. Due to the flexibility of design and better process control, which can be achieved by modern technology, the use of the SBR process was not limited to urban wastewater treatment, but was also widely used in the biological treatment of industrial wastewater containing organic compounds which are difficult to treat [3]. As the SBR process can be effectively automated, it saves more than 60% of the operating costs required for a conventional activated sludge process and is able to achieve high wastewater quality with a short aeration time [4]. In highly populated countries such as India and Europe, SBR is considered a BAT technology due to its low space and labour requirements. The SBR process is often preferred over the Continuous Flow Process (CFP) due to reduced energy consumption, nutrient removal and control of filamentous bacteria [1]. For these reasons, the SBR process has become more and more popular in recent years. Over the past few years, SBR has undergone several minor and major modifications to effectively treat the rapidly growing number of new pollutants in wastewater. This article provides an insight into the technology as well as an overview of the latest developments in the design and application of SBR technology.

1. WPROWADZENIE

W miarę jak rosną wymagania w zakresie jakości ścieków odprowadzonych do środowiska, biologiczne procesy oczyszczania ścieków muszą być stale udoskonalane. Technologia sekwencjonowania wsadowego reaktora SBR (Sequencing Batch Reactor) jest modyfikacją popularnego procesu z osadem czynnym ASP (Activated Sludge Process) [1]. Taka konwersja ciągłego charakteru procesu oczyszczania opartego na osadzie czynnym na proces wsadowy, jak w SBR, poprawia elastyczność oraz kontrolę zachodzących procesów, tak aby osiągnąć wymagania w zakresie odprowadzania ścieków do odbiornika. Współczesny rozwój oczyszczania ścieków osadem czynnym w systemach porcjowych dokonał się dzięki badaniom Irvine'a i jego współpracowników w latach sześćdziesiątych XX wieku. Irvine po raz pierwszy użył nazwy sekwencyjny reaktor biologiczny dla jednozbiornikowego reaktora, który zaprojektował w 1969 roku do oczyszczania na dużą skalę ścieków przemysłowych w Corpus Christi w Teksasie [2]. W pierwszych latach technologia SBR była wykorzystywana głównie w gminnych oczyszczalniach ścieków bytowo-gospodarczych. Ze względu na elastyczność projektowania i lepszą kontrolę, którą można osiągnąć dzięki nowoczesnej technologii, zastosowanie procesu SBR nie ograniczyło się tylko do oczyszczania ścieków komunalnych, ale znalazło również szerokie zastosowanie w biologicznym oczyszczaniu ścieków przemysłowych zawierających trudne do oczyszczenia związki organiczne [3]. Ponieważ proces SBR można skutecznie zautomatyzować, pozwala on zaoszczędzić ponad 60% kosztów operacyjnych wymaganych w przypadku konwencjonalnego procesu z osadem czynnym, a także można osiągnąć wysoką jakość ścieków przy krótkim czasie napowietrzania [4]. W gęsto zaludnionych krajach, takich jak np. Indie, oraz w Europie SBR jest uważany za technologię BAT ze względu na niskie zapotrzebowanie na powierzchnię oraz siłę roboczą. Proces SBR ze względu na zmniejszenie zużycia energii, usuwanie składników odżywczych i kontrolę bakterii nitkowatych jest częściej preferowany niż proces ciągłego przepływu [1]. Z tych powodów proces SBR zyskuje w ostatnich latach na popularności. Technologia SBR w ciągu ostatnich kilku lat przechodziła kilka, zarówno drobnych, jak i poważnych modyfikacji, aby skutecznie oczyszczać gwałtownie rosnącą liczbę nowych zanieczyszczeń w ściekach. Ten artykuł przedstawia wgląd w technologię, jak również przegląd najnowszych postępów w projektowaniu i stosowaniu technologii SBR.

2. SBR PROCESS

SBR systems should therefore be understood as biological processes of wastewater treatment, whose common feature is:

- application of the activated sludge process to biological wastewater treatment,
- the process of biological treatment and separation of the activated sludge from the treated wastewater takes place in the same tank,
- the water level in the tank is raised by the supply of wastewater for treatment,
- the treated wastewater is discharged from the tank in portions [4].

Depending on the scale of operations, the SBR system, with its variants and hybrids, may include single-tank or multi-tank reactors, each with five basic operating phases [1]. The duration of each phase in the tank can be adapted to different treatment requirements, such as low COD in the wastewater, biological removal of nutrients, etc. Figure 1 schematically shows the different operating modes of the SBR system. The number of phases also provides information on a number of alternative solutions that can be applied at each of the individual stages in order to achieve the assumed purification objectives [4].

During the filling phase, the tank receives wastewater that comes into contact with the active biomass left in the reactor at the end of the previous cycle. Depending on the characteristics of the wastewater, the target organic matter and the biological removal of nutrients, three variants can be used individually or in combination: static filling, mixing and aeration. During static filling, the incoming wastewater is added without mixing to the biomass already present in the SBR, which is almost similar to the batch flow situation, creating a high nutrient-microbial ratio (F/M), similar to the selector chamber used in the ASP, stimulating the growth of floccogenic bacteria by suppressing those that provide good sedimentation properties [3].

2. PRZEBIEG PROCESU SBR

Jako systemy SBR należy zatem rozumieć procesy biologiczne oczyszczania ścieków, których wspólnymi cechami są:

- zastosowanie procesu osadu czynnego do biologicznego oczyszczania ścieków,
- przebieg procesów biologicznego oczyszczania i oddzielanie osadu czynnego od oczyszczonych ścieków następuje w tym samym zbiorniku,
- zwierciadło wody w zbiorniku podnosi się na skutek doprowadzania przeznaczonych do oczyszczania ścieków,
- oczyszczone ścieki odprowadzane są ze zbiornika porcjowo [4].

W zależności od skali działania system SBR, wraz z jego wariantami i hybrydami, może obejmować reaktory jedno- lub wielozbiornikowe, z których każdy posiada pięć podstawowych faz pracy [1]. Czas trwania każdej fazy w zbiorniku może być dostosowany do różnych potrzeb oczyszczania, takich jak niskie ChZT w ściekach, biologiczne usuwanie składników pokarmowych itp. Rysunek 1 schematycznie przedstawia różne tryby pracy systemu SBR. Liczba faz informuje również o kilku alternatywnych rozwiązaniach możliwych do zastosowania na każdym z poszczególnych etapów, tak aby osiągnąć założone cele oczyszczania [4].

Podczas fazy napełniania zbiornik odbiera surowe ścieki, które kontaktują się z aktywną biomasą pozostawioną w reaktorze pod koniec poprzedniego cyklu. W zależności od charakterystyki ścieków, docelowej substancji organicznej i biologicznego usuwania składników pokarmowych można stosować pojedynczo lub łącznie trzy warianty: napełnienie statyczne, mieszanie i napowietrzanie. Podczas napełnienia statycznego wpływające ścieki są dodawane bez mieszania do biomasy obecnej już w reaktorach, co przypomina prawie sytuację przepływu wsadowego, czego efektem jest wysoki stosunek pożywki do mikroorganizmów (F/M), podobnie jak w przypadku komory selektora używanej w metodach osadu czynnego, promując wzrost bakterii flokogennych poprzez wytłumienie tych, które zapewniają dobre właściwości sedymentacji osadu [3].

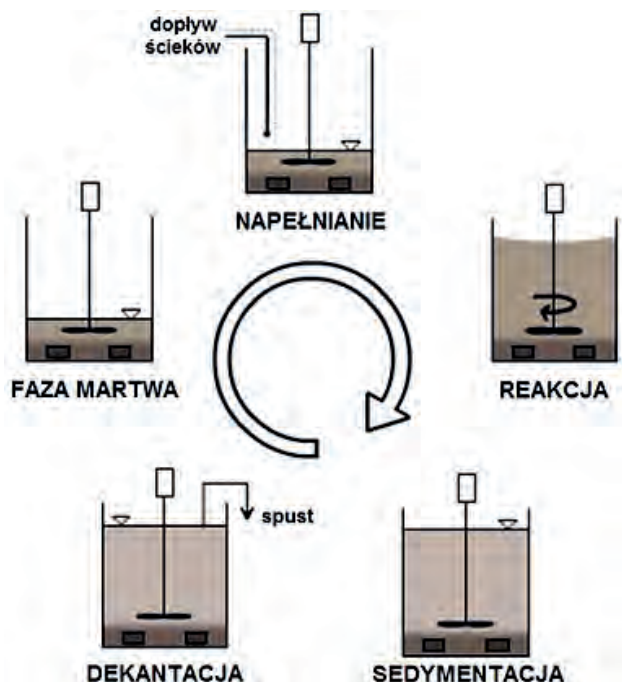


Fig. 1. Concept of operation of the SBR reactor [4]

Rys. 1. Koncepcja pracy reaktora SBR [4]

Reaction phase – in this phase, aerobic and anaerobic conditions are alternately generated. The load on the activated sludge increases with the flow of wastewater.

Sedimentation phase – operation of the aeration and mixing device is stopped. The process of sludge sedimentation and wastewater clarification begins.

Decantation phase – once the sedimentation process is complete, the activated sludge accumulates in the bottom layer, revealing the clarified wastewater layer. Pumped or static decanting of treated wastewater takes place. Excess sludge is removed at the end of the decantation period.

The dead phase – this is the time between decantation and filling. This phase is often necessary when several reactors are operating in parallel. At this stage, depending on the exploitation strategy, biomass mixing may be used to condition the reactive content [3].

3. DIFFERENT SBR TECHNOLOGY OPTIONS

3.1. Cyclic Active Sediment System (CASS)

The Cyclic Activated Sludge System (CASS) is one of the most popular sequencing reactor (SBR) processes used to treat municipal wastewater and wastewater from various industries, including refineries and petrochemical plants [5].

Compared to the traditional activated sludge process, it offers a number of operational and performance advantages. The CASS SBR process fulfils all the

Faza reakcji – w tej fazie wytwarzane są na przemian warunki tlenowe oraz niedotlenione. Obciążenie osadu czynnego rośnie wraz z ilością dopływających ścieków.

Faza sedymentacji – wstrzymana jest praca urządzenia napowietrzająco-mieszającego. Rozpoczyna się proces sedymentacji osadu oraz klarowania ścieków.

Faza dekantacji – po zakończeniu procesu sedymentacji osad czynny gromadzi się w warstwie przydennej, odsłaniając warstwę sklarowanych ścieków. Następuje pompowa lub statyczna dekantacja ścieków oczyszczonych. Po zakończeniu dekantacji usuwany jest osad nadmierny.

Faza martwa – to czas pomiędzy fazą dekantacji a napełnieniem. Potrzeba takiej fazy jest często konieczna, gdy kilka reaktorów pracuje równolegle. Na tym etapie, w zależności od strategii eksploatacyjnej, może być stosowane mieszanie biomasy w celu kondycjonowania zawartości reaktywnej [3].

3. WARIANTY TECHNOLOGII SBR

3.1. Cykliczny system osadów czynnych (CASS)

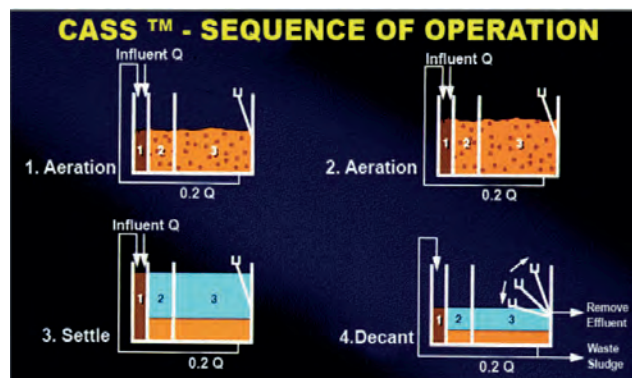
Cykliczny system osadów czynnych (CASS) jest jednym z najpopularniejszych procesów reaktorów sekwencyjnych (SBR) stosowanych do oczyszczania ścieków komunalnych oraz ścieków z różnych branż, w tym rafinerii i zakładów petrochemicznych [5].

W porównaniu z tradycyjnym procesem osadu czynnego ma on wiele zalet eksploatacyjnych i wydajnościowych. Proces CASS SBR spełnia

functions of a conventional sludge installation by using a single tank with variable volume in variable mode of operation, thus eliminating the requirement to use wastewater treatment and highly efficient pumping of activated sludge [1].

The Cyclic Activated Sludge System (CASS) combines a high level of process sophistication in a cost-effective, space-saving configuration that offers a methodology that is simple to use, flexible, reliable, not available in conventionally configured activated sludge systems. Its unique design provides an effective means to control sludge swelling, which is a common problem in conventional processes and other activated sludge systems [5].

The CASS SBR reactor tank is partitioned into three parts (zone 1 – selector, zone 2 – secondary aeration, zone 3 – main aeration) as shown in Figure 2. Sludge biomass is periodically recycled from Zone 3 to zone 1 to remove easily degradable soluble substrate and favouring the development of floccogenic microorganisms [5]. The design of the system shall be such that sludge return results in an approximate daily life cycle of the biomass in the main aeration zone through the selection zone. No special mixing devices or formal anaerobic mixing sequences are required to achieve the required discharge values. The configuration and operation mode of the tank enables the application of combined nitrogen and phosphorus removal mechanisms by means of a simple “one-time” aeration control [5].



3.1.1. Advantages of CASS

SBR CASS maximizes ease of use, reliability and flexibility. Important reasons why CASS SBR is used compared to conventional aeration and treatment of fixed volume activated sludge include [6]:

- ability to work under continuous reduced load thanks to simple cycle adjustment;

wszystkie funkcje konwencjonalnej instalacji osadu czynnego poprzez zastosowanie jednego zbiornika o zmiennej objętości w zmiennym trybie pracy, eliminując w ten sposób konieczność stosowania doczyszczania ścieków oraz wysokowydajnego pompowania osadu czynnego [1].

CASS łączy w sobie wysoki poziom zaawansowania procesu w konfiguracji, która jest ekonomiczna i zajmuje mało miejsca oraz oferuje metodologię, która jest prosta w obsłudze, elastyczna i niezawodna, niedostępna w konwencjonalnie konfigurowanych systemach osadu czynnego. Jego unikalna konstrukcja zapewnia skuteczne środki kontroli spęczniania osadu, co jest częstym problemem w konwencjonalnych procesach i innych systemach osadu czynnego [5].

Zbiornik reaktora CASS SBR podzielony jest przegrodowo na trzy części (strefa 1 – selektor, strefa 2 – napowietrzanie wtórne, strefa 3 – napowietrzanie główne), co jest przedstawione na rysunku 2. Biomasa osadowa jest okresowo poddawana recyrkulacji ze strefy 3 do strefy 1 w celu usunięcia łatwo degradablego rozpuszczalnego substratu i sprzyjania rozwojowi mikroorganizmów flocotwórczych [5]. Nie są wymagane żadne specjalne urządzenia mieszające ani formalne beztlenowe sekwencje mieszania, aby osiągnąć wymagane wartości w zakresie odprowadzania ścieków. Konfiguracja i tryb pracy zbiornika umożliwia stosowanie połączonych mechanizmów usuwania azotu i fosforu poprzez prostą „jedenorazową” kontrolę napowietrzania [5].

