

# Zrównoważone budynki biurowe

Praca zbiorowa  
we współpracy z PLGBC  
pod redakcją Szymona Firląga

**Projektowanie**

**Uwarunkowania prawne**

**Rozwiązania technologiczne**



**PLGBC**  
Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego

Zrównoważone  
**budynki**  
biurowe



# Zrównoważone budynki biurowe

Praca zbiorowa  
we współpracy z PLGBC  
pod redakcją Szymona Firląga

**Projektowanie**

**Uwarunkowania prawne**

**Rozwiązania technologiczne**



Projekt okładki i stron tytułowych: **Ireneusz Gawliński**

Ilustracja na okładce: **shutterstock/ixpert**

Wydawca: **Karol Zawadzki**

Koordynator ds. redakcji: **Renata Ziółkowska**

Redaktorzy: **Bożenna Sigismund, Joanna Forysiak**

Produkcja: **Mariola Grzywacka**

Dział reklamy: **Agnieszka Borzęcka (agnieszka.borzecka@pwn.com.pl)**

Łamanie: **IT WORKS/itworks.net.pl**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, ITB, Politechnika Warszawska**  
**prof. dr hab. inż. Tadeusz Skoczkowski, Politechnika Warszawska**

Redaktor naukowy: **dr inż. Szymon Firląg**

Publikacja powstała we współpracy z Polskim Stowarzyszeniem Budownictwa Ekologicznego  
PLGBC



**PLGBC**

Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w Internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujemy cudzą własność i prawo.  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
*Polska Izba Książki*

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
Warszawa 2018

ISBN: 978-83-01-19513-7

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2  
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288; infolinia 801 33 33 88  
e-mail: [pwn@pwn.com.pl](mailto:pwn@pwn.com.pl); [reklama@pwn.pl](mailto:reklama@pwn.pl)  
[www.pwn.pl](http://www.pwn.pl)

Druk i oprawa: [booksfactory.pl](http://booksfactory.pl)

