

Szymon KRÓL*

PLYWAJĄCE MIASTA PRZYSZŁOŚCI – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU OSADNICTWA NA WODZIE

FLOATING CITIES OF THE FUTURE – CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF SETTLEMENTS ON WATER

DOI: 10.25167/sm.3737

ABSTRAKT: Wiele spośród wyzwań, przed którymi staje dzisiaj ludzkość, kumuluje się w obszarach przybrzeżnych. Przemiany środowiska naturalnego i kulturowego wymuszają poszukiwanie nowych form osadnictwa. Jednym z rozwiązań jest budownictwo na wodzie. Przez długie lata stanowiło temat dywagacji, fantazji i utopijnych wizji, a w dobie rosnących możliwości technologicznych zaczyna być całkiem realne. Jakie są dotychczasowe doświadczenia? Co architekci i inżynierowie proponują na nadchodzące lata? Czy pływające miasta rzeczywiście rozwiążą problemy dzisiejszego świata? Niniejszy artykuł stanowi próbę odpowiedzi na te pytania; zawiera przegląd aktualnych informacji na temat budownictwa na wodzie i podejmuje temat ich rozwoju. Opisuje najważniejsze argumenty za powstawaniem pływających miast, potencjalne trudności i wytyczne dla przyszłych projektów.

SŁOWA KLUCZOWE: zmiany klimatyczne, zmiany poziomu morza, pływające miasta, miasta przyszłości

ABSTRACT: Many of the challenges facing mankind today are accumulating in coastal areas. Changes in the natural and cultural environment necessitate the search for new forms of settlement. One solution is building on water. For many years, it has been the subject of deliberation, fantasy and utopian visions, and in the era of growing technological possibilities, it begins to be quite real. What are the experiences so far? What are architects and engineers proposing for the coming years? Will floating cities really solve the problems of today's world? This article tries to answer these questions; it provides an overview of up-to-date information on water-based construction and addresses its development. It describes the main arguments for creating floating cities, potential difficulties and guidelines for future projects.

KEY WORDS: climate change, sea-level rise, floating cities, future cities

Wprowadzenie

Tematyka pływających miast wydaje się być coraz bardziej aktualna w czasie, kiedy ludzkość jest zmuszona zmagać się ze skutkami katastrofy klimatycznej, a podnoszenie się poziomu mórz zagraża istnieniu nadmorskich metropolii, najbardziej rozwiniętych

* <https://orcid.org/0000-0002-2423-857X>, e-mail: szymon.p.krol@gmail.com.

gospodarczo i cywilizacyjnie regionów świata. Na nisko położonych terenach nadmorskich mieszka obecnie 680 mln ludzi (prawie 10% globalnej populacji), a w roku 2050 najprawdopodobniej będzie to ponad miliard osób (IPCC 2019, 5). Jednocześnie, wobec kurczących się zasobów wody, dostęp do niej jest kluczowym warunkiem funkcjonowania ludzkich osiedli. Konieczne staje się wypracowanie alternatywnych modeli osadnictwa, będących nie tylko środkiem poprawy jakości życia, ale wręcz warunkiem przetrwania. Wizje miast na wodzie, które jeszcze niedawno traktowano jako futurystyczne i utopijne, dziś stają się realnymi planami, a dla wielu ludzi jedyną alternatywą dla migracji.

Głównymi przesłankami dla realizacji pływających miast z jednej strony są następstwa zmian klimatycznych, w tym przede wszystkim wzrost poziomu morza, który wymusza nowe metody kształtowania zabudowy na terenach nadmorskich. Z drugiej strony istnieje ogromna i wciąż rosnąca presja inwestycyjna na tych samych obszarach, wywołana głównie masową migracją do metropolii w poszukiwaniu lepszych perspektyw życiowych i dynamiką demograficzną krajów rozwijających się. Nakładanie się na siebie tych zjawisk sprawia, że osadnictwo na wodzie (w dosłownym rozumieniu) staje się faktycznie uzasadnione.

Poniższy artykuł ma na celu analizę obecnego stanu budownictwa na wodzie, sformułowanie argumentów za realizacją pływających miast i przeciwko niej oraz wytycznych dla przyszłych realizacji. Przeprowadzone badania obejmują analizę determinant rozwoju nawodnego osadnictwa i krytyczną analizę zrealizowanych oraz planowanych projektów na podstawie literatury przedmiotu. Następnie przedstawiono wnioski autora dotyczące możliwości powstania pływających miast i tego, jak powinny funkcjonować.

Zmiany klimatu i wzrost poziomu morza

Raporty IPCC podają dokładne informacje o wzroście temperatury na Ziemi. Dotychczas działalność ludzka spowodowała wzrost o 1°C w stosunku do poziomu sprzed rewolucji przemysłowej. Jeżeli utrzymają się dotychczasowe trendy, między rokiem 2030 a 2050 temperatura wzrośnie o kolejne 0,5°C. Warto przy tym zauważyć, że wzrost temperatur nie rozkłada się równomiernie; na przykład na obszarach lądowych jest większy niż nad morzami i oceanami (IPCC 2018, 6).

Zagrożenie związane ze zmianami klimatu wynika z nałożenia się dwóch czynników – ryzyka wystąpienia niebezpiecznych zjawisk i wrażliwości ekosystemów oraz środowiska antropogenicznego. Szczególnie narażone są rośliny, które nie mają możliwości zmiany swojego zasięgu występowania w tempie narzucanym przez zmiany klimatyczne, małe ssaki oraz organizmy morskie, w tym rafy koralowe. Co warto podkreślić, negatywne oddziaływanie zmian klimatu będzie trwało przez kolejne stulecia, nawet jeżeli wzrost temperatur uda się zahamować. W odniesieniu do życia i działalności człowieka bardzo poważne będą ograniczenia w produkcji żywności związane z wymieraniem i migracjami gatunków wodnych, trudnościami w uprawie pszenicy, ryżu i kukurydzy w strefach tropikalnych, a także ograniczeniem dostępu do świeżej wody (IPCC 2014, 64–74).

Morza i oceany zajmują 71% powierzchni Ziemi i obejmują 97% globalnych zasobów wody. Zmiany klimatyczne wywołane działalnością człowieka, zwłaszcza emisją gazów cieplarnianych, będą miały bardzo poważne i nieodwracalne skutki dla przyszłości Wszechoceanu. Wiele z nich zostało już zaobserwowanych i zbadanych. Są to przede wszystkim: wzrost temperatury wody (którego tempo zwiększyło się ponad dwukrotnie od lat 90.), fale upałów na morzu, stratyfikacja wód o zróżnicowanej gęstości, zakwaszanie wody związane z wchłanianiem przez nią około 20–30% antropogenicznych emisji CO₂ oraz podnoszenie się poziomu mórz (IPCC 2019, 9–10). W odniesieniu do pływających miast najważniejszą determinantą jest ten ostatni.

