

Typowy Rok Meteorologiczny i późniejsze dane klimatyczne jako czynniki kształtujące zapotrzebowanie na energię

Dr inż. Magdalena Grudzińska, Politechnika Lubelska,
Dr Ewa Jakusik, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

1. Wprowadzenie

Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania lub chłodzenia budynków jest w znacznym stopniu uzależnione od klimatu zewnętrznego. Międzynarodowa ocena jakości energetycznej budynków wymaga stosowania ujednoczonych danych klimatycznych, odpowiadających długoletnim warunkom zewnętrznym. Ze względu na znaczny koszt i dużą pracochłonność przygotowania tego rodzaju danych wprowadza się na potrzeby obliczeń energetycznych tzw. Typowe Lata Meteorologiczne. Ich zadaniem jest zastąpienie długookresowych danych pomiarowych reprezentatywnym okresem jednego roku [1, 2], zawierającym godzinowe rekordy obrazujące przebieg wymaganych parametrów klimatycznych.

Jednym z pierwszych typowych lat meteorologicznych był Test Reference Year (TRY) opracowany w Stanach Zjednoczonych w latach 70. ubiegłego wieku przez National Climatic Data Center. Został on sporządzony na podstawie danych klimatycznych z okresu od 1948 do 1975 roku i zawierał m.in. temperaturę powietrza zewnętrznego, temperaturę punktu rosy, kierunek i prędkość wiatru, ciśnienie atmosferyczne, rodzaj i intensywność zachmurzenia [2, 3]. Dane dotyczące promieniowania słonecznego nie były ujęte w zestawieniu, ale musiały być obliczane przez programy komputerowe na podstawie informacji o stopniu zachmurzenia. Sam TRY był rokiem rzeczywistym, którego wybór odbywał się poprzez eliminację lat z ekstremalnymi wartościami temperatur.

Ponad 10 lat później, we współpracy z Sandia National Laboratory, opracowano nowy zestaw danych pod nazwą Typical Meteorological Year (TMY). Uzupełniono w nim informacje dotyczące promieniowania słonecznego, wykorzystując dane pomiarowe lub obliczając natężenie promieniowania na podstawie rodzaju zachmurzenia. TMY nie był rokiem rzeczywistym, ale składał się z wybranych miesięcy pochodzących z różnych lat pomiarowych. Wyboru dokonywano posługując się złożonym indeksem porównawczym, obliczanym jako funkcja wagowa miesięcznych wartości promieniowania słonecznego, temperatury powietrza, temperatury punktu rosy i prędkości wiatru. Do zestawu danych włączano miesiące o charakterystyce najbliższej wieloletniemu

rozkładowi czynników klimatycznych [4]. Rok ten został uaktualniony przez National Renewable Energy Laboratory, dzięki czemu powstał TMY2 obejmujący dane klimatyczne do roku 1990 [5].

W latach 70. i 80. XX wieku ASHRAE prowadziła badania zmierzające do utworzenia nowego typu reprezentatywnych danych klimatycznych. W ich wyniku powstał Weather Year for Energy Calculations (WYEC) [6]. Składał się on z miesięcy, w których średnia temperatura powietrza zewnętrznego była najbliższa średniej temperaturze (w odpowiednim miesiącu) z okresu 30-letniego. Dodatkowym wymaganiem był brak anomalii pogodowych w wybranym miesiącu. Rok ten uzupełniono o wartości oświetlenia dziennego oraz uaktualnione wartości natężenia promieniowania słonecznego obliczone za pomocą modelu Perez [7], tworząc WYEC2 [8].

W Europie jednym ze sposobów opracowania lat typowych była metoda zaproponowana przez Technical University of Denmark pod nazwą Test Reference Year [9]. Zalecany przez autorów okres pomiarów meteorologicznych to co najmniej 10 lat. Wybór poszczególnych miesięcy odbywał się dwuetapowo. Pierwszym etapem była selekcja klimatologiczna, polegająca na porównaniu poszczególnych średnich miesięcznych ze średnimi długookresowymi. Każdy miesiąc oceniany był jako: Qualified, Acceptable, Poor or Impossible. W drugiej fazie dane poddawane były ocenie statystycznej, uwzględniającej wartości średnie i wariancje trzech parametrów – temperatury zewnętrznej, maksymalnej temperatury dziennej i całkowitego promieniowania słonecznego. Dla miejscowości położonych w wysokich szerokościach geograficznych natężenie promieniowania słonecznego zastępowano usłonecznieniem podczas miesięcy zimowych. W późniejszym okresie dane TRY zostały uzupełnione m.in. przez wartości natężenia światła dziennego czy 5-minutowe wartości natężenia promieniowania słonecznego, tworząc Design Reference Year (DRY) [10].

