

Sławomir ROSOLSKI\*

## KOMFORT KLIMATYCZNY A JAKOŚĆ ŻYCIA

Rosnąca świadomość społeczna dotycząca wpływu standardu otaczającego środowiska na zdrowie człowieka w kontekście zrównoważonego rozwoju stawia coraz wyższe wymagania mające na celu nie tylko zaspokojenie potrzeb teraźniejszych, ale również zadbanie o równowagę przyrody dla przyszłości. Artykuł ma za zadanie zwrócić uwagę na problem dotyczący komfortu klimatycznego jako bezpośredniego czynnika wpływającego na jakość życia w kontekście zmieniającego się środowiska zewnętrznego, środowiska wewnętrznego i jego wpływu na człowieka.

**Słowa kluczowe:** zrównoważony rozwój, komfort klimatyczny, jakość życia

Reakcją na współczesne zagrożenia degradacji środowiska i jego nieodwracalne zmiany, mającą na celu poszanowanie zasobów środowiska naturalnego i równowagi pomiędzy urbanizacją a zdolnością przyrody do utrzymania homeostazy, zadbanie o potrzeby i dobrą jakość życia człowieka, jest koncepcja **zrównoważonego rozwoju**<sup>1</sup>. Pojęcie zrównoważonego rozwoju (*sustainable development*)<sup>2</sup> po raz pierwszy wymieniono w raporcie ONZ „Nasza wspólna przyszłość” („Our Common

---

\* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury, Urbanistyki i Ochrony Dziedzictwa.

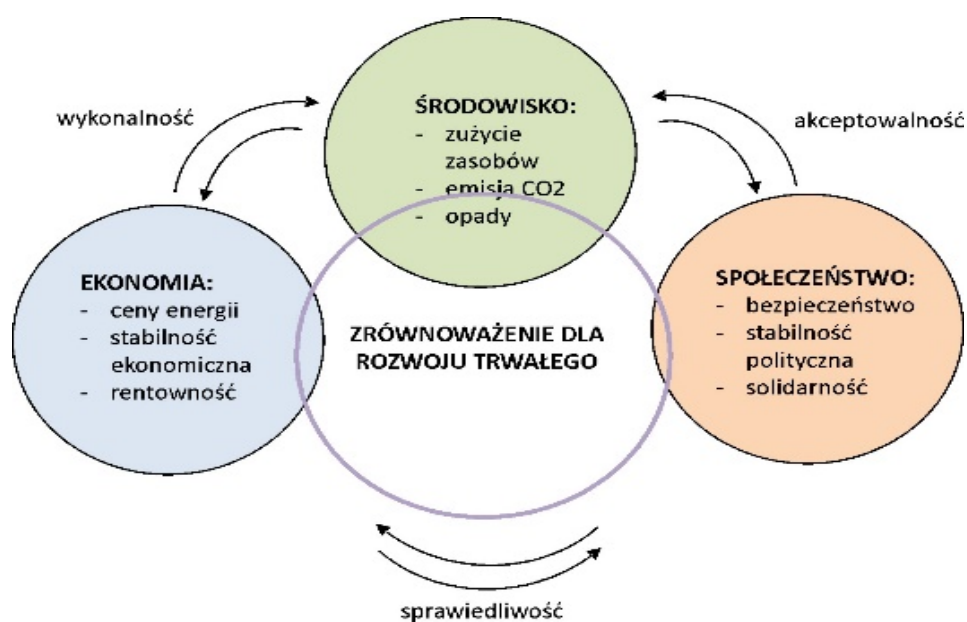
<sup>1</sup> Pojęcie zrównoważonego rozwoju pochodzące pierwotnie z leśnictwa stworzył Hans Carl von Carlowitz (1645-1714). Oznaczało sposób gospodarowania lasem polegający na tym, że wycina się tylko tyle drzew, ile może w to miejsce urosnąć, tak by las nigdy nie został zlikwidowany, by mógł się zawsze odbudować.

<sup>2</sup> Pierwsza definicja pojawiła się w raporcie „Nasza wspólna przyszłość” w 1987 r., który opracowała Światowa Komisja Środowiska i Rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych: „Zrównoważony rozwój (*sustainable development*) określa proces rozwoju, który, dążąc do pełnego zaspokojenia potrzeb obecnego pokolenia, w żaden sposób nie zmniejszy potencjału rozwoju przyszłych pokoleń”. Wyodrębniono trzy główne obszary wpływające na poziom zrównoważenia gospodarki: środowisko – konieczność przemyślanego i ostrożnego korzystania ze środowiska, w taki sposób, aby nie powodować jego degradacji i nie dopuszczać do nieodwracalnych zmian; ekonomia – wzrost gospodarczy, sprawiedliwy podział wynikający z jego korzyści; społeczeństwo – aspekty socjalne, wzrost poziomu życia, wyrównywanie szans.

Future”) w 1987 r. i w Agendzie 21 (Tuszyńska 2015), wyznaczając dbałość o środowisko życia jako jedną z podstawowych funkcji w dalszym rozwoju cywilizacyjnym świata, obok gospodarki i spraw socjalnych.

Pojęcie to w ostatnich latach mocno ewoluowało. Początkowo oznaczało synergię pomiędzy aspektami **środowiskowymi** (odnosi się do poprawy stanu środowiska naturalnego oraz zachowania kapitału przyrodniczego i ochrony bioróżnorodności), **społecznymi** i **ekonomicznymi** (dotyczy wzrostu PKB, który zapewni odpowiednią ilość dóbr i usług). Jednak coraz większa świadomość wpływu otoczenia zewnętrznego, jak i wewnętrznego na człowieka wyłoniła jeszcze jeden bardzo ważny aspekt zrównoważonego rozwoju – **zdrowie człowieka**.

