

Wojciech SKÓRZEWSKI*

EKONOMIKA ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO Z UWZGLĘDNIENIEM OSZCZĘDNOŚCI ENERGII NA PRZYKŁADZIE POZNAŃSKIEGO OBSZARU METROPOLITALNEGO. RAPORT ZE ZREALIZOWANEGO I ZAKOŃCZONEGO ZADANIA BADAWCZEGO SBAD 0298

Raport przedstawia efekty przeprowadzonych prac badawczych w ramach omawianego projektu z zakresu urbanistyki energooszczędnej. Celem projektu było zbadanie możliwości uzyskania oszczędności energii zużywanej przez budynki na etapie projektowania urbanistycznego. Badania były ukierunkowane na:

- rozpoznanie możliwości i ograniczeń rozwoju energooszczędnej urbanistyki w polskich warunkach prawnych i klimatycznych,
- wpływ układu przestrzennego budynków na oszczędność energii, w tym na potencjalną wielkość pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego,
- wpływ zieleni na wielkość pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego i bilans energetyczny budynków.

Przeprowadzono je na przykładzie wybranych lokalizacji w Poznaniu oraz uproszczonych modeli teoretycznych.

Słowa kluczowe: architektura energooszczędna, urbanistyka, ekonomika, zieleni

1. WPROWADZENIE

1.1. Uzasadnienie podjęcia tematu

Na całkowity koszt budynku składają się nie tylko wydatki poniesione na jego budowę, ale także koszty eksploatacji. Te zależą z kolei w znacznej części od zużycia energii, w tym na ogrzewanie i chłodzenie. Oszczędności energii w budynkach

* Politechnika Poznańska, Wydział Architektury, Instytut Architektury i Planowania Przestrzennego. ORCID: 0000-0002-2070-9821.

osiąga się obecnie różnymi środkami, m.in. przez zastosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych, w tym materiałów izolacyjnych, detali ograniczających występowanie mostków cieplnych, wydajnych systemów wentylacji z odzyskiem ciepła, odnawialnych źródeł ciepła itp. Większość z tych rozwiązań związana jest z poniesieniem dodatkowych kosztów na etapie realizacji. Na zużycie energii mają wpływ także czynniki geometryczne, takie jak stosunek powierzchni przegród zewnętrznych do kubatury budynku, orientacja względem stron świata, udział przeszkleń w powierzchni elewacji itp. Czynniki te pozwalają na uzyskanie oszczędności energii do ogrzewania i chłodzenia bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów inwestycyjnych. Tego typu zagadnienia nie są póki co uwzględnione w polskim systemie planowania przestrzennego.

1.2. Główne problemy badawcze

Głównymi problemami badawczymi projektu były:

- określenie zależności między geometrią zabudowy i zagospodarowania działki a wielkością pasywnych zysków słonecznych,
- określenie skali możliwych potencjalnych oszczędności energii w związku z geometrią zabudowy i zagospodarowania działki w polskich warunkach klimatycznych,
- określenie możliwości zastosowania projektowania urbanistycznego zorientowanego na obniżenie zużycia energii z wykorzystaniem pasywnych zysków ciepła słonecznego w polskich realiach prawnych systemu planowania przestrzennego.

1.3. Cel badań

Celem projektu było zbadanie możliwości uzyskania na etapie projektowania urbanistycznego takich układów przestrzennych zabudowy, które sprzyjałyby oszczędności energii zużywanej przez budynki. Badania były prowadzone ze szczególnym uwzględnieniem polskich realiów prawnych i warunków klimatycznych, w tym na przykładzie miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w Poznaniu. Badania obejmowały takie zagadnienia, jak m.in.:

- aktualny stan i rola systemu planowania przestrzennego w Polsce w kształtowaniu energooszczędnej zabudowy,
- wpływ układu przestrzennego budynków i intensywności zabudowy na oszczędność energii, w tym na potencjalną wielkość pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego,
- wpływ zieleni na oszczędność energii w budynkach,
- określenie relacji między opłacalnością ekonomiczną a bilansem energetycznym inwestycji na etapie realizacji i eksploatacji.

2. MATERIAŁ I METODY

2.1. Materiał badawczy

Do analiz wybrano materiał badawczy dwojakiego rodzaju:

- przykładowe kwartały projektowanej zabudowy zlokalizowane w Poznaniu,
- wariantowe modele teoretyczne zabudowy.

