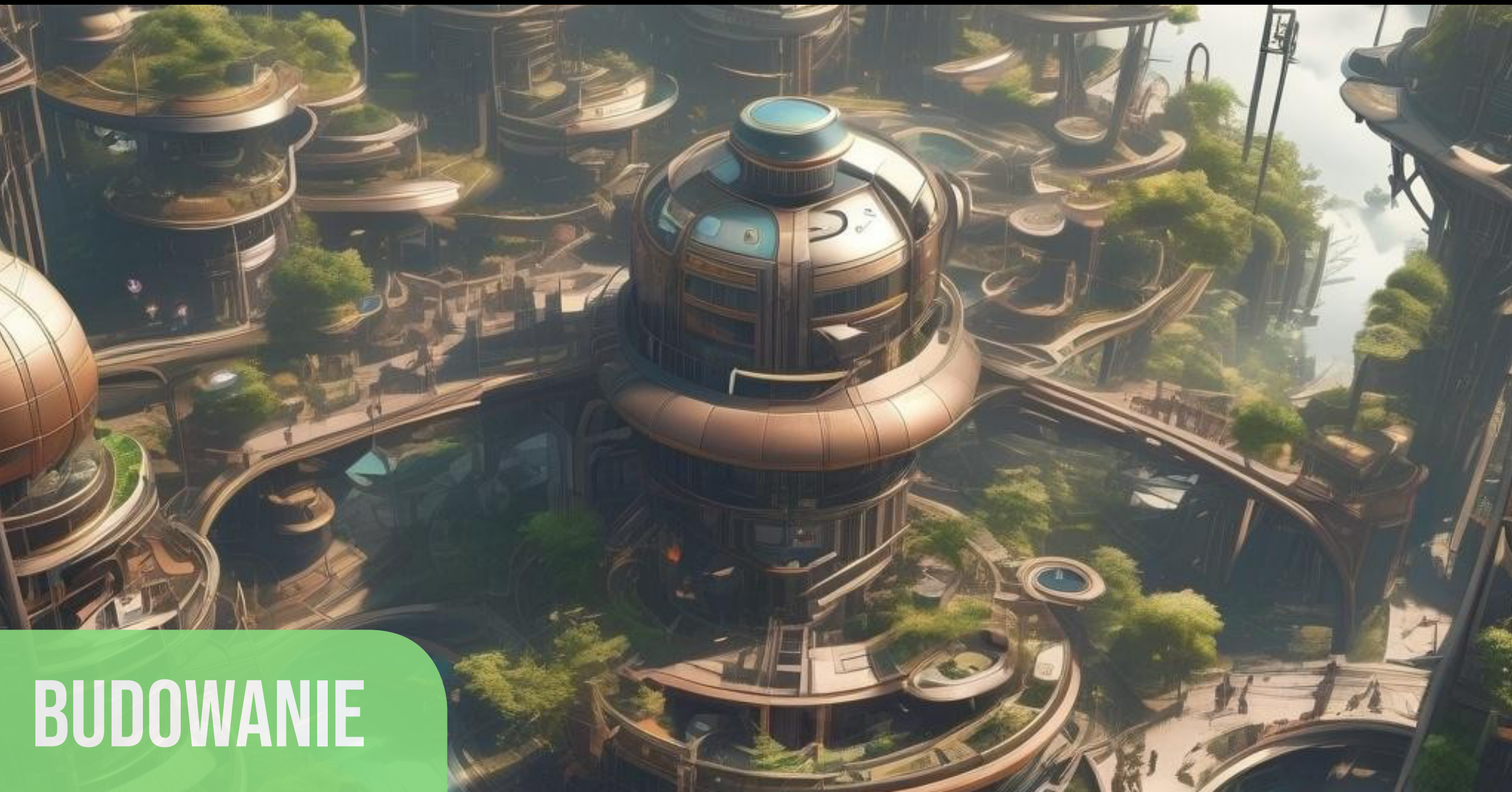


BUDOWANIE

BUDOWANIE – KLUCZOWE TRENDY

● Głównym wyzwaniem, jakie stoi przed budownictwem, jest obniżenie emisji CO_2, która wynika przede wszystkim z wykorzystania obciążających środowisko materiałów budowlanych takich jak cement czy stal – ślad węglowy branży ma 11 proc. w całej emisji CO_2.

● W tym obszarze panują dwa główne trendy. Pierwszy to rozwój systemów do wychwytywania CO_2 emitowanych w piecach, które wypalają cement i wytapiają stal (CCUS). Drugi to rozwój niskoemisyjnych technologii produkcji. W branży stalowej to przede wszystkim przejście na łukowe piece elektryczne, jeszcze większy recykling metali i wprowadzenie takich rozwiązań jak bezpośrednia redukcja wodorowa czy nawet elektroliza rud metali.

● Jeszcze więcej dzieje się w produkcji cementu. Tu przede wszystkim chodzi o zmniejszenie udziału wypalanego w piecach klinkieru. Naukowcy na całym świecie pracują nad jego zamiennikami.

● Na liście potencjalnych alternatyw dla wysokoemisyjnego składu cementu jest m.in. samo CO_2 przekształcane w węglan wapna. Paleta zamienników jest jednak znacznie szersza i obejmuje m.in. substancje organiczne tworzące biobeton.

● Drugim ważnym działaniem na rzecz zmniejszenia emisyjności branży budowlanej jest zmniejszenie wykorzystania stali i betonu, które z dużym powodzeniem zastępuje specjalnie przygotowane drewno. Materiał o wręcz ujemnej emisji CO_2, który drzewa gromadzą w swoich tkankach w czasie wzrostu.

● Wytrzymałe i elastyczne materiały budowlane z drewna sprawiają, że buduje się z nich już nie tylko całe osiedla, ale także ogromne obiekty jak wysokościowce (dziś największy jest 87-metrowy Ascent MKE), stadiony czy lotniska. Drewnianym dachem przykryto właśnie port lotniczy w Portland i z drewna powstaje nowy terminal w Zurychu.

● Szybki wzrost wykorzystania drewna rodzi jednak pytanie o sam surowiec. Branża drzewna nie jest dziś w stanie dostarczyć go w takiej ilości, aby stał się rzeczywistym konkurentem dla stali i betonu. Pytanie też, czy drewniany boom udźwignąą światowe zasoby leśne.

● Drewno to jednak niejedyny biomateriał, który zyskuje na popularności. Do łask wracają bardzo tradycyjne surowce jak bambus czy glina, ale zaczyna się wykorzystywać także nieużywane dotąd w budownictwie wodorosty, grzyby, a nawet resztki jedzenia.

● Materiały z odzysku to zresztą kolejne źródło budowlanego surowca. Najbardziej pożądane jest wykorzystanie trudnego do recyklingu plastiku, z którego powstają już drogi i bloczki budowlane.

● W portach piętrzą się za to nieużywane kontenery, z których powstaje coraz więcej osiedli – przoduje w tym kopenhaski CPH Containers.

● Całkiem nowy trend to architektura regeneratywna (lub regeneracyjna). Inspiracją jest tu rolnictwo regeneratywne, które ma chronić i odbudowywać grunty rolne i otaczające je ekosystemy. W architekturze upowszechnia się podobna myśl, aby budynki nie ciążyły środowisku, lecz je wspierały.

● W ekobudowaniu niezmiernie ważne staje się wykorzystanie druku 3D pozwalające na oszczędne wykorzystanie materiałów, które mogą też być bardziej zrównoważone.

● Przyszłością miejskiej zabudowy stają się nie budynki pasywne, ale takie, które produkują prąd (Positive Energy Buildings – PEBs). Norweska Snøhetta opracowała nawet cały model takich budynków Powerhouse.

● Na całym świecie postępuje masowa termomodernizacja budynków. Priorytetem nie jest już jednak wyłącznie zwiększenie ich odporności na chłód, ale także upały.

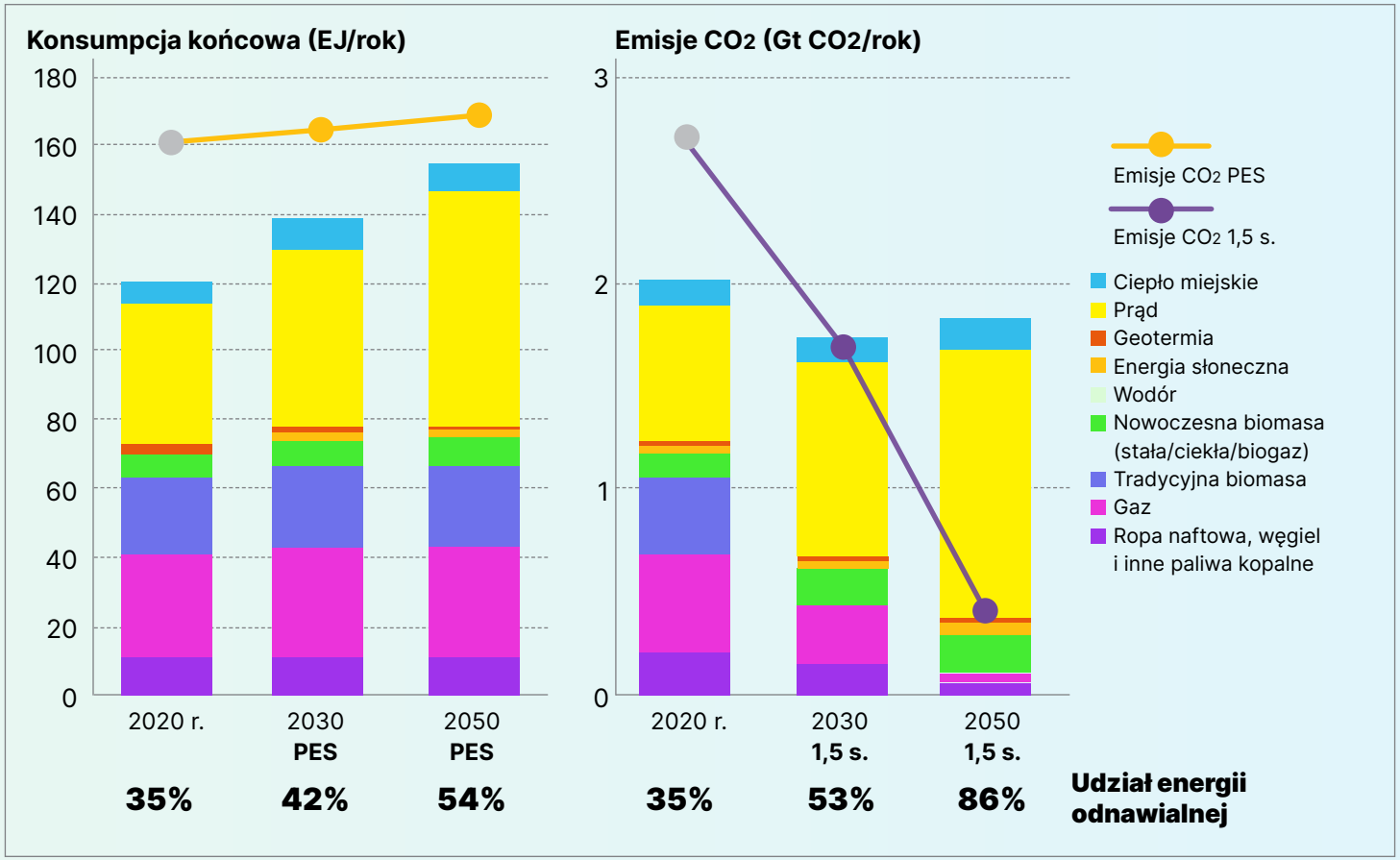
BUDOWANIE

Ślad węglowy: budynki

● Budownictwo ma podwójny wpływ na klimat. Ślad węglowy zostawia podczas samego procesu wznoszenia budynków oraz w trakcie ich użytkowania. Ich znaczenie jest spore, bo sama branża konstrukcyjna generuje 11 proc. emisji CO_2, podczas gdy budynki kolejne 28 proc. emisji (dane World Green Building Council).

● Wszystkie rodzaje budynków – zarówno te mieszkalne, komercyjne, jak i publiczne – odpowiadają dziś za blisko 8 proc. bezpośredniej emisji CO_2 i dodatkowo 18 proc. tej, która towarzyszy produkcji energii potrzebnej do ich zasilania (dane Międzynarodowej Agencji Energii – IEA). Problemem jest jednak nie tylko skala, ale także fakt, że informację 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 CO_2 rocznie w perspektywie tej dekady, a nawet połowy wieku praktycznie się nie zmieni (urośnie do 2,9 Gt CO_2), podczas gdy dla osiągnięcia neutralności klimatycznej powinien spaść do 1,5 Gt CO_2 w 2030 roku i 0,4 Gt CO_2 w 2050 roku.

● Dzieje się tak, ponieważ jedną trzecią energii wciąż dostarczają paliwa kopalne i biorąc pod uwagę wdrożone dotychczas polityki, nie zmieni się to. Przeciwnie, mimo że udział OZE będzie rósł, wzrośnie także ilość energii produkowana 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 roku) będą coraz bardziej głodne energii. Na koniec tej dekady ich głód energii



BUDOWANIE

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 całej dekady wzrósłby z 35 do 53 proc.

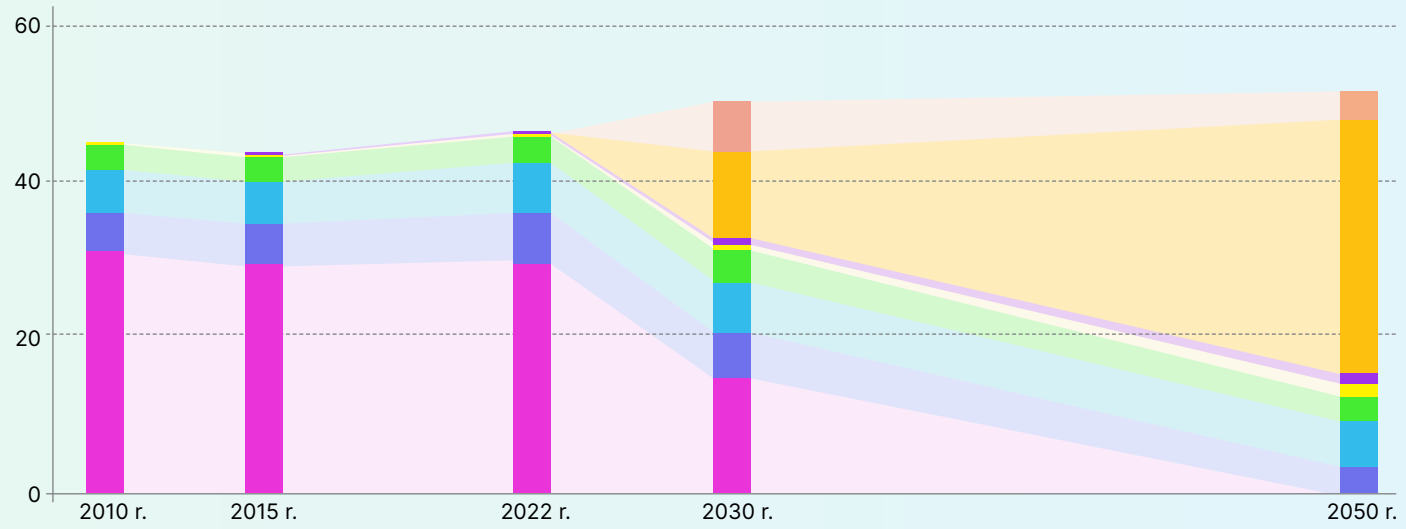
● Na korzyść sektora budynków przemawia fakt, że niemal cały wzrost zapotrzebowania na energię będzie zaspokojony ze źródeł odnawialnych – m.in. takich jak biomasa (ok. 32 EJ, czyli 22 proc. energii w 2030 roku) – a przede wszystkim energii elektrycznej. Już teraz zaspokaja jedną trzecią potrzeb budynków, 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 udział odnawialnych źródeł energii wzrośnie do 42 proc., a w połowie wieku 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 roku 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 roku 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 roku do 25 proc. (z 1 TW do 3 TW) pod koniec dekady, a naprawdę przyspieszy w kolejnych pięciu latach – w 2035 roku będą miały już 40 proc. udziału (i 55 proc. w 2050 roku). 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.

