

Green is good

2025

GREEN BOOK

Budowanie



Budowanie – wciąż grzęźniemy w betonie i stali

● Budownictwo to jedna z najbardziej obciążających środowisko branża – udział emisji CO₂ budynków szacuje się na 26-28 proc., a do tego trzeba dodać kolejne 12 proc., jakie powstaje w trakcie procesu budowania.

● Mimo ogromnej emisyjności budownictwo poddaje się bardzo powolnemu procesowi dekarbonizacji. Wciąż dominuje tradycyjne budowanie z betonu i stali.

● Przy wypalaniu cementu powstaje 2,4 Gt CO₂, a przy wytopie stali 2,6 Gt CO₂. Indywidualnie ich wkład do światowych emisji sięga więc odpowiednio 6,5 proc. oraz 7 proc.

● Według Potsdam Institute for Climate Impact Research, jeśli nie zmienimy naszego modelu budowy, w 2050 roku skumulowany udział emisji CO₂ powstałych przy produkcji stali i cementu może stanowić 25 proc.

● Największą barierą w drodze do dekarbonizacji tego obszaru pozostaje to, że potrzebne do tego technologie wciąż są na wczesnym etapie rozwoju.

● Dodatkowym uwarunkowaniem jest istnienie dużej bazy aktywów przemysłowych, która przed 2050 r. nie osiągnie swojego „naturalnego wieku emerytalnego” i nie zostanie wycofana z użycia. Większość tych mocy znajduje się na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się, co nakłada nieproporcjonalnie duży ciężar na inwestycje w modernizację lub odbudowę młodej bazy aktywów.

● Jeśli chodzi o zmiany w samych materiałach budowlanych, branża cementowa pracuje nad zmniejszeniem udziału klinkieru wypalanego w piecach w temperaturze 1200-1450 st. C. Proces ten jest głównym źródłem

emisji CO₂. Według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) jego obecny udział sięgający 71 proc. do końca dekady ma spaść do 65 proc., a do połowy wieku do 57 proc.

● Wg IEA do końca dekady udział produkcji klinkieru z zerową lub bliską zera emisją może sięgać 8 proc., a w perspektywie roku 2050 objąć niemal całą branżę (93 proc. produkcji). Ma się to dziać m.in. za sprawą zmiany mieszanki paliwowej w piecach.

● Ruszyły już pierwsze prowadzone na dużą skalę projekty, które mają zmniejszyć lub całkowicie wyeliminować emisję CO₂ przy produkcji cementu. Trzy najbardziej popularne propozycje to wychwytywanie spalin, elektryfikacja procesu oraz poszukiwanie zamiennika dla wapna pozyskiwanego w dotychczasowy sposób.

● Zieloną transformację sektora stalowego utrudnia fakt, że większość produkcji została wyprowadzona do krajów rozwijających się – Chiny z 57-procentowym udziałem są liderem – a gospodarki rozwinięte, zdeterminowane do redukcji emisji, dawno temu zlikwidowały moce wytwórcze w tej branży – UE odpowiada za 7 proc., a USA za 4 proc. wytopu.

● Potencjał redukcji emisji w konwencjonalnym procesie wytopu stali ogranicza się do systemów do wychwytywania CO₂ (CCUS), który nie będzie miał tu tak dużego znaczenia jak w przypadku cementu. Według IEA w 2030 r. tak produkowane będzie 3 proc. stali, a w połowie wieku 37 proc.

● Większe znaczenie będzie mieć wzrost efektywności, elektryfikacja hut oraz wykorzystanie wodoru. Potencjał wszystkich metod redukcji

emisji, łącznie z ograniczeniem popytu, IEA szacuje na 27 proc. mniej emisji do 2030 r.

● Dziś kluczowym konkurentem zarówno dla stali jak i dla betonu staje się drewno. W tym względzie kluczową rolę do odegrania ma drewno klejone (laminowane) krzyżowo CLT (Cross Laminated Timber), które jest materiałem bardzo trwałym, pozwalającym zastępować stal i beton nawet w bardzo wysokich budynkach.



Budynki wysokoemisyjne



Fot. Joel Filipe/Unsplash

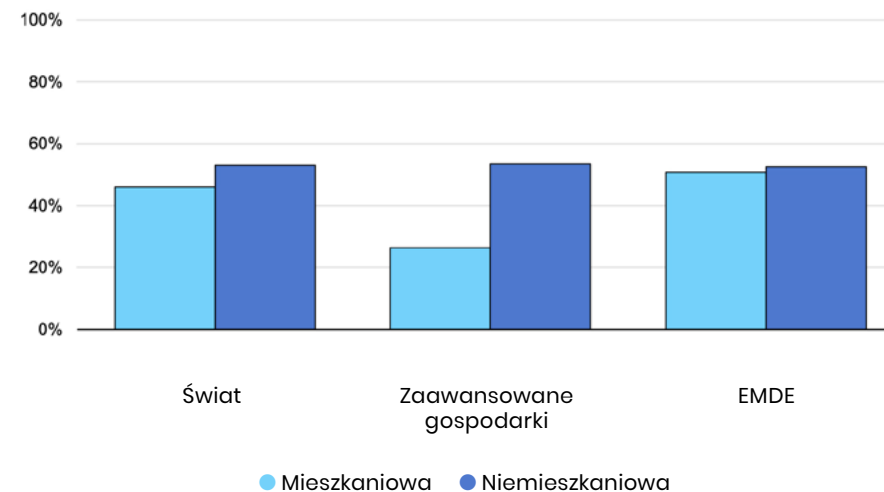
● Zapotrzebowanie na energię w budynkach wynosi ponad 120 EJ, stanowiło 28 proc. całkowitego końcowego zużycia energii na świecie i stale rośnie. Rocznie o 0,9 proc. (w latach 2010–2023), a do końca dekady ma sięgnąć 130 EJ, co oznacza, że przyszły średnioroczny wzrost będzie nawet większy – wyniesie 1,2 proc. Dzieje się tak, mimo że intensywność energetyczna w budynkach zmniejszała się o 1,4 proc. rocznie (także w latach 2010–2023), a obecnie nawet o 2,7 proc. Po prostu budynków przybywa i nowe technologie energetyczne nie są w stanie za tym nadążyć – i nie dlatego, że są niedoskonałe. W połowie 2024 r. na świecie w 85 krajach obowiązywały przepisy dotyczące efektywności energetycznej w budynkach mieszkalnych, ale w ponad 100 kolejnych nie wprowadzono takich wymogów. Takiego obliga nie ma m.in. w kilku stanach USA, znacznej części Kanady i prawie całej Ameryce Południowej oraz Afryce.

● W rezultacie w 2023 r. wybudowano około 2,55 miliarda metrów kwadratowych powierzchni użytkowej,

która nie była zobowiązana do spełnienia żadnych wymogów dotyczących efektywności energetycznej (roczny wzrost o 6,5 proc.). Oznacza to, że ponad 50 proc. całej nowo wybudowanej powierzchni użytkowej na świecie nie jest jeszcze objęte obowiązkowymi wymogami dotyczącymi efektywności

energetycznej. To potencjalnie utrwała energochłonność wybudowanych budynków na co najmniej kilka dekad (do następnej renowacji). Tym bardziej że jeszcze mniej powszechne są przepisy dotyczące efektywności energetycznej – wprowadzone zostały dopiero w 50 krajach i głównie dotyczy to Europy.

Część nowo wybudowanej powierzchni użytkowej nieobjęta przepisami budowlanymi z 2023 r.



Uwaga: EMDE = rynki wschodzące i gospodarki rozwijające się.
Źródło: analiza IEA oparta na rozszerzonym zbiorze danych World Energy Outlook 2024. IEA. CC BY 4.0.



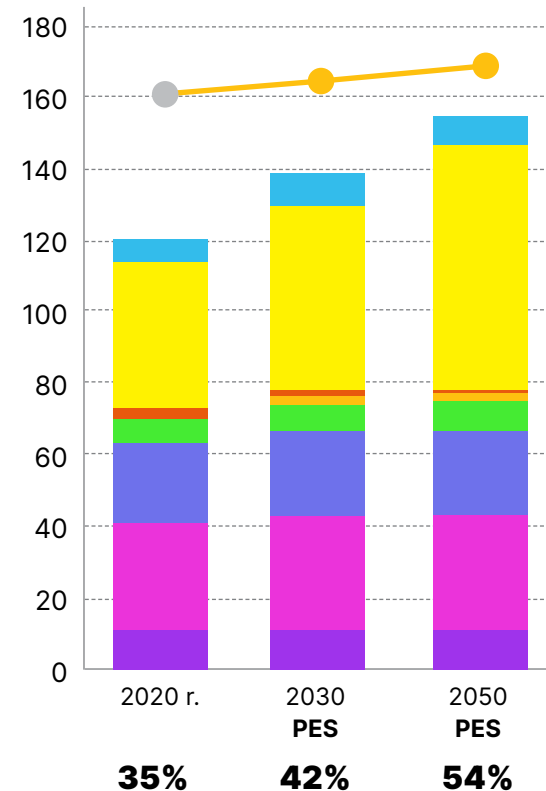
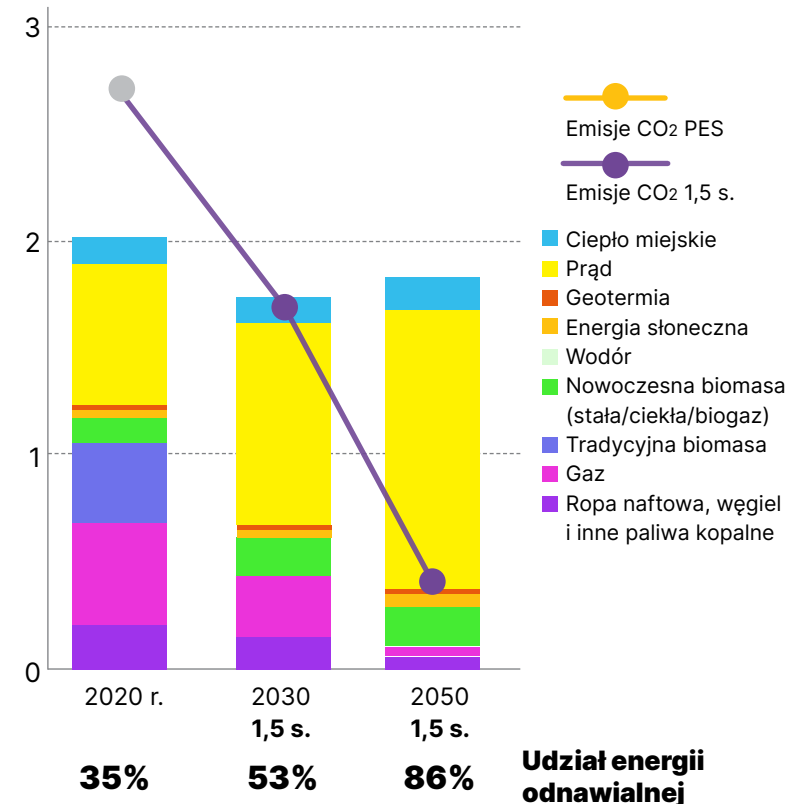
● Wszystko to sprawia, że emisje CO₂ budynków szacuje się na 26–28 proc. – wg Międzynarodowej Agencji Energii 8 proc. to bezpośrednie emisje CO₂ budynków, 18 proc. towarzyszy produkcji energii potrzebnej do ich zasilania. Problemem jest jednak nie tylko skala, ale także fakt, że informacje o ich obciążeniu dla środowiska są powszechnie znane, a mimo to – w opinii Agencji – sektor ten jak dotąd niewiele zrobił, aby promować bardziej ekologiczne funkcjonowanie budynków.

● Stąd według szacunków Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (IRENA) obecny poziom bezpośrednich emisji sięgający 2,8 Gt CO₂ rocznie w perspektywie tej dekady, a nawet połowy wieku praktycznie się nie zmieni (urośnie do 2,9 Gt CO₂), podczas gdy dla osiągnięcia neutralności klimatycznej powinien spaść do 1,5 Gt CO₂ w 2030 r. (w sumie 46 proc., czyli około 10 proc. rocznie), a w połowie wieku wynosić 0,4 Gt CO₂, czyli siedem razy mniej niż obecnie. Dzieje się tak, ponieważ jedną trzecią wciąż dostarczają paliwa

kopalne i biorąc pod uwagę wdrożone dotychczas polityki, nie zmieni się to. Przeciwnie, mimo że udział energii odnawialnej będzie rość, wzrośnie także ilość energii produkowanej z gazu, ropy i węgla – wg IRENA z 40 do 43 EJ w perspektywie roku 2050. To z kolei konsekwencja faktu, że budynki zużywające około 30 proc. całkowitej energii końcowej (124 EJ w 2020 r.) wciąż będą coraz bardziej głodne energii. Na koniec tej dekady ich głód energii wzrośnie do około 141 EJ, a do połowy wieku sięgnie 158 EJ. Tymczasem kierunek powinien być przeciwny – aby ograniczyć ocieplenie klimatu do 1,5 st. C, zużycie energii w budynkach pod koniec tej dekady powinno spaść do około 106 EJ. Wówczas udział czystej energii w budynkach na przestrzeni dekady wzrósłby z 35 do 53 proc.

● Na korzyść sektora budynków przemawia fakt, że niemal cały wzrost zapotrzebowania na energię będzie zaspokojony ze źródeł odnawialnych – m.in. takich jak biomasa (ok. 32 EJ, czyli 22 proc. energii w 2030 r.) – a przede wszystkim energii

Konsumpcja końcowa (EJ/rok)

Emisje CO₂ (Gt CO₂/rok) w budynkach

Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (IRENA) kreśli dwa scenariusze. Pierwszy – PES (Planned Energy Scenario), oparty na obecnych rządowych planach energetycznych – zakłada, że konsumpcja energii w budynkach będzie rosta, a wraz z nią emisje (choć w słabszym tempie). Drugi – 1.5° C Scenario, zakładający realizację celów porozumienia paryskiego i ograniczenie wzrostu temperatury do 1,5° C – przewiduje znacznie szybszy spadek emisji niż zużycia energii, co ma się wiązać ze zmianą jej źródeł na odnawialne.



elektrycznej. Już teraz zaspokaja jedną trzecią potrzeb budynków, a w połowie wieku będzie to już około 41 proc. (65 EJ). W tym względzie kluczowa będzie więc postępująca równolegle dekarbonizacja sektora energetycznego. Generalnie według wyliczeń IRENA do 2030 r. udział odnawialnych źródeł energii wzrośnie do 42 proc., a w połowie wieku do 54 proc. To tyle, ile moglibyśmy osiągnąć już na koniec dekady, gdyby odpowiednio zmniejszono energochłonność budynków, tak aby trzymać się scenariusza osiągnięcia neutralności klimatycznej w połowie wieku – wówczas w 2050 r. dzięki systematycznemu wzrostowi OZE aż 82 proc. energii w budynkach pochodziłoby ze źródeł odnawialnych.

● Wzrost znaczenia prądu w budynkach to przede wszystkim efekt postępującej elektryfikacji ogrzewania z wykorzystaniem pomp ciepła. W tej dekadzie przy obecnych uwarunkowaniach ich liczba powinna wzrosnąć z 58 do 97 mln sztuk. To jednak bardzo ograniczona skala postępu. Sama Europa wyznaczyła

sobie cel w postaci 60 mln pomp, a wg szacunków IRENA, aby utrzymać się na ścieżce do neutralności klimatycznej, w 2030 r. powinno ich być znacznie więcej, bo 447 mln.

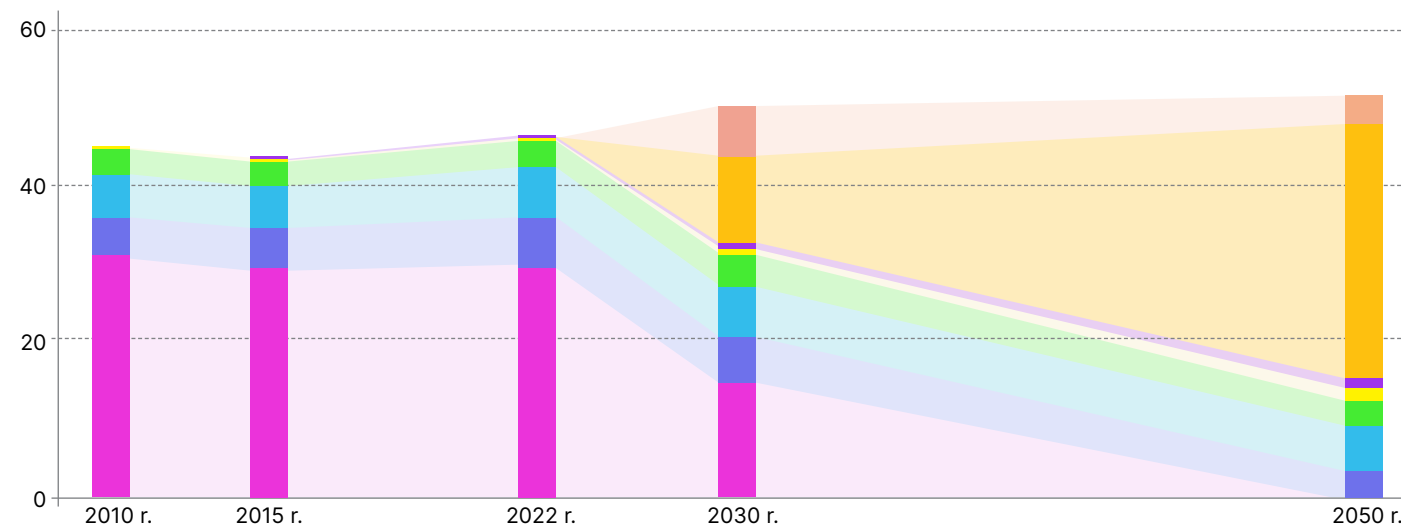
● Nieco bardziej powściągliwie na wzrost wykorzystania pomp ciepła patrzy IEA. Według wyliczeń Agencji ich udział w ogrzewaniu powinien wzrosnąć z 12 proc. w 2022 r. do 25 proc. (z 1 TW do 3 TW) pod koniec dekady, a naprawdę przyspieszy w kolejnych pięciu latach – w 2035 r. będą miały już 40 proc. udziału (i 55 proc. w 2050 r.). Według IEA w obszarze ogrzewania kluczowy jest jednak wzrost efektywności energetycznej budynków. Dzięki temu do końca dekady uda się zaoszczędzić 10 EJ energii, czyli 23 proc. obecnie zużywanej, i poziom wykorzystania jej do ogrzewania budynków spadłby z 43 EJ do 31 EJ.

● Podobne wyzwanie stanowi chłodzenie budynków. Do końca dekady wielkość powierzchni budynków z klimatyzacją wzrośnie o jedną trzecią (a do 2035 r. o 62 proc.)

i już 45 proc. gospodarstw domowych będzie nią dysponowało (w 2022 r. było to 36 proc.). Za tym pójdzie jeszcze większy wzrost zainstalowanej mocy, z 850 GW do 1,4 TW, czyli o 65 proc. Wszystko to napędzają same zmiany klimatyczne i wzrost temperatury. Stąd IEA wyliczyła, że zużycie energii

potrzebnej do chłodzenia będzie rostało niezwykle szybko, z 7,7 EJ w 2022 r. do 10,4 EJ pod koniec tej dekady i do 18,5 EJ w 2050 roku.

Zużycie energii ogrzewania pomieszczeń (EJ)



Zużycie energii: ■ Paliwa kopalne ■ Ciepło miejskie ■ Prąd ■ Nowoczesna bioenergia ■ Ciepło słoneczne ■ Pozostałe
Uniknięta konsumpcja: ■ Efektywność energetyczna ■ Zmiana zachowań



Mieszkać na zielono

TREND

Ekologia w budownictwie jest pojęciem bardzo szerokim i nie ogranicza się do tego, czy budynki są nisko- lub zeroemisyjne. Dziś każdy aspekt życia na nowym osiedlu może być bardziej eko, bardziej zrównoważony, bardziej naturalny i bardziej zdrowy. Takie zalety stają się elementem przyciągającym mieszkańców, i to nie tylko na zachodzie Europy, ale także w Polsce.

Fot. MVRDV

Jak to się robi

Jak może to wyglądać w praktyce, pokazuje projekt Senang w Amsterdamie. Wciśnięty między trzy ulice dom na 118 mieszkań z własnym ujęciem wody, ekologicznym źródłem ciepła i staromodnym dziedzińcem z galerijkami, który ma sprzyjać integracji mieszkańców. Na podwórku nie ma parkingu, jest za to zadrzewiony skwer, gdzie mieszkańcy mogą spędzać wolny czas. Z kolei w Bordeaux powstało osiedle Ilot Queyries, które szczyci się tym, że nawet oczyszcza powietrze. Wszystko za sprawą ceramicznych płytek wyposażonych w specjalną powłokę Hytect, którymi pokryto budynki. Kiedy pada na nie światło, w wyniku fotokatalizy uwalniany jest aktywny tlen. To nie pozwala rozwijać się wirusom, bakteriom oraz pleśni. Płytki neutralizują zanieczyszczenia powietrza, takie jak tlenki azotu czy formaldehydy. W Polsce z takich ekologicznych elementów najlepiej przyjmuje się zieleni – widać to m.in. w projekcie Katowickiego TBS, osiedla, na którym znajdują się ogrody deszczowe.

Zalety

Wyróżnikiem Senang jest samowystarczalność budynku. Zrezygnowano tu z gazu na rzecz zbiorowej pompy ciepła, której towarzyszy magazyn energii cieplnej TES. System zarówno grzeje, jak i chłodzi. Aby budynek uczynić bardziej efektywnym, wszystkie mieszkania mają też potrójne przeszklenia zapobiegające utracie temperatury oraz instalację odzysku ciepła zapewniającą wentylację. W przypadku Katowickiego TBS zieleni otaczająca budynki będzie wyposażona w instalacje do odzyskiwania wody deszczowej, a same domy będą ogrzewane gruntowymi i powietrznymi pompami ciepła (zasilanymi fotowoltaiką), dzięki czemu osiedle nie będzie podpięte do sieci ciepłowniczej. Z kolei Impuls Marywilska uzyskał certyfikat (BREEAM) m.in. przez efektywne zarządzanie wodą, dostęp do zrównoważonego transportu publicznego (SKM), ale także recykling odpadów.

Gracze

MVRDV
Hytect Kaufman & Broad
M3H Architects Alliantie
KTBS



Wioski w miastach

TREND

Pełne zieleni osiedla to za mało. Sentyment do życia na łonie natury zrobił się na tyle duży, że doprowadził do pozornej sprzeczności: tworzenia miejskich osiedli, które mają wyglądać jak wioski.

Fot. Fælledby

Kopenhaga

W stolicy Danii mają dwa projekty miejskich wiosek. Zaludniana już UN17 ma ambicję stworzenia nowej społeczności, zrównoważonej pod każdym względem, od wpływu na środowisko i wkładu w różnorodność biologiczną po zdrowie i dobre samopoczucie mieszkańców. Flagowym „wioskowym” projektem Kopenhagi jest jednak Fælledby, gdzie sprzedaż i wynajem mieszkań ruszyły w zeszłym roku. Na ponad 18 ha powstają trzy kompleksy nazwane radial village-like „cores” – każdy na blisko 2,3 tys. mieszkańców. Kluczowy jest jednak udział natury – siedliska miejscowej flory i fauny mają zajmować 40 proc. założenia – a podział i granice względem tego, co ludzkie, mają być jak najbardziej rozmyte. Stąd gniazdach dla ptaków oraz nietoperzy umiejscowione będą w ścianach budynków, a silną ostoją natury mają być stawy, które pojawią się w każdym z trzech kompleksów. Nie będą to sterylne akweny, ale habitat dla żab i innych płazów.

Amsterdam

Proto-Zoöp Zeeburg to z kolei holenderskie podejście do tworzenia miejskiej przestrzeni zgodnej z naturą. Wskazuje na to określenie „zoöp”, czyli nowy standard budowania, który wymaga, aby przy inwestycjach brane były pod uwagę „nie tylko ludzkie interesy”. Dlatego władze Amsterdamu zastrzegły, że osiedle musi stać się jednocześnie schronieniem dla zwierząt. Powstanie tu więc przestrzeń dla ptaków, jeży, nietoperzy, a także ryb i owadów. Tarasowa konstrukcja budynków pozwoli z kolei stworzyć wypełnione roślinami mikrosiedliska dla zwierząt na dachach. Każdy ma być trochę inny. W zależności od wysokości oraz usytuowania będą porośnięte trawami, kwiatami i krzewami, dając schronienie oraz dostarczając zwierzętom pokarm. Najwyższy dach nie zostanie obsadzony, ale będzie zawierał glebę, na której nasiona mogą naturalnie kiełkować. W fasadzie ścian umieszczone zostaną gniazda i budki dla owadów oraz tunele dla wróbli i nietoperzy.

Mediolan

Włosi pokazują za to, że sielski charakter można wykorzystać przy rewitalizacji, i to w dodatku starej fabryki. Tak stało się w Mediolanie w miejscu, gdzie w 1896 r. Egidio Galbani zaczął produkować swoje słynne sery. Dziś jest pierwszą zieloną wioską mieszkaniową w Mediolanie. W środku Forrest in Town utworzono więc park o powierzchni 4,5 tys. mkw., a w piwnicy powstał pierwszy wspólny ogród aeroponiczny we Włoszech. Mieszkańcy mogą w nim na własne potrzeby uprawiać rukolę, mikrolisíce czy pomidory. Architekci jednocześnie starali się zachować charakter XVIII-wiecznego budynku, przywiązując dużą wagę do wykończenia i subtelnych detali, takich jak drewniane okna, reliefowe kształty na podłogach czy staromodne belki. Architekci, projektując Forrest in Town, chcieli oddziaływać na ekologiczną świadomość i wspierać dobrostan mieszkańców. Jednocześnie wszystko zostało tak zaaranżowane, by każdy, kto przekracza progi kompleksu, mógł poczuć trochę atmosferę wiejskiej posiadłości, skutecznie odcinając się od otaczającego budynek głośniego miasta.



Bezemisyjne dzielnice

TREND

O neutralności węglowej myśli się w coraz większej skali. Nie tylko pojedynczych domów czy kompleksów mieszkalnych, ale wręcz całych dzielnic. W europejskich miastach pojawiły się programy pilotażowe, w ramach których testuje się i wdraża bezemisyjne rozwiązania. Bada się infrastrukturę (np. oświetlenie publiczne, transport) i całe kwartały pod kątem zużycia oraz produkcji energii. Działając w większej skali, do dyspozycji jest większa przestrzeń do wprowadzenia rozwiązań równoważących emisje.