Modele teoretyczne miały zapewnić obiektywizację wyników badań, uniezależnienie ich od specyficznych lokalnych warunków i wyciągnięcie ogólnych wniosków dających się zastosować w różnych lokalizacjach w poznańskim obszarze metropolitalnym.

2.2. Metody

Głównym narzędziem służącym do przeprowadzenia badań było stworzenie wariantowych modeli zagospodarowania terenu dla wskazanych lokalizacji. Stworzone modele posłużyły do przeprowadzenia analizy porównawczej wariantów na podstawie bilansu energetycznego budynków, ze szczególnym uwzględnieniem pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego oraz strat ciepła przez przenikanie. Wyniki badań miały dostarczyć narzędzia do zobiektywizowanej, ilościowej oceny potencjału efektywności energetycznej miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

W tym celu przeprowadzono obliczenia rozkładu promieniowania słonecznego na powierzchni elewacji za pomocą oprogramowania DL Light będącego nakładką na program Sketchup do modelowania 3D. Wyniki zostały zaprezentowane za pomocą diagramów pokazujących średni rozkład promieniowania słonecznego na powierzchni elewacji w W/m^2 .

3. OPIS ZREALIZOWANYCH PRAC

3.1. Analizy uwarunkowań planowania przestrzennego w Polsce i Poznaniu

W ramach badań wstępnych przeanalizowano aktualną sytuację planistyczną w Poznaniu, uwzględniając realia prawne polskiego systemu planowania przestrzennego i ich wpływ na kształt przestrzeni zurbanizowanej. Badania dotyczyły uwzględnienia aspektów związanych z oszczędnością energii oraz możliwości wprowadzenia jej w przyszłości do planowania przestrzennego. Wskazano na takie aspekty, jak wpływ obowiązującego prawa na praktykę tworzenia dokumentów planistycznych (miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, studium zagospodarowania gminy) i kształt realizowanej zabudowy. Zwrócono uwagę na kwestie

ochrony i kształtowania terenów zieleni w mieście jako elementu sprzyjającego proekologicznemu kształtowaniu miasta.

3.2. Analiza wpływu rozmieszczenia zieleni na ilość energii słonecznej docierającej do fasady budynku

Przeprowadzono analizę wpływu rozmieszczenia zieleni w bezpośrednim sąsiedztwie budynku na wielkość pasywnych zysków z promieniowania słonecznego docierającego do elewacji.

W tym przypadku posłużono się uproszczonym modelem teoretycznym zagospodarowania terenu w postaci prostokątnych kwartałów zabudowy pierzejowej o wymiarach 40×55 m, szerokości budynku 15 m i wysokości również 15 m. Przyjęto odległość między sąsiednimi kwartałami (szerokość ulicy w liniach zabudowy) równą 25 m. Wymiary te zostały tak dobrane, aby spełnić minimalne wymagania nasłonecznienia dla mieszkań według polskich przepisów [Dz.U. 2002, nr 75, poz. 690], tj. 3 godziny w dniach równonocy wiosennej i jesiennej dla lokalizacji w Poznaniu.

Dla tak skonstruowanego modelu przeprowadzono obliczenia dla kilkudziesięciu wariantów usytuowania zieleni względem elewacji budynku różniących się odległością od budynku oraz wysokością. Założono usytuowanie szpaleru drzew w odległości 5, 10 i 15 m od fasady budynku. Przyjęto 3 warianty wysokości drzew: 5, 10 i 15 m. Te same warianty przeanalizowano dla dwóch możliwości orientacji elewacji względem stron świata: dla elewacji południowej oraz dla elewacji zachodniej (założono, że dla elewacji wschodniej wyniki są analogiczne do elewacji zachodniej). Obliczenia przeprowadzono dla dwóch okresów w roku: letniego (od 21 czerwca do 22 września) i zimowego (od 22 grudnia do 20 marca). Dla okresu zimowego zdecydowano się na przeprowadzenie dla porównania obliczeń w dwóch wariantach ulistnienia drzew: w stanie bezlistnym (odpowiednim dla drzew zrzucających liście na zimę, głównie liściastych) oraz w stanie ulistnionym (odpowiednim dla drzew zimozielonych, w naszym klimacie głównie iglastych). Do obliczeń użyto uproszczonych modeli drzew, dla których przyjęto przepuszczalność promieni słonecznych na poziomie 60% dla drzew w stanie bezlistnym oraz 6% dla drzew w stanie ulistnionym [Chwieduk 2014: 48].