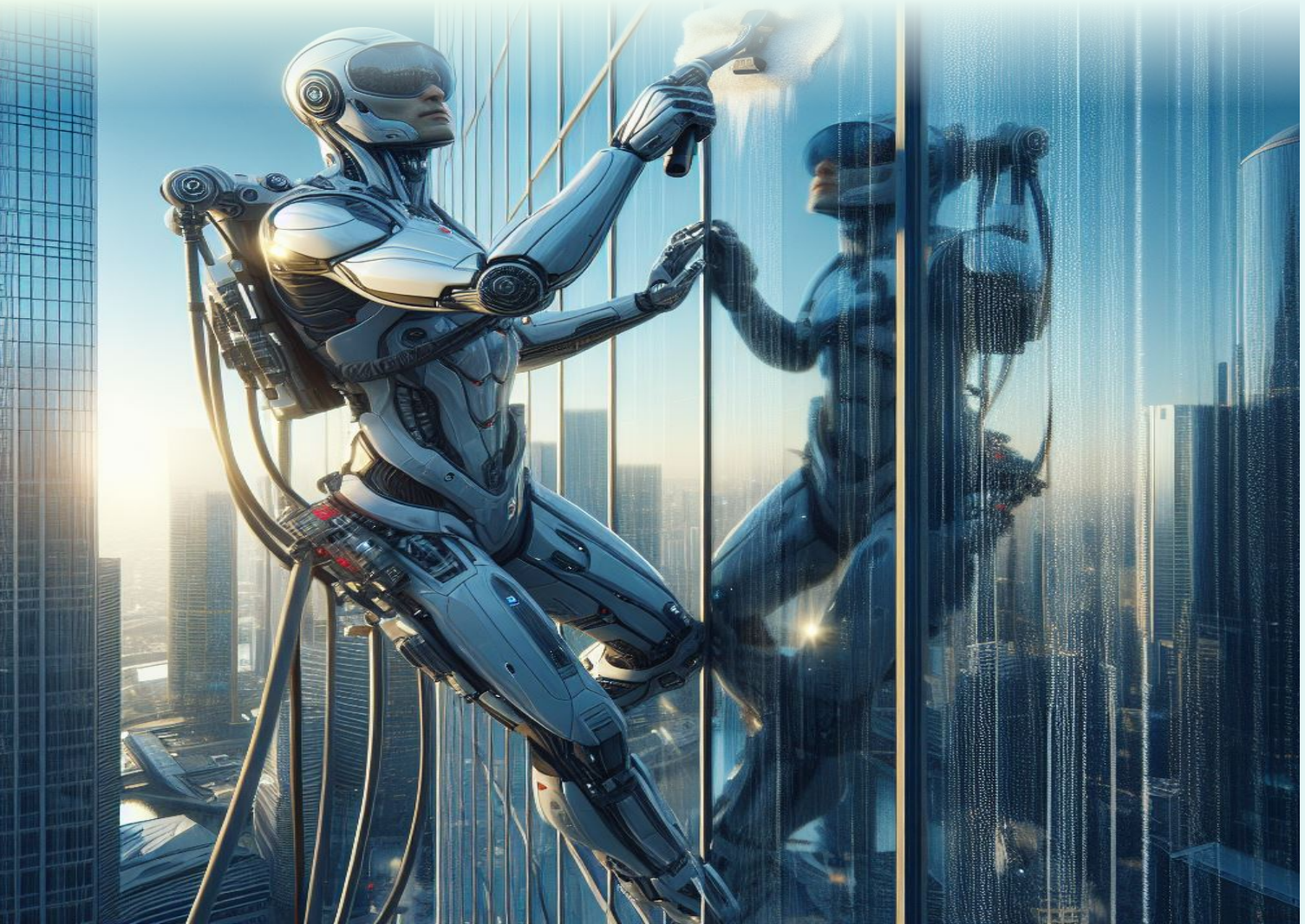
● Podobne wyzwanie stanowi chłodzenie budynków. Do końca dekady wielkość powierzchni budynków z klimatyzacją wzrośnie o jedną trzecią (a do 2035 roku o 62 proc.) i już 45 proc. gospodarstw domowych będzie nią dysponowało (w 2022 roku było to 36 proc.). Za tym pójdzie jeszcze większy wzrost zainstalowanej 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 rosło niezwykle szybko, z 7,7 EJ w 2022 roku do 10,4 EJ pod koniec tej dekady i do 18,5 EJ w 2050 roku. Tymczasem aby pozostać na ścieżce powstrzymywania zmian klimatycznych, w 2030 roku zużycie energii chłodzenia praktycznie nie powinno wzrosnąć i nigdy nie powinno przekroczyć 10 EJ. Stąd konieczny i oczekiwany jest przede wszystkim wzrost efektywności, która powinna mocno ograniczać wzrost zużycia energii.

Zużycie energii ogrzewania pomieszczeń (EJ)



BUDOWANIE

10 wytycznych, jak mieć czyste budynki



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

BUDOWANIE

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).

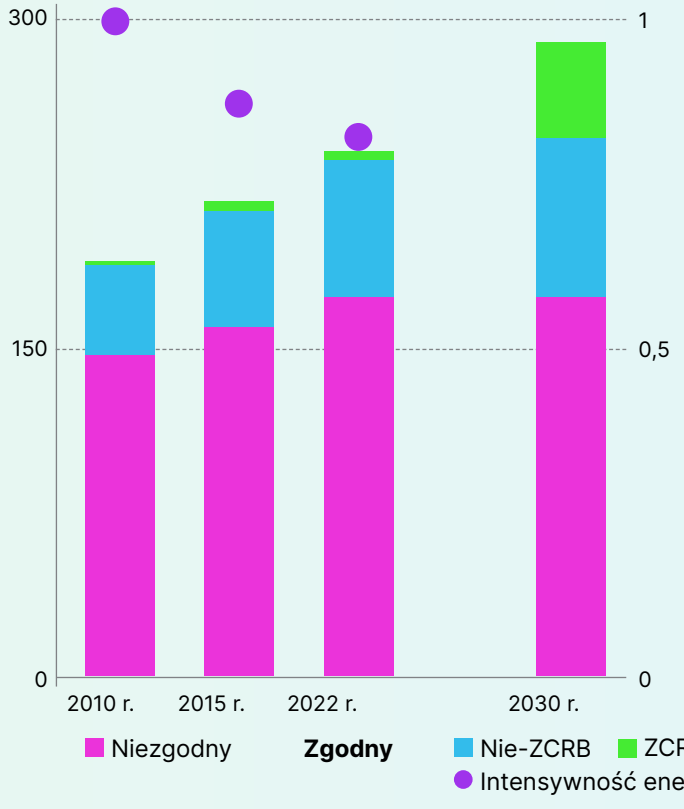
7. Nowoczesna biomasa może wydajnie ogrzewać budynki poprzez systemy ciepłownicze lub kotły na skalę budynkową z wykorzystaniem wiórów drzewnych i peletów.

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

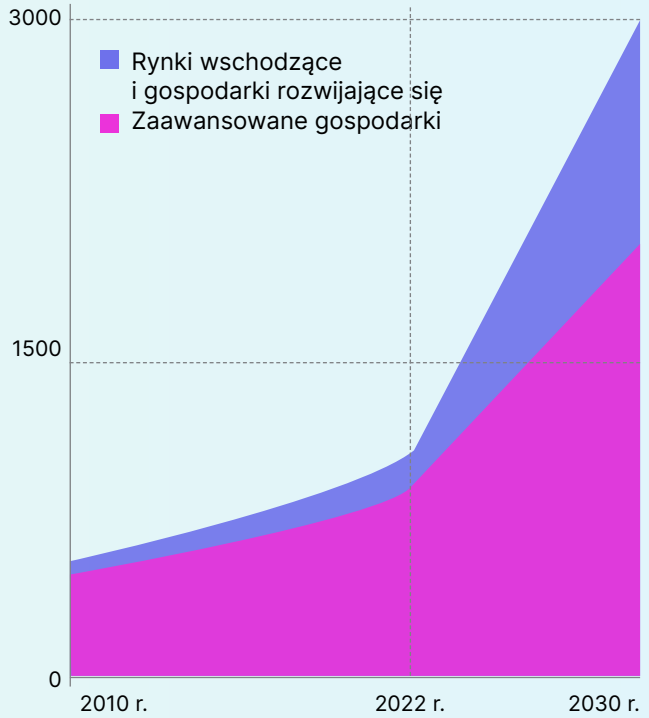
9. W ramach systemów grzewczych rozbudowanie magazynów ciepła, aby zapewnić elastyczność dostaw w regionach o dużym zapotrzebowaniu na ogrzewanie, gdzie zimy są szczególnie surowe. Globalny potencjał magazynowania energii cieplnej IRENA szacuje na blisko 234 GWh.

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



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



BUDOWANIE

Ślad węglowy: budowanie – cement

● W budownictwie największym obciążeniem dla środowiska jest nie sam proces budowania, który zużywa energię maszyn, ale surowce, którymi posługują się ekipy, czyli materiały budowlane. W pierwszej kolejności cement, przy produkcji którego powstaje 2,4 Gt CO_2, oraz stal odpowiedzialna za 2,6 Gt CO_2. Indywidualnie ich wkład do światowych emisji sięga więc odpowiednio 6,5 proc. oraz 7 proc. (rzecz jasna tylko część produkcji stali trafia do budownictwa).

● Budownictwo odpowiada przede wszystkim za wysoko emisyjną produkcję cementu i konieczność zmian w tym sektorze jest kluczowa. 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). Aby je ograniczać, konieczna jest działalność w kilku obszarach równolegle, w największym stopniu zwiększenie efektywności materiałowej, wprowadzanie czystych paliw, budowa systemów wychwytywania CO_2 (CCUS) oraz efektywność energetyczna. Według IEA daje to potencjał na 26-procentowy spadek emisji CO_2 na przestrzeni lat 2022-2030.

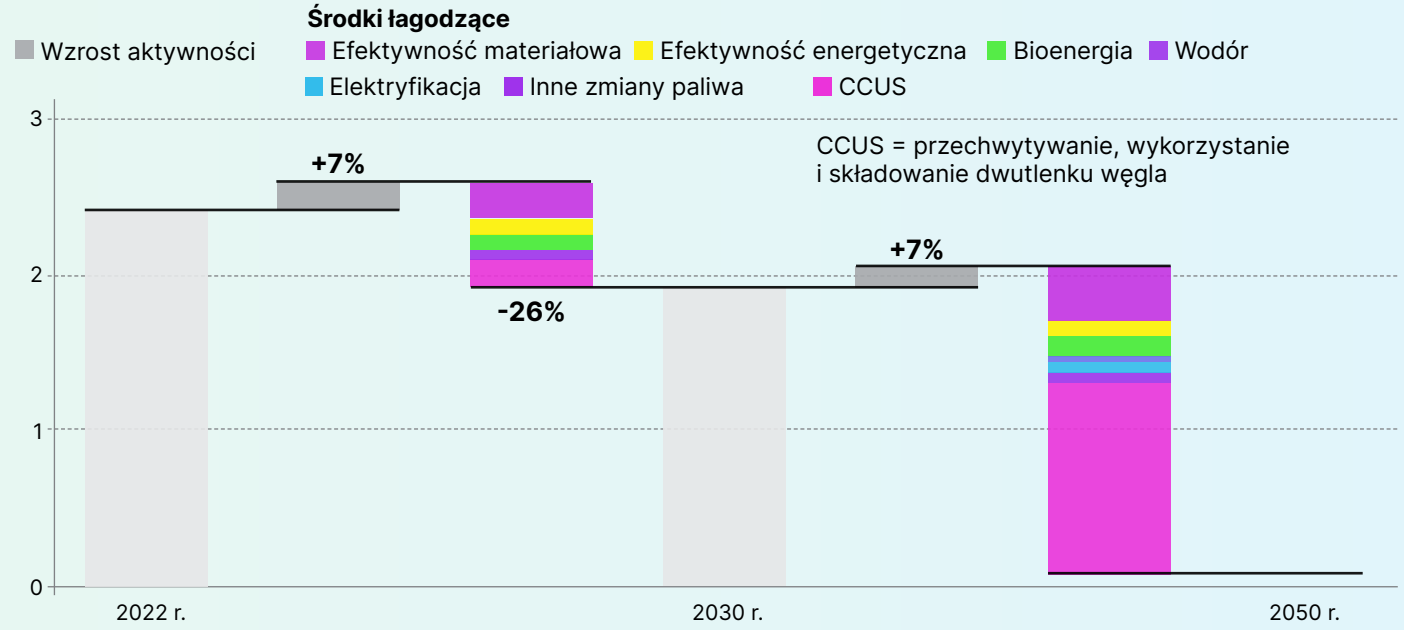
● Jeśli chodzi o zmiany w samym materiale, dotyczą przede wszystkim zmniejszenia udziału klinkieru wypalanego w piecach cementowych w temperaturze 1200-1450 st. C. Proces ten jest głównym źródłem emisji CO_2. Według IEA jego obecny udział sięgający 71 proc. do końca dekady ma spaść do 65 proc., a do połowy wieku do 57 proc. Ma on więc swoje ograniczenia i największe oszczędności emisji dzięki efektywności materiałowej uda się osiągnąć w najbliższych latach. Reszta to kwestia eliminacji CO_2 z pieców. Do końca dekady udział produkcji klinkieru z zerową lub bliską zera emisją powinien sięgać 8 proc., a w perspektywie roku 2050 objąć niemal całą branżę (93 proc. produkcji).

● Stąd druga kluczowa rzecz to zmiana mieszanki paliwowej. Proces ten już się zaczął i około 5 proc. energii w piecach bazuje na biopaliwach (w 2022 roku). Musi tu jednak nastąpić duże przyspieszenie – do końca dekady udział bioenergii powinien sięgnąć 30 proc., a w 2035 roku wynosić 49 proc. (i 86 proc. w 2050 roku). IEA nie przewiduje przy tym istotnego udziału wodoru w mieszance paliwowej – 1 proc.

w 2030 roku z perspektywą 9 proc. w 2050 roku – oraz bardzo późne pojawienie się pieców elektrycznych: dopiero w czwartej dekadzie, a ich udział wzrośnie do 8 proc.

● W dłuższej perspektywie kluczowy dla branży 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 CO_2, co oznacza, że dzięki nim emisje uda się ograniczyć o 60 proc. Rozwój instalacji do przechwytywania CO_2 w branży cementowej już się rozpoczął, ale istotne znaczenie dla branży zyskają dopiero w przyszłej dekadzie – do 2030 roku ich potencjał sięgnie maksymalnie 170 Mt CO_2, czyli 13 proc. całkowitych mocy planowanych do połowy wieku.

Redukcja emisji poprzez środek łagodzący (Gt CO_2)



BUDOWANIE

Biobeton

TREND

W budownictwie nie ma większego obciążenia środowiskowego niż cement i powstający z niego beton. Nie jest więc zaskoczeniem mnogość pomysłów na zastąpienie go bardziej ekologicznym zamiennikiem.

Fot.: David

JAK TO SIĘ ROBI

Najdalej idącym pomysłem jest użycie CO_2 jako surowca – przy umiejętnym połączeniu z betonem zamienia się w węglan wapnia. Coraz więcej jest pomysłów na zastępowanie występującego w cemencie wapienia materiałami organicznymi: naukowcy z Lancaster University odpadki warzywne zamienione w nanocząsteczkowy pył połączyli z cementem (B-SMART). Resztki spożywcze wykorzystali także naukowcy z RMIT (fusy z kawy) i Uniwersytetu Tokijskiego, którzy rozwinęli technikę wytwarzania betonu poprzez poddanie kompresji cieplnej materiałów organicznych (wcześniej recyklingowany beton mieszali z biomasą, aby zwiększyć wykorzystanie materiału z odzysku). Do betonu dodaje się też włókien konopnych, a inną technologią jest użycie skał, nieemitujących CO_2 – np. węglanu wapnia – sody oczyszczonej, a nawet soli (Waiwai). Sublime Systems całkiem zmienił sposób produkcji i piec zastąpił elektrolizerem, który wapń ekstrahuje z obojętnych minerałów, a C-Crete, wykorzystując inne niż wapień spoiwo, stworzył beton bezcementowy.

