

Analiza wykorzystania kontenerów morskich w budownictwie mieszkaniowym w kontekście gospodarki cyrkulacyjnej. Część I

Analysis of the use of shipping containers in housing construction in the context of the circular economy. Part I

mgr inż. Martyna Skorupa, JACOBS, prof. dr hab. inż. Anna Sobotka (ORCID: 0000-0002-4477-8821), AGH Akademia Górniczo Hutnicza w Krakowie

DOI 10.5604/01.3001.0016.2699

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienie wykorzystania odpadów w budownictwie na przykładzie kontenerów transportowych. Jest ono sednem logistyki zwrotnej oraz gospodarki cyrkulacyjnej. Analizę i ocenę wykorzystania kontenerów transportowych do budowy budynków wykonano na przykładzie autorskiego projektu domu jednorodzinnego z kontenerów morskich w porównaniu do budynku w technologii tradycyjnej. Zaprezentowano wyniki obliczeń wskaźników Ecopoint, dla obu technologii, wskazując wpływ rozwiązań materiałowych na środowisko. Ocenę technologii wykonano za pomocą analizy wielokryterialnej oraz macierzy SWOT. Według WT2021 technologia kontenerowa może być z powodzeniem stosowana. Natomiast decyzja uzależniona jest od potrzeb inwestora z przewagą celowości stosowania technologii kontenerowej do budynków użyteczności publicznej i komercyjnej.

Słowa kluczowe: zagospodarowanie odpadów, kontenery transportowe, domy z kontenerów, ocena wielokryterialna, SWOT.

Abstract: The paper presents the issue of the use of waste in the construction industry using the example of transportation containers. It is at the heart of reverse logistics and the circular economy. The analysis and evaluation of the use of shipping containers for the construction of buildings was made on the example of the author's design of a single-family house from shipping containers in comparison with a building with traditional technology. The results of Ecopoint index calculations, for both technologies, were presented, indicating the impact of material solutions on the environment. The evaluation of technologies was carried out using multi-criteria analysis, and a SWOT matrix. According to WT2021, container technology can be successfully applied. However, the decision depends on the needs of the investor with the predominance of the desirability of using container technology for public and commercial buildings.

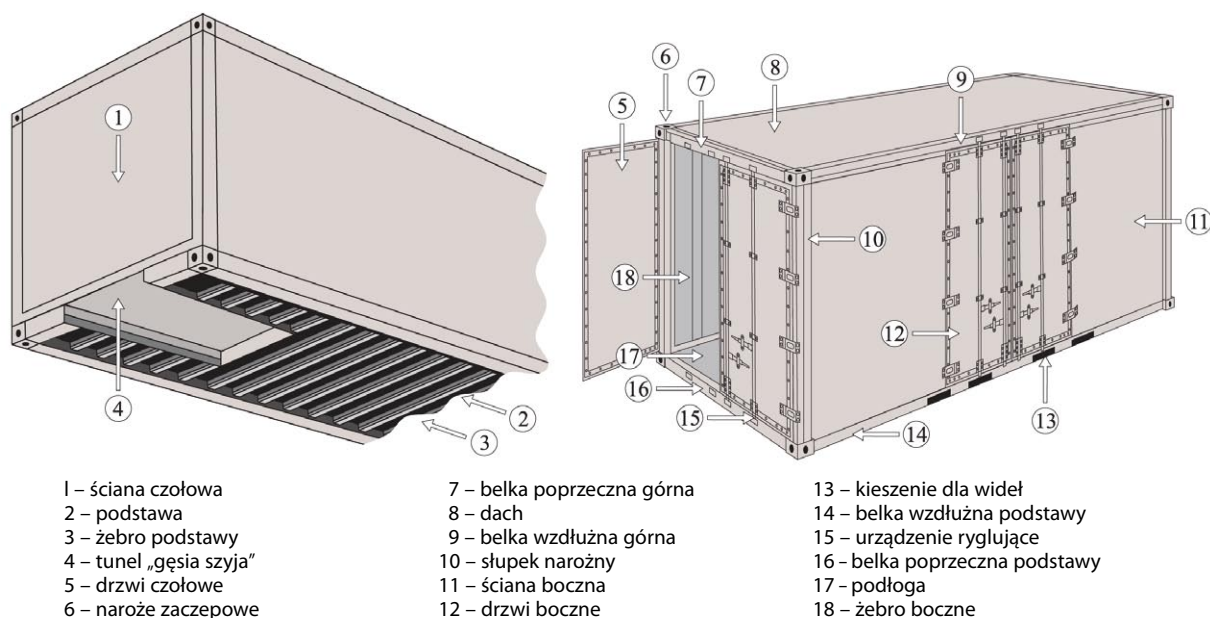
Keywords: waste management, shipping containers, container houses, multi-criteria evaluation, SWOT.

