



DOI: 10.5604/20830157.1166558

## WPLYW ZASTOSOWANIA KOLEKTORÓW SŁONECZNYCH NA EKONOMIKĘ PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

**Justyna Gołębiowska**

Politechnika Lubelska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Odnawialnych Źródeł Energii

**Streszczenie.** Jednym z podstawowych działań wynikających z konieczności racjonalnego gospodarowania energią, jest zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Zastosowanie konwersji fototermicznej do przygotowania ciepłej wody użytkowej jest rozwiązaniem, które poprzez redukcję zapotrzebowania na paliwo konwencjonalne, pozwala na efektywne obniżenie kosztów eksploatacyjnych instalacji.

W artykule przeanalizowano pracę instalacji z kolektorami słonecznymi w typowym budynku wielorodzinnym. Budynek zlokalizowany jest w Lublinie, w trzeciej strefie klimatycznej. Zapotrzebowanie na energię do podgrzewu c.w.u. monitorowane było w latach 2010–2013. Efekty pracy instalacji zostały porównane pod względem energetycznym i ekonomicznym z najczęściej wykorzystywanymi układami do podgrzewu c.w.u.

**Słowa kluczowe:** słoneczne systemy grzewcze, ciepła woda użytkowa (c.w.u.)

## ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПІДГРІВУ ВОДИ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

**Анотація.** Одним з основних завдань раціонального використання енергії, є збільшення використання відновлюваних джерел енергії. Використання фототермічного перетворення для нагрівання води загального використання, є рішенням, яке зменшить необхідність палива, дозволить ефективно знизити витрати на експлуатацію системи.

У статті аналізується робота установки сонячних колекторів в типовому житловому будинку. Будинок знаходиться в Любліні, в третій кліматичній зоні. Енергетична потреба гарячого водопостачання контролювалася в 2010–2013 роках. Ефективність роботи установки була порівняна з точки зору енергії та вартості, з найчастіше використовуваними системами для підігріву води.

**Ключові слова:** сонячні системи опалення, гаряче водопостачання

## THE INFLUENCE OF SOLAR COLLECTOR APPLICATIONS ON THE ECONOMICS OF DOMESTIC HOT WATER PRODUCTION

**Abstract.** One of the principal actions arising from the need for rational energy management, is the increase of renewable energy sources use. Application of solar energy photothermal conversion for domestic hot water preparation is a solution that, by reducing demand for conventional energy, allows to minimize the cost of system operation effectively.

In this paper, a performance of solar hot water installation working in a typical apartment building is analyzed. The building is located in Lublin, in the third climate zone. Energy demand for heating domestic water was monitored in 2010–2013. The operational effects of the system were compared in terms of energy and cost with the most commonly used systems for domestic hot water heating.

**Keywords:** solar heating systems, domestic hot water (DHW)

### Wprowadzenie

Rosnące ceny nośników energii, ich malejące zasoby oraz degradacja środowiska naturalnego, doprowadziły do konieczności poszukiwania nowych rozwiązań, które pozwolą na zaspokojenie potrzeb obecnych i przyszłych pokoleń. Priorytetem staje się zwiększenie efektywności zarówno w procesie wytwarzania, jak i wykorzystywania energii. Drugim kierunkiem działania jest rozwijanie technologii opartych na odnawialnych źródłach energii, dzięki którym możliwe będzie zwolnienie tempa zużywania tradycyjnych nośników energii oraz zmniejszenie obciążeń środowiskowych związanych z ich eksploatacją [4, 5].

Konieczność realizacji międzynarodowych zobowiązań po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej, przyczyniła się do powstania nowych regulacji rynku OZE i intensyfikacji ich wykorzystania. Pomimo tego, że wdrożenie nowoczesnych technologii może początkowo wiązać się ze zwiększeniem wydatków inwestycyjnych, to jednak w dłuższej perspektywie czasowej, pozwoli obniżyć koszty produkcji energii oraz przyniesie pozytywne efekty w kwestii ochrony środowiska. Analizy ekonomiczne pokazują, że po uwzględnieniu kosztów i korzyści zewnętrznych, energia odnawialna okazuje się być znacznie tańsza niż energia konwencjonalna, bazująca na paliwach kopalnych [9]. Jednym z obszarów, gdzie nowe rozwiązania mogą przynieść wymierne efekty energetyczne i środowiskowe są instalacje z kolektorami słonecznymi wspomagające podgrzew ciepłej wody użytkowej, wykorzystywane w sektorze mieszkaniowym.

### Введення

Зростання цін на енергоносії, зменшення ресурсів і забруднення навколишнього середовища привели до необхідності пошуку нових рішень, для забезпечення потреб нинішнього і майбутніх поколінь. Пріоритетом є підвищення ефективності у виробництві та використанні енергії. Другий напрямок дій полягає в розробці технологій, заснованих на поновлюваних джерелах енергії, завдяки яким можна буде уповільнити використання традиційних джерел енергії і знизити навантаження на навколишнє середовище, пов'язане з їх експлуатацією [4, 5].

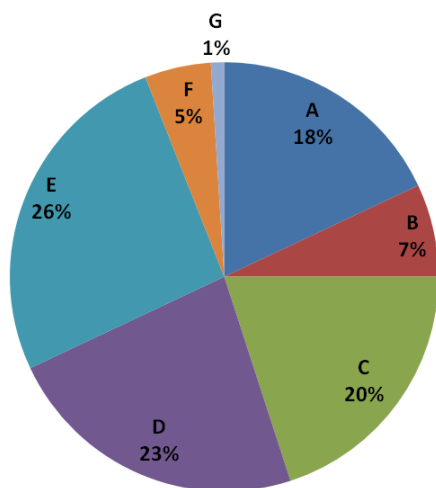
Після вступу Польщі до Європейського Союзу, необхідність впровадження міжнародних зобов'язань, зробила свій внесок у розвиток нового регулювання ринку відновлювальних джерел енергії, та підвищення їх використання. Окрім того, впровадження сучасних технологій, може спочатку бути пов'язано з підвищенням інвестиційних витрат, однак, в довгостроковій перспективі, дозволить знизити вартість виробництва енергії та принесе позитивні ефекти в сфері охорони навколишнього середовища. Економічні аналізи показують, що, беручи до уваги витрати і користь, поновлювані джерела енергії є набагато дешевші, ніж традиційні джерела енергії на основі викопних видів палива [9]. Одна з областей, де нові рішення можуть принести відчутні ефекти енергетичні та екологічні є встановлення сонячних панелей, які допомагають підігріти воду, для використання, в житловому секторі.

## 1. Ciepła woda użytkowa

Ciepła woda użytkowa (c.w.u.) to woda o odpowiedniej jakości [20] przygotowana w specjalnych urządzeniach i przeznaczona na potrzeby bytowe. Normatywne zużycie wody w budynkach mieszkalnych jest zróżnicowane w ciągu doby, nieznacznie w poszczególnych dniach tygodnia, czy porach roku. Szacuje się, że średnie dobowe zapotrzebowanie na ciepłą wodę w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosi 35 dm<sup>3</sup> w domach jednorodzinnych oraz 48 dm<sup>3</sup> w budynkach wielorodzinnych [1]. Instalacje ciepłej wody powinny być tak projektowane, aby możliwe było zapewnienie w punktach czerpalnych temperatury od 55°C do 60°C. Instalacja powinna mieć również możliwość przeprowadzenia okresowej dezynfekcji termicznej przy temperaturze wody nie niższej niż 70°C [19].

