

KOMPOZYTY W BUDOWNICTWIE PRZYSZŁOŚCI



Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut
Ceramiki i Materiałów Budowlanych
Polski Klaster Technologii Kompozytowych

Presented By

Dr inż. Andrzej Czulak
Prof. Paweł Pichniarczyk



KOMPOZYTY W BUDOWNICTWIE

Sektory architektury, budownictwa i infrastruktury wspólnie stały się największymi użytkownikami materiałów kompozytowych. Ten wzrost napędzany jest przez szeroką gamę zastosowań, które były stopniowo rozwijane przez lata. Ostatnie 60 lat wykorzystania kompozytów w budownictwie i infrastrukturze opiera się na ciągłych innowacjach w zakresie właściwości surowców, możliwości projektowych i procesów produkcyjnych — w połączeniu z identyfikowaniem obszarów, w których kompozyty mogą być konkurencyjne.

- ✓ Największy sektor zastosowań kompozytów
- ✓ Innowacje w materiałach, projektowaniu i procesach produkcji
- ✓ Wszechstronność i opłacalność
- ✓ Potencjał dalszego wzrostu - CAGR 5,3%
- ✓ Lekkość i trwałość, estetyka + funkcjonalność



1964



"LES ECHANGES" PAVILION; Miejsce: Szwajcaria
Architects: Heinz Hossdorf

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Konstrukcja dachu.
- Samonośne konstrukcje dachowe GFRP o szerokiej rozpiętości.

MATERIAŁY:

- Tworzywo sztuczne wzmocnione włóknem szklanym

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Konstrukcja i redukcja masy.

1968



FUTURO HOUSE; Location: Finland
Architects: Matti Suuronen

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Mały dom prefabrykowany.
- Modułowa przestrzeń mieszkalna wykonana z lekkich prefabrykatów GFRP.

MATERIAŁY:

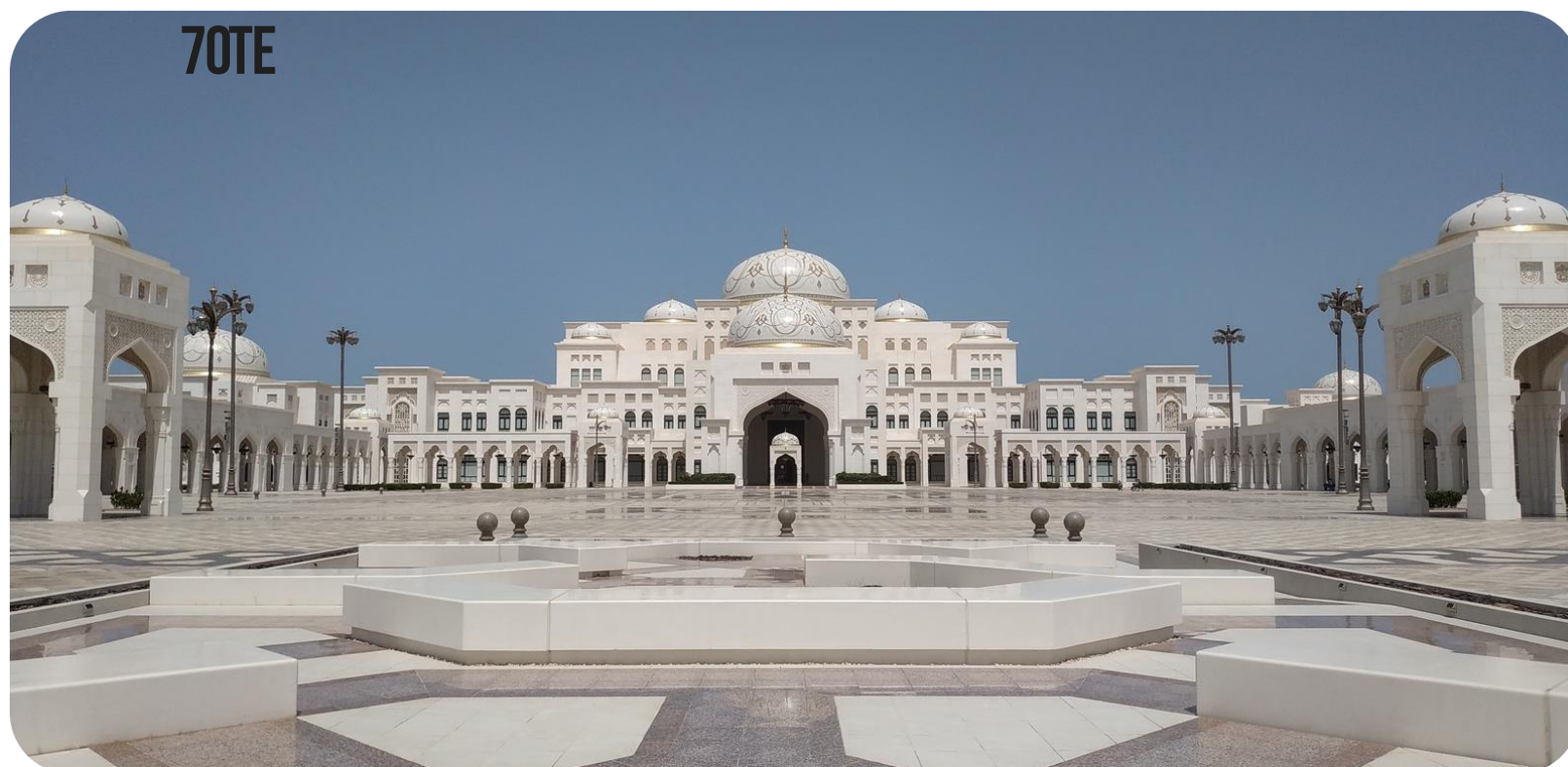
- Żywica poliestrowa wzmocniona włóknem szklanym.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Redukcja masy i możliwość masowej produkcji

LATA

70TE



✓ PRESIDENTIAL PALACE; Miejsce: ABU DHABI (UAE)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Elewacyjne panele prefabrykowane.
- Panele GRC o znacznie niższej masie w porównaniu do tradycyjnych paneli betonowych.

MATERIAŁY:

- Tworzywo GRC wzmocnione alkioodpornym włóknem szklanym.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Niższa masa przy zachowaniu właściwości betonu – możliwość tworzenia lekkich kopuł dla meczetów i pałaców.

1989



✓ COLLEU HOUSE; Miejsce: France
Architect: Pierre Colleu

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

1. Dom bioklimatyczny.
2. Organiczna forma inspirowana architekturą „bubble houses”, zintegrowana z otoczeniem.

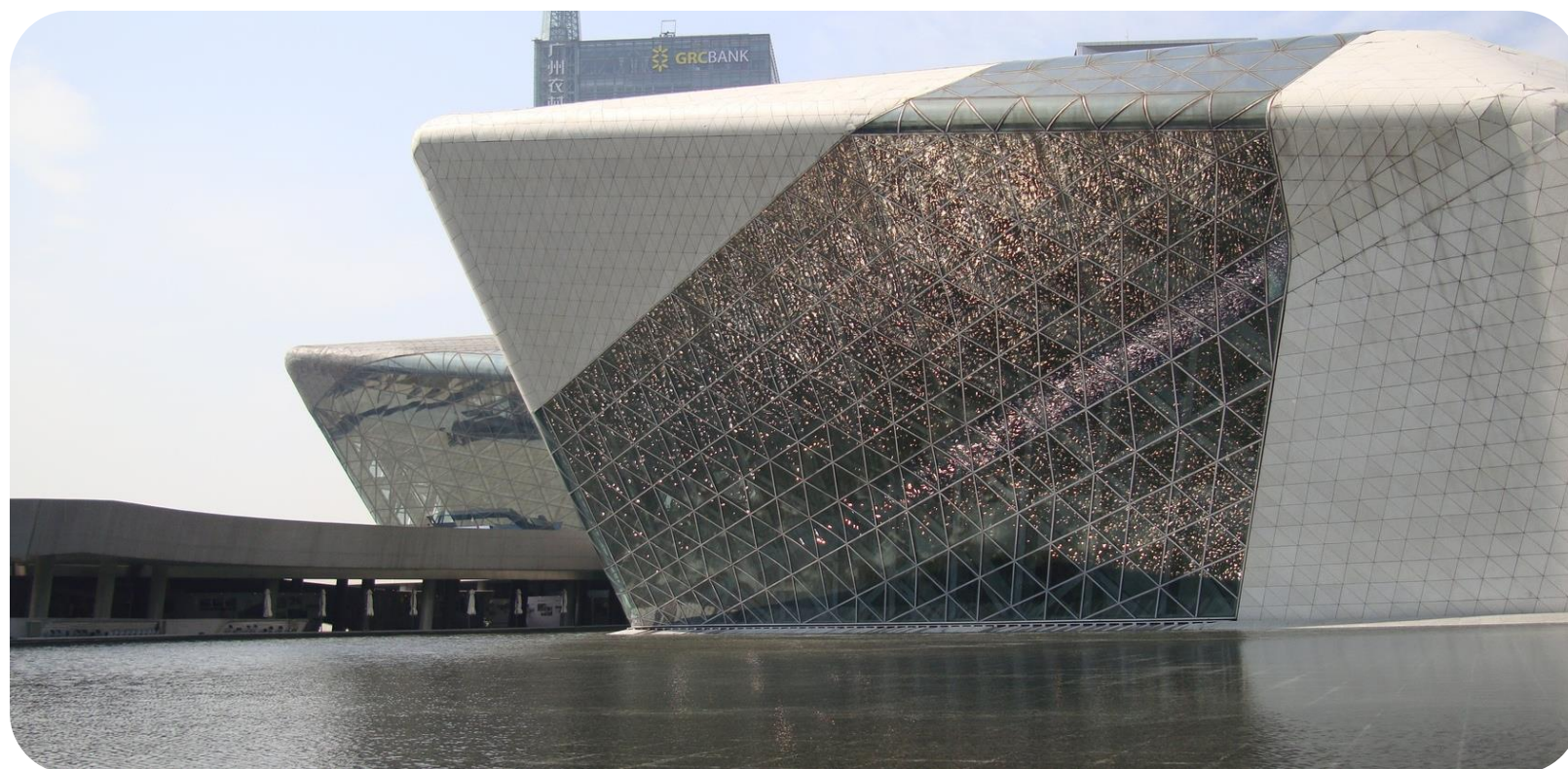
MATERIAŁY:

- Żelkot z płatkami szkła (z ochroną UV), żywica poliestrowa 20%, włókno szklane 20%, trójwodny tlenek glinu 60%.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Swoboda formowania, trwałość i odporność na warunki atmosferyczne.

2010



✓ GUANGZHOU OPERA HOUSE; Miejsce: Guangzhou (China)
Architects: Zaha Hadid Architects

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Nowoczesny budynek kultury.
- Forma przypominająca dwa otoczaki, mieszcząca salę teatralną, salę wielofunkcyjną i przestrzenie pomocnicze.

MATERIAŁY:

- Włókno szklane jako zbrojenie, matryca z gipsu alfa.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Możliwość tworzenia złożonych form dzięki opatentowanej technologii formowania z wosku o wysokiej temperaturze topnienia (proces CNC, wosk poddawany recyklingowi).

2012



✓ THE STEDELIJK MUSEUM; Miejsce: Amsterdam (Netherlands)
Architects: Benthem Crouwel Architecten (BCA)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Rozbudowa i renowacja muzeum w Amsterdamie.
- Nowoczesna struktura dobudowana do historycznego obiektu.

MATERIAŁY:

- Włókna węglowe i aramidowe, żywica winyloestrowa trudnopalna.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Wysoka wytrzymałość przy niskiej masie, odporność ogniowa, precyzyjne wykonanie dzięki infuzji próżniowej.

2013



✓ FORTH HARBOUR BRIDGE; Miejsce: Rhyl Harbour, North Wales (UK)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Most z dwoma lustrzanymi przęsłami.
- Dwie 30-metrowe platformy unoszone za pomocą lin, połączone centralnym kesonem.

MATERIAŁY:

- Wielowarstwowe włókno szklane (E-glass), rdzeń z pianki strukturalnej, miejscowe wzmocnienia z jednokierunkowego włókna węglowego.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Redukcja masy w celu skrócenia czasu podnoszenia i zmniejszenia zużycia energii. Niższe koszty eksploatacji dzięki trwałości materiału.

2016



✓ MUSEUM OF MODERN ART; Miejsce: San Francisco, CA (USA)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Fasada rozbudowy budynku.
- Pofalowana, biała elewacja przypominająca powierzchnię oceanu.

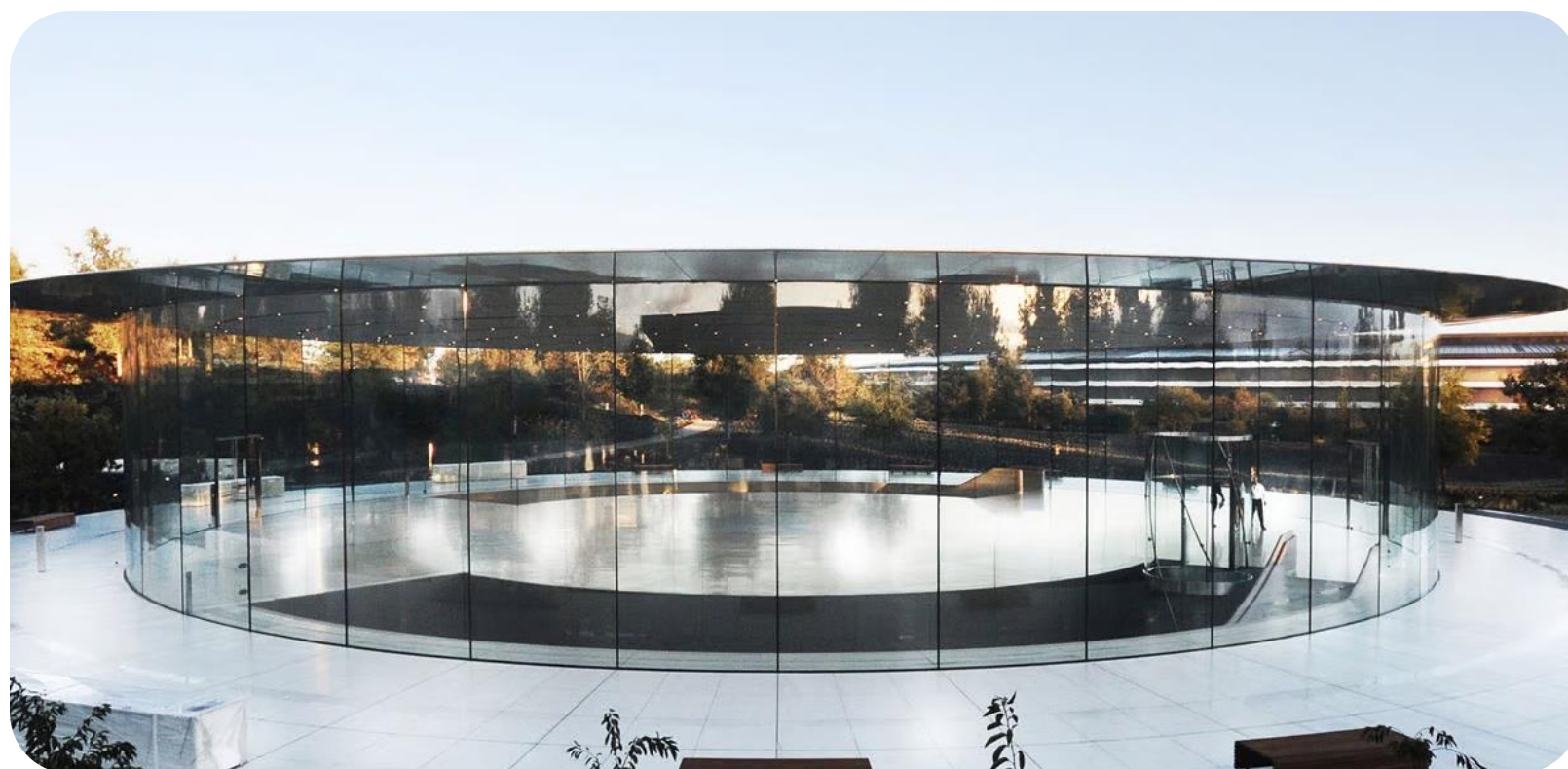
MATERIAŁY:

- Włókno szklane z żywicą poliestrową.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Znaczna redukcja masy w porównaniu do betonu zbrojonego – dzięki zastosowaniu paneli GRP wyeliminowano 500 ton stalowej konstrukcji wsporczej, nie przeciążając istniejącego budynku.

2017



✓ STEVE JOB THEATER; Miejsce: Cupertino, CA, USA
Architects: Foster + Partners

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Dach z paneli kompozytowych.
- 44 panele z CFRP o długości 23 m każdy oraz centralny element konstrukcyjny.

MATERIAŁY:

- Polimer wzmocniony włóknem węglowym (CFRP).

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Wysoka efektywność przy minimalnej masie – montaż w zaledwie 2,5 godziny! Lekka konstrukcja bez podpór wewnętrznych, zredukowana liczba elementów i efektowny wygląd.

2019



✓ STATUE OF LIBERTY MUSEUM; Miejsce: New York, NY (USA)
Architects: FXCollaborative New York

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Prefabrykowane panele elewacyjne.
- 134 elementy, w tym 103 panele CarbonCast z zastosowaniem technologii siatki z włókna węglowego.

MATERIAŁY:

- Włókno węglowe (siatka C-GRID®).

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Siatka C-GRID® łączy warstwy betonu, zapewniając pełne współdziałanie konstrukcyjne i ciągłą izolację termiczną. Wysoka wytrzymałość i niska przewodność cieplna umożliwiają lepszą efektywność energetyczną niż tradycyjne łączniki metalowe.

2020



- ✓ UAE PAVILION AT EXPO 2020; Miejsce: Dubai (UAE)
Architects: Santiago Calatrava

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Pawilon wystawowy na Expo.
- Ruchome „skrzydła” z kompozytów odsłaniające panele słoneczne.

