



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

# Odnawialne źródła energii

Ćwiczenia projektowe I

## Energia ciepła

### Kolektory słoneczne

**Materiały dydaktyczne dla studentów kierunku ELEKTROTECHNIKA**

**Opracował:**

**dr inż. Michał Łanczont**

**Lublin 2025 r.**



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.  
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

Projekt pn. „*POLLUB zieloną transformację*” realizowany jest w ramach programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus zgodnie z umową nr FERS.01.05-IP.08-0049/23-00.



Ćwiczenie projektowe „Kolektory słoneczne” ma na celu zapoznanie studentów z zasadami projektowania instalacji wykorzystujących energię promieniowania słonecznego do podgrzewania ciepłej wody użytkowej oraz wspomagania systemu ogrzewania budynku. Zadanie polega na opracowaniu kompletnej koncepcji technicznej instalacji solarnej dla konkretnego obiektu i lokalizacji, z uwzględnieniem warunków klimatycznych, zapotrzebowania na energię oraz doboru odpowiednich komponentów systemu.

## Wprowadzenie

Promieniowanie słoneczne jest głównym źródłem energii na Ziemi. Całkowity strumień energii emitowanej przez słońce w stronę ziemi wynosi 173 PW (peta -  $10^{15}$ ), w porównaniu do mocy zainstalowanej w krajowym systemie energetycznym wynoszącym 33 GW. Oczywiście tylko część tej energii jest możliwa do pozyskania.

Promieniowanie słoneczne scharakteryzowane jest kilkoma wielkościami [2]:

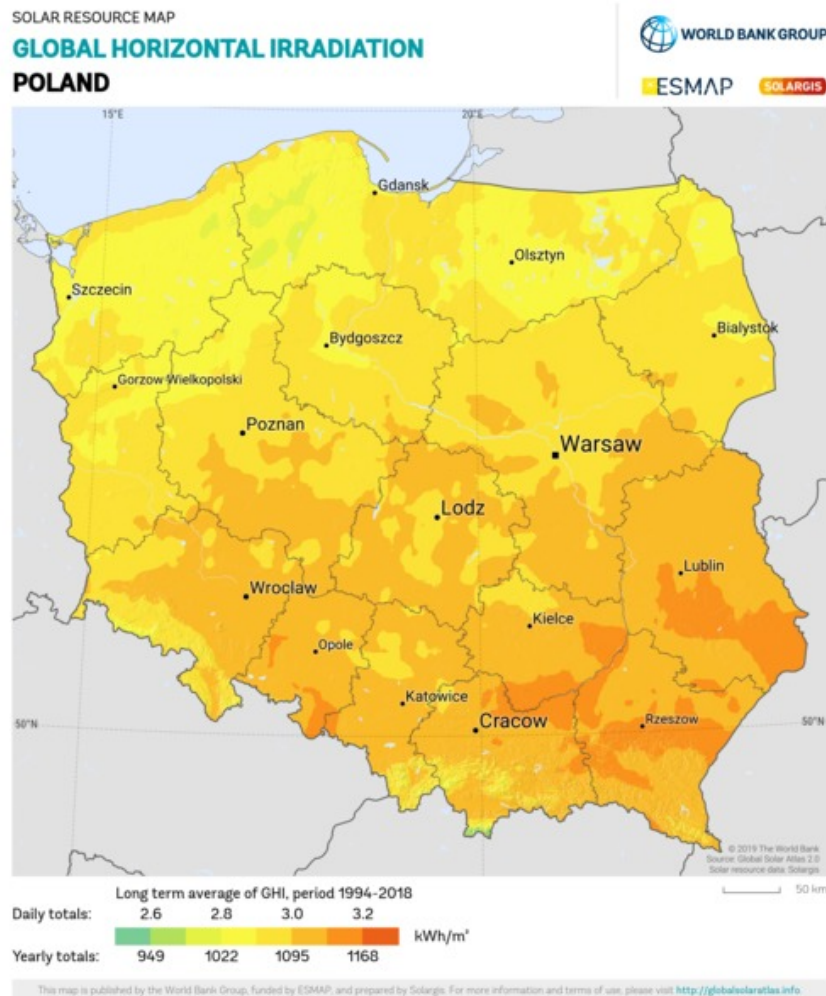
- **strumień energii promieniowania** - energia promieniowania przechodząca przez pewną powierzchnię lub z promieniującego źródła (w jednostce czasu) -  $\Phi_e$  [W]
- **promieniowanie słoneczne całkowite** (G lub E [ $W \cdot m^{-2}$ ]) jest sumą promieniowania pośredniego i rozproszonego. Określa się je jako natężenie promieniowania słonecznego na płaską, poziomą powierzchnię dochodzące z całej półkuli niebieskiej.
- **napromieniowanie** H [ $J \cdot m^{-2}$ ] jest sumą napromieniowania bezpośredniego, rozproszonego i odbitego, energią padającą na jednostkę powierzchni w ciągu określonego czasu (roku, miesiąca, dnia, godziny).
- **nasłonecznienie** h [ $kW \cdot \frac{h}{m^2}$ ] przedstawiane średnimi liczbami godzin z bezpośrednio widoczną operacją słoneczną.