Techniki stosowane do przygotowania ciepłej wody użytkowej w gospodarstwach domowych są zróżnicowane. Najczęściej wykorzystuje się instalacje zasilane gazem ziemnym (27%), ciepłem z sieci (26%) oraz energią elektryczną (23%). Procentowy udział poszczególnych technik stosowanych do podgrzewu wody użytkowej został przedstawiony na rysunku 1.

Stosunkowo równomierne w skali roku zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową, sprzyja efektywnemu zastosowaniu kolektorów słonecznych do wspomagania jej podgrzewu.



Rys. 1. Ogrzewanie ciepłej wody użytkowej w Polsce według techniki [17]  
 Мал.1. Нагрівання гарячої води в Польщі, відповідно до методики [17]

## 2. Potencjał wykorzystania energii promieniowania słonecznego w Polsce

Ilość energii słonecznej, jaka dociera do powierzchni Ziemi, zależy od wielu czynników. Do najważniejszych należą: szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, pora roku, zanieczyszczenie atmosfery, zacienienie i stopień zachmurzenia nieba, a także stopień nachylenia kolektorów. Polska leży w strefie klimatu umiarkowanego, co wiąże się z dużą zmiennością energii słonecznej docierającej do jej powierzchni w ciągu roku. Średnie usłonecznienie dla Polski wynosi 1580 h/rok. Średnie roczne nasłonecznienie na obszarze kraju wynosi od 3420 MJ/m<sup>2</sup> do 3800 MJ/m<sup>2</sup>, przy czym największe wartości notowane są w okresie wiosenno – letnim i stanowią 80% całkowitego rocznego nasłonecznienia. Nierównomierność nasłonecznienia warunkuje możliwości wykorzystania energii słonecznej. Najczęściej znajduje ona zastosowanie w instalacjach wspomagających podgrzew wody, rzadziej w ogrzewaniu i klimatyzacji. Promieniowanie słoneczne na terenie Polski charakteryzuje się również dużym udziałem promieniowania dyfuzyjnego, które stanowi średnio 50% energii docierającej do powierzchni kraju. Średnia gęstość promieniowania całkowitego w okresie letnim wynosi 300 W/m<sup>2</sup>, przy czym w godzinach południowych może sięgać ponad 500 W/m<sup>2</sup> (czy nawet 900 W/m<sup>2</sup> w dni szczególnie słoneczne), a wartości chwilowe promieniowania bezpośredniego mogą dochodzić do 1200 W/m<sup>2</sup> [6, 13]. Lubelszczyzna jest jednym z najkorzystniejszych regionów pod względem dostępności energii

## 1. Горячая вода для водопостачання

Гаряча вода для водопостачання, це вода відповідної якості [20], приготована в спеціальному обладнанні і призначена для побутових потреб. Нормативне використання води в житлових будинках варіюється протягом дня, і трохи протягом тижня або пори року. Вважається, що в середньому добова потреба гарячої води на особу становить 35 dm<sup>3</sup> в будинках і 48 dm<sup>3</sup> в багатоповерхівках [1]. Система теплопостачання повинна бути розроблена таким чином, щоб забезпечити, температуру надходження води від 55°C до 60°C. Установка повинна також бути в змозі проводити періодичну термічну дезінфекцію води при температурі не менше 70°C [19].

Техніки, які використовуються для приготування гарячої води в житлових будинках різноманітні. Найчастіше використовуються системи на природному газі (27%), тепломережі (26%) та електрика (23%). Частка різних методів, використовуваних для приготування гарячої води показана на малюнку 1.

Відносно рівномірною є потреба в гарячій воді протягом року, це сприяє ефективному використанню сонячної енергії, для допомоги в її підігріві.

- A – kocioł dwufunkcyjny lub ogrzewacz wody – paliwo stałe  
котел комбі або нагрівач води – тверде паливо
- B – kocioł dwufunkcyjny – gaz ziemny  
котел комбі на природному газі
- C – piecyk łazienkowy gazowy  
газова колонка для ванної кімнати
- D – bojler lub terma elektryczna  
бойлер або електричний водонагрівач
- E – instalacja ciepłownicza  
тепломережа
- F – brak bieżącej ciepłej wody  
відсутність гарячої проточної води
- G – inne techniki  
інші методи

## 2. Потенціал використання сонячної енергії в Польщі

Кількість сонячної енергії, яка досягає поверхні Землі залежить від багатьох факторів. Найбільш важливими з них є: географічна широта, висота над рівнем моря, пора року, забруднення атмосферного повітря, затінення і ступінь хмарності неба, і кут нахилу колекторів. Польща розташована в зоні помірного клімату, що пов'язано з високою мінливістю сонячної енергії, що досягає поверхні протягом усього року. Середня кількість сонячних годин для Польщі складає 1580 год/рік. Середньорічні інсоляції в країні від 3420 МДж/м<sup>2</sup> до 3800 МДж/м<sup>2</sup>, найактивніший період весна – літо складає 80% від загальної річної інсоляції. Нерівномірність інсоляції забезпечує можливість використання сонячної енергії. Сонячна радіація на території Польщі характеризується також високою часткою дифузії випромінювання, в середньому 50% енергії, яка досягає поверхні країни. Середня щільність сумарної радіації в літній час складає 300 Вт/м<sup>2</sup>, а в другій половині дня може досягати більше ніж 500 Вт/м<sup>2</sup> (або навіть 900 Вт/м<sup>2</sup>, особливо в сонячний день) і миттєві значення прямого випромінювання можуть бути до 1200 Вт/м<sup>2</sup> [6, 13]. Любеліщина є одним з найбільш сприятливих регіонів, з точки зору сонячної енергії. Для області Люблінсько-Підляської річне опромінення 3800 МДж/м<sup>2</sup>, що приблизно 1050 кВт год/м<sup>2</sup> на рік. Використання сонячної енергії в Польщі постійно зростає.

promieniowania słonecznego. Dla region Podlasko-Lubelskiego roczne napromieniowanie wynosi 3800 MJ/m<sup>2</sup>, czyli około 1050 kWh/m<sup>2</sup> rocznie. Wykorzystanie energii słonecznej w Polsce stale rośnie. Pozyskanie energii słonecznej w sektorze gospodarstw domowych w 2009 roku wynosiło 200 TJ, a w roku 2012 już 379,8 TJ. Z danych szacunkowych wynika, że kolektory słoneczne są wykorzystywane w 0,41% gospodarstw domowych. Wyniki badań statystycznych na koniec 2012 roku pokazały, że łączna zainstalowana powierzchnia kolektorów wyniosła 151 tys. m<sup>2</sup>, co stanowi równoważnik około 160 MW. Szacowana powierzchnia kolektorów jeszcze w 2003 roku wynosiła 50 tys. m<sup>2</sup> [2, 16].