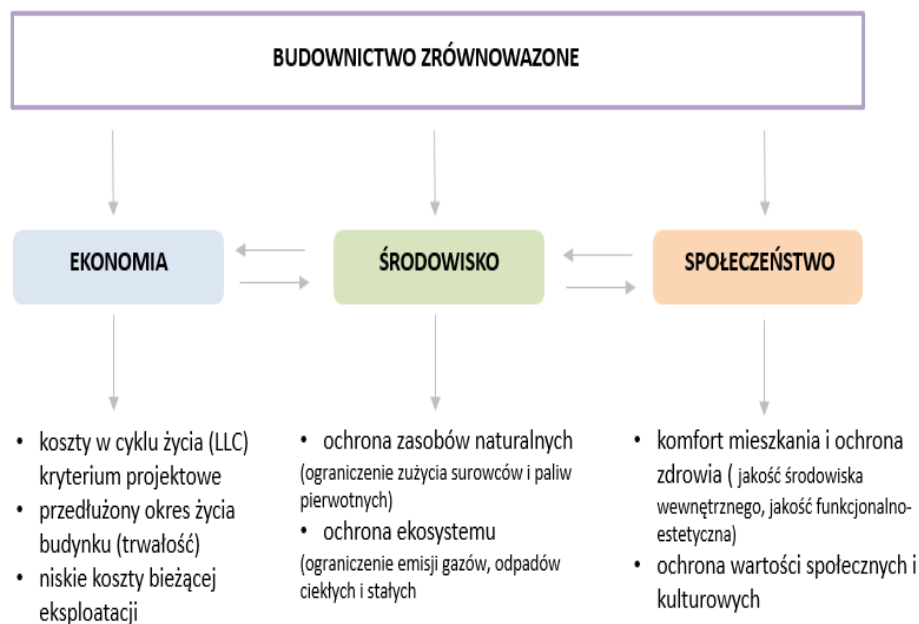
W Polsce zasada zrównoważonego rozwoju zyskała rangę konstytucyjną – została zapisana w art. 5 Konstytucji RP, a definicja zrównoważonego rozwoju znalazła się w ustawie Prawo ochrony środowiska: „Rozwój społeczno-gospodarczy, w którym następuje proces integrowania działań politycznych, gospodarczych i społecznych, z zachowaniem równowagi przyrodniczej oraz trwałości podstawowych procesów przyrodniczych, w celu zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb poszczególnych społeczności lub obywateli zarówno współczesnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń”<sup>3</sup>.



Rys. 1. Kluczowe elementy rozwoju zrównoważonego

<sup>3</sup> Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska: Dz.U. z 2001 r., nr 62, poz. 627.

Istotne miejsce w działaniach zmierzających do realizacji założeń zrównoważonego rozwoju zajmuje budownictwo<sup>4</sup> (rys. 2).



Rys. 2. Podstawowe kryteria oceny budynków zrównoważonych<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Budownictwo zrównoważone – jego znaczenie w gospodarce Unii Europejskiej podkreśliła inicjatywa Lead Market Initiative (LMI), w której budownictwo zostało uznane za jeden z sześciu rynków pionierskich – wiodących – podatnych na innowacje z dużym potencjałem rozwojowym. Wdrożenie nowych technologii i rozwiązań w budownictwie uznano za tak istotne, ponieważ ma ono znaczny wpływ na trzy dziedziny określone jako priorytetowe dla zrównoważonego rozwoju: środowisko, ekonomię, społeczeństwo.

<sup>5</sup> *Strategiczny projekt badawczy pt. „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”*. Zadanie badawcze nr 2 pt. „Opracowanie optymalnych, energetycznie typowych rozwiązań strukturalno-materiałowych i instalacyjnych budynków”. Tom pierwszy, część B: *Podjęcie zintegrowane do budynków współczesnych*. Zob. Mańkowski, Szczechowiak 2013.

## KOMFORT KLIMATYCZNY

Każda forma funkcjonuje w relacji do tła, nie będąc odeń niezależną. Obiekt i tło, tworząc realnie istniejące całości, nieustannie i zmiennie korespondują ze sobą. Zmiana tła może powodować i prawie zawsze powoduje zmianę formy lub sposobu jej odbioru. W procesach projektowych i planach zagospodarowania przestrzennego otoczenie jest nazwane sytuacją lub lokalizacją.

Charakterystyka terenu obejmuje wymiary i kształt działki, warunki gruntowe, ustalone gabaryty zabudowy, zorientowanie działki względem stron świata, nasłonecznienie, ukształtowanie terenu, założony sposób zabudowy, linie regulacyjne, istniejącą sąsiednią zabudowę, zielen, perspektywy widokowe oraz walory krajobrazowe.

Ogromny rozwój techniki oraz jakościowy wzrost potrzeb użytkowników i ich wyczulenie na warunki środowiskowe, tak charakterystyczne dla naszej epoki, sprawiają, że poszerza się rozumienie „otoczenia” o pojęcie środowiska obejmującego silnie zdwersyfikowany zbiór wymagań, wśród których jednym z istotniejszych jest **komfort klimatyczny**<sup>6</sup>.

Dalsza interpretacja otoczenia wystąpi zatem pod postacią pojęcia komfortu klimatycznego i będzie stanowiła podstawę dalszych rozważań oraz badań wzajemnych związków zagadnień zasadniczych<sup>7</sup>.

Parametry dobrego samopoczucia człowieka są ogólnie określane przez parametry komfortu klimatycznego (Rosolski 2012). Ewolucja techniczna związana z poznawaniem charakterystyki relacji między człowiekiem i środowiskiem powoduje, że liczba tych parametrów ciągle rośnie, przybliżając coraz pełniej opis „otoczenia” i rozbudowując uwarunkowania technologiczne. Dotyczy to szczególnie rozwoju techniki budowlanej, grzewczo-wentylacyjnej, techniki akustycznej oraz techniki świetlnej.

Wśród czynników wpływających na odczucie komfortu klimatycznego wyróżniamy te związane:

- ze środowiskiem zewnętrznym,
- z człowiekiem,
- ze środowiskiem wewnętrznym.