W Polsce szacuje się że nasłonecznienie waha się w zależności od położenia geograficznego od 950 do 1250  $\frac{kWh}{m^2}$ , a średnie usłonecznienie wynosi około 1600





godzin na rok. W praktyce około 80% tej wartości przypada na okres wiosenno-letni (od kwietnia do września), przy czasie operacji słonecznych wahających się od 16h na dobę w okresie letnim do 8h na dobę w okresie zimowym jak pokazano na Rys.1.



Rysunek 1: Mapa całkowitego promieniowania na terenie Polski w  $\frac{kWh}{m^2}$  Źródło: [3]

Jednym z podstawowych sposobów wykorzystania tej energii jest absorpcja jej w postaci ciepła - podgrzewania np. wody. Technologicznie jest to realizowane za pośrednictwem kolektorów słonecznych. Pozwalają na zamianę energii promieniowania słonecznego na ciepło. Podstawowe ich zastosowanie to:

1. Podgrzewanie ciepłej wody użytkowej (CWU)

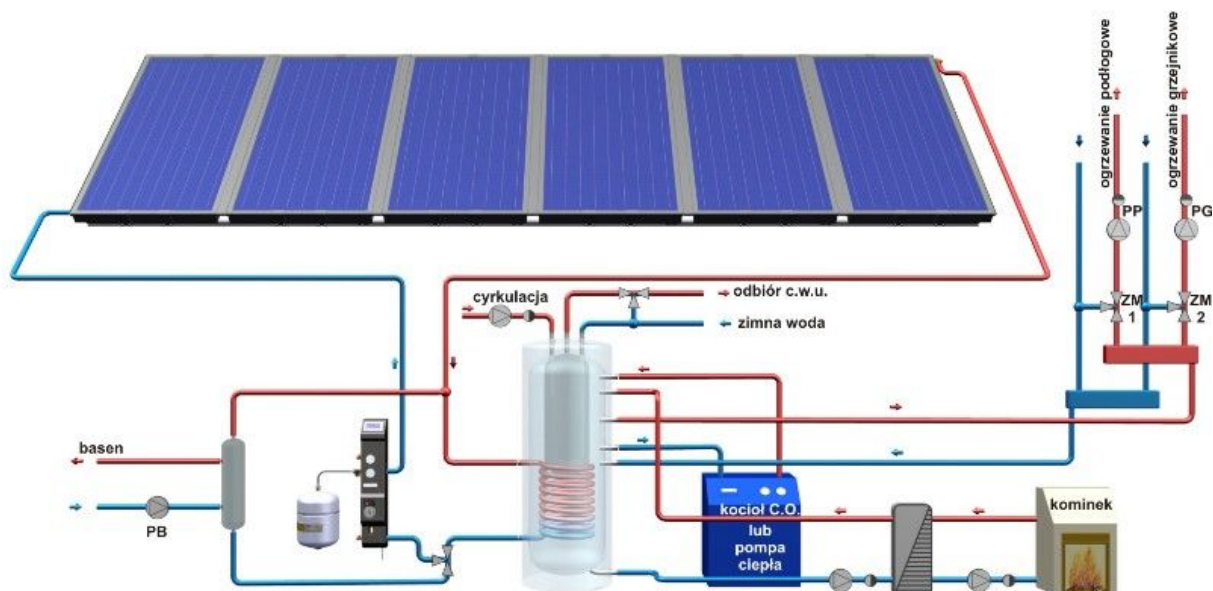


2. Podgrzewanie wody w basenach (otwartych i krytych)
3. Wspomaganie ogrzewania budynku (centralne ogrzewanie)

Kolektory charakteryzują się stosunkowo wysoką sprawnością ( w szerokości geograficznej Polski osiągają wartości od 20 do 80 % (w zależności od warunków pogodowych).

## Instalacja z kolektorem słonecznym

Struktura podstawowego układu instalacji z kolektorem słonecznych stosowanej do podgrzewania budynku i ciepłej wody użytkowej pokazano na Rys.2.



Rysunek 2: Schemat uproszczony instalacji CO i CWU z kolektorem słonecznym. Źródło: [1].

Elementami składowymi instalacji są:

### 1. Kolektor słoneczny

- Płaski - składa się z kilku podstawowych warstw konstrukcyjnych. Na wierzchu znajduje się szyba hartowana, przepuszczająca promieniowanie słoneczne i chroniąca wnętrze kolektora przed warunkami atmosferycznymi. Pod szybą

znajduje się absorber, czyli metalowa płyta (zwykle miedziana lub aluminiowa) pokryta warstwą selektywną, która pochłania promieniowanie i przekształca je w ciepło. Do absorbera przylutowane są rurki transportujące czynnik grzewczy. Całość osadzona jest w obudowie z izolacją termiczną (zazwyczaj z wełny mineralnej lub pianki), która ogranicza straty ciepła do otoczenia.

