

Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie

The use of unmanned aerial vehicles (drones) in the process of occupational safety management in construction

dr inż. Tomasz Nowobilski (ORCID: 0000-0002-0599-7108), prof. dr hab. inż. Bożena Hoła (ORCID: 0000-0001-6630-8065), Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wrocławska

DOI: 10.5604/01.3001.0053.9377

Streszczenie: Bardzo istotnym elementem wpływającym na poziom bezpieczeństwa pracy w budownictwie jest stosowanie właściwych narzędzi wspomagających zarządzanie bezpieczeństwem pracy podczas prowadzenia prac budowlanych. W ostatnich latach coraz częściej wykorzystuje się w tym celu nowe technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne. Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania dronów w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie, z uwzględnieniem korzyści i ograniczeń płynących z zastosowania tej technologii w praktyce. Dodatkowo autorzy artykułu zwrócili również uwagę na nowe, niewystępujące dotychczas, źródła zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy jakie generuje wykorzystanie dronów w procesie budowlanym.

Słowa kluczowe: budownictwo, bezzałogowy statek powietrzny, dron, bezpieczeństwo pracy, ryzyko zawodowe.

Abstract: A very important element affecting the level of occupational safety in construction is the use of appropriate tools to assist in the management of safety during construction work. In recent years, new technologies, which include unmanned aerial vehicles, have been increasingly used for this purpose. This article aims to analyse the possibility of using drones in the construction safety management process, taking into account the benefits and limitations of using this technology in practice. In addition, the authors of the article also highlighted new sources of occupational safety risks generated by the use of drones in the construction process, which have not occurred before.

Keywords: construction, unmanned aerial vehicle, drone, occupational safety, occupational risks.

1. Wprowadzenie

Jak powszechnie wiadomo, branża budowlana zaliczana jest do jednej z najbardziej niebezpiecznych gałęzi gospodarki [1]. Główną przyczyną takiego zjawiska jest fakt, że prace budowlane często prowadzone są w dynamicznie zmieniającym się środowisku, w którym występuje duża liczba zagrożeń [2, 3]. Prowadzi to do sytuacji, w której każdego roku na polskich budowach dochodzi do kilku tysięcy wypadków przy pracy [4]. Bardzo istotnym elementem, ograniczającym skalę tego zjawiska, jest stosowanie właściwego procesu zarządzania bezpieczeństwem pracy podczas prowadzenia prac budowlanych, obejmującego w szczególności: kontrolę miejsca pracy, ocenę ryzyka zawodowego, a także eliminowanie lub ograniczenie konieczności przebywania osób w miejscach niebezpiecznych [5].

W ostatnich latach z pomocą w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie przychodzą nowe

technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne (BSP, tzw. drony). Urządzenia te od wielu lat z powodzeniem stosowane są w wielu gałęziach gospodarki na całym świecie, takich jak: transport [6], medycyna [7], budownictwo [8] i inne.

Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie, z uwzględnieniem korzyści i ograniczeń płynących ze stosowania tej technologii w praktyce. Dodatkowo autorzy artykułu zwrócili również uwagę na nowe, niewystępujące dotychczas, źródła zagrożeń dla bezpieczeństwa pracy, jakie generuje wykorzystanie dronów w procesie budowlanym.

2. Obszary zastosowań dronów w budownictwie

W budownictwie bezzałogowe statki powietrzne stosowane są najczęściej w procesie:

Rys. 1. Bezzałogowy statek powietrzny wyposażony w: a) aparat, b) skaner laserowy



- pozyskiwania danych przestrzennych – m.in.: inwentaryzacja przestrzenna obiektów budowlanych, wykonanie opracowań geodezyjnych (np. ortofotomap i numerycznych modeli terenu) [9],
- kontroli stanu technicznego obiektów budowlanych i ich elementów – m.in.: inspekcje budynków, obiektów inżynierskich, paneli fotowoltaicznych [10],
- zarządzania budową – m.in. analiza stanu zaawansowania prac budowlanych [11].

W związku z tak dużą ilością obszarów, w których drony są wykorzystywane w praktyce, w dalszej części pracy skupiono się w szczególności na przykładach wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych, które mają bezpośrednie przełożenie na poziom bezpieczeństwa pracy.