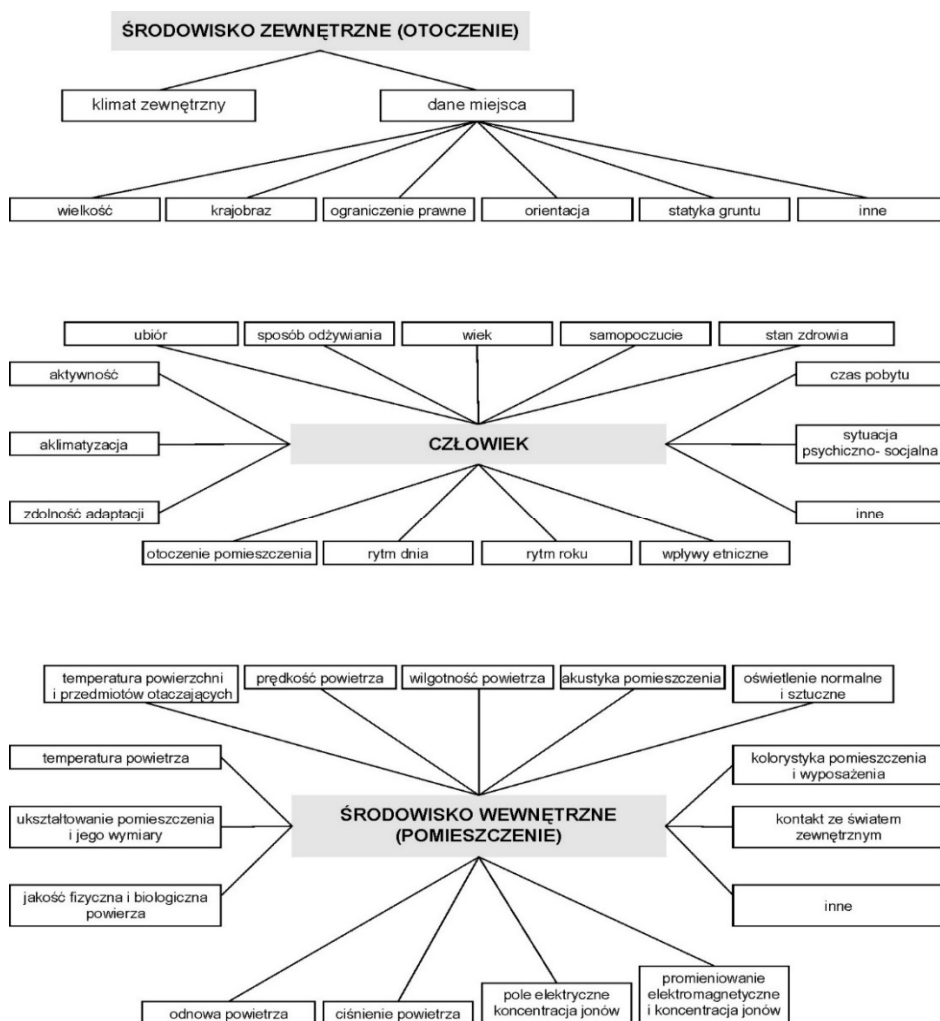
Na podstawie powyższych rozwiązań oraz badań wzajemnych związków zagadnień zasadniczych, biorąc pod uwagę środowisko wewnętrzne zależne od sytuacji oraz użytkownika, komfort klimatyczny definiuje się za pomocą jego podstawowych czynników, jakimi są:

---

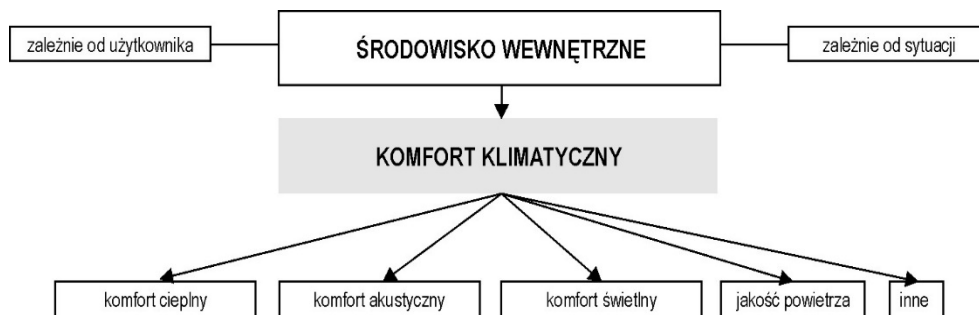
<sup>6</sup> Komfort klimatyczny – na podstawie definicji Aleksandra von Humboldta: „Klimat to wszystkie czynniki zewnętrzne oddziałujące w sposób istotny na nasze zmysły” – obejmuje całokształt czynników oddziałujących na nasze zmysły i mających istotny wpływ na samopoczucie człowieka (Szczechowiak 1993).

<sup>7</sup> Zagadnienia zasadnicze: funkcja, forma, konstrukcja, otoczenie, ekonomia (Rosolski 2012).

- komfort cieplny,
- komfort świetlny,
- komfort akustyczny,
- jakość powietrza,
- inne.



Rys. 3. Czynniki związane ze środowiskiem zewnętrznym, czynniki związane z człowiekiem, czynniki związane ze środowiskiem wewnętrznym



Rys. 4. Podstawowe składniki komfortu klimatycznego

Tab. 1. Wpływ parametrów opisujących środowisko wewnętrzne na odczucie komfortu klimatycznego

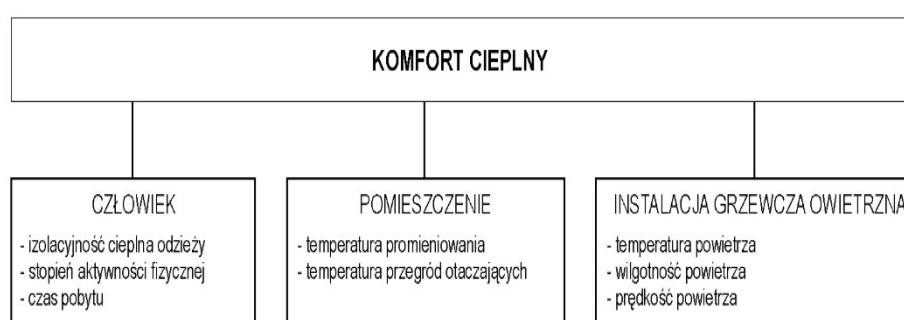
CZYNNIK PARAMETRY	OCENA [%]																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>Oddziaływanie termiczne</b>	30,1																													
temperatura	15,8																													
wilgotność	7,1																													
ruch powietrza	7,2																													
<b>Jakość powietrza</b>	24,0																													
zanieczyszczenia biologiczne	7,5																													
zanieczyszczenia fizyczne (pyły)	6,6																													
dym papierosowy	9,9																													
<b>Oświetlenie</b>	24,0																													
poziom luminacji	11,0																													
ośnienie	7,7																													
cienistość	5,1																													
<b>Oddziaływania akustyczne</b>	21,9																													
głośność	8,7																													
widmo dźwięku	4,6																													
modulacja	8,6																													

Czynniki te były przedmiotem wielu badań naukowców<sup>8</sup>, m.in. Fanger i Rohlesa, którzy ocenili wpływ tych czynników na środowisko wewnętrzne (tab. 1).

<sup>8</sup> Naukowcy (Rohles, Woods, Morey 1989: 23-27) przeprowadzili próbę uszeregowania wpływu czynników zidentyfikowanych wpływających na odczucie komfortu klimatycznego (jakość środowiska wewnętrznego – *Indoor Environment Quality*). W tym celu poddali badaniom ankietowym grupę 200 osób (studentów oraz pracowników biurowych) w celu uzyskania danych dotyczących wpływu czterech uszeregowanych grup czynników: oddziaływań

**Komfort cieplny** zapewniający warunki dobrego samopoczucia to taki stan otoczenia, w którym równowaga cieplna organizmu ludzkiego zachowana jest przy minimalnym obciążeniu jego układu termoregulacyjnego.

W ustalonych warunkach otoczenia pierwszym warunkiem uzyskania komfortu cieplnego jest spełnienie równania bilansu energetycznego organizmu. Dla danego wydatku energetycznego jedynymi zmiennymi parametrami fizjologicznymi wpływającymi na bilans energetyczny organizmu są: średnia temperatura powierzchni skóry ( $t_s$ ) oraz ilość ciepła zużywanego na odparowanie potu ( $Q_w$ ).