Średni poziom morza (MSL – ang. *mean sea level*) stanowi uśredniony wynik pomiarów z pewnego okresu w danym miejscu. Owo uśrednienie jest bardzo ważne, aby zniwelować wpływ krótkotrwałych zmian związanych z falowaniem, sztormami i pływami. Na podstawie MSL można wyliczyć średni globalny poziom morza (GMSL – ang. *global mean sea level*). Jest on wynikiem uśrednienia przestrzennego MSL ze wszystkich lokalizacji i to właśnie ta wielkość służy śledzeniu i prognozowaniu zmian poziomu morza w skali całej planety (Church, Clark i in. 2013, 1142). Analiza dotychczasowych danych i użycie zaawansowanych modeli matematycznych pozwalają na prognozowanie przyszłych zmian poziomu morza (GMSL). Najważniejszą przyczyną pozostanie globalne ocieplenie i wzrost objętości wody morskiej w wyniku ogrzania, jako że oceany akumulują ponad 90% wzrostu energii systemu klimatycznego. Dotychczasowe zmiany poziomu wody we Wszechoceanie były większe niż suma poszczególnych wkładów (wpływ wzrostu temperatur i rozszerzalności termicznej wody, topniejących lodowców oraz gospodarki wodnej człowieka), dlatego część badaczy wypracowała inne podejście. Wyliczenia ekspertów w ramach modeli semi-empirycznych pokazują wartości wyższe niż modele oparte na procesach. Z analizy przedstawianych modeli wynika, że poziom morza w skali globalnej może się podnieść do roku 2100 od 40 do nawet 120 cm, a i to biorąc pod uwagę jedynie mediany dla każdego wyliczenia (Church, Clark i in. 2013, 1179–1183).

Jednym z najbardziej znaczących skutków wzrostu poziomu morza będzie z pewnością nasilenie zjawisk związanych z powodzią i zalewaniem terenów nisko położonych, a także z większą wysokością fal sztormowych. Należy także zwrócić uwagę na przewidywane ograniczenie dostępu do podziemnych złóż wodnych poprzez intruzję wód słonych. Około 80% populacji narażonej na skutki wzrostu poziomu mórz mieszka w Azji i Oceanii: w dużych miastach nadmorskich, na żyznych obszarach deltowych albo w małych krajach wyspiarskich, które są narażone nawet na całkowite zniknięcie (Mimura 2013, 291–295).

Dynamika demograficzna w ujęciu globalnym

Dane dotyczące możliwych zmian populacji są bardzo różne, ale większość z nich zakłada jej wzrost przynajmniej do połowy XXI wieku (Lutz, KC 2010, 2785). Najbardziej prawdopodobnym scenariuszem (wg ONZ) jest utrzymanie tempa wzrostu

populacji podobnego do dzisiejszego mniej więcej do połowy stulecia, a następnie jego spowolnienie i stabilizacja globalnej liczby ludności na poziomie około 11 miliardów (ONZ, 2019). Na przyrost rzeczywisty danego kraju czy obszaru składają się dwa czynniki – przyrost naturalny (różnica między liczbą narodzin a liczbą zgonów) oraz saldo migracji. Mowa tu o migracji zarówno międzynarodowej, jak i wewnątrz państw. Pierwszy z wymienionych aspektów jest badany przez instytucje o zasięgu globalnym, w tym Międzynarodową Organizację do spraw Migracji – IOM (ang. *International Organisation for Migration*). W 2019 roku liczba międzynarodowych migrantów przekroczyła 271 milionów, czyli około 3,5% globalnej populacji. Warto przy tym zauważyć, że udział procentowy stale rośnie, od 2,2% w roku 1975 (IOM 2019, 2–4). Przyczyny migracji są bardzo zróżnicowane – choć najważniejszymi motywatorami pozostają czynniki ekonomiczne, rośnie znaczenie konfliktów zbrojnych i zmian klimatycznych. Wielu ludzi jest zmuszonych do opuszczenia swoich miejsc zamieszkania ze względu na powodzie i inne klęski żywiołowe lub brak dostępu do wody pitnej i żywności. Liczne projekty i strategie zakładają planową, długofalową i kontrolowaną migrację, uznając ją za jeden z pełnoprawnych środków radzenia sobie ze zmianami klimatu (IOM 2019, 261–263). Najpopularniejszymi celami migracji pozostają kraje wysoko rozwinięte oraz bogate metropolie i regiony nadmorskie, dlatego analiza zachodzących i prognozowanych procesów pozwala sądzić, że zjawiska takie jak presja inwestycyjna, gentryfikacja i kryzys mieszkaniowy w obrębie stref przybrzeżnych będą się nasilać w nadchodzących latach.

Budownictwo na wodzie – stan aktualny

Mimo że pływające miasta w sensie ścisłym dotychczas jeszcze nie powstały, w wielu miejscach na świecie można obserwować różnorodne formy osadnictwa i zabudowy na styku lądu i morza, o różnych skalach, formach i funkcjach. Każda z nich posiada swoje mocne i słabe strony, syntetycznie przedstawione w tabeli 1. Analiza tych inwestycji może przyczynić się do lepszego zrozumienia tego, gdzie i w jakiej formie powinny powstać pływające miasta przyszłości oraz jakie narzędzia można wykorzystać przy ich realizacji.

Sztuczne wyspy są jednym z podstawowych sposobów zwiększania powierzchni pod zabudowę i inwestycje w regionach nadwodnych. Sam pomysł budowania nowego lądu ma długą historię, sięgającą kilku tysiącleci przed naszą erą; na przykład w Szkocji, Irlandii i Walii odnaleziono tysiące sztucznych wysp, zwanych *crannogs*, których powstanie datuje się na okres neolitu (Dockrill 2019). Dopiero jednak nowoczesne technologie umożliwiły bardziej rozbudowane realizacje. Sztuczne wyspy służą do zamieszkania, pracy, korzystania z usług i rekreacji oraz jako atrakcje turystyczne. W realizacji przodują zamożne metropolie arabskie i azjatyckie, a od niedawna także europejskie. Reprezentatywnymi przykładami sztucznych wysp są Palm Jumeirah w Dubaju oraz niezrealizowany jeszcze projekt Holmene w Kopenhadze, interesujące także ze względu na występujące między nimi różnice.