Fig. 2. The operating cycle of the CASS SBR reactor [5]

Rys. 2. Cykl pracy reaktora CASS SBR (opracowanie własne na podstawie [5])

3.1.1. Zalety CASS

SBR CASS maksymalizuje prostotę obsługi, niezawodność i elastyczność. Do ważnych powodów, dla których CASS SBR jest stosowany w porównaniu z konwencjonalnym procesem napowietrzania i oczyszczania osadu czynnego o stałej objętości, można zaliczyć [6]:

- możliwość pracy pod ciągłym zmniejszonym obciążeniem dzięki prostej regulacji cyklu;

- possibility of So/Xo operation (control of substrate/microbial ratio), aeration intensity to prevent sludge swelling and ensure endogenous breathing (removal of all available substrates), nitrification and denitrification with increased phosphorus removal;
- possibility of working in conditions of simultaneous (co-current) nitrification and denitrification through variability of aeration intensity;
- highly tolerant of organic and hydraulic load variations. The system is easily configurable and operated in order to adapt to short-term and long-term seasonal changes;
- elimination of secondary settling;
- no separate load compensation. The SBR CASS container is itself an equalisation tank and a settling tank;
- the ability to remove nutrients without the addition of chemical compounds (calcium, PIX) by controlling the oxygen demand;
- capital benefits and low operating costs;
- effectively treats wastewater contaminated with oil;
- easy extension of the installation due to simple modular construction and common wall [2, 6].

3.2. Unitank technology

Unitank is a biological wastewater treatment system that combines the advantages of a traditional sludge process with those of an SBR reactor. The basic Unitank configuration consists of one tank divided into three hydraulically connected chambers [7]. The capacity of each chamber is the same, and it has an aeration system and there is no possibility of external recirculation of sludge. The outer compartments act alternately as aeration and sedimentary settling tanks and the central compartment as aeration units. A single operational cycle consists of two main stages. An advanced Unitank variant is used to remove nitrogen and phosphorus compounds. Wastewater is delivered to all three tanks, while after treatment it is collected from the central tank. This configuration has one or two additional anaerobic chambers with internal recirculation of mixed sludge [8]. Unitank is more suitable for small and medium sized wastewater treatment plants with the advantages of simple design, reduced space requirement, economical and reliable operation. Unitank is used in both square and round configurations, as shown in Figures 3 and 4. Unitank is most commonly used in countries such as China, Mexico, Argentina, Brazil, Vietnam and others [7].

- możliwość trybu pracy So/Xo (kontrola stosunku substratu do mikroorganizmów), intensywność napowietrzania w celu zapobiegania spęczniania się osadów i zapewnienia endogenicznego oddychania (usunięcie wszystkich dostępnych substratów), nityfikacji i denityfikacji wraz ze zwiększonym usuwaniem fosforu biologicznego;
- możliwość pracy w warunkach jednoczesnej (współprądowej) nityfikacji i denityfikacji poprzez zmienność natężenia napowietrzania;
- duża tolerancja na zmienność obciążenia organicznego i hydraulicznego. System jest łatwo konfigurowalny i obsługiwany w celu dostosowania do krótkotrwałych i długotrwałych zmian sezonowych;
- eliminacja osadnika wtórnego;
- eliminacja oddzielnego wyrównania obciążenia. Zbiornik SBR CASS jest sam w sobie zbiornikiem wyrównawczym i osadnikiem;
- zdolność do usuwania składników odżywczych bez dodatku związków chemicznych (wapno, PIX) poprzez kontrolę zapotrzebowania na tlen;
- niskie koszty inwestycyjne;
- skutecznie oczyszcza zanieczyszczenia olejami;
- łatwa rozbudowa instalacji dzięki prostej konstrukcji modułowej i ścianie wspólnej [2, 6].

3.2. Technologia Unitank

Unitank to biologiczny system, który łączy w sobie zalety tradycyjnego procesu z osadem czynnym oraz reaktora SBR. Podstawowa konfiguracja Unitank składa się z jednego zbiornika podzielonego na trzy seryjnie połączone hydraulicznie komory [7]. Pojemność komór jest jednakowa, posiada system napowietrzania i nie ma możliwości zewnętrznej recyrkulacji osadu. Przedziały zewnętrzne działają naprzemiennie jako osadniki napowietrzający i osadowy, natomiast środkowy jako jednostka napowietrzająca. Pojedynczy cykl składa się z dwóch głównych etapów. Do usunięcia związków azotu i fosforu stosuje się zaawansowany wariant Unitank, który wprowadza dodatkową komorę anoksydacyjną z wewnętrzną recyrkulacją wymieszanego osadu [8]. Ścieki doprowadzane są do wszystkich trzech zbiorników, natomiast po oczyszczeniu odbierane są z środkowej komory. Unitank jest bardziej odpowiedni dla małych i średnich oczyszczalni ścieków z zaletami prostej konstrukcji, mniejszego zajmowania terenu, oszczędnej i niezawodnej pracy. System Unitank jest stosowany zarówno w konfiguracjach prostokątnych, jak i okrągłych, co przedstawiają rysunki 3 oraz 4. Unitank najczęściej stosuje się w krajach takich jak: Chiny, Meksyk, Argentyna, Brazylia, Wietnam itp. [7].

Features of Unitank:

- advanced treatment to achieve stringent requirements for wastewater treatment;
- compact installation – easy to integrate anywhere;
- low noise and odour emissions;
- fully automatic, reliable and flexible operation;
- economical use of energy and chemicals;
- the basic concept for rapid design and construction;
- suitable for a wide range of wastewater types;
- favourable price/quality ratio [1, 8].



Zalety systemu Unitank:

- zaawansowane oczyszczanie, spełniające surowe wymagania dotyczące oczyszczania ścieków;
- kompaktowa instalacja – łatwa do zintegrowania w każdym miejscu;
- niska emisja hałasu i odorów;
- w pełni zautomatyzowana, niezawodna i elastyczna obsługa;
- oszczędne zużycie energii i chemikaliów;
- podstawowa koncepcja, umożliwiająca szybkie projektowanie i budowę;
- przydatny do szerokiej gamy rodzajów ścieków;
- korzystny stosunek ceny do jakości [1, 8].

Fig. 3. Basic Unitank configuration in the square module. Pemex, Mexico, oil company [9]

Rys. 3. Konfiguracja Unitank podstawowa w module prostokątnym. Koncern naftowy Pemex, Meksyk [9]



Fig. 4. Unitank configuration in the round module. Rousselot, Argentina [9]

Rys. 4. Konfiguracja Unitank w module okrągłym. Rousselot, Argentyna [9]

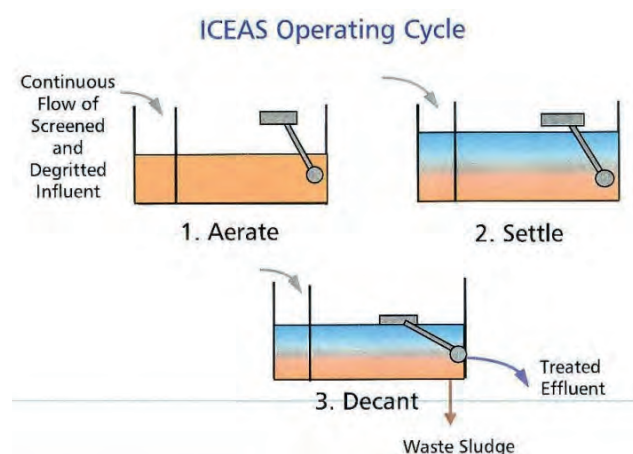
3.3. Intermediate Extended Air System Cycle (ICEAS)

A further improvement of the SBR batch technology is the ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System) process, which processes a continuous flow of wastewater. The variable flow is supported by a distribution box that distributes the flow evenly over all vessels to avoid overloading a single reactor. Pre-reaction zone with a high nutrient/microbial ratio acts as a selector. In this way, better sedimentation and flocculation inhibition can be achieved [4]. The main reactor zone, located in the pre-reaction zone, operates in three basic operating modes (reaction, sedimentation and decantation). Uniform loading of

3.3. Pośredni cykl rozszerzonego systemu napowietrzania (ICEAS)

Kolejnym udoskonaleniem technologii wsadowego SBR jest proces ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System), który przetwarza ciągły dopływ ścieków. Zmienny dopływ jest obsługiwany przez skrzynkę rozdzielającą, która rozdziela przepływ równomiernie na wszystkie zbiorniki, aby uniknąć przeciążenia pojedynczego reaktora. Strefa przedreakcyjna o wysokim stosunku substancji odżywczych do mikroorganizmów F/M działa jak selektor. W ten sposób można osiągnąć lepsze osadzanie osadu i zahamowanie wzrostu kłaczków [4]. Główna strefa reaktora, znajdująca się po strefie przedreakcyjnej, działa w trzech

all tanks with continuous inlet simplifies operation and control of the process. It also facilitates maintenance [10]. Compared to the conventional SBR process, the investment costs are much lower as only one set of tanks is required. ICEAS is becoming increasingly popular in China, USA, UK, Peru, Qatar, etc. due to the replacement of old wastewater treatment plants or the construction of new plants with limited space or better wastewater quality requirements [11]. Figure 5 shows a schematic representation of the ICEAS process cycle.



Advantages of ICEAS:

- capacities from 100 m³/d to 300.000 m³/d with the possibility of handling large flow fluctuations;
- minimises energy consumption by up to 50%;
- there is little usable floor space;
- simple, intuitive control;
- removes nitrogen and phosphorus;
- capable of acting as a single container to facilitate maintenance and/or to provide shutdown if the system is operated below design loads [10].

4. PROCESS CONTROL

The SBR process outperforms the activated sludge processes due to its superiority in many respects, such as improved COD quality in wastewater, better control of filamentous bacteria and low energy consumption. These achievements were made possible by the excellent process control in the SBR. SBR process control technologies have evolved steadily over the past 30 years, leading to the development of a wide range of control systems to balance the complexity of the SBR process [2].

podstawowych trybach pracy (reakcji, osadzania oraz dekantacji). Równomierny załadunek wszystkich zbiorników przy ciągłym dopływie upraszcza obsługę i kontrolę procesu. Ułatwia również konserwację [10]. W porównaniu z konwencjonalnym procesem SBR koszty inwestycyjne są znacznie niższe, ponieważ wymagany jest tylko jeden zestaw zbiorników. ICEAS cieszy się coraz większą popularnością w Chinach, USA, Wielkiej Brytanii, Peru, Katarze itp. ze względu na zastępowanie starych oczyszczalni ścieków lub budowę nowych zakładów, w których dostępna jest ograniczona przestrzeń lub wymagana jest lepsza jakość ścieków [11]. Rysunek 5 przedstawia schematycznie cykl działania procesu ICEAS.

Fig. 5. ICEAS operation diagram [12]

Rys. 5. Schemat działania układu ICEAS [12]

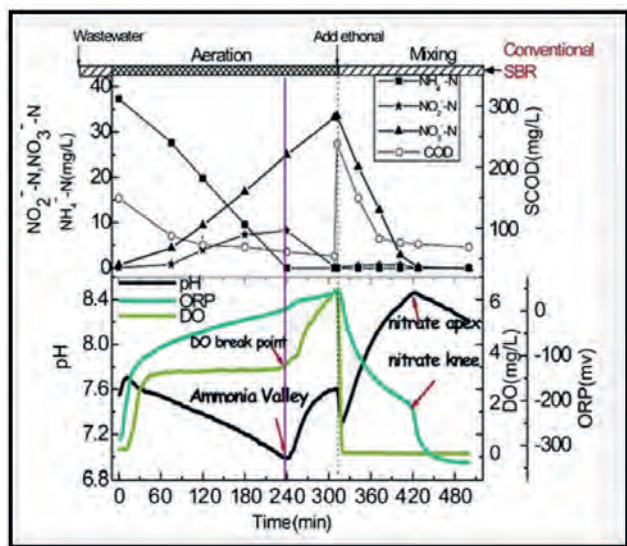
Zalety układu ICEAS:

- wydajności od 100 m³/d do 300,000 m³/d z możliwością obsługi dużych wahań przepływu;
- minimalizuje zużycie energii nawet o 50%;
- niewielka powierzchnia użytkowa;
- proste, intuicyjne sterowanie;
- skutecznie usuwa azot i fosfor;
- zdolność do działania w charakterze pojedynczego zbiornika w celu ułatwienia konserwacji i/lub zapewnienia wyłączenia, jeżeli instalacja pracuje poniżej obciążeń projektowych [10].

4. KONTROLA PROCESU

Proces SBR przewyższa proces osadu czynnego w wielu aspektach, takich jak lepsza jakość ścieków pod względem ChZT, lepsza kontrola bakterii nitkowatych oraz niskie zużycie energii. Osiągnięcia te były możliwe dzięki doskonałej kontroli procesu w SBR. W ciągu ostatnich 30 lat technologie sterowania procesem SBR stale się rozwijały, prowadząc do opracowania szerokiej gamy systemów sterowania, aby zrównoważyć złożoność procesu SBR [2].

The classic SBR control is performed with a fixed time cycle, which has the disadvantage that it does not allow the length cycle to be adjusted to compensate for the effect of process deviations and changes in the composition of the delivered wastewater. On the other hand, real-time control should provide greater flexibility to adjust the optimized control under different conditions [13]. Precise process control in real time requires feedback at least at the beginning and the end of the different biological reactions within the SBR. Real-time monitoring of direct parameters such as COD or BOD and various forms of nitrates and phosphates may not be sufficiently accurate with currently available technology [14]. Monitoring of parameters, such as pH, dissolved oxygen and redox potential, may successfully indicate reaction processes that occur during carbon and nitrogen removal in SBR processes [13]. Figure 6 shows the time dependence of these parameters during one typical conventional SBR cycle, as well as the concentration values of COD and various forms of nitrogen.



Klasyczną kontrolę SBR przeprowadza się przy ustalonym cyklu czasowym, co ma tę wadę, że nie pozwala na dostosowanie cyklu długości w celu skompensowania wpływu odchylenia procesu i zmian w składzie dostarczanych ścieków. Z drugiej strony, sterowanie w czasie rzeczywistym powinno zapewnić większą elastyczność w celu dostosowania zoptymalizowanego sterowania w różnych warunkach [13]. Precyzyjna kontrola procesu w czasie rzeczywistym wymaga informacji zwrotnej przynajmniej na temat początku i końca różnych reakcji biologicznych zachodzących w ramach SBR. Monitorowanie w czasie rzeczywistym bezpośrednich parametrów, takich jak ChZT lub BZT, oraz różnych form azotanów i fosforanów może nie być wystarczająco dokładne przy obecnie dostępnej technologii [14]. Monitorowanie parametrów takich jak pH, tlen rozpuszczony oraz potencjał redoks może dostarczać informacji na temat reakcji, które zachodzą podczas usuwania węgla i azotu w procesach SBR [13]. Na rysunku 6 przedstawiono zależności tych parametrów od czasu podczas jednego typowego cyklu układu SBR, a także wartości stężenia ChZT oraz różnych form azotu.