1. Wprowadzenie

Odważni inwestorzy decydują się na budynki wykonane z odpadów budowlanych, jak również z innych sektorów gospodarki. Przykładem mogą być tzw. budynki ze śmieci – „earthship” w całości z odpadów, jak też częściowo wykorzystujące materiały z rozbiórek obiektów budowlanych, wśród nich elementy nadające się do ponownego zastosowania lub nowe wyroby z recyklingu odpadów, np. betonowych. Zagospodarowanie odpadów w taki sposób przyczynia się do rozwoju koncepcji gospodarki cyrkulacyjnej, a tym samym wyeliminowania modelu linearnego. Gospodarka liniowa opiera się na trywialnym schemacie „weź, wyprodukuj, zużyj i wyrzuć”, który całkowicie odbiega od współczesnych trendów zorientowanych na zrównoważony rozwój. Z kolei gospodarka o obiegu zamkniętym opiera się na długofalowym myśleniu o produkcji i jest

bezpośrednio związana z jego cyklem życia. Zakłada nieskończony przepływ wyrobu w obiegu, a także wykluczenie powstawania odpadów. Głównym zadaniem jest odzyskanie (lub nadanie mu) wartości i zamknięcie cyklu życia, poprzez ponowne włączenie do łańcucha dostaw dla nowej produkcji [1]. W procesie zagospodarowania odpadów kluczową rolę odgrywa logistyka zwrotna (odzysku) [2]. W budownictwie mają zastosowanie odpady też z innych branż oraz sektorów. Przykładem są odpady z górnictwa lub energetyki stosowane w produkcji kruszyw sztucznych [3]. Metody odzysku mogą być bardzo różne – recykling, ponowne użycie itd.

Z sektora transportowego pochodzi szczególny rodzaj odpadu, który może być użyty w budownictwie bez przetwarzania – do budowy domów. Są to kontenery transportowe, które stanowią przedmiot badań i analizy w niniejszym opracowaniu.



Rys. 1. Elementy konstrukcji kontenera [8]

Celem artykułu jest przedstawienie wykorzystania odpadów w postaci kontenerów transportowych do budowy domów. Wybrany przykład to realizacja domu jednorodzinnego z użyciem kontenerów morskich i jego ocena w porównaniu z budynkiem wykonanym w powszechnie w Polsce stosowaną tzw. technologią tradycyjną. W pracy przedstawiono konstrukcję kontenera z punktu widzenia zastosowania do budowy budynku, przykładowe realizacje oraz porównanie dwu wariantów technologii budowania domów: kontenerowej i tradycyjnej, w kontekście spełnienia warunków technicznych WT2021 [24]. Przedstawiono autorski projekt domu jednorodzinnego z kontenerów oraz wybrano do analizy porównawczej dom wykonany w technologii tradycyjnej o podobnej powierzchni użytkowej i zbliżonych parametrach, z dostępnych katalogów [4]. Warianty domów oceniono za pomocą dwóch metod analizy wielokryterialnej: wskaźników syntetycznych [5] i AHP (Analytical Hierarchy Processes [6]) oraz macierzy SWOT. Analiza wyników wskazuje wady i zalety obu technologii, zwłaszcza w kontekście gospodarki cyrkulacyjnej i zrównoważonego rozwoju.