Tabela 1

Autorska ocena mocnych i słabych stron istniejących form budownictwa na wodzie.

Forma budownictwa na wodzie	Mocne strony	Słabe strony
Sztuczne wyspy	stabilność konstrukcji, duża dowolność zagospodarowania, warunki zbliżone do osadnictwa lądowego	wysokie koszty finansowe, destrukcyjny wpływ na cenne ekosystemy przybrzeżne, ograniczona odporność na wzrost poziomu morza
Pływające domy	elastyczność i różnorodność, korzystny wpływ na zdolności adaptacyjne jednostek osadniczych	stosunkowo niewielka skala, brak samowystarczalności, czysto komercyjny charakter dotychczasowych realizacji
Pływające megastruktury	stosowanie najnowszych rozwiązań technologicznych, wysoka funkcjonalność, reprezentacyjny charakter podnoszący atrakcyjność miast i regionów	monofunkcyjność, wysokie koszty realizacji, często niedostateczne uwzględnianie kwestii środowiskowych i społecznych

Źródło: opracowanie własne.

Palm Jumeirah to sztuczna wyspa o kształcie liścia palmowego wpisanej w elipsę o wymiarach $4,5 \times 5,5$ km (ryc. 1), usypana z 94 milionów metrów sześciennych piasku, przesyłanego podwodnymi rurociągami z dna Zatoki Perskiej i osadzanego przy wykorzystaniu nadajników GPS, umożliwiających osiągnięcie dokładności co do centymetra. Następnie stabilizowano i ubijano piasek, używając wibracji, celem zwiększenia jego gęstości (Withers 2020). Wyspa powstała jako inwestycja prywatna imia przede



Ryc. 1. Palm Jumeirah w trakcie budowy

Źródło: fotografia opublikowana w serwisie internetowym The Pinnacle List (dostęp: 26.03.2020), dostępna online pod adresem: <https://www.thepinnaclelist.com/articles/uae-real-estate-exploring-7-of-the-most-expensive-luxury-neighbourhoods-in-dubai/attachment/01-palm-jumeirah-island-dubai-united-arab-emirates/>.

wszystkim przynosić zysk. Program funkcjonalny obejmuje hotele, handel, gastronomię i inne usługi, skupione w bardziej intensywnej zabudowie wzdłuż centralnej osi, oraz osiedla willowe nabocznych odnogach. Układ transportowy opiera się przede wszystkim na ruchu samochodowym, jak w całym mieście; wzdłuż „pnia” ciągnie się ośmiopasmowa droga szybkiego ruchu równoległa do linii kolei jednoszynowej Palm Monorail. Wyspa ma z założenia zapewnić miejsce dla 120 tysięcy mieszkańców i pracowników oraz około 20 tysięcy turystów rocznie – wpisuje się to w strategię rozwoju krajów arabskich, które poszukują alternatywnych źródeł dochodu po wyczerpaniu zapasów ropy naftowej. Realizacja tak dużej inwestycji jest z pewnością imponującym osiągnięciem inżynierskim, nie odbyła się jednak bez problemów. Duże wątpliwości budziła od początku sytuacja robotników. Pochodzili oni w większości z ubogich krajów rozwijających się, żyli w bardzo ciasnych i przepełnionych pomieszczeniach, pracowali w wyjątkowo ciężkich warunkach, często opóźniano im wypłaty pensji. W samym tylko 2006 roku 100 z nich popełniło samobójstwo (Booth 2008). Ponadto budowa Palm Jumeirah wpłynęła niekorzystnie na środowisko przyrodnicze strefy przybrzeżnej – pozyskiwanie materiału z dna morza doprowadziło do utraty środowiska życia wielu gatunków i zmniejszyło przejrzystość wody. Natomiast powstanie wyspy miało następujące efekty: zagrożenie dla wędrownych ptaków, zniszczenie pokrywy koralowej, zmiany w przepływie wody morskiej w Zatoce i strukturze dna, utrata cennego ekosystemu, w którym funkcjonowało kilkaset gatunków ryb i innych stworzeń morskich, między innymi żółwi (Ghaffari, Habibzadeh, Asfad, Mousazadeh 2017, 266–269).

Druga z analizowanych inwestycji, Holmene, to projekt przygotowany przez firmę Urban Power na zlecenie gminy Hvidovre, położonej w obszarze metropolitalnym Kopenhagi. Na razie pozostaje na etapie planowania. Obejmuje dziewięć sztucznych wysp o łącznej powierzchni 3 km² u wybrzeży Zelandii, 12 km na południowy zachód od centrum miasta. Podział inwestycji na 9 wysp ułatwia jej etapowanie; pierwsza część ma być ukończona już w 2028 roku. Program funkcjonalny obejmuje przede wszystkim przestrzeń dlanowoczesnego przemysłu, dlatego Holmene bywa nazywane „Duńską Doliną Krzemową”. Wpisuje się to w strategię metropolii i władz krajowych, które liczą na przyciągnięcie wykwalifikowanej siły roboczej oraz nowych przedsiębiorstw do Kopenhagi. Niewątpliwym atutem projektu jest uwzględnienie kwestii przyrodniczych, widoczne w kilku elementach. Holmene zapewni 700 tys. m² terenów zielonych i przestrzeni rekreacyjnych. Część wybrzeży i kilka małych wysepek ma być zupełnie niedostępnych dla ludzi, zapewniając dobre warunki do życia dla zwierząt i roślin, a centralna wyspa ma pomieścić elektrownię produkującą prąd z odpadów. W połączeniu z innymi urządzeniami w obrębie inwestycji ma się to przyczynić do redukcji emisji CO₂ o 70 tys. ton wskali roku i produkcji 300 tys. MWh czystej energii (1/4 zapotrzebowania na prąd całej metropolii) (Hvidovre Kommune 2019). Wpisuje się to w strategię duńskich władz, zmierzających do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych związanych z gospodarką odpadami i wdrażania elementów gospodarki o obiegu zamkniętym (Magazzino, Mele, Schneider et al. 2021). Holmene, jak każdy duży projekt w przestrzeni miejskiej, wywołuje dyskusje i kontrowersje. Podnoszą się

głosy sprzeciwu wobec koncentracji całej działalności gospodarczej i lokalizowania nowych miejsc pracy w stolicy. Prowadzi to z jednej strony do przeludnienia obszaru metropolitalnego i wzrostu cen nieruchomości, którego konsekwencjami są gentryfikacja i segregacja społeczna, a z drugiej – do dalszej stagnacji i depopulacji obszarów wiejskich (Orange 2019).