2.1. Inwentaryzacja

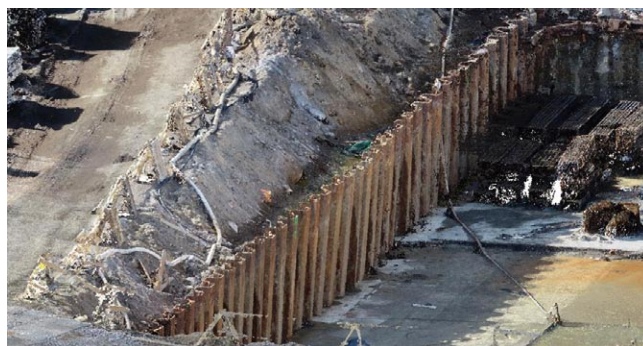
W przypadku planowania prac geodezyjnych lub remontowych, a także rozbudowy lub modernizacji istniejących obiektów budowlanych bardzo ważnym elementem jest wykonanie dokładnej inwentaryzacji przed przystąpieniem do prac projektowych. Prawidłowo przeprowadzona inwentaryzacja powinna pozwolić na zgromadzenie dokładnych danych, obejmujących w szczególności informacje na temat geometrii analizowanego obiektu lub obszaru.

W wielu przypadkach wykonanie takiej inwentaryzacji przy użyciu tradycyjnych narzędzi jest zadaniem trudnym i czasochłonnym, często wiążącym się z bezpośrednim zagrożeniem dla zdrowia osób wykonujących te prace – np. konieczność inwentaryzacji elementów zlokalizowanych na wysokości lub w wykopie. Taka sytuacja występuje w szczególności w przypadku inwentaryzacji obiektów: zabytkowych (np. obiekty sakralne), przemysłowych (np. maszty, kominy) i mostowych, a także dużych wyrobisk i wykopów. Spowodowane jest to faktem, że obiekty te w wielu przypadkach mają dużo nieregularnych kształtów, które nierzadko ulokowane są na wysokości (np. w przypadku kominów) lub w miejscach trudno dostępnych (np. nad wodą w przypadku mostów).

Obecnie z pomocą w trakcie prowadzenia procesu inwentaryzacji przychodzą nowoczesne technologie, do których należy zaliczyć bezzałogowe statki powietrzne. Drony mogą pozyskiwać dane przestrzenne m.in. przy pomocy

kamery wysokiej rozdzielczości (rys. 1a) lub skanera laserowego (rys. 1b).

W pierwszym przypadku uzyskana w wyniku wykonanego nalotu BSP dokumentacja wizualna jest przetwarzana w dane przestrzenne (m.in. chmurę punktów) z zastosowaniem specjalistycznego oprogramowania fotogrametrycznego. W drugim przypadku zgromadzone dane mogą być wykorzystane od razu po zgraniu z urządzenia, jednak koszt ich pozyskania jest najczęściej wyższy niż w pierwszym przypadku. Efektem finalnym inwentaryzacji z użyciem obu technik jest m.in. chmura punktów – rysunek 2.

