

# ZRÓWNOWAŻONA ARCHITEKTURA W WARUNKACH KRYZYSU KLIMATYCZNEGO

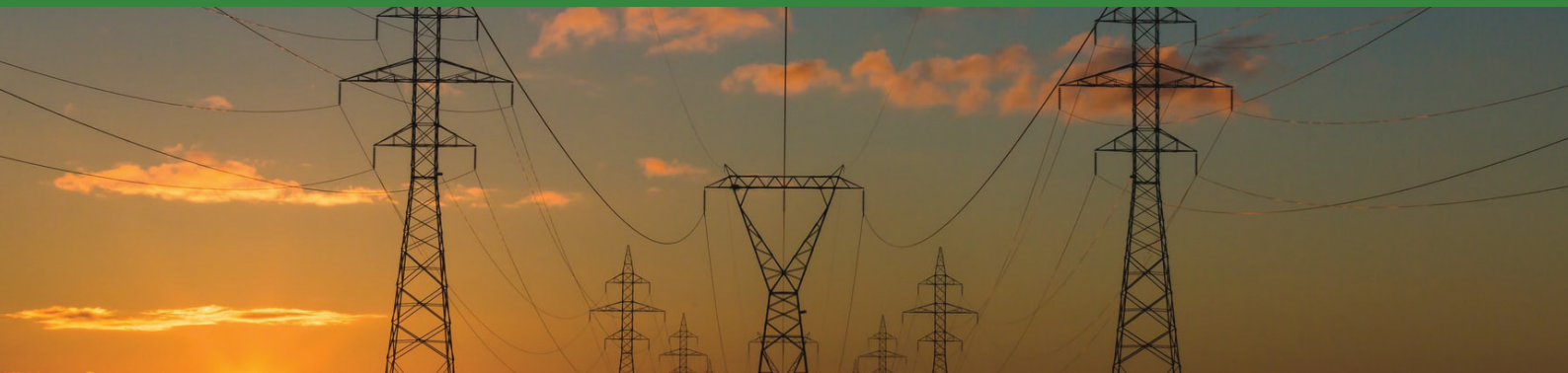


# KONCEPCJE I ROZWIĄZANIA ZMNIEJSZAJĄCE ZUŻYCIE ENERGII I ŚLAD WĘGLOWY, POPRAWIAJĄCE GOSPODARKĘ WODNĄ, MIKROKLIMAT, BIORÓŻNORODNOŚĆ I JAKOŚĆ ŻYCIA W PRZESTRZENI ZURBANIZOWANEJ

KONCEPCJE	ROZWIĄZANIA
ZWARTA URBANIZACJA MIASTO 15-MINUTOWE MIASTO PIESZE	RECYKLING I UPCYKLING PRZESTRZENI STRUKTURY KWARTAŁOWE POLICENTRYCZNOŚĆ MIASTA INFRASTRUKTURA SPOŁECZNA – DYSTANS PIESZY WIELOFUNKCYJNOŚĆ ZABUDOWY I AKTYWNY FRONT RECYKLING I UPCYKLING BUDYNKÓW
ZRÓWNOWAŻONA MOBILNOŚĆ	INFRASTRUKTURA PIESZA DLA WSZYSTKICH DOSTĘPNOŚĆ TRANSPORTU ZBIOROWEGO INFRASTRUKTURA ROWEROWA: PARKINGI, WIATY PUNKTY ŁADOWANIA BIUROWCE PRZYJAZNE DLA AKTYWNYCH: SZATNIE, ŁAZIENKI
SAMOWYSTARCZALNOŚĆ ENERGETYCZNA	WIELOFUNKCYJNOŚĆ BUDYNKÓW (24/7) SYSTEMY OZE, M.IN.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• FOTOWOLTAIKA</li> <li>• KOLEKTORY SŁONECZNE</li> </ul> POMPY CIEPŁA MAGAZYNOWANIE CIEPŁA INTELIGENTNE INSTALACJE
BŁĘKITNO-ZIELONA INFRASTRUKTURA	PARKI RZECZNE RENATURYZACJA PARKI MIEJSKIE, SKWERY, OGRODY MIEJSKI LAS ROLNICTWO MIEJSKIE, OGRODY SPOŁECZNE
OGRANICZENIE MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA	EWAPOTRANSPIRACJA ZIELEŃ ZACIENIAJĄCA
CZYSTE POWIETRZE	AKUMULACJA MIKROPYŁÓW PRZEZ ZIELEŃ – DOBÓR GATUNKÓW

KONCEPCJE	ROZWIĄZANIA
ZDROWE BUDYNKI	OGRANICZENIE PRZEGRZEWANIA: <ul style="list-style-type: none"> <li>• REDUKCJA POWIERZCHNI PRZESZKLEŃ</li> <li>• AKUMULACJA CIEPŁA</li> <li>• ZIELONE DACHY</li> </ul> MATERIAŁY NATURALNE MATERIAŁY OTWARTE DYFUZYJNIE IZOLACJA AKUSTYCZNA ZIELEŃ W BUDYNKU I OTOCZENIU
OGRANICZENIE SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO RETENCJA KRAJOBRAZOWA	ROZSZCZELNIENIE POWIERZCHNI MIASTA MIKRORETENCJA I BIORETENCJA ROZWIĄZANIA OPARTE NA PRZYRODZIE (NBS)
BIORÓŻNORODNOŚĆ MIASTA	ZIELONE KORYTARZE ŁĄKI KWIETNE I ZAKRZEWIENIA ZIELONE DACHY I ELEWACJE DOMY I HOTELE DLA OWADÓW DOMY I HOTELE DLA ZWIERZĄT
OGRANICZENIE WBUDOWANEGO ŚŁADU WĘGLOWEGO	RECYKLING I UPCYKLING BUDYNKÓW RECYKLING MATERIAŁÓW WYKORZYSTANIE MATERIAŁÓW ORGANICZNYCH WYKORZYSTANIE MATERIAŁÓW LOKALNYCH PROJEKTOWANIE DLA DEMONTAŻU
OGRANICZENIE EKSPLOATACYJNEGO ŚŁADU WĘGLOWEGO	ZWARTOŚĆ BRYŁY BUDYNKU PASYWNE WYKORZYSTANIE INSOLACJI STRELOWANIE FUNKCJI BUDYNKU IZOLACJA TERMICZNA I AKUMULACJA CIEPŁA DOBÓR OKIEN ROLETY I ŻALUZJE ZIELEŃ ZACIENIAJĄCA <ul style="list-style-type: none"> <li>• ZIELONY DACH</li> <li>• ZIELONA ELEWACJA</li> <li>• DRZEWA</li> </ul>
OGRANICZENIE ZUŻYCIA WODY	BIORETENCJA GROMADZENIE I WYKORZYSTANIE WÓD OPADOWYCH <ul style="list-style-type: none"> <li>• ZBIORNIKI NAZIEMNE</li> <li>• ZBIORNIKI PODZIEMNE</li> </ul> OSZCZĘDNA ARMATURA

# Zużycie energii



Każdy budynek, w czasie budowy, eksploatacji oraz rozbiórki, przyczynia się do zużycia energii. Zużycie to opisuje się za pomocą następujących wskaźników:

- **Energia użytkowa (EU) [kWh/m<sup>2</sup>rok]** – to wskaźnik energii niezbędnej do ogrzewania/chłodzenia, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU). Oblicza się go z bilansu cieplnego zysków i strat ciepła przez przegrody zewnętrzne i wentylację. Wskaźnik EU nie uwzględnia rodzaju ani sprawności systemów grzewczych i wentylacyjnych. Jest wykorzystywany do oceny rozwiązań architektoniczno-budowlanych.
- **Energia końcowa (EK) [kWh/m<sup>2</sup>rok]** – to wskaźnik energii bilansowanej na granicy budynku, czyli takiej, którą należy zakupić na potrzeby ogrzewania/chłodzenia, wentylacji i przygotowania CWU, a w budynkach użyteczności publicznej także oświetlenia wbudowanego. Wskaźnik EK określa sprawność energetyczną budynku uwzględniając straty lub zyski wynikające zarówno z zastosowanych rozwiązań architektoniczno-budowlanych, jak i ze sprawności systemów instalacyjnych. Jeżeli wartość EK jest niewiele większa od EU, znaczy to, że w budynku zastosowano wysokosprawne systemy. EK może być niższa od EU, jeżeli w budynku zastosowano OZE. EK jest szczególnie istotna dla użytkownika budynku, gdyż wiąże się bezpośrednio z wydatkami na jego użytkowanie. Budynek o niskim EK jest tani w eksploatacji.
- **Nieodnawialna energia pierwotna (EP) [kWh/m<sup>2</sup>rok]** – to wskaźnik określający zapotrzebowanie budynku na energię nieodnawialną niezbędną do ogrzewania/chłodzenia, oświetlenia, wentylacji i przygotowania CWU. Wskaźnik ten uwzględnia straty przy wytwarzaniu i przesyłaniu energii, a także rodzaj nośnika energii. EP może być większa od EK: od 10% w przypadku zasilania budynku gazem, do 300% przy wykorzystaniu prądu z sieci energetycznej. Niskie wartości EP wskazują na wysoką efektywność ogrzewania i wentylacji i nieznaczne zapotrzebowanie budynku na energię lub wytwarzanie w nim energii odnawialnej. Budynek o niskim EP jest przyjazny dla klimatu.
- **Energia wbudowana** – to energia pierwotna zużyta przy budowie na procesy związane z pozyskaniem surowców, produkcji materiałów, ich transportu, wznoszenia budynku oraz przeprowadzania remontów i konserwacji.
- **Skumulowane zapotrzebowanie na energię (CED)** – obejmuje też nakłady potrzebne przy demontażu lub utylizacji. Wskaźnik ten umożliwia projektowanie budynków ograniczające ich negatywny wpływ na

środowisko w całym cyklu życia. Myślenie w kategoriach cyklu życia budynku najpełniej wspomaga decyzje środowiskowe, chociaż złożoność analizy cyklu życia (LCA) utrudnia obecnie jej szerokie zastosowanie<sup>1</sup>.

Poprawę sprawności energetycznej budynku (dla ograniczenia zużycia EU) można uzyskać dzięki ograniczeniu strat energii, poprzez:

- zwartą geometrię i strefowanie funkcji budynku
- izolację termiczną przegród zewnętrznych i eliminację mostków cieplnych
- zwiększoną pojemność cieplną budynku
- szczelność powietrzną pozwalającą eliminować niekontrolowane straty ciepła i zawilgocenie przegród
- efektywność energetyczną przegród przezroczystych – izolacyjność termiczną i przepuszczalność energii słonecznej

Poprawa użytkowych parametrów energetycznych budynku (w celu ograniczenia zużycia EK i EP) wymaga uwzględnienia kolejnych czynników:

- wysokosprawnego systemu grzewczego i braku potrzeby chłodzenia
- wysokosprawnego systemu wentylacyjnego z odzyskiem energii
- zarządzania energią
- wytwarzania lub pozyskiwania energii odnawialnej, umożliwiającej bilansowanie lub ograniczenie ilości energii pobieranej z sieci
- energooszczędnego oświetlenia

Ilość energii wbudowanej i skumulowane zapotrzebowanie na energię (CED) można zminimalizować, stosując zasady<sup>2</sup>:

- projektowania obiektów o długim okresie eksploatacji, z trwałych materiałów, niewymagających częstych napraw i remontów
- zapewnienia łatwości oddzielania różnych elementów i materiałów
- wykorzystywania materiałów dostępnych lokalnie i o wysokim stopniu recyklicacji
- preferowania materiałów, przy produkcji których używa się energię odnawialną
- unikania materiałów generujących kłopotliwe odpady

---

<sup>1</sup> W literaturze technicznej można znaleźć wartości wskaźników skumulowanej energochłonności wyrobów oraz emisji CO<sup>2</sup> dla podstawowych materiałów budowlanych. Wskaźniki te nie są jednak stałe. Różnice wynikają z rozmaitych procesów produkcyjnych oraz różnych źródeł pochodzenia surowców i energii. Istnieje też gama programów komputerowych do obliczeń przy wykorzystaniu metody LCA, które posiadają swoje bazy danych. W większości są to programy pisane na konkretny rynek. Należy więc stosować przede wszystkim krajowe aplikacje i bazy danych służące komputerowej optymalizacji projektowania z wykorzystaniem oceny LCA.

A. Węglarz, P. Ziembicki, „Optymalizacja projektowania budynków przyjaznych dla środowiska z wykorzystaniem oceny LCA”. *Fizyka budowli w teorii i praktyce*, t.VII, Nr 44/2015. W celu harmonizacji informacji o wpływie wyrobów oraz obiektów budowlanych na środowisko, UE wprowadziła dobrowolne Deklaracje Środowiskowe typu III (EPD – Environmental Product Declaration), które wykonuje się w oparciu o normy ISO 14025 i EN 15804.

<sup>2</sup> Architecture 2030, *Carbon Smart Materials Palette*, <https://materialspalette.org/insulation/> [sierpień 2021].

Poleca się przede wszystkim materiały naturalne, odnawialne i otwarte dyfuzyjnie, które są trwałe i dobrze regulują klimat we wnętrzach; takie jak zaprawy wapienne, drewno, korek, celuloza, glina, słoma, konopie i wełny z włókien naturalnych.



# ŚLAD WĘGLOWY BUDYNKU



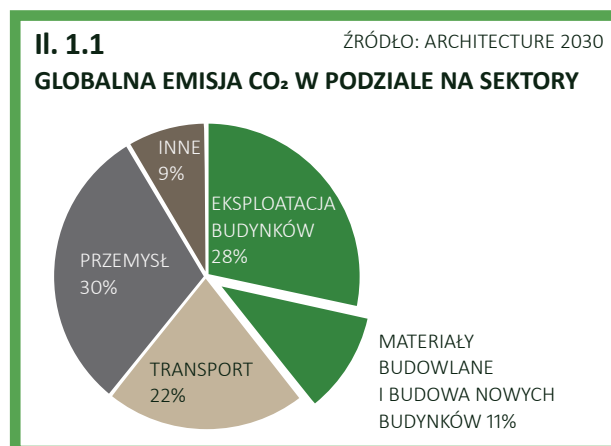
Ślad węglowy jest to **rodzaj śladu ekologicznego**, który przekłada się na **całkowitą sumę emisji gazów cieplarnianych bezpośrednio lub pośrednio związanych z budynkiem w całym cyklu jego życia**. Ślad węglowy obejmuje emisje związane z:

- wydobyciem lub produkcją i transportem materiałów budowlanych oraz procesem budowy (**wbudowany ślad węglowy**)
- eksploatacją budynku (**ślad fazy użytkowej**)
- wyburzeniem lub rozbiórką (**ślad poużytkowy / końca życia budynku**).

Obecnie **budowa nowych obiektów** odpowiada globalnie za **11% rocznych emisji gazów cieplarnianych**, a **eksploatacja istniejących budynków** (ślad fazy użytkowej) odpowiada za **28% globalnych emisji (Il. 1.1)**.