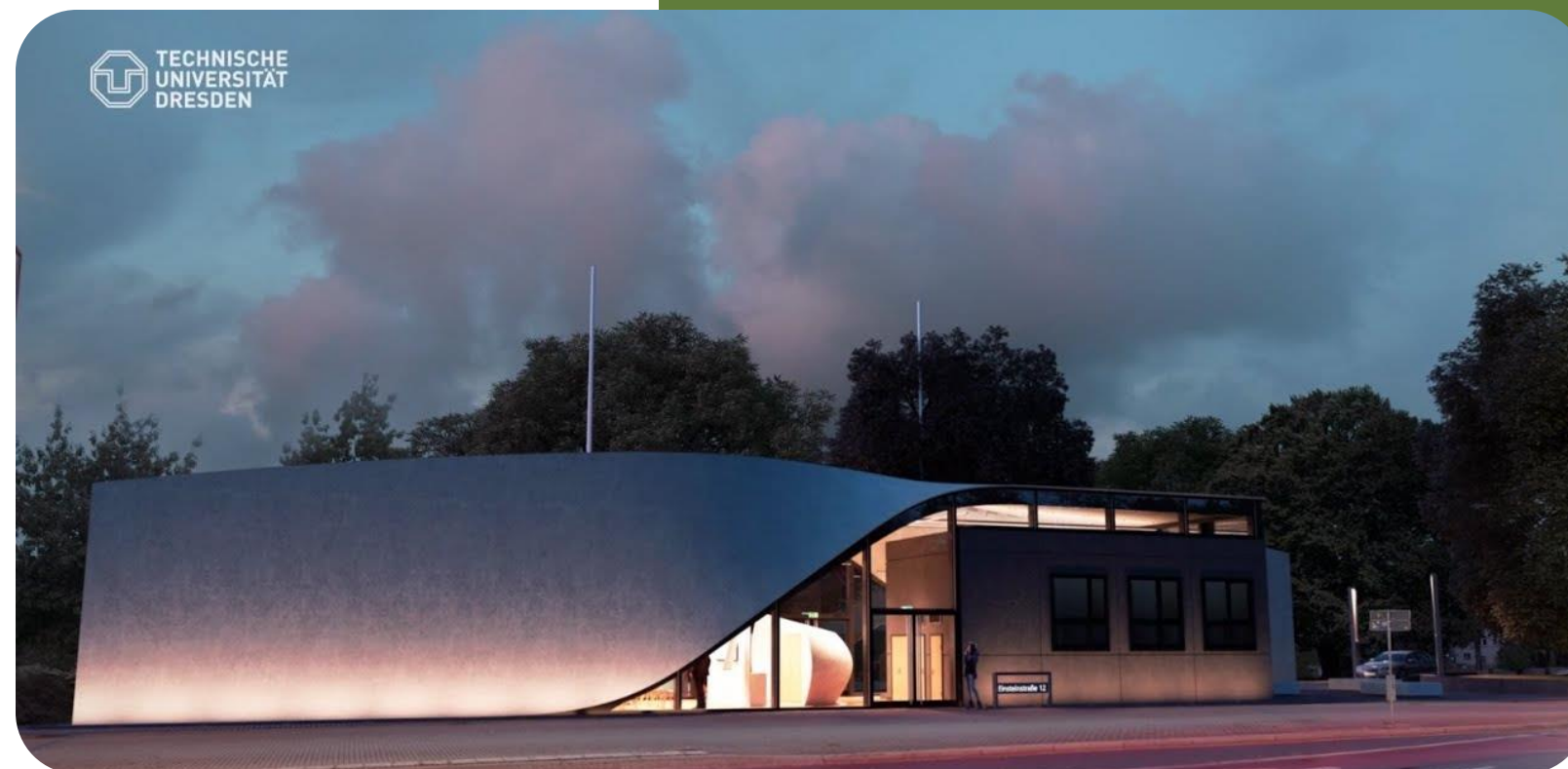
MATERIAŁY:

- Hybrydowa powłoka z włókna węglowego i szklanego (FRP), długość skrzydeł: 65 metrów.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Lekkość i wytrzymałość umożliwiły tworzenie dynamicznych, ruchomych elementów o dużych rozpiętościach. Kompozyty podkreślają innowacyjny charakter konstrukcji.

2022



- ✓ CARBON HAUS; Miejsce: DRESDEN (Germany)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Dwukondygnacyjny budynek na kampusie uczelni.
- The CUBE – pierwsza na świecie konstrukcja z betonu zbrojonego włóknem węglowym.

MATERIAŁY:

- Beton zbrojony włóknem węglowym.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Brak podatności na korozję pozwala na redukcję grubości elementów – konstrukcja jest aż czterokrotnie lżejsza niż tradycyjny beton zbrojony stalą. Umożliwia to tworzenie lekkich, płynnych form i sprzyja zrównoważonemu budownictwu.

2023



✓ CAEROSTRIS WALL E+
Miejsce: Francja

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Dom jednorodzinny z elementów kompozytowych.
- Elewacja oraz profile konstrukcyjne wykonane metodą pultruzji.

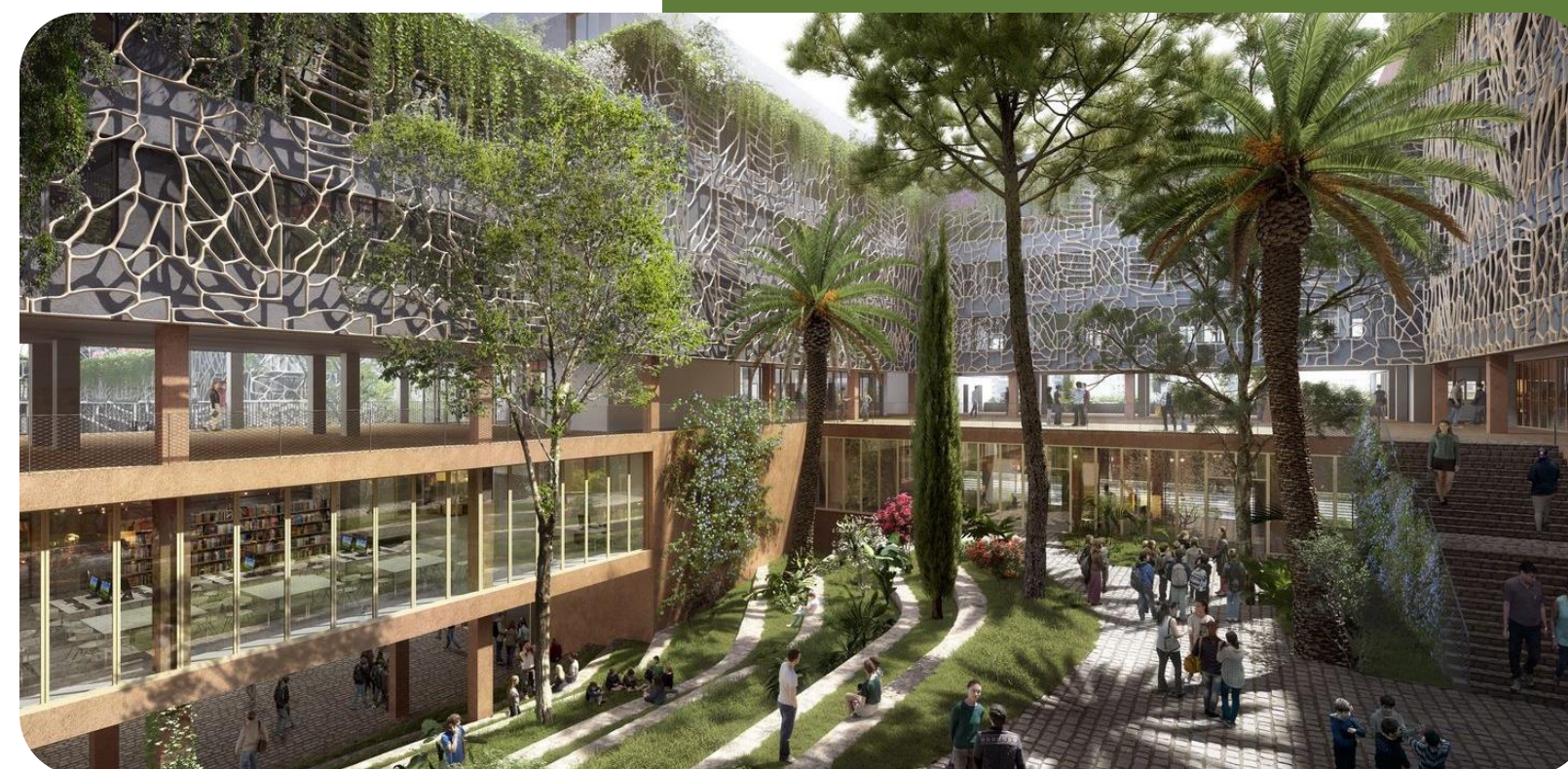
MATERIAŁY:

- System budowlany z kompozytu pultrudowanego wzmocnionego włóknem szklanym.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Niska masa, wysoka wytrzymałość, elastyczność projektowa oraz efektywność termiczna i środowiskowa. Trwałość, łatwość montażu i zrównoważony charakter rozwiązania.

