

Analiza uwarunkowań energetycznych w rejonie Centralnego Portu Komunikacyjnego pod kątem budowy niskoemisyjnych systemów zaopatrzenia w energię

Analysis of energy conditions in the area of the Central Communication Port in terms of the construction of low-emission energy supply

BOGDAN ĆWIK, KATARZYNA ŚWIERSZCZ, OLGIERD NIEMYSKI, MONIKA SIEWCZYŃSKA, MICHAŁ PIOTROWSKI

DOI 10.36119/15.2025.4.3

W artykule podjęto problem analizy lokalnych uwarunkowań geologicznych, hydrogeologicznych, wietrznych i słonecznych w rejonie Centralnego Portu Komunikacyjnego (CPK). Zrealizowano to pod kątem efektywnego wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych do budowy w tym obszarze niskoemisyjnych i energooszczędnych systemów zaopatrzenia w energię infrastruktury budowlanej i transportowej. Stwierdzono, że przystępując do prac projektowo-koncepcyjnych nad CPK nie przeprowadzono pełnej analizy lokalnych zasobów energii odnawialnej (OZE) zawartej w gruncie, wodzie, powietrzu, jak również energii słonecznej, co wskazuje na lukę informacyjną w zakresie możliwości wykorzystania dostępnych zasobów energetycznych w tym projekcie. Stwierdzono, że w rejonie CPK najbardziej perspektywicznym źródłem energii jest energia geotermalna, zasoby której są na tyle duże, że mogą stać się ekologicznym i tanim źródłem energii, przeznaczoną nie tylko do ogrzewania pomieszczeń, ale również pasów startowych. Centralny Port Komunikacyjny ma szansę stać się symbolem nowoczesnego podejścia do energetyki. Dzięki inteligentnym systemom zarządzania energią, odnawialnym źródłom energii oraz dążeniu do neutralności klimatycznej, projekt ten może stać się wzorem dla przyszłych inicjatyw zrównoważonego rozwoju, efektywności energetycznej oraz ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: Centralny Port Komunikacyjny, energia geotermalna, efektywność energetyczna, neutralność klimatyczna

The article addresses the problem of analyzing local geological, hydrogeological, wind and solar conditions in the area of the Central Communication Port (CCP). This was done with the aim of effectively using local energy resources to build low-emission and energy-efficient energy supply systems for building and transport infrastructure in this area. It was found that when starting the design and conceptual work on the CCP, no full analysis of local renewable energy resources (RES) contained in the ground, water, air, as well as solar energy was carried out, which indicates an information gap in the scope of the possibilities of using available energy resources in this project. It was found that in the CCP area, the most promising source of energy is geothermal energy, the resources of which are so large that they can become an ecological and cheap source of thermal energy, intended not only for heating rooms but also runways. The Central Communication Port has the potential to become a symbol of a modern approach to energy. With intelligent energy management systems, renewable energy sources and the pursuit of climate neutrality, this project can become a model for future initiatives in sustainable development, energy efficiency and environmental protection.

Keywords: Central Communication Port, geothermal energy, energy efficiency, climate neutrality

Wprowadzenie

Rozwój infrastruktury transportowej w XXI wieku stoi przed wyzwaniem pogodzenia rosnących potrzeb mobilności

z koniecznością redukcji emisji gazów cieplarnianych. W dobie kryzysu klimatycznego i rosnącej presji na zrównoważony rozwój, istotnym kierunkiem badań i inwestycji stają się niskoemisyjne systemy

infrastruktury i systemy transportowe, które łączą efektywność z minimalnym wpływem na środowisko. Centralny Port Komunikacyjny (CPK), jako kluczowy projekt infrastrukturalny i transportowy w Polsce,

Dr hab. inż. Bogdan Ćwik, prof. WAT, <https://orcid.org/0000-0001-8774-9054>,

Dr Katarzyna Świerszcz, <https://orcid.org/0000-0002-1819-6705> – Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie

Dr inż. Olgierd Niemyski, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2678-1883> – Politechnika Warszawska

Dr inż. Monika Siewczyńska, <https://orcid.org/0000-0003-3481-6748> – Politechnika Poznańska

Dr inż. Michał Piotrowski, <https://orcid.org/0009-0002-6939-782X> – Politechnika Lubelska, Sieć Łukasiewicz.