Budowa pływających domów wydaje się być racjonalnym uzupełnieniem środków adaptacyjnych w nisko położonych regionach nadmorskich oraz na obszarach zalewowych. Pozwala mieszkańcom lepiej sobie radzić z podnoszeniem się poziomu mórz oraz powodziami, których częstotliwość i nasilenie będą niestety wzrastać. Tego typu inwestycje, ze względu na dużo mniejszą skalę niż pływające miasta, posiadają o wiele większy potencjał realizacyjny i powstały już w wielu częściach świata. Sztandarowe przykłady to IJBurg w Amsterdamie oraz The Float House w Nowym Orleanie. Ze względu na konstrukcję i sposób funkcjonowania pływające domy można podzielić na trzy zasadnicze typy: właściwe pływające budynki (ang. *floating*), „amfibialne” (ang. *amphibious*) oraz „mające możliwość unoszenia się na wodzie” (ang. *floatable*). Każdy z nich został już zrealizowany. Domy typu *floating* charakteryzują się tym, że swobodnie unoszą się na powierzchni wody, są zakotwiczone w jednym miejscu i nie posiadają urządzeń umożliwiających przemieszczanie się. Przeważnie są podłączone do infrastruktury technicznej znajdującej się na lądzie lub posiadają instalacje umożliwiające samowystarczalność. Budynki mieszkalne określane jako *amphibious* stoją na konstrukcji wznoszącej się ponad poziom wody i w normalnym stanie zachowują się jak zwykłe budynki. Są jednak wyposażone w pływające fundamenty, które umożliwiają podnoszenie się w wypadku powodzi i wzrostu poziomu wody. Umieszczone w nich pionowe kolumny uniemożliwiają dryfowanie, zapewniając jednocześnie dostęp do mediów. Dostać się do budynku można zarówno od strony lądu, jak i od strony wody, pieszo, samochodem, rowerem lub łodzią. Trzeci rodzaj, domy *floatable*, są osadzone na powierzchni ziemi i z zewnątrz wyglądają zupełnie zwyczajnie. Posiadają jednak dodatkowo możliwość unoszenia się na wodzie i są postawione na kolumnach o teleskopowej budowie, co uniemożliwia dryfowanie (Moon 2015, 99–100).

Pływające megastruktury (ang. *Very Large Floating Structures*, w skrócie VLFS) to zbiorcze pojęcie używane do określenia sztucznych fragmentów lądu unoszących się napowierzchni morza. Można je zasadniczo podzielić na dwa typy: jedne z nich są osadzone na palach – ten rodzaj nadaje się zwłaszcza do realizacji na akwenach o dużym falowaniu, drugie spoczywają na powierzchni wody, a realizuje się je raczej w zatokach, portach i lagunach, w miejscach osłoniętych od wiatru. Klasyczny przykład pływającej megastruktury stanowi Mega Float w Zatoce Tokijskiej. Jest to kilometrowej długości konstrukcja służąca do testowania różnych projektów VLFS, ukończona w 1995 roku (Wang, Tay 2011, 63). Od lat 90. tempo prac nad pływającymi megastrukturami znacząco wzrosło. Inwestycje tego typu powstały lub są w trakcie realizacji w różnych częściach świata. Pełnią zróżnicowane funkcje: transportową (jak most Nordhorland w Norwegii), rozrywkową (jak stadion The Float at Marina Bay w Singapurze), wydobywczą (na przykład platformy wiertnicze). Mimo że nie są pływającymi miastami

w ścisłym znaczeniu, z pewnością mogą posłużyć za bardzo cenne prototypy czy też swoiste „poligony doświadczalne” do testowania nowych rozwiązań technologicznych.

Budownictwo na wodzie – projekty i plany

Plany i projekty dotyczące budownictwa na wodzie są o wiele ambitniejsze niż obiekty dotychczas zrealizowane. Tworzą je czołowe biura projektowe świata. Choć wiele planów obejmuje w zasadzie powielanie już sprawdzonych rozwiązań, niektóre odważnie wybiegają w przyszłość. Na największą uwagę zasługują z pewnością te, które zakładają budowę dużych, wielofunkcyjnych struktur, częściowo lub nawet całkowicie samowystarczalnych (przynajmniej teoretycznie). Są to więc plany realizacji prawdziwych pływających miast. Syntetyczną ocenę ich mocnych i słabych stron przedstawia tabela 2. Projekty są następnie bardziej szczegółowo omówione w dalszej części rozdziału.

Tabela 2

Autorska ocena mocnych i słabych stron planowanych do realizacji projektów pływających miast

Projekt pływającego miasta	Mocne strony	Słabe strony
Green Float	duży nacisk na ograniczenie wpływu na środowisko, możliwość lokalizacji w najcieplejszej strefie klimatycznej, atrakcyjność wizualna	niedostateczne uwzględnienie uwarunkowań społecznych i ekonomicznych, brak określenia grupy docelowej, wysoka materiałochłonność
Blue Frontiers	dopasowanie skalą do zabudowy w otoczeniu, prosta modułowa konstrukcja, różnorodna oferta mieszkaniowa	brak odniesienia do oczekiwań i potrzeb lokalnej społeczności, nastawienie wyłącznie na zysk
Oceanix City	stosowanie najnowszych technologii proekologicznych, elastyczność osiągnięta dzięki modułom, lokalne materiały budowlane, efektowny design	brak określenia docelowej lokalizacji miasta, przesadny optymizm w odniesieniu do stosowania najnowszych rozwiązań technicznych

Źródło: opracowanie własne.

Shimizu, biuro projektowe założone w roku 1804 w Japonii, tworzy futurystyczne wizje budynków i obiektów inżynierskich. Jednym z nich jest Green Float: ekologiczne pływające miasto, dla którego przewidziano lokalizację na równiku. Z założenia ma funkcjonować jak roślina: pozyskiwać energię z odnawialnych źródeł, pochłaniać dwutlenek węgla i być samowystarczalne w zakresie produkcji żywności. Jednocześnie jego specyficzna forma i umiejscowienie mają zagwarantować komfortowe i bezpieczne życie mieszkańcom. Centralnym punktem każdej kolistej wyspy jest wieża o wysokości kilometra, zapewniająca zarówno produkcję żywności, jak i przestrzeń do zamieszkania, pracy i rozrywki, w górnej części, rozciągającej się na szerokość 1 km. Drugą formą osadnictwa ma być osiedle nad samym brzegiem morza, w którym mieszkańcy

będą korzystać z domów jednorodzinnych, bliskości plaży i lasów (ryc. 2). Konstrukcja platformy ma się opierać na sześciokątnych modułach wykonanych z uszlachetnionych stopów magnezu. Produkcję elementów zaplanowano na specjalnie do tego celu przygotowanych barkach, odpornych na oddziaływanie fal morskich. Będą one częściowo napełniane wodą dla poprawy stabilności, a następnie łączone dzięki ciśnieniu powstałemu przy usuwaniu wody z dodatkowym zastosowaniem gumowych uszczeltek i wzmocnieniem betonowymi elementami (Shimizu).