### 3. Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego do podgrzewu ciepłej wody użytkowej

Podstawowymi elementami aktywnej instalacji grzewczej wykorzystującej energię promieniowania słonecznego są:

- kolektor słoneczny,
- zbiornik magazynujący,
- zespół pompowy,
- układ sterujący,
- urządzenia zabezpieczające (zawór bezpieczeństwa, naczynie wzbiorcze) i odpowietrzniki.

Kolektor słoneczny jest najważniejszym elementem instalacji. Zamontowany w nim absorber odpowiada za transformację energii promieniowania słonecznego i przekazania jej za pomocą czynnika roboczego do wymiennika. Najczęściej stosowane kolektory słoneczne w Polsce to cieczowe płaskie (występujące w 73,6% instalacji), próżniowe (21,3%) i powietrzne (5%) [16]. Obieg czynnika roboczego pomiędzy kolektorem a wymiennikiem umożliwia zespół pompowy. Sterowanie zespołem pompowym odbywa się w oparciu o temperaturę płynu roboczego na wypływie z kolektorów i wody w wymienniku. Gdy temperatura wody w zbiorniku jest niższa od temperatury czynnika w kolektorze, układ sterujący uruchamia zespół pompowy. Gdy temperatura czynnika w kolektorze spadnie poniżej temperatury w zasobniku, zestaw pompowy zostaje wyłączony. Zestaw pompowy zostaje również wyłączony w sytuacji, gdy ciepło wytworzone przez kolektor przekroczy zdolności akumulacyjne zasobnika. Zaabsorbowana energia cieplna oddawana jest wodzie użytkowej poprzez wymiennik znajdujący się wewnątrz zbiornika. Każda instalacja słoneczna powinna być wyposażona w urządzenia zabezpieczające, które chronić będą przed nadmiernym wzrostem ciśnienia (zawór bezpieczeństwa) i przyrostem objętości czynnika roboczego (naczynie wzbiorcze).

Instalacje ciepłej wody zasilane kolektorami słonecznymi najczęściej wykorzystywane są w budynkach jednorodzinnych. Obserwuje się jednak ciągły wzrost ich zastosowania w budynkach wielorodzinnych. W klimacie umiarkowanym instalacje z kolektorami słonecznymi mogą zapewnić około 50–60% całkowitego zapotrzebowania na energię niezbędną do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Dlatego też instalacje słoneczne projektuje się jako źródło dodatkowe, wspomagające podgrzew wody. Układy słoneczne mogą współpracować z kotłami, węzłami cieplnymi, grzałkami elektrycznymi lub pompami ciepła. Dzięki modułowej budowie, instalacje słoneczne mogą być rozbudowywane o dodatkowe zasobniki buforowe, czy wymienniki basenowe [6, 15].

### 4. Słoneczne instalacje grzewcze w praktyce

W niniejszej części pracy zaprezentowano wyniki analiz małych i wielkoskalowych systemów wspomaganych kolektorami słonecznymi, działających w polskich warunkach klimatycznych. Przeprowadzone badania funkcjonowania instalacji grzewczych miały na celu oszacowanie rzeczywistych zysków związanych z wykorzystaniem konwersji fototermicznej.

W pracy [14] przedstawiono wyniki badań próżniowych kolektorów słonecznych współpracujących z instalacją przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynku jednorodzinym,

Wykorzystanie słonecznej energii w sektorze mieszkaniowym w 2009 roku wynosiło 200 TJ, a w 2012 roku już 379,8 TJ. Oszacowania pokazują, że słoneczne kolektory wykorzystywane są w 0,41% gospodarstw domowych. Wyniki badań statystycznych na koniec 2012 roku pokazały, że łączna zainstalowana powierzchnia kolektorów wyniosła 151 000 m<sup>2</sup>, co ekwiwalentnie odpowiada około 160 MW. Oszacowana powierzchnia kolektorów, jeszcze w 2003 roku wynosiła 50 tys. m<sup>2</sup> [2, 16].

### 3. Використання сонячної енергії для нагрівання води загального використання

Основні елементи активної установки для нагрівання, з використанням сонячної енергії є:

- сонячний колектор
- накопичувальний резервуар,
- насосний агрегат,
- система управління,
- захисні пристрої (запобіжний клапан, розширювальний бак) і вентиляційні отвори.

Сонячний колектор є найбільш важливою частиною установки. Встановлений у ньому абсорбер відповідає за перетворення сонячної енергії і передачі її в якості робочої рідини в теплообмінник. Найчастіше використовуваними сонячними колекторами в Польщі, плоскі рідинні (їх мають 73,6% установок), вакуумні (21,3%) та повітряні (5%) [16]. Обіг робочої рідини між колектором і теплообмінником забезпечує насосний агрегат. Управління насосним агрегатом здійснюється за допомогою температури робочої рідини на виході з колекторів, і води в теплообміннику. Коли температура води в резервуарі нижча, ніж температура колектора, блок управління запускає насоси. Коли температура колектора падає нижче температури в баку, насосний агрегат вимикається. Насосний агрегат також відключається, коли тепло, вироблене колектором, перевищує можливості накопичувального бака. Поглинута теплова енергія розсіюється через водяний теплообмінник в бак. Кожна сонячна установка повинна бути обладнана запобіжними пристроями, які захищають від надлишкового тиску (запобіжний клапан) і збільшення обсягу робочого середовища (накопичувальний бак).

Системи гарячої води, що працюють від сонячних батарей найбільш часто використовуються в приватних будинках. Спостерігається постійне зростання їх використання в багатоквартирних будинках. У помірному кліматі системи з сонячними колекторами можуть забезпечити близько 50–60% загального обсягу потреб в енергії, необхідних для нагрівання води. Таким чином, сонячні установки призначені бути джерелом додаткового підігріву води. Сонячні системи можуть працювати з котлами, тепловими вузлами, електричними нагрівачами або тепловими насосами. Завдяки модульній конструкції, сонячні установки можуть бути модернізовані додаванням емоностей для зберігання або теплових басейнів [6, 15].

### 4. Сонячні системи в практиці

У цій частині статті представлені результати аналізів малих і великих сонячних колекторів, що працюють в польських кліматичних умовах. Проведені дослідження функціонування системи нагрівання, мали на меті оцінити фактичний прибуток, пов'язаний з використанням фото термічного перетворення.

В роботі [14] представлені результати вакуумних сонячних колекторів, які співпрацюють з установкою для нагрівання гарячої води в приватному будинку, оснащені

wyposażoną w podgrzewacz pojemnościowy o pojemności 300 dm<sup>3</sup>. Instalacja była monitorowana w okresie trzech miesięcy – kwiecień, maj, czerwiec. Wartości średnie natężenia promieniowania całkowitego w danych miesiącach wyniosły odpowiednio 402,07 W/m<sup>2</sup>, 401,11 W/m<sup>2</sup> i 444,69 W/m<sup>2</sup>. Największa sumaryczna wartość napromieniowania została odnotowana w czerwcu – 130,836 kWh/m<sup>2</sup>. Oszczędność energii konwencjonalnej w tym miesiącu wyniosła 141,5 kWh. Sprawność ogólna konwersji energii promieniowania słonecznego w badanym okresie oscylowała w granicy 33%. Całkowita ilość przygotowanej ciepłej wody w całym okresie analizy to 17,128 m<sup>3</sup>, natomiast średnia wartość temperatury z całego okresu pomiarowego, do jakiej była podgrzewana woda, osiągnęła wartość 49,57°C.