2. Kontener transportowy jako konstrukcja nośna budynku

2.1. Charakterystyka kontenerów morskich

Architektura kontenera transportowego określana jest mianem *cargotecture* (ang. *cargo* – ładunek). Nazwa ta została użyta po raz pierwszy przez Hybrid Architecture w 2003 roku w celu scharakteryzowania budynków zbudowanych całkowicie lub częściowo z odzyskanych kontenerów morskich ISO [7]. Tak więc ten rodzaj architektury opiera się na adaptacji kontenera transportowego do pełnienia funkcji głównego elementu konstrukcyjnego

obiektów budowlanych. W ten sposób jednostka ładunkowa zostaje ponownie włączona do łańcucha dostaw, a jej cykl życia pozostaje zamknięty. Dzięki temu ilość odpadów z tego sektora zmniejsza się, a architektura poszerza o nowe możliwości. Rozwój konteneryzacji transportu morskiego zapoczątkował Malcom P. McLean jako alternatywę dla przewozu drogowego [8], oszczędzając w ten sposób czas i koszty. Ważnym etapem w rozwoju tej technologii transportu było opracowanie standardowych wymiarów kontenera oraz wymagań technicznych (ISO668).

Budowa kontenera jest stosunkowo prosta, pomimo że składa się z wielu elementów (rys. 1). Stalową konstrukcję stanowi rama, na którą składają się słupki narożne oraz belki poprzeczne i wzdłużne. Na nich budowana jest podstawa i dach. Podstawa jest dodatkowo wzmocniona przez żebra poprzeczne, ponieważ musi przenosić masę ładunków. Naroża są najmocniejszą częścią konstrukcji wykonaną ze wzmocnionej stali. Wszystkie wymagania wytrzymałościowe zawarte w normie ISO 668 są spełnione. Ściany boczne i czołowe skrzyni wykonane są najczęściej z falistej blachy stalowej.

Wymiary kontenera zależą od jego rodzaju. Do budowy typowych obiektów mieszkalnych używa się kontenerów uniwersalnych ogólnego przeznaczenia. Tego typu jednostki mają trzy główne wielkości: 20' (6058 mm) Standard, 40' (12192 mm) Standard oraz 40' (12192 mm) High Cube. Ostatni z wymienionych charakteryzuje zwiększona wysokość – 9'6" (2896 mm). Wyróżniamy także kontenery z otwartym dachem oraz o otwartych bokach, których pojedyncze jednostki również znajdują zastosowanie w projektach architektonicznych.

Pierwszy dom kontenerowy powstał w Ameryce, zaprojektowany przez architekta Adama Kalkina. W Europie *cargotecture*



Rys. 2. Hotel z kontenerów Quadrum Ski w Gruzji [9]



Fot. Sergio Pirrone

Rys. 3. Dom jednorodzinny z kontenerów w Chile [10]

jest szybko rozwijającym się trendem i oprócz jednorodzinnych powstają budynki wielorodzinne i użyteczności publicznej. Z uwagi na regularny kształt i modułowe wymiary kontenery można ustawiać jeden na drugim, otrzymując w ten sposób budynki wielopiętrowe. Dzięki nieograniczonym możliwościom zmian konfiguracji i łączenia kontenerów na świecie powstało wiele realizacji budynków z ponownie wykorzystanych jednostek transportowych. Kilka z nich przedstawiają rysunki 2–6.