Autor korespondencyjny/ Corresponding author: bogdan.cwik@wat.edu.pl

stanowi doskonałą platformę do implementacji takich rozwiązań.

Projekt CPK zakłada zastosowanie innowacyjnych, inteligentnych i niskoemisyjnych rozwiązań, które mogą uczynić go jednym z najnowocześniejszych węzłów infrastrukturalnych i transportowych w Europie, którego głównymi cechami będzie innowacyjność, inteligencja i niskoemisyjność. Do najbardziej innowacyjnych celów projektu należy zaliczyć koncepcję Air City – nowoczesnego miasta powiązane z portem lotniczym, które stanie się centrum biznesowym, usługowym i rekreacyjnym oraz dworzec kolejowy.

Realizując postawione cele CPK włączyło się także do wspólnego europejskiego przedsięwzięcia Rail4EARTH [7], które zakłada przeprowadzenie w latach 2024 – 2033 badań naukowych oraz prac badawczo rozwojowych związanych z budową nowoczesnych, inteligentnych i niskoemisyjnych systemów kolejowych, obejmujących zarówno infrastrukturę kolejową, tabor kolejowy, jak również systemy zarządzania kolejją.

25 września 2020 roku pomiędzy Centralnym Portem Komunikacyjnym (CPK) a Polską Grupą Energetyczną (PGE) zostało zawarte porozumienie dotyczące budowy elektrociepłowni wykorzystującej technologię trójgeneracji. Planowana elektrociepłownia ma mieć moc od 60 do 100 MW i będzie zasilana głównie gazem ziemnym, z dodatkowymi instalacjami odnawialnych źródeł energii, takimi jak panele fotowoltaiczne, czy magazyny energii. Wydaje się jednak, że przystępując do prac projektowo-koncepcyjnych nad CPK nie przeprowadzono pełnej analizy lokalnych zasobów energii odnawialnej (OZE) zawartej w gruncie, wodzie, powietrzu, jak również energii słonecznej, co wskazuje na lukę informacyjną w zakresie możliwości wykorzystania dostępnych zasobów energetycznych w tym projekcie. Szczególnie istotne wydaje się nieuwzględnianie energii geotermalnej. Stało się to podstawą do sformułowania problemu badawczego dla niniejszego opracowania i wyrażenia go w postaci następującego pytania: czy w rejonie CPK istnieją korzystne lokalne uwarunkowania energetyczne, które przy zintegrowanym podejściu do odnawialnych źródeł energii (OZE) mogłyby przyczynić się do zwiększenia niezależności energetycznej CPK, poprawy efektywności energetycznej oraz realizacji celów związanych z niskoemisyjnością.

Natomiast celem niniejszego opracowania jest ocena istniejących uwarunkowań geologicznych, hydrogeologicznych, wietrznych i słonecznych w rejonie CPK,

pod kątem efektywnego wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych do budowy w tym obszarze niskoemisyjnych i energooszczędnych systemów zaopatrzenia w energię infrastruktury budowlanej i transportowej.

Powyższe stało się podstawą sformułowania następującej hipotezy badawczej: Centralny Port Komunikacyjny (CPK) znajduje się w rejonie o umiarkowanym klimacie, o dość dobrym nasłonecznieniu. Jest to również rejon tzw. Niziny Polskiego, znanego jako Nizina Środkowoeuropejska, gdzie w czasie ostatniego zlodowacenia, lodowiec skandynawski wytworzył struktury geologiczne korzystne dla wykorzystania energii geotermalnej. Analiza lokalnych uwarunkowań energetycznych może wskazać na obiecujące możliwości, które mogą wspierać zrównoważony rozwój energetyczny CPK oraz zmniejszać jego zależność od paliw kopalnych.

Zastosowano metody badawcze: analiza dokumentów geologicznych, raportów środowiskowych, raportów branżowych, dokumentacji geologicznej oraz dokumentacji istniejących otworów geotermalnych w rejonie CPK.