W [10] przedstawiono wyniki miesięcznej pracy (dla lipca) instalacji badawczej ciepłej wody użytkowej zlokalizowanej w Lublinie. Instalacja zasilana była z próżniowego kolektora słonecznym o powierzchni 3,9 m<sup>2</sup> oraz wyposażona w podgrzewacz pojemnościowy o pojemności całkowitej 335 dm<sup>3</sup>. W pracy podkreślono wpływ zmienności parametrów meteorologicznych na uzysk termiczny kolektora słonecznego. Dzielne napromieniowanie w badanym miesiącu mieściło się w zakresie od 0,62 kWh/m<sup>2</sup> do 5,01 kWh/m<sup>2</sup>. Średnią sprawność zamontowanego kolektora słonecznego w lipcu określono na poziomie 50,15%. Średni godzinowy strumień energii użytecznej odbieranej z 1 m<sup>2</sup> powierzchni kolektora został określony na poziomie około 238 W/m<sup>2</sup>, przy średnim dziennym natężeniu promieniowania słonecznego na poziomie 512,6 W/m<sup>2</sup>. Najwyższa średnia godzinowa wartość temperatury czynnika solarnego osiągnęła 52,28°C.

Wyniki pracy instalacji zasilanych energią elektryczną i wspomaganych pracą kolektorów słonecznych, w czterech budynkach wielorodzinnych opisano w [12]. Na dachu mniejszego bloku zainstalowano 28 kolektorów o łącznej powierzchni brutto 56,24 m<sup>2</sup>. W pozostałych zainstalowano po 40 kolektorów o łącznej powierzchni brutto 80,32 m<sup>2</sup>. Wodę użytkową w blokach gromadzi się w trzech zasobnikach połączonych szeregowo, o objętości 1500 dm<sup>3</sup> (w mniejszym bloku) lub 2000 dm<sup>3</sup> (w większych blokach). Ciepło z zestawu kolektorów słonecznych przekazywane jest do zasobników przez płytowy wymiennik ciepła typu glikol – woda użytkowa. Dogrzewanie wody do wymaganych temperatur realizowane jest dzięki zastosowaniu elektrycznych ogrzewaczy przepływowych o mocach 2×15 kW i 2×24 kW. W wybranym bloku, w którym roczne zapotrzebowanie na c.w.u. wyniosło 828 m<sup>3</sup>, prowadzono roczny monitoring pracy węzłów ciepłowniczych. Największe zapotrzebowanie jednostkowe na energię do podgrzania ciepłej wody, w zakresie od 70 do 80 kWh/m<sup>3</sup>, zanotowano w miesiącach zimowych. Zapotrzebowanie to w 80–90% pokrywane było przez energię elektryczną. W listopadzie i grudniu efekty pracy instalacji słonecznej były praktycznie zerowe. Wyraźny wzrost udziału energii słonecznej nastąpił w kwietniu i wyniósł 30 kWh/m<sup>3</sup>. W kolejnych miesiącach udział ten rósł, dochodząc do 50–60 kWh/m<sup>3</sup> w lipcu i sierpniu. W miesiącach tych, przy zapotrzebowaniu jednostkowym na energię wynoszącym 60–65 kWh/m<sup>3</sup>, energia słoneczna pokrywała 80–85% zapotrzebowania na ciepło. W ciągu całego roku średnie zapotrzebowanie na energię do podgrzewu wody wynosiło 71 kWh/m<sup>3</sup>, a ilość energii pochodzącej z instalacji słonecznej 24,7 kWh/m<sup>3</sup>. Z kolektorów słonecznych możliwie było uzyskanie ok. 20460 kWh energii w ciągu roku, co wiąże się z jednostkową wydajnością kolektorów na poziomie 255 kWh/m<sup>2</sup>. Stopień pokrycia zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody przez energię słoneczną wyniósł orientacyjnie 30–35%. Stosunkowo niska wydajność jednostkowa kolektorów wynikała prawdopodobnie z rozbieżności między projektowanym obciążeniem systemu a rzeczywistym rozbiorem ciepłej wody, który wyniósł 27,0 dm<sup>3</sup> na osobę.

emnisiem nagrивачем 300 дм<sup>3</sup>. Установка была протягом трьох місяців – квітень, травень, червень. Середні значення загальної інтенсивності випромінювання протягом цих місяців склали 402,07 Вт/м<sup>2</sup>, 401,11 Вт/м<sup>2</sup> і 444,69 Вт/м<sup>2</sup>. Найбільша сумарна кількість радіоактивності була зафіксована в червні – 130,836 кВтг/м<sup>2</sup>. Економія енергії в цьому місяці була 141,5 кВт. Загальна ефективність перетворення енергії сонячного випромінювання в той період коливалася в межах 33%. Загальна кількість приготовленої гарячої води протягом усього періоду була 17,128 м<sup>3</sup>, в той час, як середня температура всього періоду вимірювань, до якого була нагрівана вода, досягла 49,57°C.

В [10] представлені результати місячної роботи (за липень), досліджуваної установки нагрівання води, яка знаходиться в Любліні. Установка була підживлювана з вакуумного сонячного колектора 3,9 м<sup>2</sup>, який оснащений емнісним водонагривачем з сумарною потужністю 335 дм<sup>3</sup>. В роботі підкреслено вплив мінливості метеорологічних параметрів на вихід теплового сонячного колектора. Денне опромінювання в даному місяці варіювалося від 0,62 кВтг/м<sup>2</sup> до 5,01 кВтг/м<sup>2</sup>. Середня ефективність сонячного колектора, встановленого в липні окреслено на рівні 50,15%. Середній погодинний потік корисної енергії, одержуваної з 1 м<sup>2</sup> площі колектора було встановлено на рівні, близько 238 Вт/м<sup>2</sup>, при середній добовій інтенсивності сонячного випромінювання 512,6 Вт/м<sup>2</sup>. Найвища середня погодинна сонячна температура досягла 52,28°C.