2.2. Technologia budowania z kontenerów

Kontener jako odpad przedstawia duży problem. Proces przetworzenia jest zwykle bardzo kosztowny i skomplikowany, a jednocześnie pochłaniający dużo energii, jak również zwrot do miejsca wysłania. Z tego powodu te stalowe skrzynie są porzucane w portach, często w nienaruszonym stanie. Początkowo były wykorzystywane w budownictwie jako schrony o różnym przeznaczeniu. Z biegiem czasu możliwości ich zastosowania ewoluowały między innymi do alternatywy dla tradycyjnych obiektów mieszkalnych. Adaptacja kontenerów do nowej funkcji stała się zrównoważoną praktyką budowania spełniając idee logistyki

odzysku. Recykling stalowych skrzyń pozwala zmniejszyć zapotrzebowanie na nowe materiały budowlane oraz energię ucieleśnioną w stosunku do budownictwa tradycyjnego. Pomysł odzysku jest bardziej ekonomiczny niż budownictwo konwencjonalne. Koszty zakupu skrzyni zależą od stopnia jej zużycia, wielkości oraz odległości transportu do miejsca przeznaczenia. W pracy [14] oszacowano cenę



Fot. Dave Southwood

Rys. 4. Budynek wielorodzinny z kontenerów w Johannesburgu na 100 mieszkań zasilanych energią słoneczną i wykorzystujących wodę deszczową [11]



Rys. 5. Kampus studencki z 1000 kontenerów koło Amsterdamu w Keetwenen [12]



Rys. 6. Scandinavia Resort w Zatorze z 40 kontenerów [13]

całorocznego domu kontenerowego wykończonego „pod klucz” pomiędzy 3000–3800 zł/m².

Kontenery mogą przenosić duże obciążenia, są szczególnie wytrzymałe i trwałe. Ponadto są odporne na zmienne warunki atmosferyczne i co równie ważne – na ogień. Wbrew pozorom konstrukcja jest lekka, co stanowi dodatkowy atut. Wszystkie powierzchnie konstrukcji muszą być zabezpieczone antykorozyjnie farbą przeznaczoną do malowania kontenerów.

Fundament pod budynek kontenerowy jednorodzinny może być wykonany z bloczków, ale też stosowane są inne rozwiązania, w zależności od typu, wielkości obiektu i warunków gruntowych. Wykonanie posadowienia z betonowych słupków polega na wywierceniu minimum czterech otworów pod ściany podłużne kontenera, a następnie umieszczeniu w nich deskowania traconego i wypełnieniu mieszanką. Najlepiej jest użyć betonu wodoszczelnego klasy W8, gdyż dzięki temu nie zachodzi konieczność wprowadzania zbrojenia oraz izolacji przeciwwilgociowej. Połączenie skrzyni kontenerowej z fundamentem polega na przyspawaniu jej do umieszczonych na głowicy słupków stalowych elementów kotwiących. Alternatywę stanowią także rozwiązania wykorzystujące śruby kotwiące lub kotwy wklejane [14]. Spawanie jest jednak nie tylko łatwiejsze, ale również najbardziej odpowiednie dla kontenerów wykonanych ze stali.

Montaż części nadziemnej budynku, która ze względu na wymiary kontenerów (ok. 29,74 m² pow. kontener 40') składa się co najmniej z 2 (lub kilku) skrzyń, wymaga zapewnienia dobrego połączenia. Stosuje się metodę tzw. łączenia mostowego (ang. *bridge fitting*). To rozwiązanie wykorzystuje się w przypadku kontenerów ze ścianami bocznymi, które należy w pierwszej kolejności wyciąć szlifarką. Następnie ustawione obok siebie jednostki łączy się w narożnikach specjalnymi śrubami spinającymi. Jeśli jednak mamy do czynienia z kontenerami bez ściany bocznej, sprawa znacznie się upraszcza, gdyż pojemniki te wystarczy skrócić w narożnikach za pomocą śrub. Dodatkowo takie połączenie jest uszczelniane, głównie na dachu oraz pomiędzy słupkami kontenerów.