— Próżniowy - zbudowany jest z zespołu szklanych rur próżniowych, wewnątrz których znajdują się rury absorpcyjne. Próżnia między warstwami szkła działa jak izolator, minimalizując straty ciepła. W środku każdej rury umieszczony jest absorber, który może być połączony z tzw. rurką cieplną (heat-pipe) lub działać na zasadzie bezpośredniego przepływu. Ciepło pochłonięte przez absorber przekazywane jest do czynnika grzewczego znajdującego się w rurze zbiorczej. Dzięki izolacji próżniowej kolektory tego typu osiągają bardzo wysoką sprawność nawet w chłodniejszych warunkach.

— Odbiera energię promieniowania słonecznego i zamienia ją w ciepło.

## 2. Czynnik grzewczy (solar fluid)

— Zazwyczaj mieszanina glikolu propylenowego i wody (odporna na zamarzanie).

— Krąży w obiegu zamkniętym między kolektorem a zasobnikiem.

## 3. Pompa obiegowa (solarnego obiegu)

— Wymusza przepływ czynnika grzewczego przez instalację.

## 4. Zasobnik ciepłej wody użytkowej z wężownicą (bojler dwuwężownicowy lub bufor ciepła)

— Magazynuje ciepło przekazane przez czynnik z kolektora.

— Często ma dodatkową wężownicę do podłączenia źródła pomocniczego (np. kocioł, grzałka).

## 5. Wymiennik ciepła (wewnętrzny lub zewnętrzny)

— Przekazuje ciepło z czynnika solarnego do wody użytkowej lub bufora.





## 6. Sterownik solarny (regulator)

- Zarządza pracą pompy w zależności od temperatury na kolektorze i w zasobniku.
- Może też sterować dogrzewaniem, alarmami, rejestracją danych.

## 7. Zawory i armatura

- Zawór zwrotny – zapobiega cofnięciu się czynnika.
- Zawory odcinające – do serwisu.
- Zawór bezpieczeństwa – zabezpiecza przed nadmiernym ciśnieniem.
- Zawór odpowietrzający – usuwa powietrze z układu.

## 8. Naczynie wzbiorcze (ekspansyjne)

- Kompensuje zmiany objętości czynnika solarnego w wyniku zmiany temperatury.

## 9. Czujniki temperatury

- Monitorują temperatury na kolektorze, w zasobniku i ewentualnie w instalacji grzewczej.

## 10. Izolacja termiczna rur i zasobnika

- Chroni przed stratami ciepła.

## 11. Opcjonalnie (w bardziej zaawansowanych instalacjach):

- Grzałka elektryczna w zasobniku (dogrzewanie).
- Połączenie z systemem centralnego ogrzewania (np. podłogowego).
- Układ chłodzenia kolektorów (przy przegrzaniu).
- Rejestrator danych do monitoringu zużycia energii.

## Projektowanie instalacji

Projektowanie systemu sprowadza się do doboru komponentów budujących instalację.

Można to realizować na kilka sposobów:

- zgrubne określenie wielkości systemu,
- dokładne obliczenie poszczególnych elementów,





- dobór elementów systemu na podstawie nomogramów,
- projektowanie wspomagane komputerowo.

Dwie ostatnie metody wymagają dostępu do materiałów katalogowych (charakterystyk - monogramów) i specjalistycznego oprogramowania, w wersjach pozwalających na projektowanie są zazwyczaj płatne.

Projekt w praktyce można opracować np. w Excel'u, wyznaczając parametry poszczególnych elementów systemu w zakresie zgodnym ze sposobem pierwszym i drugim. Wybór jednego z dwóch wybranych sposobów związany jest z szczegółowością przygotowywanego projektu, zakresem informacji o lokalizacji inwestycji. Projekt zgrubny zakłada pewne uproszczenia, zazwyczaj:

- wymagana ilość ciepłej wody użytkowej ( $45^{\circ}\text{C}$ ) wynosi od 35 do 65 litrów na osobę na dzień.
  - kolektory zapewniają pokrycie zapotrzebowania na ciepło w instalacji c.w.u. w 60% (w okresie letnim można założyć 100%).
  - kąt nachylenia kolektorów jest optymalny dla danego położenia geograficznego
- Dobierając parametry instalacji z kolektorem należy uwzględnić kryteria:
- Energia słoneczna nie może być jedynym źródłem ciepła do podgrzewania wody. Należy zapewnić dodatkowe źródło, zwłaszcza dla sezonu chłodnego.
  - Stopień pokrycia zapotrzebowania na ciepło w instalacji c.w.u. z energii słonecznej zazwyczaj osiąga maksymalnie 70%. W sezonie ciepłym przy optymalnie dobranej wielkości instalacji możliwe jest osiągnięcie 100% pokrycia.
  - Czynnikiem decydującym przy projektowaniu instalacji do c.w.u. jest prawidłowe przyjęcie zapotrzebowania na ciepłą wodę na osobę oraz stopień pokrycia energią słoneczną ogólnego zapotrzebowania na ciepło na ten cel.
  - Przy określeniu zapotrzebowania na ciepłą wodę należy uwzględnić charakter obiektu



(dom, pensjonat czy hotel) oraz wymagania statystycznego użytkownika co do ilościowego zużycia wody na poszczególne cele (mycie, gotowanie, sprzątanie itp).  
— Dla kolektorów próżniowych przyjmuje się o około 30% większą x zasobników oraz wymienników ciepła (przy tej samej powierzchni absorbującej kolektorów) co w przypadku kolektorów płaskich.

Proces projektowania instalacji c.w.u. i/lub c.o. z kolektorem słonecznym wymaga określenia wstępnych warunków projektowych:

1. warunki lokalizacyjne,
2. warunki użytkowania,
3. warunki instalacyjne.

Pierwsze dotyczą położenia geograficznego inwestycji oraz warunków terenowych w jakich możliwe jest zamontowanie kolektorów. Warunkuje to sposób montażu.

Optymalne jest takie ustawienie kolektorów aby kąt padania promieni słonecznych był prostopadły do powierzchni kolektora. W efekcie najlepszym rozwiązaniem było by aby położenie kolektora zmieniało się dynamicznie w ciągu dnia (roku) podążając za słońcem. Realizuje się to za pomocą układu nadążnego zwanego heliostatem. Jest to rozwiązanie złożone i rzadko stosowane. W praktyce powszechnie stosuje się okresowe lub miesięczne zmiany kąta nachylenia kolektora. Dla korekty okresowej (dla Polski) przyjmuje się w sezonie ciepłym  $42.5^{\circ}$ , a w sezonie chłodnym  $70^{\circ}$ . Dla korekty miesięcznej można zastosować nastawy kąta zestawione w tabeli 1.

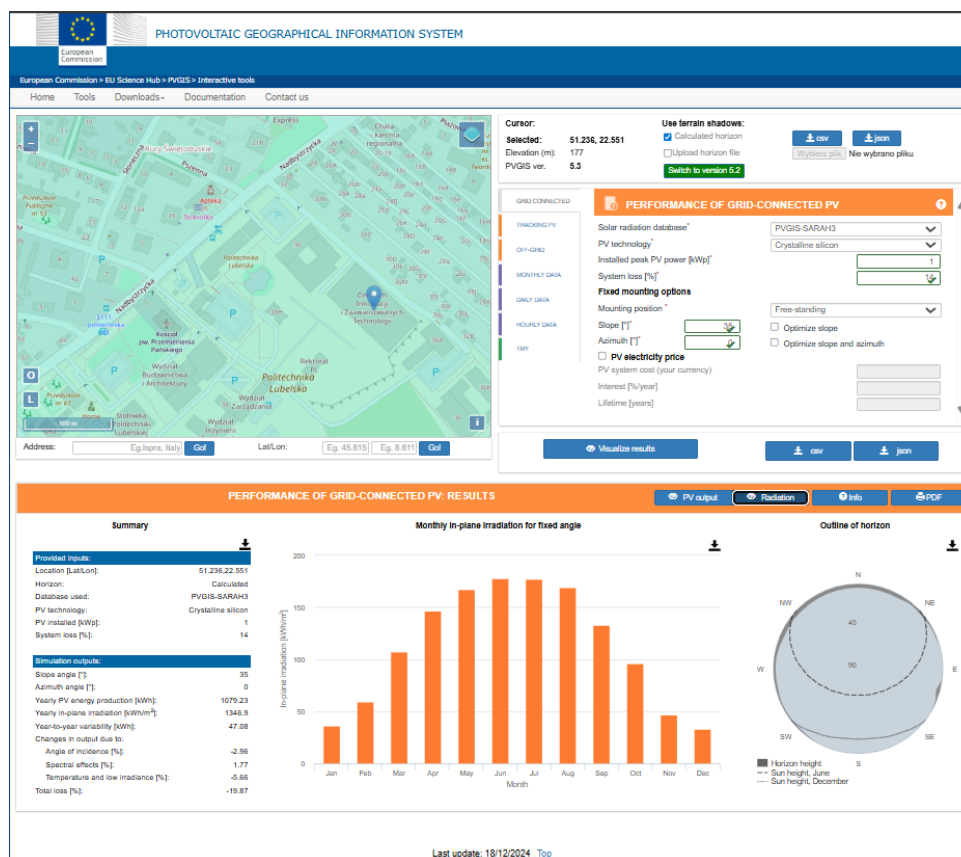
Tabela 1: Optymalne nastawienie kąta kolektora dla poszczególnych miesięcy w Polsce na szerokości geograficznej  $52^{\circ}$ .

Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Kąt nachylenia [ $^{\circ}$ ]	78	70	50	48	39	35	36	44	54	64	76	79

Szczegółowe informacje solarne dla każdego punktu na ziemi można uzyskać z systemu PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM dostępnego w internecie na stronie [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/), jak pokazano na Rys.3.



System pozwala na wygenerowanie pliku \*.pdf z raportem dla wybranego punktu lub eksport danych do pliku \*.csv.



Rysunek 3: Zestawienie danych dla punktu na terenie kampusu PL z systemu PVGIS.

Dla tak wybranej pozycji optymalny azymut to  $0^{\circ}$  czyli na południe geograficzne  $180^{\circ}$ . Należy pamiętać że południe geograficzne a magnetyczne (wskazywane przez kompas) to nie to samo. Biegun magnetyczny jest punktem dynamicznie przemieszczającym się względem bieguna geograficznego. Przy ustawianiu azymutu kolektora jego kierunek można ustalić na dwa sposoby:

1. na podstawie najwyższego położenia słońca w ciągu dnia,
2. na podstawie wskazania kompasu z uwzględnieniem deklinacji.

Wartość aktualnej deklinacji można odczytać np. z strony NOAA (<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml>), jak pokazano

na Rys.4. Dla lokalizacji w Lublinie będzie to  $+7^{\circ}$ . Korekta wskazania kompasu zależy od znaku deklinacji:

- + dla deklinacji wschodniej (np.  $+10^{\circ}$ ), należy odwrócić igłę kompasu o  $10^{\circ}$  w lewo (czyli przeciwnie do ruchu wskazówek zegara).
- dla deklinacji zachodniej (np.  $-8^{\circ}$ ), należy przesunąć odczyt o  $8^{\circ}$  w prawo (czyli zgodnie z ruchem wskazówek zegara).

Rysunek 4: Strona NOAA z wyznaczaniem deklinacji dla Lublina.

Kąt nachylenia należy dobrać w zależności sposobu użytkowania instalacji, jak pokazano w tabeli 2.

Tabela 2: Dobór kąta nachylenia kolektora dla  $\text{Lat}=51^{\circ}$  z przedziałem tolerancji  $\pm 5^{\circ}$

CWU tylko latem	$90^{\circ} - 51^{\circ} - 10^{\circ} \Rightarrow 25^{\circ} \div 35^{\circ}$
CWU całoroczne	$90^{\circ} - 51^{\circ} \Rightarrow 35^{\circ} \div 45^{\circ}$
CWU + CO (wspomaganie w okresie chłodnym)	$90^{\circ} - 51^{\circ} + 10^{\circ} \Rightarrow 45^{\circ} \div 55^{\circ}$



Jeżeli kolektory mają być zamontowane na skątownym dachu budynku to w takim wypadku kat nachylenia dachu wymusza kat nachylenia kolektorów i kierunek na jaki są one skierowane. Możliwość takiej instalacji determinuje czy kąt nachylenia dachu mieści się w założonym zakresie, oraz czy kierunek w którym skierowane są kolektory mieści się w przedziale  $\pm 10^\circ$  do kierunku południowego. Jeżeli te warunki nie są spełnione zalecana jest instalacja kolektorów na konstrukcji naziemnej lub przy małym koncie nachylenie zamontowanie na konstrukcji korygującej kąt nachylenia.

System PVGIS pozwala dla ustalonego kąta nachylenia kolektora wyznaczyć roczną sumę promieniowania na jego powierzchnię (*Yearly in-plane irradiation* [ $\frac{kWh}{m^2}$ ]). W przypadku wybranej lokalizacji i kąta nachylenia ustalonego na  $35^\circ$  roczna suma promieniowania  $H=1346.9 \frac{kWh}{m^2}$ .

Warunki użytkowania wpływają na wymaganą powierzchnię kolektorów. Wielkość ta jest uzależniona od przeznaczenia - do instalacji c.w.u. lub c.w.u. z wspomaganie instalacji c.o.. W większości przypadków instalacje z kolektorem stosuje się wyłącznie jako system wspomagający podgrzewanie wody użytkowej. Określenie warunków użytkowania sprowadza się do określenia dobowego zapotrzebowania na ciepłą wodę w odniesieniu do pojedynczej osoby. Analiza wymaga określenie do jakich czynności i w jakich ilościach używana jest ciepła woda. Istotne znaczenie ma też rodzaj budynku dla którego dobierane jest zapotrzebowanie. Wielkość tą można określić na podstawie analizy przypadku lub na podstawie dostępnych norm i wytycznych:

- Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 2002 r. §120 ust. 2 oraz załączniki (dot. instalacji sanitarnych i ciepłych)
- PN-EN 12831-3:2017 (dla CWU), nowoczesna norma wspomagająca dobór mocy źródła do podgrzewu CWU
- Wytyczne CEN/TR 16355 i PN-92/B-01706 (starsza, ale nadal stosowana orientacyjnie)





Typowe wartości zapotrzebowania na c.w.u. zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3: Typowe zapotrzebowanie na c.w.u..