Fig. 6. Curves of dissolved oxygen values, pH, redox potential and $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations during the nitrification and denitrification process in the SBR reactor [13]

Rys. 6. Krzywe wartości tlenu rozpuszczonego, pH, potencjału redoks oraz stężeń $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$ podczas procesu nitryfikacji i denitryfikacji w reaktorze SBR (opracowanie własne na podstawie [13])

The redox potential is directly related to the nitrification rate and other biological reactions under aerobic or anaerobic conditions [13]. Under normal conditions, the redox potential is positive and increases in the aeration phase, and negative in the anaerobic phase. The normal range of redox potentials is from 0 mV to 50 mV under aerobic conditions and from 0 mV to -300 mV under anaerobic conditions. In the anaerobic phase, the redox potential decreases with time; there is a steep slope, known as the nitrate knee, which signifies the end of denitrification, so

Potencjał redoks wykazuje bezpośredni związek z szybkością nitryfikacji i innymi reakcjami biologicznymi w warunkach tlenowych lub beztlenowych [13]. W normalnych warunkach potencjał redoks jest dodatni i wzrasta w fazie napowietrzania, a ujemny w fazie beztlenowej. Normalny zakres wartości potencjału redoks wynosi od 0 mV do 50 mV w warunkach tlenowych oraz od 0 mV do -300 mV w warunkach beztlenowych. W fazie beztlenowej potencjał redoks maleje w zależności od czasu; występuje strome opadanie, znane jako kolano azotanowe, które oznacza koniec

that the anaerobic phase can be safely stopped and the next step started [15].

During denitrification, the pH increases and decreases during the nitrification process [13]. There are two important points on the pH-value curve with respect to time:

1. **Ammonia valley.** As ammonia is oxidised to nitric acid in the first phase of nitrification, the pH gradually decreases at the beginning of the process. When all the ammonia is oxidised to produce a peak concentration of nitrites, the acid production process is stopped, the pH curve reaches a minimum value, which is referred to as the “ammonia valley” [15].
2. **Nitrate apex.** During the anaerobic phase, the pH increases and forms a steadily increasing graph. Maximum achievement is achieved when all nitrate is converted to nitrogen, indicating the end of the denitrification phase. The “tip of nitrate” exactly corresponds to the “nitrate knee” as observed in the redox potential value curve [15].

Studies show that the pH profile is the best indicator of changes in the value of microorganisms occurring inside the SBR reactor [13]. However, the overall alkalinity of waste water often provides a significant buffering capacity which minimizes noticeable fluctuations in pH which reduces the pH value as an indicator [15].

During aeration, when COD is reduced, dissolved oxygen is consumed. In the case of nitrification, which takes place in two stages, the oxygen consumption in the first stage of the process is three times higher than in the second stage. In the second stage of the process, the level of dissolved oxygen increases noticeably. The point where the nitrification process steps change occurs at the same time as the “ammonia valley” [14]. After aeration, the oxygen value drops rapidly to zero and keeps it until the end of the anaerobic phase.

Oxygen controls (OUR) are becoming more and more popular. OUR is the consumption of oxygen in a time unit per reactor volume unit, which can be calculated by a PC or PLC (Programmable Logic Controller) from oxygen sensor-based measurements. OUR was used to control new SBR processes such as short-chain nitrification and intensification of biological phosphorus removal (EBPR). The point of refraction of the OUR signal curve (the first OUR derivative), from negative to positive, indicated the end point of phosphate uptake [16].

denitryfikacji, dzięki czemu można bezpiecznie zatrzymać fazę beztlenową i rozpocząć kolejny etap [15].

Podczas denitryfikacji pH wzrasta i spada podczas procesu nitryfikacji [13]. Istnieją dwa ważne punkty na krzywej wartości pH w odniesieniu do czasu:

1. **Dolina amoniaku.** Ponieważ w pierwszej fazie nitryfikacji amoniak jest utleniany do kwasu azotowego(III), pH na początku procesu ulega stopniowemu obniżeniu. Gdy cały amoniak zostanie utleniony w celu wytworzenia szczytowego stężenia azotanów, następuje zatrzymanie procesu wytwarzania kwasu, krzywa pH osiąga minimalną wartość, która określa się jako „dolina amoniaku” [15].
2. **Wierzchołek azotanowy.** Podczas fazy beztlenowej pH wzrasta. Maksimum osiąga się, gdy cały depozyt jonów azotanowych zostaje przekształcony w azot, wskazując koniec fazy denitryfikacji. „Wierzchołek azotanowy” dokładnie odpowiada „kolanowi azotanowemu”, co zaobserwowano na krzywej wartości potencjału redoks [15].

Badania pokazują, że profil pH jest najlepszym wskaźnikiem zmian liczebności mikroorganizmów zachodzących wewnątrz reaktora SBR [13]. Jednakże zasadowość ogólna ścieków często zapewnia znaczną zdolność buforowania, która minimalizuje zauważalne wahania pH, co zmniejsza wartość pH jako wskaźnika [15].

Podczas napowietrzania, gdy ChZT ulega obniżeniu, zużywa się tlen rozpuszczony. W przypadku nitryfikacji, która zachodzi dwuetapowo, zużycie tlenu w pierwszym etapie procesu jest trzykrotnie większe niż w drugim. W drugim etapie procesu poziom tlenu rozpuszczonego zauważalnie rośnie. Punkt zmiany etapów procesu nitryfikacji następuje w tym samym czasie co „dolina amoniaku” [14]. Po zakończeniu napowietrzania wartość tlenu gwałtownie spada do zera i utrzymuje go do końca fazy beztlenowej.

Z racji prostej obsługi i dokładności pomiarów coraz popularniejsze stają się kontrole poboru tlenu (OUR). OUR jest to zużycie tlenu w jednostce czasu na jednostkę objętości reaktora, które może być obliczone przez komputer PC lub sterownik PLC (programowalny sterownik logiczny) na podstawie pomiarów tlenu opartych na czujnikach. OUR zastosowano w kontroli nowych procesów SBR, takich jak nitryfikacja krótkołańcuchowa oraz intensyfikacja biologicznego usuwania fosforu (EBPR). Punkt załamania krzywej sygnału dOUR (pierwsza pochodna OUR), od ujemnej do dodatniej, wskazywał punkt końcowy pobierania fosforanu [16].

At the end of the twentieth century, mathematical modelling became popular to optimise performance and effectively control contaminant removal in SBR by simulation, instead of experimenting with trials and errors on a full scale. Model IAWQ ASM2 with further modifications can be used for modelling of long-term nutrient removal in SBR with better phosphorus dynamics [16].

5. CONCLUSIONS

The use of various variants of SBR reactor improvements allows for better treatment of wastewater depending on the requirements of a given treatment plant. In case of problems with swelling sludge and high variability in the amount of incoming wastewater, it is beneficial to introduce the CASS system, which additionally does not require a large area for expansion. Another solution is Unitank technology, which is ideal for smaller plants with a high diversity of inflowing wastewater. However, in order for the system to effectively treat wastewater with high nitrogen and phosphorus content, additional anaerobic chambers must be introduced. The most recent configuration presented is the ICEAS system, which has an unquestionable advantage of up to 300.000 m³/d with the possibility of handling large flow fluctuations. It is very popular due to lower investment costs as well as energy savings of up to 50% compared to the classical system. The main disadvantage of SBR reactors is the cyclical removal of daily sewage load, which makes the system sensitive to daily and hourly irregularity in the sewage inflow.

However, in order to correctly estimate which modernization is most beneficial for a given plant, simulation models are used, with the latest and most popular being the IAWQ ASM2 model. It allows, among other things, to simulate the operation of the plant after each of the available upgrades and to select the most efficient one.

Modelling programs also allow advanced process control, which is at the heart of the SBR system. The introduction of a real-time control strategy can enable the SBR process to achieve greater robustness, reliability and optimized performance. This will increase energy efficiency and help widen the scope of the SBR process. Future research on SBR strategies should include the development of an intelligent monitoring system that evaluates feedback in real time. In this way, the SBR process adapts to changing environmental conditions and the changing quality of

Pod koniec XX wieku popularne stało się modelowanie matematyczne w celu optymalizacji działania i skutecznej kontroli usuwania zanieczyszczeń w SBR poprzez symulację zamiast przeprowadzania eksperymentów metodą prób i błędów na pełną skalę. Obecnie często stosowany jest model do symulacji reaktora SBR, tj. model IAWQ ASM2. Model pozwala na przeprowadzenie symulacji pracy oczyszczalni pod wpływem parametrów znacznie odbiegających od normy, pozwala również na przewidywanie skutków ewentualnej awarii oraz na przetestowanie korzyści płynących z modernizacji oczyszczalni. Może on być skutecznie wykorzystany do modelowania długoterminowego usuwania składników pokarmowych w SBR z uwzględnieniem szerokiej dynamiki zmian stężenia fosforu [16].

5. WNIOSKI

Zastosowanie różnych wariantów usprawnień reaktorów SBR pozwala na lepsze oczyszczanie ścieków w zależności od potrzeb danej oczyszczalni. W przypadku problemów z pęczniejącym osadem oraz dużych zmienności w ilości dopływających ścieków korzystne jest wprowadzenie układu CASS, który dodatkowo nie wymaga dużej powierzchni w ramach rozbudowy. Kolejną propozycją jest technologia Unitank, sprawdzająca się idealnie w mniejszych oczyszczalniach o wysokiej różnorodności ścieków dopływających. Jednakże aby układ skutecznie oczyszczał ścieki z wysoką zawartością azotu i fosforu, należy wprowadzić dodatkowe komory beztlenowe. Ostatnią przedstawioną konfiguracją jest układ ICEAS, którego niewątpliwą zaletą jest wydajność do 300 000 m³/d z możliwością obsługi dużych wahań przepływu. Cieszy się on dużą popularnością ze względu na niższe koszty inwestycyjne, jak również oszczędność zużycia energii nawet do 50% w stosunku do klasycznego układu. Główną wadą reaktorów SBR jest cykliczny zrzut dobowego ładunku ścieków, przez co układ jest wrażliwy na nierównomierność dobową i godzinową w dopływie ścieków.

Jednakże aby poprawnie oszacować, jaka modernizacja jest najbardziej korzystna dla danej oczyszczalni, stosuje się modele do symulacji, przy czym najnowszym i najbardziej popularnym jest model IAWQ ASM2. Pozwala on między innymi na przeprowadzenie symulacji działania pracy oczyszczalni po każdej z dostępnych modernizacji i wybraniu najbardziej efektywnej.

Programy do modelowania pozwalają również na zaawansowaną kontrolę procesu, która jest sercem układu SBR. Wprowadzenie strategii sterowania

waste water in order to maintain optimal quality of treated waste water while maintaining a high degree of reliability.

w czasie rzeczywistym może umożliwić procesowi SBR osiągnięcie większej solidności, niezawodności i zoptymalizowanej pracy. Zwiększy to efektywność energetyczną i pomoże poszerzyć zakres stosowania procesu SBR. Przyszłe badania nad strategiami systemu SBR powinny obejmować opracowanie inteligentnego systemu nadzoru, który w czasie rzeczywistym dokonuje ewaluacji informacji zwrotnych. W ten sposób proces SBR dostosowuje się do zmieniających się warunków środowiskowych oraz do zmieniającej się jakości ścieków, tak aby utrzymać optymalną jakość ścieków oczyszczonych przy zachowaniu wysokiego stopnia niezawodności.

REFERENCES

- [1] Mittal A., *Biological Wastewater Treatment*, "Water Today", August 2011, pp. 32–41.
- [2] Metcalf & Eddy Inc., Tchobanoglous G., Burton F.L., Stensel H.D., *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th edition, Chicago 2003.
- [3] Heidrich Z., Witkowski A., *Urządzenia do oczyszczania ścieków*, Seidel-Przywecki, Warszawa 2005.
- [4] Masłoń A., Tomaszek J., *Sekwencyjne reaktory porcjowe w oczyszczaniu ścieków*, Politechnika Rzeszowska, 2011.
- [5] <https://www.chemtech-online.com/WAT/Arun_july11.html> [dostęp: 12.06.2018].
- [6] <<http://www.watertoday.org/Article%20Archive/Aquatech%2012.pdf>> [dostęp: 16.06.2018].
- [7] Zhang F., Liu J., Sui J., *Sludge concentration dynamic distribution and its impact on the performance of UNITANK*, "Journal of Environmental Sciences" 2007, 19, s. 141–147.
- [8] Bao D.J., Liu Z.M., Li J., *Research on UNITANK technology and its application in municipal wastewater treatment plant*, Appl. Mech. Mater., 2013.
- [9] <www.keppelseghers.com/en/download.ashx?id=2728> [dostęp: 13.06.2018].
- [10] <<https://www.xylem.com/en-us/products-services/treatment-products-systems/biological-treatment-processes/sequential-batch-reactor-sbr/iceas-advanced-sbr-d3f8bba3>> [dostęp: 12.06.2018].
- [11] <<https://www.xylem.com/Assets/Resources/1710-Sanitaire-ICEAS-BiologicalTreatmentProcess.pdf>> [dostęp: 11.06.2018].
- [12] <http://www.ohiowea.org/docs/Sanitaire_Pemberville_Presentation.pdf> [dostęp: 13.06.2018].
- [13] Dutta A., Sarka S., *Sequencing Batch Reactor for Wastewater Treatment: Recent Advances*, "Water Pollution" 2015, Vol. 1, Issue 3, pp. 177–190.
- [14] Blackburne R., Yuan ZQ., Keller J., *Demonstration of nitrogen removal via nitrite in a sequencing batch reactor treating domestic wastewater*, Water Res., 2008.
- [15] Peng Y.Z., Shao-Po W., Shu-Ying W., Jian-Ge H., Hai-Bing Q., *Effect of denitrification type on pH profiles in the sequencing batch reactor proces*, Water Sci. Technol., 2006.
- [16] Yang Q., Gu S., Peng Y., Wang S., Liu X., *Progress in development of control strategies for the SBR proces*, "Clean-Soil Air Water" 2010.