3.3. Analiza wpływu układu przestrzennego zabudowy na ilość energii słonecznej docierającej do fasady i bilans energetyczny budynku

Przeprowadzono analizę wpływu różnych wariantów układu urbanistycznego budynków na bilans energetyczny budynków, uwzględniając dwa główne czynniki: wielkość pasywnych zysków z promieniowania słonecznego dociera-

jącego do elewacji oraz wielkość strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne budynku.

Jako materiał badawczy przyjęto jeden z kwartałów projektowanej zabudowy w Poznaniu, w rejonie ulic Grunwaldzkiej i Ułańskiej. Dla wskazanej lokalizacji opracowano różne warianty zabudowy o tej samej powierzchni (ok. 4500 m²), powierzchni całkowitej (ok. 22500 m²) i użytkowej (ok. 15750 m²). Wysokość budynków dostosowano do okolicznej zabudowy i określono na 17 m, co odpowiada 5 kondygnacjom nadziemnym. Do porównania wybrano następujące cztery warianty układu zabudowy:

- zwartą zabudowę pierzejową wzdłuż ulic z dziedzińcem wewnątrz kwartału,
- budynki wolnostojące w układzie równoległym wzdłuż osi wschód–zachód,
- budynki wolnostojące w układzie równoległym wzdłuż osi północ–południe,
- zabudowę w układzie grzebieniowym z dziedzińcami otwartymi w kierunku południowym.

Dla każdego z tych wariantów przeprowadzono symulację rozkładu promieniowania słonecznego na elewacjach dla dwóch okresów roku: letniego (od 21 czerwca do 22 września) i zimowego (od 22 grudnia do 20 marca). Obliczono też różnicę wielkości strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne budynku pomiędzy poszczególnymi wariantami.

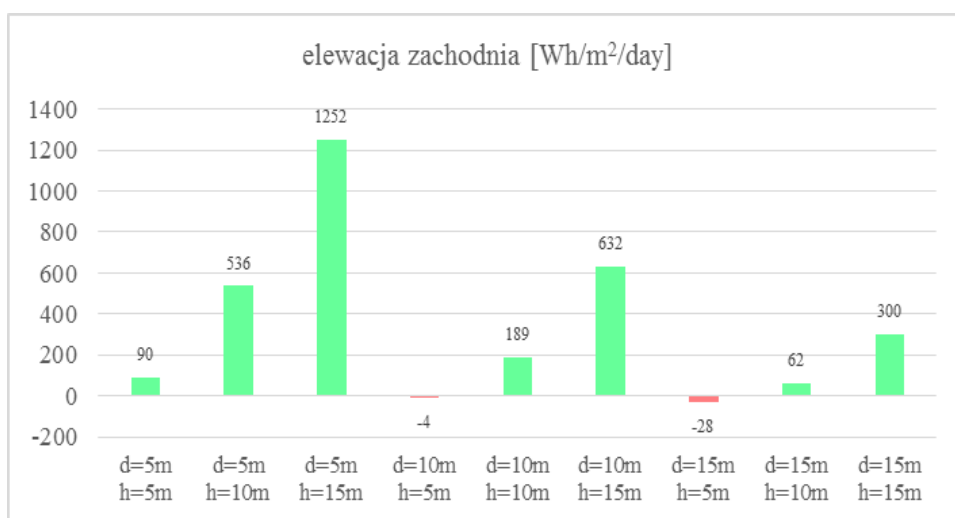
4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Uwarunkowania prawne planowania przestrzennego w Polsce i w Poznaniu