Przed rozpoczęciem jakichkolwiek prac wykończeniowych, stalowe oczyszczone z zanieczyszczeń chemikaliami lub rdzą skrzynie należy zabezpieczyć środkiem antykorozyjnym. Następnie ocieplając konstrukcję, trzeba zdecydować, czy izolację ułożyć na zewnątrz czy od wewnątrz. W przypadku domów całorocznych zastosowanie izolacji wewnętrznej może skutkować niespełnieniem przepisów dotyczących wymaganej wysokości pomieszczeń, a dodatkowo powierzchnia użytkowa ulegnie zmniejszeniu. Izolacja zewnętrzna zapewnia lepszą izolację akustyczną. Materiały do izolacji to np. wełna mineralna, pianka poliuretanowa oraz polistyren. Mocowane są one do konstrukcji za pomocą specjalnych klejów lub plastikowych kołków [15]. Gotową izolację stanowią także płyty warstwowe. Elewację budynku

można wykonać z tynku cienkowarstwowego na siatce z włókna szklanego (gdy podłożem jest wełna mineralna). Wykonuje się również elewację z desek drewnianych o grubości 16–25 mm, wodoodpornej sklejki o grubości 8–12 mm lub gotowych elementów systemowych z blachy jak panele lub kasetony [14].

Wybór ocieplenia zewnętrznego determinuje także potrzebę wykonania pokrycia dachowego. Dach może mieć różną konstrukcję w zależności od potrzeb inwestora. Jeśli użytkownik chciałby mieć strych, należy wykonać tradycyjny dach dwuspadowy. Gdy nie ma takiego zapotrzebowania, dach jest praktycznie gotowy, gdyż kontener w swojej konstrukcji go ma. Trzeba go tylko odpowiednio zaizolować i wykonać pokrycie. Ważne jest także, by zadbać o dobrą wentylację dachu oraz zapewnić odpowiednie nachylenie. Stropodach wentylowany składa się z warstwy paroizolacji z folii polietylenowej, aluminiowej lub PCV oraz warstwy termicznej z wełny mineralnej lub styropianu. Na stropie wykonuje się konstrukcję nośną pokrycia, która dodatkowo zapewnia wymagany spadek. Najczęściej zbudowana jest z drewna – sosny lub świerku. Na konstrukcji układa się warstwę spadkową, np. z płyt OSB lub sklejki, a na niej z kolei pokrycie dachowe, przeważnie papę bitumiczną układaną w dwóch warstwach. Pokrycie oddzielone jest od stropu szczeliną wentylacyjną, zapewniającą prawidłowy przepływ wilgoci [16].

Przed pracami wykończenia wnętrza należy wykonać instalacje. Zaletą domów kontenerowych jest możliwość łatwego ukrycia przewodów w przestrzeni ścian czy podłóg oraz wnękach blachy trapezowej. Instalację grzewczą może stanowić ogrzewanie podłogowe ze względu na dużą ilość miejsca w przestrzeni podłogowej. Rekomendowanym typem źródła energii w tego typu obiektach jest instalacja elektryczna. Nie ma również przeciwwskazań w stosowaniu wszelkiego typu instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii, jak pompy ciepła. Rozprowadzenie pozostałych instalacji sanitarnych, czyli wody oraz kanalizacji wykonuje się tak samo jak w domu tradycyjnym, pod posadzką. Jako wentylację można zastosować mechaniczną z systemem rekuperacji. Z uwagi na elektryczne zasilanie budynku inwestorzy często decydują się na zainstalowanie paneli fotowoltaicznych.

Wewnętrzne poszycie ścian, sufitu i podłogi wykonać można z płyt wiórowych lub płyt gipsowo-kartonowych. W przypadku obudowy z drewna lub ceramiki trzeba wyłożyć stalową powierzchnię płytami pilśniowymi grubości 12 mm lub pianką PE grubości 5–10 mm. Istnieje możliwość pozostawienia tych elementów w stanie surowym, jeśli pozyskany kontener jest w dobrym stanie [14]. Okna i drzwi osadza się we wcześniej wykonanych w ścianach otworach. Takie ściany ulegają osłabieniu, dlatego konstrukcję należy dodatkowo wzmocnić.