**prof. dr hab. inż. arch.  
Wacław Celadyn**  
Politechnika Krakowska

**dr inż. Szymon Firląg**  
Politechnika Warszawska

**dr hab. inż. prof. nzw. PŚ  
Henryk Foit**  
Politechnika Śląska

**dr inż. Marcin Gawroński**  
Sweco Consulting

**mgr inż. Paweł Gilewski**  
Politechnika Warszawska

**mgr inż. Anna Goljan**  
Instytut Techniki Budowlanej

**dr hab. inż. Dariusz Heim**  
Politechnika Łódzka

**dr inż. Maria Hurnik**  
Politechnika Śląska

**dr hab. inż. Jan Kaczmarczyk**  
Politechnika Śląska

**dr inż. Agnieszka Kaliszuk-Wietecha**  
Politechnika Warszawska

**arch. Bartłomiej Kisielewski**  
Horizone Studio

**mgr inż. Ewa Kosmala**  
ST&E

**dr inż. arch. Urszula Koźmińska**  
Politechnika Warszawska

**mgr Alicja Kuczera**  
Polskie Stowarzyszenie Budownictwa  
Ekologicznego

**dr hab. inż. Barbara Lipska**  
Politechnika Śląska

**mgr inż. Monika Lipska**  
Instytut Techniki Budowlanej

**mgr Stanisław Mrozik**  
Krajowa Agencja Poszanowania Energii

**dr inż. Elżbieta Nowicka**  
Instytut Techniki Budowlanej

**dr inż. Michał Piasecki**  
Instytut Techniki Budowlanej

**mgr inż. arch. Michał Pierchalski**  
Krajowa Agencja Poszanowania Energii

**dr inż. Joanna Rucińska**  
Politechnika Warszawska

**prof. dr hab. arch.  
Elżbieta D. Ryńska**  
Politechnika Warszawska

**arch. Rafał Schurma**  
visio architects and consultants

**dr hab. inż. arch. Michał Stangel**  
Politechnika Śląska

**dr hab. inż. Zbigniew Trzeciakiewicz**  
Politechnika Śląska

**dr inż. Arkadiusz Węglarz**  
Politechnika Warszawska

**dr inż. arch. Aleksandra Witeczek**  
Politechnika Śląska

# Spis treści

<b>Przedmowa</b> .....	9
<b>Wstęp</b> .....	11
<b>1. Budownictwo zrównoważone – wprowadzenie</b> <i>(Szymon Firląg, Arkadiusz Węglarz)</i> .....	13
<b>2. Uwarunkowania prawne, normy, aktualne i przyszłe wymagania techniczne dotyczące budynków biurowych</b> <i>(Ewa Kosmala)</i> .....	27
<b>3. Systemy certyfikacji wielokryterialnej</b> <i>(Marcin Gawroński, Rafał Schurma)</i> .....	45
<b>4. Budynek w strukturze miasta – aspekty urbanistyczne kształtowania zabudowy</b> <i>(Michał Stangel)</i> .....	69
<b>5. Zrównoważone bezpośrednie otoczenie budynku, środowiskowo zrównoważona lokalizacja</b> <i>(Elżbieta D. Ryńska)</i> .....	81
<b>6. Projektowanie zintegrowane, design charette, podstawy kształtowania założeń i wytycznych projektowych budynków zrównoważonych</b> <i>(Bartłomiej Kisielewski)</i> .....	93
<b>7. Nowoczesne narzędzia (BIM) wspomagające proces projektowy, certyfikacyjny i wykonawczy</b> <i>(Agnieszka Kaliszuk-Wietecha, Joanna Rucińska)</i> .....	109
<b>8. Analizy LCA i LCC jako narzędzia ułatwiające odpowiedzialne wybory</b> <i>(Michał Piasecki)</i> .....	123
<b>9. Zrównoważone rozwiązania w zakresie architektury</b> .....	143
9.1. Forma budynków <i>(Wacław Celadyn)</i> .....	144
9.2. Fasady <i>(Wacław Celadyn)</i> .....	156
9.3. Dachy <i>(Aleksandra Witeczek)</i> .....	166
<b>10. Materiały konstrukcyjne i budowlane spełniające zasady zrównoważonego rozwoju</b> <i>(Urszula Koźmińska, Elżbieta D. Ryńska)</i> .....	183
<b>11. Zrównoważone rozwiązania w zakresie instalacji</b> .....	211
11.1. Instalacje grzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne w obiektach biurowych <i>(Henryk Foit, Barbara Lipska, Zbigniew Trzeciakiewicz)</i> .....	212

11.2. Instalacja wodno-kanalizacyjna ( <i>Paweł Gilewski, Arkadiusz Węglarz</i> ) . . . . .	222
11.3. Instalacja oświetleniowa ( <i>Paweł Gilewski, Arkadiusz Węglarz</i> ) . . . . .	226
11.4. Instalacja elektryczna ( <i>Paweł Gilewski, Arkadiusz Węglarz</i> ) . . . . .	230
11.5. System BMS ( <i>Paweł Gilewski, Arkadiusz Węglarz</i> ) . . . . .	231
11.6. Wytwarzanie ciepła i chłodu ( <i>Henryk Foit, Maria Hurnik, Barbara Lipska, Zbigniew Trzeciakiewicz</i> ) . . . . .	233
<b>12. Główne aspekty środowiskowe związane z budynkami biurowymi</b> . . . . .	259
12.1. Wpływ efektywności energetycznej budynków biurowych i sposobu ich zasilania na ograniczenie emisji CO <sub>2</sub> i zużycie energii ( <i>Szymon Firląg, Michał Pierzchalski</i> ) . . . . .	260
12.2. Rozwiązania wspomagające alternatywny transport ( <i>Paweł Gilewski, Stanisław Mrozik</i> ) . . . . .	272
12.3. Ograniczenie efektu wyspy ciepła ( <i>Elżbieta D. Ryńska</i> ) . . . . .	280
12.4. Ograniczenie efektu zatrucia światłem ( <i>light pollution</i> ) ( <i>Dariusz Heim</i> ) . . . . .	286
12.5. Ograniczenie zużycia wody ( <i>Monika Lipska</i> ) . . . . .	292
<b>13. Jakość środowiska wewnętrznego a komfort użytkownika budynków biurowych</b> . . . . .	309
Wstęp ( <i>Michał Piasecki</i> ) . . . . .	310
13.1. Komfort cieplny ( <i>Jan Kaczmarczyk</i> ) . . . . .	312
13.2. Jakość powietrza wewnętrznego ( <i>Jan Kaczmarczyk</i> ) . . . . .	317
13.3. Komfort akustyczny ( <i>Elżbieta Nowicka</i> ) . . . . .	322
13.4. Jakość oświetlenia i dostęp do światła dziennego ( <i>Dariusz Heim</i> ) . . . . .	333
13.5. Materiały budowlane i wykończeniowe o niskiej emisji zanieczyszczeń ( <i>Anna Goljan</i> ) . . . . .	340
<b>14. Organizacja procesu projektowego oraz budowy w sposób zrównoważony środowiskowo</b> ( <i>Marcin Gawroński</i> ) . . . . .	357
<b>15. Procedury odbiorowe oraz procedury kontroli jakości robót budowlanych</b> ( <i>Arkadiusz Węglarz</i> ) . . . . .	371
<b>16. Przykłady zrównoważonych budynków biurowych w Polsce</b> ( <i>Alicja Kuczera</i> ) . . . . .	383





# Przedmowa

Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego PLGBC jest jedną z 75 organizacji *green building councils* działających na całym świecie, skupionych w ramach World Green Building Council.

