Politechnika Wrocławska
Wydział Architektury

Cechy budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych

mgr inż. arch. Piotr Michalski

Rozprawa doktorska wykonana pod kierunkiem
dr hab. inż. arch. Anny Bać, prof. PWr

Wrocław, 2019

SPIS TREŚCI

ROZDZIAŁ 1. WSTĘP 4

1.1. Wprowadzenie 4
1.1.1. Kontekst pracy 7
1.1.2. Problem badawczy 8
1.1.3. Uzasadnienie podjęcia tematu 12
1.2. Wykaz istotnych pojęć i skrótów 13
1.2.1. Wykaz pojęć 13
1.2.2. Wykaz skrótów 16
1.3. Cel pracy 17
1.4. Tezy pracy 18
1.5. Zakres pracy 18
1.6. Metoda i struktura pracy 19
1.7. Stan badań 24
1.7.1. Rozwój zrównoważony w kontekście efektywności energetycznej budynków 24
1.7.2. Efektywność energetyczna 25
1.7.3. Akty prawne 25
1.7.4. Budownictwo energooszczędne i pasywne 27
1.7.5. Budownictwo zeroenergetyczne wielorodzinne 28
1.7.6. Definicje budynków BZE 29
1.7.7. Proces projektowy i wielokryteriowa ocena budynków 29

ROZDZIAŁ 2. UWARUNKOWANIA FORMALNO-PRAWNE 30

2.1. Międzynarodowe dążenie do zrównoważenia, jako początek energetycznej legislacji 31
2.2. Unijna polityka energetyczna 32
2.3. Polskie wymogi efektywności energetycznej 35
2.3.1. Prawo Budowlane 35
2.3.2. Warunki Techniczne 36
2.3.3. Rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego 41
2.3.4. Ustawa o charakterystyce energetycznej 42
2.3.5. Krajowe plany działań dotyczące efektywności energetycznej 43
2.3.6. Program dopłat do budynków mieszkalnych energooszczędnych NFOŚiGW 45

ROZDZIAŁ 3. ZBIÓR CECH CHARAKTERYSTYCZNYCH BWBZE 48

3.1. Obszary cech charakterystycznych – wybrane przykłady 50
3.2. Zbiór cech charakterystycznych BWBZE – analizy i syntezy 54

ROZDZIAŁ 4. WALIDACJA CECH CHARAKTERYSTYCZNYCH BWBZE 59

4.1. Metryka obiektów 62
4.2. Cechy budynku i mieszkań 68
4.2.1. Cechy charakterystyczne budynku 68
4.2.2. Cechy charakterystyczne mieszkań 94
4.3. Cechy architektoniczno-budowlane 110
4.3.1. Ograniczenie strat energii 111
4.3.2. Zyski energetyczne 118
4.3.3. Akumulacja 120

4.3.4. Wykorzystanie promieniowania słonecznego 127
4.4. Cechy instalacyjne 142
4.4.1. Ogrzewanie 142
4.4.2. Chłodzenie 146
4.4.3. Wentylacja 148
4.4.4. Ciepła woda użytkowa 154
4.4.5. Energia elektryczna 159
4.5. Karty katalogowe wybranych obiektów 168

ROZDZIAŁ 5. PODSUMOWANIE 213

5.1. Wprowadzenie 213
5.2. Podsumowanie wyników badań 214
5.2.1. Ocena realizacji celów pracy 214
5.2.2. Ocena realizacji tez badawczych 215
5.2.3. Ocena przyjętego zakres pracy 217
5.2.4. Ocena przyjętej metoda pracy 218
5.3. Wnioski 218
5.4. Kierunki dalszych badań 221
Bibliografia 226
Spis ilustracji 242
Spis tabel i wykresów 247
Streszczenie 251
Summary 253
Aneks 255

ROZDZIAŁ 1. WSTĘP

Praca podejmuje próbę opracowania autorskiego zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznego. Poniższy rozdział jest wprowadzeniem do zasadniczej części dysertacji. Jego zadaniem jest przybliżenie kontekstu oraz problemu badawczego, podjętego w dalszej części. Zawiera również uzasadnienie podjęcia tematyki pracy. W dalszej części rozdziału zostaje określony cel pracy oraz zostają postawione tezy badawcze. Rozdział przybliża następnie metodę oraz strukturę pracy, odpowiadające na określone problemy badawcze. W końcowej części rozdziału, został zawarty również stan badań. Stanowi on przegląd aktualnej literatury przedmiotu pod kątem zagadnień związanych z podjętą tematyką pracy.

Zawartość rozdziału:

- Wprowadzenie
- Cel pracy
- Teza pracy
- Zakres pracy
- Metoda i struktura pracy
- Stan badań

1.1. Wprowadzenie

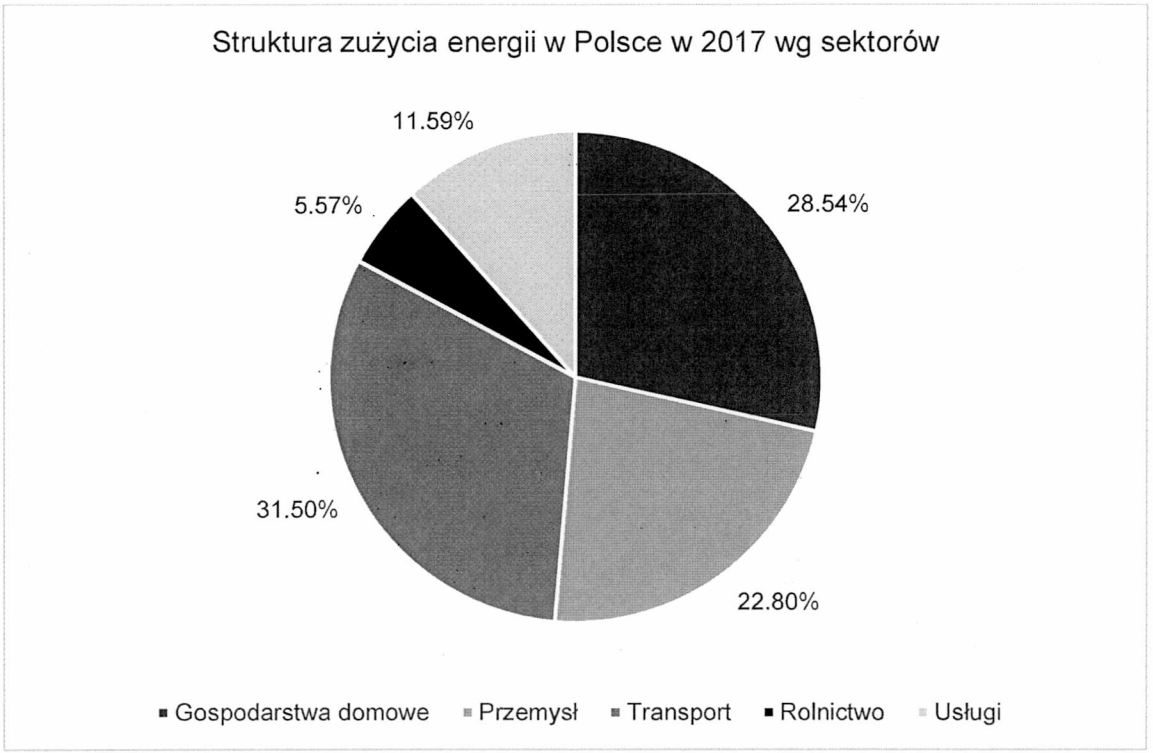
Zagadnienie zużycia energii, a raczej jego ograniczenie, jest jednym z najważniejszych problemów we współczesnym budownictwie. Według Międzynarodowej Agencji Energii (w skr. IEA[1]), budynki oraz sektor budownictwa odpowiadają za 36% całkowitego finalnego zużycie energii na świecie (IEA 2019a). W Polsce w 2017 r. sektor gospodarstw domowych odpowiedzialny był za 28,54% finalnego zużycia energii (GUS 2019b s. 14) (wykres 1.1.1) co wynosi 230,7 mld kWh[2]. W bardzo uproszczonym przekładzie, daje to równowartość rocznego zapotrzebowania energetycznego 38,45 mln budynków jednorodzinnych niskoenergetycznych[3]. To oznacza, że biorąc pod uwagę liczbę ludności w Polsce w 2017 r. - 38,43 mln osób (GUS 2018c), każda osoba mogłaby żyć we własnym domu jednorodzinnym a łączne zużycie energii w polskich gospodarstwach domowych znacząco nie zmieniłoby się a wręcz mogłoby zmaleć. Pokazuje to, jak bardzo nieefektywne energetycznie są budynki mieszkalne w Polsce.

---

[1] Z ang. *The International Energy Agency.*

[2] Biorąc pod uwagę, że w przytoczonym roku w Polsce całkowite finalne zużycie energii wynosiło 69,5 Mtoe, co daje ponad 808 mld kWh. W obliczeniach posłużono się konwerterem zamieszczonym w serwisie IEA (2019b). Przytoczono wynik w jednostce *kWh* ze względu na powszechność stosowania przelicznika zapotrzebowania na energię budynków w postaci kWh/m^2a.

[3] W obliczeniach przyjęto budynki o powierzchni 150m^2 i zapotrzebowaniu nisko energetycznym Eu=40kWh/m^{2}a.



Wykres 1.1.1 Struktura finalnego zużycia energii w Polsce wg sektorów. Opracowanie własne na podstawie materiałów GUS

Światowe realizacje pokazują, że szeroko pojęte budynki energooszczędne stają się, co raz bardziej popularne zarówno wśród projektantów jak i inwestorów. Jednak w obliczu zmieniających się przepisów, w Unii Europejskiej, a tym samym i w Polsce, jak również, postępującej degradacji środowiska naturalnego można przypuszczać, że zaadaptowane do tej pory standardy energooszczędności stają się niewystarczające. Co raz częściej spotkać się można z wymogami, by budynki były *zeroenergetyczne, blisko zeroenergetyczne* lub *o niemal zerowym zużyciu energii.* Również międzynarodowe systemy certyfikacji wielokryterialnej, jak *Leed Zero*, dostrzegają ~~ten~~ aspekt efektywności energetycznej (LEED 2019).

Pierwsze wzmianki o współczesnych budynkach zeroenergetycznych, tzw. *net zero* pochodzą z 1999 r. (Berkebile, McLennan 1999). Nieco wcześniej, bo w 1991 r. powstały równocześnie dwa budynki jednorodzinne – pierwszy budynek pasywny (wg PHI) w Darmstadt (rysunek 1.1.1) oraz pierwszy współczesny budynek samowystarczalny we Fryburgu (Musall i in. 2010 s. 2) (rysunek 1.1.2). Jednak źródeł budownictwa blisko zeroenergetycznego należy szukać w architekturze tradycyjnej i wernakularnej, której jedną z cech było pozyskiwanie ciepła ze źródeł naturalnych, jak zyski solarne (McLennan 2004). Kolejnych odniesień szukać można w architekturze bionicznej, zrównoważonej czy parametrycznej.



Rysunek 1.1.1 Pierwszy pasywny budynek wg PHI, Darmstadt, źródło: https://passivehouse.com



Rysunek 1.1.2 Pierwszy współczesny budynek samowystarczalny, Fryburg

Dalsza część podrozdziału przybliża założenia wstępne dysertacji:

- Kontekst pracy
- Problem badawczy
- Uzasadnienie podjęcia tematu

1.1.1. Kontekst pracy

Budynki zeroenergetyczne należy traktować jako jeden z podstawowych celów idei zrównoważonego rozwoju[4] (A. Bać 2016 s. 69). Korzenie idei zrównoważenia sięgają do XVIII wieku, natomiast współcześnie negatywne skutki oddziaływania człowieka na środowisko dostrzeżono w latach 60. XX w. W latach 30 XX w. W USA zaczęto budować obiekty zapewniające komfort użytkowników za pomocą wyposażenia mechanicznego. Wpłynęło to na rozwój energochłonnych rozwiązań. Projektanci nie zważali na, wówczas mało rozpowszechnione, kwestie ekologii czy energooszczędności. Wdrażanie nowych rozwiązań, jak np. oświetlenie elektryczne czy później chłodzenie aktywne, doprowadziło do znacznego wzrostu zapotrzebowania na energię a tym samym na duże zużycie paliw. Ich niska cena nie była pretekstem do tego by zacząć ograniczać zużycie. Bezpośrednim powodem podjęcia nowego nurtu w architekturze, jakim było zrównoważenie, był tzw. kryzys energetyczny w latach 70. XX wieku. Przyczyną kryzysu było ograniczenie dostaw do Ameryki Północnej ropy z Bliskiego Wschodu, co zaowocowało wyższymi cenami za energię. Zapoczątkowało to rozważania nad kwestią ograniczenia zapotrzebowania energetycznego w budynkach. Współcześnie, był to początek projektowania energooszczędnego. Oprócz rozważań nad ograniczeniem zużycia energii, rozpoczęto wdrażanie alternatywnych źródeł jak wykorzystanie energii promieniowania słonecznego czy energii wiatru (McLennan 2004 s. 28–29). Stopniowo zaczęto również wdrażanie standardów energetycznych w budynkach.

Rozwój budownictwa energooszczędnego na świecie w ostatnich 50 latach przedstawić można w 5 krokach milowych[5] (Szczechowiak 2019):

- **Pierwsze budynki energooszczędne – lata 70. XX w.[6]:**
  - Określono pierwsze maksymalne współczynniki przenikania ciepła dla przegród budowlanych,
  - Określono maksymalne zużycie energii użytkowej dla ogrzewania i wentylacji – Eu < 70 kWh/m2a;
- **Pierwszy budynek tzw. pasywny – przełom lat 80. i 90. XX w.:**
  - Opracowano założenia i standardy budynków tzw. pasywnych:
    - Maksymalne zużycie energii użytkowej dla ogrzewania i wentylacji - Eu < 15 kWh/m2a,
    - Maksymalne zużycie energii pierwotnej dla wszystkich potrzeb – EP < 120 kWh/m2a;
  - Zrealizowano pierwszy budynek tzw. pasywny w Niemczech w 1991 r.,

[4] W skr. *zrównoważenie* (A. Bać 2016 s. 9).
[5] Opracowano na podstawie E. Szczechowiak (Szczechowiak 2019) oraz badań własnych.
[6] Należy zaznaczyć, że pierwszym, samowystarczalnym budynkiem mieszkalnym był prototyp „Dymaxion House", z roku 1930 proj. Buckminster Fuller (A. Bać 2016 s. 45). Jednak budynek nie wyszedł poza fazę prototypu i nigdy nie został zasiedlony.

- **Pierwsze cele w zakresie energii i zmian klimatu na rok 2020[7], tj. pakiet energetyczno-klimatyczny – przyjęte przez Radę Europy w 2007 r.**
  - Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 20%,
  - Zwiększenie udziału energii odnawialnej do 20%,
  - Uzyskanie 20% poprawy w zakresie efektywności energetycznej;
- **Pierwsze wymogi budownictwa zeroenergetycznego w Europie – lata 10. XXI w.:**
  - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków wprowadza wymóg by wszystkie nowe budynki na terenie UE od 2020 r. były obiektami o niemal zerowym zużyciu energii.
- **Pierwsze zmiany w polskim ustawodawstwie w 2013 r. pod kątem przyszłego wymogu budynków blisko zeroenergetycznych:**
  - Trójstopniowe zaostrzanie wymogów cząstkowej maksymalnej wartości wskaźnika EP na potrzeby na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody
  - Trójstopniowe zaostrzanie wymogów współczynników przenikania ciepła $U_{C(max)}$ dla przegród budowlanych oraz okien i drzwi,
  - Wdrożenie programu NFOŚiGW „Efektywne wykorzystanie energii. Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych", którego wymogi można zakwalifikować, jako pierwszą próbę ustandaryzowania budownictwa energooszczędnego w Polsce.

Wymienione kroki miały na celu m.in. radykalne obniżenie zapotrzebowania energetycznego budynków, a docelowo przyjęcie standardu blisko zeroenergetycznego w niedalekiej przyszłości. Projekty pilotażowe na świecie pokazują, że bliskie zeru zużycie energii w obiektach jest możliwe. W Polsce jak dotąd nie zrealizowano budynku o takim standardzie[8]. Dlatego wskazanym wydaje się zapożyczanie wiedzy i doświadczenia z krajów rozwiniętych.

1.1.2. Problem badawczy

Funkcjonująca powszechnie w literaturze nazwa *ZEB* odnosi się do angielskiego sformułowania – *Zero Energy Building,* co w dosłownym tłumaczeniu oznacza *Budynki Zeroenergetyczne.*

Ze względu na złożoność zagadnienia, nie ma jednej wspólnej definicji dla budynków energooszczędnych. Wynika to przede wszystkim z różnych sposobów bilansowania energii, np. energia pierwotna (całkowita jak również w rozgraniczeniu na odnawialną i nieodnawialną), energia końcowa czy energia użytkowa. Przykładami bardzo dokładnej próby scharakteryzowania typów budownictwa są konkretne systemy, m.in.:

- System certyfikacji budynków tzw. Pasywnych[9] wg Instytutu Budownictwa Pasywnego w Darmstad[10] (Feist i in. 2015), który podaje zapotrzebowanie na

---

[7] Zastąpiony w 2014 roku przez *Ramy polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030* (KE 2014b).

[8] W trakcie analizy materiału badawczego, autor dotarł jedynie do jednego zrealizowane budynku wielorodzinnego o standardzie pasywnym (PHI).

[9] Objaśnienia użytych w pracy terminów zawarto w podrozdziale 1.2.

[10] Określane w pracy jako budynki *PHI*, od *Passive House Institute.*

energię użytkową na cele grzewcze lub chłodzenie na poziomie do 15 kWh/m^{2}a (PPHI 2019b),

- Standardy NF15 oraz NF14 wg zakończonego programu „Efektywne wykorzystanie energii. Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych" Narodowego Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW 2012a), określające zapotrzebowanie na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji odpowiednio na poziomie 15 i 40 kWh/m^{2}a.

Podstawową definicję budynku *Zero Energy Building* znaleźć można w raporcie amerykańskiego Departamentu Energetyki – *A Common Definition for Zero Energy Buildings* (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy 2015 s. 4):

> *„budynek energooszczędny, w którym, w odniesieniu do nośników energii, w ciągu roku ilość energii końcowej dostarczonej jest mniejsza lub równa energii wygenerowanej na miejscu i wyeksportowanej do sieci"*[11].

Natomiast jedną z najbardziej popularnych jest koncepcja budynku tzw. *netto zeroenergetycznego (nZEB)*, która oznacza budynek o zerowym zużyciu energii pierwotnej – E_P = 0 kWh/m^{2}a (Sowa 2017a s. 11). Bilans energii pobieranej z zewnętrznych źródeł jest równe w ujęciu rocznym wartości energii pierwotnej wyprodukowanej na miejscu (on-site) i wyeksportowanej do sieci.

Inny wariant budynku zeroenergetycznego został wprowadzony zapisami Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE (2010), która wprowadza budynki *„o niemal zerowym zużyciu energii"*. Według *Artykułu 2* Dyrektywy jest to budynek:

> *„o bardzo wysokiej charakterystyce energetycznej określonej zgodnie z załącznikiem I. Niemal zerowa lub bardzo niska ilość wymaganej energii powinna pochodzić w bardzo wysokim stopniu z energii ze źródeł odnawialnych, w tym energii ze źródeł odnawialnych wytwarzanej na miejscu lub w pobliżu".*

Oznacza to, że roczny bilans takiego budynku nie musi wynosić zero, jak w przypadku budynków nZEB. Są to zatem obiekty *nnZEB*, czyli z ang. *nearly netto Zero Energy Building*. W wolnym tłumaczeniu autor przyjął polski odpowiednik, jako budynki *blisko zeroenergetyczny*, w skrócie *BZE*.

W *Artykule 9* Dyrektywa ta obliguje państwa członkowskie by:

> *„a) do dnia 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki były budynkami o niemal zerowym zużyciu energii; […]".*

Zatem temat pracy zdaje się być bardzo aktualnym. Dyrektywa obliguje również państwa członkowskie do opracowania tzw. krajowych planów mających na celu zwiększenie liczby budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Krajowe plany muszą przede wszystkim zdefiniować praktyczną definicję budynku o niemal zerowym zużyciu energii obowiązującą w danym kraju. Definicja, wg Dyrektywy, opierać się ma o wskaźnik zużycia energii pierwotnej, który jest różny w krajach członkowskich. W Polsce, od 2021r. dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych maksymalna wartość wskaźnika Ep na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej będzie

[11] Tłumaczenie autora na podstawie *A Common Definition for Zero Energy Buildings.*

wynosić 65 kWh/m^{2}a[12]. Dla porównania, w Danii przyjęto najniższe maksymalne zużycie energii pierwotnej dla budynków mieszkalnych na poziomie 20 kWh/m^{2}a .(BPIE 2015).

W Polsce, opracowany w 2014 r. i ostatecznie przyjęty przez Radę Ministrów w 2015 r. „Krajowy plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii" (M.P. 2015 poz. 614 2015 s. 91) zaznacza, że w warunkach krajowych należy utożsamiać budynek *o niemal zerowym zużyciu energii* z budynkiem *o niskim zużyciu energii* i rekomenduję do stosowania w praktyce krajową definicję takiego budynku:

> *„Definicja: Przez „budynek o niskim zużyciu energii" należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach technicznobudowlanych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 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." (M.P. 2015 poz. 614 2015 s. 18).*

Można przyjąć, że cytowana powyżej definicja jest obowiązującą w Polsce dla budynków o niemal zerowym zużyciu energii – czyli budynków blisko zeroenergetycznych. Oznacza to, że dwoma głównymi wyznacznikami standardu BZE dla budynku wielorodzinnego w Polsce są, wg Warunków Technicznych – WT (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017) są:

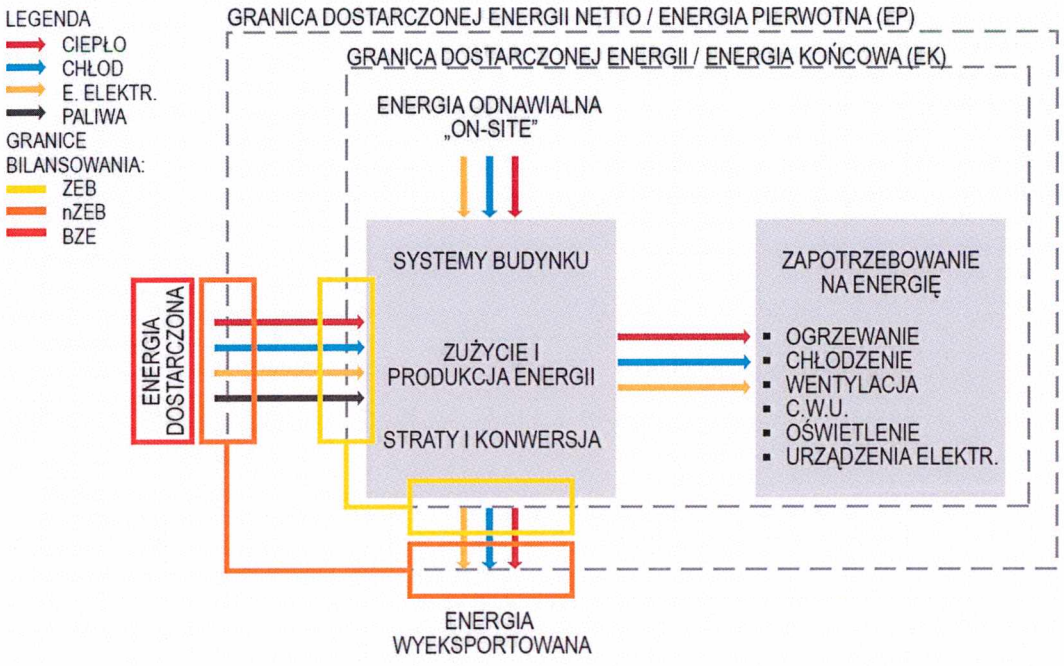
- *„Maksymalna cząstkowa wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania wentylacji i przygotowania ciepłej wody nieprzekraczająca 65 kWh/m^{2}a,*
- *Maksymalne współczynniki przenikania ciepła U zawarte w Załączniku 2 do WT."*

Na potrzeby pracy wyróżniono zatem 3 definicje budynków zeroenergetycznych, ich granice bilansowania zobrazowano na rysunku 1.1.3:

- **ZEB** – budynek, w którym roczny bilans energii dostarczonej (energii końcowe) jest równy bądź mniejszy od energii wygenerowanej na miejscu i wyeksportowanej do sieci,
- **nZEB** lub **nnZEB** – budynek, w którym roczny bilans energii dostarczonej netto (energii pierwotnej) jest równy (nZEB) lub bliski (nnZEB) energii pierwotnej wygenerowanej na miejscu i wyeksportowanej do sieci,
- **BZE** – budynek spełniający, wg definicji zawartej w KP, kryteria zawarte w WT na rok 2021 (lub 2019 dla budynków zajmowanych przez władze państwowe), dla budynków

[12] Dokładne dane zostały przytoczone w podrozdziale 2.3.2.

mieszkalny wielorodzinnych, w którym maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody nie powinna przekroczyć 65 kWh/m^{2}a.



Rysunek 1.1.3 Schemat granic bilansowania budynków zeroenergetycznych. Opracowanie własne na podstawie A common Definition for Zero Energy Buildings (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy 2015)

Ze względu na przyjęty zakres terytorialny, który obejmuje różne kraje europejskie, w tym państwa należące do Unii Europejskiej, na potrzeby pracy przyjmuje się stosowanie definicji budynku o niemal zerowym zużyciu energii zawartej w Dyrektywie 2010/31/UE, jako definicji obowiązującej dla budynków blisko zeroenergetycznych.

Dla zbadania tematyki budynków wielorodzinnych BZE, w pracy określono 3 problemy badawcze:

Wskazanie i usystematyzowanie uwarunkowania formalno-prawnych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych w Polsce mające na celu zbadanie wpływu wybranych wiodących aktów prawnych, zarówno polskich jak i unijnych na wdrażanie i rozwój budownictwa BZE w Polsce.

Opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych, który posłużyć ma za zbiór wytycznych do projektowania takich budynków na terenie Polski.

Walidacja opracowanego zbioru cech charakterystycznych na przykładzie wybranych obiektów zrealizowanych na terenie Europy budynków dla potwierdzenia słuszności wyodrębnionych wcześniej cech charakterystycznych.

1.1.3. Uzasadnienie podjęcia tematu

Tematyka pracy, w ocenie autora, jest istotna ze względu na kilka czynników:

Czynnik poznawczy, w tym:

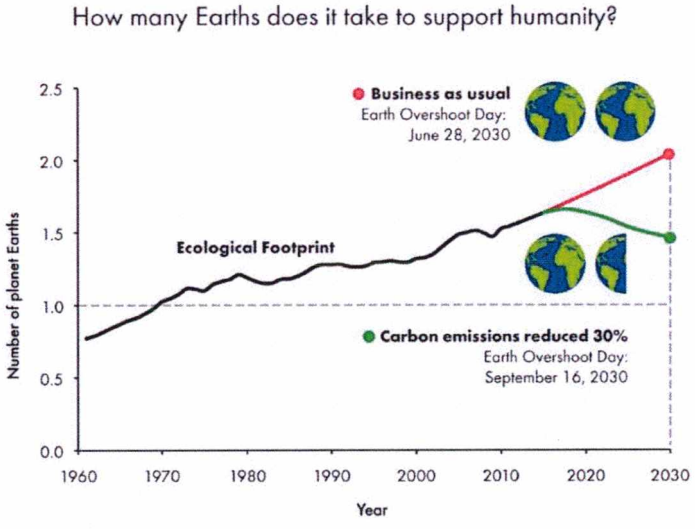
- Czynnik rozwoju zrównoważonego,
- Czynnik formalno-prawny,

Czynnik wdrożeniowy

Czynnik rozwojowy.

Pierwszym czynnikiem uzasadniającym podjęcie tematyki pracy był czynnik poznawczy motywujący do zbadania kontekstu budynków BZE. Temat ten jest wciąż bardzo aktualnym zagadnieniem w Polsce. Aktualność budynków energooszczędnych, a w szczególności BZE podzielić można na czynnik rozwoju zrównoważonego oraz czynnik formalno-prawny. Jak już zostało wspomniane we wprowadzeniu, w Polsce mieszkamy w budynkach, które nie należą w dużej większości do obiektów efektywnych energetycznie. Praktycznie stały wzrost zużycia energii, nie tylko w Polsce, bardzo negatywnie odbija się na środowisku naturalnym. Zasoby paliw kopalnych, o które w znaczącej większości oparta jest polska energetyka, kurczą się a ich konwencjonalne wykorzystanie powoduje negatywne dla ludzi skutki, jak wciąż narastający w polskich miastach problem smogu.

Organizacja Global Footprint Network – GFN corocznie publikuje badania tzw. śladu ekologicznego. Jest to wskaźnik, który pokazuje szacunkowe zużycie zasobów naturalnych przez ludzkość w stosunku do możliwości odtworzenia ich przez Ziemię. Na tej podstawie GFN określa tzw. *Overshoot Day*, czyli dzień, w którym zużycie naturalnych zasobów przekracza ilość możliwą do regeneracji w ciągu roku. Jeszcze w roku 2000 była to końcówka września. Nadmierne wykorzystywanie naturalnych zasobów doprowadziło do przesunięcia tego dnia na 29 lipca w 2019 r. (WWF 2019). Według prognoz zapotrzebowanie na zasoby naturalne przekroczy w 2020 r. możliwości regeneracji ziemi o 75%, co obrazuje rysunek 1.1.4. Oznacza to, że będziemy zużywać prawie dwukrotność możliwości naszej planety.



Rysunek 1.1.4 Prognozowane zużycie zasobów naturalnych przez ludzkość, źródło: https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/#worldfootprint

By temu przeciwdziałać podejmowane są liczne kroki formalno-prawne w celu podnoszenia efektywności energetycznej budynków oraz efektywniejszego wykorzystania paliw konwencjonalnych oraz zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii. Są to podstawowe postulaty tzw. pakietu klimatycznego przyjętego przez państwa Unii Europejskiej w 2007 r. W jego następstwie powstało szereg nowelizacji przepisów unijnych jak również krajowych, w tym polskich. Najistotniejszym wymogiem, z punktu widzenia pracy, jest wprowadzanie obowiązku by od 2021 r. wszystkie nowe budynki w Unii Europejskiej były budynkami o *niemal zerowym zużyciu energii.* Na dzień pisania niniejsze pracy, Polska nie może pochwalić się przykładem takiego budynku. Jest to wciąż zagadnienie bardzo świeże w polskich realiach i uzasadnionym wydaje się czerpanie z doświadczeń krajów bardziej rozwiniętych, tak, by przenieść te doświadczenia na teren Polski.

Kolejnym czynnikiem motywującym do podjęcia problematyki budynków wielorodzinnych o standardzie BZE jest potencjał wdrożenia wyników badań w praktyce projektowej. Zwłaszcza, że budownictwo wielorodzinne dominuje na krajowym rynku budowlanym. Tylko w pierwszych dwóch kwartałach 2018 r. oddano w Polsce do użytku 1123 budynki wielorodzinne zawierające 41 662 lokale mieszkaniowe[13] (GUS 2013). Gdyby powstały w standardzie BZE, dałoby to znaczące oszczędności w całościowym udziale zużycia energii finalnej w Polsce.

Tematyka pracy została podjęta również ze względu na czynnik rozwoju zawodowego autora i jego zainteresowanie budownictwem o niskim zapotrzebowaniu na energię. Od początku swojej praktyki zawodowej, od 2008 r., autor pracował przy wielu projektach energooszczędnych budynków mieszkalnych oraz usługowych. Obecnie autor współpracuje z jednym z największych biuro projektowych w Wielkiej Brytanii zajmujących się głównie budownictwem mieszkaniowym wielorodzinnym. Swoje doświadczenia oraz wyniki badań naukowych chciałby kontynuować i rozwijać na dalszych polach, co zostało opisane w dalszej części pracy, w podrozdziale 5.4.

1.2. Wykaz istotnych pojęć i skrótów

Poniżej autor zawarł wykaz istotnych pojęć oraz skrótów używany w pracy. Przytoczone definicje oraz rozwinięcia pochodzą zarówno z literatury fachowej jak również stanowią autorską interpretację wykorzystaną na potrzeby pracy.

1.2.1. Wykaz pojęć

- **Budynek wielorodzinny** – budynek mieszkalny, w którym wydzielono przynajmniej 3 mieszkania (Dz. U. 2019 poz. 695 2019 Art. 2 ust. 2a) oraz występuje ich spiętrzenie.
- **Budynek energooszczędny**- budynek o obniżonym zapotrzebowaniu na energię użytkową na cele ogrzewania, wentylacji i chłodzenia, które nie przekracza 60kWh/m^{2}a.

[13] Mieszkania w budynkach wielomieszkaniowych (wg GUS – budynki, w których wydzielono min. 3 mieszkania) stanowiły 59% wszystkich lokali mieszkaniowych w Polsce w 2011 r. (GUS 2013). Wzrost tego udziału w stosunku do roku 2002 wyniósł 25%, a dla porównania wzrost liczby mieszkań w budynkach jednorodzinnych wyniósł dla analogicznego okresu 15%..

- **Budynek niskoenergetyczny** – budynek o znacznie obniżonym zapotrzebowaniu na energię użytkową na cele ogrzewania, wentylacji i chłodzenia, które nie przekracza 40kWh/m^{2}a.
- **Budynek pasywny PHI** – budynek zgodny z wytycznymi programu Passive House Institute z Darmstad, którego głównym wyznacznikiem jest maksymalne zapotrzebowanie na energię użytkową na cele grzewcze lub chłodzenie na poziomie do 15 kWh/m^{2}a (PPHI 2019b).
- **Budynek pasywny** – inaczej zwany budynkiem biernym, który do działania wykorzystuje jedynie energię słoneczną.
- **Budynek blisko zeroenergetyczny BZE** – budynek spełniający, wg definicji zawartej w KP, kryteria zawarte w WT na rok 2021 (lub 2019 dla budynków zajmowanych przez władze państwowe), dla budynków mieszkalny wielorodzinnych, w którym maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody nie powinna przekroczyć 65 kWh/m2a (M.P. 2015 poz. 614 2015).
- **Budynek blisko zeroenergetyczny ZEB** – budynek, w którym roczny bilans energii dostarczonej (energii końcowe) jest równy bądź mniejszy od energii wygenerowanej na miejscu i wyeksportowanej do sieci, z ang. *Zero Energy Building.*
- **Budynek blisko zeroenergetyczny nZEB** lub **nnZEB** – budynek, w którym roczny bilans energii dostarczonej netto (energii pierwotnej) jest równy (nZEB) lub bliski (nnZEB) energii pierwotnej wygenerowanej na miejscu i wyeksportowanej do sieci z ang. odpowiednio *netto Zero Energy Building* oraz *nearly netto Zero Energy Building.*
- **Architektura solarna** – budynki posiadające rozwiązania projektowe pozwalające na wykorzystywane energii słonecznej w sposób pasywny i aktywny.
- **Efektywność energetyczna** – według Ustawy o efektywności energetycznej jest to *„stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu"* (Dz. U. 2016 poz. 831 2016).
- **Energia pierwotna** – *„energia ze źródeł odnawialnych i nieodnawialnych, która nie została poddana żadnemu procesowi przemiany lub transformacji"* (Sowa 2017c s. 15).
- **Energia końcowa** – energia dostarczona do budynku spoza granicy bilansowania, w odniesieniu do nośnika energii, potrzebna do działania systemów technicznych odpowiadających za m.in. ogrzewanie, chłodzenie, wentylację, przygotowanie C.W.U., oświetlenie lub produkcję energii elektrycznej.
- **Energia użytkowa** – ilość energii przeznaczona bezpośrednio na zaspokojenie potrzeb komfortu użytkowania budynku (najczęściej ogrzewanie, chłodzenie, wentylacja, ciepła woda użytkowa).
- **Energia wyeksportowana** – *„energia w formie danego nośnika energii, dostarczona przez systemy techniczne budynku poza granicę bilansową i zużywana poza nią"* (Sowa 2017c s. 15).
- **Energia dostarczona netto** –*„różnica pomiędzy energią dostarczoną a wyeksportowaną wyrażona w formie danego nośnika energii"* (Sowa 2017c s. 15).
- **Energia ze źródeł odnawialnych** – według Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE *„oznacza energię z odnawialnych źródeł niekopalnych, a mianowicie energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię geotermalną, geotermalną i hydrotermalną i energię oceanów, hydroenergię, energię pozyskiwaną z biomasy, gazu pochodzącego z wysypisk śmieci, oczyszczalni ścieków i ze źródeł biologicznych (biogaz)"* (PE 2009b s. 27).

- **Granica bilansowania** – umowna granica zawierające wszystkie obszary związane z budynkiem i jego najbliższym otoczeniem, w obrębie której odbywa się dostarczenie lub wykorzystanie energii oraz wyeksportowanie lub produkcja energii na miejscu.
- **Generacja (produkcja) energii on- oraz off-site** – produkcja energii ze źródeł odnawialnych, przeważnie w formie energii elektrycznej bądź ciepła, na potrzeby danego budynku lub zespołu budynków odbywająca się na miejscu – on-site, lub poza terenem przynależącym do budynku – off-site.
- **Charakterystyka energetyczna budynku** – według Ustawy o charakterystyce energetycznej *„należy przez to rozumieć zbiór danych i wskaźników energetycznych budynku lub części budynku, określających całkowite zapotrzebowanie na energię niezbędną do ich użytkowania zgodnie z przeznaczeniem"* (Dz. U. 2014 poz. 1200 2014).
- **Bilans energetyczny** – różnica pomiędzy energią dostarczoną a wygenerowaną na miejscu.
- **Bilans cieplny** – różnica pomiędzy energią cieplną dostarczoną do budynku i z niego odprowadzaną, uwzględnia zarówno zyski jak i straty ciepła (PN-EN ISO 13790:2009).
- **Komfort termiczny** – zapewnienie odpowiednich warunków temperatury powietrza, ruchu powietrza oraz wilgotności w pomieszczeniu.
- **Strategie pasywne** – rozwiązania, w których przepływ energii nie jest zasilany z zewnątrz. Przykładem może być pozyskiwanie energii z promieniowania słonecznego, które nie wymaga użycia dodatkowych urządzeń a prowadzi do tzw. zysków solarnych.
- **Strategie aktywne** – rozwiązania wymagające zastosowanie urządzeń wykorzystujących energię zewnętrzną do zapewnienie przepływu energii. Obejmują one głównie użycie elementów instalacyjnych, służących do ogrzewania, chłodzenia i wentylacji mechanicznej często z odzyskiem ciepła.
- **Strategie hybrydowe lub semipasywne** – rozwiązania pasywne wspomagane w stopniu minimalnym przez urządzenia korzystające z zewnętrznej energii. Przykładem może być system wentylacji naturalnej lub grawitacyjnej wspomagany okresowo przez elektryczne wentylatory w momencie niesprzyjających warunków atmosferycznych.
- **Współczynnik kształtu bryły budynku** – jest stosunkiem sumy pól powierzchni do kubatury bryły, opisuje tzw. zwartość bryły.
- **Strefowanie termiczne** – polega na rozplanowaniu układu pomieszczeń wg ich zapotrzebowania cieplnego, np. łazienki sytuowane wewnątrz rzutu budynku lub pomieszczenia nie przeznaczone na pobyt ludzi sytuowane od północy jako bufory cieplne.
- **Akumulacja ciepła** – magazynowanie energii (najczęściej w postaci ciepła, chłodu) w czasie występowania jej nadwyżek, celem wykorzystania jej w późniejszym okresie.
- **Kogeneracja** – proces technologiczny, w którym równocześnie wytwarzana jest energia elektryczna i ciepło użytkowe.
- **Kolektory słoneczne** – urządzenia przetwarzające energię promieniowania słonecznego na ciepło za sprawą konwersji fototermicznej.
- **Ogniwa fotowoltaiczne** – urządzenia przetwarzające energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną za sprawą efektu fotowoltaicznego.
- **Insolacja** – inaczej nasłonecznienie, w fizyce stosunek średniej mocy promieniowania słonecznego padająca na powierzchnię do jej pola powierzchni.

- **Wentylacja naturalna** – system wentylacji budynku, którego podstawą działania jest różnica temperatur (zwykle pomiędzy wnętrzem a zewnętrzem budynku) lub oddziaływanie wiatru na budynek (strategie pasywne).
- **Wentylacja grawitacyjna** – rodzaj systemu wentylacji naturalnej, której zasada działania oparta jest o konwekcję powietrza.
- **Wentylacja mechaniczna** – system wentylacji budynku, oparty o działanie wentylatorów zasilanych energią elektryczną, wyróżnić można wentylację mechaniczną nawiewną, w które za sprawa energii elektrycznej powietrze jest jedynie nawiewane do pomieszczeń oraz wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną, w które powietrze jest również usuwane z pomieszczeń przy wykorzystaniu energii elektrycznej.
- **Wentylacja hybrydowa** – system wentylacji naturalnej wspomaganej energią elektryczną.
- **BIM** – metoda projektowania komputerowego polegająca na zebraniu wszystkich informacji o budynku w jednym spójnym modelu wirtualnym, z ang. *Building Information Modeling.*

1.2.2. Wykaz skrótów

- **BWBZE** – budynek wielorodzinny blisko zeroenergetyczny
- **BZE** – blisko zeroenergetyczny
- **ZEB** – budynek zeroenergetyczny, z ang. *Zero Energy Building*
- **nZEB** – budynek netto zeroenergetyczny, z ang. *netto Zero Energy Building*
- **nnZEB** – budynek niemal netto zeroenergetyczny, z ang. *nearly netto Zero Energy Building*
- **PHI** – Passive House Institute
- **Ep** – współczynnik energii pierwotnej
- **Ek** – współczynnik energii końcowej
- **Eu** – współczynnik energii użytkowej
- **OZE** – odnawialne źródło(-a) energii
- **PB** – Prawo Budowlane, zawarte w Ustawie Prawo Budowlane z 1994 r., wraz z późniejszymi zmianami (podany po skrócie rok oznacza wersję, do której odwołuje się autor)
- **WT** – Warunki Techniczne, zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z 2002 r., wraz z późniejszymi zmianami (podany po skrócie rok oznacza wersję, do której odwołuje się autor)
- **KP** - Krajowy plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii
- **A/V** – współczynnik kształtu bryły budynku, z ang. *Area / Volume*
- **U** – współczynnik przenikania ciepła przegród budynku
- $\mathbf{U_w}$ – współczynnik przenikania ciepła przeszkleń
- $\mathbf{g_w}$ – współczynnik przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego przez przeszklenia
- **C.W.U.** – ciepła woda użytkowa
- **PCM** – materiał zmiennofazowy, z ang. P*hase-Change Material.*

1.3. Cel pracy

Praca ma na celu pogłębienie oraz uporządkowanie wiedzy dotyczącej zagadnienia budynków wielorodzinnych o standardzie blisko zeroenergetycznym - BZE. W tym kontekście określono główny cel pracy oraz 3 cele pośrednie:

Cel główny – określenie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych;

Cele pośrednie:

- Usystematyzowanie wiedzy dotyczącej zrealizowanych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych,
- Określenie kierunku dalszego rozwoju budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych w Polsce,
- Wdrożenie w pracę zawodową, do dydaktyki oraz stworzenie podstaw do dalszych badań.

Celem głównym pracy jest wyodrębnienie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE na podstawie analizy literatury przedmiotu, dostępnych źródeł dotyczących zrealizowanych obiektów oraz doświadczeń własnych autora. Ze względu na mało zbadaną i nierozpowszechnioną tematykę podjętą w pracy, zbiór ten ma być podstawą do dalszych, bardziej szczegółowych badań nad budownictwem wielorodzinnym BZE, w które w Polsce na chwilę pisania pracy wciąż jest nieobecne. Zebranie kluczowych informacji, w jednym zbiorze, może mieć później zastosowanie nie tylko badawcze, ale i dydaktyczne oraz, co dla autora jest istotne, również praktyczne. Autor, w celu opracowania zbioru, wyodrębnił obszary projektowe (klasyczne ujęcie) oraz obszary energetyczne (związane bezpośrednio z zarządzaniem energią w obiektach), które charakteryzują budynki BWBZE.

Pierwszym celem pośrednim jest usystematyzowanie wiedzy dotyczącej budownictwa wielorodzinnego BZE. Systematyzacja wiedzy obejmuje zarówno literaturę przedmiotu jak również wybranych, ważniejszych aktów pranych, związanych z tego typu budownictwem oraz rozwiązań z dziedziny architektury oraz dziedzin powiązanych jak budownictwo, instalacje sanitarne i elektryczne oraz fizyka budowli. Wraz z wyodrębnieniem zbioru cech charakterystycznych, ma to pozwolić na określenie dalszych kierunków rozwoju tego typu budownictwa, zwłaszcza w polskim kontekście. Zmieniające się wymogi energochłonności budynków w Polsce dążą do sukcesywnego wprowadzania budynków o co raz lepszych charakterystykach energetycznych a docelowo również wprowadzania budynków blisko zeroenergetycznych. Jak już zostało wspomniane, określenie zbioru cech oraz systematyzacja wiedzy z zakresu tematyki podjętej w pracy, mają na celu stworzenie podstaw do prowadzenia dalszych badań. Rynek, szeroko pojętego, budownictwa energooszczędnego wciąż dynamicznie się rozwija. Paleta rozwiązań technologicznych wciąż jest rozszerzania. W połączeniu z wciąż zgłębianą wiedzą naukową, może to pozwolić w niedalekiej przyszłości na nowe, innowacyjne wdrożenia, których celem będzie jeszcze łatwiejsze osiąganie standardów energooszczędnych, blisko zeroenergetycznych a nawet plus energetycznych w budownictwie.

1.4. Tezy pracy

Przeprowadzone badania własne oraz przegląd literatury przedmiotu dotycząca zarówno budynków wielorodzinnych, budynków energooszczędnych oraz obiektów BZE, w szczególności budynków wielorodzinnych BZE, pozwalają postawić następujące tezy:

Teza I - istnieje zbiór cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE zlokalizowanych w strefie klimatycznej zbliżonej do strefy, w której leży Polska,

Teza II - strategie pasywne są niewystarczające do osiągnięcia standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych, konieczne jest skorelowanie takich rozwiązań z generacją energii prowadzoną na miejscu,

Teza III - warunkiem koniecznym osiągnięcia standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych jest obniżone zapotrzebowanie na energię użytkową dla celów ogrzewania, chłodzenia i wentylowania.

1.5. Zakres pracy

Zakres merytoryczny pracy dotyczy budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych i został podzielony na trzy części, nakreślone poniżej. Bardziej szczegółowe informacje z uzasadnieniem znajdują się w kolejnych podrozdziałach:

Zakres merytoryczny:

- Wybrane akty prawne:
  - Obowiązujące na terenie Unii Europejskiej,
  - Obowiązujące na terenie Polski,
- Literatura przedmiotu obejmująca głównie tematykę budynków wielorodzinnych oraz energooszczędnych, w szczególności blisko zeroenergetycznych

Zakres terytorialny:

- Zrealizowane budynki wielorodzinne blisko zeroenergetyczne, pasywne oraz plus energetyczne leżące w strefie umiarkowanej ciepłej (strefa klimatyczna, w której leży Polska),
- Budynki leżące w krajach należących do Unii Europejskiej z wyjątkiem Szwajcarii[14],

Zakres czasowy:

- Budynki zrealizowane w latach 2000 – 2017.

[14] Ze względu na interesujące rozwiązania, postanowiono włączyć do badań również budynki pochodzące ze Szwajcarii pomimo jej braku przynależności do UE.

Tematyka pracy obejmuje zagadnienia przede wszystkim z zakresu dziedziny architektury. Rozwiązania stosowane w budynkach energooszczędnych, a przede wszystkim blisko zeroenergetycznych w znacznej części angażują również wiedzę z dziedzin takich jak budownictwo, inżynieria środowiskowa, instalacje elektryczne oraz fizyka budowli. Interdyscyplinarne podejście do analiz cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE jest wobec tego niezbędne. Zakres merytoryczny pracy podzielony został na akty prawne oraz literaturę przedmiotu. Przywołane w pracy akty prawne stanowią o wytycznych dla budownictwa i ze względu na swój obszar oddziaływania zostały podzielone na obowiązujące w Unii Europejskiej oraz te obowiązujące na terenie Polski. Zmiany w polskim ustawodawstwie, przytoczone w pracy, niejednokrotnie wynikają bezpośredni z polityki unijnej, stąd uznano oba obszary za równie istotne. Zasadniczo literatura przedmiotu dotyczy budynków wielorodzinnych oraz energooszczędnych, w szczególności blisko zeroenergetycznych, pasywnych i pluseneregtycznych. Pojawiają się też informacje na temat budownictwa zeroemisyjnego. Miejscami, zwłaszcza w części zawierającej przegląd badań dedykowanych cechom budynków (teoria z obszaru projektowego oraz energetycznego) w rozdziale czwartym, przybliżano istotne informacje wybiegające poza budownictwo mieszkaniowe. Literatura przedmiotu obejmuje źródła internetowe, publikacje i dokumenty. Treści zawarte w wybranych pozycjach, zostały poddane analizie, opatrzone komentarzem i odniesione do własnego wywodu autora, popartego wieloletnim doświadczeniem zawodowym.

Zakres terytorialny został wyznaczony ze względu na dwa równorzędne, z punktu widzenia pracy, czynniki. W pierwszej kolejności skoncentrowano się na budynkach zrealizowanych w strefie klimatycznej zbliżonej do tej, w której leży Polska. Takie ograniczenie ma na celu uchwycenie cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE, które można wdrożyć w rozwiązania budynków na terenie Polski. Dodatkowym ograniczeniem zakresu było wytypowanie budynków leżących w krajach należących do Unii Europejskiej lub takich, które do niej nie należą jednak znajdują się na terenie Europy. Ograniczenie to jest bezpośrednio związane z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2010/31/UE, która wprowadza obowiązek wznoszenia budynków blisko zeroenergetycznych na terenie krajów unijnych. Ze względu na występowanie przyjętych do badań budynków, można, zatem przyjąć, że dokładnym zakresem terytorialnym są kraje: Austria, Francja, Niemcy, Polska, Szwajcaria, Wielka Brytania (w momencie wydania pracy).

Zakres czasowy został określony w sposób pośrednio wynikający z doboru budynków do analiz. Pierwszy budynek wielorodzinny blisko zeroenergetyczny powstał dopiero w roku 2002 w Szwajcarii (Musall i in. 2010 s. 2), jednak w badaniach uwzględniono również jeden z budynków plus energetycznych, który powstał w roku 2000 i stanowi początek zakresu czasowego. Ostatnim budynkiem ujętym w badaniach jest obiekt zrealizowany w roku 2017, który tym samym zamyka przyjęty zakres czasowy.

1.6. Metoda i struktura pracy

Pracę podzielono na 3 problemy badawcze. Taki podział miał umożliwić zrealizowanie założonych celów, które miały prowadzić do walidacji przyjętych tez.

Przyjęte problemy badawcze:

- Przegląd i analiza uwarunkowań formalno-prawnych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych w Polsce,
- Opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych,
- Walidacja opracowanego zbioru cech charakterystycznych na przykładzie wybranych obiektów zrealizowanych.

Struktura pracy

Struktura pracy odzwierciedla przyjęte cele oraz metodę pracy. Każdemu z wyodrębnionych problemów badawczych przypisano kolejne, osobne rozdziały pracy. Każdy z rozdziałów poprzedzony został wprowadzeniem, w którym nakreślono treść oraz układ każdego z nich. Na końcu każdego z rozdziałów lub podrozdziałów zawarto podsumowanie przestawiające wnioski. Część zawartych w pracy ilustracji stanowi cytaty prac innych autorów. Ich źródła zawarto w spisie ilustracji na końcu pracy. Opracowane przez autora, po części na podstawie prac innych autorów, tabele oraz wykresy zostały spisane w spisie na końcu pracy. Na potrzeby analiz, na podstawie dostępnych informacji, w programie Autodesk Revit, autor opracował trójwymiarowe modele badanych budynków oraz wykonał dla nich obliczenia współczynnika kształtu bryły.

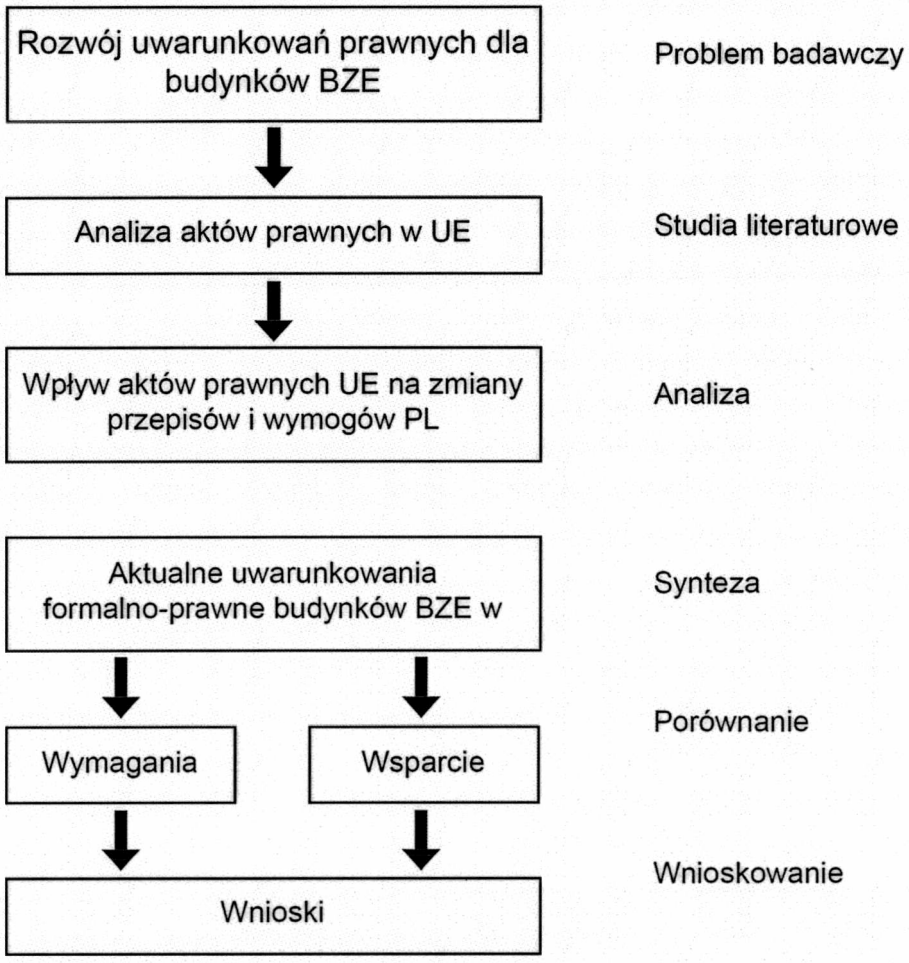
Rozdział 1. Wstęp:

Zawiera wprowadzenie do pracy oraz uzasadnienie podjęcia tematyki budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Formułuje cele oraz tezy pracy, określa problemy badawcze a wraz z nimi metodę pracy. Przedstawia również stan badań.

Rozdział 2. Uwarunkowania formalno-prawne:

Rozdział przedstawia pierwszy z określonych problemów badawczych – uwarunkowania formalno-prawne wielorodzinnych budynków blisko zeroenergetycznych w Polsce.

W rozdziale przyjęto metodę przeglądu systematycznego pod kątem uwarunkowań formalno-prawnych budynków blisko zeroenergetycznych na terenie Polski. Punktem wyjścia jest analiza literatury poświęconej dążeniu do zrównoważonego rozwoju w kontekście późniejszej legislacji związanej z szeroko pojętą energooszczędnością w budownictwie. Następnie został dokonany przegląd wybranych i najważniejszych aktów prawnych związanych z polityką energetyczną w obrębie Unii Europejskiej. Są one bezpośrednią przyczyną zmian w Polskiej legislacji odnoszącej się do wymogów stawianych budynkom oraz ich energooszczędności. Została przedstawiona szczegółowa analiza zmian w polskim ustawodawstwie pod kątem podjętej tematyki, pracy jak również programów wsparcia tego typu budownictwa. Rysunek 1.6.1 ilustruje kolejne etapy rozdziału.



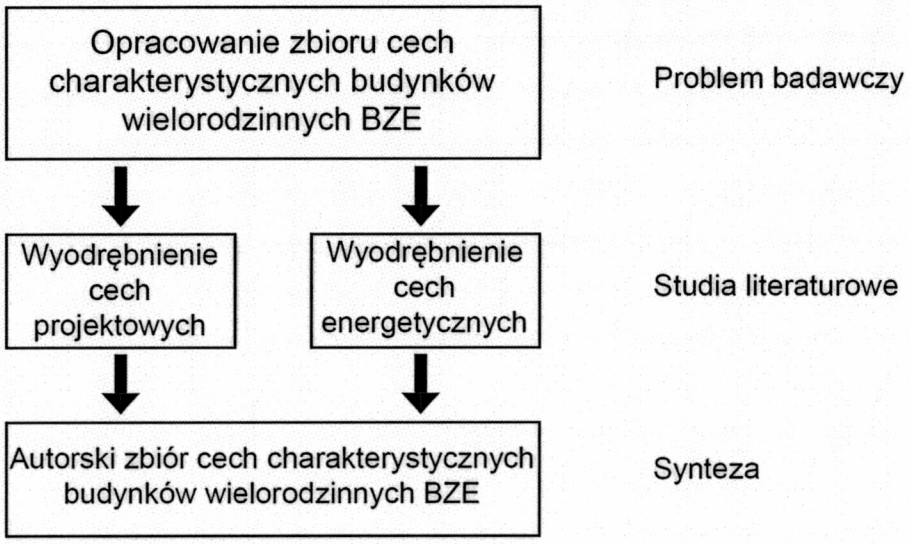
Rysunek 1.6.1 Schemat odpowiedzi na pierwszy problem badawczy. Opracowanie własne

Rozdział 3. Zbiór cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych:

Rozdział odpowiada na drugi problem badawczy i zawiera opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Przyjęta, w rozdziale, metoda analizy i krytyki piśmiennictwa pozwoliła na dokonanie przeglądu literatury przedmiotu pod kątem wyodrębnienia spójnego zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Przeprowadzone analizy wykazały, że nie dokonano do tej pory wyodrębnienia przedmiotowego zbioru cech charakterystycznych dla tego typu budynków. Na podstawie licznych opracowań, traktujących o cechach osobno budynków mieszkalnych wielorodzinnych oraz budynków energooszczędnych, w szczególności budynków BZE, podjęto próbę wyodrębnienia autorskiego zbioru cech

charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE. Cechy podzielono ze względu na wyodrębnione obszary – obszar projektowy oraz obszar energetyczny. W wyniku przeglądu literatury oraz doświadczeń i obserwacji własnych autora, sformułowano autorski zbiór cech charakterystycznych BWBZE. Rysunek 1.6.2 ilustruje kolejne etapy rozdziału.

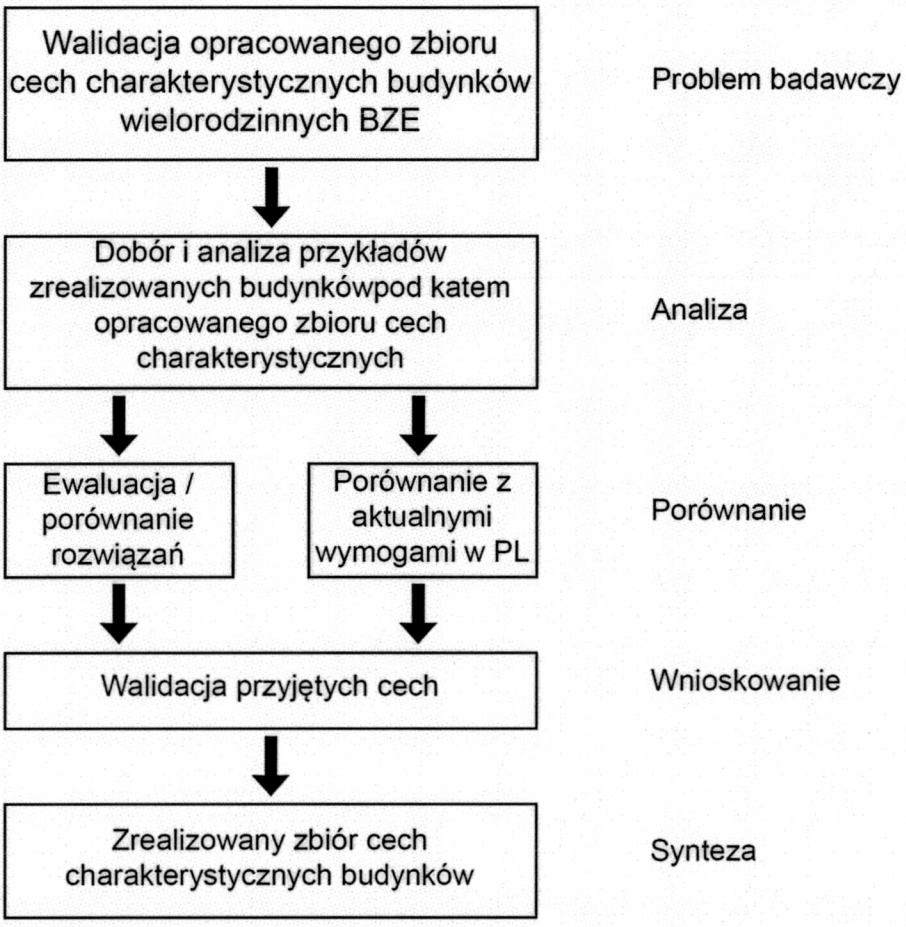


Rysunek 1.6.2 Schemat odpowiedzi na drugi problem badawczy. Opracowanie własne

Rozdział 4. Walidacja opracowanego zbioru cech charakterystycznych na przykładzie wybranych obiektów:

Rozdział odnosi się do ostatniego określonego problemu badawczego, jakim jest walidacja opracowanego zbioru cech charakterystycznych na przykładzie wybranych obiektów zrealizowanych.

Za pomocą metody monograficznej oraz badania *ex-post* (Jong, Voordt 2002), w miarę dostępnego materiału badawczego, została dokonana analiza 15 wybranych obiektów wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Dokonano 27 analiz pod kątem wszystkich, wyodrębnionych w Rozdziale 3., cech charakterystycznych BWBZE. Badanie pozwoliło stwierdzić czy przyjęte na podstawie literatury przedmiotu cechy można uznać za charakterystyczne w oparciu o obiekty zrealizowane. Rozdział obejmuje również uzasadnienie doboru przykładów budynków. Rysunek 1.6.3 ilustruje kolejne etapy rozdziału.



Rysunek 1.6.3 Schemat odpowiedzi na trzeci problem badawczy. Opracowanie własne

Rozdział 5. Podsumowanie:

Rozdział zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań oraz wyciągniętych wnioski. Podsumowuje również wyznaczone w pracy cele oraz waliduje postawione tezy. W tej części autor zaprezentował kierunki dalszych badań będące efektem doświadczenia zawodowego oraz pracy nad dysertacją. Zawierają one, zdaniem autora, istotne informacje pomocne w praktyce projektowej w związku z koniecznością wprowadzania budynków BZE oraz postulaty dotyczące poprawy narzędzi projektowych i przepisów.

Jako metodę uzupełniającą prowadzonych badań wybrano badanie ankietowe. Przeprowadzono ankietę internetową wśród zarówno osób związanych jak i niezwiązanych zawodowo z branżą budowlaną. Jej celem miało być zbadanie powszechnej świadomości z zakresu szeroko pojętego budownictwa energooszczędnego i oszczędności energii w mieszkaniu czy domu. Wyniki ankiety zostały załączone w formie aneksu.

1.7. Stan badań

Zagadnienie budynków wielorodzinnych BZE na świecie jest zagadnieniem wciąż rozwijającym się, ilość dostępnej fachowej literatury z tego zakresu jest nadal niewystarczająca. Taki stan spowodowany jest nadal małą liczbą zrealizowanych budynków o takim standardzie energetycznym. W Polsce brak jest realizacji[15], które mogłyby posłużyć za przykład modelowy i być podstawą do prowadzenia badań i powstania pozycji literaturowych z tego zakresu.

Dla rozpoznania tła współczesnego budownictwa wielorodzinnego autor przeprowadził badania literaturowe wykraczające poza ścisły obszar pracy. W niniejszym podrozdziale zostały przywołane pozycje uznane przez autora za najważniejsze. Ich rozwinięcie zostało zawarte w kolejnych rozdziałach pracy.

Kwerenda literatury została podzielona na poszczególne zagadnienia, które dotyczą:

- Rozwoju zrównoważonego w kontekście efektywności energetycznej,
- Efektywności energetycznej,
- Aktów prawnych,
- Budownictwa energooszczędnego,
- Budownictwa pasywnego,
- Budownictwa BZE,
- Definicji budynków BZE,
- Procesu projektowego i wielokryteriowej oceny budynków.

1.7.1. Rozwój zrównoważony w kontekście efektywności energetycznej budynków

Efektywne gospodarowanie energią, głównie pochodzącą ze źródeł nieodnawialnych, jest fundamentalnym założeniem tzw. zrównoważonego rozwoju, zwanego również zrównoważeniem (A. Bać 2016 s. 27). Dwoma kluczowymi pozycjami, które ugruntowały pojęcie zrównoważonego rozwoju w latach 80. I 90. XX w. był tzw. Raport Brundtland (1987), który bezpośrednio przyczynił się do powstania „Agendy 21: Strategia Szczytu Ziemi dla ochrony naszej planety" (1994). „Agenda 21" uzyskała swoją aktualizację, tzw. „Agendę 2030" (United Nations 2015), w której zapisano 17 aktualnych celów zrównoważenia na świecie. Ich wpływ na kształtowanie się uwarunkowań budynków BZE zostanie poruszony w dalszej części rozprawy.

Jednym z kluczowych i nieodłącznych zagadnień zrównoważenia, w kontekście architektury, jest efektywność energetyczna i pojęcie energii w budownictwie. Jest to tematyka często pojawiająca się w literaturze zagranicznej. Ze względu na poruszany temat pracy, istotnym wydaje jest artykuł *The living building* Bob'a Berkebile i Jason'a McLennan'a (1999), w którym wspomniano o idei budynków zeroenergetycznych.

O zasadach zrównoważonego projektowania pisali m.in. William McDonough (1992), Sim Van der Ryd i Stuart Cowan (1996), David Gissen (2003), Raiji Ashok (2003), Jason McLennan (2004), Bill Dunster i in. (2008), Brian Edwards (Edwards 2010), Bernhard Lenz i in. (2011), Piotr Kuczia (2013).

[15] Aktualne na rok 2019.

Kwestie energii podejmowane są również w pracach dotyczących tzw. architektury zielonej i bioklimatycznej, o której pisali David L. Jones (1998), James Wines (2000), Christian Schittich (2003), Josep Minguet (2012), Amjad Almusaed (2014). Sporą bazą danych na temat budownictwa bioklimatycznego, naturalnego jest strona internetowa Solaripedia (SP 2017). Z polskich prac warto wymienić *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju* Michał Stangel (2013) oraz *Oceny jakości środowiska zbudowanego i ich znaczenie dla rozwoju koncepcji budynku zrównoważonego: praca zbiorowa* pod red. Elżbiety Niezabitowskiej i Dariusza Masły (2007).

1.7.2. Efektywność energetyczna

Wspomniana wcześniej efektywność energetyczna jest fundamentalną cechą budynków BZE. Na jej temat powstały liczne opracowania. Jednym z podstawowych jest opracowanie *A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design* autorstwa Vivienne Brophy i Owen'a J. Lewis'a (2011). Do istotnej literatury zagranicznej, zaliczyć należy również publikacje napisane przez Tips Jennifer O'Connor (1997), Manfred Hegger i in. (2008), Charles J. Kibert (2008), Norbert Lechner (2015), Bernhard Lenz i in. (2011).

Temat efektywności energetycznej w budownictwie i jej wpływu na kształtowanie architektury poruszano również w literaturze polskiej. Do głównych pozycji zaliczyć należy publikacje Elżbiety Ryńskiej (2001), Stanisławy Wehle-Strzeleckiej (2004), Katarzyny Zielonko-Jung i Janusza Marchwińskiego (2012), Grażyny Scheider-Skalskiej (2012), Katarzyny Zielonko-Jung (2013), pod redakcją Anny Bać i Jacka Kasperskiego (2013), w tym rozdział Joanny Biedrońskiej i Jarosława Figaszewskiego (2013) oraz pod redakcją Janusza Marchwińskiego (2015b), w tym rozdziały Karoliny Kurtz-Oreckiej (2015), Janusza Marchwińskiego (2015a) oraz Wojciecha Steca (2015).

Zagadnienie efektywności energetycznej w budownictwie podejmowanie jest nie tylko pod kątem rozwiązań stricte architektonicznych, ale również w branżach pokrewnych jak fizyka budowli czy instalacje zapewniające komfort jak i pozyskujące energię. Ponieważ zagadnienia te są ze sobą ściśle powiązane, wiele opracować traktuje o nich równolegle. W polskiej literaturze, można jednak wyodrębnić podstawowe pozycje z zakresu fizyki budowli Władysława Płońskiego i Jerzego Pogorzelskiego (1979), Tomasza Kisielewicza i in. (1998), Ireny Ickiewicz i in. (2000), Sławomira Grabarczyka (2005), Piotra Klemma (2005).

Innym zagadnieniem, szeroko opisywanym, zarówno w literaturze zagranicznej jak i polskiej, są zarówno podstawy energetyki solarnej jak i dokładnych rozwiązań związanych z pozyskiwaniem energii słoneczne w sposób pasywny i aktywny, o czym pisali J. Douglas Balcomb (1992), Thomas Herzog i in. (1996), Volker Quaschning (2005), John Duffie i William Backman (2013), John Twidell i Tony Weir (2015), Andrzej Chochowski i Dariusz Czekalski (1999), Władysław Nowak i in. (2008), Zbysław Pluta (2008), Mariusz Sarniak (2008), Ewa Klugmann-Radziemska (2010), Dorota Chwieduk (2011), Witold Lewandowski (2014).

1.7.3. Akty prawne

Bezpośredni wpływ na kształtowanie się budownictwa, nie tylko efektywnego energetycznie, mają obowiązujące akty prawne. Istotnym, z punktu widzenia podjętej

tematyki pracy było zebranie dokumentów, które określają warunki, jakim muszą odpowiadać budynki w Polsce ze względu na energooszczędność. Zbiór ten został poprzedzony studiami procesu zmian polskich przepisów ze względu na członkostwo w Unii Europejskiej.

Wybrane akty prawne podzielono na:

- Unijną politykę energetyczną
- Polskie wymogi efektywności energetycznej
- Raporty statystyczne

Unijna polityka energetyczna

Polska, jako kraj członkowski Unii Europejskiej, zobowiązana jest do wdrażania zapisów unijnych Dyrektyw, również tych z zakresu efektywności energetycznej budynków. Przywołane zostały dyrektywy, które, według autora, miały bezpośredni wpływ na rozwój budynków BZE w Unii Europejskiej. Ich znaczenie i wpływ został opisany w rozdziale *2*.

Do najważniejszych aktów prawa wspólnotowego autor zalicza *Dyrektywę 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie charakterystyki energetycznej budynków* (2002), *Dyrektywę 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG* (2006), *Decyzję Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych* (2009a), *Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE* (2009b), *Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej* (2012), *Ramy polityki w zakresie klimatu i energii do roku 2030* (KE 2014b) oraz *Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2018/844/UE zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej* (PE 2018).

Proces wdrażania dyrektyw unijnych dotyczących energii w poszczególnych krajach członkowskich został opisany w raportach *Towards nearlny zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD* Andreas Hermelink i in. (2013) oraz *Overview of Member States information on NZEBs. Background paper - final report* Jan Grözinger i in. (2014). Najnowsze informacje na temat wprowadzania budownictwa BZE w krajach członkowskich znaleźć można na stronach Komisji Europejskiej (EC 2017).

Polskie wymogi efektywności energetycznej

W polskim ustawodawstwie wyróżnić można trzy podstawowe dokumenty, które charakteryzują zarówno obiekty budowlane, ich parametry efektywności energetycznej oraz proces projektowy. Są to *Prawo Budowlane* (Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414 1994) z późniejszymi zmianami, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 2002) z późniejszymi zmianami oraz *Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego* (Dz. U. 2012 poz. 462 2012) z późniejszymi zmianami.

Jako narzędzie wspomagające projektowanie w Polsce budynków w standardach energooszczędnych traktować można aktualne normy[16].

Raporty statystyczne

Oprócz aktów prawnych oraz norm, w pracy wykorzystano również raporty statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego w zakresie energii, budownictwa mieszkaniowego oraz ludności: *Energia ze źródeł odnawialnych w 2015r.* (2016a), *Energia 2017* (2017b), *Efektywność wykorzystania energii w latach 2007-2017* (2019b), *Zużycie paliw i nośników energii w 2015r.* (2016c), *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015r.* (2017c), *Gospodarka mieszkaniowa w 2015r.* (2016b), *Budownictwo mieszkaniowe w okresie I-V 2017r.* (2017a), *Budownictwo mieszkaniowe I-II kwartał 2018 r.* (2018a), *Monitoring wyników prognozy ludności Polski dla 2017 r.* (2018c) oraz Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów: *Raport z badań rynku budownictwa mieszkaniowego - rynek pierwotny* (2014).

1.7.4. Budownictwo energooszczędne i pasywne

Budownictwo BZE jest, według autora, pewną ewolucją budownictwa energooszczędną, a niekiedy również pochodną pasywnego, z tego względu postanowiono o rozszerzeniu spektrum również o publikacje z tego zakresu. Intencją autora było zbadanie rozwiązań oraz procesów projektowych, których implementacja byłaby możliwa w obiektach wielorodzinnych BZE.

Wybrane pozycje literatury fachowej podzielono na:

- Budownictwo energooszczędne,
- Budownictwo pasywne.

Budownictwo energooszczędne

W literaturze obejmującej budynki energooszczędne znaleźć można publikacje zarówno na temat budynków wielorodzinnych oraz jednorodzinnych. Istotniejsze pozycje, według autora podzielono na 3 zagadnienia:

- Ogólna charakterystyka budynków energooszczędnych, o której pisali m.in.: Christian Schittich (2004), Robert Hastings i Maria Wall (2009), Josep Minguet i Oscar Mira (2013), Karolina Kurtz-Orecka (2012), Janusz Marchwiński (2014), Piotr Jadwiszczak i Elżbieta Niemierska (2015);
- Rozwiązania architektoniczne, o których pisali m.in.: Adam Ujma (2012), Janusz Marchwiński (2013), Karolina Kurtz-Orecka (2014), Karolina Kurtz-Orecka i Janusz Marchwiński (2015), Wojciech Stec (2015), Anna Jaszczak i Katarzyna Zielonko-Jung (2015).
- Rozwiązania instalacyjne oraz źródła energii, o których pisali m.in.: Jacek Zimny (2010), Grzegorz Wiśniewski i in. (2012), Zbigniew Paszkowski (2013), Janusz Marchiwński (2015a).

[16] Normy dla budownictwa energooszczędnego w Polsce aktualne na dn. 18.09.2017 zwarto w Spisie norm dla budownictwa energooszczędnego w Polsce.

Budownictwo pasywne

Budownictwo pasywne (wg Instytutu Passive House w Darmstadt) jest nurtem budownictwa energooszczędnego, która jest bardzo dobrze opracowana w zagranicznych materiałach źródłowych.

Podstawowymi podręcznikami projektowania i wykonawstwa obiektów pasywnych są publikacje Instytutu Passive House z Darmstad: *Podstawy budownictwa pasywnego* (Feist 2012), *PHPP 2009 Pakiet do projektowania budynków pasywnych* (Feist i in. 2015), *Passipedia* (PPHI 2017).

Zagadnienie współczesnego budynek pasywny zostało obszernie opisane w literaturze zachodniej, głównie niemieckiej przez Hemulta Krapmeiera i in. (2001), Dietera Pregizera (2002), Carstena Grobe'a (2002), Antona Grafa (2003), praca zbiorowa pod red. Bertholda Kaufmanna i Wolfganga Feista (2004), Jamesa Kachadoriana (2006), Roba McLeoda i in. (2011).

W polskiej literaturze również można znaleźć odniesienia do budownictwa pasywnego w pracach Eugeniusza Rylewskiego (2002), Ryszarda Piotrowskiego (2009), Ryszarda Wnuka (2012) oraz Łukasza Piechowicza (2015).

1.7.5. Budownictwo zeroenergetyczne wielorodzinne

Autor nie dotarł do pozycji, które dotyczyły stricte budynkach wielorodzinnych BZE. Są to głównie publikacje zrealizowanych obiektów o takim standardzie zawarte w zbiorczych albumach traktujących o budownictwie mieszkalnym energooszczędnym. Z reguły tylko część publikowanych projektów jest obiektami wielorodzinnymi BZE. Do ważniejszych pozycji, w których oprócz zdjęć zawarto merytoryczne informacje, zaliczyć należy prace Josepa M. Mingueta (2013), Manfreda Heggera (2013) oraz Chrisa van Uffelena (2013).

Kolejnym źródłem informacji są strony internetowe biur architektonicznych, które zaprojektowały budynki wybrane do analiz w rozdziale 4. Ich spis został zawarty w netografii na końcu pracy.

Autor dokonał przeglądu źródeł opisujących zagadnienie budynków BZE w bardziej ogólnym podejściu, o czym pisali: Mary Guzowski (2012), David Johnston i Scott Gibson (2010), Eike Musall i in. (2010), Jarek Kurnitski i in. (2011).

O budownictwie BZE w polskiej literaturze pisali: Janina Kopietz-Unger (2011), Piotr Sobierajewicz (2011), Janina Kopietz-Unger (2012), Jerzy Żurawski (2012), Tomek Baran (2016). Ważnym, z punktu widzenia tematu budynków BZE na terenie Polski, jest również raport Bogdana Atanasiu (2012).

Do najnowszych przekrojowych polskich monografii na temat budynków BZE należy praca zbiorowa pod red. Jerzego Sowy *Budynki o niemal zerowym zużyciu energii* (2017a). Ze względu na poruszane w niniejszej pracy tematy, istotnymi wydają się wybrane rozdziały w pracach zbiorowych, m.in.: Elżbiety Ryńskiej (2017), Jerzego Sowy (2017b), Jerzego Kwiatkowskiego i in. (2017), Andrzeja Wiszniewskiego (2017) oraz Piotra Bartkiewicza i Elżbiety Ryńskiej (2017).

Odnosząc się do teorii projektowania budynków mieszkalnych wielorodzinnych należy przytoczyć prace m.in.: Zbigniewa Bacia i in. (1978), Władysława Korzeniewskiego (1981), Hanny Wejchert-Adamczewskiej (1985), Grzegorza Wojtkuna (2008), Tomasza Bradeckiego i Agaty Twardoch (2013), Jana Pallado (2014) oraz seria publikacji

pokonferencyjnych pod redakcją prof. Zbigniewa Bacia pod hasłem *Habitaty* (2003) (2006) (2009) (2010) (2016).

1.7.6. Definicje budynków BZE

Podstawą niniejszej pracy było przyjęcie definicji budynku BZE. Przyjęte definicje, w oparciu o przytoczoną poniżej literaturę, opisano w podrozdziale 1.1.2.

Wyróżnić można dwa główne źródła, z których one pochodzą:

- Publikacje naukowe,
- Definicje prawne.

Publikacje naukowe

W literaturze przedmiotu, określenia definicji budynków BZE podjęli się: Paul Torcellini i in. (2006), Siir Kilkis (2008 s. 219–224), Jens Laustsen (2008), ECEEE (2009), Anna J. Marszal i Per K. Heiselberg (2009), Anna J. Marszal i in. (2011), Jarek Kurnitski i in. (2011), Karsten Voss i in. (2011), Igor Sartori i in. (2010), Igor Sartori i in. (2012), Jerzy Żurawski (2013), Jakub Jura (2014), U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy (2015), BPIE (2015).

Definicje prawne

W prawie unijnym, budynek BZE definiuje Dyrektywa 2010/31/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (2010), która wprowadza definicję „budynku o niemal zerowym zużyciu energii."

Polskim odpowiednikiem tej definicji jest „budynek o niskim zużyciu energii" (utożsamiany z budynkiem „o niemal zerowym zużyciu energii"), który opisuje *Uchwała nr 91 Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii"* (M.P. 2015 poz. 614 2015).

1.7.7. Proces projektowy i wielokryteriowa ocena budynków

Ważną składową budynków efektywnych energetycznie jest odpowiedni proces projektowy. Dokonano przeglądu definicji projektowania zrównoważonego, w którym zawsze występuje zagadnienie energii, o czym pisali m.in.: Nils Larsson (2002), Peter Busby (2007) (2010), Amory Lovins I in. (2010), Anna Bać (2016).

Jako osobne narzędzie do projektowania budynków energooszczędnych, w tym BZE, można zaliczyć systemy wielokryteriowej ocen budynków. Są nimi przede wszystkim LEED, BREEAM oraz LBC. Szczegółowe i aktualne informacje oraz wymogi poszczególnych systemów można znaleźć na ich oficjalnych stronach: U.S. Green Building Council (LEED 2017) oraz polski odpowiedni Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego (PLGBC 2015), BREEAM (BREAM 2017), International Living Future Institute (LBC 2017).

ROZDZIAŁ 2. UWARUNKOWANIA FORMALNO-PRAWNE

Jednym z ważniejszych uwarunkowań rozwoju budynków blisko zeroenergetycznych są wymogi formalno-prawne. Ich zmiany oraz rozwój na przestrzeni ostatnich lat są jednymi z bezpośrednich przyczyn rozwoju tego standardu energetycznego w Europie. Rozdział przybliża ewolucję uwarunkowań formalno-prawny począwszy od pierwszych aktów, które kładły podwaliny pod międzynarodowe dążenia do zrównoważenia. Dały one również początek legislacji związanej z poszanowaniem energii. W dalszej części pracy zostają przybliżone kolejne akty unijne, których celem było zwiększenie liczby budynków efektywnych energetycznie w Europie, w szczególności wprowadzenie obligatoryjnego standardu budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Te zapisy miały bezpośredni wpływ również na zmiany polskiego ustawodawstwa, które bezpośrednio odpowiada za rozwój budynków blisko zeroenergetycznych na terenie Polski.

Zawartość rozdziału:

- Międzynarodowe dążenie do zrównoważenia, jako początek energetycznej legislacji
- Unijna polityka energetyczna
- Polskie wymogi efektywności energetycznej

Polski rynek budowlany mieszkaniowy jest wciąż branżą rozwijającą się. Jak pokazują dane statystyczne GUS (2017a s. 3), (2019a s. 3), ruch budowlany w sektorze budownictwa mieszkaniowego oraz liczba mieszkań oddawanych do użytku mieszkań wzrasta nieprzerwalnie od 2013 r. Wciąż jednak dominuje zabudowa jednorodzinna. W pierwszym półroczu 2018 r., było to aż 97% oddanych do użytku lokali mieszkaniowych (GUS 2018a s. 6). Wzrost liczby lokali mieszkalnych pociąga za sobą wzrost sumarycznego zużycia energii we wszystkich gospodarstwach domowych. Według raportu *Zużycie energii w gospodarstwa domowych w 2015 r.* (GUS 2017c s. 77) w 2015 r. w Polsce zużyto łącznie o ponad 5% więcej energii w gospodarstwach domowych niż miało to miejsce w 2002 r. Warto jednak zauważyć, że procentowy udział energii przeznaczonej na ogrzewanie pomieszczeń zmalał z 71,3% w 2002 r. do 65,5% w roku 2015 r. (GUS 2017c s. 77). Jak pokazują dane statystyczne, również średnie zużycie energii na 1 mieszkanie malało w latach 2007-2016 w tempie 1,6% rocznie (GUS 2018b s. 22). Spadek ten ma swoje źródło we wzrastającej efektywności energetycznej zarówno budynków jak i źródeł ciepła. Wciąż jednak energia przeznaczona na cele ogrzewania pomieszczeń stanowi największy udział procentowy w ogóle zużywanej energii. Niestety dane statystyczne z zakresu całkowitego zużycia energii pierwotnej oraz finalnego zużycia energii pokazują raczej tendencję wzrostową w 2016 r. w stosunku do 2006 r. (GUS 2018b s. 13). Ten wynik, w obliczu planowanego wzrostu efektywności energetycznej o przynajmniej 20% do 2020 r. (PE 2009a) oraz o przynajmniej 32,5% do 2030 r. (KE 2014a), pokazuje, że wciąż jest wiele do poprawy w zakresie efektywności energetycznej w Polsce. Obrazuje to również

liczba obiektów o podwyższonej efektywności energetycznej. Na koniec roku 2015, obiektów w standardzie NF15 lub NF40 (standardy zostały opisane w dalszej części tego rozdziału) było w Polsce 137, a spełniających niemieckie kryteria programu Passive House Institute w zakresie budownictwa niskoenergetycznego jedynie 33 (A. Bać 2016 s. 142). Jeśli nawet przyjąć, że jest to łącznie 170 budynków (brak danych czy obiekty wg kryteriów PHI zawierają się w obiektach NF) to jest to jedynie 0,45% obiektów oddanych do użytku tylko w pierwszym półroczu 2018 r. (wg danych GUS – 38 039 obiektów mieszkalnych). Z danych pochodzących ze świadectw energetycznych zebranych przez BuildDesk wynika, że około 30% obecnie projektowanych domów jest obiektami energooszczędnymi (RD 2014), co oznacza, że zapotrzebowanie na energię na cele grzewcze zawiera się w przedziale od 30 do 70 kWh/m^{2}a[17]. W stosunku do roku 2009 odnotowuje się wzrost o 10%.

Na przestrzeni ostatnich ponad 20 lat, na świecie powstało ponad 200 budynków projektowanych, jako obiekty tzw. blisko zeroenergetyczne (z pominięciem różnic w definicji takiego standardu energetycznego) (Musall i in. 2010). Początkowo były to realizacje pionierskie, których podejmowali się głównie badacze i naukowcy. W większości, obiektami BZE są domy jednorodzinne. Dopiero w 2002 r., czyli ponad 10 lat po zrealizowaniu pierwszego pasywnego budynku jednorodzinnego, powstał pierwszy obiekt wielorodzinny BZE – Sunny Woods w Zurychu.

Obecnie największy i bezpośredni wpływ na kształtowanie budynków w Polsce ma Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wraz z późniejszymi zmianami (Dz. U. 2019 poz. 1065 2019)[18]. Oprócz określenia podstawowych wymagań w stosunku do obiektów budowlanych, są w nim również zawarte parametry energetyczne, które muszą spełnić projektowane budynki. Zmiany, które na przestrzeni ostatnich lat objęły polskie ustawodawstwo w sferze energetycznej jest związane z wdrażaniem przez Polskę, będącą członkiem Unii Europejskiej, unijnej polityki w zakresie zarówno energetycznym jak i zrównoważonego rozwoju.

W ramach uwarunkowań formalno-prawnych, wyodrębniono trzy, zdaniem autora, główne grupy aktów prawnych:

- **Międzynarodowe dążenie do zrównoważenia, jako początek energetycznej legislacji, które dały początek i wpłynęły na rozwój krajowych i unijnych przepisów**
- **Unijna polityka energetyczna, która bezpośrednio wpłynęła na zmiany polskiego ustawodawstwa na przestrzeni ostatnich lat**
- **Polskie wymogi efektywności energetycznej, czyli przepisy, które w bezpośredni sposób określają warunki obiektów budowalnych w Polsce oraz programy, mające na celu zwiększenie liczby budynków efektywnych energetycznie.**

2.1. Międzynarodowe dążenie do zrównoważenia, jako początek energetycznej legislacji

Obecne dążenia prawne na szczeblach międzynarodowych do redukcji zużycia energii biorą swoje podstawy z idei zrównoważonego rozwoju. Poniżej zostały przybliżone jedynie kluczowe, zdaniem autora, ustalenia w tym zakresie. Międzynarodowa polityka

[17] Zakres przyjęty przez BuildDesk w ramach przeprowadzanych badań.
[18] W dalszej części pracy wykorzystano skrót *WT* odnoszący się do przytoczonego rozporządzenia.

zrównoważenia kształtowana była przede wszystkim na szczytach Organizacji Narodów Zjednoczonych na przestrzeni ostatnich 30 lat.

- **Raport Światowej Komisji Środowiska i Rozwoju ONZ „Nasza wspólna przyszłość"** (World Commission on Environment and Development 1987), zwany potocznie raportem Brundtland:
  - Ukonstytuowanie definicji zrównoważonego rozwoju, jako *rozwoju, w którym potrzeby obecnego pokolenia mogą być zaspokojone bez umniejszania szans przyszłych pokoleń na ich zaspokojenie*;
  - Zdefiniowanie dalszych działań, z czego z punktu widzenia pracy najważniejszym wydaje się ochrona zasobów naturalnych i środowiska dzięki ograniczeniu zużycia zasobów naturalnych i skażenia środowiska naturalnego przy jednocześnie ekonomicznie racjonalnych kosztach (PK 2018).
- **Agenda 21** (Conference on Environment and Development 1994):
  - Jest uważana za plan działania na XXI wiek dla Narodów Zjednoczonych;
  - Zwraca uwagę na to, że dotychczasowa działalność człowieka doprowadza do wyniszczenia zasobów naturalnych i niezbędna jest interwencja oraz zmiana sposobu myślenia;
  - Zachęca do poszukiwania nowych metod wykorzystania surowców naturalnych a także do tworzenia nowej, globalnej polityki energetycznej.
- **Milenijne Cele Rozwoju** (PK 2018), które miały zostać osiągnięte przez kraje ONZ do 2015 r. W kontekście pracy warto wyróżnić:
  - Stosowania zrównoważonych metod gospodarowania zasobami naturalnymi;
  - Wprowadzenie zasady zrównoważonego rozwoju w strategiach krajowych państwa ONZ;
  - Wdrożenie metod pozwalających na zminimalizowanie destrukcyjnego wpływu działalności człowieka na kurczące się zasoby naturalne.
- **Raport „Future We Want"** (ONZ 2012):
  - Zwiększenie stopnia wykorzystania energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, co miało wpłynąć na zmniejszenie emisji dwutlenku węgla oraz zanieczyszczeń do atmosfery jak również na wzrost gospodarczy ze względu na rozwój i wdrażanie nowych technologii;
  - Podkreśla istotę uwzględnienia wzajemnie powiązanych dziedzin: społecznej, ekonomicznej i środowiskowej, jako klucz do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.
- **Agendy na rzecz Zrównoważonego Rozwoju 2030** (United Nations 2015):
  - Określa 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju, które są rozwinięciem Milenijnych Celów Rozwoju i miały zostać spełnione do roku 2015;
  - Z punktu widzenia polityki energetycznej, istotnym był Cel 7 – „Zapewnienie wszystkim dostępu do źródeł stabilnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii po przystępnej cenie".

2.2. Unijna polityka energetyczna

Równolegle do międzynarodowej polityki zrównoważonego rozwoju wprowadzane były strategie na szczeblach krajowych oraz na poziomie Unii Europejskiej. Polska, będąc jej członkiem, sukcesywnie wdraża unijne dyrektywy również związane z polityką energetyczną oraz budownictwem. Pierwotnie, wspólna polityka energetyczna obejmowała jedynie wydobycie i dystrybucję węgla kamiennego, jako głównego paliwa wykorzystywanego w państwach członkowskich. Stopniowo zaczęto wprowadzać

przepisy mające na celu uregulowanie i ograniczenie emisji CO_2, wdrożenie i rozwój odnawialnych źródeł energii oraz poprawę efektywności energetycznej budynków.