Ryc. 2. Wizualizacja Green Float

Źródło: Grafika wykonana przez Shimizu, opublikowana w serwisie internetowym firmy (dostęp: 21.04.2020), dostępna online pod adresem: <https://www.shimz.co.jp/en/topics/dream/content03/>.

Wizja japońskiego biura stanowi z pewnością bardzo ciekawy materiał do badań nad przyszłością pływających miast. Przede wszystkim warto podkreślić przydatność proponowanych technologii. Sześciokątne moduły ze stopów magnezu mogą stanowić dobrą bazę dla różnych pływających konstrukcji. Założenie dodatniego wpływu na środowisko przyrodnicze stanowi bardzo ciekawy pomysł, mimo że wydaje się być trudne do wprowadzenia – zwłaszcza w zakresie gospodarki odpadami. Wizja pełnego recyklingu wciąż jest raczej odległa, chociaż niewątpliwie warto pracować nad jej wdrożeniem. Kolejny problem stanowi kwestia społeczna, do której projektanci w ogóle się nie odnoszą. Niewiadomo właściwie, kto będzie zamieszkiwał Green Float, jak będą rozwiązane zagadnienia finansowania czy własności, co budzi pytania o kwestię dostępności planowanego miasta oraz codzienne funkcjonowanie społeczności. Warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną sprawę: autorzy podkreślają, że Green Float może stanowić alternatywę między innymi dla małych państw wyspiarskich. W jaki sposób jednak kraje te miałyby sfinansować budowę tak dużych pływających konstrukcji? Czyich mieszkańcy odnaleźliby się w nowym środowisku miejskim, tak odmiennym od swoich dotychczasowych domów?

Green Float nie jest jedynym projektem morskiego budownictwa w portfolio grupy Shimizu. Bardzo ciekawa jest wizja Ocean Spiral, wielkiego miasta w kształcie kuli, w większości zanurzonego w wodzie, połączonego z dnem oceanu gigantyczną spiralą pełniącą funkcję infrastruktury technicznej. W tej koncepcji autorzy chcą przede

wszystkim zwrócić uwagę na niewykorzystany potencjał głębokich warstw oceanu, które mogą dostarczać różnorodnych surowców i zapewniają rozległe przestrzenie dla osadnictwa (Shimizu). Nie jest to typowe pływające miasto, jednak część z proponowanych rozwiązań na pewno można wykorzystać w rozmaitych formach osadnictwa na wodzie. Mimo to projekt budzi poważne wątpliwości, zwłaszcza związane ze składowaniem CO₂ w głębokich warstwach oceanu. Mogłoby to zakłócić równowagę tego stosunkowo słabo zbadanego ekosystemu.

W 2017 roku projektanci z Blue Frontiers zaproponowali realizację jednostek osadniczych na wodzie w rejonie Polinezji Francuskiej. Projekt zakłada etapowanie – początkowo mają powstać niewielkie pływające osiedla, a w dalszej kolejności będą budowane większe jednostki i całe miasta. Planowane jest łączenie funkcji mieszkaniowych, biurowych, przemysłu, turystyki i rozrywki. Projektanci przewidują trzy rodzaje domów: apartamenty, bungalowy i wille, różniące się ceną, powierzchnią i docelowymi grupami odbiorców. Oficjalna strona internetowa Blue Frontiers podaje jedynie bardzo ogólnikowe informacje na temat wykorzystywanych technologii. Nie wiadomo, w jaki sposób zostaną wykonane i zabezpieczone platformy, ani jakie materiały mają być użyte do budowy. Podane są natomiast informacje o produkcji elektryczności poprzez panele słoneczne i spalanie biomasy, o pozyskiwaniu wody deszczowej i skraplaniu pary wodnej z powietrza, a także o filtrowaniu ścieków i recyklingu odpadów. Nawet bardziej pobieżnie potraktowano kwestie ekologii i minimalizowania wpływu na środowisko (Blue Frontiers).

Ciekawą kwestią w odniesieniu do projektu Blue Frontiers jest historia współpracy z lokalnymi władzami. W 2017 roku podpisano porozumienie, w którym rząd Polinezji Francuskiej zlecił spółce wykonanie odpowiednich studiów, co zostało zrobione jeszcze w tym samym roku (Blue Frontiers). Co ciekawe, na oficjalnej stronie internetowej projektu nie ma żadnych informacji na temat dalszych losów przedsięwzięcia. W marcu 2018 roku władze Polinezji Francuskiej wycofały się z umowy, uznając, że podpisane porozumienie nie jest dla nich wiążące. Przyczyniła się do tego przede wszystkim opinia publiczna. W postrzeganiu wielu osób nowe pływające osiedla mogłyby stać się „ciałem obcym” zupełnie niezwiązanym z resztą kraju – przede wszystkim ze względu na to, że w założeniu miały być specjalną strefą ekonomiczną. Mieszkańcy Polinezji Francuskiej obawiali się więc dużego napływu bogatych obcokrajowców (którzy w dodatku nie płaciliby podatków na miejscu) i związanych z tym różnych niedogodności, w tym zanieczyszczenia środowiska (Pollock 2019).

Najbardziej zaawansowanym projektem pływającego miasta wydaje się być Oceanix City autorstwa konsorcjum Oceanix Ltd., w którym dominującym podmiotem jest firma architektoniczna Bjarke Ingels Group. Ma to być modułowa konstrukcja złożona z wielu pływających wysp zorganizowanych w sześciokątnych układach przypominających fraktale (ryc. 3).