KORZYŚCI

W przypadku CarbonCure, który opanował metodę dodawania CO_2 do betonu, emisja gazu jest redukowana średnio o 17 kg na każdy metr sześcienny. Ogromny potencjał mają też mikroalgi. Ich hodowcy szacują, że mogą obniżyć emisję o 60 proc. Dodanie sody oczyszczonej sprawia, że 15 proc. CO_2 ulega mineralizacji (MIT). Dopiero jednak wykorzystanie elektrolizy do produkcji wapnia powoduje, że cement staje się całkowicie bezemisyjny. C-Crete chwali się za to, że nawet pochłania CO_2.
Inny aspekt to same właściwości materiałowe. Dodatek CO_2 sprawia, że beton staje się jeszcze mocniejszy – biowęgiel z kawy wzmacnia go o 30 proc. – a z warzywnym pyłem zyskuje na trwałości i jest bardziej odporny na korozję. Z kolei naukowcy z Uniwersytetu Tokijskiego ocenili, że ich materiał ma czterokrotnie większą wytrzymałość na rozciąganie. Ich zespół pracował jednak nie tylko nad wykorzystaniem bioodpadów, ale także dalszym cyklem życia swojego produktu, i zapewnia, że można go zjeść.

GRACZE

CarbonCure
Biomason
Brimstone Energy
Minus Materials
Waiwai
Sublime Systems
C-Crete

BUDOWANIE

Ślad węglowy: budowanie – stal

● Produkcja żelaza i stali zużywa rocznie 35 EJ energii – czyli 9 proc. całej jej produkcji – a ponad 70 proc. światowej stali jest produkowane przy użyciu wielkich pieców tlenowych (BF-BOF), które bazują głównie na węglu metalurgicznym. To sprawia, że hutnictwo jest jedną z branż najbardziej obciążających środowisko (7 proc. wszystkich emisji). 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.

● Redukcję emisji utrudnia również fakt, że do końca dekady wciąż będziemy odnotowywać wzrost produkcji stali – z 1,9 do 2 Gt – co według szacunków Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) przyczyni się do 11 proc. wzrostu emisji sięgających dziś 2,6 Gt CO_2. Z drugiej strony jest szansa na ich redukcję przede wszystkim dzięki elektryfikacji hut, efektywności energetycznej, wykorzystaniu wodoru, a także wprowadzeniu systemów do wychwytywania CO_2 (CCUS). Potencjał tych środków IEA szacuje na 27 proc. mniej emisji do 2030 roku.

● 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 roku udział bezemisyjnego lub prawie bezemisyjnego wytopu stali sięgnie 8 proc. Istotny postęp uda się zrobić dopiero po tej dacie – w 2035 roku ten odsetek powinien już wzrosnąć do 27 proc., a docelowo w połowie wieku 95 proc. stali będzie się zaliczać do tej kategorii. Najmocniej przyczynia się do tego wykorzystanie energii elektrycznej do ogrzewania pieców oraz użycie wodoru, a także systemy do wychwytywania CO_2. Do dyspozycji są więc trzy technologie:

Bezpośrednia redukcja wodorowa (DRI – EAF): 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 CO_2 jako produkt uboczny (to wspomniana

BUDOWANIE

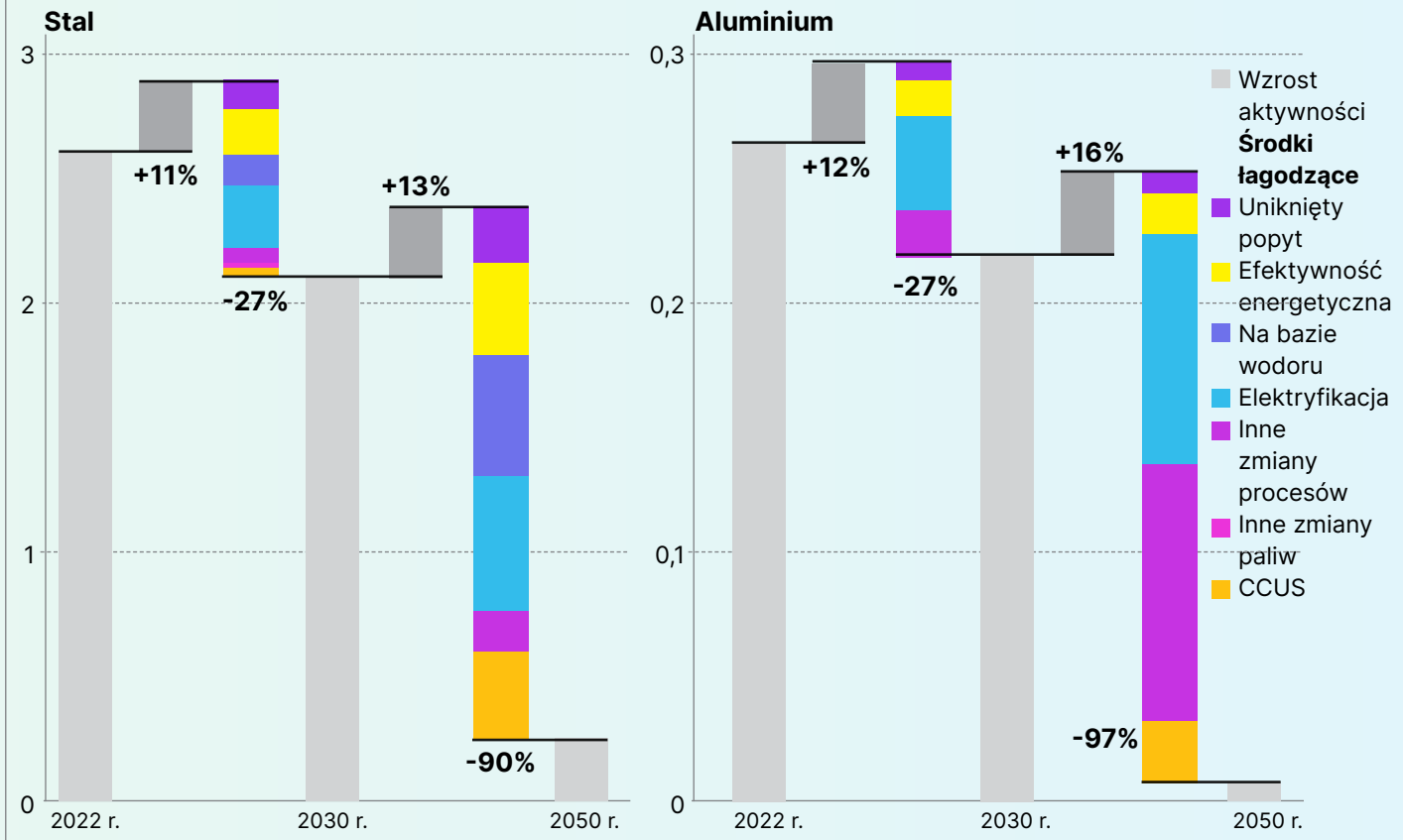
wyżej dominująca technologia Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace – BF-BOF). Wodór może zastąpić węgiel w procesie tzw. bezpośredniej redukcji żelaza, która prowadzi do usunięcia z rudy tlenu i przetworzenia jej w żelazo zredukowane (Direct Reduced Iron – DRI) zwane też żelazem gąbczastym. Do przetopienia 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 roku w ten sposób będzie produkowane 5 proc. stali, a w połowie wieku 44 proc.

Elektroliza rudy żelaza: to rozwijany od niedawna znacznie skrócony proces produkcji stali dzięki elektrolizie rudy żelaza. Zanurzona w elektrolicie 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 roku, a w połowie wieku będzie odpowiadać za 14 proc. produkcji.

Systemy sekwestracji CO_2 (CCUS): to znane głównie z elektrowni oraz cementowni systemy, które pozwalają utrzymać obecny, wysokoemisyjny system produkcji, ale jednocześnie przechwytują uwolnione w tym procesie CO_2 i wykorzystują je jako surowiec, ewentualnie magazynują. Według IEA w 2030 roku tak produkowane będzie 3 proc. stali, a w połowie wieku 37 proc.

● 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 roku recykling będzie dostarczał 38 proc. wsadu do pieców, a w połowie wieku 48 proc.

Redukcja emisji poprzez środek łagodzący (Gt CO_2)



CCUS = przechwytywanie, wykorzystanie i składowanie dwutlenku węgla

BUDOWANIE

CASE: ZIELONA STAL

Rewolucja w sektorze hutniczym

W obliczu globalnych wyzwań klimatycznych przemysł stalowy w Europie stoi przed koniecznością przeprowadzenia zielonej transformacji. Stal stanowi kluczowy wkład w wiele strategicznych sektorów, takich jak budownictwo, produkcja energii odnawialnej czy transport. A jednocześnie jej produkcja odpowiada za blisko 22 proc. emisji CO_2 generowanych przez europejski przemysł. Zmniejszenie śladu węglowego to szansa nie tylko na poprawę wpływu hutnictwa na środowisko, ale także zwiększenie konkurencyjności europejskiej stali na rynku światowym.

Dlatego w całej Europie widać trend polegający na inwestowaniu w rozwiązania przekształcające sektor w kierunku produkcji zielonej stali. Przewagą hutnictwa w tym względzie jest to, że w odróżnieniu od części innych sektorów zielona transformacja nie wymaga stworzenia całkowicie nowych technologii. Kluczowe obszary tej transformacji obejmują wykorzystanie źródeł odnawialnych, innowacje technologiczne takie jak piece łukowe oraz koncepcję samowystarczalności energetycznej. Przykładem na polskim rynku jest grupa Cognor, która produkuje stal za pomocą elektrycznych pieców łukowych, wykorzystując do tego złom pozyskiwany w procesie recyklingu. Grupa między innymi prowadzi obecnie budowę najnowocześniejszej w Europie niskoemisyjnej walcowni w Siemianowicach.

Czym jest zielona stal?

To stal, której wytworzenie wiąże się z niską emisją CO_2. Proces produkcji zielonej stali opiera się na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii oraz technologii, które pozwalają zminimalizować emisje gazów cieplarnianych.

Technologie produkcji zielonej stali

Dominującą technologią wytwarzania stali jest ciągle technika wielopiecowa (BOF), wytwarzająca

BUDOWANIE

CASE: ZIELONA STAL

stal z surówki powstającej z wsadu w postaci rudy żelaza i węgla koksowego. Do surówki dodaje się niewielką (do 30 proc.) część złomu stalowego. Technologia ta generuje jednak wysokie emisje gazów cieplarnianych.

Istnieje kilka technologii, które umożliwiają obniżenie emisji CO_2 w procesie produkcji zielonej stali. Jedną z nich jest zastąpienie koksu wodorem. Proces ten prowadzi do znacznego zmniejszenia emisji CO_2, jednak technologia jest jeszcze w początkowej fazie komercyjnego rozwoju.

Inną, dużo bardziej sprawdzoną technologią jest stosowanie energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł do napędzania pieców elektrycznych (EAF – Electric Arc Furnace) w procesie produkcji stali.

W grupie Cognor wykorzystuje się tę technologię w obu hutach należących do spółki: Ferrostal Gliwice oraz Hucie Stali Jakościowych w Stalowej Woli. Zgodnie z danymi World Steel Association w 2022 roku 28,2 proc. światowej produkcji stali surowej odbywało się przy wykorzystaniu technologii EAF, w której na polskim rynku specjalizuje się Cognor. W pozostałym zakresie producenci na świecie korzystają z dużo bardziej emisyjnej technologii BOF. Przejście na świecie (jak również w Europie) na zieloną stal oznaczać będzie zatem konieczność reinwestycji w większości istniejących hut. Znaczącymi reinwestycjami musi być objęte ok. ¾ pieców w Europie do roku 2030. Biorąc pod uwagę, że kolejny cykl inwestycyjny będzie miał miejsce dopiero za 2-3 dekady, lata 20. (aktualna dekada) są dobrym czasem, w którym może nastąpić jednoczesne odnowienie mocy produkcyjnych i zielona transformacja w sektorze. Oznacza to wielomiliardowe inwestycje w hutnictwie w najbliższych latach w Europie. W Polsce grupa Cognor w 2022 roku rozpoczęła realizację trzech głównych przedsięwzięć, których łączny koszt wynosi ok. 1 mld zł, a zakończenie planowane jest w 2024 roku. Modernizacje stalowni w Gliwicach i walcowni w Krakowie zostały już zakończone, budowa nowoczesnej walcowni w Siemianowicach Śląskich jest w trakcie realizacji.

EAF jest technologią bardziej nowoczesną i efektywniejszą (ma korzystny bilans energetyczny, tj. koszty zużycia energii są niższe w związku z mniejszą masą wsadu) od technologii BOF, a jednocześnie zdecydowanie mniej uciążliwą dla środowiska naturalnego (niższe emisje CO_2, a także możliwość wykorzystania w 100 proc. złomu jako wsadu, co wpisuje się w drugi ważny trend zmieniający światową ekonomię).

Energetyka odnawialna w produkcji zielonej stali

Energia odnawialna (OZE) odgrywa kluczową rolę w zielonej transformacji hutnictwa. Inwestycje w źródła energii odnawialnej, takie jak energia wiatrowa, słoneczna czy biomasa, pozwalają na zmniejszenie zależności od paliw kopalnych i redukcję emisji CO_2. Ponadto własne źródła OZE nie tylko zapewniają zieloną energię, ale także stanowią zabezpieczenie przed ryzykiem związanym z jej podażą, szczególnie w kontekście dyskusji na temat problemów z mocami wytwórczymi w najbliższych latach.

Celem grupy Cognor jest sukcesywne zastępowanie w procesie produkcyjnym czarnej energii elektrycznej zieloną. Przykładem są inwestycje w fotowoltaikę nadachową w Gliwicach o mocy ponad 4,5 MW, będącą obecnie największą tego typu instalacją na pojedynczym dachu w Polsce. Ponadto planowane są instalacje PV w Stalowej Woli

BUDOWANIE

CASE: ZIELONA STAL

czy Siemianowicach Śląskich. Łącznie mają one dać ok. 10 MW zainstalowanych mocy i być przykładem jednej z większych tego typu instalacji. Oprócz wykorzystania własnych terenów / dachów do produkcji zielonej energii właściciel Grupy Cognor rozwija dedykowaną spółkę PS Green Investments odpowiedzialną za rozwój wielkoskalowych projektów wiatrowych, PV i innych zielonych technologii w celu zabezpieczenia zielonej energii i w rezultacie produkcję zielonej stali.

Samowystarczalność energetyczna w przemyśle

Dążenie do samowystarczalności energetycznej jest kluczowym aspektem zielonej transformacji. Polskie przedsiębiorstwa hutnicze inwestują w projekty OZE, takie jak farmy wiatrowe czy instalacje fotowoltaiczne (przykładem są inwestycje w fotowoltaikę nadachową Cognor), aby zapewnić sobie dostęp do zrównoważonych i stabilnych źródeł energii. Takie

podejście nie tylko zmniejsza ślad węglowy, ale również zabezpiecza przed wahaniami cen paliw kopalnych i cen uprawnień do emisji CO_2 w systemie ETS. Zmienność tych parametrów może istotnie wpłynąć na rentowność produkcji stali.

Chociaż zapotrzebowanie na zieloną energię rośnie, jej dostępność na rynku wciąż jest niewystarczająca. Przemysł hutniczy może odpowiedzieć na ten problem poprzez inicjatywy partnerskie z producentami OZE, inwestycje w farmy wiatrowe czy solarne, a także angażowanie się w projekty produkcji energii z biomasy. W niedalekiej przyszłości przedsiębiorstwa mogą zacząć konkurować o zieloną energię ze względu na jej mniejszą podaż od popytu. Aby sprostać temu wyzwaniu, spółka PS Green Investments wspierająca Cognor w zielonej transformacji prowadzi obecnie własne projekty, które zabezpieczą dostęp do zielonej energii dla grupy.