Położenie Centralnego Portu Komunikacyjnego

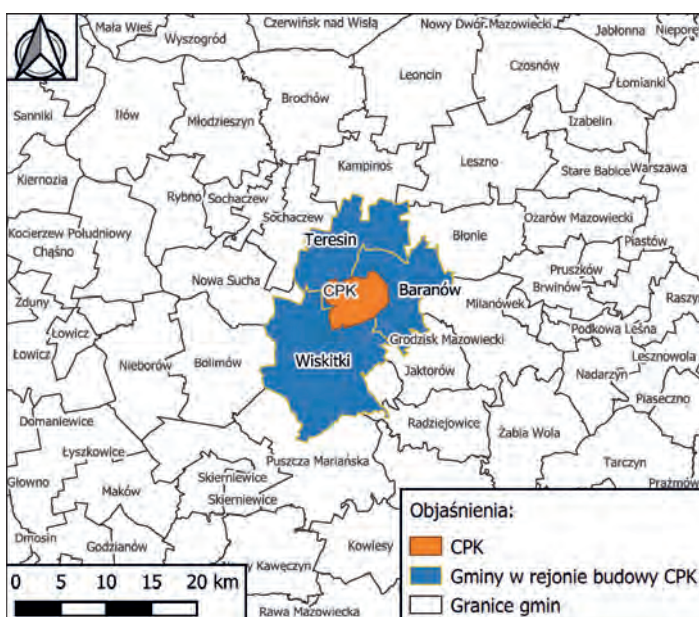
Centralny Port Komunikacyjny (CPK) znajduje się w centralnej Polsce, w rejonie Niziny Polskiego, między Warszawą a Łodzią. Dokładna lokalizacja to gmina Baranów, w województwie mazowieckim (rys. 1)¹. Położenie CPK jest strategiczne, ponieważ znajduje się w pobliżu głównych szlaków komunikacyjnych, co ut-

twia dostęp zarówno z różnych części Polski, jak i z zagranicy.

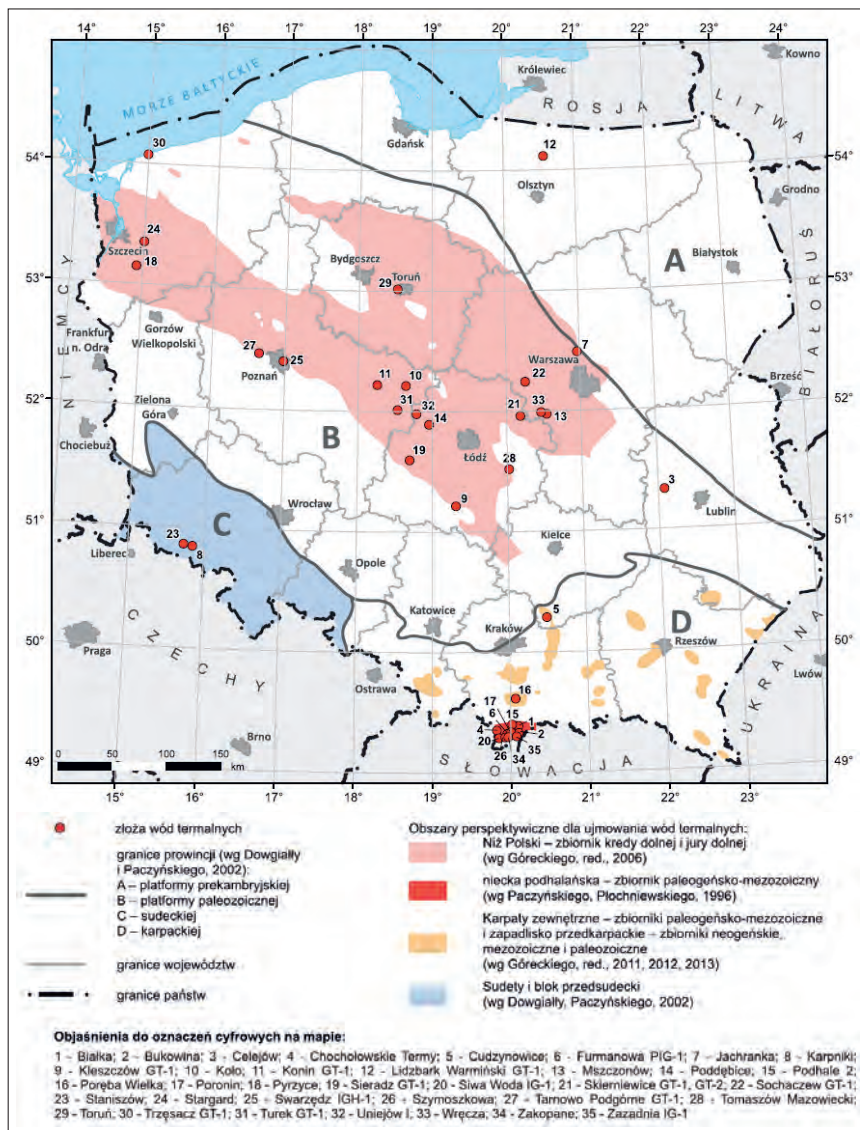
Centralny Port Komunikacyjny znajduje się również w obszarze perspektywicznym dla ujmowania wód termalnych [12, 13]. Schemat rozmieszczenia tych zasobów przedstawia rys. 2.