Fot. Diario de Madrid – 'Madrid Nuevo Norte'

Madryt

Madrid Nuevo Norte to nowa dzielnica o powierzchni 265 ha. Prace ruszyły tu w 2021 r. i potrwać mają aż do 2045 r. W MNN powstanie 11,7 tys. domów i 241,7 tys. miejsc pracy, m.in. w lokalnym centrum biurowym liczącym aż 348 budynków. Zostanie też podciągnięta linia metra z trzema nowymi stacjami oraz mocno rozbudowana stacja kolejowa Chamartín. Wszystkie przystanki mają być w zasięgu pięciu minut piechotą, bo tutejszy transport publiczny ma obsłużyć aż 80 proc. podróży. Promowane będą także bezemisyjne autobusy (buspasy) i auta osobowe, dla których powstaną dedykowane parkingi. A dla pieszych i rowerzystów są szerokie chodniki o niskim nachyleniu. W porównaniu z obecnym modelem mobilności Madrytu oznacza to oszczędność 4 tys. ton CO₂. Budynki będą stawiane z materiałów o niskim, a nawet ujemnym śladzie węglowym (jak np. drewno), które w 90 proc. będą nadawały się do recyklingu. Zostaną też wyposażone w OZE i efektywne systemy do gromadzenia wody opadowej.

Paryż

Îlot Fertile jest niewielki, ale to pierwszy bezemisyjny kwartał Paryża (znajduje się w 19. dzielnicy). Układ i projekty budynków zostały starannie przemyślane, aby ograniczyć zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, chłodzenia i oświetlenia. Do tego planowana jest 1 tys. mkw dachowej farmy słonecznej. Efektywność paneli ma być zwiększona dzięki chłodzeniu, jakie dają rosnące tu rośliny. Wszystkie budynki wyposażone są w system odzysku ciepła: pompy wychwytyją ciepło z tzw. szarej wody i przekształcają je w energię do zasilania sieci ciepłej. Po schłodzeniu te same ścieki trafiają do układu wody lodowej używanej do chłodzenia biur. Przestrzeń urządzono tu w duchu miast 15-minutowych. Poza mieszkaniami i biurami znalazła się więc przestrzeń na hotele, sklepy, biura i obiekty sportowe. Nie ma tylko jednego: parkingów. Zamiast nich jest ścieżka prowadząca do pobliskiej stacji kolejki regionalnej RER E oraz przystanku tramwajowego.

Budapeszt

Zamieszkiwany przez blisko 100 tys. mieszkańców Újpest to pierwsza dzielnica Budapesztu, która więcej energii wytworzy, niż zużyje. Projekt rozpoczął się od audytu, z którego wynikało, że nadaje się do takiej transformacji (rozważano też sąsiednią dzielnicę Újlipótváros-Angyalföld). Przekształcenie będzie się odbywać stopniowo, a zaczęło w centralnej części dzielnicy w okolicach skrzyżowania Megyeri út i Főti út. Nadwyżki prądu będą wytwarzać tu publiczne placówki i instytucje takie jak oczyszczalnia ścieków Eszka-Pest, dom opieki przy Bella út, a nawet znajdujący się tu cmentarz komunalny. Podobnie dzieje się z tutejszymi szkołami, a także domem parafialnym, który jest już wyposażony w panele fotowoltaiczne. Miasto chce tu także wspierać rozwój zrównoważonej mobilności. Ułatwieniem jest fakt, że do Újpestu dociera metro, które ma tu dwie stacje. Miasto bada teraz możliwości dalszego rozwoju transportu publicznego, elektromobilności i rzecz jasna zasilania ich energią odnawialną.



Ekologiczne dzielnice

TREND

Podobnie jak w przypadku budynków o nowo tworzonych dzielnicach myśli się już nie tylko pod kątem ich śladu węglowego, pod uwagę bierze się znacznie więcej ekologicznych aspektów i wymiarów. Tu zrównoważona jest już nie tylko architektura, ale także urbanistyka.

Fot. MIND

Oslo

Budowane od 2020 r. Oslo Science City (OSC) to projekt z dużym rozmachem (budżet 6 mld euro). Ma być miasteczkiem nauki (na 150 tys. osób) o zerowej emisji netto, zbudowanym w oparciu o OZE i zasady gospodarki cyrkulacyjnej. Chce efektywnie wykorzystać powierzchnię, maksymalnie zwiększając przestrzeń zieloną. Znajdą się tu przyjazne dla środowiska budynki, zielony korytarz biegnący przez centrum, rozległe nasadzenia drzew oraz bezemisyjny transport. OSC mocno stawia na publiczną przestrzeń spotkań i innowacji, która będzie akcentować środowisko i zrównoważony rozwój. To zakłada znaczącą bioróżnorodność i stworzenie otwartej dla wszystkich przestrzeni promujących zdrowy tryb życia: partery budynków zaoferują miejsca do spotkań, wydarzeń kulturalnych oraz integrowania tego, co miejscowe, z tym, co przychodzi z zewnątrz.

Berlin

Schumacher Quartier pokazuje jak w nowoczesny sposób zagospodarować dużą odzyskaną dla miasta przestrzeń – powstaje na terenie dawnego lotniska Tegel. Na liczącym 40 ha terenie po dawnym pasie startowym powstaną domy z 5 tys. mieszkańców. Budynki mieszkalne zostaną zbudowane z drewna (będzie to największe drewniane osiedle na świecie) wszystko ma być neutralne pod względem emisji CO₂, a energia produkowana na miejscu. Przewidziano też adaptację dawnego terminalu lotniczego jako biura dla start-upów oraz centrum badań i rozwoju. Ulice oraz place będą zdominowane przez ruch pieszy i rowerowy, a do ważnych miejsc w okolicy można będzie dotrzeć pieszo. Tuż obok na powierzchni 202 ha powstanie też park innowacji technologii miejskich The Urban Tech Republic. Opracowywane na miejscu zielone technologie mają być wykorzystywane przy budowie Schumacher Quartier. Obok tych kompleksów powstanie park krajobrazowy.

Mediolan

Milano Innovation District (MIND) powstanie na terenie dawnego Expo. Dzielnica w całości zasilana OZE, na której powstanie strefa wolna od samochodów. Zabudowa ma objąć 60 proc. powierzchni, reszta będzie przestrzenią publiczną. Część zostanie pokryta zielenią, na pozostałej będą się ciągnęły korytarze komunikacyjne oraz strefy rekreacji oraz rozrywki. W MIND powstanie najdłuższy park w Europie, który będzie się ciągnął wzdłuż głównego traktu komunikacyjnego. Samochody będzie można zostawić na parkingach przy wjeździe do dzielnicy, ale dużo szybszą komunikację ma zapewnić szybka kolej oraz nowa stacja metra, która ma działać od 2025 r. Aby ograniczyć ilość odpadów, część starych pawilonów zostanie odnowiona, a 98 proc. materiałów ze zburzonej zabudowy zostanie poddane recyklingowi. Głównym materiałem konstrukcyjnym nowych budynków biurowych będzie drewno. Docelowo mają tu powstać mieszkania i miejsca pracy dla 60 tys. osób.



Rewitalizacja: naprawić popsute

TREND

Sprawl Repair, czyli naprawić popsute, to koncept architektoniczno-urbanistyczny, który zyskał na znaczeniu w ciągu ostatnich dwóch dekad. Podstawowym założeniem jest to, aby terenu budowy nie czyścić do gruntu, ale przy nowej inwestycji wykorzystać istniejące na miejscu obiekty. Jak wiadomo, najbardziej ekologiczny budynek to ten, który nie powstał, a zaraz za nim jest ten, którego nie zburzono.

Fot. OKAM

Rozwój

Rewitalizacja kojarzy się z adaptacją starych budynków pofabrycznych, coraz częściej pojawiają się jednak projekty adaptacji znacznie młodszych konstrukcji, jakimi są wieżowce. Tak jest m.in. w Toronto w Cambridge Suites. W 1990 r. jako hotel zaprojektowali go architekci z WZMH, a dziś ta sama pracownia przeprojektowuje go na budynek mieszkalny. Nowe „ruiny” bywają całkiem nietypowe, jak w przypadku nieczynnego berlińskiego lotniska Tegel. Powstający tu kompleks Berlin TXL ma wpleść w nową tkankę także sześciokątny budynek dawnego terminala z wieżą kontroli lotów. Być może również w Polsce zmierzmy się z zagospodarowaniem Okęcia, projektów przebudowy niezbyt starych fabryk nam nie brakuje. Są m.in. tereny Stoczni Gdańskiej oraz warszawskie FSO. Tu na pewno pozostanie część zabudowań wpisanych do rejestru zabytków: hala kolebkowa, części budynków spawalni i tłoczni wraz z rampą wjazdową oraz biurowiec zarządu zakładu.

Jak to się robi

Dobrze prezentuje to Cambridge Suites w Toronto, gdzie zmienia się nie tylko funkcja, ale też wysokość budynku, i to diametralnie – wieżowiec urośnie z 21 do 71 pięter. Dawna bryła zostanie po prostu nadbudowana. Podobne podejście mieli architekci z biura 3XN, przebudowując 49-piętrowy budynek Quay Quarter Tower w centrum Sydney. W wieżowcu z 1976 r. wymienili tylko skorupę, pozostawiając cały rdzeń. Dzięki temu uchowało się 95 proc. betonowych szybów wind i klatek schodowych. W przypadku Berlin TXL dawny terminal lotniczy nie nadaje się na zabudowę mieszkaniową, stąd myśl, aby zaadaptować go na biura dla startup-ów oraz centrum badań i rozwoju, stanowiące element powstającego tu parku innowacji technologicznych. Podobnie jest w przypadku FSO. Stare zabudowania fabryczne mają zostać wykorzystane jako przestrzeń gastronomiczno-kulturalna. Jest m.in. pomysł, aby adekwatnie do miejsca urządzić tu muzeum motoryzacji.

Projekty

Berlin TXL (Berlin)
Royal Seaport (Sztokholm)
Buiksloterham (Amsterdam)
HafenCity (Hamburg)
Fuzja (Łódź)
Cambridge Suites (Toronto)
Quay Quarter Tower (Sydney)



Centra handlowe do przeróbki

TREND

Dziś rewitalizacji są poddawane nie tylko stare tereny przemysłowe, ale także budynki posklepowe. Gdy e-commerce zabija centra handlowe, ich przestrzeń trzeba wypełnić na nowo.

Fot. Hans Eiskonen/Unsplash

Rozwój

Zjawisko to nabrało znaczenia dekadę temu, zwłaszcza w USA, gdy miesięcznie zaczęto zamykać po trzydzieści centrów handlowych. Nowych zastosowań było wiele. Powstały w nich centra wspólnot religijnych (Lexington Mall w Kentucky, Euclid Square w Ohio), szpitale (Jackson Medical Mall w Missisipi), biblioteki (Walmart w McAllen w stanie Teksas), a także kampusy uczelniane (Oak Hollow Mall w High Point w Karolinie Północnej i Highland Mall przejęty przez Austin Community College). Później przyszedł czas na przestrzenie coworkingowe, a przede wszystkim mieszkania. I tak jest też w Polsce, gdzie Atrium zamierza przerobić swoje trzy warszawskie centra handlowe (Reduta, King Cross, Targówek). W Polsce malli raczej się jednak nie przerabia, ale wyburza pod nową zabudowę. Tak stało się m.in. z Tesco na warszawskich Kabatach, krakowską Galerią Plaza i poznańską Małą, której rozbiórka zaczęła się w lutym. Podobny los czeka najprawdopodobniej Arkady Wrocławskie.

Jak to się robi

W każdej rewitalizacji chodzi o to, aby jak najlepiej wykorzystać to, co już istnieje. W Oak Hollow Mall w High Point w Karolinie Północnej miejscowy uniwersytet powierzchnie handlowe postanowił zaadaptować na inkubator uczelnianej przedsiębiorczości, a mieszkalny kampus ulokować na dawnym parkingu. Przestrzeń handlową trudniej adaptuje się na mieszkania, chociaż jedna z najstawniejszych rewitalizacji to galeria Arcade Providence powstała w 1828 r. Jak to robić z nową architekturą, pokazuje projekt The Rise, powstający w dawnym Vallco Town Center w kalifornijskim Cupertino. To budynek o powierzchni 769 tys. mkw., które w 2/3 da się zaadaptować na 2,7 tys. mieszkań (z których połowa będzie przystępna cenowo). Resztę przestrzeni zajmą sklepy, gastronomia, centra rozrywki i biura. Układ tzw. mixed-use w Polsce chce stosować także Atrium. Usługowy charakter działek sprawia, że zamiast mieszkań na sprzedaż w tych miejscach będą powstawać mieszkania na wynajem.

Projekty

Arcade Providence Belmar Lakewood (Kolorado)
The Rise (Kalifornia)
Parole Plaza (Maryland)
Atrium (Warszawa)
Tesco Kabaty (Warszawa)



Biura do zamieszkania

TREND

Do wybuchu pandemii w defensywie były tylko centra handlowe. Błyskawiczny rozwój pracy zdalnej kategorię tę poszerzył o biurowce. Starzejące się budynki, zamiast odnawiać, przerabia się na mieszkania.

Fot. SKYGarden

Rozwój

Za oceanem temat podjął nawet Biały Dom, który chce przyspieszyć cały proces, udostępniając preferencyjne kredyty i zapewniając pomoc techniczną (Departament Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast poszerzył możliwości wykorzystania federalnych dotacji mieszkaniowych). W USA rozwijają się też firmy architektoniczne, takie jak The Architectural Team, wyspecjalizowane w tego typu przeróbkach (rocznie konwersji podlega tam około 30–40 biurowców). Także w Polsce realizuje się takie projekty. Pionierska była w tym względzie przebudowa 19-piętrowego wieżowca Polskiego Radia i Telewizji – został przerobiony na Sky Garden ze 114 mieszkaniami (zdjęcie obok). Możliwości adaptacyjnych jest zresztą więcej – stary biurowiec Solec 22 na warszawskim Powiślu zmienił się w akademik. Konstrukcja budynku pozostała nienaruszona, wymieniono wszystko inne. Podobnie ma być na Obrzeźnej 7 na Służewcu Przemysłowym, gdzie w ub.r. wzięto się za przebudowę jednego z najstarszych biurowców na tzw. Mordorze.

Jak to się robi

Warunkiem skorzystania z rządowego wsparcia w USA jest wymóg, aby po renowacji budynek był zrównoważony – niskoemisyjny i z dostępem do komunikacji miejskiej – a wprowadzane na rynek mieszkania przystępne cenowo. Istotne, że do transformacji bardziej nadają się stare biurowce z tradycyjnym układem pomieszczeń niż nowe budowle, gdzie znaczna część przestrzeni jest położona z dala od okien i trudniej ją adaptować – zazwyczaj funkcjonowały tu doświetlane open space'y lampami albo pomieszczenia socjalne. Aby sobie z tym poradzić The Architectural Team na środku każdego piętra tworzy np. przestrzeń do pracy, z której mogą korzystać osoby pozostające na home-office. Niekiedy zachowuje się tylko szkielet, a nawet parter budynku, odtwarzając piętra na nowo. Pozostawienie jak najwięcej ze starej konstrukcji to ważny aspekt środowiskowy. W ten sposób wykorzystuje się energię i ślad węglowy, jaki już kiedyś został uczyniony.

Projekty

Sky Garden (Szczecin)
Solec 22 (Warszawa)
Obrzeźna 7 (Warszawa)
Empark (Warszawa)



Ekomodernizacja – ciepło

TREND

Według szacunków ONZ 65 proc. zasobów budowlanych, jakimi ludzie będą dysponować w przyszłości – a konkretnie w 2060 r. – zostało już zbudowanych. Kluczowa jest więc ich ekomodernizacja – na razie objęła tylko 5 proc. powierzchni (dane IEA 2022), a już pod koniec dekady powinna sięgać 20 proc. (i 80 proc. w 2050 r.).

Fot. Miguel Povh/Unsplash

Masowe ocieplanie

Jak to w budownictwie bywa, pomysłem na szybką termomodernizację dużych, wielorodzinnych bloków jest użycie prefabrykatów. Modułowych, łatwo instalowanych na froncie fasad, które zaproponowali m.in. duńscy projektanci z Henning Larsen, a także Holendrzy z Energiesprong. Pozwala to ograniczyć zużycie energii o połowę. Taka renowacja budynku zajmuje tydzień. Mieszkańcy mogą wybrać z katalogu rodzaj okien i balkonów, które wprowadzają do mieszkań więcej światła, zmniejszając potrzebę sztucznego oświetlenia i poprawiając samopoczucie. System ocieplania domów Energiesprong bazuje na ciętych na wymiar panelach, którymi przykrywa się fasady budynków. Znając parametry budynku, maszyna w fabryce RC Panels wycina m.in. miejsce na okna i drzwi. Dzięki temu instalację można przeprowadzić nawet w ciągu jednego dnia. Energiesprong ocieplił w ten sposób już 5,7 tys. domów w Holandii, 4,2 tys. we Francji i 1,6 tys. w Niemczech, UK i Włoszech.

Jak to się robi

Modelowym rozwiązaniem jest projekt Powerhouse – Kjørbo norweskiej Snøhetty, który został ukończony w 2014 r. Całkowita renowacja dwóch pierwszych biurowców zaowocowała powstaniem pierwszego odnowionego pozytywnego energetycznie budynku na świecie. Optymalizując i łącząc na nowo znane technologie, projektanci sprawili, że zwykły biurowiec z lat 80. wytwarza więcej energii odnawialnej, niż zużywa. Snøhetta stworzyła też projekt HouseZero: w ramach pilotażu drewniany dom z lat 40. został zamieniony w ultranowoczesną, wydajną maszynę do życia. Dom nie wytwarza CO₂, działa w oparciu o naturalną wentylację i zużywa mało energii na chłodzenie, ogrzewanie czy oświetlenie. Wyposażony został w czujniki, które zbierają miliony danych, aby monitorować i optymalizować zużycie energii, odnowę biologiczną i zrównoważony rozwój. Ma być to modelowa metoda renowacji istniejących budynków. W projekcie bierze udział Uniwersytet Harvarda.

Gracze

Henning Larsen
Energiesprong
RC Panels
Snøhetta
Harvard CGBC
Hydronic Shell Technologies



Czysty zysk w Zakopanem



Najnowszy raport Booking.com Sustainable Travel Report 2024 ujawnia kluczową przewagę rynkową: aż 81 proc. podróżujących deklaruje gotowość wyboru (i opłacenia premii cenowej) za obiekty stosujące rozwiązania proekologiczne.

Ten trend bezpośrednio przekłada się na wyższe obłożenie i średnie stawki za pobyt, co czyni inwestycje w zrównoważone hotelarstwo szczególnie atrakcyjnymi finansowo. Dodatkowo unijna dyrektywa SUP z 2021 r., zakazująca stosowania plastiku jednorazowego użytku, stwarza wyjątkową przewagę konkurencyjną dla podmiotów, które wyprzedzająco dostosują swoje obiekty. Sławomir Janiszewski, szef funduszu Equinox Capital, dostrzegł w tych regulacjach szansę biznesową – inwestorzy, którzy teraz uwzględnią te wymogi, unikną przyszłych kosztów adaptacji i skorzystają z rosnącego popytu na ekologiczne obiekty premium.

● Inwestycja

Flagowy projekt funduszu Equinox Capital w Zakopanem jest odpowiedzią

na wyzwania rynkowe. Inwestycja zlokalizowana w wyjątkowo cennej lokalizacji – tuż przy szlaku do Doliny Białego, w bezpośrednim sąsiedztwie Tatrzańskiego Parku Narodowego – stawia ekologię w centrum swojej koncepcji biznesowej. Projekt zakłada budowę butikowego hotelu, który będzie łączył funkcje hotelowe z apartamentami na sprzedaż w systemie condo, oferując rozwiązania wyprzedzające obecne trendy rynkowe.

– Wartością naszej inwestycji jest połączenie rozwiązań biznesowych z ekologicznymi. Współczesne rozwiązania pozwalają na całkowitą eliminację jednorazowego plastiku w sektorze premium. Zastępując go szkłem, ograniczamy negatywny wpływ na środowisko naturalne, jednocześnie podnosząc jakość doświadczenia gości i dając im poczucie uczestniczenia w pozytywnej zmianie. Ten trend będzie się umacniał, przynosząc korzyści zarówno środowisku, jak i inwestorom – wyjaśnia Sławomir Janiszewski.

Rosnąca świadomość ekologiczna inwestorów powoduje zwiększone



zainteresowanie projektami łączącymi luksus z troską o środowisko. Przewiduje się, że popyt na ekskluzywne obiekty hotelowe podążające ścieżką zrównoważonego rozwoju będzie systematycznie wzrastał. Aktualnie hotel o średniej wielkości (80–100 pokoi) zużywa rocznie około 20 000 małych plastikowych butelek na kosmetyki. Kompletna transformacja europejskiego rynku kosmetyków hotelowych wymaga jednak czasu. Jesteśmy obecnie w początkowej fazie tego procesu, ponieważ firmy produkcyjne dopiero dostosowują linie technologiczne do nowych wymogów. Dlatego w najbliższych 5–7 latach podaż ekologicznych rozwiązań będzie znacząco niższa niż potrzeby rynkowe.

Podczas gdy branża dopiero zaczyna transformację w kierunku zrównoważonego rozwoju, obiekt od podstaw projektowany jest jako całkowicie wolny od plastiku. Planowana data ukończenia inwestycji to luty 2028 r., a pierwsza faza komercjalizacji planowana jest na drugą połowę 2025 r. – w momencie,

gdy przewidywane obecnie deficyty ekologicznych rozwiązań będą najbardziej odczuwalne przez konkurencję. Jednym z wyróżników koncepcji Janiszewskiego jest kompleksowe podejście do komfortu gości poprzez dbałość o każdy szczegół wyposażenia. W obiekcie wykorzystane zostaną naturalne produkty, w tym na przykład specjalne poduszki wypełnione ziołami, tworząc unikatową atmosferę spójną z koncepcją zrównoważonego rozwoju. Goście mają szanować naturę, a wszystkie elementy hotelu mają mieć swoją historię. To drobne rzeczy, które składają się na całą, spójną opowieść.

Obiekt realizowany przez Janiszewskiego będzie funkcjonował według zasady „zero plastiku, własna woda, czyste powietrze”. Fundamentem tej koncepcji jest ogrzewanie geotermalne. Wykorzystanie energii geotermalnej w projekcie zakopiańskim to nie tylko deklaracja ekologiczna, ale przede wszystkim praktyczne rozwiązanie problemu, z którym region zmag

się od dekad. Zakopane, położone w kotlinie otoczonej górami, cierpi na zjawisko inwersji temperatur, które zatrzymuje zanieczyszczenia blisko powierzchni ziemi, szczególnie w okresie zimowym. Tradycyjne metody ogrzewania, oparte głównie na spalaniu węgla i drewna, prowadzą do powstawania gęstego smogu, który negatywnie wpływa zarówno na doświadczenia turystów, jak i zdrowie mieszkańców. Podłączenie hotelu do sieci Geotermii Podhalańskiej pozwala całkowicie wyeliminować emisję szkodliwych substancji związanych z ogrzewaniem obiektu. To rozwiązanie, mimo wyższych kosztów początkowych, zapewnia nie tylko neutralność środowiskową, ale także długoterminowe korzyści eksploatacyjne i marketingowe, pozycjonując obiekt jako prawdziwie odpowiedzialny ekologicznie.

– Przeprowadzona analiza rynku skłoniła nas także do rewizji typowych proporcji przestrzennych w obiektach hotelowych. W naszym projekcie zakopiańskim zastosowaliśmy odwrócony





model, gdzie przestrzeń wspólna stanowi dominującą część obiektu, a jednostki apartamentowe zajmują mniejszą powierzchnię, ale oferują najwyższy standard wykończenia. Ten model biznesowy umożliwia osiągnięcie wyższej rentowności przy jednoczesnym zapewnieniu wyjątkowego doświadczenia gościom – tłumaczy Janiszewski.

W przeciwieństwie do typowych inwestycji deweloperskich, gdzie maksymalizuje się powierzchnię mieszkalną kosztem przestrzeni wspólnych, w projekcie zakopiańskim postawiono na jakość doświadczenia gości. System condo zakłada, że nabywcy apartamentów będą mogli korzystać z nich przez 21 dni w roku, a przez pozostały czas jednostki będą obsługiwane przez operatora hotelowego, generując przychód dla właścicieli.

– Nasz model inwestycyjny łączy dwa kluczowe elementy: stabilność finansową typową dla instrumentów o stałym dochodzie oraz przywilej regularnego dostępu do ekskluzywnej

nieruchomości. Można to porównać do posiadania zdywersyfikowanego portfela inwestycyjnego, gdzie poza zyskiem kapitałowym otrzymuje się również wartość dodaną w postaci luksusowego wypoczynku w wyjątkowej lokalizacji – podsumowuje inwestor.

● Zysk

Inwestycje w ekologiczne rozwiązania hotelowe i luksusowe obiekty butikowe charakteryzują się odmienną strukturą przychodów niż standardowe projekty deweloperskie. Obiekty luksusowe osiągają najwyższe obłożenie w okresach świątecznych i wakacyjnym, natomiast obiekty z segmentu biznesowego głównie w okresach wiosennym i jesiennym. Dzięki temu całkiem naturalna jest możliwość uzyskiwania wysokich przychodów we wszystkich czterech kwartałach w roku. Dzięki połączeniu funkcji hotelowej i condo właściciele apartamentów mogą liczyć na stabilne przychody przez cały rok.

Z danych raportu „Rynek hotelarski w Polsce 2023” opracowanego przez

firmę doradczą CBRE wynika, że rynek condo w Polsce szacowany jest na blisko 12 mld zł, a wartość nowych projektów condo rozpoczętych w 2023 r. wzrosła o 23 proc. rok do roku. Stopa zwrotu w projektach condo w atrakcyjnych lokalizacjach górskich w Polsce kształtuje się na poziomie 5–6,5 proc. rocznie. Dla porównania, średnia roczna stopa zwrotu z wynajmu mieszkań w największych miastach Polski wynosi około 3,5–4,5 proc. według danych NBP. W przypadku projektów w górskich lokalizacjach premium, szczególnie w Zakopanem, ze względu na ograniczoną podaż i wysoką atrakcyjność inwestycyjną stopy zwrotu mogą osiągać górne wartości z tego przedziału.