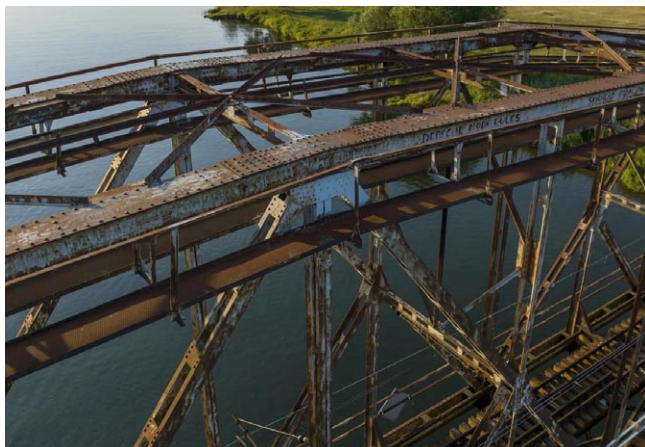


Rys. 2. Widok na fragment chmury punktów – wykop

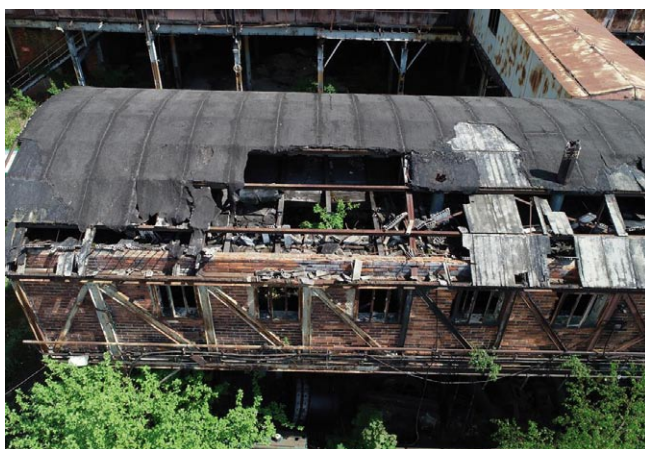
Przedstawiona na rysunku 2 chmura punktów obrazuje m.in. zdeformowaną w wyniku obsunięcia gruntu ściankę szczelną. Inwentaryzacja wykopu za pomocą drona wyeliminowała konieczność bezpośredniego wejścia pracowników do strefy niebezpiecznej w celu wykonania pomiarów. Pozwoliło to na znaczące ograniczenie ryzyka, ponieważ uszkodzona ścianka szczelna do momentu zabezpieczenia, zagrażała bezpieczeństwu osób przebywających w bezpośrednim jej sąsiedztwie.

2.2. Kontrola stanu technicznego obiektów budowlanych

Kontrola stanu technicznego obiektów budowlanych często wiąże się z koniecznością przeprowadzenia kontroli elementów zlokalizowanych w miejscach trudnodostępnych (w tym na wysokości – rysunek 3) lub kontroli obiektów grożących zawaleniem – rysunek 4. W obu przypadkach przebywanie osób wykonujących kontrolę wiąże się z szeregiem



Rys. 3. Kontrola stanu technicznego obiektu mostowego za pomocą drona

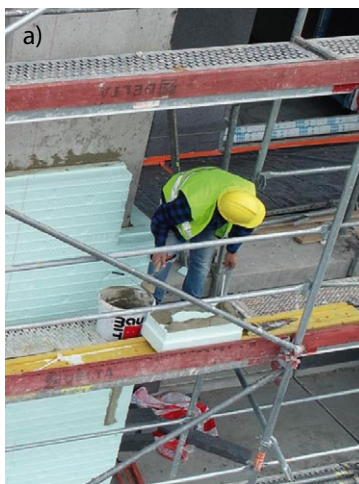


Rys. 4. Kontrola stanu technicznego kompleksu przemysłowego za pomocą drona – fragment analizowanego budynku grożącego zawaleniem

zagrożeń, takich jak: możliwość upadku pracownika z wysokości, możliwość uderzenia spadającym fragmentem konstrukcji itp. Rozwiązaniem powyższego problemu jest wykorzystanie w procesie kontroli stanu technicznego obiektu, bezzałogowego statku powietrznego. Umożliwia to zgromadzenie obszernego materiału zdjęciowego obrazującego ewentualne uszkodzenia obiektu oraz pozwala na opracowanie produktów pochodnych tj. chmury punktów zewnętrznej części konstrukcji lub ortofotoplanów elewacji, które mogą stanowić wysokiej jakości dokumentację pozwalającą podnieść jakość wykonanej ekspertyzy.

Zgromadzone za pomocą drona materiały w znaczący sposób ułatwiają proces kontroli konstrukcji

Rys. 5. Przykłady wykorzystania drona w procesie kontroli obowiązku korzystania z odzieży ochronnej i kasków przez pracowników budowlanych: a) zachowanie poprawne, b) zachowanie niepoprawne – brak odzieży ochronnej i kasków



oraz przyczyniają się do znacznego ograniczenia ryzyka operacji dla osób wykonujących inspekcję.