Pojedyncze moduły mają być w większości samowystarczalne, jednak część funkcji będzie dostępna dopiero w przypadku realizacji większej ich liczby. Projekt zakłada wykorzystanie surowców pozyskiwanych lokalnie, w tym bambusa, który idealnie nadaje



Ryc. 3. Wizualizacja Oceanix City

Źródło: Grafika wykonana przez Oceanix Ltd., opublikowana w serwisie internetowym firmy (dostęp: 5.10.2021), dostępna online pod adresem: https://oceanixcity.com/wp-content/uploads/2019/04/03_BIG_SFC_OceanixCity_Top_Image-by-BIG-Bjarke-Ingels-Group-1.jpg.

się do budowy ze względu na swoje szybkie tempo wzrostu i dużą wytrzymałość. Poszczególne moduły mają być prefabrykowane na stałym lądzie i holowane do lokalizacji docelowych. W odniesieniu do pozyskiwania energii planuje się wykorzystywać przede wszystkim słońce (jak w większości projektów pływających miast), a także falowanie, wiatr i technologie eksperymentalne, takie jak bioreaktory z algami. Projektanci przewidują, że największą część produkowanej energii, około 70%, zużywać będzie rolnictwo. Ma ono opierać się na metodach tradycyjnych uzupełnionych akwa- i aeroponią, a także farmami podwodnymi. Akwaponika to równoczesna hodowla organizmów morskich i uprawa roślin, wykorzystująca obieg wody oczyszczonej przez korzenie roślin, a następnie powracającej do zbiorników, w których żyją zwierzęta. Aeroponika z kolei zakłada, że rośliny są osadzone w specjalnych stojakach, a ich korzenie zwisają swobodnie w powietrzu i są cyklicznie spryskiwane roztworami zawierającymi substancje odżywcze. Dodatkowym działaniem proekologicznym będzie zastosowanie bioskała (ang. *birock*) (Oceanix Ltd.). Jest to innowacyjna metoda polegająca na zanurzeniu na dnie morza ramy z materiału przewodzącego prąd (najczęściej stali), a następnie podłączeniu go do prądu o niskim napięciu, co powoduje wytrącanie z wody morskiej minerałów. Bioskała staje się atrakcyjnym środowiskiem życia dla raf koralowych i innych organizmów, które osiedlają się w jej obrębie. Dzięki stałemu dopływowi prądu powstała w ten sposób rafa rozrasta się nawet pięć razy szybciej niż w normalnych warunkach (Global Coral Reef Alliance...).

Projekt Oceanix City został zaaprobowany przez Program Narodów Zjednoczonych do spraw Osiedli Ludzkich (ang. *UN-Habitat*) podczas konferencji na temat pływa-

jących miast w Nowym Jorku 3 kwietnia 2019 roku (Oceanix Ltd.). Miasto nie ma jeszcze wyznaczonej testowej lokalizacji, pozostaje więc kwestią otwartą, czy stanie się środkiem ratowania tonących krajów wyspiarskich czy odpowiedzią na kryzys mieszkaniowy któregoś z zamożnych nadmorskich metropolii Europy, Azji lub Ameryki Północnej. Warto przy tym jednak docenić fakt, że autorzy projektu starają się, aby koszt jego realizacji był jak najniższy, dzięki czemu Oceanix ma szansę uniknąć stania się enklawą wyłącznie dla zamożnych.

Argumenty za budową pływających miast

Wiele spośród obserwowanych we współczesnym świecie zjawisk uzasadnia plany budowy pływających miast. Dotychczasowe formy osadnicze i dominujący styl życia muszą ulec zmianom w obliczu katastrofy klimatycznej, zmian demograficznych, przemian społecznych, wyczerpywania się zasobów. Nie ma jednej odpowiedzi na wszystkie problemy; potrzeba wielu wzajemnie się uzupełniających rozwiązań. Przeniesienie części osadnictwa na powierzchnię mórz i oceanów to tylko jedna z możliwości, tym niemniej zdecydowanie warta rozważenia z kilku powodów.

Po pierwsze: podnoszenie się poziomu mórz jest procesem stałym, którego nie zatrzyma nawet znacząca redukcja emisji gazów cieplarnianych. Ponadto jego dokładne przewidzenie jest niemożliwe i prognozowane wartości wykazują znaczące różnice (Church, Clark i in. 2013, 1140). Dlatego dotychczasowe systemy ochrony brzegu mogą okazać się niewystarczające, a ciągła, przebiegająca etapami migracja na tereny wyżej położone wydaje się być procesem niezwykle kosztownym i skomplikowanym. Miasta pływające są z kolei niemal całkowicie niezależne od wzrostu poziomu mórz.

Po drugie: presja inwestycyjna na tereny nadmorskie w warunkach gospodarki rynkowej stale rośnie. Ceny gruntów osiągają zawrotne wartości, zwłaszcza w najbogatszych metropoliach. Odpowiedzią jest tworzenie sztucznego lądu. O ile usypywanie wysp czy pirsów portowych stosuje się powszechnie, konstrukcje pływające zapewniają większą elastyczność, nie podlegają procesom osiadania i w mniejszym stopniu zaburzają równowagę nadmorskich ekosystemów. Są także tańsze – przy zastosowaniu odpowiednich technologii (Ko 2015, 5).

Po trzecie: istnieją społeczności, dla których przeniesienie się na pływające miasta jest jedyną alternatywą dla zaniknięcia i rozproszenia. Mowa o mieszkańcach małych państw wyspiarskich. Ich dotychczasowe środowiska życia są zagrożone całkowitym zaniknięciem w wyniku zmian klimatu. Migracja do różnych, nieraz oddalonych od siebie miejsc, chociaż zapewni fizyczne przetrwanie, zniszczy poczucie wspólnoty i odbierze tym osobom ich tożsamość (Allen 2018, 17). Powstanie pływających miast w miejsce utraconych przestrzeni życia pozwoli zachować ciągłość geograficzną, kulturową i społeczną. Mimo że narażone społeczności są niewielkie liczebnie, ich sposób życia, więzi i kapitał kulturowy stanowią cenną część dziedzictwa ludzkości.

Po czwarte: narażone na wstrząsy ekonomiczne, klęski żywiołowe i niepokoje społeczne wspólnoty miejskie potrzebują konkretnych odpowiedzi napytania o swoją

przyszłość. Pływające miasta mogą pokazać jedną z możliwych dróg rozwoju. Są także doskonałym poligonem doświadczalnym dla nowych rozwiązań technologicznych, na przykład w zakresie gospodarki o obiegu zamkniętym, budownictwa, produkcji energii i żywności czy zaopatrzenia w wodę pitną.