Zainteresowanie inwestycjami w nieruchomości premium w ekskluzywnych lokalizacjach ewoluuje w kierunku rozwoju projektów tematycznych, realizowanych przez wyspecjalizowane podmioty.

– Obserwujemy rosnącą grupę zamożnych klientów, którzy posiadają



odpowiednie zasoby do samodzielnej realizacji podobnych inwestycji, ale świadomie decydują się na model współinwestowania z doświadczonym partnerem. W przypadku Zakopanego dodatkowym argumentem jest ograniczona dostępność gruntów o wyjątkowych walorach widokowych i bezpośrednim dostępie do atrakcji naturalnych, których nie da się stworzyć w innych regionach kraju – mówi Janiszewski.

● Bezpieczeństwo inwestycyjne

Atutem ekologicznych obiektów hotelowych są relatywnie stabilne przepływy finansowe w porównaniu z innymi typami nieruchomości komercyjnych, co wynika z długoterminowych umów najmu i rosnącego popytu na zrównoważone usługi turystyczne. Według raportu Polskiej Izby Hotelarstwa (PIH) z 2023 r. 68 proc. polskich hotelarzy wskazuje na wysokie koszty początkowe jako główną barierę we wdrażaniu rozwiązań ekologicznych, jednak jednocześnie 53 proc. deklaruje, że zamierza zwiększyć inwestycje w rozwiązania przyjazne

środowisku w ciągu najbliższych 3 lat. Inwestycja w luksusowy hotel w Zakopanem realizowana jest przy użyciu nowych, ekologicznych materiałów, a sama nieruchomość charakteryzuje się długą żywotnością i potencjałem wzrostu wartości.

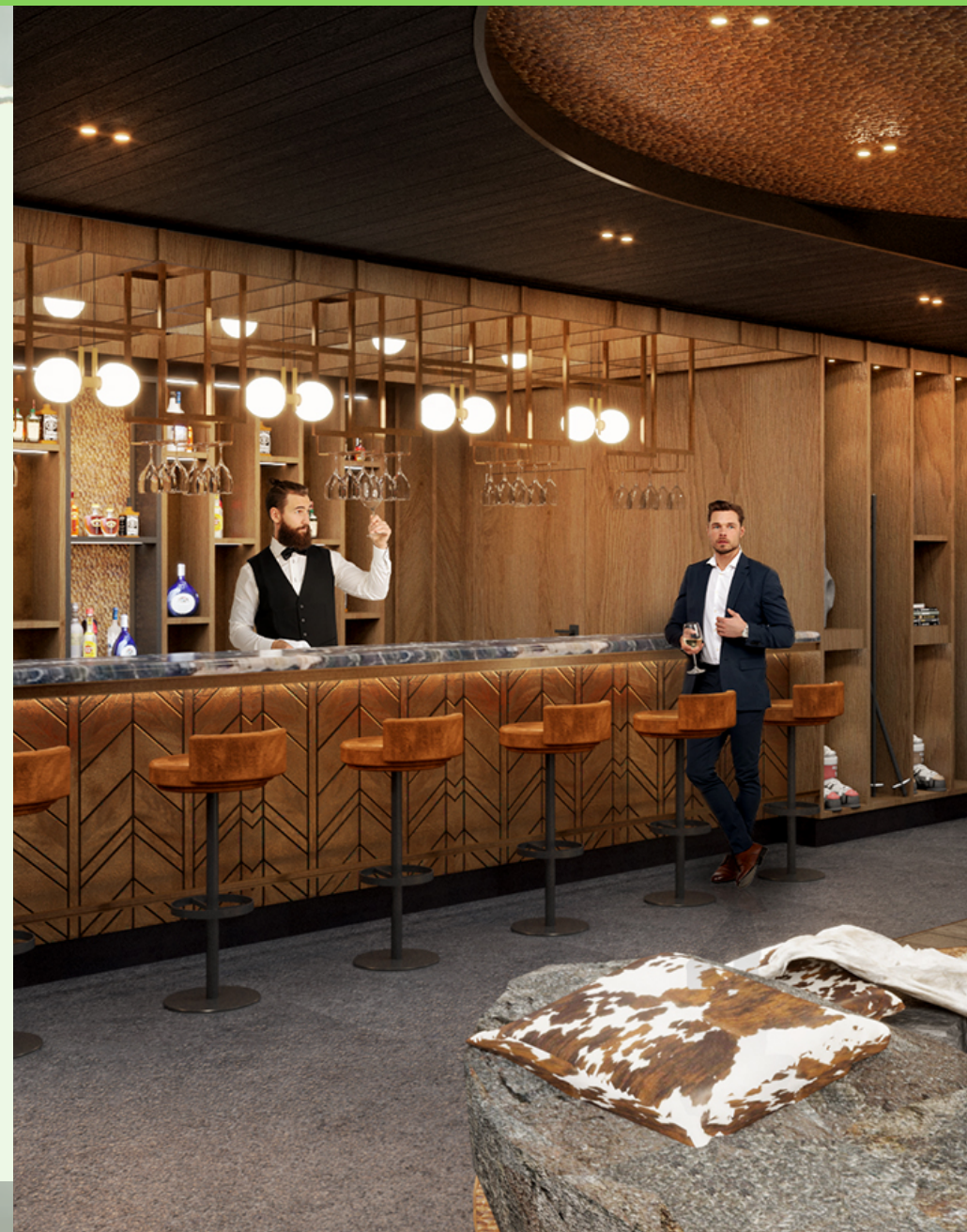
– Profil ekonomiczny inwestycji charakteryzuje się kilkoma kluczowymi atutami: regularnym strumieniem dochodów niezależnym od sezonowych wahań, niewielką ekspozycją na cykliczne zmiany koniunktury gospodarczej oraz zminimalizowanym ryzykiem operacyjnym dzięki współpracy z renomowanym operatorem sieci hotelowej. W porównaniu z wieloma klasami aktywów inwestycyjnych nieruchomości premium utrzymują stabilną wartość nawet w okresach zwiększonej zmienności rynkowej – wyjaśnia Janiszewski.

Zdaniem ekspertów z Equinox Capital udziały w obiekcie butikowym mogą być składnikiem portfela inwestycyjnego, zwiększającym jego poziom bezpieczeństwa. Z punktu

widzenia bezpieczeństwa kluczowe jest również, że inwestor staje się pośrednio współwłaścicielem majątku, w skład którego wchodzi nie tylko nieruchomość i wyposażenie, ale także wartości niematerialne, takie jak marka i lokalizacja. Inwestycja oparta jest na realnej wartości – majątku, który można zidentyfikować, ubezpieczyć, odtworzyć czy ulepszyć, czyli zwiększyć wartość w czasie.

Obserwując rozwój tatrzańskiego rynku turystycznego na przestrzeni ostatnich dwóch dekad, Janiszewski widzi istotną zmianę w podejściu do jakości i autentyczności oferowanych usług. – Dzisiaj góral znowu szanuje swoją kulturę, a Zakopane przechodzi metamorfozę, choć może to jeszcze nie być widoczne. Przyjeżdżają ludzie, których nie interesuje Szczyrk czy Krynica, ale tu, na miejscu, chcą mieć warunki jak w Chamonix – zauważa inwestor, który swoją pierwszą inwestycję w regionie zrealizował już w 2004 r.

Ta zmiana demograficzna wśród odwiedzających stolicę Tatr





nie jest przypadkowa. Rosnąca grupa zamożnych turystów poszukuje dziś autentycznych doświadczeń połączonych z wysokim standardem obsługi – elementów, które znalazły się w centrum filozofii biznesowej projektu Equinox Capital. Według Janiszewskiego Zakopane nie będzie się rozwijało w stronę zalewającego Krupówki plastiku, ale raczej w kierunku bardziej wyrafinowanych ofert, gdzie lokalna tradycja spotyka się z międzynarodowymi standardami jakości.

- Musimy mieć miejsce, gdzie zamożny człowiek chcący spędzić urlop w Polsce może pojechać
- podsumowuje swoją wizję, wskazując na lukę rynkową, którą jego inwestycja ma ambicję wypełnić.

● Przyszłość

Zgodnie z danymi UNWTO Tourism Dashboard 2023/2024 światowy ruch turystyczny w 2023 r. osiągnął 88 proc. poziomu przedpandemicznego z 2019 r., a zrównoważona turystyka pozostaje priorytetem w strategii odbudowy sektora. Według UNWTO 79 proc. firm

turystycznych uznaje zrównoważony rozwój za priorytet dla branży. Najnowsze dane Urzędu Regulacji Energetyki (URE) wskazują, że na koniec 2023 r. moc zainstalowana OZE w Polsce wyniosła ponad 25 GW, jednak geotermia stanowi mniej niż 0,05 proc. udziału w łącznej mocy OZE w Polsce, a potencjał geotermiczny kraju jest wykorzystywany na poziomie poniżej 10 proc.

- Sektor zrównoważonego hotelarstwa w Polsce znajduje się dopiero w początkowej fazie rozwoju, z ogromnym potencjałem na kolejne dekady. Nasze ambicje sięgają stworzenia sieci butikowych obiektów w wybranych lokalizacjach premium, gdzie filozofia ekologiczna będzie harmonijnie współistnieć z najwyższymi standardami obsługi. Zakopane, z uwagi na swoją wyjątkowość krajobrazową i potencjał geotermiczny, stanowi idealny punkt startowy dla tej wizji. Głęboko wierzymy, że region tatrzański ma wszystkie atuty, by konkurować z prestiżowymi destynacjami alpejskimi – potrzebuje jedynie inwestycji w odpowiednim standardzie
- podsumowuje Janiszewski.



Fakty / Ekologiczne wyzwania w Zakopanem

- Według najnowszego raportu Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ 2023) w sezonie grzewczym 2022/2023 w Zakopanem odnotowano przekroczenia dobowych norm PM10 przez 35 dni.
- Głównym źródłem zanieczyszczeń w Zakopanem pozostaje tzw. niska emisja z domowych pieców grzewczych (Raport o stanie środowiska w Polsce, GIOŚ 2023).
- Według najnowszego raportu PAN (Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią) Zakopane posiada jeden z największych potencjałów geotermalnych w Polsce, a obecna sieć ciepłownicza Geotermii Podhalańskiej obsługuje około 1/3 potrzeb miasta.
- Pełne wykorzystanie potencjału geotermalnego mogłoby ograniczyć emisję CO₂ w Zakopanem nawet o 60-70 proc. (raport PAN, 2023).

Trendy w ekologicznym hotelarstwie (2024)

81 proc. globalnych podróżujących uważa zrównoważony rozwój za ważny czynnik przy planowaniu podróży (Booking.com Sustainable Travel Report 2024)

64 proc. podróżnych chce mieć więcej opcji zrównoważonego zakwaterowania (Booking.com Sustainable Travel Report 2024)

72 proc. podróżujących deklaruje chęć zmniejszenia swojego śladu węglowego

podczas podróży (Booking.com Sustainable Travel Report 2024)

79 proc. firm turystycznych uznaje zrównoważony rozwój za priorytet dla branży (UNWTO Tourism Dashboard 2023/2024)

53 proc. polskich hoteli zamierza zwiększyć inwestycje w rozwiązania przyjazne środowisku w ciągu najbliższych 3 lat (Polska Izba Hotelarstwa 2023)





Ekomodernizacja – chłód

Fot. Transsolar

Obok termomodernizacji koncentrującej się na dociepleniu budynków drugim w kolejności wyzwaniem jest uodpornienie ich na upały. Zwłaszcza gdy klimat się ociepla i klimatyzatorów przybywa: dziś chłodzią budynki o powierzchni 105 mld mkw., a do połowy wieku ma to być już 250 mld mkw. (dane IEA). Szczególnie szybko klimatyzacja upowszechnia się w domach i mieszkaniach. Do końca dekady 45 proc. budynków mieszkalnych będzie w nią wyposażonych (obecnie 36 proc.).

Samochłodzące ściany

Lato 2023 w Houston poszło na rekord – pod koniec sierpnia temperatura przekraczała 42 st. C. Nadzieja na złagodzenie tego problemu znajduje się w pobliskim Conroe. Zostało tu zbudowane osiedle wykorzystujące „samochłodzące” betonowe ściany o ząbkowanym kształcie, który pomaga w odprowadzaniu ciepła, nim to przedostanie się do budynku. Podczas pierwszych testów twórcy rozwiązania z firm Modu i Transsolar obliczyli, że zaprojektowana

w ten sposób ściana może dawać nawet 7,8 st. C więcej chłodu niż płaska fasada. Aby zwiększyć efekt, wykorzystano białą, odporną na zabrudzenia farbę, która dobrze odbija światło, pomagając chłodzić wnętrze. W ten sposób inżynierowie i architekci z Teksasu rozwijają naturalne rozwiązania konstrukcyjne, które uniezależniają mieszkańców południowych stanów USA od klimatyzatorów. Mimo braku działającej klimatyzacji, przy 41-stopniowej temperaturze utrzymującej się w pierwszych dniach września, po wejściu do budynku odczuwało się miły chłód.

Fotowoltaiczne fasady i okna

Panele fotowoltaiczne i kolektory słoneczne zmieniające energię słońca w prąd lub ciepłą wodę to najbardziej efektywny oraz pożyteczny sposób na pozbywanie się upału. Dotychczas ograniczały się jednak wyłącznie do instalacji dachowych, i to tylko na tyle, na ile strop był w stanie utrzymać tego typu minielektronię. Sytuację zmienia pojawienie się lekkich i cienkich materiałów



fotowoltaicznych takich jak perowskity czy kropki kwantowe. Funkcjonują w postaci folii, znacznie mniej obciążają więc konstrukcję, a przy tym znacznie łatwiej instalować je na fasadach budynków. Co więcej, kropki kwantowe można nadrukować tak, że będą wychwytywać tylko promienie podczerwone, przepuszczając światło widzialne. W takiej przezierniej formie nanosi się je na szyby, dzięki czemu nie pogarszają widoczności przez okno, a jednocześnie zatrzymują ciepło, zmieniając je w energię.

Samozastaniające się okna

Zastanianie okien w czasie upałów to najprostszy sposób na nagrzewanie się mieszkań. Trzeba tylko o tym pamiętać i być w domu. Albo mieć okna, które same się zastonią. Takie jak te opracowane przez naukowców z Uniwersytetu w Stuttgarcie. Po prototyp sięgnęli do natury: jest nim szyszka, która ma umiejętność otwierania i zamykania swoich łusek. Zawdzięcza to dwóm warstwom włókien celulozowych, ułożonych w różnych kierunkach. Dzięki temu kiedy wchłaniają wilgoć, każde

rozszerza się w swoją stronę, co powoduje wyginanie łusek. Gdy jest ciepło i sucho, mechanizm ten działa w przeciwnym kierunku. I to właśnie stało się inspiracją dla Solar Gate, mechanizmu składającego się z umieszczonej między szybami struktury płatków nawiązujących do łusek szyszki. Mają trzy warstwy. Pierwsza wykonana jest z włókien celulozowych poszerzających się, gdy „łapią” wilgoć. Kolejna, z włókien termoplastycznych, ogranicza kierunek i kontroluje rozszerzanie się pierwszej warstwy, a trzecia, z elastycznych włókien biokompozytowych, zapewnia stabilność elementu. W ten sposób, gdy panuje wilgoć – np. rano – „łuski” są zwinięte, a kiedy pełne słońce wysusza powietrze, rozwijają się, zacieniając wnętrze.

Układ budynków

W ciągu ostatnich sześciu dekad temperatura w Singapurze wzrosła prawie dwa razy bardziej niż średnia dla świata (średnioroczna wynosi 27 st. C). A gęsta zabudowa centrum sprawia, że temperatura jest tu

o kilka stopni wyższa niż na terenach okolicznych – komercyjna część miasta generuje pięć razy więcej ciepła niż dzielnice mieszkalne. Dlatego aby się z tym uporać, Singapur stawia na odpowiednią architekturę i technologię. Nowe rozwiązania architektoniczne mają ograniczyć klimatyzację oraz ilość ciepła oddawanego przez budynki otoczeniu. Celowo różnicowana wysokość budynków ułatwia przepływ powietrza, a powierzchnie odbijające promienie słoneczne redukują absorpcję ciepła. Chlubą miasta jest 40-piętrowy budynek CapitaGreen, zwieńczony konstrukcją przypominającą płatki kwiatu, która na wysokości 242 m wciąga chłodne powietrze. Z kolei budynki Woodlands Health Campus Hospital są ułożone w osi północ – południe, żeby ułatwić przepływ powietrza – ulice na terenie kampusu wybudowane są pod ziemią.

Zdecentrowanie budynków

Inny sposób walki z upałami przedstawili architekci Genslera. Chodzi o przesunięcie rdzeni budynków biurowych, które



zazwyczaj znajdują się w samym środku – umieszczone są w nich szyby wind i klatki schodowe. Można je jednak zacząć budować po jednej, południowej stronie budynku. To miałyby pomóc w odizolowaniu przestrzeni biurowej i ochronie przed ciepłem, dzięki czemu potrzeba by było mniej klimatyzacji.

Przestrzenie słoneczne

Ciekawym zabiegiem architektonicznym, który projektanci z Mithun wdrożyli na kampusie Uniwersytetu w Oregonie, jest wydzielanie pomieszczeń stanowiących swego rodzaju kurtyny cieplne. Pokój w akademiku został podzielony, aby stworzyć „przestrzeń słoneczną” (sun space), zamknięte patio znajdujące się po południowej stronie budynku. Działa jak dodatkowa fasada buforująca ciepło. Całość jest przedzielona przesuwanymi szklanymi drzwiami, które zamyka się w czasie upałów.

Dachy parasolowe

To rozwiązanie nawiązujące do bardzo klasycznych elementów

architektury, najlepiej znanych z włoskich miast. Chodzi o podcienia budynków, które można znaleźć w całej Europie. Dziś rozwiązanie to wskrzeszają m.in. projektanci Genslera, wzbogacając fasady domów i biurowców w wysunięte daszki, które chronią przechodniów przed upałem (a czasem też przed deszczem). Dachy parasolowe widać jednak także w polskich miastach – Przemysław Łukasik wykorzystał je m.in. w katowickim osiedlu Pierwsza Dzielnica. Otaczają tu cały obrys budynków, tworząc przestrzeń, na której toczy się lokalne życie bez względu na pogodę.

Chłodne chodniki

W Phoenix od połowy XX wieku temperatura wzrosła o 2,5 st. C. Stąd została uruchomiona specjalna miejska komórka pracująca nad rozwiązaniami przeciwdziałającymi ekstremalnemu upałom. Miasto ma już kilkadziesiąt kilometrów „chłodnych chodników”. Powstają one w efekcie pokrywania powierzchni całej ulicy odbłaskową powłoką, która może obniżyć temperaturę przy powierzchni nawet o 7 st. C (dane

Arizona State University). Dzięki niej powietrze nad ziemią dużo mocniej się ochładza, szczególnie nocą. Powłoką pokrywa się także dachy budynków, co pozwala zmniejszyć zapotrzebowanie na klimatyzację i zwiększyć jej efektywność.



Fot. Cēphoto, Uwe Aranas



Zielona rewolucja bez gruzu



V Tower, dawniej znany jako Warta Tower, to jeden z pierwszych wysokościowców biurowych w Warszawie. Zaprojektowali go Jerzy Czyż i Leszek Kazimierz Klajnert, powstał w latach 1998–2000, mierzy 82 metry wysokości i 22 kondygnacje, a powierzchnia ogrodów na pięciu dziedzińcach wewnętrznych przekracza 2 tys. mkw.

Do 2019 r. był główną siedzibą TUiR Warta, a w 2023 r. zmienił właściciela. Nowy inwestor postanowił nadać mu nowoczesny charakter zgodny ze współczesnymi standardami funkcjonalności, komfortu i zrównoważonego rozwoju. Jednocześnie za priorytet postawił sobie, żeby inwestycja miała możliwie najmniej negatywny wpływ na środowisko.

– Dlatego zamiast burzyć i budować od podstaw, postawiliśmy na transformację, która jest bardziej odpowiedzialna środowiskowo i zgodna z zasadami ESG. Naszym celem jest stworzenie przestrzeni nie tylko bardziej ekologicznej i efektywnej

energetycznie, ale też osadzonej w miejskim kontekście i szanującej istniejącą strukturę – podkreśla Karol Klin, dyrektor komercyjny w obszarze nieruchomości w Cornerstone Investment Management.

Przebudowa – zamiast wyburzania i stawiania nowego budynku – przede wszystkim minimalizuje tzw. wbudowany ślad węglowy. Podczas każdej inwestycji nieruchomościowej powstaje ślad węglowy związany z różnymi etapami: budowy, użytkowania i tzw. końca życia. W przypadku standardowej inwestycji budowlanej wbudowany ślad węglowy, czyli dotyczący pierwszego etapu, stanowi około 30 proc. całkowitego śladu węglowego budynku. Dzięki transformacji budynku V Tower udało się zmniejszyć wbudowany ślad węglowy aż o 85 proc., a konkretnie o 23 tony emisji CO₂. Główne komponenty budynku odpowiedzialne za największy wbudowany ślad węglowy zostały zachowane: konstrukcja oraz elewacje, a dodatkowo wykorzystano wiele elementów instalacji, która spełnia

wymogi nowoczesnego budownictwa. Wyburzenie istniejącego budynku i wybudowanie nowego biurowca wygenerowałoby emisję ponad 27 tysięcy ton CO₂ do atmosfery.

Ślad węglowy wbudowany w przeliczeniu na jednostkę powierzchni budynku V Tower jest mniejszy niż każdego nowego budynku na mapie Warszawy. Przebudowa V Tower wygenerowała wbudowany ślad węglowy wielkości 4 tysięcy ton CO₂, który jednak szybko zostanie „odrobiony”, bo wiąże się z działaniami poprawiającymi efektywność energetyczną funkcjonowania budynku.

Zmodernizowano wszystkie instalacje: grzewczą, wentylacyjną, sanitarną, chłodniczą. Nowe rozwiązania to m.in. optymalizacja mocy chłodniczej wentylacji, wymiana silników w wentylatorach, optymalizacja wentylacji garaży, wymiana klimakonwektorów, klimatyzacja VRV dla serwerowni, nowe kurtyny powietrzne, nowe, wysokosprawne urządzenia



chłodnicze: chillery i drycoolery, wymiana wind, docieplenie pasa podokiennego, zastosowanie drzwi obrotowych, sterowanie oświetleniem w holu głównym dostosowujące się do światła dziennego, wymiana oświetlenia na LED, montaż czujników ruchu do oświetlenia.

To oznacza, że biurowiec przeszedł przebudowę, dzięki której znacznie obniżono tzw. operacyjny ślad węglowy, który powstaje na etapie użytkowania i jest standardowo odpowiedzialny za blisko 70 proc. całkowitego śladu węglowego budynku.

Dzisiaj V Tower zalicza się do grona budynków efektywnych energetycznie o najniższej emisji CO₂ wśród istniejących budynków w Polsce. Szacowane oszczędności to 3603 MWh energii rocznie, co przekłada się na oszczędność 2,3 tys. ton CO₂. Emisje zostały zredukowane o 75 kg CO₂/mkw.*rok, co z kolei stanowi ponad 40 proc. emisji budynku przed modernizacją.

–Przebudowany biurowiec łączy estetykę z odpowiedzialnością. Dzięki znaczącej poprawie efektywności energetycznej i redukcji emisji CO₂ wyznacza kierunek dla przyszłości zrównoważonego budownictwa w Polsce. To architektura zgodna z wartościami ESG: przemyślana, świadoma, ekologiczna – podkreśla Karol Klin.

Budynek V Tower przed renowacją emitował dwutlenek węgla w ilościach znacznie powyżej średniej dla budynków biurowych w Polsce. Po wprowadzeniu ulepszeń budynek będzie funkcjonował poniżej średniej wartości dla 30 największych innych istniejących budynków biurowych, która wynosi 123 kg CO₂/mkw.*rok. Dla V Tower jest to 95 kg CO₂/mkw.*rok.

Energię pierwotną budynku – czyli potrzebną do ogrzewania, chłodzenia, wentylacji czy oświetlenia – w V Tower udało się zmniejszyć o 31 proc. względem budynku sprzed modernizacji. Jednym z wymagań tzw. taksonomii Unii Europejskiej w ramach renowacji budynków jest ograniczenie zużycia energii pierwotnej o 30 proc.

–Dzięki modernizacji znacząco ograniczamy zapotrzebowanie na energię pozyskiwaną z paliw kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa, gaz ziemny czy biomasa. To krok w stronę redukcji emisji CO₂ i realny wkład w spowolnienie zmian klimatycznych – wskazuje Karol Klin.

Projektanci modernizacji na przykład unowocześnili układ chłodniczy budynku: zastosowali nowe wysokosprawne chillery, podnoszące wydajność chłodzenia, oraz system freecoolingu, który podnosi efektywność chłodzenia w okresach przejściowych. Liczba dni chłodzenia (CDD) ma wzrosnąć w Europie Środkowej w nadchodzących dekadach, bez względu na scenariusz siły globalnego ocieplenia. Dla Warszawy w prognozie na lata 2051-2060 wartość dni chłodzenia (CDD) wynosi ponad 40. W procesie przebudowy wprowadzono też m.in. wodooszczędną armaturę, która ma ograniczyć zużycie wody. Docelowe ilości to: 4/2 litry dla toalet; 1 litr/splukanie dla pisuarów; 3 litry/minutę dla baterii w umywalkach; 6 litrów/

minutę dla pryszniców; 6 litrów/minutę dla baterii kuchennych. Działa też system wykrywania wycieków wody, który pozwala na natychmiastową ewentualną naprawę.

Przebudowa budynku V Tower to jeden z pierwszych projektów w Polsce, które opierają się na idei „zmieniać, zamiast burzyć”. Nowy budynek zostanie oddany do użytku w październiku 2025 r.





Dach chłodny czy zielony?

TREND

Na pierwszej linii walki z upałem znajdują się dachy. To, w jaki sposób przygotowuje się je na słoneczną nawałnicę, zdecyduje, jak dużo ciepła latem przedostanie się do środka. W tym względzie mamy dwie podstawowe szkoły: jedni dachy malują na biało, inni obsadzają roślinami, by były zielone.