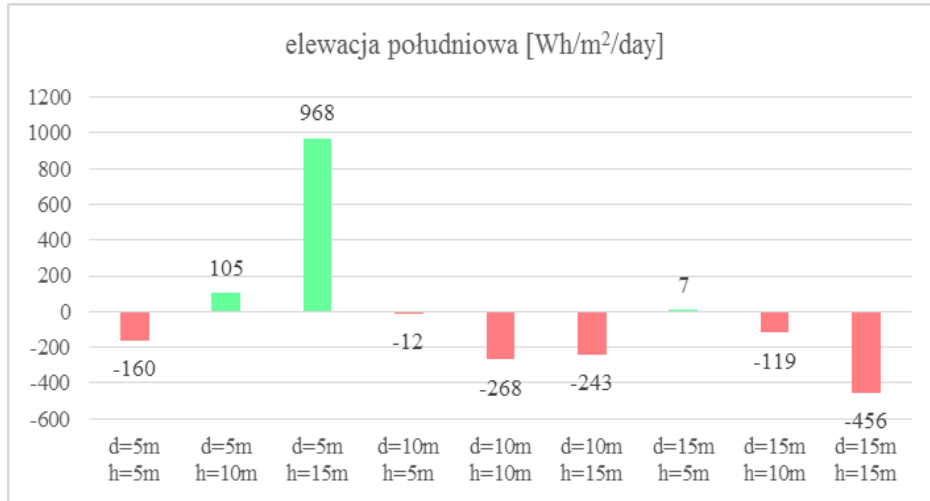
Polski system prawny w zakresie planowania przestrzennego ma swoje konsekwencje, jeśli chodzi o kształt zagospodarowania miasta oraz praktykę sporządzania planów miejscowych. Wobec braku pokrycia planami większości terenów po uchwaleniu obecnie obowiązującej ustawy w 2003 roku [Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717] od tego czasu znaczną część wysiłku poświęcono na sporządzanie planów ochronnych mających zabezpieczać tereny cenne przyrodniczo lub krajobrazowo przed niekontrolowaną zabudową. Rola kreacyjna miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego zesza na dalszy plan, zwłaszcza wobec innych możliwości realizowania nowej zabudowy (decyzje o warunkach zabudowy, specustawa mieszkaniowa [Dz.U. 2018, poz. 1496]) niedających jednak prawie żadnej możliwości świadomego prowadzenia polityki przestrzennej miasta. Osobną kwestią jest często występująca rozbieżność rzeczywiście zrealizowanej zabudowy z pierwotnym zamysłem autorów planu [Skórzewski 2019: 51-62]. Kwestie wykorzystania urbanistyki do kreowania zabudowy energooszczędnej w polskim systemie planowania przestrzennego nie są obecne prawie w ogóle.

4.2. Wpływ rozmieszczenia zieleni na ilość energii słonecznej docierającej do fasady budynku

Z przeprowadzonych badań wynika, że wpływ usytuowania zieleni przed elewacją budynku na wielkość pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego jest odmienny dla różnych orientacji względem stron świata. Dla elewacji zachodnich i wschodnich usytuowanie zieleni w postaci drzew przed elewacją jest zawsze korzystne: w znacznym stopniu ogranicza przegrzewanie się budynków latem ze względu na mały kąt padania promieni słonecznych, natomiast zimą ze względu na małą ilość promieniowania słonecznego z tych kierunków ma znikomy wpływ na zyski słoneczne. Z kolei dla elewacji południowych korzyści zachodzą tylko w specyficznych przypadkach lokalizacji zieleni. Ze względu na duży kąt padania promieni słonecznych latem możliwości zacienienia elewacji przez drzewa są ograniczone, natomiast zimą, przy niższym kącie padania promieni, zieleń jest barierą dla promieniowania, powodując zmniejszenie pożądanego o tej porze roku pasywnych zysków z promieniowania słonecznego. Z tego powodu rekomendowane jest stosowanie gatunków drzew zrzucających liście na zimę. Wybrane szczegółowe wyniki badań przedstawione są na wykresach poniżej.



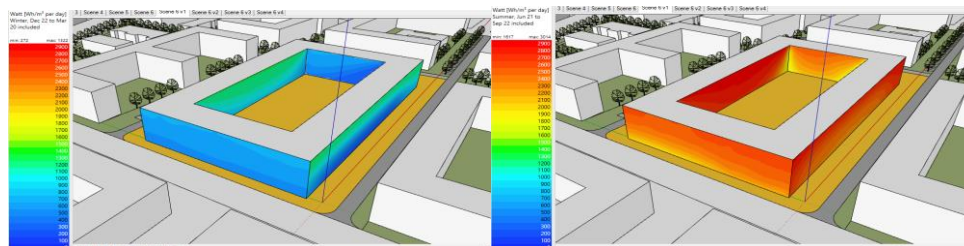
Rys. 1. Wyniki analizy – bilans wpływu zieleni na ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni elewacji między zimą a latem: elewacja zachodnia, drzewa zrzucające liście na zimę [autor: Wojciech Skórzewski]