Ślad fazy użytkowej można z czasem zmniejszyć dzięki **poprawie efektywności energetycznej istniejących budynków lub wykorzystaniu w nich OZE**. W związku z planowaną masową modernizacją energetyczną (m.in. w programie Fali Renowacji), budowa nowych obiektów stanie się podstawowym źródłem emisji. Wbudowany ślad węglowy, **w okresie 2020-2050** będzie **odpowiedzialny już za prawie połowę emisji pochodzących z sektora budowlanego**<sup>4</sup>. Dlatego podstawową zasadą zrównoważonej

urbanizacji i budownictwa jest **zachowanie istniejących budynków i ograniczenie nowych budów**. Większość istniejących budynków powinno się poddać głębokiej modernizacji energetycznej, a w niektórych przypadkach adaptacji do nowych funkcji – **swoisztemu recyklingowi, dającemu zdegradowanym budynkom nowe życie**. Nawet w efekcie głębokich działań modernizacyjnych lub adaptacyjnych wbudowany ślad węglowy rośnie stosunkowo nieznacznie, a zastosowanie rozwiązań zmniejszających wpływ budynku na środowisko



<sup>3</sup> UE, Fala renowacji: KR i Komisja Europejska rozpoczynają współpracę w celu pobudzenia modernizacji budynków, 18/03/2021, <https://cor.europa.eu/pl/news/Pages/renovation-wave-CoR-and-Commission-launch-cooperation-to-boost-building-overhaul.aspx> [sierpień 2021].

<sup>4</sup> Architecture 2030, *Embodied Carbon Actions*, <https://architecture2030.org/new-buildings-embodied/> [sierpień 2021].

pozwała istotnie ograniczyć ślad węglowy fazy użytkowej. Unikamy zarazem lub odkładamy w czasie emisje związane z wyburzeniem lub rozbiórką.

Nawet jeżeli z powodu ograniczeń konserwatorskich lub budżetowych głęboka modernizacja danego budynku okaże się niemożliwa, to **ślad węglowy historycznego obiektu o niższym standardzie energetycznym będzie i tak zdecydowanie mniejszy niż ślad węglowy i ilość energii wbudowanej w obiekt nowy**. Dlatego tak ważne jest, aby przed podjęciem decyzji o nowej budowie, podjąć wszelkie starania, aby w pełni wykorzystać istniejący zasób budowlany. Nawet znacząca inwestycja w rewaloryzację, renowację, modernizację czy adaptację będzie miała dużo mniejszy wpływ na środowisko, niż konstrukcja nowa, choćby spełniająca najwyższe standardy ekologiczne.

## REDUKCJA ŚLADU WĘGLOWEGO

- **ZACHOWANIE ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW** 
  - **OGRANICZENIE NOWYCH BUDÓW** 
  - **RECYCLING ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW** 
- ↓

**ŚLAD WĘGLOWY HISTORYCZNEGO OBIEKTU O NIŻSZYM STANDARDZIE ENERGETYCZNYM BĘDZIE ZDECYDOWANIE MNIJSZY NIŻ ŚLAD WĘGLOWY I ILOŚĆ ENERGII WBUDOWANEJ W OBIEKT NOWY**

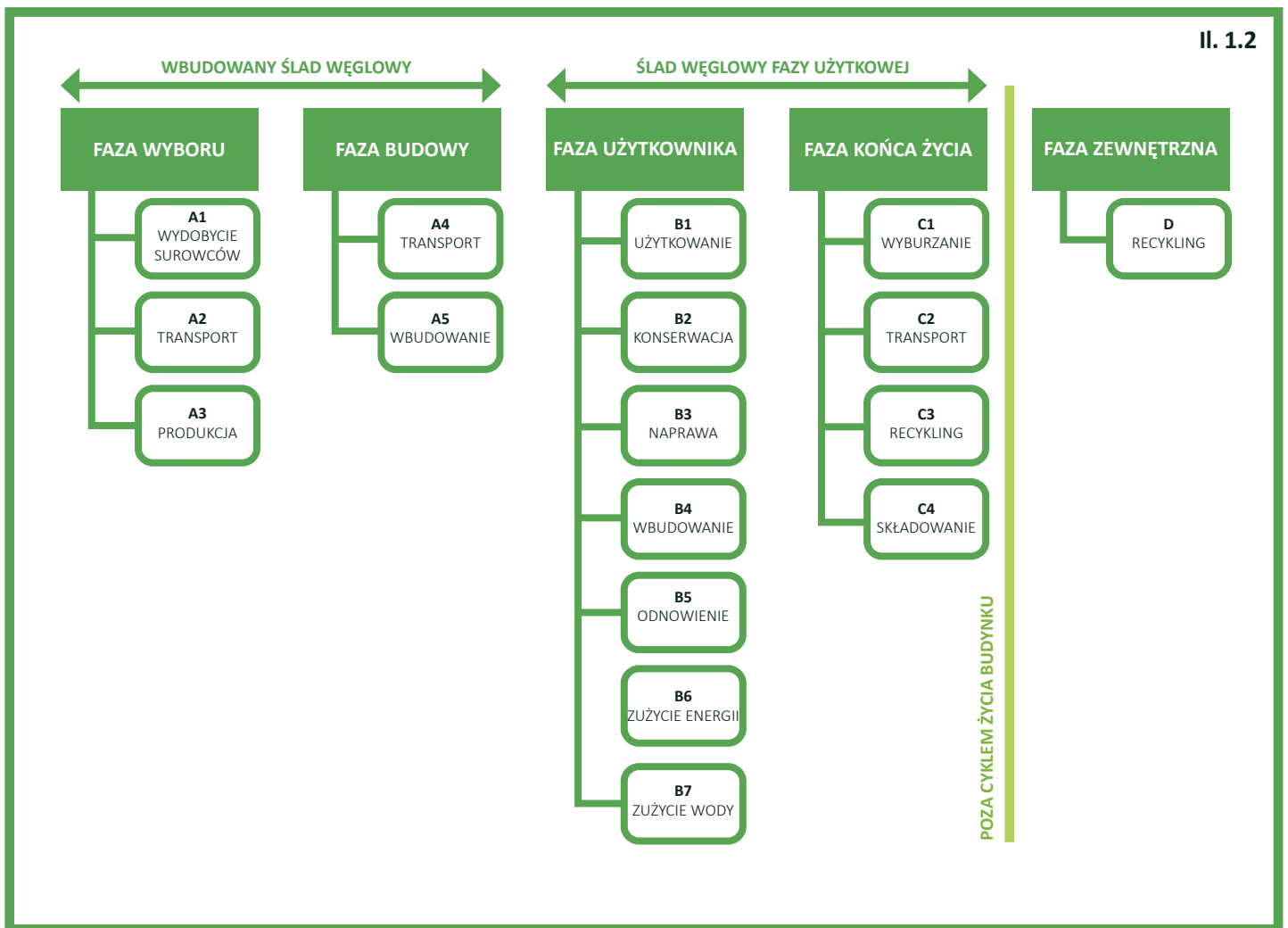
## ANALIZA ŚLADU WĘGLOWEGO

Do **oceny wpływu budynków na środowisko** służą dedykowane narzędzia. Najważniejszym jest **analiza cyklu życia budynku lub jego głównych elementów** (LCA – Life Cycle Assessment).