Fot. Corey Seeman

Na biało

Malowany na biało tzw. cool roof odbija aż 80–90 proc. światła, podczas gdy klasyczne dachy tylko 10–20 proc. Inżynierowie z Uniwersytetu Purdue zwiększyli nawet ten współczynnik, opracowując ultrabiałą farbę, która w ich przekonaniu może wyeliminować klimatyzatory. Jej albedo to 98,1 proc. – dla porównania najczystszy antarktyczny śnieg ma współczynnik 95 proc. Wynik ten inżynierowie osiągnęli, dodając siarczany baru, który jest również używany do nadawania bieli papierowi fotograficznemu. Różnej wielkości cząsteczki w farbie sprawiają, że jest ona bardziej odblaskowa. Podczas demonstracji na zewnątrz zespół wykazał, że farba w nocy była w stanie utrzymywać temperaturę powierzchni o 10,5 st. C chłodniejszą niż otoczenie, a przy dużym nasłonecznieniu w południe różnica ta wciąż wynosiła 4,4 st. C. Gdyby użyć tej farby do pokrycia dachu o powierzchni około 1000 stóp kwadratowych, moc chłodzenia mogłaby wynosić 10 kilowatów.

Na zielono

Zainstalowane na dużą skalę zielone dachy wzbogacają jednak przestrzeń zieloną metropolii, a co za tym idzie, zapewniają siedlisko roślin i owadów w obszarach miejskich. Dodatkowo, usuwając zanieczyszczenia gazowe i cząstki stałe zawieszone w powietrzu, rośliny poprawiają jego jakość. Zielone dachy zwiększają też wilgotność powietrza: para wodna uwalniana jest, gdy rośliny są podlewane. Z obliczeń naukowców z University of Notre Dame wynika, że zazielenianie dachów obniża temperaturę o 7–8 st. C. Pomiarzy te dotyczą centrum Chicago, podczas gdy dla całej metropolii średnia zniżka temperatury to 2–3 st. C. Co więcej, naukowcy zaobserwowali, że tego typu zadaszenie nie chłodzi powietrza wyłącznie ponad dachami. Efekt odczuwalny jest też w niższych warstwach atmosfery i ma zasięg 2,5 km. W przypadku samego Chicago skutkiem ubocznym jest zmniejszenie różnicy w temperaturze powietrza nad miastem i jeziorem Michigan, co osłabia wiejącą z wody i przynoszącą chłód bryzę.

Dachy wielkich miast

Hamburg ma Green Roof Strategy, który zapewnia 40-procentowe pokrycie kosztów instalacji zielonych dachów (do 100 tys. euro). Warstwa gleby musi mieć więcej niż 12 cm, a powierzchnia nie mniej niż 20 mkw. Cel GRS to 100 ha zielonych dachów. Toronto było pierwszym miastem w Ameryce, które wymagało, aby budynki ponad 2 tys. mkw. pokrywały zielenią od 20 do 60 proc. swoich dachów. Jeśli deweloper tego nie zrobi, za każdy brakujący metr musi wpłacić na Eco-Roof Incentive. Kair z kolei w 2019 r. włączył się w inicjatywę ministerstwa środowiska zachęcającą do ogrodnictwa dachowego. Kluczowa nie jest jednak walka z upałem, ale zapewnienie zdrowej żywności i stabilnego źródła dochodu. Program oferuje pomoc finansową na oczyszczanie dachów i tworzenie ogrodów rolnych, a organizacje pozarządowe dają wsparcie techniczne. W Melbourne powstały za to mapy Rooftop Project, które pokazują obecny rozkład dachów oraz wizualizują ich niewykorzystany potencjał.



Przyszłość miejskiej zabudowy: budynki jako elektrownie

TREND

Biorąc pod uwagę ślad węglowy budynków, ważne jest nie tylko to, jak i z czego zostały zbudowane, ale także jak będą się sprawowały za życia. Długo czas chodziło głównie o to, aby były pasywne, teraz upatruje się w nich miejskich elektrowni. To tzw. budynki pozytywne energetycznie (Positive Energy Buildings – PEBs).

Rozwój

Pierwszym znaczącym projektem tego typu budynków było osiedle 59 domów Solar Settlement we Freiburgu (Rolf Disch, 2006). Rocznie wytwarza 420 MWh energii, a obok powstał produkujący prąd biurowiec Sun Ship. Snøhetta stworzyła za to całą serię biurowców Powerhouse. Piąty z cyklu, zbudowany w 2019 r. Brattørkaia, pokazał, że nawet w wysuniętym na północ Trondheim można produkować dwa razy więcej prądu, niż się zużywa. W ciągu roku budynek o pow. 18 tys. mkw. produkuje ok. 0,5 mln KWh energii, którą odbierają sąsiadujące budynki i transport publiczny. Rolf Disch pracuje obecnie nad wielorodzinnymi domami PEBs (osiedle Moeckernie w Berlinie i Plusenergie-Klimahäuser w Schallstadt), a amerykański start-up Cosmic poszedł w przeciwnym kierunku. Stworzył małe, samowystarczalne domy, które dzięki nadwyżkom w produkcji energii pomagają właścicielom się spłacić. W Europie powstaje za to cała gama rozwiązań dla budynków PEBs w ramach projektów Ren+Homes oraz Cultural-E, który ma na koncie już 5 budynków.

Jak to się robi

Kluczowe jest wykorzystanie paneli słonecznych optymalnie ustawionych w kierunku słońca. Tak było m.in. w Brattørkaia, gdzie projektanci zaplanowali specjalny, mocno ścięty dach zwrócony w stronę słońca. Z kolei zakrzywione panele na nieckowatych połaciach dachu siedziby Google'a rano i po południu pracują intensywniej niż zwykłe panele, zapewniając bardziej równomierny profil produkcji prądu. Zasadniczą zmianą w tworzeniu budynków elektrowni było pojawienie się fotowoltaiki zintegrowanej z elementami budynków (BIPV) oraz cienkich, przeziernych paneli słonecznych wykonanych np. w technologii perowskitów lub kropek kwantowych (Quantum Dots). Mają dwie podstawowe zalety: mogą przepuszczać światło widzialne, przez co stosuje się je w oknach, i nie wymagają kąta prostego wobec słońca, aby wydajnie produkować energię.

Gracze

Rolf Disch (PlusEnergy)
Snøhetta
Kennon
Cosmic
ML System
Ubiquitous Energy
Andersen Corporation
Ren+Homes
Cultural-E



Przyszłość miejskiej zabudowy: budynki jako elektrownie – REN+HOMES

Głównym celem wspieranego przez UE REN+HOMES – bo tak się nazywa projekt – jest stworzenie uniwersalnej metodologii projektowania domów i dzielnic mieszkaniowych o dodatniej energii. Stąd R+H opracowuje i rozwija niedrogie technologie, które łatwo będzie powielać przy kolejnych projektach. Program obejmuje rozwiązania sprzętowe (hardware) oraz informatyczne (software).

W pierwszej grupie rozwiązań sprzętowych mamy 9 projektów:

- Prefabrykowane panele z materiałów pochodzących z recyklingu Evowall.
- Prefabrykowane panele ściennie z fotowoltaiką/z zielenią (BIPV).
- Czujniki działające w modelu internetu rzeczy (IoT) do zbierania danych z budynków i monitorowania konstrukcji.
- Platforma Niagara i systemy zarządzania budynkiem (BMS), który przyczynia się do większej

efektywności energetycznej.

- Rozwój odnawialnych źródeł energii i magazynowania energii (RPSS) dla multisensorów małej mocy lub infrastruktury komunikacyjnych LPWAN w dwóch modelach: zintegrowanym i zdalnym.
- Projekt przekształcenia istniejących podziemnych ścian budynków w efektywne źródła energii z wykorzystaniem systemu ścian geotermalnych.
- Odzysk ciepła z tzw. szarej wody (ściekowej) z wykorzystaniem systemów Drain Water Heat Recovery (DWHR).
- Systemy BIPV wykorzystujący ogniwa pochodzące z recyklingu, a co za tym idzie, zmniejszający ich ślad węglowy.
- Projekt stworzenia „pod klucz” systemu magazynowania energii na bazie wodoru, odpowiedniego zarówno dla nowych, jak i istniejących budynków.

W drugiej grupie rozwiązań informatycznych jest z kolei 7 projektów:

- Narzędzie do dynamicznej oceny energetycznej budynku (BDEA).
- Narzędzie do prognozowania zużycia energii (INTEMA).
- Narzędzia do szacowania i kalkulacji kosztów cyklu życia budynków – Life Cycle Assessment (LCA) i Life Cycle Costing (LCC).
- Narzędzie Green Factor do oceny zielonej infrastruktury, pomagające projektantom krajobrazu, architektom i innym specjalistom w ocenie wiarygodności projektów.
- Narzędzie TCQI, czyli inteligentne oprogramowanie do projektowania budynków i zarządzania ich eksploatacją przez cały cykl życia (począwszy od wstępnego projektu i testowania propozycji energetycznych oraz oceny zużycia energii i harmonogramów budowy).

– Narzędzie RCS („rezylienny plac budowy”), które ma na celu poprawę jakości pracy na placu budowy ze szczególnym uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa, m.in. przez wykorzystanie informacji z czujników znajdujących się na miejscu (IoT).

– Kognitywna platforma optymalizacji zużycia energii w budynkach (CBEO), która bierze pod uwagę często sprzeczne potrzeby ich użytkowników, takie jak zwiększenie kosztów czy zwiększenie komfortu.

Obszar zainteresowania i wielokierunkowość działań R+H robi wrażenie. Tylko ten katalog rozwiązań pokazuje, jak wielokierunkowe działania trzeba podjąć, aby tworzyć budynki, które de facto staną się małymi miejskimi elektrowniami. Były już testowane na osiedlu mieszkaniowym w Innsbrucku, w budynku mieszkalnym w La Garriga (Hiszpania) oraz w akademikach w Tallinie i Cluj (Rumunia).



Zagęszczamy

TREND

Gęsta zabudowa miast to temat kontrowersyjny. A jednak to najbardziej ekologiczny sposób mieszkania, a kosztownemu dla wszystkich – ludzi i środowiska – rozlewaniu się przedmieść trzeba postawić tamę. Wybór, przed jakim stoimy, trafnie sformułował prof. Edward Glaeser z Uniwersytetu Harvarda: albo będziemy żyć wokół samochodu (na przedmieściach), albo wokół windy.

Fot. James Day/Unsplash

Jak to się robi

Zagęszczamy to dziś główne hasło urbanistyki przede wszystkim w Holandii, gdzie dla opanowania kryzysu mieszkaniowego do końca dekady ma powstać 1 mln mieszkań. Jednym z elementów tego planu jest koncepcja Straatje Erbij, czyli dodatkowa ulica. Chodzi o dostawienie dodatkowej linii domów na obrzeżach 2,1 tys. wiosek i miast. To daje potencjał na dodatkowe 95 tys. mieszkań. Z kolei Knight Frank wyliczył, że dachy aż 23 tys. londyńskich budynków da się zabudować, zyskując 8,5 mln mkw. To dodatkowe 41 tys. mieszkań. Podobnie jest w San Francisco czy Berlinie, gdzie potencjał płaskich dachów w blokowiskach oszacowano na dodatkowych 50 tys. mieszkań. W Chicago jako bazę do nadbudowy wykorzystano za to miejskie biblioteki. Podobnie patrzą na to zwolennicy Nowego Urbanizmu, którzy zalecają gęstą, nieco staromodną zabudowę miast.

Zalety

Pierwsza kwestia to przeciwdziałanie bardzo kosztownemu rozlewaniu się miast. Straatje Erbi to ciekawy przykład z pogranicza. Przestrzeń miasta się nieco powiększa, ale bez dużych inwestycji infrastrukturalnych, także w transport publiczny – do przystanku musi być maksymalnie 1 km. LSE Cities zrobiły z kolei szacunki dla USA, z których wynika, że miasta na rozlewaniu się tracą ponad 1 bln dol. rocznie. To m.in. efekt większej konsumpcji powierzchni – o 60–80 proc. wyższej w przeliczeniu na mieszkańca – oraz większej liczby przewozów (od 20 do 60 proc. na osobę). Smart Prosperity Institute wyliczył, że miasto na jedno gospodarstwo domowe w centrum wydaje 1416 dol., podczas gdy na przedmieściach 3462 dol., ponad 144 proc. więcej. Do tego dochodzi ślad środowiskowy: w San Francisco oszacowano, że roczna emisja CO₂ na mieszkańca w mieście wynosi 6,7 t, a poza nim sięga 14,6 t.

Miasta

Londyn
Berlin
San Francisco
Portland
Chicago
Poundbury



Budownictwo regeneratywne

TREND

Na wzór rolnictwa regeneratywnego (regeneracyjnego), które ma chronić i odbudowywać grunty rolne i otaczające je ekosystemy, powstała też koncepcja architektury regeneratywnej upowszechnianej w podobnym celu. Idzie o to, aby budując, wspierać i poprawiać otaczające środowisko, ale nie tylko.

Fot. Haptic Architects

Rozwój

Jednym z flagowych projektów jest japoński Sumu, co oznacza zarówno „żyć”, jak i „stawać się czystym”, i ma reprezentować właśnie potrzebę życia w równowadze z naturą. To niewielkie, otoczone górami osiedle mieszkaniowe na wyspie Yakushima, które podąża za miejscową naturą, stąd architekci zbudowali je z lokalnego drewna cedrowego. Budynki wpasowano w zastaną tkankę roślinną, przede wszystkim drzewa, i ustawiono na podwyższeniu, aby zminimalizować wpływ na teren. Pojęcie budownictwa regeneratywnego jest jednak znacznie szersze niż w rolnictwie i nie musi być tak ściśle powiązane z naturą. Może dotyczyć nawet wysokościowców. Korzystając z drewnianych modułów, budynki będą bardziej ekologiczne, ale także łatwiejsze do modernizacji i adaptacji, gdy przyjdzie czas na zmianę funkcji. Przykładem ma być projekt biurowca Regenerative Highrise, który stanie w centrum Oslo.

Jak to się robi

Podobnie jak w rolnictwie także w przypadku Sumu architekci skupili się na glebie, a przede wszystkim rosnącej w niej grzybni, która stanowi sieć komunikacyjną między korzeniami drzew. Odpowiednio pielęgnowana filtruje glebę i uwalnia składniki odżywcze z powrotem do otaczającego obszaru. To zmniejsza erozję, zagęszczanie gleby i utratę niezbędnych składników odżywczych. Aby ją wesprzeć, projektanci zwęglone kłody zakopali pod fundamentami domów. Dodatkowy węgiel sprzyja wzrostowi grzybni, a w zamian grzybnia wzmacnia wzrost korzeni drzew pod budynkami, dając im dodatkowe wsparcie. Z kolei kluczem do adaptacyjności Regenerative Highrise są moduły. Można je usunąć lub przestawić, tak aby zmienić obrys budynku bez rozbiórki. To idea „pionowego tworzenia terenu”. Zmieniając się, bryły budynku zyskują nowy charakter i funkcje zgodnie z potrzebami miasta.

Gracze

Tono
Haptic Architects
Ramboll High Rise
UNStudio



10 wytycznych, jak mieć czyste budynki



Gen. SI

W sytuacji tak dużych niedociągnięć w obszarze neutralności klimatycznej budynków Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (IRENA) sformułowała dziesięć kluczowych działań, jakie należy podjąć.

Doprowadziłyby to do zmniejszenia końcowego zużycia energii odpowiednio o 25 proc. i 31 proc. w 2030 i 2050 roku w porównaniu ze scenariuszem referencyjnym. Wówczas możliwe byłoby osiągnięcie scenariusza neutralności klimatycznej i udział energii odnawialnej w sektorze budynków z 35 proc. w 2020 roku wzrósłby do 53 proc. w 2030 roku i 86 proc. w 2050 roku.

1. Zwiększenie efektywności energetycznej budynków dzięki lepszym standardom budowania, wydajnemu oświetleniu i urządzeniom oraz technologiom ogrzewania oraz gotowania opartym na OZE i elektryczności.

2. Przyspieszenie rewitalizacji i renowacji budynków w gospodarkach rozwiniętych, gdzie trzy czwarte istniejących

zasobów budowlanych jest starych i nieefektywnych – cel to 30 proc. i 60 proc. wydajnych budynków odpowiednio do 2030 i 2050 roku.

3. Przygotowanie się na wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Elektryfikacja ogrzewania w zimnych regionach, rosnące zapotrzebowanie na chłodzenie w ciepłym klimacie i upowszechnienie gotowania elektrycznego na obszarach miejskich w perspektywie roku 2050 niemal podwoją zapotrzebowanie na energię elektryczną.

4. Wykorzystanie pompy ciepła jako kluczowej technologii wspierającej globalną transformację energetyczną. Mogą osiągnąć poziom efektywności energetycznej trzy do pięciu razy wyższy niż kotły na paliwo kopalne i mogą być zasilane odnawialną energią elektryczną. Przewiduje się, że do 2050 roku ich wykorzystanie wzrośnie dwunastokrotnie.

5. Zastąpienie tradycyjnych, niezrównoważonych źródeł bioenergii



powodujących zanieczyszczenie powietrza w pomieszczeniach czystymi, wydajnymi piecami zasilanymi zrównoważoną biomasą, biogazem i elektrycznością. W regionach takich jak Afryka biomasa jest jednym z kluczowych źródeł energii w gospodarstwach domowych, zwłaszcza w gotowaniu.

6. Promowanie odnawialnych źródeł energii, takich jak biopaliwa, biometan i energia słoneczna, do ogrzewania. Kolektory słoneczne do podgrzewania wody powinny wzrosnąć dwukrotnie w ciągu dekady z 729 mln m kw. w 2021 roku do około 1,4 mld m kw. w 2030 roku (i 2 mld m kw. w 2050 roku).

7. Nowoczesna biomasa może wydajnie ogrzewać budynki poprzez systemy ciepłownicze lub kotły na skalę budynkową z wykorzystaniem wiórów drzewnych i peletów.

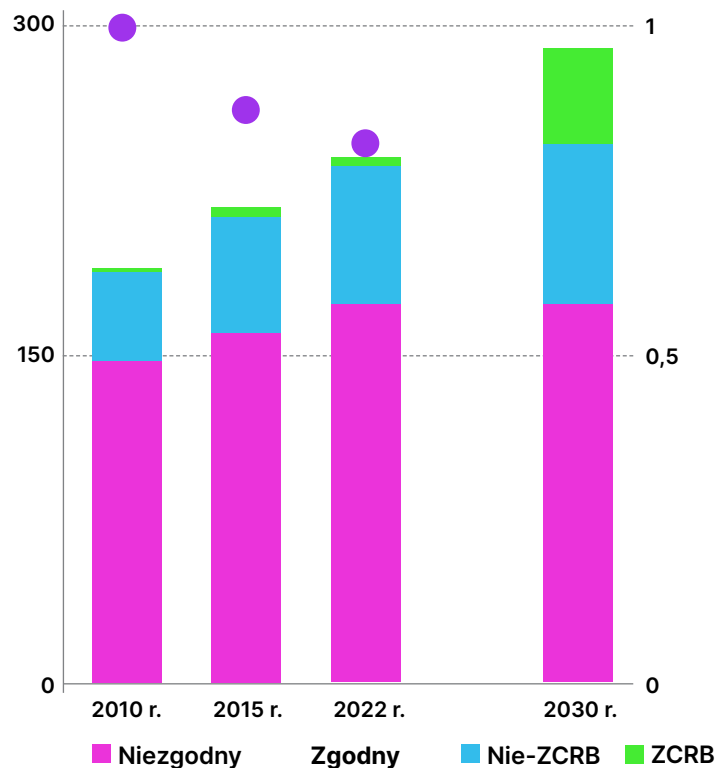
8. W Unii Europejskiej mieszanka czystego wodoru i biogazu, wykorzystując istniejącą infrastrukturę dostaw gazu, może stanowić 6 proc. zapotrzebowania na ogrzewanie do 2050 roku.

9. W ramach systemów grzewczych rozbudowanie magazynów ciepła, aby zapewnić elastyczność dostaw w regionach o dużym zapotrzebowaniu na ogrzewanie, gdzie zimy są szczególnie surowe. Globalny potencjał magazynowania energii cieplnej IRENA szacuje na blisko 234 GWh.

10. Promowanie innowacji systemowych, w tym nowych technologii, materiałów, projektów i modeli biznesowych dla budynków o zerowej sieci. Inteligentne systemy zarządzania energią w budynkach i cyfryzacja (Internet Rzeczy) zmienią sposób, w jaki budynki zużywają energię, a nawet pozwolą im świadczyć usługi sieciowe poprzez zwiększoną elastyczność popytu. Równolegle zdecentralizowane wytwarzanie energii (m.in. z domowych instalacji fotowoltaicznych), rozwój magazynów energii i elektryfikacja pojazdów umożliwią lepsze zarządzanie i bardziej elastyczne gromadzenie energii.

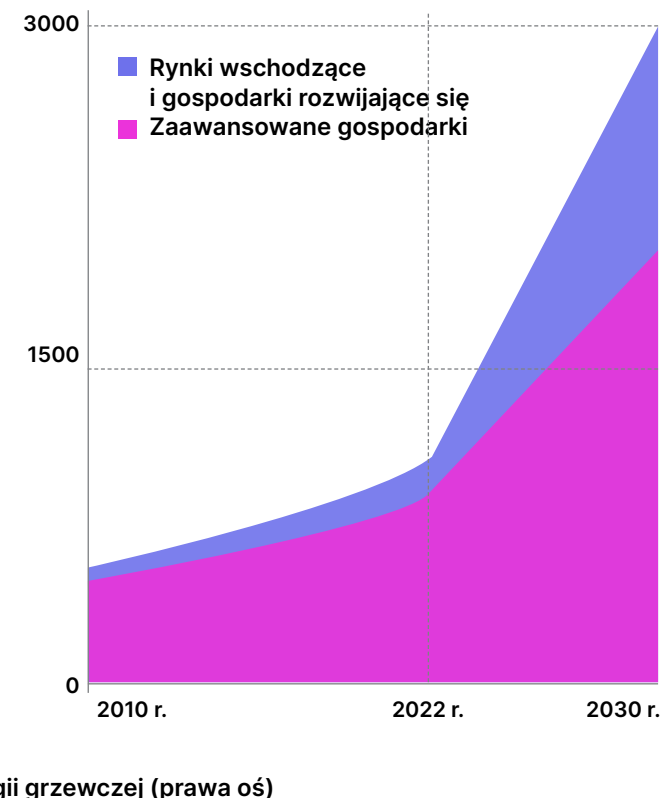
Udział budynków bezemisyjnych szybko rośnie i do 2030 roku standardy te będą spełnione we wszystkich nowych budynkach

(mld m kw.)



Globalna wydajność pomp ciepła zbliża się do 3000 GW w 2030 roku, prawie potrającą dzisiejszą moc

(GW)





Materiały budowlane



Fot. Elvir K/Unsplash

● Trzeba przy tym pamiętać, że budownictwo na klimacie odciska się podwójnie: same budynki odpowiadają za 28 proc. globalnej emisji CO₂, ale do tego trzeba dodać kolejne 12 proc., jakie powstaje w trakcie procesu budowania (dane World Green Building Council). Ich źródłem są przede wszystkim same materiały budowlane, których produkcja ma wysoki ślad węglowy. Dotyczy to w głównej mierze cementu, przy wypalaniu którego powstaje 2,4 Gt CO₂, oraz stali odpowiedzialnej za 2,6 Gt CO₂. Indywidualnie ich wkład do światowych emisji sięga więc odpowiednio 6,5 proc. oraz 7 proc. (rzecz jasna tylko część produkcji stali trafia do budownictwa).

● Największą barierą w drodze do dekarbonizacji tego obszaru pozostaje to, że potrzebne do tego technologie wciąż są na wczesnym etapie rozwoju. Dodatkowym uwarunkowaniem jest istnienie dużej bazy aktywów przemysłowych, która przed 2050 r. nie osiągnie swojego „naturalnego wieku emerytalnego” i nie zostanie wycofana z użycia. Większość tych mocy znajduje

się na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się, co nakłada nieproporcjonalnie duży ciężar na inwestycje w modernizację lub odbudowę młodej bazy aktywów. Eksperti BNEF przewidują, że transformacja sektorów przemysłowych przebiegnie w dwóch fazach: pierwsza, trwająca do 2030 r., to skromne redukcje emisji w oparciu o istniejące technologie, a druga to bardziej agresywne redukcje między 2030 a 2050 r.

● Niektóre opcje dekarbonizacji mogą również obniżyć koszty produkcji istniejących mocy, takie jak zmiana paliwa, poprawa wydajności i zwiększenie recyklingu. Analiza BNEF pokazuje, że większość producentów materiałów, których celem jest osiągnięcie zerowej emisji netto, dzięki połączeniu tych technologii dąży do obniżenia emisji o 30 proc. do 2030 r. Oprócz zmiany paliwa elektryfikacja i wykorzystanie bioenergii są najbardziej skutecznymi środkami.

● W drugiej fazie procesy wykorzystujące wodór

i wychwytywanie dwutlenku węgla powinny zostać zademonstrowane na dużą skalę. Jeśli chcemy uzyskać neutralność klimatyczną do 2050 r., elektryfikacja musi odpowiadać za jedną trzecią całkowitej redukcji emisji dla przemysłu. CCS byłby drugim co do wielkości czynnikiem przyczyniającym się do redukcji CO₂ na poziomie 27 proc., a za nim plasowałoby się wykorzystanie wodoru (15 proc.) i bioenergia (11 proc.).



Materiały budowlane: cement

● Budowanie wiąże się przede wszystkim z wykorzystaniem wysokoemisyjnego cementu i zmiany w tym sektorze są kluczowe. Tym bardziej że do końca dekady jego produkcja się zwiększy – z 4,16 do 4,26 Gt – i emisje wzrosną jeszcze o 7 proc. (dane Międzynarodowej Agencji Energii – IEA). Aby je ograniczyć, konieczna jest działalność w kilku obszarach równolegle, w największym stopniu zwiększenie efektywności materiałowej, wprowadzanie czystych paliw, budowa systemów wychwytywania CO₂ (CCUS) oraz efektywność energetyczna. Według IEA daje to potencjał na 26-procentowy spadek emisji CO₂ na przestrzeni lat 2022–2030.

● Jeśli chodzi o zmiany w samym materiale, dotyczą przede wszystkim zmniejszenia udziału klinkieru wypalanego w piecach cementowych w temperaturze 1200–1450 st. C. Proces ten jest głównym źródłem emisji CO₂.