Nowe technologie

Inwestycje w nowe technologie, takie jak wychwyt i składowanie dwutlenku węgla (CCS), metody produkcji stali bezpośrednio z żelaza w proszku (DRI) czy zaawansowane systemy odzysku ciepła, są niezbędne dla przyszłości zielonego hutnictwa. Polskie przedsiębiorstwa stalowe angażują się w projekty badawczo-rozwojowe, współpracując z ośrodkami naukowymi i innowacyjnymi start--upami, aby przyspieszyć wdrażanie tych rozwiązań.

Oczekiwania zielonej stali przez konsumentów

Rośnie świadomość ekologiczna konsumentów i firm, którzy coraz częściej żądają produktów wytwarzanych w sposób zrównoważony. Polskie przedsiębiorstwa stalowe muszą dostosować swoje oferty do tych oczekiwań, promując zieloną stal jako produkt premium, który spełnia najwyższe standardy środowiskowe. To nie tylko odpowiedź na rosnące wymagania rynku, ale także szansa na budowanie przewagi konkurencyjnej. Jednocześnie oczekiwania te będą musiały być urealnione w niektórych sektorach – nie zawsze zielona stal produkowana w 100 proc. z recyklingu będzie spełniała techniczne oczekiwania producentów (np. w przemyśle motoryzacyjnym, gdzie zmiana technologii i materiałów może wymagać długotrwałych procesów certyfikacyjnych i dostosowań produkcyjnych, wprowadzenie zielonej stali może być opóźnione), również dostęp do złomu nie pozwoli na zaspokojenie 100 proc. produkcji stali.

Regulacje a zielona stal

Regulacje (w szczególności dotyczące zielonej transformacji) odgrywają obecnie kluczową rolę w kształtowaniu rozwoju rynku zielonej stali. Przepisy dotyczące emisji CO_2 i standardów ekologicznych, takie jak te wprowadzane w ramach Fit for 55, stawiają przed producentami stalowymi ogromne wyzwania, ale także zachęcają do inwestycji w bardziej zrównoważone technologie. Patrząc na tempo

BUDOWANIE

CASE: ZIELONA STAL

obecnych zmian regulacyjnych (i restrykcyjne podejście Komisji Europejskiej do kwestii klimatycznych, w tym w przemyśle energochłonnym), można oczekiwać rosnącej presji na zmiany w sektorze. Kluczowe jest jednak uwzględnienie równowagi między tymi celami a konkurencyjnością na rynku globalnym. Europa musi stworzyć szczegółowy plan, w jaki sposób zapewnić (przy rosnących wyzwaniach regulacji klimatycznych) konkurencyjność przemysłu energochłonnego, nie możemy sobie pozwolić na relokację przemysłu ciężkiego poza granice Unii Europejskiej. Obecna sytuacja geopolityczna w sposób jednoznaczny pokazuje, jak ważny jest rozwój i pielęgnowanie rodzimego sektora przemysłowego i jakie znaczenie ma on dla zapewnienia zarówno rozwoju, jak i bezpieczeństwa państwa.

Pomocne dla przemysłu hutniczego może być stworzenie dobrze skrojonego wsparcia rządowego w postaci ulg podatkowych, dotacji na badania i rozwój oraz preferencyjnych warunków finansowania. Przykłady takich programów już mieliśmy, jednak teraz potrzebujemy bardziej kompleksowego wsparcia.

Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM)

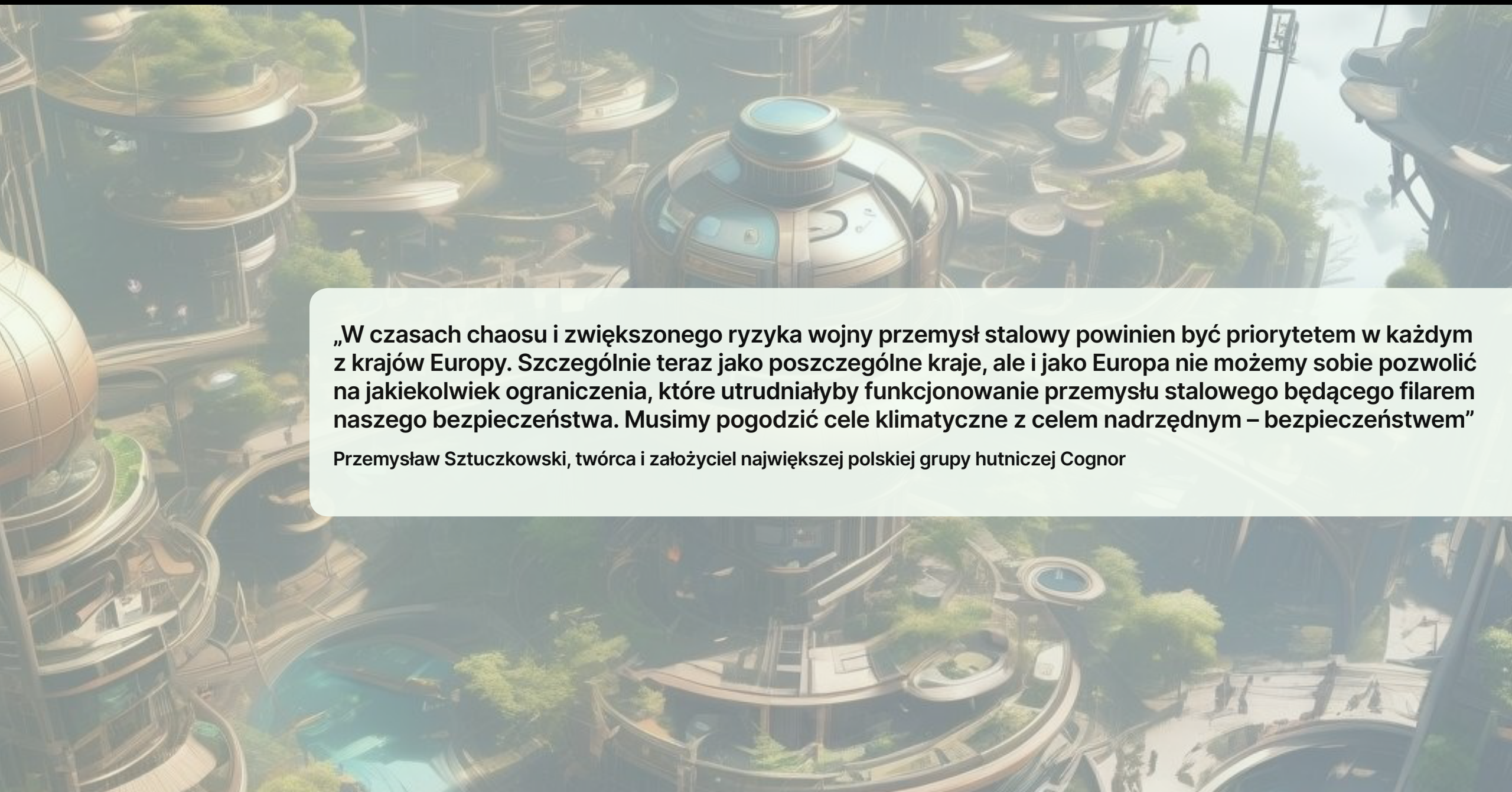
Wprowadzenie przez Unię Europejską mechanizmu CBAM (testy od początku października 2023, pełne wprowadzenie przewidywane w 2026 roku) stanowi krok w stronę zwiększenia konkurencyjności europejskiego przemysłu. CBAM ma na celu zapobieganie „wyciekom węglowym" poprzez nałożenie opłat na importowane produkty, które nie spełniają unijnych standardów emisji CO_2. Dla producentów krajowych teoretycznie oznacza to przynajmniej częściowe wyrównanie kosztów wytworzenia z graczami spoza Unii Europejskiej, którzy nie ponoszą kosztów zakupu uprawnień do emisji CO_2.

Jednym z problemów jest jednak brak dobrej kontroli nad raportowaniem emisyjności tych producentów, a w szczególności udowodnienia, z jakich źródeł (energia zielona vs. czarna) faktycznie czerpią energię elektryczną. Ponadto CBAM nie adresuje eksportu stali produkowanej w Unii Europejskiej poza jej obszar. Jest to zatem mechanizm, który stanowi pewien krok, ale daleko mu do oczekiwań branży.

„Potrzebujemy realnych mechanizmów zwiększających konkurencyjność europejskiego rynku stali. CBAM daje nam iluzję działania, i to takiego, które rozpocznie się dopiero za 2 lata. Nie mamy jako Europa prawdziwej kontroli nad tym, jak przedsiębiorstwa z państw spoza EU ETS będą raportować rodzaj energii, której używają do produkcji, czy zielona energia nie będzie liczona np. 2 razy albo czy to nie będzie wyłącznie decyzja administracyjna – np. eksporterzy do UE mogą zostać administracyjnie uznani za odbierających energię z elektrowni jądrowej" – tłumaczy Przemysław Sztuczkowski.

Grupa Cognor liderem transformacji hutnictwa

Podstawowym przedmiotem działalności grupy Cognor jest produkcja stali surowej (półprodukt, kęs) i hutniczych wyrobów finalnych, które wytwarzane są ze złomu stalowego w znacznej części pozyskiwanego we własnym zakresie. Dominująca część wolumenu pozyskiwanych surowców pochodzi z rynku krajowego. Następnie zakłady produkcyjne oddziałów w Gliwicach i Stalowej Woli w procesie produkcyjnym wykorzystują technologię EAF, polegającą na stapianiu złomu przy użyciu łuku elektrycznego o dużej mocy. Cognor jest obecnie przykładem przedsiębiorstwa wpisującego się w założenia gospodarki obiegu zamkniętego, a plany grupy zmierzające do wykorzystania do produkcji odnawialnych źródeł energii pozwolą na „zamknięcie obiegu" i produkcję w pełni zielonej stali.



„W czasach chaosu i zwiększonego ryzyka wojny przemysł stalowy powinien być priorytetem w każdym z krajów Europy. Szczególnie teraz jako poszczególne kraje, ale i jako Europa nie możemy sobie pozwolić na jakiekolwiek ograniczenia, które utrudniałyby funkcjonowanie przemysłu stalowego będącego filarem naszego bezpieczeństwa. Musimy pogodzić cele klimatyczne z celem nadrzędnym – bezpieczeństwem”

Przemysław Sztuczkowski, twórca i założyciel największej polskiej grupy hutniczej Cognor

BUDOWANIE

Po betonie i stali czas na drewno

Fot.: UBC Media Relations

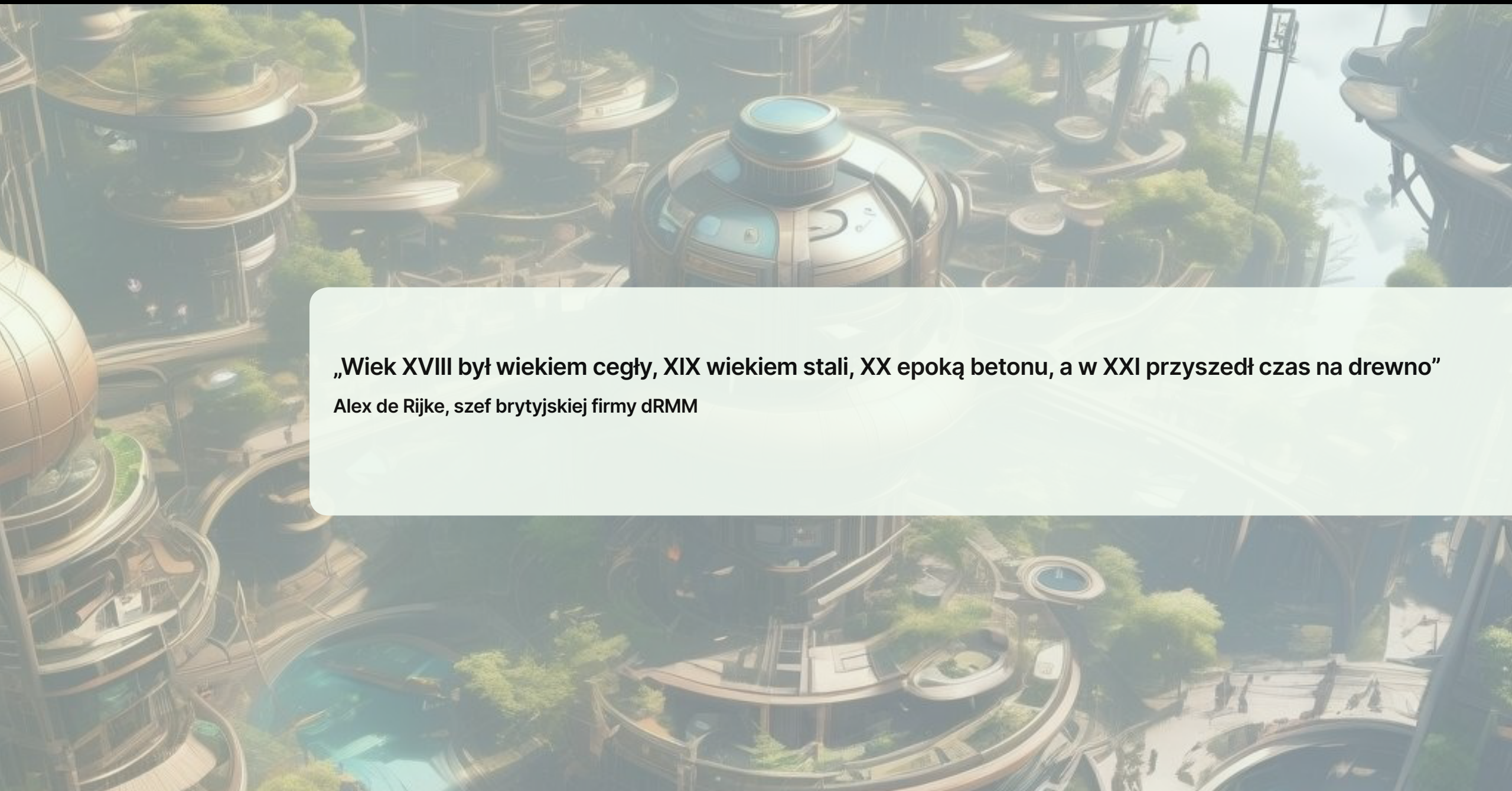
● Dekarbonizacja produkcji zarówno cementu, jak i stali idzie bardzo powoli. Tymczasem zmniejszenie śladu węglowego budynków jest jak najszybciej potrzebne. W tym kierunku idą zmiany dyrektywy EPBD w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (tzw. dyrektywa budynkowa), którą w marcu 2023 roku zatwierdził Parlament Europejski. Kluczowy jest wymóg, aby od 2028 roku wszystkie nowe budynki były zeroemisyjne (do 2032 roku zeroemisyjne mają się też stać budynki mieszkalne poddane gruntownej renowacji). Nie jest to jednak tylko kwestia zabezpieczania ich bieżących potrzeb energetycznych łatwo rozwiązywalna przez zakup zielonego prądu lub instalację fotowoltaiczną.

● Nowe prawo nie ogranicza się do bieżącego śladu węglowego budynków, ale pełnego obciążenia dla środowiska w całej długości ich życia, począwszy od kopania fundamentów. W największym stopniu dotyka materiałów budowlanych, takich jak cement i stal, dla których ekologiczne przemiany i wymogi były dotychczas dość łagodne. „Budynki są ważnym bankiem materiałów, ponieważ przez wiele dziesięcioleci deponuje się w nich zasoby, a sposób ich projektowania ma duży wpływ na emisje w całym cyklu życia, zarówno w przypadku nowych budynków, jak i renowacji", podkreślono w nowym dokumencie UE. Poza tym, że materiały budowlane będą musiały spełniać odpowiednie normy energetyczne, istotniejszy stanie się ich skład surowcowy. W ten sposób otwiera się ścieżka dla szerszego wykorzystania drewna.