Rejon Centralnego Portu Komunikacyjnego położony jest w obrębie struktury zwanej tradycyjnie niecką warszawską. Według obecnie obowiązującej regionalizacji tektonicznej Polski [36] rejon ten położony jest w obrębie segmentu warszawskiego synklinorium kościerzyńsko-puławskiego, który ku południowemu zachodowi przechodzi w segment kujawski antyklinalorium śródpolskiego. Segment warszawski synklinorium kościerzyńsko-puławskiego jest strukturą asymetryczną, o skrzydle zachodnim stromym, z upadami wynoszącymi 5-10° i wschodnim łagodniejszym, przechodzącym stopniowo w prawie poziomo ułożone warstwy platformy. Powoduje to, że posuwając się z kierunku wschodniego na zachód mamy do czynienia z coraz to z większymi miąższościami osadów mezozoiku, które są dobrymi kolektorami dla wód termalnych. Rejon CPK położony jest na zachodnim skrzydle struktury, w niedalekiej odległości od jej osi, której przybliżony przebieg położony jest na linii Lipno-Wyszogród-Warka. Obszar ten jest stosunkowo dobrze rozpoznany wiertniczo, zarówno przez otwory archiwalne wykonywane w celach badawczych dla rozpoznania głębokiej budowy geologicznej obszaru Polski, czy poszukiwawczych za węglowodorami, jak i otwory hydrogeologiczne/złożowe, ujmuje warstwy wodonosne jury dolnej

Rys. 1. Położenie rejonu Centralnego Portu Komunikacyjnego. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]
Fig. 1. Location of the Central Communication Port area Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o



1 Szczegółowy wykaz działek w Obwieszczeniu Wojewody Mazowieckiego z dnia 14 stycznia 2025 w sprawie wydania decyzji lokalizacyjnej dot. CPK.



Rys. 2.

Obszary perspektywiczne dla ujmowania wód termalnych i istniejące instalacje geotermalne w Polsce. Źródło: Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2023 r. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2024, s. 504 Fig. 2. Perspective areas for thermal water collection and existing geothermal installations in Poland Source: Balance of mineral resources in Poland as of 31.12.2023. Polish Geological Institute, Warsaw 2024, p. 504

(Skierniewice GT-1 i Skierniewice GT-2) [22], czy kredy dolnej (Mszczonów IG-1 [19], Sochaczew GT-1 [20]).

Uwarunkowania energii wiatru, Słońca i wody w rejonie CPK

Energia wiatru

Uwarunkowania te analizowano na podstawie dokumentów elektronicznych i raportów Państwowego Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej oraz lokalnych raportów środowiskowych. Wykorzystanie energii wiatru jest możliwe dzięki turbinom wiatrowym, stanowiącym element elektrowni wiatrowych, w których