W Polsce Typowy Rok Meteorologiczny (TRM) przygotowany został w 2004, w związku z wprowadzeniem obowiązku certyfikacji energetycznej budynków. Metodyka tworzenia TRM przyjęta została zgodnie z normą EN ISO 15927-4 [11], spójną z normą EN ISO 13790 [12] podającą sposób

obliczania zapotrzebowania na energię. Lata typowe powstały na bazie danych źródłowych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB z okresu trzydziestu lat (od roku 1971 do roku 2000) dla 61 stacji meteorologicznych. W skład Typowego Roku Meteorologicznego wchodzi rzeczywiste miesiące (pochodzące z różnych lat), w których średnie wartości zmiennych, ich rozkład częstości i wzajemne korelacje są jak najbliższe średnim wieloletnim. O zaliczeniu miesiąca do TRM decyduje minimalna suma statystyk Finkelsteina-Schafera dla przebiegu temperatury termometru suchego, promieniowania słonecznego i wilgotności względnej. Typowe lata meteorologiczne dla 61 miast Polski są powszechnie dostępne na stronie internetowej Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju (<http://www.mir.gov.pl>). Zawierają one m.in. dane dotyczące: temperatury termometru suchego, wilgotności względnej, prędkości i kierunku wiatru oraz natężenia promieniowania słonecznego.

Począwszy od lat 90. do końca XXI stulecia prognozowane jest ocieplenie klimatu i wzrost temperatur zewnętrznych [13, 14]. Przewiduje się, że występowanie łagodniejszych zim i cieplejszych okresów letnich może przyczyniać się do ograniczenia zapotrzebowania na ciepło i coraz szerszego stosowania chłodzenia w budynkach mieszkalnych [15, 16]. Rodzi się więc pytanie, w jakim stopniu obowiązujące w Polsce procedury oparte na danych klimatycznych z okresu 1971–2000, pozwalają na miarodajną analizę energetyczną typowych budynków mieszkalnych powstających i użytkowanych po roku 2000. W prezentowanym artykule dla wybranych miejscowości na terenie Polski przeprowadzono obliczenia zapotrzebowania na energię w oparciu o rzeczywiste dane pomiarowe IMiGW PIB z lat 2001–2012 oraz porównano je z wynikami otrzymanymi dla TRM. Analiza klimatologiczna została dokonana dla dwóch sezonów energetycznych budynków: grzewczego i chłodniczego. Przyjęto orientacyjnie, że sezon grzewczy trwa od października do maja, a sezon chłodniczy obejmuje okres od czerwca do września. Rzeczywiste długości okresów grzewczych i chłodniczych mogą się nieco różnić w zależności od konstrukcji budynku i izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych, ale ujednoczony podział roku pozwala porównać dane klimatyczne w sposób bardziej przejrzysty.

2. Charakterystyka warunków klimatycznych w wybranych miejscowościach

W latach 70. ubiegłego wieku wyodrębniono w Polsce w okresie zimowym pięć stref klimatycznych (rys. 1). Reprezentowane są one przez zróżnicowane temperatury obliczeniowe powietrza zewnętrznego, służące do doboru mocy instalacji grzewczych [17]. Na potrzeby pracy wybrano 3 miejscowości – są to Łeba, Wieluń i Włodawa, zlokalizowane odpowiednio na terenie I, II i III strefy klimatycznej. Strefy te obejmują łącznie ponad 75% obszaru Polski.

Dane meteorologiczne wykorzystane w pracy pochodzą ze stacji i posterunków pomiarowych IMGW-PIB. Stacja w Łebie położona jest w pasie środkowej części Wybrzeża Słowińskiego, w odległości około 700 m od brzegu Morza Bałtyckiego



Rys. 1. Strefy klimatyczne Polski wg PN-74/B-02403

i około 2,5 km od ujścia rzeki Łeby. Teren otaczający miasto wraz ze stacją jest nizinny, z wyjątkiem pasa wydm nadmorskich, wznoszących się na wysokość do 60 m. Ogródek meteorologiczny znajduje się na obszarze pomiędzy łąkami i podmokłymi terenami trasy zalewowej jeziora Łebsko, rzeką Łebą oraz zwartym gęstym pasem leśnym.

Wieluń jest miastem w południowo-wschodniej części województwa łódzkiego na obszarze Wyżyny Wieluńskiej, wchodzącej w skład Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Regionalna stacja pomiarowo-obszernyjna w Wieluniu położona jest w południowej części miasta, na najwyższym wzniesieniu. Na południe od stacji w odległości 1 km leży wieś Gaszyn. Na północ, bezpośrednio w sąsiedztwie stacji, znajduje się dzielnica domów jednorodzinnych, a dalej w obniżeniu i odległości 1 km zaczyna się zwarta zabudowa miejska.

Włodawa położona jest we wschodniej części Lubelszczyzny, na lewym brzegu rzeki Bug, przy ujściu rzeki Włodawki. Stacja hydrologiczno-meteorologiczna zlokalizowana jest na północno-zachodnim krańcu miasta, w terenie otwartym, przechodzącym w odległości ok. 1 km w zwartą zabudowę miejską. W kierunku zachodnim i północno-zachodnim stację otaczają pola uprawne, a dalej w odległości 4–8 km Lasy Włodawskie.

2.1. Aparatura pomiarowa

Wszystkie pomiary i obserwacje meteorologiczne były wykonywane zgodnie z wymogami i zaleceniami Światowej Organizacji Meteorologicznej. Głównym miejscem pomiarowym na stacji pomiarowo-obszernyjnej jest ogródek meteorologiczny. W centralnym miejscu ogródka meteorologicznego stoi klatka meteorologiczna, otwierana od strony północnej. Umieszczone są w niej: czujniki automatyczne mierzące temperaturę i wilgotność powietrza, termometr rtęciowy „suchy” i „zwilżony” (tworzące psychrometr) oraz termometr minimalny i maksymalny. Klatka meteorologiczna zapewnia

jednorodne warunki pomiaru temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2 m nad poziomem gruntu.