2.3. Kontrola przestrzegania przepisów BHP

Możliwość wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania budową jest dużo, a jednym z kluczowych jest obszar związany z kontrolą przestrzegania przepisów BHP przez pracowników oraz oceną stanu technicznego maszyn i urządzeń technicznych wykorzystywanych na budowie [12]. W pierwszym przypadku dron wyposażony w kamerę o wysokiej rozdzielczości, umożliwia kontrolę przestrzegania przepisów BHP przez pracowników budowlanych – np. obowiązku noszenia odzieży ochronnej i kasków ochronnych (rys. 5). Wszelkie naruszenia przestrzegania przepisów bezpieczeństwa przez pracowników budowlanych mogą mieć poważne konsekwencje. Dlatego wykorzystanie drona jako narzędzia prewencyjnego może przynieść wymierne korzyści, zarówno materialne jak i niematerialne.

Dodatkowo drony mogą być wykorzystane do kontroli poprawności montażu urządzeń wykorzystywanych podczas prowadzenia prac budowlanych takich jak np. rusztowania budowlane [13]. Dokumentacja zdjęciowa i filmowa, zgromadzona w procesie kontroli w połączeniu z wiedzą ekspercką, pozwala na łatwą identyfikację ewentualnych uszkodzeń (ocena jakościowa), które mogą generować zagrożenia dla bezpieczeństwa pracy (rys. 6), a także kompletności konstrukcji (ocena ilościowa).

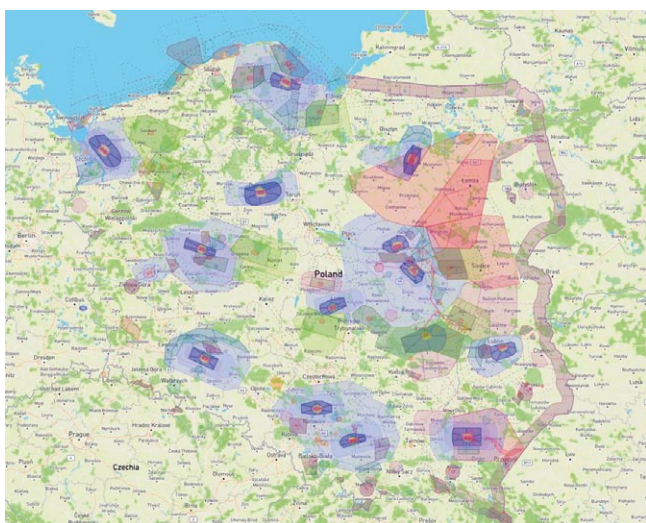
3. Stosowanie dronów w praktyce inżynierskiej

3.1. Uwarunkowania formalnoprawne

Każdy użytkownik bezzałogowego statku powietrznego powinien pamiętać, że urządzenia te podlegają wielu przepisom prawnym, które regulują kwestie formalne ich użytkowania [14]. Powyższe przepisy są bardzo obszerne i w ostatnich latach mocno ewoluują. Obecnie pilotem drona może zostać wyłącznie osoba, która odbyła odpowiednie szkolenie



Rys. 6. Widok na uszkodzoną deskę krawężnikową – zdjęcie wykonane za pomocą drona



Rys. 7. Wybrane strefy powietrzne, aktywne 11 sierpnia 2023 r. [15]

i posiada aktualną wiedzę na temat obowiązujących przepisów. Dodatkowo każdy operator drona oraz samo urządzenie, które jest wyposażone np. w kamerę, podlega obowiązkowi rejestracji.

Pilot drona w trakcie wykonywania czynności lotniczych zobligowany jest do każdorazowego zapewnienia prawidłowego i bezpiecznego przebiegu operacji lotniczej, a także do przestrzegania zasad obowiązujących w przestrzeni powietrznej, w której się aktualnie znajduje – rysunek 7. Dodatkowo często wykonanie operacji w danej strefie powietrznej, wiąże się z koniecznością uprzedniego uzyskania odpowiedniego zezwolenia.

W przypadku wykorzystywania nad terenem budowy dronów o masie większej niż 250 g, w tzw. kategorii szczególnej, pilot drona w trakcie wykonywania operacji zobligowany jest m.in. do noszenia odpowiednio oznakowanej odzieży, a w niektórych przypadkach do wykonania szczegółowej analizy ryzyka operacji.