Typ budynku / użytkownika	Zużycie CWU $\frac{dm^3}{osoba \cdot doba}$	Temperatura CWU [C]
Budynek jednorodzinny	30 – 50	45 – 55
Budynek wielorodzinny	40 – 60	45 – 55
Dom opieki, hotel	50 – 100	55 – 60
Internat / akademik	40 – 70	45 – 55
Obiekt sportowy (z prysznicami)	15 – 30 (na osobę)	38 – 42
Przedszkole / szkoła	10 – 20 (na ucznia)	40 – 45

Na tej podstawie i informacji o liczbie osób zamieszkujących lub użytkujących daną nieruchomość można określić roczne zapotrzebowanie na ciepłą wodę. Zadanie to realizuje się etapami:

1. Wyznaczenie dziennego zapotrzebowania na wodę w  $\frac{dm^3}{dzien}$

$V = \text{Liczba osób} \cdot \text{dziennie zużycie osoby} + \text{inne cele nie osobowe}$

Dla pięcioosobowej rodziny w domu jednorodzinnym:

$$V = 5 \cdot 50 + 20 = 270 \frac{dm^3}{dzien}$$

2. Obliczenie energii potrzebnej do podgrzania wody od temperatury wejściowej (np.  $10^{\circ}C$ ) do temperatury użytkowej (np.  $45^{\circ}C$ )

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

gdzie  $c$  jest ciepłem właściwym wody  $= 4.18 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 4180 \frac{J}{kg \cdot K}$

$$Q = 4180 \cdot 270 \cdot 35 = 39501000 \frac{J}{dzien}$$

Przeliczenie J na Wh wymaga podzielenia wyniku przez 3600.

$$Q = \frac{39501000}{3600} = 10972.5 \frac{Wh}{dzien} \approx 10.97 \frac{kWh}{dzien}$$

Na tej podstawie można określić roczne zapotrzebowanie na ciepło.

$$Q_{rok} = Q \cdot 365 = 4004.96 \frac{kWh}{rok} \approx 4005 \frac{kWh}{rok}$$

3. Dodatkowo można uwzględnić potencjalne straty w rurach i zasobniku.

Określenie strat w rurach wymaga określenia:

— średnicy rury (np. 22 mm)





- grubości i rodzaju izolacji (np. 20 mm, kauczuk  $\lambda = 0.04 \frac{W}{m \cdot K}$ )
- medium przewodzące - roztwór glikolu
- temperatura medium przewodzącego (w sezonie ciepłym 60-90 °C, w chłodnym 20-50 °C, w nocy(pochmurno) temperatura otoczenia.
- temperatura otoczenia

Straty ciepła w rurach wyznacza się z zależności:

$$\dot{q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \Delta T}{\ln \frac{r_z}{r_w}}$$

gdzie  $r_z = 0.011 + 0.02 = 0.031m$  i  $r_w = 0.011m$  odnoszą się do grubości izolacji.

Przyjmując  $\Delta T=60$  straty energii na 1 m rur wynoszą:

$$\dot{q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 0.04 \cdot 60}{\ln \frac{0.031}{0.011}} = 14,55 \frac{W}{m} \simeq 0,015 \frac{kW}{m}$$

Po przemnożeniu przez długość rur instalacji i czas działania instalacji w godzinach w ciągu roku można określić straty całkowite roczne. Sumaryczna liczba godzin nasłonecznienia (dla efektywnej pracy kolektorów) w Polsce waha się od 950 do 1200 h, według danych klimatycznych słońce świeci w Lublinie 2443 h rocznie. Stąd można przyjąć średnio z wystarczającym przybliżeniem około 2000 h pracy systemu z kolektorem rocznie. W efekcie przy przyjęciu 20 m długości instalacji straty roczne na rurach wynoszą:

$$\dot{Q}_{rok} = \dot{q} \cdot l \cdot czas = 0.015 \cdot 20 \cdot 2000 = 600 \frac{kWh}{rok}$$

Straty ciepła w zasobniku można określić dla zadanych parametrów materiałowych i wymiarów lub odczytać z danych katalogowych zastosowanego modelu. Dla typowych 300 l zasobników straty te mieszczą się w zakresie od 0.8 do 1.8  $\frac{kWh}{dobe}$ .