2024



✓ THE CITÉ SCOLAIRE INTERNATIONALE JACQUES CHIRAC
Miejsce: Marseille (France)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Okładzina elewacyjna zapewniająca zacinienie budynku szkoły międzynarodowej.
- Panele pełniące funkcję osłon przeciwsłonecznych.

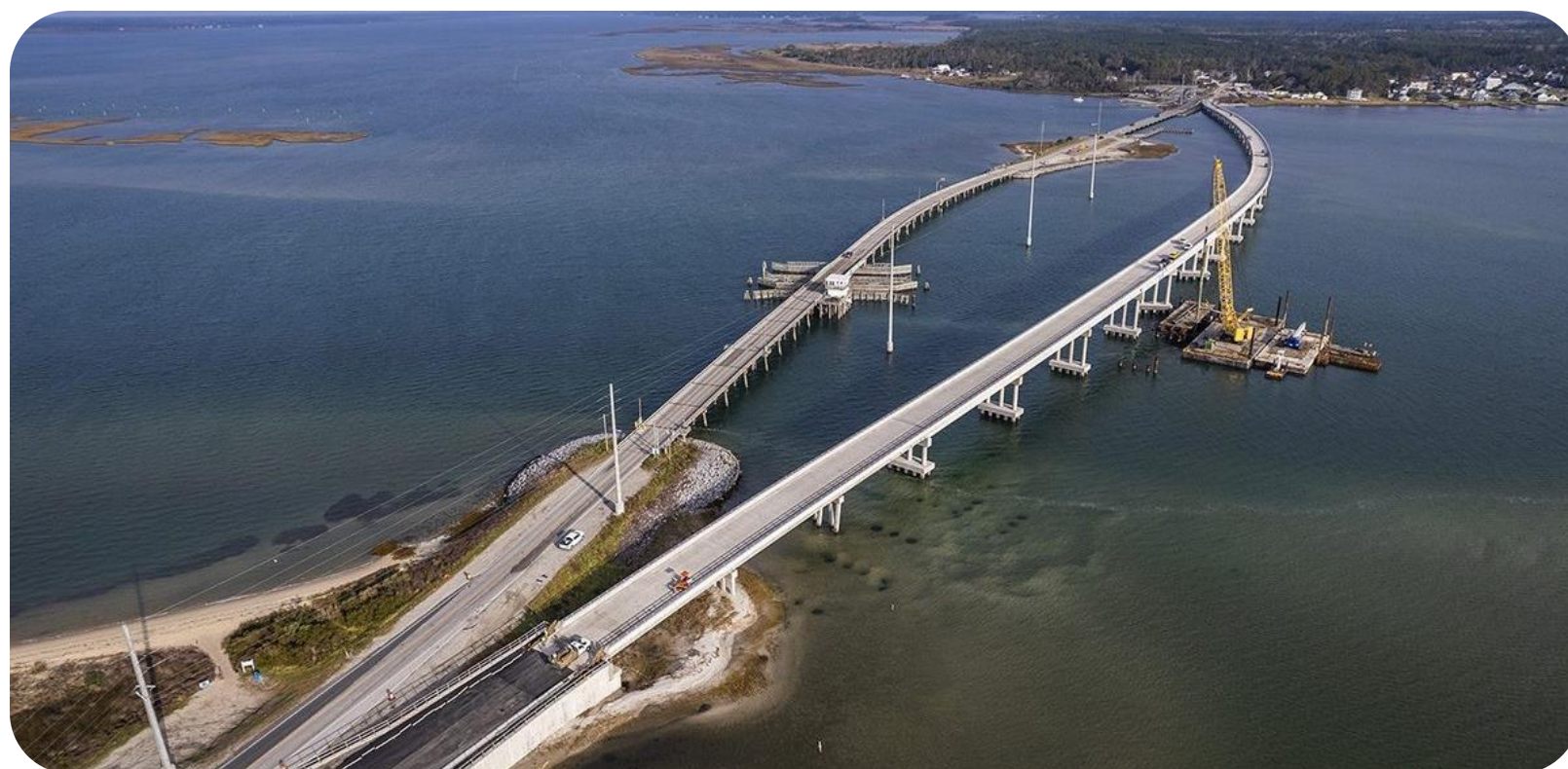
MATERIAŁY:

- Żywica poliestrowa zbrojona włóknem szklanym i materiałem ampliTex™ (Bcomp), formowana metodą RTM; wykończona żelkotem odpornym na UV, deszcz i zanieczyszczenia.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Trwałość, odporność na warunki atmosferyczne i spełnienie wymogów przeciwpożarowych – przy zachowaniu lekkości i nowoczesnego wyglądu.

2024



✓ HARKERS ISLAND BRIDGE; Miejsce: Harkers Island, NC (USA)

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Nowe mosty w Karolinie Północnej.
- Zastąpienie dwóch przestarzałych przepraw w ramach projektu NCDOT.

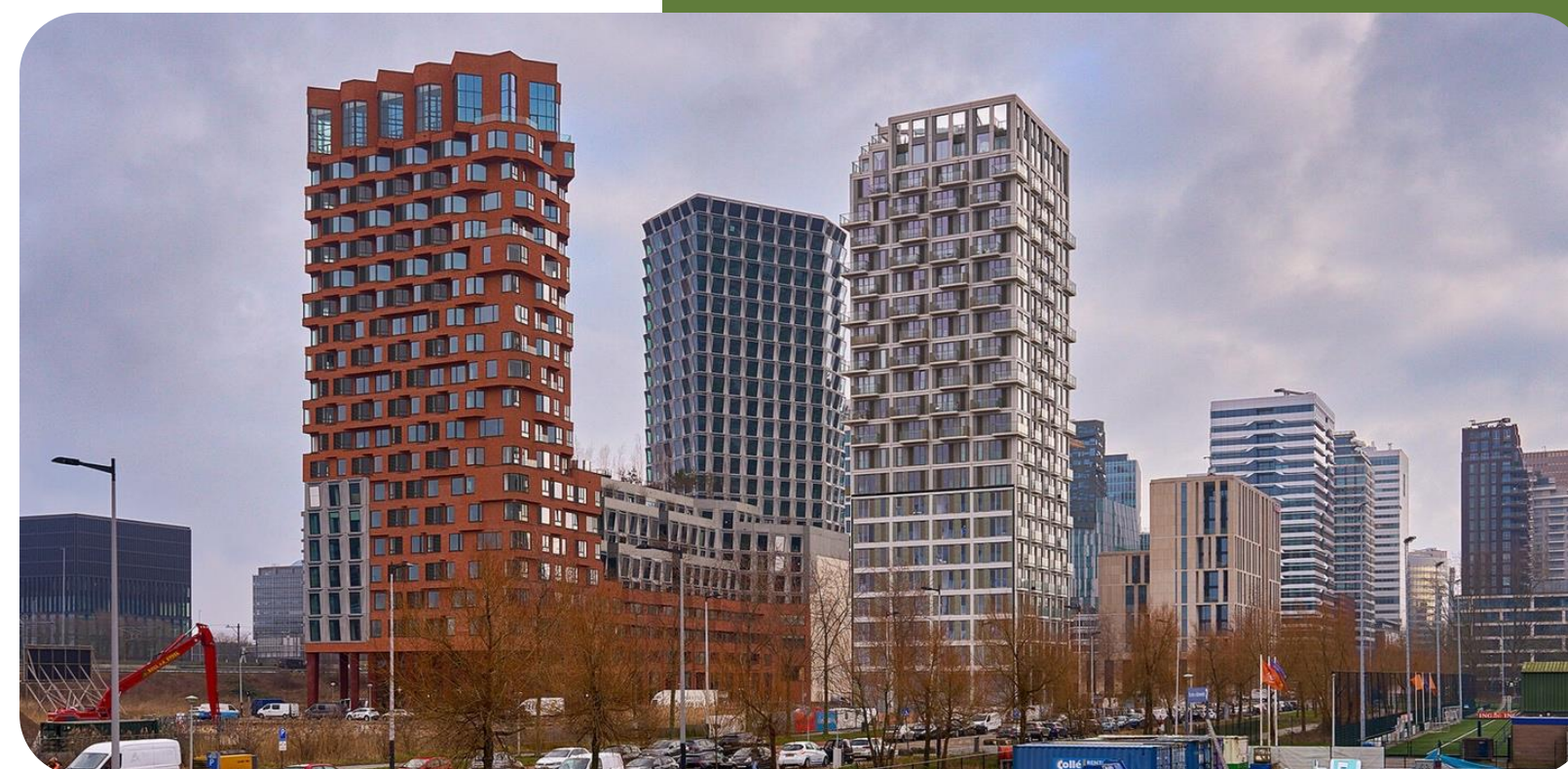
MATERIAŁY:

- Dźwigary z betonu zbrojonego włóknem węglowym, zbrojenie płyty pomostu z włókna szklanego.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Włókno węglowe zwiększa wytrzymałość na rozciąganie i zmniejsza masę konstrukcji. Włókno szklane w płycie mostu zapewnia trwałość i odporność na korozję, oferując dłuższą żywotność niż stal w wymagających warunkach środowiskowych.