Możliwości i potencjalne problemy

Analiza planów budowy pływających miast może prowadzić do różnych wniosków. Z jednej strony duża liczba projektów i ich wysoki stopień zaawansowania wskazuje na duży potencjał realizacyjny. Chociaż argumentacja Seasteading Institute, organizacji pozarządowej zajmującej się promocją idei budownictwa na wodzie, według której realizacja pływających miast rozwiąże wszystkie problemy ludzkości (Seasteading Institute), jest z pewnością przesadzona, to jednak nie sposób zaprzeczyć, że inwestycje te mogą wyraźnie poprawić jakość życia w rejonach nadmorskich. Co więcej, opisane projekty pozwalają sądzić, że istnieje również wystarczająco rozwinięta technologia, która pozwoli bezpiecznie i komfortowo mieszkać na morzu.

Z drugiej strony fakt, że żadne z projektowanych miast jeszcze nie powstało, co więcej – nie weszło nawet w fazę prototypowania, dowodzi, że istnieją także realne trudności i problemy. Warto zwrócić uwagę, że proponowane do wykorzystania technologie, chociaż realnie istnieją, są w większości bardzo nowe i w wielu przypadkach nie były jeszcze wdrażane na tak szeroką skalę. Szczególnie wątpliwości budzą optymistyczne zapewnienia projektantów o stuprocentowym recyklingu odpadów. Biorąc pod uwagę dotychczasową gospodarkę odpadami, nawet w krajach wysoko rozwiniętych, oraz doświadczenia dużych statków wycieczkowych, należy przypuszczać, że optymizm ten jest przesadny, chociaż najnowsze wyniki badań prowadzonych w Danii pokazują, że przy zastosowaniu odpowiednich polityk i technologii możliwe jest wdrożenie elementów gospodarki o obiegu zamkniętym (Magazzino, Mele, Schneider i in. 2021). Należy też wymienić kwestie takie jak nieprzychylna postawa władz państwowych i miejskich (jak na przykład w Polinezji Francuskiej), niejasności prawne czy protesty społeczne. Wyzwaniem jest więc stworzenie takiego pływającego miasta, które wykorzysta bezpieczne i sprawdzone technologie, a jednocześnie pogodzi interesy różnych grup, osób i instytucji, stanowiąc realną odpowiedź na wyzwania, przed jakimi staje dzisiaj ludzkość.

Wytyczne dla przyszłych projektów

Trudno sformułować zasady odnoszące się do wszystkich pływających miast – podobnie jak trudno byłoby podać wytyczne dla wszystkich miast lądowych, nie popadając w uogólnienia i banały. Ze względu na różne możliwości wykorzystania osadnictwa na wodzie zasadne wydaje się rozdzielenie potencjalnych inwestycji na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią struktury pływające będące przestrzennym i funkcjonalnym przedłużeniem regionów nadmorskich, przede wszystkim dużych

metropolii. Druga to realizacje niezależne, które z założenia miałyby funkcjonować samodzielnie, w większym oddaleniu od brzegu. Dla obu wymienionych grup sformułowano cztery kluczowe wartości czy też zasady, którymi należy kierować się w procesie projektowym, przy realizacji i eksploatacji. Trzy z nich są wspólne: bezpieczeństwo, otwartość i troska o przyrodę. Czwarta różni się zależnie od typu pływającego miasta i uwzględnia jego specyfikę związaną z lokalizacją: dla inwestycji położonych w strefie przybrzeżnej jest to łączność, dla samodzielnych realizacji na otwartym morzu – niezależność.

Bezpieczeństwo stanowi absolutnie konieczny warunek istnienia pływającego miasta i zachęcenia potencjalnych mieszkańców do osiedlenia się w nim. Podstawą jego osiągnięcia będzie odpowiednio stabilna konstrukcja, wykonana z trwałych materiałów i odporna na warunki atmosferyczne. Kwestie bezpieczeństwa należy także rozpatrywać pod kątem politycznym, społecznym i gospodarczym. Warto pamiętać o kwestii elastyczności, jako że faktyczna skala ocieplenia klimatu czy podniesienia się poziomu morza jest bardzo trudna do przewidzenia.

Otwartość to kolejna idea, która przyświeca realizacji pływających miast. Dzisiejsze społeczeństwa ulegają silnej stratyfikacji, a coraz więcej dóbr i usług jest dostępnych wyłącznie dla osób najbogatszych. Temat gentryfikacji miast nadmorskich i niebezpieczeństwo powstania prestiżowych, zamkniętych enklaw na wodzie stanowi jeden z głównych argumentów krytyków. Jeżeli pływające miasta mają rozwiązać chociaż część problemów dzisiejszego świata, powinny pozostać dostępne dla wszystkich i zapewnić równe szanse dla swoich mieszkańców.

Troska o przyrodę jest o tyle istotna, że jeśli pływające miasta mają być jedną z odpowiedzi na kryzys klimatyczny, nie powinny przyczynić się do dalszej degradacji środowiska naturalnego. Wszystkie rozwiązania technologiczne należy podporządkować surowym wymogom związanym ze śladami ekologicznymi. Jak zostało to już wspomniane, pływające miasta należy uczynić poligonami doświadczalnymi najnowszych rozwiązań z zakresu ochrony środowiska, przede wszystkim gospodarki o obiegu zamkniętym.

W przypadku realizacji przybrzeżnych należałoby w zasadzie określać je mianem pływających dzielnic. Dobrze zaprojektowana dzielnica (czy też osiedle) jest rzecz jasna w pewnym stopniu samowystarczalna, jednak nie może i nie powinna funkcjonować w oderwaniu od całości miejskiego organizmu. Łączność pływających dzielnic rozumiana jest dwojako: jako realizacja infrastruktury zarówno transportowej, jak i technicznej. Zagadnienie to można odnieść także do kształtowania zabudowy, kompozycji urbanistycznej i przestrzeni otwartych.

Wymóg niezależności wiąże się z faktem, że „idealne” miasto pływające ma być zlokalizowane z dala od brzegu i pozyskiwać wszystkie podstawowe surowce we własnym zakresie. Produkcja energii i żywności oraz pozyskiwanie wody powinny zawsze posiadać znaczną rezerwę, a także rozmaite systemy awaryjne. Poza tym warto zauważyć, że część rozwiązań opierających rozwój na zasobach lokalnych będzie mogła z pewnością zostać zastosowana również w odniesieniu do istniejących systemów osadniczych. Jest

to bardzo ważne we współczesnym świecie, który odczuwa negatywne skutki globalizacji i który zmagą się z pandemią COVID-19, ograniczającą międzynarodowe przepływy osób i towarów (Escaith, Khorana 2021, 5–8).