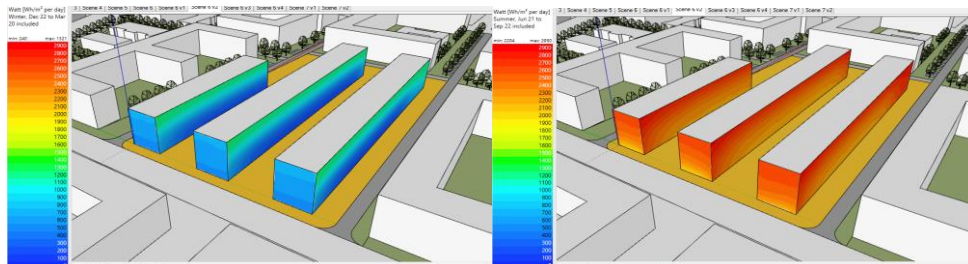
Rys. 2. Wyniki analizy – bilans wpływu zieleni na ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni elewacji między zimą a latem: elewacja południowa, drzewa zrzucające liście na zimę [autor: Wojciech Skórzewski]

4.3. Wpływ układu przestrzennego zabudowy na bilans energetyczny budynku

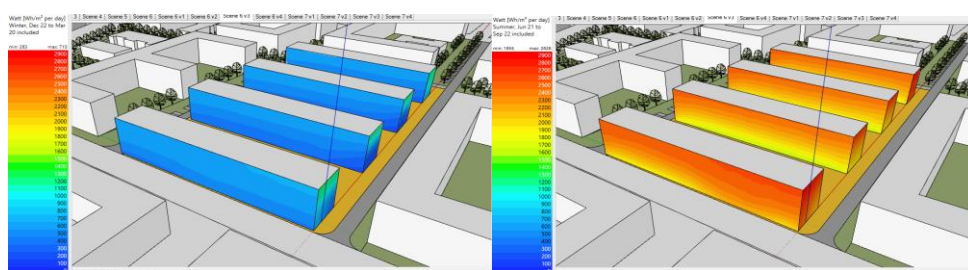
Jeśli chodzi o układy przestrzenne budynków, to badania nie dały tak wyraźnej rekomendacji jak w przypadku zieleni. Można jednak zauważyć pewne prawidłowości. Wariantem minimalnie najkorzystniejszym, biorąc pod uwagę zarówno bilans pasywnych zysków słonecznych zimą i latem, jak i wielkość strat ciepła przez przenikanie, okazał się wariant 1 ze zwartą zabudową pierzejową. Jest tak m.in. dzięki dobremu stosunkowi powierzchni przegród do kubatury. Z kolei minimalnie najmniej korzystny okazał się wariant 3 z zabudową w postaci wolnostojących budynków wzdłuż osi północ-południe. Rozkład energii słonecznej docierającej do elewacji dla każdego wariantu zaprezentowano na diagramach poniżej.



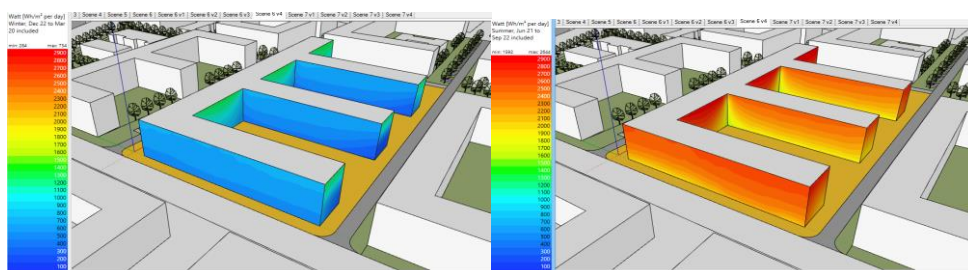
Rys. 3. Rozkład promieniowania słonecznego na elewacjach budynków [Wh/m²/dzień] – wariant 1: po lewej – zimą, po prawej – latem (Sketchup + DL-Light) [autor: Wojciech Skórzewski]



Rys. 4. Rozkład promieniowania słonecznego na elewacjach budynków [Wh/m²/dzień] – wariant 2: po lewej – zimą, po prawej – latem (Sketchup + DL-Light) [autor: Wojciech Skórzewski]