2024



✓ THE PULSE; Miejsce: Amsterdam (Netherlands)
Architects: MVSA Architects, VMX Architects

ELEMENTY KOMPOZYTOWE:

- Zabudowa mieszkaniowa w kształcie litery U.
- Budynek łączący funkcje mieszkalne, biurowe i kulturalne, z elewacją z biokompozytu.

MATERIAŁY:

- 1 100 paneli elewacyjnych (3,6 m × 2,8 m) z biożywic i rdzeniem z pianki PET; każdy panel zintegrowany z panelem słonecznym.

DLACZEGO KOMPOZYTY:

- Lekkość, trwałość i szybki montaż. Zmniejszone koszty eksploatacji oraz możliwość realizacji indywidualnej koncepcji architektonicznej.

2025



✓ BLUE OCEAN DOME; Miejsce: Odsaka (Japan)
Architects: Shigeru Ban

Elementy kompozytowe:

- Pawilon „Blue Ocean Dome” na Expo w Osace.
- Kopuła poświęcona tematyce zanieczyszczeń plastikiem i zrównoważonemu wykorzystaniu oceanów.

Materiały:

- Kompozyty CFRP (polimer wzmocniony włóknem węglowym).

Dlaczego kompozyty:

- Pierwsza na świecie kopuła z CFRP – wyjątkowo lekka i wytrzymała. Jej realizacja wymagała licznych zmian projektowych, testów i udoskonaleń technologii wytwarzania, aby w pełni wykorzystać potencjał materiału.

✓ PODSUMOWANIE

Lata 60. i 70.

- Początkowe zastosowania GFRP w budownictwie dotyczyły lekkich, prefabrykowanych konstrukcji eksperymentalnych, umożliwiających swobodę formy i łatwy montaż.

Lata 80. i 90.

- Zastosowanie GRC w prefabrykowanych elewacjach pozwoliło na redukcję masy, uproszczenie konstrukcji wsporczych i wykorzystanie nowoczesnych technologii formowania, takich jak RTM czy infuzja próżniowa.

XXI wiek

- Kompozyty, zwłaszcza CFRP, zaczęto wykorzystywać w elementach nośnych (dachy, mosty, kopuły), łącząc różne typy włókien dla optymalnej wytrzymałości i integrując je w projektach architektonicznych i inżynierskich.

Obecnie

- Współczesne kompozyty to kluczowy element zrównoważonego i innowacyjnego budownictwa – łączą lekkość, trwałość, odporność na warunki zewnętrzne, możliwość integracji z OZE oraz swobodę formy przy jednoczesnej redukcji emisji CO₂ i kosztów eksploatacji. Zrównoważony rozwój wspierany jest przez pojawienie się bio-kompozytów, integrację z fotowoltaiką oraz mniejszy ślad węglowy dzięki oszczędności materiałowej.

SKALA MIGRACJI

✔ ze względu na zmiany klimatyczne:

- ✦ W 2008 roku liczba mieszkańców miast po raz pierwszy przekroczyła liczbę ludzi mieszkających poza nimi.
- ✦ Do 2050 roku przewiduje się, że 68% populacji świata będzie mieszkać w miastach.
- ✦ Każdego roku do miast w Afryce przenosi się około 20 milionów ludzi.
- ✦ W najbliższej dekadzie dziesięć najszybciej rozwijających się miast na świecie będzie znajdować się w Afryce.
 - ✦ W 2030 roku populacja Dar es Salaam (Tanzania) wzrośnie do 11 milionów, co oznacza podwojenie obecnej liczby mieszkańców.
 - ✦ W 2030 roku Lagos i Kair osiągną po 24 miliony mieszkańców.

Urban Migration Trends



Population Growth

The increase in urban populations over time.

The effects of climate change on migration patterns.

Climate Impact



Infrastructure Challenges

Issues arising from rapid urbanization and inadequate infrastructure.

The contribution of cities to global greenhouse gas emissions.

Emission Concerns



Sustainable Solutions

The need for sustainable urban planning and technology.

SKALA MIGRACJI

✓ ze względu na zmiany klimatyczne:

- ✦ Zmiany klimatyczne napędzają migracje – ludzie opuszczają regiony dotknięte suszą, powodzią i ekstremalnymi warunkami pogodowymi.
- ✦ Miejskie wyspy ciepła powodują wzrost temperatur w miastach nawet o 3°C wyżej niż w otaczających terenach.
- ✦ Megamiasta w Afryce i Azji stają się głównymi punktami migracji wewnętrznej, prowadząc do gwałtownego wzrostu slumsów.
- ✦ W wielu miastach globalnego południa brakuje infrastruktury, co prowadzi do narastania problemów sanitarnych i zdrowotnych.
- ✦ Miasta odpowiadają za 75% globalnych emisji gazów cieplarnianych, co przyczynia się do dalszych zmian klimatu i intensyfikacji migracji.

Urban Migration Trends



Population Growth

The increase in urban populations over time.

The effects of climate change on migration patterns.

Climate Impact



Infrastructure Challenges

Issues arising from rapid urbanization and inadequate infrastructure.

The contribution of cities to global greenhouse gas emissions.

Emission Concerns



Sustainable Solutions

The need for sustainable urban planning and technology.

WYZWANIA BUDOWNICTWA PRZYSZŁOŚCI

Planowanie społeczne

Potrzeba efektywnego planowania i integracji społecznej w rozwoju miast.



Urbanizacja

Rosnąca liczba ludzi przeprowadzających się do miast, co prowadzi do przeludnienia.

Niedobór zasobów

Ograniczone zasoby wymagające zrównoważonego wykorzystania i innowacji.

Zmiany klimatyczne

Zmieniające się wzorce pogodowe wpływające na infrastrukturę i projektowanie.