Zgodnie z normą PN-EN 15978:2012 analizowane są następujące etapy (fazy) cyklu życia (**II. 1.2**):

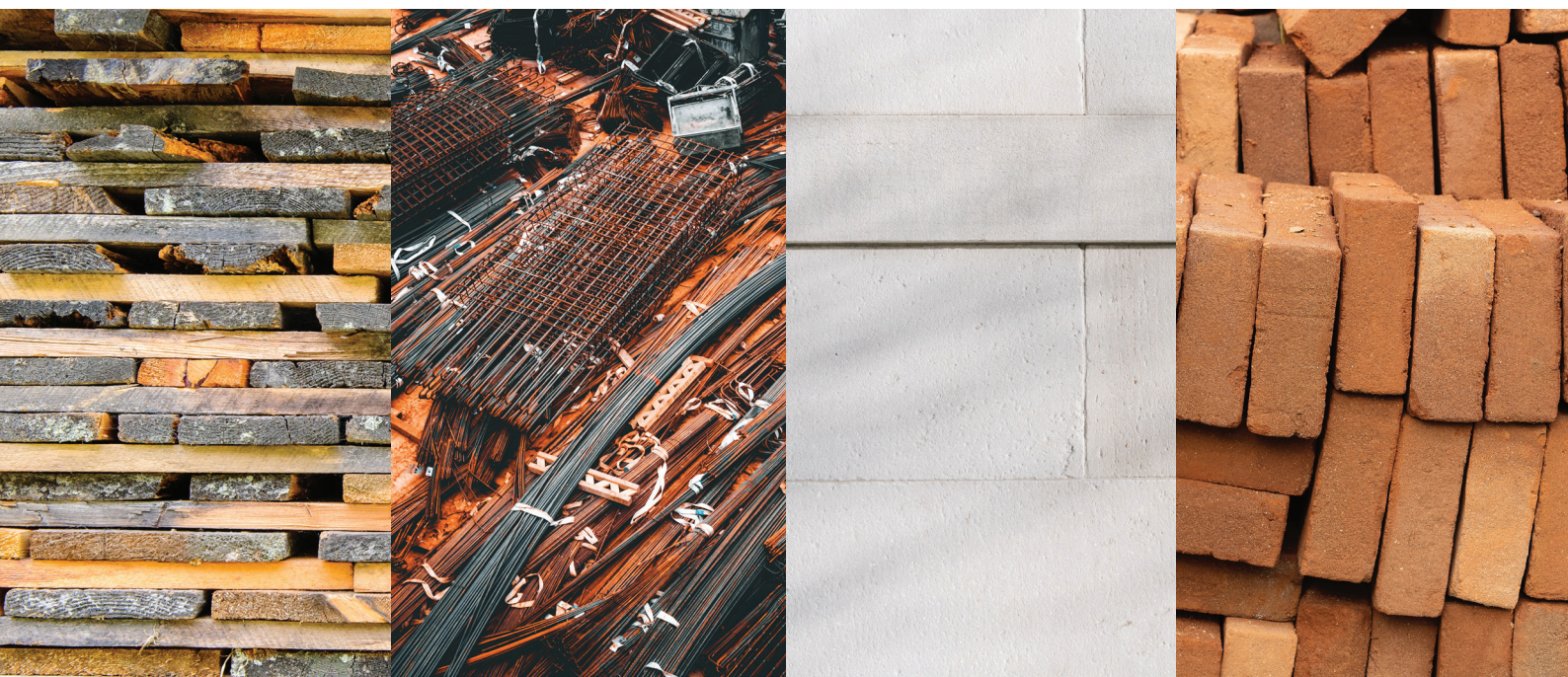
- **Faza wyrobu (A1 – A3)** – obejmuje emisje związane z pozyskiwaniem i transportem surowców oraz energii pierwotnej wykorzystywanej do produkcji wszystkich materiałów, które wykorzystane są do wybudowania obiektu.
- **Faza budowy (A4 i A5)** – obejmuje procesy od bram fabryk wyrobów budowlanych do zakończenia prac budowlanych: transport materiałów i produktów, w tym magazynowanie i dystrybucję, a także procesy związane ze wznoszeniem i wyposażaniem budynku w instalacje i elementy stałe.
- **Faza użytkowania (B1–B7)** – obejmuje okres od zakończenia prac budowlanych do rozbiórki, czyli szeroki zakres emisji związanych z eksploatacją budynku: wentylacją, ogrzewaniem, chłodzeniem, oświetlaniem, zaopatrzeniem w wodę i inne media oraz pracami konserwacyjnymi, remontami i adaptacjami.
- **Faza użytkowa / końca życia (C1 – C4)** – obejmuje rozbiórkę oraz wszelkie oddziaływanie nią spowodowane, np. transport i utylizację elementów i materiałów rozbiórkowych.
- **Wpływy zewnętrzne (D)** – obejmuje rozbiórkę jako źródło elementów i materiałów, które mogą być ponownie wykorzystane lub poddane recyklingowi.





## Ślad węglowy materiałów konstrukcyjnych

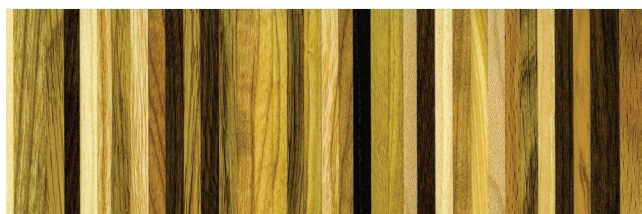
Jednym z zalecanych kierunków rozwoju rynku budowlano-remontowego jest **projektowanie elementów konstrukcyjnych o zoptymalizowanych wymiarach** względem zapewnianej nośności oraz redukcja udziału materiałów zawierających cement (głównie betonu i tynków cementowych) i zastępowanie ich materiałami **o niskim śladzie węglowym**.



**Cement** wyróżnia się wśród materiałów o najwyższym śladzie węglowym, ponieważ **jego produkcja odpowiada za 8% globalnych emisji dwutlenku węgla**. Jest to również **materiał o niekorzystnych właściwościach z punktu widzenia fizyki budowli**, zwłaszcza w zastosowaniach konserwatorskich, gdzie **zaprawy, spoiny i tynki cementowe powodują często nieodwracalne uszkodzenia substancji historycznej**. Wysokim śladem węglowym charakteryzują się też takie popularne materiały konstrukcyjne, jak **aluminium i stal**.

**Najniższy ślad węglowy mają materiały pochodzenia naturalnego**, nieprzetworzone lub niskoprzetworzone, których produkcja i transport nie pochłania dużo energii. Powracając do szerokiego zastosowania w budownictwie alternatywą dla betonu, stali i aluminium jest **drewno**.

Aby wybrać **rozwiązanie konstrukcyjne o najniższym całkowitym śladzie węglowym** dla danego projektu, należy więc szukać **materiałów niskoemisyjnych, porównując** (na podstawie EPD – Deklaracji Środowiskowej Produktu<sup>5</sup>) **śląd węglowy różnych materiałów**. **Porównanie** takie musi uwzględniać właściwości konstrukcyjne poszczególnych materiałów, **np. drewna konstrukcyjnego (klejonego) z tarcicą wymiarową lub płytą OSB ze sklejką**. Produkty z drewna klejonego mają zazwyczaj wyższy ślad węglowy na jednostkę masy niż tarcica wymiarowa, ale są mocniejsze i wymagają zastosowania mniejszych przekrojów lub mniejszej liczby elementów, co może w ostatecznym rachunku dać mniejszą emisję gazów cieplarnianych. Płyty OSB mają porównywalne właściwości do poszycia ze sklejki, ale płyta OSB ma około dwukrotnie większy ślad węglowy niż sklejka<sup>6</sup>. Nowoczesne produkty, takie jak fornir klejony warstwowo (LVL) albo równoległa tarcica strukturalna (PSL), mają większy ślad węglowy niż zwykła tarcica, nawet biorąc pod uwagę ich większą wytrzymałość. Analizując w ten sposób dobór materiałów konstrukcyjnych pod kątem śladu węglowego, można znacząco ograniczyć wpływ inwestycji na klimat oraz osiągnąć efekt wymagany w specyfikacji zamówienia lub programu finansującego przedsięwzięcie modernizacyjne<sup>7</sup>.