Rys. 5. Podstawowe parametry wpływające na komfort cieplny człowieka

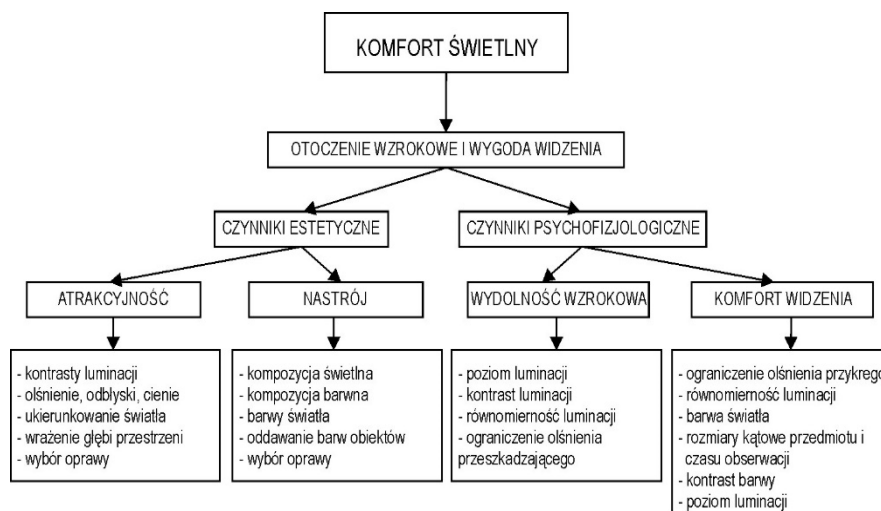
Przy danym wydatku energetycznym wrażenia cieplne ludzi zależą od obciążenia cieplnego organizmu ( $Q_c$ ) definiowanego jako różnica pomiędzy ilością ciepła wydzielonego w organizmie a stratami ciepła oddawanego do otaczającego środowiska. W warunkach komfortu cieplnego obciążenie cieplne organizmu równe jest zeru. W każdym przypadku subiektywne wrażenia cieplne mogą być wyrażane na podstawie przyjętych skal liczbowych o punktach charakterystycznych wyznaczonych eksperymentalnie (Szczechowiak, Mróz).

termicznych otoczenia, jakości powietrza w pomieszczeniu, oświetlenia i oddziaływań akustycznych w pomieszczeniu na ogólną ocenę jakości środowiska w pomieszczeniu. Dla każdego z czynników określono trzy charakterystyczne parametry opisujące stan środowiska wewnętrznego. Parametry te wraz z uzyskanymi przez Rohlesa i in. ocenami ich wpływu na odczucie komfortu klimatycznego zestawiono w tab. 1. Badania wykazały, że podstawowe znaczenie dla odczucia komfortu klimatycznego mają oddziaływania termiczne otoczenia na organizm człowieka (czyli parametry opisujące komfort cieplny). Jakość powietrza w otoczeniu stawiana jest na równi z warunkami oświetlenia pomieszczenia. Nieznacznie niżej badana grupa oceniła wpływ wrażeń akustycznych na odczucie komfortu. Tak uszeregowane parametry mogą być pomocne do wielokryterialnej oceny wpływu poszczególnych parametrów na odczucie komfortu klimatycznego, a także na ocenę dyskomfortu w sytuacjach, gdy osiągnięcie strefy komfortu jest niemożliwe lub nieoptymalne.

**Komfort świetlny** to pożądaný stan, w którym proces widzenia zachodzący w otoczeniu umożliwia swobodną orientację i wygodę użytkową pod względem naświetlenia wnętrza<sup>9</sup>.

**Otoczenie wizualne** lub otoczenie świetlne (*visual atmosphere, visual ambiency*) oznacza zespół czynników oddziałujących na człowieka fizjologicznie i psychologicznie, utworzony we wnętrzu przez światło (poziom i rozkład natężenia oświetlenia, sposób wprowadzenia światła do wnętrza, barwę postrzeganą światła) oraz przez barwę (odcień, nasycenie, rozkład odcienia i nasycenia we wnętrzu, oddawanie barw), w powiązaniu z kształtem wnętrza. Otoczenie świetlne nazywane jest też niekiedy „klimatem świetlnym”.

Otoczenie świetlne istnieje bez względu na obecność w nim człowieka, natomiast oddziaływanie otoczenia jest różne i zależy od jego ukształtowania oraz indywidualnych cech przebywających w nim osób. Może ułatwić koncentrację, prowadzenie trudnej, długotrwałej pracy, może sprzyjać odprężeniu, odpoczynkowi, wprowadzić w stan radosnego podniecenia, zadumy lub smutku, może przesądzić o nastroju kameralnym, intymnym lub oficjalnym, podniosłym itd.



Rys. 6. Podstawowe parametry wpływające na komfort świetlny odczuwany przez człowieka

<sup>9</sup> Pojęcie komfortu świetlnego wprowadzono do niniejszej pracy w celu wykazania współzależności zasadniczych zagadnień projektowania architektonicznego opartych na komforcie klimatycznym. Określono je przez pojęcie wygody widzenia i otoczenia wzrokowego.



Komfort percepcyjny (wygoda widzenia) jest bardzo pożądanym stanem procesu widzenia, którego wystąpienie świadczy o wytworzeniu dobrego, harmonijnie ukształtowanego oświetlenia (oświetlenia komfortowego).

**Wygoda widzenia** występuje, gdy zostaną spełnione co najmniej trzy warunki: pełna zdolność rozróżniania szczegółów (wydolność wzrokowa), sprawne spostrzeganie, które jest pozbawione ryzyka dla człowieka i przedmiotów jego pracy wraz z otoczeniem (wydolność wzrokowa) oraz nie prowadzi do odczucia przykrości, niewygody, nadmiernego zmęczenia, przeciwnie, jest połączone z odczuciami przyjemnymi (komfort widzenia).

**Wydolność wzrokowa** (*visual performance*) określa wydolność systemu wzrokowego mierzonego na przykład szybkością i dokładnością wykonywania określonego zadania wzrokowego. Celem działań projektowych jest takie ukształtowanie środowiska wewnętrznego, by zapewnić wydolność wzrokową w każdych warunkach oświetleniowych bez względu na rodzaj i trudność pracy.