3.2. Zagrożenia

Pomimo wielu korzyści, jakie przynosi wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania

bezpieczeństwem pracy w budownictwie, należy pamiętać, że również drony mogą generować nowe, dotychczas niewystępujące zagrożenia, które należy uprzednio zidentyfikować i w odpowiedni sposób nimi zarządzić [16]. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć w szczególności:

- zagrożenie związane z uderzeniem dronem podczas wykonywania lotu w: pracownika budowlanego, maszynę budowlaną (np. dźwig) lub w budowany obiekt;
 - niezamierzony upadek urządzenia z powietrza będący wynikiem błędu pilota lub awarii urządzenia;
 - zakłócenia spowodowane np. nadajnikami telekomunikacyjnymi lub nadmiernym promieniowaniem słonecznym, uniemożliwiające pełną kontrolę nad urządzeniem w trakcie lotu;
 - uszkodzenie i awarie urządzenia powstałe w trakcie lotu (np. awaria akumulatora),
 - wpływ warunków atmosferycznych (m.in. prędkości wiatru, opadów atmosferycznych, temperatury);
 - wpływ osób trzecich na przebieg operacji (np. rozpraszanie pilota drona podczas wykonywania operacji);
 - porażenie prądem lub poparzenie będące następstwem awarii urządzenia lub nieodpowiedniej eksploatacji.
- Powyższe zagrożenia w skrajnych przypadkach mogą prowadzić do niebezpiecznych sytuacji, których następstwa mogą być bardzo poważne. Z tego względu każdorazowe użycie drona nad terenem budowy musi być uprzednio zaplanowane. Bardzo ważna jest również kontrola stanu technicznego urządzenia przed każdym lotem oraz bieżąca jego konserwacja.

4. Wnioski

Wykorzystanie dronów w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie przynosi wiele korzyści dla wszystkich zainteresowanych stron. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- ograniczenie ryzyka przebywania ludzi w miejscach niebezpiecznych m.in. na wysokości, w miejscach zagrożonych zawaleniem lub obsunięciem gruntu itp.;
- możliwość szybkiego i efektywnego dotarcia w miejsca niedostępne z poziomu terenu np. na wysokości, nad wodą;
- możliwość gromadzenia dużej liczby szczegółowych informacji.

Należy jednak pamiętać, że tak samo jak każda inna technologia również drony mają szereg ograniczeń w zakresie możliwości ich stosowania. Do najczęstszych z nich należy zaliczyć:

- ograniczenia wynikające z przestrzeni, w której planowane jest wykonanie operacji np. odległość od obiektów strategicznych i lotnisk, a także występujące przeszkody terenowe oraz źródła powodujące zakłócenia;
- ograniczenia wynikające z przepisów i możliwości technicznych sprzętu;

- ograniczenia wynikające z panujących warunków atmosferycznych;
- konieczność posiadania odpowiednich uprawnień przez osoby operujące dronami.

Tak duża liczba czynników wpływających na możliwość wykorzystania bezzałogowych statków w praktyce powoduje konieczność wykonania indywidualnej analizy i zaplanowania misji, każdorazowo przed jej wykonaniem. Dodatkowo w trakcie wykonywania tej analizy konieczna jest analiza ryzyka związanego z taką operacją.