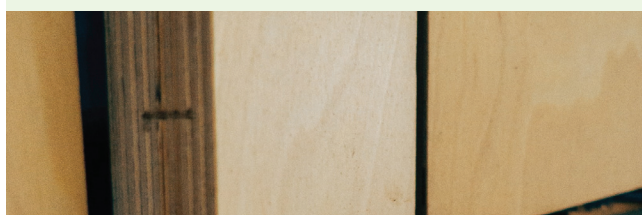
**DREWNO KONSTRUKCYJNE (KLEJONE)**



**TARCICA WYMIAROWA**



**PŁYTA OSB**



**SKLEJKA**

<sup>5</sup> Deklaracja Środowiskowa Produktu (EPD- Environmental Product Declaration), jest dokumentem szczegółowo opisującym oddziaływanie produktu na środowisko podczas jego całego cyklu życia (LCA). Jako deklaracja środowiskowa typu III jest zdefiniowana według normy ISO / PN-EN 14025, co powinno umożliwić porównanie produktów spełniających tę samą funkcję. Podstawową normę ISO / PN-EN 14025 (dla EPD) uzupełniono w 2012 r. o normę EN 15804 Zrównoważone obiekty budowlane- Środowiskowe deklaracje wyrobu- Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych, która określa podstawowe procedury tworzenia EPD dla wyrobów budowlanych.

<sup>6</sup> ASCE/SEI, *Sustainability Guidelines for the Structural Engineer (See Wood/Timber chapter)*, <https://sites.google.com/site/seisustainabilitycommittee/resources/publications/guideline-toc> [sierpień 2021].

<sup>7</sup> Ibidem.

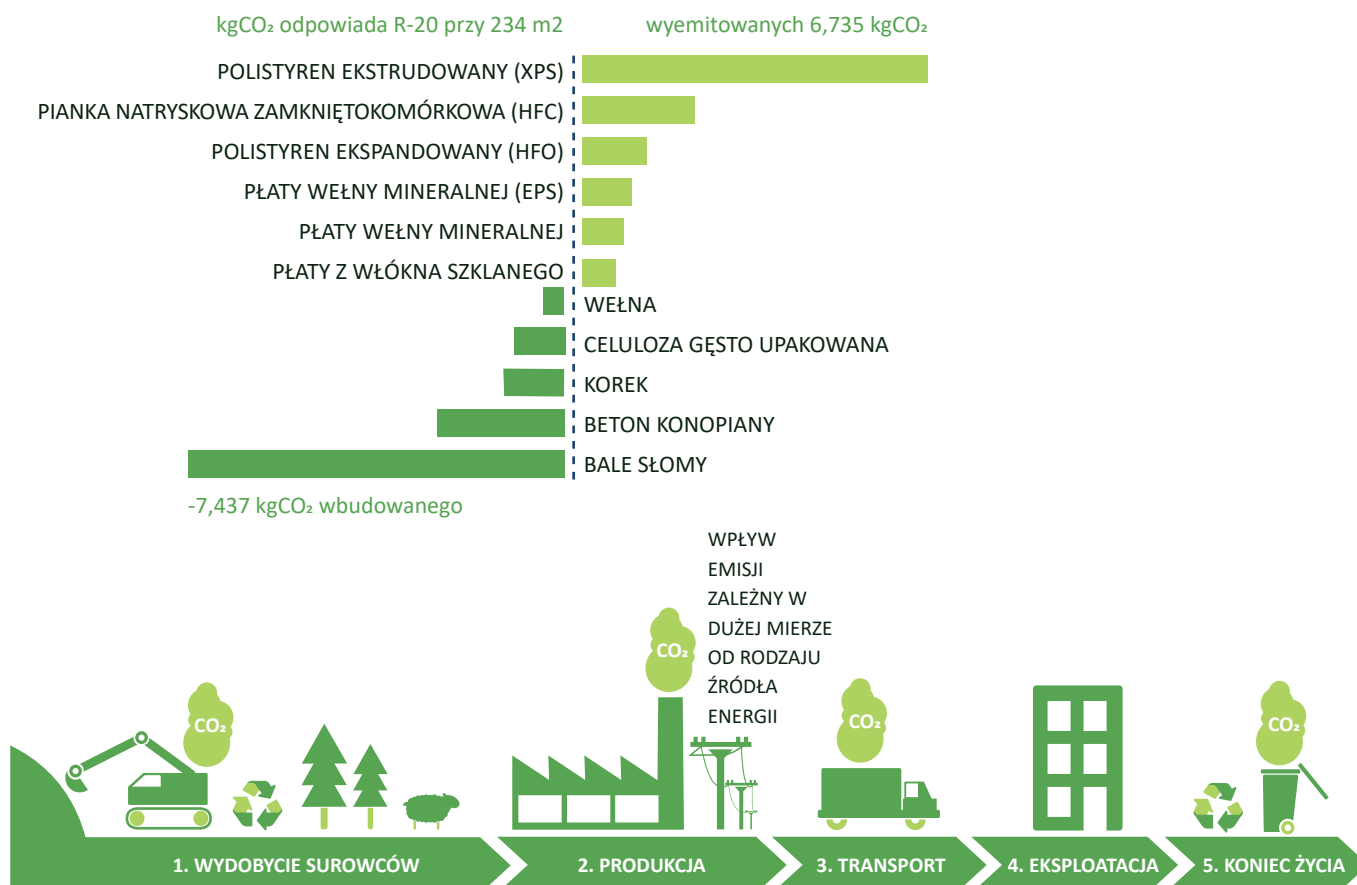
# ŚLAD WĘGLOWY MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH

Wybierając system lub materiał izolacyjny należy zrównoważyć względy **wydajności operacyjnej** (wydajność cieplna, wymagania klimatyczne, szczelność powietrzna, odporność na zawilgocenie) oraz **emisje generowane w fazie produkcji, transportu, użytkowania i utylizacji materiału izolacyjnego**.

Najpopularniejsze materiały izolacyjne, takie jak **styropian**, a w mniejszym, ale nadal znaczącym stopniu, **wełna mineralna**, **cechują się niestety największym śladem węglowym fazy produkcji**. Tymczasem izolacje naturalne, z materiałów takich jak **celuloza, konopie i produkty ze słomy** oraz **wełna owcza i drzewna**, akumulują więcej węgla, niż emitują w całym cyklu życia. **Ich zastosowanie znacząco zmniejsza całkowity ślad węglowy budynku**, nie tylko w fazie eksploatacji, ale też budowy, modernizacji i utylizacji (II. 1.3).



## II. 1.3 WPŁYW IZOLACJI NA EMISJĘ DWUTLENKU WĘGLA



Źródło danych dotyczących wpływu na emisję dwutlenku węgla: Ch. Magwood, *Low-Rise Building as a Climate Change Solution*, „Builders for Climate Action. White Paper” 2019.