Acknowledgments:

The work was financed by the Kielce University of Technology, part of the statutory work No. 05.0.00.00/2.01.01.01.0001 MNSP.I.19.001

Podziękowania:

Praca była finansowana przez Politechnikę Świętokrzyską, w ramach pracy statutowej nr: 05.0.00.00/2.01.01.01.0001 MNSP.I.19.001



IHOR ROMANYSHYN
Kielce University of Technology
e-mail: iromanyshyn@tu.kielce.pl
MACIEJ HAJDUKIEWICZ
Kielce University of Technology
e-mail: mhajdukiewicz@tu.kielce.pl

Manuscript submitted 2018.11.25 – revised 2019.01.14,
initially accepted for publication 2019.02.10, published in June 2019

THE HEIGHT SURVEY OF MOUNT ŁYSICA IN THE CONTEXT OF VERIFICATION OF GEODESICAL AND CARTOGRAPHIC STUDIES

POMIAR WYSOKOŚCIOWY GÓRY ŁYSICY W KONTEKŚCIE WERYFIKACJI OPRACOWAŃ GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNYCH

DOI: 10.30540/sae-2019-012

Abstract

The subject of the article is the measurements of normal height (H) of the western top of Mount Łysica (Świętokrzyskie Mountains, Poland), carried out using the GNSS and geometric leveling methods according to standards for geodetic control network. As the elevation system EN-KRON86-NH was assumed. The reference data was the result of earlier measurements made using different methods: ALS, GNSS RTN and geometric levelling between selected points of Mount Łysica. The analysis of the survey results showed differences between the DEM from ALS measurement and the actual height reaching up to 0.47 m on small boulders and not exceeding the value of 0.17 m in the flat area. Differences between GNSS RTN measurement and geometric leveling based on GNSS static measurement did not exceed 0.03 m. An inventory of former state geodetic control network point "12 Góra Łysica" was also conducted. The point was found to be partially destroyed, and located 12 m south and 1.5 m below the actual top of the mountain. Therefore it was assumed, that a new geodetic control network point should be located on the top for the needs of forest inventory as well as setting the actual height of Mount Łysica.

Keywords: Aerial Laser Scanning, DEM, GNSS static

Streszczenie

W artykule opisano wyniki pomiarów wysokości normalnej H wybranych punktów na wierzchołku zachodnim góry Łysicy w paśmie Łysogór (Góry Świętokrzyskie), przeprowadzone metodami GNSS i niwelacji geometrycznej według standardów dla osnowy wysokościowej. Jako układ wysokościowy przyjęto PL-KRON86-NH, a wyniki zestawiono z wcześniejszymi pomiarami ALS, GNSS RTN i niwelacją geometryczną między wybranymi punktami wysokościowymi na masywie Łysicy. Analiza wyników pomiarów wykazała rozbieżności pomiędzy modelem terenu z pomiaru ALS a wysokością rzeczywistą osiągającą wartości do 0,47 m na niewielkich wypukłych formach terenu i nieprzekraczające wartości 0,17 m na terenie płaskim. Rozbieżności pomiędzy pomiarem GNSS RTN a niwelacją geometryczną w oparciu o pomiar GNSS static nie przekraczały wartości 0,03 m. Przeprowadzono również inwentaryzację stanu starego punktu osnowy geodezyjnej 12 góra Łysica. Wobec faktu, że punkt ten jest częściowo zniszczony i znajduje się w odległości 12 m w poziomie i 1,5 m poniżej rzeczywistego wierzchołka, zasadne wydaje się założenie nowego punktu osnowy, który służyłby m.in. pomiarom w ramach inwentaryzacji stanu lasu, a także wyznaczał rzeczywistą wysokość szczytu Łysicy.

Słowa kluczowe: lotniczy skaningu laserowy (ALS), numeryczny model terenu (NMT), pomiar statyczny GNSS

1. INTRODUCTION

Mount Łysica, is the highest peak of the Świętokrzyskie Mountains, with elevation of the 611.8 m a.s.l. according to contemporary topographic maps. On

1. WPROWADZENIE

Wysokość Łysicy, najwyższego szczytu Gór Świętokrzyskich, jest na współczesnych mapach topograficznych określana na 611,8 m n.p.m. Na podstawie

the basis of an analysis of DEM data of ALS survey, and GNSS measurements it was shown that this value is not exact [1]. Moreover, the relief of Łysica massif is more complicated than the mentioned maps presented. The massif of Łysica, lying in the western part of Łysogóry between The Krajeńska pass in the West and the Kakonińska pass to the East, has two tops: the western one (main), having the same name as Mount Łysica, and the eastern one, named Skała Agaty (The Rock of Agatha). Altitude of the western and eastern tops, measured using GNSS RTN referenced to PL KRON86-NH geoide are as follows: 613.4 and 613.7 m a.s.l., and differ from the values on the older maps, or on the DEM of contemporary ALS survey. Due to this fact, and for the need of an update of the database of the Świętokrzyski National Park (ŚPN), an inventory and measurement works were conducted in 2017. It was a part of the statutory work of the Geomatics Department of the Kielce University of Technology. The aim was to estimate the geodetic control network in the Łysica massif, and to determine the elevation and horizontal coordinates of inventoried control points, which are the basis for surveys for update of forest digital maps (LMN). The part of this work was also the calculation of the height above the sea level of the western peak of Łysica with high accuracy. The purpose of the work was to specify the height of the western peak of Mount Łysica in the state altitude reference system, based on the latest measurements of this area using the satellite leveling method, in relation to previous works. Although the western top is 0.3 m lower than the eastern one, it is treated as the main one, due to its relief, the location at the border of forest divisions and the location of the sign of geodetic control network (presently deleted from the current state database). Since the main top is formed as a fairly large peak platform, this location of the point has been considered as correct. The summit is not visibly eroded or denudated, which is normal for the relief of low mountains. The rock basement is dominated by hard and resistant to weathering quartzites of the Cambrian age. It is considered as tectonically stable, the same as the entire area of the Świętokrzyskie Mountains [2]. Therefore, it can be assumed, that geomorphological processes should not affect the results of altitude measurements carried out in this area during the last 150 years, as well as now. The survey works were undertaken to determine the actual height of the main Łysica peak

analizy danych NMT z pomiarów ALS oraz pomiarów GNSS wykazano, że wartość ta nie jest ścisła [1], a ponadto że topografia masywu Łysicy jest bardziej skomplikowana, niż przedstawiały to dotychczasowe opracowania. Masyw Łysicy, leżący w zachodniej części pasma Łysogór, pomiędzy Przełęczą Krajeńską na zachodzie a Przełęczą Kakonińską na wschodzie, posiada dwie kulminacje: wierzchołek zachodni (główny), do którego odnosi się nazwa góry Łysicy, oraz wierzchołek wschodni, czyli tzw. Skałę Agaty. Wysokości nad poziomem morza tych wierzchołków pomierzone metodą RTN GNSS w układzie PL-KRON86-NH wynoszą odpowiednio 613,4 i 613,7 m n.p.m. i różnią się od wartości na starszych opracowaniach kartograficznych oraz (w mniejszym stopniu) współczesnych opracowaniach na podstawie skaningu ALS. W związku z tym faktem oraz potrzebą uaktualnienia bazy danych dla Świętokrzyskiego Parku Narodowego (ŚPN) przeprowadzono w 2017 roku, w ramach pracy statutowej Zakładu Geomatyki Politechniki Świętokrzyskiej, pomiary mające na celu oszacowanie stanu osnowy geodezyjnej na terenie masywu Łysicy oraz określenie współrzędnych wysokościowych i poziomych odnalezionych i zinwentaryzowanych punktów osnowy pomiarowej, będącej bazą dla aktualizacji leśnej mapy numerycznej (LMN). Częścią tych prac było również określenie z wysoką dokładnością wysokości nad poziomem morza wierzchołka zachodniego góry Łysicy w aktualnym układzie wysokościowym, w oparciu o najnowsze pomiary tego terenu metodą niwelacji satelitarnej. Pomimo że wierzchołek ten jest niższy o 0,3 m od Skały Agaty, ze względu na ukształtowanie, położenie na granicy oddziałów leśnych oraz umieszczenie na nim znaku osnowy geodezyjnej (obecnie skreślonego z ewidencji w banku osnów) jest traktowany wciąż jako główny. Ponieważ wierzchołek ten ma postać dość rozległej platformy szczytowej, taka lokalizacja punktu została uznana za poprawną. Szczyt nie podlega w widoczny sposób niszczącym procesom geomorfologicznym, co jest typowe dla rzeźby gór niskich. W podłożu dominują twarde i odporne na wietrzenie kwarcyty wieku górnokambryjskiego. Jest ono traktowane jako stabilne, podobnie jak cały obszar Gór Świętokrzyskich [2]. Można zatem przyjąć, że procesy geomorfologiczne nie powinny mieć wpływu na wyniki pomiarów wysokościowych prowadzonych na tym terenie w ciągu ostatnich 150 lat, jak również obecnie. Celem artykułu jest zestawienie rzeczywistej (tzn. pomierzonej precyzyjnie metodą GNSS static i niwelacji geometrycznej) wysokości wierzchołka głównego Łysicy w aktualnym układzie wysokościowym

in the current altitude system, as well as to verify the accuracy of the height of the geodesic control point “12 Góra Łysica”, in the context of the update of cartographical studies, as well as for assessment of the accuracy of DEM made using ALS survey.

2. THE HEIGHT AND RELIEF OF THE MAIN PEAK OF MOUNT ŁYSICA IN THE PREVIOUS STUDIES

The oldest height measurements in the first half of the 19th century [3] were not conducted on Mount Łysica, but on the more accessible Łysiec (currently named Łysa Góra), where the triangulation tower was located. Later cartographic studies show the following heights of Mount Łysica: 612 m a.s.l. on the Austro-Hungarian map of 1910 [4], 611.5 m a.s.l. on the German map of 1914 [5] and the map of the Polish edition WIG of 1936 [6]. The difference in the values of the shown height results from the application of different altitude systems at different times on this territory. Also the accuracy of leveling measurements was variable. The applied signatures indicate that the shown heights refer to the geodetic control point (there is even no information about the name of the mountain on the Austrian map) so it does not have to exactly coincide with the highest point of the terrain. In 1935, a topographic survey of the Łysica massif was prepared for the needs of the forest economic map (Fig. 1 part B), which shows the heights of the massif's tops as follows: western one 612.13 m a.s.l. and the eastern one 612.3 m a.s.l. [7]. The fact that the eastern top is 17 cm higher, proves that the given heights refer not to geodetic control points but to actual tops. The height of the top of Mount Łysica on the contemporary topographic map in the scale 1 : 10000 [8] is 611.8 m a.s.l. and there is no marked control point there (as it was on older maps), but only a spot height (Fig. 1, part A). The latest elevation data for this area is DEM, available in the Centre of Geodesy and Cartography Documentation (pol. CODGiK), which was extracted from ALS measurements conducted in 2014 as a part of the ISOK project (IT System of Country Shield) [14]. The height of Mount Łysica (main peak) on this model is 613.14 m a.s.l. and it is 20 cm lower than the height measured using GNSS RTN technique at the highest point (a boulder next to the cross, marked as “C” on Fig. 3) of the summit. It is worth mentioning that the height of the eastern peak (Skała Agaty), is 613.4 m a.s.l. on this DEM, and the GNSS RTN measurement shown 613.7 m a.s.l. in the same place. However, for practical reasons, the westernmost

z pomiarami wcześniejszymi i weryfikacja wysokości punktu osnowy geodezyjnej 12 góra Łysica, w kontekście możliwości uaktualnienia istniejących opracowań kartograficznych, jak i określenia rzeczywistej dokładności pomiaru tego typu punktów na numerycznym modelu terenu otrzymanym metodą ALS.

2. WYSOKOŚĆ I UKSZTAŁTOWANIE GŁÓWNEGO WIERZCHOŁKA GÓRY ŁYSICY W ŚWIELE DOTYCHCZASOWYCH OPRACOWAŃ

Najwcześniejsze pomiary wysokościowe w I połowie XIX wieku [3] nie były prowadzone na górze Łysicy, lecz na łatwiej dostępnym Łyscu (obecnie Łysa Góra), gdzie zlokalizowana była wieża triangulacyjna. Późniejsze opracowania kartograficzne podają następujące wysokości góry Łysicy: 612 m n.p.m. na mapie austro-węgierskiej z 1910 roku [4], 611,5 m n.p.m. na mapie niemieckiej z 1914 roku [5] i mapie polskiej wydawnictwa WIG z 1936 roku [6]. Różnica w wartościach podanej wysokości wynika ze stosowania na tym terytorium na przestrzeni lat różnych układów wysokościowych oraz dokładności wykonania pomiarów niwelacyjnych. Zastosowane sygnatury wskazują, że podaną wysokość stosuje się do punktu osnowy geodezyjnej, zatem nie musi się dokładnie pokrywać z najwyższym punktem terenu. Na wspomnianej mapie austriackiej brak jest nawet informacji o nazwie góry. W roku 1935 sporządzono również zdjęcie topograficzne masywu Łysicy na potrzeby leśnej mapy gospodarczej (rys. 1, część B), z którego wynika, że wysokości wierzchołków masywu wynoszą odpowiednio: zachodni 612,13 m n.p.m. i wschodni 612,3 m n.p.m. [7]. Fakt, że wschodni wierzchołek jest o 17 cm wyższy wskazuje, że podane wysokości dotyczą nie punktów osnowy, lecz rzeczywistych wierzchołków. Wysokość wierzchołka głównego góry Łysicy na współczesnej mapie topograficznej w skali 1 : 10000 [8] wynosi 611,8 m n.p.m. i nie ma tam oznaczonego punktu osnowy jak na opracowaniach wcześniejszych, a jedynie pikieta wysokościowa (rys. 1, cz. A). Najnowsze dane wysokościowe, dotyczące tego terenu a dostępne w państwowym zasobie geodezyjnym to NMT, udostępniony przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK), który został opracowany z pomiarów ALS przeprowadzonych w 2014 roku w ramach projektu ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju) [14]. Wysokość góry Łysicy (głównego wierzchołka) odczytana z tego modelu wynosi 613,14 m n.p.m. i jest o 20 cm mniejsza niż wysokość pomierzona techniką GNSS RTN na najwyższym punkcie (głazie obok krzyża)