● Drewno to całkowite przeciwieństwo cementu, bo nie tylko nie generuje CO_2 przy produkcji, ale wykazuje tzw. emisje ujemne – magazynuje bowiem 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 roku 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 roku może stanowić już nie 8 proc., ale 25 proc. globalnej puli emitowanego CO_2.

● Dlatego niemieccy naukowcy 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 rozwoju budownictwa drewnianego na przestrzeni kolejnych 30 lat. Scenariusz bazowy, czyli utrzymanie status quo, oznacza 0,5 proc. udziału domów z drewna, kolejne zakładają jego wzrost do 10, 50 i 90 proc. udziału. W wariancie pasywnym w drewnie budowlanym zmagazynujemy 10 mln ton węgla rocznie, a w wersji maksimum prawie 700 mln ton.

● Tak drastyczna zmiana, jaką proponują naukowcy z Poczdamu, musiałaby być 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 areały 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.



„Wiek XVIII był wiekiem cegły, XIX wiekiem stali, XX epoką betonu, a w XXI przyszedł czas na drewno”

Alex de Rijke, szef brytyjskiej firmy dRMM

BUDOWANIE

Nowe wyzwanie surowcowe

Fot.: U.S. Forest Service

● Korzystne dla klimatu przemiany w budownictwie, gdzie drewno zastępuje stal i beton, powoli zaczynają następować. 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.

● Nie chodzi o zwykłe drewno, ale bardzo wytrzymałe, specjalnie przygotowane tzw. mass timber (o czym niżej), 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. W 2030 roku sprzedaż tego typu materiałów na całym świecie ma wynosić już 3 mld dol. 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 roku w realizacji były 1753 projekty – rocznie produkuje się około 18 mld m desek, ale mass timber opowiada już tylko za 0,4 mld m.

● Zakładów, które je produkują, jest tylko 38 i wszystkie działają powyżej swoich mocy wytwórczych, mimo że w ciągu ostatnich sześciu lat zainwestowano w nie aż 793 mln dol. Co więcej, roczne tempo wzrostu wciąż jest niewielkie: według Forisk w 2024 roku moce produkcyjne wzrosną z 1,75 do 1,9 m sześc., czyli zaledwie o 8 proc. Sprawia to, że 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.

BUDOWANIE

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:

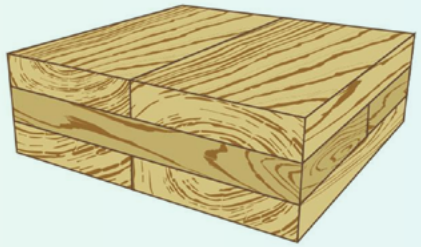
→ **ognioodporność** – podczas testu odporności ogniowej 5-warstwowa ściana z paneli z drewna klejonego krzyżowo (CLT) została poddana działaniu temperatur przekraczających 1800 st. Fahrenheita (982 st. C) przez 3 godziny i 6 minut (w przepisach budowlanych mowa jest o 2 godzinach). Z testu wynika, że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

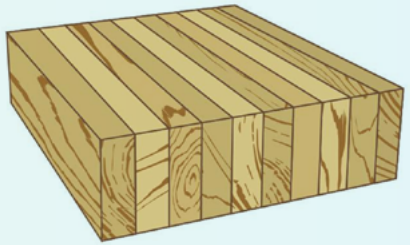
→ **ekologiczność** – zastąpienie stali przez mass timber zmniejszyłoby emisje dwutlenku węgla o 15-20 proc., według niektórych szacunków krótkoterminowe wykorzystanie CLT i innych pojawiających się technologii drewna w budynkach od 7 do 15 pięter może mieć taki sam wpływ na kontrolę emisji jak usunięcie 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).

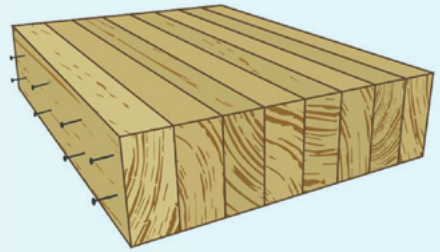
Skoro to nie stal czy beton, ale drewno ma być przyszłością budownictwa, warto dowiedzieć się, z czego tak naprawdę będziemy w przyszłości budować. Mass timber ma co najmniej kilka wariantów. Każdy bardzo trwały, aby mógł unieść wysokie budynki:



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 sklejane 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.



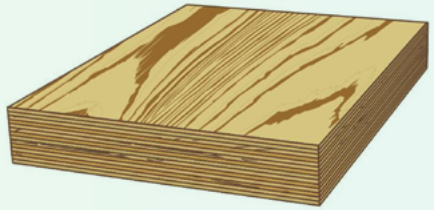
Nail Laminated Timber (NLT), czyli drewno laminowane gwoździami, jest podobne do glulamu, tyle że ułożone równolegle kawałki tarcicy mocowane są za pomocą gwoździ lub śrub. Jego zaletą jest nie tylko możliwość wykorzystania łatwo dostępnego drewna ze źródeł lokalnych (tak jak w przypadku glulamu), ale także łatwość wykonania. MLT nie wymaga dedykowanego zakładu produkcyjnego. Ze względu na atrakcyjny wygląd architekci

Fot.: SilvaSpan, UBC Media Relations

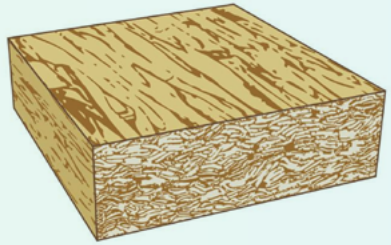
BUDOWANIE

chętnie wykorzystują go do tworzenia monolitycznych paneli ściennych, jest jednak stosowane również w podłogach oraz dachach.

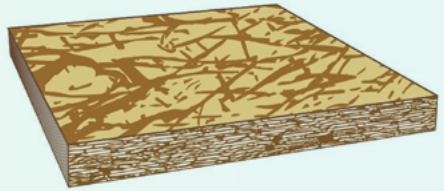
Dowel Laminated Timber (DLT), czyli drewno laminowane kołkami, wykonuje się analogicznie do NLT. Jak sama nazwa wskazuje, tarcica jest jednak mocowana za pomocą drewnianych kołków. Ponieważ DLT jest wykonane w całości z drewna, można je łatwo obrabiać za pomocą maszyn do frezowania i pozwala na modyfikacje na miejscu budowy. DLT stosuje się w podłogach, dachach, ścianach oraz szybach wind i schodów. Podobnie jak MLT często pozostaje odsłonięte 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 słoje drewna są zorientowane w kierunku długości powstającego bloku (tzw. kęsa) i łączone 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.

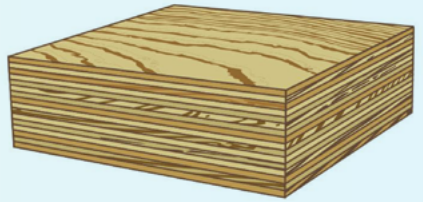


Parallel Strand Lumber (PSL), czyli tzw. drewno o splotach równoległych, wytwarza się z forniru, który jest pocięty na długie pasma. Ułożone równolegle do jego długości zostają sklejone i sprasowane. Sploty PSL mają stosunek długości do szerokości wynoszący 300 do 1. Często PSL jest używany w odsłoniętych belkach, ponieważ może się zginać i charakteryzuje się doskonałą wytrzymałością.



Laminated Strand Lumber (LSL) nazywany laminowaną tarcicą konstrukcyjnie jest podobny do PSL, ale zamiast forniru 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 słojów. 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.

Fot.: SilvaSpan, UBC Media Relations

BUDOWANIE

Drewniane osiedla

TREND

Nowoczesne wielkomiejskie budownictwo drewniane zaczęło się od apartamentowców, ale architekci i inwestorzy są coraz bardziej śmiali – z drewna tworzą już całe osiedla, a nawet dzielnice.

Fot.: Stockholm Wood City

APARTAMENTY

Wielu może to zaskoczyć, ale jeden z pierwszych nowoczesnych budynków wykorzystujących wytrzymałe drewno (mass timber) powstał w 1997 roku. To Ölzbündt, kompleks mieszkaniowy w Dornbirn w Austrii. Architekci z pracowni HK Architekten traktowali go jako projekt badawczo-rozwojowy pokazujący potencjał wielopiętrowego budownictwa drewnianego. To trzykondygnacyjny kompleks apartamentów, który został zbudowany wokół szkieletu z mass timber. „Użyliśmy go, ponieważ jest to standardowa i historycznie zwyczajowa metoda budowy w Europie Środkowej. Zaletą tej konstrukcji jest fakt, że potrzebuje tylko kilku podpór do całego budynku. To zapewnia elastyczność budynku w przyszłości", mówi Hermann Kaufmann. Ściany zostały zmontowane z elementów prefabrykowanych z drewna modrzewiowego. Ölzbündt, mający prawie 42 m długości i 9 m szerokości, posiada dwanaście mieszkań z jedną i dwiema sypialniami, a także jedną jednorodzinną jednostkę mieszkalną.

OSIEDLA

Systemowy pomysł na osiedlową drewnianą architekturę ma bostońska firma projektowa Generate. Jej projekt The Tallhouse to znany schemat budowy powtarzalnych budynków wielorodzinnych, który można do pewnego stopnia modyfikować. Kluczowa nie jest jednak ich zmienność – choć to istotny element – ale fakt, że bazują na drewnianej konstrukcji. Katalog czterech modeli budynków opiera się na drewnie konstrukcyjnym (mass timber, takim jak drewno laminowane krzyżowo CLT – Cross Laminated Timber), które w technologii hybrydowej łączy się z elementami stalowymi. Dla ich przygotowania Generate zebrał zespół architektów i inżynierów, który miał zadbać o każdy detal. Aby osiedle nie tylko znacząco obniżyło węglowy ślad w stosunku do tradycyjnych domów, ale też by budynki były łatwe w budowie, relatywnie tanie, a do tego trwałe i wysokiej jakości. Drewno pozostaje przy tym najbardziej przyjaznym człowiekowi materiałem budowlanym, który ma sprawić, że nawet duże osiedle nie będzie przytłaczać. Systemy są przeznaczone do budynków od 8 do 18 pięter.

DZIELNICE

Stockholm Wood City (SWC) to już z kolei cały kompleks 25 budynków, w których pomieści się 2 tys. mieszkań i biura dla 7 tys. osób. Budowa rozpocznie się w 2025 roku, a pierwsi lokatorzy wprowadzą się tu dwa lata później. Wybór drewna jako budulca jest podyktowany nie tylko jego ujemnym śladem węglowym. „Większość badań pokazuje, że budynki drewniane zapewniają lepszą jakość powietrza, zmniejszają stres i zwiększają produktywność. Budowanie z drewna oznacza także ciszę na budowie i zmniejsza liczbę ciężkich transportów w okresie budowy", przekonują twórcy projektu. Znacznie większy od SWC jest projekt zabudowy nieczynnego już berlińskiego lotniska Tegel. Teren jest olbrzymi – w sumie liczy 495 ha – więc możliwości także są ogromne. Powstanie tu kilka kompleksów mieszkaniowych, a pierwszy z nich, drewniany Schumacher Quartier, ma liczyć 5 tys. mieszkań. Harmonogram budowy jest podobny do szwedzkiego, także tutaj pierwsi lokatorzy mają się pojawić w 2027 roku.

BUDOWANIE

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.: Mad Arkitekter

PRZESZŁOŚĆ

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 roku. Wówczas był już jednak zdetronizowany i jego premiera przeszła bez większego echa. Najpierw w 2017 roku w Vancouver powstał 53-metrowy Tallwood House, a dwa lata później w norweskim Brumunddal oddano do użytku najwyższy drewniany budynek o wysokości 85,4 m. Także Mjøstårnet to konstrukcja hybrydowa. Przy tak dużej wysokości nie obyło się bez użycia betonu, szczególnie na wyższych poziomach, gdzie ma usztywnić konstrukcję i zapobiec jej kołysaniu się. Kluczową rolę odgrywają jednak belki wykonane z drewna fornirowanego warstwowo (LVL). W 2022 roku także Mjøstårnet musiał jednak oddać palmę pierwszeństwa Ascent MKE, 87-metrowemu apartamentowcowi wybudowanemu w Milwaukee. Początkowo miał być nieco niższy, ale w 2020 roku zapadła decyzja, aby podwyższyć go z 21 do 25 pięter.

PRZYSZŁOŚĆ

Wyścig na wieże się jednak nie zakończył: w Berlinie w 2026 roku chcą mieć własny drewniany drapacz chmur, 98-metrowy WoHo. Stanie na Kreuzbergu niedaleko Potsdamer Platz i też będzie miał nieco betonu – zostanie użyty przy wylewaniu fundamentów, a także stawianiu szybu windowego oraz klatki schodowej. Nazwa nowej budowli to skrót od Wohnhochhaus, bo nie będzie to biurowiec czy hotel, ale wieżowiec mieszkalny. Berlińczycy niedługo będą się jednak cieszyli palmą pierwszeństwa, bo w tym samym 2026 roku w szwajcarskim Winterthur urośnie im nieco wyższy, 100-metrowy konkurent Rocket i Tigerli. Wyjątkowy jest nowy system konstrukcyjny, gdzie drewno zastępuje betonowy rdzeń budynku. Dzięki niemu możliwa będzie budowa wyższych budynków drewnianych. 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 roku.

GRACZE

Moelven Limtre
Voll Arkitekter
Euratlantique
Eiffage
Korb + Associates
Wiechmann Enterprises
RLP Rüdiger Lainer + Partner
Sumitomo Forestry
Team V Architecture
Implenia
ETH

BUDOWANIE

Drewniane stadiony

TREND

Drewniane kolosy rosną nie tylko wzwyż, ale także wszerz. Materiał budowlany, który budzi pozytywne skojarzenia, upatrzyli sobie także projektanci obiektów sportowych. I to bardzo dużych. Przede wszystkim stadionów.

Fot.: Zaha Hadid Architects

PRZESZŁOŚĆ

Największą determinacją wykazali się Japończycy, a kluczowa rozgrywka o drewno miała miejsce na Stadionie Olimpijskim. Pierwotnie zwycięzczynią konkursu na jego projekt została Zaha Hadid, proponująca obiekt nowoczesny i spektakularny. Po burzliwej dyskusji gospodarze igrzysk z 2022 roku uznali go jednak za przeskalowany. Ostatecznie zrealizowali dużo bardziej kameralną wersję zaproponowaną przez Kengo Kumę, którego znakiem rozpoznawczym jest korzystanie z naturalnych budulców. Dlatego znaczna część konstrukcji owalnego dachu oraz fasady została wykonana z drewna, a także materiałów je imitujących.
Drewno już wcześniej pojawiało się zresztą w obiektach sportowych. Jednym z pierwszych był dach Telus Stadium na Université Laval w Quebecu, który nakrył 9 tys. m kw. boiska. Kanadyjczycy chętnie zresztą sięgają po ten surowiec – na Westhills Stadium (Langford, Kolumbia Brytyjska) z glulamu zbudowano trybuny. Z kolei w Australii stadion Erica Tweedale'a w Sydney został zbudowany z prefabrykowanych elementów drewnianych, które przypłynęły z Włoch.

PRZYSZŁOŚĆ

Regułą staje się, że igrzyska to doskonała okazja do efektownego zaprezentowania drewna w architekturze. Tak też będzie w tym roku w Paryżu. Chlubą Francuzów ma być umiejscowiona w przedmiejskim Saint-Denis pływalnia Aquatics Centre, jedyny całkowicie nowy obiekt sportowy przygotowany na te zawody. Także tu drewno będzie dominującym materiałem budowlanym. Dzięki temu zminimalizowana została potrzeba klimatyzacji, a ogrzewanie obiektu będzie znacznie bardziej efektywne. Wszystko to jednak tylko przedsmak tego, co ma powstać w Eastington koło Bristolu. Grający tu klubu Forest Green Rovers wreszcie zasłuży na siedzibę godną swej nazwy. Jego nowy stadion niemal w całości wykonany z drewna będzie miał też adekwatną nazwę Eco Park (zdj. obok). Budulec ten sprawi też, że obiekt ustawiony na łące będzie współgrał z zielonym otoczeniem. Poza aspektami czysto środowiskowymi ciekawe w całym przedsięwzięciu jest to, że za projektem stoi pracownia Zaha Hadid Architects, która igrzyska w Japonii przegrała właśnie z drewnianym reprezentantem gospodarzy.