## CYKL ŻYCIA WYBRANYCH IZOLACJI

Izolacje z wełny, np. mineralnej, a zwłaszcza **celulozowej**, mają znacznie **mniejszy ślad węglowy niż sztywne izolacje styropianowe i pianki natryskowe**. Tam, gdzie to możliwe, należy więc wybierać niskoemisyjne alternatywy dla **polistyrenu ekspandowanego (EPS), polistyrenu ekstrudowanego (XPS), poliizocyanurów (PIR), paneli SIPS z izolacją piankową, a także pianki poliuretanowej (PUR)**. Wszystkie one (poza niektórymi poliuretanami wytwarzanymi z olejów roślinnych) są **pochodnymi ropy naftowej**, a ich produkcja wymaga **znacznej ilości energii**, co skutkuje wysokim śladem węglowym (polistyreny: 86,4-109,2 MJ/kg; poliuretan: 72,1 MJ/kg). Najniższy ślad energetyczny i węglowy mają materiały takie jak celuloza (0,94-3,3 MJ/kg), korek (4 MJ/kg) i wełna drzewna (10,8 MJ/kg).



<sup>8</sup> H. Geoff, C. Jones, Inventory of Carbon & Energy (ICE), version 1.6a., University of Bath 2008, <https://sites.google.com/site/seisustainabilitycommittee/resources/publications/guideline-toc> [sierpień 2021].

<sup>9</sup> WBDG Historic Preservation Committee, Historic Preservation, Updated: 08.23.2019, WBDG, <https://www.wbdg.org/design-objectives/cost-effective/consider-non-monetary-benefits> [wrzesień 2021].

# ZRÓWNOWAŻONA GOSPODARKA WODNA: ROZWIĄZANIA OPARTE NA PRZYRODZIE (NBS)



Standardowe podejście do gospodarowania wodą deszczową polega na jak najszybszym odprowadzaniu jej z przestrzeni publicznych i posesji. Nie ma jednak możliwości zbudowania takiego systemu kanalizacji, który odprowadzi całość wody opadowej w trakcie ekstremalnych opadów, a te stają się coraz częstsze. Żadnej gminy nie stać ani na taką inwestycję, ani na późniejsze jej utrzymywanie. Opłaty za odprowadzanie wody deszczowej z działek prywatnych oraz za uszczelnianie powierzchni biologicznie czynnej są więc rozwiązaniem uzasadnionym, ale połowicznym. **Woda deszczowa to cenny, trudno odnawialny zasób.** Kiedy trafia do kanalizacji, jest tracona bezpowrotnie.

**Uszczelnienie powierzchni i przyspieszony spływ zwiększają zagrożenie lokalnymi podtopieniami oraz zagrożenie powodziowe** w dole zlewni, tymczasem miejska zieleń cierpi z niedostatku wody i wymaga kosztownego podlewania. **Ograniczenie naturalnie funkcjonujących terenów zieleni, otwartych zbiorników wodnych i terenów podmokłych** wpływa na znaczny **wzrost średnich temperatur** na terenach zurbanizowanych i utrudnia mieszkańcom przetrwanie coraz dłuższych fal upałów.

**Adaptacja do zmian klimatu** – gwałtownych zjawisk pogodowych, upałów i intensywnych opadów oraz wydłużających się okresów suszy – to zadanie, które wymaga współpracy instytucji odpowiedzialnych za zarządzanie terenami zieleni i gospodarowanie wodami w gminie, spółdzielni i wspólnot mieszkaniowych, właścicieli nieruchomości prywatnych, deweloperów oraz architektów i projektantów. Wszyscy interesariusze powinni być włączeni w działania prowadzące do takiego **kształtowania przestrzeni, które pozwoli na zwiększenie przepuszczalności powierzchni, zatrzymywanie wody w miejscu opadu i wykorzystanie potencjału miejskich ekosystemów, a zarazem obniżenie kosztów gospodarowania wodą.**

**Zieleń i woda** wprowadzane na większą skalę w przestrzeń miasta w postaci elementów błękitno-zielonej infrastruktury i rozwiązań opartych na przyrodzie (NBS), **zwiększają retencję krajobrazową, naturalnie usuwają z wody deszczowej typowe dla przestrzeni zurbanizowanej zanieczyszczenia, zmniejszają zagrożenia klimatyczne, poprawiają mikroklimat, oczyszczają i natleniają powietrze, chłodzą je i nawilżają**, wpływając pozytywnie na bezpieczeństwo, zdrowie i dobrostan mieszkańców. Rozwiązania oparte na bioretencji wnoszą też w przestrzeń miasta cenne wartości estetyczne i sprzyjają regeneracji psychofizycznej.

## NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE

**Utwardzenie terenu (miejsc parkingowych, chodników, ścieżek, dróg dojazdowych i przeciwpożarowych)**

nawierzchniami przepuszczalnymi jest stosunkowo prostym i niedrogim sposobem na poprawę warunków wodnych w środowisku. **Zapewnia przesiąkanie wód opadowych do podłoża oraz ich oczyszczanie przez glebę i rośliny.**

W miejscach wymagających utwardzenia poleca się przede wszystkim **nawierzchnie porowate oraz wyposażone w przerwy dylatacyjne**. Ich podbudowa wykonana jest z **warstw żwiru i piasku, bez domieszki cementu, co umożliwia przesiąkanie** i wpływa pozytywnie na trwałość nawierzchni. Tam, gdzie to możliwe, należy opcjonalnie stosować nawierzchnie żwirowe, kamienne i trawiaste.

### NAWIERZCHNIE PRZEPUSZCZALNE

ZAPEWNIAJĄ PRZESIAKANIE WÓD OPADOWYCH DO PODŁOŻA ORAZ ICH OCZYSZCZANIE PRZEZ GLEBĘ I ROŚLINY



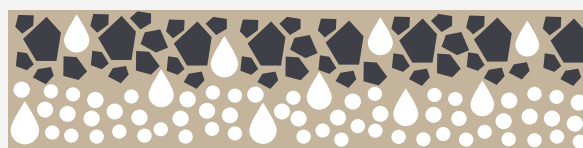
### NAWIERZCHNIE POROWATE ORAZ WYPOSAŻONE W PRZERWY DYLATACYJNE

■ WYKONANE Z WARSTW

○ ŻWIRU I

● PIASKU

UMOŻLIWIAJĄ PRZESIAKANIE WODY



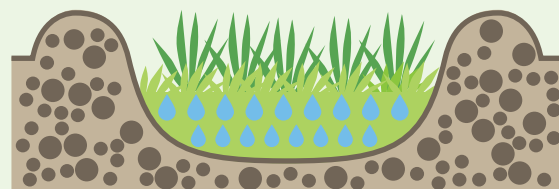
## NIECKI BIORETENCYJNE

Niecki retencyjne są najprostszym rozwiązaniem **pozwalającym gromadzić i oczyszczać wody opadowe spływające z okolicznego terenu, chodnika lub tarasu.**

Niecka jest to zagłębienie pokryte warstwą żwiru filtracyjnego i wypełnione roślinnością podczyszczającą wodę i zwiększającą ewapotranspirację. Złoża glebowe i mikroorganizmy żyjące w systemach korzeniowych roślin przechwytyują, adsorbują lub biodegradują zanieczyszczenia (osady, substancje pokarmowe, ślady metali ciężkich i związki organiczne występujące w wodzie opadowej).

### NIECKA BIORETENCYJNEA

POZWALA GROMADZIĆ I OCZYSZCZAĆ WODY OPADOWE



Stosuje się dwa rodzaje niecek retencyjnych:

- **Najprostszy typ niecki** umożliwia przepuszczanie wody do gruntu przez podłoże filtracyjne, co znacząco ogranicza spływ wód opadowych do kanalizacji, równocześnie minimalizując straty zasobów wodnych w środowisku. W miejscach, gdzie nie można pozwolić na infiltrację wody, buduje się niecki wyściełane folią i połączone ze studzienką kontrolną. Roślinność pomaga zredukować nadmiar wody w efekcie transpiracji oraz usuwa nadmiar substancji pokarmowych poprzez cykl odżywczy.