Według IEA jego obecny udział sięgający 71 proc. do końca dekady ma spaść do 65 proc., a do połowy wieku do 57 proc. (będzie zastępowany tzw. uzupełniającymi materiałami cementowymi SCM). Dotychczasowe tendencje były jednak odwrotne. W ciągu ostatniej dekady udział klinkieru rósł o 1,1 proc. W dużym stopniu działa się to za sprawą Chin, gdzie jego zawartość w cemencie wzrosła z 66 do 71 proc. Z drugiej strony w krajach rozwiniętych takich jak Kanada czy USA jego udział spada, ale wciąż jest bardzo duży – 86–87 proc. Według ekspertów IEA, aby odwrócić trend, konieczna będzie rewizja standardów, takich jak przepisy budowlane w niektórych regionach. Skupienie się na wydajności betonu, a nie na wymaganiach opartych na składzie, przy jednoczesnym uwzględnieniu okoliczności regionalnych i zapewnieniu spełnienia solidnych wymagań bezpieczeństwa.

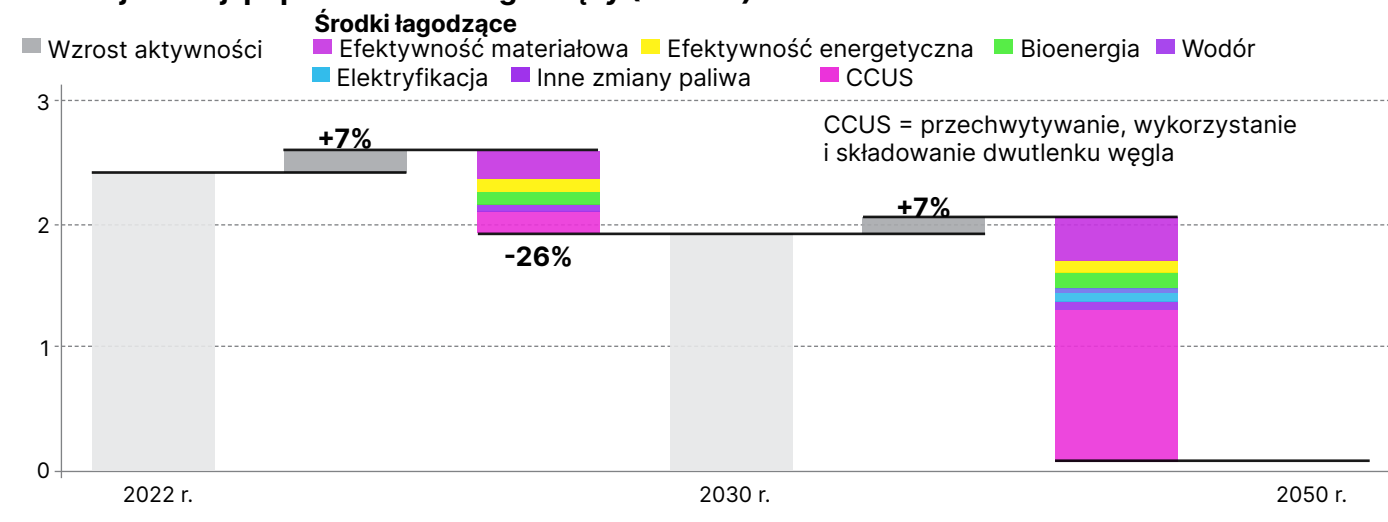
● Drugi kluczowy element dekarbonizacji produkcji cementu to kwestia eliminacji CO₂ z samego procesu spalania. Wg IEA do końca dekady udział produkcji klinkieru z zerową lub bliską zera emisją może sięgać 8 proc., a w perspektywie roku 2050 objąć niemal całą branżę (93 proc. produkcji). Ma się to dziać m.in. za sprawą zmiany mieszanki paliwowej. Proces ten już się zaczął i około 5 proc. energii w piecach bazuje na biopaliwach (w 2022 r.). Musi tu jednak nastąpić duże przyspieszenie – do końca dekady udział bioenergii powinien sięgnąć 30 proc.,

a w 2035 r. wynosić 49 proc. (i 86 proc. w 2050 r.). IEA nie przewiduje przy tym istotnego udziału wodoru w mieszance paliwowej – 1 proc. w 2030 r. z perspektywą 9 proc. w 2050 r. – oraz bardzo późne pojawienie się pieców elektrycznych: dopiero w czwartej dekadzie, a ich udział wzrośnie do 8 proc.

● W dłuższej perspektywie kluczowy dla redukcji emisji CO₂ w procesie produkcji ma być rozwój systemów CCUS. Redukcja emisji przy produkcji betonu o 96 proc. w latach 2030–2050

będzie się odbywać głównie za sprawą ich wychwytywania. IEA potencjał systemów CCUS szacuje na 1,3 Gt CO₂, co oznacza, że dzięki nim emisje uda się ograniczyć o 60 proc. Rozwój instalacji do przechwytywania CO₂ w branży cementowej już się rozpoczął, ale istotne znaczenie dla branży zyskają dopiero w przyszłej dekadzie – do 2030 r. ich potencjał sięgnie maksymalnie 170 Mt CO₂, czyli 13 proc. całkowitych mocy planowanych do połowy wieku.

Redukcja emisji poprzez środek łagodzący (Gt CO₂)





Cement bezemisyjny

Ruszyły już pierwsze prowadzone na dużą skalę projekty, które mają zmniejszyć lub całkowicie wyeliminować emisję CO₂ przy produkcji cementu. Trzy najbardziej popularne propozycje to wychwytywanie spalin, elektryfikacja procesu oraz poszukiwania zamiennika dla wapna pozyskiwanego w dotychczasowy sposób.

CCUS

Przechwytywanie, wykorzystanie i składowanie dwutlenku węgla (CCUS) to technologia z największym potencjałem na dekarbonizację produkcji cementu – IEA szacuje, że może wyeliminować aż 60 proc. towarzyszącej temu emisji CO₂. Stąd w Europie ruszyło już kilka projektów sekwestracji, m.in. Heidelberg Materials pod koniec ub.r. w swojej cementowni w Brevik z sukcesem zakończył pierwszy etap wdrożenia systemu CCS, który wychwyci 0,4 Mt rocznie, czyli połowę produkcji. Będzie to pierwszy bezemisyjny cement na świecie. Już za dwa lata instalacja CCS ma działać także w Polsce

w zakładach Lafarge na Kujawach. W ramach projektu Go4ECOPlanet w ciągu dekady zostanie wychwycone 10,2 Mt CO₂, które trafi do podziemnych kawern pod dnem Morza Północnego. Powędruje tu też gaz wychwycony w bardziej innowacyjnej instalacji, jaka powstaje równolegle w starej cementowni we francuskim Lumbres. W ramach Programu 6 powstanie tu pierwsze na skalę przemysłową połączenie szczelnego pieca i systemu kriogenicznego wychwytywania dwutlenku węgla. Ruszyć ma w 2018 r. i w ciągu dekady przechwyci 8,1 Mt CO₂.

Elektryfikacja

Ważnym wydarzeniem było opracowanie przez VTT w 2022 r. elektrycznego pieca obrotowego, dzięki któremu cement można wytwarzać bez CO₂. Trzeba wziąć przy tym pod uwagę, że w procesie produkcji cementu mamy dwa źródła emisji. Po pierwsze, proces wymaga temperatury około 1000 st. C, dotychczas uzyskiwanej dzięki paliwom kopalnym. Po drugie, gdy wapien – główny surowiec cementu

i wapna palonego – jest podgrzewany, zawarty w nim węglan rozkłada się na dwutlenek węgla, powodując jeszcze dalsze emisje. Stąd piec, w którym energię ze spalania zastąpiono energią elektryczną, został wyposażony także w system do wychwytywania CO₂. Prototypowy piec został uruchomiony w Jyväskylä w Finlandii. Nad podobnym rozwiązaniem pracuje CEMEX wraz z fińsko-holenderską spółką Coolbrook, dysponującą technologią Roto Dynamic Heater (RDH), dzięki której w elektrycznym piecu można osiągnąć nawet 1700 st. C. Partnerstwo zawiazali trzy lata temu, planując zakończenie prototypu w 2024 r., wciąż nie ogłoszono jednak wyników testów.

Wapno alternatywne

Amerykański Brimstone postawił za to na wapno pozyskiwane inną drogą niż wypalanie. W tym celu zamiast wapienia sięgnął po obficie dostępne skały zawierające krzemian wapnia. Brimstone Rock Refinery to pilotażowy zakład, który ma ruszyć jeszcze w tym roku. Mają tu powstawać trzy finalne produkty. Kluczowy jest

tlenek glinu, bardzo poszukiwany surowiec do wytwarzania aluminium, a cement portlandzki i uzupełniające materiały cementowe (SCM) będą niejako produktami ubocznymi. Dzięki technologii nazwanej Rock Refinery nie tylko unika się emisji CO₂ towarzyszącej procesowi kalcynacji, ale także wytwarza odpady na bazie magnezu, które mogą nawet pochłaniać emisje ze spalania paliwa. Na swój projekt wart 378 mln dol. Brimstone otrzymał 189 mln dol. dotacji z funduszy federalnych.



9 pomysłów na zielony cement



Fot. Victor/Unsplash

Obok technologii bezemisyjnej produkcji cementu, które nadają się już do wdrożenia na skalę produkcyjną, naukowcy i startupery pracują nad całym mnóstwem innowacji, które pozwolą wygasić piece cementowni.

Należy przy tym pamiętać, że podczas produkcji cementu, z którego powstaje beton, CO₂ emitowane jest na dwa sposoby. Jedną sprawą to podgrzewanie pieców do 1400 st. C, w których mieszanka wapienia i gliny spieka się na szare bryłki znane jako klinkier cementowy (później jest mielony z gipsem, tak aby powstał cement). Przy dostarczaniu tak wysokiej temperatury zazwyczaj używa się węglowodorów, można by jednak uniknąć emisji, wykorzystując piece elektryczne. Drugim źródłem CO₂ jest proces chemiczny związany z rozkładem węglanu wapnia, który w piecu łąduje (tzw. proces OPC). W wyniku podgrzewania go z gliną powstaje nie tylko klinkier – składający się głównie z krzemianów wapnia – ale także dwutlenek węgla.

Elektrolizer

Dziś elektroliza kojarzy się przede wszystkim z produkcją czystego wodoru. Zaczyna być jednak też wykorzystywana do produkcji najbardziej uciążliwych dla klimatu surowców, jak stal i beton. Hutnicy już wykorzystują elektrolizę rudy żelaza, a podobnym tropem poszła branża cementowa, a dokładnie start-up Sublime Systems. Jego technologia eliminuje zarówno emisję pochodzącą z ogrzewania pieca, jak i chemicznego rozkładu wapienia. „Zamiast tego stosujemy proces elektrochemiczny, który może przekształcić powszechnie dostępne skały niewęglanowe i zgromadzone odpady przemysłowe, które nie uwalniają CO₂ podczas procesu rozkładu na cement w temperaturze otoczenia. To całkowicie eliminuje potrzebę stosowania paliw kopalnych”, podkreślają twórcy technologii. Elektrolizer Sublime jest odmianą elektrolizera rozszczepiającego wodę. Jedna elektroda wytwarza roztwór, który ekstrahuje wapń z obojętnych minerałów, pozostawiając reaktywny krzemian. Druga elektroda wytwarza

zasadowość, która wytrąca wapń (znany również jako wapno) w postaci czystego, reaktywnego ciała stałego. Reaktywny wapń i krzemiany miesza się w procesie niskotemperaturowym, aby otrzymać produkt końcowy. Cement Sublime zgodny jest z normą ASTM C1157.

Dwutlenek węgla

Najbardziej progresywnym pomysłem na zmniejszenie śladu węglowego betonu jest wykorzystanie jako surowca samego CO₂. Takie rozwiązanie zaproponował start-up CarbonCure, który wykorzystuje fakt, że dwutlenek węgla może zostać przekształcony w minerał. W kontakcie z betonem zamienia się w węglan wapnia, dzięki czemu beton staje się jeszcze mocniejszy. W ten sposób emisja CO₂ jest zredukowana średnio o 17 kg na każdy metr sześcienny. CarbonCure opracował system łatwego wdrożenia tego procesu w firmach produkujących beton. Modyfikacje są tu niewielkie – konieczne jest tylko zainstalowanie pojemnika na CO₂ i opracowanego przez CarbonCure urządzenia



umożliwiającego odpowiednie podawanie go do betonowej mieszanki. Wszystko trwa kilka godzin. Sam proces jest więc prosty – CO₂ staje się po prostu kolejnym substratem – a przy tym mało kosztowny. Betoniarne nie ponoszą kosztu inwestycji, a wyłącznie miesięczną opłatę licencyjną. Ich zyskiem jest jednak nie tylko to, że ograniczają emisję CO₂, ale także to, że zużywają mniej cementu. W ten sposób bardziej ekologiczny beton także pod względem kosztowym może konkurować z tradycyjnym. CarbonCure sprawdził swoje rozwiązanie już na kilku budowach, m.in. biurowca Amazon HQ2 w Arlington (Wirginia), fabryce GM w Spring Hill oraz budynku 725 Ponce w Atlancie, gdzie udało się uniknąć emisji 680 ton CO₂. Dwutlenku węgla jako surowca używa także kalifornijski start-up Fortera. Opracowana przez niego instalacja przechwytuje spaliny dwutlenku węgla z pieców, w których wypiekany jest cement, i kieruje go z powrotem, aby wytworzyć jeszcze więcej materiału. Pierwszą próbę na skalę komercyjną

podjął pod koniec 2024 r. w zakładzie CalPortland w Redding w Kalifornii. W pierwszej fazie Fortera wychwytuje CO₂ wystarczające do zmieszania z jedną piątą produkowanego tu cementu, co zmniejsza ślad węglowy o blisko 10 proc.

Wodorowęglan sodu

(soda oczyszczona)

Zespół MIT i Wyss Institute (Uniwersytet Harvarda) uznali, że zamiast zmniejszać ślad węglowy podczas produkcji cementu, stworzą raczej coś w rodzaju mechanizmu offsetowego, który skompensuje emisję CO₂. Beton powstały z wymieszania cementu z piaskiem, żwirem i wodą sam w sobie ma bowiem właściwości sekwestracyjne i potrafi przechwytywać CO₂ z powietrza. Jest to tzw. proces karbonatyzacji, w wyniku którego w utwardzonym już betonie powstają materiały węglanowe. Ma jednak tę przypadłość, że osłabia materiał, a w dodatku obniża wewnętrzną zasadowość, co przyspiesza korozję prętów zbrojeniowych. „Problem z reakcjami karbonatyzacji po utwardzaniu

polega na tym, że zakłóca się strukturę i skład chemiczny matrycy cementowej, która skutecznie zapobiegała korozji stali”, mówi prof. Admira Masica z MIT. Betonowa konstrukcja zaczyna się sypać. I w tym miejscu pojawia się nowy pomysł naukowców z MIT i Harvardu, którzy wyszli z prostego założenia: proces karbonatyzacji trzeba przyspieszyć. Tak aby CO₂ zostało wchłonięte podczas mieszania i wylewania betonu, zanim materiał stwardnieje. Kluczem do przyspieszenia okazał się wodorowęglan sodu, który znamy pod nazwą sody oczyszczonej. W testach laboratoryjnych z zastosowaniem tego związku zespół wykazał, że na wczesnych etapach nawet 15 proc. całkowitej ilości dwutlenku węgla powstającego podczas produkcji cementu może zostać zmineralizowane, co znacząco zmniejszy globalny ślad węglowy materiału.

C-Crete

Inny zespół naukowców z MIT opracował za to beton, który cementu



Fot. CarbonCure



Fot. Uve Sanchez/Unsplash

nie potrzebuje. C-Crete, bo tak nazywa się nowy materiał, ma być o tyle prosty w produkcji, że łącząc się z lokalnie dostępnymi surowcami mineralnymi i przemysłowymi produktami ubocznymi, tworzy beton bezcementowy. Kluczowe jednak, że można wytwarzać go bez wysokich temperatur. Co więcej, twórcy technologii twierdzą, że spoiwo C-Crete z czasem pochłania również CO₂, co dodatkowo zwiększa ekologiczność cyklu życia materiału. „Naszą wizją jest możliwość wykorzystania składu lokalnej skorupy ziemskiej do wytworzenia spoiw cementowych. Cement jest wszechobecny i nie ma potrzeby transportować go po całym świecie”, mówi Rouzbeh Savary, współtwórca C-Crete. Kombinacja molekularna tego spoiwa wciąż pozostaje tajemnicą, ale testy przeprowadzone w niezależnych laboratoriach wykazały, że spełnia ona wymagania wydajnościowe cementu portlandzkiego, takie jak wytrzymałość i płynność. Stąd już latem 2023 r. przetestowany został na jednej z budów w Seattle. Około

60 ton mieszanki zostało wylane w piwnicy rewitalizowanego budynku. Proces nie różnił się od zwykłego lania betonu, a i materiał nie wzbudził niczych zastrzeżeń.

Materiały organiczne

Beton i warzywa korzenne to rzeczy, które raczej słabo się ze sobą kojarzą. Są jednak wyjątki. Oto bowiem naukowcy z Lancaster University właśnie buraki i marchew dodali do betonu, aby stworzyć nowy, bardziej ekologiczny biomateriał. Wcześniej warzywa zostały zamienione w nanocząsteczkowy pył i połączone z cementem, składnikami wypełniającymi oraz wodą. Dzięki temu zarówno zaoszczędzono energię, jak i zmniejszono emisję CO₂ przy produkcji cementu, a materiał nawet stał się bardziej trwały i bardziej odporny na korozję. Jak tłumaczy prof. Mohamed Saafi, „nowy kompozyt nie tylko przewyższa obecne produkty cementowe pod względem właściwości mechanicznych i mikrostrukturalnych, ale również wymaga użycia mniejszej ilości cementu”. Naukowcy z Lancaster

University pokazują, że za jednym zamachem można rozwiązać dwa problemy. Do produkcji biobetonu użyli bowiem odpadów warzyw korzennych pozyskanych od firm przetwórczych. Po wysypiskach, spalarniach i kompostowniach pojawia się więc nowy pomysł na wykorzystanie odpadów organicznych, i to taki, który może przynieść im największą wartość.

Fusy z kawy

Podobny eksperyment podjęli australijscy naukowcy z uniwersytetu RMIT. Do betonu dodali fusy z kawy i okazało się, że jest nawet mocniejszy niż bez nich. Niepowodzeniem zakończyło się co prawda dodanie fusów w stanie „surowym”, czyli takich tuż po zaparzeniu. Beton z ich dodatkiem nie utwardzał się w sposób prawidłowy. Stąd wypróbowano pirolizy. To prowadzony w wysokiej temperaturze beztlenowy proces degradacji materiałów zwany też suchą destylacją. W jego efekcie uzyskuje się porowaty, chłonny biowęgiel. I taki właśnie biowęgiel z fusów od kawy „wypalonych” w temperaturze 350 st. C



znacząco, o 29,3 proc., zwiększył wytrzymałość betonu na ściskanie. Zawdzięcza to zdolności do wchłaniania wody. „Kiedy biowęgiel kawowy miesza się z betonem, jego cząsteczki zachowują się jak zbiorniki wody w mikroskali rozmieszczone w całym bloku. Gdy beton zaczyna twardnieć, biowęgiel powoli uwalnia zgromadzoną w sobie wodę, nawadniając ją w razie potrzeby. Redukuje w ten sposób mikropęknięcia skurczowe i zwiększa wytrzymałość betonu”, mówi główny autor badania Rajeev Roychand, materiałowznawca i inżynier ds. projektowania konstrukcji w RMIT. Do tego użycie zwęglonych fusów z kawy przynosi oszczędności w wykorzystaniu samego cementu w granicach 10 proc.

Beton spożywczy

Podobną ścieżką co naukowcy z Australii poszli także inżynierowie z Uniwersytetu Tokijskiego, którzy wzięli się za tworzenie całkiem organicznego cementu. Do pierwszych, bardzo udanych eksperymentów użyli drewna – beton, który z niego powstanie, ma czterokrotnie większą wytrzymałość

na rozciąganie – ale szybko poszli dalej i zaczęli wykorzystywać fusy z zielonej herbaty oraz kawy, skórki pomarańczy i cebuli, a także resztki kapusty pekińskiej. Japońscy naukowcy pracowali jednak nie tylko nad odzyskiem materiałów, ale także dalszym cyklem życia swojego produktu, i zapewniają, że można go zjeść. Wystarczy rozbić na kawałki i zagotować. Stąd też dopracowali jego smak i kolor. Nikt dotychczas nie zastanawiał się nad taką rolą cementu. Szef projektu prof. Yuya Sakai znalazł jednak dla niego zastosowanie. Miałby odegrać kluczową rolę w tworzeniu tymczasowych domów do celów ewakuacyjnych, w których można go przerobić na żywność, jeśli wyczerpią się zapasy. „Na przykład jeśli żywność nie może zostać dostarczona do ewakuowanych, mogą jeść prowizoryczne łóżka wykonane z cementu spożywczego” – powiedział naukowiec, który opracował także metodę zabezpieczania go przed gryzoniami.

Głony

Coraz mniej jest obszarów produkcji surowcowej, w których nie próbowano

wykorzystać glonów. Jeśli chodzi o beton, zrobił to start-up Prometheus, który dodał je do bezemisyjnego cementu portlandzkiego. Dzięki temu uzyskał materiał trzy razy mocniejszy od konwencjonalnego, o 15–20 proc. lżejszy, a w dodatku posiadający niezwykłą zdolność do pochłaniania dźwięku 12-krotnie lepszą od zwykłego betonu. Szerokiej publiczności zaprezentował go w 2023 r. podczas Biennale w Chicago. W tym roku należy oczekiwać pierwszych poważnych zleceń, a firma chce otworzyć swój zakład, w którym będzie produkować bloczki biobetonowe, kostkę brukową i panele fasadowe.

Mikroby

Start-up Biomason rozwinął z kolei technologię tworzenia cementu dzięki naturalnym mikroorganizmom. Inspiracją był proces biomineralizacji, odpowiedzialny m.in. za tworzenie raf koralowych i muszli. Tu w tworzeniu węgla wapnia – tego samego materiału, z którego składa się wapień – udział biorą mikroorganizmy. Biomason wykorzystał kruszywo pochodzące z recyklingu, do którego

dodano szczep bakterii, wapień, węgiel i składniki odżywcze. W ten sposób powstał „biocement”, który działa jak klej. W przeciwieństwie do tradycyjnej produkcji cały proces udało się przeprowadzić w temperaturze pokojowej, bez potrzeby podgrzewania. Utwardzenie materiału zajęło kilka dni, podczas gdy przy tradycyjnym cemencie zajmuje to czasami tygodnie. Z powstałego produktu można też tworzyć mocniejsze bloki betonowe, wykorzystując sposób, w jaki materiał się naturalnie formuje. Biomason nawiązała współpracę m.in. z IBF, największym producentem betonu w Danii.



Cement z odzysku

Kompleks mieszkaniowy Recygénie, który w ubiegłym roku wyrósł pod Paryżem, to wizytówka budownictwa zero waste.

Stanął na miejscu sypiących się już budynków mieszkalnych z lat 60. Odpady z ich rozbiórki nie zostały jednak wyrzucone, ale ponownie użyte przy budowie dwóch z siedmiu budynków kompleksu. Co więcej, materiał z recyklingu został zmieszany z wodą pochodzącą z odzysku oraz cementem wykonanym z materiałów, które obejmowały piasek z recyklingu, odpady z papieru i żużel stalowy. Dlatego dom zasłużył sobie na swoją nazwę.

Z wyburzanych domów

Naukowcy z Uniwersytetu w Cambridge opracowali metodę pozwalającą na ekologiczną produkcję cementu z odpadów pochodzących z rozbiieranych budynków. Robią to, wykorzystując stworzoną na jego bazie pastę cementową do wytopu recyklingowanej stali. Cement ma te same właściwości co tradycyjnie używany w tym procesie topnik

wapienny. W miarę topienia stali cement tworzy żużel, który unosi się na powierzchni poddanej recyklingowi stali. Po zebraniu i zmieleniu na proszek uzyskuje się materiał identyczny z klinkierem, który można wykorzystać do produkcji nowego cementu. Proces recyklingu cementu wymaga wysokiej temperatury – około 1750 st. C – która jest uzyskiwana w piecu elektrycznym zasilanym energią z OZE. Naukowcy założyli firmę Cambridge Electric Cement, która pracuje nad wdrożeniem tej technologii na skalę przemysłową – jest blisko uruchomienia linii produkcyjnej o wydajności 30 ton na godzinę. Według naukowców proces eliminuje emisję z pracy pieca, zużywając o 80-90 proc. mniej energii i zmniejszając całkowitą emisję CO₂ o co najmniej 50 proc.

Z produkcyjnych odpadów

Szwedzka firma Cemvision opracowała proces tworzenia cementu z odzysku wykorzystujący przemysłowe produkty uboczne powstające przy produkcji stali oraz w górnictwie. Używa ich zamiast

tradycyjnego surowca, jakim jest wapień. Dzięki temu proces nie tylko jest prowadzony w modelu gospodarki cyrkularnej, ale także zmniejsza emisję CO₂, która towarzyszy wypiekaniu wapienia. Technologia Cemvision jest bardziej energooszczędna – wymaga niższych temperatur – a przy tym firma wykorzystuje piece elektryczne, dzięki czemu ślad węglowy ich cementu jest od 80 do 100 proc. niższy niż tradycyjnego. Zachowuje przy tym trwałość i wydajność spoiwa, które osiąga wczesną wytrzymałość nawet 5 razy szybciej niż cement tradycyjny. W firmę zainwestował m.in. Bill Gates, a ciekawostką jest fakt, że pilotażowy zakład powstał w 2023 r. w Polsce. Jego wydajność to 4000 ton rocznie.

Z muszli małży

Nietypowym odpadem z dużym potencjałem są muszle. Przetwórcy owoców morza, którzy chcą się pozbyć skorupowych odpadów, płacą za to 100 funtów za tonę, a do tego dochodzą koszty ich zbierania i transportu. Ich drogi zbiegły się z pracami prof. Karla Williamsa z University of Central Lancashire,

który eksperymentował z muszlami przegrzebków i ślimaków morskich. Odkrył, że po zmiażdżeniu tworzą idealny proszek, który mógłby zwiększyć porowatość materiału, w którym zostałyby wykorzystane. Jego uwagę przykuł beton, a dokładnie jego specyficzny gatunek – wysoce przepuszczalna forma pozwalająca na wnikanie bezpośrednio w jego warstwę wody. Ostatnio ten materiał mocno zyskuje na znaczeniu, bo dzięki jego właściwościom woda, zamiast gromadzić się na jego powierzchni (i zalewając np. miasto), na pewien czas się wchłania. A beton zrobiony z muszli działa podobnie jak naturalna zieleni – wchłaniając i zatrzymując nadmiar wody niczym gąbka. Robi to na pewien czas, by potem, gdy przejdzie największa fala, powoli uwalniać zgromadzoną wodę do otaczającego gruntu.