Budynek to część żywego organizmu – środowiska, wraz ze wszystkimi jego ekosystemami, również antropogenicznymi, a wpływ obiektów zbudowanych ludzką ręką na zrównoważony rozwój naszej planety w wymiarze środowiskowym, socjalnym i ekonomicznym jest bardzo istotny. Misją PLGBC jest sprawienie, aby te trzy aspekty stały się w Polsce naturalnym sposobem postrzegania budynków podczas ich projektowania, budowy, użytkowania i rozbiórki. Uwzględnienie każdego etapu życia obiektu to odpowiedzialność wszystkich uczestników procesu budowlanego, pochodzących zarówno ze strefy publicznej, jak i prywatnej. Naszym celem jest więc także stworzenie wspólnej platformy dla działań ogółu interesariuszy zaangażowanych we wszystkie te procesy. Dlaczego to takie ważne? Z dwóch głównych powodów. Większość ludzi na świecie spędza w budynkach 90% czasu, a same budynki w swoim cyklu życia – dokładniej: budynki i ich użytkownicy – w poważny sposób wpływają na środowisko (m.in. odpowiadają za jedną trzecią globalnej emisji gazów cieplarnianych i połowę generowanych na świecie odpadów).

Swoją misję wypełniamy więc, przyczyniając się do wzrostu świadomości dotyczącej znaczenia i potencjału zrównoważonego budownictwa. Organizujemy cykliczne spotkania o różnej skali: większe coroczne PLGBC Green Building Symposium i Dzień Ziemi, oraz mniejsze – kilka razy do roku tzw. Green Building Tour, podczas których można na własne oczy zobaczyć rozwiązania zastosowane w zielonych budynkach. Sympozjum i Dzień Ziemi stały się już rozpoznawalnymi wydarzeniami, kojarzonymi z najwyższej jakości prelekcjami, merytorycznymi dyskusjami i tematyką poświęconą *green building*. Co roku organizujemy konkurs, PLGBC Green Building Awards, w którym niezależne jury nagradza zrównoważone budynki i projekty oraz rozwiązania produktowe dla zielonego budownictwa. Eksperti PLGBC są też zapraszani do czynnego udziału w licznych konferencjach w kraju i zagranicą. Stowarzyszenie aktywnie działa w ramach World Green Building Council, uczestnicząc w międzynarodowych projektach i inicjatywach.

Kilka razy w roku organizujemy szkolenia LEED (prowadzone przez akredytowanych LEED Faculty), BREEAM (prowadzone przez trenerów BRE), a także jako główny polski partner, szkolenia WELL Building Standard (prowadzone przez akredytowanych WELL Faculty). W naszym portfolio znajdują się też szkolenia dla producentów materiałów budowlanych i wyposażenia budynków, a także inne związane ze zrównoważonym budownictwem i systemami oceny wielokryterialnej.

Absolutną innowacją jest stworzona przez PLGBC Baza Budynków Certyfikowanych w Polsce, łącząca informacje o obiektach certyfikowanych we wszystkich obecnych w kraju systemach oceny budynków, działająca na zasadzie wyszukiwarki według różnych kryteriów. Na podstawie analiz zawartych w niej danych oraz obserwacji rynku, co roku przygotowujemy raport „Certyfikacja zielonych budynków w liczbach”.

Większość z tych działań nie miałyby miejsca i nie odniosła skutku bez członków PLGBC, ich zaangażowania i uczestnictwa w naszych i współtworzonych przez nas projektach, ankietach, raportach i wydarzeniach.

Jeszcze do niedawna zrównoważone budownictwo było tylko jednym z trendów na rynku budownictwa. Poprzez wymienione wyżej aktywności chcemy sprawić, żeby stało się ono standardem – aby nowoczesne myślenie o budynkach i ich wpływie na ludzi i środowisko stało się powszechne i naturalne.



**PLGBC**

Polskie Stowarzyszenie  
Budownictwa Ekologicznego

# Wstęp

Ostatnie dziesięciolecie było bardzo ważnym okresem w historii zrównoważonego budownictwa w całej Europie, choć w przypadku Polski był to okres jeszcze bardziej kontrastowy i interesujący. Całkiem licznie pojawiły się u nas obiekty światowej klasy, projektowane i wykonywane zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, podczas gdy niemal niezmiennie pozostało tło tych wydarzeń w postaci przeciętnego budownictwa po minimalnej cenie.