Poniżej zostały przytoczone unijne akty prawne, które autor uznał za najbardziej znaczące w kontekście kreowania unijnej polityki energetycznej oraz zmian, zachodzących w polskim ustawodawstwie:

- **Dyrektywa 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków** (PE 2002):
  - Jej głównym celem było: *„promowanie charakterystyki energetycznej budynków we Wspólnocie, z uwzględnieniem warunków klimatycznych zewnętrznych i lokalnych oraz wewnętrznych wymagań klimatycznych oraz opłacalności"* (PE 2002 s. 5),
  - Warto zauważyć, że została podniesiona kwestia opłacalności wdrażanych rozwiązań w kontekście stawianych w Dyrektywie wymagań, co będzie miało kontynuację w późniejszych wymogach stawianych budynkom zeroenergetycznym,
  - Określa ogólną metodologię obliczania charakterystyki energetycznej budynków oraz jej minimalne wymagania w stosunku do nowych obiektów i sposobu ich certyfikacji,
  - Wprowadza definicję charakterystyki energetycznej budynku, określając ją, jako „wartość energii zużywanej rzeczywiście lub szacowanej", która jest niezbędna do użytkowania obiektu,
  - Dokładna metodologia oraz minimalne wymagania, co do charakterystyki energetycznej budynków miała zostać ustalona na poziomie krajowym lub regionalnym.
- **Pakiet klimatyczno-energetyczny do 2020 r.** (KE 2009), który zakładał osiągnięcie do 2020 r. trzech celów:
  - Ograniczenie o 20% emisji gazów cieplarnianych w stosunku do poziomu z 1990r.,
  - Zwiększenie o 20% udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych,
  - Zwiększenie o 20% efektywności energetycznej.
- **Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych** (PE 2009a):
  - Odnosi się do pierwszego celu Pakietu „Energia 2020" i zatwierdza dążenie do redukcji emisji gazów cieplarnianych przez Unię Europejską o 20% w stosunku do poziomu z roku 1990,
  - Dla Polski, poziom redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2020 r. został określony na poziomie 14% w stosunku do poziomu emisji z 2005 r.
- **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych** (PE 2009b):
  - Odnosi się do drugiego celu Pakietu „Energia 2020" i wyznacza krajowe cele zwiększenia udziału źródeł odnawialny w końcowym zużyciu energii,
  - Określa udział energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2005 r na poziomie 7,2% (odpowiednio dla Łotwy było to 32,6% a dla Szwecji 39,8%),
  - Docelowy udział dla Polski w roku 2020 został ustalony na poziomie 15% (odpowiednio dla Łotwy – 40%, Szwecji – 49%).
- **Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 31 stycznia 2008 r. w sprawie planu działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii** (PE 2008):

- Odnosi się do trzeciego celu Pakietu „Energia 2020" i uznaje, że poprawa efektywności energetycznej w Unii Europejskiej o 20% do 2020 r. jest osiągalna zarówno ze względu na technologiczne jak i ekonomiczne możliwości założonego celu.

- **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków** (w skrócie: EPBD – Energy Performance of Buildings Directive) (PE 2010):
  - Zostały wprowadzone wspólne zasady metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków,
  - Miała wprowadzić narzędzia umożliwiające zwiększenie liczby budynków „o niemal zerowym zużyciu energii",
  - Jej następstwem w Polsce jest wprowadzenie *Ustawy o charakterystyce energetycznej budynków* (Dz. U. 2014 poz. 1200 2014),
  - Wprowadza definicję *„budynku o niemal zerowym zużyciu energii",*
  - Obliguje państwa członkowskie, aby wszystkie nowe budynki od 2021 r. (a budynki zajmowane przez władze państwowe od 2019 r.) były budynkami o niemal zerowym zużyciu,
  - Obliguje państwa członkowskie, aby opracowały krajowe plany mające na celu zwiększenie liczby budynków o niema zerowym zużyciu energii, które zawierać będą indywidualne definicje takich budynków.
- **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2012/27/UE** z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej (w skrócie: EED – Energy Efficency Directive) (PE 2012):
  - Wprowadza cel by w Unii Europejskiej do roku 2020 oszczędność zużycia energii pierwotnej była na poziomie 20%,
  - Działania w dążeniu do realizacji tego celu mają objąć m.in. działalność w zakresie architektury, produkcji materiałów oraz wyrobów budowlanych,
  - Podkreśla wiodącą rolę instytucji publicznych, jako przykładu w ograniczaniu zużycia energii,
  - Jej następstwem w Polsce jest wprowadzenie *Ustawy o efektywności energetycznej* (Dz. U. 2016 poz. 831 2016).
- **Ramy polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030** (KE 2014a), które są rozszerzeniem Pakietu klimatyczno-energetycznego z roku 2007 i wyznaczają 3 najważniejsze cele na 2030 r.:
  - Ograniczenie o co najmniej 40 % emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 r.),
  - Zwiększenie do co najmniej 32 % udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii,
  - Zwiększenie, o co najmniej 32,5 % efektywności energetycznej.
- **Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2018/844/UE** zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (PE 2018):
  - Wprowadza *długoterminową strategię renowacji* budynków istniejących by zapewnić ich wysoką efektywność energetyczną do roku 2050,
  - Uszczegóławia zapisy związane z efektywnością energetyczną, w szczególności związane systemami ogrzewania, klimatyzacji,
  - Wprowadza nowe definicje, m.in.: systemu automatyki i sterowania budynku, systemu ogrzewania, źródła ciepła.

2.3. Polskie wymogi efektywności energetycznej

W polskim ustawodawstwie największy wpływ na kwestie wymogów efektywności energetycznej w budownictwie mają trzy dokumenty:

- Prawo Budowlane (Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414 1994) z późniejszymi zmianami (w skrócie PB),
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 2002) z późniejszymi zmianami (w skrócie WT),
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2012 poz. 462 2012) z późniejszymi zmianami.

Równolegle do wspomnianych dokumentów należy również wspomnieć o Ustawie o charakterystyce energetycznej budynków, której zapisy wprowadziły również obowiązek tworzenia *Krajowego Planu Działań* w kierunku zwiększenia liczby budynków o niskim zużyciu energii.

Do istotnych działań ustawodawczych, autor zakwalifikował również, działający w latach 2012 – 2016, program dopłat do kredytów na budowę domów i zakup domów i mieszkań o standardach energooszczędnych prowadzony przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. W ocenie autora, działalność tego programu przyczyniła się do rozwoju architektury energooszczędnej oraz zwiększenia świadomości w tym aspekcie potencjalnych inwestorów w Polsce. O ile zapisy programu nie stanowią obowiązującego prawa, o tyle autor uważa, że są znaczącym działaniem władz polskich w dążeniu do budownictwa zeroenergetycznego.

Dalsza część podrozdziału przybliża polskie uwarunkowania formalno-prawne BWBZE w zakresie

- Prawa Budowlanego,
- Warunków Technicznych,
- Rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy, projektu budowlanego,
- Ustawy o charakterystyce energetycznej
- Krajowych Planów Działania dotyczących efektywności energetycznej,
- Programu dopłat do budynków mieszkalnych energooszczędnych NFOŚiGW.

2.3.1. Prawo Budowlane

Głównym aktem prawnym, który normuje w Polsce kwestie związane m.in. z projektowanie i budową obiektów budowlanych jest Ustawa Prawo Budowlane. Według Art. 1. PB z 7 lipca 1994 (Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414 1994) normuje ona „*działalność obejmującą sprawy projektowania, budowy, utrzymania i rozbiórki obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji państwowej w tych dziedzinach*". Ustawa mówi również, że „*obiekt budowlany należy projektować, budować i utrzymywać [...] w sposób zapewniający: [...] ochronę środowiska, [...] racjonalne wykorzystanie energii, ...*". Od wejścia w życie Ustawy, była ona wielokrotnie nowelizowana. Poniżej zostały wypisane wymogi, wraz z ich zmianami, które według autora bezpośrednio wpływają na kwestie efektywności energetycznej w architekturze.

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414 1994)

Największym wpływem ustawy na efektywność energetyczną budynków są wymogi formalne, co do zawartości projektu budowlanego, będącego podstawą do wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. Art. 34. pkt. 3. ust. 2) nakłada na projektanta obowiązek by projekt architektoniczno-budowlany zawierał opis projektowanej charakterystyki energetycznej i ekologicznej projektowanego obiektu.

Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz o zmianie niektórych ustaw (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 718 2003)

Zostały wprowadzone zmiany, zmieniające zapis art. 5. ustawy. Art. 5. 1. wprowadza zapis, aby obiekty budowlane wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi projektować i budować w taki sposób by zapewnić spełnienie podstawowych wymagań m.in. w zakresie *„oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród"*. W tym zakresie został zmieniony zapis by jedynie zapewnić *„racjonalne wykorzystanie energii"*.

Ustawa z dnia 19 września 2007 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane (Dz. U. 2007 nr 191 poz. 1373 2007)

W treści w/w ustawy dodano wymóg by każdy, oddawany do użytku budynek (z wyłączeniem – ust. 7 art. 5) posiadał wykonaną charakterystykę energetyczną w formie świadectwa. Powinna ona być odzwierciedleniem energii potrzebnej do zaspokojenia niezbędnych potrzeba związanych z użytkowaniem budynku. Okres ważności świadectwa określono na 10 lat od daty jego wykonania. Dla budynków mieszkalnych z odrębnymi lokalami mieszkalnymi, wymagane świadectwo charakterystyki energetycznej powinno zostać wykonane dla każdego lokalu z osobna. W ustawie określono również wymagania stawiane świadectwom charakterystyki energetycznej.

Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o gospodarce nieruchomościami (Dz. U. 2009 nr 161 poz. 1279 2009)

W wyniku wprowadzonych zapisów ustawy, wymagania stawiane świadectwom charakterystyki energetycznej zostały rozszerzone o wymóg *„wskazania możliwych do realizacji robót budowlanych, mogących poprawić pod względem opłacalności"* charakterystykę energetyczną budynku, jego części lub wydzielonego lokalu (Dz. U. 2009 nr 161 poz. 1279 2009 s. 1).

Ustawa z dnia 25 czerwca 2015 r. o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych, ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych oraz ustawy o systemie oceny zgodności (Dz. U. 2015 poz. 1165 2015)

Ostateczną formę powyższego zapisu, po raz ostatni zmodyfikowano w 2015 r. wprowadzając wymaganie by projektowany budynek został rozszerzony o *„zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalny"* (Dz. U. 2015 poz. 1165 2015 s. 1).

2.3.2. Warunki Techniczne

Prawo Budowlane w Art. 7. przywołuje obowiązujące przepisy techniczno-budowlane, do których zaliczone zostają Warunki Techniczne, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane i ich usytuowanie. Obejmują one również kwestie związane z

energochłonnością budynków. Zmiany tych wymagań w ostatnich latach są bezpośrednim narzędziem wprowadzania w Polsce unijnej polityki energetycznej. Poniżej, w kolejności chronologicznej, zostały opisane zmiany wprowadzane w rozporządzeniu. Wyszczególnione zapisy, wraz z ich zmianami, zostały uznane przez autora za najistotniejsze z punktu widzenia niniejszej pracy.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 2002)

Jedną z pierwszych zmian, mających wpływ na energooszczędność budynku było wprowadzenie zapisu w §328 mówiącego, że *„budynek i jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość energii cieplnej, potrzebnej do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie"*. W §329 zostały określone wymagania zapotrzebowania energetycznego poszczególnych typów budynków, jak również wymagania w stosunku do parametrów ich przegród budowlanych. Narzucony został obowiązek by w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych spełnić odpowiednią wartość wskaźnika *E*. Jest to obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową (ciepło) potrzebną do ogrzania $1m^3$ kubatury ogrzewanej budynku. Wartość ta musiała być poniżej wartości granicznej E_0, która została określona w zależności od współczynnika *A/V* budynku:

- *A/V ≤ 0,20 - E0=29 kWh/(m3 rok)*
- *0,20 < A/V < 0,90 - E0=26,6 + 12 A/V kWh/(m3 rok)*
- *A/V ≥ 0,90 - E0=37,4 kWh/(m3 rok).*

Dodatkowo, przegrody budowlane musiały odpowiadać wymaganiom określonym w załączniku *Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii*. Określono w nim graniczne wartości współczynników przenikania ciepła Uk dla poszczególnych przegród budowlanych oraz okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych i zamieszkania zbiorowego. Podane wartości dla przegród budowlanych, w przypadku tych budynków, dotyczyły jedynie ścian wewnętrznych pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi a klatkami schodowymi lub korytarzami oraz ścian przyległych do szczelin dylatacyjnych o określonych szerokościach.

Dla budynków mieszkalnych zostały określone minimalne wartości sumy oporów cieplnych dla podłóg układanych na gruncie oraz ścian zewnętrznych stykających się z gruntem na odcinku ściany równym 1,0 m licząc od poziomu terenu. Przepisy przewidywały również by budynki mieszkalne projektować i wykonywać tak by osiągnąć ich całkowitą szczelność na przenikanie powietrza. Jednak dokładne współczynniki szczelności obudowy zewnętrznej nie zostały wprowadzone.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2008 nr 201 poz. 1240 2008)

W dziale *IV Wyposażenie techniczne budynków* został dodany zapis by starty ciepła na przesyłach instalacjach ciepłej wody użytkowej i ogrzewania były na *„racjonalnie niskim poziomie"*. Jednak znaczącą zmianą było wykreślenie z §328 wymagania by jedynie energia cieplna potrzebna do użytkowania budynku była na *„racjonalnie niskim poziomie"*. W zamian wprowadzono zapis mówiący o tym, że *„ilość ciepła chłodu i energii*

elektrycznej, potrzebnych do użytkowania budynku [...] można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie". Dodano również obowiązek by budynek został tak zaprojektowany by „*ograniczyć ryzyko przegrzewania*" w okresie letnim.

Wymagany współczynnik energii końcowej E_0 został zamieniony na wskaźnik energii pierwotnej *EP*, który wyraża roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji i przygotowani ciepłej wody użytkowej oraz chłodzenia.

Istotną zmianą dla budynków mieszkalnych było określenie maksymalnej wartości wskaźnika EP_{H+W} (energia pierwotna potrzebna do ogrzewania i wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej) w zależności od współczynnika kształtu budynku A/V_e, gdzie V_e oznacza kubaturę ogrzewanej części budynku liczoną po obrysie wewnętrznym.

- $A/V_e \leq 0,20 - EP_{H+W}=73 + \Delta EP$ *kWh/(m³ rok)*
- $0,20 < A/V_e < 1,05 - EP_{H+W} =55 + 90 \cdot (A/V_e) + \Delta EP$ *kWh/(m³ rok)*
- $A/V_e \geq 1,05 - EP_{H+W} =149,5 + \Delta EP$ *kWh/(m³ rok).*
  Gdzie $\Delta EP=\Delta EP_W$ *i oznacza dodatek na jednostkowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do przygotowania ciepłej wody użytkowej w ciągu roku.*

W budynkach mieszkalnych wyposażonych w aktywne chłodzenie wprowadzono współczynnik energii pierwotnej EP_{HC+W}*, który obliczono na podstawie wzoru:*

$$EP_{HC+W} = EP_{H+W} + (5 + 15 \cdot A_{w,e}/A_f)(1 - 0,2 \cdot A/V_g) \cdot A_{f,c}/A_f \text{ kWh/(m}^3 \text{ rok)}$$

Gdzie:

- EP_{H+W} *- wartość według zależności podanej w pkt.1),*
- $A_{w,e}$ *– powierzchnia ścian zewnętrznych budynku, liczona po obrysie zewnętrznym,*
- $A_{f,c}$ *– powierzchnia użytkowa chłodzona budynku (lokalu),*
- A_f *- powierzchnia użytkowa ogrzewana budynku (lokalu),*
- V_e *– jest kubaturą ogrzewanej części budynku, pomniejszoną o podcienia, balkony, loggie, galerie itp., liczoną po obrysie zewnętrznym.*

W stosunku do budynków wielorodzinnych utrzymano warunek spełnienia wymogów izolacyjności cieplnej przegród budowlanych, jednak ich zakres rozszerzono. Od tej pory, również ściany zewnętrzne, dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami, jak również stropy nad piwnicami nieogrzewanymi zostały obostrzone granicznym dopuszczalnym współczynnikiem przenikania ciepła $U_{(max)}$.

Wzorem innych budynków, w nowelizacji zostały ujęte wymagania w stosunku do powierzchni okien również w budynkach wielorodzinnych. Została określona maksymalna powierzchnia okien, których współczynnik przenikania ciepła nie był mniejszy niż 1,5 W/(m²K) i wyrażona wzorem:

$$A_{0max} = 0,15\ A_z + 0,03\ A_w$$

Gdzie:

- *A_z – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,*
- *A_w – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z.*

Wymóg dążenia do całkowitej szczelności obudowy zewnętrznej budynku, w tym mieszkalnych, został rozszerzony o zalecaną próbę szczelności. Zostały wprowadzone wymagania, co do szczelności powietrznej:

- *Dla budynku z wentylacją grawitacyjną – $n_{50} \leq 3{,}0\ h^{-1}$*
- *Dla budynku z wentylacją mechaniczną - $n_{50} \leq 1{,}5\ h^{-1}$.*

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2013 poz. 926 2013)

Wprowadzone zmiany są bezpośrednim następstwem wdrażania w Polsce dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (PE 2010 s. 31).

Zmiany objęły jeden z głównych zapisów dotyczących efektywności energetycznej w budynkach - §328. W miejsce wymogu by ilość wymaganej energii utrzymać na *„racjonalnie niskim poziomie"*, zostaje wprowadzony zapis by budynek spełniał minimalne wymagania, co do wartości wskaźnika *EP* oraz izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Dodatkowo, wymóg by uwzględniać oświetlenie wbudowane zostaje rozszerzony o budynki zamieszkania zbiorowego, produkcyjne, gospodarcze oraz magazynowe.

Wymagane wartości wskaźnika *EP* [kwh/m^2 rok], określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlania wbudowanego (dla określonych budynków), muszą być niższe niż wartości obliczone zgodnie z wprowadzonym wzorem.

Maksymalną wartość wskaźnika EP określającego roczne obliczeniowe zapotrzebowanie budynku na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz oświetlenia oblicza się zgodnie z poniższym wzorem:

$$EP = EP_{H+W} + \Delta EP_C + \Delta EP_L$$

Gdzie:

- *EP_{H+W} - cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,*
- *ΔEP_C – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia,*
- *ΔEP_L – cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia.*

Cząstkowe maksymalne wartości wskaźników EP zostały wprowadzone w trzech etapach ich zaostrzania. Ich wartości miały zacząć obowiązywać odpowiednio od 1

stycznia 2014 r., od 1 stycznia 2017 r. oraz od 1 stycznia 2021 r., przy czym „*w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością*" już od 1 stycznia 2019 r.. Wymagania zostały przytoczone w tabeli 2.3.1.

Rodzaj budynku	Cząstkowe maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej [kWh/(m²·rok)]		
	Od 1 stycznia 2014 r.	Od 1 stycznia 2017 r.	Od 1 stycznia 2021 r.[19]
Budynek mieszkalny: b) wielorodzinny	105	85	65

Tabela 2.3.1 Cząstkowe maksymalne wartości współczynnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Opracowanie własne na postawie WT 2013

Wymagane wartości izolacyjności cieplnej przegród budowlanych, okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych określono w załączniku nr 2 do rozporządzenia. Ich wartości również zostały podzielone na trzy etapy wdrażania, analogicznie do wymagań stawianych wartościom wskaźników *EP*.

Załącznik nr 2 określił również wymagania stawiane powierzchni okien w budynkach. Dla budynków mieszkalnych oraz zamieszkania zbiorowego „pole powierzchni A_0 okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż 0,9 W/(m² K), nie może być większe niż wartość A_{0max} obliczone według wzoru:

$$A_{0max} = 0,15 \cdot A_Z + 0,03 \cdot A_W$$

Gdzie:

- A_Z *– jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,*
- A_W *– jest sumą pół powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu* A_Z.

Został wprowadzony zapis zalecający, w przypadku zakończenia budowy budynków, m.in. mieszkalnych, wykonanie próby szczelności zgodnie z Polską Normą dotyczącej określania przepuszczalności powietrznej budynków w celu uzyskania zalecanej szczelności.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017)

W ustępie określającym maksymalną wartość rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną *EP* wprowadzono zapis, który w sprawie metody obliczenia wartości wskaźnika odwołuje do „*przepisów wydanych na podstawie art. 15 ustawy z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków*". Zrezygnowano z wymogów, co do powierzchni okien, wg załącznika nr 2 do rozporządzenia.

[19] Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością.

Wprowadzono zapis, który za budynek „*o niskim zużyciu energii*" uważa taki budynek, który spełni „*wymagania minimalne określone w ust. 1, na dzień 31 grudnia 2020 r., a w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością – na dzień 1 stycznia 2019 r.*" Wymagane cząstkowe wartości wskaźnika *EP* nie uległy zmianie. Zmieniono jedynie datę wejścia w życie z „*od 1 stycznia 2021 r.*" na „*od 31 grudnia 2020 r.*".

Zmianie uległ również załącznik nr 2 do rozporządzenia. Jego część merytoryczna w zakresie punktu 1. „*Izolacyjność cieplna przegród*" praktycznie nie zmieniła brzmienia. Została jedynie zmodyfikowania data wdrożenia wymagań, analogicznie do daty wejścia w życie ostatecznych wymagań w stosunku do wartości wskaźnika *EP*. W pkt. 2. Załącznika nr 2 do rozporządzenia, zrezygnowano z wymogów w stosunku do powierzchni maksymalnych okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, których współczynnik przenikania ciepła nie jest mniejszy od 0,9 W/(m2K)

2.3.3. Rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego

Wprowadzone w 2012 r. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego określa m.in. wymaganą zawartość formalną projektu budowlanego będącego podstawą do wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. Zgodnie z Art. 29 Prawa Budowlanego, zamierzenie budowlane, jakim jest budowa budynku wielorodzinnego wymaga wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. Jest ona wydawana na podstawie wniosku, który musi zawierać projekt budowlany o określonym zakresie i formie. W wymogach znajdują się również odniesienia do dokumentów związanych również z zapotrzebowaniem energetycznym budynków, co autor uznał za istotne w kontekście wymagań formalnych stawianych budynkom oraz ich projektom w Polsce.

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2012 poz. 462 2012)

Zapisy rozporządzenia wymagają by w części opisu technicznego, dotyczącej planowanego obiektu budowlanego zawrzeć rozwiązania budowlano-instalacyjne, które umożliwią wykorzystanie budynku zgodnie z jego przeznaczeniem. Dotyczy to m.in. instalacji grzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych oraz chłodniczych, dla których oprócz wykazania założonych parametrów klimatycznych należy również przedstawić „*racjonalizację użytkowania energii*".

Istotnym wymogiem części opisowej jest załączenie projektowanej charakterystyki energetycznej budynku. Powinna ona zostać sporządzona zgodnie z przepisami dotyczącymi metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i zawierać m.in. bilans mocy urządzeń, właściwości cieplne przegród zewnętrznych, parametry sprawności energetycznej instalacji ogrzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych oraz chłodniczych, dane wykazujące spełnienie wymagań dotyczących oszczędności energii, które zostały zawarte w WT.

W opisie należy również uwzględnić dane na temat wpływu budynku na środowisko oraz na zdrowie ludzi w zakresie m.in. emisji gazów. Rozporządzenie wymaga załączenia analiz możliwości racjonalnego wykorzystania pod względem technicznym, ekonomicznym i środowiskowym odnawialnych źródeł energii. Zaliczone zostały do nich

m.in. energia geotermalna, energia promieniowania słonecznego, energia wiatru, tzw. kogeneracja. Wymóg ten stawiany jest jedynie obiektom o powierzchni użytkowej większej niż 1000m^2. W części rysunkowej, należy zawrzeć rozwiązania budowlane, które mają wpływ na właściwości cieplne oraz szczelność powietrzną przegród.

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 21 czerwca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2013 poz. 762 2013)

Wspominane powyżej analizy możliwości racjonalnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii zostały rozszerzone o wymóg wykonania ich dla wszystkich budynków. Zmieniono również jego brzmienie. Od tej pory wymagane jest dołączenie analizy możliwości wykorzystania „*wysokoefektywnych systemów alternatywnych zaopatrzenia w energię i ciepło*". Zaliczone zostały do nich m.in. zdecentralizowane systemy dostawy energii oparte o źródła odnawialne czy kogenerację. Należy podkreślić wprowadzenie wymogu wysokiej efektywności tych źródeł energii. W analizie należy m.in. wykazać dostępne nośniki energii wraz z warunkami przyłączenia budynku do sieci zewnętrznych. Wymagane jest również zestawienie dwóch systemów zaopatrzenia w energię – konwencjonalnego oraz alternatywnego i porównania wyników analiz porównawczych.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 22 września 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. 2015 poz. 1554 2015)

W ostatniej zmianie rozporządzenia jedyną istotną zmianą było przywołanie aktualnie obowiązującej ustawy o charakterystyce energetycznej budynków (Dz.U. 2014 poz. 1200 2015), jako podstawa metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku.

2.3.4. Ustawa o charakterystyce energetycznej

Bezpośrednim następstwem w Polsce Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków było wprowadzenie systemu świadectw charakterystyki energetycznej budynków. Zapisu dokonano w oparciu o Ustawę o charakterystyce energetycznej budynków (Dz. U. 2014 poz. 1200 2014).

W Ustawie zostały określone jednolite zasady sporządzania tzw. świadectw charakterystyki energetycznej, które muszą zostać wyrażone według współczynnika energii pierwotnej. Jego wartość została określona w WT jako (Dz. U. 2015 poz. 1422 2015 s. 91):

> *„...roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych również do oświetlenia wbudowanego, obliczonej według przepisów dotyczących metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków, mniejszej od wartości granicznej określonej w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie...".*

Ustawodawca odniósł graniczne wartości współczynnika *EP* do funkcji budynku. Ich wprowadzanie zostało podzielona na 3 etapy, przytoczone w poprzednim podrozdziale.

Wprowadzając znacznie szybszy termin najostrzejszych wymogów dla budynków publicznych, ustawodawca chciał podkreślić ich wzorcową rolę w dążeniu do osiągnięcia budynków o niemal zerowym zużyciu energii. Równocześnie warto zauważyć, że drugi najniższy wskaźnik *EP* został wprowadzony dla budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego.

Obok wspomnianego współczynnika *EP*, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz. U. 2015 poz. 376 2017) wprowadza również obowiązek wskazania rocznego zapotrzebowania na energię końcową (*EK*) oraz energię użytkową. Jest to wymóg jedynie dla celów poglądowych i w chwili pisania pracy, nie zostały określone ich żadne wartości graniczne w polskim, jak również w europejskim, ustawodawstwie.

W Rozdziale 5. Ustawy o charakterystyce energetycznej (Dz. U. 2014 poz. 1200 2014 s. 15) został wprowadzony obowiązek stworzenia projektu tzw. *„krajowego planu działań mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii"* Zostaje on wprowadzony *Uchwałą nr 91 Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii"*. Zapisy ustawy utożsamiają, w warunkach krajowych, budynek *o niemal zerowym zużyciu energii* z budynkiem *o niskim zużyciu energii* (M.P. 2015 poz. 614 2015 s. 5). Zostaje również zarekomendowana, do stosowania w praktyce krajowej, definicja takiego budynku:

> *„Definicja: Przez „budynek o niskim zużyciu energii" należy rozumieć budynek, spełniający wymogi związane z oszczędnością energii i izolacyjnością cieplną zawarte w przepisach technicznobudowlanych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 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.".*

Można, zatem przyjąć, że cytowana powyżej definicja jest obowiązującą w Polsce dla budynków blisko zeroenergetycznych.

2.3.5. Krajowe plany działań dotyczące efektywności energetycznej

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej została wdrożona w Polsce na postawie Ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (Dz. U. 2014 poz. 1200 2014 s. 20). Określa ona:

- *Zasady opracowania krajowego planu działań dotyczącego efektywności energetycznej;*

- *Zadania jednostek sektora publicznego w zakresie efektywności energetycznej;*
- *Zasady realizacji obowiązku uzyskania oszczędności energii;*
- *Zasady przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstw.*

Ustawa wprowadza zasady opracowania *„krajowego planu działań dotyczącego efektywności energetycznej,"* którego głównym celem ma być opisanie działań wpływających na poprawienie efektywności energetycznej w Polsce. Jego aktualizacja ma następować co 3 lata. Ustawa akcentuje rolę budynków sektora publicznego, które mają pełnić rolę wzorcowych pod kątem wdrażania efektywności energetycznej. W stosunku do przedsiębiorstw energetycznych a także końcowych odbiorców energii zostaje wprowadzony obowiązek realizacji przedsięwzięć mających na celu *„poprawę efektywności energetycznej u odbiorcy końcowego"* co zaowocować miało oszczędnością energii (Dz. U. 2016 poz. 831 2016 s. 5). Zobowiązane podmioty miały wykazywać uzyskanie w każdym roku oszczędności energii finalnej na poziomie 1,5%. W stosunku do przedsiębiorców, z wyłączeniem mikro, małych i średnich przedsiębiorstw, zostaje wprowadzony obowiązek wykonywania audytu energetycznego co 4 lata. Miał on na celu przeprowadzenie obliczeń proponowanych przedsięwzięć, które miałyby służyć poprawie efektywności energetycznej i zobrazować potencjał w oszczędności energii.

Do tej pory zostały opublikowane 4 Krajowe Plany Działania dotyczące efektywności energetycznej:

- **Plan pierwszy** (MG 2007):
  - Wyznaczył cel, jakim było uzyskanie do 2016 r. oszczędności energii finalnej na poziomie nie niższym niż 9% średniego krajowego zużycia energii finalnej z lat 2001-2005.
- **Plan drugi** (MG 2012):
  - Zawiera podsumowanie efektów, jakie zostały osiągnięte w pierwszych latach Krajowego Planu Działania.
- **Plan trzeci** (MG 2014):
  - Wprowadził nowy cel efektywności energetycznej na rok 2020.
- **Plan czwarty** (ME 2017):
  - Zakładał wzrost efektywności energetycznej gospodarki w oparciu głównie o mechanizmy rynkowe przy jednoczesnym minimalizowaniu udziału finansowania publicznego,
  - Prognozowana oszczędność zużycia energii pierwotnej w Polsce w 2020 r. miała wynieść 11.97 Mtoe a energii finalnej 7,51 Mtoe,
  - Opisuje również środki w dążeniu do podwyższenia efektywności energetycznej w Polsce.

2.3.6. Program dopłat do budynków mieszkalnych energooszczędnych NFOŚiGW

Jednym z krajowych działań mających na celu zwiększenie liczby realizowanych w Polsce budynków w standardach energooszczędnych był priorytetowy program Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej pn. „ Efektywne wykorzystanie energii. Dopłaty do kredytów na budowę domów energooszczędnych" (NFOŚiGW 2012a). Został on zatwierdzony przez Radę Nadzorczą NFOŚiGW w 2012 r. Program został zaplanowany w dwóch turach i miał obejmować na lata 2014-2015 oraz 2016-2018. Został jednak on zakończony w lipcu 2016 r. Jego celem było wsparcie osób fizycznych przy budowie budynków mieszkalnych w standardach energooszczędnych. Na ten cel zostały przeznaczone środki w wysokości 300 mln zł. Miało to pobudzić rozwój budownictwa energooszczędnego przy równoczesnej edukacji społeczeństwa na temat oszczędzania energii. W efekcie miało powstać *„około 12 tysięcy domów i mieszkań o niskim zapotrzebowaniu na energię…"* (NFOŚiGW 2012d). Niestety program nie osiągnął założonego celu. Według oficjalnych danych NFOŚiGW (NFOŚiGW 2016), na pierwszą turę programu (lata 2014-2015) przeznaczono środki w wysokości ok. 17,4 mln zł, z czego wykorzystano ok. 5,3 mln zł, co przekłada się na 30% zrealizowanego planu. Na drugą turę programu (lata 2016-2018) przeznaczono już ok. 282,5 mln zł. Niestety program został wstrzymany przed jej uruchomieniem. Oznacza to, że z łącznie przeznaczonych 300 mln zł zostało wykorzystanych jedynie ok. 1,8%. Przełożyło się to na 158 przedsięwzięć z planowanych ok. 12 tys. domów jednorodzinnych i mieszkań w budynkach wielorodzinnych.

Program dopłat został opracowany, jako bezpośrednia odpowiedź na wymogi zawarte w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE by od 2021 wszystkie nowopowstające budynki były obiektami o niemal zerowym zużyciu energii. Dopłaty na częściowe spłaty kapitału kredytów bankowych, zaciągniętych na realizację budynków o odpowiednich standardach energooszczędnych miał być zachętą dla inwestorów do takich działań. Z dotacji mogły skorzystać osoby fizyczne, które zamierzały budować budynek jednorodzinny bądź osoby planujące zakup takiego budynku lub mieszkania w budynku wielorodzinnym z rynku pierwotnego. Koszty kwalifikowane w programie obejmowały praktycznie cały proces inwestycyjny, tj. wykonanie projektu budowlanego, koszty weryfikacji dokumentacji pod kątem programu, koszt wykonania testu szczelności budynku a przede wszystkim koszty związane z samą budową, z wyłączeniem kosztów wykończenia budynku czy mieszkania. Wysokość dotacji została podzielona na budynki jednorodzinne oraz mieszkania w budynkach wielorodzinnych i zależała od osiągniętego parametru energooszczędności określonego jako NF15 oraz NF40. Wartości dotacji zostały przytoczone w tabeli 2.3.2.

Rodzaj budynku	Wysokość dotacji dla NF15[20]	Wysokość dotacji dla NF4020
Budynek jednorodzinny	50 000 zł	30 000 zł
Mieszkania w budynku wielorodzinnym	**16 000 zł**	**11 000 zł**

Tabela 2.3.2 Wysokości dotacji dla budynków NF15 i NF40. Opracowanie własne na podstawie NFOŚiGW

Klasyfikacja NF15 i NF40 nawiązywała bezpośrednio do granicznych wskaźników rocznego jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do celów ogrzewania i wentylacji (*EUco*), obliczonego na podstawie rozporządzenia sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynków (Dz. U. 2008 nr 201 poz. 1240 2008)

[20] Kwoty brutto.

oraz z uwzględnieniem wytycznych zawartych w programie dopłat. Progi wynosiły odpowiednio 15 kWh/m^{2}a dla budynków NF 15 oraz 40 kWh/m^{2}a dla budynków NF40.

Oprócz osiągnięcia odpowiedniego wskaźnika *EUco*, budynek musiał spełnić również szereg wymogów zawartych w Wymaganiach technicznych dla budynków (NFOŚiGW 2012e). Z punktu widzenia pracy, są one, zdaniem autora, istotnym wkładem w rozwój budownictwa efektywnego energetycznie w Polsce. Stanowią jeden z pierwszych, szczegółowych zestawów parametrów, jakie powinny spełniać takie budynki by osiągnąć pewien próg energooszczędności. Oczywiście nie jest to instrukcja, która podaje gotowe rozwiązania, jednak wydaje się, że był to wzorzec, który mógł być podstawą przy dobieraniu parametrów odpowiednich składowych budynku tak by finalnie osiągnąć założony poziom zapotrzebowania na energię. Swego rodzaju dodatkiem do wymagań był opublikowany, na podstawie przygotowanej przez Krajową Agencję Poszanowania Energii S.A. ekspertyzy, „Podręcznik dobrych praktyk" (NFOŚiGW 2012b). Zostały w nim opisane działania mogące przyczynić się do zmniejszenia kosztów późniejszego użytkowania budynku czy ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Zamieszczone w podręczniku zalecenia nie były obligatoryjne i nie miały wpływu na uzyskanie dotacji w ramach programu.

Pierwsza wersja wymogów pojawiła się w listopadzie 2012 r. a w grudniu 2015 r. zostały ostatecznie zrewidowane pod kątem ich złagodzenia. Wymagania stawiane budynkom zostały podzielone analogicznie do kategorii dopłat na budynki jednorodzinne NF15 i NF40 oraz budynki wielorodzinne NF15 i NF40. Zostały one zebrane w tzw. „Listach Sprawdzających weryfikacji projektu budowlanego" i obejmowały wymogi co do:

- *Projektu budowlanego, m.in. zawartość projektu pod kątem obliczeń efektywności energetycznej,*
- *Bryły i konstrukcji budynku, m.in. graniczne wartości przenikania ciepła przez przegrody;*
- *Układów instalacji wentylacji mechanicznej, ogrzewania i przygotowania C.W.U., m.in. minimalne wartości sprawności układów.*

Zasadnicze różnice pomiędzy wymogami dla budynków jednorodzinnych i wielorodzinnych były w granicznych wartościach współczynników przenikania ciepła przez niektóre przegrody oraz minimalnych sprawnościach układów wentylacji mechanicznej, ogrzewania, przygotowania C.W.U..

Oprócz spełnienia wymagań technicznych, potencjalny beneficjent musiał również spełnić wymagania co do samej procedury ubiegania się o dotację. Została ona opisana na stronach NFOŚiGW (NFOŚiGW 2012c) w podziale na dopłaty do kredytów na budowę domu jednorodzinnego przez osobę fizyczną oraz na zakup domu lub mieszkania od dewelopera. W obu przypadkach pierwszym krokiem było wykonanie projektu budowlanego obiektu zgodnie z wymogami NFOŚiGW i jego pozytywna weryfikacja pod tym kątem przez akredytowanego weryfikatora. Kolejnym kluczowym etapem było podpisanie umowy z przyszłym wykonawcą na wykonanie robót budowlanych. Następnie beneficjent musiał złożyć wniosek do banku o kredyt z dotacją. Wysokość kwoty kredytowanej musiała wynosić przynajmniej równowartość wnioskowanej dopłaty. Ten etap, dla planujących zakup domu lub mieszkania, należało poprzedzić podpisaniem umowy przedwstępnej z deweloperem. Wiele osób planujących budowę domów uznawało wymóg wzięcia kredytu w jednym z wyznaczonych banków za wadę programu dopłat (informacje pozyskane przez autora w bezpośrednim kontakcie z inwestorami oraz projektantami). Po zawarciu umowy kredytowej,

beneficjent lub deweloper mógł przystąpić do realizacji przedsięwzięcia. Po odbiorze, budynek miał zostać zweryfikowany przez akredytowanego weryfikatora pod względem spełnienia stawianych przez NFOŚiGW wymagań. Wiązało się to m.in. z przeprowadzeniem wymaganej próby szczelności budynku, która miała potwierdzić szczelność na odpowiednim poziomie. Wykonanie tylko jednej próby szczelności na końcowym etapie budowy, według autora wydaje się niewystarczająca. Uchybienia w trakcie wykonywania robót budowlanych mogły prowadzić do powstania licznych nieszczelności obudowy zewnętrznej budynku. Wyeliminowania ich na etapie ukończonego budynku mogło generować znaczne środki. Można temu było zapobiec wykonując dwie próby, z których pierwsza wykonana miałaby zostać wykonana przed wykonaniem instalacji wewnętrznych. Pozwoliłoby to na wykrycie znacznych nieszczelności w samej obudowie budynku z wyłączeniem potencjalnych uchybień powstałych w trakcie wykonywania instalacji wewnętrznych. Druga próba, wykonana na sam koniec budowy byłaby wtedy jedynie potwierdzeniem poprawnie wykonanego budynku i minimalizowałaby ryzyko negatywnej oceny przez weryfikatora. Dopiero pozytywna weryfikacja pozwalałaby na wystąpienie przez beneficjenta do banku o dotację. Dotacja podlegałaby kontroli banku pod kątem jej wykorzystania. Po pozytywnej weryfikacji, pomniejszałaby kapitał zaciągniętego kredytu.

W ocenie autora, program dopłat do budowy lub zakupu domów jednorodzinnych bądź mieszkań w standardach energooszczędnych był ogromną szansą na rozwój takiego budownictwa w Polsce. Niestety prezentowane przez NFOŚiGW wyniki są dalekie od satysfakcjonujących. Wykorzystanie przeznaczonych na ten program 300 mln zł jedynie w 1,8% można uznać za porażkę. Jej przyczyn można upatrywać w kilku miejscach. Przede wszystkim wysokość dopłat nie do końca została dostosowana do realiów rynku budownictwa energooszczędnego, które panowały na początku działalności programu. Rynek wtedy nie był jeszcze nasycony materiałami budowlanymi, które były niezbędne do zrealizowania budynku według wymagań stawianych w programie. Ograniczona dostępność była powodem znacznie wyższych cen takich materiałów. Autor, na przełomie 2013 i 2014 r. brał udział w programie tworzenia dokumentacji technicznych dla budynków jednorodzinnych w standardach NF15 oraz NF40 przy Centrum Technologii Energetycznych w Świdnicy. Z ówczesnych doświadczeń wynika, że koszt drzwi wejściowych spełniających wymóg granicznej wartości współczynnika U na poziomie 1,3 W/m^{2}K (do końca 2013 r. wymagany był na poziomie nieprzekraczającym 2,6 W/m^{2}K) wynosił nawet 10 tys. zł. Należy pamiętać, że wysokość dopłaty w przypadku budowy domu jednorodzinnego w standardzie NF40 wynosiła 30 tys. zł brutto. Aby ją uzyskać należało m.in. pokryć koszty weryfikacji projektu, wykonania próby szczelności budynku oraz jego weryfikacji po ukończeniu. W finalnym rozrachunku kwota ta nie pozwalała na pełne pokrycie zwiększonych kosztów budowy takiego obiektu. Taka zależność nie wpływała korzystnie na zainteresowanie programem ze strony inwestorów. Z doświadczenia autora wynika, że inwestorzy wykazywali zainteresowanie programem, o którym głośno było w mediach. Jednak po zapoznaniu się z jego wymaganiami i realiami odstępowali od wzięcia w nim udziału pozostając jednak przy założeniu budowy obiektu w standardzie energooszczędnym, głównie niskoenergetycznym. Niewątpliwie pozytywną stroną programu byłą jego rola edukacyjna. Wielu inwestorów zainteresowanych budową domów jednorodzinnych w latach działania programu, zgłaszało się do pracowni projektowych właśnie ze względu na informację o możliwości uzyskania dotacji.

ROZDZIAŁ 3. ZBIÓR CECH CHARAKTERYSTYCZNYCH BWBZE

Architektura definiowana jest przez stale ewoluujące zbiory cech. Pierwotnie Witruwiusz określał je jako – *trwałość, użyteczność i piękno*. W modernizmie zostały one zamienione na – *formę funkcje i konstrukcję*, co w powszechnym języku branżowym uznać można za klasyczny podział. Współcześnie, ten zbiór rozszerzyć można o systemy instalacyjne, które odpowiadają za utrzymanie komfortu użytkowania budynków. Wzrost efektywności energetycznej obiektów sprawia, że stają się często skomplikowanymi organizmami. Nie tylko w kontekście wykorzystania najnowszych technologii, ale również łączenia strategii pasywnych czy hybrydowych. Rozdział ten, na podstawie przeglądu literatury przedmiotu, odpowiada na jeden z określonych problemów badawczych, jaki było opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Zawartość rozdziału:

- Obszary energetyczne – wybrane przykłady
- Zbiór cech charakterystycznych BWBZW – analizy i synteza

Budynek w rozumieniu Prawa Budowlanego, art. 3. Ust. 2) to „*obiekt budowlany, który jest trwale związany z gruntem, wydzielony z przestrzeni za pomocą przegród budowlanych oraz posiada fundamenty i dach*" (Dz. U. 2015 poz. 528 2015 s. 3). Jest to bardzo ogólna definicja, zawierająca w sobie jedynie elementy podstawowe. W literaturze fachowej, poza przytoczonymi we wstępie do rozdziału zbiorami pierwotnym i klasycznym, można wyróżnić cztery współczesne obszary, które składają się na zbiór cech charakteryzujących budynek, tj. jego forma, funkcja, konstrukcja oraz systemy instalacyjne, w które został wyposażony. Należy zastanowić się, czy taki podział jest wciąż aktualny i wystarczający w odniesieniu do budynków wysokosprawnych energetycznie, które często wyposażone są w nowe technologie oraz wyspecjalizowane rozwiązania.

Każdy budynek jest jednak prototypem dla danej funkcji w połączeniu z jego lokalizacją oraz użytkownikami. Wymaga za każdym razem indywidualnego podejścia do projektowania. Nie ma uniwersalnego pakietu rozwiązań, które należałoby zastosować w projekcie niezależnie od jego funkcji czy lokalizacji, co zostało wykazane w dalszych badaniach autora. Na użycie konkretnych rozwiązań wpływ ma wiele czynników, jak, preferencje przyszłych użytkowników czy budżet przeznaczony na budowę. Można jednak wyodrębnić pewne cechy charakterystyczne występujące w określonej grupie budynków. Cechy te należą do dwóch obszarów badawczych określonych przez autora i omówionych poniżej.

Budownictwo energooszczędne w Polsce często objawia się tylko w pewnych elementach, które zostały wybiórczo zastosowane w danym obiekcie. Raz jest to wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła, odpowiednie współczynniki przenikania ciepła przegród zewnętrznych czy zastosowanie odnawialnych źródeł energii. Wciąż brakuje jednak kompleksowego podejścia do projektowania budynków energooszczędnych, zwłaszcza BZE, co przejawia się brakiem takich realizacji na dzień pisania pracy

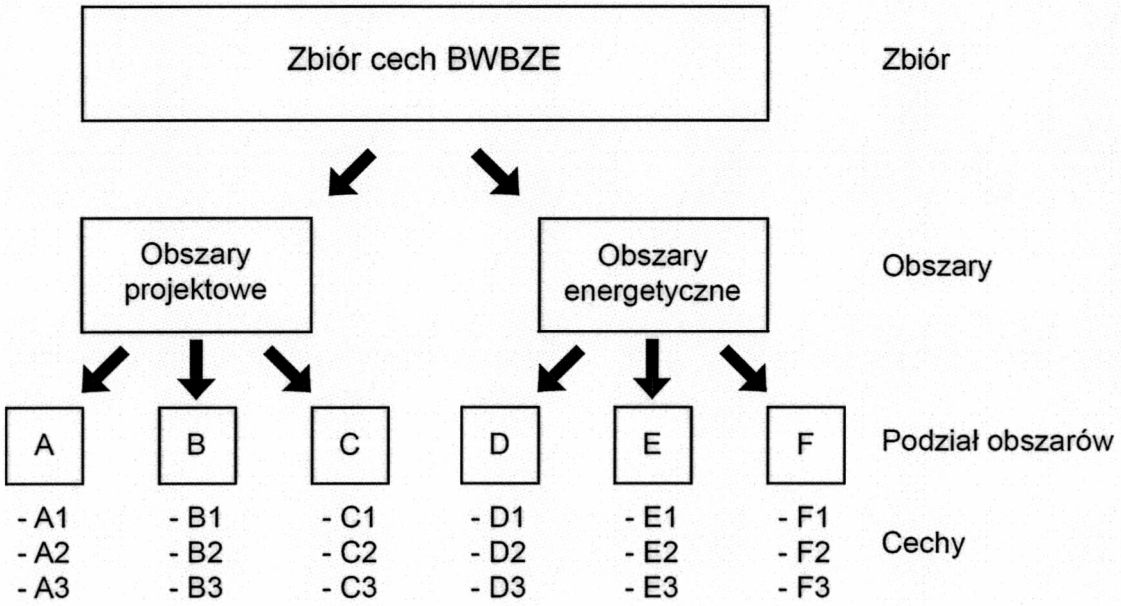
Poniższy rozdział ma być próbą określenia zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE. Za podstawę systematyki zbiorów posłużą odniesienia do literatury zarówno polskiej jak i zagranicznej oraz doświadczenia własne autora. Celem wiodącym zdefiniowanych cech ma być dążenie do osiągnięcia standardu BZE. Wiele z rozwiązań stosowanych w budynkach BZE wykracza poza kompetencje architekta w zakresie obliczeń i analiz. Jednak rozwiązania te często mocno wpływają zarówno na wyraz architektoniczny budynku jak i jego strukturę, stąd podjęcie próby utworzenia multidyscyplinarnego zespołu cech charakterystycznych dla budynków wielorodzinnych BZE.

Za cechy charakterystyczne przyjęto elementy budynku, które mogą mieć wpływ na osiąganie zadanego standardu energetycznego. W oparciu o zbadaną literaturę oraz dokonanie analiz wybranych budynków wielorodzinnych, autor usystematyzował cechy charakterystyczne BWBZE, za pomocą zbiorów cech.

Cechy budynków energooszczędnych są częścią zagadnienia *strategii projektowych*. Według definicji, słowo strategia odnosi się do przemyślanego planu działania w określonej dziedzinie (SJP 2019). W odniesieniu do niniejszej pracy, mówić można o strategii projektowej, która według A. Bać (2016 s. 26) jest „elementem procesu inwestycyjnego zawierającym informacje (graficzne, liczbowe, tekstowe) o celach i sposobach ich realizacji określonych w czasie". Celem nadrzędnym omawianych rozwiązań w kontekście architektury budynków BZE jest zmniejszanie zużycia i zapotrzebowania na energię potrzebną do ich funkcjonowania. Ze względu na sposób ich działania, wyróżnić można:

- **Strategie pasywne** – rozwiązania, w których przepływ energii nie jest zasilany z zewnątrz. Przykładem może być pozyskiwanie energii ze promieniowania słonecznego, które nie wymaga użycia dodatkowych urządzeń a prowadzi do tzw. zysków solarnych.
- **Strategie aktywne** – rozwiązania wymagające wykorzystania urządzeń wykorzystujących energię zewnętrzną do zapewnienie przepływu energii. Obejmują one głównie elementów instalacyjnych, jak ogrzewanie, chłodzenie i wentylacja mechaniczna często z odzyskiem ciepła.
- **Strategie hybrydowe lub semipasywne** – rozwiązania pasywne wspomagane w stopniu minimalnym przez urządzenia korzystające z zewnętrznej energii. Przykładem może być system wentylacji naturalnej lub grawitacyjnej wspomagany okresowo przez elektryczne wiatraki w momencie niesprzyjających warunków atmosferycznych.

Strategie projektowe funkcjonują na pograniczu dwóch obszarów – projektowego oraz energetycznego. Obszary te, opisane w dalszej części pracy, mają posłużyć do określenia zbioru cech charakterystycznych BWBZE, według rysunku 2.3.1.



Rysunek 2.3.1 Schemat opracowania zbioru cech BWBZE. Opracowanie własne

W zbadanej literaturze przedmiotu nie odnaleziono bezpośredniego odniesienia do zagadnienia, jakim jest podział na zbiory cech charakterystycznych BWBZE. W pracy posłużono się opracowaniami ogólnymi dotyczącymi z jednej strony zagadnienia budynków wielorodzinnych (Pallado 2014) a z drugiej szeroko pojętego zagadnienia budynków energooszczędnych (Kibert 2008), (Brophy, Lewis 2011), (Zielonko-Jung, Marchwiński 2012), (PLGBC 2015), (PPHI 2017), (Szczechowiak 2019).

Budynki zaawansowane technologicznie, jakimi są budynki BZE, wymagają multidyscyplinarnego podejścia do projektowania. Wiele z czynników mogących mieć wpływ na zapotrzebowanie energetyczne budynku wykracza poza zakres pracy architekta. Jednak często istnieje bezpośredni wpływ tych rozwiązań na architektoniczną część projektu. W zaproponowanym zestawieniu zbiorów cech charakterystycznych starano się ująć przede wszystkim te, które bezpośrednio zależą od projektu architektonicznego jak również rozwiązania, głównie branż instalacyjnych, które mają wpływ na kształtowanie architektury.

3.1. Obszary cech charakterystycznych – wybrane przykłady

Na podstawie przeglądu i studiów materiałów źródłowych wyłoniono wiodące opracowania, które umożliwiły systematykę cech wg ww. obszarów. Wybrano zarówno pozycje badawcze, prace oparte na doświadczeniach zawodowych, przewodniki, jak i wiodące systemy certyfikacji wielokryterialnej będące obecnie stałym elementem procesu projektowego. Na tej podstawie w oparciu o doświadczenia zawodowe autora wyodrębniono dwa, wzajemnie przenikające się obszary służące określeniu cech

charakterystycznych BWBZE. Rysujący się podział ma wskazać i jednocześnie uwypuklić różnice w traktowaniu budynków w kontekście energii.

> **Obszary projektowe** zawierające cech według klasycznego podziału, jakim jest forma, funkcja, konstrukcja oraz systemy instalacyjne w budynku.
>
> **Obszary energetyczne** zawierające cech związane z zapotrzebowaniem energetycznym budynków czy generowaniem, odzyskiwaniem i przepływem energii.

Poniżej zaprezentowano wybrane najważniejsze występowania w literaturze fachowej obszarów cech charakterystycznych z uwzględnieniem:

- Obszarów projektowych,
- Obszarów energetycznych,
- Obszarów mieszanych[21].

Obszary projektowe

W najprostszym ujęciu, myślenie o klasycznej architekturze sprowadzić można do zbioru cech podzielonego na trzy obszary projektowe, jakim są: forma, funkcja i konstrukcja (Broniewski 1980). Współcześnie, w trosce o komfort użytkowania, nieodłącznym elementem definiowania budynków stały się systemy instalacyjne, czyli zespoły urządzeń sanitarnych oraz elektrycznych. Obecnie budynki stają się co raz bardziej skomplikowanymi organizmami, w których zachodzą wzajemne, wielowarstwowe relacje pomiędzy niegdyś prostymi obszarami lub rozwiązaniami.

Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu, wyodrębniono zbiory cech budynków oparte o obszary projektowe, według:

- Jana Pallado,
- Katarzyny Zielonko-Jung oraz Janusza Marchwińskiego,
- A Green Vitruvius,
- Hilson Moran.

Podstawowy podział obszarów projektowych budynków wielorodzinnych znaleźć można w książce Jana Pallado (2014). Choć jest to współczesny przewodnik do projektowania budynków wielorodzinnych to zasadniczo pomija kwestie energooszczędności. Według J. Pallado, są to:

- *Typologia układu przestrzennego,*
- *Strefy funkcjonalne,*
- *Elementy architektoniczno-budowlane,*
- *Instalacje w budynku,*
- *Układ konstrukcyjny budynku.*

Obszary projektowe, nazwane *systematyką rozwiązań projektowych,* w odniesieniu do budynków *proekologicznych*, czyli takich które funkcjonują przy minimalnych nakładach

[21] Opracowania zawierające cech przynależące zarówno do obszarów projektowych jak i energetycznych.

energii nieodwracalnej (Zielonko-Junk, Marchwiński 2012 s. 203) omawia K. Zielonko-Jung oraz J. Marchwińskiego (2012), są to:

- *Przestrzeń w architekturze proekologicznej,*
- *Instalacje w architekturze proekologicznej,*
- *Obudowa budynku.*

W wiodącej pozycji zagranicznej, *A Green Vitruvius* (Brophy, Lewis 2011) zbiór cech zostały opisany pod hasłem *strategii projektowych*[22] (autor odniesie się do tego sformułowania w dalszej części pracy), są to:

- *Typologia budynku,*
- *Obudowa budynku,*
- *Wykończenie wewnętrzne budynku,*
- *Instalacje wewnętrzne oraz sterowanie.*

W tzw. *Hierarchii energetycznej* (w org. *Energy Hierarchy*) londyńskie biuro projektowe Hilson Moran[23] stosuje podział obszarów projektowych wraz z ich uszeregowaniem wg kosztów implementacji oraz stopy zwrotu inwestycji (Szczechowiak 2019). Kolejny obszar cech jest coraz bardziej kosztochłonnym oraz ma przynosić relatywnie niższy zwrot w cyklu użytkowania budynku

- *Bryła i forma budynku,*
- *Obudowa zewnętrzna,*
- *Wysokoefektywne instalacje wewnętrzne,*
- *Infrastruktura,*
- *Odnawialne źródła energii on-site.*

Obszary energetyczne

Przyjęte w pracy pojęcie *obszary energetyczne* nazywane bywa, jako *strategie projektowe* lub *zasady* czy *wytyczne projektowania* dla określonych grup efektywności energetycznej.

Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu, wyodrębniono zbiory cech budynków oparte o obszary projektowe, według:

- Passive House Institute,
- Green Detail,
- LEED.

Niemiecki Instytut Budownictwa Pasywnego (w org. Passive House Institute) („Passipedia - The Passive House Resource" 2017) w tzw. metodologii budownictwa pasywnego, podaje 5 podstawowych zasad, a tym samym obszarów energetycznych, które powinny zapewnić tak zwaną pasywność budynku:

---

[22] Przytoczone w publikacji strategie sięgają do początków procesu projektowego i włączają dobór działki oraz planowanie inwestycji. Ze względu na podjęty w pracy temat pominięto te zagadnienia i skupiono się na strategiach związanych bezpośrednio z budynkiem.

[23] Biuro specjalizuje się w projektowaniu ze szczególnym uwzględnieniem energii i środowiska, jest traktowane jako prekursor zaawansowanego podejścia do kosztów i odcisku środowiskowego.

- *Optymalne parametry izolacyjności termicznej obudowy budynku,*
- *Przeszklenia o odpowiednich parametrach izolacyjności i przepuszczalności,*
- *Obudowa zewnętrzna wolna od mostków termicznych,*
- *Obudowa zewnętrzna o odpowiedniej szczelności powietrznej,*
- *Wentylacja z odzyskiem ciepła.*

W *Green Detail* (Lenz i in. 2011) cechy budynku zostały podzielone na 5 głównych obszarów energetycznych. Każdy z nich został uzupełniony o szereg strategii aktywnych oraz pasywnych opisanych w dalszej części pracy.

- *Efektywne ogrzewanie,*
- *Ochrona przed przegrzewaniem i skuteczne odprowadzanie ciepła,*
- *Wentylacja naturalna i efektywna wentylacja mechaniczna,*
- *Wykorzystanie światła dziennego i efektywne źródła oświetlenia sztucznego,*
- *Użycie efektywnych urządzeń i generacja energii.*

Na podstawie analizy kryteriów w najpopularniejszym programie do wielokryteriowej certyfikacji tzw. *budynków zielonych* – LEED (*Leadership in Energy and Environmental Desing)* (LEED 2017) wywnioskować można, że podstawą do osiągnięcia budynku o niskim zużyciu energii jest strategia (kroki) projektowania uszeregowana według stopnia ważności obszarów energetycznych:

- *Redukcja zapotrzebowania na energię [przyp. aut.],*
- *Techniki pasywne,*
- *Techniki aktywne,*
- *Odzysk energii,*
- *Wytwarzanie energii.*

Obszary mieszane - projektowe i energetyczne

Powyżej, autor przytoczył pozycje, w których zbiory cech budynków oparte zostały o obszary projektowe lub energetyczne. Najbardziej rozbudowany podział cech, który łączy te obszary, podaje Charles Kibert (Kibert 2008 s. 163–164), są to:

- *Strategie pasywne,*
- *Obudowa budynku,*
- *Ograniczenie wewnętrznego zapotrzebowania energetycznego,*
- *Strategie aktywne,*
- *Instalacje elektryczne,*
- *Innowacyjne strategie optymalizacji energetycznej,*
- *Strategie 'smart' oraz zarządzanie budynkiem.*

3.2. Zbiór cech charakterystycznych BWBZE – analizy i syntezy

Dokonany przegląd materiałów źródłowych w podrozdziale 3.1 pozwolił na podział obszarów projektowych i energetycznych[24]. W ich obrębie zostały przytoczone cechy występujące w innych opracowaniach, które są bardziej precyzyjne od klasycznego zbioru - *forma, funkcja, konstrukcja, systemy instalacyjne*, jednak nadal niewystarczające. Ich zestawienie pozwoliło na opracowanie, w dalszej części podrozdziału, autorskiego zbioru cech charakterystycznych BWBZE.

Poniżej zaprezentowano autorskie zbiory cech:

- Podział obszarów projektowych,
- Podział obszarów energetycznych,
- Autorski zbiory cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Podział obszarów projektowych

Na podstawie przytoczonych w podrozdziale 3.1 opracowań, dokonano autorskiego podziału obszarów projektowych na:

- Cechy budynku i mieszkań,
- Cechy architektoniczno-budowlane,
- Cechy instalacyjne.

Cechy budynku i mieszkań opisują podstawowe parametry obiektu. Odnoszą się one do ogólnych rozwiązań bryłowych, jak typ bryły, jej wysokość czy układ funkcjonalny budynku. Podobną charakterystykę stosuje się w stosunku do mieszkań, określając ich wielkość czy układ funkcjonalny. Są to obszary projektowe zawierające część z cech pochodzących z pierwotnego obszaru *formy* oraz *funkcji* budynku. Cechy budynku oraz mieszkań zostały ujęte we wspólnym zbiorze ze względu na ścisłą relację pomiędzy nimi. Według prof. Zbigniewa Bacia istnieją trzy stopnie złożoności funkcjonalnej w obrębie budynku mieszkalnego, na które autor będzie powoływać się w dalszej części pracy, (Z. Bać i in. 1978 s. 35–36), są to:

- ***Stopień 1*** - *„obejmuje zależności i powiązania funkcjonalne elementów wyposażenia w przestrzeni poszczególnych pomieszczeń mieszkania. Modułem przestrzennym jest pomieszczenie, elementem funkcjonalnym – wyposażenie pomieszczenia".*
- ***Stopień 2*** – *„obejmuje zależności i powiązania funkcjonalne pomieszczeń w przestrzeni mieszkania. Modułem przestrzennym jest mieszkanie, elementem funkcjonalnym – pomieszczenie".*
- ***Stopień 3*** – *„obejmuje zależności i powiązania funkcjonalne mieszkań w przestrzeni budynku (usytuowanie mieszkań w planie, przekroju, powiązania z komunikacją), a więc układ*

[24] Autor skupił się na podziale na jednorodne obszary projektowe, z pominięciem obszarów mieszanych.

budynku. Modułem przestrzennym jest budynek, elementem funkcjonalnym – mieszkanie".

Cechy architektoniczno-budowlane to obszar projektowy, który odpowiada szczegółowym rozwiązaniom z pogranicza architektury oraz konstrukcji budynku. Odpowiada za zagadnienia takie jak m.in. doboru rodzaju przegród, pełnych i przeziernych czy stosowanych materiałów budowlanych. Zawierają się w nim również pozostałe zagadnienia pochodzące z obszaru *formy* oraz zagadnienia obszaru *konstrukcji* budynku.

Cechy instalacyjne to obszar projektowy, który opisuje rozwiązania instalacji wewnętrznych budynku. To szerokie zagadnienie w głównej mierze wykracza poza kompetencja architekta. Jednak rozwiązania z tego obszaru posiadają bardzo duży wpływ nie tylko na sprawność budynku w ujęciu energetycznym, ale również na jego formę.

Systematyka obszarów projektowych, zawarta w tabeli 3.2.1 zestawia poszczególne obszary projektowe z literatury fachowej z podziałem wyodrębnionym przez autora.

Porównanie obszarów projektowych				
Podział autorski	Jan Pallado	K. Zielonko-Jung, J. Marchwiński	A Green Vitruvius	Hilson Moran
Cechy budynku i mieszkań	Typologia układu przestrzennego	Przestrzeń	Typologia budynku Wykończenie budynku	Bryła i forma budynku
Cechy architektoniczno-budowlane	Strefy funkcjonalne	Przestrzeń	Obudowa budynku	Bryła i forma budynku
	Elementy architektoniczno-budowlane	Obudowa budynku	Wykończenie budynku	Obudowa zewnętrzna
	Instalacje w budynku			
Cechy instalacyjne	Instalacje w budynku	Instalacje	Obudowa budynku	Wysokoefektywne instalacje wewnętrzne
			Wykończenie budynku	Infrastruktura
			Instalacje wewnętrzne oraz sterowanie	Odnawialne źródła energii on-site

Tabela 3.2.1 Systematyka obszarów projektowych. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado, K. Zielonko-Jung i J. Marchwiński, A Green Vitruvius, Hilson Moran

Podział obszarów energetycznych

Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto, że obszary energetyczne są zbieżne z pożytkowania energii w budynku w celu zapewnienia komfortu użytkowników w zakresie ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, oświetlenia. Dodatkowo przyjęto, że osobnym obszarem energetycznym jest również redukcja zapotrzebowania energetycznego budynku. Rozwiązania z tego zakresu bezpośrednio mają przyczyniać się do obniżenia zapotrzebowania na energię potrzebną w pozostałych obszarach.

Na tej podstawie przytoczonej w podrozdziale 3.1 literatury, wyodrębniono 5 głównych obszarów energetycznych:

- Ogrzewanie,
- Chłodzenie,
- Wentylacja,
- Oświetlenie,
- Redukcja zapotrzebowania energetycznego.

Pierwsze cztery obszary energetyczne są bezpośrednio powiązane z zapewnieniem komfortu użytkowania pod kątem 4 aspektów – *ogrzewania, chłodzenia, wentylacji i*

oświetlenia. Zawierają w sobie cechy rozwiązań, które bezpośrednio za to odpowiadają wraz z ich wpływem na formę, funkcję, konstrukcję oraz instalacje budynku.

Piątym obszarem energetycznym jest *redukcja zapotrzebowania energetycznego*. Jest on odpowiedzialny za cechy wpływające na ograniczenie zapotrzebowania energetycznego w pozostałych 4 obszarach. Rozwiązania te nie biorą jednak aktywnego udziału w zapewnieniu komfortu. Są to z reguły cechy z zakresu strategii pasywnych, jak szczelność i izolacyjność obudowy budynku czy jego akumulacyjność. W obszarze zawierają się również cechy opisujące rozwiązania odpowiedzialne za wspomaganie utrzymania komfortu w formie produkowania energii na miejscu.

Systematyka obszarów energetycznych, zawarta w tabeli 3.2.2 zestawia poszczególne obszary energetyczne z literatury fachowej z podziałem wyodrębnionym przez autora.

Porównanie obszarów energetycznych			
Podział autorski	Passive House Institute	Green Detail	LEED
Ogrzewanie		Efektywne ogrzewanie	Techniki pasywne Techniki aktywne
Chłodzenie		Ochrona przed przegrzewaniem i skuteczne odprowadzanie ciepła	Techniki pasywne Techniki aktywne
Wentylacja	Wentylacja z odzyskiem ciepła	Wentylacja naturalna i efektywna wentylacja mechaniczna	Techniki pasywne Techniki aktywne
Oświetlenie	Przeszklenia o odpowiednich parametrach izolacyjności	Wykorzystanie światła dziennego i efektywne źródła oświetlenia sztucznego	
Redukcja zapotrzebowania energetycznego	Optymalne parametry izolacyjności termicznej obudowy budynku	Efektywne ogrzewanie	Redukcja zapotrzebowania energetycznego
	Przeszklenia o odpowiednich parametrach izolacyjności	Ochrona przed przegrzewaniem i skuteczne odprowadzanie ciepła	Techniki pasywne
	Obudowa zewnętrzna wolna od mostków termicznych	Użycie efektywnych urządzeń i generacja energii	Techniki aktywne
	Obudowa zewnętrzna o odpowiedniej szczelności powietrznej		Odzysk energii Wytwarzanie energii

Tabela 3.2.2 Systematyka obszarów emergetycznych. Opracowanie własne na podstawie Passive House Institute, Green Detail, LEED

Autorski zbiory cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych

W oparciu o powyższe analizy materiałów źródłowych, określono cechy charakterystyczne BWBZE występujące w wyodrębnionych powyżej obszarach projektowych i energetycznych, tabela 3.2.3 oraz tabela 3.2.4.

Zbiór cech charakterystycznych BWBZE ze względu na obszary projektowe	
Obszar projektowy	**Cechy charakterystyczne**
Metryka obiektu[25]	Lokalizacja Autor projektu Data realizacji
Cechy budynku i mieszkań	Typologia bryły Wysokość Układ komunikacyjny Układ funkcjonalno-przestrzenny
	Wielkość mieszkań Typ użytkowania Układ funkcjonalno-przestrzenny

[25] Dla celów porównawczych, do zbioru cech dodano *metryki obiektów*. Zawierają one informacje ogólne o danym obiekcie jak jego nazwa, lokalizacja, projektant czy rok realizacji.

Cechy architektoniczno-budowlane	System konstrukcyjny Przegrody budowlane Obudowa zewnętrzna Wykończenia wnętrza
Cechy instalacyjne	Instalacje wewnętrzne Źródło energii Sposób dystrybucji energii Elementy generujące energię

Tabela 3.2.3 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado, K. Zielonko-Jung i J. Marchwiński, A Green Vitruvius, Hilson Moran

Zbiór cech charakterystycznych BWBZE ze względu na obszary energetyczne	
Obszar energetyczny	**Cechy charakterystyczne**
Metryka obiektu	Projektowany standard energetyczny Projektowane zapotrzebowanie energetyczne Przyznane certyfikaty
Ogrzewanie	Efektywne ogrzewanie Zyski solarne
Chłodzenie	Ochrona przed przegrzewaniem
Wentylacja	Naturalna Mechaniczna Odzysk ciepła
Oświetlenie	Przeszklenia o odpowiedniej izolacyjności Wykorzystanie światła dziennego Przeszklenia o odpowiedniej przepuszczalności Efektywne źródła oświetlenia sztucznego
Redukcja zapotrzebowania energetycznego	Zwarta bryła Strefowanie termiczne Optymalne parametry izolacyjności termicznej obudowy Obudowa zewnętrzna wolna od mostków termicznych Obudowa zewnętrzna o odpowiedniej szczelności Przeszklenia o odpowiednich parametrach izolacyjności Użycie efektywny urządzeń i generacja energii Odzysk energii Generacja energii Magazynowanie energii

Tabela 3.2.4 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków. Opracowanie własne na podstawie Passive House Institute, Green Detail, LEED

Na podstawie syntezy opracowanych zbiorów cech w obrębie obszarów projektowych i energetycznych, zaproponowano autorski zbiór cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych, tabela 3.2.5. Ma on wymiar praktyczny i stanowić może podstawę projektową BWBZE w Polsce. Szczegółowy opis wszystkich cech znajduje się w kolejnym rozdziale.

Zbiór cech charakterystycznych BWBZE	
Obszary cech	**Cechy charakterystyczne**
Metryka obiektu	· Lokalizacja · Autor projektu · Data realizacji · Funkcja · Standard energetyczny · Przyznane certyfikaty

Cechy budynku i mieszkań	**Cechy charakterystyczne budynku:** · Typologia bryły · Wysokość budynku · Zwartość bryły · Układ komunikacyjny oraz strefowanie termiczne budynku · Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku · Ilość mieszkań
	Cechy charakterystyczne mieszkań: · Wielkość mieszkań · Typ użytkowania mieszkań · Układ funkcjonalno-przestrzenny oraz strefowanie termiczne mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane	**Ograniczenie strat energii:** · Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych · Szczelność obudowy
	Zyski energetyczne: · Zewnętrzne zyski solarne · Wewnętrzne zyski termiczne
	Akumulacja: · Akumulacyjność pasywna · Akumulacyjność semipasywna
	Wykorzystanie promieniowania słonecznego: · Przeszklenia zorientowane · Zacienienie przeszkleń.
Cechy instalacyjne	**Ogrzewanie:** · Źródło ciepła · Nośnik energii
	Chłodzenie: · Źródło chłodu · Nośnik energii
	Wentylacja: · System wentylacji · Lokalizacja systemów wentylacji · Wspomaganie / wykorzystanie OZE
	C.W.U.: · Źródło ciepła na potrzeby C.W.U. · Nośnik energii · Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.
	Energia elektryczna: · Lokalne źródła energii · Magazynowanie energii elektrycznej

Tabela 3.2.5 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Opracowanie własne

ROZDZIAŁ 4. WALIDACJA CECH CHARAKTERYSTYCZNYCH BWBZE

Celem rozdziału jest dokonanie walidacji opracowanego zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Opiera się ona o analizę wybranych przykładów zrealizowanych obiektów. Ich dobór został dokonany w oparciu o przyjęty zakres pracy opisany w pierwszej części rozdziału. Dalszy podział rozdziału odpowiada przyjętym obszarom cech charakterystycznych. Każdemu z obszarów wyodrębnionych w rozdziale 3 przypisano oddzielne podrozdziały. Zawarto w nich część teoretyczną poprzedzającą analizy obiektów, opis rozwiązań szczególnych wykraczających poza rozwiązania standardowe, opisywane w literaturze fachowej. Rozdział zawiera również karty katalogowych dedykowane poszczególnym budynkom.

Zawartość rozdziału:

- Metryka obiektów
- Cechy budynku i mieszkań
- Cechy architektoniczno-budowlane
- Karty katalogowe wybranych obiektów

Dla zrewidowania poprawności przyjętych cech charakterystyczne dla budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych poddano analizie zrealizowane obiekty spełniające kryteria postawione w pracy. Analiza ma na celu stwierdzenie, czy dana cecha może zostać uznana za charakterystyczną na podstawie występowania w zrealizowanych budynkach. Została wykonana w oparciu o przyjętą metodę monograficzną oraz badania *ex-post*.

Przy wyborze obiektów przyjęto następujące cztery kryteria, zgodne z zakresem pracy opisanym we wstępie:

- **Funkcja budynku** – budynki wielorodzinne. Przyjęto, że budynek wielorodzinny to taki, w którym występuje spiętrzenie mieszkań (Seruga 1984 s. 16) (Pallado 2014 s. 8). Z badań wykluczono ścisłą zabudowę śródmiejską (zespoły kwartałowe lub tzw. *plomby*) ze względu na ograniczone możliwości orientacji obiektu względem stron świata. W przypadku zespołów budynków skupiono się na podstawowych składowych zespołów, czyli na pojedynczych budynkach.
- **Standard energetyczny** – budynki blisko zeroenergetyczne. Definicje budynku blisko zeroenergetycznego nie są spójne i zależą m.in. od sposobu bilansowania. Do badań wybrano budynki o deklarowanym standardzie blisko zeroenergetycznym, pasywnym oraz energooszczędnym o obniżonym zapotrzebowaniu energetycznego o ok 60% w

stosunku do budynków standardowych w danym kraju (Musall i in. 2010 s. 4) oraz o znacząco niskim zapotrzebowaniu na energię jak również z unikatowymi rozwiązaniami.

- **Lokalizacja** – strefa klimatyczna zbliżona do warunków panujących w Polsce. Przyjęto do badań obiekty ze strefy, zgodnie z klasyfikacją Wincenta Orłowicza (1990), umiarkowanej ciepłej, w której leży Polska. Strefa ta występuje na kilku kontynentach jak również jest podzielona na kilka klimatów. Ze względu na uwarunkowania prawne budynków BZE w Polsce, zastosowano ograniczenie do krajów europejskich. W większości są to kraje należące do Unii Europejskiej oraz Szwajcaria.
- **Dostępność materiału badawczego** - w doborze budynków kierowano się przede wszystkim dostępnością informacji w literaturze fachowej, na stronach internetowych biur projektowych oraz specjalistycznych portali internetowych w przedziale czasowym od 2000 r. do 2017 r.[26].

Wyodrębniony zbiór cech charakterystycznych dla BWBZE określony w rozdziale 3 posłużył do dokonania studium przypadku wybranych obiektów. Każda z cech, w miarę możliwości oraz dostępności materiału badawczego, została scharakteryzowana pod kątem obu obszarów, projektowego oraz energetycznego. Następnie w postaci tabelarycznej lub wykresów przedstawiono wyniki analiz obiektów wraz z wyodrębnieniem cech i rozwiązań unikatowych oraz stwierdzeniem czy dana cecha może być uznana za charakterystyczną dla BWBZE. Pełne zestawienie tabelaryczne, w formie kart katalogowych, zostało zamieszczone w podrozdziale 4.5. Wstępnie zbadano ok. 50 obiektów. Z powodu braku dostępności wystarczających materiałów źródłowych, według założonych kryteriów przeprowadzono analizy na 15 przypadkach. Podana kolejność została zachowana w dalszych prezentacjach, chyba, że zaznaczono inaczej.

1. **The Sun Ship,** Freiburg, Niemcy, proj.: Rolf Disch, realizacja 2000,
2. **Sunny Woods**, Zurych, Szwajcaria, proj.: Architektur Beat Kampfen, realizacja 2002,
3. **BedZED,** Londyn, Anglia, proj.: Bill Dunster, ZED Factory, realizacja 2002,
4. **BowZED,** Londyn, Anglia, proj.: Bill Dunster, ZED Factory, realizacja 2004,
5. **Eulachhof,** Wintherthuf, Szwajcaria, proj.: Szwarz Architekten, realizacja 2007,
6. **Sunny Watts,** Zurych, Szwajcaria, proj.: Architektur Beat Kampfen, realizacja 2010,
7. **e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden,** Inglostadt, Niemcy, proj.: Bogevischs Buero Architekten & Stadtplaner, realizacja 2011,
8. **Woodcube,** Hamburg, Niemcy, proj.: Architekturagentur, realizacja 2013,
9. **Smart is Green,** Hamburg, Niemcy, proj.: Zillerplus Architekten und Stadplaner, realizacja 2013,

[26] Dobór materiałów badawczy został dokonany w oparciu o publikacje, zarówno drukowane jak i internetowe, do których dotarł autor. Nie jest to równoznaczne z tym, że są to jedyne budynki wielorodzinne BZE zrealizowane w wyznaczonym zakresie terytorialnym. Dwie trzecie obiektów wyeliminowano ze względu na brak kompletu informacji potrzebnych do dokonania badań. Autor kierował też zapytania bezpośrednio do autorów projektów, ale większość z nich pozostała bez odpowiedzi.

10. **BIQ,** Hamburg**,** Niemcy, proj.: SPLITTERWERK, realizacja 2013,
11. **Multi-generational: Living at Muhlgrund**, Wiedeń, Austria, proj.: ARTEC Architekten, realizacja 2014,
12. **Aktiv-Stadthaus,** Frankfurt nad Menem, Niemcy, proj.: Hegger Schleiff Planer + Architekten, realizacja 2015,
13. **Villa Nova,** Warszawa, Polska, proj.: Innebo sp. z o.o., realizacja 2015,
14. **Terrasse 9,** Nanterre, Francja, proj.: Atelier Zundel Cristea, realizacja 2016,
15. **Messequartier,** Graz, Austria, proj.: Markus Pernthaler, realizacja 2017.





Rysunek 3.2.1 Zdjęcia wszystkich budynków wybranych do badań, źródła: 1. http://www.rolfdisch.de, 2. https://kaempfen.com, 3. 4. https://www.zedfactory.com, 5. http://www.schwarz-architekten.com, 6. https://kaempfen.com/, 7. https://www.bogevisch.de, 8. https://www.architekturagentur.de, 9. http://zillerplus.de/, 10. http://www.splitterwerk.at/, 11. https://www.artec-architekten.at/, 12. https://www.hhs.ag, 13.l https://innebo.com/, 14. https://azc.archi/, 15. http://pernthaler.at/

W dalszych podrozdziałach dokonano syntezy skupiając się na częstości występowania danej cechy oraz jej potencjalnego wpływu na osiągnięcie przez budynek standardu BZE. Struktura podrozdziałów koreluje z autorskim podziałem cech charakterystycznych.

Przyjęto podział na następujące etapy, które dodatkowo zostały wyróżnione przypisami na marginesach:

Teoria obszar projektowy
- Teoria obszarów projektowych – zawiera przytoczoną teorię z zakresu obszarów projektowych,

Teoria obszar energetyczny
- Teoria obszarów energetycznych – zawiera przytoczoną teorię z zakresu obszarów energetycznych,

Analiz obiektów
- Analiz obiektów – przybliża wyniki badań wybranych budynków pod kątem występowania danej cechy charakterystycznej. Wyniki zostały zaprezentowane przeważnie w formie tabelarycznej zawierającej ilości występowania danego wariantu cechy,

Rozwiązania szczególne
- Rozwiązania szczególne – odnotowuje występowanie nietypowych rozwiązań, w miarę możliwości, została opatrzona dodatkowymi ilustracjami dla zobrazowania unikatowych wariantów danej cechy,

Wnioski
- Wnioski – zawiera podsumowanie wyników analiz. Ta część na zakończenie (w szarych polach) odpowiada również na pytanie czy daną cechę można uznać za charakterystyczną dla BWBZE. Aby uznać, że dana cecha jest charakterystyczna przyjęto, że musi ona występować w co najmniej połowie badanych przypadków.

4.1. Metryka obiektów

Metryka zawiera podstawowe informacje dotyczące budynków, nakreślające kontekst istotny dla podjętej tematyki.

Metryka obiektów jest również szczegółowym uzasadnieniem doboru przykładowych budynków i obejmuje:

- Lokalizację,
- Datę realizacji,

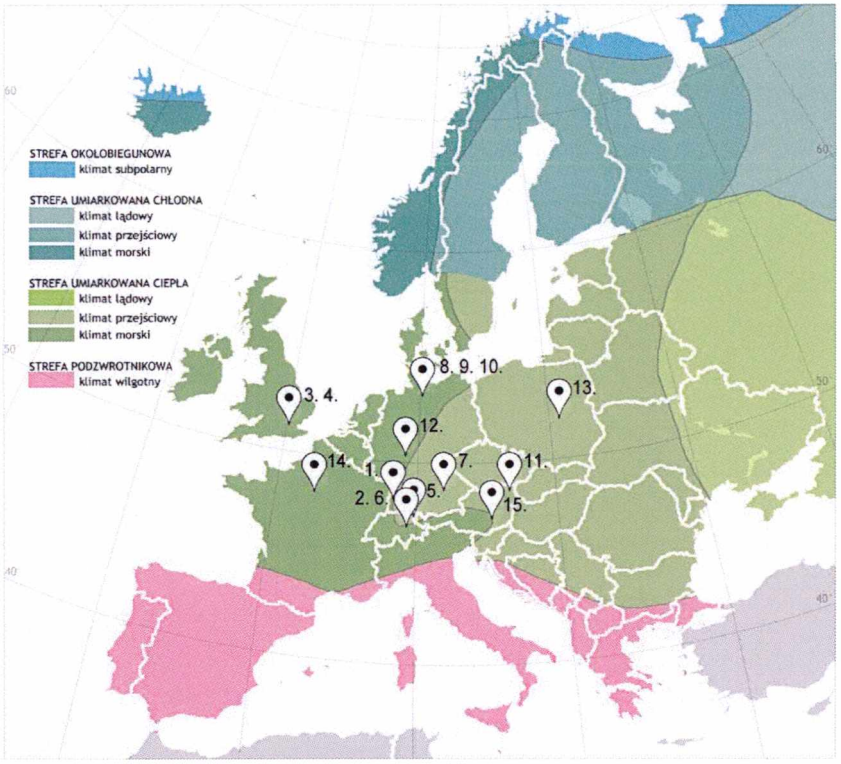
- Funkcję,
- Standard energetyczny,
- Przyznane certyfikaty.

Pozostałe dane, jak autor projektu czy koszty budowy zostały ujęte w całościowym zestawieniu danych wszystkich budynków, które zostało dołączone w formie kart katalogowych w podrozdziale 4.5.

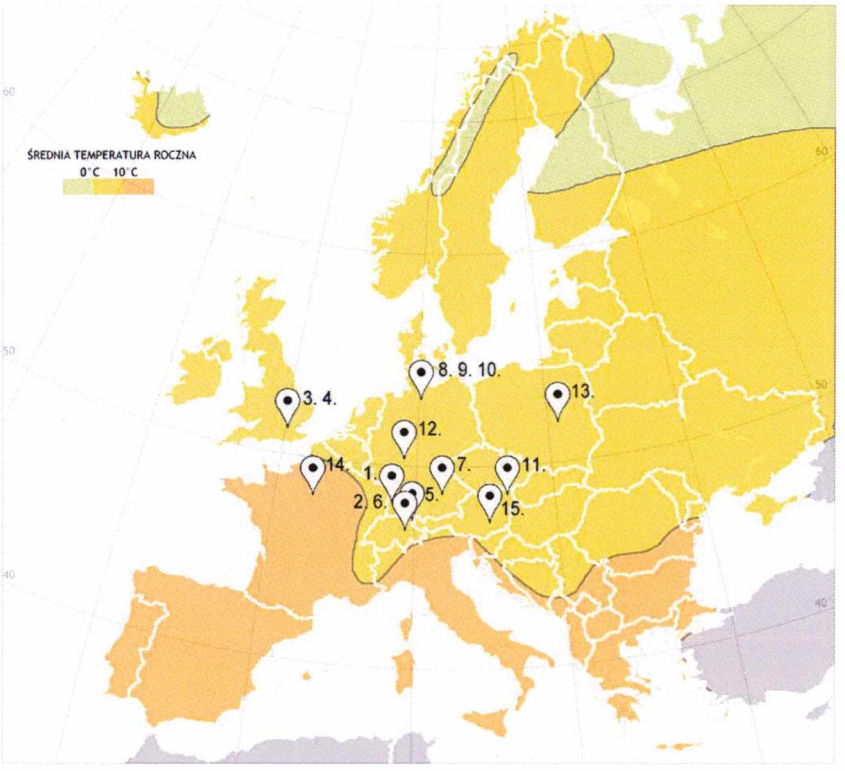
Lokalizacja

Za kryterium doboru budynków do analiz uznano ich lokalizację. Przyjęto, że do badań zostaną wybrane budynki pochodzące ze strefy klimatycznej zbliżonej do tej, w której leży Polska i zlokalizowane w krajach unijnych, co uznano za ich istotny wspólny mianownik. Jedynym krajem spoza Unii Europejskiej, z którego pochodzą wybrane do badań budynki jest Szwajcaria. Wybrane obiekty z tego kraju uznano za wartościowe z punktu widzenia prowadzonych badań.

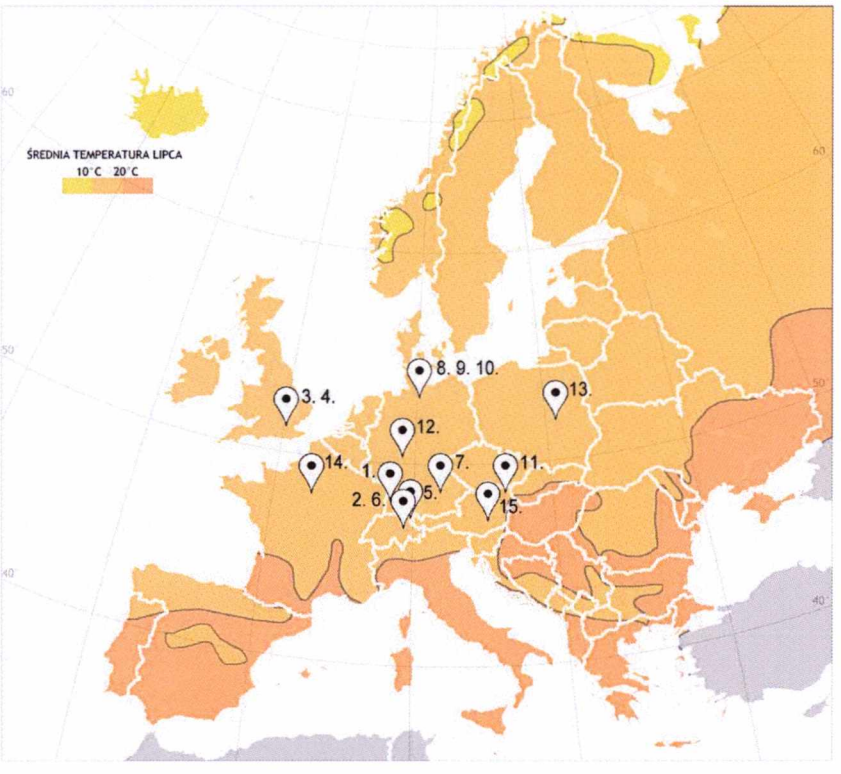
Wybrano, zatem budynki leżące w strefie umiarkowanej ciepłej. Część lokalizacji budynków przynależy do klimatu przejściowego (3 obiekty), pozostała część leży w klimacie morskim (12 obiektów). Większość obiektów (14) leży w strefie o zbliżonej średniej temperaturze w przedziale od 0°C do 10°C, jaka panuje w Polsce.



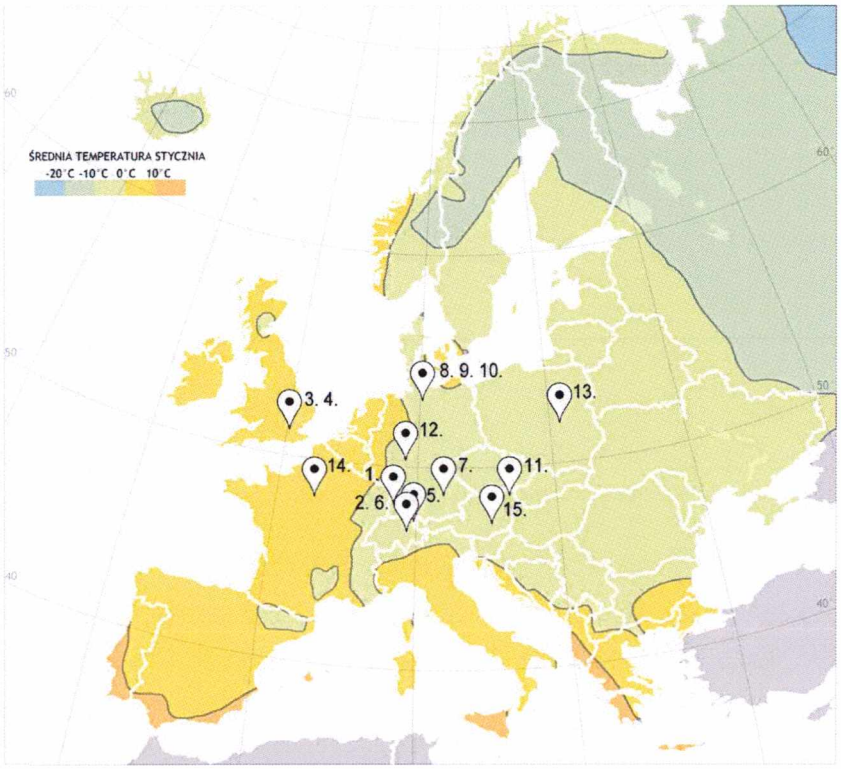
Rysunek 4.1.1 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem stref klimatycznych. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)



Rysunek 4.1.2 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury rocznej. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)



Rysunek 4.1.3 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury lipca. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)



Rysunek 4.1.4 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury stycznia. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)

Najwięcej budynków wybranych do badań pochodzi z Niemiec, 6 obiektów. Z Polski wybrano tylko jeden obiekt. Jest to budynek wielorodzinny o standardzie pasywnym, NF15, który został zrealizowany w Warszawie. W dostępnych materiałach prasowy znaleziono informację nt. zamierzenia, jakim miało być wybudowanie pierwszego budynku wielorodzinnego zeroenergetycznego w Polsce (UH 2017). Autorowi nie udało się zdobyć bliższych danych. Tabela 4.1.1 podsumowuje występowanie, wybranych do badań, budynków w poszczególnych krajach.

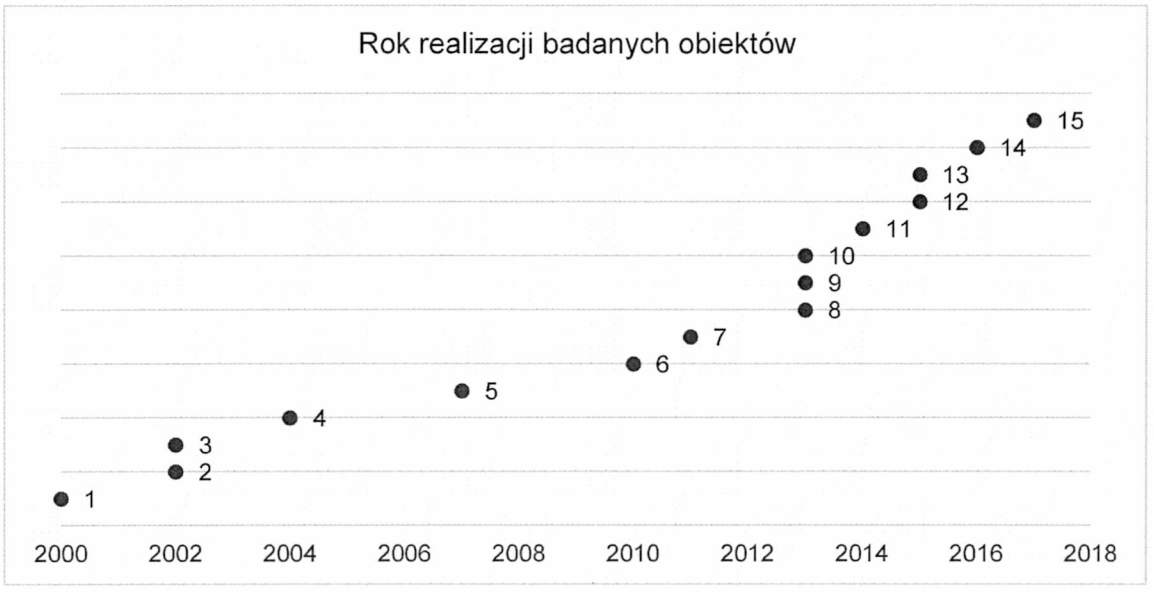
Lokalizacja wybranych obiektów	Liczba obiektów
Niemcy	6
Szwajcaria	3
Austria	2
Wielka Brytania	2
Francja	1
Polska	1

Tabela 4.1.1 Zestawienie lokalizacji wybranych do badań obiektów. Opracowanie własne

Data realizacji

Budownictwo BZE jest stosunkowo nowym zagadnieniem w architekturze współczesnej. Pierwsze budynki zeroenergetyczne zaczęły powstawać w połowie lat dziewięćdziesiątych. Ich rozwój przypada na przełom wieku XX i XXI. Za pierwszy budynek wielorodzinny BZE uznaje się Sunny Woods pochodzący z 2002 r.(Musall i in. 2010). Wybrane do badań obiekty pochodzą z lat 2000[27]-2017. Przedstawienie graficzne roku realizacji wybranych do badań obiektów przedstawiono na wykresie 4.1.1.