Результати роботи установки, підживлюваної електроенергією і підтримуваної роботою сонячних колекторів в чотирьох житлових будинках, описано в [12]. На даху меншого будинку встановлено 28 сонячних колекторів із загальною площею бруто 56,24 м<sup>2</sup>. В інших встановлено по 40 колекторів загальною площею бруто 80,32 м<sup>2</sup>. Вода для використання накопичується в трьох ємностях з'єднаних послідовно, кожна з яких має об'єм 1500 дм<sup>3</sup> (в менших блоках), або 2000 дм<sup>3</sup> (у більших блоках). Тепло з сонячних колекторів передається через пластинчастий теплообмінник, гліколь – тепла вода. Підігрів води до необхідної температури досягається за рахунок використання електричних водонагривачів потужністю 2×15 кВт і 2×24 кВт. У вибраному будинку, де річна потреба в гарячій воді була 828 м<sup>3</sup> проведено річний моніторинг для теплових вузлів. Найбільший попит на одиницю енергії, для нагрівання гарячої води в межах від 70 до 80 кВт год/м<sup>3</sup>, був зареєстрований протягом зимових місяців. Ця потреба на 80–90% була покрита електроенергією. У листопаді та грудні ефекти роботи сонячної системи були практично рівні нулю. Різне збільшення сонячної енергії відбулося у квітні і становило 30 кВтг/м<sup>3</sup>. У наступних місяцях ця частка зростає, підвищившись на 50–60 кВт год/м<sup>3</sup> в липні і серпні. У ці місяці, коли попит на одиницю енергії 60–65 кВтг/м<sup>3</sup>, сонячна енергія покрила 80–85% потреби в теплі. Протягом усього року, середня потреба в електроенергії для підігрівання гарячої води була 71 кВт год/м<sup>3</sup>, а кількість енергії сонячного походження склали 24,7 кВтг/м<sup>3</sup>. З сонячних колекторів вдалося отримати прибл. 20460 кВт год на рік, що пов'язано з одиничною потужністю колекторів на рівні 255 кВт/м<sup>2</sup>. Рівень покриття попиту на енергію, для нагрівання води за допомогою сонячної енергії орієнтовно склав 30–35%. Відносно низька продуктивність колекторів, ймовірно, виникла в результаті відмінностей між прогнозованими навантаженнями на системному та фактичним розподілом гарячої води, який склав 27,0 дм<sup>3</sup> на людину.

W [3] opisano instalację wykonaną w szkole podstawowej w Łodzi. Energia promieniowania słonecznego wykorzystywana jest w pierwszej kolejności do produkcji ciepłej wody, której zapotrzebowanie na cele projektowe określono na poziomie  $10 \text{ m}^3$  na dobę. Nadwyżki energii kierowane są do podgrzewu wody basenowej. W instalacji wykorzystano 40 płaskich kolektorów słonecznych o łącznej powierzchni brutto absorbera  $86 \text{ m}^2$ . Zasobnik ciepłej wody ma pojemność  $3000 \text{ dm}^3$ . Instalacja grzewcza wspomagana jest z miejskiej sieci ciepłowniczej. Badania instalacji były prowadzone w ciągu ośmiu miesięcy – od października do maja. Najlepsze wyniki odnotowano w maju. Dobowa produkcja energii z instalacji słonecznej osiągała maksymalnie  $0,45 \text{ MWh}$  czyli ok.  $5,23 \text{ kWh/m}^2$ . Sprawność konwersji w tym miesiącu osiągała poziom 70%. Średnia wydajność ciepła systemu w badanym okresie wyniosła  $328 \text{ kWh/m}^2$ . Na podstawie uzyskanych wyników i przy założeniu niezmiennego obciążenia systemu w miesiącach letnich oszacowano wyniki pracy w ciągu całego roku na poziomie  $640 \text{ kWh/m}^2$ , czyli  $2300 \text{ MJ/m}^2$ . Stopień pokrycia zapotrzebowania energetycznego procesu przygotowania ciepłej wody oszacowano na 30–35% w skali roku.

Kolejny przykład słonecznej instalacji grzewczej zaprezentowany został w [15]. W pracy przeanalizowano dwa budynki wielorodzinne zlokalizowanych w Zamościu. Każdym budynek wyposażony był w indywidualny węzeł ciepły dwufunkcyjny współpracujący z instalacją z kolektorami. Pojemnościowe podgrzewacze wody, podgrzewane w pierwszej kolejności ciepłem uzyskanym z kolektorów, zostały zainstalowane pomiędzy przyłączem wody zimnej a płytowym wymiennikiem zasilanym przez ciepłowniczą sieć miejską, w którym woda może być dogrzewana do wymaganej temperatury. Średni wskaźnik zużycia c.w.u. na jednego mieszkańca wynosił  $33,8 \text{ dm}^3/\text{d}\cdot\text{os.}$  i  $43,5 \text{ dm}^3/\text{d}\cdot\text{os.}$  Pracę instalacji monitorowano w okresie ośmiu miesięcy. Sumaryczne zużycie energii cieplnej dla każdego z budynków wyniosło  $431 \text{ GJ}$  i  $546,7 \text{ GJ}$ . W obu przypadkach stopień pokrycia zapotrzebowania na energię ciepłą do przygotowania ciepłej wody przez kolektory słoneczne wyniósł 32%.

## 5. Opis badanej instalacji

Analizowana instalacja grzewcza wspomaga podgrzew ciepłej wody użytkowej w budynku wielorodzinnym, czteropiętrowym. Budynek zlokalizowany jest w Lublinie, w trzeciej strefie klimatycznej. Instalacja zasilana jest z kolektorów próżniowych o powierzchni  $15 \text{ m}^2$  i wyposażona w dwa zbiorniki magazynujące o pojemności  $650 \text{ l}$  każdy (rys. 1). W budynku znajduje się węzeł indywidualny, kompaktowy, dwufunkcyjny współpracujący z instalacją słoneczną (rys. 2).



Rys. 2. Zbiorniki magazynujące instalacji słonecznej  
Мал. 2. Накопичувальні сонячні баки

Нельсен [3] описує установку, яка працює в початковій школі в Лодзі. Сонячна енергія використовується в основному для підігріву води, потреба якої, окреслена на рівні  $10 \text{ m}^3$  на добу. Надлишкова енергія направлена для підігріву води в басейні. Установка використовує 40 сонячних колекторів плоскої пластини із загальною площею бруто  $86 \text{ m}^2$  абсорбера. Бак для гарячої води має ємність  $3000 \text{ dm}^3$ . Система нагрівання підтримується централізованим водопостачанням. Випробовування установки проводилися протягом восьми місяців – з жовтня по травень. Найкращі результати були зафіксовані в травні. Добовий видобуток сонячної енергії досяг максимуму  $0,45 \text{ MВт}\cdot\text{год}$ , що становить прибіл.  $5,23 \text{ кВтг}/\text{m}^2$ . Ефективність перетворення в цьому місяці досягла рівня 70%. Середня теплова ефективність системи в досліджуваному періоді склала  $328 \text{ кВтг}/\text{m}^2$ . На підставі цих результатів і припускаючи, незмінне навантаження на систему під час літніх місяців оцінено роботу протягом року на рівні  $640 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{m}^2$ , що становить  $2300 \text{ МДж}/\text{m}^2$ . Рівень покриття енергетичних потреб для процесу нагрівання води оцінений в 30–35% річних.