Najliczniej reprezentowaną grupę budynków, które solidnie udokumentowały swoje zielone aspiracje poprzez uzyskanie certyfikatu wielokryterialnego, stanowią właśnie obiekty biurowe. Podobnie sytuacja kształtuje się w większości krajów na świecie, głównie ze względu na konieczność udokumentowania klasy budynku i jego zgodności z wymogami środowiskowymi i użytkowymi przed świadomymi (najczęściej korporacyjnymi) najemcami. Zgodnie z raportem PLGBC z ponad 9 mln m<sup>2</sup> nowoczesnej powierzchni biurowej w Polsce aż 57% to obiekty, które pokonały niełatwą drogę wielokryterialnej oceny środowiskowej, uzyskując konkretny certyfikat. Dowodzi to rosnącego znaczenia zrównoważonego budownictwa biurowego nie tylko w Polsce, ale i na świecie.

Konieczność spełnienia wysokich wymagań technicznych i eksploatacyjnych, zapewnienia użytkownikom komfortu, ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko i zużycia energii sprawia, że budynki zrównoważone stają się ważnym elementem realizacji polityki Unii Europejskiej. Główne cele, które stawia sobie UE w ramach polityki w zakresie klimatu i energii, to ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych i poprawa efektywności energetycznej. Nie da się ich osiągnąć bez podjęcia działań w obszarze budynków, w szczególności biurowych. Zaproponowane w ramach tzw. Pakietu Zimowego (2016) zmiany w dyrektywach unijnych o charakterystyce energetycznej budynków (EPBD) i efektywności energetycznej (EED) promują zasadę „efektywność energetyczna przede wszystkim”. Oddając w Państwa ręce niniejszą książkę, mamy nadzieję, że pomoże ona przygotować się do nadchodzących zmian i realizować budynki spełniające przyszłe wymagania.

Ponadto wiele publikacji o podobnej tematyce to zazwyczaj zagraniczne opracowania przetłumaczone jedynie na język polski. Tymczasem w każdym kraju spotkamy się zawsze z dosyć unikatowym podejściem do problematyki projektowania i wykonywania budynków, gdyż doświadczenia lokalne przeplatają się z nowoczesnymi rozwiązaniami technologicznymi z całego świata oraz ogólnoświatowymi trendami w zakresie architektury i projektowania wnętrz. Podczas opracowywania książki wyłoniono szeroki zakres zagadnień istotnych z punktu widzenia zrównoważonego budownictwa biurowego – zespół krajowych ekspertów podjął się ich szczegółowego opisanie i umiejętnego powiązania. Dzięki temu powstała książka, która po raz pierwszy dostarcza krajowemu czytelnikowi tak obszerne i wyczerpujące opracowanie tej tematyki.

Głównym przesłaniem niniejszej książki jest przekonanie większości architektów i inwestorów do zaangażowania przynajmniej głównych specjalistów branżowych, konsultantów budownictwa zrównoważonego oraz reprezentantów wykonawców i użytkowników od samego początku fazy koncepcyjnej. Choć wiele sprawdzonych rozwiązań da się multiplikować, to jednak niemal każdy budynek jest inny i aby funkcjonował prawidłowo, niezbędna jest wiedza i doświadczenie wszystkich członków zespołu. Wiele czasu spędza się obecnie na zderzeniu dwóch pojęć: kompleksowości i prostoty. To właśnie jednym z głównych atrybutów projektowania zintegrowanego czy certyfikacji jest możliwość wykorzystywania kompleksowej strategii rozpatrującej obraz całościowo w celu odnalezienia jak najprostszego rozwiązania dla złożonego problemu. Podejście takie jest szczególnie istotne w sytuacji, gdy projektowane parametry budynków dotyczące zużycia energii, komfortu i kosztów użytkowania różnią się znacznie od tych uzyskiwanych w rzeczywistości. Dotyczy to również budynków biurowych, w których nie wszystkie rozwiązania okazują się efektywne w trakcie eksploatacji. Mamy nadzieję, że książka ta pozwoli takich błędów unikać.

Jednocześnie życzylibyśmy Państwu i sobie, aby to opracowanie dostępne było również dla młodych architektów, inżynierów oraz inwestorów i jeśli zdecydowanie nie kształtowałoby metodologii prac projektowych, to chociaż solidnie ją uzupełniało. W niedalekiej przyszłości mamy nadzieję, że ukazą się kolejne wydania tej książki (lub jej podobnych) ze względu na konieczność stałej aktualizacji wiedzy w tym zakresie. Oprócz mediów społecznościowych i medycyny to rozwój zrównoważony jest z całą pewnością jednym z najszybciej rozwijających się obszarów wiedzy i naszego życia, i będzie miał on bardzo znaczący wpływ na funkcjonowanie i rozwój obecnych oraz przyszłych pokoleń.