Oprócz programu standardowego (wykonywanie całodobowych pomiarów: temperatury i wilgotności powietrza, opadu atmosferycznego, prędkości i kierunku wiatru i obserwacji przy wykorzystaniu aparatury standardowej i automatycznej oraz uzupełniające je obserwacje wizualne np. wielkość zachmurzenia, rodzaj chmur itp.) na wybranych stacjach IMGW-PIB realizowany jest rozszerzony program pomiarowy obejmujący m.in. pomiary aktynometryczne. Do pomiarów promieniowania używane są dwa czujniki promieniowania firmy Kipp&Zonen, mierzące w zakresie widma słonecznego od 300 do 3000 nm i zapisujące dane co minutę. Pierwszy z czujników – pyranometr służy do pomiaru promieniowania rozproszonego, czyli promieniowania docierającego do horyzontalnie położonej powierzchni z dowolnego kierunku nieba, z wyjątkiem promieniowania padającego z kierunku Słońca. Uzyskuje się to poprzez zamontowaną przesłonę oceniającą kopułkę czujnika. Drugi z czujników – pyrhelio-
metr służy do pomiaru promieniowania bezpośredniego, czyli promieniowania padającego na powierzchnię prostopadłą do kierunku Słońca.

2.2. Charakterystyka warunków klimatycznych w wieloleciu 2001–2012

Jako okres porównawczy w badaniach przyjęto lata 2001–2012, następujące po okresie, na podstawie którego utworzony został typowy rok meteorologiczny. Zbiory danych zostały wygenerowane z centralnej bazy danych historycznych IMGW PIB i zawierały następujące mierzone lub obserwowane parametry meteorologiczne: kod stacji, rok, miesiąc, dzień, godzina, temperatura termometru suchego [°C], wilgotność względna powietrza [%], wartości promieniowania całkowitego i rozproszonego na powierzchnię poziomą [W/m²]. Dane rejestrowane były w odstępach godzinowych (natężenie promieniowania słonecznego) i 3-godzinowych (pozostałe). Dla danych synoptycznych o 8 terminach w ciągu doby przeprowadzono interpolację liniową w celu wyznaczenia danych godzinowych. Podstawowe wyniki pomiarów temperatury powietrza i natężenia promieniowania słonecznego w Łebie, Wieluniu i Włodawie zebrano w tabelach 1 i 2, porównując je z wielkościami podawanymi przez TRM.

W Łebie średnie wartości temperatury w sezonie grzewczym przyjmowały wartości pośrednie, a w sezonie chłodniczym

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza zewnętrznego [°C] od 2001 do 2012 i wg TRM

Lp.	Miejscowość	Okres	Sezon grzewczy	Sezon chłodniczy	Średnia roczna
1.	Łeba	2001–2012	4,4	16,1	8,3
		TRM	4,0	15,6	7,9
2.	Wieluń	2001–2012	4,7	17,5	9,0
		TRM	4,3	16,7	8,4
3.	Włodawa	2001–2012	3,8	17,3	8,3
		TRM	3,2	16,3	7,6

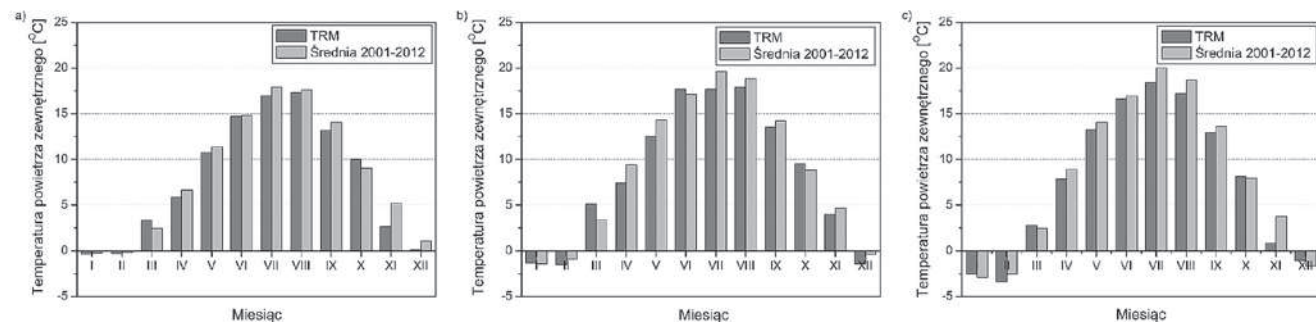
należały do najniższych z zakresu reprezentowanego przez dane miejscowości. Średnia roczna temperatura powietrza wynosiła 8,3°C, a najcieplejszym miesiącem w roku był lipiec (średnia temperatura 17,9°C). Absolutne maksimum temperatury powietrza w trakcie analizowanego dwunastolecia, wynoszące 32,8°C, zanotowano 12 lipca 2010 roku. Najchłodniejszym miesiącem roku był styczeń (średnia temperatura -0,2°C), a absolutne minimum temperatury powietrza w okresie 2001–2012, wynoszące -24,7°C, odnotowano 6 lutego 2012 roku. Suma nasłonecznienia na płaszczyźnie poziomej należała do najniższych spośród wybranych miejscowości. Udział promieniowania bezpośredniego w sezonie grzewczym i chłodniczym wynosił odpowiednio 54,1% i 59,7%.