- **Systemy bioretencyjne** są szczególnie polecane do ograniczenia spływu, jego spowolnienia, retencjonowania i oczyszczania wód na niewielkich, silnie zurbanizowanych obszarach miejskich, gdzie istniejące instalacje odprowadzające wody opadowe wymagają modernizacji.

Zwiększając ewapotranspirację, urządzenia bioretencyjne poprawiają mikroklimat: nawilżają i schładzają powietrze.

## OGRODY DESZCZOWE

Nasadenia roślin hydrofitowych w gruncie albo pojemniku / skrzyni / donicy – zwane ogrodami deszczowymi – zatrzymują wodę deszczową zbieraną z nawierzchni lub dachów. Jak wszystkie urządzenia bioretencyjne, **ograniczają i opóźniają spływ powierzchniowy oraz usuwają z wody zanieczyszczenia.**

Budowa ogrodów deszczowych nie wymaga specjalistycznej wiedzy ani sprzętu. Instrukcje dostępne są m.in. w **materiałach opracowywanych przez Fundację Sendzimira (<https://sendzimir.org.pl>)**. W bezpośrednim sąsiedztwie budynków ogrody deszczowe w gruncie powinny być izolowane, natomiast w odległości powyżej 5 m od ścian budynków zaleca się ogrody infiltrujące wodę do gruntu.



## OTWARTE SYSTEMY ODPROWADZANIA WODY DESZCZOWEJ

**Woda spływająca z dachów** i innych powierzchni **może być zbierana i odprowadzana systemem rynsztoków, ogrodów deszczowych, niecek bioretencyjnych, rowów infiltracyjnych, kanałów i stawów**, które **zatrzymują wodę oraz urozmaicają krajobraz**. Systemy takie dają możliwość aranżacji przestrzeni sprzyjającej rekreacji oraz **są cennym dla bioróżnorodności miejscem życia roślin i zwierząt** preferujących siedliska wodne. Można je uzupełnić o mini-infrastrukturę dla zróżnicowanej, dzikiej fauny, np. niezwykle pożytecznych płazów.

## STUDNIE CHŁONNE

Są to **urządzenia podziemne**, które stosuje się w celu **zatrzymania wody w krajobrazie lub gromadzenia jej do podlewania roślin**. Można je budować w dystansie co najmniej 6 m od budynków. Studnie chłonne nie oczyszczają wody deszczowej, dlatego jeżeli chcemy, **by deszczówka doprowadzona do studni była podczyszczona, można ją przepuścić przez studzienki osadowe lub niecki retencyjne / ogrody deszczowe** obsadzone roślinami, których systemy korzeniowe posiadają zdolność pochłaniania zanieczyszczeń.

## ZIELONE DACHY

**Na dachu płaskim lub stromym** o odpowiednio dużej nośności można założyć tzw. zielony dach. Bezpośrednio na konstrukcji układana jest bardzo szczelna hydroizolacja (oraz ewentualnie materiał dociepleniowy), następnie warstwa retencyjno-drenażowa i warstwa wegetacyjna. W wersji ekstensywnej, najczęściej spotykanej, ciężar warstwy wegetacyjnej i roślin wynosi od 20 do 30 kg/m<sup>2</sup>.



Zaletą dachów zielonych, poza zwiększeniem różnorodności biologicznej i walorami estetycznymi, jest **ochrona przed hałasem, znacznie lepsza ochrona przed przegrzewaniem budynku, korzystny wpływ na klimat** (działanie mitygacyjne) i **oczyszczanie powietrza**. Zielony dach **chroni też pokrycie dachowe** przed wpływami zewnętrznymi, takimi jak **wahania temperatury, słońce, wiatr i deszcz**. W kontekście adaptacji do zmian klimatu istotną cechą dachów zielonych jest ich **wydajność hydrologiczna**, ponieważ ograniczają one spływ wody deszczowej z nieprzepuszczalnych powierzchni w środowisku miejskim. Odpływ wody z warstw zielonego dachu do odbiornika, następuje dopiero po maksymalnym nasyceniu substratu oraz zapełnieniu wolnych przestrzeni w warstwie drenażowej. Nadmiar wód opadowych z zielonego dachu jest odprowadzany do systemu kanalizacyjnego.

## ZIELONE DACHY

- OCHRONA PRZED HAŁASEM 
- OCHRONA PRZED PRZEGRZEWANIEM BUDYNKU 
- KORZYSTNY WPŁYW NA KLIMAT 
- CHRONI POKRYCIE DACHOWE PRZED WPŁYWAMI ZEWNĘTRZNYMI, TAKIMI JAK WAHANIA TEMPERATURY, SŁOŃCE, WIATR I DESZCZ   
  
  

- WYDAJNOŚĆ HYDROLOGICZNA 

Zielone dachy **mogą zmniejszyć spływ z dachu o 30 do 86%, ograniczyć odpływ szczytowy o 22 do 93% i opóźnić go nawet do 30 minut**. Zatem oprócz pozytywnego wpływu na środowisko i budynek, **mają zdolność ograniczania szeregu ryzyk: podtapiania, powodzi i erozji** podczas gwałtownych opadów.

Poza budynkami, **zielone dachy** można stosować też **na wiatkach śmietnikowych, parkingowych, rowerowych i przystankowych**.

## ZIELONE ŚCIANY

Ściany zielone i wertykalne ogrody **zwiększają bioróżnorodność, mogą być schronieniem dla owadów, oczyszczają powietrze, a także stanowią efektowny element dekoracyjny**. Wbrew obiegowym opiniom, wielokrotnie wykazano, że **pnącza wpływają pozytywnie na trwałość elewacji**. Zieleń na ścianie nie niszczy jej, ale **chroni przed deszczem i promieniowaniem słonecznym**. Część wody opadowej jest wykorzystywana na **zwilżanie powierzchni roślin** oraz na ich potrzeby życiowe. W wyniku transpiracji, **wody opadowe są przez zieloną ścianę oddawane do atmosfery i schładzają rozgrzane powietrze**.





Coraz popularniejszym rozwiązaniem są bardzo dekoracyjne i różnorodne biologicznie ogrody wertykalne na konstrukcji nośnej. Ogrody **komponowane są z roślin kwitnących i zimozielonych**. Do powieszanych paneli roślinnych **doprowadza się linie kroplujące podłączone do układu sterującego, który pozwala na odpowiednie dawkowanie wody** w różnych częściach ściany oraz nawozu podawanego wraz z wodą. Do podlewania można wykorzystać wodę deszczową zbieraną z części dachu budynku.

Ogrody wertykalne **wymagają prac pielęgnacyjnych**, takich jak **przycięcie roślin** oraz **uzupełnienie nawozu**, a także **czyszczenie systemu nawadniania**. Niektóre systemy wymagają także **wykonywania oprysków**, co znacznie ogranicza ich wartość w kontekście bioróżnorodności. **Innym problemem są koszty prac pielęgnacyjnych**, często wymagających rozstawienia rusztowań oraz zabezpieczenia terenu. Utrzymanie ogrodów wertykalnych jest kosztowne, a ich zaniedbanie prowadzi do utraty walorów estetycznych.