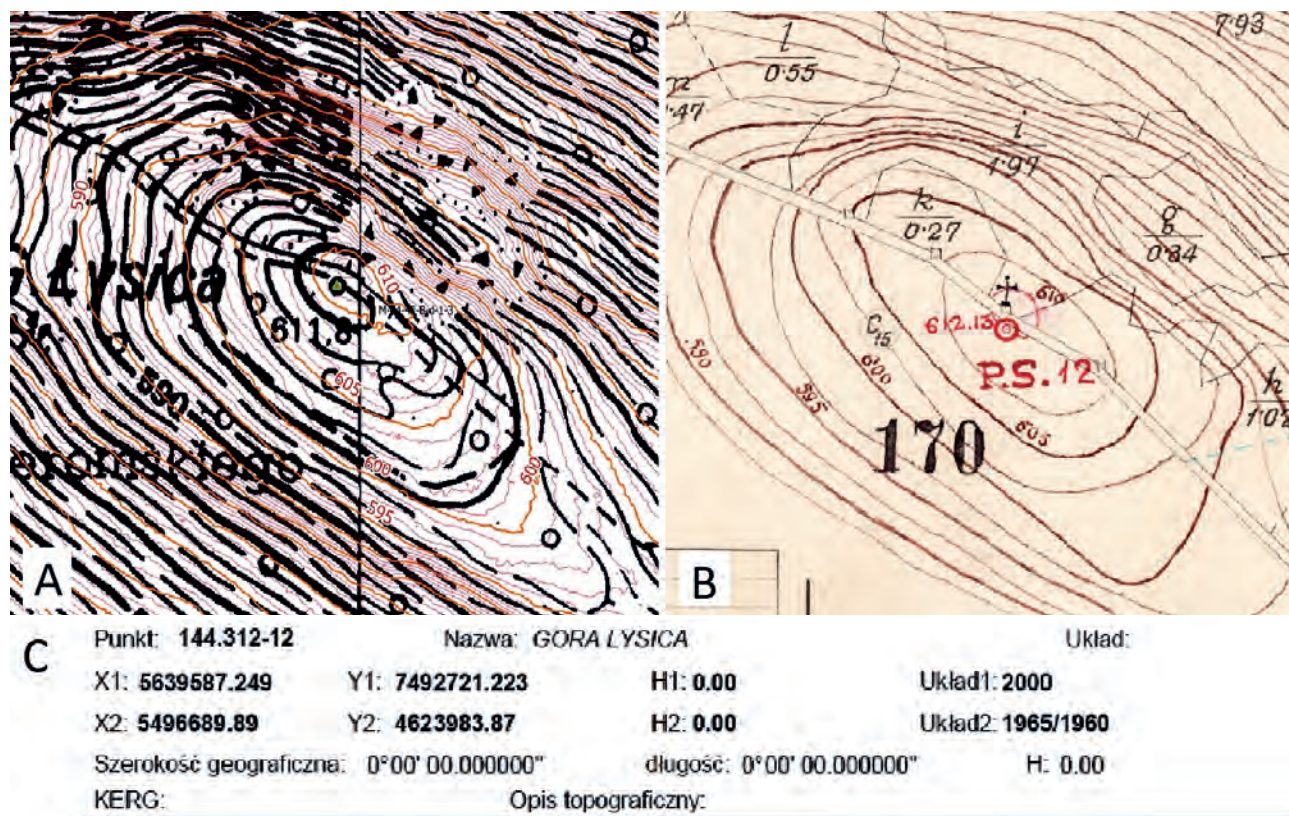


Fig. 1. The comparison of the contours and spot heights on the topographic map 1 : 10000 (black contours, part A), to the contours generated from DEM (orange and red contours, part A) and forest economical map 1 : 5000 of 1935 (part B); for comparison, printout of the PODGiK data on the geodetic control point on the top of Mount Łysica is given (part C)

Rys. 1. Porównanie warstwic i punktów wysokościowych na mapie topograficznej 1:10000 (czarne warstwice, część A), warstwic z NMT (pomarańczowe i czerwone warstwice, część A), na leśnej mapie gospodarczej 1:5000 z 1935 roku (część B) oraz wydruk z PODGiK danych dotyczących punktu osnowy geodezyjnej na szczycie góry Łysicy (część C)

top is considered to be the most suitable point for founding the geodetic control point [1]. Height is defined in the PL-KRON86-NH altitude reference system. The contours generated from the DEM are shown in Figure 1, part A.

A documentation of the geodetic control point on Mount Łysica could be found in the Office of Geodesy and Cartography Documentation (PODGiK) in Kielce. The point appears in the office database as the 3rd class one (Fig. 1, part C). The printout of the document contains information about coordinates x , y , H and coordinate systems for point "144.312-12 góra Łysica". The x and y coordinates were given in the "1965" and "2000" layouts – it is the previously ("wz 1965") and currently used (PL-2000) coordinate system in Poland [9, 10]. In the PODGiK documentation, another description of the geodetic control point named "12 Góra Łysica AB4940" appears, with the coordinates x , y given in the "1965" layout. The same coordinates was also found, assigned to the point "144.312-12 Góra

szczytu. Warto nadmienić, że wysokość wierzchołka wschodniego, czyli Skały Agaty, wynosi na tym NMT 613,4 m n.p.m., natomiast pomiar RTN GNSS wykazał wysokość 613,7 m n.p.m. Jednakże ze względów praktycznych jako najbardziej odpowiedni punkt do założenia osnowy uważa się wierzchołek zachodni [1]. Wysokość zdefiniowana jest w układzie wysokościowym PL-KRON86-NH. Warstwice wygenerowane z modelu przedstawiono na rysunku 1, część A.

W dokumentacji osnów PODGiK w Kielcach istnieje także dokumentacja punktu osnowy na górze Łysicy. Figuruje on jako punkt 3 klasy w Banku Osnów, co jest uwidocznione na wydruku ze stosownego dokumentu (rys. 1, cz. C). Mieści się tam informacja o współrzędnych x , y , H oraz układach współrzędnych dla punktu 144.312-12 góra Łysica. Współrzędne x i y podano w układach „1965” oraz „2000” – aktualnie stosowanym układzie współrzędnych płaskich prostokątnych PL-2000 w Polsce [9, 10]. W dokumentacji PODGiK natrafiono również na inny opis punktu osnowy o nazwie 12 góra Łysica AB4940 i współrzędnych x , y

Łysica”, which means that the points are identical. In this document, also the height $H = 611.78$ m a.s.l. of point “12 Góra Łysica” is given, but there is no information about the height reference system. Probably this system is the “Kronstadt 60”, which was created as a result of height measurements in the years 1947–1955. This point was found using the GNSS RTN method according to the coordinates given. A significant damage to the geodetic sign (Fig. 2b) was found, that explains why it is no longer in the CODGiK database, and has only the status of an archival point. It is located at a distance of 12 m in the south direction from the highest point on the main top of the mount (Fig. 2a).

To sum up: there is a former point of the horizontal geodetic control network of 3 cl. “12 góra Łysica” AB4940 (also named “144.312-12 góra Łysica”) on the western top of Mount Łysica. Normal height of this point is $H = 611,78$ m a.s.l. The height reference system of this point is probably the “Kronsztadt 60”. Currently the sign on the point is damaged.

podanych w układzie „1965”, identycznych ze współrzędnymi punktu 144.312-12 góra Łysica, co oznacza, że są one tożsame. W tym dokumencie również podano wysokość punktu 12 góra Łysica, która stanowi $H = 611,78$ m. Nie ma w nim żadnej informacji o układzie wysokościowym. Prawdopodobnie układem tym jest układ Kronsztadt 60, który powstał w wyniku wykonania pomiarów wysokościowych w latach 1947–1955. Punkt ten został odszukany metodą GNSS RTN według podanych współrzędnych, przy czym stwierdzono znaczne uszkodzenie znaku geodezyjnego (rys. 2b), co wyjaśnia, czemu nie figuruje on już w bazie danych osnów CODGiK i ma jedynie status punktu archiwalnego. Znajduje się on w odległości 12 m w kierunku południowym od najwyższego punktu na głównym wierzchołku góry (rys. 2a).

Podsumowując powyższe informacje, możemy założyć, że na zachodnim wierzchołku góry Łysicy znajdują się dawny punkt poziomej osnowy geodezyjnej 3 kl. 12 góra Łysica AB4940 (144.312-12 góra Łysica). Wysokość normalna tego punktu $H = 611,78$ m n.p.m. Układem wysokościowym tego punktu prawdopodobnie jest układ wysokościowy Kronsztadt 60. Aktualnie punkt jest uszkodzony.

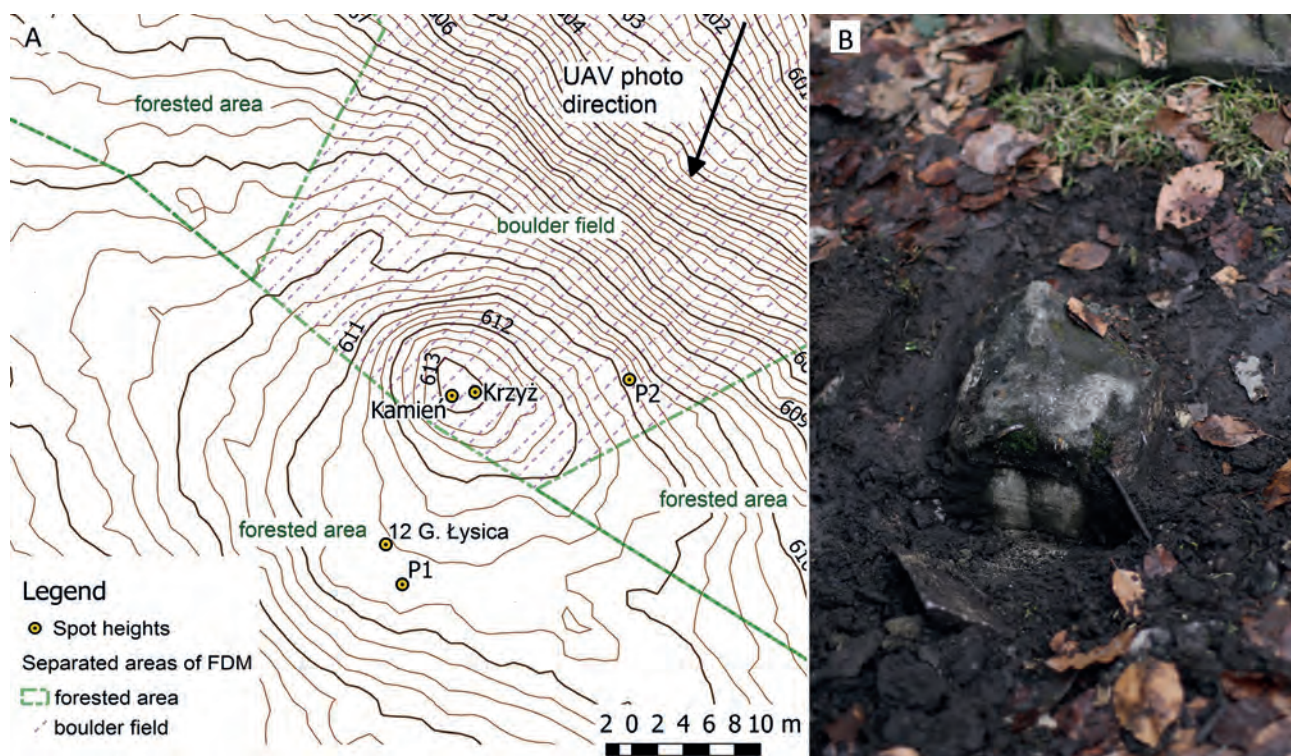


Fig. 2. Situational sketch map of selected spot heights on the background of contours generated from the DEM (a), condition of the geodetic control point “12 Góra Łysica” on March 10th, 2017 (b) (photo by the author)

Rys. 2. Szkic sytuacyjny rozmieszczenia wybranych punktów pomiarowych na tle warstwicy wygenerowanej z NMT (a), stan znaku punktu osnowy geodezyjnej 12 góra Łysica w dniu 10.03.2017 (b) (zdjęcie autora)

3. THE SELECTION AND MEASUREMENT OF CONTROL POINTS USING SATELLITE AND GEOMETRIC LEVELING

Due to the significant damage to the former geodetic control network point 12 Góra Łysica AB4940, it was not possible to use it (after converting the coordinates of the heights from the "Kronsztadt 60" to the PL-KRON86-NH height reference system) as a reference point for geometric leveling to measure the actual height of the Łysica peak. In this situation, the methods of satellite and geometric leveling were used as the fastest and not complicated, and allowing an accurate measurement of the normal height H of the western top of Mount Łysica, in the currently used PL-KRON86-NH height reference system.

A series of static GNSS measurements at selected points of the Łysica peak were carried out in the period from March to July 2017. The location of the points was conditioned by the visibility and reception of signal of GNSS satellites. Some of the measurements were carried out before the leaf appearance on trees. The location of the points is indicated in Figure 2a. The horizontal coordinates of the spot heights were obtained by the GNSS static measurement of the P1-G. Łysica and P2-G. Łysica points, which were the base for survey of spot heights: Kamień-Łysica, Krzyż-Łysica, 12 Góra Łysica. Point of the horizontal geodetic control network of 3 cl. 12 Góra Łysica AB4940 top (marked as "B" in Fig. 3) has an unfavorable GNSS measurement conditions, so its direct measurement was not possible. Therefore, satellite leveling was made only for point P2-G. Łysica – as having the most favorable measurement conditions (good visibility of the satellites). The point is located on a boulder, north-east from the top of the mount. It was stabilized using a geodetic nail driven into a rock crevice. The measurement conditions on mentioned points are illustrated by a photograph made of UAV (Fig. 3). The geometric leveling was carried out between point P2 and the remaining points.

The measurement of the point P2-G. Łysica was made on July 1st, 2017. GNSS measurements were carried out with the reception of satellite signals NAWSTAR, GPS and GLONASS navigation systems. In the measurement a Sokkia GRX1 dual-frequency GNSS receiver was used, with an integrated satellite antenna. The antenna was placed on a tripod, 1.402 m above the spot height. The angle (mask) of the reception of satellites was 10° above the horizon for both systems.

3. WYBÓR I POMIAR PUNKTÓW OSNOWY METODĄ NIWELACJI SATELITARNEJ I GEOMETRYCZNEJ

Ze względu na znaczny stopień uszkodzenia dawnego punktu osnowy 12 góra Łysica AB4940 nie było możliwe wykorzystanie go (po przeliczeniu współrzędnych wysokościowych z układu Kronsztadt 60 na układ wysokościowy PL-KRON86-NH) jako punktu nawiązania do niwelacji geometrycznej, w pomiarach rzeczywistej wysokości wierzchołka Łysicy. W tej sytuacji zastosowano metody niwelacji satelitarnej i geometrycznej jako najszybsze i najmniej skomplikowane, a jednocześnie umożliwiające dokładny pomiar wysokości normalnej H zachodniego wierzchołka góry Łysicy, w aktualnie stosowanym układzie wysokościowym PL-KRON86-NH.

W okresie od marca do lipca 2017 przeprowadzono serię pomiarów statycznych GNSS na wybranych punktach wierzchołka Łysicy. Wybór punktów podyktowany był warunkami odbioru i widoczności satelitów GNSS. Pomiarzy przeprowadzono w porze przed ulistnieniem drzew. Lokalizacja punktów jest wskazana na rysunku 2a. Współrzędne poziome punktów pomiarowych uzyskano przez pomiar statyczny GNSS punktów P1-G.Łysica i P2-G.Łysica, względem których mierzono położenie punktów Kamień-G.Łysica, Krzyż-G.Łysica, 12 góra Łysica. Punkt poziomej osnowy geodezyjnej 3 kl. 12 góra Łysica AB4940 (oznaczony jako „B” na rys. 3) znajduje się w niekorzystnych warunkach pomiarowych, wymaganych dla pomiarów GNSS, wobec czego nie był możliwy jego pomiar bezpośredni. W związku z tym niwelacja satelitarna została wykonana dla punktu P2-G.Łysica – jako punktu z najbardziej korzystnymi warunkami pomiarowymi (lepsza widoczność satelitów). Punkt znajduje się na gołoborzu, w północno-wschodnim kierunku od szczytu wierzchołka. Dla pomiarów został on zastabilizowany przy pomocy gwoźdźca geodezyjnego wbitego w szczelinę skalną. Warunki pomiarowe na nim oraz na pozostałych punktach ilustruje fotografia wykonana z UAV (rys. 3). Następnie przeprowadzono niwelację geometryczną pomiędzy punktem P2 a punktami pozostałymi.