GRACZE

Kengo Kuma & Associates
Nordic Structures
Groupe Stavibel
VenhoevenCS
Ateliers 2/3/4
Rubner Gruppe
Zaha Hadid Architects

BUDOWANIE

Drewniane lotniska

TREND

Podobny motyw skali, jaki mamy w obiektach sportowych, pojawił się także na lotniskach. Coraz więcej terminali przy rozbudowie sięga po drewno. Można się tylko domyślać, że chodzi o to, aby nieco ocieplić wizerunek podróży samolotem, które nie kojarzą się z ekologią.

Fot.: Port of Portland

JAK TO SIĘ ROBI

Zaczęło się w 2022 roku w Quebecu. Tu nowy budynek na lotnisku Chibougamau-Chapais ma drewniane ściany otaczające poczekalnię, a dach to połączenie elementów konstrukcyjnych z drewna i stali. Znacznie większy rozmach mają w Zurychu. Konkurs na projekt nowego terminalu wygrał zespół biur architektonicznych z Bjarke Ingels Group na czele, który zaproponował, aby cały obiekt zbudować z drewna. „W miarę rozwoju i ewolucji porty lotnicze stają się coraz bardziej złożone. To swoiste frankensteiny stale dobudowywanych elementów. Na to złożone wyzwanie mamy prostą odpowiedź: ramę przestrzenną z masywnego drewna, która jednocześnie jest projektem konstrukcyjnym, doświadczeniem przestrzennym, wykończeniem architektonicznym i regułą organizacyjną", mówi Bjarke Ingels. Kompleks obejmuje halę odlotów i przylotów, ale także powierzchnie handlowe, restauracje, biura oraz nową wieżę kontroli ruchu lotniczego. Z kolei w Portland już w tym roku podróżujący będą czekać na samoloty pod ogromnym drewnianym dachem o powierzchni 36 tys. m kw.

KORZYŚCI

Aby było atrakcyjnym materiałem konstrukcyjnym, trzeba je dobrze przygotować w postaci belek z klejonego krzyżowo drewna (CLT). W ten sposób można je wykorzystywać jako idealny zamiennik stali – cechą charakterystyczną nowego Terminalu A w Zurychu będą ogromne okna wpuszczające do środka dużo światła. W Quebecu, gdzie drewno łączy się ze stalą, także liczą na uzyskanie dużych przestrzeni wewnętrznych do użytku publicznego. Do tego przyjdą również oszczędności materiałowe, bo zmniejszy się grubość dachu. Poza tym projekt ma ważny kontekst lokalny. Kanadyjczycy stosują bowiem lokalny surowiec z pobliskiego lasu borealnego. Podobnie jest zresztą w Portland leżącym w północno-zachodniej części USA, niedaleko granicy z lesistą Kanadą. 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.

GRACZE

Bjarke Ingels Group
HOK
Buro Happold
Pirmin Jung
NACO
EVOQ
ARTCAD
ZGF

BUDOWANIE

Moduły do poprzestawiania **TREND**

Renesans drewna wyraźnie wzmacnia trend powrotu na scenę budownictwa modułowego. Dziś nie są to już siermiężne bezduszne bloczyska, ale architektura ciepła i przyjazna środowisku.

Fot.: SPACE10

JAK TO SIĘ ROBI

Drewno znane m.in. z systemów meblowych jest predestynowane do tego, aby wykorzystać je w budownictwie modułowym. Taka jest też geneza dwóch najbardziej udanych polskich projektów: dawnego Polcomu oraz DMDmodular. Obie firmy wywodzą się z branży meblarskiej, a obecnie budują hotele i apartamentowce. Nie jest więc zaskoczeniem, że nad wykorzystaniem drewna w mieszkalnictwie pracują także projektanci związanego z Ikeą biura SPACE10. Założeniem projektu The Urban Village Project nawiązującego do produktów szwedzkiego sklepu również ma być jego modułowość, prostota składania i transportu (płaskie pudełka). W podobnym kierunku idzie koncept 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. W USA ideę drewnianych modułów propaguje Greystar, który ma całą fabrykę domów.

KORZYŚCI

Do wykorzystania drewnianych modułów przekonał się także berliński Senat przy projekcie budowy szkół. Zaważył 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 zwracają za to uwagę na obniżenie ceny – bo poszczególne elementy będzie można produkować na dużą skalę, jak meble Ikei – ale także elastyczność konstrukcji. Jak w meblarstwie te same elementy można wykorzystywać do budowy różnych obiektów o różnym przeznaczeniu. Dokładnie o tym samym jest Beyond the Shell, a przy okazji modułowych konstrukcji mówi się już o tzw. budownictwie regeneratywnym. To budynki takie jak Regenerative Highrise, które można rekonstruować bez rozbiórki tylko poprzez zmianę układu i dodanie nowych modułów. Wszystko w rytm zmieniających się potrzeb.

GRACZE

Metsä Wood
Moelven
Danwood
SPACE10
DMDmodular
Cutwork
Bouygues Immobilier
Greystar

BUDOWANIE

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.: Stefano Boeri Architetti

ROZWÓJ

Pionierem jest Stefan Boeri, który w ub.r. przedstawił projekt ubrania w zieleń nepalskiej Stupy Ramagrama. Zaczynał w 2014 roku w rodzimym Mediolanie, gdzie zaprojektował Bosco Verticale. Parę wieżowców, która na 9 tys. m kw. tarasów mieści 900 drzew. Drugim architektem znanym z zastosowania drzew na jeszcze większą skalę jest Belg Vincent Callebaut. Znany ze skręconego jak spirala zielonego Agora Garden w Tajpej ma jednak ambicje na znacznie bardziej spektakularne projekty obsadzonych roślinami osiedli. Taki projekt przedstawił m.in. dla rewitalizowanych terenów dawnego dworca Gare Maritime w Brukseli. Niedawno dla Nowego Jorku przedstawił za to koncepcję pionowych wiosek Treescrapers. Stefano Boeri stworzył za to koncepcję budowy leśnych miast – popularyzował ją głównie w Chinach, gdzie powstają nowe metropolie. Jego opus magnum ma być jednak rewitalizowany stadion Giuseppe Meazzy (San Siro, gdzie grają Inter Mediolan i AC Milan), który chce obsadzić 3,3 tys. drzew i 56 tys. krzewów.

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. Zieleń stała się tu kurtyną odgradzającą mieszkańców od ulicy. Podobna konstrukcja pojawiła się w holenderskim projekcie Green Villa, a w Paryżu kamienicę Villa M opleciono rusztowaniem, na którym wyrosła zieleń. Większą sztuką jest wprowadzenie drzewa pod dach. Udało się to m.in. w brazylijskim Casa Vogue oraz Greenary, domu Francesco Muttiego.
Największe wrażenie robi jednak połączenie roślin z drewnem. O tym, że to rosnący trend, świadczy ubiegłoroczna nagroda IDC 2022 dla Matteo Cainera Architecture za projekt Neutinamu. To konstrukcja oparta na drewnianym szkielecie przeplatanym modułami, które stworzą układ pomieszczeń dla działającego tu centrum młodzieży z wyrastającymi zewsząd roślinami.

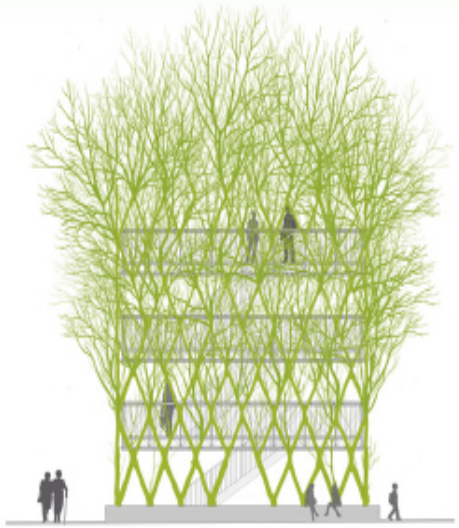
GRACZE

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

BUDOWANIE

Drzewa jako budowniczy **TREND**

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 rodzącą się dziedziną architektury, gdzie kluczowe stają się takie kwestie jak sam dobór drzew, właściwe ich posadzenie i ukierunkowanie wzrostu, ale także szczepienie na nich kolejnych roślin, aby wzrastały kolejne piętra.



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 wystrzelić wysoko ponad głowy. Od tego czasu zrealizował kilka podobnych projektów, a każdy ma dynamikę posadzonego drzewa. Wymaga cierpliwości.

THE TREE PATH

Model pracy z żywą rośliną podchwycił słynny włoski architekt Carlo Ratti, który jest też szefem MIT Senseably City Lab. Najpierw eksperymentował z grzybnią, ale znacznie bardziej trwały, w duchu prawdziwej baubotaniki, jest projekt The Tree Path. To pomysł na żywą ścieżkę spacerowo-rowerową biegnącą w koronach drzew, które rosnąc, będą tworzyć całą trasę. Będzie to trasa wyniesiona na rodzaj estakady, która biegnie między dwoma równoległymi rzędami drzew pełniących funkcję filarów. Tutaj sztuczne i naturalne elementy mieszają się w jeden projekt, a jedno bazuje na drugim i odwrotnie. To kwintesencja baubotaniki: drzewa mogą stać się stale ewoluującymi elementami architektonicznymi. Projekt zakłada posadzenie 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. The Tree Path ma się rozwijać pionowo na trzech różnych poziomach, wznosząc się do sześciu metrów nad ziemią i omijając ruch drogowy oraz drogi wodne.

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 rośliny powiązał z rusztowaniem, które sprawiło, że drzewa schodzą się, tworząc żebra 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 zaszczepienie kolejnych drzew, które rosnąc, utworzą następne piętro. I tak można budynek piąć w górę poziom za poziomem.

BUDOWANIE

Biomateriały

Wykorzystanie drewna jako podstawowego surowca budowlanego szeroko otwiera drzwi dla innych materiałów pochodzenia naturalnego. Najwięcej pracuje się nad organicznymi suplementami i substytutami cementu, który jest największym wyzwaniem dla branży. Kierunków poszukiwań jest jednak znacznie więcej.

Bambus

Chociaż bambus to bardziej przerośnięta trawa niż drzewo, jako materiał konstrukcyjny ma również dużo zastosowań. Znamy go głównie z meblarstwa, ale nadaje się nie tylko na stolik, lecz na cały dom. Pokazali to projektanci z Realrich Architecture Workshop. Stworzony przez nich Piyandeling Artisan Residence and Workshop to prawdziwa trzypoziomowa rezydencja. Naturalny materiał wykorzystano do wykonania sufitów i podłóg, słupów nośnych, klamek do drzwi, a nawet zamków i detali dekoracyjnych wyrzeźbionych w ścianach. Fundamenty powstały z lokalnych kamieni, a w uchylanych oknach zamiast szyb mamy plastikowe panele z odzysku. Podobnych zastosowań architektonicznych jest znacznie więcej. Na tej zasadzie powstały Macha House w Kalkucie czy Playa Viva, odcięty od świata ośrodek wypoczynkowy w Meksyku. Bambus stał się też głównym elementem we wnętrzach hotelu MeeHotel w Shenzen. Widać więc, że w architekturze przeważają kraje egzotyczne, gdzie bambus jest rośliną lokalną. Tutaj ma zresztą znacznie szersze zastosowanie. Rok temu pokazała to AREP, multidyscyplinarna agencja architektoniczna, tworząc prototyp systemu chłodzenia w formie bambusowej wieży. Pomysł, nazwany adiabatycznym miejskim systemem chłodzenia, sięga wielu wieków wstecz i jest najbardziej naturalnym rozwiązaniem dla wietnamskich miast targanych falami upałów. Wieża tworzy rodzaj kurtyny wodnej, obniżając temperaturę powietrza, którego obieg wymusza.

Fot.: Maikolaquino

Konopie

Kolejna nowość to bloczki bazujące na kłączach bardzo uniwersalnej rośliny, która w praktycznym zastosowaniu bardziej kojarzy się z wytrzymałym sznurkiem. I tę właśnie cechę włókna konopnego wykorzystuje się w produkcji hempcrete'u zwanego też betonem konopnym. Wystarczy specjalny klej, który jest bardziej ekologiczny niż klasyczne materiały budowlane. Zaletą konopi jest to, że rosną bardzo szybko i można je produkować w ilościach masowych. W przeciwieństwie do klasycznego betonu zapewniają też dobrą izolację, co zmniejsza koszty ogrzewania i chłodzenia, a przy tym są długowieczne. Szacuje się, że żywotność betonu konopnego wynosi co najmniej 300 lat, czyli znacznie dłużej niż tradycyjnego betonu.

Glina

Skoro renesans przeżywa drewno i bambus, to dlaczego nie sięgnąć po tak naturalny surowiec jak glina. Współczesnemu budownictwu przywracają ją m.in. inżynierowie i naukowcy z Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya, IAAC (Instytutu Zaawansowanej Architektury Katalonii). W ich projekcie pawilonów TOVA użyto gliny, i to pozyskiwanej na miejscu, która została zmieszana z dodatkami i enzymami zapewniającymi integralność strukturalną i elastyczność materiału. Jest to więc nie tylko najbardziej tradycyjny i ekologiczny, ale też zrównoważony materiał budowlany. Nowością jest tu wykorzystanie drukarki 3D, a ściany są produkowane z otworami wentylacyjnymi, które wprowadzają świeże powietrze i tworzą chłodną, przestronną przestrzeń. Aby zapewnić długowieczność materiału i odporności na warunki atmosferyczne, zastosowano wodoodporną powłokę z wyekstrahowanych surowców, takich jak aloes i białka jaj.

Fot.: IAAC

Dwutlenek węgla

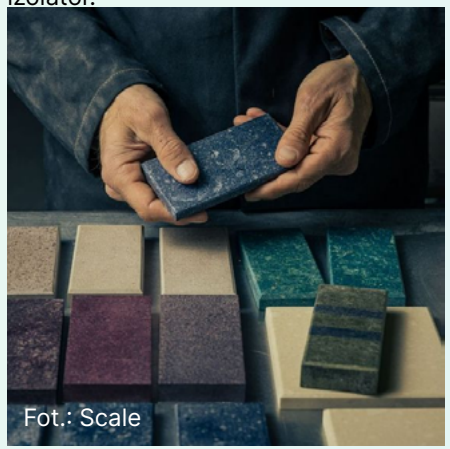
Australijska firma Mineral Carbonation International (MCi) sięgnęła po metamorficzną skałę zwaną serpentynitem, którą chce łączyć z CO_2. Firma wykorzystuje naturalny proces magazynowania dwutlenku węgla nazywamy mineralną karbonatyzacją. Rozpuszczone CO_2 reaguje z minerałami w skałach, tworząc węglan.

BUDOWANIE

Jest on stabilny przez długi czas i może być wykorzystywany w budownictwie. MCi zaprojektowała i zbudowała już trzy systemy reaktorów węglowych oraz pierwszą na świecie fabrykę, która materiały odpadowe i emisje powstałe w procesach przemysłowych wykorzystuje do produkcji płyt karton-gipsowych. „Jest to materiał budowlany o ujemnej emisji – zawiera znacznie więcej CO_2, niż zostało użyte do jego produkcji. Tak więc dwutlenek węgla wbudowujemy w nasze ściany, a na świecie jest wystarczająco dużo złóż serpentynitu, aby przechwycić wszystkie emisje z paliw kopalnych, jakie kiedykolwiek istniały i będą istnieć", mówi Sophia Hamblin Wang, dyrektorka operacyjna MCi, które w warunkach przemysłowych proces wchłaniania CO_2 skróciło z milionów lat do kilku godzin. A cel to uwięzić 1 mld ton CO_2 do 2040 roku.
Dwutlenek węgla wykorzystywany jest także do wytwarzania ferrocku, czyli rodzaju cegły, która powstaje przez połączenie pyłu stalowego z krzemionką uzyskaną ze zmielonego szkła. Dochodzi do tego w wyniku reakcji dwutlenku węgla z żelazem, który przechodzi w węglan żelaza. W przeciwieństwie do bloczków z betonu, dla którego jest alternatywą, ferrock ma więc ujemny ślad węglowy. Poza tym powstaje z materiałów odpadowych, jest więc tańszy w produkcji.