[27] Uwzględniając budynek The Sun Ship pochodzący z roku 2000.



Wykres 4.1.1 Zestawienie roku realizacji wybranych do badań obiektów. Opracowanie własne

Funkcja budynku

W założonych kryteriach doboru budynków do badań określono, że podstawową funkcją powinno być mieszkalnictwo wielorodzinne. Doprecyzowano, że za budynek wielorodzinny uznaje się taki, w którym następuje spiętrzenie mieszkań. Wyjątek stanowi The Sun Ship, który został wybrany jako szczególny. Jest to jeden z pierwszych budynków BZE, w których występuje funkcja mieszkaniowa, a nie jest to budynek jednorodzinny. Mieszkania w formie tzw. *penthouse'ów* znajdują się na ostatnich kondygnacjach. Obiekt odznacza się również szeregiem rozwiązań indywidualnych, których zastosowanie jest możliwe do wdrożenia w typowych budynkach wielorodzinnych BZE.

Standard energetyczny

Dla potrzeb badań przyjęto standard deklarowany przez autora danego projektu w dostępnych materiałach źródłowych. Nie znaleziono informacji czy założony poziom zapotrzebowania na energie został potwierdzony po pewnym okresie użytkowania budynku. Dla 13 obiektów zostały również opublikowane dane dotyczące deklarowanego zapotrzebowania energetycznego na energię użytkową na cele ogrzewania, chłodzenia oraz wentylacji.

Ze względu na niewystarczającą ilość dostępnego i kompletnego materiału badawczego wybrano do analiz również budynki o deklarowanym standardzie pasywnym oraz plusenergetycznym. Uzasadnieniem jest fakt, iż budynki pasywne, podobnie jak BZE, charakteryzuje znaczne ograniczenie zapotrzebowania na energię, zaś budynki plusenergetyczne uznać można za spełniające standard BZE o znacznych nadwyżkach generowanej na miejscu energii.

Wśród wybranych budynków, 7 obiektów legitymowało się deklarowanym standardem BZE. Pozostałe posiadały standard pasywny oraz plus energetyczny (po 4 obiekty). Należy zauważyć, że wśród wybranych budynków o standardzie BZE znalazły się również 2 obiekty tzw. *zeroemisyjne*. Były to budynki BedZED oraz BowZED, których projekty pochodzą z pracowni ZEDfactory. Według autorów, budynki w trakcie

użytkowania miały wyeliminować emisję do atmosfery CO_2 (ZF 2019). Jednym z budynków pasywnych wybranych do analizy był budynek Villa Nova z Warszawy, wybudowany według wytycznych programu dopłat, który był prowadzony przez NFOŚiGW. W budynku został osiągnięty standard NF15. Zestawienie tabelaryczne standardów energetycznych wybranych do badań obiektów przestawiono w tabeli 4.1.2.

Standard energetyczny		Liczba budynków
BZE		7
w tym:	Zeroemisyjne	2
Pasywne		4
w tym:	NF15	1
Plusenergetyczne		4

Tabela 4.1.2 Zestawienie standardów energetycznych badanych obiektów. Opracowanie własne

Dla większości badanych budynków, 11 obiektów, deklarowane zapotrzebowanie na energię użytkową na cele ogrzewania, chłodzenia i wentylacji wynosiły poniżej 40 kWh/m2a, co uważa się za wartość graniczną dla budynków niskoenergetycznych. Wśród tych obiektów, 5 posiadało zapotrzebowanie niższe niż 15 kWh/m2a, a więc wartości przyjmowanej dla budynków pasywnych PHI. Dla 2 obiektów, zapotrzebowanie wyniosło 48 kWh/m2a, należy jednak zwrócić uwagę, co zostanie opisane w dalszej części pracy, że są to jedyne obiekty niewyposażone w wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną. Zestawienie tabelaryczne zapotrzebowania na Eu na cele ogrzewania, chłodzenia i wentylacji w wybranych do badań obiektach, przedstawiono w tabeli 4.1.3.

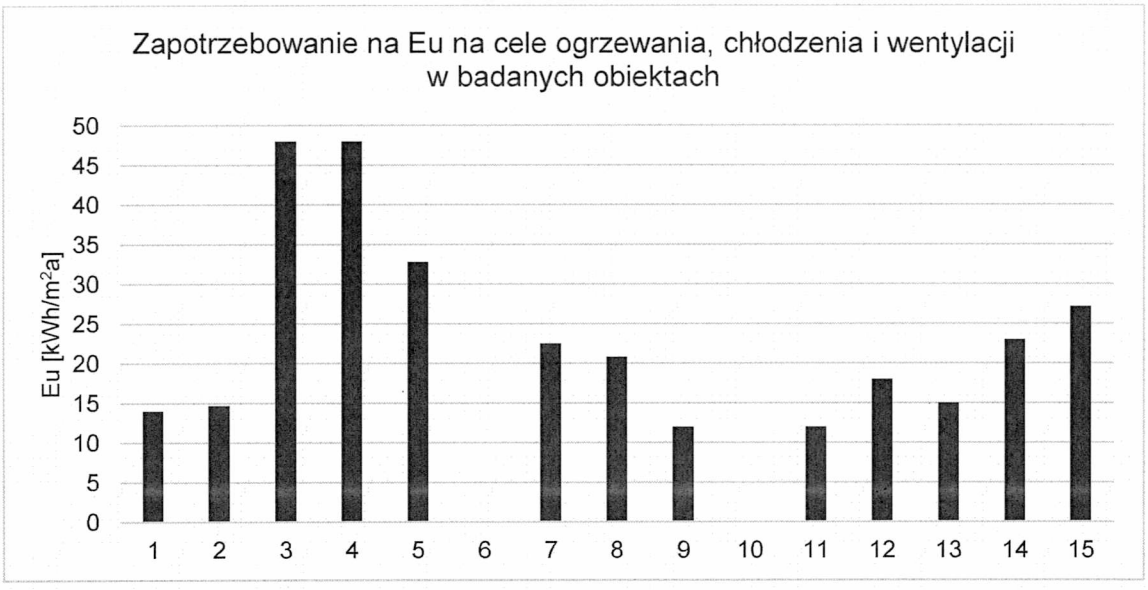


Tabela 4.1.3 Zestawienie zapotrzebowania na energię użytkową na cele ogrzewania, chłodzenia i wentylacji w badanych obiektach. Opracowanie własne

Przyznane certyfikaty

Część z wybranych obiektów posiada certyfikaty energetyczne *Passive House Institute*, świadczące o tym, że są to budynki pasywne:

- Smart is Green – budynek plusenergetyczny,
- BIQ – budynek pasywny,
- Multi-generational: Living at Muhlgrund – budynek BZE,
- Villa Nova – budynek pasywny NF15.

W dostępnych materiałach źródłowych, autor nie znalazł informacji o innych, przyznanych certyfikatach jak te pochodzące z wielokryteriowych systemów oceny budynku, jak LEED lub BREEAM.

4.2. Cechy budynku i mieszkań

Pierwszym z wyodrębnionych i opisanych w podrozdziale 3.2 obszarem cech charakterystycznych BWBZE jest obszar cech budynku i mieszkań. Zawiera on podstawowe cechy, które charakteryzują każdy budynek wielorodzinny, nie tylko te o standardach energooszczędnych czy będące budynkami BZE. Cechy opisują przede wszystkim bryłę budynku, jako najważniejszy element budynku oraz jego zaplanowane funkcje. Ze względu na specyfikę pracy, cechy te opisano w kontekście ich wpływu, lub braku wpływu na osiągnięcie standardu BZE.

Rozdział został podzielony na dwie części, które zostały poświęcone:

- Cechom charakterystycznym budynku,
- Cechom charakterystycznym mieszkań.

4.2.1. Cechy charakterystyczne budynku

Główne cechy charakterystyczne budynku podzielić można na dwie grupy – bryłę zewnętrzna budynku oraz jego układ wewnętrzny. Główną składową układu wewnętrznego obiektów wielorodzinnych są oczywiście mieszkania, ich cechy charakterystyczne zostały opisane w kolejnym podrozdziale. Dwie grupy – bryła budynku oraz jego układ wewnętrzny wpływają na siebie nawzajem w różnym stopniu. Stopnie wzajemnej zależności poszczególnych elementów budynku zostały opisane w przytoczonym w podrozdziale 3.23.2 fragmencie opracowania prof. Zbigniewa Bacia (1978).

Bryła zewnętrzna budynku jest jego podstawową cechą charakterystyczną, niezależnie od przeznaczenia budynku. W pracy przyjęto, że można scharakteryzować ją według trzech podstawowych kryteriów, jakimi są:

- Typologia bryły
- Wysokość budynku
- Zwartość bryły.

Kształt bryły podyktowany jest czynnikami zewnętrznymi, jakim są warunki lokalne oraz czynnikami wynikającymi z ustalonego programu funkcjonalnego budynku oraz wizji projektanta. Warunki lokalne, jak wielkość działki wraz z ograniczeniami prawa lokalnego mogą dyktować zarówno wielkość czy kształt bryły obiektu jak również jego wysokość.

W kontekście budynków BZE, bryła ma wpływ na kwestie związane z energią, jej zapotrzebowaniem i zachowaniem energii w obrębie budynku jak również jej pozyskiwaniem w sposób pasywny i aktywny.

Ogólny układ wewnętrznego budynku, można scharakteryzować według trzech kryteriów:

- Układ komunikacyjny oraz strefowanie termiczne budynku
- Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku
- Ilość mieszkań.

Powyższe kryteria są w dużej mierze zależne od funkcji nadrzędnej, jakim jest budynek mieszkalny wielorodzinny. Układ wewnętrzny budynku, podobnie jak jego bryła, zależny może być od czynników zewnętrznych, jak zapisy prawa lokalnego w odniesieniu na przykład do gęstości zabudowy. W dużej mierze, są one jednak zależne od wytycznych inwestora w zakresie planowanej inwestycji. Rozlokowanie oraz połączenie funkcji pomiędzy sobą (komunikacja) może mieć również wpływ na bryłę budynku jak również kwestie energetyczne.

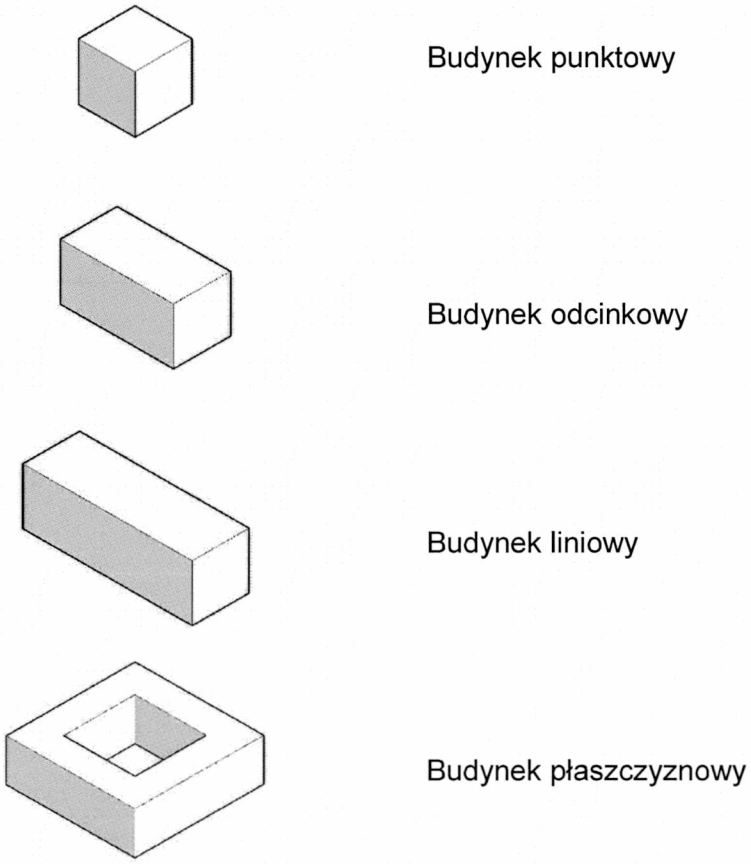
Typologia bryły

Teoria obszar projektowy

Podjęcie decyzji projektowej odnośnie wyboru typu bryły budynku może być kluczowe zarówno dla jego funkcji jak również ze względu na późniejsze zapotrzebowanie na energię. Sam dobór kształtu rzutu oraz typu bryły może wpływać o 30-40% na późniejsze zużycie energii potrzebnej na użytkowanie obiektu (Brophy, Lewis 2011). Badania pokazują, że bryła budynku wraz z jej orientacją względem kierunków świata a tym samym orientacją przeszkleń może odpowiadać za 60% łącznego zapotrzebowania na energię budynku (Lechner 2015).

Bryły budynków podzielić można na kilka podstawowych typów. Wyróżnia się je na podstawie stosunku kształtu charakterystycznego rzutu danego budynku do jego wysokości. W przeważającej większości rzuty budynków oparte są o prostokąty, stąd niniejsza typologia bryły opisywana jest na przykładach graniastosłupów czworokątnych. Nie wyklucza to jednak rzutów o innych kształtach podstawy budynku. W klasycznej typologii budynków wielorodzinnych wyróżnić można cztery główne typy, które przedstawiono na rysunku 4.2.1 (Pallado 2014 s. 58):

- *Budynki punktowe – budynki o zwartym rzucie, w którym długości jego boków są zbliżone do siebie lub równe, zwykle rzut zbliżony jest kształtem do kwadratu; w badaniach przyjęto, że stosunek długości do głębokości rzutu powinien zawierać się w przedziale od 1 : 1 do 1,3 : 1,*
- *Budynki odcinkowe – budynki o nieco wydłużonym rzucie w stosunku do obiektów punktowych; w badaniach przyjęto, że stosunek długości do głębokości rzutu powinien zawierać się w przedziale 1,3 : 1 do 2 : 1,*
- *Budynki liniowe – budynki, których długość rzutu jest znacznie większa od jego głębokości; w badaniach przyjęto, że stosunek długości do głębokości rzutu powinien być równy lub większy niż 2 : 1,*
- *Budynki płaszczyznowe – budynki, które posiadają znaczną powierzchnię zabudowy jak zabudowa kwartałowa z wewnętrznym dziedzińcem lub atrium, często projektowane jako układy tarasowe.*



Rysunek 4.2.1 Schemat typologii klasycznej brył budynków. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado (2014)

Wyróżnić można również zabudowy łączące w jednej bryle cechy pochodzące z kilku typów zabudowy. Autor określa takie typy mianem hybrydowych. Jednym z przykładów może być zabudowa tarasowa, w której kolejne kondygnacje są coraz bardziej wycofane i tworzą kaskadowy układ tarasów. Zabieg ten może być zastosowany w każdym z typów zabudowy. Z tego względu, autor uznaje budynki tarasowe, jako typ bryły hybrydowej, w której zachodzi połączenie cech przynajmniej dwóch różnych typów zabudowy.

Analiza obiektów

Wyróżniono 10 obiektów o klasycznym typie bryły oraz 5 o typie hybrydowym. Znacząca większość charakteryzowała się wydłużonymi rzutami kondygnacji. Było to łącznie 12 obiektów, 7 w typie liniowym oraz 5 w typie odcinkowym. W śród badanych obiektów znalazły się 3 o typie punktowym. Żaden z budynków nie charakteryzował się czystym płaszczyznowym typem bryły. 4 obiekty występują jako zespoły zabudowy. Zestawienie występowania klasycznych typów brył budynków zawarto w tabeli 4.2.1

Typ bryły budynku	Liczba budynków
Układ punktowy	3
Układ odcinkowy	5
Układ liniowy	7

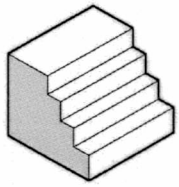
Tabela 4.2.1 Zestawienie występowania klasycznych typów brył w badanych obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

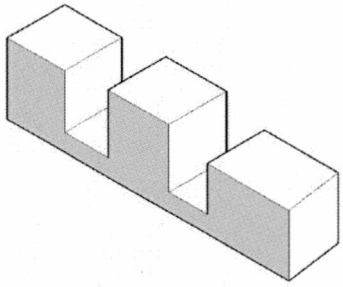
W przypadku pięciu obiektów, ich bryły znacząco odbiegały od przyjętej klasycznej typologii łącząc cechy charakterystyczne dwóch różnych typów ze sobą. Na potrzeby pracy wyodrębniono je, jako typy unikatowe – hybrydowe. W każdej z brył hybrydowych

wyróżnić można typ nadrzędny, który dominuje w złożonej bryle i odnosi się do jednego z typów klasycznej typologii. Scharakteryzowano pięć takich typów, ich schematy zilustrowano za pomocą 4.2.2.

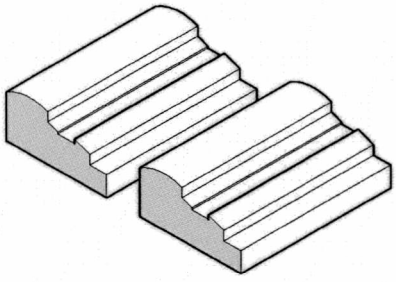
- Budynek punktowo-tarasowy – przykładem jest budynek BowZED, w którym kształt kolejnych kondygnacji zmniejsza się od typu liniowego (prostokąt) do typu punktowego na samej górze (kwadrat), rysunek 4.2.3,
- Budynek punktowo-liniowy – przykładem jest budynek Terrasse 9, na którego liniowej podstawie zostały zaprojektowane trzy punktowe kubatury, które rozmiarami dominują nad podstawą, rysunek 4.2.4,
- Budynek odcinkowo-tarasowy – przykładem jest zespół budynków BedZED, który został złożony z indywidualnych budynków odcinkowych, które został rozbudowane od północnej strony o tarasową strukturę, rysunek 4.2.5,
- Budynek liniowo-punktowy – w przeciwieństwie do budynku punktowo-liniowego, to liniowa podstawa dominuje wielkością nad czterema mniejszymi, punktowymi kubaturami zaprojektowanymi jako mieszkania indywidualne, przykładem jest budynek The Sun Ship, rysunek 4.2.6,
- Budynek liniowo-płaszczyznowy –przykładem jest budynek Eulachhof, który składa się z dwóch równoległych brył o układzie liniowym połączonych ze sobą niższymi oficynami, które domykają całe założenie niejako do zabudowy kwartałowej rysunek 4.2.7.



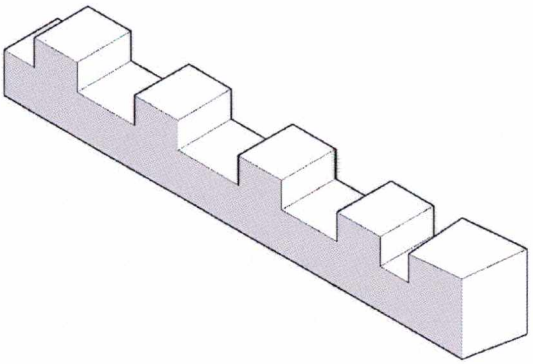
Budynek punktowo-tarasowy



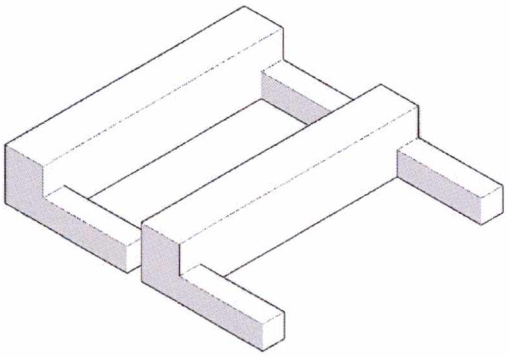
Budynek punktowo-liniowy



Budynek odcinkowo-tarasowy

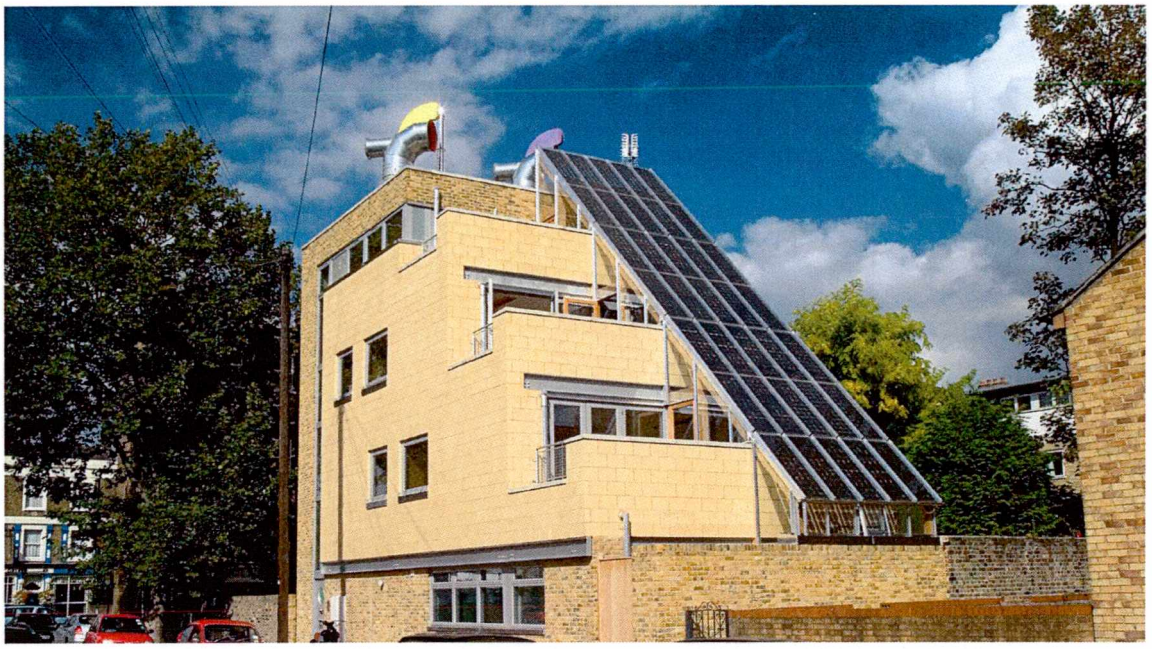


Budynek liniowo-punktowy



Budynek liniowo-płaszczyznowy

Rysunek 4.2.2 Schemat typologii hybrydowych brył budynków. Opracowanie własne



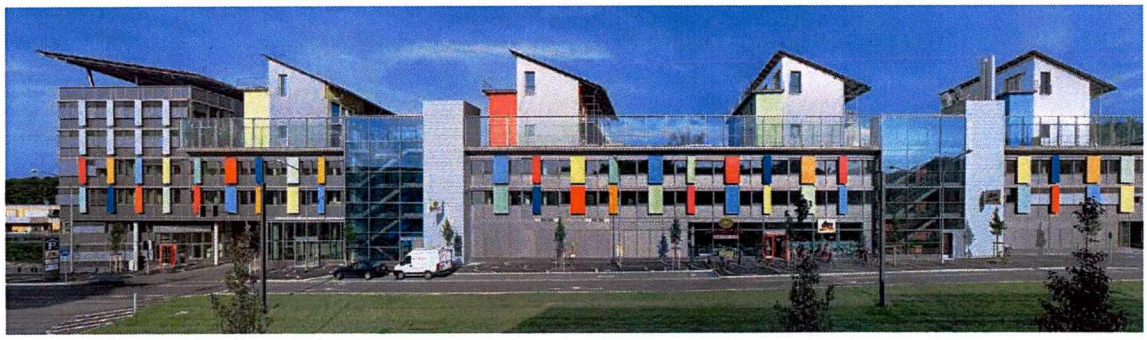
Rysunek 4.2.3 Budynek BowZED, przykład bryły punktowo-tarasowej, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.2.4 Budynek Terrasse 9, przykład bryły punktowo-liniowej, źródło: https://azc.archi



Rysunek 4.2.5 Zespół budynków BedZED, przykład bryły odcinkowo-tarasowej, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.2.6 Budynek The Sun Ship, przykład bryły liniowo-punktowej, źródło: http://www.rolfdisch.de



Rysunek 4.2.7 Budynek Eulachhof, przykład bryły liniowo-płaszczyznowej, źródło: http://www.schwarz-architekten.com

Typ bryły		Liczba budynków
Układ punktowy		3
w tym:	punktowo-tarasowy	1
	punktowo-liniowy	1
Układ odcinkowy		5
w tym:	odcinkowo-tarasowy	1
Układ liniowy		7
w tym:	liniowo-punktowy	1
	liniowo-płaszczyznowy	1

Tabela 4.2.2 Zestawienie występowania typów brył w badanych obiektach wg typologii rozszerzonej. Opracowanie własne

Wnioski

Na podstawie przeanalizowanych przykładów zrealizowanych BWBZE nie można jednoznacznie stwierdzić, aby typologia bryły budynku mogła warunkować osiągnięcie standardu BZE. Wśród badanych obiektów nie przeważał znacząco jeden typ zabudowy. Można jednak stwierdzić, że większa część posiadała rzuty o wydłużonych kształtach – typy odcinkowe i liniowe wraz z ich hybrydowymi wariacjami. Wyniki te pokazują, że w

przypadku budynków w klimacie, w którym przeważa zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, typ bryły nie warunkuje osiągnięcia standardu BZE.

Na podstawie przeprowadzonych badań, nie można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest określony typ bryły budynku. Można jednak stwierdzić, że prawdopodobną cechą charakterystyczną BWBZE jest bryła o wydłużonych kształtach – odcinkowa lub liniowa.

Wysokość budynku

Teoria obszar projektowy

W klasyfikacji badanych obiektów pod kątem wysokości posłużono się podziałem zawartym w §8 WT (Dz. U. 2015 poz. 1422 2015), w którym podzielono budynki na cztery grupy:

- *Niskie (N) – do 12 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości do 4 kondygnacji nadziemnych włącznie,*
- *Średniowysokie (SW) – ponad 12 m do 25m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 4 do 9 kondygnacji nadziemnych włącznie,*
- *Wysokie (W) – ponad 25 m do 55 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 9 do 18 kondygnacji nadziemnych włącznie,*
- *Wysokościowe (WW) – powyżej 55 m nad poziomem terenu.*

Teoria obszar energetyczny

Określenie wysokości budynku jest pochodną decyzji o typie bryły, jak również wpływa na jej zwartość, a tym samym na zapotrzebowanie energetyczne. Z badań nad wpływem gęstości zabudowy miast na zapotrzebowanie energetyczne (Resch i in. 2016) wynika, że najbardziej optymalnym budynkami w tkance miejskiej są obiekty o wysokości od 7 do 27 pięter. Należy wziąć również pod uwagę tzw. *energię wbudowaną,* uwzględniającą również koszt budowy i eksploatacji budynków. Z przeprowadzonych badań nad 611 istniejącymi obiektami biurowymi wynika, że na każde kolejne piętro przypada wzrost zużycia energii pochodzącej ze źródeł nieodnawialnych o 2,9% (Godoy-Shimizu i in. 2018). Te same badania wskazują również na 77% wzrost zużycia energii elektrycznej oraz 20% wzrost zużycia energii ze źródeł nieodnawialnych w budynkach wysokich (powyżej 10 pięter) w stosunku do obiektów niskich (do 5 pięter włącznie).

Do analiz obiektów wielorodzinnych BZE posłużono się ilością kondygnacji nadziemnych. W określeniu wysokości budynku nie brano pod uwagę funkcji poszczególnych kondygnacji.

Analiza obiektów

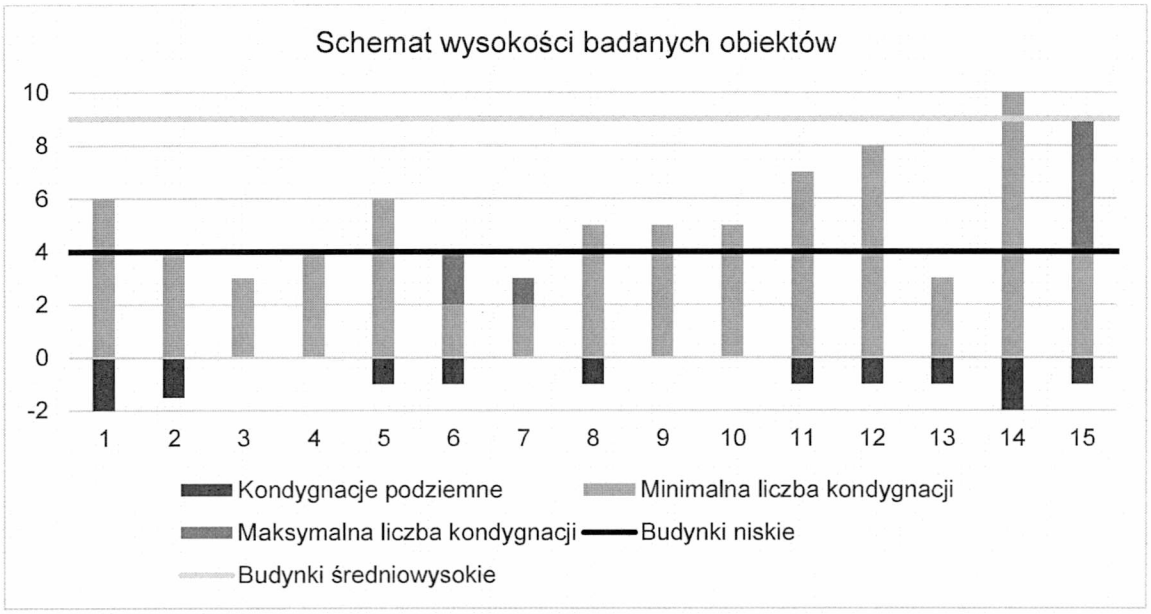
Wśród badanych obiektów, zakwalifikowano 8 jako budynki średniowysokie (do tej kategorii zakwalifikowano jeden obiekt, który posiadał od 4 do 9 kondygnacji), 6 jako niskie oraz 1 jako wysoki. 10 obiektów posiadało kondygnacje podziemne, od 1 do 2, na których znajdowały się garaże podziemne oraz pomieszczenia techniczne. Z pośród badanych obiektów, 3[28] posiadało zmienną liczbę kondygnacji:

- Od 2 do 3 kondygnacji,
- Od 2 do 4 kondygnacji,

[28] Spośród tych obiektów, 4 były zespołami kilku budynków lub składały się z wyodrębnionych części o zmiennej liczbie kondygnacji.

- Od 4 do 9 kondygnacji (budynek zakwalifikowano jako obiekt średniowysoki ze względu na przeważającą ilość kondygnacji powyżej czwartej).

Schemat wysokości badanych obiektów przedstawiono na wykresie 4.2.1.



Wykres 4.2.1 Zestawienie wysokości badanych obiektów. Opracowanie własne

Wnioski

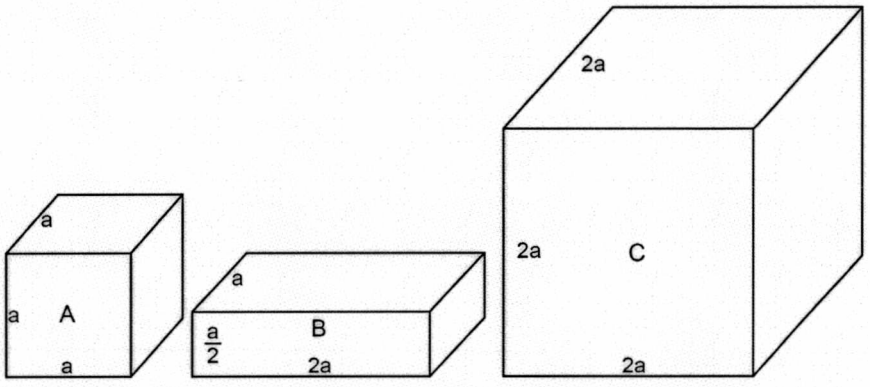
Na podstawie zbadanych obiektów można stwierdzić, że określona wysokość budynku wielorodzinnego może warunkować osiągnięcie standardu BZE. Znacząca większość, 14 z 15 przeanalizowanych obiektów, była budynkami niskimi lub średniowysokimi. Na podstawie przytoczonych badań (Godoy-Shimizu i in. 2018) stwierdzić można, że na dzień dzisiejszy budowanie budynków wysokich lub wysokościowych mających osiągnąć standard BZE może być utrudnione. Autor przypuszcza, że może to mieć związek m.in. ze stratami na przesyle ciepła na wyższe piętra.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że określona wysokość budynku jest cechą charakterystyczną BWBZE. Przeważały budynki średniowysokie oraz niskie.

Zwartość bryły

Teoria obszar projektowy

Współczynnik kształtu bryły jest stosunkiem sumy pól powierzchni (A) do kubatury bryły (V) i opisuje tzw. zwartość bryły określaną często w skrócie jako *A/V*. Im wartość współczynnika jest mniejsza tym większa jest zwartość bryły. Najbardziej zwartą bryłą jest kula, której współczynnik A/V wynosi 1:4,82, dla porównania dla sześcianu jest to odpowiednio 1:6. Współczynnik A/V jest również zależny od wielkości bryły. Dla tego samego kształtu będzie on miał niższą wartość przy większej bryle:



	A	B	C
Kubatura	a^3	a^3	$8a^3$
Powierzchnia zewnętrzna	$6a^2$	$7a^2$	$24a^2$
Zwartość bryły	6/a	7/a	3/a

Tabela 4.2.3 Porównanie współczynnika zwartości bryły w zależności od kubatury i pola powierzchni. Opracowanie własne na podstawie I. Danielski i in. (2012 s. 1)

Dla budynku zwartość bryły mierzona jest jako stosunek A/V, gdzie:

A - pola powierzchni wszystkich przegród budynku oddzielających część ogrzewaną od powietrza zewnętrznego, gruntu oraz pomieszczeń nieogrzewanych

V – kubatura ogrzewanej części budynku.

Teoria obszar energetyczny

Z punktu widzenia energochłonności, budynki o wyższym współczynniku zwartości bryły posiadają większą powierzchnię elewacji zewnętrznych do kubatury a tym samym potencjalnie większe straty ciepła przez przenikanie (Laskowski 2008). Bardziej skomplikowane bryły przy tej samej kubaturze generują wzrost zapotrzebowania energetycznego nawet o 100% (Daniels 1997). Badania nad budynkami wielorodzinnymi (Danielski i in. 2012 s. 5) pokazały, że inna zwartość bryły może odpowiadać za 10-20% ostatecznego zapotrzebowania na energię budynku. Należy wziąć również pod uwagę, że przeważającym kierunkiem przepływu ciepła jest kierunek ku górze. Stąd, ze względu na ograniczenie strat ciepła, preferowane są budynki o bardziej zwartych rzutach, które posiadają ograniczone powierzchnie poziomych przegród zewnętrznych – dachów. W literaturze spotkać można podział budynków ze względu na ich zwartość (Kurtz-Orecka 2012):

- *Budynki zwarte – A/V mniejsze niż 0,2*
- *Budynki o średniej zwartości – A/V w zakresie 0,2 – 1,05*
- *Budynki niezwarte – A/V większe niż 1,05.*

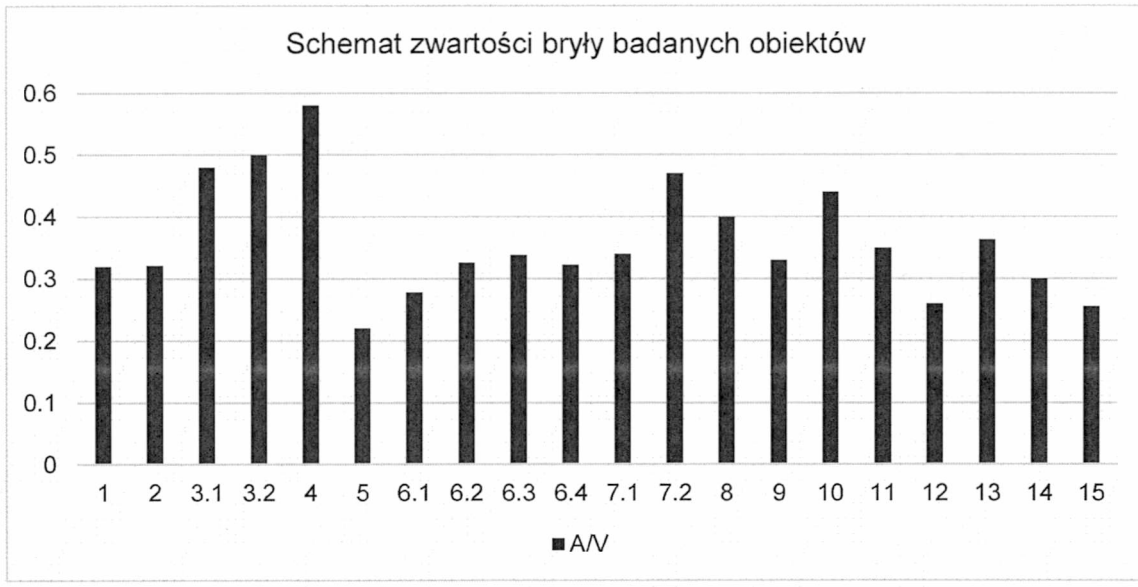
Zwartość bryły ma tym większy wpływ na ostateczne zapotrzebowanie energetyczne im przegrody zewnętrzne są gorzej zaizolowane. W przeprowadzonych badaniach (Danielski i in. 2012 s. 5) wykazano, że dla budynków różnica we współczynnikach kształtu wynosiła 0,7 co przełożyło się na ograniczenie zapotrzebowania na energię na cele grzewcze o:

- *18-21% dla budynków o najgorszych właściwościach izolacyjnych przegród*
- *15-19% dla budynków o średnich właściwościach izolacyjnych przegród*
- *11-16% dla budynków o najlepszych właściwościach izolacyjnych przegród.*

Warto również zauważyć, że współczynnik kształtu bryły posiada dwa aspekty. Pierwszym z nich, już wspomnianym wyżej, jest utrata ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne. Im mniejsze sumaryczne pole powierzchni przegród zewnętrznych tym utrata ciepła jest mniejsza. Ogranicza to jednak również potencjalną powierzchnię przeszkleń odpowiedzialnych za pasywne pozyskiwanie energii cieplne a więc drugi aspekt.

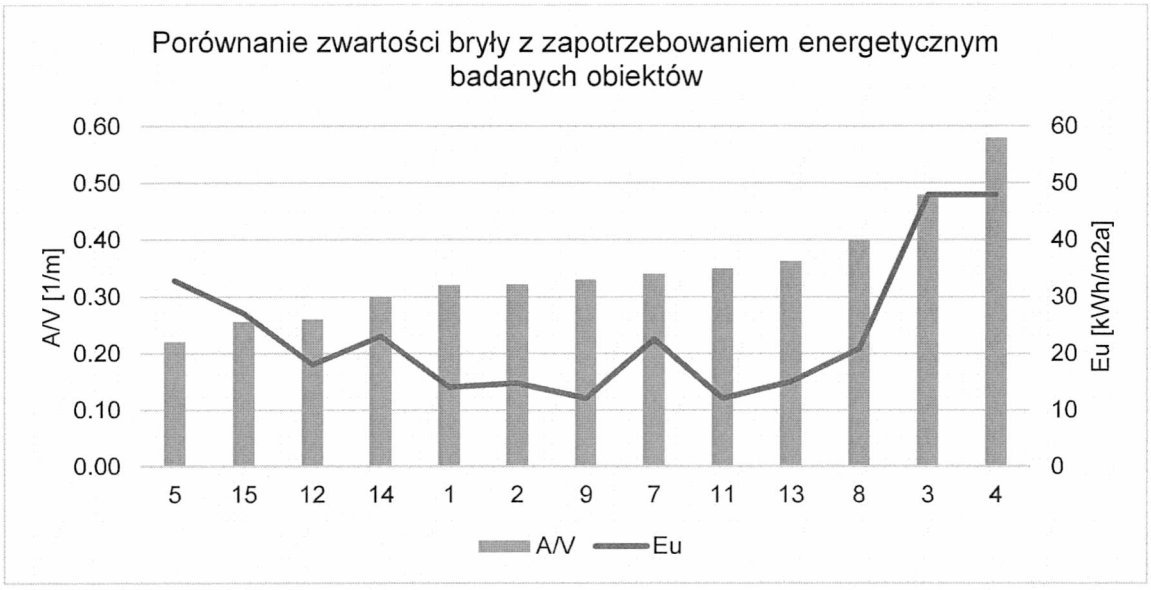
Analiza obiektów

Na potrzeby pracy, autor wykonał szacunkowe obliczenia współczynnika kształtu bryły dla wszystkich badanych obiektów na podstawie wykonanych przez siebie modeli trójwymiarowych przygotowanych w programie Autodesk Revit. W przypadku zespołów budynków policzono wartość współczynnika dla każdego z występujących typów zabudowy. Spośród wyodrębnionych 20 typów brył budynków wszystkie zostały sklasyfikowane, jako budynki o średniej zwartości. Wartość współczynnika A/V wahała się pomiędzy 0,22 do 0,58 a większość budynków (15) zawierała się w przedziale od 0,22 do 0,4. Średnią wartością współczynnika A/V wśród badanych budynków było A/V=0,36. Najbardziej zwartym budynkiem (A/V=0,22) był budynek Eulachhof, który posiada stosunkowo dużą, liniową bryłę główną. Najmniej zwartą bryłę posiadał budynek BowZED, który jest tarasowym punktowcem o niewielkich rozmiarach. Wartości współczynnik zwartości bryły badanych obiektów przedstawiono na wykresie 4.2.2.



Wykres 4.2.2 Zestawienie współczynnika zwartości bryły badanych obiektów. Opracowanie własne

Dokonano również porównania zależności pomiędzy współczynnikiem A/V oraz deklarowanym zapotrzebowaniem na energię użytkową (Eu) analizowanych obiektów (w badaniu pominięto obiekty, dla których w materiałach źródłowych brakowało danych w zakresie zapotrzebowania energetycznego), wykres 4.2.3, kolejność budynków od budynku o najniższym do budynku o najwyższym współczynniku kształtu bryły.



Wykres 4.2.3 Porównanie zwartości bryły z zapotrzebowaniem energetycznym badanych obiektów. Kolejność obiektów wg rosnącego współczynnika A/V. Opracowanie własne

Wnioski

Symulacje i obliczenia wykonane przez autora wykazały, że współczynnik kształtu bryły może warunkować osiągnięcie standardu BZE. Wielkość analizowanych obiektów była zróżnicowana, nie można, zatem stwierdzić, że ze względu na wielkość kubatury współczynniki A/V były niskiej wartości. Autorskie badania potwierdzają, że zmiana wartości współczynnika nie zawsze wpływa bezpośrednio na wartość zapotrzebowania energetycznego budynku posiadającego przegrody zewnętrzne o podwyższonej izolacyjności termicznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że zwartość bryły budynku jest cechą charakterystyczną BWBZE. Stwierdzono, że wszystkie budynki posiadały bryły o średniej zwartości. Nie można jednak stwierdzić, że określona wartość, współczynnika A/V jest cecha charakterystyczną BWBZE.

Układ komunikacyjny oraz strefowanie termiczne budynku

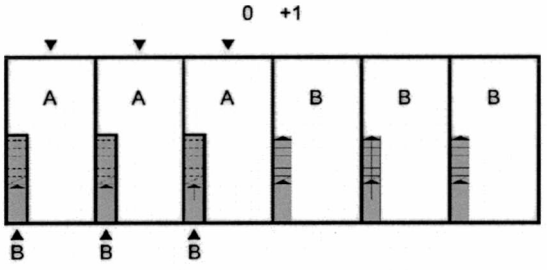
Teoria obszar projektowy

W budynkach wielorodzinnych wyróżnić można komunikację poziomą oraz komunikację pionową (Z. Bać i in. 1978 s. 63). Są to odpowiednio korytarze lub galerie oraz klatki schodowe oraz szyby windowe nazwane układem komunikacyjnym. Zależy on w dużej mierze od typu bryły danego obiektu. Na potrzeby pracy wyodrębniono pięć typów (Z. Bać i in. 1978 s. 78) (Pallado 2014 s. 59):

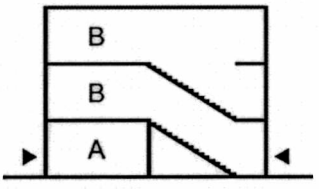
- Bezklatkowy – budynek z bezpośrednim dostępem do mieszkań, bez wydzielonej komunikacji wspólnej. Dostęp do mieszkań na wyższych kondygnacjach odbywa się poprzez indywidualne ciągi komunikacyjne lub schody. Ze względu specyfikę oraz ograniczenia, możliwy do zastosowania tylko w niewielkich i niskich obiektach, zwykle do trzech kondygnacji nadziemnych.
- Klatkowy – budynek, którego jedynym elementem układu komunikacyjnego jest klatka schodowa, zwykle ulokowana w centrum rzutu lub przy jeden z elewacji. Dostęp do mieszkań odbywa się z jednego lub obu półpięter (w przypadku

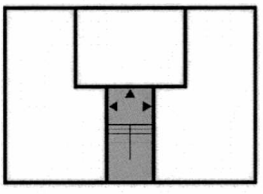
przesunięcia mieszkań o pół kondygnacji). Taki układ może obsłużyć ograniczoną liczbę mieszkań, zwykle około trzy do czterech.

- Korytarzowy – głównym elementem komunikacyjnym są wewnętrzne korytarze połączone z jedną lub kilkoma klatkami schodowymi, umożliwiają dostęp do mieszkań po obu stronach rzutu.
- Galeriowy – elementem umożliwiającym dostęp do mieszkań są galerie, przeważnie zewnętrzne, połączone z jedną lub kilkoma klatkami schodowymi. Umożliwiają dostęp do mieszkań tylko po jednej stronie rzutu. Czasami występują w formie zamkniętej lub półzamkniętej.
- Mieszany – układ, w którym występuje więcej niż jeden z opisanych powyżej typów komunikacji wewnętrznej. Często spotykany w długich, liniowych układach bryły budynku. Można wyróżnić dwa układy mieszane – układ mieszany w obrębie jednej kondygnacji lub układ mieszany w obrębie budynku, gdzie w jednej jego części lub na części kondygnacji występuje jeden system komunikacji a na pozostałych częściach inny.

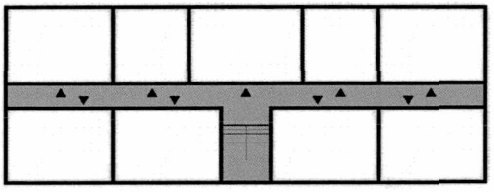


Układ bezklatkowy

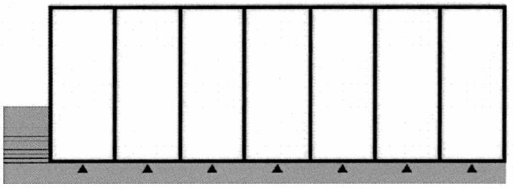




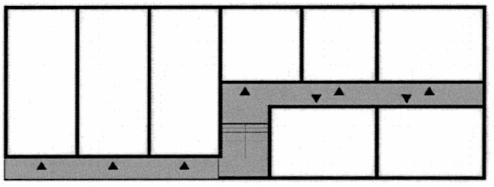
Układ klatkowy



Układ korytarzowy



Układ galeriowy



Układ mieszany

Rysunek 4.2.8 Schemat typologii układów komunikacji wewnętrznej. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado (2014)

Analiza obiektów

Spośród badanych 15 obiektów, 7 posiadało układ klatkowy, 2 galeriowy, 2 bezklatkowy. Układy korytarzowy jednokrotnie, a w 3 obiektach występowały układy mieszane. Występowanie układów komunikacyjnych w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.4.

Typ układu komunikacyjnego	Liczba budynków
Bezklatkowy	2
Klatkowy	7
Korytarzowy	1
Galeriowy	2
Mieszany	3

Tabela 4.2.4 Zestawienie typologii układu komunikacyjnego w badanych obiektach. Opracowanie własne

Najczęściej spotykanym układem komunikacyjnym był układ klatkowy, który występował we wszystkich typach brył budynków. Drugim pod względem występowania były układy mieszane. Wyróżniono 3 takiego układy:

- The Sun Ship – układ mieszany w obrębie kondygnacji składający się z układu klatkowego oraz galeriowego,
- e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden – układ mieszany w obrębie zespołu, budynki dwukondygnacyjne zaprojektowane w układzie bezklatkowym z indywidualnymi, wewnętrznymi schodami do mieszkań na wyższej kondygnacji,

budynki trzykondygnacyjne zaprojektowane w układzie galeriowym (zewnętrznym) [29],

- Messequartier - układ mieszany w obrębie kondygnacji składający się z układu korytarzowego oraz galeriowego.

Trzecim, pod względem występowania, były układy bezklatkowy oraz galeriowy. Układ bezklatkowy charakteryzował mniejsze obiekty odcinkowe o jedynie trzech kondygnacjach. Mała skala budynku oraz niska zabudowa pozwoliła na zastosowanie bezpośredniego dostępu z poziomu terenu do mieszkań na parterze. Dostęp do mieszkań na wyższych kondygnacjach został zapewniony przez indywidualne klatki (Sunny Woods), zarówno wewnętrzne jak i zewnętrzne (BedZED). Przeważnie galerie stosowane były w obiektach liniowych. Układ korytarzowy występował w jednym obiekcie (Terrasee 9) o punktowej bryle[30]. Zestawienie układów komunikacyjnych z typami brył w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.5.

Układ kom. / Typologia	Bezklatkowy	Klatkowy	Korytarzowy	Galeriowy	Mieszany[31]
Punktowy[32]	-	3	-	-	-
Odcinkowy	2	2	-	-	1
Liniowy[33]	-	2	1	2	2
Suma	2	7	1	2	3

Tabela 4.2.5 Zestawienie typologii układu komunikacyjnego do typu bryły badanych obiektów. Opracowanie własne

Teoria obszar energetyczny

Dobór układu komunikacyjnego oraz jego lokalizacja względem rzutu budynku warunkuje bezpośredni dostęp poszczególnych pomieszczeń do elewacji zewnętrznej. Ma to szczególne znaczenie w kontekście dostępu mieszkań do światła dziennego a tym samym do możliwości pozyskiwania energii w sposób pasywny z insolacji, co zostało opisane w podrozdziale 4.3.4. Można, wobec tego powiązać układ komunikacyjny budynku z jego strefowaniem termicznym. Ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniej temperatury w pomieszczeniach mieszkalnych (par. 134 Dz. U. 2017 poz. 2285 2017), w budynku wielorodzinnym wyróżnić można trzy strefy termiczne:

- *Strefa ogrzewana – pomieszczenia wymagające zapewnienia odpowiedniej temperatury dla utrzymania komfortu termicznego, np. pomieszczenia mieszkalne, ewentualne pomieszczenia usługowe lub biurowe, jeśli występują,*
- *Strefa niewymagająca ogrzewania – pomieszczenia niewymagające zapewnienia odpowiedniej temperatury jednak ze względu na swoje położenie często ogrzewane są w sposób pasywny za pośrednictwem przenikania ciepła*

[29] W związku z odrębnością budynków, w których znalazły się wspomniane układy komunikacyjne, będą one traktowane w dalszych badania oddzielnie.
[30] Obiekt *Terrasse 9* został zakwalifikowany przez autora, jako hybrydowy typ bryły punktowo-liniowy. Ze względu na rozmieszczenie funkcji mieszkaniowej, w analizie układu komunikacyjnego został on zakwalifikowany, jako budynek punktowy.
[31] Odniesiono się jedynie do układów mieszanych w obrębie jednego budynku. Układy mieszane w obrębie zespołu zostały potraktowane jako oddzielne.
[32] Dla uczytelnienia wyników, budynki o typologii punktowo-tarasowej oraz punktowo-liniowej potraktowano w tym przypadku, jako obiekty punktowo.
[33] Ze względu na występowanie badanych układów komunikacyjnych w obrębie bryły liniowej budynku *The Sun Ship*, potraktowano go w zestawieniu jako obiekt liniowy.

przez przegrody wewnętrzne, np. komunikacja, pomieszczenia gospodarcze (w obrębie kondygnacji nadziemnych),

- *Strefa nieogrzewana – pomieszczenia niewymagające zapewnienia odpowiedniej temperatury, przeważnie odizolowane termiczne od pozostałej części budynku, np. parkingi podziemne, pomieszczenia gospodarcze (w obrębie kondygnacji podziemnych).*

Obiekty energooszczędne są w pewnym stopniu uzależnione od pasywnych zysków solarnych. Z tego względu mieszkania powinny mieć dostęp do możliwie jak największej powierzchni elewacji wystawionej na działanie promieniowania słonecznego. Ze względu na zmienność warunków nasłonecznienia na Ziemi w cyklu rocznym wyróżnia się trzy okresy warunków nasłonecznienia (Chwieduk 2011 s. 124):

- *Okres najlepszej dostępności promieniowania słonczego: wiosenno-letni od kwietnia do sierpnia;*
- *Okres przejściowy: zimowo-wiosenny od lutego do marca oraz letnio-jesienny od września do października*
- *Okres najgorszej dostępności promieniowania słonczego: zimowy od października do stycznia.*

W tych okresach, położenie Słońca względem płaszczyzny Ziemi zmienia się. Wpływa to na zmiany średniego dziennego napromieniowania, co przedstawiono w tabeli 4.2.6.

Orientacja	płd.	płd.-zach.	zach.	płn.-zach.	płn.	płn.-wsch.	wsch.	płd.-wsch.
Miesiąc	H_c, MJ/(m²·dzień)[34]							
Czerwiec	10	10,5	11,5	8	7	7,5	10	10
Grudzień	2	1,5	1	1	1	1	1	1,5
Marzen	8	7,5	5,5	3	3	3	4,5	6,5

Tabela 4.2.6 Średnie dzienne napromieniowanie powierzchni pionowych. Opracowanie własne na podstawie D. Chwieduk (2011)

Elewacje o kierunku zachodnim, południowo-zachodnim oraz południowym a także południowo-wschodnim i wschodnim otrzymują największe średnie napromieniowanie zarówno w okresie letnim jak i przejściowym. Są to, zatem preferowane kierunki, na które powinny zostać wystawione okna pomieszczeń mieszkalnych.

Analiza obiektów

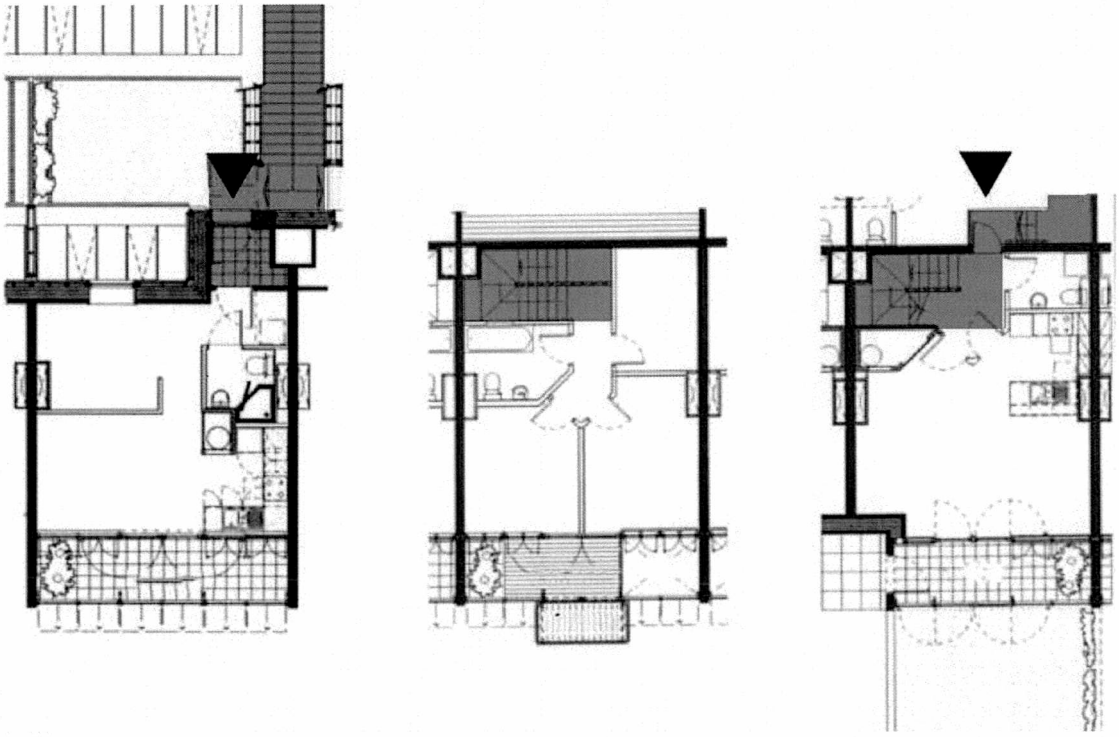
Zbadano łącznie 18 układów komunikacyjnych[35] wyróżnionych wśród badanych obiektów. W 8 z nich, układy komunikacyjne znajdowały się przy północnej elewacji, w 5 w środku rzutu, w 3 przy elewacji wschodniej oraz w po 1 obiekcie przy elewacji zachodniej oraz północno-wschodniej. Zestawienie orientacji układu komunikacyjnego wraz z jego typem w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.7. Schematy układów komunikacyjnych zaprezentowano na rysunkach 4.2.9 do 4.2.18.

[34] Gdzie H_C oznacza średnie dzienne napromieniowanie słoneczne półsferyczne (Chwieduk 2011 s. 9)

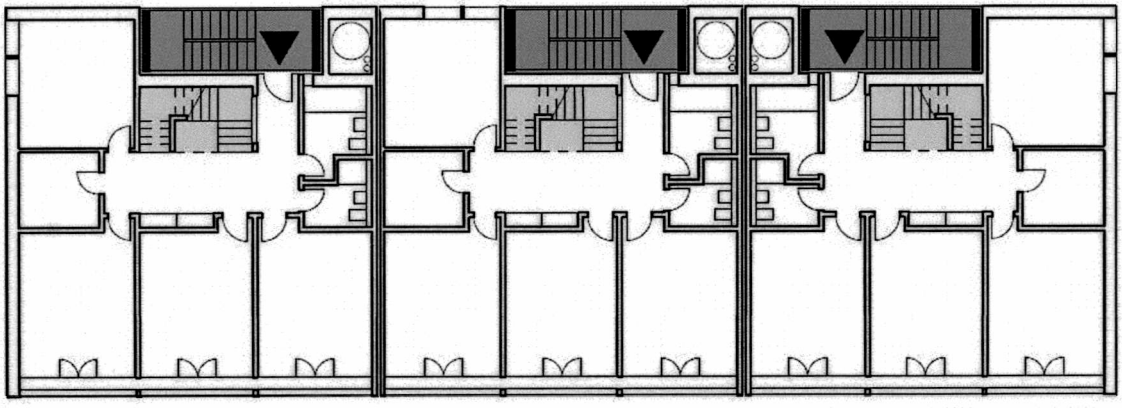
[35] W przypadku układów komunikacyjnych mieszanych rozpatrywano wszystkie ich składowe oddzielnie. W przypadku obiektów o układzie bezklatkowym podano lokalizację indywidualnych ciągów komunikacyjnych.

Orientacja układu komunikacyjnego	płd.	płd.-zach.	zach.	płn.-zach.	płn.	płn.-wsch.	wsch.	płd.-wsch.	środek
Typ układu komunikacyjnego									
Bezklatkowy	-	-	-	-	1	-	-	-	2
Klatkowy	-	-	1	-	3	1	1	-	2
Korytarzowy	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Galeriowy	-	-	-	-	3	-	2	-	-
Suma	-	-	1	-	8	1	3	-	5

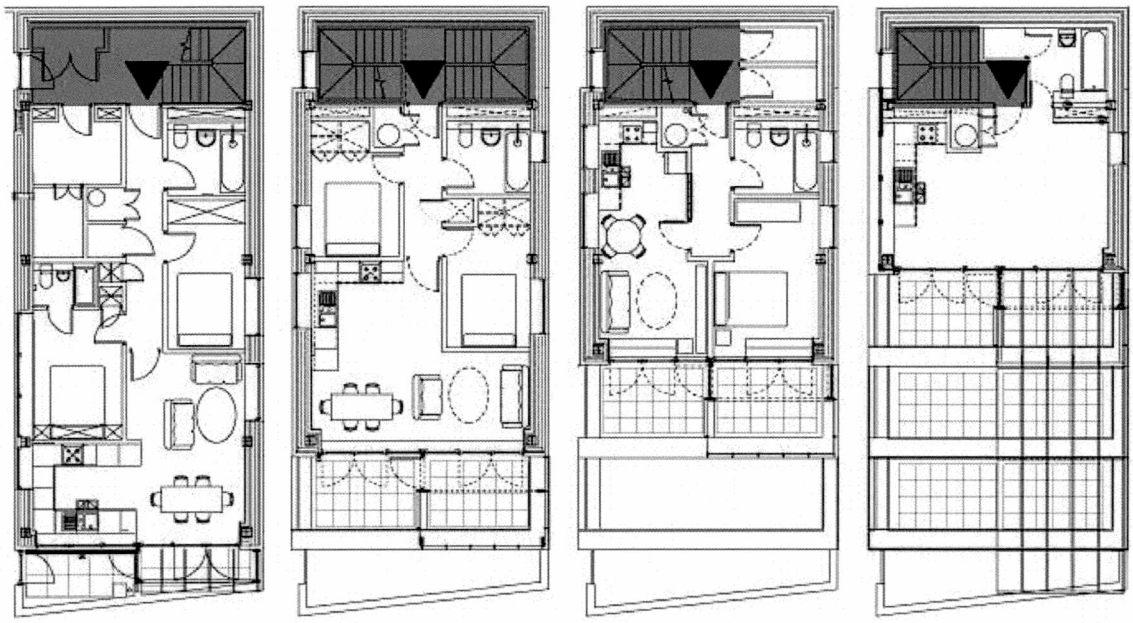
Tabela 4.2.7 Zestawienie położenia układu komunikacyjnego względem kierunków świata w badanych obiektach. Opracowanie własne



Rysunek 4.2.9 Układ bezklatkowy od strony północnej - budynek BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com



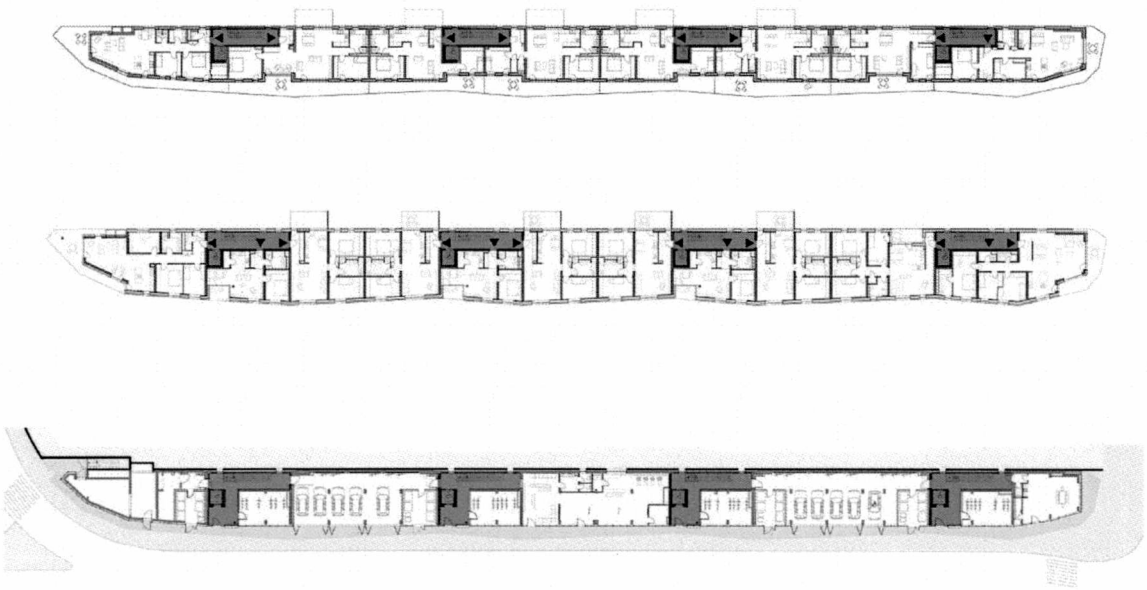
Rysunek 4.2.10 Układ bezklatkowy od strony północnej - budynek Sunny Watts. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://kaempfen.com



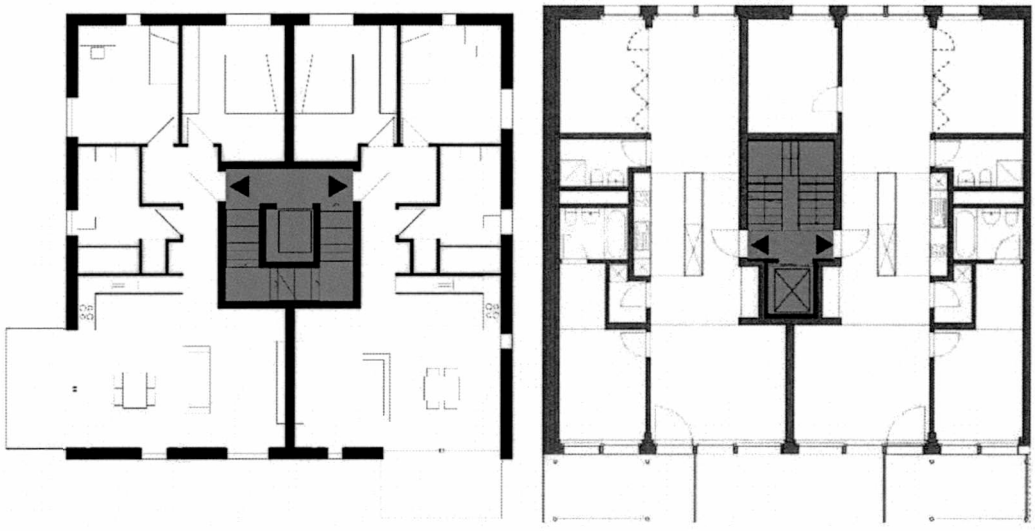
Rysunek 4.2.11 Układ klatkowy od strony północnej - budynek BowZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com



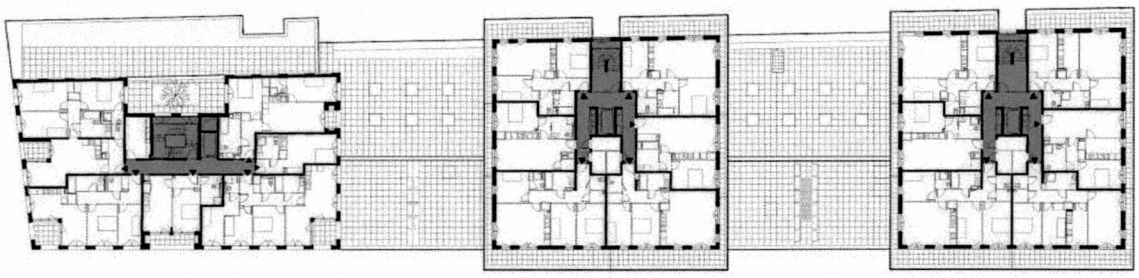
Rysunek 4.2.12 Układ klatkowy od strony północnej – budynek Smart is Green. Opracowanie własne na podstawie materiałów http://zillerplus.de



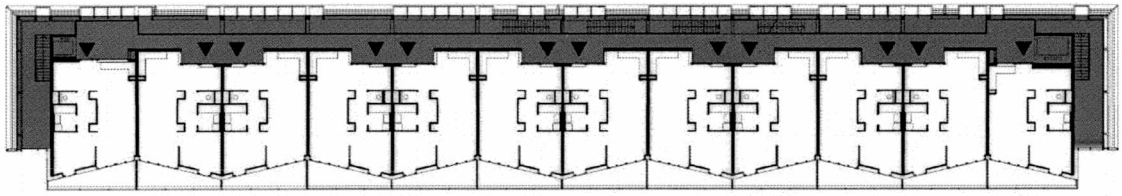
Rysunek 4.2.13 Układ klatkowy od strony północnej - budynek Aktiv-Stadthaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.hhs.ag



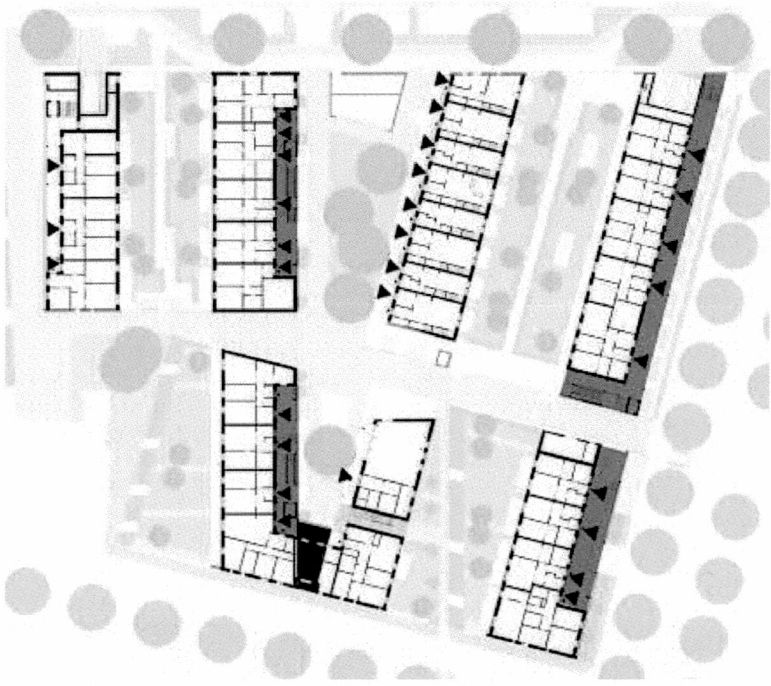
Rysunek 4.2.14 Układy klatkowe w środku budynku. Budynki Woodcube (po lewej) oraz Eulachhof (po prawej). Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.architekturagentur.de



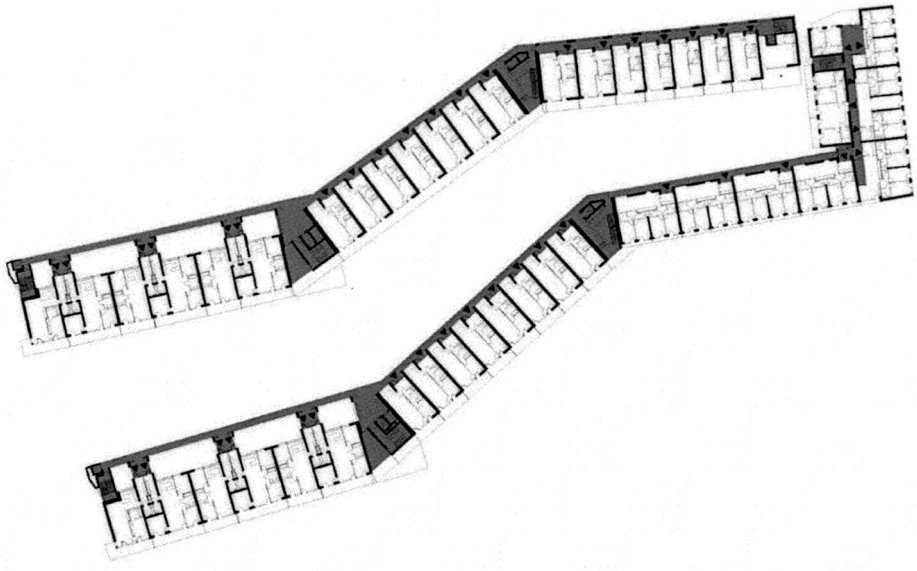
Rysunek 4.2.15 Układ korytarzowy od strony północnej - budynek Terrase 9. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://azc.archi



Rysunek 4.2.16 Układ galeriowy od strony północnej - budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.artec-architekten.at



Rysunek 4.2.17 Układ mieszany galeriowo-bezklatkowy. Układ galeriowy od strony wschodniej, układ bezklatkowy od strony zachodniej - budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.bogevisch.de



Rysunek 4.2.18 Układ mieszany galeriowo-korytarzowy. Układ galeriowy od strony północnej, układ korytarzowy w środku budynku - budynek Messequartier. Opracowanie własne na podstawie http://pernthaler.at

Wnioski

Analizując powyższe wyniki można wysnuć stwierdzić, że dobór układu komunikacyjnego może warunkować osiągnięcie standardu BZE. Jest to ściśle powiązane z jego lokalizacją względem stron świata, co może mieć wpływ na energochłonność budynku. Warunkuje to, bowiem dostępności pomieszczeń mieszkalnych do elewacji posiadających duże średnie, zwłaszcza w okresach przejściowych, napromieniowanie słoneczne a tym samym umożliwia pozyskiwanie energii w sposób pasywny. Żaden z badanych obiektów nie posiadał układu komunikacyjnego po stronie najbardziej napromieniowanej. Tym samym umożliwiając rozlokowanie mieszkań wzdłuż elewacji południowych, południowo-zachodnich, zachodnich oraz południowo zachodnich.

Układy komunikacyjne, oprócz podstawowej funkcji pełnić mogą również role istotne ze względu na energochłonność budynku, takie jak bufor termiczny, system zacieniania czy komin solarny. Wśród badanych obiektów scharakteryzowano tylko jedno takie rozwiązanie. Była to zamknięta galeria po północnej stronie budynku *Multi-generational: Living at Muhlgrund,* która według założeń projektanta miała działać, jako bufor termiczny przeciwdziałający nadmiernemu wychładzaniu północnych ścian mieszkań.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest określony typ układu komunikacyjnego. Najczęściej występowały układy klatkowe.

Można również stwierdzić, że cecha charakterystyczną jest lokalizacja układu komunikacji przy północnej elewacji budynku.

Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku

Teoria obszar projektowy

Według Polskiej Klasyfikacji Obiektów Budowlanych (PKOB) wydanej przez Główny Urząd Statystyczny (2002) wyróżnia się dwa działy budownictwa:

- *Budynki mieszkalne – m.in. budynki wielomieszkaniowe*[36]
- *Budynki niemieszkalne – m.in. budynki biurowe oraz handlowo-usługowe.*

Ze względu na przeznaczenie budynku, wyróżnić można budynki jednofunkcyjne, w których występuje tylko jedna funkcja oraz budynki wielofunkcyjne, w których równolegle występują przynajmniej dwie różne funkcje (Gerigk 2014). W pracy przyjęto, że budynek mieszkalny to taki, w którym „co najmniej połowa całkowitej powierzchni użytkowej jest wykorzystywana do celów mieszkaniowych" (GUS 2002)[37]. Wyróżniono trzy typy układów funkcjonalnych:

- Budynki wielorodzinne – obiekty jednofunkcyjne, których jedynym przeznaczeniem jest funkcja mieszkaniowa,
- Budynki wielorodzinne z funkcjami uzupełniającymi – obiekty wielofunkcyjne, w których wiodącym przeznaczeniem jest funkcja mieszkaniowa uzupełniona o funkcje dodatkowe jak lokale biurowe czy handlowo-usługowe, których powierzchnia użytkowa nie przekracza ok. 25% całkowitej powierzchni użytkowej budynku, zazwyczaj w formie

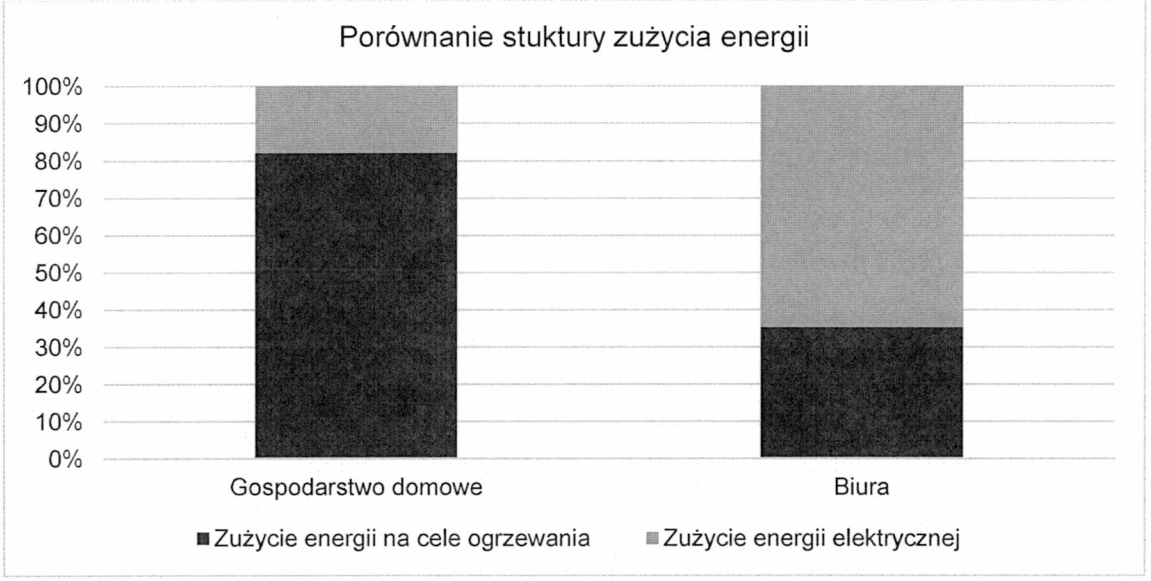
[36] W pracy określane jako *budynki wielorodzinne* wg §3. WT (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017).
[37] Za wyjątkiem budynku *The Sun Ship.*

niewielkich lokali handlowych lub usługowych zaspokajających podstawowe potrzeby mieszkańców,

- Zespoły wielofunkcyjne[38] – obiekty wielofunkcyjne, w których przynajmniej połowa powierzchni użytkowej przeznaczona jest na funkcję mieszkaniową a pozostałe funkcje zajmują ponad 25% całkowitej powierzchni budynku, często w formie łączenia lokali mieszkaniowych z miejscem pracy (lokalem biurowym).

Teoria obszar energetyczny

Różne przeznaczenia budynków charakteryzują się różnymi profilami zapotrzebowania energetycznego (America's Energy Future (Project) i in. 2010). Ma to związek zarówno z czynnikiem ludzkim – inne sposoby funkcjonowania użytkowników, jak również z innym wyposażeniem technicznym budynku, który pociągać za sobą może inne wymagania w celu osiągnięcia komfortu termicznego. Poniżej przedstawiono porównanie struktury zużycia energii na podstawie statystycznych danych GUS w odniesieniu do gospodarstw domowych (GUS 2019b) oraz dane statystyczne opublikowane przez firmę SKANSKA na podstawie analiz wykonanych w 20 obiektach biurowych w Polsce (Skanska 2017):



Wykres 4.2.4 Porównanie struktury zużycia energii w gospodarstwach domowych i biurach. Opracowanie własne na podstawie danych GUS (2019) oraz SKANSKA (2017)

Różne profile zapotrzebowania energetycznego mogą pozwolić na wzajemne uzupełnianie się w obrębie budynku wielofunkcyjnego. Niektóre funkcje mogą generować nadwyżki energetyczne w postaci ciepła odpadowego. Ma to miejsce m.in. w budynkach biurowych, w których urządzenia elektryczne, jak np. serwerownie, generują znaczną ilość ciepła, której odzysk byłby potencjalnie możliwy do odzyskania i zasilenia lokali mieszkaniowych, czy w obiektach handlowych gdzie chłodnie oraz inne urządzenia generują znaczne ilości energii cieplnej. Innym aspektem jest również profil czasowy wykorzystania energii. W przypadku generacji energii elektrycznej z ogniw PV największa skuteczność występuje w tzw. godzinach pracy, a więc w czasie, gdy z reguły użytkownicy są poza lokalami mieszkalnymi. Jest to wzmożony czas pracy lokali

[38] W badaniach pominięto *wielofunkcyjne zespoły budynków*, w których całe budynki tworzące zespół posiadają inne przeznaczenia.

biurowych jak również handlowo-usługowych. Daje możliwość wykorzystania generowanej energii, oczywiście przy założeniu braku jej magazynowania.

Analiza obiektów

Ponad połowa budynków to obiekty jednofunkcyjnymi (10 obiektów), pozostała część to zespoły wielofunkcyjne (4) oraz budynek wielorodzinny z funkcjami uzupełniającymi (1). W większości obiektów rozszerzonych o funkcje dodatkowe, znajdowały się lokale usługowe bądź lokale usługowe wraz z biurowymi. W jednym obiekcie znalazły się tylko lokale biurowe. Zestawienie typów układu funkcjonalnego w badanych obiektach oraz funkcji dodatkowych zaprezentowano w tabelach 4.2.8 oraz 4.2.9.

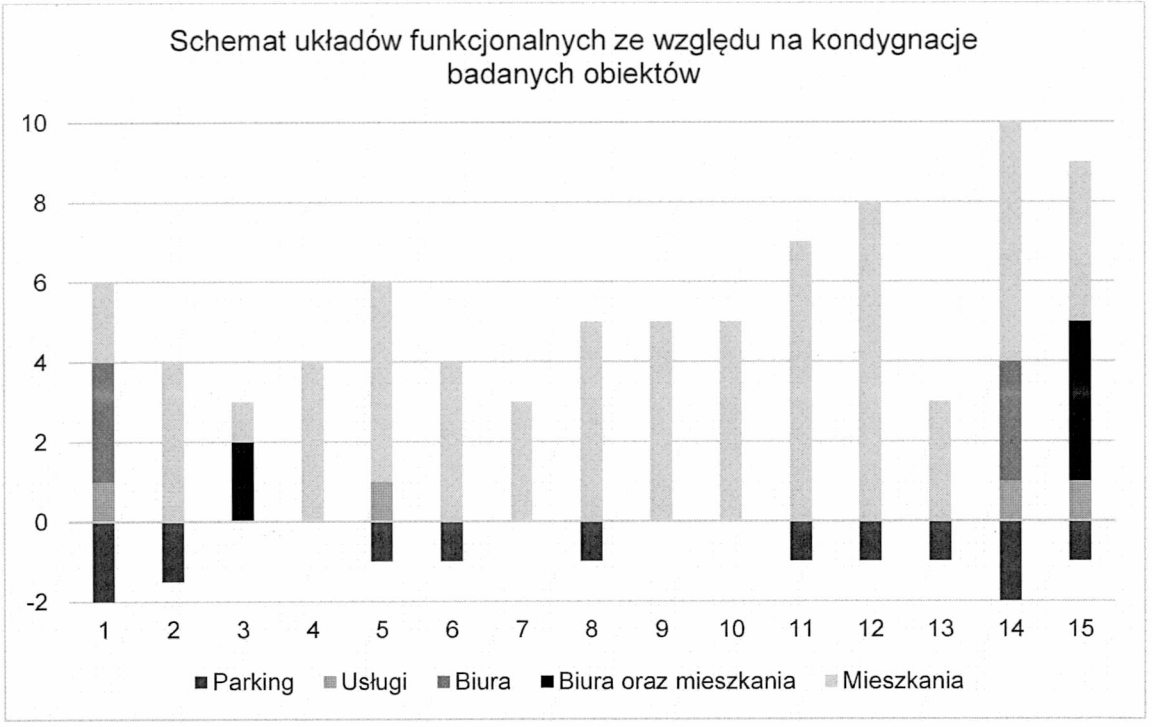
Typ układu funkcjonalnego	Liczba budynków
Budynek wielorodzinny	10
Budynek wielorodzinny z funkcjami uzupełniającymi	1
Zespół wielofunkcyjny	4

Tabela 4.2.8 Zestawienie struktury układów funkcjonalnych w badanych obiektach. Opracowanie własne

Typ funkcji dodatkowych	Liczba budynków
Lokale biurowe	1
Lokale usługowe	1
Lokale usługowe oraz biurowe	3

Tabela 4.2.9 Zestawienie funkcji dodatkowych w badanych obiektach. Opracowanie własne

We wszystkich badanych obiektach, w których występowały funkcje dodatkowe, znajdowały się one na najniższych kondygnacjach. Wszystkie lokale usługowe zlokalizowane były jedynie w parterach. Lokale biurowe znajdowały się bezpośrednio nad lokalami usługowymi lub również w parterach i na wyższych kondygnacjach, do czwartego piętra włącznie. Schemat układów funkcjonalnych w badanych obiektach przedstawiono na wykresie 4.2.5.



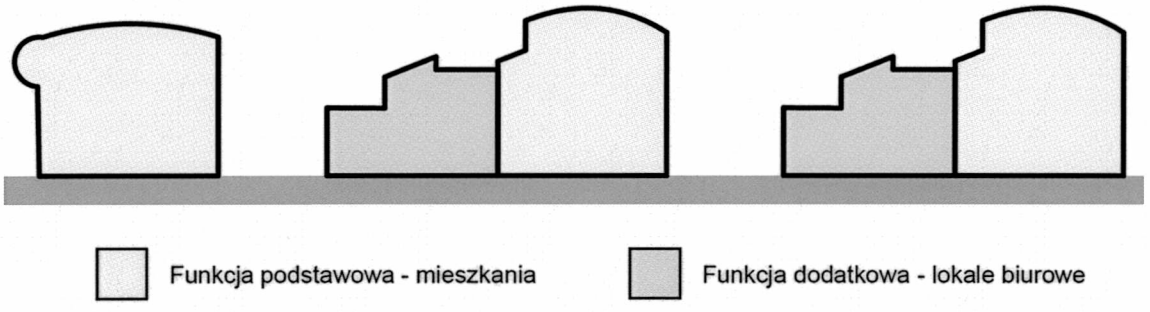
Wykres 4.2.5 Schemat układów funkcjonalnych ze względu na kondygnacje w badanych obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

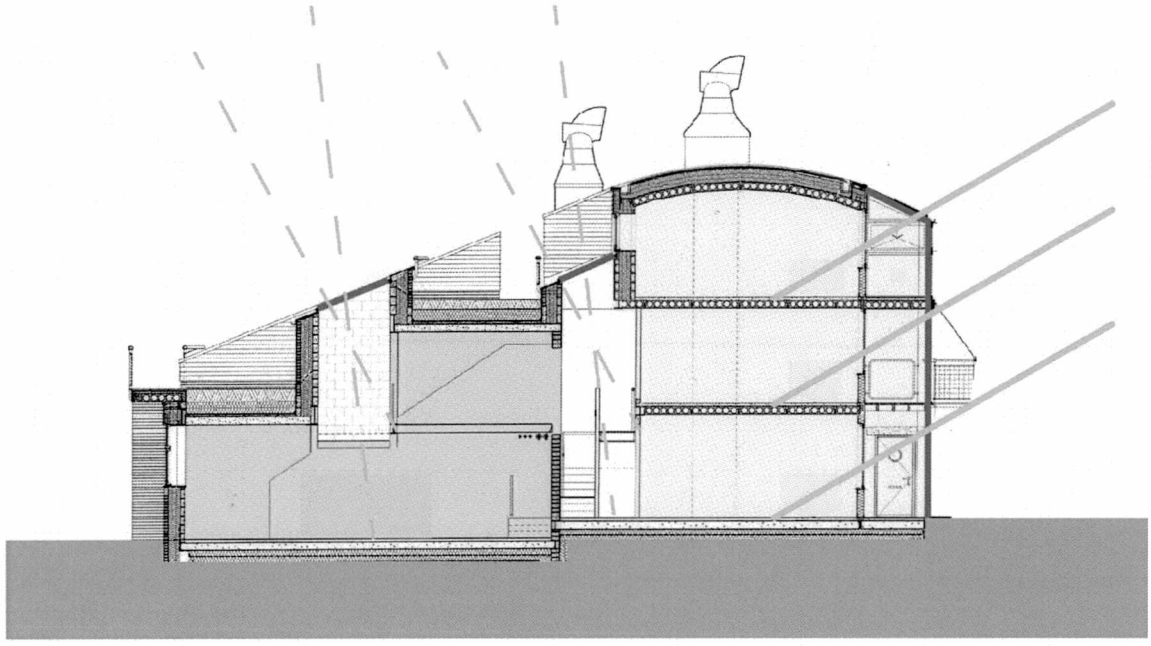
Spośród obiektów uzupełnionych dodatkowymi funkcjami można wyróżnić cztery unikatowe układy funkcjonalne:

- The Sun Ship – obiekt w rozumieniu PKOB jest budynkiem niemieszkalnym – przeważa powierzchnia użytkowa lokali usługowych oraz biurowych nad lokalami mieszkalnymi. Został on ujęty w badaniach ze względu na bycie jednym z pierwszych budynków o standardzie BZE z lokalami mieszkaniowymi.
- Multi-generational: Living at Mühlgrund - w parterze tego budynku znalazły się dom opieki dla osób starszych. Są to osobne mieszkania, w których została zapewniona opieka pielęgniarska. Dom opieki został wyposażony również w pomieszczenia warsztatowe i studia, w których odbywają się zajęcia dla mieszkańców, gabinet lekarski oraz wspólną przestrzeń kuchenno-jadalnianą.
- BedZED – zespół wielofunkcyjny w systemie *„żyj i pracuj"* (Chance 2009), w którym połączono lokale mieszkalne z lokalami biurowymi. Miało to na celu dalsze obniżenie emisji dwutlenku węgla, również w kontekście ograniczenia komunikacji pomiędzy miejscem zamieszkania a miejscem pracy.
- Terrasse 9 – oprócz lokali usługowych i biurowych, budynek został uzupełniony o centrum społeczno-kulturalne. Jest to jedyny z badanych obiektów, który oferuje jego użytkownikom (wewnętrzną) przestrzeń wspólną pozwalającą na integrację.

Tylko w jednym z badanych obiektów stwierdzono potencjalny wpływ funkcji uzupełniającej na energochłonność budynku. Zespół mieszkaniowy BedZED składa się z trzech równoległych pasm budynków mieszkalnych. Dwa z nich zostały rozbudowane od północnej strony o kaskadowe układy lokali biurowych. Ich lokalizacja od północnej strony ma tworzyć bufor termiczny dla przylegających części mieszkalnych. Taki układ pozwala również wykorzystać południowe elewacje na przeszklenia mieszkań a tym samym na pasywne wykorzystanie energii słonecznej. Układ tarasowy (kaskadowy) lokali biurowych zapobiega zacienianiu kolejnych budynków. Części biurowe zostały dodatkowo doświetlone poprzez świetliki dachowe zlokalizowane w *studniach słonecznych,* co zaprezentowano na rysunkach 4.2.19 oraz 4.2.20.



Rysunek 4.2.19 Schemat funkcjonalny zespołu BedZED. Opracowanie własne na podsatwie materiałów https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.2.20 Schemat doświetlenia światłem dziennym zespołu BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że cechą charakterystyczną badanych obiektów był brak funkcji dodatkowych w obrębie budynku. Jednak uzupełnianie mieszkaniowej funkcji wiodącej funkcjami uzupełniającymi nie wpływa raczej na energochłonność budynku a tym samym na potencjalne osiągnięcie standardu BZE.

Łączenie dwóch lub więcej funkcji w obrębie jednego budynku może mieć pozytywny wpływ na wzajemną współpracę energetyczną. Wykorzystanie różnej specyfiki funkcjonowania lokali mieszkaniowych i biurowych wykorzystano jedynie w zespole BedZED, który jest przykładem nie tylko na projektowane ograniczenie zużycia energii, ale również redukcje emisji dwutlenku węgla wychodzące poza obszar bilansowania zespołu za sprawą ograniczenia konieczności przemieszczania się.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że układ funkcjonalny budynku jest cechą charakterystyczną BWBZE. Przeważają budynku wielorodzinne bez funkcji dodatkowych.