Podsumowanie

Przede wszystkim należy podejść do tematu budownictwa na wodzie ze spokojem i rozważą, mając świadomość zarówno zagrożeń, jak i potencjałów. Technologie już dzisiaj dają ogromne możliwości, a w ciągu kilkudziesięciu kolejnych lat na pewno nastąpi ich dalszy rozwój. Trzeba jednak mądrze z nich korzystać, pamiętając przede wszystkim o tym, dla kogo i w jakim celu pływające miasta miałyby powstać. Takie właśnie humanistyczne podejście, prowadzenie otwartego dialogu i uwzględnianie potrzeb różnych interesariuszy stanowi jedyną drogę do sukcesu.

Sposób życia ludzi i jego organizacja przestrzenna zawsze dopasowywały się do aktualnych warunków i możliwości. Niewątpliwie w nadchodzących latach nastąpi dalsza ewolucja – tym bardziej, że świat zmienia się coraz szybciej. Czy odpowiedzią na wyzwania XXI wieku będzie budowa utopijnych pływających miast? Nie sposób dzisiaj udzielić odpowiedzi na to pytanie, jednak przedstawiona w niniejszej pracy analiza pozwala stwierdzić, że jest to jedna z prawdopodobnych dróg rozwoju. Na pewno warto zastanawiać się nad tym, jak miałyby wyglądać miasta idealne – będzie to cenną inspiracją i może pokazać kierunek, w jakim powinien zmierzać dzisiejszy świat. Forma przestrzenna miast odzwierciedla sposób życia ludzi i odwrotnie: to, jak funkcjonuje dana wspólnota, jest uwarunkowane środowiskiem, w którym żyje. Te dwie sfery bardzo silnie się przenikają, dlatego każdy krok w stronę idealnego miasta to także krok w stronę utopijnego, szczęśliwego społeczeństwa.

Bibliografia

- Allen, Emma. 2018. Climate change and disappearing island states: Pursuing remedia territory. *Brill Open Law*, 1–23.
- Blue Frontiers. *Materiały prasowe spółki Blue Frontiers*. Dostęp: 23.04.2020. <https://www.blue-frontiers.com/en>.
- Booth, Robert. 2008. *Pitfalls in paradise: why Palm Jumeirah is struggling to live up to the hype*. Dostęp: 26.03.2020. <https://www.theguardian.com/travel/2008/apr/26/travelnews>.
- Church, J.A et al. 2013. Sea Level Change. W: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, red. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley. Cambridge/Nowy Jork: Cambridge University Press.
- Dockrill, Peter. 2019. *Mysterious artificial islands in Scotland are thousands of years older than we thought*. Dostęp: 25.03.2020. <https://www.sciencealert.com/mysterious-artificial-islands-in-scotland-are-thousands-of-years-older-than-we-knew>.
- Escaith, Hubert, Khorana, Sangeeta. The impact of the COVID-19 pandemic on merchandise trade in commonwealth countries. *International Trade Working Paper 2021/02*, London: Commonwealth Secretariat.
- Ghaffari, Karang et al. 2017. Construction of artificial islands in southern coast of the Persian Gulf from the viewpoint of international environmental law. *Journal of Politics and Law*, 10 (2), 264–275.

- Global Coral Reef Alliance. *Biorock, Mineral Accretion Technology, Seament*. Dostęp: 24.04.2020. <http://www.globalcoral.org/biorock-coral-reef-marine-habitat-restoration>.
- Hvidovre, Kommune. 2019. *The government and Hvidovre municipality unveil plans for one of northern Europe's largest, greenest and most innovative business districts*. Dostęp: 27.03.2020. <https://hvidovre.dk/Hvidovre/presse/pressemeddelelser/2019/01/Holmene-english>.
- IOM, 2019. *World Migration Report 2020*, red. Marie McAuliffe i Binod Khadria. Genewa: International Organization for Migration.
- IPCC, 2019. *Summary for Policymakers. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, red. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama I N.M. Weyer. Genewa: IPCC.
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, red. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D.Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield. Genewa: Światowa Organizacja Meteorologiczna.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, red. R.K. Pachauri i L.A. Meyer. 2014. Genewa: IPCC.
- Ko, Kelvin. 2015. *Realising a floating city. A feasibility study of the construction of a floating city*. Praca magisterska obroniona na Politechnice w Delft w czerwcu 2015 roku.
- Lutz, Wolfgang, KC, Samir. 2010. Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philosophical Transactions of The Royal Society B*. 365 (2010), 2779–2791.
- Magazzino, Cosimo et al. 2021. Waste generation, wealth and GHG emissions from the waste sector: Is Denmark on the path towards circular economy? *Science of the Total Environment*, 755.
- Mimura, Nobuo. 2013. Sea-level rise caused by climate change and its implications for society. *Proceedings of the Japan Academy, Series B. Physical and biological sciences*, 89, 281–300.
- Ming Wang, Chien, Yung Tay, Zhi. 2011. Very Large Floating Structures: applications, research and development. *Procedia Engineering*, 14, 62–72.
- Moon, Changho. 2015. A study on the floating house for new resilient living. *Journal of the Korean Housing Association*. 26 (5), 97–104.
- Oceanix Ltd. Materiały informacyjne spółki Oceanix Ltd. Dostęp: 24.04.2020. <https://oceanix.org>.
- ONZ, 2019. *World Population Prospects 2019*. Dostęp 17.03.2021. <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>.
- Orange, Richard. 2019. *Artificial archipelago: Copenhagen plans floating Silicon Valley*. Dostęp: 27.03.2020. <https://www.theguardian.com/cities/2019/mar/06/artificial-archipelago-copenhagen-plans-floating-silicon-valley>.
- Pollock, Emily. 2019. *UN brings back controversial floating city concept*. Dostęp: 23.04.2020. <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/18941/UN-Brings-Back-Controversial-Floating-City-Concept.aspx>.
- Seasteading Institute. *The Eight Great Moral Imperatives*. Dostęp: 5.10.2021. <https://www.seasteading.org/videos/the-eight-great-moral-imperatives>.
- Shimizu Corporation. *Ocean Spiral, deep sea future city concept*. Dostęp: 21.04.2020. <https://www.shimz.co.jp/en/topics/dream/content01>.
- Shimizu Corporation. *The Environmental Island, Green Float*. Dostęp: 21.04.2020. <https://www.shimz.co.jp/en/topics/dream/content03>.
- Withers, Nicholas. 2020. *Engineering feat of the month: Dubai's Palm Islands*. Dostęp: 26.03.2020. <https://www.fircroft.com/blogs/engineering-feat-of-the-month-dubais-palm-islands-65019956026>.