W okresie 2001–2012 w Wieluniu występowały najwyższe temperatury w sezonie grzewczym i chłodniczym oraz największa średnia roczna temperatura powietrza (9,0°C). Najzimniejszym miesiącem był styczeń (średnia temperatura -1,4°C), a najcieplejszym lipiec (średnia temperatura 19,7°C). W okresie porównawczym 2001–2012 najcieplej było 29 lipca 2005 roku, odnotowano wtedy 35,9°C, a najzimniej 23 stycznia 2006 roku, zanotowano wówczas - 26,0°C. W sezonie grzewczym zmierzono tutaj największe sumy promieniowania słonecznego, a nasłonecznienie w okresie chłodniczym było również dość wysokie. Promieniowanie bezpośrednie stanowiło w okresie grzewczym i chłodniczym odpowiednio 58,4% i 52,9% całkowitego natężenia promieniowania docierającego do płaszczyzny poziomej.

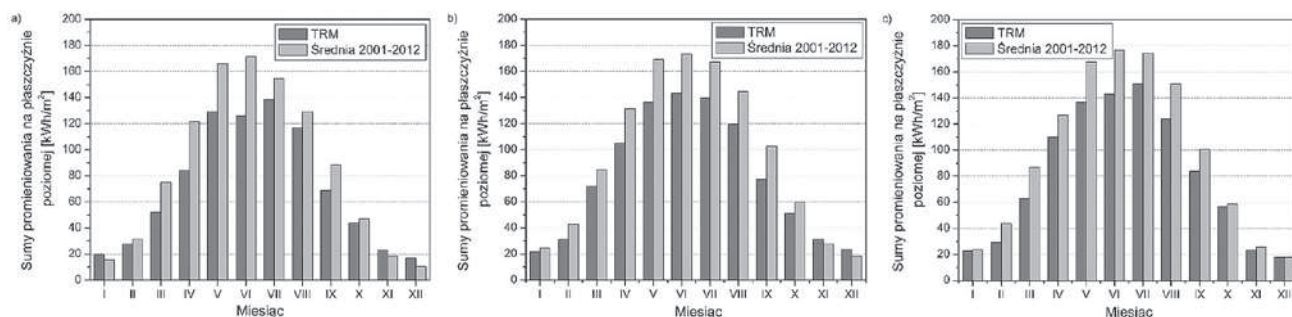
Klimat Włodawy charakteryzuje się m.in. dłuższą porą letnią, trwającą do 98 dni, jak również dłuższą niż w centralnej Polsce zimą (do 80 dni). W sezonie grzewczym średnie temperatury okresu porównawczego były tu najniższe spośród przedstawionych miejscowości. Najzimniejszym miesiącem w okresie 2001–2012 był styczeń (średnia temperatura -2,9°C), a najcieplejszym lipiec (20,0°C). Absolutne minimum temperatury wynoszące -29,5°C, odnotowano we Włodawie 24 stycznia 2006 roku, a absolutne maksimum temperatury powietrza, wynoszące 35,2°C, zanotowano 6 sierpnia 2012 roku. Warunki związane z działaniem promieniowania słonecznego są w tym regionie bardzo korzystne. Wartość ustalonego nasłonecznienia rzeczywiście przekracza nieco średnią krajową i wynosi przeciętnie 4,6 godz. Roczna suma promieniowania na powierzchnię poziomą oraz suma promieniowania w sezonie chłodniczym były największe spośród prezentowanych miejscowości. Warto podkreślić, że nasłonecznienie w okresie grzewczym było również dość wysokie. Promieniowanie

Tabela 2. Średnie sumy promieniowania słonecznego na płaszczyznę poziomą [kWh/m²] od 2001 do 2012 i wg TRM

Lp.	Miejscowość	Okres	Sezon grzewczy	Sezon chłodniczy	Suma roczna
1.	Łeba	2001–2012	485,25	543,40	1028,65
		TRM	396,96	450,43	847,39
2.	Wieluń	2001–2012	557,76	587,08	1144,84
		TRM	471,68	479,28	950,96
3.	Włodawa	2001–2012	550,41	602,48	1152,89
		TRM	458,64	501,29	959,93



Rys. 2. Temperatury powietrza zewnętrznego: a) Łeba, b) Wieluń, c) Włodawa



Rys. 3. Sumy promieniowania słonecznego na płaszczyźnie poziomej: a) Łeba, b) Wieluń, c) Włodawa

bezpośrednie stanowiło ponad 58% w zimie i około 50% w lecie promieniowania całkowitego.

We wszystkich miejscowościach średnie wieloletnie temperatury sezonu grzewczego, sezonu chłodniczego i całoroczne były nieco wyższe niż średnie temperatury określone na podstawie TRM (rys. 2 i 3, tab. 1 i 2). Różnice te nie są jednak statystycznie istotne (z wyjątkiem Włodawy). Średnie sumy natężenia promieniowania słonecznego na płaszczyźnie poziomej pochodzące z okresu 2001–2012 były natomiast dla każdej miejscowości statystycznie większe niż wartości podawane przez TRM (średnio o nieco ponad 20%). Udział promieniowania kierunkowego był znacznie mniejszy w roku typowym niż w danych rzeczywistych, i wynosił średnio 25,2%, 31,7% i 32,9% odpowiednio dla Łeby, Wielunia i Włodawy.