Liczba mieszkań

Teoria obszar projektowy

Podstawowym parametrem opisującym wielkość budynku jest jego powierzchnia podawana w kilku podstawowych wariantach, jak np. powierzchnia całkowita lub użytkowa. W przypadku budynków mieszkalnych częstą praktyką jest podawanie powierzchni użytkowej mieszkalnej (PUM). Choć prawnie nie jest ona zdefiniowana to przyjmuje się, że jest to część powierzchni użytkowej budynku związana z funkcją mieszkalną. Innym sposobem określania wielkości dla budynków wielorodzinnych może

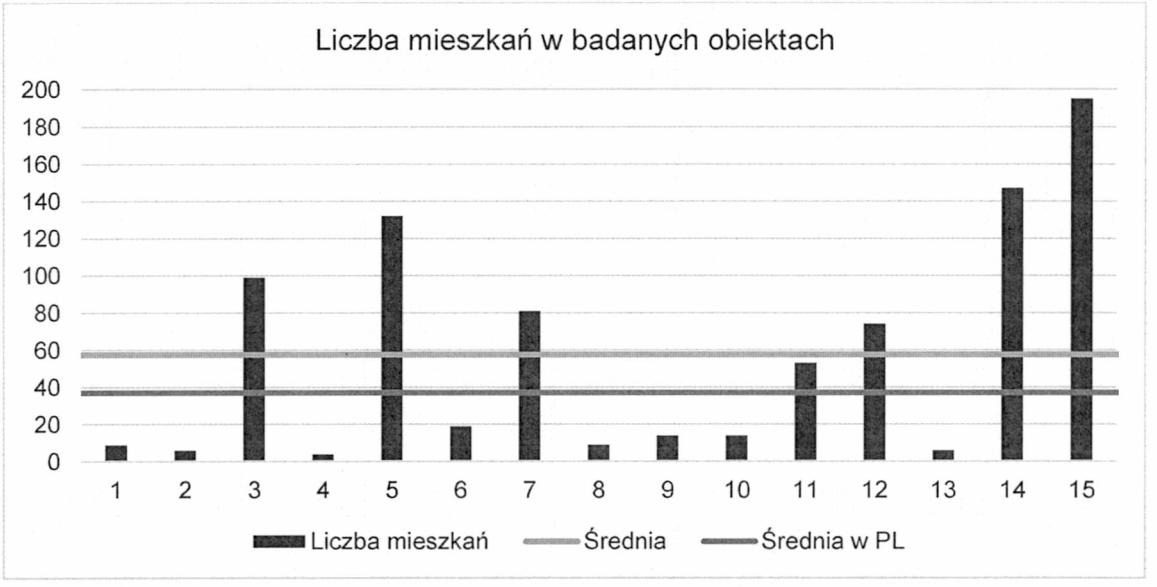
być liczba mieszkań w danym budynku. Takimi danymi posługuje się również GUS w publikowanych statystykach[39].

Wyodrębniono trzy kategorie budynku ze względu na liczbę mieszkań:

- Budynki małe – budynki do 20 mieszkań,
- Budynki średnie – budynki od 21 do 80 mieszkań,
- Budynki duże – budynki powyżej 80 mieszkań.

Analiza obiektów

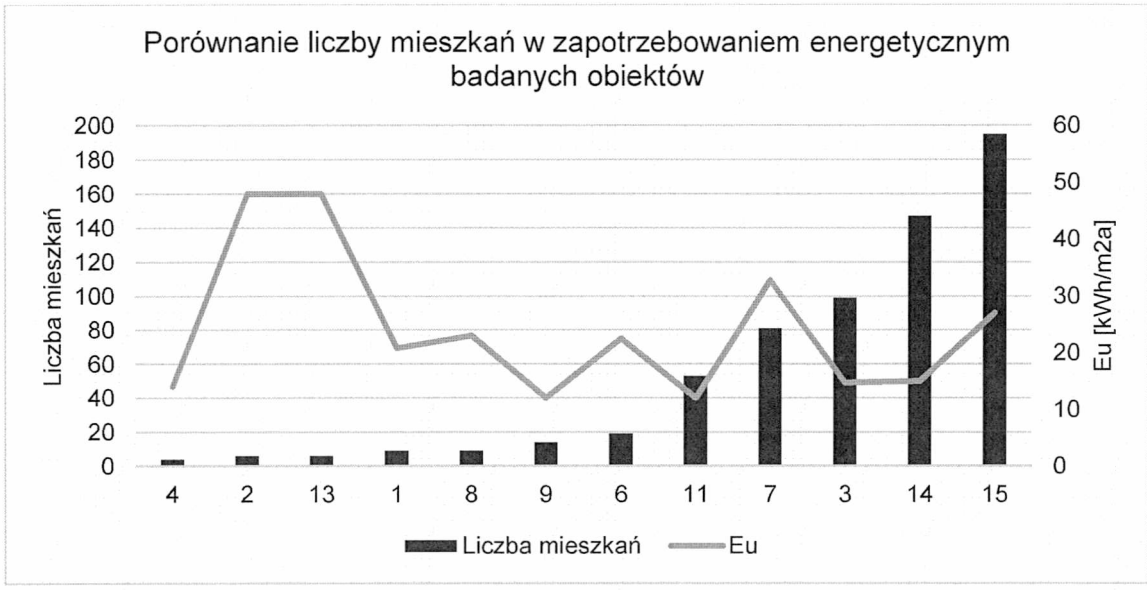
Wśród badanych obiektów, najwięcej było obiektów małych - 8 budynków, 4 budynki duże oraz 3 średnie. Średnia liczba mieszkań przypadająca na budynek wyniosła 57. Zestawienie liczby mieszkań wraz ze średnia w badanych obiektach oraz średnią liczbą mieszkań przypadających na budynek[39] przedstawiono na wykresie 4.2.6.



Wykres 4.2.6 Zestawienie liczby mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne na podstawie materiałów GUS (2018a)

Dokonano porównania liczby mieszkań wraz z deklarowanym zapotrzebowaniem energetycznym na energię użytkową w badanych obiektach. Porównanie przedstawiono na wykresie 4.2.7, budynki w kolejności od najmniejszego do największego pod względem liczby mieszkań.

[39] Średnia liczba mieszkań przypadających na oddane do użytku budynki wielorodzinne w Polsce w II kwartale 2018 r. wynosiła ok. 37 mieszkań (GUS 2018a).



Wykres 4.2.7 Porównanie liczby mieszkań do zapotrzebowanie energetycznego w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wnioski W przeprowadzonych badaniach, jak również w literaturze przedmiotu, nie znaleziono bezpośredniego związku liczby mieszkań w budynku wielorodzinnym z jego zapotrzebowaniem na energię. To zaś przyjęto podawać w przeliczeniu na 1m^2 powierzchni budynku, stąd odniesienie tej wartości bezpośrednio do liczby mieszkań w budynku może być niemiarodajne. Można odnaleźć w literaturze przedmiotu propozycje odnoszenia zapotrzebowania energetycznego zarówno do 1m^2 powierzchni budynku jak również w przełożeniu na 1 użytkownika (w tym przypadku mieszkańca) lub na 1 lokal mieszkalny (Heinonen, Junnila 2014).

Wynik analizy porównania ilości mieszkań z zapotrzebowaniem energetycznym pokazał, że dla najmniejszych budynków występowało również największe zapotrzebowanie energetyczne. Pokrywa się to ze wcześniejszym porównaniem zapotrzebowania energetycznego ze współczynnikiem zwartości bryły. Mała liczba mieszkań oznacza również mniejszą kubaturę ogrzewaną budynku, co w tym przypadku mogło przełożyć się również na mniej korzystny współczynnik zwartości bryły budynku. Wielkość budynku może mieć wpływ na lokalizację oraz rozprowadzenie instalacji odpowiedzialnych za utrzymywanie komfortu, co zostało opisane w dalszej części pracy.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest określony przedział liczby mieszkań w budynku. Przeważały budynki małe, do 20 mieszkań.

4.2.2. Cechy charakterystyczne mieszkań

Według koncepcji złożoności funkcjonalnej (Z. Bać i in. 1978 s. 35–36), drugi jej stopień to zależności i powiązania pomieszczeń w obrębie mieszkania. Mieszkanie jest traktowane jako *element funkcjonalny* w obrębie budynku. Według definicji zawartej w WT jest to:

> *„[…] zespół pomieszczeń mieszkalnych i pomocniczych, mających odrębne wejście, wydzielony stałymi przegrodami*

budowlanymi, umożliwiający stały pobyt ludzi i prowadzenie samodzielnego gospodarstwa domowego" (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017).

Cechy charakterystyczne mieszkań w budynkach wielorodzinnych BZE podzielono na 4 kryteria:

- **Wielkość mieszkań,**
- **Typ użytkowania mieszkań,**
- **Układ funkcjonalno-przestrzenny oraz strefowanie termiczne mieszkania.**

Powyższe kryteria zależą w bardzo dużym stopniu od pierwotnych założeń projektowych takich jak przeznaczenie budynku, jego lokalizacja oraz orientacja względem stron świata. Wpływ na kształtowanie mieszkań wywiera również bryła budynku jak i opisany wcześniej układ komunikacyjny a tym samym strefowanie termiczne całego budynku. Pojęcie strefowania termicznego mieszkań oznacza optymalne wykorzystanie dostępu promieniowania słonecznego do wnętrza pomieszczeń (Biedrońska, Figaszewski 2013 s. 63). Pozwala to skorzystać zarówno ze światła dzienne jak również ciepła pochodzącego z insolacji. Ma to na celu ograniczenie zapotrzebowania na energię do celów grzewczych oraz oświetlenia pomieszczeń.

Wielkość mieszkań

Teoria obszar projektowy

Wielkość mieszkań mierzona jest według ich powierzchni użytkowej, która może inaczej przebiegać w różnych krajach. W Polsce (na dzień pisania pracy) wciąż obowiązują dwie niezależne normy opisujące sposób mierzenia powierzchni w budynkach:

- PN-70/B-02365
- PN-ISO 9836:1997 – obowiązująca dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych oraz lokali mieszkalnych (Dz. U. 2019 poz. 695 2019).

Wielkość mieszkań oraz poszczególnych pomieszczeń wynika przede wszystkim z założeń projektowych (programu funkcjonalno-użytkowego) – wytycznych inwestora jak również z obowiązującego prawa zarówno krajowego jak i lokalnego. W Polsce, do roku 2017 obowiązywały minimalne wymagania stawiane pomieszczeniom w mieszkaniach w budynkach wielorodzinnych zawarte w §94 WT (Dz. U. 2015 poz. 1422 2015):

- *W budynku wielorodzinnym szerokość w świetle ścian pomieszczeń powinna wynosić co najmniej:*
  - *Pokoju sypialnego przewidzianego dla jednej osoby – 2,2 m,*
  - *Pokoju sypialnego przewidzianego dla dwóch osób – 2,7 m,*
  - *Kuchni w mieszkaniu jednopokojowym – 1,8 m,*
  - *Kuchni w mieszkaniu wielopokojowym – 2,4m.*
- *W mieszkaniu co najmniej jeden pokój powinien mieć powierzchnię nie mniejszą niż 16 m^2.*

Wprowadzone w 2017 zmiany do WT (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017) w całości zniosły te wymagania zastępując je jednym wymogiem ogólnym, co do minimalnej powierzchni użytkowej całego mieszkania nie mniejszej niż 25m^2. Dla porównania warto przytoczyć londyńskie wytyczne do projektowania mieszkań zawarte w London Housing Deisgn Guide (Mayor of London 2010) został wydany przez burmistrza Londynu w 2010 r. jako odpowiedź na pogarszające się warunki mieszkaniowe w kontekście ograniczania

powierzchni mieszkań. Poniżej zamieszczono wybrane wskaźniki (Mayor of London 2010):

- *Minimalna powierzchnia użytkowa mieszkania uzależniona od ilości mieszkańców – p (people) oraz liczby sypialni – b (bedroom):*

Typ mieszkania[40]	*Minimalna powierzchnia użytkowa [m²]*
1b2p	*50*
2b3p	*61*
2b4p	*70*
3b4p	*74*
3b5p	*86*
3b6p	*95*
4b5p	*90*
4b6p	*99*

- *Minimalna łączna powierzchnia pokoju dziennego, kuchni oraz jadalni:*

Liczba mieszkańców	*Minimalna powierzchnia użytkowa [m²]*
2 osoby	*23*
3 osoby	*25*
4 osoby	*27*
5 osób	*29*
6 osób	*31*

- *Minimalna powierzchnia sypialni dla jeden osoby – 8 m²,*
- *Minimalna powierzchnia sypialni dla dwóch osób – 12 m²,*
- *Minimalna szerokość sypialni dla dwóch osób – 2,75 m na przeważającej długości pomieszczenia,*
- *Minimalna powierzchnia magazynowa (z wyłączeniem mebli) powinna wynosi 1,5 m² na dwie osoby oraz po 0,5 m² na każdą kolejną osobę.*

Wobec powyższych zaleceń, warto zauważyć, że wymagana w Polsce minimalna powierzchnia mieszkania jest połową najmniejszego, zalecanego mieszkania w Londynie. Obrazuje to różnice w standardzie mieszkaniowym w Europie.

Dokonując analizy przykładów budynków wielorodzinnych BZE[41], przyjęto trzy grupy:

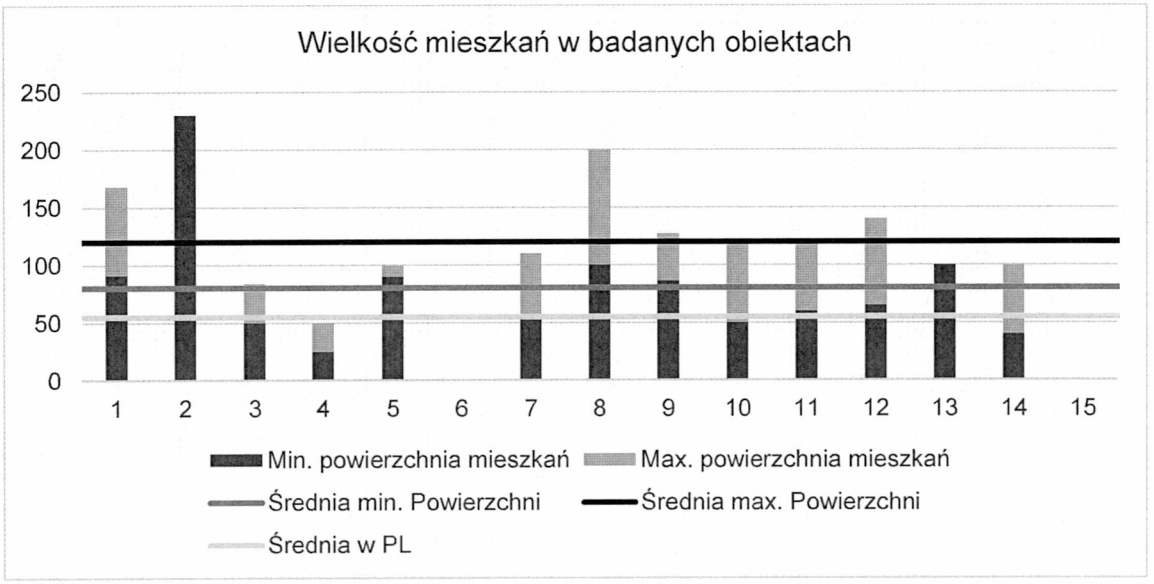
- Mieszkania małe o powierzchni do 40 m²,
- Mieszkania średnie o powierzchni od 41 m² do 80 m²,
- Mieszkania duże o powierzchni powyżej 80 m².

[40] Brytyjski standard opisuje mieszkania symbolem „XbYp", gdzie X oznacza liczbę sypialni [b], a Y liczbę mieszkańców [p]. Przytoczono wymogi dla mieszkań jednokondygnacyjnych.

[41] Dla ujednolicenia wyników, przyjęto w analizach powierzchnie podane w dostępnych materiałach źródłowych. W dostępnych materiałach nie znaleziono powierzchni mieszkań w budynkach *Sunny Watts* oraz *Messequartier*.

Analiza obiektów

Wśród badanych obiektów, najwięcej posiadało mieszkania duże, o powierzchni ponad 80 m^2 - 6 obiektów. W 4 obiektach znajdowały się mieszkania średnie oraz duże. Tylko średnie mieszkania występowały w 1 obiekcie a tylko małe w 2. Średnia minimalna powierzchnia mieszkań w budynkach wynosi ok. 80 m^2 a średnia największych ok 120m^2. Obie te wartości znacząco odbiegają od średniej powierzchni mieszkań oddanych do użytku w Polsce w I i II kwartale 2018 jaką było ok 55 m^2 (GUS 2018a). Porównanie wielkości mieszkań w badanych obiektach wraz ze średnią powierzchnią najmniejszych i największych mieszkań oraz średnią wielkością mieszkań w Polsce przedstawiono na wykresie 4.2.8.



Wykres 4.2.8 Zestawienie wielkości mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wykonano również analizę porównawczą wielkości mieszkań wraz z deklarowanym zapotrzebowaniem na energię użytkową. Porównanie przedstawiono na wykresie 4.2.9, budynki w kolejności od budynku z najmniejszymi do budynku z największymi mieszkaniami.



Wykres 4.2.9 Zestawienie wielkości mieszkań z zapotrzebowaniem na energię użytkową w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wnioski Nie znaleziono bezpośredniego wpływu wielkości mieszkań na zapotrzebowanie energetyczne. Pozwala to twierdzić, że niezależnie od powierzchni mieszkań, budynek wielorodzinni może osiągnąć standard BZE.

Na podstawie przeprowadzonych badań, nie można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest określona wielkość mieszkań.

Typ użytkowania mieszkań

Teoria obszar projektowy Budownictwo mieszkaniowe przyjmuje różna formę ze względu na ~~cel~~ przeznaczenia. W celu wyodrębnienia typów użytkowania w Polsce, można posłużyć się klasyfikacją przyjętą przez Główny Urząd Statystyczny w opracowaniach nt. budownictwa mieszkaniowego. Zgodnie ze zmianami przyjętymi w 2018 r., GUS wyróżnia następujące formy budownictwa mieszkaniowego (2018a):

- *Budownictwo indywidualne – realizowane przez osoby fizyczne [...] z przeznaczeniem na użytek własny inwestora,*
- *Budownictwo przeznaczone na sprzedaż lub wynajem – realizowane w celu osiągnięcia zysku przez różnych inwestorów,*
- *Budownictwo spółdzielcze – realizowane przez spółdzielnie mieszkaniowe, z przeznaczeniem dla osób będących członkami tych spółdzielni [...],*
- *Budownictwo komunalne – głównie o charakterze socjalnym, interwencyjnym lub zaspokajającym potrzeby mieszkaniowe gospodarstw domowych o niskich dochodach – realizowane w całości ze środków gminy,*
- *Budownictwo społeczne czynszowe – realizowane przez towarzystwa budownictwa społecznego [...],*
- *Budownictwo zakładowe – realizowane przez zakłady pracy [...] z przeznaczeniem na zaspokojenie potrzeb mieszkaniowych pracowników tych zakładów.*

Odrębnym typem użytkowania w obrębie budynków komunalnych są lokale socjalne. Są one przeznaczone dla osób najuboższych, które nie są w stanie utrzymać samodzielnie lokalu mieszkalnego. Zasady przyznawania takich lokali regulowane są przez ustawę o ochronie praw lokatorów (Dz. U. 2019 poz. 1182 2019). Często lokale socjalne czy komunalne w Polsce mają o wiele niższy standard niż te przewidziane na sprzedaż lub wynajem.

W krajach europejskich funkcjonują również inne typy użytkowania mieszkań. Jednym z przykładów jest typ współwłasnościowy[42] obowiązujący w Wielkiej Brytanii. Polega on na zakupie określonego udziałów procentowego ~~w~~ nieruchomości. Pozostałą część wykupuje instytucja, jak bank, która następne podnajmuje ją współwłaścicielowi. Z biegiem lat współwłaściciel może dokonać stopniowego wykupu reszty udziału aż do wykupienia całości. Takie rozwiązanie pozwala na zakup nieruchomości z niedużym wkładem własnym. Również częstą praktyką w Wielkiej Brytanii, wywodzącą się z idei zrównoważenia, jest mieszanie typów użytkowania w obrębie osiedla czy budynku (tzw.

[42] Z ang. *shared ownership.*

mixed-use). Ma to przeciwdziałać tak zwanej gentryfikacji obszarów miejskich[43]. Częstym zabiegiem władz miasta w Wielkiej Brytanii jest obligowanie inwestorów do zapewnienia pewnej liczby mieszkań w nowobudowanych budynkach o innym przeznaczeniu niż sprzedaż czy wynajem.

Wyodrębniono 6 typów użytkowania lokali:

- Prywatny – lokale przeznaczone na sprzedaż[44], w tym możliwe również lokale współwłasnościowe,
- Prywatny celowy – mieszkania przeznaczone na sprzedaż dla określonej grupy lokatorów, jak np. osoby starsze.
- Komunalny – lokale komunalne o obniżonym czynszu, właścicielem pozostaje instytucja państwowa,
- Socjalny – lokale socjalne o najniższym czynszu dla osób najbardziej potrzebujących, właścicielem pozostaje instytucja państwowa,
- Na wynajem – lokale przeznaczone na wynajem[44],
- Współwłasnościowy – lokale z możliwością wykupienia jedynie części udziałów w lokalu, pozostałą część pozostaje własnością inwestora lub banku i jest udostępniania w formie najmu.

Analiza obiektów

W badanych obiektach zidentyfikowano 14 typów lokali prywatnych, po 2 typy lokali prywatnych celowych i komunalnych oraz po 1 typie lokali socjalnych, na wynajem oraz współwłasnościowych. Zestawienie występowania wszystkich odrębnych typów użytkowania mieszkań w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.10.

Typ użytkowania mieszkań	Występowanie
Prywatny	14
Prywatny celowy	2
Komunalny	2
Socjalny	1
Na wynajem	1
Współwłasnościowy	1

Tabela 4.2.10 Zestawienie typów użytkowania w badanych obiektach. Opracowanie własne

Spośród analizowanych obiektów większość, 11 budynków, była jednorodna pod względem typu użytkowania mieszkań. W tym 10 obiektów posiadało tylko lokale o przeznaczeniu prywatnym a 1 o przeznaczeniu na wynajem. Pozostałe 4 obiekty były budynkami o mieszanym użytkowaniu, w którym jednak zawsze głównym przeznaczeniem był typ prywatny. Pozostałymi przeznaczeniami były lokale socjalne, komunalne, prywatne dotowane oraz współdzielone. Zestawienie występowania typów użytkowania wyodrębnionych w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.11.

[43] Gentryfikacja oznacza stopniowe lub gwałtowne przejmowanie zdegradowanego obszaru miejskiego przez przedstawicieli klasy średniej i wyższej i przekształcanie go w obszar o teoretycznie wyższym statusie społecznym i materialnym (Jadach-Sepioło 2009). Wskutek takiego działania, osoby o niższym statusie materialnym często zmuszane są do zmiany miejsca zamieszkania. Tworzenie obszarów o niejednorodnej strukturze użytkowania lokali mieszkalnych przeciwdziała takiej degradacji.

[44] Według polskiej klasyfikacji GUS – mieszkania przeznaczone na sprzedaż.

Typ użytkowania mieszkań		Liczba obiektów
Prywatny		10
Na wynajem		1
Mieszany		4
W tym:	Prywatny oraz socjalny	1
	Prywatny oraz komunalny	1
	Prywatny, komunalny oraz współwłasnościowy	1
	Prywatny oraz prywatny celowy	1

Tabela 4.2.11 Zestawienie struktury typów użytkowania w obrębie badanych obiektów. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

Wyróżniono 2 szczególne typy w analizowanych obiektach:

- BedZED – budynek zawiera 3 typy użytkowania lokali – prywatny (50%), komunalny (25%) oraz współwłasnościowy (25%). Lokale współwłasnościowe przewidziane zostały dla tzw. zawodów uprzywilejowanych i ważnych dla lokalnej społeczności, jak personel medyczny i nauczyciele (Chance 2009), a niemogących pozwolić sobie na zakup całego mieszkania. Takie osoby mogły wykupić jedynie połowę udziałów w lokalu, a za resztę płacić czynsz.
- Messequartier – budynek wielofunkcyjny zawierający, oprócz mieszkań prywatnych, lokale prywatne celowe przeznaczone dla studentów oraz lokale przeznaczone dla osób starszych.

Wnioski

Na postawie badań można stwierdzić, że uzyskanie standardu BZE w budynku wielorodzinnym możliwe jest niezależnie od typu użytkowania mieszkań. Jednak można zauważyć, że w przeważającej większości analizowane obiekty były budynkami z lokalami przeznaczonymi do prywatnego użytkowania[45]. Z drugiej strony, osiągnięcie standardu BZE może wiązać się ze wzmożonymi nakładami finansowymi, co w przypadku budownictwa socjalnego czy komunalnego może być trudne dla inwestora, którym są instytucje Państwowe. Wobec tego, słusznym wydają się układy mieszane łączące w obrębie budynku typ prywatny z typem socjalnym lub komunalnym.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że typ użytkowania mieszkań jest cechą charakterystyczną BWBZE. Przeważały mieszkania prywatne.

Układ funkcjonalno-przestrzenny oraz strefowanie termiczne mieszkania

Teoria obszar projektowy

Analogicznie do całego budynku, również w stosunku do mieszkań można wyróżnić różne układy funkcjonalno-przestrzenne wpływające, lub raczej wynikające także ze strefowania termicznego. Według koncepcji złożoności funkcjonalnej (Z. Bać i in. 1978 s. 35–36) jest to drugi stopień odpowiadający za „zależność i powiązania funkcjonalne pomieszczeń w mieszkaniu".

Układ funkcjonalno-przestrzenny to powiązania i wzajemne położenie pomieszczeń mieszkania w obrębie rzutu danej kondygnacji lub kilku kondygnacji. Wyróżnić można kilka podstawowych układów, jednak nadrzędnym podziałem jest ilość poziomów mieszkania. Wyróżnić można mieszkania:

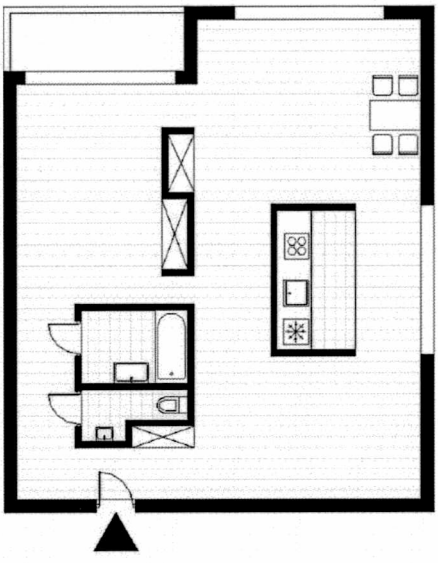
- Jednopoziomowe – wszystkie pomieszczenia przynależne do lokalu znajdują się w obrębie jednej kondygnacji budynku;

[45] Według autora, pod kątem standardu wykończenia oraz wielkości, mieszkania na wynajem traktować należy na równi z mieszkaniami przeznaczonymi na sprzedaż.

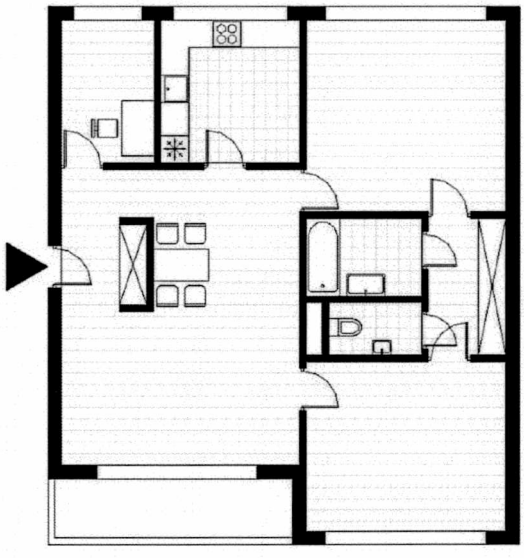
- Wielopoziomowe – pomieszczenia przynależne do lokalu znajdują się na wielu kondygnacjach, komunikacja pomiędzy poziomami lokalu jest zapewniona poprzez wewnętrzne schody i/lub podnośniki, w zabudowie wielorodzinnej najczęściej spotykanymi mieszkaniami wielopoziomowymi są mieszkania dwupoziomowe.

W literaturze odnaleźć można kilka typologii układów funkcjonalnych mieszkań ze względu na, opisane powyżej ilości poziomów, wielkość mieszkań, układ komunikacji wewnętrznej oraz rozkład pomieszczeń (Pallado 2014 s. 96), (A. Bać 2016 s. 56–63). Na potrzeby pracy przyjęto typologię ze względu na wzajemny układ pomieszczeń w mieszkaniu (rysunek 4.2.21):

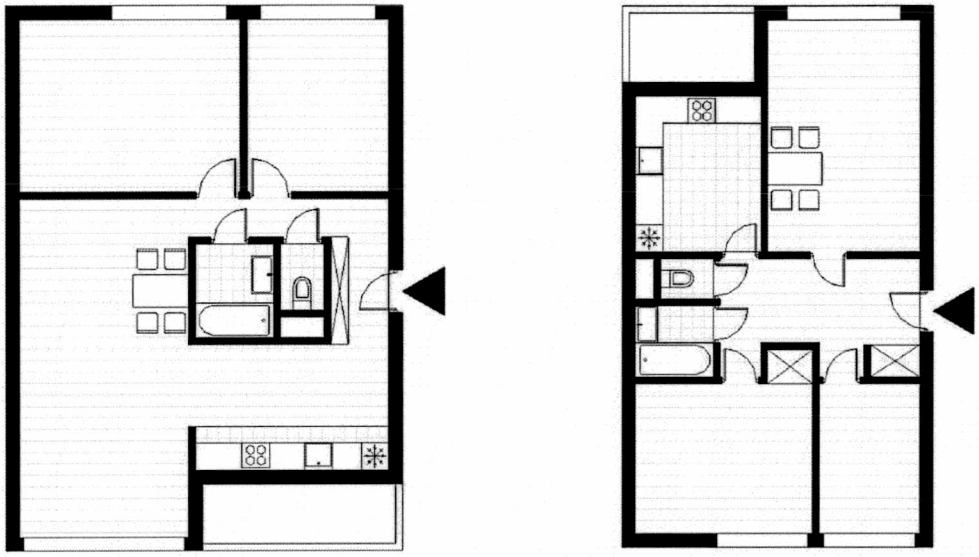
- Układ jednoprzestrzenny – mieszkania bez podziału na poszczególne pomieszczenia za pomocą pełnych przegród budowlanych (z wyłączeniem pomieszczeń sanitarnych),
- Układ amfiladowy – mieszkania z wydzielonymi pomieszczeniami jednak bez wydzielonej komunikacji, której rolę może spełnia pokój dzienny lub pokoje tzw. przechodnie,
- Układ cyrkulacyjny – wariant pochodny układu amfiladowego, również bez wydzielonej komunikacji jednak z elementem (przeważnie układem pomieszczeń sanitarnych), wokół którego następuje cyrkulacja komunikacji wewnątrz mieszkania,
- Układ rozkładowy – mieszkanie z wyodrębnioną komunikacją, z której następuje dostęp do poszczególnych pomieszczeń.



Układ jednoprzestrzenny



Układ amfiladowy



Układ cyrkulacyjny Układ rozkładowy

Rysunek 4.2.21 Schematy układów funkcjonalno-przestrzennych mieszkań. Opracowanie własne na podstawie materiałów Z. Bać

Powyższe typy układów funkcjonalno-przestrzennych opisują wnętrza mieszkań ze względu na strefowanie funkcjonalne pomieszczeń.

Teoria obszar energetyczny

Rozmieszczenie pomieszczeń może także wynikać ze strefowania termicznego, które zależy od dwóch czynników – temperatury danego pomieszczenia oraz dostępu do promieniowania słonecznego. Pierwszy czynnik można podzielić na dwa aspekty – temperaturę obliczeniową, np. dla łazienek oraz generowanie wewnętrznych zysków cieplnych, np. w kuchni (J. Jones 2013 s. 10). Z tego względu uzasadnionym jest lokalizowanie łazienek wewnątrz rzutu, co pozwoli na wykorzystanie nadwyżki ciepła do dogrzania przylegających pomieszczeń oraz na ochronę przed stratami ciepła przez przegrody zewnętrzne, a kuchni po stronie północnej gdzie służą one jako dodatkowe źródło ciepła w mieszkaniu (szczegółowo temat opisano w podrozdziale 4.3. Temperatura obliczeniowa w polskich warunkach jest opisana w §134 WT (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017), który podaje wymagane temperatury obliczeniowe dla poszczególnych pomieszczeń w budynkach:

- *Pokoje mieszkalne +20°C,*
- *Łazienki +24°C.*

Drugim aspektem strefowania termicznego mieszkań jest dostępność danych pomieszczeń do światła dziennego. Jest to istotne zarówno ze względów funkcjonalnych jak i pozyskiwania pasywnych zysków cieplnych pochodzących z insolacji. Wyróżnić można mieszkania o doświetleniu:

- Jednostronnym,
- Dwustronnym,
- Trójstronnym.

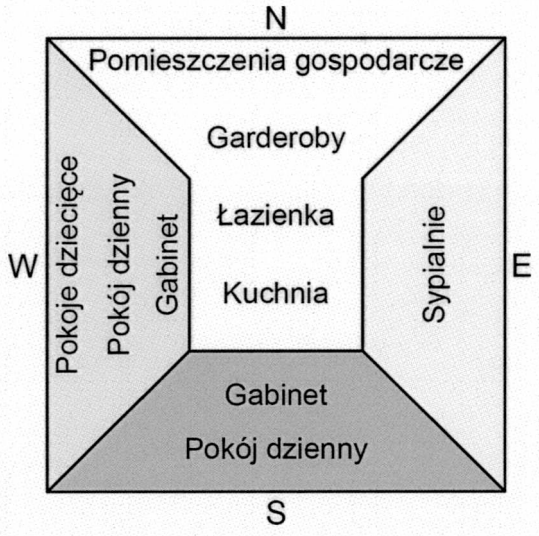
Ze względu na specyfikę budynków wielorodzinnych, w których występuje więcej niż jedno mieszkanie, nie odnotowano doświetlenia czterostronnego mieszkań.

Biorąc pod uwagę zalecenia ze względu na temperaturę oraz generowanie jak i pozyskiwanie zysków cieplnych (wewnętrznych oraz zewnętrznych) przyjąć można

generalną zasadę rozkładu pomieszczeń względem stron świata (Z. Bać i in. 1978 s. 12–13) (J. Jones 2013):

- Kierunek północny – pomieszczenia rzadziej użytkowane i generujące ciepło lub niewymagające zewnętrznych zysków termicznych jak toalety, kuchnie, pomieszczenia gospodarcze oraz garderoby,
- Kierunek wschodni – pomieszczenia nieużytkowane przez większość dnia, w których jest możliwość skorzystania ze światła porannego jak sypialnie,
- Kierunek południowy – pomieszczenia użytkowane przez większość dnia, główne pomieszczenia dzienne jak pokój dzienny lub gabinety do pracy,
- Kierunek zachodni – pomieszczenia użytkowane popołudniem lub wieczorem, jak pokoje dzienne, gabinet, pokoje dziecięce.

We wszystkich wymienionych rozkładach należy brać pod uwagę ryzyko przegrzewania oraz utraty ciepła, co zostało opisane w podrozdziale 4.3.4.



Rysunek 4.2.22 Schemat strefowania termicznego mieszkań. Opracowanie własne na podstawie materiałów Z. Bać oraz J. Jones

Analiza obiektów

Dokonano kilkuetapowej analizy mieszkań w wybranych budynkach wielorodzinnych BZE. W pierwszej kolejności scharakteryzowano je pod kątem układu przestrzennego, następnie ze względu strefowanie termiczne. Schematy typów mieszkań, ze względu na ilość poziomów, układ funkcjonalnych, doświetlenie światłem dziennym oraz strefowanie termiczne przedstawiono na kolejnych rysunkach od 4.2.23 do 4.2.31.

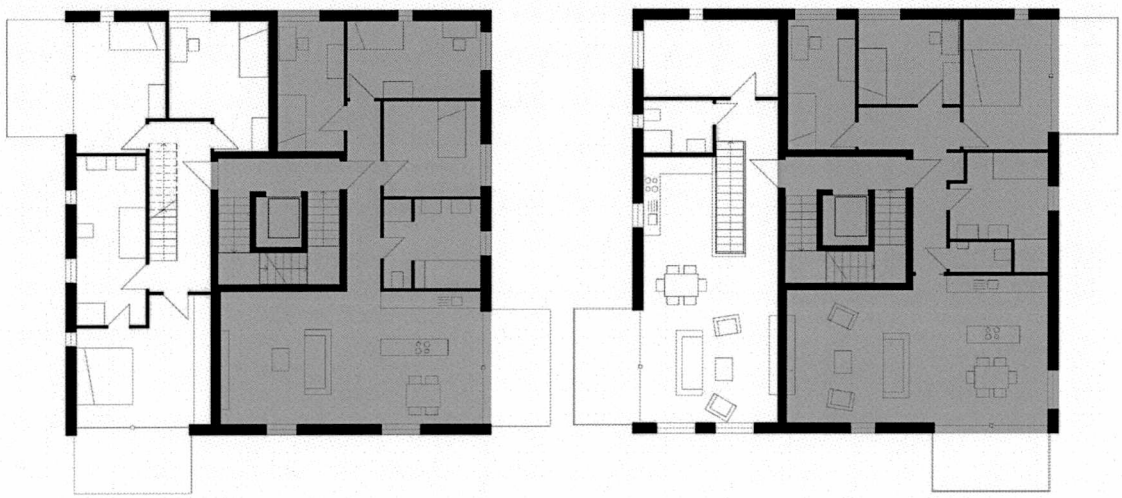
W badanych obiektach wyróżniono te, w których występowały tylko mieszkania jednopoziomowe (8 obiektów), zarówno jedno jak i dwupoziomowe[46] (5 obiektów) oraz budynki, w których występowały tylko mieszkania dwupoziomowe (2 obiekty).

[46] Nie zidentyfikowano mieszkań o większej liczbie poziomów niż 2.

Zestawienie występowania mieszkań jedno- oraz dwupoziomowych w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.12.

Liczba poziomów mieszkania	Liczba budynków
Jednopoziomowe	8
Dwupoziomowe	2
Jedno oraz dwupoziomowe	5

Tabela 4.2.12 Zestawienie liczby poziomów mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne



Rysunek 4.2.23 Przykład mieszkania dwupoziomowego w układzie rozkładowym, budynek Woodcube. Opracowanie własne na podstawie materiałów Architekturagentur

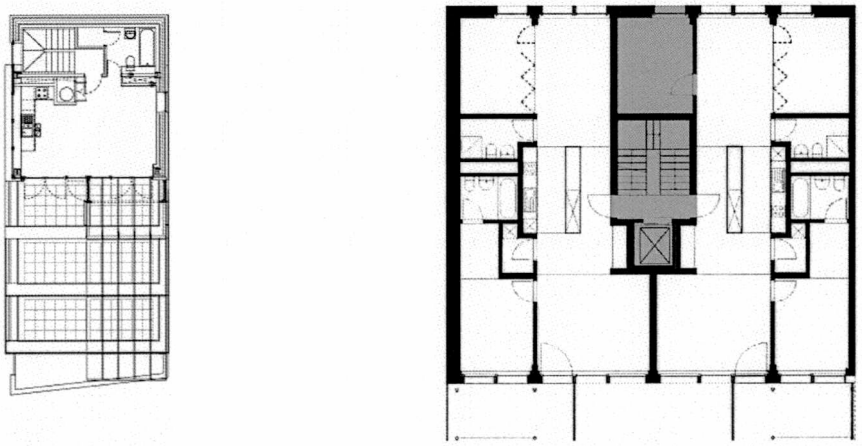
W zakresie układów przestrzennych, występowały wszystkie 4 typy oraz 1 typ mieszany, składający się z układu rozkładowego i jednoprzestrzennego, z których każdy typ występował oddzielnie na osobnej kondygnacji mieszkania dwupoziomowego. W obrębie jednego budynku często występowały różne typy układów przestrzennych mieszkań. Biorąc pod uwagę zarówno mieszkania jedno jak i dwupoziomowe, zidentyfikowano łącznie 25 typów układów przestrzennych mieszkań. Nie biorąc pod uwagę podziału na ilość poziomów, w badanych obiektach najwięcej było układów rozkładowych (12 typów mieszkań). Układy jednoprzestrzenne występowały 3 razy, amfiladowe 4, cyrkulacyjne 2 a mieszane (rozkładowo-jednoprzestrzenne) 4. Wśród mieszkań jednopoziomowych najczęściej występowały również układy rozkładowe, 10 mieszkań) a wśród mieszkań dwupoziomowych był to układ mieszany rozkładowo-jednoprzestrzenny. Zestawienie występowania układów przestrzennych mieszkań w badanych obiektach przedstawiono w tabelach 4.2.13 oraz 4.2.14.

Układ przestrzenny	Występowanie
Jednoprzestrzenny	3
Amfiladowy	4
Cyrkulacyjny	2
Rozkładowy	12
Rozkładowo-jednoprzestrzenny	4

Tabela 4.2.13 Zestawienie układów przestrzennych mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne

Układ przestrzenny ze względu na ilość poziomów mieszkania		Występowanie
Mieszkania jednopoziomowe		**18**
	Jednoprzestrzenny	3
	Amfiladowy	4
	Cyrkulacyjny	1
	Rozkładowy	10
Mieszkania dwupoziomowe		**7**
	Cyrkulacyjny	1
	Rozkładowe	2
	Rozkładowo-jednoprzestrzenne	4

Tabela 4.2.14 Zestawienie układów przestrzennych ze względu na ilość poziomów mieszkania. Opracowanie własne



Rysunek 4.2.24 Przykład mieszkania w układzie jednoprzestrzennym, budynek BowZED (po lewej) oraz mieszkań w układzie amfiladowym, budynek Eulachhof (po prawej). Opracowanie własne na podstawie materiałów ZED Factory oraz Szwarz Architekten

Wśród badanych obiektów występowały 3 typy doświetlenia mieszkań światłem dziennym. Ze względu na występowanie różnych układów mieszkań w obrębie 1 budynku, wyróżniono łącznie 20 różnych typów doświetlenia mieszkań światłem dziennym. Najczęściej było to doświetlenie dwustronne (10 typów) oraz trójstronne (7 typów) a najrzadziej występowały mieszkania o jednostronnym doświetleniu (3 typy). Wyróżniono dwa przeważające kierunki doświetlenia głównych części mieszkania, było to doświetlenie południowe, występujące w 12 typach doświetlenia mieszkań oraz zachodnie, występujące w 8 typach doświetlenia mieszkań. Zestawienie typów doświetlenia mieszkań światłem dziennym oraz przeważających kierunków doświetlenia przedstawiono w tabelach 4.2.15 oraz 4.2.16.

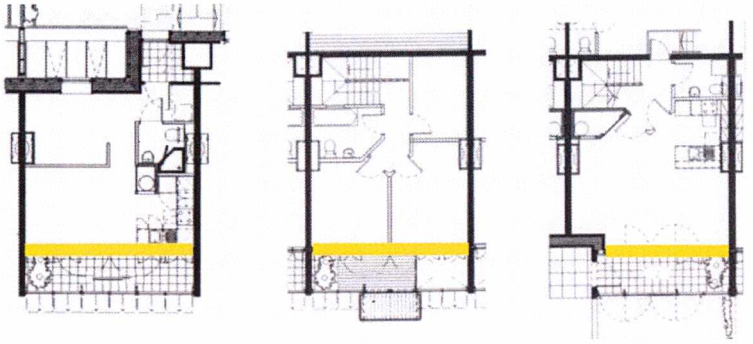
Typy doświetlenia mieszkań światłem dziennym	Liczba typów
Jednostronne	3
Dwustronne	10
Trójstronne	7

Tabela 4.2.15 Zestawienie typów doświetlenia mieszkań światłem dziennym w badanych obiektach. Opracowanie własne

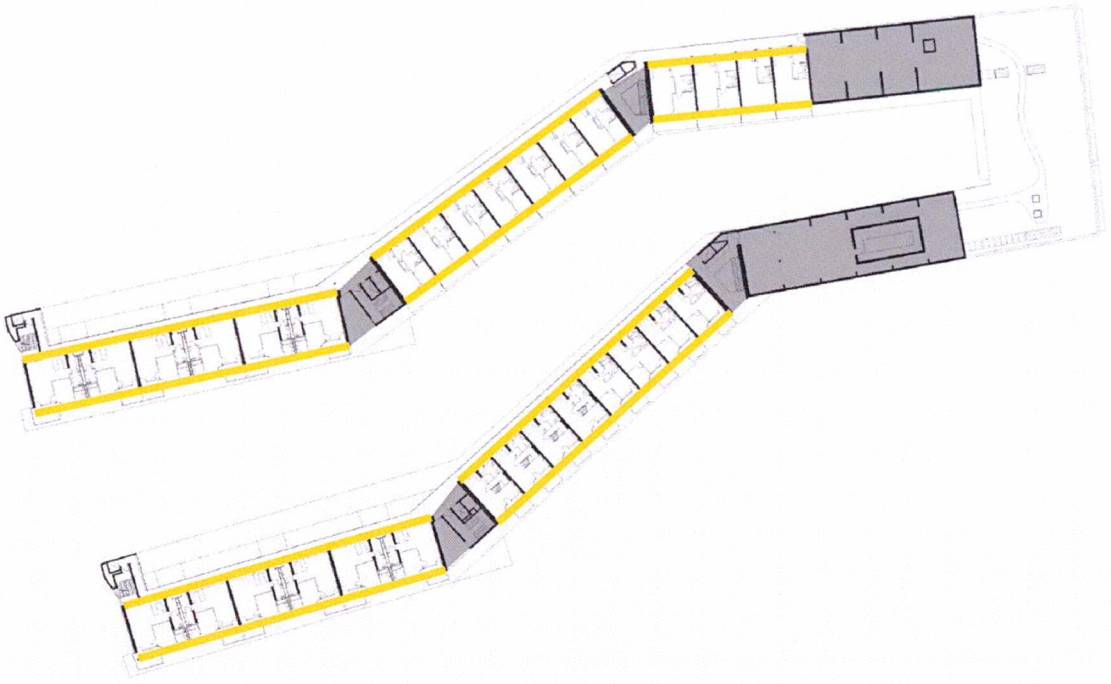
Przeważające kierunki doświetlenia głównych części mieszkalnych		Liczba typów
Mieszkania o jednostronnym doświetleniu światłem dziennym		3
	Kierunek południowy	2
	Kierunek zachodni	1
Mieszkania o dwustronnym doświetleniu światłem dziennym		10
	Kierunek południowy z doświetleniem północnym	4
	Kierunek południowy z doświetleniem wschodnim lub zachodnim	2

	Kierunek zachodni z doświetleniem wschodnim	4
Mieszkania o dwustronnym doświetleniu światłem dziennym		7
	Kierunek południowy z doświetleniem północnym oraz wschodnim lub zachodnim	3
	Kierunek południowy z doświetleniem wschodnim i zachodnim	1
	Kierunek zachodni z doświetleniem wschodnim oraz południowym lub północnym	3

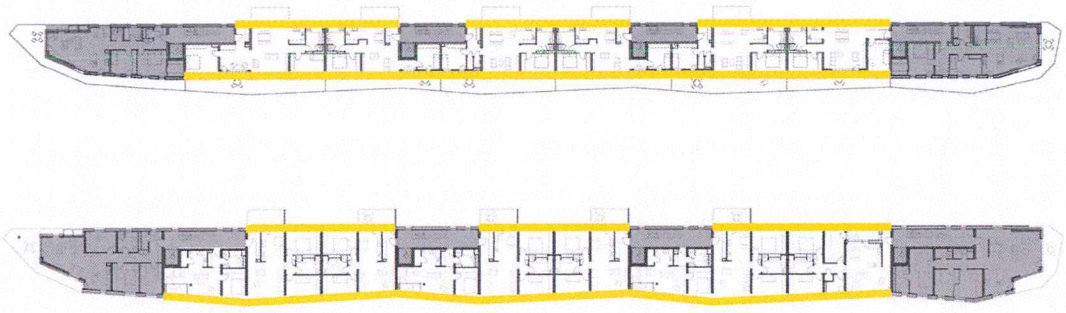
Tabela 4.2.16 Zestawienie przeważających kierunków doświetlenia głównych części mieszkalnych w badanych obiektach. Opracowanie własne



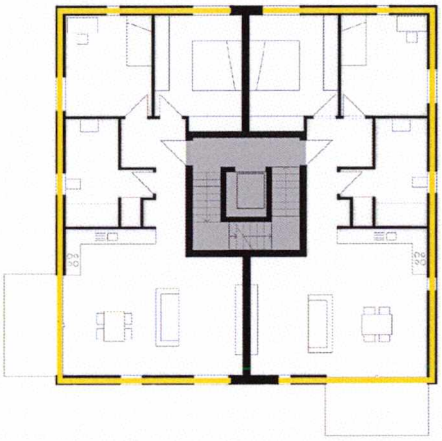
Rysunek 4.2.25 Przykład mieszkań jednostronnie doświetlonych, budynek BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów ZEDFactory



Rysunek 4.2.26 Przykład mieszkań dwustronnie doświetlonych, doświetlenie północne pośrednie, przez otwarte galerie, budynek Messequartier. Opracowanie własne na podstawie materiałów Markus Pernthaler



Rysunek 4.2.27 Przykład mieszkań dwustronnie doświetlonych, budynek Aktiv-Stadhaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów Hegger Schleiff Planer + Architekten



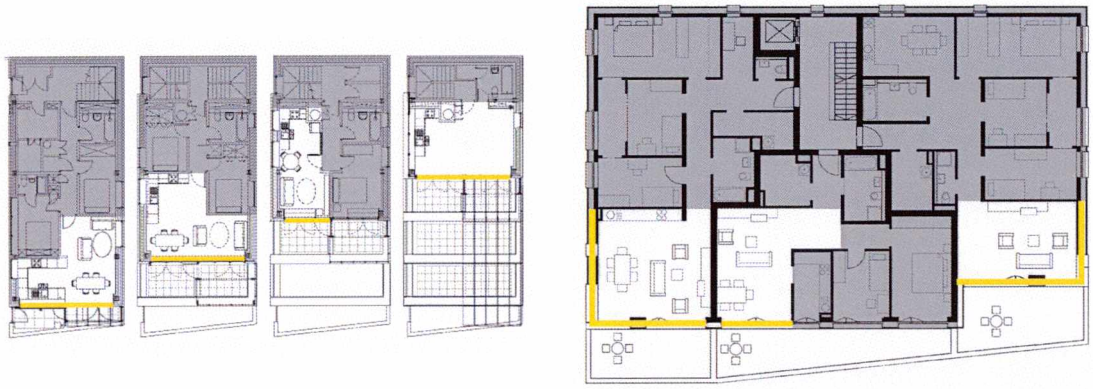
Rysunek 4.2.28 Przykład mieszkań trójstronnie doświetlonych, budynek Woodcube. Opracowanie własne na podstawie materiałów Architekturagentur

Dokonano również analizy kierunku doświetlenia światłem dziennym 3 pomieszczeń – strefy dziennej, kuchni oraz łazienki. Wyróżniono łącznie 16 sposobów doświetlenia dla tych pomieszczeń. Strefy dzienne były oświetlane wyłącznie z kierunku południowego (12) oraz zachodniego (4). Kuchnie w przeważającej większości znajdowały się po północnej stronie mieszkania (7) lub w centralnej jego części (7). Jedynie w dwóch wariantach posiadały doświetlenie wschodnie lub zachodnie. W większości badanych obiektów, łazienki nie posiadały przeszkleń. Autor dokonał analizy ich lokalizacji w obrębie rzutu mieszkania. Znajdowały się one przeważnie w centralnej części mieszkań (10 typów mieszkań). W pozostałej części typów znajdowały się po stronie północnej (3 typy mieszkań), wschodniej (2 typy mieszkań) lub zachodniej (1 typ mieszkań). Zestawienie kierunków doświetlenia stref dziennych, kuchni oraz łazienek w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.2.17.

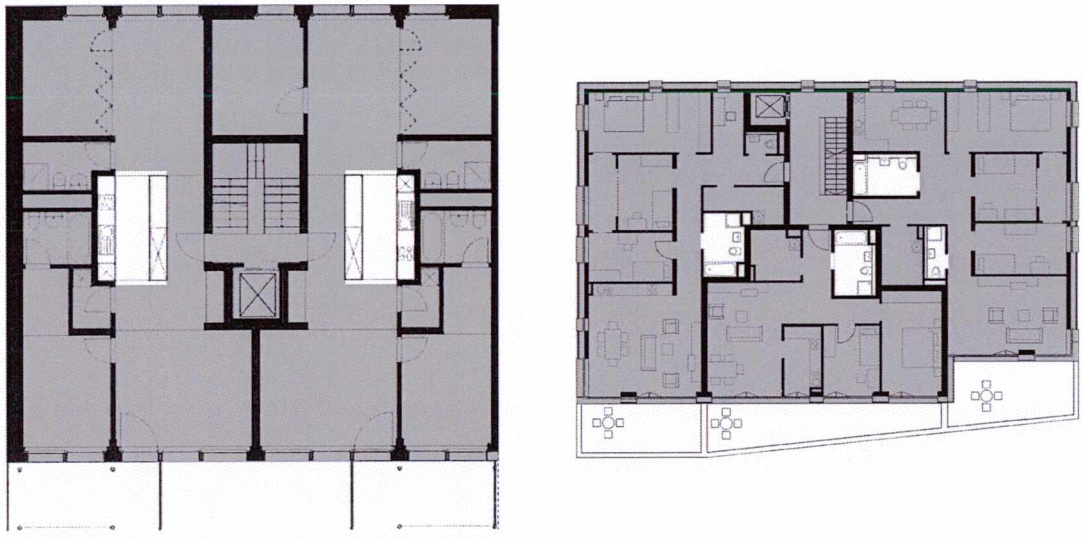
Kierunki doświetlenia pomieszczeń		**Liczba typów mieszkań**
Strefa dzienna		
	Kierunek południowy	12
	Kierunek zachodni	4
Kuchnia		
	Centrum mieszkania	7
	Kierunek północny	7

	Kierunek wschodni	1
	Kierunek zachodni	1
Łazienka		
	Centrum mieszkania	10
	Kierunek północny	3
	Kierunek wschodni	2
	Kierunek zachodni	1

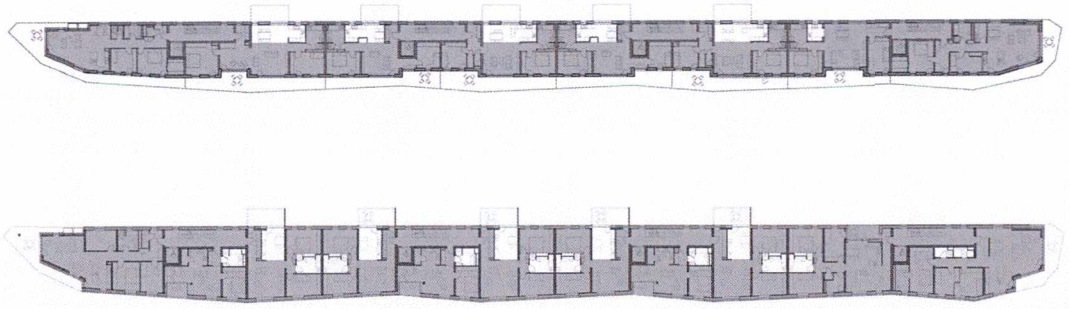
Tabela 4.2.17 Zestawienie kierunków doświetlenia pomieszczeń w badanych obiektach. Opracowanie własne



Rysunek 4.2.29 Przykłady mieszkań z doświetleniem południowym strefy dziennej. Budynki BowZED (po lewej) oraz Smart is Green (po prawej. Opracowanie własne na podstawie materiałów BowZED oraz Zillerplus Architekten und Stadplaner



Rysunek 4.2.30 Przykład mieszkań o kuchnią zlokalizowaną w centrum mieszkania, budynek Eulachhof (po lewej) oraz przykład mieszkań z łazienkami zlokalizowanymi w centrum mieszkania, budynek Smart is Green. Opracowanie własne na podstawie materiałów Szwarz Architekten oraz Zillerplus Architekten und Stadplaner



Rysunek 4.2.31 Przykład mieszkań z kuchniami i łazienkami zlokalizowanymi w centrum mieszkania, budynek Aktiv-Stadhaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów ARTEC Architekten

Rozwiązania szczególne

W kontekście układu funkcjonalno-przestrzennego oraz strefowania termicznego wyróżniono dwa szczególne rozwiązania. W dwóch obiektach - *Smart is* Green oraz *Multi-generational: Living at Muhlgrund* konstrukcja budynków pozwala na swobodną aranżację wnętrza. W pierwszym z nich konstrukcja pozwala na aranżowanie podziału pomieszczeń według potrzeb mieszkańców. Projektancie przewidzieli kilka wariantów aranżacyjnych dla każdego z mieszkań ze względu na liczbę mieszkańców. W drugim przypadku konstrukcja pozwala na łączenie sąsiadujących ze sobą mieszkań w celu powiększenia łącznej powierzchni użytkowej mieszkania.



Rysunek 4.2.32 Układ funkcjonalny budynku Smart is Green pozwalający na elastyczną aranżację układu mieszkań, w zależności od potrzeb, źródło: http://zillerplus.de

Ze względów energochłonności budynku, ilość poziomów mieszkań nie odgrywa kluczowej roli. W analizowanych budynkach znajdowały się zarówno jedno jak i dwupoziomowe mieszkania. Jest to raczej cecha zależna od przyjętego układu funkcjonalnego budynku. Analogicznie, pomimo przewagi ilościowej rozkładowego układu funkcjonalno-przestrzennego nad pozostałymi, autor nie łączy go z warunkiem osiągnięcia przez budynek wielorodzinny standardu BZE. Jest to raczej związane z powszechnym stosowaniem tego typu układu w mieszkaniach. Ze względu na wydzieloną strefę komunikacyjną, wydaje się dawać największe możliwości aranżacyjne w powiązaniu z zapewnieniem pewnej intymności użytkowników.

Ze względu na doświetlenie mieszkań światłem dziennym, przeważają typy doświetlenia dwu oraz trójstronnego. W kontekście funkcjonalności oraz pozyskiwania zysków cieplnych z insolacji oferują bardziej zróżnicowaną dostępność promieniowania słonecznego. Jest to ważne ze względu na różnice w średnim dziennym napromieniowaniu powierzchni zwróconych w różnych kierunkach świata (Chwieduk 2011 s. 126). Przewaga występowania doświetlenia dwustronnego nad trójstronnym wynikać może z układu poszczególnych budynków. Wiele z badanych obiektów posiadało bryły o wydłużonych kształtach (typy odcinkowe i liniowe). W takich budynkach uzyskanie trójstronnego doświetlenia dla wszystkich mieszkań jest z reguły niemożliwe. Należy jednak zauważyć, że niezależnie od ilości stron doświetlonych światłem dziennym, wszystkie mieszkania posiadały przeważające doświetlenie z kierunku południowego lub zachodniego. Są to kierunki o największych wartościach średniego dziennego napromieniowania powierzchni pionowych (Chwieduk 2011 s. 126) a więc dostarczają najwięcej energii, którą uznać można za zewnętrzne zyski cieplne. We wszystkich przykładach, strefy dzienne znajdowały się po stronie głównego doświetlenia, czyli były doświetlone z kierunku południowego lub zachodniego. Daje to możliwość wykorzystania w największym stopniu dochodzącego do wnętrza światła dziennego. W kontekście strefowania termiczne również kuchnie oraz łazienki, w przeważającej większości, znajdowały się w najlepszych dla nich lokalizacjach. Kuchnie zlokalizowane były, poza 2 przypadkami, albo w centrum mieszkania albo przy jego północnej krawędzi. Łazienki w większości przypadków zlokalizowane zostały w centralnym punkcie mieszkanie. Takie rozlokowanie obu powyższych funkcji daje możliwość wykorzystania ich wyższej temperatury wewnętrznej do pośredniego dogrzania pozostałych pomieszczeń.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że układ funkcjonalny mieszkań jest cechą charakterystyczną BWBZE. Przeważały mieszkania jednopoziomowe o układzie rozkładowym.

Za cechę charakterystyczną uznać można również strefowanie termiczne mieszkań, tj. doświetlenia dwu- lub trójstronne mieszkań, lokalizowanie części dziennej po południowej lub zachodniej stronie oraz lokalizowanie łazienek w centrum mieszkania.

4.3. Cechy architektoniczno-budowlane

Drugim w wyodrębnionych i opisanych w podrozdziale 3.2 obszarem cech charakterystycznych BWBZE jest zbiór cech architektoniczno-budowlanych. Zawiera on podstawowe cechy–poszczególnych elementów budynku z pogranicza rozwiązań

architektonicznych i tych związanych z budowlaną, czy konstrukcyjną częścią budynku. Wyszczególnione cechy zostały dobrane ze względu na swój wpływ na energochłonność i potencjalny wpływ na osiągnięcie przez budynek wielorodzinny standardu BZE.

Cechy zostały opisane pod kątem 4 aspektów energetycznych:

- Ograniczenie strat energii,
- Zyski termiczne,
- Akumulacja,
- Wykorzystanie promieniowania słonecznego.

4.3.1. Ograniczenie strat energii

Według przytoczonych wcześniej danych GUS (2019b), średnie zapotrzebowanie na energię potrzebną na ogrzewanie pomieszczeń w budynkach mieszkalnych sięga w Polsce 82% całkowitego zapotrzebowania na energię. Według literatury (Pater, Magiera 2011), w zależności, od jakości obudowy budynku, straty ciepła przez przenikanie przez obudowę budynku to ok. 65% całkowitych strat ciepła w budynku. Straty te autor podzielił na dwa czynniki:

- Straty spowodowane przenikaniem ciepła przez przegrody budowlane,
- Straty spowodowane nieszczelnością obudowy.

Sposoby przeciwdziałania powyższym stratom energii zostały podzielone na:

- Izolacyjność oraz redukcja mostków termicznych,
- Szczelność powietrzną obudowy.

Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych

Teoria obszar energetyczny

Izolacyjność termiczna materiału opisuje jego właściwości w zakresie przepływu ciepła przez element wykonany z tego materiału. Miarą tej właściwości fizycznej jest współczynnik przewodzenia ciepła λ (MP 2019). W kontekście budownictwa, izolacyjność termiczna odnosi się przede wszystkim do przegród budowlanych, które często są strukturami niejednorodnymi, składającymi się z kilku warstw różnych materiałów. W takim wypadku izolacyjność termiczna opisywana jest za pomocą całkowitego oporu cieplnego przegrody lub jej współczynnika przenika U. Współczynnik U wyrażony jest przez wzór (wg normy PN-EN ISO 6946:2008):

$$U = \frac{1}{Ri + R + Re} \qquad [U] = \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

gdzie:

- Ri, Re *– jednostkowe opory cieplne przejmowania ciepła*
- R *– jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez przegrodę*

$$R = \frac{d}{\lambda} \qquad [R] = \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

gdzie:

- d *– grubość przegrody lub warstwy*

- λ – *obliczeniowa wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału przegrody.*

W przypadku współczynnika przenikania ciepła dla okien (U_W) należy wziąć pod uwagę jego całą konstrukcję składającą się z ramy, szklenia jak również na sposób łączenia komponentów stosując wzór (Kwiatkowski i in. 2017 s. 77):

$$U_W = \frac{A_g U_g + A_f U_f + l_\psi \Psi_g}{A_g + A_f}$$

gdzie:

- U_W – *współczynnik przenikania ciepła całego okna, W/(m²·K),*
- U_g – *współczynnik przenikania ciepła oszklenia, W/(m²·K),*
- U_f – *współczynnik przenikania ciepła ramy, W/(m²·K),*
- A_g – *powierzchnia oszklenia, m²,*
- A_f – *powierzchnia ramy, m²,*
- l_ψ – *długość liniowego mostka cieplnego na połączeniu ramy i oszklenia, m*
- Ψ_g – *liniowy mostek cieplny, W/(m·K).*

W Polsce minimalna wartość izolacyjność termiczna określona została w załączniku do WT - *Załącznik 2. Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii* (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017), przedstawione w tabeli 4.3.1. Obecne kryteria stawiane budynkom w Polsce obowiązują od 2017 r., a zostaną podniesione w 2021 r. Według przyjętej w polskim ustawodawstwie definicji budynków BZE, docelowe wymogi izolacyjności termicznej mają być podstawą do wymogów, jakie muszą spełniać budynki „o niskim zużyciu energii" a więc budynki BZE. Poniżej zostały przytoczone reprezentatywne wymagania stawiane przegrodom pełnym oraz przeziernym:

Rodzaj przegrody[47]	**Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/m²·K]**	
	Od 1.01.2017 r.	**Od 1.01.2021 r.**
Ściany zewnętrzne	0,23	0,20
Dachy, stropodachy	0,18	0,15
Podłogi na gruncie	0,30	
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe, powierzchnie przezroczyste nieotwieralne	1,1	0,9
Okna połaciowe	1,3	1,1
Drzwi w przegrodach zewnętrznych	1,5	1,3

Tabela 4.3.1 Zestawienie wymaganych współczynników ciepła dla przegród budynku. Opracowanie własne na podstawie WT (2017)

Powyższe wymogi warto skonfrontować z wymaganą izolacyjnością cieplną w programie dopłat do budynków i mieszkań w standardach NF15 oraz NF40, realizowanym przez NFOŚiGW i który niejako stanowi wyznacznik dla efektywności energetycznej w Polsce

[47] Przykłady reprezentatywne dla temperatury obliczeniowej $t_i \geq 16°C$, zgodnie z §134 ust. 2 WT (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017).

(tabela 4.3.2). Według wytycznych miały powstawać budynki, odpowiednio, tzw. pasywne[48] oraz niskoenergetyczne.

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/m²·K]		
	WT od 1.01.2021r.[49]	NF40	NF15
Ściany zewnętrzne: w I, II i III strefie klimatycznej w IV i V strefie klimatycznej	0,20	0,15 0,12	0,10 0,08
Dachy, stropodachy: w I, II i III strefie klimatycznej w IV i V strefie klimatycznej	0,15	0,12 0,10	0,10 0,08
Podłogi na gruncie w I, II i III strefie klimatycznej w IV i V strefie klimatycznej	0,30	0,20 0,15	0,12 0,10
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotw. w I, II i III strefie klimatycznej w IV i V strefie klimatycznej	1,1 (okna połaciowe 1,3)	1,0 0,8	0,8 0,7
Drzwi zewnętrzne w I, II i III strefie klimatycznej w IV i V strefie klimatycznej	1,5	1,3	0,8 0,7

Tabela 4.3.2 Porównanie wymaganych współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych wg. WT oraz programu dopłat NFOŚiGW. Opracowanie własne na podstawie WT (2017) oraz NFOŚiGW (2012)

Jak można zauważyć, wymagania stawiane budynkom w programie dopłat były znacznie bardziej zaostrzone od tych stawianych budynkom BZE w Polsce od 2021 r.

Miejscowe pogorszenie parametrów izolacyjności przegrody nazywane jest *mostkiem termicznym*. Powodem ich powstawania może być zarówno pogorszenie, pocienienie i brak warstwy izolacji termicznej lub jej naruszenie obiektem o innych właściwościach termicznych. Źródłem mostków termicznych może być zarówno wadliwe wykonawstwo na budowie (Rutkowska i in. 2013) jak również błędy projektowe (Bieranowski 2015). Te ostatnie często obejmują detale niewłaściwego montażu stolarki lub niewłaściwych połączeń różnych elementów budynków, ich naroży lub zmian materiałów.

Analiza obiektów

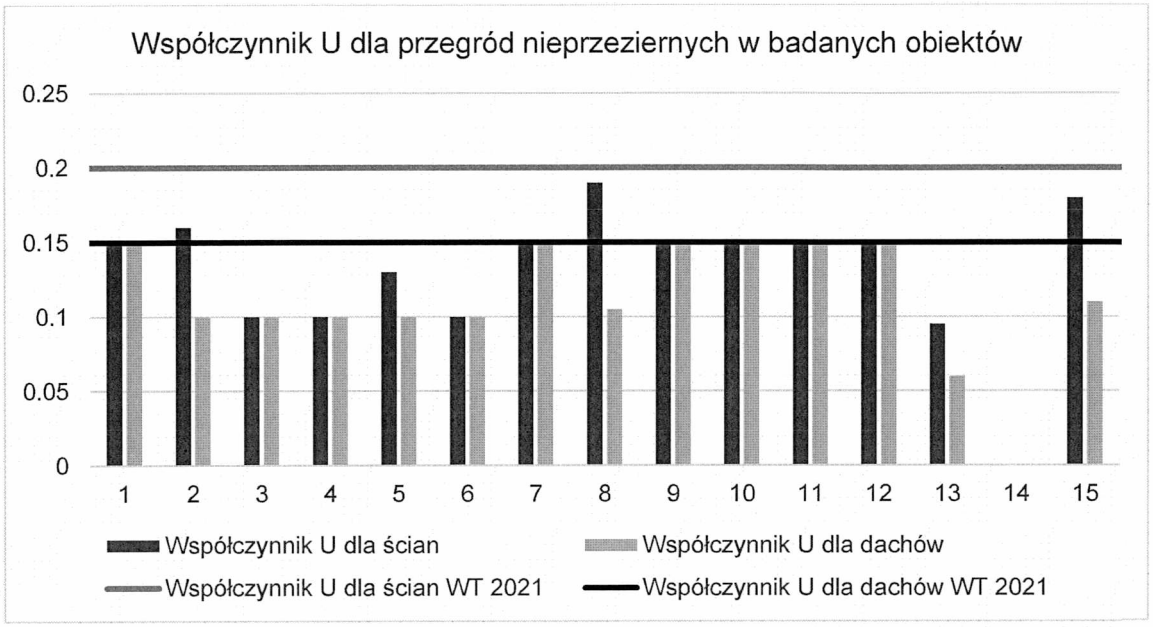
Przeanalizowano 14 wybranych obiektów[50]. Dokładne dane na temat izolacyjności przegród znaleziono w dostępnych materiałach dla 8 obiektów. Dla pozostałych 6 budynków w znaleziono jedynie wzmianki, że przegrody zewnętrzne spełniają wymagania programu *Passive House*[51]. Zestawienie wartości współczynników U dla przegród nieprzeziernych w badanych obiektach przedstawiono na wykresie 4.3.1.

[48] Przyp. autora – budynki wzorowane na wymogach programu *Passive House Institute.*

[49] Przytoczono docelowe wymagania stawiane budynkom od roku 2021 ze względu na przyjęty w polskim ustawodawstwie wyznacznik budynków *o niskim zużyciu energii.*

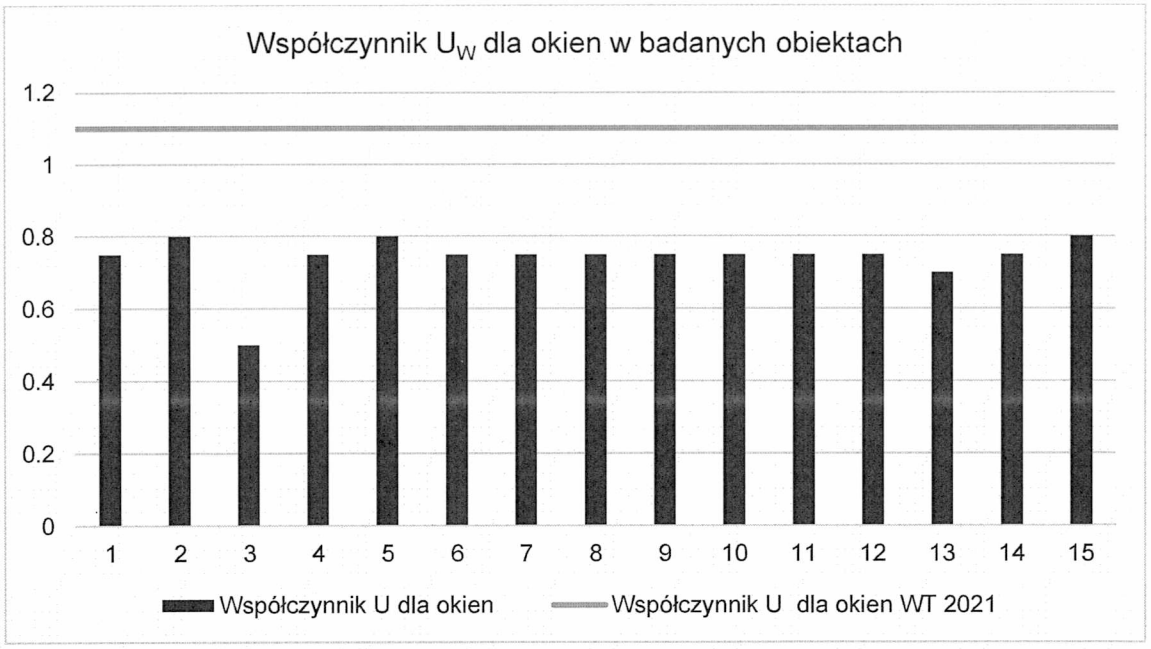
[50] Dla budynku Terrasse 9 autor nie odnalazł w materiałach źródłowych informacji nt. wartości współczynników U dla przegród zewnętrznych.

[51] Wobec braku dokładnych danych przyjęto, że współczynnik przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych U≤0,15 W/m2·K, zgodnie z wytycznymi programu *Passive House Institute* (PPHI 2019a).



Wykres 4.3.1 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród nieprzeziernych w badanych obiektach. Opracowanie własne

Dokładne dane nt. wartości współczynników U_W dla okien odnaleziono dla 6 budynków. Dla pozostałych 9 obiektów znaleziono, analogicznie do przegród zewnętrznych nieprzeziernych, wzmianki o tym, że spełniają one wymogi programu *Passive House*[52]. Zestawienie wartości współczynników U_W dla okien w badanych obiektach przedstawiono na wykresie 4.3.2.



Wykres 4.3.2 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła dla okien w badanych obiektach w porównaniu z WT na 2021. Opracowanie własne

[52] Wobec braku dokładnych danych przyjęto, że współczynnik przenikania ciepła dla okien U≤0,08 W/m2·K, zgodnie z wytycznymi programu *Passive House Institute* (IPHA 2019).

Rozwiązania szczególne

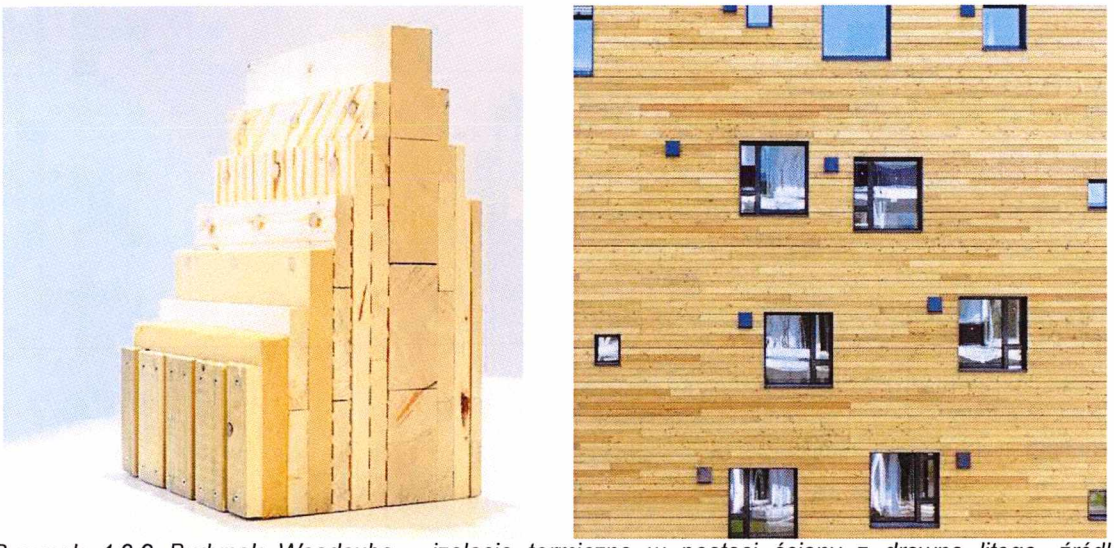
Wśród 5 badanych obiektów wyodrębniono szczególne rozwiązania w zakresie izolacyjności termicznej:

- The Sun Ship – na elewacjach zewnętrznych zastosowano system fasadowy z wypełnieniem z paneli próżniowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu osiągnięto wartość współczynnika przenikania ciepła na poziomie programu *Passive House* jednocześnie utrzymując grubość przegrody do minimum. Dodatkowo, w budynku zastosowano konstrukcję balkonów oraz zewnętrznych galerii komunikacyjnych zdylatowaną od głównej obudowy budynku, w celu zminimalizowania mostków termicznych,
- BedZED - zastosowano konstrukcję balkonów o zdylatowaną od głównej obudowy budynku, w celu zminimalizowania mostków termicznych,
- Woodcube – ściany zewnętrzne jak również stropy wewnętrzne oraz dach wykonano z prefabrykowanych paneli z drewna klejonego. Zastosowano naprzemiennie deski z drewna liściastego oraz iglastego dla otrzymania odpowiednio niskiej wartości współczynnika przenikania ciepła. Ściany nie zostały dodatkowo obłożone izolacją termiczną. Zastosowano ją jedynie na dachu. Zastosowano konstrukcję balkonów zdylatowaną od głównej obudowy budynku, w celu zminimalizowania mostków termicznych,
- e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden – w przeciwieństwie do powszechnie stosowanej wełny mineralnej, jako warstwy izolacji cieplnej, w budynku zastosowano izolację z celulozy.
- Eulachhof – w budynku, obok standardowych rozwiązań elewacyjnych, zastosowano autorskie rozwiązanie paneli przeziernych połączonych z warstwą materiału PCM.

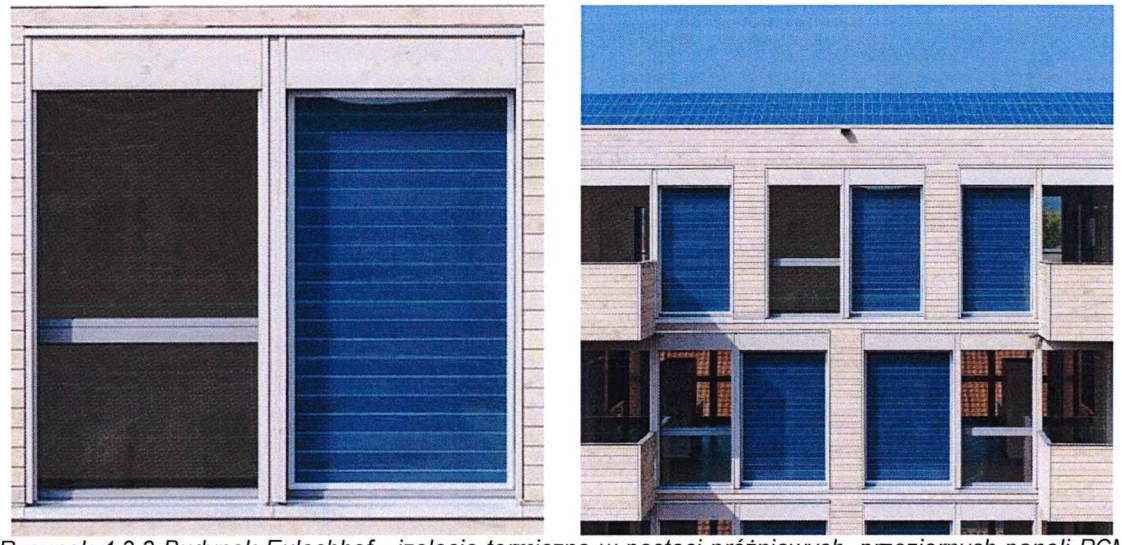
W przypadku obiektów The Sun Ship, Woodcube oraz Eulachhof, zastosowane unikatowe rozwiązania z zakresu izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych miały również mocny wpływ na wyraz architektoniczny budynków (rysunki 4.3.1 do 4.3.3).



Rysunek 4.3.1 Budynek The Sun Ship – izolacja termiczna w postaci elewacyjnych paneli próżniowych, źródło: http://www.rolfdisch.de



Rysunek 4.3.2 Budynek Woodcube - izolacja termiczna w postaci ściany z drewna litego, źródło: https://www.architekturagentur.de



Rysunek 4.3.3 Budynek Eulachhof - izolacja termiczna w postaci próżniowych, przeziernych paneli PCM, źródło: http://www.schwarz-architekten.com

Wnioski

Na podstawie analizy dostępnych materiałów można stwierdzić, że wszystkie budynki posiadały współczynnik przenikania ciepła, zarówno dla zewnętrznej obudowy nieprzeziernej jak i dla okien, na poziomach znacznie niższych od tych wymaganych w Polsce w WT 2021. W wielu przypadkach wartości dla ścian były dwukrotnie niższe. Warto jednak zauważyć, że straty wynikające z przenikania ciepła nie są zależne tylko od wartości współczynników U przegród. Duże znaczenia mają tzw. mostki termiczne, czyli miejscowo pogorszone warunki przenikania cieplnego. Według dostępnych materiałów, w 3 obiektach, The Sun Ship, BedZED oraz BowZED, występowały balkony na konstrukcjach zdylatowanych od głównej konstrukcji budynku. Dzięki takim rozwiązaniu minimalizuje się nie tylko ilość potencjalnych mostków termicznych, ale również obniża się wielkość kubatury ogrzewanej.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną budynków wielorodzinnych BZE jest stosowanie ciągłej izolacji, o podwyższonych parametrach, w stosunku do wymogów stawianych w WT.

Szczelność powietrzna obudowy

Teoria obszar energetyczny

Szczelność obudowy budynku opisuje na ile zewnętrzne przegrody podatne są na niekontrolowany przepływ powietrza. Na skutek naporu wiatru oraz różnicy temperatur wnętrza i zewnętrzna budynku, może dochodzić do infiltracji powietrza zewnętrznego oraz eksfiltracji powietrza wewnętrznego. Na skutek tego dochodzi do strat ciepła, co może zaowocować „zwiększeniem zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji budynków energooszczędnych nawet o 40%" (Firląg, Miszczuk 2015). Niezależnie od tego, niekontrolowany przepływ powietrza może również być odpowiedzialny za erozję przegród zewnętrzny czy pogorszenie komfortu termicznego, ze względu na powstawanie lokalnych przeciągów. Najczęściej nieszczelności występują na połączeniach przegród budowlanych, przy przejściach instalacji wewnętrznych oraz na połączeniach okien i drzwi ze ścianami (Kwiatkowski i in. 2017).

W Polsce, szczelność powietrzna budynków jest jedynie zalecana, wg *Załącznik 2. Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii* do WT ((Dz. U. 2017 poz. 2285 2017). Szczelność powietrzna obudowy opisywana jest współczynnikiem n_{50}, który określa krotność wymiany powietrza w czasie 1 godziny przy różnicy ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego wynoszącej 50 Pa. Zgodnie z zaleceniami WT, współczynnik ten dla budynków w Polsce powinien wynosić:

- *w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową – n_{50}<3,0 1/h,*
- *w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją - n_{50}<1,5 1/h.*

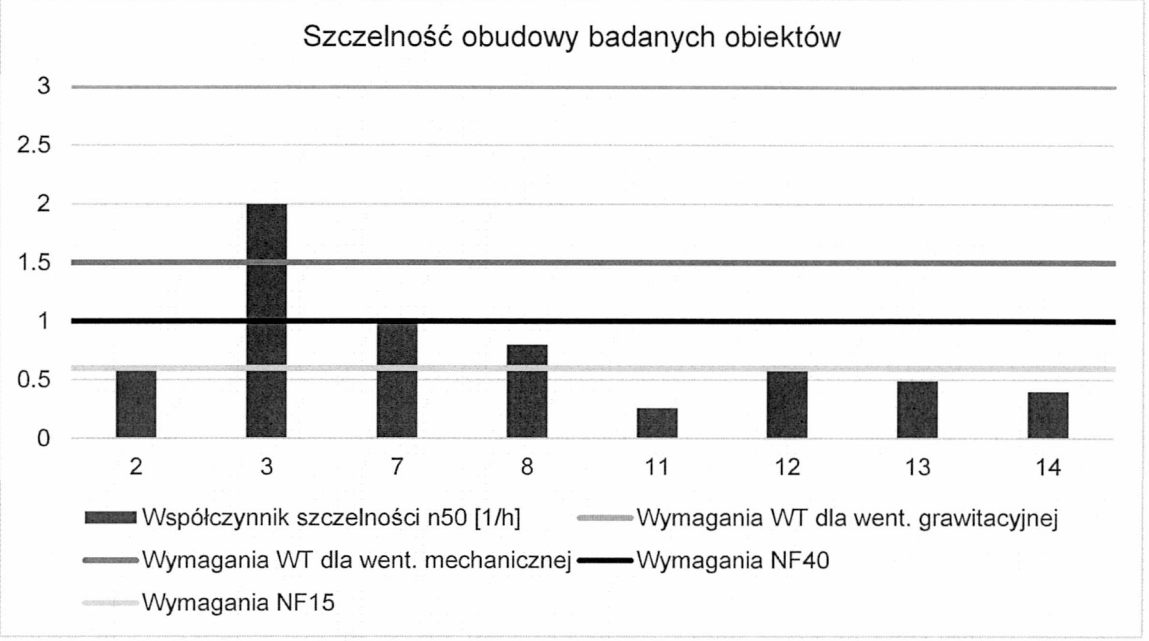
Warto porównać powyższe zalecenia z wymaganiami, jakie były stawiane budynkom w programie dopłat prowadzonym przez NFOŚiGW. Wymagane było, aby szczelność powietrzna wynosiła:

- *dla budynków w standardzie NF40 - $n_{50\leq}$1,0 1/h.,*
- *dla budynków w standardzie NF15 - $n_{50\leq}$0,6 1/h.*

Należy zauważyć, że wartość wymaganej szczelności w standardzie NF15 była tożsama z wymogami petryfikacji PHI dla budynków Pasywnych. W przeciwieństwie do systemów certyfikacyjnych, w pozostałych państwach europejskich, poza Wielką Brytanią, wykonywanie badań szczelności oddawanych do użytku budynków jest również tylko zaleceniem, nie wymogiem prawnym.

Analiza obiektów

Dane dotyczące szczelności obudowy dostępne były dla 8 badanych obiektów. Większość z tych budynków było wyposażone w wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła, jedynie budynek BedZED został oparty o system wentylacji naturalnej, wspomaganej. Był to również jedyny budynek, którego współczynnik szczelności powietrznej n_{50} był większy od 1,0 1/h i wynosił 2 1/h. Było to zapewne spowodowane specyfiką zastosowanego systemu wentylacyjnego, do czego autor odniesie się w dalszej części pracy. Wśród pozostałych budynków, 5 obiektów spełniłoby wymagania standardu NF15 ze współczynnik $n_{50\leq}$0,6 1/h a pozostałe 2 wymagania standardu NF40 ze współczynnikiem $n_{50\leq}$1,0 1/h. Zestawienie szczelności obudowy badanych obiektów przestawiono na wykresie 4.3.3.



Wykres 4.3.3 Zestawienie szczelności obudowy badanych obiektów. Opracowanie własne

Wnioski Wszystkie z badanych obiektów, dla których autor był wstanie znaleźć informacje dotyczące szczelności obudowy, posiadały wartość współczynnika szczelności n_{50} na niższym poziomie niż wymagają tego polskie przepisy. Dotyczy to zarówno budynków z wentylacją mechaniczną jak i naturalną (wzięto pod uwagę wymogi WT dla wentylacji grawitacyjnej). Również wartości współczynnika szczelności były we wszystkich przypadkach, z wyłączeniem obiektu BedZED, niższe niż te wymagane w programie NFOŚiGW dla standardu NF 40. Tylko jeden z obiektów, *e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden,* posiadał współczynnik szczelności przewyższający wymóg dla standardu NF 15.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną budynków wielorodzinnych BZE jest podwyższona, w stosunku do polskich wymogów, szczelność powietrzna obudowy budynku.

4.3.2. Zyski energetyczne

W skład bilansu energetycznego budynku wchodzi przede wszystkim bilans cieplny, uwzględniający straty jak i zyski ciepła. Zgodnie z obowiązującą normą PN-EN ISO 13790:2009 „Kształtowanie zespołów mieszkaniowych: wybrane współczesne tendencje europejskie", na bilans cieplny składają się m.in.:

- *zyski ciepła od promieniowania słonecznego, bezpośredniego (przez elementy przeszklone) lub pośredniego (przez absorpcję ciepła na zewnętrznych powierzchniach przegród pełnych),*
- *zyski ciepła od osób, urządzeń, oświetlenia oraz ciepła traconego z lub do instalacji ogrzewania, chłodzenia, przygotowania ciepłej wody bądź wentylacji.*

Powyższy podział zysków został uzależniony od źródła pochodzenia energii. W pierwszym przypadku można mówić o zyskach zewnętrznych pochodzących z insolacji. Na potrzeby pracy, autor przyjął je, jako *zewnętrze zyskami solarnymi.* Drugi przypadek to ciepło pochodzące od użytkowników oraz instalacji znajdujących się we wnętrzu budynku. Taki zyski zostały przez autora nazwane *zyskami wewnętrznymi termicznymi.*

Równolegle do podziału ze względu na źródło pochodzenia zysków energetycznych, można wyróżnić podział wynikający ze sposobu ich wykorzystania lub przetworzenia. Zyski, zarówno zewnętrzne solarne jak i wewnętrzne termiczne można zakwalifikować do zysków pasywnych, a więc takich, które nie wymagają urządzeń do ich przetworzenia. W przeciwieństwie do aktywnych źródeł ciepła, które wymagają wykorzystania urządzeń, a niekiedy również energii pochodzącej z innych źródeł. Do takich zaliczyć można m.in. pozyskiwanie energii pochodzącej z insolacji za pomocą kolektorów słonecznych lub ogniw fotowoltaicznych. Aktywne źródła ciepła zostaną opisane w dalszej części pracy poświęconej cechom instalacyjnym budynków wielorodzinnych BZE w podrozdziale 4.4.

W dalszej części podrozdziału zostaną opisane cechy charakterystyczne związane z:

- **Zewnętrznymi zyskami solarnymi,**
- **Wewnętrznymi zyskami termicznymi.**

Zewnętrzne zyski solarne

Teoria obszar energetyczny

Zewnętrzne zyski solarne to energia pochodząca z promieniowania słonecznego, która może zostać w planowany sposób wykorzystana zarówno na cele cieplne jak i może zostać przetworzona w inny rodzaj energii. Literatura wyróżnia dwie formy wykorzystania tej energii (Chwieduk 2011 s. 42):

- *„bezpośrednie wykorzystanie energii promieniowania słonecznego,*
- *pośrednie wykorzystanie promieniowania słonecznego, to znaczy wykorzystanie pochodnych energii promieniowania słonecznego."*

Pierwszą formę można natomiast rozdzielić na pozyskiwanie energii w sposób aktywny oraz pasywny. Aktywne zyski energetyczne zostaną opisane w dalszej części pracy poświęconej cechom instalacyjnym budynków wielorodzinnych BZE w podrozdziale 4.4. Pasywne zyski solarne wiążą się z pojęciem tzw. architektury solarnej. Jej elementami są, m.in. (Piotr Kuczia 2011):

- *optymalny udział powierzchni przepuszczających światło w powierzchni zewnętrznych przegród budynku,*
- *struktury szklarniowe,*
- *pojedyncze i podwójne przegrody zaktywowane solarnie,*
- *kominy solarne.*

Pośrednie wykorzystanie promieniowania słonecznego wiąże się z wykorzystaniem energii pochodzących z różnych źródeł odnawialnych, jak woda, wiatr czy biomasa (Chwieduk 2011 s. 42–43).

Analiza obiektów

Analiza pasywnych zysków termicznych przez przegrody przeszklone została opisana w dalszej części pracy poświęconej oświetleniu światłem dziennym w podrozdziale 4.3.4.

Rozwiązania szczególne

W badanych obiektach, odnotowano jedynie struktury szklarniowe. Struktura szklarniowa została wykorzystana w budynku BedZED. Jest to dwukondygnacyjna, podwójna przeszklona fasada od strony południowej. Dodatkowo, jest ona przeszklona również od góry i połączona z modułami ogniw fotowoltaicznych. Odległość pomiędzy fasadami pozwala na wykorzystanie tej przestrzeni w formie zamkniętej loggii. Struktura szklarniowa pełni podwójną rolę. Dzięki uchylnym oknom wspomaga działanie wentylacji naturalnej jednocześnie elementy poziomej konstrukcji szklarni działają, jako zacienienie w okresie letnim. Obie funkcje zostaną szczegółowo opisane w dalszej części pracy.