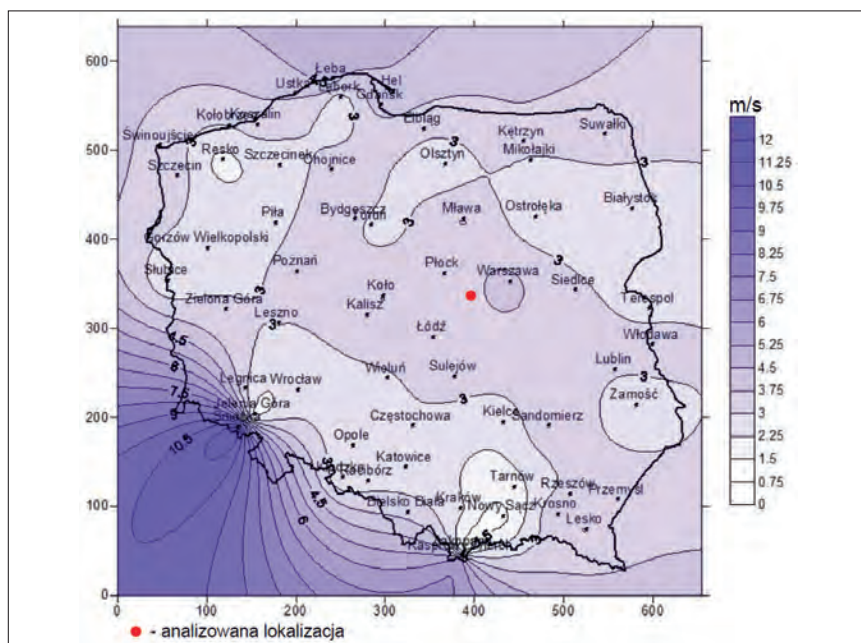
energia kinetyczna wiatru przetwarzana jest na energię mechaniczną lub elektryczną [2], [10], [11], [18], [24], [26]. Źródła informacji o zasobach energii wiatru oraz metody ich prognozowania zawarte są w pracy Bochenka i innych [4]. Dla potrzeb niniejszego opracowania, dla określenia potencjału energetyki wiatrowej w analizowanej lokalizacji przedstawiono ich położenie na tle mapy wietrzności Polski (rys. 3).

Z przeprowadzonych badań wynika, że rejon CPK charakteryzuje się umiarkowaną prędkością wiatru wynoszącą średnio 5-6 m/s na wysokości 100 m, co umożliwi wykorzystanie turbin wiatrowych o średniej i dużej mocy.

Jednak potencjał wykorzystania energii wiatru wydaje się ograniczony ze względu na wymagania bezpieczeństwa lotniczego (strefy podejścia samolotów). Przy czym turbiny wiatrowe mogą być lokalizowane na obszarach oddalonych od głównego kompleksu lotniska. Poza tym istnieje możliwość integracji z regionalnym systemem energetycznym poprzez farmy wiatrowe w pobliskich lokalizacjach.

Energia słoneczna w rejonie CPK

Kolejnym odnawialnym źródłem energii jest energia słoneczna. Bezpośrednie wykorzystanie energii Słońca obejmuje systemy wykorzystujące energię słoneczną do produkcji ciepła (systemy solarne, kolektory solarne) oraz systemy do produkcji energii elektrycznej (systemy fotowoltaiczne) [18], [25], [26].



Rys. 3.

Lokalizacja CPK na tle mapy rocznej wietrzności Polski [10]. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]

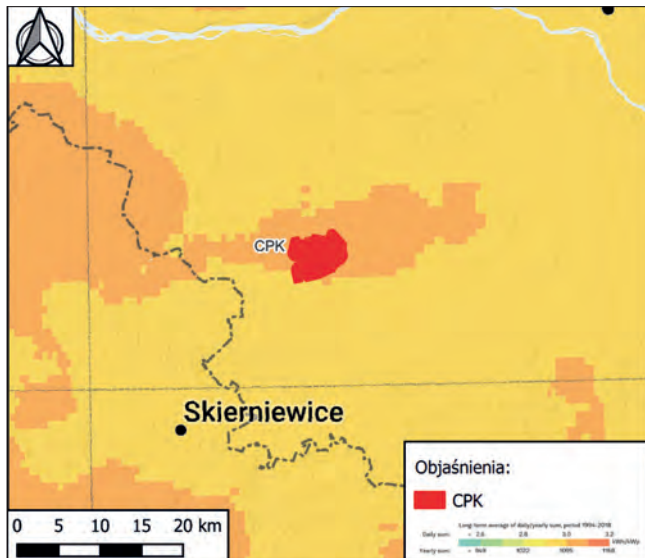
Fig. 3. CCP location against the background of the annual windiness map of Poland [10]. Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o