**Najprostszym, niedrogim i łatwym w utrzymaniu rozwiązaniem** o dużej wartości przyrodniczej są **zielone ściany z pnączy**. Ze względu na walory dekoracyjne, łatwość utrzymania i dużą zdolność wychwytywania z powietrza zanieczyszczeń pyłowych (PM), szczególnie wartościowe są ściany z zimozielonych bluszczu.



## URZĄDZENIA DLA POŻYTECZNYCH OWADÓW

Elewacje budynku oraz teren do niego przylegający można uczynić **bardziej przyjaznymi dla dzikich zapylaczy i innych owadów pożytecznych**. Podstawowym warunkiem do tego jest **sianie i sadzenie roślin nektarowych z dużym udziałem lokalnych gatunków**.

**Na części przyległego terenu można założyć w tym celu łąkę kwietną**. Łąki przygotowanej dla owadów nie należy intensywnie pielęgnować. Stosuje się **nawożenie wyłącznie organiczne**, niewielkimi dawkami kompostu. Ważne jest również **nieusuwanie martwego drewna, utrzymywanie siedlisk przyjaznych dla pszczoł ziemnych, dla gatunków helikofilnych**. Na łąkach o większej powierzchni można utworzyć strefy z różnymi siedliskami i mini-infrastrukturą dla zróżnicowanej, dzikiej fauny.

### ŁĄKI KWIETNE

INTENSYWNA PIELĘGNACJA



● **NAWOŻENIE WYŁĄCZNIE ORGANICZNE**



● **NIEUSUWANIE MARTWEGO DREWNA**



● **UTRZYMYWANIE SIEDLISK PRZYJAZNYCH DLA PSZCZOŁ ZIEMNYCH**



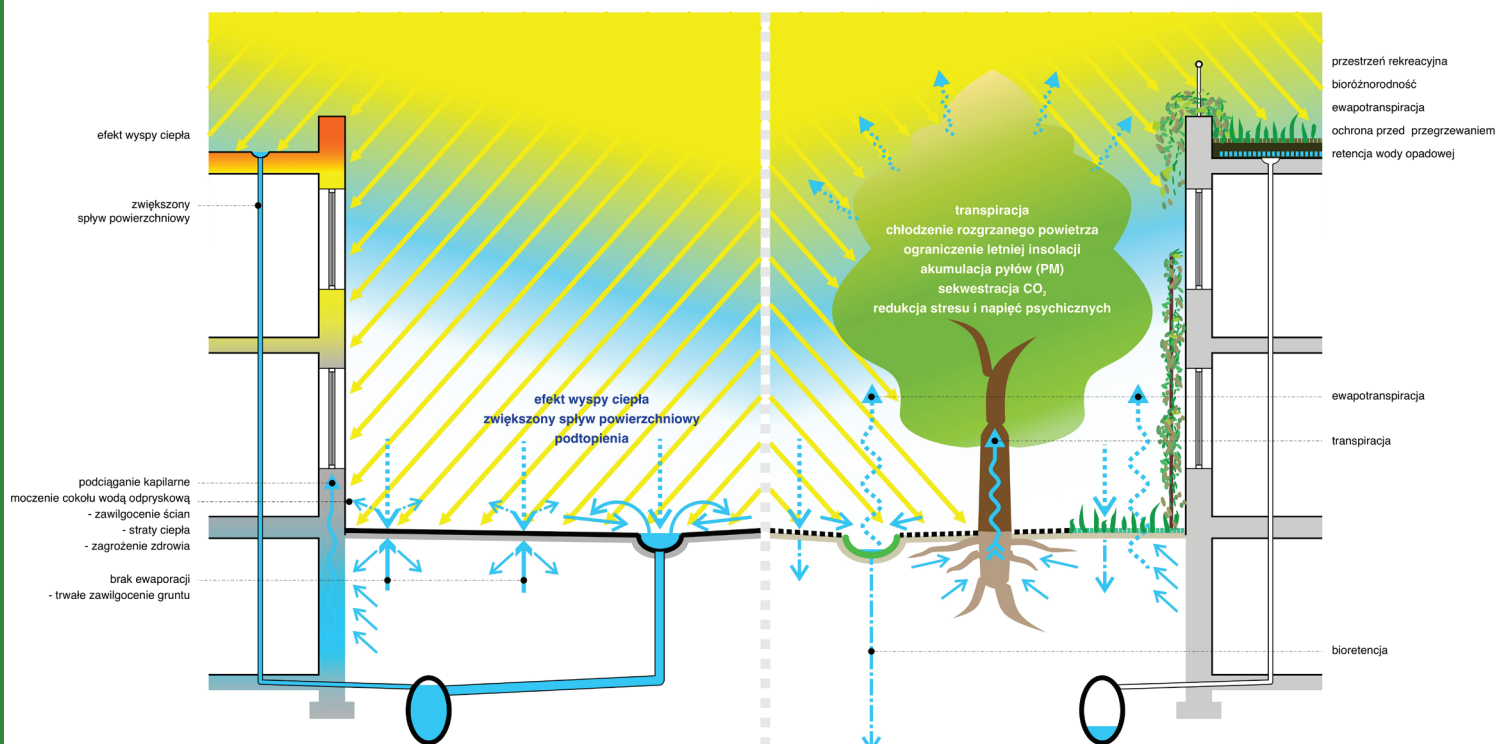
● **POZOSTAWIANIE W OGRODZIE SUCHYCH ŁODYG I MUSZLI**



Cennym uzupełnieniem łąki oraz obiektów przylegających do terenów zieleni są **hotele dla owadów** ustawione w miejscach suchych, słonecznych i zacisznych. Ich mieszkańcami będą głównie dzikie pszczoły, trzmiele, muchówki i węgarniki. **Domki / hotele można ustawić bezpośrednio na ziemi, słupku lub powiesić na ścianie budynku.** Ich wykonanie jest i proste, i można je budować z powszechnie dostępnych materiałów, także odpadowych.



#### POWIERZCHNIE USZCZELNIONE - ROZWIĄZANIA OPARTE NA PRZYRODZIE (NBS)



#### Literatura

Ewa Iwaszuk, Galina Rudik, Laurens Duin, Linda Mederake, McKenna Davis, Sandra Naumann, Iwona Wagner, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – katalog techniczny*, Ecologic Institute & Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2019.

Zarząd Zieleni m.st. Warszawy i Fundacja Sendzimira, *Zielono-błękitne rozwiązania dla osiedli mieszkaniowych – broszura edukacyjna dla zarządców osiedli mieszkaniowych, przygotowana w ramach projektu „Warszawa chwyta wodę”, dotycząca działań sprzyjających zwiększaniu retencji krajobrazowej*, Zarząd Zieleni m.st. Warszawy & Fundacja Sendzimira, Warszawa 2019.



Autor: Tomasz Jeleński

Skład i opracowanie graficzne: Aleksandra Zielińska

Redakcja: Fundacja Aeris Futuro

Fundacja Aeris Futuro

[www.aerisfuturo.pl](http://www.aerisfuturo.pl)

Broszura powstała w ramach projektu

## **„Hydrozagadka – jak wygrać z suszą?”**

Projekt jest realizowany z dotacji programu

Aktywni Obywatele – Fundusz Krajowy, finansowanego z Funduszy EOG.

Iceland   
Liechtenstein **Active**  
Norway **citizens fund**

Patronat nad projektem „Hydrozagadka – jak wygrać z suszą?” objęli:

Patronat Honorowy:

Witold Kozłowski – Marszałek Województwa Małopolskiego

 MAŁOPOLSKA

Patronat medialny:

 **RADIO  
KRAKÓW**

 **TERAZ  
ŚRODOWISKO**  
Aktualności i praca w ochronie środowiska