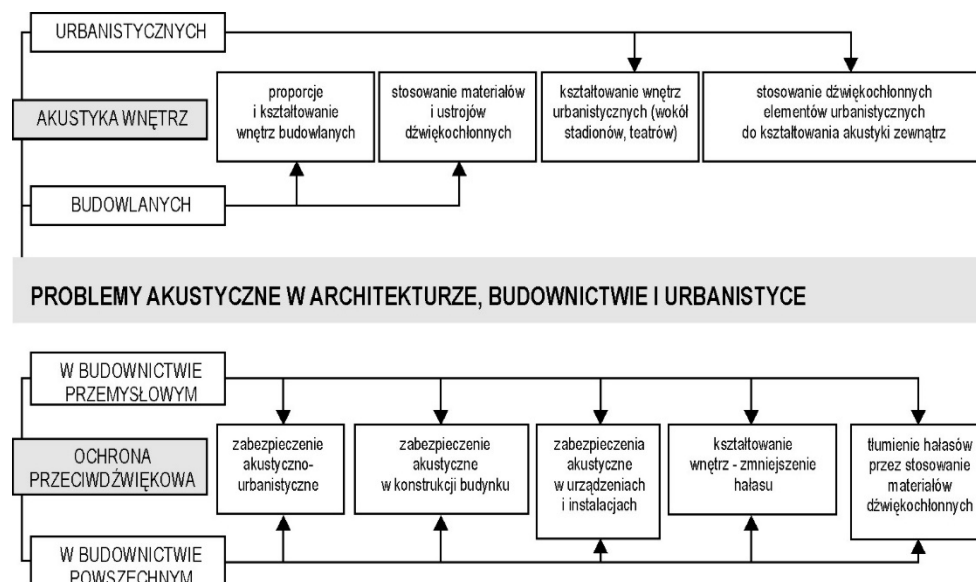
**Komfort widzenia** jest stanem procesu widzenia związanym z odczuciem przyjemności; występuje w warunkach bardzo dobrego oświetlenia. Oświetlenie umożliwiające wystąpienie komfortu świetlnego projektuje się na podstawie zaleceń wynikających z kilku podstawowych zasad. Pierwsza z nich to zasada dostatecznego kontrastu – zwiększenie kontrastu między przedmiotem a tłem, jak również między widocznymi częściami danego przedmiotu wpływa na poprawę widzenia w stopniu wyższym niż zwiększenie poziomu luminancji. Jeśli kontrast luminancji jest mały, to zwiększenie go jest zawsze pożądane i to w tym większym stopniu, im niższe poziomy luminancji przewidziane są do stosowania.

**Komfort akustyczny** to pożądaný stan otoczenia dźwiękowego o dobrych akustycznych walorach wnętrza i odpowiednio zmniejszonym poziomie hałasów przenikających do pomieszczenia z zewnątrz, zapewniający dobre samopoczucie.

Problemy akustyczne rozwiązywane w urbanistyce, budownictwie i architekturze składają się z dwóch zasadniczych grup: zagadnień ochrony przeciwdźwiękowej i akustyki wewnątrz.

Zagadnienia ochrony przeciwdźwiękowej obejmują zarządzenia administracyjne, projektowanie, wykonywanie oraz stosowanie maszyn, urządzeń i środków komunikacji możliwie jak najmniej hałaśliwych i niewytwarzających szkodliwych drgań, jak też używanie odpowiednich zabezpieczeń przeciwdrganiowych i przeciwdźwiękowych w celu ochrony mieszkańców bądź obsługi przed hałasem wytwarzanym przez zainstalowane maszyny, urządzenia, środki komunikacji itp. Pozwala to na znaczne zmniejszenie kosztów izolacji akustycznych.

Celem ochrony akustycznej jest zapewnienie odpowiednich warunków umożliwiających odpoczynek w budynkach mieszkalnych i właściwych warunków w miejscach pracy, a także zmniejszenie zakłóceń dźwiękowych w obiektach budownictwa powszechnego (teatry, kina, studia, audytorium, klasy szkolne) oraz zmniejszenie hałasów emitowanych do otoczenia przez komunikację i przemysł.



Rys. 7. Problemy akustyczne w architekturze, budownictwie i urbanistyce

Akustyka wewnątrz dzieli się na kształtowanie przestrzenne wnętrza z punktu widzenia potrzeb właściwego nagłośnienia. Dotyczy to również odpowiedniego rozproszenia lub kierowania energii akustycznej, odpowiednich wartości czasu pogłosu, równomiernego zaniku dźwięku (niewystępowanie echa) i innych parametrów decydujących o walorach akustycznych wnętrza. Istotne jest stosowanie ustrojów pochłaniających i rozpraszających (w celu odizolowania zakłóceń akustycznych z zewnątrz) lub kierujących dźwięk zależnie od wymaganych warunków akustycznych, a także zastosowanie w razie potrzeby nagłośnienia elektroakustycznego lub ambiofonicznego<sup>10</sup>.

Podstawą do zaprojektowania pod względem akustycznym danego wnętrza jest jego przeznaczenie, w szczególnym przypadku rodzaj przewidywanej produkcji dźwiękowej (Sadowski 1971).

**Jakość powietrza** należy rozpatrywać jako relację jakości powietrza zewnętrznego z jakością powietrza wewnętrznego określoną przez taki stan czystości powietrza, który spełnia wymagania i oczekiwania ludzi.

Głównym symptomem niskiej jakości powietrza zewnętrznego jest smog<sup>11</sup> będący mieszaniną szkodliwych związków chemicznych składających się z metali

<sup>10</sup> Zwiększanie czasu pogłosu za pomocą urządzeń elektroakustycznych.

<sup>11</sup> „Smog” – wyraz pochodzi z języka angielskiego od słów: *smoke* (dym) i *fog* (mgła).

ciężkich, tlenków siarki, azotu oraz pyłów zawieszonych<sup>12</sup>. Pomiarom podlegają dwie główne kategorie cząstek: PM10 i PM2,5<sup>13</sup>. PM10 są to cząstki o średnicy mniejszej niż 10 mikrometrów, cząstki pyłu większe niż 10 mikrometrów są filtrowane przez górne drogi oddechowe, powodując podrażnienia oczu i gardła. Wszystkie cząstki unoszące się w powietrzu, których średnica aerodynamiczna jest mniejsza niż 2,5 mikrometra, określa się jako PM2,5. Są to cząstki, które z łatwością mogą przedostawać się do górnych dróg oddechowych i płuc.

Tab. 2. Indeks jakości powietrza<sup>14</sup>

Indeks jakości powietrza	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]	PM2,5 [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [mg/m <sup>3</sup> ]
Bardzo dobry	0 - 20	0 - 13	0 - 70	0 - 40	0 - 50	0 - 6	0 - 3
Dobry	20,1 - 50	13,1 - 35	70,1 - 120	40,1 - 100	50,1 - 100	6,1 - 11	3,1 - 7
Umiarkowany	50,1 - 80	35,1 - 55	120,1 - 150	100,1 - 150	100,1 - 200	11,1 - 16	7,1 - 11
Dostateczny	80,1 - 110	55,1 - 75	150,1 - 180	150,1 - 200	200,1 - 350	16,1 - 21	11,1 - 15
Zły	110,1 - 150	75,1 - 110	180,1 - 240	200,1 - 400	350,1 - 500	21,1 - 51	15,1 - 21
Bardzo zły	> 150	> 110	> 240	> 400	> 500	> 51	> 21
Brak indeksu	Indeks jakości powietrza nie jest wyznaczony z powodu braku pomiaru zanieczyszczenia dominującego w województwie.						