Ocenę potencjału energii słonecznej prowadzono na podstawie analizy dokumentów środowiskowych gmin w rejonie CPK, jak również dostępnych map nasłonecznienia. Z badań i analiz wynika, że rejon CPK charakteryzuje się umiarkowanym nasłonecznieniem wynoszącym średnio 1000-1100 kWh/m² rocznie (rys. 4),

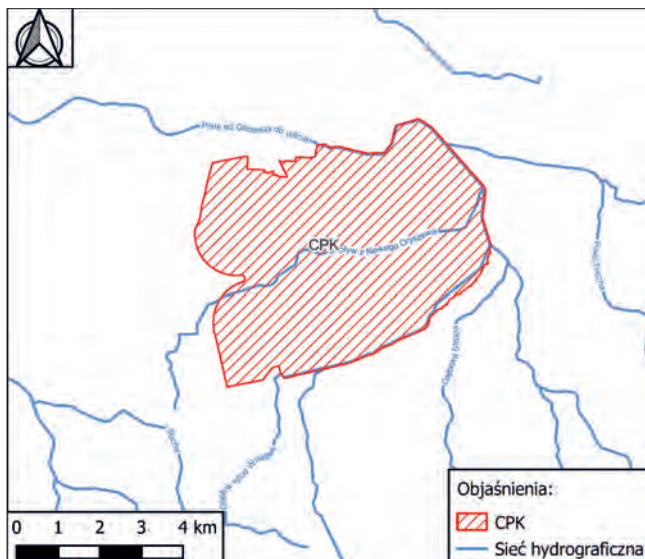
wierzchniowych (otwarte zbiorniki wodne, rzeki) i inne zbiorniki wody [8] oraz energię kinetyczną przemieszczających się mas wody [6], [11], [16].

Lokalizację CPK na tle sieci hydrograficznej przedstawia rys. 5. Natomiast zestawienie cieków wodnych w tym rejonie przedstawia tabela 1.

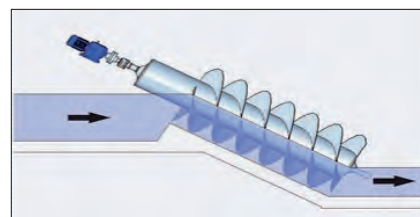
Z przeprowadzonych badań terenowych i analiz wynika, że w rejonie CPK można wyróżnić 3 cieki wodne, z czego dwa to potoki nizinne oraz jedna mała rzeka nizinna. Jedyna rzeka w tym rejonie, to Pisia Gągolina, która ma stosunkowo niewielkie przepływy, co ogranicza możliwości wykorzystania ich do produkcji energii hydroelektrycznej na dużą skalę. Rzeka w górnym biegu jest stosunkowo płytkim ciekim o charakterze naturalnym, zmiennej szerokości, miejscami meandrującym. Jej zlewnię budują głównie piaski i żwiry licznych stożków napływowych, tworzących równiny aluwialne z wykształconymi glebami lekkimi i łatwo przepuszczalnymi. Pisia Gągolina jest od dawna zagospodarowana przez człowieka, wzdłuż jej biegu zbudowane są liczne sztuczne spiętrzenia i towarzyszące im zbiorniki wodne. Ich podstawową funkcją było retencjonowanie wody w okresie zwiększonego przepływu oraz alimentowanie rzeki w okresie trwania niskich stanów. Do roku 1945 funkcjonowało w tym rejonie 8 sztucznych zbiorników wodnych (przy zespole parkowo dworskim w Grzmiącej, młynie w Grzymku, młynie we wsi Dobiegała, młynie we wsi Kukłówka, młynie we wsi Makówka, we wsi Budy-Grzybek, młynie w Marunie i przy młynie w Kołaczku). Rzeka ma umiarkowany potencjał do budowy małych zbiorników wodnych, o zastosowaniu jako zbiorniki ciepła, lub do budowy małych elektrowni wodnych. Posiada ona potencjał do niewielkiego spiętrzenia, gdzie można zastosować turbinę Archimedesesa (ślimakową) (rys. 6).