3. Metodyka obliczeń zapotrzebowania na energię

Za najbardziej dokładne metody wyznaczania zapotrzebowania na energię uważa się metody dynamiczne, w których procesy ciągłe w czasie modelowane są poprzez podział na kroki o długości wynoszącej najczęściej nie więcej niż godzinę, a bilans cieplny poszczególnych stref obiektu bezpośrednio uwzględnia ciepło akumulowane i uwalniane z masy budynku [18]. Metody te, ze względu na duży stopień złożoności, zasadniczo przeznaczone są na potrzeby obliczeń komputerowych. W pracy wyznaczono zapotrzebowanie na ciepło i chłód za pomocą programu BSim, opartego

na metodzie objętości kontrolnych [19].

Obliczenia wykonano dla typowego mieszkania o powierzchni około 74 m² i wysokości kondygnacji netto równej 2,70 m (rys. 4). Samo mieszkanie zlokalizowane jest w części środkowej budynku i ma dwie przeciwległe przegrody zewnętrzne o współczynniku przenikania ciepła 0,30 W/m²K. W ścianach zewnętrznych umieszczone są po dwa okna o wymiarach 1,50 x 1,50 m, których powierzchnię dobrano ze względu na wymagania dotyczące minimalnego oświetlenia światłem dziennym. Współczynnik przenikania ciepła okien wynosi 1,7 W/m²K. Izolacyjność termiczna przegród spełnia wymagania obowiązujące w Polsce dla budynków nowoprojektowanych w latach 2002–2013. Ściany z oknami skierowane są na północ i południe, a ściany boczne mieszkania sąsiadują z pomieszczeniami ogrzewanymi tego samego rodzaju i traktowane są jako powierzchnie adiabatyczne.

Aby sprawdzić zależność wyników od rodzaju obudowy, przyjęto dwie wersje konstrukcji przegród: masywną ze ścianami murowanymi ocieplonymi metodą ETICS i stropami żelbetowymi oraz lekką, ze szkieletem drewnianym ocieplonym wełną mineralną. Pojemność cieplna obudowy kondygnacji w obu wersjach wynosiła odpowiednio 726,0 kJ/m²K i 255,2 kJ/m²K.

W mieszkaniu założono bytowe zyski wewnętrzne na poziomie 4,5 W/m² oraz wymianę powietrza wynoszącą 0,5 1/h, co wg krajowych danych można przyjąć jako typowe warunki w tradycyjnych budynkach mieszkalnych [12, 20]. Pomieszczenia ogrzewane są do temperatury +20°C, a chłodzenie jest uruchamiane, jeżeli temperatura przekroczy +26°C. Praca

Tabela 3. Wybrane wyniki symulacji – zapotrzebowanie na ciepło

Lp.	Miejscowość	Rodzaj konstrukcji	TRM [kWh/rok]	2001–2012			Spadek zapotrzebowania na ciepło w porównaniu z TRM [%]
				średnio [kWh/rok]	min/max [kWh/rok]	współczynnik zmienności [%]	
1.	Łeba	masywna	2616,6	2338,4	1986,1/2897,4	10,2	10,6
2.		lekka	2666,0	2390,4	2040,5/2964,7	9,0	10,3
3.	Wieluń	masywna	2353,7	2191,0	1742,2/2618,6	10,4	6,9*
4.		lekka	2418,8	2273,8	1837,8/2744,2	10,0	6,0*
5.	Włodawa	masywna	2759,4	2556,8	2070,1/2829,1	8,8	7,3
6.		lekka	2819,8	2630,3	2171,5/2900,1	8,1	6,7

Tabela 4. Wybrane wyniki symulacji – zapotrzebowanie na chłód

Lp.	Miejscowość	Rodzaj konstrukcji	TRM [kWh/rok]	2001–2012			Wzrost zapotrzebowania na chłód w porównaniu z TRM [%]
				średnio [kWh/rok]	min/max [kWh/rok]	współczynnik zmienności [%]	
1.	Łeba	masywna	-169,7	-244,8	-385,7/-122,3	35,7	44,2
2.		lekka	-252,4	-319,1	-461,8/-163,5	28,6	26,4*
3.	Wieluń	masywna	-346,8	-506,7	-696,8/-359,2	20,9	46,1
4.		lekka	-447,2	-603,5	-789,9/-428,2	18,7	35,0
5.	Włodawa	masywna	-327,4	-496,7	-678,1/-318,0	19,3	51,7
6.		lekka	-445,0	-591,9	-767,3/-403,9	17,4	33,0

instalacji ma charakter ciągły, a zapotrzebowanie na ciepło i chłód wyznaczono, nie uwzględniając sprawności systemów instalacyjnych.