Pomiar punktu P2-G.Łysica wykonano 1 lipca 2017 roku. Pomiarzy GNSS przeprowadzono z odbiorem sygnałów satelitów nawigacyjnych systemów GPS NAWSTAR i GLONASS. W pomiarze wykorzystano dwuczęstotliwościowy odbiornik GNSS Sokkia GRX1 z zintegrowaną anteną satelitarną. Antena GNSS była ustawiona na statywie, 1,402 m nad punktem. Kąt (maska) odbioru satelitów nad horyzontem dla obu systemów był równy 10° .

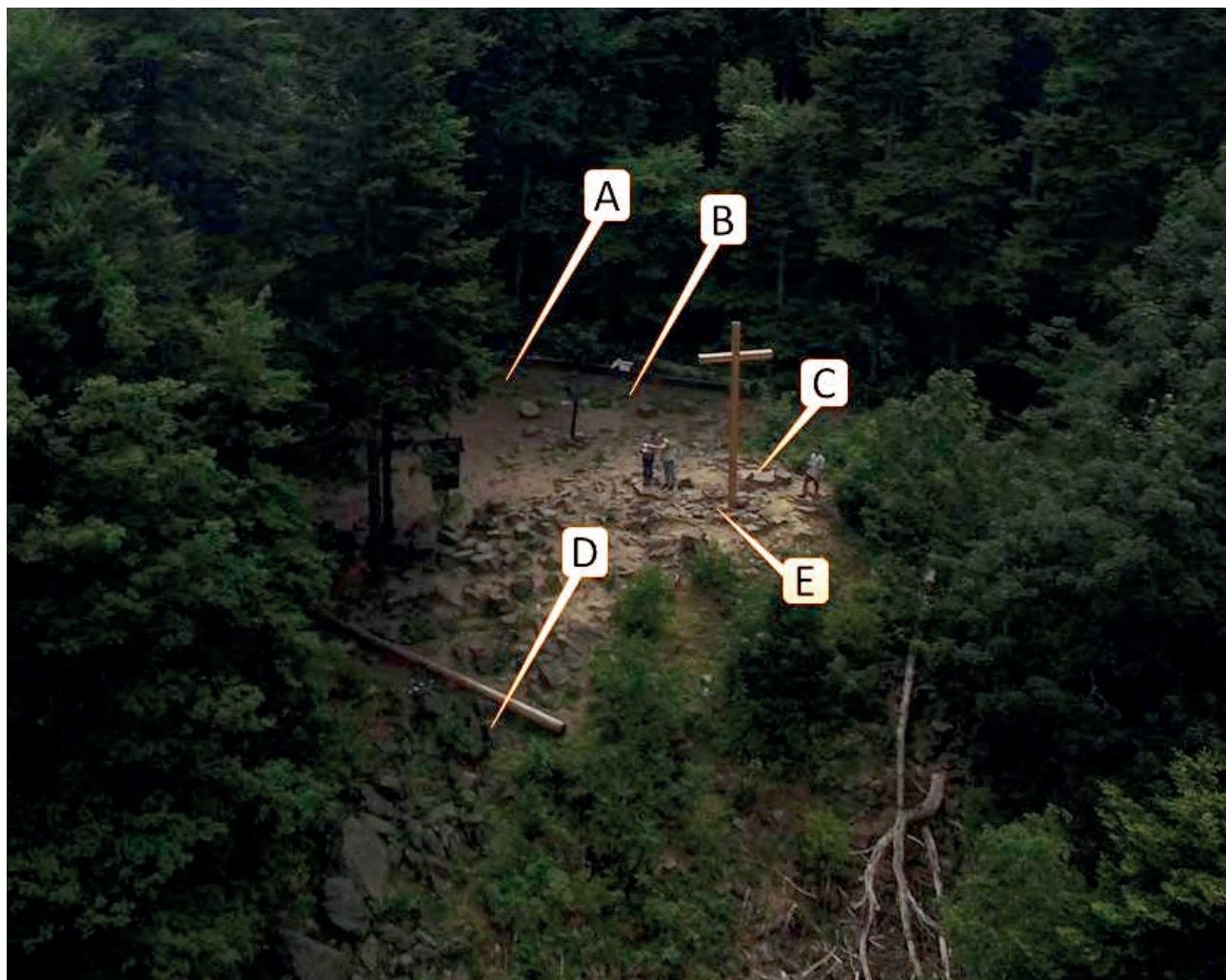


Fig. 3. An aerial photo of the Łysica peak made using UAV (direction of the photo marked in Fig. 2) with marked spot heights: A – P1, B – 12 Góra Łysica, C – Kamień-G.Łysica, D – P2-G. Łysica, E – spot height next to the cross (photo by Karol Krawczyk)

Rys. 3. Zdjęcie szczytu Łysicy z UAV (kierunek zdjęcia zaznaczony na ryc. 2), z zaznaczonymi punktami pomiarowymi: A – P1, B – 12 góra Łysica, C – Kamień-G.Łysica, D – P2-G.Łysica, E – miejsce pomiaru pod krzyżem (zdjęcie: Karol Krawczyk)

The post-processing of measurement results at the point P2-G. Łysica was made with the use of Topcon Tools software. Observational files of the ASG-EUPOS reference stations were used, as well as exact ephemeris of the NAVSTAR and GLONASS GNSS systems [11], and the GNSS antenna calibration file [12], the Goad-Goodman troposphere model, the GPT (Global Pressure and Temperature) meteorological model. The duration T of measurement was 4 h 39 m 40 s with the observation interval t of 10 s. For the calculation of normal heights H , the current quasi-geoid PL-geoid-2011 model was used [13]. The data of reference stations involved in measurements and studies are presented in Table 1. The files used

Opracowanie wyników pomiarów (post-processing) na punkcie P2-G.Łysica wykonano oprogramowaniem Topcon Tools. W opracowaniu wykorzystano pliki obserwacyjne stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS, pliki dokładnych (precise) efemeryd satelitów GNSS systemów NAVSTAR i GLONASS [11], plik kalibracji anten GNSS [12], model troposfery Goad-Goodman, meteomodel GPT (Global Pressure and Temperature). Czas trwania pomiaru ΔT wynosił 4 g 39 m 40 s z interwałem zapisywania obserwacji $\Delta t = 10$ s. Dla obliczenia wysokości normalnych H zastosowano aktualny model quasi-geoidy PL-geoid-2011 [13]. Dane stacji referencyjnych, uczestniczących w pomiarach i opracowaniu, znajdu-

in the post-processing of the measurements of point P2-G. Łysica are presented in Table 2. The type of solution for all vectors involved in the calculation was a fixed one. The measurements and their post-processing correspond to the conditions for geodetic control network measurements using the GNSS static method.

ją się w tabeli 1. Pliki, wykorzystane w opracowaniu pomiarów punktu P2-G.Łysica, podano w tabeli 2. Typ rozwiązania dla wszystkich wektorów, uczestniczących w opracowaniu – ustalony (fixed). Pomiarzy oraz ich opracowanie odpowiadają warunkom stawianym pomiarom osnów geodezyjnych metodą statyczną GNSS.

Table 1. The data of the GNSS reference network stations

Tabela 1. Dane stacji referencyjnych

RNS ID	Location	$X_{(PL-ETRF2000)}, m$	$Y_{(PL-ETRF2000)}, m$	$Z_{(PL-ETRF2000)}, m$	$H_{(PL-KRON86-NH)}, m$
KLCE	Kielce	3774368.864	1420921.165	4925093.009	296.931
RADM	Radom	3719233.612	1439894.734	4961004.275	184.682
BUZD	Busko-Zdrój	3805091.369	1439261.280	4896192.379	262.262

File type	File name
Observational RINEX	KLCE2130.17o
	RADM2130.17o
	BUZD2130.17o
Observational raw data	log2170801.tps
Calibrational anten	igs14.atx
Coordin. of satellites	igs19602.sp3
Coordin. of satellites	igl19602.sp3
Quasi-geoid	GUGIK2011.gff

Table 2. The files used for GNSS post-processing

Tabela 2. Użyte do opracowania pomiarów GNSS pliki

The results of the initial post-processing of measurements of vector: reference station – point P2-G. Łysica, are presented in Table 3. The maximum value of the satellite geometry coefficients was 2.05 (PDOP) and 1.75 (VDOP), what means the favorable constellation of satellites during measurements. The error of the mean square calculation of vectors is in the range from 0.006 m to 0.038 m.

Wyniki wstępnego opracowania pomiarów wektorów od stacji referencyjnej do punktu P2-G.Łysica znajdują się w tabeli 3. Maksymalna wartość współczynników geometrii satelitów PDOP wynosiła 2,05, a VDOP – 1,75. Świadczy to o korzystnej konstelacji satelitów w czasie pomiarów. Błąd średni kwadratowy obliczenia wektorów znajduje się w granicach od 0,006 m do 0,038 m.

Table 3. The results of the initial calculation of the spot height survey P2-G.Łysica

Tabela 3. Wyniki wstępnego obliczenia pomiarów punktu P2-G.Łysica

Survey of the vector		Lenght of	VDOP	PDOP	RMS*	
From point	To point	the vector L, m			Hz, m	V, m
KLCE	P2-G.Łysica	18888.12	1.60	1.91	0.006	0.015
RADM	P2-G.Łysica	58663.98	1.75	2.05	0.015	0.038
BUZD	P2-G.Łysica	48969.25	1.60	1.91	0.018	0.029

*RMS – root mean square error of the vectors calculation.

The adjustment of the measurements was performed using the strict method. An assumed reference point with the known normal height H in the PL-KRON86-NH reference system was the KLCE reference station (Fig. 4), the closest to the measured point P2-G. Łysica, at a distance of 18888 m. After adjustment, the UWE coefficient (Unit Weight Error) was determined. It shows the change of the accuracy of the network after alignment referring to the accuracy of individual vectors to compensate [15]. For horizontal coordinates UWE reached the value of 0.53 (acceptable limits are 0.45–1.55) and for heights 0.74 (acceptable limits is 0.27–1.77), what means the correct adjustment of a network. The results of calculating the equalized normal heights H are shown in Table 4. Columns No. 4 and 5 of Table 4 contain the normal heights H of the surveyed network points after the adjustment and the maximum difference between the height calculated from the measurement and given for the reference station on the EUPOS ASG website. As a result of the study, the normal height $H = 610.980$ m of the point P2-G. Łysica was obtained. The average square error of the height calculation is 0.013 m, so it meets the assumed accuracy requirements.

Wyrównanie pomiarów wykonano metodą ścisłą. Punktem nawiązania o znanej wysokości normalnej H w układzie PL-KRON86-NH przyjęto stację referencyjną KLCE (rys. 4). Stacja znajduje się najbliżej do mierzonego punktu P2-G.Łysica, na odległości 18888 m od niego. Po wyrównaniu pomiarów określono współczynnik UWE (Unit Weight Error), który pokazuje zmianę dokładności sieci po wyrównaniu odnośnie dokładności pojedynczych wektorów do wyrównania [15]. Dla współrzędnych poziomych osiągnął on wartość 0,53 (dopuszczalne granice to 0,45–1,55), a dla wysokościowych 0,74 (dopuszczalne granice to 0,27–1,77), co świadczy o poprawnym przebiegu wyrównania w danej sieci. Wyniki obliczenia wyrównanych wysokości normalnych H znajdują się w tabeli 4. W kolumnach 4 i 5 tabeli 4 pokazane są wysokości normalne H punktów sieci po wyrównaniu oraz maksymalna różnica pomiędzy wysokością obliczoną z pomiaru, a podaną dla danej stacji referencyjnej na stronie ASG EUPOS. W wyniku opracowania otrzymano wysokość normalną H punktu P2-G.Łysica, która jest równa 610,980 m n.p.m. Błąd średni kwadratowy obliczenia wysokości wynosi 0,013 m, więc mieści się w założonych wymaganiach odnośnie dokładności.

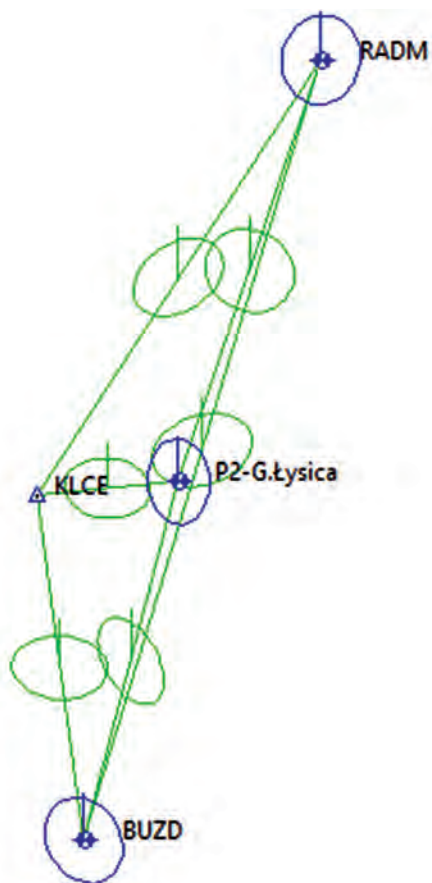


Fig. 4. Network configuration for surveys on the point P2-G. Łysica

Rys. 4. Konfiguracja sieci przy pomiarach na punkcie P2-G.Łysica

Table 4. The results of adjustment of normal height $[H]$ surveys for spot height P2-G.Łysica

Tabela 4. Wyniki wyrównania pomiarów wysokości normalnej H punktu P2-G.Łysica

ID of ref. station/point	$H_{(PL-KRON86-NH)}, m$	mH^*, m	$H_{(PL-KRON86-NH)}, m$	$\Delta H, m$
			ASG-EUPOS	(2)–(4)
1	2	3	4	5
KLCE	296.931	0	296.931	0
RADM	184.665	0.022	184.682	–0.017
BUZD	262.245	0.018	262.262	–0.017
P2-G.Łysica	610.980	0.013		

* mH – root mean square error of the normal height calculation.

The second stage of measurements was the geometric leveling of selected points of the top surroundings, performed on July 20th, 2017, and referenced to the P2-G.Łysica spot height, obtained from the satellite leveling described above. An equipment for geometric leveling was the Sokkia SDL-50 code leveler and a 4-meter aluminum leveling rode. The results of geometric leveling, satellite leveling and measurements on the DEM are compiled in Table 5.