Grzybnia
Materiały budowlane to nie tylko te, z których stawia się ściany i dach, ale także te izolujące budynki. W tym obszarze działa brytyjski start-up Biohm, którego pierwszy produkt to materiał izolacyjny uzyskany z grzybni. Jest biodegradowalny i przewyższa funkcjonalnością standardowe izolatory. Do tego jest równie trwały jak pianka, a słabiej przewodzi ciepło i jest mniej łatwopalny. No i możliwy do skompostowania lub ponownego użytku. W dodatku sama uprawa grzybów przyczynia się do poprawy bilansu węglowego.
Mimo że produkcja nowych materiałów ruszyła w małej skali, od razu będą one mogły konkurować cenowo z tradycyjną ofertą. Z czasem i w miarę zwiększania skali koszty produkcji powinny spaść do poziomu, który umożliwi stosowanie grzybni w tanim budownictwie.

Wodorosty
Pianki izolacyjne zastępujące te oparte na chlorofluorowęglowodorach (CFC) robi się także na bazie wodorostów z dodatkiem opisywanych już wcześniej materiałów: bambusa i konopi. Główną korzyścią płynącą z roślinnej pianki poliuretanowej jest to, że chroni dom przed pleśnią i szkodnikami. Ma też wyższą wartość termiczną niż tradycyjna pianka. Oznacza to po prostu, że jest bardziej wydajna jako izolator.


Fot.: Scale

Rybie łuski
To odpady branży rybnej, z których wziął się start-up Scale z francuskiej Baskonii. Stworzył z nich materiał scalite, zastanawiając się, gdzie najlepiej się sprawdzi. Odpowiedź przyniosło samo życie, gdy w okolicy zaczęły upadać firmy produkujące tradycyjne kafelki, a założyciele Scale chcieli ocalić wiedzę, jak się je robi. Łuski z łososia, sardynek i innych gatunków ryb składają się z dwóch rodzajów materiałów, jednego mineralnego i drugiego organicznego. Kolagen jest ekstrahowany z materiałów organicznych i działa jako spoiwo biopolimerowe po ponownym zmieszaniu z mineralną częścią materiału. Razem tworzą proszek, który jest prasowany w arkusze o twardości kamienia. Wyjątkowość scalite polega na tym, że w przeciwieństwie do większości innych materiałów wykonanych z materiałów naturalnych (takich jak biotworzywa, naturalny cement) żadne inne dodatki ani spoiwa nie są mu potrzebne. Dzięki temu jest nie tylko w pełni organiczny, ale też wolny od lotnych związków. Ma też dość uniwersalne zastosowanie: można go używać jako płytek ceramicznych, ale także jako materiału do produkcji mebli, a nawet akcesoriów do domu. Sprzyja temu fakt, że można go ciąć zwykłymi piłami tarczowymi lub stołowymi i przyklejać bezpośrednio do powierzchni drewnianych.

Obierki
Pomysł wykorzystania organicznych materiałów odpadowych podchwyciła firma Chip[s] Board specjalizująca się we wdrażaniu produkcji z bioodpadów. Jednym z takich projektów jest rodzaj płyty przypominającej pilśniowy MDF, która nie powstała jednak z drewnianych włókien, ale skórek od ziemniaków. Normalna płyta MDF to jednak nie tylko problem użycia podstawowego, drewnianego surowca, ale wszelkiego rodzaju formaldehydów i toksycznych dodatków, bez których nie udałoby się jej sformować. Dlatego twórcy jej biodegradowalnego odpowiednika sięgnęli po ziemniaczane odpadki, a przy tym zrezygnowali z wszelkich toksycznych dodatków. Obierki kartofli skupowali od producentów frytek i chipsów, aby eksperymentować z doborem ekologicznego czynnika, który zwiąże włókna rośliny w zwarty i wytrzymały materiał. Opracowana substancja okazała się równie skuteczna do przetworzenia resztek drewna, ale także zużytych zesłodowanych nasion, które pozostają po produkcji piwa.

BUDOWANIE

Budynki zero waste

TREND

Gospodarka obiegu zamkniętego wdziera się w każdy segment gospodarki, również do budownictwa. Mamy tu dwa podejścia. Najpierw skupiono się na odzysku materiałów z wyburzanych konstrukcji. Później przyszedł czas na tworzenie budynków, które łatwo będzie rozkładać, a ich elementy wykorzystywać ponownie. Pojawiły się nawet narzędzia do modelowania rodzaju i ilości materiałów, które staną się dostępne, gdy stare budynki zostaną poddane renowacji lub rozbiórce, oraz przewiduje się, gdzie można je najlepiej wykorzystać w nowych projektach (Metabolic).

Fot.: EDGE Suedkreuz

Z RECYKLINGU

Władze Zurychu jako pierwsze zarządziły, aby w nowych budynkach wykorzystywać beton z odzysku – już w 2002 roku 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.
Z okazji igrzysk olimpijskich temat podjął także Paryż, gdzie do produkcji 11 tys. siedzeń w Arenie w 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. Sprawia to, że na budynek składa się 25 różnych gatunków drzew.
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 przypominała rozkręcanie mebli z Ikei. Do złożenia konstrukcji nie używali więc niczego oprócz ponad 165 tys. śrub. Aby utrzymać porządek, każdy element konstrukcji ma swoisty paszport opisujący specyfikę poszczególnej części i jest zarejestrowany. 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

BUDOWANIE

CASE: NIE NISZCZYĆ STARYCH WIEŻOWCÓW

Duńczycy z pracowni 3XN pokazali, że starych biurowców nie ma co wyburzać. Ich konstrukcje można wykorzystać do stworzenia całkiem nowej przestrzeni. W ten sposób stworzyli stary-nowy 49-piętrowy budynek Quay Quarter Tower wznoszący się w centrum Sydney.
To ogromna oszczędność CO_2 oraz pieniędzy.

Biurowiec stoi w tym miejscu już niemal pół wieku – wybudowany został w 1976 roku. Duńscy architekci uznali, że w gruncie rzeczy wystarczy wymienić w nim wszystko, co na zewnątrz, ale większa część rdzenia budynku pozostanie. Dzięki temu uchowało się 95 proc. betonowych szybów wind i klatek schodowych oraz 65 proc. płyt podłogowych. W sumie zachowane zostało 2/3 istniejącej struktury budynku.

Daje to ogromną oszczędność dwutlenku węgla, który przy całkiem nowej konstrukcji musiałby być zużyty podczas ponownej produkcji cementu oraz stali. Architekci szacują, że dzięki takiemu podejściu zaoszczędzono 13 tys. ton CO_2, co stanowi równowartość prawie 5000 lotów w obie strony między Sydney a Kopenhagą.

„Zarówno z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju, jak i ekonomiki, w przyszłości musimy ponownie wykorzystać w jak największym stopniu istniejące konstrukcje, które mamy na całym świecie" – mówi założyciel 3XN Kim Herforth Nielsen. Rewitalizacja starej wieży oszczędzała nie tylko emisję, ale także materiały budowlane, za które nie trzeba było płacić. Co więcej, skróciła harmonogram projektu o rok – w porównaniu z budową od podstaw – co przełożyło się na znacznie niższe koszty pracy, ale także umożliwiło wcześniejsze rozpoczęcie wynajmu powierzchni biurowych. Same zyski.

To pierwsza w świecie taka przebudowa. Co istotne, kompromisy, na które architekci musieli pójść, korzystając ze starych murów, nie obniżyły jakości nowej przestrzeni. Dotyczy to zarówno strony wizualnej – wieża ma bardzo dynamiczną, wielopłaszczyznową fasadę – jak i funkcjonalnej oraz środowiskowej. Elewacja, dzięki zewnętrznej osłonie przeciwsłonecznej, blokuje 30 proc. promieniowania słonecznego, redukując obciążenia mechaniczne i eliminując potrzebę stosowania żaluzji wewnętrznych.

Fot.: Adam Mork via 3XN

BUDOWANIE

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.: ByFusion

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, gdzie sprawdzano trwałość i ścieralność plastiku. Inne podejście ma ByFusion, które plastikowe śmieci pływające po oceanach formuje w bloki wykorzystywane do budowy: ByBlock można montować bez kleju, składając jak klocki Lego. Jeszcze bardziej ambitnie do sprawy zabrali się Norwegowie z Othalo, którzy odzysk plastiku połączyli z budownictwem modułowym. Swoje tanie konstrukcje chcą zaoferować przede wszystkim krajom rozwijającym się. Stworzyli już fabrykę, która rocznie może wyprodukować 2,8 tys. takich domów.

KORZYŚCI

Z punktu widzenia środowiska najważniejsze jest, że w ten sposób można wykorzystać niezbyt popularny surowiec – dom o powierzchni 60 m kw. zużyje około 8,1 ton tworzywa. Zwłaszcza gdy tak jak w ByFusion pochodzi z plastiku wyłowionego z oceanu. 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. Każdy element może zbierać, filtrować i buforować 300 litrów wody na metr kwadratowy, którą oddaje do gruntu. Ważna jest także trwałość plastikowych dróg – w USA bez trudu przetrwały amplitudy temperatur sięgające 40 st. C.

GRACZE

VolkerWessels
CirculinQ
Othalo
ByFusion
GreenFields
Azure Printed Homes

BUDOWANIE

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.: Local Studio

ROZWÓJ

Koncept zrodził się z handlowej nierównowagi. Statki pełne metalowych skrzyń z towarem płyną z Chin do Europy i USA, ale odsyłanie ich się nie kalkuluje. Można je jednak z pożytkiem wykorzystać. Zaczęło 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 roku 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 roku wpadli Duńczycy z CPH Containers, którzy postanowili stworzyć z nich akademik CPH Village.

JAK TO SIĘ ROBI

Projekt akademika CPH Village nieco się opóźnił, do dziś CPH Containers zdołał już jednak zbudować w Kopenhadze cztery osiedla (Vilage: Nørrebro, Amagerbro, Vesterbro i Refshaleøen), na których mieszka ok. 800 lokatorów. Amerykanie z Local Studio też mają już kilka realizacji na koncie. Najsłynniejsza to oddana do użytku w 2022 roku IDA. Składający się z 60 kontenerów dom z 18 mieszkaniami, który stanął w Phoenix właściwie w samym centrum miasta w dzielnicy artystycznej Roosevelt Row. 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. Obsypany branżowymi nagrodami koncept to przede wszystkim doskonałe rozwiązanie na wszelkie sezonowe miejsca pobytu, takie jak chociażby festiwale muzyczne. Zamiast w namiocie czy przyczepie kempingowej można zamieszkać w mobilnym hotelu.

GRACZE

Local Studio
CPH Containers
Accor
CubePools
100cznia

BUDOWANIE

Budownictwo regeneratywne

Fot.: Tono

● Po rolnictwie regeneratywnym (regeneracyjnym), które ma chronić i odbudowywać grunty rolne i otaczające je ekosystemy, powstała też architektura regeneratywna upowszechniana w podobnym celu. Promują ją m.in. architekci z japońskiej pracowni Tono, którzy są przekonani, że konstrukcje można budować w taki sposób, aby wspierały i poprawiały otaczające środowisko. Ich flagowy projekt nazywa się Sumu, co oznacza zarówno „żyć", jak i „stawać się czystym", i ma reprezentować właśnie potrzebę życia w równowadze z naturą. Zlokalizowany jest na wyspie Yakushima i otoczony górami oraz rzeką, która wpada do pobliskiego oceanu. Powstało tu niewielkie osiedle mieszkaniowe, a właściwie spółdzielnia licząca ośmiu członków. Jest minimalistyczne i bardzo tradycyjne w stylu, a przy tym sięga po nowoczesne rozwiązania. Pierwszym krokiem do jak najwierniejszego podążania za naturą było użycie właściwego materiału budowlanego – architekci zaczęli od drewna z dominujących na wyspie japońskich drzew cedrowych.

● 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.

BUDOWANIE

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.
Budynki zostały starannie rozmieszczone, aby zmaksymalizować korzyści płynące z pobliskiej wody i ciągłego przepływu powietrza. Wpasowano je w zastaną tkankę roślinną, przede wszystkim drzewa, i ustawiono na podwyższeniu, aby zminimalizować wpływ na teren. Przy urządzaniu wnętrz skorzystano z lokalnego drewna i gipsu, a dobrze zaizolowane termicznie budynki są zasilane produkowaną na miejscu energią odnawialną i są całkowicie odłączone od sieci.

● Pojęcie budownictwa regeneratywnego jest jednak znacznie szersze niż w rolnictwie i nie musi wiązać się z tak bliskim kontaktem z naturą. Projektanci z brytyjsko-norweskiej pracowni Haptic Architects oraz Ramboll High Rise, firmy specjalizującej się w inżynierii wysokościowej, pokazują, że 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. Łączy w sobie zrównoważone praktyki budowlane i modułową konstrukcję. To jest właśnie klucz do jego adaptacyjności. Jak przekonują projektanci, wstępnie uformowane elementy, z których składa się budynek, można usunąć lub przestawić, tak aby zmienić obrys budynku bez rozbiórki. „Najbardziej interesującym elementem Regenerative Highrise jest idea pionowego tworzenia terenu", mówi Shonn Mills, globalny dyrektor Ramboll High Rise. „Dzięki wieży produkujemy bryły, które mogą się zmieniać. Zyskiwać nowy charakter i funkcje zgodnie z potrzebami i wymaganiami miasta. Dzięki temu budynek pozostaje atrakcyjny i dostosowany do potrzeb znacznie dłużej niż w normalnym cyklu życia, co również czyni go bardziej zrównoważonym", dodaje.

● Wybór wysokościowca jako modelu dla budownictwa regeneratywnego nie jest przypadkowy. Autorzy projektu przekonują, że w coraz mocniej zurbanizowanym świecie strzeliste konstrukcje zajmujące niewielką przestrzeń będą kluczem do zrównoważonego budowania. Dlatego trzeba je jak najlepiej zaprojektować. Nie jest to pierwszy pomysł na budowanie domów, które mogą być adaptowane do zmiany funkcji. W 2022 roku amsterdamskie biuro UNStudio przedstawiło podobny projekt budynku mieszkalnego w Monachium. W tamtym przypadku postawiono jednak na modułowe meble. Dzięki ich wykorzystaniu można było zmienić konfigurację apartamentów – zmaksymalizować wewnętrzną powierzchnię i dostosowywać do potrzeb nowych lokatorów.

Fot.: Haptic Architects

BUDOWANIE

Drukowanie na zielono

TREND

Wykorzystanie druku 3D przy stawianiu domów to przede wszystkim innowacja technologiczna. Jednocześnie zwiększa ona jednak możliwości posługiwania się bardziej zrównoważonymi materiałami i oszczędniejsze wykorzystanie surowców.

Fot.: ETH Zurich

JAK TO SIĘ ROBI

Drukować można zarówno całe budynki, jak i poszczególne ich elementy. Bez drukarek 3D nie obyłby się m.in. opisany wcześniej renesans gliny, który zaproponował IAAC. Pawilon TOVA drukowany jest w ciągu 7 tygodni, a cały projekt jest realizowany w ramach programu 3D Printing Architecture, który ma rozwijać i uczyć technologii drukowania domów, czyli tzw. przyrostowej produkcji zrównoważonej architektury. Podobnych pomysłów testuje się bardzo wiele. Jednym z ciekawszych jest BatiPrint3D, czyli pomysł na tanie domy socjalne – maszyna drukuje dwuwarstwową ścianę z pęczniejącej pianki polimerowej, którą później wypełniono betonem. Drukować można poszczególne elementy, np. mosty jak w Amsterdamie, ale także materiały konstrukcyjne. Inżynierowie z ETH Zurich przygotowali np. specjalną betonową płytę FoamWork o lekkiej, ale wytrzymałej ażurowej konstrukcji (zdjęcie obok). Jej wylewanie jest możliwe dzięki wydrukowanym elementom szalunkowym z nadającej się do recyklingu pianki mineralnej – płyta zyskuje kształt przypominający znane z meblarstwa tzw. płyty plaster miodu.