MATERIAŁY BUDOWNICTWA PRZYSZŁOŚCI

Adaptacja Klimatyczna

Dostosowywanie
materiałów do
ekstremalnych
warunków pogodowych



Redukcja CO2

Nowe technologie i
materiały zmniejszające
emisję dwutlenku węgla

Budynki Energoszczędne

Projektowanie
budynków
minimalizujących
zużycie energii



ROLA KOMPOZYTÓW BUDOWNICTWA PRZYSZŁOŚCI



INNOWACJE BUDOWNICTWA PRZYSZŁOŚCI

Biokompozyty

Oferuje
ekologiczne
alternatywy

Integracja z
odnawialnymi
źródłami energii

Promuje
zrównoważony
rozwój energii



Druk 3D

Rewolucjonizuje
procesy
budowlane

Inteligentne struktury

Wprowadza
zaawansowane,
responsywne
materiały



ZNACZENIE ZRÓWNOWAŻONYCH MATERIAŁÓW

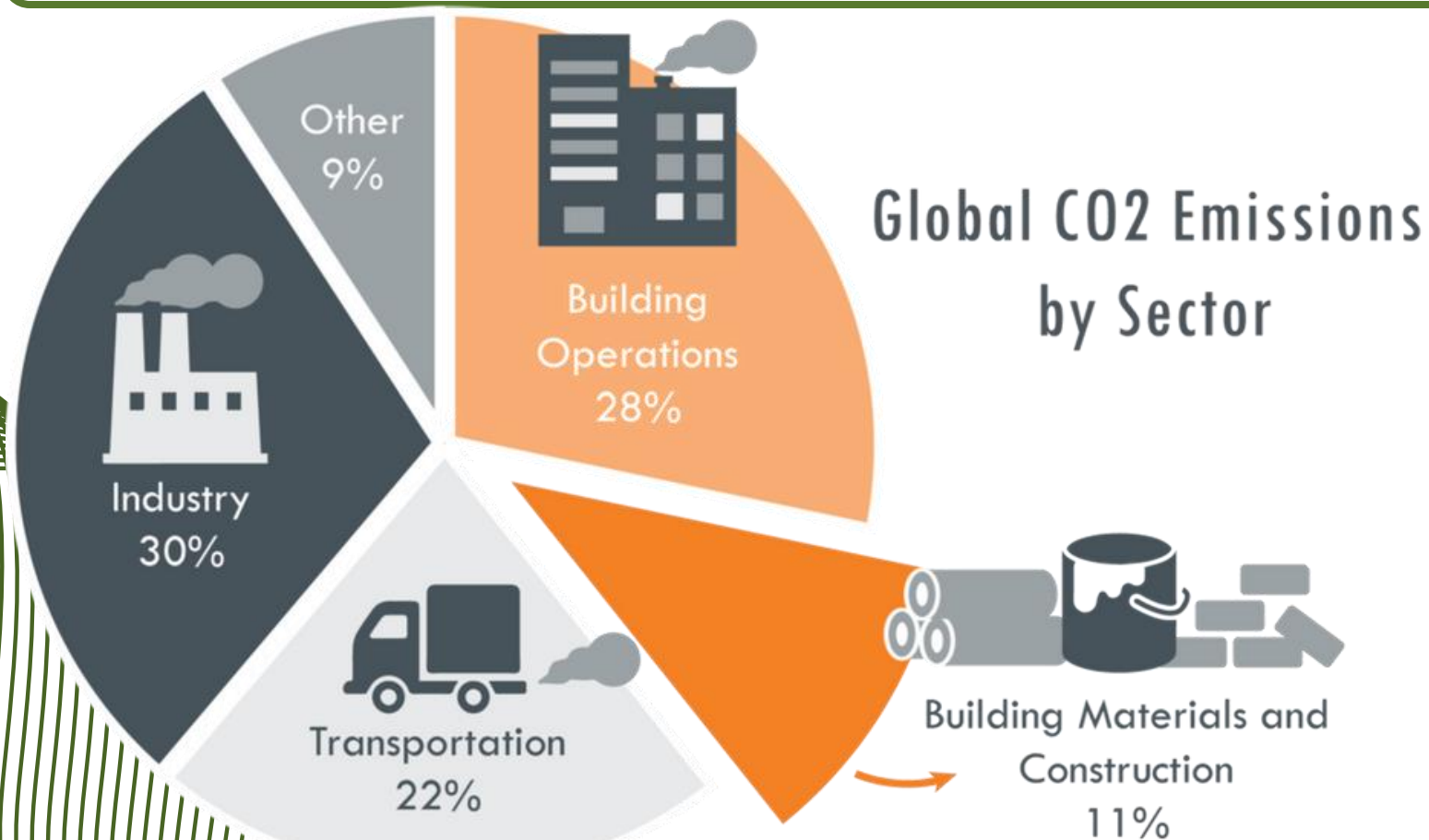
✓ Tradycyjne budownictwo

W budynku tradycyjnym beton, stal i cegła ceramiczna odpowiadają za niemal 50,13% emisji CO₂.

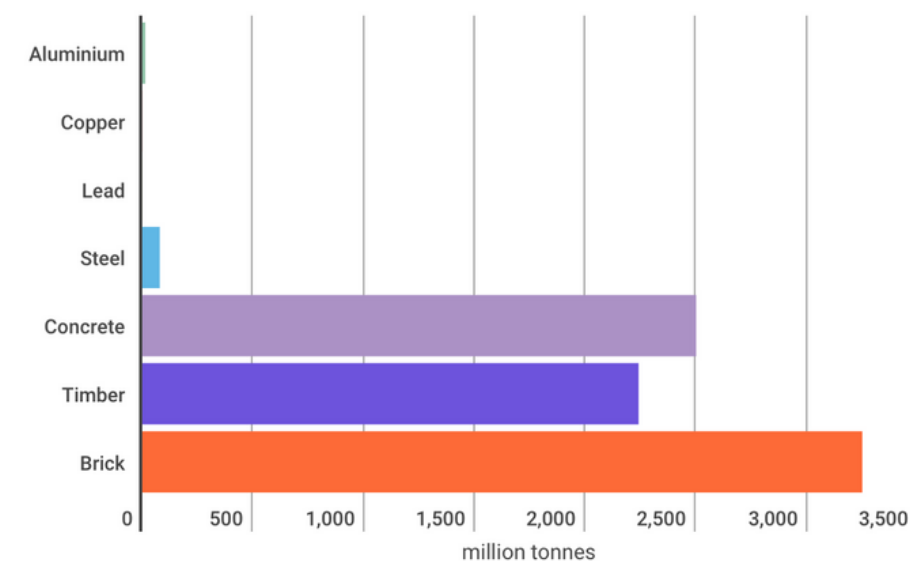
Wykorzystanie materiałów zrównoważonych może znacząco zmniejszyć ślad węglowy budynku, co pokazuje ich potencjał w redukcji wpływu na środowisko od 14% do 45%

✓ Zastosowanie materiałów kompozytowych w budownictwie pozwala ograniczyć emisję CO₂ poprzez:

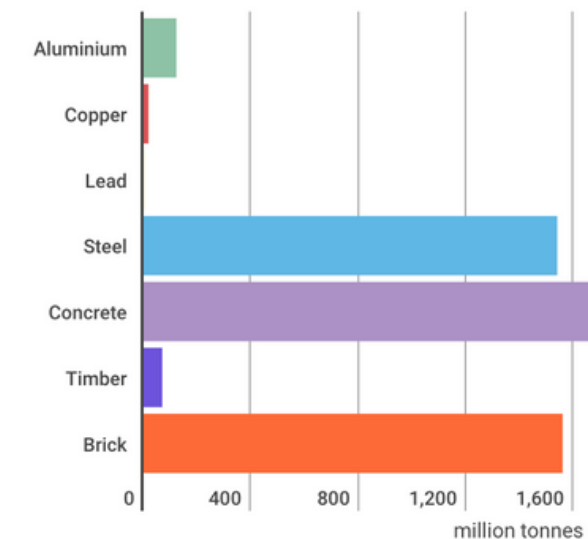
- redukcja masy: logistyka, transport, brak konieczności stosowania fundamentów
- zwiększenie sztywności i wytrzymałości: redukcja grubości betonu,
- odporność na korozję i warunki atmosferyczne i UV
- dobra izolacyjność termiczna i akustyczna: niższe koszty obsługi budynków
- integralność strukturalna, sensory: niższe koszty obsługi budynków, inteligentne budynki, smart city