<sup>12</sup> Pył to substancja bardzo niejednorodna – w zależności od źródła jego pochodzenia i od przemian, jakim podlega w atmosferze, cząstki pyłu mają różny rozmiar, kształt i skład chemiczny.

<sup>13</sup> PM (skrót od angielskiego *particulate matter*) jest zanieczyszczeniem powietrza składającym się z mieszaniny cząstek stałych i ciekłych, zawieszonych w powietrzu, będących mieszaniną substancji organicznych i nieorganicznych. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie – 2014 r.

<sup>14</sup> Polski indeks jakości powietrza liczony jest na podstawie jednogodzinnych wyników z pomiarów stężeń w powietrzu: dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>), dwutlenku azotu (NO<sub>2</sub>), pyłu PM10, pyłu PM2,5, tlenku węgla (CO), benzenu (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), ozonu (O<sub>3</sub>). Indeksy jakości powietrza dla poszczególnych zanieczyszczeń liczone są na podstawie jednogodzinnych stężeń tych zanieczyszczeń (tylko ze stanowisk automatycznych). Dla każdej z klas indeksu określono również możliwe skutki zdrowotne, jakie niesie dla ludzi przebywanie w takich warunkach, oraz proste wskazówki pozwalające ograniczyć niekorzystne oddziaływanie zanieczyszczeń na organizm.

Pył zawieszony ma wiele źródeł: i tych naturalnych, i tych związanych z działalnością człowieka. Antropogeniczne źródła pyłu to przede wszystkim spalanie biomasy, węgla i pochodnych ropy naftowej. Z tych źródeł pochodzą zarówno pyły emitowane bezpośrednio (pierwotne), jak i pyły wtórne tworzone w atmosferze z gazów emitowanych przy spalaniu paliw. Inne źródła pyłu to np. ścieranie opon i klocków hamulcowych lub pylenie związane z pracami górniczymi czy budowlanymi. Oprócz rozmiaru cząstek pyłu istotny jest też skład chemiczny, który może być zróżnicowany i zmieniać się pod wpływem reakcji z zanieczyszczeniami gazowymi w atmosferze. Z zanieczyszczeń gazowych, takich jak amoniak, tlenki siarki i tlenki azotu, powstają też tzw. pyły wtórne. Ważnym zanieczyszczeniem gazowym jest tlenek węgla (CO), inaczej czad. CO powstaje w przypadku niepełnego spalania paliw (gazu, węgla, drewna), czyli spalania przy niedostatecznym dostępie tlenu. W powietrzu zewnętrznym rzadko występuje w ilościach na tyle dużych, by krótkie narażenie mogło wiązać się z istotnym ryzykiem ostrego zatrucia, choć przewlekłe narażenie na niskie dawki też nie jest bez znaczenia. Czad stanowi natomiast bardzo poważne zagrożenie w powietrzu wewnątrz budynków, gdzie dostaje się bezpośrednio z urządzenia grzewczego lub z przewodu kominowego.

Współczesna metoda<sup>15</sup> oceny stanu jakości powietrza w pomieszczeniach opiera się na wrażliwości na substancje zapachowe receptorów węchowych człowieka.

Stosuje się także instrumenty pomiarowe (mierniki<sup>16</sup>) pozwalające na szybkie rozpoznawanie zanieczyszczeń oraz dokładne określenie ilości powietrza wentylacyjnego dla pomieszczenia. Na stan powietrza w pomieszczeniu zamkniętym wywiera wpływ wiele czynników, głównie zapylenie powietrza, gazy, pary i zapachy, zawartość jonów, a incydentalnie także promieniowanie radioaktywne i inne. Wśród nich główną rolę odgrywa rodzaj i ilość wydzielanych zanieczyszczeń. Z organizmu ludzkiego usuwane są różnego rodzaju substancje (amoniak, metan, kwasy tłuszczowe itd.), które gromadzą się w pomieszczeniu. Innymi źródłami zanieczyszczeń mogą być materiały budowlane (szkodliwość formaldehydów), farby, wyposażenie

---

<sup>15</sup> Dotychczas jakość powietrza była najczęściej określana przez podawanie jego składu chemicznego (określanie największych dopuszczalnych stężeń – NDS – określonych substancji chemicznych). Sposób oceny jakości powietrza na podstawie jego składu chemicznego może być stosowany do obliczeń wymaganej ilości powietrza wentylacyjnego w przypadkach, gdy znany jest poziom emisji, czas wydzielania oraz sposób rozprzestrzeniania danego rodzaju zanieczyszczenia w pomieszczeniu (np. w budownictwie przemysłowym), ale staje się zupełnie nieprzydatny w przypadku określania jakości powietrza w pomieszczeniach budynków mieszkalnych, ze względu na praktyczną niemierzalność poziomu stężeń poszczególnych zanieczyszczeń chemicznych. Por. Szczechowiak, Mróz.

<sup>16</sup> Mierniki (sensory) jakości powietrza mierzą poziom: PM10, PM2,5, TVOC (lotne związki organiczne), formaldehyd, dodatkowo wskazują pomiar wilgotności powietrza, temperatury oraz poziomu dwutlenku węgla.

wnętrz i inne. W wyniku spalania i ogrzewania gromadzi się dwutlenek węgla<sup>17</sup> i pary oleju. Inne gazy, pary i zapachy mogą dostawać się do wnętrza budynków. Źródłami tych substancji mogą być: kuchnie, toalety, pomieszczenia techniczne oraz miejsca, w których mogą zachodzić procesy gnicia i pleśnienia. Zapachom tym można zapobiegać, stosując wentylację lub usuwając je u źródła. W mieszkaniach wystarcza najczęściej wentylacja naturalna i regularne otwieranie okien.

Ilość powietrza zewnętrznego potrzebna do wymiany zanieczyszczeń wytworzonych przez człowieka zależy od objętości pomieszczenia przypadającego na osobę oraz od czystości tych osób i waha się w granicach od 10 do 15 m<sup>3</sup>/h na osobę. W słabo zapełnionych pomieszczeniach (mieszkania, biura), zanim wprowadzono WSVO (zarządzenie o oszczędności energii), taka ilość energii dostawała się do wnętrza w wyniku naturalnej wymiany przez nieuszczelnności okien i drzwi.