Rys. 5. Rozkład promieniowania słonecznego na elewacjach budynków [Wh/m²/dzień] – wariant 3: po lewej – zimą, po prawej – latem (Sketchup + DL-Light) [autor: Wojciech Skórzewski]



Rys. 6. Rozkład promieniowania słonecznego na elewacjach budynków [Wh/m²/dzień] – wariant 4: po lewej – zimą, po prawej – latem (Sketchup + DL-Light) [autor: Wojciech Skórzewski]

5. PODSUMOWANIE

5.1. Wnioski

- W ramach programu badawczego udało się osiągnąć założone cele. W szczególności:
- rozpoznano stan obecny, możliwości i ograniczenia rozwoju energooszczędnej urbanistyki wynikające z polskiego systemu planowania przestrzennego,

- wykazano związek między lokalizacją zieleni w sąsiedztwie budynków a wielkością pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego,
- wskazano kierunki najkorzystniejszych i najmniej korzystnych lokalizacji zieleni pod względem wpływu na bilans energetyczny budynków,
- wykazano wpływ różnych form przestrzennych zabudowy na zużycie energii w budynkach.

5.2. Upowszechnienie wyników badań

Wyniki badań zostały zaprezentowane w formie referatów na kilku konferencjach naukowych międzynarodowych i krajowych, takich jak:

- Międzynarodowa Konferencja z okazji 10-lecia PSDZ, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, 19-21 września 2019,
- XXII Forum Architektury Krajobrazu „Trudne krajobrazy”, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław-Wałbrzych, 10-12 października 2019,
- International Interdisciplinary Conference “Redefining Cities in View of Climate Changes”, Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 20-21 listopada 2019.

Wyniki dotyczące wpływu zieleni na wielkość pasywnych zysków ciepła z promieniowania słonecznego zostały opublikowane jako artykuł pt. *Potential of using greenery to reduce overheating of buildings in Polish climate conditions* w czasopiśmie „Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska” [Skórzewski 2019: 619-631]. Z kolei artykuł pt. *Urban layout and energy savings*, dotyczący wpływu układu przestrzennego budynków na oszczędność energii, oczekuje na wydanie w czasopiśmie „Acta Scientiarum Polonorum” (seria „Architectura”).

LITERATURA

- Amado M., Poggi F., 2012, *Towards solar urban planning. A new step for better energy performance*, „Energy Procedia”, 30, pp. 1261-1273.
- Amado M., Poggi F., 2014, *Solar urban planning: a parametric approach*, „Energy Procedia”, 48, pp. 1539-1548.
- Balcomb J.D., 1992, *Passive Solar Buildings*, MIT Press.
- Cheng C., Cheung K., Chu L., 2010, *Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls*, „Building and Environment”, 45, pp. 1779-1787.
- Chwieduk D., 2006, *Modelowanie i analiza pozyskiwania oraz konwersji termicznej energii promieniowania słonecznego w budynku*, IPPT PAN, Warszawa.
- Chwieduk D., 2014, *Solar Energy in Buildings. Thermal Balance for Efficient Heating and Cooling*, Academic Press.
- Feist W., Munzenberg U., Thumulla J., 2009, *Podstawy budownictwa pasywnego*, Polski Instytut Budownictwa Pasywnego, Gdańsk.
- Fogel A., Geszprych M., 2016, *Uwzględnianie zieleni w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego – teoria i praktyka*, „Człowiek i Środowisko”, 40 (1), s. 115-131.