○ Global Construction ECO_{2e} ● Global Consumption in Construction

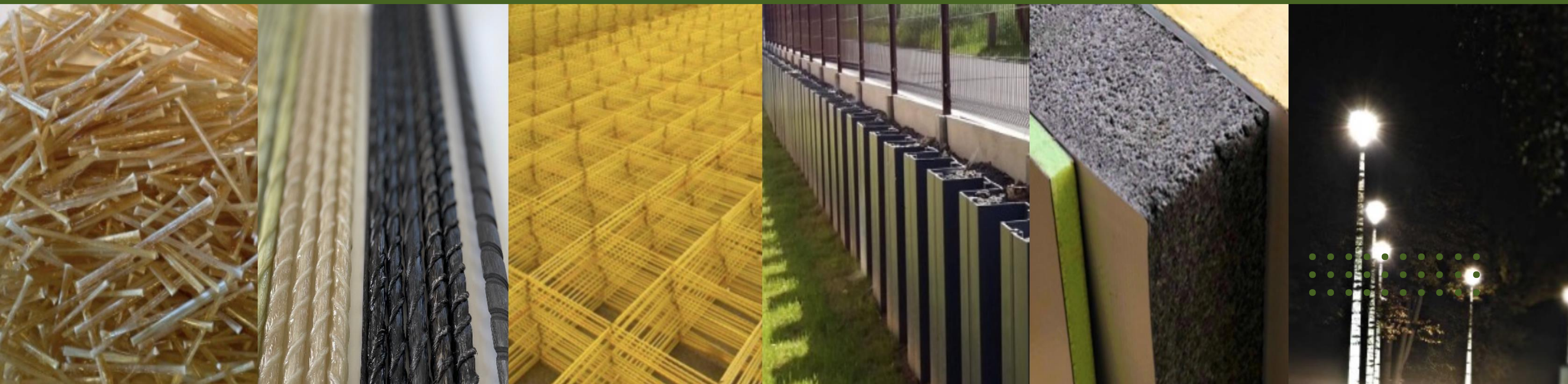


● Global Construction ECO_{2e} ○ Global Consumption in Construction



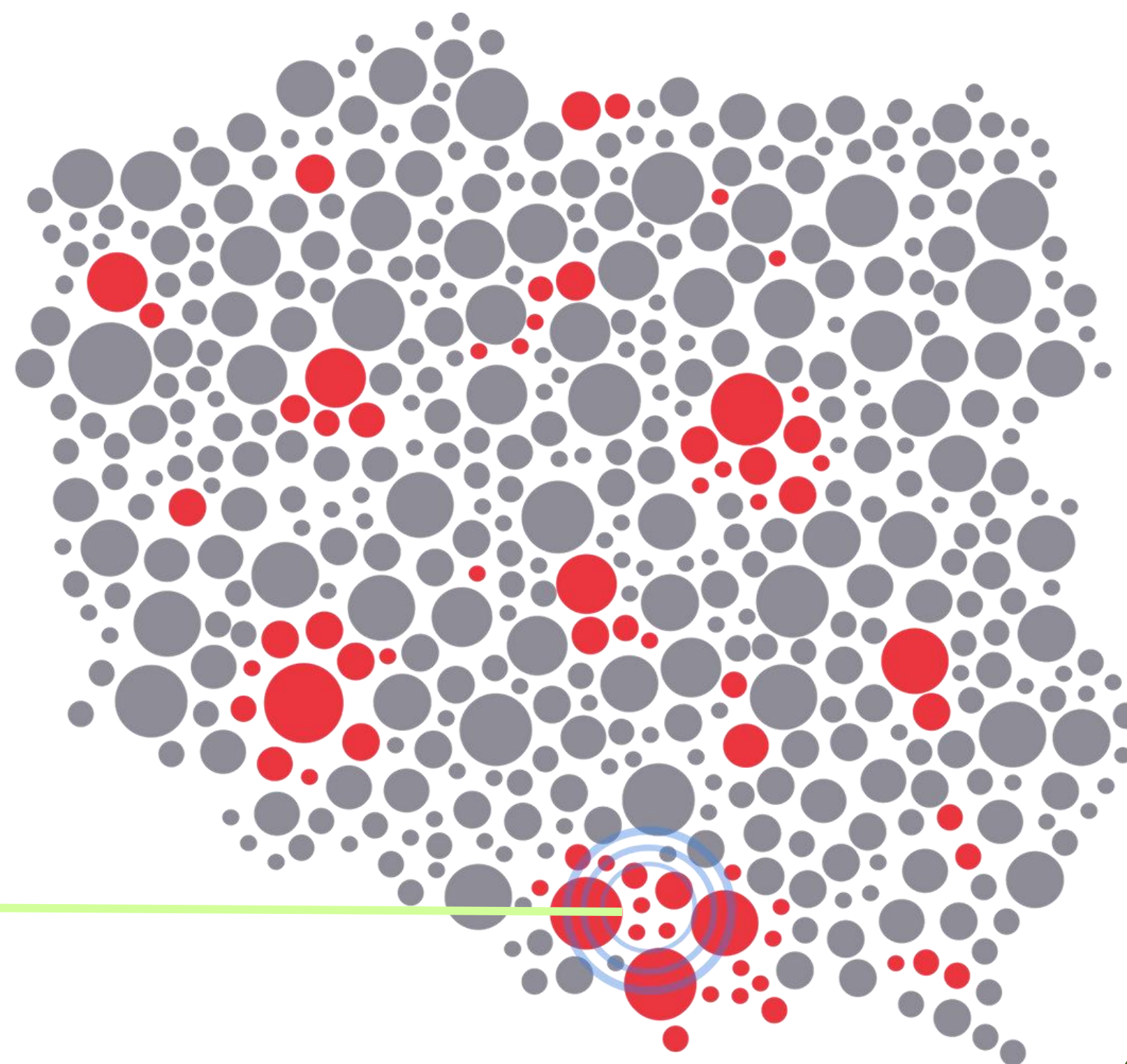
OBECNE PRODUKTY KLAstra

- Profile konstrukcyjne (belki, słupy, panele)
- Zbrojenie kompozytowe (pręty, siatki)
- Elewacje i okładziny fasadowe
- Kompozytowe mostki, kładki i platformy techniczne
- Prefabrykaty i moduły budowlane



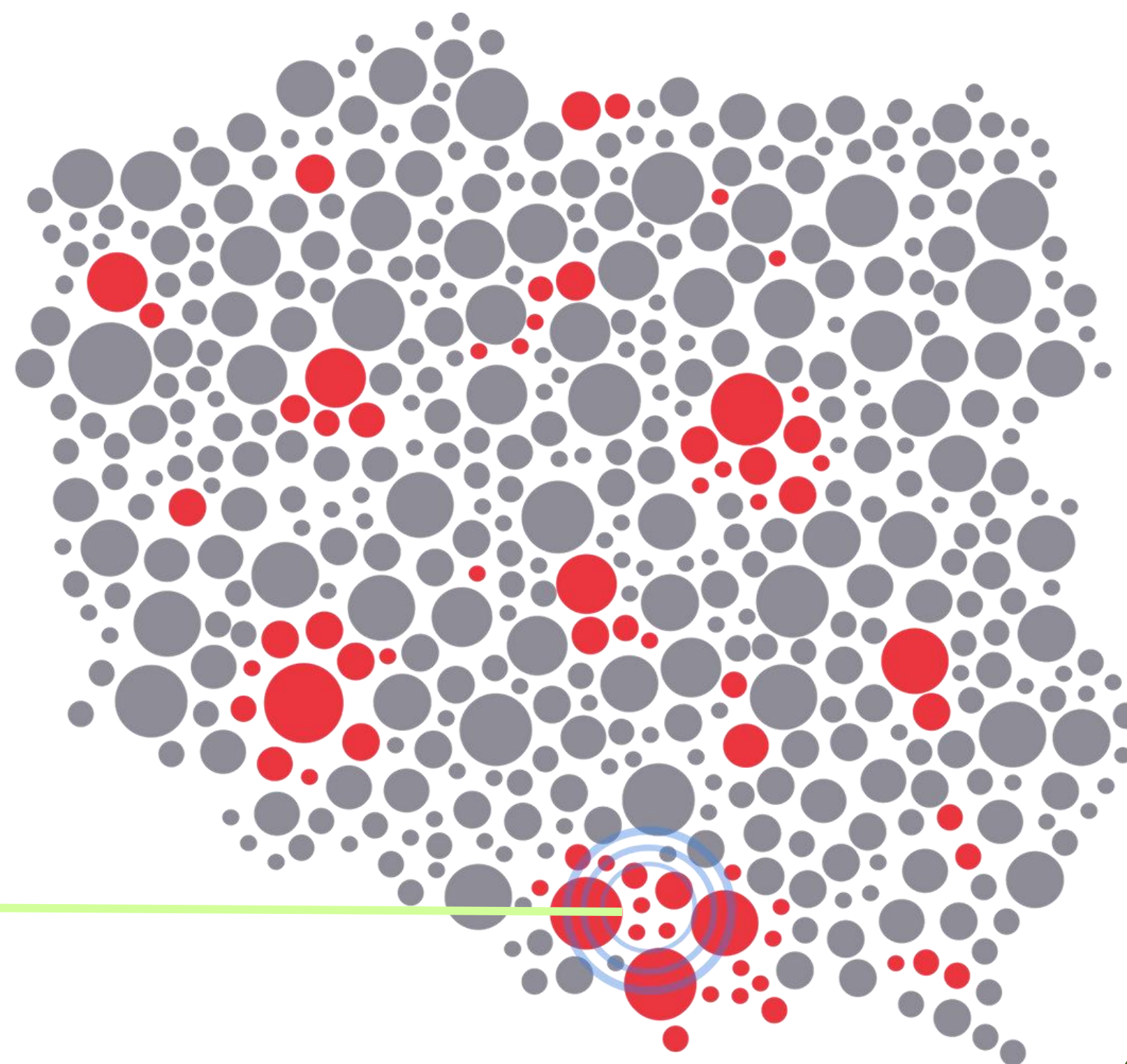
POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

- Ustanowiony w 2017 r.
- Krajowy Klaster Kluczowy od 2021 roku.
- Ponad 136 członków z całej Polski
- Zajmuje się materiałami i technologiami kompozytowymi
- Koncentruje się na innowacjach, ekologii i „zielonej energii”
- Intensywna współpraca z administracją regionalną



POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

- Łączne przychody ze sprzedaży wszystkich członków Polskiego Klastra Technologii Kompozytowych w ostatnich 2 latach obrotowych ponad 5 mld PLN
- Zatrudnionych pracowników: ponad 17 tys.
- Jesteśmy otwarci na współpracę międzynarodową, wspólne projekty w zakresie materiałów i technologii kompozytowych.



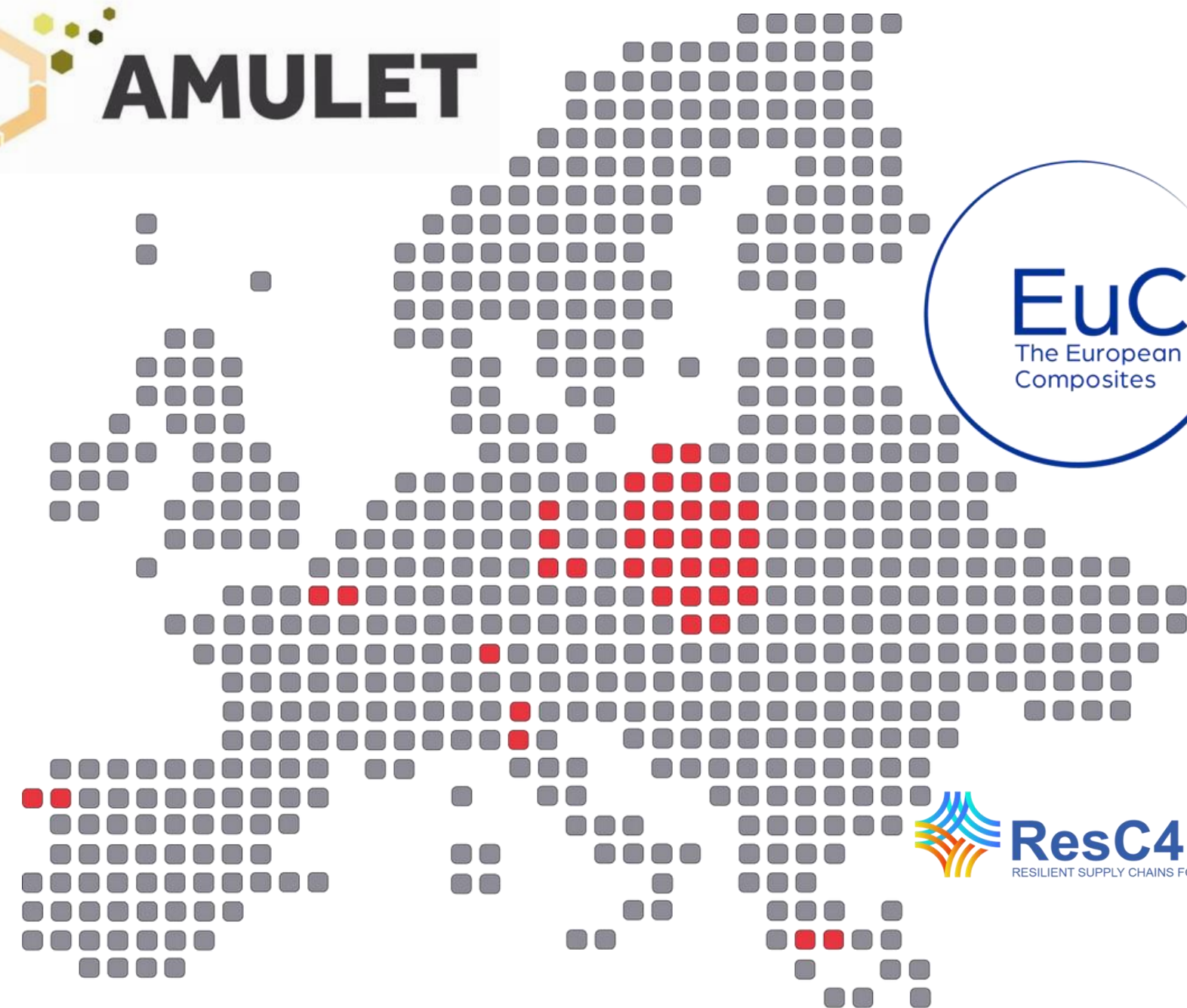
POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