4. Prezentacja i dyskusja wyników badań

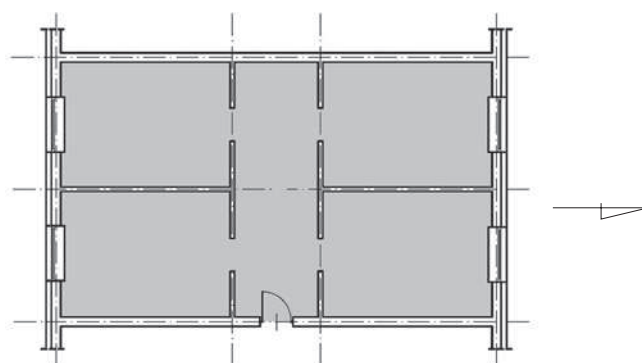
Dla poszczególnych typów mieszkania wyznaczono zapotrzebowanie na ciepło i chłód w oparciu o dane klimatyczne TRM (opracowane dla lat 1970–2000) i dane z późniejszego okresu porównawczego. Wymagało to przeprowadzenia łącznie blisko 80 symulacji komputerowych całorocznego cyklu funkcjonowania obiektu. Zestawienie wybranych wyników zawarto w tabelach 3 i 4 oraz na rysunkach 5 i 6.

4.1. Zapotrzebowanie na ciepło

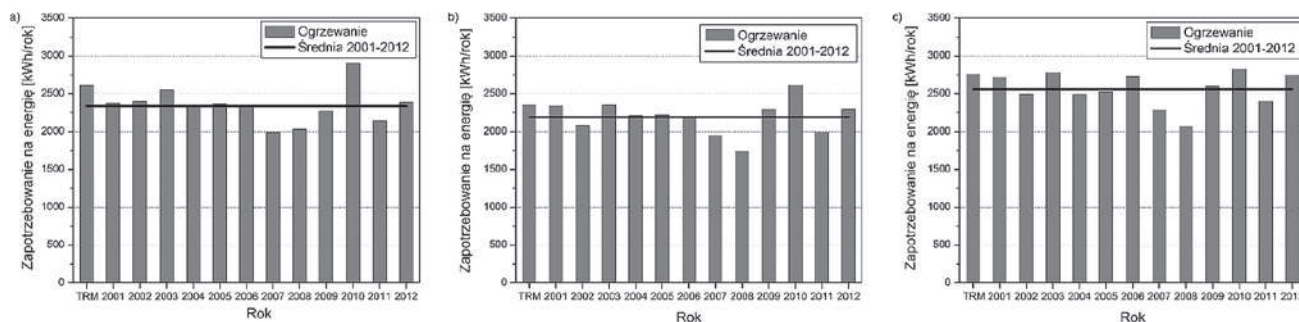
Miejscowością, dla której zapotrzebowanie na ciepło jest najmniejsze, okazał się Wieluń, zlokalizowany w środkowej Polsce na obszarze II strefy klimatycznej. W okresie jesienno-zimowym (październik – luty) występują tutaj pośrednie temperatury powietrza zewnętrznego, ale nasłonecznienie jest największe spośród prezentowanych miejscowości. Największy jest również udział promieniowania kierunkowego. W sezonie wiosennym (marzec, kwiecień, maj) nasłonecznienie i temperatury zewnętrzne są najwyższe, co łącznie daje bardzo korzystne warunki ze względu na zużycie energii. Strefa nadmorska, reprezentowana przez Łebę, mimo najwyższych temperatur od października do lutego okazała się mniej korzystną lokalizacją, przede wszystkim z powodu najmniejszego natężenia promieniowania słonecznego. We wschodniej

części Polski (Włodawa) temperatury od września do lutego są najniższe i – mimo dość dużego natężenia promieniowania słonecznego – w miejscowości tej otrzymano największe zapotrzebowanie na energię. Różnice pomiędzy skrajnymi przypadkami wynoszą 15,7% i 16,7% odpowiednio dla konstrukcji lekkiej i masywnej. Pojemność cieplna obudowy okazała się czynnikiem o mniejszym znaczeniu, a różnice między zapotrzebowaniem na ciepło w mieszkaniu o konstrukcji lekkiej i masywnej w poszczególnych miejscowościach sięgały od 2,2% do 3,8%.

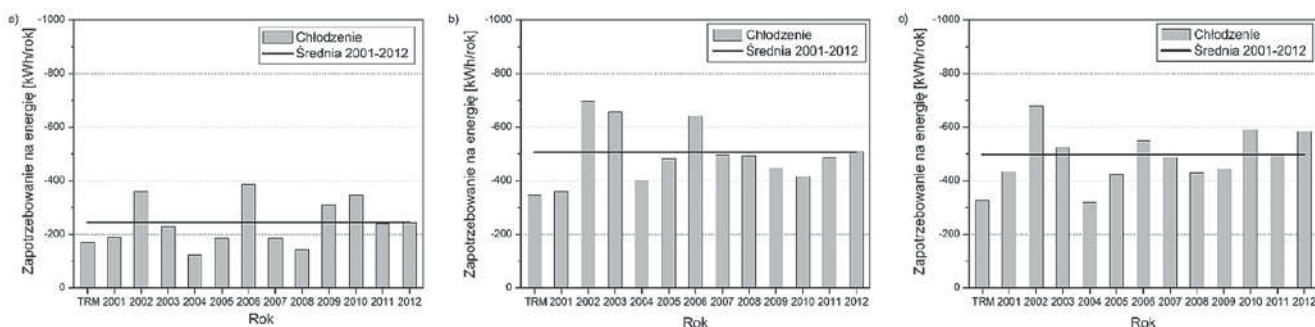
Porównując wyniki otrzymane na podstawie obu zestawów danych klimatycznych, stwierdzono, że zapotrzebowanie na ciepło wyznaczone w okresie 2001–2012 jest dla każdego wariantu mieszkania mniejsze niż w poprzedzającym je trzydziestolecu, reprezentowanym przez TRM (rys.