- Grzymała Z., 2016, *Eco-cities – case studies and development perspectives*, „Research papers of Wrocław University of Economics”, no. 432, pp. 61-66.
- Ip K., Lam M., Miller A., 2010, *Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy*, „Building and Environment”, 45, pp. 81-88.
- Jim C.Y., He H., 2011, *Estimating heat flux transmission of vertical greenery ecosystem*, „Ecological Engineering”, vol. 37, no. 8, pp. 1112-1122.
- Kontoleon K.J., Eumorfopoulou E.A., 2010, *The effect of the orientation and proportion of a plant-covered wall layer on the thermal performance of a building zone*, „Building and Environment”, 45, pp. 1287-1303.
- Manso M., Castro-Gomes, J., 2015, *Green wall systems. A review of their characteristics*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, 41, pp. 863-871.
- Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, 2019, *Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków (Typical meteorological years and statistical climate data for the area of Poland for energy calculations of buildings)*, https://www.dane.gov.pl/dataset/797?page=1&per_page=50&sort=-verified.
- Morganti M., Salvati A., Coch H., Cecere C., 2017, *Urban morphology indicators for solar energy analysis*, „Energy Procedia”, 134, pp. 807-814.
- Nowak M.J., 2015, *Nieefektywność decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu w kształtowaniu ład przestrzennego a działania organów administracji publicznej*, „Biuletyn Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk”, z. 257/258, s. 46-57.
- Ociepa-Kubicka A., 2014, *Rola planowania przestrzennego w zarządzaniu ochroną środowiska*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska”, t. 17, nr 1, s. 135-146.
- Pérez G., Rincón L., Vila A., González J.M., Cabeza L.F., 2010, *Behaviour of green facades in Mediterranean continental climate*, „Energy Convers Manag”, 52, pp. 1861-1867.
- 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, z późn. zm., tj. Dz.U. 2019, poz. 1065).
- Sarralde J.J., Quinn D.J., Wiesmann D., Steemers K., 2015, *Solar energy and urban morphology. Scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London*, „Renewable Energy”, 73, pp. 10-17.
- Skórzewski W., 2019, *Intention and implementation – outdated of architectural and urban concepts*, w: *Defining the Architectural Space – Tradition and Modernity in Architecture*, t. 6, red. T. Kozłowski, Oficyna Wydawnicza ATUT – Wrocławskie Wydawnictwo Oświatowe, Wrocław, s. 51-62.
- Sobczyk W., Bracha K., 2014, *Słoneczne budownictwo pasywne jako alternatywa dla zużycia surowców kopalnych*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, nr 1/5, s. 335-340.
- Stangel M., 2013, *Kształtowanie współczesnych obszarów miejskich w kontekście zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Stec W.J., van Paassen A.H.C., Maziarz A., 2005, *Modelling the double skin façade with plants*, „Energy and Buildings”, 37, pp. 419-427.
- Strømman-Andersen J., Sattrup P.A., 2011, *The urban canyon and building energy use. Urban density versus daylight and passive solar gains*, „Energy and Buildings”, 43.
- Tong S., Wong N.H., Jusuf S.K., Tan C.L., Wong H.F., Ignatius M., Tan E., 2018, *Study on correlation between air temperature and urban morphology parameters in built environment in northern China*, „Building and Environment”, 127, pp. 239-249.

- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003, nr 80, poz. 717, z późn. zm., tj. Dz.U. 2017, poz. 1073, 1566, z 2018 r. poz. 1496, 1544).
- Ustawa z dnia 5 lipca 2018 r. o ułatwieniach w przygotowaniu i realizacji inwestycji mieszkaniowych oraz inwestycji towarzyszących (Dz.U. 2018, poz. 1496).
- Van Esch M.M.E., Looman R.H.J., de Bruin-Hordijk G.J., 2012, *The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies*, „Energy and Buildings”, 47, pp. 189-200.
- Wong N.H., Jusuf S.K., Syafii N.I., Chen Y., Hajadi N., Sathyanarayanan H., Manickavasagam Y.V., 2011, *Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption*, „Solar Energy”, 85, pp. 57-71.
- Zhou Y., Zhuang Z., Yang F., Yu Y., Xie X., 2017, *Urban morphology on heat island and building energy consumption*, „Procedia Engineering”, 205, pp. 2401-2406.

THE ECONOMICS OF THE SPATIAL DEVELOPMENT INCLUDING ENERGY SAVINGS ON THE EXAMPLE OF THE POZNAŃ METROPOLITAN AREA

Summary

The report presents the results of the research work carried out within the framework of the discussed energy-efficient urban planning project. The aim of the project was to explore the possibilities of saving energy consumed by buildings at the urban design and development stage. The research has been focused on:

- recognition of possibilities and limitations of energy-efficient urban planning development in Polish legal and climatic conditions,
- the impact of the spatial layout of buildings on energy savings, including the potential size of passive solar heat gains,
- the impact of greenery on the amount of passive solar heat gains and the energy balance of buildings.

The research was conducted on the example of selected locations in Poznań and simplified theoretical models.

Keywords: energy efficient architecture, urbanism, economics, greenery