KORZYŚCI

Najlepiej widać je w FoamWork, gdzie zużywa się o 70 proc. mniej materiału niż w klasycznych, prefabrykowanych płytach z betonu. Druk 3D ułatwia też wykorzystywanie surowców z odzysku. W tym specjalizuje się m.in. czeskie towarzystwo budownictwa społecznego Buřinka, które eksperymentalny dom Prvok wydrukowało ze skruszonego betonu, oraz Azure Printed Homes, który używa plastiku po zużytych butelkach PET. To przykład, jak drukarki przyspieszają całą pracę – szkielet Azure z gotowymi ścianami można wyprodukować w zaledwie 20 godzin. Jest to też jedna z czterech głównych zalet, jakie Mighty Buildings wymienia, promując swój zamiennik betonu znany jako LSM (Light-Stone Material). Tu druk trwa około doby. Poza tym technologia 3D wymaga od 90 do 95 proc. mniej siły roboczej niż tradycyjne budownictwo, LSM to zamiennik zarówno betonu, jak i drewna nieobciążający środowiska, a na końcu jest to sposób na stawianie budynków bez odpadków. Wszystko, czego się nie zużyje, pozostanie w „tonerze” na kolejny wydruk.

GRACZE

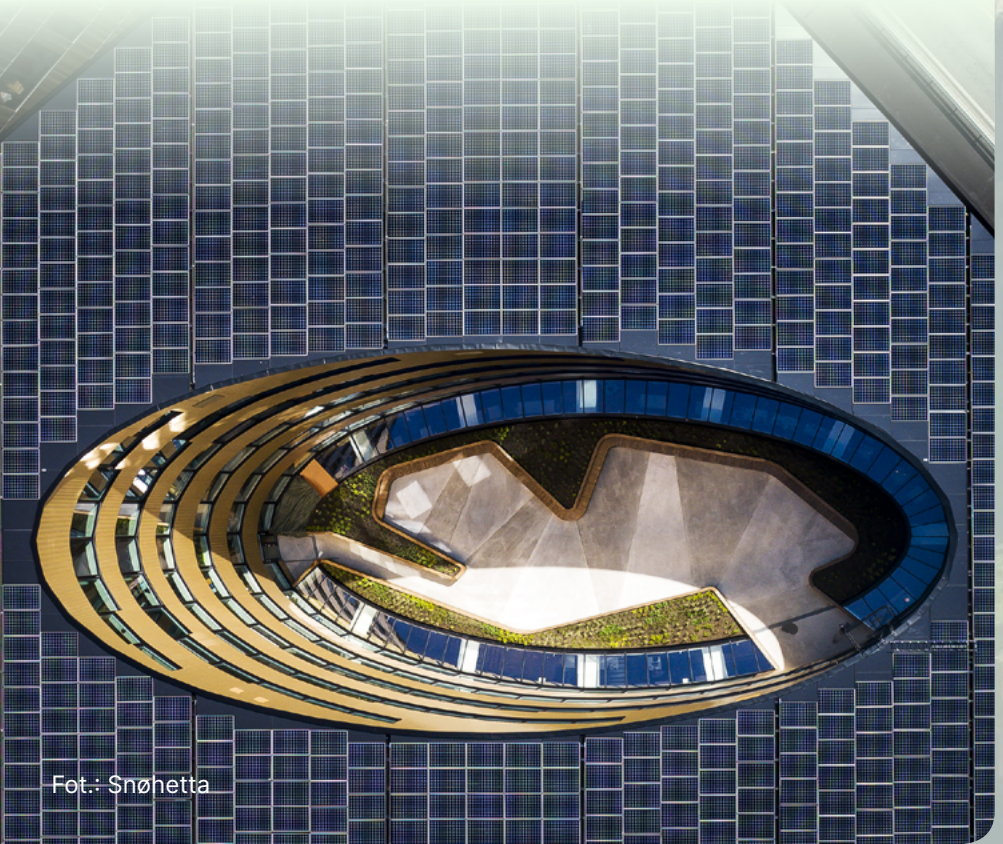
IAAC
BatiPrint3D
MX3D
ETH Zurich
Buřinka
Azure Printed Homes
Mighty Buildings

BUDOWANIE

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. Długi czas chodziło głównie o to, aby były pasywne, teraz upatruje się w nich miejskich elektrowni.



Fot.: Snøhetta

ROZWÓJ

Pierwszym znaczącym projektem budynków pozytywnych energetycznie (Positive Energy Buildings – PEBs) 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 roku 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. m kw. produkuje ok. 0,5 mln KWh energii, którą odbierają sąsiadujące budynki i transport publiczny.
Rolf Disch pracuje obecnie nad wielorodzinnymi domami PEBs (osiedle Moeckernkiez 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 w ramach projektu Ren+Homes powstaje za to cała gama rozwiązań dla budynków PEBs.

JAK TO SIĘ ROBI

Kluczowe jest wykorzystanie modułów fotowoltaicznych zintegrowanych z elementami budynków (BIPV) i ustawienie paneli pod odpowiednim kątem. 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 produkują więcej prądu niż zwykłe panele. Zasadniczą zmianę w tworzeniu budynków elektrowni wprowadzi pojawienie się na dużą skalę cienkich, przeziernych paneli słonecznych wykonanych np. w technologii perowskitów lub kropek kwantowych (Quantum Dots). Ma ona dwie podstawowe zalety. Przede wszystkim może przepuszczać światło widzialne – np. wykorzystując tylko fale podczerwone – przez co można je stosować na oknach bez ograniczeń widoczności wewnątrz. Druga zaleta to fakt, że nie wymagają kąta prostego, aby jak najwydajniej produkować energię. Stąd mogą być wykorzystywane na fasadzie, której nie da się tak łatwo kształtować jak dach.

GRACZE

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

BUDOWANIE

Ekomodernizacja – ciepło **TREND**

Relatywnie łatwo jest przestawić budownictwo na nowe tory i zacząć stawiać tylko budynki zeroemisyjne. Tymczasem wg szacunków ONZ 65 proc. zasobów budowlanych, jakimi ludzie będą dysponować w przyszłości – a konkretnie w 2060 roku – zostało już zbudowanych. Kluczowa jest więc ekomodernizacja istniejących budynków, która na razie objęła tylko 5 proc. powierzchni (dane IEA 2022), a już pod koniec dekady powinna sięgać 20 proc. (i 80 proc. w 2050 roku).

Fot.: Energiesprong

MASOWE OCIEPLANIE

Wyzwaniem są tysiące budynków wielorodzinnych, jakie dominują w miastach. Dlatego Duńczycy opracowali prefabrykowaną modułową fasadę, którą można łatwo zainstalować na ich froncie. Fasadę przyczepia się do budynku bez konieczności burzenia starych ścian. Pozwala to ograniczyć zużycie energii o połowę. Renowacja budynku zajmuje tydzień i nie zakłóca codziennego życia. Mieszkańcy mogą wybrać z katalogu rodzaj okien i balkonów, które wprowadzają do mieszkań więcej światła, zmniejszając potrzebę sztucznego oświetlenia i poprawiając samopoczucie. Podobnie działa holenderski Energiesprong. Opracował system ocieplania domów, który rozwija także za granicą. Bazą są cięte na wymiar panele, którymi przykrywa się fasady budynków. Najpierw przy użyciu skanera laserowego wykonuje się pomiar domu, który ma być dogrzany. Znając parametry, maszyna w fabryce RC Panels przycina panele, wycinając m.in. miejsce na okna i drzwi. Następnie ciężarówka dostarcza panele, które są mocowane do starej ściany. W ten sposób instalację można przeprowadzić nawet w ciągu jednego dnia.

PEŁNA EKOMODERNIZACJA

Pionierem była norweska Snøhetta, której pierwszy projekt z serii Powerhouse – Kjørbo – został ukończony w 2014 roku. 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 CO_2, 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. Dzięki danym sensorycznym chce lepiej zrozumieć funkcjonowanie budynków, a także zachowania ich mieszkańców.

GRACZE

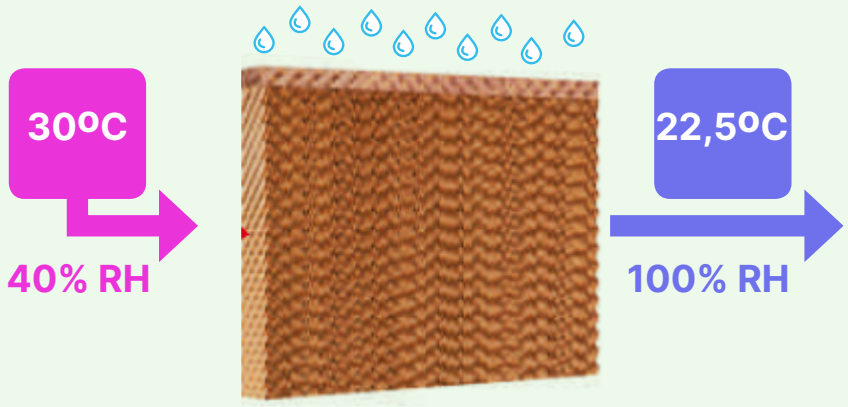
Henning Larsen
Energiesprong
RC Panels
Snøhetta
Harvard CGBC
Hydronic Shell Technologies

BUDOWANIE

Ekomodernizacja – chłód **TREND**

Obok termomodernizacji koncentrującej się na docieplaniu budynków drugim w kolejności wyzwaniem jest uodpornienie ich na upały. Zwłaszcza gdy klimat się ociepla i klimatyzatorów przybywa: dziś chłodzą budynki o powierzchni 105 mld m kw., a do połowy wieku ma to być już 250 mld m kw. (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.).

Przemiana parametrów powietrza w kontakcie z mokrym panelem celulozowym



SINGAPUR

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. Efekt chłodzenia dają także fontanny i oczka wodne. 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.

PHOENIX

W Phoenix od połowy XX wieku temperatura wzrosła o 2,5 st. C. Stąd została uruchomiona specjalna miejska komórka pracująca nad rozwiązaniami przeciwdziałającymi ekstremalnym upałom. Miasto ma już kilkadziesiąt kilometrów „chłodnych chodników". Powstają one w efekcie pokrywania powierzchni całej ulicy odblaskową 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. Phoenix zaczyna również sadzić więcej drzew w dzielnicach, w których było najmniej zacienionej powierzchni. Pomaga w tym technologia do wyrównywania zadrzewienia American Forests. Chodzi o stworzenie dobrze zacienionych korytarzy, którymi będzie można się przemieszczać po całym mieście. Na początek zadrzewieniem objęto trasy, po których uczniowie chodzą do szkół. Na projekt zostało przeznaczonych 6 mln dol.

HOUSTON

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.

BUDOWANIE

Dach chłodny czy zielony?

TREND

Na pierwszej linii walki z upałem znajdują się dachy. To, w jaki sposób przygotuje 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.: 350 Cool Roof by Molly Dilworth

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 siarczan 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. „Szacujemy, że gdyby użyć tej farby do pokrycia dachu o powierzchni około 1000 stóp kwadratowych, moc chłodzenia mogłaby wynosić 10 kilowatów. To lepszy wynik niż centralne klimatyzatory używane w większości domów", mówi Xiulin Ruan, profesor inżynierii mechanicznej z Purdue.

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. Pomiary 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 znad wody i przynoszącą chłód bryzę. Efekt ten można zamortyzować przez lepsze projektowanie ulic, tak aby pełniły funkcję korytarzy napowietrzających.

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 m kw. Cel GRS to 100 ha zielonych dachów.
Toronto było pierwszym miastem w Ameryce, które wymagało, aby budynki ponad 2 tys. m kw. 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 roku 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. Jej autorzy wykorzystali dane o możliwościach technicznych i nośności, aby pokazać możliwości dla poszczególnych budynków.

BUDOWANIE

Wodoodporne budowanie

TREND

Rozchwianie klimatu przynosi nie tylko większe upały, ale także groźniejsze ulewy. Odporność miast na zalew wody musi się zwiększać, w czym pomagają innowacje stosowane w architekturze.

Fot.: Snøhetta

DACHY

Podobnie jak w przypadku upałów także przy ulewach dach znajduje się na pierwszej linii i tu swoją uniwersalność wykazują rozwiązania buforowe. Tak działa holenderski MetroPolder, który na płaskie dachy „wtaszczył" koncepcję przeciwpowodziowych polderów, zwykle tworzonych np. w sąsiedztwie rzek. „Aby umożliwić inteligentne magazynowanie wody na płaskich dachach, opracowaliśmy pierwszą na świecie koncepcję dachu polderowego. Nasz system jest w stanie przechować niemal cały deszcz, który spada na dach, i zutylizować go lub wykorzystać w późniejszym czasie", tłumaczą Holendrzy. Taki polderowy dach służy jako podstawa do obsadzenia go przez rośliny i stworzenia podniebnego ogrodu. Można tu jednak także ustawić panele słoneczne, a jak ktoś chce, całość przykryć kostką brukową. Bazą jest system do buforowania wody. To rodzaj jazu podłączonego do internetu oraz systemu, który mierzy i reguluje poziom wody i jej odpływ. Tego typu dachy są stale monitorowane oraz eksploatowane z optymalną wydajnością.

RYNNY

Jeśli chodzi o wodę spływającą już z dachu, podstawowym działaniem jest gromadzenie jej czy to w prostych zbiornikach, czy bardziej wyrafinowanych systemach, jakie wdraża m.in. polski start-up Aquares. Głównym ich celem jest produkcja prądu przez spływającą wodę, koniecznym elementem są jednak dwa zbiorniki, oba retencyjne. Górny jest ustawiony pionowo na fasadzie budynku i połączony z rynnami, tak aby przechwytywał spływającą z dachu deszczówkę, a dolny zakopany w ziemi pod kawałkiem miejskiej zieleni (z trawnikiem, krzewami i drzewami), przez co woda przesącza się tu też bezpośrednio z opadów. Górny wypełnia się w czasie deszczu, a zgromadzona woda po deszczu jest spuszczana do dolnego zbiornika. W ten sposób odciąża miejską kanalizację, zmniejszając ryzyko jej przepełnienia w czasie nawałnic, a umieszczona na jej drodze prądnica produkuje energię zasilającą latarnie znajdujące się w sąsiedztwie.

CHODNIKI

Podczas ulew barierą jest przede wszystkim skorupa ulic i chodników, która stanowi 40 proc. powierzchni miasta i nie pozwala na przesiąkanie wody do gruntu. Temat podjęli m.in. projektanci Snøhetty, opracowując nową kostkę brukową nazwaną Flyt. To zestaw trzech sześciokątnych kamieni ze specjalnymi wypustkami, które można łączyć i konfigurować. W ten sposób kostki układa się w dość luźnych odstępach, aby woda miała gdzie odpływać, a zazębienie kamieni sprawia, że nawierzchnia trzyma się mocno. Dzięki nim do gruntu przesącza się 28 proc. wody spadającej na każdy metr kwadratowy. Bardziej zaawansowane są materiały, które wodę przepuszczają. Tak jak AquiPor, która ma współczynnik przesiąkliwości przekraczający 63 cm/godz. Jej dodatkową zaletą jest filtracja – technologia wykorzystuje porowatość submikronową i w badaniach wewnętrznych wykazała, że odfiltrowuje ponad 80 proc. cząstek stałych i zanieczyszczeń znajdujących się w wodzie deszczowej. Do gleby trafia więc czysta woda, a bród już po nawałnicy w czasie czyszczenia odprowadzany jest do studzienek ściekowych.

PARTNERZY RAPORTU GREENBOOK 2024

Greenbook 2024, Kwiecień 2024
Opracowanie i redakcja: Green is Good / Miasto2077
Opracowanie graficzne: AC Jaworscy | cezary.jaworski@sumer.pl
Kontakt: redakcja@miasto2077.pl