Rys. 4. Lokalizacja CPK na tle mapy efektywności instalacji fotowoltaicznych (KWh/KWp)². Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o. [7]
Fig. 4. CCP location against the background of the photovoltaic installation efficiency map (KWh/KWp). Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o.



Rys. 5. Lokalizacja CPK na tle sieci hydrograficznej. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o. [7]
Fig. 5. CCP location against the background of the hydrographic network. Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o.



Rys. 6. Schemat turbiny Archimedesesa (ślimakowej). Źródło: opracowanie własne
Fig. 6. Archimedes turbine (worm) diagram. Source: own study

co stwarza dobre warunki dla instalacji fotowoltaicznych (PV). Potencjał zastosowania, to duże powierzchnie dachowe terminali lotniczych, magazynów i obiektów komercyjnych, które mogą być wykorzystane pod instalacje PV [17]. Poza tym istnieje możliwość budowy farm fotowoltaicznych na niezagospodarowanych terenach wokół CPK. Przy odpowiednim zagospodarowaniu, energia słoneczna może dostarczyć znacznej części energii elektrycznej na potrzeby kompleksu.

Energia wodna

Energia zawarta w wodzie obejmuje ciepło, które można pozyskać z wód po-

Tabela 1. Cieki wodne w rejonie CPK
Table 1. Watercourses in the CCP area

Lp	Ciek wodny w rejonie CPK	
	Nazwa	Dopływ z Nowego Orszewo
1	Typ	Potok nizinny piaszczysty
	Nazwa	Pisia od Okrzeszy do ujścia
2	Typ	Rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta
	Nazwa	Dopływ spod Wiskitek
3	Typ	Potok nizinny piaszczysty
	Potencjał energetyki wodnej	Umiarkowany

Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o. [7]

Możliwe parametry małej turbiny wodnej w tym rejonie, wyznaczono na podstawie obliczeń własnych [1], [14], [23]:

- typ turbiny: śruba Archimedesesa w zbudowie samonośnej,
- moc elektryczna: 20-40 kW.
- średnica wirnika 2-3 m,
- przepływ instalowany turbiny: ok. 1,5-3 m³/s,
- spadek: 2 – 3 m,
- roczna produkcja: 100 – 200 MWh.

2 © 2020 The World Bank, Source: Global Solar Atlas 2.0, Solar resource data: Solargis

Reasumując, stwierdza się następujące warunki energii wodnej i potencjał jej zastosowania w rejonie CPK:

- warunki: w rejonie CPK brak jest dużych rzek o odpowiednim przepływie do efektywnego wykorzystania energii wodnej;
- potencjał zastosowania: ograniczony – możliwe jedynie małe instalacje hydroenergetyczne w pobliskich ciekach wodnych o lokalnym znaczeniu.

Zasoby energii geotermalnej w rejonie CPK

Wydaje się, że najbardziej perspektywiczne zasoby energii w rejonie CPK zawarte są w wnętrzu Ziemi. Syntetyczny profil geologiczny rejonu CPK przedstawiono w tabeli 2, natomiast przewidywane parametry geotermalne w tabeli 3.

Tabela 2. Syntetyczny profil geologiczny rejonu CPK
Table 2. Synthetic geological profile of the CCP region

Głębokość [m p.p.ł]	Stratygrafia	Opis litologiczny
0-80	czwartorzęd	gliny, piaski, żwirny, ility
80-260	paleogen i neogen	piaski, ility, margle
260-1300	kreda górna	wapienie, wapienie margliste, opoki
1300-1500	kreda dolna	piaskowce z glaukonitem, mułowce i iłowce
1500-2100	jura górna	wapienie, margle, mułowce i iłowce margliste
2100-2400	jura środkowa	piaskowce dolomityczne, mułowce i iłowce
2400-2800	jura dolna	piaskowce, iłowce, mułowce
>2800	trias górny	mułowce i iłowce

Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]

Tabela 3. Przewidywane parametry geotermalne w rejonie CPK
Table 3. Estimated geothermal parameters in the CCP area