CASE: fundamenty zmienione w baterie

Fot. City of Greenville (NC) Flickr

Naukowcy z MIT opracowali beton, dzięki któremu prąd wytworzony przez dachowe panele słoneczne będzie można magazynować z fundamentach domu. Najlepsze, że nie jest to żadna wyrafinowana technologia. Aby to osiągnąć, połączyli dwa materiały używane już w starożytności – cement i sadzę.

Ekipa naukowców odkryła, że połączenie tych dwóch materiałów z dodatkiem wody pozwala stworzyć superkondensator, alternatywę dla baterii umożliwiającą magazynowanie energii elektrycznej. Wymieszana w odpowiedni sposób sadza – która jest materiałem wysoce przewodzącym – podczas twardnienia betonu tworzy długą, rozgałęzioną sieć „drutów” węglowych. Woda naturalnie powoduje powstanie rozgałęzionej sieci otworów w strukturze, gdy reaguje z cementem, a węgiel migruje do tych

przestrzeni, tworząc fraktalne struktury podobne do drutu w utwardzonym cemencie. Następnie materiał jest moczony w standardowym elektrolicie, takim jak chlorek potasu, który dostarcza naładowanych cząstek gromadzących się na strukturach węglowych.

Naukowcy odkryli, że dwie elektrody wykonane z tego materiału, oddzielone cienką przestrzenią lub warstwą izolacyjną, tworzą bardzo silny superkondensator. Przekonują, że może się on stać elementem betonowego fundamentu domu i przechowywać energię wystarczającą do zaspokojenia wszystkich codziennych potrzeb. Zespół obliczył, że blok betonu domieszkowanego węglem w kolorze czarnym o wielkości 45 metrów sześciennych miałby wystarczającą pojemność do przechowywania około 10 kilowatogodzin energii,



co jest uważane za średnie dzienne zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym.

Co istotne, taki dodatek sady nie jest rozwiązaniem kosztownym, a sam beton zachowuje odpowiednią wytrzymałość strukturalną. Ma być to więc konkurencja dla wciąż bardzo kosztownych domowych baterii. W przeciwieństwie do akumulatorów bazujących na odwracalnych reakcjach chemicznych kondensator nie ulega degradacji w czasie i nie traci zdolności utrzymywania ładunku. To bardzo istotne, biorąc pod uwagę, że fundament to element domu, którego nie da się wymienić.

„Kondensator to bardzo proste urządzenie, składające się z dwóch płyt przewodzących prąd zanurzonych w elektrolicie i oddzielonych membraną. Gdy napięcie jest przykładane przez kondensator, dodatnio naładowane jony z elektrolitu gromadzą się na ujemnie naładowanej płycie, podczas gdy dodatnio naładowana płyta gromadzi ujemnie naładowane jony.

Ponieważ membrana między płytami blokuje migrację naładowanych jonów, ta separacja ładunków tworzy pole elektryczne między płytami, a kondensator zostaje naładowany. Dwie płyty mogą utrzymywać tę parę ładunków przez długi czas, a następnie dostarczyć je bardzo szybko w razie potrzeby. Superkondensatory to po prostu kondensatory, które mogą przechowywać wyjątkowo duże ładunki”, wyjaśniają naukowcy z MIT.

Naukowcy wyobrażają sobie również betonową jezdnię, która może zapewnić indukcyjne ładowanie samochodów elektrycznych podczas podróży po tej drodze. Bardziej praktyczne, a przynajmniej realistyczne jest jednak wykorzystanie go jako fundamentu dla wiatraków, które od razu zyskałyby baterię do gromadzenia energii. Na razie bardziej skupiają się na tym, jak beton uczynić bardziej ekologicznym. Od dłuższego czasu opracowywane są technologie obniżające jego ślad węglowy, głównie poprzez modyfikacje cementu. Na MIT zastanawiają się teraz, jak połączyć te rozwiązania.



Fot. John Guccione via Pexels



Materiały budowlane: stal

Fot. Greg Rosenke/Unsplash

● W 2024 r. za sprawą mniejszych inwestycji w Chinach produkcja stali spadła o 0,9 proc. Mimo to od dekady utrzymuje się na wysokim poziomie przekraczającym 1,8 mld ton rocznie, przeszło dwa razy wyższym niż na początku wieku (0,85 mld ton). Jest to przemysł bardzo energochłonny – zużywa 9 proc. całej energii produkowanej na świecie (35 EJ). To sprawia, że hutnictwo jest jedną z branż najbardziej obciążających środowisko. Odpowiada za 7 proc. globalnej emisji CO₂. Zieloną transformację tego sektora utrudnia fakt, że większość produkcji została wyprowadzona do krajów rozwijających się – Chiny z 57-procentowym udziałem są liderem – a gospodarki rozwinięte, zdeterminowane do redukcji emisji, dawno temu zlikwidowały moce wytwórcze w tej branży – UE odpowiada za 7 proc., a USA za 4 proc. wytopu.

● Potencjał redukcji emisji w konwencjonalnym procesie wytopu stali ogranicza się do

systemów do wychwytywania CO₂ (CCUS), który nie będzie miał tu tak dużego znaczenia jak w przypadku cementu. Według IEA w 2030 r. tak produkowane będzie 3 proc. stali, a w połowie wieku 37 proc. Większe znaczenie będzie mieć wzrost efektywności, elektryfikacja hut oraz wykorzystanie wodoru. Potencjał wszystkich metod redukcji emisji, łącznie z ograniczeniem popytu, IEA szacuje na 27 proc. mniej emisji do 2030 r.

● W sektorze stalowym stale rośnie wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (głównie biopaliw oraz prądu z OZE) – wg Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (IRENA) w tej dekadzie ich udział ma się zwiększyć z 6 do 20 proc. Z kolei wg IEA jest szansa, że do 2030 r. udział bezemisyjnego lub prawie bezemisyjnego wytopu stali sięgnie 8 proc. Istotny postęp uda się zrobić dopiero po tej dacie – w 2035 r. ten odsetek powinien już wzrosnąć do 27 proc., a docelowo w połowie wieku 95 proc. stali będzie się zaliczać do tej kategorii.

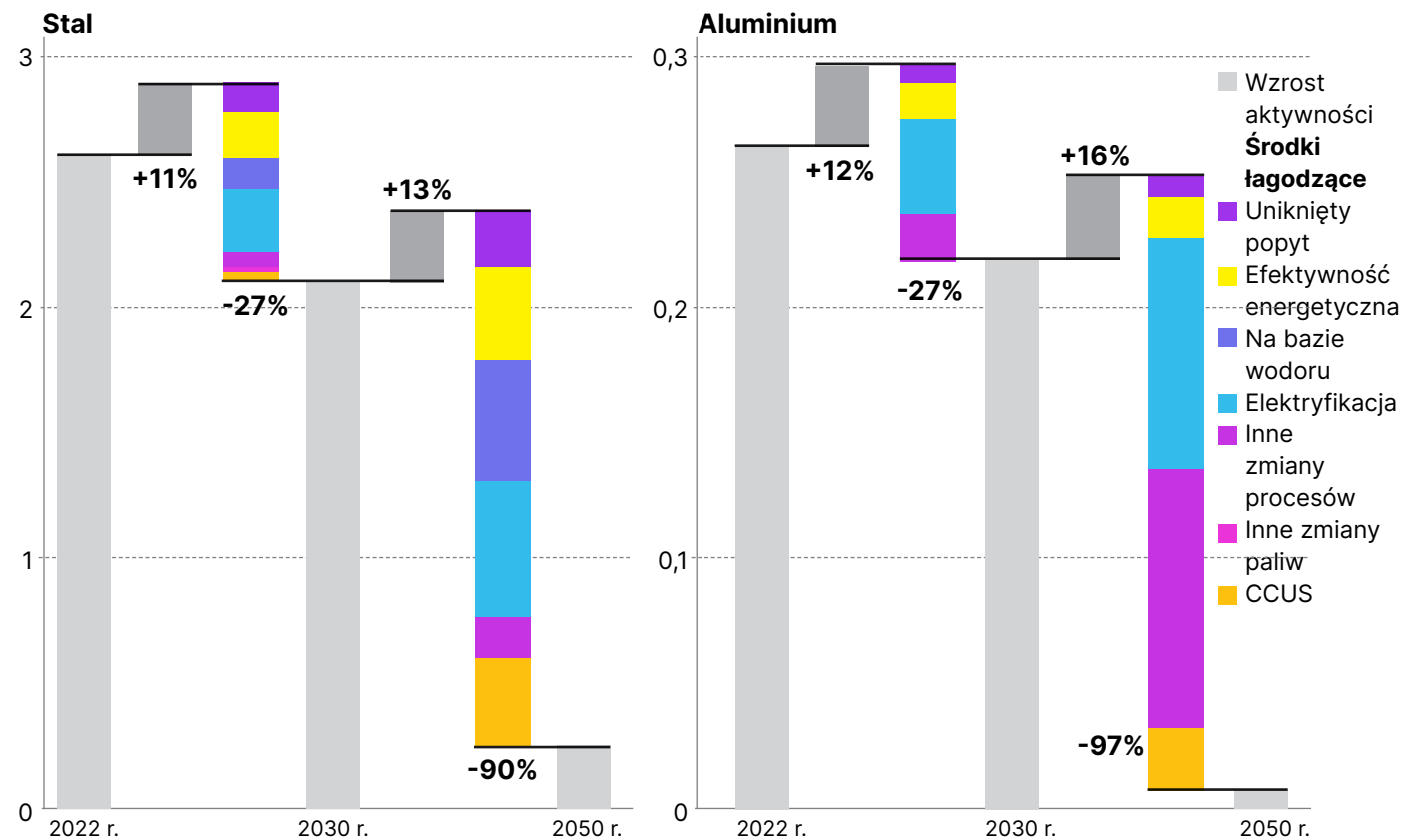


● Emisyjność produkcji stali zmniejsza się także dzięki wykorzystaniu metalu z odzysku, który w przeciwieństwie do rudy żelaza nie musi podlegać redukcji. Jest to jednak metoda wykorzystywana już dość powszechnie – złom odpowiada za 33 proc. surowca – i potencjał dalszego wzrostu jest ograniczony. Zgodnie z wyliczeniami IEA w 2030 r. recykling będzie dostarczał 38 proc. wsadu do pieców, a w połowie wieku 48 proc.

● Dość niespodziewanie pojawiają się jednak nowe źródła stali z recyklingu. Obiecującym surowcem jest w tym względzie czerwony szlam pozostały po produkcji aluminium. Rocznie powstaje go 180 mln ton i jest uciążliwy dla środowiska. A uzbierało się go już 4 mld ton. Głównym składnikiem szlamu, stanowiącym nawet 60 proc. masy, jest tlenek żelaza, który nadaje mu charakterystyczny czerwony kolor. Stąd naukowcy z Max-Planck-Institut für Eisenforschung zaproponowali, aby wykorzystując piece łukowe zasilane plazmą wodorową, przetopić go na żelazo. W ten sposób z zalegającego odpadu

można pozyskać 700 mln ton stali – 38 proc. rocznego zapotrzebowania. Potencjał bieżącej produkcji szlamu jest rzecz jasna znacznie mniejszy, sięga 30 mln ton stali.

Redukcja emisji poprzez środki łagodzące (Gt CO₂)



CCUS = przechwytywanie, wykorzystanie i składowanie dwutlenku węgla



Czyszczenie stali z węglowego śladu

Dziś ponad 70 proc. produkcji odbywa się przy użyciu wielkich pieców tlenowych (Furnace-Basic Oxygen Furnace – BF-BOF), które bazują głównie na węglu metalurgicznym.

W klasycznym procesie wytopu żelaza węgiel spełnia dwie funkcje: bardziej kojarzy się go jako paliwo do ogrzewania pieców, w których wytapia się stal, ale wcześniej odgrywa rolę reduktora rudy zawierającej tlenki żelaza, dzięki któremu powstaje wykorzystywane do wytopu surowe żelazo i CO₂ jako produkt uboczny. Opracowując nowe technologie pozyskiwania stali, trzeba więc tamować oba źródła emisji.

Bezpośrednia redukcja wodorowa (DRI – EAF)

Węgiel jako reduktor można zastąpić wodorem w procesie tzw. bezpośredniej redukcji żelaza, który prowadzi do usunięcia z rudy tlenu i przetworzenia jej w żelazo zredukowane (Direct Reduced Iron – DRI) zwane też żelazem gąbczastym. Do przetopienia go w stal nie są przy tym potrzebne tradycyjne

wielkie piece zużywające duże ilości paliwa, ale elektryczne piece łukowe (Electric Arc Furnace – EAF). IEA wylicza, że w 2030 r. w ten sposób będzie produkowane 5 proc. stali, a w połowie wieku 44 proc. Dziś jej koszt jest jednak o 25 proc. wyższy niż stali wytapianej tradycyjnie. Pierwsza działająca w tym modelu bezemisyjna huta żelaza H2 Green Steel powstaje w Szwecji. Ukończona ma być w przyszłym roku, a jej możliwości wytwórcze sięgną 2,5 mln ton stali. Zakład będzie bazował na czystej energii, której w Szwecji nie brakuje, więc stal będzie całkiem bezemisyjna.

Elektroliza rudy żelaza

To rozwijany od niedawna znacznie skrócony proces produkcji stali dzięki elektrolizie rudy żelaza. Zanurzona w elektrolizie zasilanym energią elektryczną rozdziela się na tlen i żelazo odkładające się na grafitowej katodzie. Dziś inżynierowie pracują przede wszystkim nad tym, aby proces odbywał się w jak najniższej temperaturze i przy jak najniższym zużyciu energii. IEA przewiduje, że technologia ta zostanie wdrożona

dopiero po 2030 r., a w połowie wieku będzie odpowiadać za 14 proc. produkcji. Autorską metodę elektrolizy stopionego tlenku (Molten Oxide Electrolysis – MOE) rozwija z kolei start-up Boston Metal. Technologia ta łączy rudę żelaza z elektrolitem z ciekłego tlenku i wykorzystuje energię elektryczną do podgrzania wszystkich tych składników do około 1600 st. C. W ten sposób powstaje czyste żelazo w stanie płynnym. Na razie proces prowadziła na skalę półprzemysłową, pierwszy zakład demonstracyjny w Bostonie chce uruchomić w przyszłym roku.

Nowe ścieżki

W marcu 2024 r. w Kolorado amerykański start-up Electra, w którym jednym z inwestorów jest Bill Gates, uruchomił swój pierwszy na świecie zakład produkcji całkowicie bezemisyjnego żelaza. Firma nie zdradza szczegółów swojej technologii, zapewniając tylko, że procesy elektrochemiczne i hydrometalurgiczne na skalę przemysłową wykorzystuje do rafinacji niskogatunkowych rud żelaza w żelazo

wysokiej czystości, i to w temperaturze 60 st. C. Później podobnie jak w hutach wodorowych przetapia je w piecach łukowych, produkując stal. Nie mniej intrygująca jest zaprezentowana przez prof. Zhang Wenhua z Chińskiej Akademii Inżynierii (CAE) metoda błyskawicznego wytopu żelaza na bazie drobno zmielonej rudy żelaza. Wykorzystuje do tego tzw. lancetę wirową, która do pieca o wysokiej temperaturze w ciągu godziny może wstrzyknąć 450 ton sproszkowanej rudy. Wywołuje to gwałtowną reakcję chemiczną, która niemal natychmiast wytwarza krople ciekłego żelaza. W tradycyjnych piecach trwa to 5–6 godzin, a tu zaledwie 3–6 sekund. Jeden reaktor wyposażony w trzy lancety może produkować ponad 7 mln ton żelaza rocznie.



EKSPERCI MAJĄ GŁOS: niskoemisyjne szkło zrewolucjonizuje wydajność budynków

● **Zrównoważony rozwój szkła** jako materiału budowlanego zyskał w ostatnich latach większą uwagę, równoległe z rosnącym zapotrzebowaniem na przyjazne dla środowiska praktyki budowlane. Innowacyjne technologie umożliwiły architektom tworzenie nie tylko niekonwencjonalnych kształtów, ale także zrównoważonych produktów z tego wszechstronnego materiału. W tym artykule badamy zrównoważony rozwój szkła, oceniając jego wpływ na środowisko, efektywność energetyczną i zużycie zasobów, przekonuje Görkem Elverici, szef Şişecam. Kiedy myślimy o innowacjach, myślimy o zaawansowanej technologii, robotach, które mają zastąpić ludzi. Rzadko uważamy drapacze chmur za centrum innowacji. Niemniej jednak branża budowlana przechodzi rewolucję, która ma zmienić sposób, w jaki myślimy o budownictwie i efektywności energetycznej. W centrum tej rewolucji leży szkło.

● **Innowacje w technologii szkła:** Obecnie stosunek szkła do innych

materiałów budowlanych może zaskakiwać. W nowoczesnych drapaczach chmur jego wykorzystanie stanowi ponad 50 proc. powierzchni zewnętrznej. Postępy w technologii dały szkłu wiele nowych właściwości, zmieniając jego wygląd i możliwości. Szkło jest dziś czymś więcej niż tylko prześwitującą powierzchnią. Może być również półprzezroczyste, odblaskowe, a nawet wytwarzać i chronić energię. Szkło płaskie, powszechnie stosowane w drapaczach chmur, ma swoje wady. Z łatwością przenosi ciepło z wnętrza na zewnątrz, ponieważ szybko przewodzi ciepło. Może to prowadzić do większego zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia. Ponadto wysoka przepuszczalność światła może powodować zbyt dużo światła słonecznego wewnątrz i wahania temperatury.

● **Energooszczędność:** Kiedy w latach 70. nastąpił kryzys energetyczny, europejskie rządy zaczęły prowadzić politykę regulującą zużycie energii. Departament Energetyki USA ustalił, że około 25 proc. kosztów ogrzewania mieszkańców jest wynikiem

bezpośrednich strat energii poprzez okna budynków. Z tego powodu rozpoczęto finansowanie badań, które mogłyby zmniejszyć ilość uciekającej energii. W XX wieku na rynek trafiły okna wielokomorowe, a producenci po raz pierwszy zaczęli wprowadzać na rynek okna energooszczędne. Okna i drzwi z podwójnymi szybami okazały się skutecznym rozwiązaniem, ponieważ znacznie zmniejszają przenoszenie ciepła, minimalizując potrzebę nadmiernego ogrzewania lub klimatyzacji. Okna o niskiej emisji (Low-emissivity) pojawiły się także w latach 70. Pierwsze powłoki low-e wykonano przy użyciu cienkich warstw złota, dających zielony odcień. W 1981 r. dzięki wykorzystaniu warstw srebra wyprodukowano pierwsze bezbarwne powłoki.

● **Co to jest szkło low-e:** aby dodać różne właściwości antyrefleksyjne, srebro dodatkowo jest pokryte innymi materiałami. W ten sposób uzyskuje się selektywność w widmie elektromagnetycznym. Do wnętrza budynku wpuszcza się światło dzienne, a jednocześnie



odbija promienie podczerwone i ultrafioletowe. W rezultacie szkło low-e znacznie zmniejsza zużycie energii w budynku, zwiększa komfort w pomieszczeniach i tworzy zdrowsze środowisko dla mieszkańców.

Co więcej, jego pozytywny wpływ na zużycie energii i długa żywotność pomagają zmniejszyć ślad węglowy. W zależności od przepisów dotyczących efektywności energetycznej w krajach rozwiniętych i rozwijających się stosowanie powlekanego szkła podwójnego lub potrójnego w nowych budynkach staje się obowiązkowe.

Rosnące zapotrzebowanie na energooszczędne rozwiązania w dzisiejszych budynkach napędza rynek inteligentnego szkła. Wartość współczynnika przenikania ciepła (U) możemy zmniejszyć z 5,7 W/m²K w zwykłych oknach z pojedynczą szybą do 0,5 W/m²K w oknach z potrójnym szkłem izolacyjnym pokrytym low-e. Oznacza to, że zapewniamy mniej więcej 10 razy większą izolację termiczną. Dzięki powłoce, która zapobiega wydostawaniu się ciepła z wnętrza,

zapewniamy o 50 proc. lepszą izolację niż standardowe podwójne szkło. W ten sposób przyczyniamy się do zmniejszenia obciążeń grzewczych i chłodniczych budynków.

● Jak możemy uczynić cykl życia szkła bardziej zrównoważonym:

Pomimo wkładu szkła low-e w zmniejszenie śladu węglowego w budownictwie nadal istnieją obawy co do zrównoważonego rozwoju produkcji szkła. Chodzi m.in. o wysokie zużycie energii i zasobów naturalnych. Wykorzystanie paliw kopalnych przyczynia się do emisji gazów cieplarnianych i zmian klimatu. Dodatkowo wydobycie i przetwarzanie surowców wymaganych do produkcji szkła – takich jak piasek – może zniszczyć naturalne ekosystemy. Z tych powodów produkcja szkła często nie jest zrównoważona. Jednak przemysł szklarski może zmniejszyć te skutki, przyjmując bardziej zrównoważone rozwiązania. Na przykład może zmniejszyć wpływ produkcji szkła na środowisko poprzez zwiększenie wykorzystania szkła pochodzącego z recyklingu, poprawę

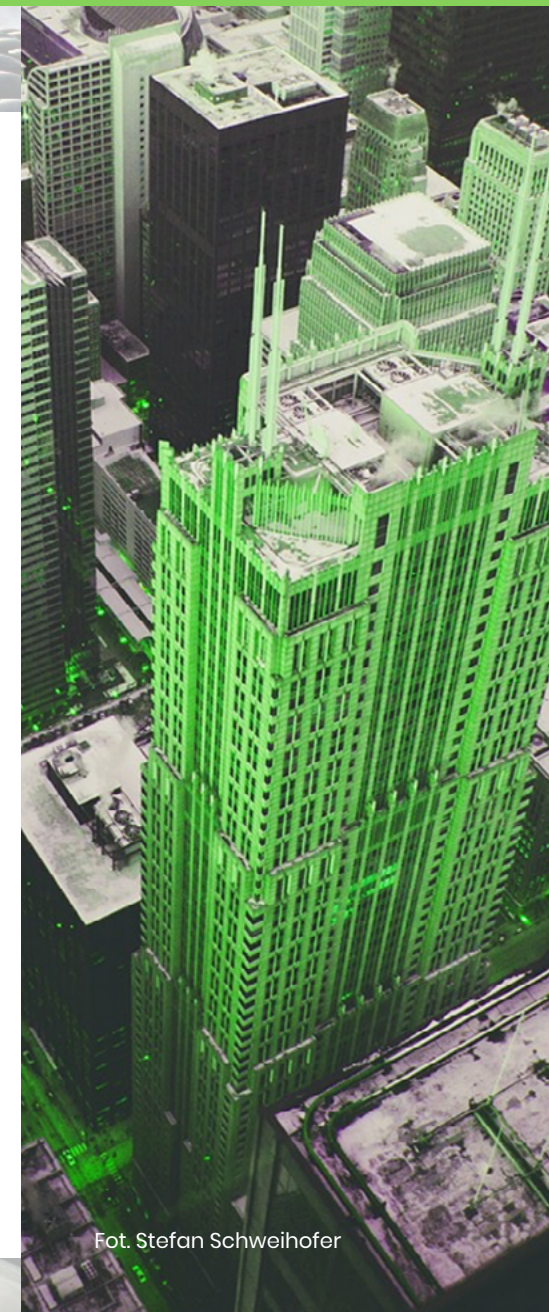
efektywności energetycznej i przejście na odnawialne źródła energii.

W wyniku badań nad zidentyfikowaniem najlepszych praktyk w zakresie efektywności energetycznej, odzyskiwania utraconej energii i zmniejszenia potrzeb energetycznych w ciągu ostatnich 15 lat udało nam się zmniejszyć specyficzne zużycie energii o 12 proc. Równolegle naszym celem jest ośmiokrotne zwiększenie zużycia energii odnawialnej do 2030 r.

● **Wnioski:** Przy ocenie zrównoważonego rozwoju kluczowe jest uwzględnienie całego cyklu życia szkła, w tym jego produkcji, użytkowania i utylizacji. To holistyczne podejście pozwala na świadome decyzje dotyczące stosowania szkła w budynkach i promuje zrównoważone praktyki budowlane. Mamy obowiązek pozostawić zdrowy i zrównoważony świat dla przyszłych pokoleń. Firmy muszą działać zgodnie z tą odpowiedzialnością. Wdrażając dobrze zdefiniowane strategie skoncentrowane na ochronie środowiska, odpowiedzialności

społecznej i pozytywnym wpływie społecznym, możemy dążyć do stworzenia zrównoważonej przyszłości. Zapraszam przemysł szklarski do udziału w tej podróży ku bardziej zrównoważonej przyszłości.

Tekst pochodzi z World Economic Forum



Fot. Stefan Schwehofer



Materiały budowlane: drewno

Fot. Behnam Norouzi/Unsplash

● Drewno to całkowite przeciwieństwo cementu czy stali, bo nie tylko nie generuje CO₂ przy produkcji, ale wykazuje tzw. emisje ujemne – w swojej masie magazynuje dwutlenek węgla przechwycony przez drzewa w czasie ich wzrostu. Naukowcy z Potsdam Institute for Climate Impact Research (PICIP) uważają nawet, że dla ratowania klimatu konieczna jest przemiana technologiczna i przejście od betonu do drewna. Eksperci bazują na scenariuszu, w którym do 2050 r. na Ziemi może być ponad 9,5 mld ludzi, z czego 70 proc. będzie żyło w środowisku miejskim. Jeśli nie zmienimy naszego modelu budowy bazującego na betonie i stali, to według Potsdam Institute for Climate Impact Research skumulowana emisja gazów cieplarnianych powstająca przy wytwarzaniu tych materiałów budowlanych w 2050 r. może stanowić już nie 8 proc., ale 25 proc. globalnej puli emitowanego CO₂.