W imieniu zespołu autorskiego życzymy Państwu inspirującej lektury.

*Szymon Firląg*  
redaktor naukowy,  
Wydział Inżynierii Lądowej,  
Politechnika Warszawska

*Rafał Schurma*  
założyciel i prezydent  
Polskiego Stowarzyszenia  
Budownictwa Ekologicznego PLGBC

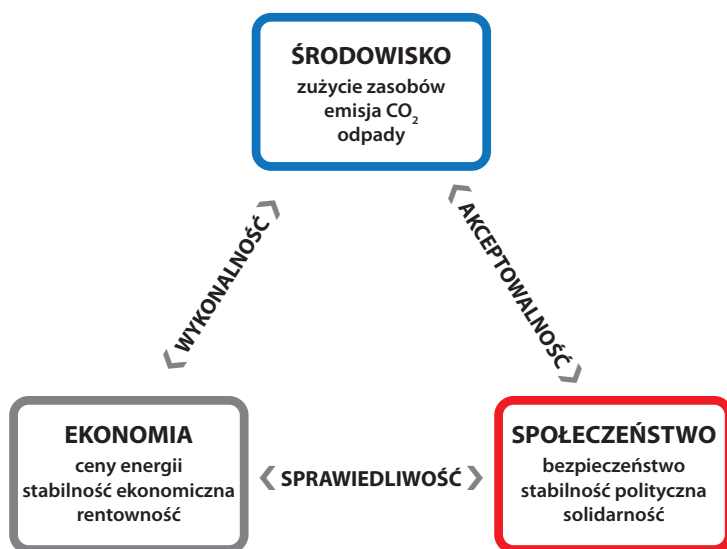
## Budownictwo zrównoważone – wprowadzenie

1.1. Zrównoważony rozwój .....	14
1.2. Dlaczego warto budować budynki zrównoważone? .....	15
1.3. Definicje i standardy budynków ...	19
1.4. Komfort pracy w zrównoważonym budynku biurowym .....	21
Bibliografia .....	24
Wybrane akty prawne .....	25
Strony internetowe .....	25

## 1.1. Zrównoważony rozwój

Opisanie i zrozumienie zagadnień dotyczących zrównoważonych budynków biurowych wymaga wyjaśnienia samego pojęcia zrównoważonego rozwoju oraz wpływu budynków na środowisko. Dopiero taka wiedza pozwala zrozumieć, jak powinny być kształtowane poszczególne elementy procesu budowlanego.

Zrównoważony rozwój umożliwia realizację potrzeb współczesnych społeczeństw, bez ograniczania perspektyw rozwoju i zaspokajania potrzeb przyszłych pokoleń. Na jego poziom mają wpływ trzy główne obszary: środowisko, ekonomia i społeczeństwo (rysunek 1.1). Rozwijanie się w sposób zrównoważony polega na dążeniu do zachowania optymalnej równowagi pomiędzy tymi obszarami. Celem takiego działania jest zapewnienie wzrostu gospodarczego, który pozwoli na zaspokajanie ludzkich potrzeb z poszanowaniem i ochroną środowiska naturalnego.



Rys. 1.1. Idea zrównoważonego rozwoju (źródło: opracowano na podstawie [M1.1])

Pojęcie zrównoważonego rozwoju po raz pierwszy zostało zdefiniowane w dokumencie *Nasza wspólna przyszłość* z 1987 r., opracowanego przez Światową Komisję Środowiska i Rozwoju przy ONZ.

W Polsce zasada zrównoważonego rozwoju została zapisana w art. 5 Konstytucji RP [1.7]: *Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju.*

W art. 74 można natomiast przeczytać:

1. *Władze publiczne prowadzą politykę zapewniającą bezpieczeństwo ekologiczne współczesnemu i przyszłym pokoleniom.*

2. Ochrona środowiska jest obowiązkiem władz publicznych.
3. Każdy ma prawo do informacji o stanie i ochronie środowiska.
4. Władze publiczne wspierają działania obywateli na rzecz ochrony i poprawy stanu środowiska.

Definicję zrównoważonego rozwoju zawarto również w ustawie Prawo ochrony środowiska [1.8].

## 1.2. Dlaczego warto budować budynki zrównoważone?

Działalność człowieka zazwyczaj destrukcyjnie wpływa na środowisko naturalne. Dotyczy to również procesu projektowania, wznoszenia i użytkowania budynków. Stosunkowo mało osób zwraca uwagę na ten problem czy stara się mu przeciwdziałać. Tymczasem inwestując w budynki zrównoważone, których koszty budowy są nieco wyższe w porównaniu z budynkami tradycyjnymi, można ten niekorzystny wpływ ograniczyć. Jednocześnie trzeba pamiętać, że budynki są eksploatowane przez długi okres (ponad 30 lat), więc wszelkie korzyści wynikające z podnoszenia ich standardu należy rozważać w perspektywie wielu lat.