Wnioski

Wnioski w odniesieniu do zewnętrznych zysków solarnych zostały zawarte w podrozdziale 4.3.4**Error! Reference source not found.** omawiającym wykorzystanie promieniowania słonecznego w sposób pasywny oraz w podrozdziale 4.4, poświęconym cechom instalacyjnym.

Wewnętrzne zyski termiczne

Teoria obszar energetyczny

Wewnętrzne zyski termiczne, to wg normy PN-EN ISO 13790:2009 zyski ciepła pochodzące m.in. od osób czy urządzeń znajdujących się we wnętrzu budynku. Zyski ciepła pochodzące od osób oraz urządzeń innych niż urządzenia instalacyjne, zaplanowane na etapie projektowania budynku, w bardzo dużym stopniu zależą od czynnika ludzkiego. W dużej mierze jest to nieprzewidywalne. Zyski te przyjmuje się wg odpowiednich przeliczników dla danej funkcji obiektu zawartych w normach opisujących proces wykonywania bilansu energetycznego dla budynku. Wpływ wykorzystywania potencjalnych zysków cieplnych został poruszony w pracy w części poświęconej układom funkcjonalno-przestrzennym oraz strefowaniu termicznemu mieszkań. Oprócz wcześniej opisanych i scharakteryzowanych działań w obrębie mieszkań, w analizowanych obiektach stwierdzono występowanie tzw. buforu termicznego w budynku Multi-generational: Living at Muhlgrund. Został on zaprojektowany, jako zamknięta galeria od północnej strony budynku. Jej zadaniem jest przeciwdziałanie wychładzania północnych ścian oddzielających mieszkania od galerii. Kubatura galerii ogrzewana jest w sposób pasywny przez ciepło przenikające przez ściany mieszkań.

Wnioski

Na podstawie dostępnych materiałów źródłowych, autor nie był w stanie dokonać walidacji tej cechy w odniesieniu do BWBZE.

4.3.3. Akumulacja

Pojęcie akumulacyjności odnosi się do pojemności cieplnej budynku, która opisuje ilość ciepła potrzebną do podniesienia temperatury danego ciała o 1K (Kwiatkowski i in. 2017). Według normy PN-EN ISO 13790, magazynowanie i oddawanie ciepła przez elementy konstrukcyjne jest składową bilansu cieplnego budynku. Zwiększona akumulacyjność budynku może mieć pozytywny wpływ nie tylko na bilans cieplny, ale również na poczucie komfortu termicznego jego użytkowników (Kisielewicz 2014). Im większa akumulacyjność tym większa tzw. bezwładność cieplna budynku. Oznacza to, że taki budynek wolniej się wychładza jak również dzięki akumulacji chłodu przeciwdziała przegrzewaniu się wnętrza w okresie letnim. W okresach przejściowych, duża akumulacyjność budynku pozwala na równomierne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w ciągu dnia. Ciepło zakumulowane w procesie bezpośredniego promieniowania do wnętrza jest magazynowane a następnie równomiernie oddawana w dalszej części dnia. W okresie letnim, akumulacyjność

pozwala magazynować chłód w ciągu nocy, zapewniając niższą temperaturę w ciągu dnia.

Akumulację podzielić można na:

- Akumulację pasywną – zdolność magazynowania ciepła w tradycyjnych materiałach budowlanych,
- Akumulację semipasywną – magazynowanie w formie ciepła utajonego, przy wykorzystaniu materiałów zmiennofazowych (PCM).

Akumulacyjność pasywna

Teoria obszar energetyczny

Akumulacyjność pasywna związana jest bezpośrednio z pojemnością cieplną elementów budowlanych, w głównej mierze przegród, w tym ciężkich tynków lub posadzek betonowych i kamiennych, oraz konstrukcji budynku, wliczając w nią elementy żelbetowe jak schody czy szachty wind. Jest ona przede wszystkim zależna od masy użytych materiałów. Pojemność cieplną, metodą uproszczoną, obliczyć można na podstawie normy PN-EN ISO 13790:2009. Norma wyróżnia 5 klas przegród, przywołanych w tabeli 4.3.3 i może być stosowana do budynków mieszkalnych.

Klasa pojemności cieplnej	Pojemność cieplna [J/K]
Bardzo lekka	80 000 x A_f
Lekka	110 000 x A_f
Średnia	165 000 x A_f
Ciężka	260 000 x A_f
Bardzo ciężka	370 000 x A_f

gdzie: A_f oznacza pole powierzchni przestrzeni o regulowanej temperaturze w m^2

Tabela 4.3.3 Zestawienie klasyfikacji pojemności cieplnej budynku. Opracowanie własne na podstawie J. Kwiatkowski i in. (2017 s. 87)

Jednym ze sposobów zwiększania akumulacyjności budynku jest, wobec przytoczonych powyżej klas przegród, zwiększanie masy użytych materiałów budowlanych. Skutkiem negatywnym takiego działania jest zwiększanie również współczynnika przenikania ciepła.

W budynkach energooszczędnych najbardziej istotną cechą ścian zewnętrznych jest przeciwdziałaniu przenikania przez nie ciepła. Z tego powodu często wykonywane są właśnie z materiałów lżejszych lub w technologii szkieletowej. Sposobem uzyskania większej pojemności cieplnej budynku może być wtedy wykorzystanie elementów konstrukcyjnych z betonu (żelbetu) jak słupy czy stropy bądź stosowanie dodatkowych elementów o lepszych właściwościach akumulacyjnych jak np. odkryte posadzki betonowe lub kamienne.

Na potrzeby pracy na podstawie podziału w tabeli 4.3.3 przyjęto podział analizowanych budynków na 3 grupy pojemności cieplnej ze względu na zastosowaną konstrukcję oraz technologię przegród zewnętrznych (Zastawna-Rumin 2011):

- *Budynki lekkie – o konstrukcji szkieletowej z lekkimi ścianami,*
- *Budynki średnie – o betonowej konstrukcji stropów i lekkich ścianach*
- *Budynki ciężkie – o betonowej konstrukcji stropów ze ścianami z cegły pełnej lub betonu.*

Analiza obiektów

Wśród analizowanych obiektów przeważały budynki w technologii ciężkiej (6 obiektów), pozostała część była budynkami w technologii średniej (4 obiekty) oraz w technologii

lekkiej (4 obiekty)[53]. W zakresie typu konstrukcji nośnej, przeważały elementy żelbetowe (9 obiektów). Pozostała część budynków wykonana była w technologii szkieletowej drewnianej (3 obiekty), murowanej (1 obiekt) oraz w technologii mieszanej, drewniano-żelbetowej (1 obiekt)[53]. Jako rodzaj ścian zewnętrznych i wewnętrznych, przeważały ściany szkieletowe drewniane (5 obiektów) oraz murowane (4 obiekty). W pozostałych zastosowano zewnętrzne ściany w systemie fasadowym z wypełnieniem panelami próżniowymi (1 obiekt), ściany zewnętrzne szkieletowo-murowane (1 obiekt), oraz ściany z drewna klejonego (1 obiekt). Zestawienie pojemności cieplnej badanych obiektów przedstawiono w tabeli 4.3.4.

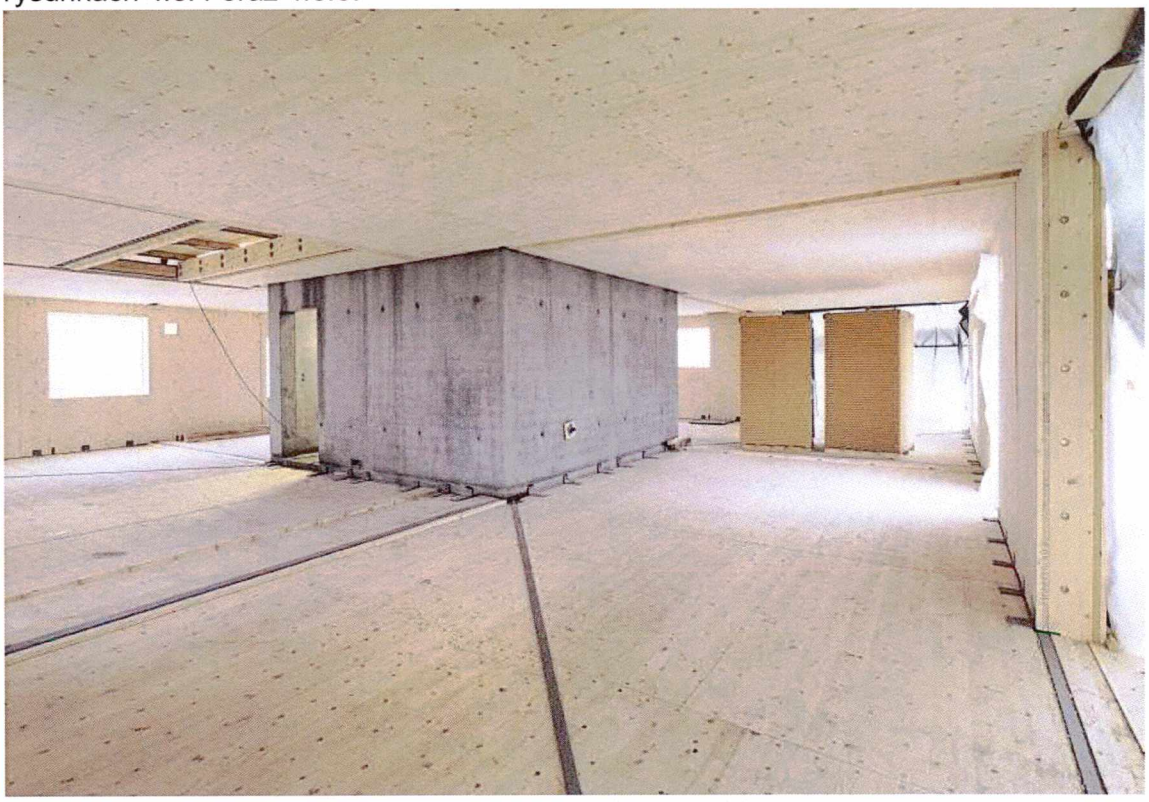
Pojemność cieplna budynku	Liczba obiektów
Budynki lekkie	4
Budynki średnie	4
Budynki ciężkie	6
Brak danych	1

Tabela 4.3.4 Pojemność cieplna badanych obiektów. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

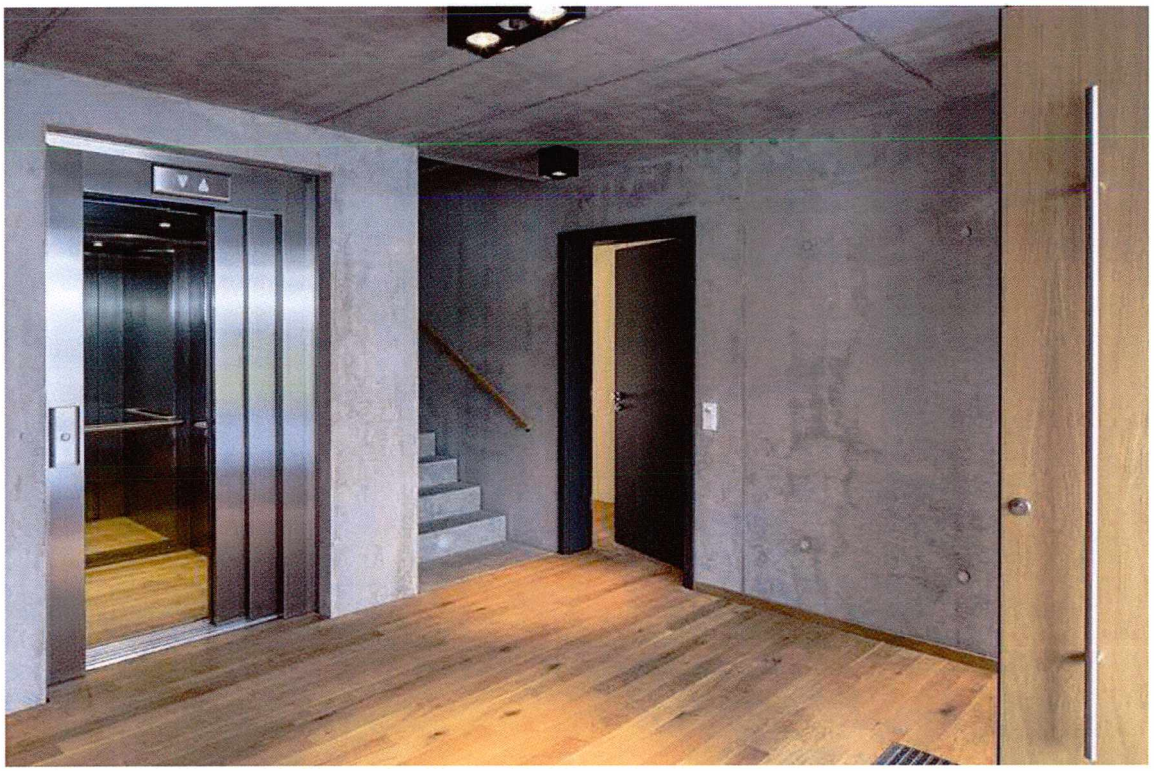
Wyróżniono trzy unikatowe rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnych obecnych w analizowanych obiektach.

- Woodcube - zastosowana konstrukcję mieszaną, drewniano-żelbetową. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne oraz stropy zostały wykonane z klejonych desek z drewna liściastego i iglastego. Dla zwiększenia akumulacyjności budynku, wewnętrzną klatkę schodową oraz windę zaprojektowano, jako jednorodny element żelbetowy. Widok wnętrza w trakcie budowy oraz po jej skończeniu przedstawiają zdjęcia na rysunkach 4.3.4 oraz 4.3.5.



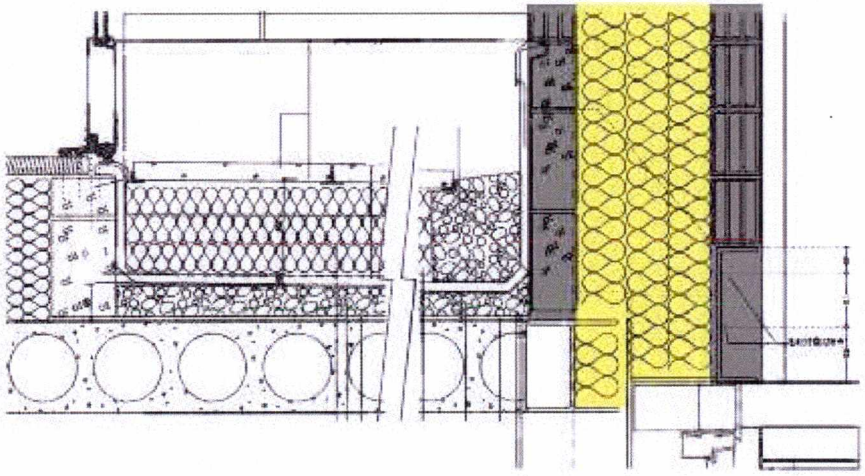
Rysunek 4.3.4 Wnętrze budynku Woodcube – żelbetowy rdzeń komunikacyjny, w trakcie budowy, źródło: https://www.archdaily.com/

[53] Dostępne dane dla 14 obiektów.



Rysunek 4.3.5 Wnętrze żelbetowego rdzenia komunikacyjnego, budynek Woodcube, źródło: https://www.archdaily.com/

- BowZED - zastosowano stosunkowo powszechną metodę wznoszenia ścian zewnętrznych, jednak rzadko spotykaną w Polsce w postaci ścian szkieletowo-murowanych. Główną konstrukcją nośną wewnętrznej strony są bloczki betonowe. Następnie od zewnętrznej strony, na stelażu stalowym zamontowana jest izolacja termiczna w postaci wełny mineralnej w kilku warstwach. Izolacja jest osłonięta z zewnętrznej strony pełną cegłą licową z zachowaniem wentylowanej pustki powietrznej. Dzięki temu, przegrody zewnętrzne zachowują odpowiedni współczynnik przenikania ciepła jak również zapewniają odpowiednią akumulacyjność od wewnętrznej strony.



Rysunek 4.3.6 Przekrój przez zewnętrzną trójwarstwową ścianę budynku BowZED, opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com

- Sunny Watts - zastosowano konstrukcję stanowi drewniany szkielet, dla zwiększenia akumulacyjności termiczne, zastosowano odsłonięte posadzki betonowe. Jest to stosunkowo prosty zabieg a jego stosowanie, np. w pasie wzdłuż przeszkleń może pozwolić na poprawę pojemności cieplnej budynku.

Wnioski

Przeprowadzone analizy pokazują, że w wielu wypadkach, zwłaszcza w rozwiązaniach szczególnych, można zdefiniować działania mające na celu poprawę pojemności cieplnej budynku. Jednak nie można stwierdzić, by było to konieczne dla uzyskania standardu BZE.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że dążenie do poprawy pojemności cieplnej jest cechą charakterystyczną budynków wielorodzinnych BZE. Nie można stwierdzić jednak, że duża akumulacyjność termiczna jest warunkiem osiągnięcia standardu BZE.

Akumulacyjność semipasywna

Teoria obszar energetyczny

Konwencjonalną metodą zwiększania pojemności cieplnej budynku, wspomnianą już wcześniej, jest zwiększanie masy elementów budowlanych. Jednak zwiększanie masy, np. przegród zewnętrznych, może prowadzić do pogorszenia ich współczynnika przenikania ciepła. Alternatywą może być kumulowanie energii w formie ciepła utajonego materiałów zmiennofazowych (PCM) (Kwiatkowski i in. 2017 s. 88). Takie rozwiązania nie ingerują znacząco w strukturę termiczną przegród a mogą być stosowane również, jako elementy niezależne. Specyfikę zastosowania takich materiałów dla zwiększenia pojemności cieplnej budynku nazwano w pracy *akumulacyjnością semipasywną*. O ile wykorzystanie właściwości materiałów PCM nie wymaga dostarczenia zewnętrznej energii, oprócz energii pochodzącej z promieniowania słonecznego, o tyle wymaga zastosowania specjalistycznych rozwiązań, stąd jej oddzielenie pojęciowe od akumulacyjności pasywnej.

Materiały zmiennofazowe[54] charakteryzują się dużą absorbcją, akumulacyjnością i możliwością oddawania energii w zakresie temperatury przemiany fazowej (Musiał 2015). Materiał absorbując ciepło z otoczenia przechodzi z fazy stałej w fazę ciekłą. Oddając je przechodzi z powrotem do fazy stałej. Dzięki zastosowaniu materiałów zmiennofazowych w budownictwie można zmniejszyć dobowe wahania temperatury we wnętrzu oraz przesuwać oddawanie zakumulowanego ciepła w czasie. Wyróżnić można dwa rodzaje materiałów zmiennofazowych – organiczne (składające się m.in. z węglowodorów nasyconych, estrów, alkoholi czy kwasów tłuszczowych) oraz, najczęściej stosowane w budownictwie, nieorganiczne (jak np. uwodnione sole litowców i berylowców oraz ich eutektyki) (Musiał 2015). Materiały PCM stosowane w budownictwie charakteryzują się spora pojemnością cieplną w stosunku do materiałów konwencjonalnych. Pozwala to na wykorzystanie elementów o znacznie mniejszych grubościach. Poniżej, w tabeli 4.3.5, przedstawiono porównanie grubości warstw materiałów PCM oraz konwencjonalnych o zbliżonej pojemności cieplnej w zakresie temperatur 18-28°C.

Rodzaj materiału	Grubość warstwy
PCM	1cm
Panel DuPont Energain®	1,6cm
Beton	7cm

[54] Z angielskiego – PCM – *phase-change materials*.

Cegła pełna	10cm
Płyta MDF	17cm
Beton komórkowy	31cm

Tabela 4.3.5 Porównanie grubości przegród budowlanych o zbliżonej pojemności cieplnej. Opracowanie własne na podstawie J. Kwiatkowski i in. (2017)

Analiza obiektów

W analizowanych obiektach, zastosowanie materiałów PCM obecne było jedynie w 2 budynkach - Smart is Green oraz Eulachhof. Można, zatem uznać, że stosowanie akumulacyjności semipasywnej jest rozwiązaniem szczególnym w badanych budynkach.

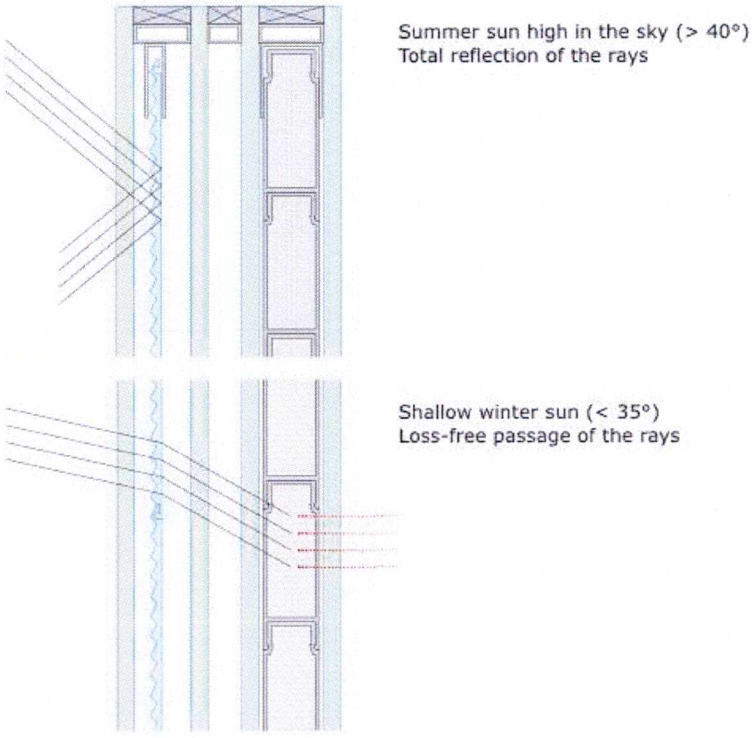
Rozwiązania szczególne

W budynku Smart is Green zastosowano dwustopniową akumulacyjność opartą o materiały zmiennofazowe. Krótkotrwała akumulacja (3-6 godzin) została zapewniona przez zastosowanie zasłon okiennych wykonanych z materiałów zmiennofazowych, rysunek 4.3.7. Mają one za zadanie poprawiać komfort termiczny mieszkańców poprzez akumulowanie ciepła latem w ciągu dnia by stopniowo oddawać je w nocy. Akumulacja średnioterminowa została zastosowana w formie zbiorników z PCM zasilanych przez kolektory słoneczne. Zbiorniki z materiałem PCM zastąpiły konwencjonalne rozwiązania, co umożliwiło zmniejszenie rozmiarów potrzebnych zbiorników (IBA_Hamburg 2013).



Rysunek 4.3.7 Zasłony wykonane z materiału PCM w budynku Smart is Green (IBA_Hamburg 2013)

Drugim, unikatowym, rozwiązaniem było zastosowanie w budynku Eulachhof na południowej elewacji zewnętrznych paneli przeziernych z wbudowaną warstwą PCM. Panele firmy Laros Technologies – GlassX 1.1. są zbudowane z czterech warstw szkła. Pomiędzy pierwszą a drugą warstwą (od zewnętrz) zainstalowano warstwę selektywną, której zadaniem jest przepuszczanie lub odbijanie promieni słonecznych w zależności od kąta ich padania. Między trzecią a czwartą warstwa szkła zastosowano panele z materiałem PCM. Jego zadaniem jest absorbowanie ciepła w ciągu dnia i stopniowe uwalnianie nocą (LT 2014). Schemat działania zaprezentowano na rysunku 4.3.8 a widok od strony elewacji na rysunku 4.3.9.



Rysunek 4.3.8 Schemat działania paneli GlassX 1.1, źródło Laros Technologies (2014)



Rysunek 4.3.9 Elewacja z panelami PCM - budynek Eulachhof, źródło: http://www.schwarz-architekten.com

Wnioski Zastosowanie materiałów zmiennofazowych dla zwiększenia pojemności cieplnej, w przeprowadzonych badaniach, zostało uznane raczej za rozwiązanie szczególne, unikatowe, obecne jedynie w 2 obiektach. Jest to jednak ciekawa alternatywa poprawy efektywności energetycznej, dająca możliwość zwiększenia akumulacyjności bez skutków ubocznych jak zwiększenie masy budynku czy pogorszenie właściwości izolacyjnych przegród budowlanych.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że stosowanie rozwiązań z zakresu akumulacyjności semipasywnej nie są cechą charakterystyczną BWBZE.

4.3.4. Wykorzystanie promieniowania słonecznego

Elementy przezierne, jak okna oraz przezierne systemy fasadowe, są istotną częścią obudowy zewnętrznej budynku jak również mają znaczenie dla jego bilansu energetycznego. Ze względu na tę dwoistość, należy rozpatrywać je zarówno ze względu na powodowane straty energii jak również zyski z energii promieniowania słonecznego. Elementy przezierne są również istotnym elementem fasady budynku i w dużym stopniu wpływają na kształtowanie wizerunku architektonicznego. Wpływają zarówno na zapewnienie komfortu termicznego - zewnętrzne zyski solarne, oraz komfortu świetlnego – oświetlenie światłem dziennym.

Elementy przezierne obudowy należy rozpatrywać pod kątem następujących parametrów (Kwiatkowski i in. 2017 s. 76)

- *Współczynnik przenikania ciepła,*
- *Szczelność powietrzna,*
- *Przepuszczalność cieplna promieniowania słonecznego,*
- *Przepuszczalność światła widzianego.*

Współczynnik przenikania ciepła oraz szczelność powietrzna okien i przeszklonych fasad zostały opisane w podrozdziale 4.3.1. Ograniczenie strat energii. Przepuszczalność cieplna przeziernych elementów elewacji promieniowania słonecznego opisywana jest za pomocą współczynnika przepuszczalności całkowitego promieniowania słonecznego g_w. Określa on część promieniowania słonecznego, która przenika przez powierzchnię przegrody do wnętrza w postaci zewnętrznych zysków solarnych, o których wspomniano w podrozdziale 4.3.2. Przepuszczalność światła widzialnego opisywana jest współczynnikiem przepuszczalności światła L_t. Jest to „stosunek światła słonecznego docierającego do szyby zespolonej, do światła, które zostaje przez nią przepuszczone" (OT 2012). Ze względu na brak dostępnych danych w materiałach dotyczących wybranych budynków nt. współczynników g_w oraz L_t nie zostały one ujęte w niniejszych badaniach. Z tego powodu przyjęto autorskie pojęcia, stanowiące równocześnie cechy charakterystyczne BWBZE.

Powyższe parametry opisują jedynie właściwości samej przegrody, jaką są okna i przeszklone systemy fasadowe. Ich efektywność zależy w bardzo dużym stopniu od natężenia promieniowania padającego na ich płaszczyzny. Uzyskiwane zewnętrzne zyski solarne oraz możliwość zapewnienia komfortu świetlnego użytkowników jest bezpośrednio związana ze zorientowaniem przeszkleń względem storn świata. Przeszklenia skierowane w odpowiednie strony mogą znacząco wpłynąć na poprawę efektywności energetycznej budynku, zwłaszcza w okresach przejściowych. Jednak

nadmierne zyski solarne mogą prowadzić do przegrzewania pomieszczeń, zwłaszcza w okresie letnim, stąd należy również rozważa sposoby zacieniania przeszkleń.

Za istotne i mierzalne cechy charakterystycznych BWBZE przyjęto:

- Przeszklenia zorientowane,
- Zacienienie przeszkleń.

Przeszklenia zorientowane

Teoria obszar projektowy

Przezierne powierzchnie ścian zewnętrznych są jednym z najważniejszych elementów obudowy zewnętrznej budynku. Oprócz wymienionych powyżej czynników energetycznych, które szczegółowo zostaną omówione w dalszej części podrozdziału, stanowią one przede wszystkim połączenie wnętrza z zewnętrzem jak również są elementem wyrazu architektonicznego na elewacjach budynku.

Elementami przeziernymi obudowy mogą być zarówno kompozycje z pojedynczych okien jak również przeszklone, w całości lub tylko w części, systemy fasadowe. Systemy fasadowe często zastępują klasyczny podział na ściany nieprzezierne z osadzonymi w nich oknami i stanowią całe elewacje budynku. Jest to rozwiązanie spotykane raczej w obiektach usługowych czy biurowych, rzadziej w budynkach mieszkalnych.

Wielkość oraz rozmieszczenie przeszkleń w dużej mierze zależna jest od funkcji budynku, jego lokalizacji, jak również orientacji względem stron świata. Układ okien wynika często bezpośrednio z układu funkcjonalnego wnętrza. Jednak ich minimalną oraz maksymalną wielkość, w polskim ustawodawstwie określa wymagania stawiane w WT:

- *§57 ust. 2.: „W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie dzienne jest wymagane ze względów na przeznaczenie – co najmniej 1:12."*
- *Załącznik 2. ust. 2: „W budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego pole powierzchni A, wyrażone w m^2, okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż 0,9 W/m^2K), obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość A_{0max} obliczone według wzoru:*

$$A_{0max} = 0,15\ A_z + 0,03\ A_w$$

Gdzie:

A_z – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

A_w – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji do podjęciu A_z.

Przytoczone powyżej wymagania stawiane powierzchni okien w budynku mieszkalnym, w opinii autora, nie uwzględniają jednak kwestii projektowania budynków efektywnych energetycznie.

Pojęcie *przeszkleń zorientowanych*, choć z doświadczenia autora szeroko stosowane w gronie zawodowym architektów, projektantów oraz fizyków budowli, nie jest często spotykane w literaturze przedmiotu. Znacznie częściej spotkać się można z określeniem *orientacji budynku*, przeważnie w odniesieniu do sytuowania domów jednorodzinnych (Kurtz-Orecka 2014), (Markiewicz 2016). Obracanie zaprojektowaną bryłą budynku, a raczej orientowanie jej zgodnie z kierunkami świata jest możliwe w przypadku budynków jednorodzinnych, zwłaszcza w odniesieniu do projektów typowych. W przypadku budynków wielorodzinnych, warunki ich lokalizacji często na to nie pozwalają, zwłaszcza w przypadku większych brył. Wobec tego, zasadnym wydaje się określanie mianem *zorientowanych* tych przeszkleń, których wielkość została dobrana uwzględniając nie tylko wymogi prawne, kwestie użytkowe, ale również kierunek świata, na który są eksponowane.

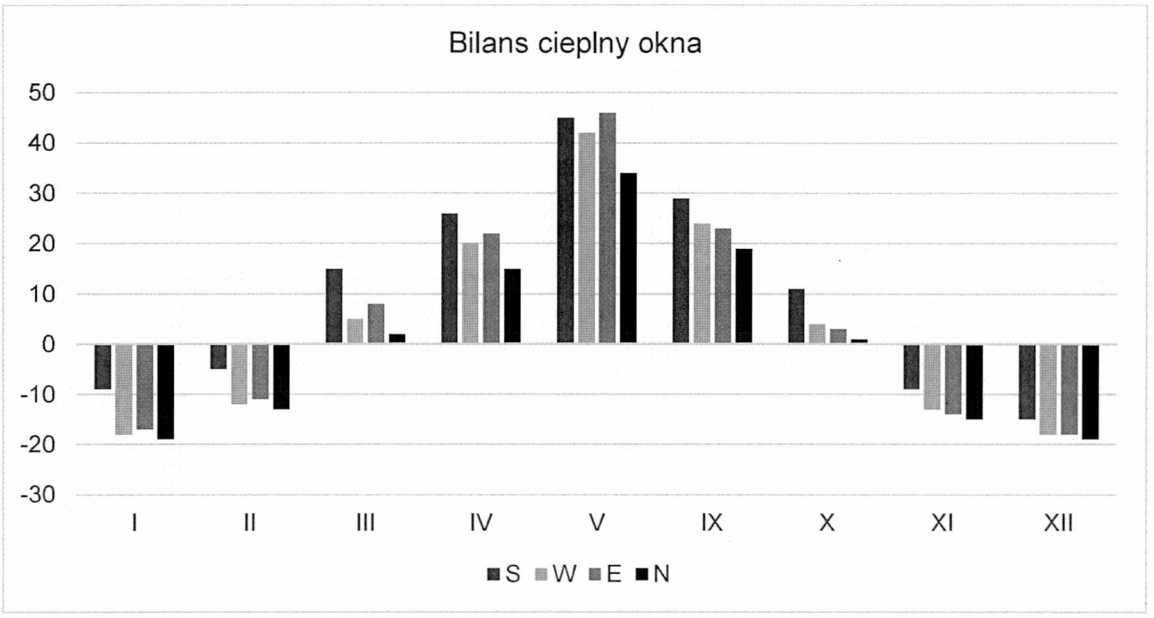
W literaturze przedmiotu, spotkać się można z określeniem *„ściany aktywnej"* (Szczechowiak 2019). Określa on stopień, w jakim dana elewacja została zaprojektowana pod kątem pozyskiwania zysków solarnych. Przytoczone w literaturze tendencje rozwoju, charakteryzują kolejne etapy "uaktywniania" energetycznego ścian:

- Ściany energetycznie bierne – ściany, w których przeszklenia umożliwiają jedynie odpowiednią dostępność oświetlenia światłem dziennym, bez uwzględnienia pozyskiwania zewnętrznych zysków solarnych,
- Ściana południowa uaktywniona – ściana zwrócona w kierunku południowym, w której przeszklenie oprócz zapewnienia odpowiedniego oświetlenia światłem dziennym daje również możliwość pozyskania zewnętrznych zysków solarnych, jednak w niedużych ilościach,
- Ściana południowa aktywna – ściana zwrócona w kierunku południowym, której głównym celem jest pozyskiwanie możliwie największych zewnętrznych zysków solarnych,
- Ściany aktywne – nastawienie wszystkich ścian na pozyskiwanie możliwie największych zysków solarnych.

Bilans cieplny przeszklenia zależny jest nie tylko od jego konstrukcji (izolacyjność termiczna), ale również od warunków bioklimatycznych. W tym przypadku głównie od natężenia promieniowania słonecznego padającego na powierzchnię przezierną. Obecnie powszechnie stosowane technologie nie pozwalają na osiąganie parametrów izolacyjności termicznej przeszkleń na poziomie, jaki osiągają przegrody nieprzezierne. Z tego względu istotnym jest by starty ciepłą wynikające z przenikania przez przegrody przezierne kompensować w możliwie największym stopniu pozyskiwanymi zewnętrznymi zyskami solarnymi. Jak pokazują badania opublikowane w literaturze (Kwiatkowski i in. 2017 s. 75–76), okno o współczynnikach U_w = 1,6 W/(m^{2}K)[55] oraz g_w = 0,47 w warunkach natężenia promieniowana przyjętego dla Warszawy posiada ujemny bilans cieplny jedynie w 4 miesiącach w roku (styczeń, luty, listopad oraz grudzień), co

[55] Należy zaznaczyć, że wartość przytoczonego współczynnika U_w jest prawie dwukrotnie większa od współczynników większości przeszkleń w analizowanych w pracy przykładach BWBZE.

zaprezentowano na wykresie 4.3.4. Oznacza to, że pozyskiwanie zewnętrznych zysków solarnych przez przeszklenia jest istotną składową bilansu energetycznego budynku.



Wykres 4.3.4 Bilans cieplny okna w poszczególnych miesiącach roku oraz podstawowych orientacjach. Opracowanie własne na podstawie materiałów J. Kwiatkowski (2017 s. 78)

Przytoczone powyżej badania pokazują istotę, jaką jest odpowiednia orientacja przeszkleń dla pozyskiwania możliwie największego zewnętrznych zysków pasywnych. Jest to również potwierdzone w badaniach D. Chwieduk (Chwieduk 2011 s. 123–130) przytoczonych w podrozdziale 4.2.1, w części poświęconej układom komunikacyjnym oraz strefowaniu termicznemu budynków.

W oparciu o wyniki badań oraz literaturę przedmiotu, można stwierdzić, że *przeszkleniami zorientowanymi* nazywać można takie zaprojektowanie przegród przeziernych, które dla danej lokalizacji będzie pozwalało na możliwie najlepszy bilans cieplny uzależniony od pozyskiwania zewnętrznych zysków solarnych. W warunkach napromieniowania słonecznego, jakie panują na terenie Polski, elewacją o potencjalnie najlepszym bilansie cieplnym jest elewacja południowa a potencjalnie bierna energetycznie, jest elewacja północna, poddana jedynie napromieniowaniu rozproszonemu.

Analiza obiektów

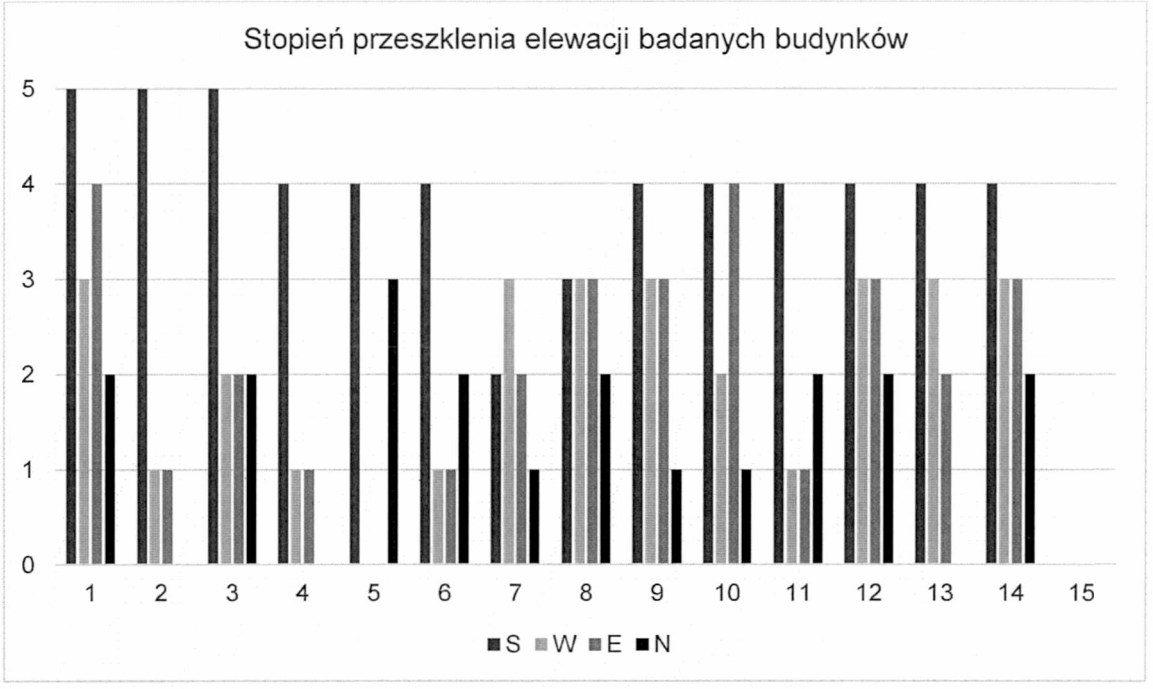
Dokonano oszacowania stopnia przeszklenia elewacji budynków w zależności od ich kierunków względem stron świata. Analizy dokonano w oparciu o dostępny materiał badawczy – rysunki elewacji bądź zdjęcia. Jedynie w przypadku jednego obiektu, Messequartier, dostępne materiały nie pozwoliły na wykonanie badań. W pozostałych obiektach oszacowano stopień przeszklenia na 5-stopniowej skali[56]:

- Stopień 1 – przeszklenie do 20% powierzchni elewacji,
- Stopień 2 – przeszklenie od 21% do 40% powierzchni elewacji,
- Stopień 3 – przeszklenie od 41% do 60% powierzchni elewacji,
- Stopień 4 – przeszklenie od 61% do 80% powierzchni elewacji,

[56] Założone przez autora przedziały są przedziałami orientacyjnymi. Ze względu na brak dostępności do szczegółowego materiału badawczego, szacunki są obarczone błędem.

- Stopień 5 – przeszklenie od 81% do 100% powierzchni elewacji.

Wykonana analiza wykazała, że w 13 budynkach elewacjami o najwyższych stopniach przeszkleń były zawsze elewacje południowe. Tylko w jednym obiekcie, e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden, elewacje zachodnie posiadały najwyższy stopień przeszklenia. W tym przypadku było to najprawdopodobniej uwarunkowane formą brył odcinkowych na osi północ-południe. W 11 budynkach, stopnie przeszkleń elewacji wschodnich i zachodnich przeważały nad stopniem przeszklenia elewacji północnych. Jedynie w 3 obiektach, elewacje północne posiadały wyższy stopień przeszkleń niż elewacje wschodnie i zachodnie. Było to uzależnione prawdopodobnie przyjętym powtarzalnym schematem funkcjonalnym wnętrza, w którym nie zakładano doświetlenia światłem dziennym elewacji wschodnich i zachodnich, lub zakładano je w minimalnym stopniu. Elewacje północne nie posiadały przeszkleń w 3 obiektach. Stopień przeszklenia elewacji w badanych obiektach przedstawiono na wykresie 4.3.5. Przykład porównania stopnia przeszklenia elewacji południowej i północnej w budynku o przeszkleniach zorientowanych przedstawiono na rysunku 4.3.10



Wykres 4.3.5 Analiza stopnia przeszklenia elewacji badanych obiektów. Opracowanie własne



Rysunek 4.3.10 Porównanie stopnia przeszklenia elewacji północnej (zdjęcie po lewej) i południowej (zdjęcie po prawej) budynku Sunny Watt, źródło: https://kaempfen.com

Wnioski

Na podstawie wykonanych przez autora analiz przedstawionych na wykresie 4.3.4, można stwierdzić, że we wszystkich przebadanych obiektach występowały *ściany aktywne*, a więc takich, które były nastawione na jak największe pozyskiwanie zewnętrznych zysków solarnych. We wszystkich obiektach dominowały przeszklenia o znacznych powierzchniach, które ukierunkowane były na strony świata, na których występują największe średnie dzienne napromieniowania. Były to elewacje przede wszystkim południowe, ale również wschodnie i zachodnie. Elewacje północne, które nie charakteryzują się znacząco dodatnim bilansem cieplnym dla zlokalizowanych w nich przeszkleń, zwykle posiadały najniższe stopnie przeszkleń lub w ogóle ich nie posiadały. W badanych obiektach nie odnotowano jednak urządzeń mających na celu poprawę wykorzystania światła dziennego, jak np. półki świetlne.

> Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że przeszklenia zorientowane, głównie w kierunku południowym, są cechą charakterystyczną BWBZE.

Zacienienie przeszkleń

Umożliwienie penetracji promieniowania słonecznego do wnętrza pozwala w dużym stopniu wykorzystać zewnętrzne zyski solarne jak również oświetlenie światłem dziennym. Jak pokazują badania autora (wykres 4.3.4), bilans cieplny okna jest dodatni przez większość roku. Oznacza to, że zyski solarne pochodzące od promieniowania słonecznego przewyższają straty ciepła przez elementy przeszklone. O ile w przypadku tzw. okresów przejściowych, tj. w miesiącach od lutego do marca oraz od września do października, oraz okresu zimowego, tj. w miesiącach od października do stycznia (Chwieduk 2011 s. 124), jest to zjawisko pożądane, o tyle w okresie letnim może wystąpić ryzyko przegrzania budynku (Kwiatkowski i in. 2017 s. 83). By przeciwdziałać

niekorzystnym zyskom solarnym, istotnym jest stosowanie elementów zacieniających dobranych do warunków lokalnych.

Teoria obszar projektowy

Systemy zacieniające można scharakteryzować ze względu na ich konstrukcję oraz lokalizację montażu. Wyróżnić można następujące 3 główne rodzaje elementów zacieniających (Kwiatkowski i in. 2017 s. 84):

- Zewnętrzne elementy zacieniające, w których wyróżnić można:
  - Elementy stałe pionowe oraz poziome – jak np. zadaszenia, okapy, wykusze, podcienia, balkony, stałe żaluzje zewnętrzne (poziome jak i pionowe)
  - Elementy ruchome – jak np. markizy, rolety, żaluzje zewnętrzne,
  - Zieleń,
- Wewnętrzne elementy zacieniające – jak np. wewnętrzne żaluzje, rolety, zasłony,
- Inne rozwiązania, w których wyróżnić można:
  - Elementy zacieniające montowane w przestrzeni międzyszybowej,
  - Specjalne rodzaje szkła.

Oprócz wpływu na przeciwdziałanie nadmiernym zyskom solarnym, elementy zacieniające stanowią również o wyrazie architektonicznym budynku. Ze względu na swoją konstrukcję, autor wyróżnia:

- Elementy dodane – urządzenia zacieniające dodane do elewacji w formie różnego rodzaju żaluzji, daszków, elementy montowane na fasadzie,
- Części budynku – ukształtowanie budynku umożliwiające zacienianie przeszkleń, jak np. wszelkiego rodzaju wycofania czy wykusze, elementy stanowiące część fasady.

Teoria obszar energetyczny

Niezależnie od konstrukcji czy lokalizacji, nadrzędną cechą takich elementów jest przeciwdziałanie przegrzewaniu się wnętrza budynku w skutek nadmiernych zewnętrznych zysków solarnych. Skuteczność systemów zacieniających uzależniona jest od ich formy, konstrukcji i lokalizacji w odniesieniu do kierunków świata oraz, w określonych przypadkach, również od czynnika ludzkiego.

Jak pokazuje literatura, możliwe jest utrzymanie komfortu termicznego wewnątrz budynku bez wykorzystania aktywnych czy pasywnych metod chłodzenia przy przeszkleniu elewacji południowej w stopniu mniejszym niż 50% z wykorzystaniem zewnętrznego systemu zacieniającego (Hausladen i in. 2006 s. 45). To właśnie zewnętrznym elementom zacieniającym przypisuje się większą skuteczność niż tym zlokalizowanym wewnątrz budynku (O'Connor 1997 s. 29).

Dobór odpowiedniego systemu zacieniającego należy rozważać pod kątem zmienności warunków nasłonecznienia w ciągu dnia oraz w ciągu roku. W godzinach porannych oraz popołudniowych, pozycja słońca nad horyzontem jest znacznie niższa niż w południe. Podobna zależność występuje pomiędzy miesiącami zimowymi a letnimi. Wysokość słońca nad horyzontem zimą jest znacznie niższa niż latem. Zmienność pozycji słońca zarówno w ciągu dnia jak i w ciągu roku pozwala na odpowiednie zaprojektowanie systemów zacieniających, które będą przeciwdziałać nadmiernemu przegrzewaniu budynku w okresie letnim przy jednoczesnym umożliwieniu wykorzystania pasywnych zysków solarnych w miesiącach zimowych oraz przejściowych.

Należy zwrócić uwagę, że elementy pełne zewnętrzne, stosowane na elewacjach północnych mogą przyczynić się również do przeciwdziałania wychładzaniu się wnętrza. Elementy tworzące pełną i w miarę szczelną przegrodę, mogą pozytywnie wpłynąć na obniżenie przenikania ciepła przez elementy przezierne (Żurawski 2015).

Dobór systemów zacieniających podzielić można ze względu na czynniki[57] (Twarowski 1996), (O'Connor 1997 s. 29), (Marchwinski, Zielonko-Jung 2014 s. 156), (Olgyay 2015 s. 81–85) (Kwiatkowski i in. 2017 s. 84–85):

- Lokalizacja,
- Sposób działania,
- Formę.

Ze względu na lokalizację, elementy zacieniające podzielić można na typy o określonych cechach:

- Zewnętrzne:
  - Stanowią najefektywniejsze przeciwdziałanie przegrzewaniu wnętrza,
  - Umożliwiają dobór odpowiedniej formy w zależności od kierunków świata,
  - Mogą dodatkowo wpływać na poprawę rozkładu oświetlenia wnętrza przez rozproszenie promieniowania słonecznego,
  - Mogą występować w formie zieleni zespolonej lub zintegrowanej z budynkiem,
- Wewnętrzne:
  - W ograniczonym stopniu przeciwdziałają przegrzewaniu wnętrza,
  - Mogą stanowić dodatkową formę osłony przed lśnieniem,
  - Dla lepszego odbijania promieniowania słonecznego powinny być wykonane z materiałów refleksyjnych,
- Pośrednie:
  - Montowane w obrębie zespołów szybowych,
  - Wykorzystanie elementów ruchomych, jak żaluzje, może podnieść efektywność rozwiązania,
  - Stosowanie przyciemnianego szkła może ograniczyć możliwość wykorzystywania zewnętrznych zysków solarnych,
  - Wykorzystanie elementów montowanych wewnątrz pakietu szybowego może pozwolić na połączenie cech elementów zewnętrznych oraz wewnętrznych.

Ze względu na sposób działania, elementy zacieniające podzielić można na:

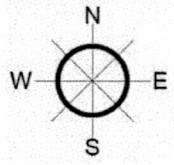
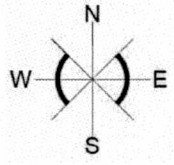
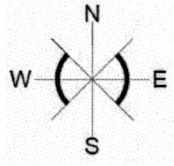
- Elementy stałe:
  - Mogą to być zarówno elementy fasady jak i elementy dodane do fasady,
  - Pozwalają na precyzyjne zaprojektowanie formy elementy dla jego działania w wyznaczonej porze dnia oraz roku,
  - Pozwalają wykluczyć czynnik ludzki,
- Elementy ruchome:
  - Pozwalają przy mniejszych gabarytach elementów uzyskać podobną efektywność do większych elementów stałych,
  - Pozwalają adaptować formę zacienienia do panujących warunków atmosferycznych,
  - Ze względu na sterowania podzielić można na:
    - Sterowane ręcznie – ich działanie uzależnione jest od czynnika ludzkiego, co może mieć negatywny skutek w kontekście efektywności działania
    - Sterowane automatycznie – ich działanie uzależnione jest od zainstalowanych czujników i pozwala w efektywny sposób wykorzystać potencjał przesłon.

[57] Autor podał syntezę podziałów wynikającą z przytoczonej literatury.

Ze względu na formę, elementy zacieniające podzielić można na:

- Osłony pełne:
  - Przesłony pełne w postaci rolet lub elementów przesuwnych - znacząco ograniczają widoczność i dostęp do oświetlenia światłem dziennym,
  - Elementy pełne regulowane w postaci okiennic o regulowanych elementach lub rolet uchylnych – ograniczenie widoczności zależne od kąta otwarcia,
- Osłony poziome:
  - Elementy poziome ruchome – pozwalają dostosowywać stopień zacieniania do panujących warunków atmosferycznych, zacieniają promieniowanie padające pod różnym kątem, ograniczenie widoczności uzależnione jest od stopnia zacienienia,
  - Elementy stałe o dużym wysięgu lub dużej gęstości – pozwalają na zacienianie zarówno promieniowania padającego pod dużym jak i małym kątem, znaczne ograniczenie widoczności,
  - Elementy stałe o stosunku wysięgu do odstępu między elementami od 1:1 do 0,8:1 – pozwalają na zacienianie promieniowania padającego pod dużym kątem, niewielkie ograniczenie widoczności,
  - Półki zacieniające w formie balonów, markiz lub daszków – w zależności od swojego wysięgu pozwalają zacieniać promieniowanie padające pod dużym i małym kątem, ze względów konstrukcyjnych preferowane są zwykle mniejsze wysięgi, co ogranicza spektrum zastosowania, niewielkie ograniczenie widoczności,
- Osłony pionowe:
  - Elementy ruchome - pozwalają dostosowywać stopień zacieniania do panujących warunków atmosferycznych, zacieniają promieniowanie padające pod różnym kątem, ograniczenie widoczności uzależnione jest od stopnia zacienienia,
  - Elementy stałe – pozwalają na zacienienie promieniowania padającego pod małym katem, niewielkie ograniczenie widoczności.

Sugerowane formy elementów zacieniających ze względu na kierunek świata elewacji, na której występują przedstawiono w tabeli 4.3.6.

Stosowanie formy elementów zacieniających zależnie od kierunków świata	
Przesłony pełne	
Elementy pełne regulowane	
Elementy poziome ruchome bądź o dużym wysięgu lub dużej gęstości	

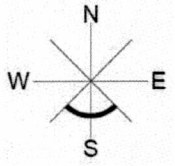
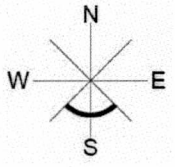
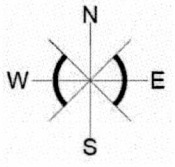
Elementy poziome ruchome bądź o mniejszym wysięgu lub gęstości	
Półki zacieniające	
Pionowe elementy ruchome bądź stałe	

Tabela 4.3.6 Stosowanie formy elementów zacieniających zależnie od kierunków świata. Opracowanie własne na podstawie materiałów J. Marchwiński, K. Zielonko-Jung

Analiza obiektów

Analizę systemów zacieniających w przykładach BWBZE wykonano na podstawie opisów oraz zdjęć udostępnionych w literaturze oraz na stronach internetowych zarówno autorów projektów jak i popularnych portali architektonicznych. Obejmuje ona zbadanie elementów zacieniających pod kątem ich:

- Występowania,
- Lokalizacji,
- Sposobu działania,
- Formy.

Występowanie

We wszystkich analizowanych budynkach występowały formy zacienienie przeszkleń. Należy jednak zauważyć, że w przypadku, kiedy formą zacienienia były balkony, materiały źródłowe nie zawsze podawały czy był to zabieg celowy, ze względu na osłonięcie przeszkleń. Niezależnie od celowości takiego zabiegu, takie elementy zostały uznane za formy zacieniające.

Z wyników przedstawionych w tabeli 4.3.7 wynika, że elementy zacieniające występowały w 5 obiektach na 12[58] na elewacjach północnych, w 9 obiektów na 13 na elewacjach wschodnich, we wszystkich obiektach na elewacjach południowych oraz w 9 obiektach na 14 na elewacjach zachodnich.

Występowanie elementów zacieniających		Liczba budynków
Elewacje północne	Elementy zacieniające obecne na elewacji	5
	Brak elementów zacieniających	7
	Brak okien na elewacji	1
	Brak danych	2
Elewacje wschodnie	Elementy zacieniające obecne na elewacji	9
	Brak elementów zacieniających	4
	Brak okien na elewacji	-
	Brak danych	2

[58] Autor podając dane o występowaniu elementów zacieniających nie uwzględnił budynków, które na danej elewacji nie posiadały przeszkleń lub co do których dysponował niewystarczającymi materiałami badawczymi.

Elewacje południowe	Elementy zacieniające obecne na elewacji	15
	Brak elementów zacieniających	-
	Brak okien na elewacji	-
	Brak danych	-
Elewacje zachodnie	Elementy zacieniające obecne na elewacji	9
	Brak elementów zacieniających	5
	Brak okien na elewacji	-
	Brak danych	1

Tabela 4.3.7 Występowanie elementów zacieniających na elewacjach badanych obiektów z uwzględnieniem elewacji pozbawionych okien oraz braku danych nt. występowania. Opracowanie własne

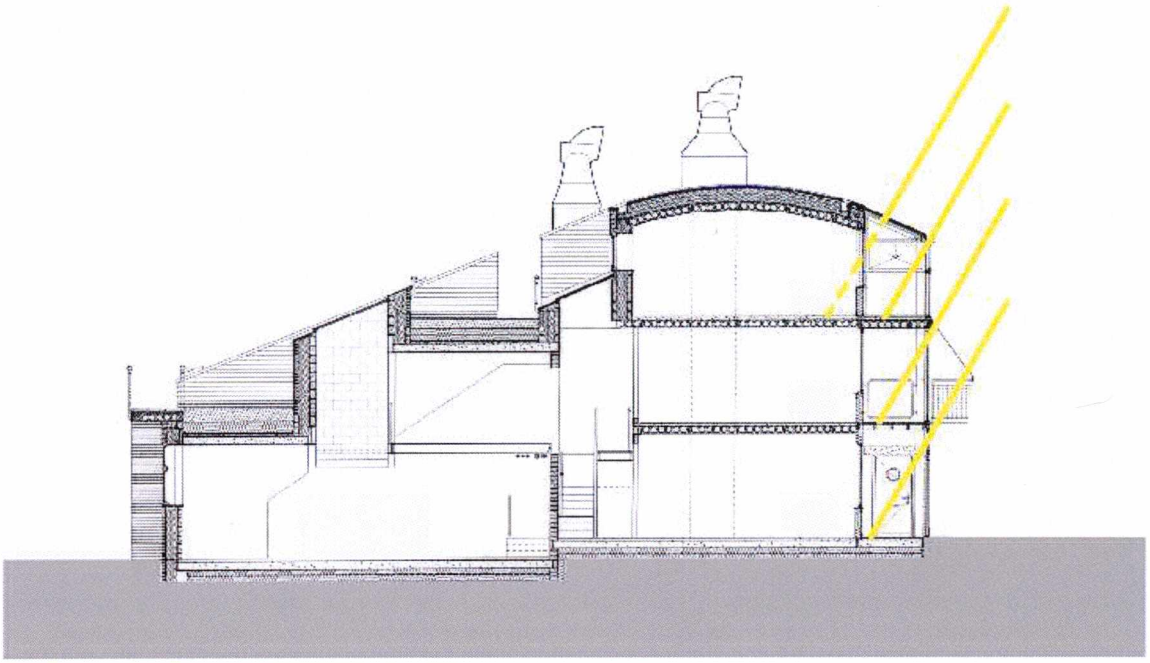
Lokalizacja

W obiektach, w których występowały elementy zacieniające, zbadano ich lokalizację. W obiektach wyróżniono zarówno elementy zewnętrzne, wewnętrzne i pośrednie. W badanych obiektach przeważało stosowanie elementów zacieniających zewnętrznych, niezależnie od kierunku elewacji. Występowały one we wszystkich obiektach na elewacjach południowych, w odpowiednio 8 obiektach na elewacjach wschodnich i zachodnich oraz w 4 obiektach na elewacjach północnych. Wewnętrzne elementy zacieniające występowały jedynie w 3 obiektach, jednokrotnie na elewacjach północnych, wschodnich oraz zachodnich. Elementy zacieniające pośrednie odnotowano jedynie w 2 obiektach, w obu przypadkach występowały one razem z elementami zewnętrznymi. Do elementów pośrednich, autor zaliczył rozwiązanie szklarniowe w budynku BedZED ze względu na występowanie zacienienia w kubaturze pomiędzy dwoma powierzchniami przeszklonymi. Kubatura ta nie jest częścią zasadniczej kubatury wnętrza mieszkań. Schemat rozwiązania przedstawiono na rysunku 4.3.11. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.3.8.

Lokalizacja elementów zacieniających		Liczba budynków
Elewacje północne	Elementy zewnętrzne	4
	Elementy wewnętrzne	1
	Elementy pośrednie	-
Elewacje wschodnie	Elementy zewnętrzne	8
	Elementy wewnętrzne	1
	Elementy pośrednie	-
Elewacje południowe	Elementy zewnętrzne	15
	Elementy wewnętrzne	-
	Elementy pośrednie	2[59]
Elewacje zachodnie	Elementy zewnętrzne	8
	Elementy wewnętrzne	1
	Elementy pośrednie	-

Tabela 4.3.8 Występowanie elementów zacieniających według ich lokalizacji w badanych obiektach. Opracowanie własne

[59] Występujące elementy zacieniające pośrednie występowały w obu przypadkach razem z elementami zewnętrznymi.



Rysunek 4.3.11 Schemat systemów zacieniających budynku BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com

Sposobu działania

W badanych obiektach występowały zarówno elementy zacieniające ruchome, stałe oraz połączenie elementów ruchomych ze stałymi. W udostępnionych materiałach nie odnaleziono wskazania czy elementy ruchome sterowane były automatycznie czy manualnie.

Na elewacjach północnych przeważały elementy ruchome, w 4 obiektach, nad elementami stałymi, w 1 obiekcie. Na elewacjach wschodnich elementy ruchome oraz stałe występowały po 4 razy. Odnotowano również wystąpienie połączenia elementów ruchomych ze stałymi w 1 obiekcie. Było to połączenie dwóch systemów zewnętrznych. Dla elewacji południowych przeważały elementy stałe, w 8 obiektach, oraz połączenie elementów stałych i ruchomych, w 4 obiektach. W tym przypadku było to również zawsze połączenie elementów zewnętrznych. Elementy tylko ruchome występowały w 3 obiektach. Na elewacjach zachodnich przeważały elementy ruchome, w 6 obiektach. Elementy stałe obecne były w 2 obiektach a połączenie stałych z ruchomymi wystąpiło tylko w 1 obiekcie. Jak w poprzednich przypadkach, było to również połączenie elementów zewnętrznych. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.3.9.

Należy zauważyć, że wszystkie elementy zacieniające wewnętrzne były elementami ruchomymi. Nie występowały żadne systemy zacieniające stałe zlokalizowane we wnętrzach mieszkań.

Sposób działania elementów zacieniających[60]		**Elementy zewnętrzne**	**Elementy wewnętrzne**	**Łącznie**
Elewacje północne	Elementy ruchome	3	1	4
	Elementy stałe	1	-	1
	Elementy ruchome oraz stałe	-	-	-
	Elementy ruchome	3	1	4

[60] Ze względu na charakter elementów pośrednich oraz ich występowanie razem z elementami zewnętrznymi, pominięto je w zestawieniu.

Elewacje wschodnie	Elementy stałe	4	-	4
	Elementy ruchome oraz stałe	1	-	1
Elewacje południowe	Elementy ruchome	3	-	3
	Elementy stałe	8	-	8
	Elementy ruchome oraz stałe	4	-	4
Elewacje zachodnie	Elementy ruchome	5	1	6
	Elementy stałe	2	-	2
	Elementy ruchome oraz stałe	1	-	1

Tabela 4.3.9 Występowanie elementów zacieniających według sposobu ich działania w badanych obiektach. Opracowanie własne

Forma

W analizie występowania różnych form elementów zacieniających brano pod uwagę wszystkie występujące typy elementów w danym budynku. W niektórych przypadkach zdarzały się systemy łączone na danej elewacji, np. elementy półkowe wraz z elementami półprzeziernymi.

W badanych obiektach nie stwierdzono obecności elementów pełnych wyposażonych w elementy ruchome, elementów poziomych ruchomych, elementów poziomych o stosunku wysięgu do odstępu między elementami od 1:1 do 0,8:1, elementów pionowych stałych oraz ruchomych.

Na elewacjach północnych dominowały elementy pełne, w 3 obiektach. Elementy poziome o dużej gęstości [61] wystąpiły jedynie w 1 obiekcie. W budynku BowZED została zaprojektowana zieleń osłonowa. Jednak jej rolą nie było zacienianie a osłona budynku przed wiatrem. Na elewacjach wschodnich dominowały elementy półkowe, w 5 obiektach oraz elementy pełne, w 4 obiektach. Elementy poziome o dużej gęstości oraz zieleń zacieniająca obecne były łącznie w 2 obiektach. Na elewacjach południowych dominowały elementy półkowe, w 11 obiektach oraz elementy pełne w 8 obiektach. Elementy poziome o dużej gęstości znalazły się w 3 obiektach a tylko 1 obiekt posiadał zieleń zacieniającą. Na elewacjach wschodnich przeważały elementy pełne. Obecne były również elementy półkowe, w 3 obiektach, elementy poziome o dużej gęstości, w 2 obiektach oraz zieleń zacieniająca w 1 obiekcie. Wyniki analiz zostały przedstawione w tabeli 4.3.10.

Należy zauważyć, że elementami wewnętrznymi były jedynie elementy o pełnej formie. Były to rolety, zasłony oraz okiennice.

Forma elementów zacieniających		Elementy zewnętrzne	Elementy wewnętrzne	Łącznie
Elewacje północne	Pełne	2	1	3
	Poziome o dużej gęstości	1	-	1
	Półki	-	-	-
	Zieleń	(1)	-	(1)
Elewacje wschodnie	Pełne	3	1	4
	Poziome o dużej gęstości	1	-	1
	Półki	5	-	5
	Zieleń	1	-	1
Elewacje południowe	Pełne	8	-	8
	Poziome o dużej gęstości	3	-	3
	Półki	11	-	11
	Zieleń	1	-	1

[61] Wyszczególnione w analizie elementy poziome o dużej gęstości były we wszystkich przypadkach elementami poziomymi ruchomymi (żaluzjami zewnętrznymi).

	Inne (przezierne ogniwa PV)	2	-	2
Elewacje zachodnie	Pełne	4	1	5
	Poziome o dużej gęstości	2	-	2
	Półki	3	-	3
	Zieleń	1	-	1

Tabela 4.3.10 Występowanie elementów zacieniających według ich formy w badanych obiektach. Opracowanie własne

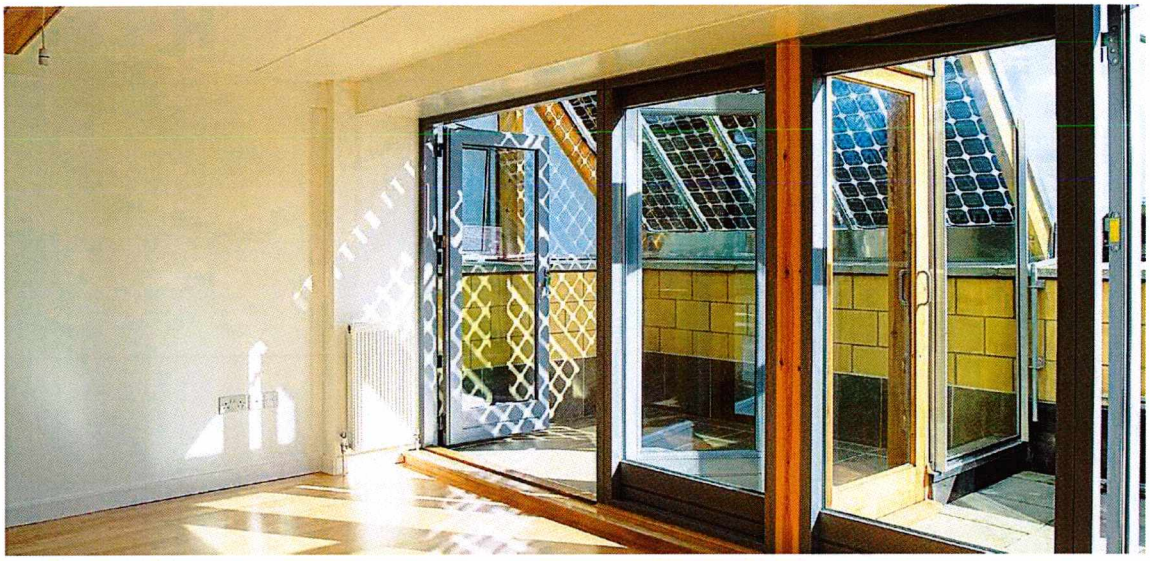
Rozwiązania szczególne

W badanych obiektach wyodrębniono 6 rozwiązań szczegółowych w zakresie elementów zacieniających. Były to:

- Zadaszenia z pełnych paneli fotowoltaicznych – budynek The Sun Ship, rysunek 4.3.12,
- Zadaszenie z półprzeziernych paneli fotowoltaicznych – budynki BedZED oraz BowZED, rysunek 4.3.13,
- Ogrody wertykalne na balkonach – budynek Smart is Green, rysunek 4.3.14, ,
- Pionowe elementy balustrady z pełnych paneli fotowoltaicznych – budynek Smart is Green, rysunek 4.3.14,
- Wewnętrzne zasłony z materiałów zmiennofazowych – budynek Smart is Green, rysunek 4.3.7,
- Panele z materiałów zmiennofazowych zlokalizowane w przestrzeni międzyszybowej okien – budynek Eulachhof, rysunek 4.3.3.



Rysunek 4.3.12 Zacienienie w formie półkowej z wykorzystaniem panele fotowoltaicznych - budynek The Sun Ship, źródło: http://www.rolfdisch.de



Rysunek 4.3.13 Widok z wnętrza na zacienienie przy wykorzystaniu półprzeziernych ogniw fotowoltaicznych - budynek BowZED, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.3.14 System zacieniający w formie połączenia wertykalnych ogrodów wraz z ogniwami fotowoltaicznymi - budynek Smart is Green, źródło: http://zillerplus.de

Wnioski Na podstawie wykonanych przez autora analiz, można stwierdzić, że we wszystkich badanych obiektach występowały elementy zacieniające, których rolą było przeciwdziałanie przegrzewaniu się wnętrza budynku. Przeprowadzone badania pokazały, że przeważnie tylko przeszklenia na elewacjach północnych nie zostały opatrzone elementami zacieniającymi. Za to we wszystkich obiektach występowały systemy zacieniające na elewacjach południowych. Przeważały systemy zewnętrzne. Zastosowane przesłony wewnętrzne pełniły raczej rolę ograniczania dopływu promieniowania słonecznego do wnętrza. W większości elementy odpowiedzialne za zacienianie na elewacjach, przede wszystkim południowych, były elementami stałymi, eliminującymi czynnik ludzki, który mógłby mieć wpływ na ich efektywność. W zakresie formy dominowały elementy o poziomych kształtach, jak elementy półkowe, np. balkony,

oraz elementy poziome o dużej gęstości, żaluzje zewnętrzne. Było to powiązane również z ich sporym występowaniem na elewacji południowej, która potencjalnie generuje najwyższe nadwyżki ciepła w okresie letnim.

Istotne, z punktu widzenia wizerunku architektonicznego budynku, wydaje się stosowanie w formie elementów zacieniających, urządzeń, które posiadają inny cel. Takie rozwiązania obecne były w formie zacienień przy wykorzystaniu paneli fotowoltaicznych oraz elementów wykonanych z materiałów PCM. Według autora, jest to swego rodzaju wartość dodana, którą zyskują takie rozwiązania i ich integracja w bryle budynku.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że stosowanie elementów zacieniających, przede wszystkim na elewacjach południowych, w celu przeciwdziałania przegrzewaniu wnętrza jest cechą charakterystyczną BWBZE.

4.4. Cechy instalacyjne

Instalacje wewnętrzne, jak przytoczono we wstępie do rozdziału 3, są jednym z 4 obszarów, które składają się na współczesny budynek. Na podstawie przeprowadzonego studium literatury, autor uznał cechy instalacyjne za jeden z głównych obszarów projektowych. Odpowiadają one za utrzymanie odpowiedniego komfortu użytkowników budynków. W tym celu urządzenia przetwarzają dostarczoną energię na energię potrzebną do ogrzewania, chłodzenia, wentylowania jak również przygotowania ciepłej wody użytkowej, co odbija się na zapotrzebowaniu budynku na energię. By, zgodnie z definicją budynków ZEB oraz nZEB przytoczoną w podrozdziale 1.1.2, móc zbilansować energię dostarczaną do budynku, należy wykorzystać lokalne źródła generacji energii ze źródeł odnawialnych.

Zgodnie z przyjętym zbiorem cech charakterystycznych BWBZE, cechy instalacyjne podzielono na:

- Ogrzewanie,
- Chłodzenie,
- Wentylację,
- Ciepłą wodę użytkową,
- Energię elektryczną.

4.4.1. Ogrzewanie

Teoria obszar energetyczny

Energia pożytkowana na ogrzewanie w budynkach nie energooszczędnych stanowi znaczną część zapotrzebowania energetycznego. Według danych GUS przytoczonych w podrozdziale 4.3.1, średnie zużycie na energię potrzebną na ogrzewanie mieszkań w Polsce to ok. 65% całkowitego zapotrzebowania energetycznego budynków mieszkalnych.

W zależności od przyjętego przez projektanta budynku standardu energetycznego[62], autor zauważa dwa schematy projektowania systemów ogrzewania BWBZE. Pierwszym

[62] Co zostało ujęte w podrozdziale 4.1.

jest zastosowanie wysokoefektywnego źródła ciepła stałego, drugim zaprojektowanie budynku, jako pasywnego, jedynie z wykorzystaniem uzupełniającego źródła ciepła.

Za źródło ciepła uznaje się urządzenia wytwarzające ciepło wykorzystywane w danym budynku. W literaturze można znaleźć podział źródeł ciepła ze względu na ich położenie oraz nośniki energii (Sowa i in. 2017 s. 124):

Podział ze względu na położenie źródła ciepła:
- *Ogrzewanie miejscowe*[63] *– źródło ciepła znajduje się bezpośrednio w ogrzewanym pomieszczeniu,*
- *Ogrzewanie centralne – zbiorcze źródło ciepła zasilające wiele mieszkań lub lokali,*
- *Ogrzewanie zdalczynne – zdalne źródło ciepła zasilające wiele budynków.*

Podział ze względu na źródło ciepła (rodzaj nośnika energii):
- *Ogrzewanie na paliwo stałe, w tym […] biomasę stałą,*
- *Ogrzewanie na paliwo gazowe,*
- *Ogrzewanie na paliwo płynne,*
- *Ogrzewanie elektryczne,*
- *Ogrzewanie z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych (energia słoneczna, pompy ciepła, a w tym zasilane energią elektryczną wytwarzaną lokalnie).*

Analiza obiektów

Na podstawie przytoczonych klasyfikacji źródeł ciepła, dokonano analizy wybranych przykładów BWBZE. W pracy przyjęto przytoczony powyżej podział, ze względu na położenie źródła ciepła wraz ze scharakteryzowaniem, czy było to źródło o charakterze stałym czy uzupełniającym.

W badanych obiektach występują wszystkie 3 przyjęte źródła ciepła oraz systemów połączonych. Najwięcej budynków było zaopatrywanych w ciepło ze źródeł centralnych, 10 obiektów, czyli takich, które znajdowało się w obrębie budynku lub zespołu budynków. W dwóch obiektach było to źródło ciepła uzupełniającego. W 3 badanych obiektach występowały systemy połączone – źródła ciepła centralne połączone ze zdalczynnymi. W dwóch obiektach występowały źródła uzupełniające, odpowiednio dla źródła centralnego oraz zdalczynnego. Samodzielne źródło zdalczynne wystąpiło w 1 obiekcie. Również w 1 budynku wystąpiło źródło ciepła miejscowe[64]. Wyniki zostały przestawione w tabeli 4.4.1.

Podział źródeł ciepła ze względu na położenie		**Liczba budynków**
Źródło miejscowe		1
Źródło centralne		10
W tym:	Zastosowanie uzupełniające	2
Źródło zdalczynne		1
Źródło centralne w połączeniu ze źródłem zdalczynnym		3
W tym:	Zastosowanie uzupełniające źródła centralnego	1
	Zastosowanie uzupełniające źródła zdalczynnego	1

Tabela 4.4.1 Podział źródeł ciepła ze względu na położenie w badanychh obiektach. Opracowanie własne

[63] Ze względu na rzadkość występowania tego typu ogrzewania we współczesnych budynkach wielorodzinnych, autor przyjął stosować to nazewnictwo do źródeł indywidualnych, obsługujących całe mieszkanie.

[64] Ze względu na występowanie w budynku Villa Nova, indywidualnych pomp ciepła w lokalach mieszkalnych, autor uznał to za źródło ciepła miejscowego.

W dostępnych materiałach, autor nie odnalazł informacji dotyczących nośników energii źródeł ciepła zdalczynnych wykorzystanych w analizowanych budynkach. Biorąc pod uwagę przytoczony podział nośników energii, odnotowano jedynie wykorzystanie paliw stałych, w postaci biomasy oraz energii pochodzącej z OZE, przy użyciu pomp ciepła oraz kolektorów słonecznych. W 3 obiektach użyto podwójne nośniki energii. Były to pompy ciepła połączone z wykorzystaniem biomasy w 1 obiekcie oraz połączenie pompy ciepła z kolektorami słonecznymi w 2 obiektach. W poniższych analizach zostały ujęte wszystkie nośniki odrębnie, bez uwzględnienia ich połączenia.

Najczęściej używanym źródłami energii dla miejscowego lub centralnych źródeł ciepła była energia pochodzące z odnawialnych źródeł energii. Było one wykorzystane w 13 systemach zaopatrzenia budynek w ciepło. Z pośród nich, najczęstszym były pompy ciepła zainstalowane w 7 obiektach, w tym w 1 obiekcie były to urządzenia indywidualne, instalowane w każdym z mieszkań (budynek Villa Nova). To rozwiązanie, jako jedyne, zostało uznane za miejscowe źródło ciepła. W 3 obiektach źródłem dolnym pomp, z których pobierane było ciepło, były zbiorniki kanalizacji sanitarne lub deszczowej, w 1 z obiektów wykorzystano oba. Również w 1 z obiektów wykorzystano elewacyjne zbiorniki z algami oraz sondy pionowe, jako dolne źródło ciepła. Rozwiązaniem szczególnym, opisanym poniżej, było również wykorzystanie odzyskanego ciepła z powietrza wywiewanego z pomieszczeń. W 3 obiektach zastosowano alternatywne źródła zasilania pomp w energie elektryczną. Natomiast w 2 obiektach była to energia dedykowana, produkowana z zainstalowanych na budynku ogniw PV a w 1 była to energia pochodząca z kogeneracji z wykorzystaniem biomasy. W 6 obiektach nośnikiem energii dla centralnych źródeł ciepła były zainstalowane kolektory słoneczne. W pozostałych 2 budynkach wykorzystano paliwa stałe, którym była biomasa. Wykorzystano ją zarówno do pozyskiwania ciepła jak i energii elektrycznej (kogeneracja) w 2 budynkach. Jeden z budynków został zasilony w ciepło przy wykorzystaniu paliwa gazowego. Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 4.4.2.

Nośniki energii dla miejscowego oraz centralnych źródeł ciepła			**Liczba budynków**
Paliwo stałe (biomasa)			2
W tym:	Kogeneracja		2
Paliwo gazowe			1
Ogrzewanie z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych			13
W tym:	Pompa ciepła		7
	Dolne źródło:	Kanalizacja sanitarna i/lub deszczowa	4
		Ciepło odzyskane z powietrza wywiewanego	1
		Zbiorniki z algami oraz sondy pionowe	1
	Zasilanie:	Kogeneracja	1
		Ogniwa PV	2
	Kolektory słoneczne		6

Tabela 4.4.2 Zestawienie nośników energii dla miejscowych i centralnych źródeł ciepła w badanychh obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

W zakresie źródeł ciepła, w analizowanych obiektach scharakteryzowano 6 rozwiązania szczególne:

- Budynki BedZED oraz BowZED – w budynkach wykorzystano jedynie uzupełniające źródła ciepła. Ich nośnikami w obu przypadkach pierwotnie miała być kogeneracja pochodząca z biomasy. W budynku BedZED zrezygnowano jednak z tego rozwiązania ze względu na konieczność ciągłej eksploatację i zastosowano kondensacyjne kotły gazowe (BioRegional 2009). W obu przypadkach, do uzupełniającego ogrzewania zostały wykorzystane indywidualne zbiorniki na

C.W.U.. Zostały one zlokalizowane w centrum każdego z mieszkań dla lepszej dystrybucji ciepła.

- Budynek BIQ – w budynku wykorzystano ideę samowystarczalności. Energia słoneczna zostaje zakumulowana w zewnętrznych zbiornikach wodnych, w których hodowane są algi. Nadmiar zgromadzonego ciepła służy do regeneracji dolnego źródła pompy ciepła. Biogaz otrzymany z przetworzonych alg jest następnie wykorzystywany w procesie kogeneracji do ogrzewania mieszkań oraz wytwarzania energii elektrycznej. Energia elektryczna pochodząca z kogeneracji, zasila również pompę ciepła.
- Budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden –zainstalowano 2 zbiorniki o średnicy 4m zintegrowane z budynkiem, w którym magazynowane jest ciepło pochodzące z instalacji kolektorów słonecznych. Zmagazynowany nadmiar energii generowanej w ciągu dnia pozwala na ogrzewanie mieszkań również nocą i zapewnia ok 63% rocznego zapotrzebowania na energię na cele grzewcze budynku.
- Budynki Terrasse 9, Aktiv-Stadthaus oraz Eulachhof – w budynkach zastosowano odzysk ciepła z kanalizacji sanitarnej i/lub deszczowej w formie dolnego źródła dla pomp ciepła.
- Budynki Aktiv-Stadthaus oraz Eulachhof – w budynkach zastosowano alternatywne źródła zasilania pomp ciepła w postaci energii elektrycznej dedykowanej pochodzącej z instalacji PV zainstalowanych na budynkach,
- Budynek Eulachhof – w budynku zastosowano wykorzystanie odzyskanego ciepła z powietrza wywiewanego do zasilenia dolnego źródła dla pomp ciepła wykorzystywanych do ogrzewania budynku.

Wnioski

Na podstawie analiz można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystywanie centralnych źródeł ciepła. Niekorzystanie w większej skali ze źródeł zdalczynnych może mieć różne przyczyny. Według autora jednym z czynników mógł być brak dostępu do infrastruktury ciepła systemowego w miejscu realizowanych budynku lub uznanie przez projektantów takiego źródła za mało ekologiczne, np. zasilane węglem. Można jednak stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii, jako nośników dla centralnych i miejscowych źródeł ciepła. Większość budynków została zasilona w ciepło pochodzące z pomp ciepła lub kolektorów słonecznych.

Autor uznaje scharakteryzowane rozwiązania szczególne za przyszłościowe. Pokazują one potencjał, jaki niesie odzysk energii z nośników, jakich nie używa się powszechnie. Autor zauważa jednak, że istnieje niewykorzystany potencjał w postaci odzysku tzw. ciepła odpadowego z lokali biurowych i usługowych. W dostępnych materiałach nie odnaleziono informacji jakoby taki odzysk zachodził w którymś z budynków. Również zasilanie pomp ciepła z alternatywnych źródeł energii, autor uznaje za godne uwagi i rozwijania. W szczególności wykorzystanie energii dedykowanej generowanej na miejscu przez instalacje PV.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, ze cechą charakterystyczną BWBZE jest zastosowanie centralnych źródeł ciepła wraz z wykorzystaniem energii pochodzącej z OZE na cele grzewcze.

4.4.2. Chłodzenie

Teoria obszar energetyczny

Projektowanie budynku nastawionego na pozyskiwanie zewnętrznych zysków solarnych, może prowadzić do nadmiernego przegrzewania wnętrza, co zostało opisane w podrozdziale 4.3.4. By zapewnić komfort termiczny użytkowników, w okresach szczególnie gorących, może zaistnieć konieczność wykorzystania systemów chłodzenia. Ich podstawowym zadaniem jest usunięcie nadmiaru ciepła z budynku.

Jednym z podziałów systemów chłodzenia, jest podział uwzględniający sposób odprowadzania ciepła według M. Hegger (Hegger i in. 2008 s. 128). Wyróżnia on podział na:

- *Naturalne sposoby odprowadzania ciepła*[65]:
  - *Powietrze zewnętrzne,*
  - *Grunt,*
  - *Woda,*
- *Chłodzenie adiabatyczne,*
- *Chłodzenie mechaniczne*[66].

Inny podział zastosowany został przez J. Sowa (Sowa i in. 2017 s. 153–168) i odnosił się do źródła chłodu, a tym samym wykorzystania energii w celu obniżenia temperatury wewnętrza, oraz do nośnika chłodu:

Podział ze względu na źródło chłodu:
- *Systemy mechanicznego chłodzenia budynków,*
- *Systemy pasywnego chłodzenia budynków.*

Podział ze względu na nośnik chłodu:
- *Systemy powietrzne,*
- *Systemy wodne,*
- *Systemy z bezpośrednim odparowaniem czynnika chłodniczego.*

Autor, w oparciu o przytoczone powyżej podziału systemów chłodzenia przyjął podział oparty o opisane rozdziale 3. strategie projektowe:

- Systemy aktywne – wymagające dostarczenia energii elektrycznej do obniżenia temperatury nośnika chłodu oraz rozprowadzenia go. Do takich systemów należą m.in.: systemy klimatyzacji, wentylacja mechaniczna z opcją chłodzenia wyposażone w chłodnicę czy rewersyjne pompy ciepła.
- Systemy pasywne – niewymagające dostarczenia energii elektrycznej do obniżenia temperatury nośnika oraz jego rozprowadzenia. Obejmują m.in. zasadę *freecoolingu*[67] (Kisilewicz 2012), wykorzystanie gruntowych wymienników ciepła w połączeniu z wentylacją naturalną (Besler i in. 1986

[65] Od angielskiego sformułowania „*heat sink*" oznaczającego radiator.
[66] Org. „*refigaration unit*", polskie nazewnictwo zapożyczone od J. Sowa i in. (Sowa i in. 2017 s. 99)
[67] Sposób przewietrzania wnętrza w nocy przy wykorzystaniu obniżonej temperatury powietrza zewnętrznego w stosunku do temperatury panującej w ciągu dnia.

s. 205–212), chłodzenie adiabatyczne w połączeniu ze zbiornikiem wodnym (Beck, Ciołkiewicz 2007).

- Systemy hybrydowe – niewymagające dostarczenia energii elektrycznej do obniżenia temperatury nośnika jednak wykorzystujące energię do jego rozprowadzania. Do takich rozwiązań autor zalicza m.in. wykorzystanie GWC do wstępnego schłodzenia powietrza nawiewanego za pośrednictwem wentylacji mechanicznej, chłodzenie adiabatyczne wykorzystujące urządzenia do rozpryskiwania wody lub nawilżania powierzchni (Beck, Ciołkiewicz 2007).

Analiza obiektów

W analizowanych obiektach, chłodzenie aktywne zostało zastosowane jedynie w 2 budynkach. W obu przypadkach było to wykorzystanie rewersyjnej pompy ciepła, jako źródła chłodu oraz system wodny, jako nośnik chłodu. W budynku Sunny Watts, system zasilał instalację podłogową. Natomiast w budynku Villa Nova, do chłodzenia wykorzystano klimakonwektory. W obu przypadkach, zastosowane systemy, zarówno źródło oraz nośnik chłodu są wykorzystywane w okresach chłodnych do ogrzewania pomieszczeń. Należy również zwrócić uwagę na lokalizację systemów grzewczo-chłodniczych. W przypadku pierwszego z budynków wyposażonych w aktywne chłodzenie, był to system zcentralizowany. W drugim wykorzystano indywidualne jednostki pomp ciepła zlokalizowane w mieszkaniach.

W dostępnych materiałach badawczych nie znaleziono informacji na temat stosowania pasywnych lub hybrydowych systemów chłodzenia. Jednak w budynku Sunny Woods została zastosowana wentylacja mechaniczna wspomagana GWC. Można wobec tego sądzić, że rolą takiego rozwiązania jest również wstępne schłodzenie powietrza nawiewanego do wnętrza, co zostało uznane za system hybrydowy. Wyniki analiz przedstawiono w tabeli 4.4.3.

Systemy chłodzenia w badanych obiektach	Liczba budynków
Brak systemu chłodzenia[68]	11
System aktywny	2
System hybrydowy	1
Brak danych	1

Tabela 4.4.3 Systemy chłodzenia w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wnioski

Na podstawie wykonanych przez autora analiz, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest brak systemów chłodzenia. Większość z badanych obiektów nie posiadało instalacji obniżających temperaturę wnętrza.

Chłodzenie pasywne w formie *freecoolingu* jest techniką niewymagającą specjalnych urządzeń lub ingerencji w budynek. Zasada działania w bardzo mocnym stopniu opiera się o wykorzystanie pojemności cieplnej budynku, opisanej w podrozdziale 4.3.3, w połączeniu z przewietrzaniem wnętrza na przestrzał lub dzięki konwekcji. Ze względu na stosowanie w badanych obiektach rozwiązań zwiększających pojemność cieplną budynku oraz zastosowanie dwu- i trójstronnej lokalizacji okien w mieszkaniu, można sądzić, że ta technika chłodzenia mogłaby z powodzeniem być stosowana w analizowanych obiektach jak i powszechnie w BWBZE. Jednak w dostępnych

[68] W wynikach, ze względu na brak informacji w materiałach badawczych, nie uwzględniono możliwości wykorzystania technik *freecoolingu.*

materiałach dotyczących badanych obiektów, autor nie znalazł informacji jakoby ta technika była stosowana przez mieszkańców.

Brak wykorzystania systemów chłodzących może być powiązany z zastosowaniem ~~innych~~ rozwiązań przeciwdziałającym nadmiernym zyskom słonecznym, jak przesłony przeszkleń czy odpowiednie parametry szklenia, opisane w podrozdziale 4.3.4. Wpływ na ograniczenie przegrzewania wnętrza mogą mieć również parametry obudowy zewnętrznej budynku, jak jej izolacyjność, szczelność oraz akumulacyjność, co zostało opisane w podrozdziale 4.3. Połączenie tych cech z techniką *freecoolingu*, może, według autora, pozwolić na rezygnację ze stosowania dodatkowych systemów chłodzenia budynku.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest brak konieczności stosowania systemów chłodzących wnętrze budynku.

4.4.3. Wentylacja

Teoria obszar projektowy

Wykorzystanie wentylacji w budynku jest obligatoryjne w obliczu polskich przepisów. Warunki Techniczne (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017) w Rozdziale 6 określają, że musi ona zapewnić odpowiednie warunki powietrza wewnątrz budynku oraz zapewnić odpowiednią wymianę powietrza. Według §149 ust. 1 WT strumień powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń mieszkalnych nie powinien być mniejszy niż 20 m^3/h na osobę. Literatura przedmiotu poświęcona projektowaniu wentylacji w budynkach energooszczędnych uznaje, że minimalną wartością takiego strumienia jest 30 m^3/h na osobę (Amanowicz, Szczechowiak 2017 s. 76). Przytoczone wymogi, o ile niezależne wprost od roli architekta w projekcie, w dużym stopniu mogą wpłynąć na wybór rodzaju wentylacji. Rodzaj wentylacji, może natomiast przełożyć się na rozwiązania, które należy uwzględnić w projekcie budynku.

Podstawą działania każdego systemu wentylacyjnego jest różnica ciśnień, dzięki której następuje przepływ powietrza. Przyczyna różnicy ciśnień może być zarówno naturalna jak i wywołana w sposób kontrolowany. Z tego względu, wyróżnić można 3 typy wentylacji stosowanej w budynkach (Sowa i in. 2017 s. 99–100):

- *Wentylacja naturalna*[69] *– podstawą działania jest różnica temperatur (zwykle pomiędzy wnętrzem a zewnętrzem budynku) lub oddziaływanie wiatru na budynek (strategie pasywne),*
- *Wentylacja mechaniczna – podstawą jest konwersja energii elektrycznej dostarczonej do silników wentylatorów (strategie aktywne),*
- *Wentylacja hybrydowa – będąca połączeniem wentylacji naturalnej z mechaniczną (strategie hybrydowe). Wyróżnia się trzy podtypy:*
  - *Systemy naprzemienne korzystające z wentylacji naturalnej i mechanicznej,*
  - *Systemy wentylacji naturalnej wspomagane wentylatorami,*

[69] Wentylacja naturalna w przytoczonej typologii zawiera również wentylację grawitacyjną, której zasada działania oparta jest o konwekcję powietrza.

- *Niskociśnieniowe systemy wentylacji mechanicznej wykorzystujące dodatkowo wypór cieplny i działanie wiatru.*

Wybór systemu wentylacji, oprócz kwestii energetycznych, niesie ze sobą konieczność wykorzystania odpowiednich urządzeń bądź rozwiązań architektoniczno-budowlanych. Dla wentylacji naturalnej będą to m.in. kominy wentylacji grawitacyjnej bądź urządzenia wspomagające działanie jak łapacze wiatru instalowane na dachach. Dla wentylacji mechanicznej jak również dla niektórych wariantów wentylacji hybrydowej, będzie to konieczność instalowania tzw. central wentylacyjnych wyposażonych w wentylatory zapewniające odpowiedni przepływ powietrza. Istotnym wpływem tych urządzeń na rozwiązania architektoniczno-budowlane będzie lokalizacja urządzeń. Autor wyróżnia trzy typy lokalizacji wentylacji w budynku wielorodzinnym:

- Wentylacja zcentralizowana – urządzenia odpowiedzialne za wentylację występują w jednym miejscu budynku, skąd powietrze jest transportowane do wszystkich pomieszczeń w budynku za pomocą kanałów wentylacyjnych,
- Wentylacja zdecentralizowana – urządzenia odpowiedzialne za wentylację występują w więcej niż w jednym miejscu w budynku, skąd powietrze jest transportowane do określonych grup pomieszczeń w budynku za pomocą kanałów wentylacyjnych,
- Wentylacja indywidualna – urządzenia występują w wielu miejscach w budynku i obsługują, w zależności od przyjętego wariantu, poszczególne mieszkania bądź poszczególne pomieszczenia w mieszkaniu.