● Dlatego niemieccy naukowcy z Uniwersytetu Humboldtów w Berlinie oraz Research Institute

for Sustainability proponują pójść w drugą stronę. Aby drastycznie ograniczyć ślad węglowy, trzeba tworzyć pochłaniacze dwutlenku węgla. Budynki, które będą stać całe dekady, są świetnym miejscem na długoterminowe składowanie węgla – stąd pomysł na intensywne wykorzystanie w nich drewna. W swoich badaniach analizowali cztery scenariusze masowego użycia drewna w budownictwie w ciągu następnych 30 lat. W pierwszym z nich, nazwanym „jak do tej pory”, większość nowych budynków jest wykonana z betonu i stali, a tylko 0,5 proc. z drewna. W drugim scenariuszu 10 proc. budowli jest z drewna; w trzecim 50 proc. i wreszcie ostatni scenariusz zakłada, że 90 proc. nowych konstrukcji wykonywane jest z drewna. To oczywiście wymagałoby od krajów, które obecnie mają niższy poziom uprzemysłowienia, dużych zmian. Wszystkie te opcje pochłonięłyby węgiel, ale im więcej masowych budynków z drewna, tym więcej sekwestracji węgla: najniższy scenariusz może przynieść 10 mln ton CO₂ magazynowanych

rocznie, mówią naukowcy, a najwyższy – prawie 700 mln ton.

● Tak drastyczna zmiana musiałaby zostać dokonana bardzo rozważnie. Przede wszystkim trzeba wypracować zrównoważony model pozyskiwania drewna, tak aby nie zaburzyć bilansu ekologicznego (tym bardziej że obecnie znaczna część krajów chce powiększyć areaty leśne). Druga kwestia to rozwój technologii, która pozwoli na opracowanie elementów konstrukcyjnych nadających się do prostego ponownego użycia lub recyklingu w przypadku rozbiórki lub zniszczenia budynku. Niemcy przypominają też, że historycznie porzuciliśmy drewno ze względu na jego niską wytrzymałość i łatwopalność. Pod tym względem technika poczyniła już jednak bardzo duże postępy, co przekłada się na rosnącą popularność użycia drewna także przy bardzo dużych konstrukcjach.

● W tym względzie kluczową rolę do odegrania ma drewno klejone (laminowane) krzyżowo CLT



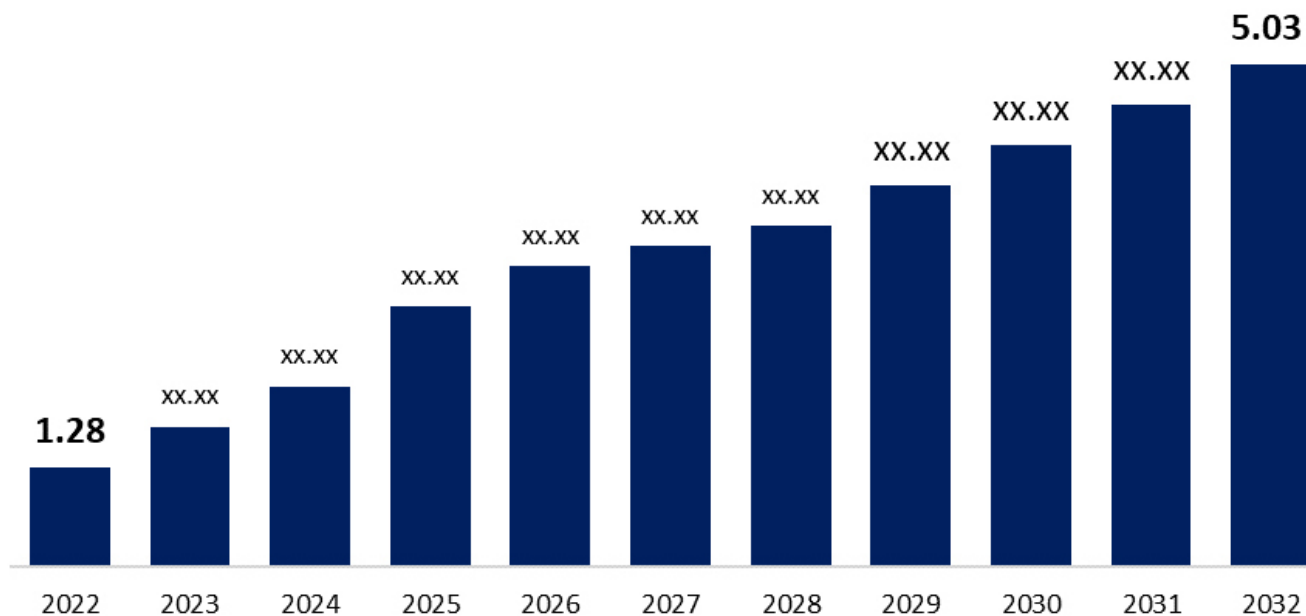
(Cross Laminated Timber), które jest materiałem bardzo trwałym, pozwalającym zastępować stal i beton nawet w bardzo wysokich budynkach (to element tzw. mass timber, o którym dalej). Dziś to wciąż bardzo mały rynek szacowany na jakieś 1,5 mld dol. – wartość to marginalna, jeśli porówna się ją z 457 mld dol., na które Research and Markets oszacował globalną produkcję cementu. Mamy jednak do czynienia z rynkiem szybko rosnącym, w tempie ponad 14 proc. rocznie, który na koniec dekady przekroczy 3,5 mld dol. Bardziej optymistyczne prognozy mówią o 5 mld dol. w 2032 r. (Vertical Insights).

● Dziś kluczowym rynkiem CLT jest Europa, gdzie niektóre kraje mocno promują drewno jako materiał konstrukcyjny – w 2022 r. francuski rząd wprowadził wymóg, aby wszystkie nowe budynki publiczne były wykonywane w co najmniej 50 proc. z drewna lub innych zrównoważonych materiałów, a od tego roku niższy, 20-procentowy wymóg zaczął obowiązywać w Amsterdamie. Na ile zwiększy się

skala produkcji CLT, w dużej mierze zależy od tego, czy technologia ta zyska popularność na innych rynkach, zwłaszcza w USA. Szczególny potencjał ma segment budownictwa mieszkaniowego, dla którego drewno jest materiałem naturalnym, a dziś odpowiada za wykorzystanie tylko 40 proc. Z jednej strony barierą jest pokutujące postrzeganie drewnianych domów jako produktu niższej klasy, a z drugiej relatywnie wysoka cena CLT. Technologia ta oferuje też spore zalety. Najczęściej implementowana jest w formie prefabrykowanych elementów, dzięki czemu szybszy jest czas budowy i lepsza kontrola jakości. Potencjalnym ograniczeniem, zwłaszcza przy wzroście popularności CLT, w przyszłości może być także podaż surowca (o czym dalej).

Globalny rynek drewna klejonego krzyżowo (CLT) mld dol.

Dane: Vertical Insights





Gdzie będziemy cięli

● Budowanie z drewna jest świetnym pomysłem na dekarbonizację mieszkalnictwa, pytanie tylko, czy mamy na to odpowiednią ilość surowca. Bank Światowy przewiduje, że do 2050 r. globalny popyt na drewno może wzrosnąć czterokrotnie, głównie przez wzrost populacji i związane z tym zmiany w konsumpcji. Budownictwo będzie głównym źródłem tego popytu i będzie rywalizować z innymi gałęziami gospodarki. Z kolei opublikowany w zeszłym roku raport firmy konsultingowej ds. zrównoważonego rozwoju Metabolic szacuje, że aby osiągnąć cel 50-procentowego budownictwa mieszkaniowego na bazie surowców organicznych w Europie w 2030 r. (co odpowiada 18-procentowemu spadkowi emisji dwutlenku węgla), produkcja drewna konstrukcyjnego musiałaby wzrosnąć prawie pięciokrotnie, a drewno z odzysku o cztery i pół razy. Eksperti Metabolic przekonują, że wzrost zużycia drewna nie jest zgodny z realistycznym potencjałem wzrostu wycinek drzew.

● Samo ścinanie większej liczby drzew w celu zaspokojenia rosnącego

popytu nie jest realnym rozwiązaniem ze względu na ograniczoną ilość gruntów przeznaczonych na komercyjną uprawę drzew. Leśnictwo jest uważane za zrównoważone, gdy kraj nie przekracza rocznego przyrostu netto, zdefiniowanego jako ilość ściętych drzew, minus naturalne straty spowodowane śmiercią i chorobami. Zgodnie z ostatnimi dostępnymi danymi Eurostatu w Europie branża pozyskiwania drewna wycięta 65 proc. rocznego przyrostu netto (2021 r.). Niemcy były bliskie maksymalnego wyczerpania swojej kwoty, na poziomie 99 proc., a Republika Czeska przekroczyła ją na poziomie 104 proc. Tymczasem strategia różnorodności biologicznej UE na rok 2030 ma na celu maksymalnie 30 proc. lasu dostępnego do komercyjnego pozyskiwania drewna.

● Odrębną kwestią pozostaje surowiec potrzebny do produkcji bardzo wytrzymałego, specjalnie przygotowanego tzw. mass timber (o czym dalej), które nadaje się do budowy dużych obiektów – zarówno wielopiętrowych domów czy

biurowców (wykorzystano je m.in. na kampusach Google'a i Mety), jak i lotnisk oraz stadionów. Chociaż produkcja drewna konstrukcyjnego to ogromna branża, mass timber stanowi tylko jej ułamek. W Ameryce Północnej, gdzie wykorzystuje się go wyjątkowo dużo – w marcu 2023 r. w realizacji były 1753 projekty – rocznie produkuje się około 18 mld m desek, ale mass timber odpowiada już tylko za 0,4 mld m. Zakładów, które je produkują, jest około 40 i wszystkie działają powyżej swoich mocy wytwórczych. Co więcej, roczne tempo wzrostu wciąż jest niewielkie: według Forisk w 2024 r. moce produkcyjne wzrosły z 1,75 do 1,9 m sześć., czyli zaledwie o 8 proc. Tymczasem według Acumen Research and Consulting do końca dekady trzykrotnie wzrośnie liczba budynków stawianych z drewna, a przynajmniej o tyle zwiększy się popyt na surowiec. Skala działalności robi się więc tak duża, że trzeba poważnie pomyśleć o tym, na co zwraca uwagę coraz więcej naukowców – jak zabezpieczyć surowiec.

● Brak odpowiedniego surowca sprawił, że na mass timber

Amerykanie muszą importować surowiec aż z Europy. Mocno stoi to jednak w sprzeczności z ideą zrównoważonego budownictwa, która jest podkreślana przy okazji drewnianych budowli: długodystansowy transport znacząco zwiększa ślad węglowy tego typu projektów. Stąd zalecenie, aby drzewo pozyskiwać z tartaków znajdujących się nie dalej niż 300 mil od miejsca budowy. Jeśli więc mass timber ma być przyszłością budownictwa, trzeba pomyśleć o tym, jak dostosować do tego uprawę lasów. Tym bardziej że przy dużej skali eksport drewna będzie źle postrzegany jako swego rodzaju rabunek cennego zasobu naturalnego.



Drewniane klocki

Trend budowy z wykorzystaniem drewna zrobił się tak wyraźny, że największe na świecie stowarzyszenie specjalistów ds. bezpieczeństwa budynków The International Code Council (ICC) stworzyło międzynarodowe normy budowy drewnianych obiektów możliwe do zaimplementowania do kodeksu budowlanego. ICC szczególną uwagę zwraca na cztery cechy, jakimi wyróżnia się tzw. mass timber:

→ **ognioodporność** – podczas testu odporności ogniowej 5-warstwowa ściana z paneli z drewna klejonego krzyżowo (CLT) została poddana działaniu temperatur przekraczających 1800 st. Fahrenheita (982 st. C) przez 3 godziny i 6 minut (w przepisach budowlanych mowa jest o 2 godzinach). Z testu wynika, że w czasie pożaru odstonięta masa drewna zwęglą się na zewnątrz, tworząc warstwę

izolacyjną chroniącą drewno wewnątrz przed uszkodzeniem

→ **wytrzymałość** – najnowsze budynki z masywu drewnianego ważą w przybliżeniu o 80 proc. mniej niż porównywalne budynki betonowe, co z kolei zmniejsza rozmiar ich fundamentów i bezwładnościowe siły sejsmiczne. Wysoki stosunek wytrzymałości do wagi stanowi o dużej odporności na wszelkie wstrząsy

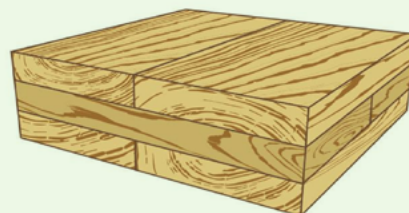
→ **ekologiczność** – zastąpienie stali przez mass timber zmniejszyłoby emisję dwutlenku węgla o 15–20 proc., według niektórych szacunków krótkoterminowe wykorzystanie CLT i innych pojawiających się technologii drewna w budynkach od 7 do 15 pięter może mieć taki sam wpływ na kontrolę emisji jak usunięcie z jezdni ponad 2 mln samochodów na okres jednego roku

→ **oszczędność** – ponieważ panele z drewna są prefabrykowane, a następnie montowane na miejscu, budynki wykonane tą metodą stawia

się znacznie szybciej i przy znacznie prostszym procesie konstrukcyjnym. Budynki z mass timber buduje się blisko 25 proc. szybciej niż budynki betonowe i wymagają o 90 proc. mniej ruchu budowlanego (ang. construction traffic).

Skoro to nie stal czy beton, ale drewno ma być przyszłością budownictwa, warto dowiedzieć się, z czego tak naprawdę będziemy w przyszłości budować. Mass timber ma co najmniej kilka wariantów. Każdy bardzo trwały, aby mógł unieść wysokie budynki:

Cross Laminated Timber (CLT), czyli drewno laminowane krzyżowo, ewentualnie klejone krzyżowo, to najbardziej znany członek rodziny mass timber. Został wymyślony 40 lat temu przez Szwajcarów. Powstaje w wyniku sklejenia ze sobą co najmniej trzech warstw litej



tarcicy, czyli wyciętej z pojedynczej kłody drzewa. Każda warstwa desek jest zwykle zorientowana prostopadle do sąsiednich, od czego pochodzi nazwa „krzyżowo”. CLT jest więc podobne do sklejki, ale ma znacznie grubsze warstwy (zwane laminatami lub lamelami). Drewno jest materiałem anizotropowym – co znaczy, że jego właściwości fizyczne zmieniają się w zależności od kierunku przyłożenia siły – dlatego klejenie warstwy pod kątem prostym sprawia, że powstały panel jest w stanie uzyskać lepszą sztywność konstrukcyjną w obu kierunkach. Liczba tych warstw zazwyczaj jest nieparzysta. Segmenty CLT pasują do siebie niczym drewniane klocki Lego, są sklepane w fabryce zgodnie ze specyfikacją i montowane na placu budowy przy niewielkiej ilości odpadów. Typowe ich zastosowania to podłogi, ściany i dachy.

Glued Laminated Timber, zwany też **glulamem** (a po polsku drewnem klejonym warstwowo), również jest panelem składającym się z posklejanych laminatów. W tym



przypadku nie układa się ich jednak prostopadle, ale równolegle. Jest to znacznie starsza technika, której początki sięgają XIX-wiecznej Anglii – opatentowana została jednak w 1901 roku przez niemieckiego cieślę Otto Karla Freidricha Hetzera. Równolegle dobrze klei się m.in. wąskie kawałki tarcicy, dzięki czemu można wykorzystywać drewno młodych drzew o niewielkim przekroju. W ten sposób najczęściej powstają belki oraz filary, które mają wyższy stosunek wytrzymałości do masy w porównaniu zarówno z betonem, jak i stalą. Co więcej, glulam ma także wyższą odporność na wyboczenie boczno-skrętne niż stal, dlatego jest wykorzystywany do stawiania belek mostowych i wysokich budynków.

Nail Laminated Timber (NLT), czyli drewno laminowane gwoździami,



jest podobne do glulamu, tyle że ułożone równolegle kawałki tarcicy mocowane są za pomocą gwoździ



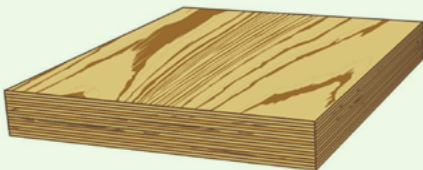
lub śrub. Jego zaletą jest nie tylko możliwość wykorzystania łatwo dostępnego drewna ze źródeł lokalnych (tak jak w przypadku glulamu), ale także łatwość wykonania. MLT nie wymaga dedykowanego zakładu produkcyjnego. Ze względu na atrakcyjny wygląd architekci chętnie wykorzystują go do tworzenia monolitycznych paneli ściennych, jest jednak stosowane również w podłogach oraz dachach.

Dowel Laminated Timber (DLT), czyli drewno laminowane kołkami, wykonuje się analogicznie do NLT. Jak sama nazwa wskazuje, tarcica jest jednak mocowana za pomocą drewnianych kołków. Ponieważ DLT jest wykonane w całości z drewna, można je łatwo obrabiać za pomocą



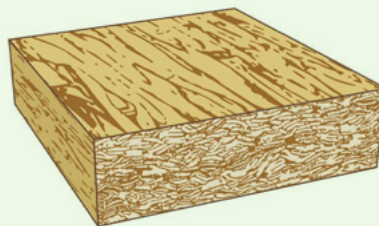
maszyn do frezowania i pozwala na modyfikacje na miejscu budowy. DLT stosuje się w podłogach, dachach, ścianach oraz szybach wind i schodów. Podobnie jak MLT często pozostaje odstonięte jako materiał atrakcyjny wizualnie.

Laminated Veneer Lumber (LVL) to tzw. drewno fornirowane warstwowo czy też laminowana tarcica fornirowana, w której skleja się wiele cienkich warstw uzyskanych ze skrawania drewna – takie laminaty mają grubość od 0,1 do 5 mm. Jest to więc kolejny rodzaj sklejki. W tym wszystkie stoje drewna są zorientowane w kierunku



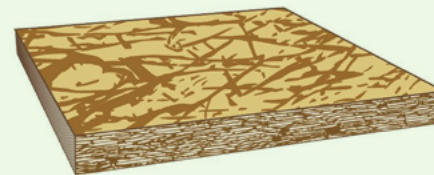
długości powstającego bloku (tzw. kęsa) i tączzone pod wpływem ciepła oraz ciśnienia. LVL może być znacznie dłuższy niż konwencjonalna tarcica i jest używany w belkach, nagłówkach oraz kolumnach. To relatywnie nowa technika powstała w latach 80., która jest stosowana w budownictwie mieszkaniowym i komercyjnym.

Parallel Strand Lumber (PSL), czyli tzw. drewno o splotach równoległych, wytwarza się z fornirowu,



który jest pocięty na długie pasma. Ułożone równolegle do jego długości zostają sklejone i sprasowane. Sploty PSL mają stosunek długości do szerokości wynoszący 300 do 1. Często PSL jest używany w odstoniętych belkach, ponieważ może się zginać i charakteryzuje się doskonałą wytrzymałością.

Laminated Strand Lumber (LSL) nazywany laminowaną tarcicą konstrukcyjnie jest podobny do PSL, ale zamiast fornirowu wykorzystuje

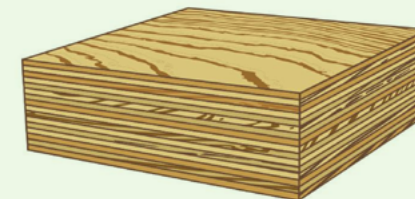


się tu tzw. płatkowane pasma drewna, takie same jak surowiec używany do produkcji płyt o wiórach zorientowanych znanych jako OSB. LSL jest używany głównie jako szkielet konstrukcyjny w budownictwie mieszkaniowym, komercyjnym i przemysłowym. Nadaje się do nadproży i belek, wysokich słupków ściennych, desek obrzeżowych, listew progowych, elementów frezarskich i ram okiennych.

Oriented Strand Lumber (OSL), czyli tzw. drewno zorientowane, podobnie jak LSL jest wytwarzane z płatkowanych pasm drewna. W jego przypadku stosunek długości do grubości jest jednak mniejszy i wynosi około 75 – w LSL jest to

150, czyli z kolei o połowę mniej niż w PSL. Włókna drewniane stosowane w OSL są krótsze niż te w LSL, a same panele także przypominają płytę OSB. W przeciwieństwie do niej pasma w OSL są ułożone równolegle do osi wzdłużnej elementu. Wszystkie cztery opisane rodzaje drewna – LVL, PSL, LSL i OSL – należą do jednej grupy zwanej konstrukcyjną tarcicą kompozytową, czyli Structural Composite Lumber (SCL).

Mass Plywood Panel (MPP) powstaje poprzez sklejenie ze sobą cienkich plastrów drewna w naprzemiennych kierunkach stojów. Są to więc duże panele ze sklejki o dowolnym rozmiarze, wysokości i szerokości do 24 cali grubości. Panele te są stosowane w konstrukcji ścian, podłóg i dachów budynków.





Drewniane budowanie

TREND

Z perspektywy pasażera Pendolino może się to wydawać zaskakujące, ale na kolei ponad połowę energii napędzającej przejazdu wciąż dostarcza ropa (ok. 53 proc.). Wszędzie tam, gdzie nie ma trakcji, z której można ciągnąć prąd, w trasę puszcza się lokomotywy napędzane dieslem. To kładzie się cieniem



Fot. Atelier du Pont

Osiedla

Niespodzianie to nie Europa, ale USA stają się centrum budowy osiedli z drewna. Dużą rolę odegrał tu potężny deweloper i holder nieruchomości mieszkaniowych Greystar (76 mld dol. aktywów). Szef firmy Andy Mesta drewnianymi budynkami modułowymi zachwycił się w Londynie i postanowił zarazić nimi Amerykanów. Pierwsze osiedle sześciu budynków Ltd. Spring Run już stoi, ale Mesta pracuje nad trzema kolejnymi. Przewagą Greystar jest rozmach – na potrzeby budowy uruchomił własną fabrykę modułów – z kolei bostoński Generate opracował cały system stawiania drewnianych osiedli: The Tallhouse to schemat budowy powtarzalnych budynków wielorodzinnych, który można do pewnego stopnia modyfikować. Generate opracował katalog czterech modeli domów wielorodzinnych w technologii hybrydowej, gdzie drewno łączy się z elementami stalowymi. Jego systemy przeznaczone są dla naprawde dużych budynków od 8 do 18 pięter.

Dzielnice

Największa dzielnica budynków z drewna powstanie całkiem niedaleko, w Berlinie, na olbrzymim terenie (495 ha) dawnego lotniska Tegel. W ramach projektu Berlin TXL zaplanowanych jest tu kilka kompleksów, m.in. park technologiczny Urban Tech Republic (UTR) i osiedle mieszkaniowe Schumacher Quartier. Ma liczyć 5 tys. mieszkań i już w pierwszej fazie budowy drewno ma stanowić co najmniej 50 proc. materiału konstrukcyjnego, a z czasem ma być go więcej. Surowiec będzie pochodził z Brandenburgii i przetwarzany ma być po sąsiedzku w UTR, gdzie pracować mają nad zrównoważonymi materiałami budowlanymi. Poza Berlinem nieco mniejszy projekt powstaje w stolicy Szwecji: Stockholm Wood City (SWC) to kompleks 25 budynków, w których pomieści się 2 tys. mieszkań i biura dla 7 tys. osób. Wybór drewna jako budulca jest podyktowany nie tylko jego ujemnym śladem węglowym, ale także mniej inwazyjny proces budowy.

Biura

Drewno bardzo szybko zostało zaadaptowane przez branżę biurową. Jako zrównoważony materiał budowlany idealnie pasowało do trendu tworzenia jak najbardziej ekologicznych miejsc pracy. Jedną z pionierskich konstrukcji był w tym względzie Woody, który w 2019 r. stanął w 12 Dzielnicy Paryża z przeznaczeniem dla Santé publique France, agencji rządowej odpowiedzialnej za opiekę zdrowotną. Niebawem drewniany biurowiec będzie można też odwiedzić w Warszawie, gdzie na Służewcu powstaje Timber Park. Dzięki wykorzystaniu tego materiału zaoszczędzi 1,5 tys. ton CO₂ i sporo czasu: stanie bardzo szybko, bo w 18 miesięcy. Jest to zresztą członki rodziny 10 budynków Timber Park powstających w całej Europie. Warszawski będzie miał budowę hybrydową, w której konstrukcja nośna wykonywana jest z tradycyjnych materiałów wykorzystywanych w budowie, a całą resztę wypełnia drewno.



Drewniane wysokościowce

TREND

Jest w tym coś z tour de force – pokazywania siły i możliwości drewna. Żadne osiedle nie stanie się tak dobrą wizytówką wykorzystania tego surowca jak postawienie z niego drapacza chmur. Stąd na całym świecie wyrastają drewniane wysokościowce, które niedowiarkom mają udowodnić, że są pełnoprawną alternatywą dla betonu i stali.

Fot. Christian Wiediger/Unsplash

Rozwój

Inżynierowie z branży drewna od lat pracują nad opracowaniem w pełni modułowych drewnianych wieżowców, tworząc gigantyczne „szkieletowe” systemy budowlane, które wykorzystują podłogi oraz belki z drewna klejonego krzyżowo do montażu i budowy wysokich wież z drewna. Rywalizacja zaczęła się dekadę temu w Bordeaux, gdzie zaprezentowano projekt 50-metrowego Hyperionu, budynku budowanego w tzw. technologii hybrydowej, gdzie drewno łączy się z innymi materiałami. Do użytku oddano go w czerwcu 2021 r. Wykorzystując połączenie konstrukcji modułowej i „szkieletowej”, obejmował także projekt znany jako MOHOHO. Jego twórcą był zespół z Politechniki w Grazu powstały wspólnie z partnerami korporacyjnymi: Kaufmann Bausysteme i KS Ingenieure. Projekt miał na celu opracowanie pierwszego na świecie w pełni opatentowanego systemu budowlanego, który może być stosowany nie tylko w nowych konstrukcjach, ale także do rozbudowy, zmiany przeznaczenia i modernizacji tysięcy budynków.

Przyszłość

Wyścig na wieże się jednak nie zakończył. W Berlinie w 2026 r. chcą mieć własny drewniany drapacz chmur, 98-metrowy WoHo. Stanie na Kreuzbergu niedaleko Potsdamer Platz. Berlińczycy niedługo będą się jednak cieszyli palmą pierwszeństwa, bo w tym samym 2026 r. w szwajcarskim Winterthur urośnie im nieco wyższy, 100-metrowy konkurent Rocket i Tigerli. Najwyższy wieżowiec na świecie z masywnego drewna powstaje w Milwaukee w stanie Wisconsin. Zaprojektowana przez pracownię architektoniczną Michael Green Architecture z Vancouver wieża po ukończeniu budowy stanie się najwyższą konstrukcją z drewna klejonego na świecie – będzie liczyć 55 pięter. Wszystkie te projekty chcą jednak przyćmić ceniący drewnianą architekturę Japończycy. Sumitomo Forestry zamierza bowiem postawić aż 350-metrową wieżę W350. To projekt przyszłości, w trakcie prac inżynierowie będą się bowiem starali opracować technologie, które uczynią proces budowy bardziej efektywnym. Czas mają do 2041 r.