Dlaczego powinno się budować w sposób zrównoważony? Otóż przede wszystkim dlatego, aby:

- minimalizować niekorzystne oddziaływania budynków na środowisko naturalne,
- podjąć działania przeciwko zmianom klimatu,
- ograniczyć koszty eksploatacji budynków,
- uzyskać lepsze warunki do życia i pracy,
- wypełnić międzynarodowe zobowiązania Polski.

Budynki zrównoważone można scharakteryzować następującymi cechami [M1.1]:

- zmniejszenie (ang. *reduce*) – mniejsze zużycie materiałów budowlanych, zasobów naturalnych i energii do wzniesienia budynku oraz podczas jego użytkowania, mniejsze wykorzystanie przestrzeni i oddziaływanie na środowisko;
- ponowne wykorzystanie (ang. *reuse*) – dotyczy to zagospodarowanej już przestrzeni, a także materiałów konstrukcyjnych, które są ponownie używane tam, gdzie jest to możliwe;
- przetwarzanie (ang. *recycle*) – do wznoszenia budynku stosuje się materiały z recyklingu, budynek projektuje się tak, aby możliwe było odzyskanie materiałów, wykorzystuje się wodę opadową lub szarą, minimalizuje się ilość odpadów;
- odnawianie (ang. *renewal*) – energia pochodzi ze źródeł odnawialnych, a komponenty budowlane są wykonane z surowców naturalnych.

### 1.2.1. Budynki a środowisko naturalne

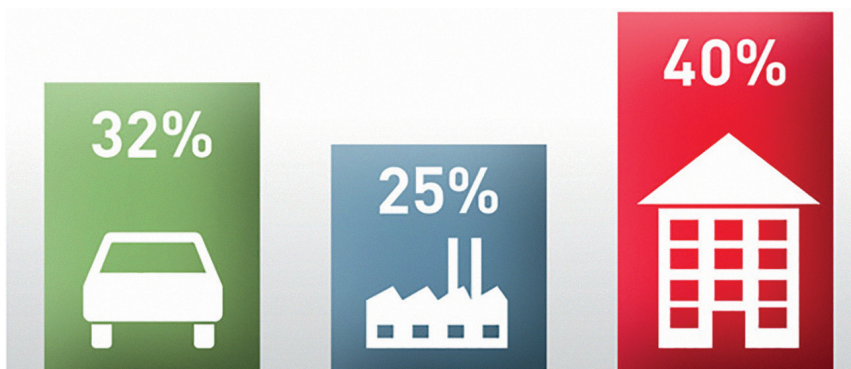
Budownictwo spełniające wymagania zrównoważonego rozwoju jest obecnie wiodącą ideą postępu i rozwoju społeczno-gospodarczego Unii Europejskiej oraz stanowi jeden z kluczowych elementów strategii rozwoju unijnej gospodarki. Zrównoważony rozwój w budownictwie jest ukierunkowany na: inteligentny i trwały wzrost, poprawę



efektywności energetycznej i efektywności wykorzystania zasobów naturalnych, redukcję emisji gazów cieplarnianych do atmosfery oraz poprawę jakości życia społeczeństwa. Różnorodność i złożoność procesów zachodzących w branży budowlanej utrudniają identyfikację oraz ocenę wszystkich aspektów oddziaływania budownictwa, co tworzy bariery w procesie wdrażania zasad zrównoważonego rozwoju. Obecnie najlepiej rozpoznany i zagospodarowany obszarem oddziaływania budownictwa na środowisko jest efektywność energetyczna w trakcie użytkowania budynków, co wynika z faktu, że ograniczanie zużycia energii przynosi wymierne korzyści w postaci oszczędności finansowych, które mogą rekompensować dodatkowe koszty ponoszone przez zainteresowane strony. Znacznie mniej zaawansowane są prace związane z pozostałymi oddziaływaniami oraz etapami cyklu życia budynków, w tym z emisją gazów cieplarnianych, zużyciem surowców materiałowych i wody oraz generowanymi odpadami.

### Zużycie energii

Według szacunków ok. 1/3 światowego zużycia energii wiąże się z procesem użytkowania budynków biurowych i mieszkalnych. Sektor budynków jest w UE największym odbiorcą energii, zużywającym 40% z dostarczonej energii [1.2] (rysunek 1.2). Obecnie blisko 80% zużycia energii przez budynki w cyklu ich życia przypada na etap ich użytkowania. Jednakże w miarę upowszechniania się budynków o wysokiej efektywności energetycznej coraz większą rolę będzie odgrywała energia „wbudowana” w zastosowane materiały.