Teoria obszar energetyczny

Dobór systemu wentylacji ma swoje odzwierciedlenie również w zapotrzebowaniu energetycznym. Z jednej strony, wentylacja naturalna jest rozwiązaniem pasywnym, niewymagającym wykorzystania energii do działania[70]. Utrudnieniem przy stosowaniu takiego typu wentylacji jest jej całkowita zależność od warunków atmosferycznych oraz *kontekstu aerodynamicznego budynku i otoczenia*. Sąsiednie budynki oraz zieleń powodować mogą zawirowania powietrza, które mogą uniemożliwić działanie systemów wentylacji naturalnej (Bartkiewicz i in. 2017 s. 20). Ze względu na sposób działania, prawie niemożliwe jest również stosowanie odzysku ciepła z powietrza wywiewanego z budynku. Powoduje to brak kontroli nad wentylacją naturalną, co może utrudniać jej wykorzystanie w budynkach energooszczędnych, a w szczególności BZE (Sowa i in. 2017 s. 99), (Amanowicz, Szczechowiak 2017 s. 75).

Z drugiej strony, wentylacja mechaniczna, w połączeniu z monitorowaniem parametrów powietrza wewnętrznego, umożliwia pełną kontrolę nad jej działaniem. Obecnie stosowane rozwiązania oferują również bardzo skuteczne odzyskiwanie ciepła, które jest usuwane z pomieszczeń, co powoduje podniesienie efektywności takich rozwiązań. W zamian jednak, zużywana jest energia elektryczna, co odbija się na całkowitym zapotrzebowaniu energetycznym budynku. Biorąc pod uwagę, że wentylacja mechaniczna działa praktycznie cały czas, jej nieefektywne działanie w znaczącym stopniu odbić może się na zużyciu energii elektrycznej.

[70] Autor pominął aktywne wspomaganie wentylacji naturalnej w postaci zautomatyzowanego sterowania jej podzespołami, np. oknami, lufcikami dla optymalnego działania.

Wentylacja hybrydowa pozwala połączyć cechy charakterystyczne systemów naturalnych i mechanicznych. Takie połączenie może minimalizować wpływ warunków atmosferycznych na działanie wentylacji przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia energii elektrycznej jedynie do wspomagania systemu w newralgicznych momentach.

Powietrze usuwane z pomieszczeń za pomocą systemów wentylacji niesie ze sobą duże dawki ciepła jawnego oraz utajonego (wilgoć). Odzyskanie tego ciepła i ponowne wykorzystanie, głównie do podgrzania powietrza nawiewanego, w znaczący sposób wpłynąć może na podniesienie efektywności energetycznej systemu wentylacji. Istnieje kilka rodzajów wymienników ciepła (Liddament 1996), zwanych potocznie rekuperatorami. Ich dobór bezpośrednio zależy od wybranego typu wentylacji oraz parametrów wybranych urządzeń.

Innym sposobem podnoszenia efektywności energetycznej systemu wentylacji jest wspomaganie odnawialnym źródłami energii. Jednym z takich rozwiązań jest zastosowanie gruntowego wymiennika ciepła, który pozwala na wstępne podgrzanie (w okresach chłodnych) lub schodzenia (w okresie ciepłym) powietrza docierającego do systemu wentylacyjnego. Dodatkowym rozwiązaniem, w przypadku wentylacji mechanicznej lub hybrydowej jest wykorzystanie do działania energii elektrycznej pochodzącej z instalacji PV zainstalowanej na miejscu.

Analiza obiektów

Badane obiekty przeanalizowano w zakresie zastosowanego systemu wentylacji, wykorzystania odzysku ciepła, lokalizacji systemu wentylacji oraz wspomagania przy wykorzystaniu OZE. Wyniki zostały przedstawione kolejno w tabelach 4.4.4, 4.4.5 oraz 4.4.6.

W badanych obiektach znacząco przeważało wykorzystanie systemu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewne. Został on wykorzystany w 13 obiektach. Jedynie w 2 budynkach, BedZED oraz BowZED, zaprojektowano wentylacji naturalnej, jednak wspomaganej łapaczami wiatrów zlokalizowanymi na dachach budynków, rysunki 4.4.2 oraz 4.4.3. W żadnym z badanych obiektów nie wykorzystano systemu wentylacji hybrydowej.

W znaczącej większości wykorzystano również odzysk ciepła z powietrza wywiewanego z budynku. Zastosowano go w 14 obiektach, w tym w 1 z wentylacją naturalną. Jedynym obiektem nieposiadającym odzysku ciepła był budynek BowZED, w którym zastosowano centralną wentylację naturalną, co, według autora, mogła utrudnić skuteczne wykorzystanie odzysku ciepła.

Systemy wentylacji oraz wykorzystanie odzysku ciepła	Liczba budynków
Wentylacja naturalna	1
Wentylacja naturalna z odzyskiem ciepła	1
Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	13

Tabela 4.4.4 Zestawienie systemów wentylacji oraz wykorzystania odzysku ciepła w badanych obiektach. Opracowanie własne

W odniesieniu do lokalizacji systemów, w 6 obiektach wykorzystano wentylację indywidualną. Głównie były to rozwiązania z centralami wentylacyjnymi obsługującymi całe mieszkania, 5 obiektów. Z czego w jednym z tych obiektów, zastosowano po 2 urządzenia na mieszkanie. W jednym z obiektów zastosowano system wentylacji indywidualnej dla każdego z pomieszczeń osobno. W 4 obiektach, zastosowany system wentylacji został zdecentralizowany. Dotyczyło to głównie większych obiektów lub obiektów o bryłach liniowych. Jedynie w 2 obiektach wykorzystano centralne systemy wentylacyjne. Dla 2 obiektów autor nie znalazł., w dostępnych materiałach, informacji

dotyczących lokalizacji systemów wentylacyjnych. Zestawienie występowania lokalizacji systemów wentylacji w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.4.5.

Lokalizacja systemów wentylacji		Liczba budynków
Wentylacja zcentralizowana		2
Wentylacja zdecentralizowana		4
Wentylacja indywidualna		6
W tym:	Wentylacja indywidualna mieszkań	5
	Wentylacja indywidualna pomieszczeń	1
Brak danych		3

Tabela 4.4.5 Zestawienie lokalizacji systemów wentylacji w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wspomaganie systemu wentylacji przy użyciu OZE obecne było jedynie w 5 obiektach. Najczęściej, bo w 3 obiektach, dotyczyło wykorzystania OZE w celu podgrzania powietrza nawiewanego. W 2 obiektach było to wykorzystanie pomp ciepła a w 1 ciepła pochodzącego z kogeneracji z biomasy. Występowanie wspomagania systemu wentylacji w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.4.6.

Wspomaganie systemu wentylacji, w tym przy wykorzystaniu OZE		Liczba budynków
Zasilanie systemu wentylacji z energii dedykowanej pochodzącej z instalacji PV		1
Wykorzystanie GWC		1
Podgrzanie powietrza nawiewanego		3
W tym:	Przy wykorzystaniu biomasy	1
	Przy wykorzystaniu pompy ciepła	2

Tabela 4.4.6 Wspomaganie systemu wentylacji, w tym przy wykorzystaniu OZE w badanych obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

W analizowanych obiektach scharakteryzowano 4 rozwiązania szczególne w zakresie stosowanych systemów wentylacyjnych:

W analizowanych obiektach scharakteryzowano 4 rozwiązania szczególne w zakresie stosowanych systemów wentylacyjnych:

- The Sun Ship – w budynku zaprojektowano indywidualne w formie paneli nawiewnych zamontowanych w systemie fasadowym na elewacji budynków. W panelach zostały schowane czerpnia oraz wyrzutnia indywidualnych central wentylacyjnych obsługujących poszczególne lokale. Pozwoliło to na zintegrowanie systemu wentylacyjnego z elewacją budynku, rysunek 4.4.1,
- BedZED oraz BowZED – jedyne budynki wyposażone w systemy wentylacji naturalnej. W budynku BedZED zastosowano wentylację indywidualną, dla każdego z lokali osobno. W budynku BowZED była to wentylacja centralna, w której głównym kanałem wentylacyjnym była wspólna klatka schodowa. W obu przypadkach zastosowano łapacze wiatru zainstalowane na dachach, których zadaniem było usprawnienie przepływu powietrza. W budynku BedZED, system został również rozszerzony o indywidualne rozwiązanie z zakresu odzysku ciepła z powietrza usuwanego. Dodatkowo, łapacze wiatru stały się charakterystycznym elementem rozpoznawczym obu budynków, rysunki 4.4.2 oraz 4.4.3,
- Woodcube – w budynku zastosowano indywidualne wentylowanie pomieszczeń. W tym celu wykorzystano niewielkie urządzenia wentylacyjne wyposażone w odzysk ciepła. Takie rozwiązanie pozwoliło uniknąć prowadzenia kanałów wentylacyjnych pod stropami pomieszczeń, rysunek 4.4.4,
- Eulachhof – w budynku wykorzystano autorskie rozwiązanie w formie małych, indywidualnych central wentylacyjnych z odzyskiem ciepła. Wykorzystano po 2

centrale na lokal. Centrale, nazwane przez projektanta - *„Airbox”*, zostały umieszczone w grubości stropów dla zminimalizowania koniecznego miejsca dla instalacji.



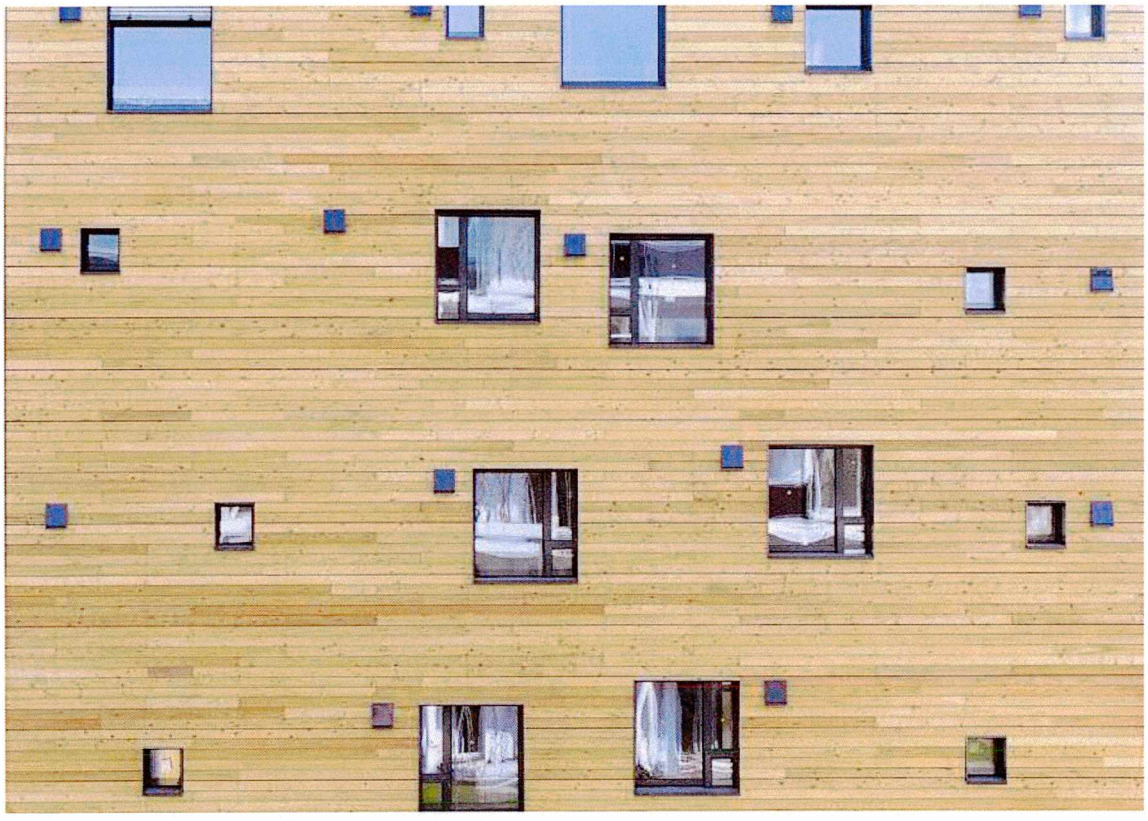
Rysunek 4.4.1 Zdjęcie elewacji budynku The Sun Ship z widocznymi kolorowymi panelami wentylacyjnymi



Rysunek 4.4.2 Zdjęcie budynku BedZED z widocznymi kolorowymi łapaczami wiatru zainstalowanymi na dachach budynków



Rysunek 4.4.3 Zdjęcie budynku BowZED z widocznymi łapaczami wiatru zainstalowanymi na dachu nad klatką schodową



Rysunek 4.4.4 Elewacja budynku Woodcube z widocznymi indywidualnymi centralami wentylacyjnymi montowanymi we wszystkich pomieszczeniach

Wnioski

Na podstawie wykonanych przez autora analiz można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystanie systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Powszechność tego rozwiązania pozwala sądzić, że dzięki zastosowani wysokosprawnych systemów wentylacji, odzysk ciepła z powietrza wywiewanego przewyższa zużycie energii elektrycznej. Dodatkowo, ten system

wentylacji pozwala na jej pełną kontrolę, wraz z potencjalnym zarządzaniem przy opomiarowania parametrów powietrza wewnątrz budynku.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że przeważały systemy wentylacji indywidualnej, jednak nie można stwierdzić by była to cecha charakterystyczna dla BWBZE. Wykorzystanie indywidualnych central wentylacyjnych pozwala w znacznym stopniu ograniczyć ilość koniecznych kanałów wentylacyjnych. Dodatkowo skraca odległość pomiędzy centralą a pomieszczeniem obsługiwanym, co według autora może mieć pozytywny wpływ na ewentualne straty energii związane z przepływem powietrza.

Autor dostrzega jednak niewykorzystany w szerszej skali potencjał wspomagania systemów wentylacyjnych przy wykorzystaniu OZE. Rozwiązania, które zostały zastosowane jedynie w 5 budynkach, według autora mogłyby pozytywnie wpłynąć na efektywność energetyczną pozostałych budynków.

Należy również zwrócić uwagę na systemy wentylacyjne zintegrowane z rozwiązaniami architektoniczno-budowlanymi. Przykładem takiego zintegrowania mogą być panele wentylacyjne zastosowane w budynku The Sun Ship. Pozwalają niejako ukryć rozwiązania czysto techniczne w elementach będących częścią fasady budynku, zaprojektowanych przez architektów.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystanie wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła.

Za cechę charakterystyczną BWBZE uznać można również stosowanie systemów wentylacji indywidualnej.

Ze względu na jednostkowe występowanie wspomagania systemów wentylacji energią pochodzącą z OZE, nie można uznać tego za cechę charakterystyczną BWBZE.

4.4.4. Ciepła woda użytkowa

Teoria obszar energetyczny

Instalacja ciepłej wody użytkowej jest jednym z elementów zapewnienia komfortu użytkowników budynku. Według danych GUS przytoczonych w podrozdziale 4.3.1, przygotowanie C.W.U. było odpowiedzialne za ok. 16% zużycia energii w polskich gospodarstwach domowych w 2017 r.

Podstawowe parametry instalacji C.W.U. zostały w Polsce określone w WT. Za istotne dla pracy, autor uznał przytoczenie 2 wymagań stawianym takim systemom (Dz. U. 2017 poz. 2285 2017):

- *§118 ust. 1. Instalacja ciepłej wody powinna być zaprojektowana i wykonana w taki sposób, aby ilość energii cieplnej potrzebna do przygotowania tej wody była utrzymana na racjonalnie niskim poziomie.*
- *§120 ust. 2. Instalacja wodociągowa ciepłej wody powinna umożliwiać uzyskanie w punktach czerpalnych wody o temperaturze nie niższej niż 55°C i nie wyższej niż 60°C.*

Przytoczone zapisy wymagają projektowania takiej instalacji, jako możliwie wysoko efektywnej energetycznie.

System przygotowania i zaopatrzenia budynku w C.W.U., podobnie jak w przypadku instalacji ogrzewania, podzielić można na źródło ciepła, służące do podgrzania wody do wymaganej temperatury, nośnik energii źródeł ciepła oraz miejsce magazynowania C.W.U. użytkowej w budynku. Ze względu na podobną zasadę działania instalacji jak w przypadku ogrzewania, zdarzyć się może, że za podgrzanie wody do odpowiedniej temperatury odpowiedzialne będą te same urządzenie, co wykorzystywane do ogrzewania budynku, co również zostało poddane analizie.

Dla instalacji słonecznych wykorzystanych do podgrzewania C.W.U, w głównej mierze instalacje kolektorów słonecznych, może nastąpić nadmiar nagromadzonej energii pozyskanej z promieniowania słonecznego. W skład takiej instalacji, oprócz zasobników na C.W.U., które są newralgicznym elementem, mogą wchodzić tzw. akumulatory ciepła (Zielonko-Junk, Marchwiński 2012 s. 77). Przy ich wykorzystaniu, nadmiar energii może zostać zmagazynowany do późniejszego wykorzystania. Wyróżnia się 3 podstawowe systemy magazynowania energii cieplnej (Kwestarz 2016):

- Wykorzystanie ciepła właściwego – magazynowanie energii w ciałach stałych (np. doprowadzanie ciepła do gruntu w celu regeneracji dolnego źródła pomp ciepła) i cieczach (najprostszą metodą jest podgrzewanie wody w izolowanych zbiornikach),
- Wykorzystanie ciepła przemian fazowych PCM – magazynowanie energii w materiałach zmiennofazowych, których zasada działania została przytoczona w podrozdziale 1204.3.3. W przypadku większych instalacji, akumulowanie ciepła może odbywać się w większych zbiornikach wypełnionych takimi materiałami.
- Wykorzystanie ciepła przemian chemicznych – magazynowanie ciepła oparte na reakcjach endotermicznych a uwalnianie energii na reakcjach egzotermicznych. Na dzień dzisiejszy w fazie badawczej.

W pracy przyjęto podział systemów zaopatrzenia w C.W.U. ze względu na:

- Lokalizację źródła energii (analogicznie do systemów ogrzewania opisanych w podrozdziale 0):
  - Źródło ciepła miejscowe,
  - Źródło ciepła centralne,
  - Źródło ciepła zdalczynne,
- Nośnik energii (analogicznie do systemów ogrzewania opisanych w podrozdziale 0):
  - Paliwo stałe,
  - Paliwo gazowe,
  - Podgrzewanie elektryczne,
  - Podgrzewanie z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych,

- Wykorzystanie tego samego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U,
- Miejsce magazynowania C.W.U.:
  - Centralne – zbiorczy zasobnik C.W.U. obsługujący cały budynek,
  - Zdecentralizowane – zbiorcze zasobniki C.W.U. obsługujące grupy lokali,
  - Indywidualne – indywidualne zasobniki C.W.U. zlokalizowane w każdym lokalu,
  - Mieszane – połączenie zbiorników zbiorczych wraz z indywidualnymi,
- Sposób magazynowania energii.

Dobór elementów systemu zaopatrzenia w C.W.U., może ciągnąć za sobą również odpowiednie rozwiązania architektoniczno-budowlane. Ze względu na dobór źródła ciepła oraz sposobu magazynowania przygotowanej C.W.U. zachodzi potrzeba przewidzenia odpowiedniej lokalizacji dla urządzeń w budynku lub w lokalu. Również wykorzystanie niektórych urządzeń opartych o OZE może wymagać odpowiedniej lokalizacji. Przykładem może być wykorzystanie instalacji kolektorów słonecznych, których sprawność jest bezpośrednio uzależniona od ich kierunku względem stron świata oraz kąta, pod jakim są ustawione (Chwieduk 2011 s. 130).

Analiza obiektów

Analizy obiektów badanych dokonano w oparciu o przyjęty podział cech charakterystycznych systemów zaopatrzenia budynku w C.W.U., tj.: lokalizacji źródła energii, nośników energii, wykorzystania tego samego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U., miejsca magazynowania przygotowanej C.W.U., sposobu magazynowania energii.

W analizowanych obiektach przeważały centralne źródła ciepła na potrzeby przygotowania C.W.U., zostały wykorzystane w 12 obiektach. Źródło miejscowe oraz połączenie źródła centralnego ze zdalczynnym były wykorzystane tylko jednokrotnie. Wśród badanych obiektów, żaden nie korzystał tylko ze źródła zdalczynnego. W materiałach źródłowych nie znaleziono informacji na temat sposobu przygotowania C.W.U. dla 1 z badanych obiektów. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.4.7.

Podział źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. ze względu na położenie	Liczba budynków
Źródło miejscowe	1
Źródło centralne	12
Źródło zdalczynne	-
Źródło centralne w połączeniu ze źródłem zdalczynnym	1
Brak danych	1

Tabela 4.4.7 Podział źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. ze względu na położenie w badanych obiektach. Opracowanie własne

W 3 z badanych obiektów wystąpiły połączone nośniki energii dla centralnych źródeł ciepła na potrzeby przygotowania C.W.U., w wykonanej analizie, autor ujął wszystkie odrębne nośniki.

Najczęściej wykorzystywana energia potrzebna do podgrzania C.W.U. pochodziła ze źródeł odnawialnych. Była wykorzystania łącznie w 14 systemach, z czego w 5 obiektach

wykorzystano pompy ciepła, a w aż 9 kolektory słoneczne. W przypadku pomp ciepła, podobnie, jak w przypadku ogrzewania opisanego w podrozdziale 0, wykorzystano alternatywne sposoby zasilania pomp oraz dolnych źródeł ciepła. W 2 obiektach wykorzystano paliwa stałe, biomasę. W 1 budynku wykorzystano kotły kondensacyjne na paliwo gazowe. Występowanie nośników energii dla miejscowych oraz centralnych źródeł energii w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.4.8.

Nośniki energii dla miejscowego oraz centralnych źródeł ciepła na potrzeby C.W.U.			**Liczba budynków**
Paliwo stałe (biomasa)			2
W tym:	Kogeneracja		2
Paliwo gazowe			1
Ogrzewanie z wykorzystaniem energii ze źródeł odnawialnych			14
W tym:	Pompa ciepła		5
	Dolne źródło:	Kanalizacja sanitarna i/lub deszczowa	3
		Zbiorniki z algami oraz sondy pionowe	1
	Zasilanie:	Kogeneracja	1
		Ogniwa PV	2
	Kolektory słoneczne		9

Tabela 4.4.8 Zestawienie nośników energii dla miejscowych i centralnych źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne

W wielu budynkach źródła ciepła na potrzeby ogrzewania zostały wykorzystane również do przygotowania C.W.U. Takie rozwiązanie zastosowano w 10 obiektach. W 3 wykorzystano tylko część z tych źródeł. Tylko w 1 budynku system odpowiedzialny za przygotowanie C.W.U. był zupełnie odrębny od systemu ogrzewania budynku. Występowanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U. przedstawiono w tabeli 4.4.9.

Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U.	**Liczba budynków**
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła	10
Częściowe wykorzystanie wspólnego źródła ciepła	3
Wykorzystanie różnych źródeł ciepła	1
Brak danych	1

Tabela 4.4.9 Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne

Dla większości z badanych budynków, 7 obiektów, autor nie znalazł informacji dotyczących umiejscowienia zbiorników C.W.U. W pozostałych obiektach lokalizacje centralna, zdecentralizowana, indywidualna oraz mieszana występowały dwukrotnie w obiektach. Zestawienie lokalizacji magazynowania C.W.U. w badanych obiektach przedstawiono w tabeli 4.4.10.

Miejsce magazynowania C.W.U.	**Liczba budynków**
Centralne	2
Zdecentralizowane	2
Indywidualne	2
Mieszane	2
Brak danych	7

Tabela 4.4.10 Miejsce magazynowania przygotowanej C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne

Jedynie w 2 obiektach wykorzystano magazynowaniu nadmiaru energii przeznaczonej na potrzeby przygotowania C.W.U., co przedstawiono w tabeli 4.4.11. W obiekcie BIQ wykorzystano ciepło właściwe w celu regeneracji dolnego źródła dla pompy ciepła (sondy pionowe) a w budynku Smart is Green zastosowano zbiornik z materiałem PCM.

Sposób magazynowania energii	Liczba budynków
Wykorzystanie ciepła właściwego	1
Wykorzystanie ciepła przemian fazowych PCM	1

Tabela 4.4.11 Wykorzystanie magazynowania energii w badanych obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

W zakresie systemów przygotowania C.W.U., w badanych obiektach, autor wyodrębnił 2 rozwiązania szczególne:

- Budynki BedZED oraz BowZED - wykorzystanie zasobników C.W.U. do uzupełniającego dogrzewania wnętrza mieszkań, co zostało opisane w podrozdziale 4.4.1,
- Wykorzystanie magazynowania energii – ze względu na unikalność takich rozwiązań pośród badanych obiektów, autor uznał je za rozwiązania szczególne:
  - Budynek Smart is Green – w budynku zastosowano 3-stopniowy system magazynowania nadmiaru energii. Pierwszym stopniem jest wykorzystanie zasłon z materiałów PCM, co zostało omówione w podrozdziale 4.3.3. Drugim stopniem jest wykorzystanie zbiornika z materiałem PCM, jako głównego, lokalnego magazynu ciepła na potrzeby ogrzewania i C.W.U. Trzecim stopniem jest oddanie nadmiaru ciepłą do sieci zewnętrznej. Kolektory zostały zintegrowane z fasadą południową.
  - Budynek BIQ – nadmiar ciepła generowanego na potrzeby ogrzewania oraz przygotowania C.W.U. jest wykorzystywany do regeneracji dolnego źródła pompy ciepła.

Wnioski

W oparciu o przeprowadzone przez autora analizy, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną dla BWBZE w zakresie przygotowania C.W.U. jest wykorzystywanie centralnych źródeł ciepła z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii w systemach C.W.U. w postaci kolektorów słonecznych. Takie instalacje są nieskomplikowane, co pozwala na ich szerokie zastosowanie w budynkach wielorodzinnych. Drugą cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele grzewcze i przygotowania C.W.U.

Należy zwrócić uwagę na powszechnie niewykorzystany, w opinii autora, potencjał magazynowania nadwyżek generowanej energii na cele C.W.U., które mogą zostać wykorzystane do regeneracji dolnego źródła pompy ciepła. To rozwiązanie zastosowano w 1 obiekcie.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystanie centralnych źródeł energii pochodzących ze źródeł odnawialnych na potrzeby przygotowania C.W.U.

Można również stwierdzić, że charakterystycznym dla budynków BWBZE jest łączenie źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. wraz ze źródłem ciepła na potrzeby ogrzewania.

Ze względu na brak danych, odnośnie miejsca magazynowania C.W.U., nie można jednoznacznie stwierdzić, czy określone miejsce magazynowania jest cechą charakterystyczną BWBZE.

Magazynowanie energii na cele przygotowania C.W.U. występowało jedynie w 2 obiektach, można, zatem uznać, że nie jest to cechą charakterystyczną BWBZE.

4.4.5. Energia elektryczna

Zgodnie z przywołanymi definicjami budynków ZEB oraz nZEB, w podrozdziale 1.1.2, budynki takie muszą generować energię na miejscu dla zbilansowania energii zużywanej. W poprzednich podrozdziałach przywołano niektóre ze sposobów produkcji energii w obrębie budynku lub jego najbliższego otoczenia. Jednak w większości przypadku były to technologie odpowiedzialne za generowanie ciepła na potrzeby ogrzewania lub przygotowania C.W.U. Niniejszy podrozdział został poświęcony metodom uzyskiwania energii elektrycznej na potrzeby działania budynków wielorodzinnych[71].

Teoria obszar energetyczny

Podobnie jak w przypadku źródeł ciepła na potrzeby ogrzewania lub przygotowania C.W.U., w przypadku pozyskiwania energii elektrycznej wyróżnić można 2 typy źródeł energii:

- Źródło zdalczynne – energia elektryczna pochodząca z zewnętrznej sieci energetycznej,
- Źródła lokalne[72] – rozwiązania pozwalające na generowanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych w obrębie budynku lub jego bezpośrednim otoczeniu.

Źródła zewnętrzne są podstawowym źródłem energii, które według przyjętych schematów bilansowania energii w obrębie budynku ZEB oraz nZEB (podrozdział 1.1.2) zostały zakwalifikowane jako energia dostarczana. Tym samym, analizie zostaną poddane wyłącznie źródła lokalne, jako te, które mogą bilansować energię zużywaną przez budynek.

Według literatury (Chwieduk 2011 s. 42–44), energię promieniowania słonecznego można wykorzystać w 2 postaciach:

- *Pośrednie wykorzystanie energii promieniowania słonecznego,*
- *Pośrednie wykorzystanie promieniowania słonecznego.*

W kontekście pozyskiwania energii elektrycznej, w ramach pierwszej formy wykorzystania promieniowania słonecznego, D. Chwieduk wyróżnia m.in. systemy z ogniwami fotowoltaicznymi, natomiast w ramach wykorzystania pośredniego energię wody, wiatru oraz biomasy. Można, zatem przyjąć, że głównymi nośnikami (źródłami) energii elektrycznej dla źródeł lokalnych są (Wiszniewski i in. 2017 s. 218):

- *Ogniwa fotowoltaiczne (PV),*
- *Turbiny wiatrowe,*
- *Kogeneracja lokalna.*

Instalacje fotowoltaiczne pozwalają na pozyskiwanie energii z promieniowania słonecznego i przetworzenie jej w energię elektryczną. Głównym elementem takiej

---

[71] Ze względu na nadrzędność, jaką wykazują według autora zagadnienia energetyczne w kontekście generacji energii elektrycznej, przyjęty porządek podrozdziałów w tym przypadku zostanie zmieniony. W pierwszej kolejności autor opisał teorię obszaru energetycznego a następnie obszaru projektowego.

[72] W przypadku generowania energii elektrycznej w budynkach wielorodzinnych, autor nie spotkał się w literaturze ani w badanych obiektach z indywidualnymi źródłami energii elektrycznej stąd przyjęte sformułowanie źródeł lokalnych.

instalacji są pojedyncze moduły PV sprzężone w 1 system. Ogniwa PV wyróżnić można ze względu na materiał, z którego zostały wykonane (Hänel 1999):

- *Ogniwa krzemowe monokrystaliczne i polikrystaliczne (nieprzezroczyste),*
- *Ogniwa krzemowe amorficzne (nieprzezroczyste lub półprzezroczyste),*
- *Ogniwa niekrzemowe.*

Sprawność takich systemów zależy przede wszystkim od natężenia promieniowania słonecznego, konstrukcji ogniw jak również kierunków orientacji modułów względem stron świata oraz kąta ich nachylenia. Najbardziej efektywnym kierunkiem montażu modułów PV na terenie Polski jest kierunek południowy, dla tego kierunku najlepszym kątem nachylenia jest przedział pomiędzy 30° a 45° (Mirowski, Sornek 2015 s. 80–82).

Wykorzystanie turbin wiatrowych instalowanych na budynku pozwala na przetworzenie energii wiatru w energię elektryczną. W budynkach mieszkalnych z reguły stosuje się turbiny wiatrowe (Wiszniewski i in. 2017 s. 220):

- *Mikro o mocy do 100W,*
- *Małe o zakresie mocy od 100W do 50kW.*

Wyróżnić można również podział ze względu na konstrukcję na turbiny (Polak, Barański 2006):

- *Turbiny o poziomej osi obrotu – charakteryzują się wyższą sprawnością jednak wymagają naprowadzania na kierunek wiatru oraz ograniczenia obrotu przy wyższym wietrze,*
- *Turbiny o pionowej osi obrotu – charakteryzują się pracą niezależną od kierunku wiatru, łatwym montażem na obiekcie budowlanym, cichą pracą, posiadają jednak niższą sprawność od turbin o poziomej osi obrotu.*

Uzysk energii generowanych przez turbiny wiatrowe uzależniony jest bezpośrednio od prędkości wiatru. Średnia prędkość wiatru na terenach zurbanizowanych/miejskich jest o połowę niższa niż nad akwenami wodnymi (Bartkiewicz i in. 2017 s. 17) co nie czyni tego rodzaju generacji najbardziej efektywną w budynkach mieszkalnych.

Ostatnim ze źródeł pozwalających na lokalną produkcję energii elektrycznej jest uzyskanie jej w procesie kogeneracji przy wykorzystaniu kotłów m.in. na biomasę. Ten sposób równoległej generacji energii elektrycznej i ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U. został opisany w poprzednich podrozdziałach.

Według przytoczonych definicji budynki ZEB oraz nZEB (podrozdział 1.1.2) obejmują bilansowanie energii dostarczonej do budynku tą generowaną na miejscu. Z tego względu autor dzieli sposób generacji energii elektrycznej ze względu na przeznaczenie:

- Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię,
- Częściowe pokrycie zapotrzebowania budynku na energię,
- Przeznaczenie dedykowane – zaopatrzenie w energię konkretnych urządzeń.

Profil generacji energii ze źródeł odnawialnych, z wyłączeniem kogeneracji, nie zawsze pokrywa się z profilem zużycia energii przez użytkowników budynku. Jednym z przykładów jest wykorzystanie instalacji PV, której szczyt sprawności przypada na środek dnia, kiedy wiele osób jest poza mieszkaniem (Wiszniewski i in. 2017 s. 230). Oznacza to, że w ciągu dnia może zaistnieć nadmiar generowanej energii, którą można zagospodarować na 3 sposoby:

- Wykorzystanie na inne cele (np. ładowanie pojazdów elektrycznych)
- Zmagazynowanie energii:
  - Zmagazynowanie krótkoterminowe na miejscu,
  - Zmagazynowanie długoterminowe (oddanie lub odsprzedaż do sieci zewnętrznej).

Teoria obszar projektowy

Przyjęty system generowania energii elektrycznej, jak w przypadku instalacji ogrzewania, wentylacji czy przygotowania C.W.U., może pociągnąć za sobą konieczność przystosowania budynku by osiągnąć jak najwyższą sprawność.

W kontekście rozwiązań architektoniczno-budowlanych, systemy generacji energii elektrycznej podzielić można ze względu na:

- Lokalizację urządzeń:
  - Dach,
  - Elewacja.
- Sposób montażu:
  - Elementy dodane – elementy zamontowane na budynku przy wykorzystaniu tradycyjnych systemów montażowych,
  - Elementy zintegrowane – elementy wkomponowane w części budynku, stanowiące część fasady lub dachu, często pełniące dodatkowe funkcje jak np. pokrycie dachu, elementy zacieniające, elementy obudowy fasady.

Analiza obiektów

Badane obiekty poddano analizie ze względu na lokalne źródło energii elektrycznej, zlokalizowanie urządzeń, ich ilości, głównego przeznaczenia generowanej energii oraz sposobu zagospodarowania nadwyżek energii.

W dostępnych materiałach dotyczących badanych obiektów, autor nie odnalazł informacji czy któryś z budynków był budynkiem samowystarczalnym w zakresie energii elektrycznej. Większość – 11 obiektów, posiadało lokalne źródła energii elektrycznej. 9 z nich wyposażonych było w instalacje fotowoltaiczne[73]. Kogenerację, z biomasy, wykorzystano w 2 obiektach. W pierwszym z nich było to jedyne źródło energii elektrycznej, w drugim była połączona z wykorzystaniem instalacji PV. W żadnym z

[73] Obiekt Woodcube posiadał zaprojektowaną instalację PV jednak nie została ona ostatecznie zrealizowana. Jednak ze względu na wstępne założenia, instalacja ta została ujęta w zestawieniu.

badanych obiektów nie stwierdzono wykorzystania lokalnych turbin wiatrowych[74]. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.4.12.

Lokalne źródła energii elektrycznej		Liczba budynków
Ogniwa PV		9
W tym:	Zaprojektowane i niezrealizowane	1
Turbiny wiatrowe		-
Kogeneracja (biomasa)		1
Źródła mieszane		1
W tym:	Ogniwa PV oraz kogeneracja	1
Brak		4

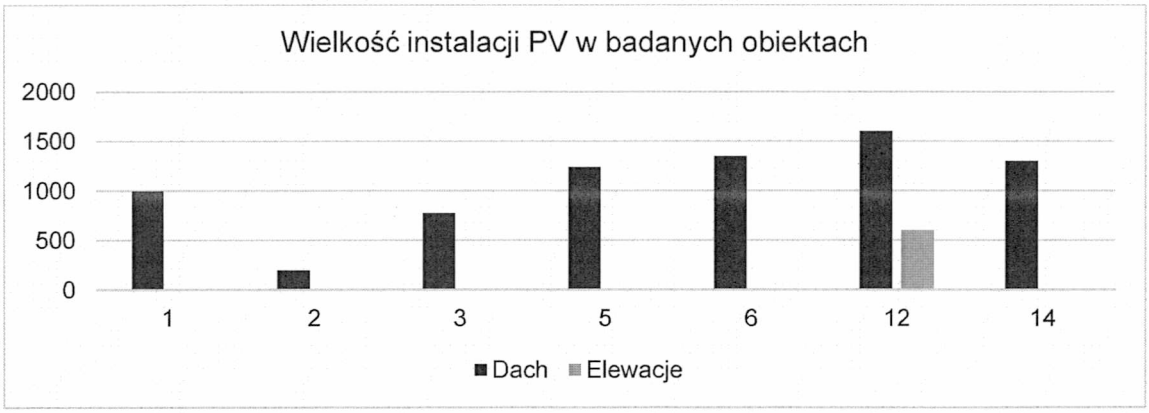
Tabela 4.4.12 Zestawienie lokalnych źródeł energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne

Ze względu na brak zainstalowanych turbin wiatrowych, autor dokonał analizy lokalizacji instalacji PV, jako jedynego wykorzystywanego źródła energii montowanego na zewnętrz budynku. W 6 wśród badanych obiektów stwierdzono PV wyłącznie na dachu. W 3 obiektach instalacja została zamontowana zarówno na dachu jak i na elewacjach budynków. Nie odnotowano montażu wyłącznie na elewacjach. Wyniki analizy przedstawia tabela 4.4.13.

Lokalizacja instalacji PV	Liczba budynków
Dach	6
Elewacje	-
Dach oraz elewacje	3

Tabela 4.4.13 Zestawienie lokalizacji instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne

Dla 7 obiektów, w dostępnych materiałach źródłowych, zawarto powierzchnię zastosowanych instalacji PV. Największa powierzchniowo instalacja obejmowała panele zamontowane zarówno na dachu jak i na elewacji budynku. Ich łączna powierzchnia wynosiła ok. 1600 m^2. Kolejne 4 instalacje PV zawierają się w przedziale 1000-1350 m^2. Jedna instalacja liczyła 777 m^2 paneli montowanych na dachach oraz elewacjach. Najmniejsza wykorzystana instalacja PV ma powierzchnię 202m^2. Wielkości instalacji PV zostały przedstawione na wykresie 4.4.1.



Wykres 4.4.1 Wykres wielkości instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne[75]

[74] Na jednej ze stron internetowych niezwiązanych z autorem projektu a poświęconych budynkowi BowZED (BZ 2016) znaleziono wzmiankę o zainstalowanej na dachu turbinie wiatrowej. Materiały udostępnione przez autora projektu, jak również dostępne w publikacjach i Internecie zdjęcia nie potwierdziły jednak tej informacji.

[75] Dla budynku nr 2, BedZED, ze względu na brak szczegółowych informacji, podano łączną powierzchnię instalacji PV zamontowanej na dachu oraz na elewacji budynku.

W 6 obiektach wykorzystano zintegrowanie paneli z elementami budynku (dach, elewacja, balustrady balkonów). W pozostałych 3 obiektach są to instalacje dodane do budynku w formie paneli ustawionych na systemowych stelażach na dachach obiektów. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.4.14.

Sposób montażu instalacji PV	Liczba budynków
Elementy dodane	3
Elementy zintegrowane	6

Tabela 4.4.14 Sposób montażu instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne

Wśród 6 badanych obiektów stwierdzono pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię energią elektryczną pochodzącą z PV. W 1 obiekcie, ilość generowanej energii obejmowała również energię przeznaczoną na ładowanie pojazdów elektrycznych. Łącznie w 4 obiektach stwierdzono częściowe pokrycie całkowitego zapotrzebowania na energię budynku. W 2 z tych obiektów było to pokrycie 80% a w kolejnych 2 budynkach 20% zapotrzebowania, z czego w 1 z tych budynków zapewniono również energię przeznaczoną do ładowania pojazdów elektrycznych. Tylko w 1 obiekcie stwierdzono pokrycie dedykowane do zasilenia instalacji wentylacji oraz pompy ciepła. Dla 1 z badanych obiektów nie uzyskano informacji, co do przeznaczenia generowanej energii elektrycznej. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.4.15.

Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej		Liczba budynków
Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię		6
W tym:	Uwzględnione ładowanie pojazdów elektrycznych	1
Pokrycie ok. 80% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię		2
Pokrycie ok. 20% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię		2
W tym:	Uwzględnione ładowanie pojazdów elektrycznych	1
Pokrycie zapotrzebowania na energie elektryczną dedykowaną		1
Brak danych		1

Tabela 4.4.15 Zestawienie głównego przeznaczenia generowanej energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne

Dla 7 z badanych obiektów, znaleziono informacje dotyczące sposobów zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej. Zmagazynowanie energii wykorzystano łącznie w 5 obiektach. Natomiast zmagazynowanie tylko krótkoterminowe na miejscu występowało w 1 obiekcie, zmagazynowanie długoterminowe, czyli oddanie lub odsprzedaż do zewnętrznej sieci energetycznej było wykorzystane w 2 obiektach a połączenie obu sposobów magazynowanie w kolejnych 2. W 2 obiektach wyróżniono wykorzystanie nadwyżek na inny cel, jakim było ładowanie pojazdów elektrycznych. Dla 5 obiektów autor nie odnalazł informacji dotyczącej sposobów zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej. Ze względu na potencjalne przyłączenie do zewnętrznej sieci energetycznej, autor nie wyklucza możliwości odsprzedaży wyprodukowanych nadwyżek w tych obiektach. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.4.16.

Sposobu zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej		Liczba budynków
Wykorzystanie na inne cele		2
W tym:	Ładowanie pojazdów elektrycznych	2
Zmagazynowanie krótkoterminowe na miejscu		1
Zmagazynowanie długoterminowe (oddanie lub odsprzedaż do sieci)		2
Połączone zmagazynowanie krótko i długoterminowe		2
Brak danych		5

Tabela 4.4.16 Zestawienie sposobów zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne

Rozwiązania szczególne

Wśród badanych obiektów wyposażonych w instalacje generacji energii elektrycznej na miejscu, autor wyróżnił 6 budynków, które posiadały rozwiązania szczególne:

- The Sun Ship, Sunny Watts – wykorzystano zintegrowany z budynkiem montaż ogniw PV, które stanowią całkowite przekrycie wszystkich dachów budynku, rysunek 4.4.5 ora 4.4.6,
- BedZed – wykorzystano zintegrowany z budynkiem montaż ogniw PV. Stanowią one część pokrycia dachu oraz pokrywają część południowej elewacji. Dodatkowo zastosowano zielone dachy w pobliżu ogniw PV, co miało wpłynąć na obniżenie temperatury ogniw dla zwiększenia ich sprawności, rysunek 4.4.7.
- BowZed – wykorzystano zintegrowany z budynkiem montaż ogniw PV, które stanowią zadaszenie ogrodów zimowych służące też, jako system zacieniania części przeszkleń obiektu, rysunek 4.4.8.
- Smart is green – wykorzystano ogniwa PV zintegrowane z budynkiem w formie wypełnień przęseł balustrady na balkonach na elewacji południowej, rysunek 4.4.9.
- Aktiv-Stadthaus – wykorzystano zintegrowany z budynkiem montaż ogniw PV, które stanowiły całkowite przekrycie dachu budynku. Dodatkowo, wykorzystano znaczną ilość ogniw wkomponowanych w fasadę południową, rysunek 4.4.10.



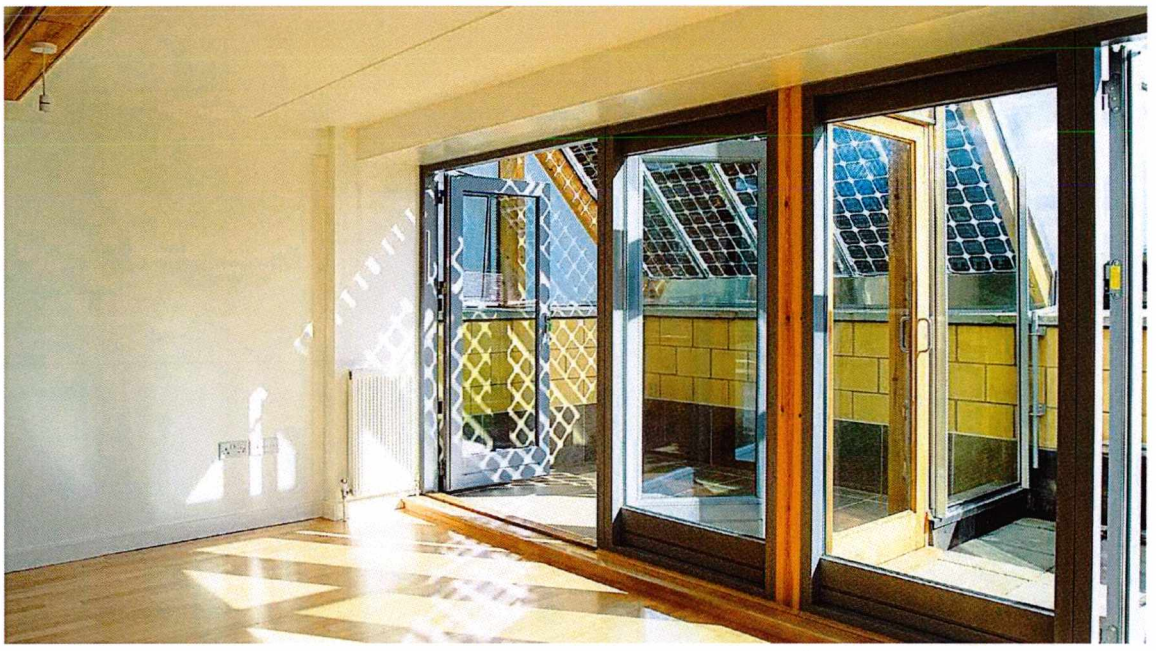
Rysunek 4.4.5 Zdjęcie budynku The Sun Ship z widocznymi dachami pokrytymi w całości ogniwami PV, źródło: http://www.rolfdisch.de



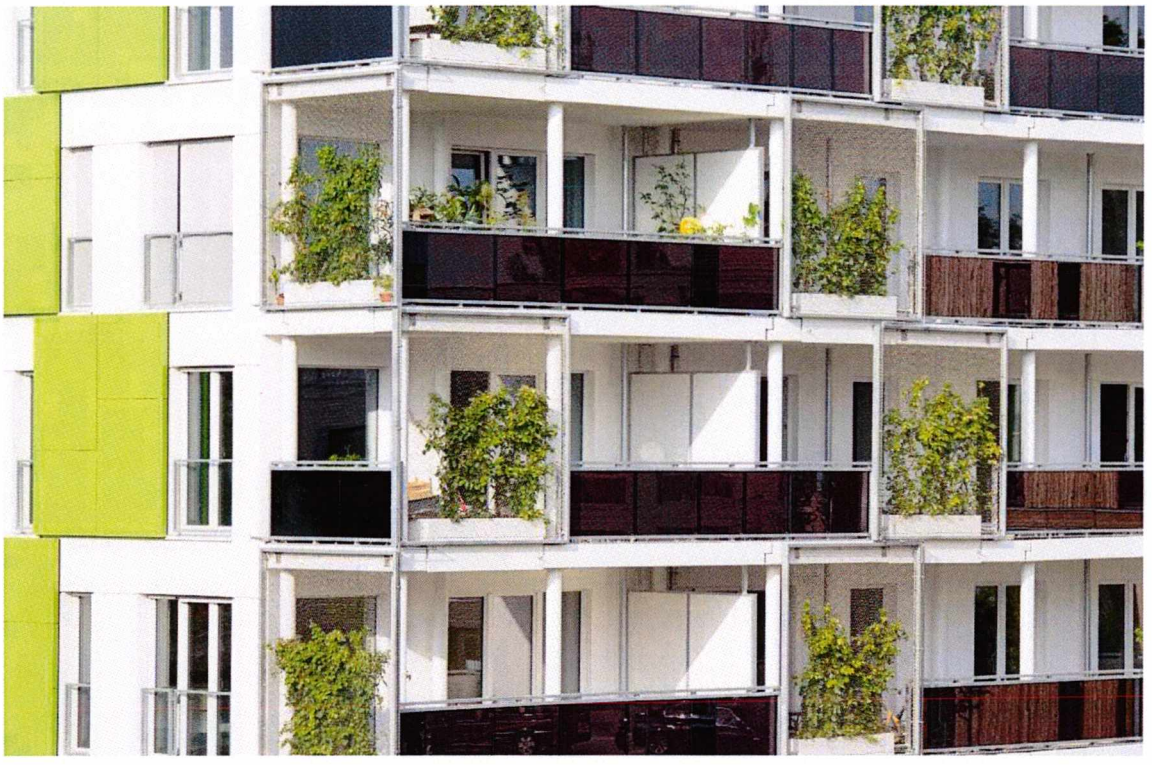
Rysunek 4.4.6 Zdjęcie budynku Sunny Watts z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako pokrycie dachu budynków, źródło: https://kaempfen.com



Rysunek 4.4.7 Zdjęcie budynku BedZED z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi na dachach oraz na elewacjach południowych, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.4.8 Widok z wnętrza budynku BowZED z widocznymi ogniwami PV zastosowanymi, jako przekrycie zimowych ogrodów oraz system zacienienia przeszkleń, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.4.9 Zdjęcie budynku Smart is Green z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako elementy wypełniające przęsła balustrad na elewacji południowej budynku, źródło: http://zillerplus.de



Rysunek 4.4.10 Zdjęcie budynku Aktiv-Stadthaus z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako pokrycie dachu oraz elementy elewacji południowej, źródło: https://www.hhs.ag

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że wykorzystanie lokalnych źródeł generujących energię elektryczną ze źródeł odnawialnych jest cechą charakterystyczną BWBZE.

Z punktu widzenia zastosowanych technologii, stwierdzić można, że najbardziej charakterystycznym jest wykorzystanie instalacji PV, jako głównego źródła energii elektrycznej pochodzącego z OZE. Przeważnie, takie instalacje znajdują się na dachach, czasami w połączeniu z montażem na elewacjach południowych. W większości przypadków, łączna powierzchnia instalacji PV zamontowanych na badanych obiektach przewyższała 1000 m^2. Autor uważa jednak, że sam parametr w postaci powierzchni instalacji nie może służyć za cechę charakterystyczną. Wielkość instalacji powinna być wyznaczona przez projektanta ze względu na planowane przeznaczenie generowanej energii. Można jednak stwierdzić, że w większości analizowanych obiektów, instalacje PV pokrywały całą dostępną powierzchnię dachów lub elewacji południowych. Przeważnie stosowano elementy zintegrowane z dachami lub elewacjami. Według autora jest to pewnego rodzaju potencjał do wykorzystania, jako źródło wyrazu architektonicznego.

W większości obiektów energia elektryczna generowana z PV zapewniała pokrycie w całości lub w ok. 80% całkowitego zapotrzebowania energetycznego budynków. Pokazuje to, że przy wykorzystaniu instalacji generujących energię elektryczną na miejscu, można doprowadzić budynek do standardu ZEB lub nZEB.

Ze względu na niewystarczające informacje dotyczące sposobu zagospodarowania nadwyżek energii elektrycznej, autor uważa, że na tej podstawie nie można jednoznacznie stwierdzić, czy jest to cechą charakterystyczną BWBZE. Według autora, magazynowanie zarówno krótko jak i długoterminowe pozwala efektywniej wykorzystać

generowaną lokalnie energię elektryczną, co powinno zostać uwzględnione przy projektowaniu instalacji, głównie PV.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że cechą charakterystyczną BWBZE jest wykorzystanie lokalnej generacji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł.

Można również stwierdzić, że charakterystycznym jest wykorzystanie do tego celu znacznych powierzchni instalacji PV, które są zintegrowane z bryłą budynku, głównie na dachu i elewacji południowej.

Za cechę charakterystyczną uznaje się również generowanie energii elektrycznej pokrywającej całkowite zapotrzebowanie budynku na energię.

Wśród badanych obiektów nie stwierdzono charakterystycznego sposobu zagospodarowywania nadwyżek generowanej energii elektryczne.

4.5. Karty katalogowe wybranych obiektów

Na podstawie przeprowadzonych analiz, autor wykonał 15 kart katalogowych dla wszystkich badanych obiektów. Zawarte w nich informacje odzwierciedlają strukturę autorskiego zbiór cech charakterystycznych BWBZE, tabela 3.2.5. Dla każdej z wyodrębnionych cech, przytoczono jej ogólną charakterystykę, według opisów przyjętych w analizach obiektów oraz dopisano rozwiązania charakterystyczne, występujące w danym budynku.

THE SUN SHIP

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Freiburg, Niemcy
Autor projektu	Rolf Disch
Data realizacji	2000
Funkcja	Budynek biurowo-usługowy z mieszkaniami
Standard energetyczny	Plusenergetyczny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 14 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	Brak danych





Rysunek 4.5.1 Budynek The Sun Ship, elewacja zachodnia, źródło http://www.rolfdisch.de



Rysunek 4.5.2 Budynek The Sun Ship, źródło http://www.rolfdisch.de

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	Budynek liniowo-punktowy
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 6 (+2 podziemne)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,32
Układ komunikacyjny	Układ mieszany	Układ klatkowy oraz galeriowy (otwarty)
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	■ Ukł. klatkowy – str. zachodnia ■ Ukł galeriowy – str. wschodnia
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Zespół wielofunkcyjny	■ 0 – Usługi ■ 1 -3 - Biura ■ 4 – 5 – mieszkania ■ -2 - -1 -Parking
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 9
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 91 – 168 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania dwupoziomowe	■ Układ jednoprzestrzenny i rozkładowy ■ Mieszkania typu *penthouse*, zlokalizowane na dachu budynku
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwu- i trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka po stronie północnej
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2·K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2·K) ■ Balkony oraz zewnętrzne galerie na konstrukcji zdylatowanej
Szczelność obudowy	Brak danych	Brak danych
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane Aktywne: ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek średni	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S 5 W 4 E 4 N 2

Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wybranych elewacjach	Zastosowany system zacienienia	
		S	Balkony, okapy dachu
		W	Brak, dla biur – zewnętrzne ruchome żaluzje poziome
		E	Brak, dla biura – galerie
		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne połączone ze zdalczynnym	Podgrzanie powietrza nawiewanego	
Nośnik energii	Paliwo stałe (biomasa)	Kogeneracji (biomasa)	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	■ Wentylacja indywidualna mieszkań ■ Autorskie centrale indywidualne montowane w panelach elewacyjnych	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Wykorzystanie OZE	Podgrzanie powietrza nawiewanego przy wykorzystaniu biomasy	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło zdalczynne	-	
Nośnik energii	Brak danych	-	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Brak danych	-	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych	-	
Sposób magazynowania energii	Brak danych	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	■ Ogniwa PV ■ Kogeneracja (biomasa)	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 1000 m^2	
Sposób montażu paneli PV	Elementy zintegrowane	Całkowite przekrycie wszystkich dachów budynku	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Zmagazynowanie długoterminowe (oddanie lub odsprzedaż do sieci)	Ładowanie pojazdów elektrycznych	

SUNNY WOODS

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Freiburg, Niemcy
Autor projektu	Architektur Beat Kampfen
Data realizacji	2002
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	BZE
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 14,7 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak
Koszt budowy	3,3 mln €





Rysunek 4.5.3 Budynek Sunny Woods, elewacja północna, źródło https://kaempfen.com



Rysunek 4.5.4 Budynek Sunny Woods, elewacja południowa, źródło https://kaempfen.com

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ odcinkowy	-
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji – 4 (+ 1,5 podziemnych)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,32
Układ komunikacyjny	Układ bezklatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	■ 0 – 3 – Mieszkania ■ -1,5 – -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 6
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 230 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania dwupoziomowe	Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia po stronie północnej ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,16 W/(m^2·K) (ściany) ■ U = 0,10 W/(m^2·K) (dach) ■ U_W = 0,8 W/(m^2·K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,6
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek lekki	Brak danych
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S: 5
		W: 1
		E: 1
		N: 0
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające tylko na elewacji południowej	Zastosowany system zacienienia
		S: Zewnętrzne rolety tekstylne
		W: Brak
		E: Brak
		N: Brak

Cechy instalacyjne		
Ogrzewanie		
Źródło ciepła	Źródło centralne	Podgrzanie powietrza nawiewanego
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła ■ Kolektory słoneczne
Chłodzenie		
Systemy chłodzenia aktywnego	System aktywny	Wykorzystanie GWC do wstępnego schłodzenia powietrza nawiewanego
Wentylacja		
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zcentralizowana	-
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Wspomaganie OZE	■ Wykorzystanie GWC ■ Podgrzanie powietrza nawiewanego za pomocą pompy ciepła
C.W.U.		
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Częściowe wspólne źródło ciepła	Kolektory słoneczne
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Centralne	-
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-
Energia elektryczna		
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 202 m^2
Sposób montażu paneli PV	Elementy dodane	Brak danych
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie zapotrzebowania na energie elektryczną dedykowaną	Produkowana energia obejmuje zasilanie centrali wentylacyjnej oraz pompy ciepła
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak danych	-

BEDZED

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Londyn, Anglia
Autor projektu	Bill Dunster, ZED Factory
Data realizacji	2002
Funkcja	Zespół budynków wielorodzinnych z biurami
Standard energetyczny	BZE, zeroemisyjny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 48 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	Brak danych





Rysunek 4.5.5 Zespół BedZED, widok od strony południowej, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.5.6 Zespół BedZED, widok na wewnętrzne patio, źródło: https://www.zedfactory.com

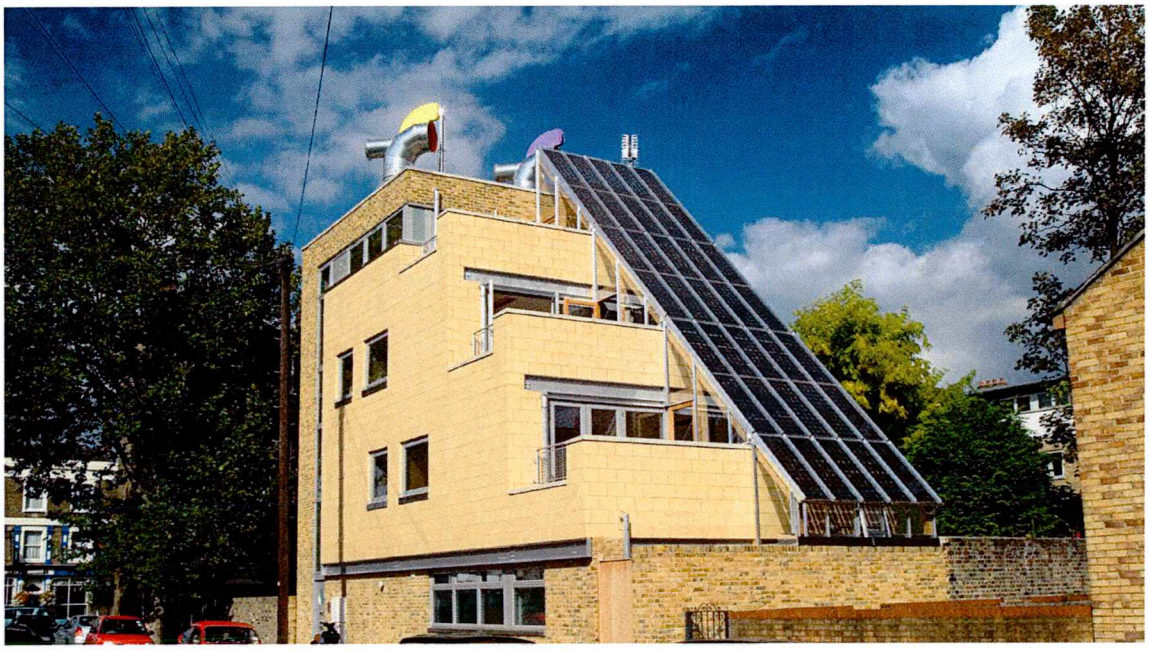
Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ odcinkowy	Budynek odcinkowo-tarasowy
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji - 3
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,48 / 0,50
Układ komunikacyjny	Układ bezklatkowy	Indywidualny dostęp do mieszkań na wyższej kondygnacji za pomocą zewnętrznej klatki schodowej
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Zespół wielofunkcyjny	■ 0 – 1 – Mieszkania z biurami ■ 2 - Mieszkania
Ilość mieszkań	Budynek duży	Liczba mieszkań - 99
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie	Wielkość mieszkań – 50 – 84 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania mieszane	Mieszkania prywatne, komunalne oraz współwłasnościowe
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ jednoprzestrzenny
	Mieszkania dwupoziomowe	Układ jednoprzestrzenny i rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie jedno- i dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,10 W/(m^2•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,80 W/(m^2•K) ■ Balkony na konstrukcji zdylatowanej
Szczelność obudowy	Niska szczelność obudowy ze względu na wentylację naturalną	n_{50} = 2 (wartość poniżej wymogów WT dla wentylacji naturalnej)
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S 5 W 2 E 2 N 2
Zacienienie przeszkleń		Zastosowany system zacienienia

	Systemy zacieniające tylko na elewacji południowej	S	Zewnętrzne półprzezierne ogniwa PV, podwójna fasada przeszklona
		W	Brak
		E	Brak
		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	Zastosowanie tylko uzupełniające	
Nośnik energii	Paliwo gazowe	-	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja naturalna z odzyskiem ciepła	Autorskie rozwiązanie łapaczy wiatru z odzyskiem ciepła	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	Wentylacja indywidualna mieszkań	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	Paliwo gazowe	-	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Aktywne źródło ciepła na cele grzewcze, zastosowane tylko jako uzupełniające	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Mieszane	■ Zasobniki wspólne połączone z indywidualnymi ■ Indywidualne zasobniki C.W.U. pełnią rolę awaryjnego źródła ciepła	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach oraz elewacje	Powierzchnia instalacji – 777 m^2 (łącznie)	
Sposób montażu paneli PV	Elementy zintegrowane	Częściowe pokrycie dachów i górny części elewacji południowych	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie ok. 20% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię		
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Wykorzystanie na inne cele	Ładowanie pojazdów elektrycznych	

BOWZED

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Londyn, Anglia
Autor projektu	Bill Dunster, ZED Factory
Data realizacji	2004
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	BZE, zeroemisyjny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 48 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	£500.000





Rysunek 4.5.7 Budynek BowZED, widok od strony południowej, źródło: https://www.zedfactory.com



Rysunek 4.5.8 Budynek BowZED, widok od strony północnej, źródło: https://www.zedfactory.com

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ punktowy	Budynek punktowo-tarasowy
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji - 4
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,58
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	0 – 3 - Mieszkania
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 4
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania małe i średnie	Wielkość mieszkań – 25 – 50 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	■ Układ jednoprzestrzenny ■ Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania (w 1 mieszkaniu po stronie północnej)
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,10 W/(m^2•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2•K)
Szczelność obudowy	Brak danych	Brak danych
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek średni	Zastosowanie pełnej cegły klinkierowej na elewacji dla poprawy pojemności cieplnej
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S: 4 W: 1 E: 1 N: 0
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające tylko na elewacji południowej	Zastosowany system zacienienia S: Zewnętrzne półprzezierne ogniwa PV W: Brak E: Brak

		N	Brak okien
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	Zastosowanie tylko uzupełniające	
Nośnik energii	Paliwo gazowe	-	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja naturalna	Wykorzystano łapacze wiatru	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zcentralizowana	-	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	Paliwo gazowe	-	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Aktywne źródło ciepła na cele grzewcze, zastosowane tylko jako uzupełniające	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Indywidualne	Indywidualne zasobniki C.W.U. pełnią rolę awaryjnego źródła ciepła	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	■ Ogniwa PV ■ Turbiny wiatrowe	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 36 m^2	
Sposób montażu paneli PV	Elementy zintegrowane	Zadaszenia ogrodów zimowych służące też jako system zacieniania części przeszkleń południowych	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie ok. 20% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Zmagazynowanie krótkoterminowe na miejscu	Magazynowanie w akumulatorach	

EULACHHOF

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Wintherthuf, Szwajcaria
Autor projektu	Szwarz Architekten
Data realizacji	2007
Funkcja	Budynek wielorodzinny z lokalami usługowymi
Standard energetyczny	BZE
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 32,8 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak
Koszt budowy	ok. 59 mln €





Rysunek 4.5.9 Budynek Eulachhof, widok na elewację południową z wewnętrznego dziedzińca, źródło: http://www.schwarz-architekten.com



Rysunek 4.5.10 Budynek Eulachhof, widok od strony północnej, źródło: http://www.schwarz-architekten.com

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	Budynek liniowo-płaszczyznowy
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 6 (+ 1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,22
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja w centrum rzutu
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny z funkcjami uzupełniającymi	■ 0 - Lokale usługowe i mieszkania ■ 1-5 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek duży	Liczba mieszkań -132
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 90 – 100 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania na wynajem	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ amfiladowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,13 W/(m^2•K) (ściany) ■ U = 0,10 W/(m^2•K) (dach) ■ U_W = 0,80 W/(m^2•K) ■ Balkony na konstrukcji zdylatowanej
Szczelność obudowy	Brak danych	Brak danych
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek średni	-
Akumulacyjność semipasywna	Wykorzystanie PCM	Półprzezierne panele elewacyjne wypełnione materiałem PCM
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S: 4
		W: 0
		E: 0
		N: 3
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	Zastosowany system zacienienia
		S: Balkony, półprzezierne panele ze szkłem selektywnym
		W: Zewnętrzne rolety tekstylne

		E	Zewnętrzne rolety tekstylne
		N	Zewnętrzne rolety tekstylne
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	Ogrzewanie podłogowe w odległości ok. 5m od ścian zewnętrznych	
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła, zasilana energią pochodzącą z PV ■ Odzysk ciepła z kanalizacji sanitarnej	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	■ Wentylacja indywidualna mieszkań ■ Zastosowano autorskie indywidualne centralne wentylacyjne z odzyskiem ciepła *Airbox*	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Wykorzystanie OZE	Podgrzanie powietrza nawiewanego przy wykorzystaniu pompy ciepła	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Pompa ciepła	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	-	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych	Brak danych	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 1240 m^2	
Sposób montażu paneli PV	Elementy dodane	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak danych	-	

SUNNY WATTS

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Zurych, Szwajcaria
Autor projektu	Architektur Beat Kampfen
Data realizacji	2010
Funkcja	Zespół budynków wielorodzinnych
Standard energetyczny	BZE
Zapotrzebowanie na Eu	Brak danych
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	Brak danych





Rysunek 4.5.11 Budynek Sunny Watts, widok od strony wschodniej, źródło: https://kaempfen.com



Rysunek 4.5.12 Budynek Sunny Watts, widok od strony północnej, źródło: https://kaempfen.com

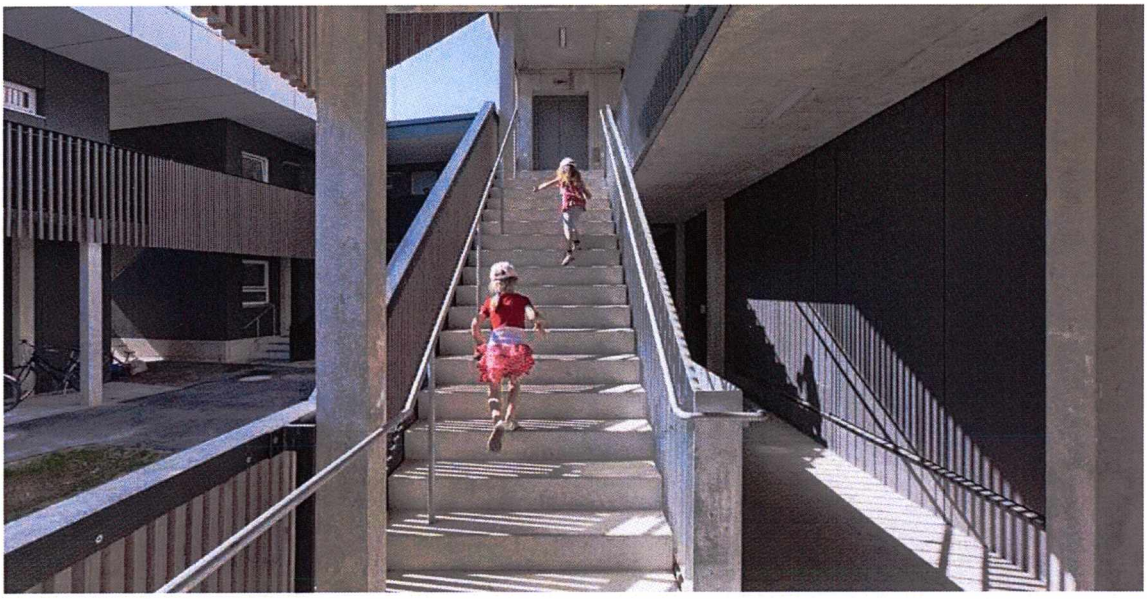
Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	-
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji – 2 - 4 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,28 / 0,33 / 0,34
Układ komunikacyjny	Układ galeriowy	Galerie otwarte
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	■ 0 -3 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 19
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Brak danych	Brak danych
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ rozkładowy
	Mieszkania dwupoziomowe	Układ jednoprzestrzenny i rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia po stronie północnej ■ Łazienka po stronie północnej
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,10 W/(m²•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m²•K)
Szczelność obudowy	Brak danych	Brak danych
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek lekki	Posadzki betonowe poprawiające pojemność cieplną
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S: 4
		W: 1
		E: 1
		N: 2
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	Zastosowany system zacienienia
		S: Zewnętrze, ruchome żaluzje poziome
		W: Zewnętrze, ruchome żaluzje poziome

		E	Zewnętrze, ruchome żaluzje poziome
		N	Zewnętrze, ruchome żaluzje poziome
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	Ogrzewanie podłogowe	
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła ■ Kolektory słoneczne	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	System aktywny	Rewersyjna pompa ciepła	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zdecentralizowana	-	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Częściowe wspólne źródło ciepła	Kolektory słoneczne	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Mieszane	Zasobniki wspólne połączone z indywidualnymi	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 1350 m^2	
Sposób montażu paneli PV	Elementy zintegrowane	Całkowite przekrycie wszystkich dachów budynku	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie ok. 80% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak danych	-	

E% - ENERGY EFFICIENT HOUSING HOLLERSTAUDEN

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Inglostadt, Niemcy
Autor projektu	Bogevischs Buero Architekten & Stadtplaner
Data realizacji	2011
Funkcja	Zespół budynków wielorodzinnych
Standard energetyczny	BZE
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 22,50 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	ok. 12 mln €





Rysunek 4.5.13 Budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden, widok na galerię, źródło: https://www.bogevisch.de



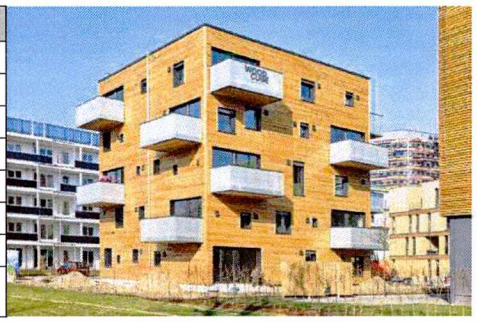
Rysunek 4.5.14 Budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden, widok na dziedziniec wewnętrzny, źródło: https://www.bogevisch.de

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ odcinkowy	-
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji – 2 - 3
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,34 / 0,47
Układ komunikacyjny	Układ mieszany	Układ galeriowy oraz bezklatkowy
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	■ Ukł. galeriowy – str. wschodnia ■ Ukł galeriowy – w centrum rzutu
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	0 – 2 Mieszkania
Ilość mieszkań	Budynek duży	Liczba mieszkań - 81
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie i duże	Wielkość mieszkań – 55 – 110 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania mieszane	Mieszkania prywatne oraz komunalne
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ rozkładowy
	Mieszkania dwupoziomowe	Układ jednoprzestrzenny i rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwu- i trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie zachodniej ■ Kuchnia po stronie wschodniej ■ Łazienka po stronie wschodniej
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2•K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 1,0
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku zachodnim	Stopień przeszklenia S: 2 W: 3 E: 2 N: 1
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wybranych elewacjach	Zastosowany system zacienienia S: Zewnętrzne rolety tekstylne W: Balkony, zewnętrzne rolety tekstylne E: Galerie, balkony, zewnętrzne rolety tekstylne

		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło zdalczynne	Grzejniki	
Nośnik energii	-	-	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zdecentralizowana	Osobne centrale w każdym budynku	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Różne źródła ciepła	-	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Zdecentralizowane	2 zasobniki o średnicy 4 m zintegrowane z budynkiem	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Brak	-	
Lokalizacja instalacji PV	Brak	-	
Sposób montażu paneli PV	Brak	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak	-	

WOODCUBE

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Hamburg, Niemcy
Autor projektu	Architekturagentur
Data realizacji	2013
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	Pasywny PHI
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 20,8 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	ok. 2,6 mln €





Rysunek 4.5.15 Budynek Woodcube, widok od strony północnej, źródło: https://www.architekturagentur.de



Rysunek 4.5.16 Budynek Woodcube, montaż prefabrykowanego stropu z drewna klejonego, źródło: https://www.architekturagentur.de

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ punktowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 5 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,4
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja w środku budynku
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	■ 0 – 4 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 9
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 100 – 200 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ rozkładowy
	Mieszkania dwupoziomowe	Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka po stronie wschodniej lub zachodniej
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,19 W/(m^2•K) (ściany) ■ U = 0,105 W/(m^2•K) (dach) ■ U_W = 0,75 W/(m^2•K) ■ Przegrody zewnętrzne i wewnętrzne wykonane z prefabrykowanych paneli z drewna klejonego ■ Balkony na konstrukcji zdylatowanej
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,8
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek lekki	Żelbetowy rdzeń komunikacyjny poprawiający pojemność cieplną
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym, zachodnim i wschodnim	Stopień przeszklenia
		S 3
		W 3
		E 3

		N	2
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	Zastosowany system zacienienia	
		S	Zewnętrzne rolety aluminiowe
		W	Zewnętrzne rolety aluminiowe
		E	Zewnętrzne rolety aluminiowe
		N	Zewnętrzne rolety aluminiowe
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło zdalczynne	■ Zastosowanie tylko uzupełniające ■ Podgrzanie powietrza nawiewanego	
Nośnik energii	-	-	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła		
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	■ Wentylacja indywidualna pomieszczeń ■ Indywidualne urządzenia wentylacyjne z odzyskiem ciepła	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Różne źródła ciepła	-	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych	-	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Brak	Planowana instalacja PV nie powstała	
Lokalizacja instalacji PV	Brak	-	
Sposób montażu paneli PV	Brak	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak	-	

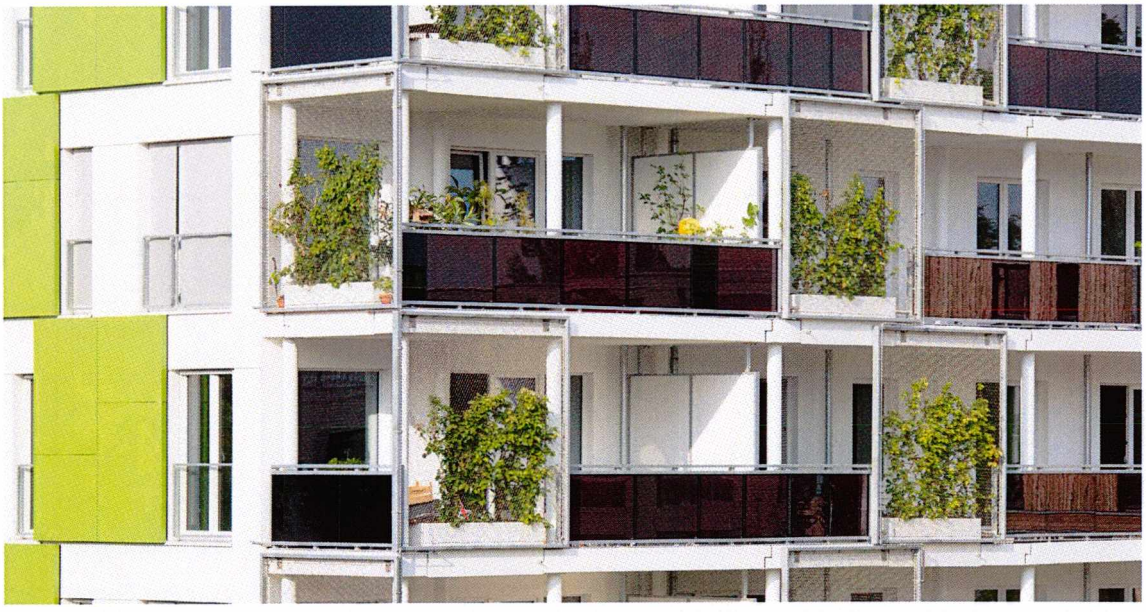
SMART IS GREEN

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Hamburg, Niemcy
Autor projektu	Zillerplus Architekten und Stadplaner
Data realizacji	2013
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	Plusenergetyczny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 12 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Plusenergy House, PHI
Koszt budowy	ok. 4,4 mln €





Rysunek 4.5.17 Budynek Smart is Green, widok od strony północnej, źródło: http://zillerplus.de



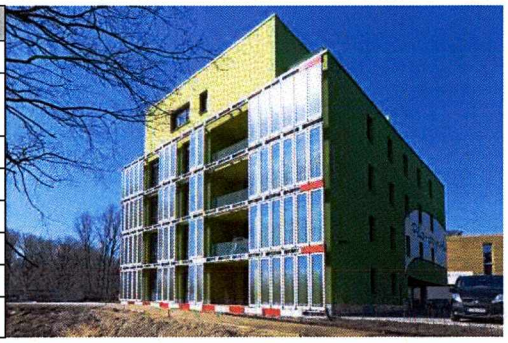
Rysunek 4.5.18 Budynek Smart is Green, widok na południowe balkony, źródło: http://zillerplus.de

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ odcinkowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji - 5
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,33
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	-
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 14
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 86 – 127 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	■ Układ amfiladowy ■ Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie jedno- i trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania lub po stronie północnej ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2·K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2·K) ■ Balkony na konstrukcji zdylatowanej
Szczelność obudowy	Brak danych	-
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	-
Akumulacyjność semipasywna	Wykorzystanie PCM	Wewnętrzne zasłony wykonane z PCM – akumulacja krótkoterminowa
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S 4 W 3 E 3 N 1
Zacienienie przeszkleń		Zastosowany system zacienienia

	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	S	Balkony, zewnętrzne ogrody wertykalne, ogniwa PV wbudowane w balustradę
		W	Wewnętrzne zasłony PCM
		E	Wewnętrzne zasłony PCM
		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne połączone ze zdalczynnym	■ Zastosowanie tylko uzupełniające ■ Ogrzewanie podłogowe	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	Wentylacja indywidualna mieszkań	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Częściowe wspólne źródło ciepła	Kolektory słoneczne	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Centralne	-	
Sposób magazynowania energii	Wykorzystanie ciepła przemian fazowych PCM	Zbiornik PCM dla średnioterminowej akumulacji ciepła z kolektorów słonecznych	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach oraz elewacje	Brak danych	
Sposób montażu paneli PV	Elementy dodane oraz zintegrowane	■ Ogniwa PV zamontowane na dachu jako elementy dodane ■ Ogniwa PV zamontowane na elewacji jako elementy zintegrowane z balustradami	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie ok. 20% całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Zmagazynowanie długoterminowe (oddanie lub odsprzedaż do sieci)	-	

BIQ

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Hamburg, Niemcy
Autor projektu	Zillerplus Architekten und Stadplaner
Data realizacji	2013
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	Pasywny
Zapotrzebowanie na Eu	Brak danych
Przyznane certyfikaty	PHI
Koszt budowy	ok. 4,5 mln €





Rysunek 4.5.19 Budynek BIQ, widok od strony południowej, źródło: http://www.splitterwerk.at



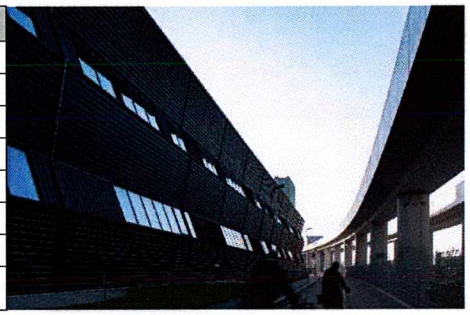
Rysunek 4.5.20 Budynek BIQ, elewacyjne zbiorniki z algami, źródło: http://www.splitterwerk.at

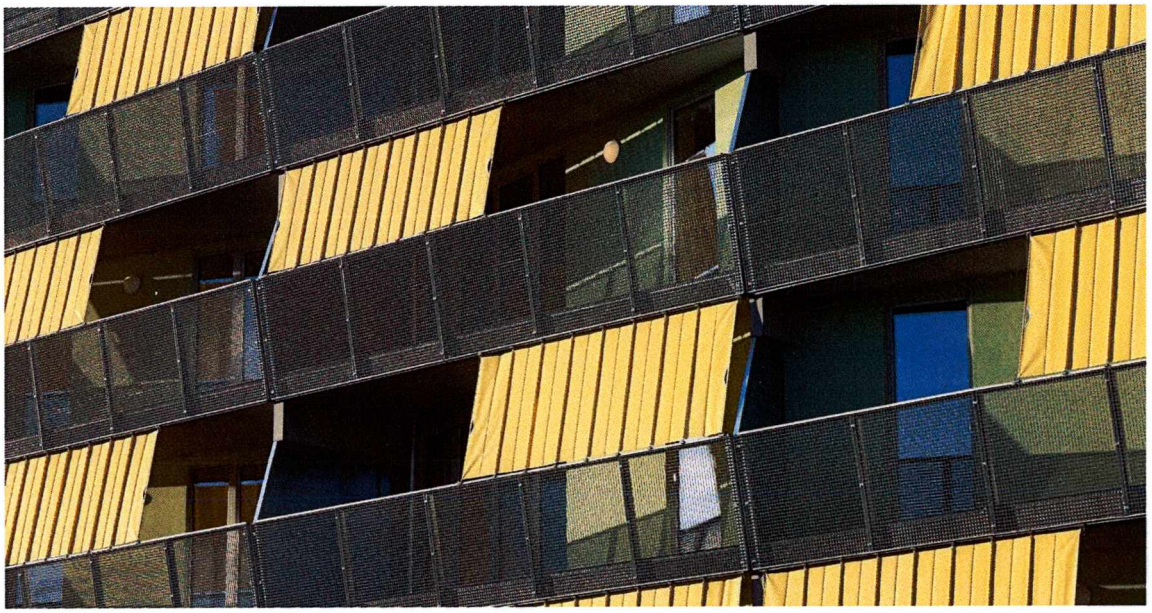
Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ punktowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji - 5
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,44
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	0 – 5 – Mieszkania
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 14
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie i duże	Wielkość mieszkań – 50 – 120 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2•K)
Szczelność obudowy	Brak danych	-
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane Aktywne: ■ Ogniwa PV ■ Zbiorniki z agami
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S 4 W 2 E 4 N 1
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	Zastosowany system zacienienia S Loggie W Wewnętrzne okiennice E Loggie N Wewnętrzne okiennice
Cechy instalacyjne		
Ogrzewanie		
Źródło ciepła	Źródło centralne	-

Nośnik energii	OZE (w tym biomasa)	■ Pompa ciepła, zasilana energią pochodzącą z PV ■ Kogeneracja (biomasa – algi hodowane w zbiornikach na elewacji budynku)
Chłodzenie		
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-
Wentylacja		
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-
Lokalizacja systemów wentylacji	Brak danych	-
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-
C.W.U.		
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	
Nośnik energii	OZE (w tym biomasa)	■ Pompa ciepła, zasilana energią pochodzącą z PV ■ Kogeneracja (biomasa – algi hodowane w zbiornikach na elewacji budynku)
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	■ Pompa ciepła ■ Kogeneracja
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych	-
Sposób magazynowania energii	Wykorzystanie ciepła właściwego	Regeneracja dolnego źródła pompy ciepła
Energia elektryczna		
Lokalne źródła energii	■ Ogniwa PV ■ Kogeneracja (biomasa)	-
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Brak danych
Sposób montażu paneli PV	Brak danych	-
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak danych	-
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Zmagazynowanie długoterminowe (oddanie lub odsprzedaż do sieci)	-

MULTI-GENERATIONAL: LIVING AT MUHLGRUND

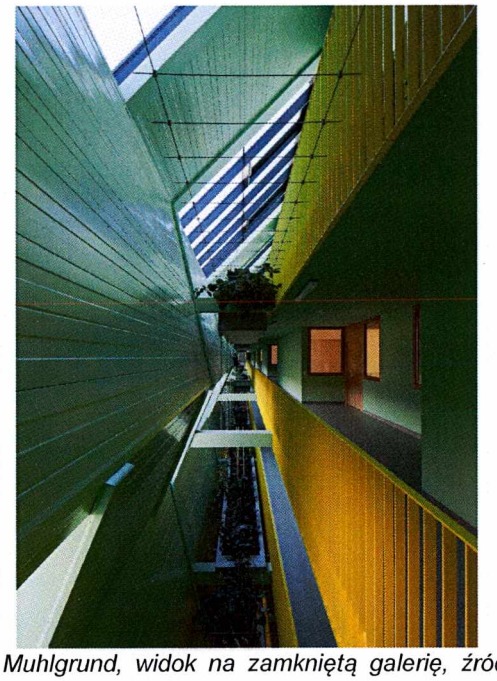
Metryka obiektu	
Lokalizacja	Wiedeń, Austria
Autor projektu	ARTEC Architekten
Data realizacji	2014
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	BZE
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 12 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	PHI
Koszt budowy	Brak danych





Rysunek 4.5.21 Budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund, widok od strony południowej, źródło: https://www.artec-architekten.at





Rysunek 4.5.22 Budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund, widok na zamkniętą galerię, źródło: https://www.artec-architekten.at

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 7 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,35
Układ komunikacyjny	Układ galeriowy	Galeria zamknięta
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	0 - Dom opieki dla osób starszych 1 – 6 – Mieszkania -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek średni	Liczba mieszkań - 53
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie i duże	Wielkość mieszkań – 60 – 120 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ cyrkulacyjny
	Mieszkania dwupoziomowe	Układ cyrkulacyjny
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Doświetlenie bezpośrednie od strony południowej ■ Doświetlenie pośrednie od strony północne przez galerię ■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia po stronie północnej (przy galerii) ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2·K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2·K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,26
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S 4
		W 1
		E 1
		N 2

Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające tylko na elewacji południowej	Zastosowany system zacienienia	
		S	Balkony, zewnętrzne rolety tekstylne
		W	Brak
		E	Brak
		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Brak danych	-	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Kolektory słoneczne	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych		
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Brak	-	
Lokalizacja instalacji PV	Brak	-	
Sposób montażu paneli PV	Brak	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak	-	

AKTIV-STADTHAUS

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Frankfurt nad Menem, Niemcy
Autor projektu	ARTEC Architekten
Data realizacji	2014
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	Plusenergetyczny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 18 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	Brak danych





Rysunek 4.5.23 Budynek Aktiv-Stadthaus, fragment elewacji południowej, źródło: https://www.hhs.ag



Rysunek 4.5.24 Budynek Aktiv-Stadthaus, widok z góry, źródło: https://www.hhs.ag

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 8 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,26
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	■ 0 – 7 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek średni	Liczba mieszkań - 74
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie i duże	Wielkość mieszkań – 65 – 140 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	■ Układ amfiladowy ■ Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwu- I trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,15 W/(m^2•K) (wszystkie przegrody) ■ U_W = 0,75 W/(m^2•K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,6
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek średni	
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S: 4
		W: 3
		E: 3
		N: 2
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wybranych elewacjach	Zastosowany system zacienienia
		S: Loggie, zewnętrzne rolety aluminiowe
		W: Balkony
		E: Balkony
		N: Brak
Cechy instalacyjne		

Ogrzewanie		
Źródło ciepła	Źródło centralne	-
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła, zasilana energią pochodzącą z PV ■ Odzysk ciepła z kanalizacji deszczowej i sanitarnej
Chłodzenie		
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-
Wentylacja		
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zdecentralizowana	Centrale na każdy segment budynku
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Wspomaganie OZE	Zasilanie wentylacji energią pochodzącą z PV
C.W.U.		
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła, zasilana energią pochodzącą z PV ■ Odzysk ciepła z kanalizacji deszczowej i sanitarnej
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Pompa ciepła
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Zdecentralizowane	Zasobnik na każdy segment budynku
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-
Energia elektryczna		
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-
Lokalizacja instalacji PV	Dach oraz elewacje	■ Powierzchnia instalacji na dachu – ok. 1600 m^2 ■ Powierzchnia instalacji na elewacji – ok. 600 m^2 ■ Łączna powierzchnia instalacji– ok. 2200 m^2
Sposób montażu paneli PV	Elementy zintegrowane	■ Całkowite pokrycie dachu ■ Prawie całkowite pokrycie elewacji
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Połączone zmagazynowanie krótko i długoterminowe	■ Ładowanie pojazdów elektrycznych ■ Magazynowanie w akumulatorach ■ Odsprzedaż do sieci

VILLA NOVA

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Warszawa, Polska
Autor projektu	Innebo sp. z o.o.
Data realizacji	2015
Funkcja	Budynek wielorodzinny
Standard energetyczny	Pasywny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 15 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	PHI
Koszt budowy	



Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ odcinkowy	-
Wysokość budynku	Budynek niski	Liczba kondygnacji – 3 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,36
Układ komunikacyjny	Układ klatkowy	-
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Budynek wielorodzinny	■ 0 – 2 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Budynek mały	Liczba mieszkań - 6
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania duże	Wielkość mieszkań – 100 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania prywatne	-
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie trójstronne	■ Strefa dzienna po stronie zachodniej ■ Kuchnia po stronie zachodniej ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,095 W/(m^2·K) (ściany) ■ U = 0,06 W/(m^2·K) (dach) ■ U_W = 0,70 W/(m^2·K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,49
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne wykorzystanie zysków solarnych	■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek lekki	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		

Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia	
		S	4
		W	3
		E	2
		N	0
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wybranych elewacjach	Zastosowany system zacienienia	
		S	Zewnętrze rolety aluminiowe (wybrane okna)
		W	Zewnętrze rolety aluminiowe (wybrane okna)
		E	Brak
		N	Brak
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło miejscowe	Klimakonwektory	
Nośnik energii	OZE	Indywidualne pompy ciepła	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	System aktywny	Klimakonwektory	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja indywidualna	Wentylacja indywidualna mieszkań	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło miejscowe	-	
Nośnik energii	OZE	Indywidualne pompy ciepła	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Indywidualne pompy ciepła	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Indywidualne	-	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Brak	-	
Lokalizacja instalacji PV	Brak	-	
Sposób montażu paneli PV	Brak	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak	-	

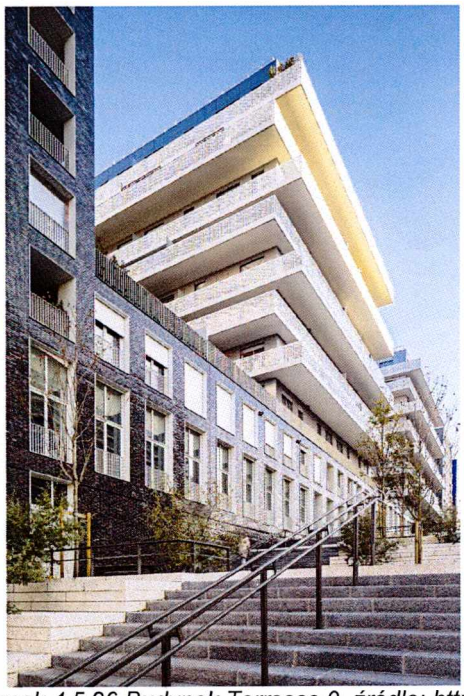
TERRASSE 9

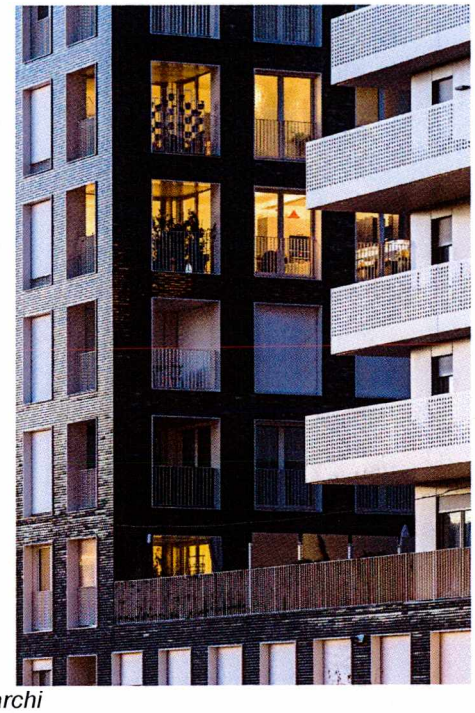
Metryka obiektu	
Lokalizacja	Nanterre, Francja
Autor projektu	Hegger Schleiff Planer + Architekten
Data realizacji	2015
Funkcja	Zespół wielofunkcyjny
Standard energetyczny	Plusenergetyczny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 23 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	ok. 23 mln €





Rysunek 4.5.25 Budynek Terrasse 9, widok od strony południowej, źródło: https://azc.archi





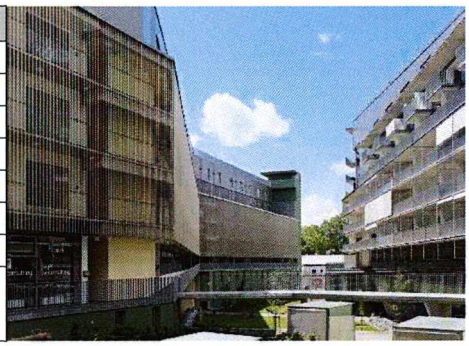
Rysunek 4.5.26 Budynek Terrasse 9, źródło: https://azc.archi

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	Budynek punktowo-liniowy
Wysokość budynku	Budynek wysoki	Liczba kondygnacji – 10 (+2 podziemne)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,3
Układ komunikacyjny	Układ korytarzowy	
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej i w środku rzutu
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Zespół wielofunkcyjny	■ 0 – Usługi ■ 1 – 3 – Biura ■ 4 – 9 – Mieszkania ■ -2 - -1 – Parking
Ilość mieszkań	Budynek duży	Liczba mieszkań - 147
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Mieszkania średnie i duże	Wielkość mieszkań – 40 – 100 m^2
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania mieszane	Mieszkania prywatne oraz socjalne
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	■ Układ jednoprzestrzenny ■ Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie jedno- i dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej lub zachodniej ■ Kuchnia w centrum mieszkania ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Brak danych	-
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,4
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane Aktywne: ■ Kolektory słoneczne ■ Ogniwa PV
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Brak danych	-
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia S 4 W 3 E 3 N 2
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające na wszystkich elewacjach	Zastosowany system zacienienia S Balkony W Balkony

		E	Balkony
		N	Balkony
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła ■ Odzysk ciepła z kanalizacji sanitarnej	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak aktywnego źródła chłodzenia	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Wentylacja zdecentralizowana	-	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Brak wykorzystania OZE	-	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne	-	
Nośnik energii	OZE	■ Pompa ciepła ■ Odzysk ciepła z kanalizacji sanitarnej	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła	Pompa ciepła	
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Zdecentralizowane	Zasobnik na każdy segment budynku	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Ogniwa PV	-	
Lokalizacja instalacji PV	Dach	Powierzchnia instalacji – 1300 m^2	
Sposób montażu paneli PV	Elementy dodane	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak danych	-	

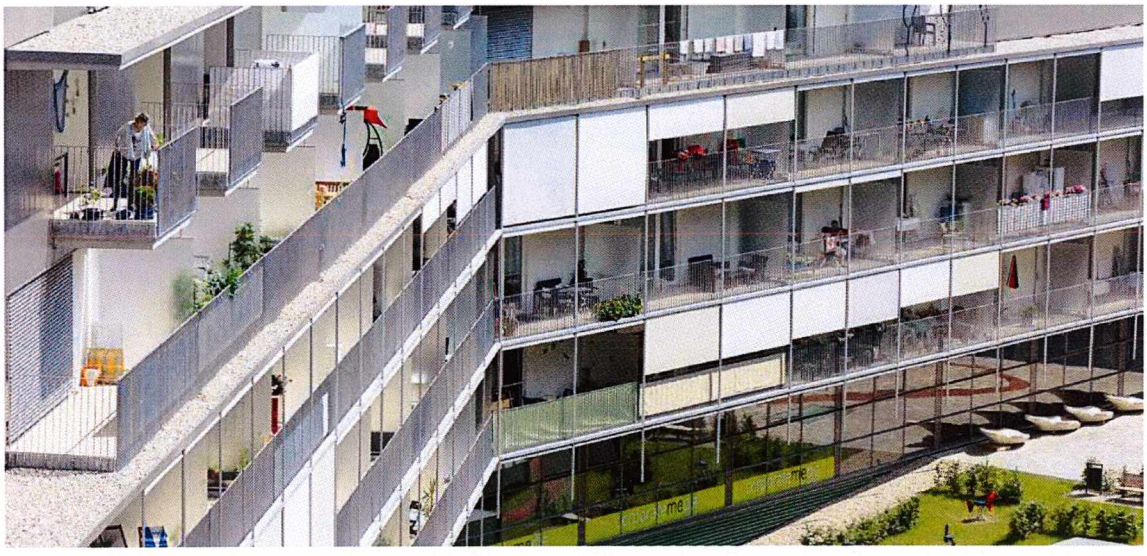
MESSEQUARTIER

Metryka obiektu	
Lokalizacja	Graz, Austria
Autor projektu	Markus Pernthaler
Data realizacji	2017
Funkcja	Zespół wielofunkcyjny
Standard energetyczny	Pasywny
Zapotrzebowanie na Eu	Eu = 27,14 kWh/m2a
Przyznane certyfikaty	Brak danych
Koszt budowy	ok. 57 mln €





Rysunek 4.5.27 Budynek Messequartier, widok od strony południowej, źródło: http://pernthaler.at



Rysunek 4.5.28 Budynek Messequartier, widok na wewnętrzny dziedziniec, źródło: http://pernthaler.at

Wyodrębnione cechy	Cecha ogólna	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Układ liniowy	-
Wysokość budynku	Budynek średniowysoki	Liczba kondygnacji – 9 (+1 podziemna)
Zwartość bryły	Budynek o średniej zwartości	A/V = 0,26
Układ komunikacyjny	Układ mieszany	■ Układ korytarzowy ■ Układ galeriowy
Strefowanie termiczne budynku	Występuje	Komunikacja po stronie północnej lub w środku rzutu
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Zespół wielofunkcyjny	■ 0 – 3 – Biura i mieszkania ■ 4 – 9 – Mieszkania ■ -1 - Parking
Ilość mieszkań	Brak danych	-
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Brak danych	-
Typ użytkowania mieszkań	Mieszkania mieszane	Mieszkania prywatne oraz prywatne celowe
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Mieszkania jednopoziomowe	■ Układ jednoprzestrzenny ■ Układ rozkładowy
Strefowanie termiczne mieszkania	Doświetlenie dwustronne	■ Strefa dzienna po stronie południowej ■ Kuchnia po stronie północnej ■ Łazienka w centrum mieszkania
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Izolacji o podwyższonych parametrach	■ U = 0,18 W/(m²·K) (ściany) ■ U = 0,11 W/(m²·K) (dach) ■ U_W = 0,80 W/(m²·K)
Szczelność obudowy	Podwyższona szczelność powietrzna obudowy	n_{50} = 0,4
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Pasywne i aktywne wykorzystanie zysków solarnych	Pasywne: ■ Strefowanie termiczne ■ Przeszklenia zorientowane
		Aktywne: ■ Kolektory słoneczne
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Budynek ciężki	
Akumulacyjność semipasywna	Brak	-
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym	Stopień przeszklenia
		S: 4
		W: 3
		E: 3
		N: 2
Zacienienie przeszkleń	Systemy zacieniające tylko na elewacji południowej	Zastosowany system zacienienia
		S: Balkony, zewnętrzne rolety tekstylne
		W: Brak danych

		E	Brak danych
		N	Brak danych
Cechy instalacyjne			
Ogrzewanie			
Źródło ciepła	Źródło centralne połączone ze zdalczynnym	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne - zastosowanie tylko uzupełniające	
Chłodzenie			
Systemy chłodzenia aktywnego	Brak danych	-	
Wentylacja			
System wentylacji	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	-	
Lokalizacja systemów wentylacji	Brak danych	-	
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Wykorzystanie OZE	Podgrzanie powietrza nawiewanego przy wykorzystaniu pompy ciepła	
C.W.U.			
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Źródło centralne oraz zdalczynne	-	
Nośnik energii	OZE	Kolektory słoneczne	
Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.	Wspólne źródło ciepła		
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Brak danych	-	
Sposób magazynowania energii	Brak magazynowania energii	-	
Energia elektryczna			
Lokalne źródła energii	Brak	-	
Lokalizacja instalacji PV	Brak	-	
Sposób montażu paneli PV	Brak	-	
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej	Brak	-	
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej	Brak	-	

ROZDZIAŁ 5. PODSUMOWANIE

Rozdział podsumowuje wyniki badań oraz przedstawia rezultat pracy. Zostały w nim zawarte osiągnięcia pracy, ocena spełnienia wstępnie założonych celów oraz ocena realizacji tez badawczych. Została również dokonana ocena przyjętego zakresu oraz metod pracy. Rozdział przedstawia wnioski, podsumowujące wyniki badań nad określonymi problemami. Podjęta zostaje również próba nakreślenia możliwych dalszych kierunków badań na podstawie niniejszej pracy.