- Współpraca z PAIH i Krajowymi Klastrami Kluczowymi w Polsce oraz Klastrami Kompozytowymi w Europie i na świecie
- Współorganizacja wydarzeń branżowych w Polsce i Europie (Kompozyt-Expo 2024, LightCon 2023; Global Industry'24)
- Intensywna działalność w ramach Europejskiej Platformy Współpracy Klastrow (ECCP)
- Zaangażowanie w inicjatywę Vanguard (Hydrogen i Offshore)



POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

- Ambasador biura łącznikowego AMULET.
- Partner sieci innowacji OPTIMAT
- Członek EuCIA (European Composites Industry Association) reprezentuje krajowe stowarzyszenia kompozytów w Europie.
- Partner Projektu ResC4EU.eu



POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

European Lightweighting Network

- 4-5.06.2024; Kraków
- Partner konferencji

JEC Forum Central Europe

- 17-18.09.2024; Kraków
- Partner konferencji

Biopolymer Processing & Moulding

- 17.06.2025; Halle (Saale)
- Partner konferencji

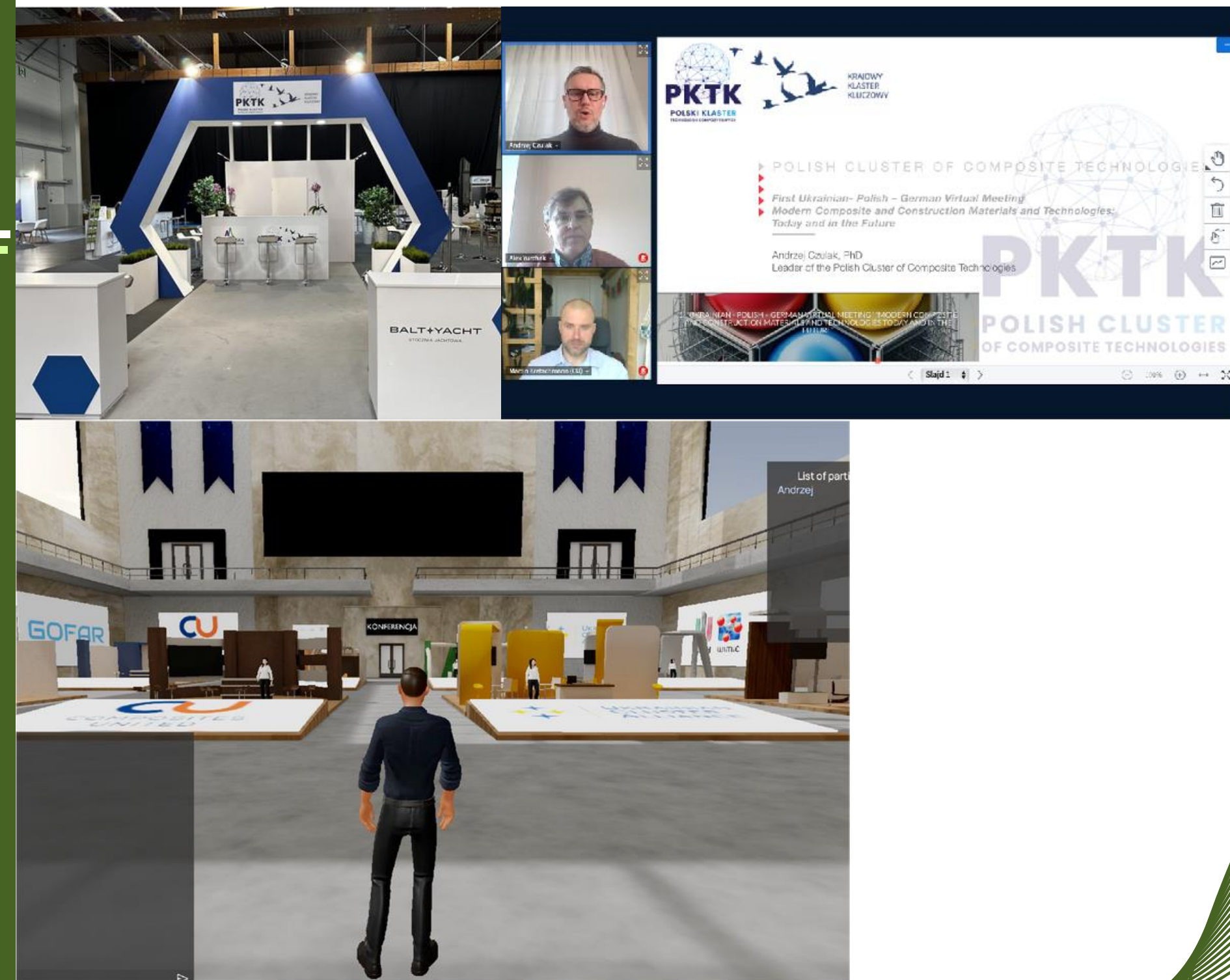
JEC World 2026

- 10-12.03.2026; Paryż
- Stoisko Klastra



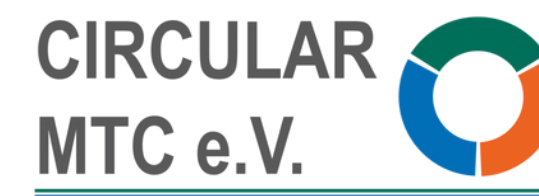
POLSKI KLASTER TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH

- Organizowanie wirtualnych spotkań i targów, wydarzeń i konferencji na temat technologii kompozytowych
- Portal o materiałach, technologiach i kompozytach: www.kompozyty.net oraz czasopismo branżowe www.lightweight.pl
- Portal klastra na www.pktk.pl
- Portal poświęcony technologiom wodorowym www.wodorowe.info



BILATERALNE CENTRUM ZRÓWNOWAŻONEGO BUDOWNICTWA

- Rozwój zrównoważonych materiałów budowlanych z wykorzystaniem włókien węglowych i naturalnych (w tym druk 3D, biokompozyty, recykling)
- Rozwój innowacji w zakresie zbrojeń betonowych bez stali
- Transfer technologii i wdrożenia przemysłowe: wspólne projekty badawcze, certyfikacja, współpraca z przemysłem
- Wymiana wiedzy i kadr: programy dla studentów i doktorantów, warsztaty, rozwój kompetencji





Andrzej Czulak PhD, Eng

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION



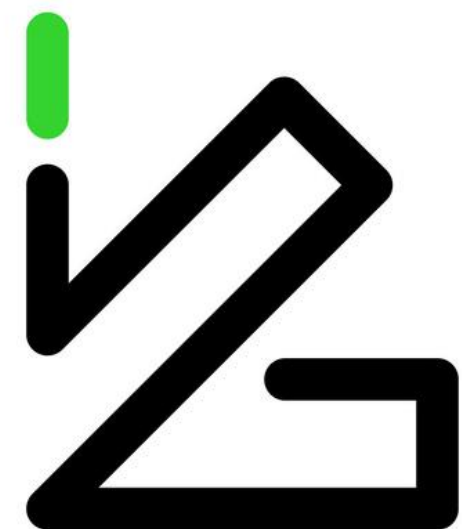
 +48 538386699

 www.PKTK.pl

 www.icimb.lukasiewicz.gov.pl/

 a.czulak@pkit.pl

 andrzej.czulak@icimb.lukasiewicz.gov.pl



Łukasiewicz
Instytut Ceramiki
i Materiałów
Budowlanych