Rys. 4. Schemat mieszkania



Rys. 5. Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania w budynku o konstrukcji masywnej: a) Łeba, b) Wieluń, c) Włodawa



Rys. 6. Zapotrzebowanie na energię do chłodzenia w budynku o konstrukcji masywnej: a) Łeba, b) Wieluń, c) Włodawa

5), a spadek zapotrzebowania na energię wyniósł od 6,0% do 10,6%. Dla wszystkich wariantów mieszkania przeprowadzono test statystyczny t dla jednej średniej, porównując średnie wieloletnie i wielkości zapotrzebowania na ciepło wyznaczone za pomocą TRM. Na poziomie ufności 0,95 test ten wykazał, że cztery spośród sześciu średnich uzyskanych dla okresu późniejszego jest statystycznie mniejszych niż wyniki otrzymane na podstawie TRM (wyniki oznaczone * w tabeli 3 nie spełniły tego wymagania). Ponadto, linie trendu wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów w 5 spośród 6 analizowanych przypadków wykazały tendencje spadkowe zapotrzebowania na ciepło. Sugeruje to możliwość dalszego zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło w przyszłości. Zdaniem autorek jednak, ze względu na stosunkowo niewielkie różnice między wynikami bazującymi na TRM a wynikami z okresu późniejszego oraz powszechną dostępność danych, TRM może być wykorzystywany do wyznaczania zapotrzebowania na ciepło budynków istniejących powstałych po roku 2000 i dla budynków projektowanych w najbliższych latach.

4.2. Zapotrzebowanie na chłód

Obszar środkowej i wschodniej Polski to rejony o dużym nasłonecznieniu w ciągu lata, co znajduje odzwierciedlenie w największych wartościach zapotrzebowania na chłód uzyskanych dla Wielunia i Włodawy. Od czerwca do sierpnia panują tu najwyższe temperatury powietrza zewnętrznego, a natężenie promieniowania słonecznego osiąga największe wartości, przy czym prawie jego 60% stanowi promieniowanie

kierunkowe. Dzięki najniższym temperaturom i najmniejszemu nasłonecznieniu, zapotrzebowanie na energię dla budynku zlokalizowanego w Łebie jest średnio o połowę mniejsze. Różnice regionalne są znacznie większe niż w sezonie grzewczym, i wynoszą 47,1% dla mieszkania o konstrukcji lekkiej oraz 51,7% dla konstrukcji masywnej.

Zmniejszenie pojemności cieplnej przegród budowlanych w znacznie większym stopniu wpływa na zmianę zapotrzebowania na energię niż miało to miejsce w sezonie grzewczym. Wzrost zapotrzebowania na chłód na skutek zmniejszenia pojemności cieplnej obudowy wyniósł w poszczególnych miejscowościach od 19,1% do 30,4%. Przy zwiększonych zyskach słonecznych, skuteczne ich zagospodarowanie w obudowie o małej zdolności gromadzenia ciepła jest utrudnione, powodując przegrzewanie pomieszczeń.

Średnie zapotrzebowanie na energię uzyskane dla okresu 2001–2012 jest znacznie większe niż wyniki otrzymane z wykorzystaniem TRM (rys. 6). Wzrost zapotrzebowania na chłód wyniósł od 26,4% do ponad 50%, a największe różnice wystąpiły dla mieszkania o konstrukcji masywnej zlokalizowanego we Włodawie.

Podobnie jak dla zapotrzebowania na ciepło, wyniki porównano przeprowadzając test t dla jednej średniej. Na poziomie ufności 0,95 wykazał on, że prawie wszystkie średnie wieloletnie (oprócz jednej oznaczonej * w tabeli 4) przewyższają w sposób istotny statystycznie rezultaty otrzymane przy wykorzystaniu roku typowego. Ponadto, w czterech z sześciu analizowanych przypadków linie trendu wyznaczone za pomocą metody najmniejszych kwadratów wskazywały na tendencje

wzrostu zapotrzebowania na energię. Na tak duże różnice między wynikami mogą składać się zarówno różnice w opracowaniu obu typów danych klimatycznych, jak i pewne zarysowujące się tendencje związane ze zmianą klimatu. W okresie letnim we wszystkich miejscowościach nastonecznienie przewyższa wartości podawane przez TRM o ponad 20%, co w sposób oczywisty zwiększa potrzeby chłodnicze. Ponadto, TRM jest w założeniu rokiem jak najlepiej odwzorowującym uśrednione warunki długookresowe, dominujący jest więc w rozkładzie promieniowania udział składowej rozproszonej. W danych z okresu 2001–2012 w ciągu lata przeważa promieniowanie kierunkowe, którego przepuszczalność często jest większa ze względu na mniejsze kąty padania na powierzchnię szyb. Czynniki te sprawiają, że dysproporcje w zapotrzebowaniu na energię są znaczące. Ze względu na duże niedoszacowanie potrzeb chłodniczych i możliwość zwiększenia zapotrzebowania na chłód w najbliższych latach, otrzymane wyniki budzą wątpliwości co do możliwości wykorzystania TRM w celu analizy zjawisk związanych z przegrzewaniem budynków użytkowanych obecnie.