Rys. 1.2. Zużycie energii w Unii Europejskiej (źródło: *Green Paper on Energy Efficiency or Doing More with Less*, marzec 2006 r.)

### Emisja gazów cieplarnianych

Sektor budownictwa jest uważany za największego w gospodarce emitenta gazów cieplarnianych. Szacuje się, że emisja gazów związana z samym etapem użytkowania budynków osiąga 30–40% emisji w skali globalnej [1.3]. Tak jak w przypadku zużycia energii, istotnym zagadnieniem w tym obszarze jest emisja „wbudowana”, stanowiąca ok. 15% całkowitej wartości emisji obliczanej dla cyklu życia budynku.

## Zużycie surowców naturalnych

Każdego roku do produkcji materiałów budowlanych zużywa się ok. 3 mld ton surowców mineralnych, co stanowi 40–50% globalnego wydobycia. Charakterystyczne dla branży budowlanej jest to, że szacunkowo wykorzystuje się w niej ponad 10 tys. różnego rodzaju materiałów, w tym pochodzących z eksploatacji zasobów nieodnawialnych. Zachodzi więc potrzeba zwiększenia udziału materiałów efektywnych, tj. minimalizujących zużycie surowców nieodnawialnych przez zastosowanie procesów odzysku i wykorzystanie surowców odnawialnych, a także nadających się do ponownego zastosowania po zakończeniu cyklu życia.

## Produkcja odpadów

W krajach rozwiniętych działalność związana z budownictwem generuje ok. 40% odpadów mających formę stałą, z czego 85% jest efektem zakończenia cyklu życia budynku. Znaczące ilości odpadów powstają również na etapie wyrobu (np. w wyniku nieefektywnych procesów pozyskiwania surowców, produkowania lub pakowania) i wznoszenia budynku (np. wskutek błędów lub zmian w projekcie, złego oszacowania zapotrzebowania na materiały i nieefektywnego ich wykorzystania).

## Wykorzystanie wody

Zużycie wody podczas użytkowania budynków stanowi w przybliżeniu 12% zużycia globalnego. Ilość wody „wbudowanej” w obiekt (wykorzystanej do wytworzenia wyrobów i na potrzeby prac budowlanych) nie jest dokładnie znana.

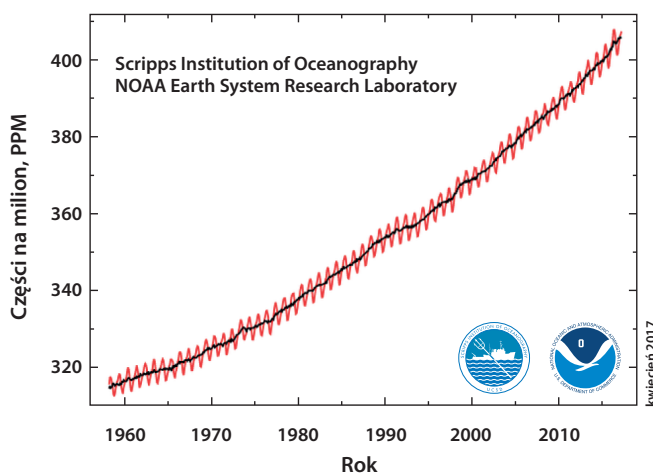
### 1.2.2. Zmiany klimatyczne

Globalne ocieplenie staje się coraz większym problemem i jest bezpośrednio związane ze wzrostem ilości dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ) w atmosferze. W 1988 r. dwie organizacje Narodów Zjednoczonych – Światowa Organizacja Meteorologiczna oraz Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych – założyły Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC). Jego zadaniem jest ocena ryzyka związanego z wpływem człowieka na zmianę klimatu. W swoich raportach IPCC stara się określić przewidywane zmiany klimatyczne wynikające ze zmiany koncentracji dwutlenku węgla. Tymczasem według danych obserwatorium w Mauna Loa na Hawajach [M1.3] stężenie dwutlenku węgla w atmosferze osiąga alarmująco wysokie wartości, najwyższe od ponad 50 lat (rysunek 1.3).

Aby zahamować to niekorzystne zjawisko, państwa członkowskie Unii Europejskiej przyjęły tzw. pakiet 3 × 20, który zakłada osiągnięcie do 2020 r.: redukcji emisji gazów cieplarnianych o 20%, zmniejszenie zużycia energii o 20% w stosunku do zużycia przewidywanego w 2030 r. (głównie poprzez poprawę efektywności energetycznej) oraz podniesienie do 20% udziału energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii [1.4].