5. Podsumowanie

Jak wykazano w artykule, możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w procesie zarządzania bezpieczeństwem pracy w budownictwie jest dużo. Drony z powodzeniem stosowane są m.in. podczas inwentaryzacji obiektów budowlanych, w procesie kontroli stanu technicznego oraz w zakresie kontroli przestrzegania przepisów BHP przez pracowników. Wykorzystanie dronów w każdym z tych obszarów ma duże znaczenie dla podniesienia poziomu bezpieczeństwa pracy oraz ograniczenia ryzyka zawodowego osób wykonujących dane prace. Warto jednak pamiętać o tym, że wykorzystanie dronów generuje nowe źródła zagrożeń, które należy właściwie kontrolować.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Safety and Health at Work, A Vision for Sustainable Prevention. Frankfurt: International Labour Organization, 2014
- [2] Hoła B., Nowobilski T., Szer I., Szer J. Identification of factors affecting the accident rate in the construction industry, *Procedia Engineering* tom 208, 2017, str. 35–42, doi: 10.1016/j.proeng.2017.11.018
- [3] Hoła B., Nowobilski T., Analysis of the influence of socio-economic factors on occupational safety in the construction industry, *Sustain*, tom 11, 16/2019, doi: 10.3390/su11164469
- [4] Główny Urząd Statystyczny (GUS), Bank Danych Lokalnych, bdl.stat.gov.pl (accessed May 09, 2023)
- [5] Hoła B., Bezpieczeństwo pracy w procesach budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2016
- [6] Cvitanic D., Drone applications in transportation, 2020, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243807
- [7] Bąk J., Konieczka R., Perspektywa zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w transporcie medycznym, *Zeszyty Naukowe SGSP*, tom 83, 2022, doi: 10.5604/01.3001.0016.0231
- [8] Szóstak M., Nowobilski T., Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w budownictwie, *Przegląd Komunikacyjny* 2–3/2022 str. 26–31
- [9] Mrówczyńska M., Grzelak B., Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w budowlanym procesie inwestycyjnym, *Cyfryzacja w budownictwie i architekturze*, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2019, str. 55–66
- [10] Noszczyk P., Nowak H., Zastosowanie dronów do termowizyjnych badań obiektów budowlanych, *Materiały Budowlane* 11/2017, str. 29–30, Nov., doi: 10.15199/33.2017.11.11
- [11] Rybka I., Nowobilski T., Stolarz M., Nowoczesne technologie monitorowania robót ziemnych, *Praktyczne wdrożenie na przykładzie budowy Kwatery Południowej OUOW Żelazny Most*, *Builder* 5/2020, str. 44–47, doi: 10.5604/01.3001.0014.0810
- [12] Państwowa Inspekcja Pracy, Kontrola bhp z użyciem drona, <https://www.pip.gov.pl/aktualnosci/kontrola-bhp-z-uzyciem-drona?highlight=Wylkcm9uYSJd>

- [13] Nowobilski T., Sawicki M., Szóstak M., Analiza rusztowań budowlanych z wykorzystaniem nowych technologii, *Builder*, tom 276, 7/2020, str. 32–34, doi: 10.5604/01.3001.0014.1600
- [14] Urząd Lotnictwa Cywilnego, Bezzałogowe statki powietrzne, Mar. 2023 <https://ulc.gov.pl/pl/drony>
- [15] Mapa stref geograficznych, <https://dronemap.pansa.pl/>
- [16] Szóstak M., Nowobilski T., Mahamadu A. M., Pérez D. C., Unmanned aerial vehicles in the construction industry – Towards a protocol for safe preparation and flight of drones, *Int. J. Intell. Unmanned Syst.*, 2022, doi: 10.1108/IJIUS-05-2022-0063

Serce do pracy

Ogólnopolska kampania informacyjna na rzecz zapobiegania chorobom układu krążenia wśród pracowników

www.ciop.pl/serce-do-pracy

Ryzyko zachorowania na choroby serca wzrasta z wiekiem. W pracy również mogą pojawić się czynniki zwiększające to ryzyko, dlatego – niezależnie od tego, czy jesteśmy zatrudnieni na etacie, czy pracujemy na własny rachunek, pamiętajmy o profilaktyce prozdrowotnej i aktywności fizycznej.

Zawody pływackie organizowane przez naszą Izbę to wieloletnia tradycja, jak też przykład drobnego kroku na drodze do aboalści o własne zdrowie i serce. Rywalizujmy w zdrowej atmosferze, tam, gdzie ta walka doda nam zdrowia, a nie stresów.

Roman Lulis,
Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa

Organizator **CIOP** **PIB**

MAZOWIECKA OKRĘGOWA IZBA INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

XIII

2023 MASTERS

O PUCHAR PRZEWODNICZĄCEGO RADY MOIIB

pod honorowym patronatem:

Marszałka Województwa Mazowieckiego

Prezesa FSNT-NOT

Prezesa PIIB

21 października 2023 r.
Kryta Pływalnia w Ostrowi Maz., ul. H. Trębackiego 10
Oficjalne otwarcie zawodów o godz. 11:00

ZAPRASZAMY

MIĘDZYNARODOWE ZAWODY PŁYWACKIE