5. Podsumowanie

Wzrost temperatur powietrza i przegrzewanie pomieszczeń latem są szczególnie odczuwalne w tradycyjnych budynkach mieszkalnych, wyposażonych jedynie w wentylację grawitacyjną o ograniczonych możliwościach usuwania nadmiaru ciepła. Z obserwacji własnych wynika, że niektórzy właściciele mieszkań już wykonali lub rozważają w najbliższej przyszłości wykonanie w mieszkaniach prostych systemów chłodniczych.

Dyskomfort użytkownika można zmniejszyć, stosując odpowiednie sposoby zabezpieczeń (np. w postaci oszklenia zmniejszającego zyski słoneczne czy projektowania systemów wentylacyjnych o zwiększonej wydajności) już na etapie projektowania budynków. Aby jednak było to skuteczne i uzasadnione ekonomicznie, konieczne jest właściwe oszacowanie potrzeb energetycznych nie tylko w sezonie grzewczym, ale i w okresie letnim. Przeprowadzone analizy wskazują na możliwość znacznego niedoszacowania zapotrzebowania na chłód przy wykorzystaniu TRM jako źródła danych klimatycznych. Zdaniem autorek pożądana jest więc aktualizacja metodyki obliczeń w przepisach krajowych.

Zaobserwowane zmiany temperatury powietrza i nasłonecznienia mogą mieć pewne skutki także w innych dziedzinach życia, powodując wzrost potrzeb energetycznych generowanych przez transport, klimatyzację czy przechowywanie żywności. Należy też podkreślić, że wzrost nasłonecznienia oraz zwiększenie liczby dni słonecznych w ostatnim dwunastoleciu, oraz ujęcie tych zjawisk w ogólnodostępnych danych klimatycznych może pomóc wielu inwestorom w planowaniu

oraz uzasadnić ekonomicznie aktywne pozyskiwanie energii słonecznej dzięki kolektorom słonecznym czy panelom fotowoltaicznym. Wyniki prac były finansowane w ramach środków statutowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr S/14/2015.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Crawley D.B., Which weather data should you use for energy simulations of commercial buildings?, ASHRAE Transactions, tom 104, nr 2 (1998) 1–18
- [2] Yang L., Lam J.C., Liu J., Tsang C.L., Building energy simulation using multi-years and typical meteorological years in different climates, Energy Conversion and Management, tom 49 (2008) 113–124
- [3] Test Reference Year (TRY), Reference Manual TD-9706, National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce, Asheville, North Carolina, 1976
- [4] Typical Meteorological Year user's manual, TD-9734, National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce, Asheville, North Carolina, 1981
- [5] Marion W., Urban K., User's manual for TMY2s Typical Meteorological Years, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 1995
- [6] Weather Year for Energy Calculations, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1985
- [7] Perez R., Ineichen P., Seals R., Michalsky J., Stewart R., Modeling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance, Solar Energy, tom 44, nr 5 (1990) 271–289
- [8] Weather Year for Energy Calculations 2, Toolkit and Data, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1997
- [9] Lund H., Eidorf S., Selection methods for production of Test Reference Years, Final Report (short version). Report EUR 7306 EN, 1980
- [10] Lund H., The Design Reference Year user's manual, Thermal Insulation Laboratory, Report No. 274, Technical University of Denmark, 1995
- [11] EN ISO 15927-4:2007, Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków – Obliczanie i prezentacja danych klimatycznych – Część 4. Dane godzinowe do oceny rocznego zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia
- [12] PN-EN ISO 13790:2009, Energetyczne właściwości użytkowe budynków – Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia
- [13] Solomon S., Qin D., Manning M., et al., Climate change 2007: The physical science basis. Report, Cambridge University Press, Cambridge, 2007
- [14] Hansen J., Ruedy R., Sato M., et al. Global surface temperature change, Reviews of Geophysics, tom 48 (2010) 1–29
- [15] Collins L., Natarajan S., Levermore G., Climate change and future energy consumption in UK housing stock. Building Services Engineering Research and Technology, tom 31 (2010) 75–90
- [16] Chow D., Levermore G.J., The effects of future climate change on heating and cooling demands in office buildings in the UK. Building Services Engineering Research and Technology, tom 31 (2010) 307–323
- [17] PN-74/B-02403. Ogrzewnictwo. Temperatury obliczeniowe zewnętrzne
- [18] Clarke J.A., Energy simulation in building design, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2001
- [19] Wittchen K.B., Johnsen K., Grau K., BSim user's guide, Danish Building Research Institute, 2004
- [20] PN-EN ISO 13789:2007, Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację. Metoda obliczania

W naszym Konkursie Świątecznym ogłoszonym w numerze 12/2015 nagrody otrzymują:

Halina Kozłowska z Wrocławia, **Anna Rawska-Skotniczy** z Opola, **Małgorzata Stefaniczek** z Nowego Sącza

Rozwiązaniem krzyżówki było hasło: „To właśnie tego wieczoru od bardzo wielu wieków pod dachem tkliwej kołody Bóg rodzi się w człowieku”.

Gratulujemy – nagrody wysłamy pocztą.