Zawartość rozdziału:

- Wprowadzenie
- Podsumowanie wyników badań
- Wnioski
- Kierunki dalszych badań

Podsumowanie pracy przedstawia osiągnięte, w ramach prowadzonych badań, rezultaty. W pierwszej kolejności zostały przedstawione wyniki badań, zawierające ocenę zrealizowania założonych celów pracy, ocenę realizacji tez badawczych, ocenę przyjętego zakresu oraz metody pracy. Następnie przestawiono wnioski zawierające podsumowanie wyników badań, spostrzeżeń autora oraz nakreślono kierunki dalszych badań.

5.1. Wprowadzenie

Wkład niniejszej pracy w rozwój nauki obejmuje przede wszystkim rozpoznanie i systematykę problematyki budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Za główne osiągnięcie, autor uznaje opracowanie i walidację zbioru cech charakterystycznych BWBZE. Został on opracowany w oparciu o wyodrębnione przez autora obszary – projektowy i energetyczny wraz z ich podziałem. W obrębie podzielonych obszarów, dokonano również wyodrębnienia cech charakterystycznych BWBZE wraz z ich usystematyzowaniem, analizą oraz uzasadnieniem stosowania. Pod czas walidacji przyjętych cech, autor wyodrębnił również 5 hybrydowych typów bryły budynków wielorodzinnych.

Za wkład pośredni można również uznać dokonanie szczegółowego przeglądu literatury przedmiotu oraz uwarunkowań formalno-prawnych, polskich oraz unijnych, pod kątem wyodrębnienia uwarunkowań budynków wielorodzinnych BZE. Przeprowadzone badania wykazują znaczną różnorodność stosowania rozwiązań architektonicznych oraz z pogranicza dziedziny architektury i konstrukcji, inżynierii środowiskowej oraz instalacji elektrycznych. Wyodrębnienie tych rozwiązań stanowić może podstawę do prowadzenia

dalszych badań w kierunku wdrażania budynków, nie tylko, wielorodzinnych BZE na terenie Polski. Wyniki pracy mają stanowić również praktyczne wskazówki dla projektantów jak również pełnić rolę dydaktyczną.

Podjęty problem badawczy oraz określenie celów i metody pracy autor uznaje za zasadne. Zajęcie się tematyką budynków blisko zeroenergetycznych, a w szczególności, budynkami wielorodzinnymi autor uznaje za słuszną decyzję. Kontekst środowiskowy oraz formalno-prawny, przytoczony w pracy udowadnia, że jest to zarówno temat bardzo aktualny, w chwili pisania pracy jak i w niedalekiej przyszłości. Tematyka jest również na tyle powszechne, że potencjalnie dotyka bardzo dużej części polskie społeczeństwa, co było ważne dla autora.

Dokonując krytycznej refleksji nad przeprowadzonymi badaniami, autor raz jeszcze podjąłby tę tematykę w przyjętej formie. Należałoby zastanowić się jednak nad przyjętym zakresem pracy i ograniczeniem do analizy budynków pochodzących z krajów europejskich, głównie z krajów unijnych. Autor uznaje za stosowne, w kontekście Dyrektywy 2010/31/UE, wybranie obiektów, które zostały poddane badaniom. Uważa jednak, że włączenie realizacji pochodzących z poza Europy a leżących w strefie umiarkowanej ciepłej mogłoby wzbogacić wachlarz wyodrębnionych rozwiązań i cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych BZE. Autor jest świadom niewielkiej ilości przyjętych do badań przykładów. Ich liczba wynikała bezpośrednio z liczby zrealizowanych budynków wielorodzinnych BZE jak i z dostępności materiału badawczego. Na ten moment, autor uznaje jednak tę liczbę za wystarczającą na potrzeby podjętej tematyki. Rozważania autora nad innymi celami i metodami pracy związanymi z podjętą tematyką zawarto w podrozdziale 5.4.

5.2. Podsumowanie wyników badań

Podsumowanie wyników badań jest bezpośrednią odpowiedzią na postawione w pierwszym rozdziale rozprawy, założenia.

Podsumowanie obejmuje:

- Ocenę realizacji celów pracy,
- Ocenę realizacji tez badawczych,
- Ocenę przyjętego zakresu pracy,
- Ocenę przyjętej metody pracy.

5.2.1. Ocena realizacji celów pracy

W pracy został określony jeden cel główny oraz 3 cele pośrednie. Autor uznaje, że przyjęta metoda pracy pozwoliła na spełnienie założonych celów.

Cel główny zakładał określenie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Przeprowadzony w pierwszej kolejności przegląd literatury przedmiotu pod kątem wyodrębnienia cech charakterystycznych zarówno budynków wielorodzinnych oraz budynków BZE pozwolił na opracowanie autorskiego zbioru cech charakterystycznych, który został zawarty w *Rozdziale 3.* Następnie słuszność przyjętych cech została poddana walidacji. Do tego celu posłużyły badania analityczne przeprowadzone na grupie wybranych budynków wielorodzinnych.

Wspomniana już dostępność materiału badawczego ograniczyła liczbę przyjętych do badań budynków do 15 obiektów. Jednak w ocenie autora, wybrane reprezentatywne przykłady pozwoliły na walidację, czy wyodrębnione cechy można uznać za charakterystyczne dla budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Pierwszym z celów pośrednich było usystematyzowanie wiedzy dotyczącej budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Cel zrealizowano w dwóch etapach.

Pierwszym etapem była analiza uwarunkowań formalno-prawnych w Polsce. W tym celu dokonano przeglądu wybranej części ustawodawstwa unijnego, które miało bezpośredni wpływ na późniejsze zmiany w polskich wymogach stawianych budynkom. Na postawie przeglądu zostały wyodrębnione aktualne (na lata 2019-2021) wymagania stawiane budynkom BZE w Polsce.

W drugim etapie dokonano usystematyzowania, uporządkowania i sklasyfikowania rozwiązań uznanych za charakterystyczne dla budynków wielorodzinnych BZE. Zostało to zrealizowane na podstawie studiów literatury przedmiotu poświęconej zarówno budynkom wielorodzinnym oraz energooszczędnym a w szczególności budynkom wielorodzinnym blisko zeroenergetycznym. Na tej podstawie wyodrębniono wstępnie zbiór cech, które mogły zostać uznane za charakterystyczne dla BWBZE. Następnie dokonano walidacji wybory tych cech w oparciu o analizę wybranych, zrealizowanych budynków należących do przyjętego zakresu terytorialnego. Pozwoliło to na ostateczne przyjęcie zbioru cech charakterystycznych BWBZE.

Określenie kierunków dalszego rozwoju budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych oraz stworzenie podstaw do dalszych badań zawarto w podrozdziale 5.4.

5.2.2. Ocena realizacji tez badawczych

Przyjęta metoda pracy oraz przeprowadzone badania pozwoliły na weryfikację postawionych we wstępie tez:

> **Teza I** - istnieje zbiór cech charakterystycznych dla budynków wielorodzinnych BZE zlokalizowanych w strefie klimatycznej zbliżonej do strefy, w której leży Polska,
>
> **Teza II** - strategie pasywne są niewystarczające do osiągnięcia standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych, konieczne jest skorelowanie takich rozwiązań z generacją energii prowadzoną na miejscu,
>
> **Teza III** - warunkiem koniecznym osiągnięcia standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych jest obniżone zapotrzebowanie na energię użytkową dla celów ogrzewania, chłodzenia i wentylowania.

Teza I

Pierwsza teza zakładała istnienie zbioru cech charakterystycznych dla budynków wielorodzinnych BZE zlokalizowanych w strefie klimatycznej zbliżonej do strefy, w której leży Polska. Przeprowadzone studium literatury przedmiotu pozwoliło na wyodrębnienie zbioru cech charakterystycznych, które następnie zostały zweryfikowane na podstawie analizy wybranych przykładów budynków wielorodzinnych BZE. Badania wykazały, że

istnieje zbiór cech charakterystycznych dla budynków wielorodzinnych BZE leżących w Europie, w strefie umiarkowanej ciepłej. Wyniki badań pokazały jednak, że nie wszystkie wstępnie wyodrębnione cechy uznać można za charakterystyczne. Ze względu na ich jednostkowe występowanie w analizowanych obiektach, należałoby w dalszych, pogłębionych badań dokonać analizy ich wpływu na osiągnięcie standardu BZE w oparciu o obliczenia energetyczne, co autor wyszczególnił w dalszej części podsumowania, jako jeden z możliwych dalszych kierunków badań.

Teza II

Druga z postawionych tez dotyczyła niewystarczającej roli strategii pasywnych w osiągnięciu standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych i konieczności skorelowania takich rozwiązań z generacją energii prowadzoną na miejscu. Biorą pod uwagę założenia pracy i przyjętą na jej potrzeby definicję budynku BZE jak obiektu spełniającego warunki zawarte w WT 2021 nie można stwierdzić jednoznacznie, że teza jest poprawna. Zważywszy na fakt, że w świetle obowiązujących wymagania w Polsce, obiekt wielorodzinny BZE musi spełnić wymagany maksymalny wskaźnik energii pierwotnej EP= 65 kWh/m^{2}a, istnieje bardzo duże prawdopodobieństwo spełnienia go bez konieczności angażowania rozwiązań generujących energię na miejscu. Tym samym należy stwierdzić, że w tym kontekście strategie pasywne mogą być wystarczające.

Należy jednak odwołać się do pozostałych, przytoczonych w pracy definicji budynków ZEB orz (n)nZEB, których podstawą definicji jest zerowy (lub blisko zerowy) bilans energii dostarczonej oraz energii wygenerowanej na miejscu (odpowiednio energii końcowej i pierwotnej).Tym samym, strategie pasywne nie mogą być wystarczające dla uzyskania standardu ZEB lub (n)nZEB i wymagają wykorzystania rozwiązań generujących energię na miejscu.

Teza III

Trzecia z postawionych w pracy tez zakłada, że warunkiem koniecznym osiągnięcia standardu blisko zeroenergetycznego w budynkach wielorodzinnych jest obniżone zapotrzebowanie na energię użytkową dla celów ogrzewania, chłodzenia i wentylowania. Podobnie jak w przypadku tezy II, słuszność postawionej tezy należy rozpatrywać w kontekście przyjętej w pracy definicji budynku BZE oraz w kontekście 2 pozostałych przywołanych definicji. Biorąc pod uwagę definicję przyjętą w pracy, jako obowiązującą można stwierdzić, że teza jest prawdziwa. Wymagana cząstkowa wartość współczynnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody na poziomie nie większym niż EP= 65 kWh/m^{2}a wskazuje, chodź niejednoznacznie, na konieczność zaprojektowania budynku o stosunkowo niskim zapotrzebowaniu na energię na przytoczone cele. Ze względu na charakterystykę wartości energii pierwotnej nie jest ona dokładnym wskaźnikiem energochłonności budynku.

Rozpatrując tezę pod kątem pozostałych dwóch definicji, przytoczonych w pracy, w których musi zaistnieć produkcja energii na miejscu (budynki ZEB oraz (n)nZEB) twierdzenie nie może zostać jednoznacznie uznane za słuszne. Jest, bowiem szansa zaprojektowania generacji energii w takiej ilości by pokryła energię dostarczoną do budynku. Należy jednak rozpatrzyć granice bilansowania. Biorąc pod uwagę, że urządzenia generujące muszą znaleźć się na budynku lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie może okazać się, że przy nadmiernym zużyciu energii przez budynek, dostępne miejsce będzie zbyt małe by wygenerować odpowiednią ilość energii. W części

pracy, poświęconej kierunkom dalszych badań, autor proponuje rozwiązanie, jakim mogłyby być proste narzędzia umożliwiające projektantom oszacowanie możliwości doprowadzania budynku do standardu BZE przy założonym zapotrzebowaniu energetycznym bądź przy założonej wielkości bryły budynku.

5.2.3. Ocena przyjętego zakres pracy

W pracy zostały przyjęte 3 główne zakresy:

- Zakres merytoryczny,
- Zakres terytorialny,
- Zakres czasowy.

Ocena zakresu merytorycznego

Przyjęty zakres merytoryczny został rozdzielony na dwa zagadnienia – akty prawne oraz literaturę przedmiotu obejmująca tematykę budynków wielorodzinnych oraz energooszczędnych, a w szczególności blisko zeroenergetycznych. Powyższy zakres uważa się za słuszny. Analiza kluczowych aktów prawnych Unii Europejskiej pozwoliła na zrozumienie przyczyny zmian w polskim ustawodawstwie, które ma bezpośredni wpływ na kształtowanie obecnie i w przyszłości budynków BZE na terenie Polski. Przegląd aktów prawny wraz z analizą literatury przedmiotu pozwolił na zdefiniowanie podstawowego podziału budynków zeroenergetycznych oraz przyjęcia obowiązującej dla pracy definicji budynku blisko zeroenergetycznego. Literatura przedmiotu pozwoliła również na usystematyzowanie i wyodrębnienie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych, co było głównym celem pracy.

Ocena zakresu terytorialnego

Za zakres terytorialny przyjęto dwa kryteria – budynki zrealizowane w strefie umiarkowanej ciepłej oraz przede wszystkim w krajach należących do Unii Europejskiej lub w krajach leżących w Europie. Z punktu widzenia analizy aktów prawnych i przyjętej definicji budynku BZE, ograniczenie zakresu do krajów unijnych uznaje się za słuszne. Jednak, jak już wspomniano we wprowadzeniu niniejszego rozdziału, rozszerzenie zakresu o kraje spoza UE, leżące jednak w strefie umiarkowanej ciepłej potencjalnie mogłoby wnieść do analiz więcej rozwiązań unikatowych. Jak wskazano w dalszej części podsumowania, rozszerzenie zakresu terytorialnego mogłoby być jednym z kolejnych kierunków badań.

Ocena zakresu czasowego

Zakres czasowy podyktowany został dostępnością materiału badawczego. Jak zostało wspomniane wcześniej, za pierwszy budynek wielorodzinnych BZE uznaje się obiekt pochodzący z roku 2002, jednak do badań włączono również obiekt plus energetyczny pochodzący z roku 2000, który stanowił dolną granicę zakresu czasowego. Górny zakres został ustalony również, jako wynik dostępności materiału badawczego i odpowiadał ostatniemu zrealizowanemu budynkowi wielorodzinnemu BZE, do którego autor był w stanie uzyskać niezbędne materiały źródłowe.

5.2.4. Ocena przyjętej metoda pracy

Zasadniczą część pracy podzielono na 3 problemy badawcze, którym przypisano odpowiednio kolejne etapy i rozdziały dysertacji. Dla każdego z przyjętych problemów obrano inne metody badawcze opisane we wstępie do pracy. W ocenie autora, przyjęte metody sprawdziły się i pozwoliło zgłębić określone problemy i spełnić cele pracy.

Przyjęte problemy badawcze:

- Uwarunkowania formalno-prawne wielorodzinnych budynków blisko zeroenergetycznych w Polsce (Rozdział 2. Uwarunkowania formalno-prawne),
- Opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych (Rozdział 3. Zbiór cech charakterystycznych BWBZE),
- Walidacja opracowanego zbioru cech charakterystycznych na przykładzie wybranych obiektów zrealizowanych (Rozdział 4. Walidacja cech charakterystycznych).

Dla pierwszego problemu badawczego przyjęto metodę przeglądu systematycznego. Metoda ta pozwoliła na dokonanie analiz unijnych oraz polskich aktów prawnych mających wpływ na rozwój jak i kształt budynków BZE. Umożliwiło to określenie zakresu pracy i stworzyło podstawy do dalszych badań.

W kolejnym etapie pracy przyjęto metodę analizy i krytyki piśmiennictwa poświęconego zarówno podstawom projektowania budynków wielorodzinnych, energooszczędnych jak również budynków wielorodzinnych energooszczędnych, głównie blisko zeroenergetycznych. Analiza i porównanie dostępnych źródeł pozwoliło na spełnienie drugiego celu badawczego, jakim było opracowanie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Przyjęta dla trzeciego problemu badawczego metoda monograficzna oraz badania ex-post pozwoliły dokonać analizy opracowanego zbioru cech charakterystycznych dla budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Walidacji przyjętych cech dokonano na podstawie materiałów źródłowych dostępnych zarówno w literaturze przedmiotu, w Internecie oraz bezpośrednio przekazanych przez autorów wybranych do badań obiektów. Na podstawie wykonanej analizy można było stwierdzić, czy przyjęte cechy można uznać za charakterystyczne.

5.3. Wnioski

Przeprowadzona, w rozdziale 4., walidacja, pozwoliła na ocenę opracowanego zbioru cech charakterystycznych BWBZE. Poniżej w formie tabelarycznej, tabela 5.3.1, przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz porównawczych w odniesieniu do autorskiego zbioru cech charakterystycznych BWBZE zawartych w tabeli 3.2.5.

Założone w rozdziale 3. zbiory cech zostały w większości pozytywnie zweryfikowane poprzez analizy, z wyjątkiem cech instalacyjnych, dla których zaszła konieczność rewizji przyjętego podziału w obszarach chłodzenia, C.W.U. oraz instalacji elektrycznych. Powyższe zmiany wynikały zarówno z doszczegółowienia danego zagadnienia jak

również z braku powszechnego występowania w badanych obiektach, jak miało to miejsce w przypadku chłodzenia budynku.

Przedstawione w tabeli 5.3.1 zestawienie, potwierdza występowanie zbioru cech charakterystycznych BWBZE, co również jest potwierdzeniem postawionej tezy badawczej. Autor przyjął, zgodnie z zasadą podaną we wstępie do rozdziału 4., że dana cecha może zostać uznana za charakterystyczną, jeśli wystąpiła w co najmniej połowie badanych przypadków. Podjęte badania, zaprezentowane w rozdziale 3. pozwoliły na wyodrębnienie 30 cech, które uznano za charakterystyczne dla BWBZE. Po ich konfrontacji z realizacjami architektonicznymi stwierdzono, że za charakterystyczne można uznać 30. Badania potwierdziły również, że 5 z wyodrębnionych cech nie można uznać za charakterystyczne. Dla jednej z wyodrębnionych cech, autor nie uzyskał wystarczającej ilości materiałów badawczych by móc stwierdzić, czy można uznać ja za charakterystyczną. Dla 3 wyodrębnionych cech, postanowiono przyjąć, że są one prawdopodobne:

- Typologia bryły – wynik przeprowadzonych badań nie wskazał na jeden przeważający typ bryły budynku, jednak 12 z 15 badanych obiektów charakteryzowało się wydłużonymi bryłami (odcinkowa lub liniowa). Ze względu na tak przeważające występowanie wydłużonych brył nad bryłami punktowymi, autor uznał, że prawdopodobną cechą BWBZE jest ich wydłużony kształt bryły budynku,
- Układ komunikacyjny budynku – ze względu na występowanie układu klatkowego jedynie w 7 z 15 badanych obiektów, co nie spełnia założonego przez autora kryterium, rozwiązanie to zostało uznane za prawdopodobną cechę charakterystyczną BWBZE,
- Akumulacyjność pasywna – na podstawie przeprowadzonych analiz, nie można stwierdzić czy określona pojemność cieplna budynku jest cechą charakterystyczną BWBZE. Za cechę prawdopodobną, uznano dążenie do poprawy pojemności cieplnej budynku.

W tabeli zestawiono wyodrębnione w rozdziale 4. cechy charakterystyczne BWBZE, określono prawdopodobieństwo ich występowania oraz na podstawie zbadanych obiektów wskazano rozwiązania, które je spełniają.

Wyodrębnione cechy	Występowanie	Rozwiązania charakterystyczne
Cechy budynku i mieszkań		
Cechy charakterystyczne budynku		
Typologia bryły	Prawdopodobne	Bryła o wydłużonych kształtach – odcinkowa lub liniowa
Wysokość budynku	Tak	Budynki niskie oraz średniowysokie - odpowiednio do 4 i do 9 kondygnacji
Zwartość bryły	Tak	Budynki o bryle średniej zwartości – wartość A/V w przedziale 0,2 – 1,05
Układ komunikacyjny	Prawdopodobne	Układ klatkowy
Strefowanie termiczne budynku	Tak	Układ komunikacyjny przy północnej elewacji budynku
Układ funkcjonalno-przestrzenny budynku	Tak	Budynki wielorodzinne bez funkcji dodatkowych
Ilość mieszkań	Tak	Budynki małe – do 20 mieszkań
Cechy charakterystyczne mieszkań:		
Wielkość mieszkań	Nie	Obecne mieszkania o różnej wielkości
Typ użytkowania mieszkań	Tak	Mieszkania prywatne
Układ funkcjonalno-przestrzenny	Tak	Mieszkania jednopoziomowe w układzie rozkładowym

Strefowanie termiczne mieszkania	Tak	■ Mieszkania o doświetleniu dwu- i trójstronnym, ■ Strefa dzienna po południowej lub zachodniej stronie, ■ Łazienki w centrum mieszkania.
Cechy architektoniczno-budowlane		
Ograniczenie strat energii		
Izolacyjność termiczna oraz redukcja mostków termicznych	Tak	Stosowanie ciągłej izolacji o podwyższonych parametrach, w stosunku do wymogów stawianych w WT.
Szczelność obudowy	Tak	Podwyższona, w stosunku do WT, szczelność powietrzna obudowy
Zyski energetyczne		
Zewnętrzne zyski solarne	Tak	Wykorzystanie zewnętrznych zysków solarny w sposób pasywny (strefowanie termiczne mieszkań) i aktywny (generacja energii)
Wewnętrzne zyski termiczne	Brak danych	Brak danych
Akumulacja		
Akumulacyjność pasywna	Prawdopodobne	Obecne działania mające na celu poprawę pojemności cieplnej budynku
Akumulacyjność semipasywna	Nie	Pojedyncze rozwiązania wykorzystujące PCM
Wykorzystanie promieniowania słonecznego		
Przeszklenia zorientowane	Tak	Przeszklenia zorientowane w kierunku południowym
Zacienienie przeszkleń	Tak	Stosowanie stałych elementów półkowych na południowych elewacjach
Cechy instalacyjne		
Ogrzewanie		
Źródło ciepła	Tak	Zastosowanie centralnego źródła ciepła
Nośnik energii	Tak	Ogrzewanie z wykorzystaniem energii z OZE, głównie za pomocą pomp ciepła i/lub kolektorów słonecznych
Chłodzenie		
Systemy chłodzenia aktywnego[76]	Tak	Brak wykorzystania aktywnego systemu chłodzenia wnętrza budynków
Wentylacja		
System wentylacji	Tak	Wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła
Lokalizacja systemów wentylacji	Tak	Wentylacja indywidualna
Wspomaganie / wykorzystanie OZE	Nie	Pojedyncze wykorzystanie wspomagania przy wykorzystaniu OZE, za pomocą GWC, pomp ciepła, biomasy oraz dedykowanej energii elektrycznej z PV
C.W.U.		
Źródło ciepła na potrzeby C.W.U.	Tak	Zastosowanie centralnego źródła ciepła na potrzeby C.W.U.
Nośnik energii	Tak	Ogrzewanie z wykorzystaniem energii z OZE, głównie za pomocą kolektorów słonecznych

[76] Zrezygnowano z podziału na źródło chłodu oraz nośnik energii na rzecz określenia wykorzystania aktywnych systemów chłodzenia.

Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz C.W.U.[77]	Tak	Wykorzystanie głównie wspólnych pomp ciepła i/lub kolektorów słonecznych
Magazynowanie ciepła na potrzeby C.W.U.	Nie	Brak charakterystycznego miejsca magazynowania C.W.U.
Sposób magazynowania energii	Nie	Pojedyncze wykorzystanie magazynowania energii
Energia elektryczna		
Lokalne źródła energii[78]	Tak	Wykorzystanie paneli PV
Lokalizacja instalacji PV[77]	Tak	Lokalizowanie paneli PV na dachach
Sposób montażu paneli PV[77]	Tak	Elementy zintegrowane z obudową budynku
Przeznaczenie generowanej energii elektrycznej[77]	Tak	Pokrycie całkowitego zapotrzebowania budynku na energię
Sposób zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej[79]	Nie	Brak charakterystycznego sposobu wykorzystania nadwyżek generowanej energii elektrycznej

Tabela 5.3.1 Zestawienie zbioru cech i rozwiązań charakterystycznych dla BWBZE. Opracowanie własne

5.4. Kierunki dalszych badań

Zgodnie z jednym z przyjętych celów pośrednich pracy, na podstawie wyników analiz oraz spostrzeżeń autora, zaproponowano potencjalne kierunki dalszych badań nad zagadnieniem budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych.

Proponowane możliwości dalszych badań i wdrożeń wyników:

- **Weryfikacja polskiej definicji budynku blisko zeroenergetycznego,**
- **Rozszerzenie zakresu terytorialnego,**
- **Badania ankietowe mieszkańców,**
- **Platforma wymiany informacji,**
- **Narzędzia projektowe BIM,**
- **Rozszerzenie procesu projektowego,**
- **Budownictwo modułowe i prefabrykowane.**

Weryfikacja polskiej definicji budynku blisko zeroenergetycznych

Zdaniem autora obowiązująca w Polsce definicja budynku blisko zeroenergetycznego wynikająca z *Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii* powinna zostać poddana weryfikacji. Jak zostało wykazane w przeprowadzonych w niniejszej pracy analizach, zrealizowane w Europie budynki wielorodzinne BZE były obiektami o wyższej efektywności energetycznej niż ta, stawiana w WT 2021. Dodatkowo, obecna definicja nie stawia wymogów w odniesieniu do

[77] Dodano, w stosunku do pierwotnie opracowanego zbioru cech charakterystycznych BWBZE.
[78] Zrezygnowano z podawania ogólnych źródeł energii elektrycznej na rzecz podania jedynie tych lokalnych. Autor, ze względu na brak informacji jakoby któryś z wybranych budynków był obiektem samowystarczalnym w zakresie energii elektrycznej, założył, że wszystkie budynki pobierały energię elektryczną ze źródeł zdalczynnych.
[79] Zrezygnowano z podawania sposobów magazynowania energii elektrycznej na rzecz podania sposobów zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej.

generacji energii na miejscu, co, jak zostało wykazane, jest podstawą osiągnięcia przez budynek standardu ZEB lub nZEB.

Rozszerzenie zakresu terytorialnego

Kontynuacją przeprowadzonych badań, według autora, może być rozszerzenie zakresu terytorialnego na inne kraje leżące w zbliżonej do Polskiej strefie klimatycznej. Jest to wskazane przede wszystkim ze względu na zwiększenie miary analizowanych obiektów dla weryfikacji wyników badań. Dodatkowo umożliwiłoby rozpoznanie innych – nie tylko europejskich – rozwiązań.

Badania ankietowe mieszkańców

Przeprowadzenie badań ankietowych wśród mieszkańców wybranych do analiz budynków, jak również badania POE[80] nad wpływem zastosowanych rozwiązań pozwoliłby na uchwycenie realnych wyników budynków BZE. W pracy oparto się na materiałach źródłowych, które w przeważającej większości były założeniami projektowymi, bądź wynikami obliczeń energetycznych. W opinii autora, wartościowym wkładem w naukę byłoby przeanalizowanie realnych osiągnięć budynków pod kątem bilansu energetycznego, zwłaszcza po kilku latach od realizacji. Równocześnie, istotnym wydaje się przeprowadzenie ankiet wśród użytkowników pod kątem ich doświadczeń z mieszkania w budynku BZE. Autor w trakcie badań literatury przedmiotu dotarł do jednego opracowania traktującego powyższy problem. Jest to raport po 7 latach działania budynków BedZED – *BedZED seven years on. The impact of the UK's best known eco-village and its residents* (BioRegional 2009). Raport obejmuje m.in. wyniki badań nad realnym zużyciem energii oraz zasobów naturalnych oraz analizę jakości życia. Autor uważa, że wykonanie analogicznych raportów dla pozostałych budynków wybranych do badań, pozwoliłoby realnie ocenić przyjęte przez projektantów założenia.

Platforma wymiany informacji

Jedną z trudności w trakcie prowadzenia przez autora badań było uzyskiwanie kompletnych danych na temat wybranych budynków. Informacje zamieszczane na popularnych portalach internetowych zwykle zawierają jedynie podstawowe dane projektowe. Większość informacje energetyczne autorowi udało pozyskać się w bezpośrednim kontakcie z biurami projektowymi. Zasadną, wobec tego, wydaje się próba stworzenia platformy informacyjnej na temat budynków BZE. Biorąc pod uwagę fakt, że takie obiekty już od 2021 r. wymagane będą przepisami w UE, wymiana doświadczeń byłaby przydatna dla wielu badaczy jak i projektantów. Przykładem takich działań może być porozumienie pomiędzy Polską a Islandią, Liechtensteinem i Norwegią w sprawie Grantów EEA oraz Grantów Norweskich (Sowa 2017a s. 9), w ramach którego powstał w Polsce projekt *KODnZEB*. Zakłada on ścisłą współpracę Politechniki Warszawskiej z Norwegian University of Science and Technology z Trondheim. Założeniem programu jest wymiana wiedzy i eksperymentalne doprowadzenie dwóch budynków należących do Politechniki Warszawskiej do standardu ZEB.

Narzędzia projektowe BIM

W drodze postępującego wdrażania w Polsce oprogramowania typu BIM, zasadnym wydaje się kontynuowanie badań nad projektowaniem budynków wielorodzinnych BZE

[80] Badanie jakości życia użytkowników po zasiedleniu budynku, stanowi podstawę do tworzenie lepszych obiektów w przyszłości (Preiser i in. 2015), z ang. – *post-occupancy evaluation*.

z wykorzystaniem tej technologii. W Polsce istnieją na rynku programy dodatkowe lub nakładki na programy do projektowania służące optymalizacji energetycznej. Jednak często są one oparte o zagraniczne normy i wytyczne, jak np. standardy amerykańskie zaimplementowane w oprogramowaniu Autodesk Revit.

Autor, ze względu na swoją aktywność zawodową, uważa, że znaczącym ułatwieniem dla projektantów byłoby wprowadzenie polskich wymogów, norm i wytycznych do projektowania budynków BZE. Autor dostrzega dwutorowość takiego rozwiązania.

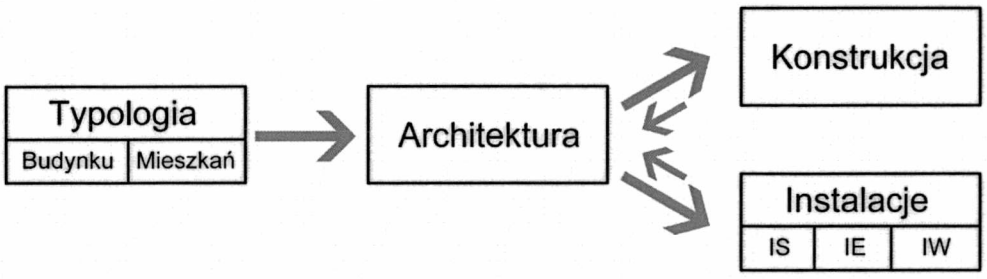
Z jednej strony mogłyby to być bardziej dokładne analizy bilansu energetycznego prowadzone na dalszych etapach procesu projektowego. Dzisiejsze standardy wykonywania takich obliczeń wymagają każdorazowego wprowadzenia modelu budynku do odpowiedniego oprogramowania, które następnie dokonuje analiz. Podstawą technologii BIM jest równoczesne otrzymywanie kompletu informacji w chwili wprowadzania zmian. Autor ma tutaj na myśli aktualizację na bieżąco zarówno kompletu rysunków technicznych, zestawień ilościowych jak również widoków 3D oraz wizualizacji. Zaimplementowanie narzędzi dokonujących w tym samym czasie analiz energetycznych pozwoliłoby na bardzo sprawne i szybkie operowanie zmianami projektowymi, np. rozkładem przeszkleń, pod kątem uzyskania jak najefektywniejszych rozwiązań w kontekście bilansu energetycznego.

Drugim możliwym rozwiązaniem jest wprowadzenie prostych narzędzi projektowych, które na wstępnym etapie bryłowo-koncepcyjnym budynku byłby w stanie, z dużym przybliżeniem, oszacować możliwość osiągnięcia w projektowanym budynku standardu BZE. Wstępne badania w tym kierunku zostały zaprezentowane przez autora na konferencji *Wiosenna Szkoła Fizyki Budowli i Środowiska „COTTONINA 2017"* (Michalski 2017). Ówczesne próby zakładały oszacowanie możliwości osiągniecia przez budynek standardu ZEB poprzez zainstalowanie paneli PV, jednak ten kierunek wymaga dalszych, bardziej dokładnych analiz i badań.

Rozszerzenie procesu projektowego

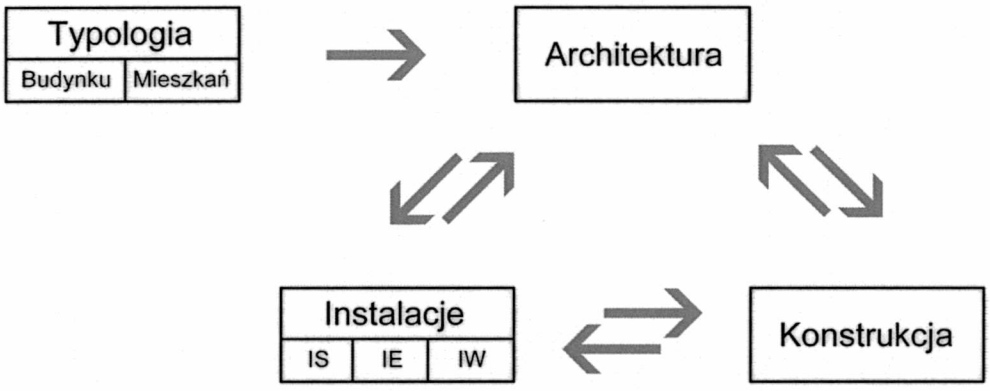
Większość publikacji dotyczących budynków energooszczędnych, a w szczególności BZE, z którymi spotkał się autor, było opracowaniami z punktu widzenia obszarów energetycznych. Autor w swojej pracy chciał pokazać zagadnienie budynków BWBZE bardziej przez pryzmat obszarów projektowych, nadając pracy bardziej praktyczny charakter, skierowany do architektów. Osiągnięcie standardu BZE wymaga skoordynowania wielu aspektów budynku, które często wykraczają poza podstawowy zakres projektu architektonicznego. Z tego powodu, przytoczone w pracy wymagania stawiane projektom budowlanym wydają się niewystarczające (Ryńska 2017).

W wielu przypadkach, z własnej praktyki, autor dostrzegł pewien utarty schemat procesu projektowego tzw. branż projektowych, tj. projektantów architektury, konstrukcji oraz systemów instalacyjnych, w tym instalacji sanitarnych (IS), instalacji elektrycznych (IE) oraz instalacji wentylacji (IW). Schemat ten dla budynków wielorodzinnych, zilustrowany na rysunku 5.4.1, zakłada wstępne założenie typologii zarówno budynku jak i mieszkań. Współpraca międzybranżowa często ograniczony jest jedynie do usuwania tzw. kolizji poszczególnych elementów budowlanych i instalacyjnych. W takim schemacie pracy, kwestia optymalizacji energetycznej praktycznie nie istnieje.



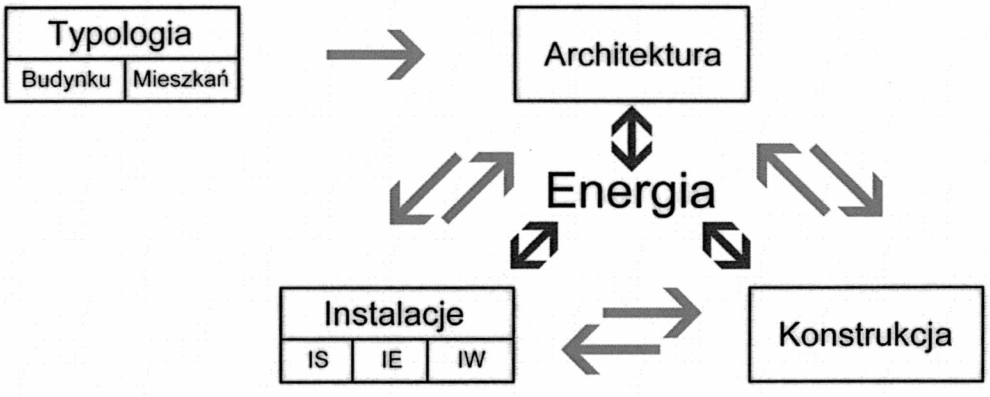
Rysunek 5.4.1 Podstawowy schemat procesu projektowego. Opracowanie własne

Drugim wariantem, zaobserwowanym przez autora, jest tzw. zintegrowany proces projektowy, zilustrowany rysunkiem 5.4.2. Zakłada on już ściślejszą współpracę wszystkich branż projektowych. Taki model, według autora, daje szansę na wprowadzenie optymalizacji energetycznej.



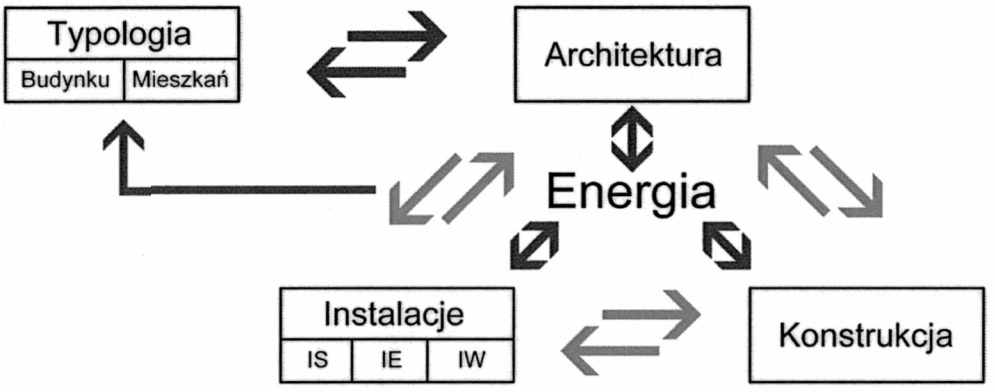
Rysunek 5.4.2 Zintegrowany proces projektowy. Opracowanie własne

Przy założeniu ścisłej współpracy międzybranżowej, autor widzi możliwość wdrożenia optymalizacji energetycznej, rysunek 5.4.3. Optymalizacja powinna wystąpić na styku wszystkich branż projektowych, tak by móc osiągnąć jak najlepsze efekty. Wciąż jednak, taki model pracy nie zakłada ingerencji w założenia wstępne dotyczące typologii budynku i mieszkań.



Rysunek 5.4.3 Zintegrowany proces projektowy połączony z optymalizacją energetyczną. Opracowanie własne

Jednak, według autora, jest możliwość osiągnięcia w pełni zintegrowanego procesu projektowego, rysunek 5.4.4.. Oprócz wzajemnej współpracy branż projektowych połączonych z optymalizacją energetyczną, autor postrzega dodatkową szansę w poprawie efektywności w przypadku wstecznej ingerencji w pierwotne założenia projektowego dotyczące typologii budynku jak i mieszkań. Walidacja wstępnych założeń na dalszym etapie projektu, na którym jest możliwe oszacowanie efektywności energetycznej budynku, pozwoliłaby wprowadzić niezbędne poprawy dla osiągnięcia możliwie najwyższej efektywności przez budynek.



Rysunek 5.4.4 W pełni zintegrowany proces projektowy połączony z optymalizacją energetyczną. Opracowanie własne

Budownictwo modułowe i prefabrykowane

Ostatnim kierunkiem dalszych badań, których podjęcie autor uważa za słuszne jest budownictwo modułowe o standardach blisko zeroenergetycznych. Zagadnienie budownictwa prefabrykowanego i modułowego jest co raz bardziej aktualne. Przyczyną jego rozwoju jest przede wszystkim czas potrzebny na zrealizowanie danego przedsięwzięcia budowlanego. Ma to swoje dwa powody. Z jednej strony inwestorzy lokujący kapitał chcą stosunkowo szybko rozpocząć korzystanie z budynku. Z drugiej strony, skrócenie czasu budowy oznacza również często obniżenie jej kosztów. Z perspektywy podjętej w pracy tematyki, budownictwo prefabrykowane potencjalnie posiada przewagę nad tradycyjnym sposobem wznoszenia budynków w dwóch aspektach. Po pierwsze wykonanie danych elementów w fabryce, nie na budowie, pozwala ustandaryzować rozwiązania wpływające na bilans energetyczny. Pozwala to również na potencjalnie dokładniejsze wykonanie elementów kluczowych jak warstw przegród, które odpowiadają za szczelność powietrzną budynku. Po drugie minimalizuje kwestie odpadów na budowie, co jest jednym z czynników zrównoważenia.

BIBLIOGRAFIA

LITERATURA

(1.) Adamczewska-Wejchert H. 1985. *Kształtowanie zespołów mieszkaniowych: wybrane współczesne tendencje europejskie*. Arkady, Warszawa.

(2.) Almusaed A. 2014. *Biophilic and bioclimatic architecture: analytical therapy for the next generation of passive sustainable architecture*. Springer, Londyn, Dordrecht, Heidelberg, Nowy Jork.

(3.) Amanowicz Ł., Szczechowiak E. 2017. *Zasady projektowania systemów wentylacji budynków energooszczędnych*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 48(2): 72–78.

(4.) America's Energy Future (Project), National Academy of Sciences (U.S.), National Academy of Engineering, National Research Council (U.S.), National Academies Press (U.S.) (Red.) 2010. *Real prospects for energy efficiency in the United States. National Academies Press*, Washington, D.C.

(5.) Ashok R. 2003. *Glossary of Terms Used i Sustainable Design*. W: Gissen (red.), Big & green: toward sustainable architecture in the 21st century. Princeton Architectural Press ; National Building Museum, New York : Washington, DC.

(6.) Atanasiu B. 2012. *Rozwój budownictwa o niemal zerowym zużyciu energii w Polsce*. W kierunku podstawowych definicji i programu wdrażania, Belgia: Building Performance Institute Europe.

(7.) Bać A. 2016. *Zrównoważenie w architekturze. Od idei do realizacji na tle doświadczeń kanadyjskich*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

(8.) Bać A., Kasperski J., Politechnika Wrocławska, Oficyna Wydawnicza 2013. *Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska praca zbiorowa*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

(9.) Bać Z. (Red.) 2003. *Psychologia organizacji przestrzeni środowiska mieszkaniowego - Habitaty 2003*. Politechnika Wrocławska, Wrocław.

(10.) Bać Z. (Red.) 2006. Habitaty bezpieczne. Habitaty 2006. Politechnika Wrocławska, Wrocław.

(11.) Bać Z. (Red.) 2009. *Habitaty pro-eko-logiczne. Habitaty 2009*. Politechnika Wrocławska, Wrocław.

(12.) Bać Z. (Red.) 2010. *Habitaty - zrównoważony rozwój środowiska mieszkaniowego - HABITATY 2010*. Politechnika Wrocławska, Wrocław.

(13.) Bać Z. (Red.) 2016. *Habitaty: mój piękny habitat*. Politechnika Wrocławska, Wrocław.

(14.) Bać Z., Bokun Z., Gierczak J., Jodłowiec E., Andrzejewski H., Bagiński E., … Żabiński R. 1978. *Wprowadzenie do projektowania osiedlowych struktur funkcjonalno-przestrzennych*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

(15.) Balcomb J. D. 1992. *Passive solar buildings*. MIT Press, Cambridge, Mass.

(16.) Baron T. 2016. *W kierunku domów aktywnych*. Zawód: Architekt 50(05/06): 76–79.

(17.) Bartkiewicz P., Cieśla J., Kalinowska-Sołtys A., Kupska-Kupis M., Pierzchalski M., Płoszaj-Mazurek M., … Zielonko-Jung K. 2017. *3xE Preludium*. Zarząd Główny SARP, Warszawa.

(18.) Bartkiewicz P., Ryńska E. 2017. *Zintegrowane projektowanie budynku, rozruch i odbiory techniczne instalacji.* W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 269–322.
(19.) Beck E., Ciołkiewicz M. 2007. *Recyrkulacyjne chłodzenie adiabatyczne.* Chłodnictwo i Klimatyzacja 5.
(20.) Berkebile B., McLennan J. 1999. *The living building.* Washington Times Publication.
(21.) Besler G. J., Burzyński Z., Małecki W. 1986. *Efekty pozyskiwania naturalnej energii gruntu. Badania systemów ogrzewnictwie wentylacji, klimatyzacji i ciepłownictwie.* Wrocław.
(22.) Biedrońska J., Figaszewski J. 2013. *Wykorzystanie schematów energetycznych w projektowaniu budynków energooszczędnych.* W: Bać A., Kasperski J. (red.), Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska praca zbiorowa. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s.: 61–70.
(23.) Bieranowski P. 2015. *Redukcja mostka cieplnego w istniejącym ustroju konstrukcyjnym poprzez zmianę modelu konstrukcji – balkony.* Przegląd budowlany 86(3): 10–14.
(24.) BioRegional 2009. *BedZED seven years on. The impact of the UK's best known eco-village and its residents*, BioRegional.
(25.) BPIE 2015. *Nearly Zero Energy Buildings Definitions Across Europe.* Buildings Performance Institute Europe.
(26.) Bradecki T., Twardoch A. 2013. *Współczesne kierunki kształtowania zabudowy mieszkaniowej.* Politechnika Śląska, Gliwice.
(27.) Broniewski T. 1980. *Historia architektury dla wszystkich.* Ossolineum, Wrocław.
(28.) Brophy V., Lewis J. O. (Red.) 2011. *A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design.* Earthscan, London.
(29.) Busby P. 2007. *Learning sustainable design. Perkins and Will*, Ideas+buildings, Janam.
(30.) Busby P. 2010. *Roadmap for the Integrated Design Process. Perkins and Will*, Stantec.
(31.) Chance T. 2009. *Towards sustainable residential communities; the Beddington Zero Energy Development (BedZED) and beyond.* Environment & Urbanization 21(2): 527–544.
(32.) Chochowski A., Czekalski D. 1999. *Słoneczne instalacje grzewcze.* Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa.
(33.) Chwieduk D. 2011. *Energetyka słoneczna budynku.* Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
(34.) Conference on Environment and Development (Red.) 1994. *Agenda 21: Programme of action for sustainable development; Rio declaration on environment and development; statement of forest principles; the final text of agreements negotiated by governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), 3 - 14 June 1992, Rio de Janeiro, Brazil.* Department of Public Information, United Nations, New York, NY.
(35.) Daniels K. 1997. *The technology of ecological buildings: Basic principles and measures, examples and ideas.* Birkhäuser Verlag, Boston, MA.

(36.) Danielski I., Fröling M., Joelsson A., Norrlandsgatan V. *The Impact of the Shape Factor on Final Energy Demand in Residential Buildings in Nordic Climates.* WREF - The World Renewable Energy Forum, Denver, Colorado, 2012.
(37.) Duffie J. A., Beckman W. A. 2013. *Solar engineering of thermal processes.* John Wiley, Hoboken.
(38.) Dunster B., Simmons C., Gilbert B. 2008. *The ZEDbook: solutions for a shrinking world.* Taylor & Francis, Abingdon; New York.
(39.) ECEEE 2009. *Net Zero Energy Buildings: Definitions, Issues and Experience.* European Council for and Energy Efficient Economy.
(40.) Edwards B. 2010. *Rough guide to sustainability: a design primer.* RIBA Publishing, London.
(41.) Feist W. 2012. *Podstawy budownictwa pasywnego.* PIBP, Gdańsk.
(42.) Feist W., Pfluger R., Kaufmann B., Schnieders J., Kah O. 2015. *PHPP 9 Pakiet do projektowania budynków pasywnych.* PIBP, Gdańsk.
(43.) Firląg S., Miszczuk A. 2015. *Szczelność powietrzna budynków energooszczędnych a instalacje.* Rynek Instalacyjny 4.
(44.) Gerigk M. 2014. *Modelowanie budynków wielofunkcyjnych stanowiących elementy systemu logistycznego miasta.* Logika 6: 3820–3827.
(45.) Gissen D., National Building Museum (U.S.) (Red.) 2003. *Big & green: toward sustainable architecture in the 21st century.* Princeton Architectural Press ; National Building Museum, New York : Washington, DC.
(46.) Godoy-Shimizu D., Steadman P., Donn M., Evans S., Moreno G., Shayesteh H. 2018. *Energy use and height in office buildings.* Building Research & Information 46: 845–863.
(47.) Grabarczyk S. 2005. *Fizyka budowli, Komputerowe wspomaganie projektowania budownictwa energooszczędnego.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(48.) Graf A. 2003. *Neue Passivhäuser: 25 Beispiele für den Energiestandard der Zukunft: Deutschland, Österreich, Schweiz.* Callwey, München.
(49.) Grobe C. 2002. *Passivhäuser planen und bauen: Grundlagen - Bauphysik - Konstruktionsdetails - Wirtschaftlichkeit.* Callwey, München.
(50.) Grözinger J., Boermans T., John A., Wehringer F., Seehusen J. 2014. *Overview of Member States information on NZEBs.* Background paper - final report, Köln: ECOFYS Germany GmbH.
(51.) Guzowski M. 2012. *Towards zero-energy architecture: new solar design.* Laurence King, London.
(52.) Hänel A. 1999. *The State of the Art. In Building-Integrated Photovoltaics.* European Directory of Sustainable and Energy Efficient Building: 80–87.
(53.) Hastings R., Wall M. (Red.) 2009. *Sustainable solar housing.* Earthscan, London.
(54.) Hausladen G., Saldanha M., Liedl P. 2006. *Climate skin, Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy.* Birkhauser, Basel-Boston-Berlin.
(55.) Hegger M. (Red.) 2013. *Aktivhaus: vom Passivhaus zum Energieplushaus: das Grundlagenwerk.* Callwey, München.
(56.) Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zuemer M. 2008. *Energy Manual. Sustainable Architecture.* Birkhäuser Verlag AG, Basel - Boston - Berlin.
(57.) Heinonen J., Junnila S. 2014. *Residential energy consumption patterns and the overall housing energy requirements of urban and rural households in Finland.* Energy and Buildings 76: 295–303.

(58.) Hermelink A., Schimschar S., Boermans T., Pagliano L., Zangheri P., Armani R., ... Musall E. 2013. *Towards nearlny zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD*, Köln: ECOFYS Germany GmbH.
(59.) Herzog T., Kaiser N., Volz M. (Red.) 1996. *Solar energy in architecture and urban planning*. Prestel, Munich ; New York.
(60.) IBA_Hamburg 2013. *Smart Material House*. Smart is Green, Hamburg: IBA Hamburg GmbH.
(61.) Ickiewicz I., Sarosiek W., Ickiewicz J. 2000. *Fizyka budowli. Wybrane zagadnienia*. Politechnika Białostocka, Białystok.
(62.) Jadach-Sepioło A. 2009. *Gentryfikacja w kontekście rewitalizacji*. W: Zborowski A. (red.), Demograficzne i społeczne uwarunkowania rewitalizacji miast w Polsce. Instytut Rozwoju Miast, Kraków.
(63.) Jadwiszczak P., Niemierska E. 2015. *Energochłonność wielorodzinnych budynków energooszczędnych i standardowych w warunkach klimatycznych polski*. W: Kotowski A., Piekarska K., Kaźmierczak B. (red.). Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s.: 272–280.
(64.) Jaszczak A., Zielonko-Jung K. 2015. *Pasywne rozwiązania słoneczne w zabudowie wielorodzinnej*. W: Marchwiński J. (red.), Kontekst energetyczny kształtowania form architektonicznych w badaniach i projektach. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa.
(65.) Jones D. L. 1998. *Architecture and the environment: bioclimatic building design*. Overlook Press, Woodstock, N.Y.
(66.) Jones J. 2013. *Merthyr Tydfil Local Development Plan 2006-2021 Supplementary Planning Guidance Note 4 - Sustainable Design*. Merthyr Tydfil County Borough Council, Merthyr Tydfil.
(67.) Jong T. M. de, Voordt D. J. M. van der (Red.) 2002. *Ways to study and research: urban, architectural, and technical design*. DUP Science, Delft, The Netherlands.
(68.) Jonston D., Gibson S. 2010. *Toward a zero energy home. A complete guide to energy self-sufficiency at home*. The Taunton Press, Newtown.
(69.) Jura J. 2014. *Wpływ budynków zeroenergetycznych i plusenergetycznych na emisyjność*. 13(1): 33–40.
(70.) Kachadorian J. 2006. *The passive solar house: the complete guide to heating and cooling your home*. Chelsea Green Publ, White River Junction, Vt.
(71.) Kaufmann B., Feist W. (Red.) 2004. *Passivhäuser erfolgreich planen und bauen: ein Leitfaden zur Qualitätssicherung*. ILS NRW, Aachen.
(72.) Kibert C. J. 2008. *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
(73.) Kilkis S. *A new metric for net-zero carbon buildings*. Proceedings of Energy Sustainabillity 2007, Long Beach, California, 2008.
(74.) Kisielewicz T. 2014. *Pojemność cieplna a komfort termiczny w budynkach energooszczędnych*. Materiały Budowlane 9: 51–55.
(75.) Kisielewicz T., Królak E., Pieniążek Z. 1998. *Fizyka cieplna budowli*. Politechnika Krakowska, Kraków.
(76.) Kisilewicz T. 2012. *Pasywne możliwości kształtowania komfortu cieplnego w budynkach energooszczędnych*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 45(12): 463–468.
(77.) Klemm P. (Red.) 2005. *Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli*. Arkady, Warszawa.

(78.) Klugmann-Radziemska E. 2010. *Fotowoltaika: w teorii i praktyce*. Wydawnictwo BTC, Legionowo.
(79.) Kopietz-Unger J. 2011. *Jak dochodzić do budownictwa zeroenergetycznego*. Koncepcja Hamburga. Przegląd budowlany 5: 61–67.
(80.) Kopietz-Unger J. 2012. *Budownictwo zeroenergetyczne - dobre przykłady*. Przegląd budowlany 3: 17–22.
(81.) Korzeniewski W. 1981. *Poradnik projektanta budownictwa mieszkaniowego*. Arkady, Warszawa.
(82.) Krapmeier H., Drössler E., Martínez I. 2001. *CEPHEUS - Wohnkomfort ohne Heizung*. Springer, Wien.
(83.) Kuczia Peter 2013. *Bildende Bauten: Nachhaltigkeit lernen durch Gebäudegestaltung. Leitfaden für Planer, Bauherren, Nutzer = Educating Buildings ; learning sustainability through displayed design. Handbook for planners, clients, occupants*. NUSO Verl, Osnabrück.
(84.) Kuczia Piotr 2011. *Solarna aktywacja budynków: 10 rozwiązań strukturalnych*. Czasopismo Techniczne. Architektura R. 108, z. 2-A/2: 127–134.
(85.) Kurnitski J., Allard F., Braham D., Goeders G., Heiselberg P. K., Jagemar L., ... Virta M. 2011. *How to define nearly net zero energy buildings nZEB*. May: 6–12.
(86.) Kurtz-Orecka K. 2012. *Projektowanie budynków niskoenergetycznych*. Izolacje 11/12/2012.
(87.) Kurtz-Orecka K. 2014. Lokalizacja i orientacja budynku niskoenergetycznego a zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji. Rynek Instalacyjny 7–8.
(88.) Kurtz-Orecka K. 2015. *Energooszczędność a bryła budynku - studia nad współczynnikiem kształtu*. W: Marchwiński J. (red.), Kontekst energetyczny kształtowania form architektonicznych w badaniach i projektach. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa.
(89.) Kwestarz M. 2016. *Magazynowanie ciepła -rodzaje magazynów*. Czysta Energia 12.
(90.) Kwiatkowski J., Komerska A., Rucińska J., Trząski A., Mijakowski M. 2017. *Nowoczesne technologie budowlane ograniczające zużycie energii*. W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 59–98.
(91.) Larsson N. 2002. *What is an Integrated Design Process? Roadmap for the Integrated Design Process, Part one: Summary Guide*.
(92.) Laskowski L. 2008. *Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(93.) Laustsen J. 2008. *Energy Efficiency Requirements in Building Codes, Energety Efficiency Policies for New Buildings, International Energy Agency*.
(94.) Lechner N. 2015. *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
(95.) Lenz B., Schreiber J., Stark T. 2011. *Sustainable building services: principles, systems, concepts*. Ed. Detail, Munich.
(96.) Lewandowski W. M. 2014. *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwo WNT, Warszawa.
(97.) Liddament M. W. 1996. *A Guide to Energy Efficient Ventilation*. AIVC, Coventry.
(98.) Lovins A., Bendewald M., Kinsley M., Bony L., Hutchinson H., Pradhan A. 2010. *Factor ten engineering design principles*. No. 2010-10, Rocky Mountain Institute.

(99.) Marchwinski J., Zielonko-Jung K. 2014. *Współczesna architektura proekologiczna.* Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa.
(100.) Marchwiński J. 2013. *Wybrane problemy wprowadzania pasywnych rozwiązań energooszczędnych w miejskich budynkach wielorodzinnych.* W: Bać A., Kasperski J. (red.), Kierunki rozwoju budownictwa energooszczędnego i wykorzystania odnawialnych źródeł energii na terenie Dolnego Śląska. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s.: 81–90.
(101.) Marchwiński J. 2014. *Konflikty architektoniczno-energetyczne w projektowaniu miejskich budynków wielorodzinnych.* 45(1): 10–14.
(102.) Marchwiński J. 2015a. *Fotowoltaika zintegrowana z budynkiem (BIPV) w kontekście kształtowania form architektonicznych.* W: Kontekst energetyczny kształtowania form architektonicznych w badaniach i projektach. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa.
(103.) Marchwiński J. 2015b. *Kontekst energetyczny w kształtowaniu form architektonicznych w badaniach i projektach.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(104.) Markiewicz P. 2016. *Wpływ orientacji budynku względem stron świata, wielkości przeszkleń oraz konstrukcji okien i sposobu ich montażu na zużycie energii końcowej na ogrzewanie w budynkach energooszczędnych.* Środowisko Mieszkaniowe nr 16: 23–33.
(105.) Marszal A. J., Heiselberg P. K. 2009. *A Literature Review of Zero Energy Buildings (ZEB) Definitions.* Aalborg University, Denmark.
(106.) Marszal A. J., Heiselberg P. K., Bourrelle J. S., Musall E., Voss K., Sartori I., Napolitano A. 2011. *Zero Energy Building - A review of definitions and calculation methodologies.* Energy and Buildings 43(4): 971–979.
(107.) McDonough W. 1992. *The Hannover Principles. Design for Sustainability*, William McDonough & Partners.
(108.) McLennan J. 2004. *The philosophy of sustainable design.* Ecotone, Kansas City.
(109.) McLeod R., Mead K., Standen M. 2011. *Passivhaus primer: Designer's guide. A guide for the design team and local authorities.* Passivhaus BRE, Hertfordshire.
(110.) Michalski P. *Cechy wielorodzinnych budynków blisko zeroenergetycznych.* XXXI Wiosenna Szkoła Fizyki Budowli i Środowiska „COTTONINA 2019", Świeradów-Zdrój, 2017.
(111.) Minguet Josep M 2013. *Sustainable apartments development.* Instituto Monsa de Ediciones, Barcelona.
(112.) Minguet Josep Maria (Red.) 2012. *Efficiency buildings: bioclimatic architecture.* Instituto Monsa De Ediciones, S.A., Barcelona.
(113.) Minguet Josep María, Mira O. 2013. *Ecological dwellings.* Instituto Monsa De Ediciones, S.A., Barcelona.
(114.) Mirowski T., Sornek K. 2015. *Potencjał energetyki prosumenckiej w Polsce na przykładzie mikroinstalacji fotowoltaicznych w budownictwie indywidualnym.* Polityka energetyczna 18(2): 73–84.
(115.) Musall E., Weiss T., Voss K., Lenoir A., Donn M., Cory S., Garde F. 2010. *Net Zero Energy Solar Buildings: An Overview and Analysis on Worldwide Building Projects.*
(116.) Musiał M. 2015. *Zastosowania materiałów zmiennofazowych (PCM) w budownictwie.* Izolacje 4.

(117.) Niezabitowska E., Masły D. (Red.) 2007. *Oceny jakości środowiska zbudowanego i ich znaczenie dla rozwoju koncepcji budynku zrównoważonego: praca zbiorowa*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
(118.) Nowak W., Stachel A. A., Borsukiewicz-Gozdur A. 2008. *Zastosowania odnawialnych źródeł energii.* Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin.
(119.) O'Connor J. 1997. *Tips for daylighting with windows*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.
(120.) Olgyay V. 2015. Design *with climate: bioclimatic approach to architectural reginalism*. Princeton University Press, Princeton-Oxfort.
(121.) ONZ 2012. *The future we want*.
(122.) Orłowicz W. 1990. *Strefy klimatyczne*. W: Atlas geograficzny. PPWK Warszawa, Wrocław.
(123.) Pallado J. 2014. *Zabudowa wielorodzinna: podstawy projektowania*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
(124.) Paszkowski Z. 2013. Odnawialne źródła energii jako determinanty rozwoju środowiska mieszkaniowego w przyszłości – na przykładzie projektu Green Islands w Szczecinie. Środowisko Mieszkaniowe 12: 52–59.
(125.) Pater S., Magiera J. 2011. *Ocena zapotrzebowania na energię budynku mieszkalnego przy wykorzystaniu dwóch niezależych programów obliczeniowych*. Chemia 10(2).
(126.) Piechowicz Ł. 2015. *Pierwszy wielorodzinny budynek pasywny w Polsce*. GLOBEnergia: Odnawialne Źródła Energii 2: 60–61.
(127.) Piotrowski R. 2009. *Domy pasywne: najlepsze obiekty oraz technologie niskoenergetyczne i pasywne w Polsce*. Green Leaf, Warszawa.
(128.) Pluta Z. 2008. *Słoneczne instalacje energetyczne*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(129.) Płoński W., Pogorzelski J. 1979. *Fizyka budowli*. Arkady, Warszawa.
(130.) Polak A., Barański M. 2006. *Porównanie turbin wiatrowych*. Zeszyty Problemowe - Maszyny Elektryczne 74: 147–151.
(131.) Pregizer D. 2002. *Grundlagen und Bau eines Passivhauses*. C.F. Müller, Heidelberg.
(132.) Preiser W. F., Rabinowitz H. Z., White E. T. 2015. *Post-occupancy evaluation*.
(133.) Quaschning V. 2005. *Understanding renewable energy systems*. Earthscan, London ; Sterling, VA.
(134.) Resch E., Bohne R., Kvamsdal T., Lohne J. 2016. *Impact of Urban Density and Building Height on Energy Use in Cities*. Energy Procedia 96: 800–814.
(135.) Rutkowska G., Klepak O., Podawca K. 2013. *Problemy strat ciepła w istniejących budynkach jednorodzinnych w kontekście błędów wykonawczych*. Rocznik Ochrona Środowiska 15: 2625–2639.
(136.) Rylewski E. 2002. *Energia własna: nowoczesne rozwiązania budownictwa niskoenergetycznego*. TINTA, Warszawa.
(137.) Ryńska E. 2001. *Bioklimatyka a forma architektoniczna*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(138.) Ryńska E. 2017. Identyfikacja uwarunkowań. W: Sowa J. (red.), *Budynki o niemal zerowym zużyciu energii.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 17–36.
(139.) Sarniak M. T. 2008. *Podstawy fotowoltaiki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

(140.) Sartori I., Dokka T. H., Andresen I. 2010. *Proposal of a Norwegian ZEB Deffinition: Assessing the Implications for Design*. Journal of Greenbuilding 6(3): 133–150.
(141.) Sartori I., Napolitano A., Voss K. 2012. *Net zero energy buildings: A consistent definition framework*. Energy and Buildings 48: 220–232.
(142.) Schittich C. (Red.) 2003. *Solar architecture: strategies, visions, concepts*. Edition Detail ; Birkhäuser, München : Basel ; Boston.
(143.) Schittich C. (Red.) 2004. *High-density housing: concepts, planning, construction*. Edition Detail ; Birkhäuser, München.
(144.) Schneider-Skalska G. 2012. *Zrównoważone środowisko mieszkaniowe. Społeczne - oszczędne - piękne*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
(145.) Seruga W. 1984. *Warunki i kryteria kształtowania niskiej intensywnej zabudowy mieszkaniowej*. Politechnika Krakowska, Kraków.
(146.) Skanska 2017. *Zużycie energii w budynkach biurowych*. Raport, Warszawa.
(147.) Sobierajewicz P. 2011. Modelowanie przestrzeni miejskiej w aspekcie oszczędności energii dla wybranych miast. Przegląd budowlany 3: 84–88.
(148.) Sowa J. (Red.) 2017a. *Budynki o niemal zerowym zużyciu energii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(149.) Sowa J. 2017b. *Koncepcja budynku niemal zeroenergetycznego*. W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 11–16.
(150.) Sowa J. 2017c. *Wprowadzenie*. W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 9–16.
(151.) Sowa J., Mijakowski M., Strzeszewski M., Chudzicki J., Pracki P., Narowski P., Kędzierski P. 2017. *Systemy i instalacje wewnętrzne budynku*. W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 99–200.
(152.) Stangel M. 2013. *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
(153.) Stec W. 2015. *Fasada jako wielofunkcyjny komponent budynku*. W: Kontekst energetyczny kształtowania form architektonicznych w badaniach i projektach. Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie, Warszawa.
(154.) Szczechowiak E. *Budynki niemal zero-energetyczne*. XXXIII Wiosenna Szkoła Fizyki Budowli i Środowiska „COTTONINA 2019", Świeradów-Zdrój, 10.05 2019.
(155.) Torcellini P., Pless S., Deru M., Crawley D. *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. ACEEE Summer Study, Pacific Grove, California, 2006.
(156.) Twarowski M. 1996. *Słońce w architekturze*. Arkady, Warszawa.
(157.) Twidell J., Weir T. 2015. *Renewable energy resources*. Routledge, Taylor & Francis Group, London ; New York.
(158.) Uffelen C. van 2013. *Eco living*. Braun, Salenstein.
(159.) Ujma A. 2012. *Wpływ lokalizacji budynku mieszkalnego na jego parametry energetyczne*. Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym 2(10): 104–110.
(160.) United Nations 2015. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development,* United Nations.
(161.) UOKiK 2014. *Raport z badań rynku budownictwa mieszkaniowego - rynek pierwotny*, Warszawa: Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów.

(162.) U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy 2015. *A Common Definition for Zero Energy Buildings*, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy.
(163.) Van der Ryn S., Cowan S. 1996. *Ecological design*. Island Press, Washington, DC.
(164.) Voss K., Musall E., Lichtmeß M. 2011. *From Low-Energy to Net Zero-Energy Buildings: Status and Perspectives*. Journal of Green Buildings 6(1): 46–57.
(165.) Wehle-Strzelecka S. 2004. *Architektura słoneczna w zrównoważonym środowisku mieszkaniowym*. Politechnika Krakowska, Kraków.
(166.) Wines J. 2000. *Green Architecture*. Taschen, Köln; London.
(167.) Wiszniewski A., Mirosz L., Trząski A. 2017. *Zapotrzebowanie na energię i systemu zasilania budynków*. W: Sowa J. (red.), Budynki o niemal zerowym zużyciu energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, s.: 217–268.
(168.) Wiśniewski G., Michałowska-Knap K., Koć S. 2012. *Energetyka wiatrowa - stan aktualny i perspektywy rozwoju w Polsce*. Instytut Energetyki Odnawialnej (EC BREC IEO), Warszawa.
(169.) Wnuk R. 2012. *Budowa domu pasywnego w praktyce*. Przewodnik Budowlany, Warszawa.
(170.) Wojtkun G. 2008. *Wielorodzinne budownictwo mieszkaniowe: wizje a rzeczywistość*. Politechnika Szczecińska, Szczecin.
(171.) World Commission on Environment and Development (Red.) 1987. *Our common future*. Oxford University Press, Oxford ; New York.
(172.) Zastawna-Rumin A. 2011. *Wyznaczenie masy budynku na potrzeby obliczeń obciążenia cieplnego według PN-EN 12831*. Budownictwo Z. 3, R. 108: 199–206.
(173.) Zielonko-Jung K., Marchwiński J. 2012. *Łączenie zaawansowanych i tradycyjnych technologii w architekturze proekologicznej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(174.) Zielonko-Junk K. 2013. *Kształtowanie przestrzenne architektury ekologicznej w strukturze miasta*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(175.) Zielonko-Junk K., Marchwiński J. 2012. *Łączenie zaawansowanych i tradycyjnych technologii w architekturze proekologicznej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
(176.) Zimny J. 2010. *Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym*. Polska Geotermalna Asocjacja, Kraków.
(177.) Żurawski J. *Budownictwo zero- lub prawie zeroenergetyczne w warunkach polskich*. Konferencja IZOLACJE 2012, Warszawa, 2012.
(178.) Żurawski J. 2013. *Efektywność energetyczna w budownictwie*.
(179.) Żurawski J. 2015. *Wpływ osłon przeciwsłonecznych na bilans energetyczny budynku*. Izolacje 20.

AKTY PRAWNE

(1.) Dz. U. 1994 nr 89 poz. 414, 1994. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane.
(2.) Dz. U. 2003 nr 80 poz. 718, 2003. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz o zmianie niektórych ustaw.

(3.) Dz. U. 2007 nr 191 poz. 1373, 2007. Ustawa z dnia 19 września 2007 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane.
(4.) Dz. U. 2016 poz. 831, 2016. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej.
(5.) Dz. U. 2015 poz. 376, 2017. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.
(6.) Dz. U. 2009 nr 161 poz. 1279, 2009. Ustawa z dnia 27 sierpnia 2009 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o gospodarce nieruchomościami.
(7.) Dz. U. 2014 poz. 1200, 2014. Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków.
(8.) Dz. U. 2015 poz. 528, 2015. Ustawa z dnia 20 marca 2015 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane oraz niektórych innych ustaw.
(9.) Dz. U. 2015 poz. 1165, 2015. Ustawa z dnia 25 czerwca 2015 r. o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych, ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych oraz ustawy o systemie oceny zgodności.
(10.) Dz. U. 2019 poz. 695, 2019. Ustawa z dnia 22 lutego 2019 r. o zmianie ustawy - Prawo budowlane.
(11.) Dz. U. 2019 poz. 1182, 2019. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 6 czerwca 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o ochronie praw lokatorów, mieszkaniowym zasobie gminy i o zmianie Kodeksu cywilnego.
(12.) Główny Urząd Statystyczny, 2002. Polska Klasyfikacja Obiektów Budowlanych (PKOB).
(13.) Główny Urząd Statystyczny, 2013. Zamieszkane budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011.
(14.) Główny Urząd Statystyczny, 2016a. Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r.
(15.) Główny Urząd Statystyczny, 2016b. Gospodarka mieszkaniowa w 2015 r.
(16.) Główny Urząd Statystyczny, 2016c. Zużycie paliw i nośników energii w 2015 r.
(17.) Główny Urząd Statystyczny, 2017a. Budownictwo mieszkaniowe w okresie I-V 2017 r.
(18.) Główny Urząd Statystyczny, 2017b. Energia 2017.
(19.) Główny Urząd Statystyczny, 2017c. Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2015 r.
(20.) Główny Urząd Statystyczny, 2018a. Budownictwo mieszkaniowe I-II kwartał 2018 r.
(21.) Główny Urząd Statystyczny, 2018b. Efektywność wykorzystania energii w latach 2006-2016.
(22.) Główny Urząd Statystyczny, 2018c. Monitoring wyników prognozy ludności Polski dla 2017 r.
(23.) Główny Urząd Statystyczny, 2019a. Budownictwo mieszkaniowe I-V 2019 r.
(24.) Główny Urząd Statystyczny, 2019b. Efektywność wykorzystania energii w latach 2007-2017.
(25.) Mayor of London, 2010. London Housing Deisgn Guide.
(26.) Ministerstwo Energii, 2017. Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2017.
(27.) Ministerstwo Gospodarki, 2007. Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej (EEAP).

(28.) Ministerstwo Gospodarki, 2012. Drugi Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2011.
(29.) Ministerstwo Gospodarki, 2014. Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2014.
(30.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2002. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2002/91/WE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
(31.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2006. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2006/32/WE w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG.
(32.) Parlament Europejski, 2008. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 31 stycznia 2008 r. w sprawie planu działania na rzecz racjonalizacji zużycia energii: sposoby wykorzystania potencjału (2007/2106(INI)).
(33.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2009a. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych.
(34.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2009b. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2009/28/WE w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
(35.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2010. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
(36.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2012. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.
(37.) Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2018. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej 2018/844/UE zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej.
(38.) Rada Ministrów 2015 poz. 614, 2015. Uchwała nr 91 Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii".

SPIS NORM DLA BUDOWNICTWA ENERGOOSZCZĘDNEGO W POLSCE

(1.) PN-ISO 9836:1997 - Właściwości użytkowe w budownictwie — Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych
(2.) PN-EN 12831:2006 - Instalacje ogrzewcze w budynkach — Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego
(3.) PN-EN ISO 6946:2008 - Komponenty budowlane i elementy budynku — Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła — Metoda obliczania
(4.) PN-EN ISO 14683:2008 - Mostki cieplne w budynkach — Liniowy współczynnik przenikania ciepła — Metody uproszczone i wartości orientacyjne
(5.) PN-EN ISO 10211:2008 - Mostki cieplne w budynkach — Strumienie ciepła i temperatury powierzchni — Obliczenia szczegółowe

(6.) PN-EN ISO 10077-1:2007 - Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła — Część 1: Postanowienia ogólne
(7.) PN-EN ISO 10077-2:2012 - Cieplne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła — Część 2: Metoda komputerowa dla ram
(8.) PN-EN 13829:2002 - Właściwości cieplne budynków — Określanie przepuszczalności powietrznej budynków — Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora
(9.) PN-EN 15217:2008 - Charakterystyka energetyczna budynków — Metody wyrażania charakterystyki energetycznej i certyfikacji energetycznej budynków
(10.) PN-EN ISO 7345:1998 - Izolacja cieplna — Wielkości fizyczne i definicje
(11.) PN-EN ISO 9288:1999 - Izolacja cieplna — Wymiana ciepła przez promieniowanie – Wielkości fizyczne i definicje
(12.) PN-EN 1946-1:2000 - Właściwości cieplne wyrobów i komponentów budowlanych – Szczegółowe kryteria oceny laboratoriów wykonujących pomiary właściwości związanych z transportem ciepła — Kryteria wspólne
(13.) PN-EN 1946-2:2000 - Właściwości cieplne wyrobów i komponentów budowlanych – Szczegółowe kryteria oceny laboratoriów wykonujących pomiary właściwości związanych z transportem ciepła — Pomiary metodą osłoniętej płyty grzejnej
(14.) PN-EN 1946-3:2000 - Właściwości cieplne wyrobów i komponentów budowlanych — Szczegółowe kryteria oceny laboratoriów wykonujących pomiary właściwości związanych z transportem ciepła—Pomiary metodą czujników strumienia cieplnego
(15.) PN-EN 1946-4:2002 - Właściwości cieplne wyrobów i komponentów budowlanych – Szczegółowe kryteria oceny laboratoriów wykonujących pomiary właściwości związanych z transportem ciepła — Część 4: Pomiary metodami skrzynki grzejnej
(16.) PN-EN 1946-5:2002 - Właściwości cieplne wyrobów i komponentów budowlanych – Szczegółowe kryteria oceny laboratoriów wykonujących pomiary właściwości związanych z transportem ciepła — Część 5: Pomiary metodami aparatu rurowego
(17.) PN-EN ISO 13791:2012 - Cieplne właściwości użytkowe budynków — Obliczanie temperatury wewnętrznej pomieszczenia w lecie, bez mechanicznego chłodzenia — Kryteria podstawowe i procedury walidacji
(18.) PN-EN 15603:2008 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków — Całkowite zużycie energii i definicja energii znamionowej
(19.) PN-EN 15603:2008/Ap1:2013-11 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Całkowite zużycie energii i definicja energii znamionowej (poprawka)
(20.) PN-EN ISO 8990:1998 - Izolacja cieplna — Określanie właściwości związanych z przenikaniem ciepła w stanie ustalonym — Metoda kalibrowanej i osłoniętej skrzynki grzejnej
(21.) PN-EN 1934:1999 - Właściwości cieplne budynków — Określanie oporu cieplnego metodą skrzynki grzejnej z użyciem ciepłomierza – Mury
(22.) PN-EN ISO 13792:2012 - Cieplne właściwości użytkowe budynków — Obliczanie temperatury wewnętrznej pomieszczenia w lecie, bez mechanicznego chłodzenia — Metody uproszczone
(23.) PN-EN ISO 13791:2012 - Cieplne właściwości użytkowe budynków—Obliczanie temperatury wewnętrznej pomieszczenia w lecie, bez mechanicznego chłodzenia — Kryteria podstawowe i procedury walidacji
(24.) PN-EN ISO 12241:2010 - Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych — Zasady obliczania

(25.) PN-EN 13363-1+A1:2010/AC:2010 - Urządzenia ochrony przeciwsłonecznej połączone z oszkleniem — Obliczanie współczynnika przenikania promieniowania słonecznego i światła — Część 1: Metoda uproszczona
(26.) PN-EN ISO 12569:2013-05 - Cieplne właściwości użytkowe budynków i materiałów – Określanie wymiany powietrza w budynkach — Metoda gazu znacznikowego
(27.) PN-EN 16012:2012 - Izolacja cieplna budynków — Wyroby izolacji refleksyjnej – Określanie deklarowanych cieplnych właściwości użytkowych
(28.) PN-EN 13187:2001 - Właściwości cieplne budynków — Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku — Metoda podczerwieni
(29.) PN-EN 12114:2003 - Właściwości cieplne budynków — Przepuszczalność powietrza komponentów budowlanych i elementów budynków — Laboratoryjna metoda badania
(30.) PN-EN ISO 13793:2002 - Właściwości cieplne budynków — Projektowanie cieplne posadowień budynków w celu uniknięcia wysadzin mrozowych
(31.) PN-EN 12865:2004 - Cieplno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynku — Określanie oporu systemów ścian zewnętrznych na zacinający deszcz przy pulsującym ciśnieniu powietrza
(32.) PN-EN 15255:2011 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków — Obliczanie racjonalnej mocy chłodzenia pomieszczenia — Kryteria ogólne i procedury walidacji
(33.) PN-EN ISO 13787:2005 - Wyroby do izolacji cieplnej wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych — Określanie deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła
(34.) PKN-CEN/TR 15615:2009 - Wyjaśnienie ogólnych powiązań różnych Norm Europejskich z dyrektywą Charakterystyka energetyczna budynków (EPBD) -- Dokument „Umbrella"
(35.) PN-EN 15026:2008 - Cieplno-wilgotnościowe właściwości użytkowe komponentów budowlanych i elementów budynku — Szacowanie przenoszenia wilgoci za pomocą symulacji komputerowej
(36.) PN-EN ISO 13788:2013-05 - Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku — Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa — Metody obliczania
(37.) PN-EN ISO 9346:2009 - Cieplno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków i materiałów budowlanych — Wielkości fizyczne dotyczące przenoszenia masy — Słownik
(38.) PN-EN ISO 13789:2008 - Cieplne właściwości użytkowe budynków — Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację — Metoda obliczania
(39.) PN-EN ISO 13790:2009 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków — Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia
(40.) PN-EN ISO 13786:2008 - Cieplne właściwości użytkowe komponentów budowlanych — Dynamiczne charakterystyki cieplne — Metody obliczania
(41.) PN-EN ISO 10456:2009 - Materiały i wyroby budowlane — Właściwości cieplno-wilgotnościowe—Tabelaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych
(42.) PN-EN 15265:2011 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków — Obliczanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń z zastosowaniem metod dynamicznych—Kryteria ogólne i procedury walidacji
(43.) PN-EN 15780:2011 - Wentylacja budynków — Sieć przewodów — Czystość systemów wentylacji

(44.) PN-EN 12097:2007 - Wentylacja budynków — Sieć przewodów — Wymagania dotyczące elementów składowych sieci przewodów ułatwiających konserwację sieci przewodów
(45.) PN-EN 12237:2005 - Wentylacja budynków — Sieć przewodów — Wytrzymałość i szczelność przewodów z blachy o przekroju kołowym
(46.) PN-EN 1507:2007 - Wentylacja budynków — Przewody wentylacyjne z blachy o przekroju prostokątnym — Wymagania dotyczące wytrzymałości i szczelności
(47.) PN-EN 15780:2011 - Wentylacja budynków — Sieć przewodów — Czystość systemów wentylacji
(48.) PN-EN 15239:2010 - Wentylacja budynków — Charakterystyka energetyczna budynków – Wytyczne dotyczące inspekcji systemów wentylacji
(49.) PN-EN 15240:2009 - Wentylacja budynków — Charakterystyka energetyczna budynków – Wytyczne inspekcji systemów klimatyzacji
(50.) PN-EN 1751:2014-03 - Wentylacja budynków — Urządzenia wentylacyjne końcowe – Badania aerodynamiczne przepustnic regulacyjnych i zamykających
(51.) PN-EN 1886:2008 - Wentylacja budynków — Centrale wentylacyjne i klimatyzacyjne – Właściwości mechaniczne
(52.) PN-EN 12589:2002 - Wentylacja w budynkach — Nawiewniki i wywiewniki – Badania aerodynamiczne i wzorcowanie urządzeń wentylacyjnych końcowych o stałym i zmiennym strumieniu powietrza
(53.) PN-EN 12599:2013-04 - Wentylacja budynków — Procedury badań i metody pomiarowe stosowane podczas odbioru instalacji wentylacji i klimatyzacji
(54.) PN-EN ISO 52016-1:2017-09 - Energetyczne właściwości użytkowe budynków -- Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia, wewnętrzne temperatury oraz jawne i utajone obciążenia cieplne

NETOGRAFIA

(1.) AZC (2019), AZC Architectes, Terrasse 9 – AZC, https://azc.archi/postwork/terrasse-9/, dostęp: 04.09.2019
(2.) BREAM (2017), BREEAM, http://www.breeam.com/, dostęp: 14.09.2017
(3.) BZ (2016), BowZED, BowZED Case Study, http://thebowzedproject.weebly.com/case-study.html, dostęp: 02.08.2019
(4.) EC (2017), European Commission, Nearly zero-energy buildings, https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings, dostęp: 11.09.2017
(5.) EM (2019), Ellis Moore Consulting Engineers, BedZED | Sutton |, http://www.ellisandmoore.co.uk/our-projects/green-projects/bedzed/, dostęp: 04.09.2019
(6.) IEA (2019a) ,International Energy Agency, Energy Efficiency: Buildings, https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/, dostęp: 07.09.2019
(7.) IEA (2019b), International Energy Agency, Unit Converter, https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter/, dostęp: 07.09.2019
(8.) IPHA (2019), International Passive House Association, International Passive House Association | Guidelines, https://www.passivehouse-international.org/index.php?page_id=80, dostęp: 27.08.2019. .
(9.) KE (2009), Komisja Europejska, Pakiet klimatyczno-energetyczny do 2020 roku, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_pl, dostęp: 09.08.2019

(10.) KE (2014), Komisja Europejska, Ramy polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_pl, dostęp: 12.09.2019
(11.) LBC (2017), Internationa Livig Future Institute, Living Building Challenge, https://living-future.org/lbc/, dostęp: 14.09.2017
(12.) LEED (2017), LEED | USGBC, https://new.usgbc.org/leed, dostęp: 14.09.2017
(13.) LEED (2019), LEED Zero | USGBC, https://new.usgbc.org/leed-zero, dostęp: 14.09.2019
(14.) LT (2014), LAROS Technologies, https://www.laros.com.au/, dostęp: 30.08.2018
(15.) MP (2019), Murator Plus, Współczynnik przewodzenia ciepła λ. Od czego zależy przewodnictwo cieplne materiałów?, https://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/wspolczynnik-przewodzenia-ciepla-od-czego-zalezy-przewodnictwo-cieplne-materialow-aa-ft7i-XYum-5Wij.html, dostęp: 13.09.2019
(16.) MW (2019), Makiol Wiederkehr Ingenieure Holzbau Brandshutz, EUL, Eulachhof, Winterthur, http://www.holzbauing.ch/index.php?id=84, dostęp: 04.09.2019
(17.) NFOŚiGW (2012a), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Dopłaty do domów energooszczędnych, https://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/, dostęp: 14.01.2017
(18.) NFOŚiGW (2012b), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Podręcznik dobrych praktyk, http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/podrecznik-dobrych-praktyk/, dostęp: 17.01.2017
(19.) NFOŚiGW (2012c), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Procedury postępowania, http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/procedura-postepowania/, dostęp: 14.01.207
(20.) NFOŚiGW (2012d),Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Program dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych, http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/aktualnosci/art,1,program-doplat-do-kredytow-na-budowe-domow-energooszczednych.html, dostęp: 15.01.2017
(21.) NFOŚiGW (2012e), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Wymagania techniczne dla budynków, http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/wytyczne-do-programu-prioryrttp/, dostęp: 15.01.2017
(22.) NFOŚiGW (2016), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Bieżące efekty wdrażania, http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplaty-do--kredytow-na-domy-energooszczedne/oprocentowanie-i-oplaty/, dostęp: 15.01.2017
(23.) OT (2012), OKNOTEST.pl, Szyby zespolone, współczynniki g i Lt, wykorzystanie energii promieniowania słonecznego, http://oknotest.pl/poradnik-okienny/szyby-zespolone-wspolczynniki-g-i-lt-wykorzystanie-energii-promieniowania-slonecznego, dostęp: 22.09.2017
(24.) PK, 2018, Polski Komitet ds Unesco: UNESCO a Dekada Edukacji dla Zrównoważonego Rozwoju. .