Na podstawie dostępnych Specyfikacji Technicznych Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych w zakresie budowy

Tabela 1. Porównanie technologii tradycyjnej z elementami drobnowymiarowych i kontenerowej w kontekście wymagań wskazanych w ustawie Prawo budowlane

Wymagania wg PB	Technologia tradycyjna	Technologia kontenerowa
Nośność i stateczność konstrukcji.	Fundamenty najczęściej – ławy. Budynki murowane są ciężkie i kruche, podatne na uszkodzenia spowodowane trzęsieniem ziemi. Skomplikowane posadowienie do budowy na zboczu. Szywność przestrzenna zapewniona przez ściany ustawione poprzecznie i podłużnie do osi podłużnej budynku. Obciążenia pionowe ze ścian i stropów przenoszone na fundament. Obciążenia poziome przenoszone przez ściany poprzeczne nośne bądź usztywniające. Trwałość kilkaset lat.	Fundamenty z bloczków betonowych. Wysoka stabilność sejsmiczna. Łatwość budowy na zboczach. Duża wytrzymałość dzięki sztywnej konstrukcji wzmocnionej belkami i dodatkowymi profilami. Narożne słupki kontenera przenoszą największe obciążenia. Wytrzymała podłoga kontenera ze względu na konieczność przeniesienia obciążenia ładunków i wózków widłowych. Mała wytrzymałość dachu, należy zbudować nad nim nową konstrukcję. Konieczność wzmocnienia ścian w miejscach wyciętych otworów. Konieczne wzmocnienia w miejscu łączenia kontenerów innych niż narożnik. Trwałość ok. 25 lat.
Bezpieczeństwo pożarowe.	Wysoka odporność ogniowa ceramiki, silikatów, betonu komórkowego. Możliwość zastosowania izolacji przeciwpożarowej.	Wysoka odporność ogniowa stali nierdzewnej. Możliwość zastosowania izolacji przeciwpożarowej.
Higiena zdrowia i środowiska.	Duże zużycie surowców oraz duża ilość odpadów przy realizacji. Bardzo dobra paroprzepuszczalność ze względu na zdolność do akumulacji wilgoci ścian. Materiały konstrukcyjne mają lepszą izolacyjność, jednak dodatkowe ocieplenie jest konieczne.	Recykling zużytych kontenerów. Farby zastosowane do zabezpieczenia antykorozyjnego mogą być toksyczne, wydzielają szkodliwe związki i zanieczyszczają powietrze wewnątrz. Kontener może być zanieczyszczony chemikaliami z przewożonych ładunków. Stalowa blacha ma niski stopień izolacji termicznej, konieczne jest ocieplenie. Brak akumulacji ciepła i wilgoci.
Bezpieczeństwo użytkowania i dostępności obiektu.	Możliwość zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania oraz dostosowania dla osób z niepełnosprawnością.	Możliwość zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania oraz dostosowania obiektu dla osób z niepełnosprawnością.
Ochrona przed hałasem.	Ściany z ceramiki, a w szczególności z silikatów powodują bardzo niską przenikalność dźwięków, czyli dobrą akustykę pomieszczeń.	Bez odpowiedniej izolacji akustycznej budynek narażony na hałas.
Oszczędność energii i izolacyjność cieplna.	Dobra akumulacja ciepła ścian.	Brak akumulacji ciepła przez ściany.
Zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych.	Możliwość zastosowania energooszczędnych materiałów oraz zastosowania urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii.	Możliwość zastosowania energooszczędnych materiałów oraz możliwość zastosowania urządzeń wykorzystujących odnawialne źródła energii.

Źródło: Opracowanie własne

obiektów z kontenerów wyszczególniono wymagania, które muszą spełniać. Konstrukcję należy zabezpieczyć przed korozją (minimum trzema warstwami) oraz przygotować jej powierzchnię zgodnie z normą PN-EN ISO 12944. Dodatkowo każdorazowo trzeba wykonać odtłuszczenie i odpylenie powierzchni stali. Miejsca, które będą stykać się z betonem, trzeba również odpowiednio oczyścić. Każda jednostka transportowa powinna zawierać komplet dokumentów, potwierdzających

wykonanie zgodne ze standardem ISO. Montaż kontenerów musi wykonywać wykwalifikowana kadra. Wszystkie połączenia śrubowe powinny spełniać szereg uwarunkowań dotyczących montażu śrub. Transport pojemników może odbywać się po uprzednim ich zabezpieczeniu przed uszkodzeniami lub utratą stateczności. Nie jest do tego wymagany specjalistyczny sprzęt, a jedynie środki transportu dostosowane do przewożenia tego typu gabarytów [17].