Drugim etapem pomiarów na zachodnim wierzchołku góry Łysicy było wykonanie niwelacji geometrycznej wybranych punktów wierzchołka. Niwelacja została wykonana 20.07.2017 w nawiązaniu do wysokości punktu P2-G.Łysica, otrzymanej z pomiaru niwelacji satelitarnej. Do niwelacji geometrycznej wykorzystano niwelator kodowy Sokkia SDL-50 oraz 4-metrową aluminiową łatę rozkładaną. Wyniki niwelacji geometrycznej, satelitarnej oraz wysokości tych punktów odczytane z NMT, pochodzącego ze skaningu ALS, znajdują się w tabeli 5.

Table 5. The results of calculation of the normal heights H of selected spot heights

Tabela 5. Wyniki obliczenia wysokości normalnych H wybranych punktów zachodniego wierzchołka góry Łysicy

n	Spot height	Altitude derived from DEM of ALS H_{ALS}, m	$H_{(PL-KRON86-NH)}, m$		$\Delta H_{ALS}, m$
			Geometric leveling	GNSS leveling	
1	2	3	4	5	6
1	P2-G.Łysica	610.97	–	610.980*	0.01
2	P1-G.Łysica	611.31	611.448	611.474*	–0.164
3	Kamień-G.Łysica	613.13	613.614	613.609**	–0.479
4	Krzyż-G.Łysica	613.06	613.223	613.202**	–0.142
5	12 Góra Łysica AB4940	611.47	611.614	611.642*	–0.172

* measurement method GNSS static,

** measurement method RTN GNSS.

There is measurements on the DEM in 3rd column of table 5, columns No. 4 and 5 contain normal heights H , obtained from geometric leveling or satellite leveling, a differences between heights measured on DEM, and surveyed using GNSS leveling method is in column No. 6.

It can be noticed, that these differences varies, due to the pint location: the biggest (0.48 m) is for “Kamień” point, the smallest for the “P2”

W kolumnie 3 przedstawiono wysokości odczytane z numerycznego modelu terenu uzyskanego metodą ALS, a w kolumnach 4 i 5 wysokości normalne H , otrzymane z niwelacji geometrycznej oraz z niwelacji satelitarnej, w kolumnie 6 różnicę wysokości odczytanej z NMT i pomierzonej metodą niwelacji satelitarnej.

Ta ostatnia różni się znacznie dla poszczególnych punktów, w zależności od ich usytuowania. Największą wartość (48 cm) osiąga na punkcie Kamień,

point. Differences between heights measured using geometric leveling method and GNSS RTN method do not exceed the value of 2.8 cm, so they are not significant from the point of view of NMT verification from ALS measurements. As the result of geometric leveling of points mentioned above it could be determined, that the damaged (cut off) geodetic control point “12 Mount Łysica AB4940” has a normal height $H = 611.614$ m a.s.l. in the PL-KRON86-NH system, and the highest points of the western peak are the Krzyż-G. Łysica (613.223 m a.s.l.) and Kamień-G. Łysica (613.614 m a.s.l.). Taking into account the differences in the altitude reference systems for the former point 12 Góra Łysica (height 611.78 m n.p.m. in the Kronsztadt 60 system) and present measurements, it can be assessed, that originally the geodetic sign was 35 cm higher than its present remains.

4. CONCLUSIONS

Due to the unfavorable conditions for GNSS measurements, there is no possibility to place and stabilize a geodetic control point at the very top of Łysica, which would provide good conditions for satellite measurement. Among the examined points, the best conditions for GNSS measurements are on the P2-G.Łysica spot height. Its normal height $H = 610.980$ m a.s.l. in the PL-KRON86-NH reference system. The height of the very top, where the cross was set was determined at 613.223 m a.s.l. and this value seems to be the most suitable for use as the height of the western peak of Mount Łysica. Because of location of this place on a flat stable surface, where only a thin layer of debris is deposited on the rock surface, it is suitable for possible stabilization of a new sign for the geodetic control point. Height measured on the stone (Kamień-G. Łysica spot height) is at least 39 cm larger, but it is a small boulder laying on debris, so it does not meet the stability criterion for the geodetic control point.

If decision would be made to locate and stabilize a new geodetic control point on the peak, not only the correct height indication on this point should be considered, but also practical issues. The point should be useful for possible measurements when updating the database of Świętokrzyski National Park, also should have to provide visibility on anticipated directions of survey, and last but not least, should allow a trouble-free work in the presence of tourists, often staying near the cross. Locating a new geodetic control point in the place of the previous one – “12

najmniejszą zaś na punkcie P2. Różnice pomiędzy wysokościami pomierzonymi metodą niwelacji geometrycznej i GNSS RTN nie przekraczają wartości 2,8 cm, więc nie są znaczące z punktu widzenia weryfikacji NMT z pomiarów ALS. Z pomiarów niwelacją geometryczną wybranych punktów zachodniego wierzchołka góry Łysicy wynika że uszkodzony (ucięty) punkt osnowy geodezyjnej 12 góra Łysica AB4940 ma wysokość normalną $H = 611,614$ m n.p.m. w układzie PL-KRON86-NH, a najwyższej położonymi punktami szczytu zachodniego wierzchołku są Krzyż-G.Łysica 613,223 m n.p.m. oraz Kamień-G.Łysica 613,614 m n.p.m. Uwzględniając różnice w układach wysokościowych dla dawnego punktu 12 góra Łysica (wys. 611,78 m n.p.m. w układzie Kronsztadt 60) i pomiarów obecnych, można oszacować, że pierwotnie znak geodezyjny wznosił się 35 cm wyżej niż obecna wysokość betonowego słupka.

4. WNIOSKI

Ze względu na niekorzystne warunki do pomiarów GNSS na szczycie Łysicy nie da się zastabilizować punktu, który jednocześnie wyznaczałby najwyższy punkt wierzchołka i zapewniał dobre warunki do pomiaru satelitarnego. Spośród zbadanych punktów najlepsze warunki do pomiarów GNSS ma punkt P2-G.Łysica. Jego wysokość normalną określono na $H = 610.980$ m n.p.m. w układzie PL-KRON86-NH. Wysokość samego wierzchołka w miejscu ustawienia krzyża określono na 613,223 m n.p.m. i ta wartość wydaje się najodpowiedniejsza do użycia jako wysokość zachodniego wierzchołka góry Łysicy. Ponieważ to miejsce znajduje się na płaskiej stabilnej powierzchni, gdzie na skalnym podłożu zalega jedynie cienka warstwa zwietrzliny, nadaje się ono do ewentualnego zastabilizowania nowego znaku dla punktu osnowy geodezyjnej. Wysokość pomierzona na kamieniu (punkt Kamień-G.Łysica) jest co prawda o 39 cm większa, lecz jest on niewielkim blokiem skalnym spoczywającym na zwietrzelinie, nie spełnia zatem kryterium stabilności punktu wysokościowego.

W przypadku decyzji o lokalizacji i zastabilizowania ewentualnego nowego punktu osnowy na zachodnim wierzchołku jest zatem do rozważenia, zarówno w kwestii poprawności wysokości H , wskazywanej przez ten punkt, jak również ze względów praktycznych – punkt taki miałby służyć ewentualnym pomiarom przy aktualizacji bazy danych ŚPN i musiałby zapewniać wizury w przewidywanych kierunkach nawiązań, jak również pozwalać na bezproblemowe prowadzenie prac w obecności turystów, często

Top Łysica AB4940” seems to be pointless, because it does not meet any of the conditions mentioned above.

The comparison of the height of selected points, measured on the DEM and satellite leveling method, confirmed the high accuracy of ALS measurement, but it can be noticed that in the case of spot heights located on small boulder, these differences can reach values up to 0.5 m, while on flat forms they do not exceed 0.17 m. Altitudes read from NMT are generally smaller than those measured by satellite leveling. It results from the fact that in the process of classification of point clouds from ALS survey, reflections from higher ground elements are generally rejected, because classification algorithms are not able to distinguish them from the low vegetation. The conclusion can be made, that NMT obtained according to the standard I of ISOK specification [14] correctly presents the heights of these points, which are not on forms of terrain like boulder or small depression. This condition should be taken into account when undertaking the verification of cartographic studies, basing on NMT from ALS measurements.

przebywających w pobliżu krzyża. Lokalizowanie nowego punktu w miejscu dotychczasowego 12 góra Łysica AB4940 wydaje się o tyle niecelowe, że nie spełnia on obecnie żadnego z przedstawionych powyżej warunków.

Porównanie wysokości wybranych punktów, pomierzonej na NMT i metodą niwelacji satelitarnej, potwierdziło dużą dokładność pomiaru ALS, jednakże daje się zauważyć, że w przypadku punktów pomiarowych usytuowanych na niewielkich formach skalnych (tzw. boulder), różnice te mogą osiągać wartości bliskie 0,5 m, podczas gdy na formach płaskich nie przekraczają 0,17 m. Wysokości odczytane z NMT są mniejsze niż pomierzone metodą niwelacji satelitarnej, co wynika z faktu, że w procesie filtracji chmury punktów z ALS na ogół odrzucane są odbicia od wyżej położonych elementów gruntu, ponieważ algorytmy klasyfikacyjne nie są w stanie odróżnić ich od odbić tzw. roślinności niskiej. Prowadzi to do wniosku, że NMT otrzymany według standardu I specyfikacji ISOK [14] poprawnie przedstawia wysokości tych punktów, które nie znajdują się na drobnych, wystających bądź zagłębionych formach rzeźby terenu. Zastrzeżenie to powinno być brane pod uwagę w przypadku podejmowania prac związanych z weryfikacją opracowań kartograficznych w oparciu o NMT z pomiarów ALS.

REFERENCES

- [1] Hajdukiewicz M., Romanyshyn I., *An accuracy assessment of spot heights on digital elevation model (DEM) derived from ALS survey: case study of Łysica massif*, "Structure and Environment" 2017, No. 31 (2), pp. 125–132.
- [2] Zuchiewicz W., Badura J., Jarosiński M., *Neotectonics of Poland: an overview of active faulting*, "Studia Quaternaria" 2007, 24, pp. 5–20.
- [3] Berezowski E., *Polska sieć triangulacyjna z lat 1828–1829 na terenie Staropolskiego Okręgu Przemysłowego*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1984, 29/3–4, s. 605–614.
- [4] <<http://lazarus.elte.hu>>.
- [5] <<http://digitoor.is.cuni.cz>>.
- [6] <<http://www.mapywig.org>>.
- [7] Białokur M., *Wyrys leśnej mapy gospodarczej*, Archiwum Świętokrzyskiego Parku Narodowego, nr inw. I/3/15c, 1935.
- [8] <<http://mapy.geoportal.gov.pl>>.
- [9] Dz.U. z 2000 r. Nr 70, poz. 821 <<http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20000700821/O/D20000821.pdf>>.
- [10] Rozporządzenie Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych, Dz.U. z 2012 r. poz. 352.
- [11] <[ftp.igs.org](ftp://ftp.igs.org)>
- [12] <<ftp://igsceb.jpl.nasa.gov>>
- [13] <<http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych>>.
- [14] Kurczyński Z., *Mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego a dyrektywa powodziowa*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 23, 2012, s. 209–217.
- [15] Brinker R.C., Minnick R., *The surveying handbook*, second edition, Kluwer Academic Publishers.

Acknowledgments:

The research was carried out as part of statutory research work No. MNISP.IKGG.14.001, financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Poland.

Podziękowania:

Badania zrealizowano w ramach pracy badawczej statutowej nr MNISP.IKGG.14.001, finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego Rzeczypospolitej Polskiej.

VIKTOR PROSKURYAKOV

ARCHITECTURE OF THE CITY OF KIELCE OF THE FUTURE IN THE PROJECTS OF LVIV ARCHITECTURE SCHOOL STUDENTS

ARCHITEKTURA KIELC W PRZYSZŁOŚCI W PROJEKTACH STUDENTÓW LWOWSKIEJ SZKOŁY ARCHITEKTURY

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 103

DOI: 10.30540/sae-2019-007

Abstract

The article reflects the ideas of projects done by Lviv Architecture School students and created for the city of Kielce, various architecturally typological directions.

Streszczenie

W artykule przedstawiono projekty studentów lwowskiej szkoły architektury stworzone dla miasta Kielce w różnych stylach architektoniczno-typologicznych.

VADYM ABYZOV

THE MAIN DIRECTIONS OF PREFABRICATED LARGE-PANEL SYSTEMS' IMPROVING

GŁÓWNE KIERUNKI DOSKONALENIA PREFABRYKOWANYCH SYSTEMÓW WIELKOPŁYTOWYCH

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 110

DOI: 10.30540/sae-2019-008

Abstract

The article discusses the features of the formation and development of prefabricated large-panel systems in civil engineering. Their advantages and disadvantages are given taking into account a variety of urban planning, architectural, structural and technological solutions. The directions of their improvement are determined and considered, the main of which are: optimization of parametric characteristics of building typing elements using modern computer technologies; increasing the steps of bearing walls with the introduction of large-span systems; improvement of technical solutions for enclosing structures and their joints; the use of combined panel-block systems based on local materials; improvement of aesthetic qualities and means of architectural and spatial expressiveness.

Streszczenie

W artykule omówiono cechy tworzenia i rozwoju prefabrykowanych wielkopłytowych systemów w budownictwie. Ich zalety i wady przedstawiono z uwzględnieniem różnych rozwiązań urbanistycznych, architektonicznych, konstrukcyjnych i technologicznych. Zidentyfikowane i omówione zostały kierunki ich doskonalenia, z których główne to optymalizacja charakterystyk parametrycznych elementów typowania budynków przy użyciu nowoczesnych technologii komputerowych, zwiększenie kroków ścian nośnych dzięki wprowadzeniu systemów o dużej rozpiętości, doskonalenie rozwiązań technicznych konstrukcje ścian zewnętrzne i ich połączeń stykowych, stosowanie kombinowanych panelowych i blokowych systemów na bazie lokalnych materiałów, poprawa walorów estetycznych i środków wyrazu architektoniczno-przestrzennych.

WAYS OF FORMATION OF ARCHITECTURE OF EDUCATION'S NON-FORMAL INSTITUTIONS IN MODERN CONDITIONS IN UKRAINE

SPOSOBY KSZTAŁTOWANIA ARCHITEKTURY NIEFORMALNYCH INSTYTUCJI OŚWIATOWYCH W NOWOCZESNYCH WARUNKACH NA UKRAINIE

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 119

DOI: 10.30540/sae-2019-009

Abstract

Ways of formation of architecture of education's non-formal institutions in modern conditions in Ukraine are discussed in the article. The aim of the article is to describe some problems of architectural formation of non-formal education establishments and determine main ways to resolve this problem. In Ukraine, the existence of non-formal education covers the following areas: out-of-school education, postgraduate and adult education, civic education (diverse activities of public organizations), school and student self-government (due to the possibility of obtaining managerial, organizational, communicative, and other skills) educational initiatives aimed at developing additional skills and abilities (computer and language courses, hobby groups, etc.). The adaptation method for regulatory framework to do more flexible typology of non-formal education institutions is proposed. This method is called "related typology" detection and it lies in the typological field and is based in world tendency of cooperation of functions.