Wartość tą wyznacza się z zależności:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \text{ gdzie:}$$

U - współczynnik przenikania ciepła przez ścianki bojlera [ $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ],

A - powierzchnia wymiany ciepła (płaszcz zbiornika) [ $m^2$ ],

W efekcie roczne straty ciepła na zasobniku wahają się od 292 do 657  $\frac{kWh}{rok}$ .







Całkowite straty są sumą tych dwóch wartości. Przyjmując uśrednione straty na zasobniku  $Q_{zas} = 450 \frac{kWh}{rok}$  straty całkowite wynoszą:

$$Q_{strat} = Q_{rur} + Q_{zas} = 600 + 450 = 1050 \frac{kWh}{rok}$$

4. Całkowite zapotrzebowanie na energię cieplną jest sumą zapotrzebowania i strat

$$Q_{cal} = Q_{rok} + Q_{strat} = 4005 + 1050 = 5055 \frac{kWh}{rok}$$

W kolejnym etapie należy wyznaczyć powierzchnię kolektorów wymaganych dla projektowanej instalacji. W zależności od warunków pracy można uwzględnić pewien zapas energii, jak pokazano w tabeli 4.

Tabela 4: Rekomendowane wartości zapasu energii

Warunki	zapas energetyczny
Dobrze zaizolowany dom, stabilne zużycie	+10%
Typowa instalacja domowa CWU + CO	+15-20%
Dach o mniej korzystnej orientacji	+20-30%
Brak bufora / zasobnika	+25-30%

Dla analizowanego przypadku można przyjąć wartość +15% zapasu energetycznego.

$$Q_{zapas} = Q_{cal} * 1.15 \simeq 5183 \frac{kWh}{rok}$$

Wyznaczenie powierzchni kolektorów dla projektowanej instalacji realizuje się na podstawie zależności:

$$Q = A \cdot H \cdot \eta_{cal} \cdot (1 - L)$$

gdzie: A - powierzchnia kolektorów

$\eta_{cal}$  - średnioroczna sprawność kolektora (dane katalogowe)

L - straty systemowe (instalacyjne)

W tabeli 5 zestawiono typowe wartości dla typowych kolektorów.

Tabela 5: Typowe wartości kolektorów

Rodzaj kolektora	Średnia sprawność $\eta$	Straty instalacyjne L
Płaski kolektor	0.45 (45%)	10% (0.10)
Próżniowy kolektor	0.60 (60%)	10% (0.10)



Na podstawie tych danych można określić wymaganą powierzchnię kolektorów:

1. Dla próżniowego

$$Q = A \cdot 1346.9 \cdot 0.6 \cdot (1 - 0.1) = A \cdot 727.3$$

$$A = \frac{5183}{727.3} \approx 7.1 \text{ m}^2$$

2. Dla płaskiego

$$Q = A \cdot 1346.9 \cdot 0.45 \cdot (1 - 0.1) = A \cdot 545.5$$

$$A = \frac{5183}{545.5} \approx 9.5 \text{ m}^2$$

Kolektory produkowane są w ustandaryzowanych powierzchniach, szczegółowe dane można znaleźć w danych katalogowych poszczególnych producentów. Parametry typowych kolektorów płaskich i próżniowych zestawiono odpowiednio w tabeli 6 i tabeli 7.

Tabela 6: Typowe powierzchnie fabryczne – kolektory płaskie

Typowy rozmiar modułu (dł. × szer.)	Powierzchnia brutto [m <sup>2</sup> ]	Pow. apertury [m <sup>2</sup> ]	Pow. absorbera [m <sup>2</sup> ]
2,0 × 1,0 m	2,00	1,85–1,90	1,80–1,90
2,1 × 1,1 m	2,30	2,10–2,20	2,05–2,15
2,0 × 1,2 m	2,40	2,20	2,10–2,20

Tabela 7: Typowe powierzchnie – kolektory próżniowe (rurowe)

Liczba rur	Powierzchnia brutto [m <sup>2</sup> ]	Pow. absorbera [m <sup>2</sup> ]	Uwaga
10	1,3–1,5	0,9–1,1	Rzadko stosowane
20	1,8–2,0	1,5–1,7	Standard
24	2,2–2,4	1,8–2,0	Popularne w zestawach
30	2,7–3,1	2,3–2,6	Do większych instalacji
40	3,6–4,0	3,0–3,4	Przemysłowe / hotelowe

Przy doborze liczby modułów należy brać pod uwagę powierzchnię absorbera. Powierzchnia brutto kolektora jest brana pod uwagę przy projektowaniu rozmieszczenia

kolektorów na dachu lub budowie stelaża. W tabeli 8 zestawiono przykłady najpopularniejszych kolektorów wraz z ich parametrami.