Chcąc wybudować obiekt mieszkalny z kontenerów, należy uzyskać pozwolenie na budowę lub dokonać zgłoszenia, zgodnie z Prawem budowlanym [18].

Budownictwo kontenerowe jest swoistym rodzajem technologii modułowej. Możliwe jest dowolne kształtowanie konstrukcji, dzięki czemu nie ogranicza wyobraźni projektantów i odpowiada na potrzeby klientów. Charakteryzuje się szybkością i łatwością montażu oraz transportu i przyczynia do osiągnięcia krótkiego czasu budowy. Jakkolwiek budowa wymaga dużego placu budowy oraz pracy żurawi i dużych jednostek transportowych.

3. Porównanie technologii w świetle wymagań przepisów prawnych

Ocenę budynków zrealizowanych z wykorzystaniem kontenerów zw. budynkami kontenerowymi, a technologię budowania – technologią kontenerową wykonano, porównując budynek kontenerowy jednorodzinny z domem zaprojektowanym w powszechnie stosowanej w Polsce technologii tradycyjnej (tzn. z elementów drobnowymiarowych).

W pierwszej kolejności wykonano porównanie obu technologii budowania w kontekście przepisów Prawa budowlanego (tab. 1). Według przepisów Prawa budowlanego (art. 5.2) „obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej [19]. Te wymagania dotyczą także budynków wykonywanych przy zastosowaniu wyrobów z odzysku i recyklingu zarówno odpadów budowlanych, jak i innych gałęzi przemysłu.

Porównanie zawarte w tabeli 1 wskazuje na ograniczenia występujące w obu technologiach, na które należy uwzględnić w projektowaniu budynków.

Dane dotyczące budynku jednorodzinnego w technologii tradycyjnej uzyskano na podstawie katalogów projektów gotowych. Wybrano dom o powierzchni użytkowej 96,93 m², parterowy, niepodpiwniczony, o ścianach z bloczków z betonu komórkowego H+H 24 cm oraz styropianu Termo Organika 20 cm, otynkowane, o stropie drewnianym. Dach dwuspadowy, o nachyleniu 30°. Więźba – drewniane więzary kratowe, a pokrycie z dachówek ceramicznej. Ogrzewanie podłogowe, kocioł gazowy, wentylacja grawitacyjna. Ogólny opis techniczny i rysunki znajduje się w [20].

Dalsza część artykułu będzie opublikowana w następnym numerze „Przeglądu Budowlanego”.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bukowski H., Fabrycka W., Budownictwo w obiegu zamkniętym w praktyce, Raport Instytutu Innowacji i Odpowiedzialnego Rozwoju, Warszawa, 2019