Poprawa stanu powietrza wewnętrznego jest więc możliwa jedynie przez stałe odnawianie tego powietrza za pomocą powietrza świeżego. Próby ograniczenia ilości świeżego powietrza w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej (do 8-9 m<sup>3</sup>/h na osobę w USA na początku lat 80.) doprowadziły do wystąpienia tzw. syndromu chorego budynku<sup>18</sup>. W konsekwencji obecnie wyraźna jest tendencja do zwiększania udziału świeżego powietrza dostarczanego do pomieszczeń przeznaczonych do przebywania ludzi. W Niemczech wartość ta wzrosła w ostatnich latach nawet do poziomu 35,0 m<sup>3</sup>/h na osobę.

Jako miarę stopnia komfortu w odniesieniu do zanieczyszczeń powietrza wprowadzono zapach pochodzący od jednego człowieka. Inne źródła zapachów (np. w wyniku palenia, z dywanów itp.) są wyrażone za pomocą tej jednostki. Jednostkę natężenia źródła zapachu – 1 olf<sup>19</sup> i 1 decipol – wprowadził Fanger, on także wykonał testy na instalacjach klimatyzacyjnych i stwierdził, że są one również źródłem zapachów. Podobnie jest w przypadku materiałów budowlanych.

Tabelaryczna ilość jednostek zapachowych według Fangera:

Osoby:

1 osoba w pozycji siedzącej (1 met <sup>20</sup> )	1 olf
1 dziecko (12 lat)	2 olf

<sup>17</sup> Duże stężenie dwutlenku węgla w pomieszczeniu obniża koncentrację i pogarsza samopoczucie, wywołuje bóle głowy, nudności i wymioty, a nawet śmierć. Mierniki stężenia CO<sub>2</sub> pozwalają kontrolować i nadzorować pomieszczenia, w których przebywają ludzie.

<sup>18</sup> Dla klarowności przywołanego terminu podaję brzmienie angielskie: *sick building syndrome*.

<sup>19</sup> 1 olf – strumień zanieczyszczeń wydzielany przez 1 standardową osobę dorosłą w wieku średnim, powierzchnia skóry 1,8 m<sup>2</sup>, o standardzie higienicznym 0,7 kąpieli na dzień, zmieniającą codziennie bieliznę i pracującą w biurze lub w miejscu podobnym, w pozycji siedzącej.

<sup>20</sup> 1 met – 58 W/ m<sup>2</sup> ciepła metabolicznego odprowadzanego przez człowieka.

1 atleta (15 met)	30 olf
1 pałacy (ciągle)	25 olf
1 pałacy (normalnie)	5 olf

Materiały budowlane:

dywany (wełna)	0,2 olf/m <sup>2</sup>
dywany (włókno sztuczne)	0,4 olf/m <sup>2</sup>
PCV/linoleum	0,2 olf/m <sup>2</sup>
Marmur	0,01 olf/m <sup>2</sup>
uszczelki gumowe (drzwi, okna)	0,6 olf/m <sup>2</sup> .

Obecnie w normalnych warunkach oczekuje się dla materiału budowlanego i urządzeń wentylacyjnych przeciętnie 0,4 olf/m<sup>2</sup>, a przy bardzo dobrych warunkach 0,1 olf/m<sup>2</sup>. Aby uzyskać te wartości, starannie dobiera się materiały budowlane, stosuje urządzenia klimatyzacyjne wyłącznie z czystymi kanałami, często wymienia się filtry, a ponadto stworzono możliwości centralnego oczyszczania.

Fanger podaje następującą skalę poziomu zapachu:

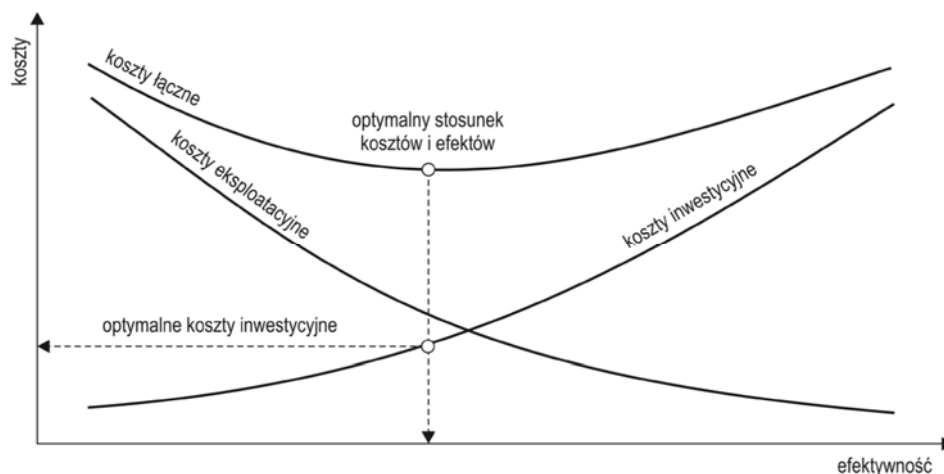
100 decipoli	spalin na wyjściu z komina
10 decipoli	<i>sick building</i> (budynek chory)
1 decipol	budynek zdrowy
0,1 decipola	powietrze zewnętrzne w mieście
0,01 decipola	powietrze zewnętrzne w górach.

Porzucone przez normę pojęcie powietrza świeżego zyskuje z pewnością ponownie na znaczeniu i eksploatacja urządzeń wentylacyjnych z powietrzem recyrkulacyjnym będzie wkrótce należała do przeszłości. Jakość powietrza stała się wymierna.

**Kryteria ekonomiczne** projektowania zalicza się do podstawowych wytycznych projektowania architektoniczno-budowlanego. Mają one na celu narzucenie kontroli i uświadomienie odpowiedzialności oraz powiązania decyzji projektowych z określonymi konsekwencjami kosztowymi w odniesieniu do inwestycji, a następnie do eksploatacji zaprojektowanego obiektu.

Z pewnym uproszczeniem można stwierdzić, że wzrostowi nakładów (kosztów) inwestycyjnych towarzyszy spadek kosztów eksploatacyjnych i odwrotnie. Przeznaczenie projektowanego obiektu, miejscowe wytyczne architektoniczno-budowlane, a także środki, którymi dysponuje inwestor, mają podstawowe znaczenie w podejmowaniu kompromisowych, w rezultacie, decyzji o wyborze miejsca, w rozwiązaniach przestrzennych, technologicznych i materiałowych obiektu. Współzależność kosztów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych, które można przedstawić za pomocą krzywych sprzężonych, wyznacza obszar optymalizacji projektowej.

Podstawowe ekonomiczne kryteria muszą być ujmowane w ramach procesu projektowego, poczynając od pierwszych decyzji (Werner 1994).