Gracze

Moelven Limtre
Voll Arkitekter
Euratlantique
Eiffage
Korb + Associates
Wiechmann Enterprises
RLP Rüdiger Lainer + Partner
Sumitomo Forestry
Team V Architecture
Implenia
ETH
Politechnika w Grazu
Kaufmann Bausysteme
KS Ingenieure
Michael Green Architects



Drewniane kolosy

TREND

Trwa wyścig nie tylko o to, kto stworzy najwyższy budynek z drewna, ale także najbardziej spektakularny. Stąd pojawiają się kolejne projekty, które drewno wykorzystują jako budulec lotnisk czy stadionów. Obiektów, które można podziwiać nie tylko z zewnątrz, ale przestrzeni mieszczącej dziesiątki tysięcy osób.

Fot. Negativ/ZHA

Stadiony

Pierwsza wielka rozgrywka o drewno miała miejsce na Stadionie Olimpijskim w Tokio. Pierwotnie wybrany projekt Zahy Hadid proponował obiekt nowoczesny i spektakularny. Po burzliwej dyskusji gospodarze igrzysk z 2022 r. uznali go za przeskalowany i zrealizowali bardziej kameralną wersję zaproponowaną przez Kengo Kumę, którego znakiem jest właśnie drewno. Użył go więc do znacznej części konstrukcji owalnego dachu oraz fasady. Po drewno sięgnięto także podczas igrzysk w Paryżu – jest dominującym materiałem nowo wybudowanej pływalni Aquatics Centre – ale prawdziwym tour de force drewna będzie Eco Park Stadium. Ma powstać w Eastington koło Bristolu. Grający tu klub Forest Green Rovers wreszcie założy na siedzibę godną swej nazwy – w całości ma być drewniana. Budulec ten sprawi też, że obiekt ustawiony na łące będzie współgrał z zielonym otoczeniem.

Lotniska

Zaczął się w 2022 r. w Quebecu. Tu nowy budynek na lotnisku Chibougamau-Chapais ma drewniane ściany otaczające poczekalnię, a dach to połączenie elementów konstrukcyjnych z drewna i stali. Kanadyjczycy stosują przy tym lokalny surowiec z pobliskiego lasu borealnego. Podobnie jest zresztą w Portland, gdzie w ub.r. cały terminal został przykryty ogromnym drewnianym dachem o powierzchni 36 tys. mkw. Tutaj każdy kawałek drewna pochodzi z obszaru znajdującego się w promieniu 300 mil od lotniska, a połowę surowca dostarcza 13 drobnych, plemiennych właścicieli ziemskich z Waszyngtonu i Oregonu. Ze znacznie większym rozmachem niż za oceanem działają w Zurychu, gdzie zaproponowano, aby cały obiekt zbudować z drewna. Kompleks obejmuje halę odlotów i przylotów, ale także powierzchnie handlowe, restauracje, biura oraz nową wieżę kontroli ruchu lotniczego. Kluczowe jest tu wykorzystanie CLT jako idealnego zamiennika stali.

Gracze

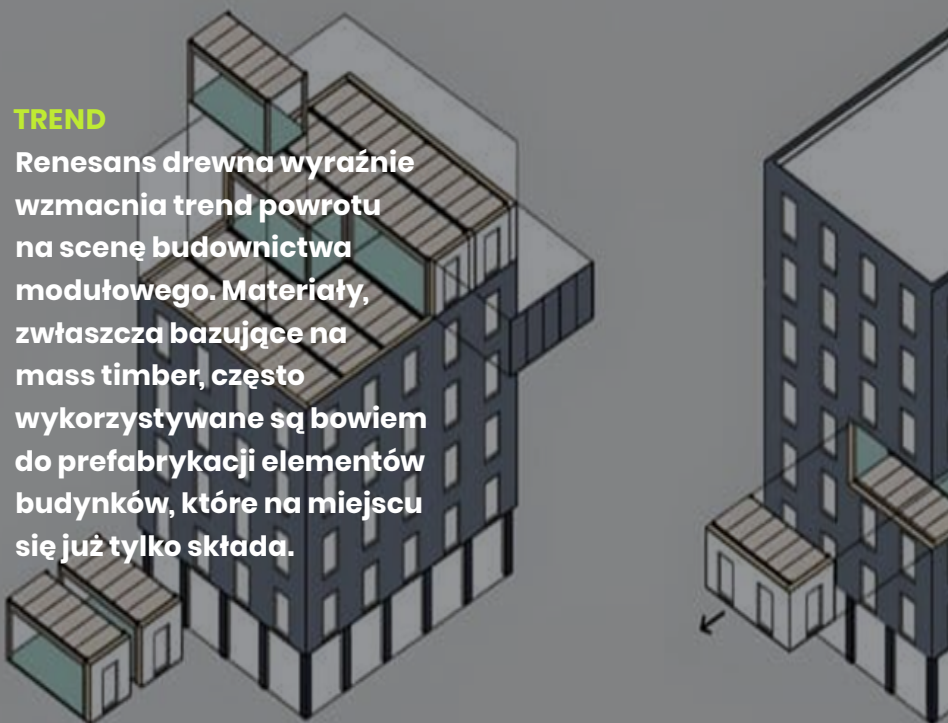
Kengo Kuma & Associates
Nordic Structures
Groupe Stavibel
VenhoevenCS
Ateliers 2/3/4
Rubner Gruppe
Zaha Hadid Architects
Bjarke Ingels Group
HOK
Buro Happold
Pirmin Jung
NACO
EVOQ
ARTCAD
ZGF



Moduły do poprzestawiania

TREND

Renesans drewna wyraźnie wzmacnia trend powrotu na scenę budownictwa modułowego. Materiały, zwłaszcza bazujące na mass timber, często wykorzystywane są bowiem do prefabrykacji elementów budynków, które na miejscu się już tylko składa.



Jak to się robi

Drewno jest bazą większości firm zajmujących się w Polsce prefabrykacją elementów, z których później powstają domy. Dotychczas większość produkcji trafiała na eksport, do krajów, gdzie materiał ten jest znacznie bardziej ceniony. W czołówce znajdują się Skandynawowie, którzy zresztą pracują nad własnymi systemami modułowych domów. Tak jak duński SPACE10, znany ze współpracy z Ikea, którego projekt The Urban Village nawiązuje do produktów szwedzkiego sklepu: również ma bazować na powtarzalnych elementach, być prosty do składania i transportu. W podobnym kierunku idzie concept Beyond the Shell, który jednak operuje całymi modułami. Z nich mieszkańcy mogliby konstruować sobie własne M2, M3 albo M4, zależnie od tego, na co kogo i kiedy stać. Można by zacząć bowiem od małego mieszkanka, a wraz z rozwojem potrzeb (np. przez powiększającą się rodzinę) dokupić kolejne moduły. Z kolei MOHOHO to austriacka koncepcja na prefabrykowane moduły, z których można będzie składać wieżowce.

Korzyści

Kwintesencją nowoczesnego budowania jest MOHOHO. Zalety modułowej konstrukcji drewnianej – wysoki stopień prefabrykacji i krótki czas budowy – łączy z przewagami konstrukcji szkieletowej. Moduły można układać na sobie jak kontenery, a dzięki wykonanemu z drewna szkieletowi ściany i podłogi da się tu wsuwać jak szuflady do szafki. Do wykorzystania drewnianych modułów przekonał się także berliński Senat przy projekcie budowy szkół. Zważył nie tylko ekologiczny aspekt samego materiału, ale także fakt, że stawianie każdej z nich zajmie o połowę mniej czasu niż w przypadku konwencjonalnej budowy. Montaż belek i ścian nośnych, które składają się na moduły, odbywa się w zakładzie w pobliżu placu budowy. Projektanci SPACE10 oraz Beyond the Shell zwracają za to uwagę na obniżenie ceny. Poszczególne elementy będzie można produkować na dużą skalę, a do tego tak jak w meblarstwie te same elementy wykorzystywać do budowy różnych obiektów.

Gracze

Metsä Wood
Moelven
Danwood
SPACE10
DMDmodular
Cutwork
Bouygues Immobilier
Greystar
MOHOHO
Kaufmann Bausysteme
KS Ingenieure



Zadrzewione domy

TREND

Niejako obok rozwoju drewna jako budulca, z którego można wznosić całe domy, jeszcze większą karierę robią same drzewa jako kluczowy element „wyposażenia” budynków.

Fot. Daryan Shamkhali/Unsplash

Rozwój

Pionierem jest Stefano Boeri, który w 2023 r. przedstawił projekt ubrania w zieleń nepalskiej Stupy Ramagrama. Zaczynał w 2014 r. w rodzimym Mediolanie, gdzie zaprojektował Bosco Verticale. Parę wieżowców, która na 9 tys. mkw. tarasów mieści 900 drzew. Drugim architektem znanym z zastosowania drzew na jeszcze większą skalę jest Belg Vincent Callebaut, znany ze skróconego jak spirala zielonego Agora Garden w Tajpej. Stefano Boeri stworzył koncepcję budowy leśnych miast. Jego opus magnum ma być jednak rewitalizowany stadion Giuseppe Meazzy San Siro. Kenneth Yeang, malezyjski architekt, orędownik zrównoważonej architektury w Azji Południowo-Wschodniej, który był uczniem szkockiego architekta krajobrazu Iana McHarga, kieruje się podejściem opartym na ekologii. Najbardziej znany jest ze swojej zielonej architektury i planów generalnych, jego projekty charakteryzują się zieloną estetyką, która wykracza poza konwencjonalne systemy ocen.

Jak to się robi

To, co zaproponowali Stefano Boeri i Vincent Callebaut, czyli obsadzanie zielenią fasad i tarasów, to tylko jedna z możliwości zadrzewiania domów. Bardziej adaptacyjny charakter ma obudowywanie ich rusztowaniem, na którym ustawia się skrzynie z roślinami. Także w tym przypadku pionierem był Włoch – Luciano Pia, który ozdobił turyński budynek 25 Verde. Podobna konstrukcja pojawiła się w holenderskim projekcie Green Villa, a w Paryżu kamienicę Villa M opleciono rusztowaniem, na którym wyrosta zieleń. Większą sztuką jest wprowadzenie drzewa pod dach. Udało się to m.in. w brazylijskim Casa Vogue oraz Greenary. Kenneth Yeang, będąc autorem książek na temat projektowania wieżowców, udowodnił, że projektowanie z uwzględnieniem klimatu skutkuje zmniejszeniem ogólnego zużycia energii przez budynki, co dodatkowo obniża koszty operacyjne. A w konsekwencji oznacza mniejsze zużycie nieodnawialnych paliw kopalnych, emisji dwutlenku węgla, zanieczyszczenia powietrza i inwersji temperatur.

Gracze

Stefano Boeri
Vincent Callebaut
Carlo Ratti
Norman Foster
Philippe Starck
Luciano Pia
MVRDV
Matteo Cainera Architecture
Triptyque
Koichi Takada
Sheppard Robson
Kenneth Yeang
Ian McHarg



Rośliny jako budowniczcy



The Tree Path. Fot. Carlo Ratti Associati

Najbardziej ekologiczny z możliwych domów to ten, który sam wyrośnie.

Do budowy wykorzystuje się wtedy nie ścięte, ale wciąż żywe drzewo. I taka jest idea stojąca za baubotaniką, dopiero rodzzącą się dziedziną architektury, gdzie kluczowe stają się takie kwestie jak sam dobór roślin i drzew, właściwe ich posadzenie i ukierunkowanie wzrostu, aby tworzyły trwałe i żywe struktury.

Platanenkubus Nagold

Pionierem jest w tym względzie austriacki architekt Ferdinand Ludwig, który jako pierwszy sformułował termin baubotanika. Pierwszym projektem tego nurtu był pawilon, który tworzą rosnące drzewa. Obsadził nimi metalową

konstrukcję Platanenkubus Nagold i cierpliwie czeka. Na początku roślinna konstrukcja wyglądała dość rachitycznie, jak na przednówku, ale dziś coraz śmielej się zieleni. Na prawdziwy rozkwit Ferdinand Ludwig daje sobie czas do końca dekady, kiedy to korony powinny wystrzeć wysoko ponad głowy. Od tego czasu zrealizował kilka podobnych projektów, a każdy ma dynamikę posadzonego drzewa. Wymaga cierpliwości.

The Tree Path

To pomysł na żywą ścieżkę spacerowo-rowerową, którą tworzyć będą rosnące drzewa. Taką propozycję dla zabytkowego włoskiego miasteczka przedstawił słynny architekt Carlo Ratti. Trasa ma być

Platanenkubus Nagold





wyniesiona na rodzaj estakady, która będzie między dwoma równoległymi rzędami drzew pełniącymi funkcję filarów. Tutaj sztuczne i naturalne elementy mieszają się w jeden projekt, a jedno bazuje na drugim i odwrotnie. Ratti przewiduje zasadzenie około tysiąca drzew, których wzrost byłby centralnym elementem procesu projektowania. Rośliny będą rosły wokół poręczy ze stali nierdzewnej, budując i przekształcając strukturę ścieżki w ciągu kilku lat. Ścieżka Drzewa rozwija się pionowo na trzech różnych poziomach, wznosząc się do sześciu metrów nad ziemią, omijając ruch drogowy i drogi wodne. Jest to też swego rodzaju projekt badawczy, którego celem jest zrównoważona mobilność. Ludzie mogą chodzić lub jeździć na rowerze na podniesionej platformie pośród koron drzew, a czujniki wbudowane w zieleń śledzą warunki otoczenia w czasie rzeczywistym. W szczegółach czujniki dostarczają informacji o zanieczyszczeniu powietrza, stanie wzrostu poszczególnych drzew i innych informacji pogodowych.

Czujniki mają zapewnić, że wszystkie żywe organizmy na ścieżce będą mogły reagować na zmieniające się warunki środowiskowe lub obciążenia strukturalne – realizując wizję „Internetu drzew”.

The Circular Garden

Wcześniej możliwości budowania samej natury Carlo Ratti testował już w 2019 r. podczas Milan Design Week. Swój projekt nazwał The Circular Garden, bo założeniem jest, że natura najpierw go tworzy, a później rozkłada. To zestaw 60 łuków inspirowanych twórczością Gaudiego, które w mediolańskim Orto Botanico utworzyły rodzaj czterech otwartych pomieszczeń. Kluczowe było wykorzystanie hodowanej dwa miesiące wcześniej grzybni, której włókniste korzenie stworzyły trwałą, chociaż czasową konstrukcję. Carlo Ratti zaplanował to tak, że po 6 tygodniach wzrostu grzybni ulegnie rozkładowi. „Natura jest o wiele mądrzejszym architektem niż my”, mówi Carlo Ratti, partner założyciel CRA i dyrektor MIT Senseable City Lab: „W miarę



The Circular Garden. Fot. Carlo Ratti Associati



jak będziemy kontynuować nasze zbiorowe poszukiwania bardziej responsywnej »żywej« architektury, będziemy coraz bardziej zacierać granice między światem naturalnym a sztucznym. Co, jeśli jutro będziemy w stanie zaprogramować materię, aby »wyrószyć dom« jak roślinę? Niesamowity ogród botaniczny w Mediolanie, w centrum miasta, wydawał się idealnym miejscem na taki eksperyment”.

Fab Tree Hub

Za oceanem baubotaniką zainteresował się Mitchell Joachim, także architekt związany z MIT, i jego zespół z Terreform One. Aby wyhodować pawilon Fab Tree Hub, najpierw musiał wyszukać odpowiednie drzewo, które szybko rośnie, ale jednocześnie jest mocne. Eksperymentował z przyspieszającą wzrost hydroponiką, ale nie gwarantowała odpowiedniej wytrzymałości. Ostatecznie postawił na wierzby białe uprawiane na farmach biomasy. Póki są młode, mógł je odpowiednio ukształtować i tak dwa szpalery roślin powiązał

z rusztowaniem, które sprawiło, że drzewa schodzą się, tworząc zebra pawilonu, kształtem przypominającego odwróconą łódź. Pomiędzy nimi na ścianach umieścił sadzonki innych gatunków roślin, które wypełnią fasadę. Są tu też siedliska dla małych zwierząt wykonane z biodegradowalnych materiałów. Co więcej, w połowie wysokości pawilonu jest przestrzeń na zaszczerpienie kolejnych drzew, które rosnąc, utworzą następne piętro. I tak można budynek piąć w górę poziom za poziomem. „To rodzaj koralowca lądowego lub rafy lądowej. Przyciąga wszelkiego rodzaju istoty do życia w jego wnętrzu, wokół niego i pod nim, a następnie do rozwoju w tej części lasu” – mówi Joachim. „Sednem całej struktury jest prototyp, który pokaże, że tego typu konstrukcje można powielić w dowolnym miejscu”, dodaje.

To Grow a Building

To z kolei performatywna przestrzeń laboratoryjna, gdzie naturalne i żywe elementy są drukowane w 3D. Jak wyjaśniają autorzy, projekt przedstawia w ten sposób

nowe podejście do integracji flory z procesem projektowania. Kluczem jest opracowanie nowatorskiego materiału do druku 3D, który w proces wytwarzania włącza cały cykl wzrostu roślin od zasiewu. Aby zademonstrować swoje podejście łączące naturę z innowacjami technologicznymi, projektanci wykorzystali wykonane na zamówienie ramie robota, które drukowało małe konstrukcje przy użyciu mieszanki gleby i nasion. Struktury wcześniej

zaprojektowane na sterującym robotem komputerze po wydrukowaniu nabierały własnego życia: nasiona kiełkują, ściany zyskują zieloną fasadę, podczas gdy od wewnątrz wypełniają się suchymi korzeniami – nowym i mocnym materiałem samym w sobie.



Fot. To Grow a Building



Fab Tree Hub . Fot. Terreform One



Budynki zero waste

TREND

W realizacji idei zero waste kluczową rolę odgrywa dobry projekt. Na rynku pojawiły się już narzędzia do modelowania rodzaju i ilości materiałów, które staną się dostępne, gdy stare budynki zostaną poddane renowacji lub rozbiórce.

Fot. Ümit Yıldırım/Unsplash

Z recyklingu

Zurych jako pierwszy wprowadził zasadę, aby w nowych budynkach wykorzystywać beton z odzysku – już w 2002 r. powstał obiekt z 80 proc. odzyskanego betonu. Podobną politykę wdraża Amsterdam, który do końca dekady chce o połowę zmniejszyć wykorzystanie nienaturalnych surowców. Pracują m.in. nad ponownym użyciem kamieni do brukowania ulic i budowaniem z odpadów organicznych. Temat podjął także Paryż, gdzie do produkcji 11 tys. siedzeń w hali Arena Porte de la Chapelle i centrum wodnym w Saint-Denis wykorzystano tworzywo sztuczne wydobyte z paryskich koszy na śmieci. W Londynie przy rozbudowie Lea Bridge Library skorzystano za to z drewna pochodzącego z odzysku, ze ściętych drzew z londyńskich ulic i parków. Szwedzi w Uppsali stworzyli za to rodzaj antykwariatu, do którego trafiają materiały budowlane z odzysku. W niewykorzystane resztki z innych budów (okna, drzwi, drewno, różnego rodzaju materiały mineralne czy izolacyjne) zaopatrują się zarówno profesjonaliści, jak i majsterkowicze.

Do recyklingu

Pierwszy budynek nadający się do recyklingu to biurowiec Triodos Banku (RAU Architects), który zamiast ze stali i betonu został zrobiony z drewna. Najważniejsze jest jednak, jak będzie zdekonstruowany. Biuro to projektanci nazwali „tymczasowym bankiem materiałów”, bo wszystko – od podłóg, przez schody i ściany, aż po dach – planowali tak, aby rozbiórka nie była niszczeniem, ale raczej przypominata rozkręcanie mebli. Dlatego wszystkie elementy są skręcone i każdy ma „paszport” opisujący jego specyfikę. Podobny projekt zrealizowano w Berlinie. EDGE Suedkreuz to dwa biurowce zbudowane głównie z drewna, ale wykorzystujące także nadającą się do odzysku folię ETFE oraz umieszczone na fasadzie panele z włókna szklanego. W Amsterdamie szykują za to projekt osiedla wykonanego w 100 proc. z materiałów odnawialnych (Mandela Buurt), a w dzielnicy Zuidas stoi już biurowiec Circl, gdzie belki podtrzymujące pawilon są skręcane ze sobą, a nie klejone, aby pewnego dnia można je było rozebrać.

Gracze

Lemon Tri
Le Pavé
Wiklunds
Studio Weave
RAU Architects
Madaster
Tchoban Voss Architekten
Metabolic
Urban Green
Fundacja Rockefellera



Plastikowe klocki

TREND

W recyklingu największym wyzwaniem są tworzywa sztuczne, bo poziom ich odzysku jest znacznie mniejszy niż innych odpadów. Stąd projektanci i inżynierowie prześcigają się, by coraz bardziej kreatywnie wykorzystać je w budownictwie pochłaniającym dużą ilość materiałów.

Fot. Christian Boragine/Unsplash

Rozwój

Jednymi z pierwszych, którzy docenili plastik jako materiał budowlany, byli Holendrzy z VolkerWessels. Już w połowie minionej dekady zaproponowali, że można go wykorzystać do układania dróg. Pierwszą PlasticRoad ułożyli obok lotniska Schiphol, wykorzystując odpady, które pozostawiają sami pasażerowie. Dziś ich CirculinQ to całe plastikowe panele, z których układa się drogi. Tego typu nawierzchnie z powodzeniem testuje się też w USA, m.in. w Kalifornii i Pensylwanii. Fernando Llanos, budując swój dom w Cundinamarca w Kolumbii, wpadł na pomysł, żeby w tym celu wykorzystać plastik pochodzący z recyklingu. Pomógł mu w tym architekt Oscar Mendez, który opracował system Conceptos Plastico polegający na wykorzystaniu plastikowych cegieł do budowy domów z dala od szlaków komunikacyjnych. System ten zapewnia budulec, który jest nie tylko lekki, ale też tani. Amerykańska firma Azure Printed Homes z kolei wpadła na pomysł, żeby tworzywo sztuczne pochodzące z recyklingu wykorzystywać w druku 3D domów.

Korzyści

Wykorzystanie plastiku z odzysku pozwala zmniejszyć wpływ budownictwa na środowisko: w ten sposób można wykorzystać niezbyt popularny surowiec. Założyciele Othalo przekonują, że tego typu materiały mogą znacząco zmniejszyć koszty inwestycji. Sprzyja temu fakt, że plastik wykorzystuje się w formie gotowych elementów do składania. Mniej oczywiste są korzyści, jakie VolkerWessels pokazał przy swojej drodze, doskonale wpisującej się w gospodarkę obiegu zamkniętego. Ich moduły są znacznie lżejsze niż tradycyjna nawierzchnia i dlatego doskonale nadają się do miękkiej gleby, poza tym CirculinQ to również system magazynowania wody. Azure za pomocą drukarek 3D w swojej fabryce koncentruje się na tworzeniu innowacyjnych domów szybciej, bardziej ekonomicznie i w sposób bardziej zrównoważony, niż pozwalają na to tradycyjne metody budowy. Według firmy recykling czyni proces budowy domu znacznie tańszym i o 70 proc. szybszym.

Gracze

VolkerWessels
CirculinQ
Othalo
ByFusion
GreenFields
Azure Printed Homes
Plaex



Kontenery: budowlana alternatywa

TREND

Pomysł na wykorzystanie nieużywanych kontenerów jako materiału budowlanego od początku budził wątpliwości, z roku na rok rozwiewane przez coraz bardziej przekonujące projekty z ich wykorzystaniem.

Fot. Nick Karvounis/Unsplash

Rozwój

Zacząło się od kawiarni Starbucks w Seattle i nieco hipsterskich projektów, takich jak Pop Brixton, czyli lokalny londyński kampus dla start-upów i małych firm. Pomysł szybko przyjął się w Polsce. Już w 2017 r. w Gdańsku na terenach dawnej stoczni powstała 100cznia – składający się z 17 dużych, 12-metrowych kontenerów kompleks gastronomiczno-rozrywkowo-kulturalny. Jeszcze innym popularnym sposobem na kontenery stało się urządzanie w nich basenów – tak powstał polski CubePools. Już wówczas zastanawiano się, jak kontenery wykorzystać jako przestrzeń do mieszkania. Jako pierwsi na pomysł stworzenia komfortowego osiedla kontenerowego w 2016 r. wpadli Duńczycy z CPH Containers, którzy postanowili stworzyć z nich akademik CPH Village. W ostatnim czasie jedną z alternatyw dla klasycznego zakładu pracy stały się kontenery biurowe, które pozwalają na zorganizowanie przestrzeni odpowiedniej dla niemal każdej działalności gospodarczej i administracyjnej.

Jak to się robi

Kontenery biurowe to mobilne konstrukcje wykonane ze stali, które pokryte są panelami wypełnionymi wełną mineralną, wykończone od wewnątrz płytą laminowaną. Do ich budowy wykorzystuje się przeważnie nowe lub używane kontenery morskie. Wyposażone są w podstawową instalację elektryczną i oświetleniową. Mogą być wyposażone także w okna i klimatyzatory. Na rynku dostępne są obiekty w różnych rozmiarach, zaczynając od opcji mini o powierzchni użytkowej zaledwie 6 mkw. Amerykanie z Local Studio oddali do użytku w 2022 r. składający się z 60 kontenerów dom z 18 mieszkaniami, który stanął w Phoenix. Przewagą kontenerów nad zwykłymi domami jest łatwość w ich przestawianiu i przewożeniu, co z kolei dostrzegł francuski Accor, proponując nieco inne wykorzystanie. Także w celach mieszkaniowych, ale jako hotel Flying Nest.

Gracze

Local Studio
CPH Containers
Accor
CubePools
100cznia



Partnerzy raportu Greenbook 2025



Greenbook 2025, kwiecień 2025

Opracowanie i redakcja: Green is Good / Miasto2077

Makieta / Opracowanie graficzne: Aleksandra Krupa / AC Jaworscy

Kontakt: redakcja@miasto2077.pl