- [2] Sobotka A., Sagan J., Sikora A., Logistyka odzysku w remontach obiektów budowlanych, *Materiały Budowlane* 6/2016
- [3] Góralczyk S., Baic I., Odpady z górnictwa węgla kamiennego i możliwości ich gospodarczego wykorzystania, *Polityka Energetyczna*, tom 12, zeszyt 2/2, 2009
- [4] Gotowe projekty domów. <https://www.archon.pl/>, dostęp: 04.12.2022
- [5] Szwabowski J., Deszcz J., Metody wielokryterialnej analizy porównawczej: podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań w budownictwie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2001
- [6] Fabisiak L., Ziemia P., Wybrane metody analizy wielokryterialnej w ocenie użyteczności serwisów internetowych, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 2011
- [7] Koźmińska U., Nowe materiały w architekturze mieszkaniowej, Reutilizacja, recykling, upcykling, cradle-to-cradle – przyszłość czy utopia? Katedra Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego, Instytut Projektowania Urbanistycznego, Wydział Architektury, Politechniki Krakowskiej, *czasopismo Środowisko Mieszkaniowe*, tom 11, 2013, str. 256–263
- [8] Wiśnicki B., *Vademecum konteneryzacji – Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej*, Szczecin, 2006
- [9] Hotel Quadrum Ski. <http://quadrum-gudauri.com/>, dostęp: 04.12.2022
- [10] Sebastian Irrarrazaval Arquitectos Chile, Projekt pracowni architektonicznej. <https://www.sebastianirrazaval.net/>, dostęp: 04.12.2022
- [11] Wang L., LOT-EK upcycles 140 shipping containers into an apartment complex in South Africa, inhabit, 27/2018. <https://inhabitat.com/lot-ek-upcycles-140-shipping-containers-into-an-apartment-complex-in-south-africa/>, dostęp: 04.12.2022.
- [12] Forrest A., Living in a steel box: are shipping containers really the future of housing? *Theguardian*, 30/2007. <https://www.theguardian.com/cities/2015/oct/09/living-steel-box-shipping-containers-future-housing>, dostęp: 04.12.2022
- [13] Hotel Scandinavia Resort, <https://scandinaviamarine.pl/pl>, dostęp: 04.12.2022
- [14] Dominiak P., Dom z kontenerów. Ile kosztują kontenery morskie i jak zbudować z nich dom, *MuratorDom*, 10/2020. <https://murator-dom.pl/przed-budowa/prezentacje-domow/dom-z-kontenerow-ile-kosztuja-kontenery-morskie-i-jak-zbudowac-z-nich-dom-aa-mgnd-9G35-Kgct.html>,dostęp: 04.12.2022
- [15] Projekty domów z kontenerów morskich, nadające się do mieszkania, własnymi rękami i na zamówienie, zdjęcia, recenzje. Dom kontenerów morskich: projekt, konstrukcja, izolacja, cena. *Makemone* 03/2019: <https://makemone.ru/pl/remont-i-dizajn/kuhni-v-kvartire/proekty-domov-iz-morskih-konteinerov-prigodnye-dlya-zhilya-svoimi.html>,dostęp: 04.12.2022
- [16] Stropodach wentylowany, *MuratorDom*, 09/2009. <https://murator-dom.pl/budowa/dach/-stropo-dach-wentylowany-aa-gZnn-6iQD-rY3Y.html>,dostęp: 04.12.2022
- [17] STWiORB Budynek użyteczności publicznej Dom spotkań w Opawicy, gmina Głubczyce, [glubczyce:https://glubczyce.pl/download/attachment/13424/-specyfikacja-wykonania-i-odbioru-robot.pdf](https://glubczyce.pl/download/attachment/13424/-specyfikacja-wykonania-i-odbioru-robot.pdf),dostęp: 04.12.2022
- [18] Leśniewicz M., Domy z kontenerów. Ile kosztują? Czy wymagają pozwolenia? Wady i zalety budownictwa kontenerowego, *Regiodom*, 03/2019. <https://regiodom.pl/domy-z-kontenerow-ile-kosztuja-czy-wymagaja- pozwolenia-wady-i-zalety-budownictwa-kontenerowego/ar-c9-15520225>,dostęp: 04.12.2022
- [19] Prawo budowlane, Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r.
- [20] Dom w Kruszczykach 5. <https://www.archon.pl/>,dostęp: 04.12.2022
- [21] Abbe O., Hamilton L., BRE Global Environmental Weighting for Construction Products using Selected Parameters from EN 15804, 2017
- [22] Skorupa M., Analiza porównawcza adaptacji kontenerów transportowych na obiekty budownictwa mieszkalnego z tradycyjną technologią budowy domów jednorodzinnych, praca magisterska, AGH, 2022
- [23] Szałata Ł., Zwoździak J., Analiza SWOT jako podstawowe narzędzie w zarządzaniu środowiskiem, *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska* 13/2011
- [24] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 7 czerwca 2019, poz. 1065)