Інший приклад сонячної системи опалення представлений [15]. У дослідженні аналізуються два багатоквартирні будинки, розташовані в Замості. Кожна будівля була оснащена в індивідуальний тепловий вузол біфункціональний, співпрацюючий з установкою колекторів. Ємнісні водонагрівачі, підігрівалися в першу чергу теплом отриманим з колекторів, були встановлені між підведенням холодної води і пластинами тепла, що постачається міським водопостачанням, де вода може нагріватися до потрібної температури. Середня норма споживання водопровідної води на душу населення складає  $33,8 \text{ dm}^3/\text{d}\cdot\text{ос.}$  і  $43,5 \text{ dm}^3/\text{d}\cdot\text{ос.}$  Робота установки спостерігалася протягом восьми місяців. Сумарне споживання теплової енергії для кожного з будинків було  $431 \text{ ГДж}$  і  $546,7 \text{ ГДж}$ . Ступінь покриття використаної теплової енергії для приготування гарячої води сонячними колекторами вісім місяців в обох будівлях становить 32%.

## 5. Опис досліджуваної установки

Аналізована установка допомагає підігрівати воду у чотириповерховому будинку. Який знаходиться в Любліні, в третій кліматичній зоні. Установка підживлюється з вакуумних труб площею  $15 \text{ m}^2$  і складається з двох резервуарів об'ємом  $650 \text{ літрів}$  кожен (мал. 1). Будівля має окремий вузол, подвійного призначення, який співпрацює з сонячною установкою (мал. 2).



Rys. 3. Компактний вузол теплий  
Мал. 3. Компактні підстанції

Na przewodzie zimnej wody zainstalowany jest wodomierz rejestrujący zapotrzebowanie wody do podgrzewu. Instalacja wyposażona jest w dwa ciepłomierze: ciepłomierz główny i ciepłomierz c.o. Różnica w odczytach stanowi dane odnośnie zapotrzebowania na ciepło do podgrzewu wody. Liczba mieszkań w budynku wynosi 20. Odczyty zapotrzebowania na energię cieplną i c.w.u. prowadzone są w odstępach kwartalnych. W analizie uwzględniono wyniki z trzech lat pracy instalacji – od 2011 do 2013r.

## 6. Wyniki pomiarów

Zestawienie zapotrzebowania na wodę do podgrzewu, energię cieplną oraz koszty przygotowania c.w.u. (zmienne, rzeczywiste koszty określone przez dostawcę) przedstawiono w tabeli 1. W badanym okresie zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową w budynku wahało się w poszczególnych kwartałach od 104 m<sup>3</sup> do 208 m<sup>3</sup>. Najlepsze efekty pracy instalacji odnotowane zostały w trzecim kwartale każdego roku, czyli w miesiącach lipiec, sierpień, wrzesień. Zapotrzebowanie na energię z sieci ciepłowniczej było w tym okresie najmniejsze i wynosi odpowiednio 27,27 GJ, 32,44 GJ i 38,44 GJ. Największe zapotrzebowanie na ciepło sieciowe notowane było w IV kwartale każdego roku – październik, listopad, grudzień – i stanowiło 43,09 GJ, 51,1 GJ i 53,05 GJ. Jednostkowy koszt podgrzewu wody użytkowej wahał się od 8,10 zł/m<sup>3</sup> (III kwartał 2012 roku) do 11,75 zł/m<sup>3</sup> (I kwartał 2011 roku).

Tabela 1. Zużycie wody, zapotrzebowanie i cena energii ciepłej

Таблиця 1. Витрати гарячої води, попит і ціна

Kwartał Kwartał	Zużycie wody zimnej do podgrzewu Використання холодної води для підігріву	Zużycie ciepła na c.w. w danym kwartale Витрати тепла на нагрівання води загального використання в даному kwartale	Jednostkowy koszt netto* Поєдинча вартість нетто*	Całkowity koszt netto* Повна вартість нетто*	Jednostkowy koszt wody netto Вартість води нетто за одиницю
	m <sup>3</sup>	GJ	zł/GJ	zł	zł/m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	GДж	zл/GДж	zл	zл /m <sup>3</sup>
I 2011	104	36,2	33,76	1222,06	11,75
II 2011	138	34,49	38,62	1331,90	9,65
III 2011	123	27,27	42,14	1149,23	9,34
IV 2011	148	43,09	36,89	1589,79	10,74
I 2012	200	61,18	34,43	2106,63	10,53
II 2012	158	33,65	44,48	1496,65	9,47
III 2012	167	32,44	41,70	1352,82	8,10
IV 2012	194	51,1	37,74	1928,42	9,94
I 2013	200	61,55	36,42	2241,43	11,21
II 2013	208	47,85	41,27	1974,62	9,49
III 2013	156	38,44	44,32	1703,71	10,92
IV 2013	191	53,05	40,32	2138,87	11,20

\* wg stawek dostawcy || згідно ставок постачальника

Tabela 2. Porównanie instalacji zasilanej wyłącznie z sieci ciepłowniczej z instalacją wspomaganą kolektorami słonecznymi

Таблиця 2. Порівняння установки, яка бере енергію тільки з тепломережі з установкою, яка співпрацює з сонячними колекторами

Rok Рік	Instalacja z kolektorami Установка з колекторами			Instalacja bez kolektorów Установка без колекторів		
	Zużycie c.w.u. Витрати тепла	Zapotrzebowanie na energię cieplną Потреби в тепловій енергії		Zużycie c.w.u. Витрати тепла	Zapotrzebowanie na energię cieplną Потреби в тепловій енергії	
	m <sup>3</sup>	GJ	GJ/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	GJ	GJ/m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	GДж	GДж/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	GДж	GДж/m <sup>3</sup>
2011	513	141,05	0,27	471,05	273,42	0,58
2012	719	178,37	0,25	521,19	286,91	0,55
2013	755	200,89	0,27	505,55	258,29	0,51

W tabeli 2 zestawione zostały roczne wyniki pracy instalacji wspomaganej kolektorami słonecznymi oraz wyniki pracy instalacji w innym budynku wielorodzinnym, zasilanym wyłącznie z sieci ciepłowniczej. Na podstawie zapotrzebowania na wodę do podgrzewu oraz energii cieplnej, obliczono wskaźnik zużycia energii cieplnej na podgrzanie 1 m<sup>3</sup> wody użytkowej. Wartości wskaźnika podgrzewu wody zależą od czynników takich jak: praca cyrkulacji, sprawność izolacji, regulacja instalacji, układ przewodów cieplnych oraz, w przypadku instalacji wspomaganej kolektorami słonecznymi, stopień wykorzystania energii promie-

Na трубопроводі холодної води встановлений лічильник, який реєструє кількість води для підігріву. Установка забезпечена двома лічильниками: головний лічильник тепла і лічильник на опалення. Різниця в показниках, це дані теплового навантаження для нагріву води. Кількість квартир у будинку 20. Показники на опалення і гарячу воду проводяться на щоквартальній основі. Проаналізовано результати трьох років роботи установки – від 2011 до 2013.