Rys. 8. Koszt i efektywność

Przedstawiona klasyfikacja ekonomiczna kryteriów projektowania ma charakter umowny. Przytoczone parametry wskazują konieczność postrzegania w procesie inwestycyjnym obiektywnych reguł ekonomicznego myślenia w projektowaniu (Werner 1994; Ritschewald 1996). We współczesnym procesie inwestycyjnym zwraca się uwagę na wprowadzenie dodatkowego czynnika kosztowego postrzeganego jako koszt likwidacji<sup>21</sup>. Równie istotnym czynnikiem staje się koszt zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikowi, a więc nie tyle komfortu utożsamianego z ponadstandardowymi warunkami bytowymi lub środowiskowymi, ile z dbałością o to, by korzystanie z przestrzeni odbywało się bez ryzyka dla użytkownika i ryzyka dla samego środowiska, co bezwzględnie należy uznać za cele zbieżne (Colwell, Kau 1999: 341, 346-347).

Najogólniej definiując proces kosztowy inwestycji, można podzielić ten proces na dwie kategorie w zależności od sytuacji: koszty bezpośrednie (związane z miejscem) oraz koszty pośrednie (związane z otoczeniem). Można także, korygując systematykę, wyróżnić trzy kategorie zależne od użytkownika. To koszty budowy składające się z kosztów projektu i realizacji, koszty eksploatacji dotyczące cyklu życia inwestycji, a także koszty likwidacji, związane z uzyskaniem stanu miejsca i otoczenia zbliżonego do tego sprzed inwestycji.

<sup>21</sup> Koszty likwidacji, dotychczas nie zawsze doceniane, stają się istotnym kryterium planowania inwestycji, np. planowanie kosztów inwestycji elektrowni jądrowej. Nie można bagatelizować kosztów likwidacji, które są porównywalne z kosztami budowy.

## PODSUMOWANIE

Jednym z podstawowych celów społecznych, ekonomicznych i środowiskowych jest uzyskanie równowagi mającej na celu poprawę komfortu klimatycznego w odniesieniu do jakości życia. Synergia tych wszystkich działań oraz zadbanie o zdrowie człowieka są możliwe dzięki świadomym zmianom we wszystkich aspektach życia (środowisko zewnętrzne, środowisko wewnętrzne, człowiek), a holistyczne podejście do kwestii zrównoważonego rozwoju i zrównoważonego budownictwa umożliwia poprawę jakości życia przez komfort klimatyczny.

## LITERATURA

- Błaszczczyński T., Ksist B., Dyzman B. (2013). *Budownictwo zrównoważone z elementami certyfikacji energetycznej*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław.
- Colwell, K. (1999). *Ecological design handbook: sustainable strategies for architecture, landscape architecture, interior design, and planning*, McGraw-Hill, London.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
- Eicker U. (2009). *Low Energy Cooling for Sustainable Buildings*, Wiley & Sons, West Sussex, United Kingdom.
- Hawkes D., McDonald J., Steemers K. (2002). *The Selective Environment – An Approach to Environmentally Responsive Architecture*, Spon Press, London.
- Mańkowski S., Szczechowiak E. (red.) (2013). *Strategiczny projekt badawczy pt. „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”. Zadanie badawcze nr 2 pt. „Opracowanie optymalnych energetycznie typowych rozwiązań strukturalno-materiałowych i instalacyjnych budynków”. Tom 1, część B: Podejście zintegrowane do budynków współczesnych*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Warszawa, Poznań.
- Monsa (2010). *Low-tech architecture*, Instituto Monsa de Ediciones, Barcelona.
- Ritschewald W.H.M. (1996). *Bilans cieplny okien w sezonie grzewczym*, „Ogrzewnictwo Praktyczne”, 1 (5), 5-10.
- Rohles F.H., Woods J.E., Morey P.R. (1989). *Indoor Environment Acceptability – The Development of a Rating Scale*, „ASHRAE Transactions”, vol. 95.
- Rosolski S. (2012). *Projektowanie architektoniczne a zagadnienia odwrotne*, Exemplum.
- Rosolski S. (2016). *Budynki niemal zeroenergetyczne w aspekcie proekologicznych i społecznych uwarunkowań budownictwa zrównoważonego*. Materiały konferencyjne MEA.
- Sadowski J. (1971). *Akustyka w urbanistyce, architekturze i budownictwie*, Arkady, Warszawa.
- Szczechowiak E. (1993). *Sprawność użytkowania układów centralnego ogrzewania*, w: *VIII Krajowa konferencja naukowo-techniczna: racjonalna gospodarka energią cieplną* (s. 157-170, Systherm, Poznań).



- Szczechowiak E. (2013). *IV Forum Budownictwa Energooszczędnego i pasywnego*, Budma, Poznań.
- Szczechowiak E., Mróz T. (1994). *Układy zasilania nagrzewnic i chłodnic dla central klimatyzacyjnych. Nowoczesne rozwiązania w projektowaniu i użytkowaniu układów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych: ogólnopolskie sympozjum szkoleniowe*, Arka, Poznań.
- Tuszyńska L. (2015). *Nauki o środowisku przyrodniczym*, w: A. Korwin-Szymanowska, E. Lewandowska, L. Tuszyńska, *Edukacja środowiskowa w kształceniu nauczycieli w perspektywie praktycznej*, Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej, Warszawa.
- Tymkow P., Tassou S., Kolokotroni M., Jouhara H. (2013). *Building Services Design for Energy Efficient Buildings*, Taylor & Francis, London, New York.
- Uffelen Ch. van (2012). *Passive Houses. Energy efficient homes*, Braun Publish, Csi, Salenstein, Switzerland.
- UN Global Compact. Network Poland (2018). *Zrównoważone miasta. Poprawa jakości powietrza w Polsce 2018*, <https://ungc.org.pl/wp-content/uploads/2018/12/Zr%C3%B3wnowa%C5%BCone-Miasta.-Poprawa-jako%C5%9Bci-powietrza-w-Polsce-2018.pdf>.
- Ustawa prawo energetyczne (10 kwietnia 1997) (Dz.U. nr 54 z późn. zm.).
- Ustawa (19 września 2007) o zmianie ustawy – Prawo budowlane (Dz.U. nr 191, poz. 1373 z późn. zm.).
- Ustawa o efektywności energetycznej (15 kwietnia 2011) (Dz.U. nr 94).
- Werner W.A. (1994). *Proces inwestycyjny dla architektów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

## CLIMATE COMFORT VERSUS QUALITY OF LIFE

### Summary

Rising social awareness concerning the influence of the environment standard on human health, in the context of sustainable development, creates higher and higher requirements, which aim not only at meeting the current needs, but also at taking care of nature in the future. The article's purpose is to draw attention to the problem concerning the climate comfort as a direct factor influencing the quality of life in the context of the changing external environment, internal environment and its influence on humans.

**Keywords:** sustainable development, climate comfort, quality of life