Streszczenie

W artykule omówiono sposoby kształtowania architektury nieformalnych instytucji oświatowych w nowoczesnych warunkach na Ukrainie. Celem artykułu jest opisanie niektórych problemów formowania architektonicznego placówek kształcenia pozaformalnego i określenie głównych sposobów rozwiązania tego problemu. Na Ukrainie istnienie edukacji nieformalnej obejmuje następujące obszary: edukację pozaszkolną; kształcenie podyplomowe i dla dorosłych; edukację obywatelską (różnorodne działania organizacji publicznych); samorząd szkolny i studencki (ze względu na możliwość uzyskania umiejętności kierowniczych, organizacyjnych, komunikacyjnych i innych) inicjatywy edukacyjne mające na celu rozwijanie dodatkowych umiejętności takich jak kursy komputerowe i językowe, grupy hobbystyczne itp.

Proponuje się metodę adaptacji ram regulacyjnych do bardziej elastycznej typologii placówek kształcenia pozaformalnego. Metoda ta jest nazywana wykrywaniem „powiązanej typologii”, znajduje się w obszarze typologicznym i opiera się na światowej tendencji do współpracy funkcji

ANNA CHOMICZ-KOWALSKA
JOANNA BARTOS
KRZYSZTOF MACIEJEWSKI

EVA REMISOVA
JOZEF KOMACKA
MICHAL HOLY

THE EFFECT OF WMA ADDITIVE ON BASIC PROPERTIES OF 35/50 AND 50/70 FOAMED ROAD BITUMEN

WPŁYW DODATKU WMA NA PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI SPIENIONYCH ASFALTÓW DROGOWYCH 35/50 I 50/70

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 126

DOI: 10.30540/sae-2019-010

Abstract

The need to use asphalt additives along with the reduction in the temperatures of asphalt mixes results mainly from the need to ensure the durability of asphalt pavements. The use of foamed asphalt for warm mix asphalt (WMA) enables reducing the temperatures of asphalt mixes by approx. 30–40°C in relation to traditional hot mix asphalt. The article presents an analysis of the impact of a liquid chemical additive that is currently used in the WMA technology on changes in foamed asphalt properties. The assessment embraced the basic features of bitumens and the parameters of the asphalt foam manufactured based on them. The base bitumen used in the testing included road asphalt 35/50 and 50/70, whereas the modification of their properties was carried out using the WMA additive content of 0.3% to 0.6% in relation to the asphalt mass. The asphalt foam parameters were measured after foaming at 155°C and with the foaming water content (FWC) of 1.5% to 3.5% with increments of 1.0%.

Streszczenie

Potrzeba stosowania dodatków do asfaltu wraz z obniżaniem temperatur technologicznych mieszanek mineralno-asfaltowych wynika głównie z konieczności zapewnienia trwałości nawierzchni asfaltowej. Stosowanie asfaltu spienionego do technologii na ciepło (WMA) umożliwia obniżenie temperatur mieszanek mineralno-asfaltowych o około 30–40°C względem tradycyjnej technologii na gorąco. W artykule przedstawiono analizę wpływu dodatku chemicznego w postaci płynnej, który stosowany jest obecnie do technologii WMA, na zmiany właściwości asfaltów spienionych. Ocenie poddano podstawowe cechy lepiszczy oraz parametry wyprodukowanej na ich bazie piany asfaltowej. W badaniach jako bazowe lepiszcze zastosowano asfalty drogowe 35/50 oraz 50/70, natomiast do modyfikacji ich właściwości zastosowano dodatek WMA w ilości od 0,3% do 0,6% w stosunku do masy asfaltu. Pomiar parametrów piany asfaltowej przeprowadzono przy temperaturze wyjściowej asfaltu (przed spienieniem) wynoszącej 155°C oraz przy zawartości wody spieniającej (FWC – Foaming Water Content) w zakresie od 1,5% do 3,5% ze wzrostem co 1,0%.

ROBERT KOWALIK
JAROSŁAW GAWDZIK
ALICJA GAWDZIK
BARBARA GAWDZIK

INNOVATIVE SEQUENTIAL BATCH REACTOR SOLUTIONS FOR WASTEWATER TREATMENT

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA SEKWENCYJNYCH REAKTORÓW PORCJOWYCH STOSOWANE W OCZYSZCZANIU ŚCIEKÓW

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 141

DOI: 10.30540/sae-2019-011

Abstract

Sequential Biological Reactors (SBR) are widely used for wastewater treatment, which is becoming increasingly contaminated with new and more complex substances. Therefore, it is beneficial to include various configurations and operational modifications in order to purify wastewater more effectively. The paper presents a basic description of the SBR process and its modifications, which lead to better removal of the resulting contaminants. The Cyclic Activated Sludge System (CASS) was characterized as one of the most popular sequential reactor (SBR) processes used for the treatment of municipal wastewater and sewage emissions from a variety of industries, including refineries and petrochemicals. Another example presented in this paper is the Unitank biological wastewater treatment system, which combines the advantages of a traditional process with activated sludge and an SBR reactor. The last example of SBR technology modification, presented in the article, is ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System) process, which processes continuous sewage inflow. The variable inlet is supported by a distribution box which distributes the flow evenly over all the tanks in order to avoid overloading a single tank. In each case, the benefits of using a given modification are presented.

Streszczenie

Sekwencyjne biologiczne reaktory (SBR) są szeroko wykorzystywane do oczyszczania ścieków, które obecnie stają się zanieczyszczone coraz to nowymi i bardziej złożonymi substancjami. Korzystne zatem staje się włączenie różnego rodzaju rozszerzających się konfiguracji oraz modyfikacji operacyjnych, aby efektywniej oczyszczać ścieki. W pracy przedstawiono podstawowy opis procesu SBR oraz jego modyfikacji, które prowadzą do lepszego usuwania powstających zanieczyszczeń. Scharakteryzowano cykliczny system osadów czynnych (CASS), który jest jednym z najpopularniejszych procesów reaktorów sekwencyjnych (SBR) stosowanych do oczyszczania ścieków komunalnych oraz ścieków z różnych branż, w tym rafinerii i zakładów petrochemicznych. Kolejnym przykładem przedstawionym w pracy jest biologiczny system oczyszczania ścieków Unitank, który łączy w sobie zalety tradycyjnego procesu z osadem czynnym oraz reaktora SBR. Ostatnim przykładem modyfikacji technologii SBR, jaki przedstawiono w artykule, jest proces ICEAS (Intermediate Cycle Extended Aeration System). W reaktorach ICEAS zmienny dopływ jest obsługiwany przez skrzynkę rozdzielającą, która rozdziela przepływ równomiernie na wszystkie zbiorniki tak, aby uniknąć przeciążenia pojedynczego zbiornika. W każdym przypadku przedstawiono korzyści płynące z wykorzystania danej modyfikacji.

IHOR ROMANYSHYN
MACIEJ HAJDUKIEWICZ

THE HEIGHT SURVEY OF MOUNT ŁYSICA IN THE CONTEXT OF VERIFICATION OF GEODESICAL AND CARTOGRAPHIC STUDIES

POMIAR WYSOKOŚCIOWY GÓRY ŁYSICY W KONTEKŚCIE WERYFIKACJI OPRACOWAŃ GEODEZYJNO-KARTOGRAFICZNYCH

Structure and Environment No. 2/2019, vol. 11, p. 153

DOI: 10.30540/sae-2019-012

Abstract

The subject of the article is the measurements of normal height (H) of the western top of Mount Łysica (Świętokrzyskie Mountains, Poland), carried out using the GNSS and geometric leveling methods according to standards for geodetic control network. As the elevation system EN-KRON86-NH was assumed. The reference data was the result of earlier measurements made using different methods: ALS, GNSS RTN and geometric levelling between selected points of Mount Łysica. The analysis of the survey results showed differences between the DEM from ALS measurement and the actual height reaching up to 0.47 m on small boulders and not exceeding the value of 0.17 m in the flat area. Differences between GNSS RTN measurement and geometric leveling based on GNSS static measurement did not exceed 0.03 m. An inventory of former state geodetic control network point "12 Góra Łysica" was also conducted. The point was found to be partially destroyed, and located 12 m south and 1.5 m below the actual top of the mountain. Therefore it was assumed, that a new geodetic control network point should be located on the top for the needs of forest inventory as well as setting the actual height of Mount Łysica.

Streszczenie

W artykule opisano wyniki pomiarów wysokości normalnej H wybranych punktów na wierzchołku zachodnim góry Łysicy w paśmie Łysogór (Góry Świętokrzyskie), przeprowadzone metodami GNSS i niwelacji geometrycznej według standardów dla osnowy wysokościowej. Jako układ wysokościowy przyjęto PL-KRON86-NH, a wyniki zestawiono z wcześniejszymi pomiarami ALS, GNSS RTN i niwelacją geometryczną między wybranymi punktami wysokościowymi na masywie Łysicy. Analiza wyników pomiarów wykazała rozbieżności pomiędzy modelem terenu z pomiaru ALS a wysokością rzeczywistą osiągającą wartości do 0,47 m na niewielkich wypukłych formach terenu i nieprzekraczające wartości 0,17 m na terenie płaskim. Rozbieżności pomiędzy pomiarem GNSS RTN a niwelacją geometryczną w oparciu o pomiar GNSS static nie przekraczały wartości 0,03 m. Przeprowadzono również inwentaryzację stanu starego punktu osnowy geodezyjnej 12 góra Łysica. Wobec faktu, że punkt ten jest częściowo zniszczony i znajduje się w odległości 12 m w poziomie i 1,5 m poniżej rzeczywistego wierzchołka, zasadne wydaje się założenie nowego punktu osnowy, który służyłby m.in. pomiarom w ramach inwentaryzacji stanu lasu, a także wyznaczał rzeczywistą wysokość szczytu Łysicy.

Uniform requirements for manuscripts submitted to “Structure and Environment”

All manuscripts should be submitted in English and Polish.

Given name(s) and surname(s) of each author

Institutional affiliation(s)

Author's e-mail

Title

Format for the paper:

- Abstract
- Keywords
- Introduction
- Subsequent headings
- Summary
- References

The text should be single-spaced throughout. The font should be 11 pt Times New Roman. All paragraphs should be indented 0.5 cm.

Formulas, tables, figures and photographs should be numbered consecutively

Figures and photographs with a resolution of 300 dpi or higher must be submitted in *.TIFF, *.EPS, *.JPG, *.WMF format.

Figures, photographs and tables should be in English, but their captions should be given in English and Polish.

References: The paper submitted for publication must comply with copyright law provisions. Authors have to document sources of the photographs, figures, quotes and borrowings used in the article. References should be cited in square brackets through the text. The full list of references arranged in the citing order as they appear in the text should be placed at the end of the paper (with one language version only). The reference style is defined by the standard PN-ISO 690:2012 Information and documentation. Guidelines for bibliographic references and citations to information resources.

Examples

Whole books

- [1] Author's surname followed by the initials: Title of the book. Place of publication: Publisher, Year of publication, ISBN number.

Edited books

- [2] Surname and initials of the editor (Ed.): Title of the book. Place of publication: Publisher, Year of publication, ISBN number.

Chapters in edited books

- [3] Author's surname followed by the initials: Title of the chapter. (in): Title of the book. Place of publication: Publisher, Year of publication, page numbers (for example: pp. 10-20), ISBN number.

Journal articles

- [4] Author's surname followed by the initials: Title of the article. "journal title" Year, Number, page numbers (for example: pp. 10-20), ISSN number

Web references

- [5] Author's surname followed by the initials: Title of the work. [type of the source, for example: online]. [date when the reference was last Accessed: ...]. Available online: web page

Podstawowe wymagania edytorskie dotyczące pisania artykułów do czasopisma „Structure and Environment”

Artykuł powinien być napisany w dwóch wersjach językowych: angielskiej oraz polskiej.

Imię i nazwisko autora
Nazwa uczelni
e-mail autora

Tytuł artykułu

Struktura artykułu:

- Streszczenie
- Słowa kluczowe
- Wprowadzenie
- Kolejne podtytuły
- Podsumowanie
- Bibliografia

Tekst artykułu powinien być napisany czcionką Times New Roman 11, interlinia pojedyncza, wcięcie akapitowe 0,5 cm.

Wzory, tabele, rysunki oraz zdjęcia powinny być ponumerowane zgodnie z kolejnością ich występowania w tekście.

Rysunki oraz zdjęcia o rozdzielczości 300 dpi lub wyższej, format *.TIFF, *.EPS, *.JPG, *.WMF.

Rysunki, zdjęcia oraz tabele zamieszczamy w wersji angielskiej, a ich tytuły podajemy zarówno w języku angielskim, jak i języku polskim.

Bibliografia: Artykuł przeznaczony do publikacji musi być przygotowany zgodnie z postanowieniami ustawy „Prawo autorskie”, które nakłada na autora obowiązek wykazania źródeł wykorzystanych zdjęć, rysunków cytowań, zapożyczeń. Źródła takie należy umieszczać w tekście w nawiasach kwadratowych. Zbiorcze zestawienie bibliografii umieszczamy na końcu artykułu w kolejności cytowania (tylko przy jednej wersji językowej).

Styl bibliograficzny definiuje norma: **PN-ISO 690:2012** *Informacja i dokumentacja. Wytyczne opracowania przypisów bibliograficznych i powołań na zasoby informacji*.

Przykłady

Pozycje książkowe

[1] Nazwisko i inicjały imion autora: *Tytuł: podtytuł*. Miejsce wydania: Wydawca, Rok, Numer ISBN.

Praca zbiorowa

[2] Nazwisko i inicjały imion redaktora (red): *Tytuł: podtytuł*. Miejsce wydania: Wydawca, Rok, Numer ISBN.

Rozdziały książek

[3] Nazwisko i inicjały imion autora: *Tytuł: podtytuł rozdziału*. [w]: *Tytuł publikacji*. Miejsce wydania: Wydawca, Rok, Strony (np. s. 10-20), Numer ISBN.

Artykuły w czasopismach

[4] Nazwisko i inicjały imion autora: *Tytuł artykułu*. „Tytuł czasopisma” Rok, Numer, Strony (np. s. 8-27), Numer ISSN.

Strony internetowe

[5] Nazwisko i inicjały imion autora: *Tytuł*. [typ nośnika (np. online)]. [data dostępu: ...]. Dostępny w internecie: Adres strony internetowej

THE REVIEW PROCESS

The following requirements need to be met by the paper:

- the title should reflect the content of the paper
- the content should be within the thematic scope of the journal
- the paper should be properly and clearly divided into paragraphs
- original elements need to be part of the paper
- the research method should be properly selected
- adequate references need to be cited
- interpretation and conclusions should match the presented test results
- the paper should not contain parts indicating commercial use