## 6. Результати вимірювань

Попит на воду для опалення та на гарячу воду для загального використання (змінні фактичні витрати, обумовлені постачальником) наведені в таблиці 1. В аналізованому періоді, попит на гарячу воду загального використання в будинку варіювався в кожному kwartale від 104 m<sup>3</sup> до 208 m<sup>3</sup>. Найкращі результати роботи установки, були зареєстровані в третьому kwartale кожного року, а саме в липні, серпні, вересні. Попит на електроенергію від централізованого теплопостачання, в цей період був мінімальний і становив 27,27 GДж, 32,44 GДж і 38,44 GДж. Найбільший попит теплопостачання був зазначений в четвертому kwartale кожного року – жовтень, листопад, грудень – і склав 43,09 GДж, 51,1 GДж і 53,05 GДж. Вартість гарячої води становила від 8,10 злотих/m<sup>3</sup> (третій kwartał 2012 року) 11,75 злотих/m<sup>3</sup> (перший kwartał 2011 року).

У таблиці 2 наведено річні показники роботи установки підтримуваної сонячними колекторами і результати роботи установки в іншому житловому будинку, яка черпала енергію тільки з центрального опалення. На основі попиту на воду, для підігрівання та теплової енергії, було розраховано теплову енергію для нагріву води загального використання 1 m<sup>3</sup>. Значення показників підігріву води залежить від таких факторів, як циркуляція, якість ізоляції, система управління установкою, якість теплових труб і в разі сонячної допоміжної установки, ступінь використання сонячної енергії

niowania słonecznego [15]. Jak wynika z przedstawionych wyliczeń, dzięki zastosowaniu konwersji energii promieniowania słonecznego, zapotrzebowanie na energię z miejskiej sieci ciepłowniczej zostaje obniżone. Największe oszczędności uzyskano w roku 2011. Wykorzystanie kolektorów słonecznych do wspomaganie instalacji grzewczej pozwoliło na oszczędzenie 0,31 GJ energii cieplnej na 1 m<sup>3</sup> wody. W pozostałych latach oszczędności wynosiły 0,3 GJ/m<sup>3</sup> (2012 rok) i 0,24 GJ/m<sup>3</sup> (2013 rok).

Tabela 3. Teoretyczne zapotrzebowanie na energię ciepłą do podgrzewu c.w.u.  
Таблиця 3. Теоретичні потреби на теплову енергію для нагрівання води

Kwartał Квартал	Zużycie wody zimnej do podgrzewu Використання холодної води для підігріву		Zapotrzebowanie na energię do podgrzewu Потреби в тепловій енергії	
	m <sup>3</sup>		GJ	
	m <sup>3</sup>		ГДж	
I 2011	104		21,79	
II 2011	138		28,91	
III 2011	123		25,77	
IV 2011	148		31,01	
I 2012	200		41,90	
II 2012	158		33,10	
III 2012	167		34,99	
IV 2012	194		40,64	
I 2013	200		41,90	
II 2013	208		43,58	
III 2013	156		32,68	
IV 2013	191		40,01	

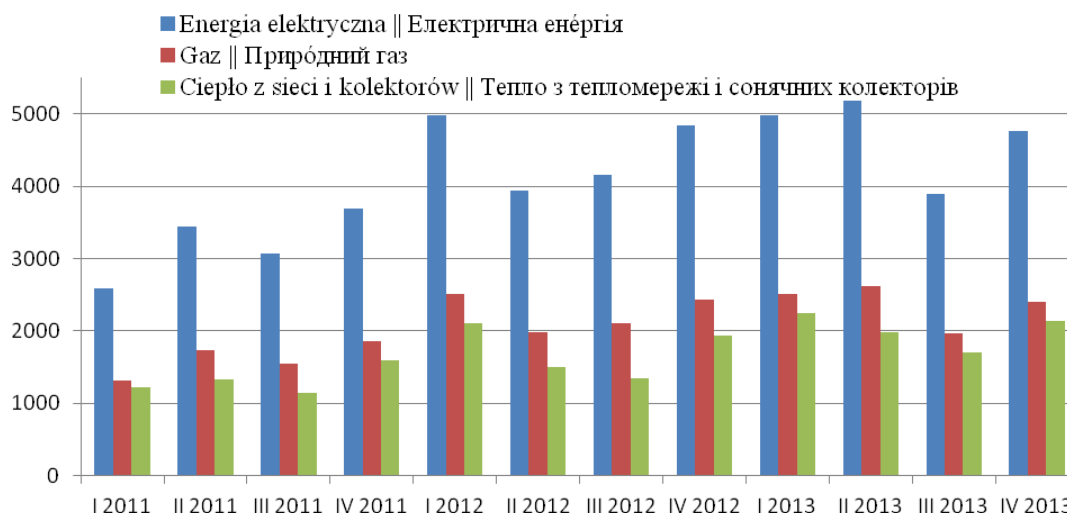
Na podstawie zapotrzebowania na ciepłą wodę użytkową obliczono teoretyczną ilość energii (bez strat ciepła) niezbędną do jej przygotowania (tab. 3) Średnia wartość sprawności instalacji w badanym okresie wyniosła 82%.

Dla badanej instalacji oszacowano, ile wynosiłyby koszty przygotowania c.w.u., przy zastosowaniu innych technik, które mogłyby stanowić alternatywę w budynku wielorodzinnym – czyli ogrzewania za pomocą energii elektrycznej oraz gazu. Otrzymane wyniki zaprezentowano na rysunku 4. Do obliczeń wykorzystano orientacyjne ceny netto wytworzenia 1 GJ energii cieplnej: 60 zł/GJ (gaz) i 119 zł/GJ (energia elektryczna) [18]. Ceny uwzględniają sprawność urządzeń zastosowanych do przygotowania ciepłej wody.

[15]. Як впливає з розрахунків, за рахунок використання перетворення сонячної енергії, попит на енергію з теплової мережі знижується. Найбільша економія, досягнута в 2011 році. Використання сонячних колекторів для нагріву води дозволило заекономити 0,31 ГДж теплової енергії на 1 м<sup>3</sup> води. В інші роки, економія складала 0,3 ГДж/м<sup>3</sup> (2012) та 0,24 ГДж/м<sup>3</sup> (2013 рік).

На основі потреб в гарячій воді, розраховано теоретичну кількість енергії (без втрати тепла), яка необхідна для підігріву води (табл. 3) Середнє значення продуктивності системи в цей період 82%.

Для досліджуваної установки оцінено вартість нагрітої води, з використанням інших методів, які можуть бути альтернативою в багатоповерховому будинку – тобто нагрівання за допомогою електроенергії і газу. Результати представлені на мал.4. Для розрахунків використовуються орієнтовні ціни нетто вироблення 1 ГДж тепла: 60 злотих/ГДж (газ) і 119 злотих/ГДж (електроенергія) [18]. В ціні врахована ефективність роботи устаткування, використовуюваного в процесі підігріву води.