Dodatkowo na konferencji w Paryżu w grudniu 2015 r. 195 krajów przyjęło pierwsze w historii powszechne prawnie wiążące światowe porozumienie w dziedzinie klimatu [M1.4], które ma doprowadzić do złagodzenia zmian klimatycznych i ograniczenia emisji  $\text{CO}_2$ . Poszczególne rządy zgodziły się w kwestiach [M1.4]:

- długoterminowego celu, jakim jest utrzymanie wzrostu średniej temperatury na świecie znacznie niższego niż 2°C powyżej poziomu sprzed epoki przemysłowej,
- dążenia do tego, by ograniczyć wzrost do 1,5°C, gdyż znacznie obniżyłoby to ryzyko i skutki zmiany klimatu,
- konieczności jak najszybszego osiągnięcia w skali świata punktu zwrotnego maksymalnego poziomu emisji – przy założeniu, że krajom rozwijającym się zajmie to dłużej,
- doprowadzenia do szybkiej redukcji emisji zgodnie z najnowszymi dostępnymi informacjami naukowymi.



**Rys. 1.3.** Zmiana stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze rejestrowana przez obserwatorium Mauna Loa na Hawajach w ppm (częściach na milion) (źródło: NOAA Earth System Research Laboratory)

Obecnie w Unii Europejskiej budynkom przypisuje się emisję gazów cieplarnianych na poziomie 35%. Zastosowanie w budownictwie rozwiązań energooszczędnych, zgodnych z ideą zrównoważonego rozwoju, może się przyczynić do wyraźnej poprawy kondycji środowiska. Nawet sama poprawa efektywności energetycznej budynków daje szansę na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla o 460 mln ton rocznie, co odpowiada:

- usunięciu z dróg 6 mln samochodów na 14 lat,
- zasadzeniu lasu o powierzchni trzykrotnie większej niż obszar Francji [1.5].

### 1.2.3. Zobowiązania międzynarodowe

Istnieje wiele uregulowań prawnych mających na celu poprawę efektywności energetycznej i redukcję emisji gazów cieplarnianych, których Polska zobowiązała się przestrzegać. W odniesieniu do budynków najważniejszym dokumentem jest przekształcona wersja dyrektywy 2010/31/EU, określanej skrótem EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*) [1.9]. Na jej mocy państwa członkowskie Unii Europejskiej powinny zagwarantować, aby:

- do 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii,
- po 31 grudnia 2018 r. nowe budynki oraz budynki publiczne – zajmowane przez władze oraz stanowiące ich własność – były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.

Polska powinna opracować:

- szczegółowo stosowaną w praktyce definicję budynków o niemal zerowym zużyciu energii, odzwierciedlającą krajowe, regionalne lub lokalne warunki i obejmującą liczbowy wskaźnik zużycia energii pierwotnej wyrażony w kWh/m<sup>2</sup> na rok. Wskaźniki energii pierwotnej stosowane do określenia pierwotnego zużycia energii mogą się opierać na krajowych lub regionalnych uśrednionych wartościach rocznych oraz mogą uwzględniać odpowiednie normy europejskie;
- pośrednie cele służące poprawie charakterystyki energetycznej nowych budynków;
- informację na temat polityk oraz środków finansowych lub innych, przyjętych w celu promowania budynków o niemal zerowym zużyciu energii, w tym szczegóły na temat krajowych wymagań i środków dotyczących zużycia energii ze źródeł odnawialnych w budynkach nowych oraz istniejących, poddanych poważniejszej renowacji.

W Polsce budynki zrównoważone nadal są mało popularne. Inwestorzy wciąż obawiają się wyższych (w porównaniu z technologiami tradycyjnymi) kosztów budowy takich obiektów. Co więcej, stosunkowo niewiele firm ma kwalifikacje do realizacji takich inwestycji.

Definicję budynku o niemal zerowym zużyciu energii podano dla Polski w *Krajowym planie mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii* [1.10]:

*Przez budynek o niskim zużyciu energii należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach techniczno-budowlanych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. 2013 r., poz. 1409, z późn. zm.), tj. w szczególności dział X oraz załącznik nr 2 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75, poz. 690, z późn. zm.), obowiązujące od 1 stycznia 2021 r., a dla budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.*

### 1.3. Definicje i standardy budynków

Istnieje wiele oficjalnych oraz nieoficjalnych definicji i standardów budynków. Są budynki zrównoważone, zielone, energooszczędne, pasywne i NZEB (o niemal zerowym zużyciu energii). Dalej podjęto próbę przytoczenia głównych definicji i standardów [1.1].

#### **Budynek energooszczędny**

Budynek energooszczędny charakteryzuje się współczynnikiem  $EU_{co}$  (zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji)  $\leq 70$  kWh/m<sup>2</sup> na rok, podczas gdy