(25.) PLGBC (2015), Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego, LEED | Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego, https://plgbc.org.pl/certyfikacja-wielokryterialna/leed/, dostęp: 14.09.2017
(26.) PPHI (2017), Passipedia - The Passive House Resource, https://www.passipedia.org/, dostęp: 13.09.2017
(27.) PPHI (2019a), Passipedia The Passive House Resource Thermal insulation, https://passipedia.org/planning/thermal_protection/integrated_thermal_protection, dostęp: 27.08.2019
(28.) PPHI (2019b). Passipedia The Passive House Resource, What is a Passive House?, https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house, dostęp: 16.09.2019
(29.) RD (2014), regioDOM, Ile domów energooszczędnych jest w Polsce?, http://regiodom.pl/portal/wiadomosci/analizy-raporty/ile-domow-energooszczednych-jest-w-polsce, dostęp: 25.11.2018
(30.) RDSA (2019), Rolf Dish Solar Architektur, Rolf Disch – Z – Projects, http://www.rolfdisch.de/en/projects/, dostęp: 04.09.2019
(31.) SJP (2019), Słownik języka polskiego PWN, https://sjp.pwn.pl/, dostęp: 26.06.2019
(32.) SP (2017), Solaripedia, Solaripedia | Green Architecture & Building | Solar Architecture and Green Building, http://www.solaripedia.com/, dostęp: 15.09.2017
(33.) UH (2017), Unihouse, Zeroenergetyczny budynek wielorodzinny powstanie w Unihouse w Bielsku Podlaskim | Unihouse, http://unihouse.pl/o-unihouse/aktualnosci/1416-zeroenergetyczny-budynek-wielorodzinny-powstanie-w-unihouse-w-bielsku-podlaskim.html, dostęp: 03.09.2018
(34.) WWF (2019), World Wide Fund for Nature, July 29: Earth Overshoot Day 2019 is the Earliest Ever | WWF, http://wwf.panda.org/?350491/Earth-Overshoot-Day-2019, dostęp: 09.10.2019
(35.) ZF (2019), ZEDfactory, https://www.zedfactory.com, dostęp: 03.09.2019

NETOGRAFIA – STRONY BIUR PROJEKTOWYCH

(1.) The Sun Ship - http://www.rolfdisch.de
(2.) Sunny Woods - https://kaempfen.com
(3.) BedZED - https://www.zedfactory.com
(4.) BowZED - https://www.zedfactory.com
(5.) Eulachhof - http://www.schwarz-architekten.com
(6.) Sunny Watts - https://kaempfen.com
(7.) e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden - https://www.bogevisch.de
(8.) Woodcube - https://www.architekturagentur.de
(9.) Smart is Green - http://zillerplus.de
(10.) BIQ - http://www.splitterwerk.at
(11.) Multi-generational: Living at Muhlgrund - https://www.artec-architekten.at
(12.) Aktiv-Stadthaus - https://www.hhs.ag
(13.) Villa Nova - https://innebo.com
(14.) Terrasse 9 - https://azc.archi
(15.) Messequartier - http://pernthaler.at

SPIS ILUSTRACJI

(1.) Rysunek 1.1.1 Pierwszy pasywny budynek wg PHI, Darmstadt, źródło: https://passivehouse.com
(2.) Rysunek 1.1.2 Pierwszy współczesny budynek samowystarczalny, Fryburg
(3.) Rysunek 1.1.3 Schemat granic bilansowania budynków zeroenergetycznych. Opracowanie własne na podstawie A common Definition for Zero Energy Buildings (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy 2015)
(4.) Rysunek 1.1.4 Prognozowane zużycie zasobów naturalnych przez ludzkość, źródło: https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/#worldfootprint
(5.) Rysunek 1.6.1 Schemat odpowiedzi na pierwszy problem badawczy. Opracowanie własne
(6.) Rysunek 1.6.2 Schemat odpowiedzi na drugi problem badawczy. Opracowanie własne
(7.) Rysunek 1.6.3 Schemat odpowiedzi na trzeci problem badawczy. Opracowanie własne
(8.) Rysunek 2.3.1 Schemat opracowania zbioru cech BWBZE. Opracowanie własne
(9.) Rysunek 3.2.1 Zdjęcia wszystkich budynków wybranych do badań, źródła: 1. http://www.rolfdisch.de, 2. https://kaempfen.com, 3. 4. https://www.zedfactory.com, 5. http://www.schwarz-architekten.com, 6. https://kaempfen.com/, 7. https://www.bogevisch.de, 8. https://www.architekturagentur.de, 9. http://zillerplus.de/, 10. http://www.splitterwerk.at/, 11. https://www.artec-architekten.at/, 12. https://www.hhs.ag, 13.l https://innebo.com/, 14. https://azc.archi/, 15. http://pernthaler.at/
(10.) Rysunek 4.1.1 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem stref klimatycznych. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)
(11.) Rysunek 4.1.2 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury rocznej. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)
(12.) Rysunek 4.1.3 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury lipca. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)
(13.) Rysunek 4.1.4 Mapa lokalizacji badanych obiektów względem średniej temperatury stycznia. Opracowanie własne na podstawie W. Orłowicz (1990)
(14.) Rysunek 4.2.1 Schemat typologii klasycznej brył budynków. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado (2014)
(15.) Rysunek 4.2.2 Schemat typologii hybrydowych brył budynków. Opracowanie własne
(16.) Rysunek 4.2.3 Budynek BowZED, przykład bryły punktowo-tarasowej, źródło: https://www.zedfactory.com
(17.) Rysunek 4.2.4 Budynek Terrasse 9, przykład bryły punktowo-liniowej, źródło: https://azc.archi
(18.) Rysunek 4.2.5 Zespół budynków BedZED, przykład bryły odcinkowo-tarasowej, źródło: https://www.zedfactory.com
(19.) Rysunek 4.2.6 Budynek The Sun Ship, przykład bryły liniowo-punktowej, źródło: http://www.rolfdisch.de

(20.) Rysunek 4.2.7 Budynek Eulachhof, przykład bryły liniowo-płaszczyznowej, źródło: http://www.schwarz-architekten.com
(21.) Rysunek 4.2.8 Schemat typologii układów komunikacji wewnętrznej. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado (2014)
(22.) Rysunek 4.2.9 Układ bezklatkowy od strony północnej - budynek BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com
(23.) Rysunek 4.2.10 Układ bezklatkowy od strony północnej - budynek Sunny Watts. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://kaempfen.com
(24.) Rysunek 4.2.11 Układ klatkowy od strony północnej - budynek BowZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com
(25.) Rysunek 4.2.12 Układ klatkowy od strony północnej – budynek Smart is Green. Opracowanie własne na podstawie materiałów http://zillerplus.de
(26.) Rysunek 4.2.13 Układ klatkowy od strony północnej - budynek Aktiv-Stadthaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.hhs.ag
(27.) Rysunek 4.2.14 Układy klatkowe w środku budynku. Budynki Woodcube (po lewej) oraz Eulachhof (po prawej). Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.architekturagentur.de
(28.) Rysunek 4.2.15 Układ korytarzowy od strony północnej - budynek Terrase 9. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://azc.archi
(29.) Rysunek 4.2.16 Układ galeriowy od strony północnej - budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.artec-architekten.at
(30.) Rysunek 4.2.17 Układ mieszany galeriowo-bezklatkowy. Układ galeriowy od strony wschodniej, układ bezklatkowy od strony zachodniej - budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.bogevisch.de
(31.) Rysunek 4.2.18 Układ mieszany galeriowo-korytarzowy. Układ galeriowy od strony północnej, układ korytarzowy w środku budynku - budynek Messequartier. Opracowanie własne na podstawie http://pernthaler.at
(32.) Rysunek 4.2.19 Schemat funkcjonalny zespołu BedZED. Opracowanie własne na podsatwie materiałów https://www.zedfactory.com
(33.) Rysunek 4.2.20 Schemat doświetlenia światłem dziennym zespołu BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com
(34.) Rysunek 4.2.21 Schematy układów funkcjonalno-przestrzennych mieszkań. Opracowanie własne na podstawie materiałów Z. Bać
(35.) Rysunek 4.2.22 Schemat strefowania termicznego mieszkań. Opracowanie własne na podstawie materiałów Z. Bać oraz J. Jones
(36.) Rysunek 4.2.23 Przykład mieszkania dwupoziomowego w układzie rozkładowym, budynek Woodcube. Opracowanie własne na podstawie materiałów Architekturagentur
(37.) Rysunek 4.2.24 Przykład mieszkania w układzie jednoprzestrzennym, budynek BowZED (po lewej) oraz mieszkań w układzie amfiladowym, budynek Eulachhof (po prawej). Opracowanie własne na podstawie materiałów ZED Factory oraz Szwarz Architekten
(38.) Rysunek 4.2.25 Przykład mieszkań jednostronnie doświetlonych, budynek BedZED. Opacowanie własne na podstawie materiałów ZED Factory

(39.) Rysunek 4.2.26 Przykład mieszkań dwustronnie doświetlonych, doświetlenie północne pośrednie, przez otwarte galerie, budynek Messequartier. Opracowanie własne na podstawie materiałów Markus Pernthaler
(40.) Rysunek 4.2.27 Przykład mieszkań dwustronnie doświetlonych, budynek Aktiv-Stadhaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów Hegger Schleiff Planer + Architekten
(41.) Rysunek 4.2.28 Przykład mieszkań trójstronnie doświetlonych, budynek Woodcube. Opracowanie własne na podstawie materiałów Architekturagentur
(42.) Rysunek 4.2.29 Przykłady mieszkań z doświetleniem południowym strefy dziennej. Budynki BowZED (po lewej) oraz Smart is Green (po prawej. Opracowanie własne na podstawie materiałów BowZED oraz Zillerplus Architekten und Stadplaner
(43.) Rysunek 4.2.30 Przykład mieszkań o kuchnią zlokalizowaną w centrum mieszkania, budynek Eulachhof (po lewej) oraz przykład mieszkań z łazienkami zlokalizowanymi w centrum mieszkania, budynek Smart is Green. Opracowanie własne na podstawie materiałów Szwarz Architekten oraz Zillerplus Architekten und Stadplaner
(44.) Rysunek 4.2.31 Przykład mieszkań z kuchniami i łazienkami zlokalizowanymi w centrum mieszkania, budynek Aktiv-Stadhaus. Opracowanie własne na podstawie materiałów ARTEC Architekten
(45.) Rysunek 4.2.32 Układ funkcjonalny budynku Smart is Green pozwalający na elastyczną aranżację układu mieszkań, w zależności od potrzeb, źródło: http://zillerplus.de
(46.) Rysunek 4.3.1 Budynek The Sun Ship – izolacja termiczna w postaci elewacyjnych paneli próżniowych, źródło: http://www.rolfdisch.de
(47.) Rysunek 4.3.2 Budynek Woodcube - izolacja termiczna w postaci ściany z drewna litego, źródło: https://www.architekturagentur.de
(48.) Rysunek 4.3.3 Budynek Eulachhof - izolacja termiczna w postaci próżniowych, przeziernych paneli PCM, źródło: http://www.schwarz-architekten.com
(49.) Rysunek 4.3.4 Wnętrze budynku Woodcube – żelbetowy rdzeń komunikacyjny, w trakcie budowy, źródło: https://www.archdaily.com/
(50.) Rysunek 4.3.5 Wnętrze żelbetowego rdzenia komunikacyjnego, budynek Woodcube, źródło: https://www.archdaily.com/
(51.) Rysunek 4.3.6 Przekrój przez zewnętrzną trójwarstwową ścianę budynku BowZED, opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com
(52.) Rysunek 4.3.7 Zasłony wykonane z materiału PCM w budynku Smart is Green (IBA_Hamburg 2013)
(53.) Rysunek 4.3.8 Schemat działania paneli GlassX 1.1, źródło Laros Technologies (2014)
(54.) Rysunek 4.3.9 Elewacja z panelami PCM - budynek Eulachhof, źródło: http://www.schwarz-architekten.com
(55.) Rysunek 4.3.10 Porównanie stopnia przeszklenia elewacji północnej (zdjęcie po lewej) i południowej (zdjęcie po prawej) budynku Sunny Watt, źródło: https://kaempfen.com
(56.) Rysunek 4.3.11 Schemat systemów zacieniających budynku BedZED. Opracowanie własne na podstawie materiałów https://www.zedfactory.com

(57.) Rysunek 4.3.12 Zacienienie w formie półkowej z wykorzystaniem panele fotowoltaicznych - budynek The Sun Ship, źródło: http://www.rolfdisch.de
(58.) Rysunek 4.3.13 Widok z wnętrza na zacienienie przy wykorzystaniu półprzeziernych ogniw fotowoltaicznych - budynek BowZED, źródło: https://www.zedfactory.com
(59.) Rysunek 4.3.14 System zacieniający w formie połączenia wertykalnych ogrodów wraz z ogniwami fotowoltaicznymi - budynek Smart is Green, źródło: http://zillerplus.de
(60.) Rysunek 4.4.1 Zdjęcie elewacji budynku The Sun Ship z widocznymi kolorowymi panelami wentylacyjnymi
(61.) Rysunek 4.4.2 Zdjęcie budynku BedZED z widocznymi kolorowymi łapaczami wiatru zainstalowanymi na dachach budynków
(62.) Rysunek 4.4.3 Zdjęcie budynku BowZED z widocznymi łapaczami wiatru zainstalowanymi na dachu nad klatką schodową
(63.) Rysunek 4.4.4 Elewacja budynku Woodcube z widocznymi indywidualnymi centralami wentylacyjnymi montowanymi we wszystkich pomieszczeniach
(64.) Rysunek 4.4.5 Zdjęcie budynku The Sun Ship z widocznymi dachami pokrytymi w całości ogniwami PV, źródło: http://www.rolfdisch.de
(65.) Rysunek 4.4.6 Zdjęcie budynku Sunny Watts z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako pokrycie dachu budynków, źródło: https://kaempfen.com
(66.) Rysunek 4.4.7 Zdjęcie budynku BedZED z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi na dachach oraz na elewacjach południowych, źródło: https://www.zedfactory.com
(67.) Rysunek 4.4.8 Widok z wnętrza budynku BowZED z widocznymi ogniwami PV zastosowanymi, jako przekrycie zimowych ogrodów oraz system zacienienia przeszkleń, źródło: https://www.zedfactory.com
(68.) Rysunek 4.4.9 Zdjęcie budynku Smart is Green z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako elementy wypełniające przęsła balustrad na elewacji południowej budynku, źródło: http://zillerplus.de
(69.) Rysunek 4.4.10 Zdjęcie budynku Aktiv-Stadthaus z widocznymi ogniwami PV zamontowanymi, jako pokrycie dachu oraz elementy elewacji południowej, źródło: https://www.hhs.ag
(70.) Rysunek 4.5.1 Budynek The Sun Ship, elewacja zachodnia, źródło http://www.rolfdisch.de
(71.) Rysunek 4.5.2 Budynek The Sun Ship, źródło http://www.rolfdisch.de
(72.) Rysunek 4.5.3 Budynek Sunny Woods, elewacja północna, źródło https://kaempfen.com
(73.) Rysunek 4.5.4 Budynek Sunny Woods, elewacja południowa, źródło https://kaempfen.com
(74.) Rysunek 4.5.5 Zespół BedZED, widok od strony południowej, źródło: https://www.zedfactory.com
(75.) Rysunek 4.5.6 Zespół BedZED, widok na wewnętrzne patio, źródło: https://www.zedfactory.com
(76.) Rysunek 4.5.7 Budynek BowZED, widok od strony południowej, źródło: https://www.zedfactory.com
(77.) Rysunek 4.5.8 Budynek BowZED, widok od strony północnej, źródło: https://www.zedfactory.com

(78.) Rysunek 4.5.9 Budynek Eulachhof, widok na elewację południową z wewnętrznego dziedzińca, źródło: http://www.schwarz-architekten.com
(79.) Rysunek 4.5.10 Budynek Eulachhof, widok od strony północnej, źródło: http://www.schwarz-architekten.com
(80.) Rysunek 4.5.11 Budynek Sunny Watts, widok od strony wschodniej, źródło: https://kaempfen.com
(81.) Rysunek 4.5.12 Budynek Sunny Watts, widok od strony północnej, źródło: https://kaempfen.com
(82.) Rysunek 4.5.13 Budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden, widok na galerię, źródło: https://www.bogevisch.de
(83.) Rysunek 4.5.14 Budynek e% - Energy Efficient Housing Hollerstauden, widok na dziedziniec wewnętrzny, źródło: https://www.bogevisch.de
(84.) Rysunek 4.5.15 Budynek Woodcube, widok od strony północnej, źródło: https://www.architekturagentur.de
(85.) Rysunek 4.5.16 Budynek Woodcube, montaż prefabrykowanego stropu z drewna klejonego, źródło: https://www.architekturagentur.de
(86.) Rysunek 4.5.17 Budynek Smart is Green, widok od strony północnej, źródło: http://zillerplus.de
(87.) Rysunek 4.5.18 Budynek Smart is Green, widok na południowe balkony, źródło: http://zillerplus.de
(88.) Rysunek 4.5.19 Budynek BIQ, widok od strony południowej, źródło: http://www.splitterwerk.at
(89.) Rysunek 4.5.20 Budynek BIQ, elewacyjne zbiorniki z algami, źródło: http://www.splitterwerk.at
(90.) Rysunek 4.5.21 Budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund, widok od strony południowej, źródło: https://www.artec-architekten.at
(91.) Rysunek 4.5.22 Budynek Multi-generational: Living at Muhlgrund, widok na zamkniętą galerię, źródło: https://www.artec-architekten.at
(92.) Rysunek 4.5.23 Budynek Aktiv-Stadthaus, fragment elewacji południowej, źródło: https://www.hhs.ag
(93.) Rysunek 4.5.24 Budynek Aktiv-Stadthaus, widok z góry, źródło: https://www.hhs.ag
(94.) Rysunek 4.5.25 Budynek Terrasse 9, widok od strony południowej, źródło: https://azc.archi
(95.) Rysunek 4.5.26 Budynek Terrasse 9, źródło: https://azc.archi
(96.) Rysunek 4.5.27 Budynek Messequartier, widok od strony południowej, źródło: http://pernthaler.at
(97.) Rysunek 4.5.28 Budynek Messequartier, widok na wewnętrzny dziedziniec, źródło: http://pernthaler.at
(98.) Rysunek 5.4.1 Podstawowy schemat procesu projektowego. Opracowanie własne
(99.) Rysunek 5.4.2 Zintegrowany proces projektowy. Opracowanie własne
(100.) Rysunek 5.4.3 Zintegrowany proces projektowy połączony z optymalizacją energetyczną. Opracowanie własne
(101.) Rysunek 5.4.4 W pełni zintegrowany proces projektowy połączony z optymalizacją energetyczną. Opracowanie własne

SPIS TABEL I WYKRESÓW

TABELE

(1.) Tabela 2.3.1 Cząstkowe maksymalne wartości współczynnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Opracowanie własne na postawie WT 2013
(2.) Tabela 2.3.2 Wysokości dotacji dla budynków NF15 i NF40. Opracowanie własne na podstawie NFOŚiGW
(3.) Tabela 3.2.1 Systematyka obszarów projektowych. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado, K. Zielonko-Jung i J. Marchwiński, A Green Vitruvius, Hilson Moran
(4.) Tabela 3.2.2 Systematyka obszarów emergetycznych. Opracowanie własne na podstawie Passive House Institute, Green Detail, LEED
(5.) Tabela 3.2.3 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków. Opracowanie własne na podstawie J. Pallado, K. Zielonko-Jung i J. Marchwiński, A Green Vitruvius, Hilson Moran
(6.) Tabela 3.2.4 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków. Opracowanie własne na podstawie Passive House Institute, Green Detail, LEED
(7.) Tabela 3.2.5 Autorski zbiór cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Opracowanie własne
(8.) Tabela 4.1.1 Zestawienie lokalizacji wybranych do badań obiektów. Opracowanie własne
(9.) Tabela 4.1.2 Zestawienie standardów energetycznych badanych obiektów. Opracowanie własne
(10.) Tabela 4.1.3 Zestawienie zapotrzebowania na energię użytkową na cele ogrzewania, chłodzenia i wentylacji w badanych obiektach. Opracowanie własne
(11.) Tabela 4.2.1 Zestawienie występowania klasycznych typów brył w badanych obiektach. Opracowanie własne
(12.) Tabela 4.2.2 Zestawienie występowania typów brył w badanych obiektach wg typologii rozszerzonej. Opracowanie własne
(13.) Tabela 4.2.3 Porównanie współczynnika zwartości bryły w zależności od kubatury i pola powierzchni. Opracowanie własne na podstawie I. Danielski i in. (2012 s. 1)
(14.) Tabela 4.2.4 Zestawienie typologii układu komunikacyjnego w badanych obiektach. Opracowanie własne
(15.) Tabela 4.2.5 Zestawienie typologii układu komunikacyjnego do typu bryły badanych obiektów. Opracowanie własne
(16.) Tabela 4.2.6 Średnie dzienne napromieniowanie powierzchni pionowych. Opracowanie własne na podstawie D. Chwieduk (2011)
(17.) Tabela 4.2.7 Zestawienie położenia układu komunikacyjnego względem kierunków świata w badanych obiektach. Opracowanie własne
(18.) Tabela 4.2.8 Zestawienie struktury układów funkcjonalnych w badanych obiektach. Opracowanie własne
(19.) Tabela 4.2.9 Zestawienie funkcji dodatkowych w badanych obiektach. Opracowanie własne
(20.) Tabela 4.2.10 Zestawienie typów użytkowania w badanych obiektach. Opracowanie własne

(21.) Tabela 4.2.11 Zestawienie struktury typów użytkowania w obrębie badanych obiektów. Opracowanie własne
(22.) Tabela 4.2.12 Zestawienie liczby poziomów mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne
(23.) Tabela 4.2.13 Zestawienie układów przestrzennych mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne
(24.) Tabela 4.2.14 Zestawienie układów przestrzennych ze względu na ilość poziomów mieszkania. Opracowanie własne
(25.) Tabela 4.2.15 Zestawienie typów doświetlenia mieszkań światłem dziennym w badanych obiektach. Opracowanie własne
(26.) Tabela 4.2.16 Zestawienie przeważających kierunków doświetlenia głównych części mieszkalnych w badanych obiektach. Opracowanie własne
(27.) Tabela 4.2.17 Zestawienie kierunków doświetlenia pomieszczeń w badanych obiektach. Opracowanie własne
(28.) Tabela 4.3.1 Zestawienie wymaganych współczynników ciepła dla przegród budynku. Opracowanie własne na podstawie WT (2017)
(29.) Tabela 4.3.2 Porównanie wymaganych współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych wg. WT oraz programu dopłat NFOŚiGW. Opracowanie własne na podstawie WT (2017) oraz NFOŚiGW (2012)
(30.) Tabela 4.3.3 Zestawienie klasyfikacji pojemności cieplnej budynku. Opracowanie własne na podstawie J. Kwiatkowski i in. (2017 s. 87)
(31.) Tabela 4.3.4 Pojemność cieplna badanych obiektów. Opracowanie własne
(32.) Tabela 4.3.5 Porównanie grubości przegród budowlanych o zbliżonej pojemności cieplnej. Opracowanie własne na podstawie J. Kwiatkowski i in. (2017)
(33.) Tabela 4.3.6 Stosowanie formy elementów zacieniających zależnie od kierunków świata. Opracowanie własne na podstawie materiałów J. Marchwiński, K. Zielonko-Jung
(34.) Tabela 4.3.7 Występowanie elementów zacieniających na elewacjach badanych obiektów z uwzględnieniem elewacji pozbawionych okien oraz braku danych nt. występowania. Opracowanie własne
(35.) Tabela 4.3.8 Występowanie elementów zacieniających według ich lokalizacji w badanych obiektach. Opracowanie własne
(36.) Tabela 4.3.9 Występowanie elementów zacieniających według sposobu ich działania w badanych obiektach. Opracowanie własne
(37.) Tabela 4.3.10 Występowanie elementów zacieniających według ich formy w badanych obiektach. Opracowanie własne
(38.) Tabela 4.4.1 Podział źródeł ciepła ze względu na położenie w badanychh obiektach. Opracowanie własne
(39.) Tabela 4.4.2 Zestawienie nośników energii dla miejscowych i centralnych źródeł ciepła w badanychh obiektach. Opracowanie własne
(40.) Tabela 4.4.3 Systemy chłodzenia w badanych obiektach. Opracowanie własne
(41.) Tabela 4.4.4 Zestawienie systemów wentylacji oraz wykorzystania odzysku ciepła w badanych obiektach. Opracowanie własne
(42.) Tabela 4.4.5 Zestawienie lokalizacji systemów wentylacji w badanych obiektach. Opracowanie własne
(43.) Tabela 4.4.6 Wspomaganie systemu wentylacji, w tym przy wykorzystaniu OZE w badanych obiektach. Opracowanie własne
(44.) Tabela 4.4.7 Podział źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. ze względu na położenie w badanych obiektach. Opracowanie własne

(45.) Tabela 4.4.8 Zestawienie nośników energii dla miejscowych i centralnych źródeł ciepła na potrzeby C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne
(46.) Tabela 4.4.9 Wykorzystanie wspólnego źródła ciepła na cele ogrzewania oraz przygotowania C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne
(47.) Tabela 4.4.10 Miejsce magazynowania przygotowanej C.W.U. w badanych obiektach. Opracowanie własne
(48.) Tabela 4.4.11 Wykorzystanie magazynowania energii w badanych obiektach. Opracowanie własne
(49.) Tabela 4.4.12 Zestawienie lokalnych źródeł energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne
(50.) Tabela 4.4.13 Zestawienie lokalizacji instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne
(51.) Tabela 4.4.14 Sposób montażu instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne
(52.) Tabela 4.4.15 Zestawienie głównego przeznaczenia generowanej energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne
(53.) Tabela 4.4.16 Zestawienie sposobów zagospodarowania nadwyżek generowanej energii elektrycznej w badanych obiektach. Opracowanie własne
(54.) Tabela 5.3.1 Zestawienie zbioru cech i rozwiązań charakterystycznych dla BWBZE. Opracowanie własne

WYKRESY

(1.) Wykres 1.1.1 Struktura finalnego zużycia energii w Polsce wg sektorów. Opracowanie własne na podstawie materiałów GUS
(2.) Wykres 4.1.1 Zestawienie roku realizacji wybranych do badań obiektów. Opracowanie własne
(3.) Wykres 4.2.1 Zestawienie wysokości badanych obiektów. Opracowanie własne
(4.) Wykres 4.2.2 Zestawienie współczynnika zwartości bryły badanych obiektów. Opracowanie własne
(5.) Wykres 4.2.3 Porównanie zwartości bryły z zapotrzebowaniem energetycznym badanych obiektów. Kolejność obiektów wg rosnącego współczynnika A/V. Opracowanie własne
(6.) Wykres 4.2.4 Porównanie struktury zużycia energii w gospodarstwach domowych i biurach. Opracowanie własne na podstawie danych GUS (2019) oraz SKANSKA (2017)
(7.) Wykres 4.2.5 Schemat układów funkcjonalnych ze względu na kondygnacje w badanych obiektach. Opracowanie własne
(8.) Wykres 4.2.6 Zestawienie liczby mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne
(9.) Wykres 4.2.7 Porównanie liczby mieszkań do zapotrzebowanie energetycznego w badanych obiektach. Opracowanie własne
(10.) Wykres 4.2.8 Zestawienie wielkości mieszkań w badanych obiektach. Opracowanie własne
(11.) Wykres 4.2.9 Zestawienie wielkości mieszkań z zapotrzebowaniem na energię użytkową w badanych obiektach. Opracowanie własne
(12.) Wykres 4.3.1 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród nieprzeziernych w badanych obiektach. Opracowanie własne

(13.) Wykres 4.3.2 Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła dla okien w badanych obiektach w porównaniu z WT na 2021. Opracowanie własne
(14.) Wykres 4.3.3 Zestawienie szczelności obudowy badanych obiektów. Opracowanie własne
(15.) Wykres 4.3.4 Bilans cieplny okna w poszczególnych miesiącach roku oraz podstawowych orientacjach. Opracowanie własne na podstawie J. Sowa
(16.) Wykres 4.3.5 Analiza stopnia przeszklenia elewacji badanych obiektów. Opracowanie własne
(17.) Wykres 4.4.1 Wykres wielkości instalacji PV w badanych obiektach. Opracowanie własne

STRESZCZENIE

W pracy podjęto ważny i aktualny temat budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych – BWBZE, który jest istotny z kilku powodów. Przede wszystkim motywatorem podjęcia tematu jest czynnik poznawczy wynikający z założeń rozwoju zrównoważonego, w którym istotną rolę odgrywa m.in. poprawa efektywności energetycznej w budownictwie. Jej skutkiem ma być redukcja negatywnego oddziaływania budynków na środowisko naturalne. W tym celu Unia Europejska – UE, a w ślad za nią kraje członkowskie podejmują szereg kroków formalno-prawnych zmierzających do osiągniecia przez nowo wznoszone obiekty standardu zerowego bilansu energetycznego. Z tej perspektywy praca posiada cenny walor wdrożeniowy albowiem jej wyniki mogą, i zdaniem autora powinny, znaleźć zastosowanie w praktyce projektowej. Zwłaszcza, że budownictwo wielorodzinne dominuje na krajowym rynku budowlanym i stanowi znaczny potencjał oszczędności w całościowym zużyciu energii finalnej w Polsce. Ponadto, z racji swoich doświadczeń i zainteresowań zawodowych autor zamierza wykorzystać wyniki badań naukowych w praktyce projektowej oraz rozwijać dalej wątek badawczy.

Głównym celem pracy jest określenie zbioru cech charakterystycznych budynków wielorodzinnych blisko zeroenergetycznych. Służy temu usystematyzowanie wiedzy na temat współczesnego budownictwa wielorodzinnego oraz na temat dotychczas zrealizowanych BWBZE w, zbliżonej do polskiej, strefie klimatycznej w krajach UE i w Szwajcarii. Umożliwi to określenie kierunków rozwoju tego typu budownictwa w Polsce. Intencją autora jest również opracowanie mające praktyczne zastosowaniu w projektowaniu, dydaktyce i dające podwaliny do dalszych badań wybranych aspektów.

By zrealizować wyżej wymienione cele, określono 3 problemy badawcze. Pierwszym są uwarunkowania formalno-prawne BWBZE w Polsce, które wywodzą się z międzynarodowych dążeń do zrównoważenia. Te zaś ukierunkowały unijną politykę energetyczną, która z kolei warunkuje polskie wymogi dotyczące efektywności energetycznej. Rozpoznanie wymienionych uwarunkowań, stanowiło kontekst badań praktycznych. Drugim problemem badawczym jest zbiór cech charakterystycznych BWBZE, który został usystematyzowany w dwóch obszarach – projektowym i energetycznym. Autor dokonał przeglądu współczesnych prac nt. budownictwa wielorodzinnego oraz na temat budownictwa energooszczędnego – dostrzegając różnice w traktowaniu architektury w wymienionych obszarach. Trzecim problemem badawczym jest walidacja autorskiego zbioru cech charakterystycznych na przykładach wybranych zrealizowanych obiektów. Każdemu z wyodrębnionych problemów badawczych przypisano kolejne, osobne rozdziały pracy. Przyjęta struktura pracy umożliwiła skonfrontowanie opracowanego zbioru cech z wybranymi realizacjami BWBZE, a tym samym jego sprawdzenie i weryfikację. Równocześnie, uzyskane wyniki pozwoliły na przemyślenia i polemikę z uwarunkowaniami tego typu budownictwa. W efekcie autor m.in. podjął próbę redefinicji określenia budynków BZE.

W ramach badań dokonano kwerendy 58 polskich i europejskich norm z zakresu energetyki, wykorzystano 321 pozycji bibliograficznych, w tym, 179 pozycji literatury, 38 pozycji aktów prawnych, 54 pozycji norm oraz 50 źródeł internetowych. W pracy wykorzystano 101 ilustracji. Wykonano 54 tabele oraz 17 wykresów obrazujących omawiane zagadnienia. Opracowano słownik zawierający 37 specjalistycznych pojęć.

Z materiałów dotyczących blisko 50 obiektów, do badań szczegółowych wybrano 15 realizacji. Kryterium ich wyboru była dostępność szczegółowych danych potrzebnych do analiz. Na potrzeby pracy, na podstawie dostępnych informacji, za pomocą oprogramowania Autodesk Revit, autor opracował trójwymiarowe modele obiektów oraz wykonał dla nich obliczenia współczynnika kształtu bryły. W pierwszej kolejności wykonano 5 analiz porównawczych literatury fachowej, które doprowadziły do wstępnego wyodrębnienia 30 cech charakterystycznych BWBZE. Następnie wykonano 50 analiz wybranych obiektów, co pozwoliło na walidację wybranych cech i ostateczne wyodrębnienie 35 cech BWBZE. Zawarto je w formie opisowej oraz tabelarycznej, a także przygotowano karty katalogowe badanych obiektów, które obrazują ich występowanie.

Wykonane badania potwierdziły słuszność postawionych tez. Zaprezentowany materiał wnosi istotny wkład w rozwój nauki i rozwój wielorodzinnego budownictwa BZE oraz stanowi zbiór cennych informacji przydatnych w projektowaniu i dydaktyce.

Słowa kluczowe: architektura energooszczędna, bilans energii, efektywność energetyczna, energia w architekturze, nZEB

SUMMARY

The thesis takes up a current and significant subject of nearly zero-energy (nZEB), multi-family housing, which is important for several reasons. First of all, the motivator of the topic is the cognitive factor resulting from the idea of sustainable development, in which, among others, improving energy efficiency in buildings plays an important role. Its effect is the reduction of negative impacts on the natural environment. For that reason, the European Union (UE), and member countries, take a series of formal and legal steps to achieve zero energy balance by newly constructed buildings. From this perspective, the work has a valuable implementation value, because its results can be used in design practice. Especially since multi-family housing dominates the real estate market and represents a significant saving potential in the total final energy consumption in Poland. Also, the results provide a base for further study development.

The main purpose of the work is to compile the characteristic features of nZEB multi-family housing. This is achieved by the systematization of knowledge about modern multi-family housing and about realized nZEB in the climate situation similar to Polish in the EU and Switzerland. This makes it possible to address the development of this type of buildings in Poland. Author's intention is also to make the word a base for teaching practices, and to give a foundation for selected research activities.

To achieve set goals, 3 research problems were established. The first research problem address formal and legal conditions of nZEB in Poland, which are derived from international aspirations for sustainability. The targeted EU energy policy, had a direct impact on Polish regulations regarding energy efficiency. Identification of these conditions is the practical context of the research. The second research problem was a set of characteristic features of nZEB, which has been systematized in two different areas - design and energy. Author reviewed contemporary works on multi-family housing and energy efficient buildings - noticing differences in the treatment of architecture in various areas. The third research problem of the study was the validation of the author's set of characteristic features based on selected completed objects. Each of the research problems was assigned a separate chapters. The adopted work structure enabled confrontation of the developed set of features with selected nZEB implementations, and thus its verification and validation. Simultaneous, the research results enabled reflection and polemics with the conditions of this type of buildings. In effect, author took up an attempt to redefine nZEB.

As part of the research, 321 bibliographic items were used, including 179 literature items, 38 legal acts, 54 norms and 50 Internet sources. The work uses 101 illustrations. 54 tables and 17 charts showing the discussed issues were made. A dictionary has been developed and covers 37 specialized instances.

From initial nearly 50 objects, 15 were selected for further research. The criterion for the selection was the availability of data needed for analysis. For the purpose of the work, based on the provided information, using Autodesk Revit software, author developed 3D models for each of the buildings to calculate its form factor. First, 5 comparative analyzes of specialist literature were carried out, which led to the initial formation of 30 nZEB characteristics. Then, 50 analyzes of selected objects were performed, which allowed validation of selected features and final isolation of 35 nZEB features. They were included in descriptive and tabular form, and catalog cards of the examined objects were prepared, which illustrate the occurrence of the features.

The research results confirm the correctness of the theses. The presented material makes a significant contribution to the development of science and development of nZEB multi-family housing and is a collection of valuable information useful in design and teaching.

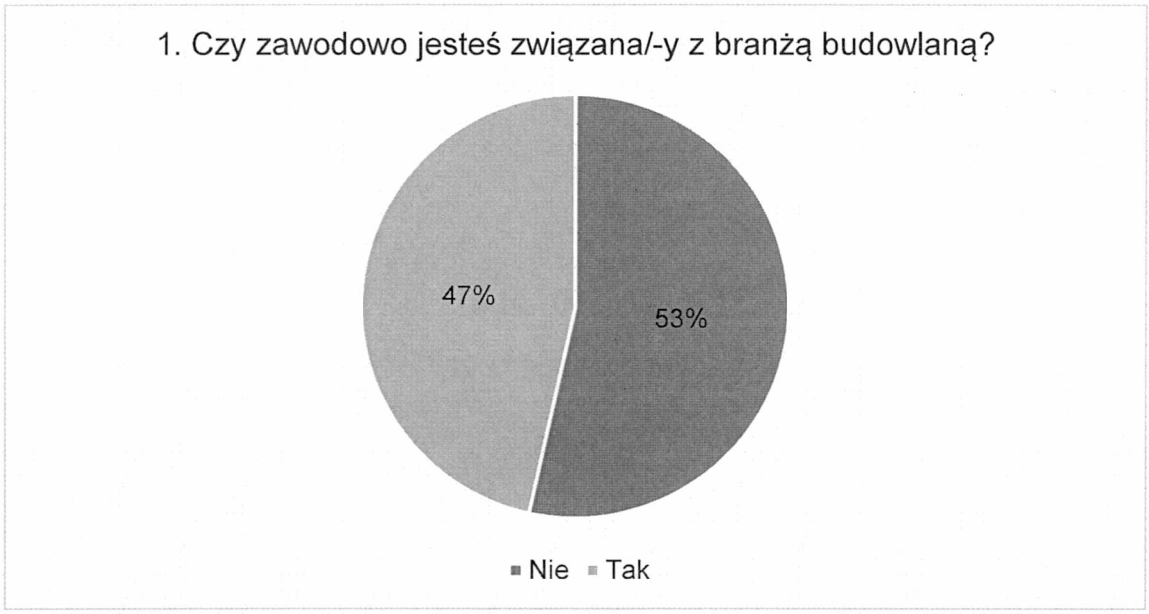
Keywords: energy efficient architecture, energy balance, energy in architecture, nZEB

ANEKS

Ankieta

Autor, zgodnie z metodą uzupełniającą, obraną w podrozdziale 1.6, przeprowadził ankietę internetową wśród osób związanych jak i niezwiązanych zawodowo z branżą budowlaną. Jej celem było zbadanie stanu wiedzy na temat oszczędzania energii przeznaczonej na użytkowanie budynków. W ankiecie wzięło udział 115 respondentów.

Ankieta składała się z 17 pytań, na które należało udzielić obligatoryjnej odpowiedzi. Pytania zostały poprzedzone pytaniem o zawodowe związanie respondentów z branżą budowlaną. Wszystkie zebrane wyniki zostały następnie rozbite na dwie kategorie – osoby niezwiązane z branżą budowlaną (53% respondentów) oraz osoby zawodowo związane z branżą budowlaną (47%). Dzięki proporcji zbliżonej do 50% na 50%, wyniki ankiety pozwalają zobrazować wiedzę oraz świadomość zarówno przeciętnych inwestorów i użytkowników lokali mieszkalnych jak również osób związanych z branżą budowlaną.



Pozostałe pytania zostały podzielone na trzy główne grupy:

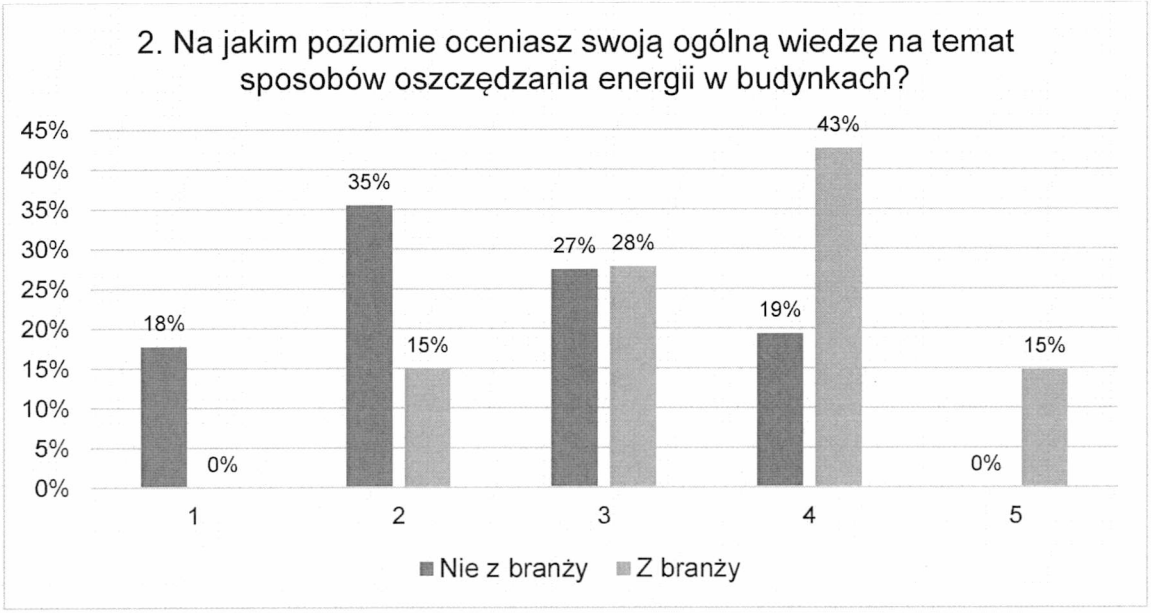
- **Grupa I** - pytania od 2. do 6. – podstawowa wiedza z zakresu budownictwa energooszczędnego,
- **Grupa II** - pytania od 7. do 13. – podstawowa wiedza z zakresu zużycia energii w budynkach,
- **Grupa III** - pytania od 14. Do 17. – wiedza na temat kwestii prawnych oraz programów dopłat zorientowanych na obiekty o podwyższonych standardach energetycznych.

GRUPA I

Pytania z grupy I miały na celu zbadanie przeciętnej wiedzy o podstawach budownictwa energooszczędnego.

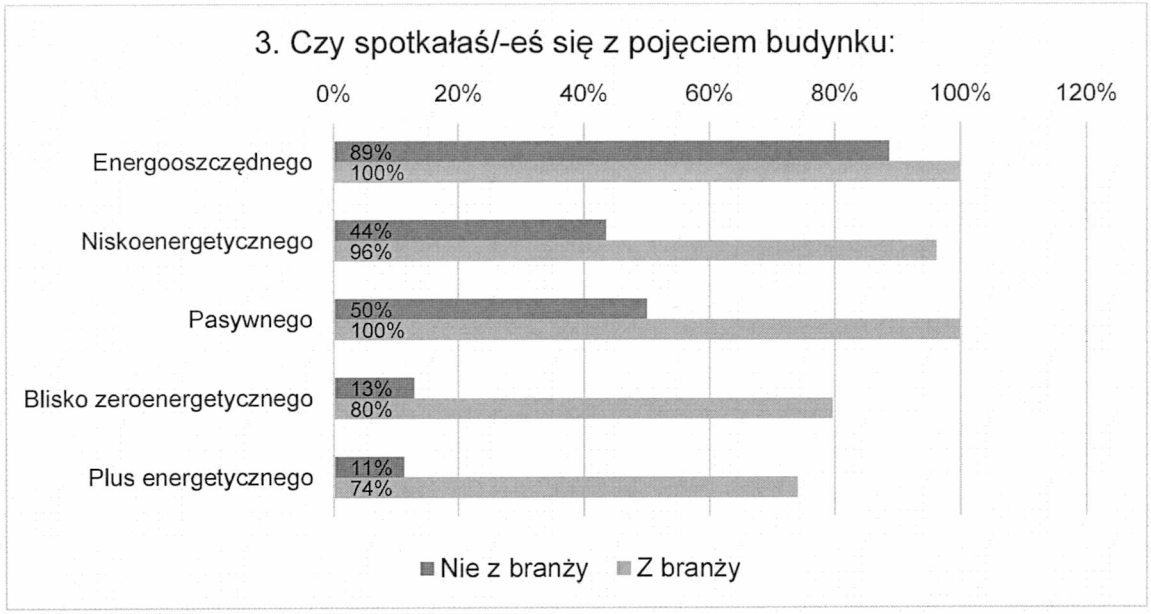
Pytanie 2

Większość ankietowanych niezwiązanych z branżą budowlaną (35%) określiło swój poziom wiedzy z zakresu sposobów oszczędzania energii w budynkach na 2 w skali od 1 do 5. Prawie połowa ankietowanych związanych z branżą budowlaną (43%) określiła poziom swojej wiedzy na 4.



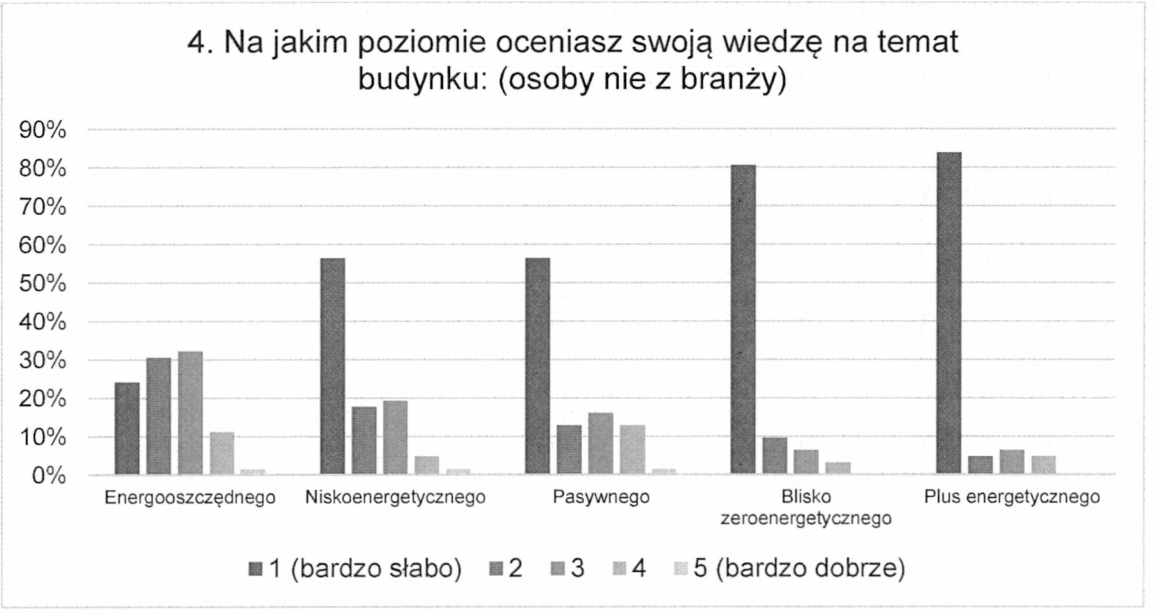
Pytanie 3

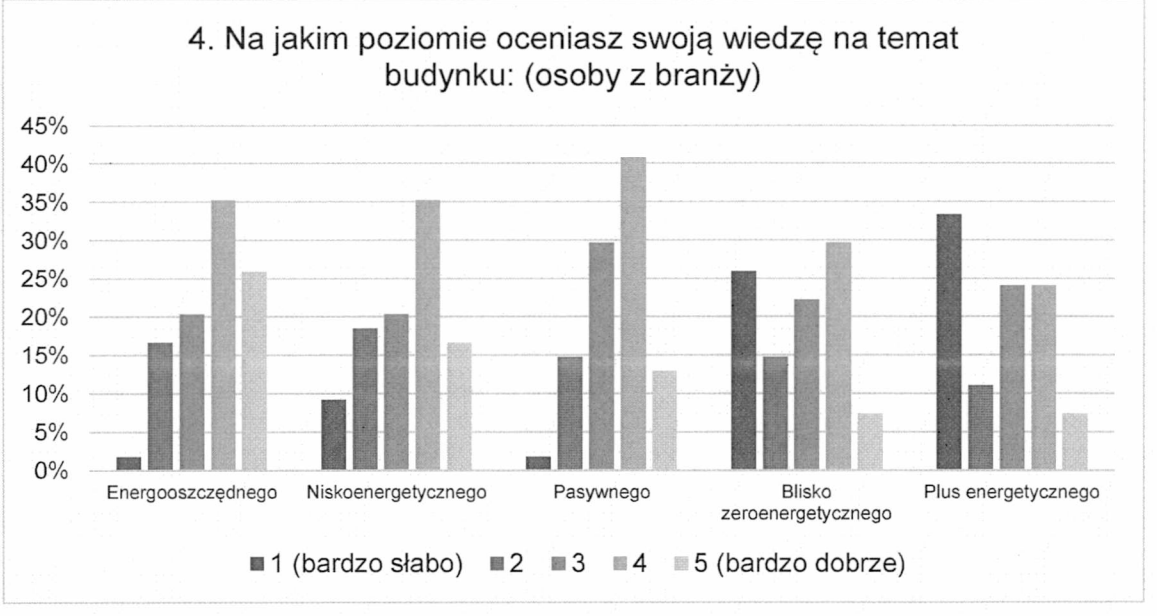
W zakresie znajomości nazewnictwa związanego z typami budynków energooszczędnych, najwięcej ankietowanych (89%) niezwiązanych z branżą budowlaną spotkało się z pojęciem *budynku energooszczędnego* a tylko połowa z pojęciem *budynku pasywnego.* Ankietowani związani z branżą, w przeważającej większości (ponad 74%) spotkali się ze wszystkimi pojęciami, w szczególności z pojęciem *budynku pasywnego,* którego znajomość potwierdzili wszyscy.



Pytanie 4

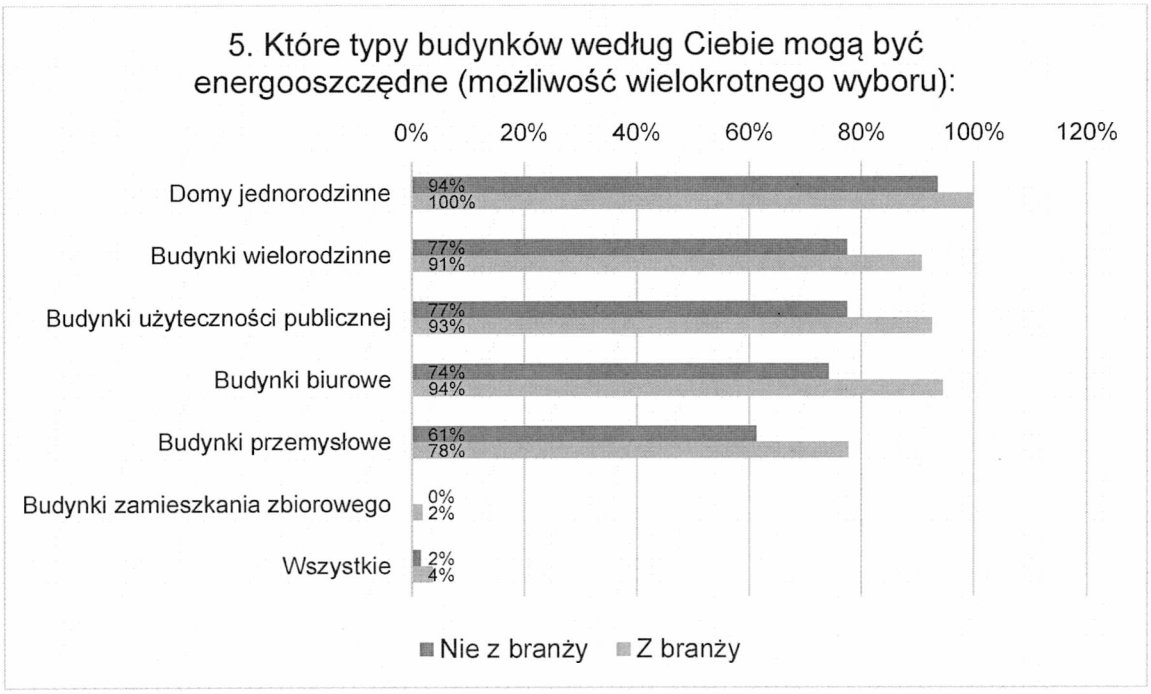
Czwarte pytanie dotyczyło oceny wiedzy z zakresu budynków energooszczędnych, niskoenergetycznych, pasywnych, blisko zeroenergetycznych i plus energetycznych. W grupie osób niezwiązanych z branżą budowlaną zdecydowana większość określiła swoją wiedzę na poziomie 1 (na skali od 1 do 5) na temat wszystkich typów, poza budynkami energooszczędnymi, gdzie przeważała ocena na 3 poziomie. Wśród ankietowanych związanych z branżą budowlaną, wyniki były bardziej wyrównane. Najlepiej, swój poziom wiedzy, ankietowani ocenili dla budynków pasywnych.





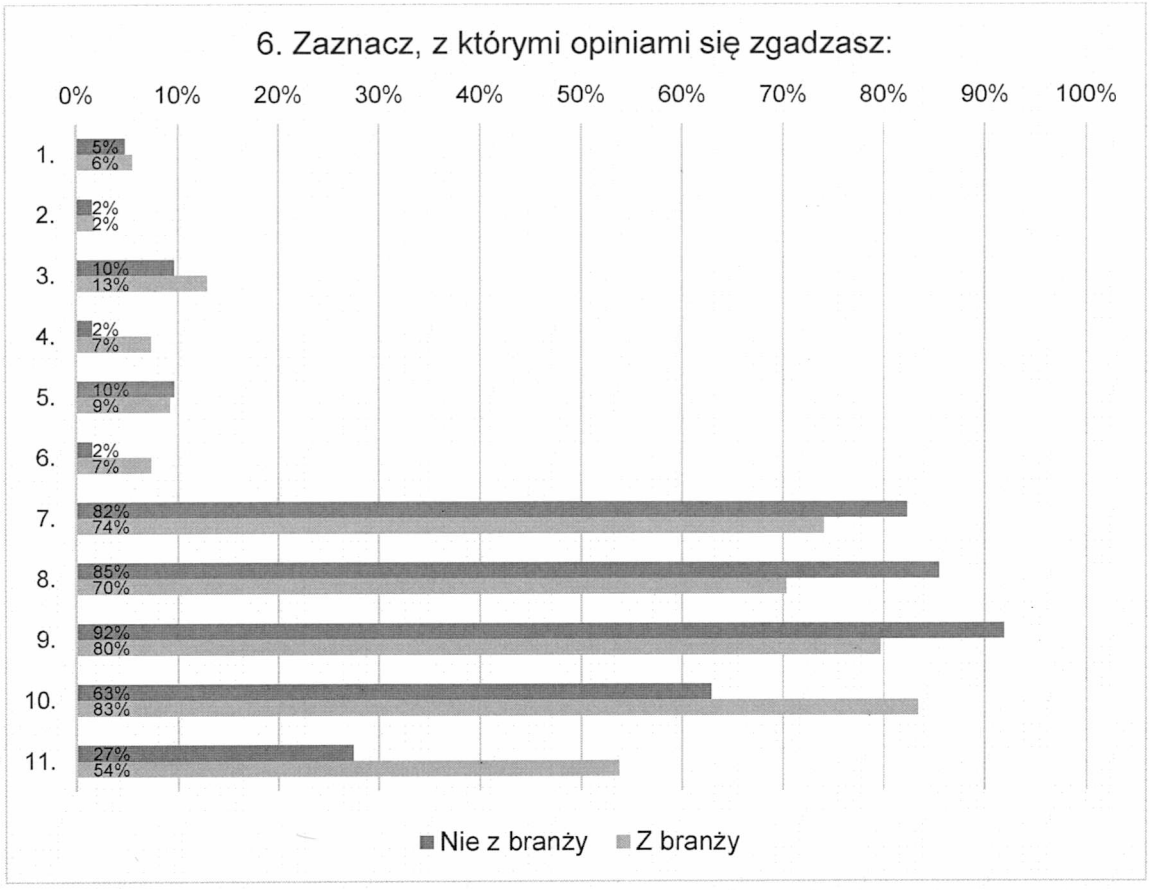
Pytanie 5

W pytaniu o to, które typy budynków, wg ankietowanych, mogą być energooszczędne, większość wyznaczyła domy jednorodzinne. Tylko nieliczni (2% osob niezwiązanych z branżą i 4% osób związanych z branżą budowlaną) wskazali, że mogą to być wszystkie typy budynków.



Pytanie 6

Ostatnie pytanie z zakresu ogólnej wiedzy o energooszczędności w budynkach dotyczyło opinii na temat budynków energooszczędnych, z którymi autor spotkał się w swojej praktyce zawodowej. Duża większość ankietowanych (ponad 70% w obu badanych grupach) zgadza się z pozytywną stroną budownictwa energooszczędnego.



1. W budynku energooszczędnym nie można otwierać okien.
2. W budynku energooszczędnym ze względu na jego szczelność panuje niezdrowy mikroklimat.
3. Dodatkowy koszt poniesiony przy budowie jest nieadekwatny do oszczędności zużycia energii i/lub późniejszych oszczędności kosztów eksploatacyjnych.
4. Budynki energooszczędne są nieestetyczne.
5. Mieszkanie w domu/mieszkaniu z wentylacją mechaniczną jest uciążliwe lub niezdrowe.
6. Energooszczędne rozwiązania są tylko pretekstem do wprowadzania nowych towarów na rynek.
7. Energooszczędność jest przyszłością w budownictwie.
8. Energooszczędność jest koniecznością by ograniczyć degradację środowiska.
9. Budynki energooszczędne nie muszą różnić się pod względem estetycznym od budynków konwencjonalnych.
10. Budynki energooszczędne zapewniają lepszy komfort termiczny od budynków konwencjonalnych.
11. Budynki energooszczędne nie wykazują symptomów tzw. syndromu chorego budynku.

GRUPA II

Pytania grupy II miały na celu zbadanie przeciętnej świadomości ankietowanych, jako użytkowników lokali mieszkalnych, o zużyciu energii w budynkach.

Pytanie 7

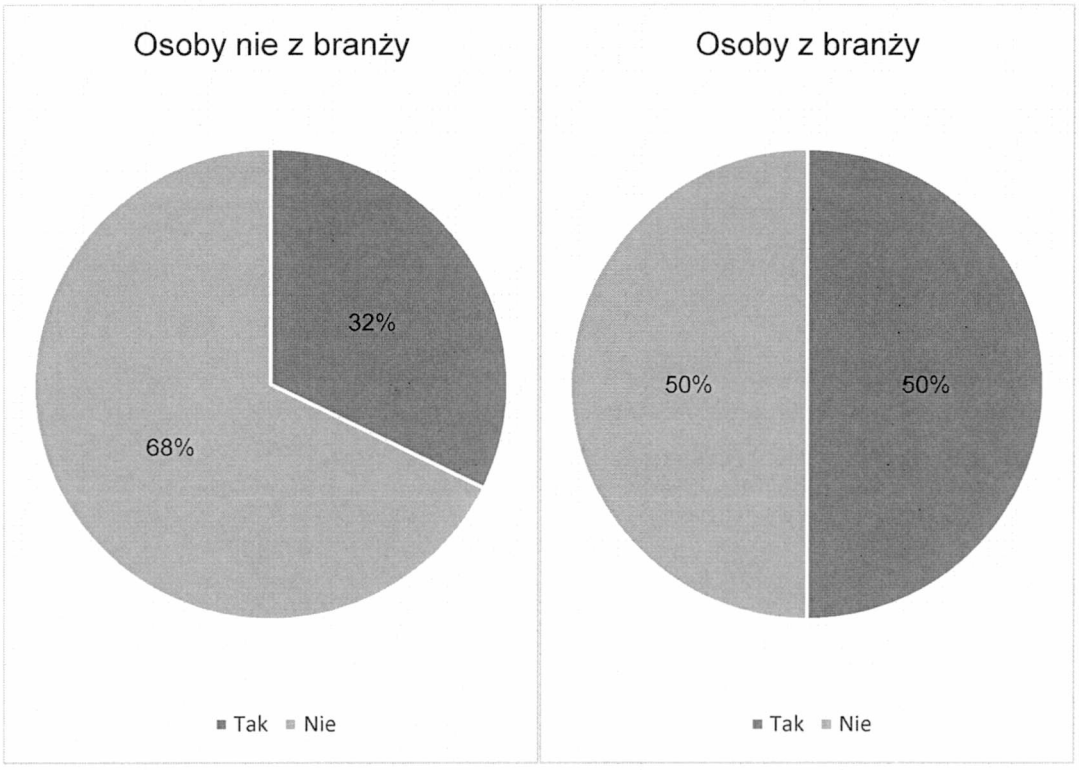
Na pytanie, czy ankietowani mieli okazję przebywać w budynku energooszczędnym, ponad połowa osób niezwiązanych z branżą budowlaną (61%) nie była w stanie stwierdzić, czy dany budynek był energooszczędny czy nie. Natomiast znacząca większość osób związanych z branżą budowlaną (80%) odpowiedziała twierdząco.



Pytanie 8

Na pytanie o widzę dotyczącą konsumpcji energii we własnym mieszkaniu lub domu, znacząca większość osób niezwiązanych z branżą budwolana (68%) stwierdziła, że jej nie posiada. Wśród osób związanych z branżą połowa osób również nie posiadała tej wiedzy.

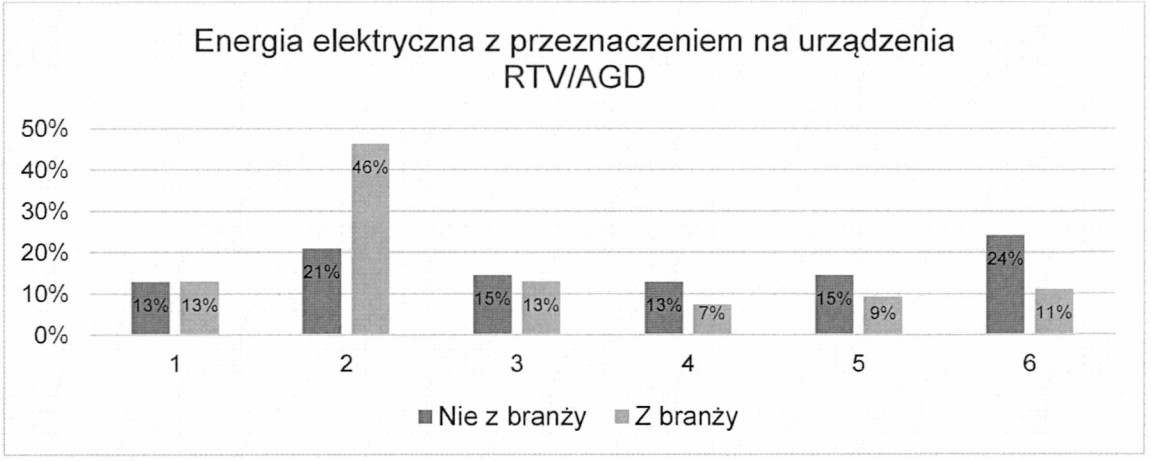
8. Czy orientujesz się ile dokładnie Twoje mieszkanie/dom konsumuje energii (na cele ogrzewania, chłodzenia, wentylowania, przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz zasilania wszystkich urządzeń) z różnych mediów rocznie?



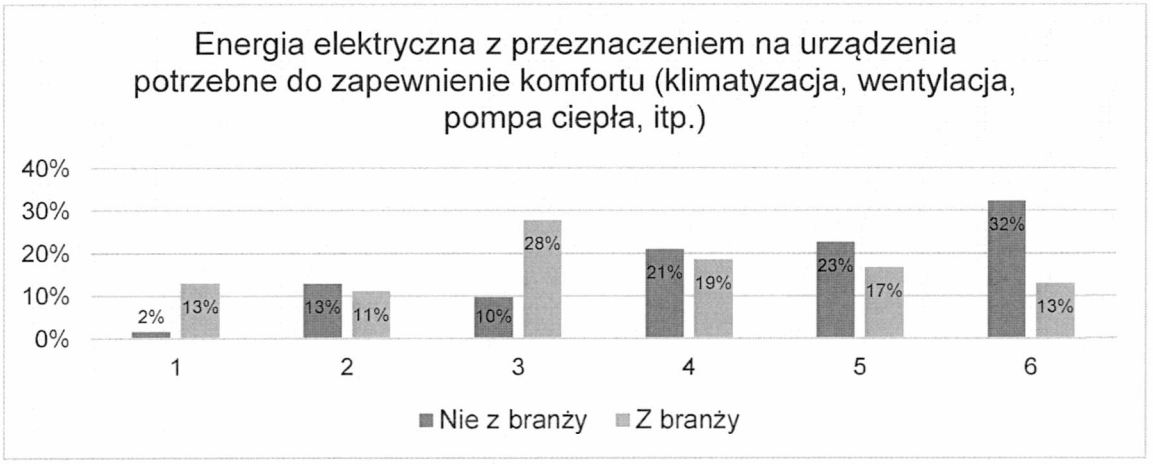
Pytanie 9

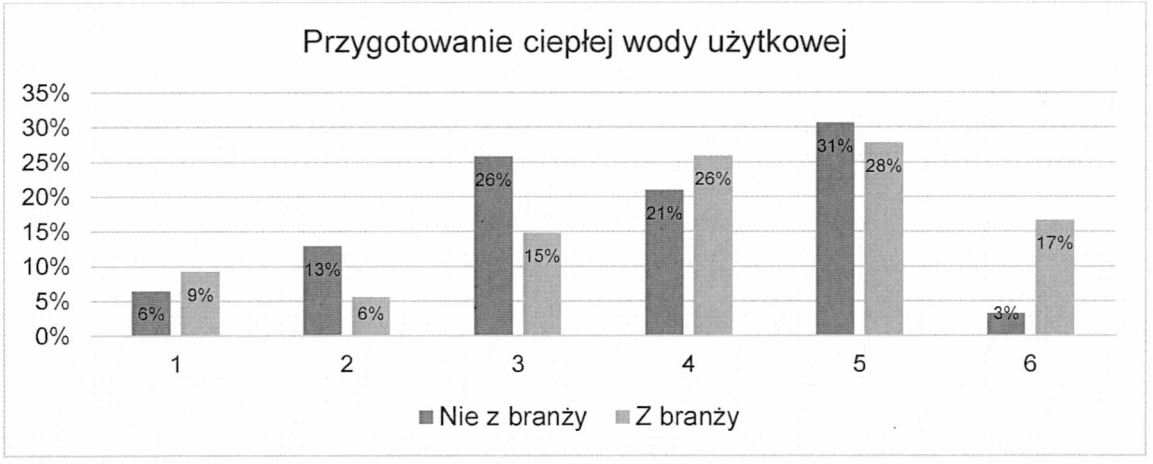
Ankietowani, w kolejnym pytaniu, zostali poproszeni o uszeregowanie, co ich zdaniem jest najbardziej energochłonne w przeciętnym mieszkaniu. Większość respondentów odpowiedziała, że najbardziej energochłonne jest ogrzewanie a najmniej energia elektryzna pożytkowana na oświetlenie.

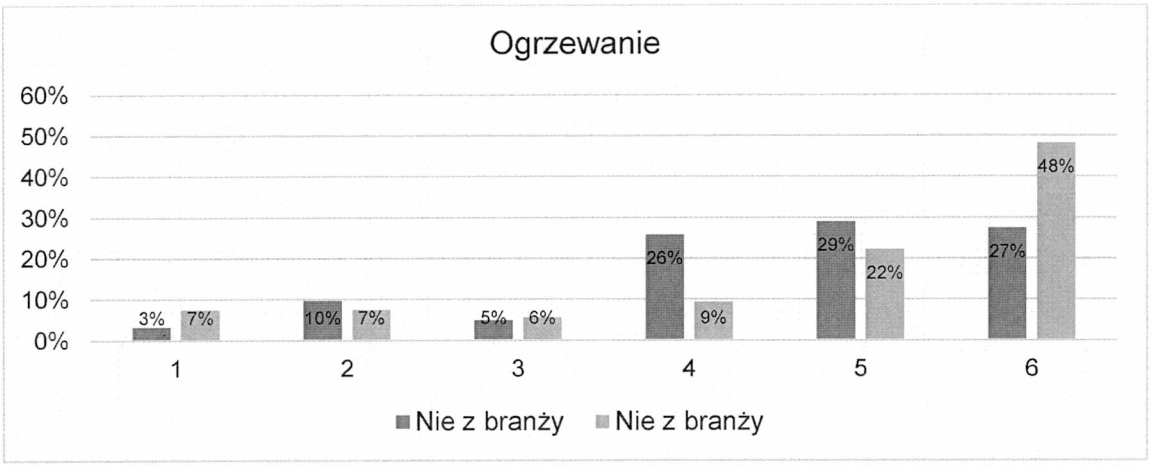
9. Uszereguj, co Twoim zdaniem konsumuje najwięcej energii w przeciętnym budynku mieszkalnym od najmniejszego do największego udziału:

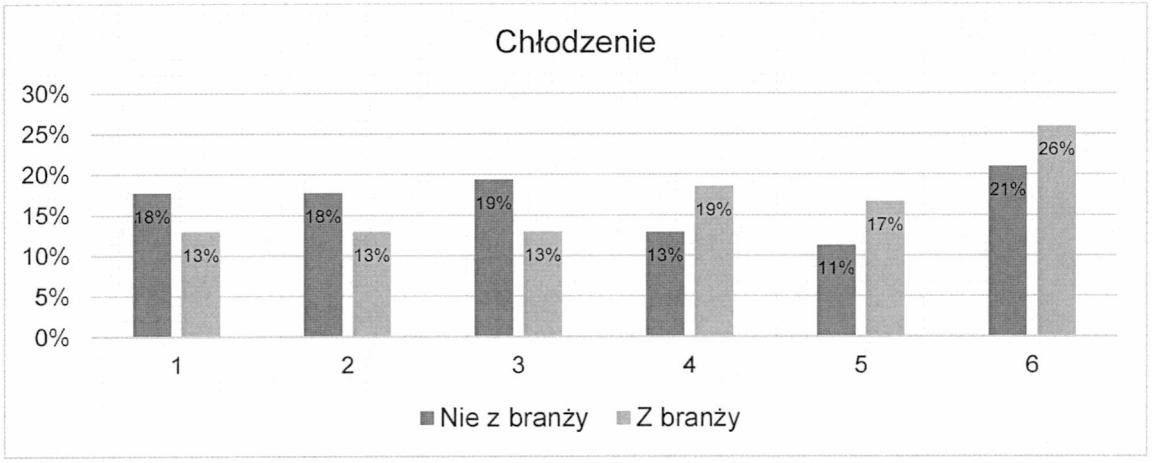



Energia elektryczna z przeznaczeniem na oświetlenie
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
27%
33%
21%
24%
26%
19%
11%
15%
13%
4%
2%
6%
1
2
3
4
5
6
Nie z branży
Z branży


Energia elektryczna z przeznaczeniem na urządzenia potrzebne do zapewnienie komfortu (klimatyzacja, wentylacja, pompa ciepła, itp.)
40%
30%
20%
10%
0%
2%
13%
13%
11%
10%
28%
21%
19%
23%
17%
32%
13%
1
2
3
4
5
6
Nie z branży
Z branży


Przygotowanie ciepłej wody użytkowej
35%
30%
25%
20%
15%
10%
5%
0%
6%
9%
13%
6%
26%
15%
21%
26%
31%
28%
3%
17%
1
2
3
4
5
6
Nie z branży
Z branży

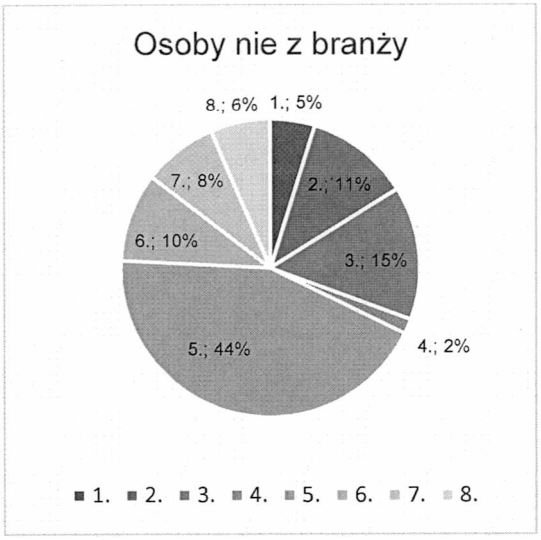


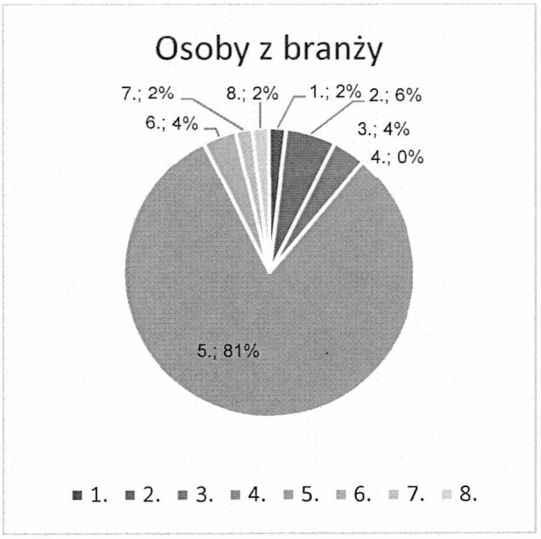


Pytanie 10

Obie grupy ankietowany zidentyfikowały, termomodernizację budynku za działanie, które potencjalnie może zaowocować największymi oszczędnościami energii. Za działanie najmniej efektywne, ankietowani zgodnie uznali wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła.

10. Które z poniższych rozwiązań według Ciebie przynosi największą oszczędność w zużyciu energii w mieszkaniu/domu?



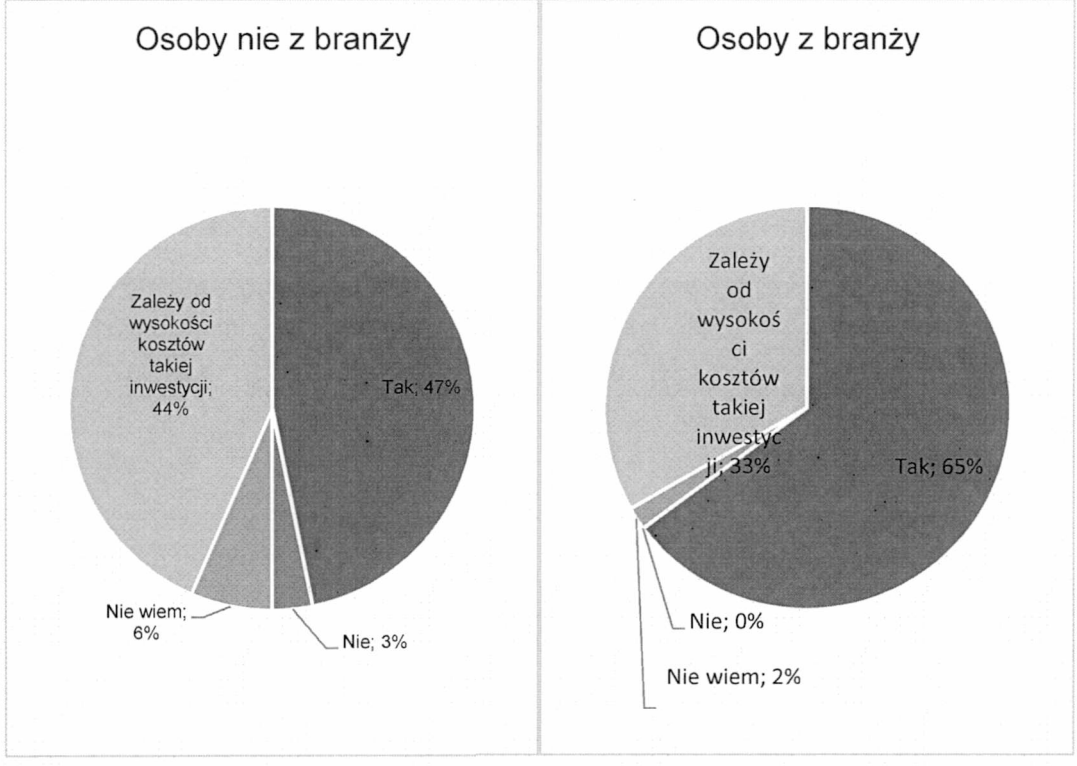


1. Instalowanie energooszczędnych źródeł światła,
2. Termomodernizacja budynku w postaci docieplenia przegród zewnętrznych (ściany, stropy, dachy),
3. Wymiana tradycyjnego źródła ciepła (kocioł gazowy, kocioł na paliwo stałe, itp.) na nowoczesne, wysokosprawne źródło jak np. pompa ciepła,
4. Zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła,
5. Termomodernizacja budynku w postaci docieplenia przegród zewnętrznych (ściany, stropy, dachy) w połączeniu z wymianą źródła ciepła i instalacją wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła,
6. Instalacja ogniw fotowoltaicznych (panele słoneczne),
7. Instalacja kolektorów słonecznych (tzw. solary),
8. Wykorzystanie energooszczędnych urządzeń RTV/AGD.

Pytanie 11

Na pytanie o zainteresowaniem obniżeniem kosztów utrzymania domu lub mieszkania, w zamian za inwestycję o czasie zwrotu 5-8 lat, większość ankietowany z obu grup (47% osób niezwiązanych z branżą budowlaną i 65% osób związanych z branżą budowlaną) odpowiedziała twierdząco.

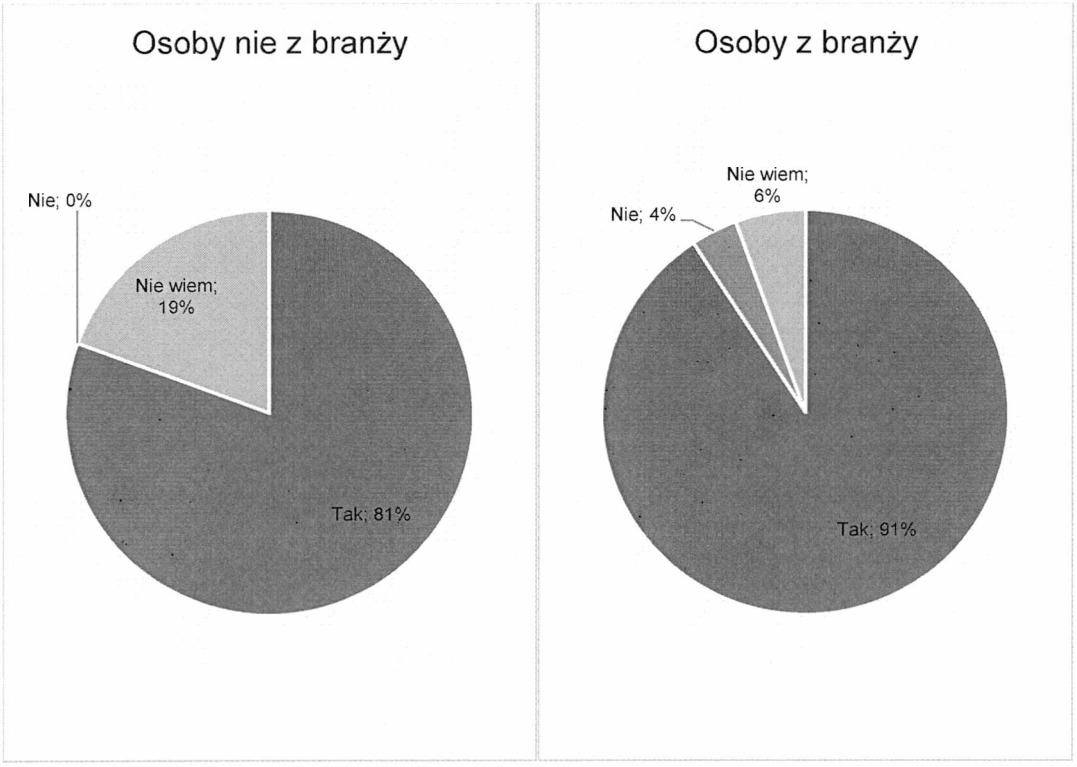
11. Czy byłabyś/-byś zainteresowana/-y obniżeniem kosztów utrzymania domu lub mieszkania w zamian za inwestycje, których orientacyjny czas zwrotu wynosiłbym 5-8 lat?



Pytanie 12

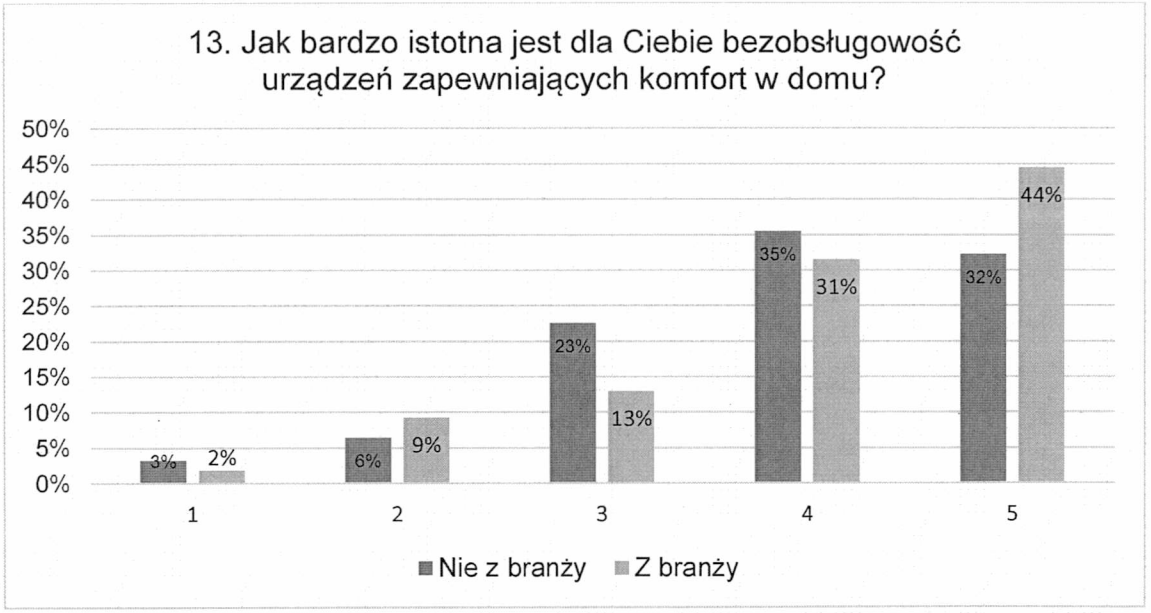
Na pytanie o chęć zamieszkania w budynku energooszczędnym, obie grupy, w znaczącej większości (81% osób niezwiązanych z branżą budowlaną i 91% osób związanych z branżą budowlaną) odpowiedziało twierdząco.

12. Czy chciałabyś/-byś mieszkać w budynku energooszczędnym?



Pytanie 13

Na pytanie o to, czy bezobsługowość urządzeń zapewniających komfort w domu jest dla ankietowanych istotna, więszkość ankietowanych niezwiązanych z branżą budowlaną (35%) stwierdziła, że jest to dla nich ważne (4 stopień). Więszkość osób związanych z branżą budowlaną (44%) odpowiedziałą, że jest to dla nich bardzo ważne (5 stopień).



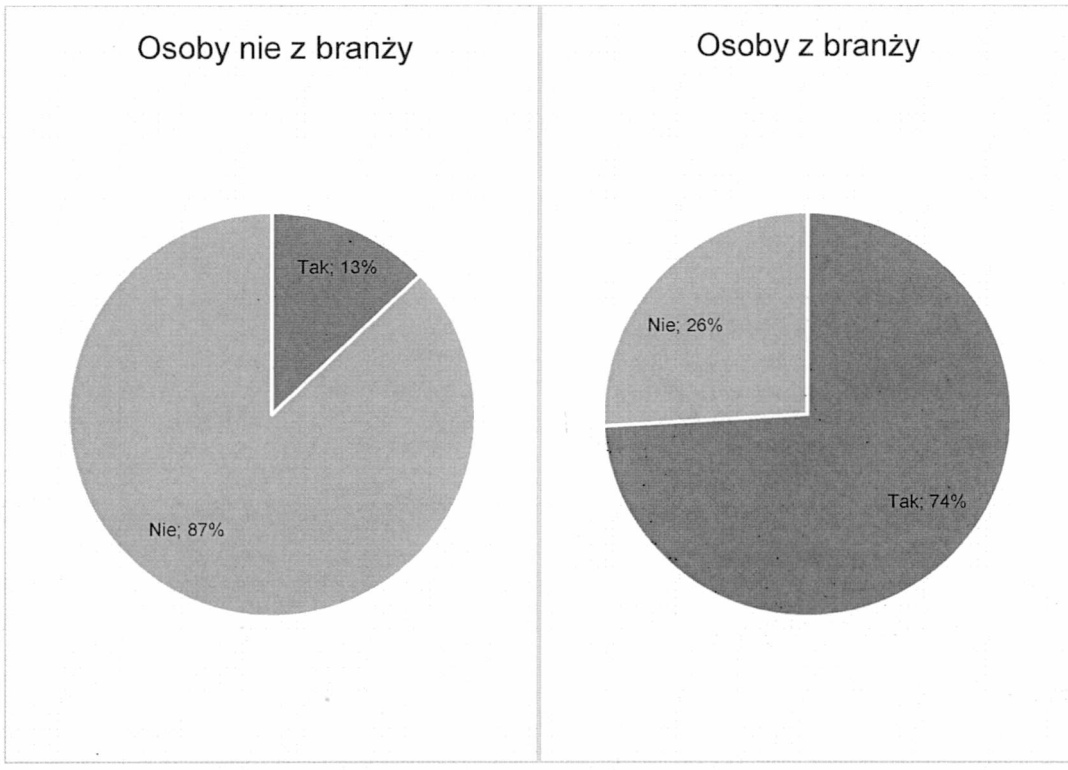
GRUPA III

Ostatnia grupa pytań poruszała kwestie prawne budynków energooszczędnych.

Pytanie 14

Na pytanie o wiedzę z zakresów wymogów technicznych stawianych budynków w zakresie energooszczędności, znacząca większość ankietowanych niezwiązanych z branżą budowlaną (87%) odpowiedziało przecząco. Większość ankietowanych zwiazanych z branżą budowlaną (74%) twierdziło, że posiada taką wiedzę.

14. Czy posiadasz wiedzę dotyczącą wymogów technicznych stawianych budynkom w zakresie energooszczędność?



GRUPA III

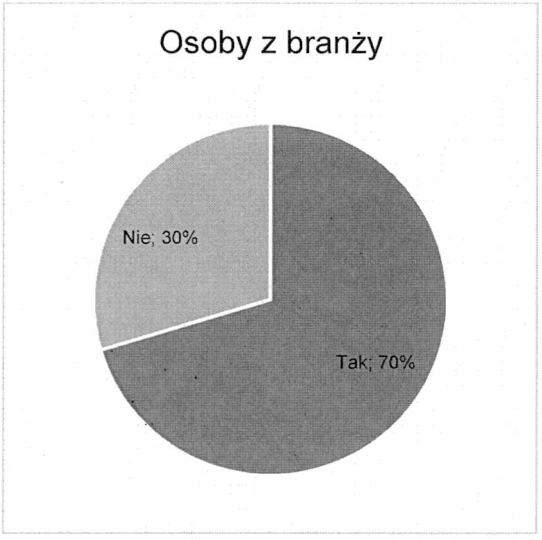
Ostatnie 3 pytania dotyczyły znajomości programów dopłat zorientowanych na obiekty o podwyższonych standardach energetycznych.

Pytanie 15

W przypadku najbardziej rozpowrzechnionego programu, jakim był program dopłat do zakupu lub budowy mieszkań i domów w standardach energetycznych i pasywnych prowadzony przez NFOŚiGW, znacząca większość ankietowanych związanych z branżą budowlaną (70%) odpowiedziała twierdząco. Większość osób niezwiązanych z branżą budowlaną (68%) nie spotkało się z tym programem.

15. Czy słyszałaś/-łeś o programie dopłat do zakupu lub budowy mieszkań i domów w standardach energooszczędnych, który prowadzony był przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej?



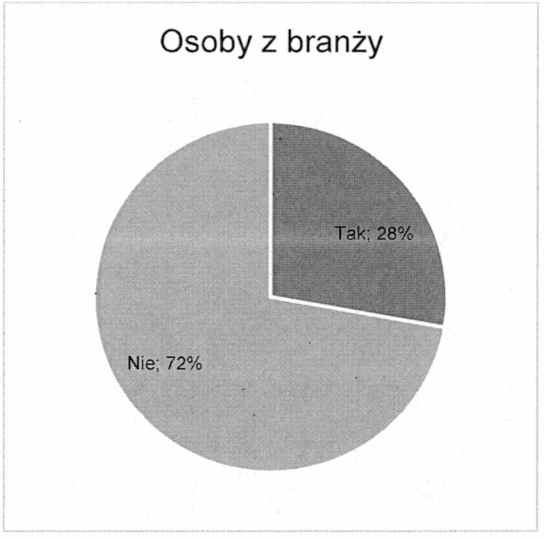


Pytanie 16

Na pytanie o kolejny program, „Ryś", również realizowany przez NFOŚiGW, większość ankietowanych (94% osób niezwiązanych z branżą budowlaną i 72% osób związanych z branżą budowlaną) odpowiedziała negatywnie.

16. Czy słyszałaś/-łeś o programie dopłat do termomodernizacji domów jednorodzinnych „Ryś", który prowadzony był przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej?





Pytanie 17

Na pytanie o program, „Kawka", również realizowany przez NFOŚiGW, większość ankietowanych (85% osób niezwiązanych z branżą budowlaną i 52% osób związanych z branżą budowlaną) odpowiedziała negatywnie.

17. Czy słyszałaś/-łeś o programie dotacji do zmian systemów ogrzewania oparty na paliwie węglowym „Kawka", który prowadzony jest przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej?