Rys. 4. Porównanie kosztów ogrzewania badanego budynku przy zastosowaniu różnych technik podgrzewu wody [zł netto]

Мал. 4. Порівняння витрат на опалення досліджуваного будинку, при використанні різних методів нагрівання води [зл. нетто]

## 7. Podsumowanie

Celem pracy była ocena energetyczna i ekonomiczna instalacji ciepłej wody użytkowej w budynku wielorodzinnym zasilanej z miejskiej sieci ciepłowniczej i wspomaganą kolektorami próżniowymi. Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że zastosowanie konwersji promieniowania słonecznego do podgrzewu wody użytkowej możliwe jest obniżenie zapotrzebowania na ciepło sieciowe. Wyniki pracy instalacji są zmienne, gdyż zależą od wielu czynników dotyczących zarówno samego rozwiązania technicznego, jak i warunków meteorologicznych. W porównaniu do innych technik podgrzewu ciepłej wody użytkowej, które mogą być stosowane w budynkach wielorodzinnych, zasilanie z węzła indywidualnego współpracującego z kolektorami słonecznymi jest najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem.

## Podziękowania

Praca powstała w ramach projektu *PL-NTU Transgraniczna wymiana doświadczeń* PBU.03.01.00-06-386/11-00 współfinansowanego w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Polska-Białoruś-Ukraina 2007–2013 finansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Instrumentu Sąsiedztwa i Partnerstwa.

Niniejsza publikacja została stworzona przy pomocy Unii Europejskiej. Wyłączną odpowiedzialność za zawartość niniejszej publikacji ponosi Justyna Gołębiowska oraz w żaden sposób nie może być ona postrzegana jako odzwierciedlenie poglądów Unii Europejskiej.

Badania wykonano w ramach projektu badawczego IP2012 007772 finansowanego ze środków budżetowych na naukę w latach 2013–2015.

## Literatura || Література

- [1] Chudziński J.: Instalacje ciepłej wody w budynkach, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Wyd. Fundacja Poszanowania Energii, Warszawa – Poznań, 2006.
- [2] Czekalski D., Obstawski P.: Wydajność słonecznych systemów ogrzewczych wielkoskalowych w świetle badań eksploatacyjnych, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 3/2008, 21–24.
- [3] Nielsen J. E.: Instalacja kolektorów słonecznych w budynku szkolnym w Łodzi, *Analiza danych: październik 2002 – czerwiec 2003, Plan Energii*, lipiec 2003.
- [4] Pawłowski A.: *Rozwój zrównoważony a inżynieria środowiska*, w: Dudzińska M., Pawłowski L. (red.): *Polska inżynieria środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej*, tom 3, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 60, Komitet Inżynierii Środowiska, Lublin 2009, 17–31.
- [5] Pawłowski A.: Sustainable energy as a sine qua non condition for the achievement of sustainable development, *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, Nr 2, Tom 4, 2009, 3–7.
- [6] Pluta Z.: *Słoneczne instalacje energetyczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2008.
- [7] Pluta Z., Wnuk R.: *Badania laboratoryjne kolektorów promieniowania słonecznego, Część II, Charakterystyki cieplne kolektorów słonecznych*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 11/2002a, 24–25.
- [8] Pluta Z., Wnuk R.: *Badania laboratoryjne kolektorów promieniowania słonecznego, Część III, Prognozowanie osiągnięć słonecznych instalacji c.w.u. na podstawie charakterystyk cieplnych kolektorów*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 12/2002b, 19–21.
- [9] Pultowicz A.: Przesłanki rozwoju rynku odnawialnych źródeł energii w Polsce w świetle idei zrównoważonego rozwoju, *Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development*, Nr 1, Tom 4, 2009, 109–115.
- [10] Siuta-Olcha A., Cholewa T.: *Badania eksperymentalne słonecznej instalacji ciepłej wody użytkowej w warunkach klimatycznych Lublina, Część 1, Ocena*

## 7. Підсумок

Метою дослідження, було оцінити енергетичну і економічну сторону підігріву води для житлового будинку, яка надходить з системи теплопостачання і співпрацює з вакуумними колектором. На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що використання перетворення сонячної радіації для нагріву води, знижує потребу в центральному водопостачанні. Результати роботи установки є змінними, бо залежать від багатьох факторів, які відносяться, як до технічного рішення так і до метеорологічних умов. У порівнянні з іншими методами підігрівання води, які можуть бути використані в багатоповерхових будинках, підключення окремого вузла, який співпрацює з сонячними колекторами є найбільш економічним рішенням.

## Завдяки

Робота створена в рамках проекту *PL-NTU Прикордонного обміну досвідом* PBU.03.01.00-06-386/11-00, фінансованих в рамках Програми Транскордонного Співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2007–2013 фінансується Європейським Союзом в рамках Європейського Інструменту Суспільства та Партнерства.

Ця публікація була створена за допомогою Європейського Союзу. Відповідальність за зміст цієї публікації лежить на Юстині Голембівській, а жодним чином не може розглядатися як відображення поглядів Європейського Союзу.

Дослідження було проведено в рамках науково-дослідного проекту IP2012 007772, фінансованого з бюджету на науку в 2013–2015 роках.

- [11] Siuta-Olcha A.: Energy efficiency evaluation of a solar domestic hot-water system: a case study, *Environment Protection Engineering*, Vol. 36, No. 4, 2010, 23–35.
- [12] Walewski J.: *Kolektory na osiedlu TBS, Doświadczenia inwestycyjne i eksploatacyjne, Rynek Instalacyjny*, 7/8, 2003.
- [13] Wojdyga K., Kazimierski S.: *Badania układu przygotowania ciepłej wody użytkowej z kolektorami słonecznymi w warunkach normalnej eksploatacji budynku, Część I*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*, 4/2005, 24–25.
- [14] Wojdyga K., Kazimierski S.: *Badania układu przygotowania ciepłej wody użytkowej z kolektorami słonecznymi w warunkach normalnej eksploatacji budynku, Część II*, *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 5/2005, 19–21.
- [15] Zyczyńska A.: *Efekty wykorzystania kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 10/2011, 465–475.
- [16] GUS: *Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r., informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa, 2013.
- [17] GUS: *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2012, informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa, 2014.
- [18] *Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo*: <http://termika.pgnig.pl>, [11.02.2015].
- [19] *Rozporządzeniem 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 ze zm.).
- [20] *Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, z późniejszymi zmianami* (Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417 ze zm.).

**Mgr inż. Justyna Gołębiowska**  
e-mail: j.golebiowska@wis.pol.lublin.pl

Autorka w 2010 roku ukończyła studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej, na specjalności Ogrzewnictwo, Wentylacja, Klimatyzacja. Obecnie zajmuje stanowisko asystenta w Instytucie Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej. Jej praca naukowa związana jest z zastosowaniem metodyki Oceny Cyklu Życia (ang. Life Cycle Assessment) w szczególności do analizy słonecznych systemów grzewczych i klimatyzacyjnych.



**Магістр інж. Юстина Голембівська**  
e-mail: j.golebiowska@wis.pol.lublin.pl

В 2010 році, закінчила магістратуру на факультеті Інженерії Середовища в Люблінській Політехніці, за спеціальністю опалення, вентиляція, кліматизація. В даний час є співробітником Інституту Інженерії Відновлювальних Джерел енергії на факультеті Інженерії Середовища в Люблінській Політехніці. Її наукова робота пов'язана з застосуванням методики Оцінки Життєвого Циклу (анг. Life Cycle Assessment), зокрема для аналізу сонячних систем опалення та кондиціонування повітря.