Tabela 8: Typowe powierzchnie – kolektory próżniowe (rurowe)

Producent	Model	Typ kolektora	Powierzchnia brutto [m <sup>2</sup> ]	Powierzchnia absorbera [m <sup>2</sup> ]
Galmet	KSG 21 Premium GT	Płaski	2,01	1,86
Kospel	PKE2 Premium	Płaski	2,02	1,83
Viessmann	Vitosol 200-F	Płaski	2,38	2,24
Buderus	SKT 1.0	Płaski	2,05	1,88
Termet	Solartec	Płaski	2,00	1,86
Hewalex	KS2000 TLP Am	Płaski	2,00	1,83
Watt WATT	Tube 20	Próżniowy (20 rur)	1,94	1,59
Apricus	ET-20	Próżniowy (20 rur)	1,88	1,44
Sunex	S18	Próżniowy (18 rur)	1,67	1,33
Viessmann	Vitosol 200-T	Próżniowy (24 rur)	2,28	1,92
Galmet	KSP 20	Próżniowy (20 rur)	1,92	1,60
Kospel	PVK 20	Próżniowy (20 rur)	1,94	1,60

Na podstawie tabeli 8 można określić ile modułów danego typu kolektora należy zastosować aby zapewnić wymaganą powierzchnię czynną.

płaski - kolektor Buderus, SKT 1.0 o powierzchni absorbera 1.88 m<sup>2</sup> ⇒ liczba =  $\frac{9.5}{1.88} = 5.05$  → 5 modułów, rzeczywista powierzchnia czynna 9.4 m<sup>2</sup>,

próżniowy - kolektor Apricus, ET-20 o powierzchni absorbera 1.44 m<sup>2</sup> ⇒ liczba =  $\frac{7.1}{1.144} = 4.95$  → 5 modułów, rzeczywista powierzchnia czynna 7.2 m<sup>2</sup>.

Ostatnim elementem dobieranym dla projektowanej instalacji z kolektorem jest zasobnik, będący jednocześnie wymiennikiem ciepła między medium przewodzącym ciepło

w obiegu z kolektorem a wodą użytkowa. Przyjmuje się że zasobnik powinien mieć pojemność zapewniającą od 1.2 do 2 litrów na 1 litr dziennego zapotrzebowania na wodę. W przypadku przykładowej instalacji będzie to przy dziennym zapotrzebowaniu wynoszącym 270 litrów na dzień będzie to między 324 a 540 litrów. W tabeli 9 zestawiono kilka przykładowych komercyjnie dostępnych zasobników .

Tabela 9: Zestawienie wybranych komercyjnych zasobników dla instalacji z kolektorem

Pojemność [l]	Producent	Model	Pow. dolnej wężownicy [m <sup>2</sup> ]
500	Galmet	SG(B) Tower Premium	2.5
500	Buderus	Logalux SM500	2.6
500	Kospel SB	Termo Solar 500	2.5
500	Hajdu	STA500C	2.7
750	Viessmann	Vitocell 300-B	3.0
800–1000	Stiebel Eltron	SBP E / SBP Premium	3.5–4.5

Z dostępnej rodziny zasobników należało by więc wybrać jeden z modeli 500 litrowych. Drugim parametrem dobieranym dla zasobnika aby poprawnie współpracował z instalacją kolektora jest powierzchnia wymiennika (wężownicy). Jest to parametr bezpośrednio powiązany z powierzchnią kolektorów, przyjmuje się że 1 m<sup>2</sup> powierzchni kolektora powinno odpowiadać powierzchni wymiennika między 0.25 a 0.30 m<sup>2</sup> dla kolektora płaskiego i między 0.3 a 0.4 m<sup>2</sup> dla kolektora próżniowego. Dla przykładowej instalacji w zależności od wybranego typu kolektora będzie to:

- kolektor płaski - między 2.37 a 2.85 m<sup>2</sup>,
- kolektor próżniowy - między 2.13 a 2.84 m<sup>2</sup>.

W przypadku przykładowej instalacji dobór powierzchni wymiennika na poziomie 2.5 m<sup>2</sup> będzie optymalny dla obu typów kolektorów. Wszystkie wymienione w tabeli 9 zasobniki o pojemności 500 litrów zapewniają także wymaganą powierzchnię wymiennika dolnego.



## Zadanie

Dla zadanej lokalizacji i podanych warunków technicznych zaprojektować instalację c.w.u z kolektorem słonecznym. Dokument projektowy przygotować zgodnie z wytycznymi i wymogami prowadzącego zajęcia.

## Literatura

[1] Instalacjebudowlane.pl,

<https://www.instalacjebudowlane.pl/7759-23-55-schemat-instalacji-solarnej.html>,

dostęp: 22 lipca 2025.

[2] E. Klugmann-Radziemska, Odnawialne źródła energii, przykłady obliczeniowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2023.

[3] Solargis,

<https://solargis.com/resources/free-maps-and-gis-data?locality=poland>, dostęp:

1 sierpnia 2025.