Parametr	Jednostka	CPK – kreda dolna	CPK – jura dolna
Strefa głębokości warstw wodonośnych	[m p.p.m.]	1300-1500	2400-2800
Potencjalna wydajność eksploatacyjna	[m ³ /h]	120 m ³ /h	150 m ³ /h
Mineralizacja ogólna	[g/dm ³]	<1 g/dm ³	110 g/dm ³
Temperatura wody w złożu	[°C]	40°C	70°C
Potencjalna moc cieplna źródła geotermalnego	[MW]	2,79	8,71

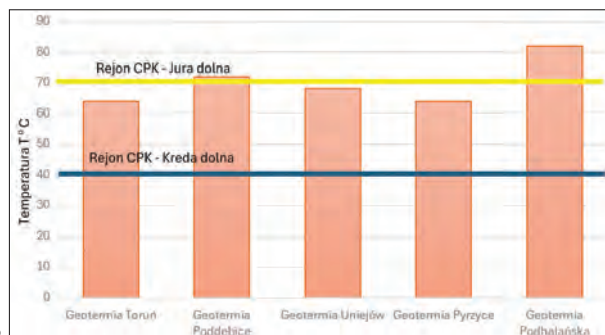
Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]

Jak widać, w rejonie CPK wodę termalną można znaleźć na dwóch poziomach, pierwszy na głębokości 1300 m – 1500 m, to bardzo czysta woda (poziom mineralizacji poniżej 1 g/dm³), o temperaturze ok. 40°C i wydajności ok 120 m³/h, która może służyć do ogrzewania infrastruktury dworca kolejowego, jak również infrastruktury Air City. Natomiast drugi na głębokości 2400 – 2800 m, to bardzo ciepła woda, o temperaturze ok. 70°C i wydajności ok. 150 m³/h, jednak jest to woda o dość dużym poziomie mineralizacji (ok. 110 g/dm³), którą również można wykorzystać, na przykład do podgrzewania powierzchni postojowych samolotów na lotnisku lub do podgrzewania pasa startowego.

Parametry wody w rejonie CPK wypadają korzystnie na tle istniejących już ciepłowni geotermalnych w kraju [26], [28]. Poniżej przedstawiono zestawienie tych parametrów dla najbardziej znanych ciepłowni geotermalnych: Geotermii Podhalańskiej oraz Przrzyc, a także trzech ciepłowni geotermalnych znajdujących się w pobliżu CPK: Uniejowie, Poddębicach

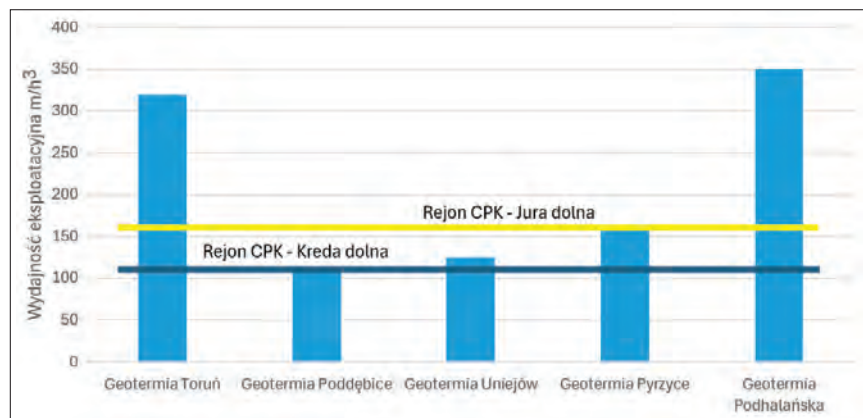
i Toruniu. Rys. 7 przedstawia porównanie wartości temperatury wody geotermalnej, gdzie widać, że na poziomie Jury dolnej, temperatura w rejonie CPK jest wyższa niż w Toruniu, Uniejowie i Przrzycach. Natomiast wydajność wody geotermalnej w rejonie CPK na poziomie Jury dolnej jest wyższa niż w Uniejowie, czy Poddębicach (rys. 8).

Rys. 7. Porównanie temperatury wody w ciepłowniach geotermalnych w Polsce. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]
Fig. 7. Comparison of water temperature in geothermal heating plants in Poland. Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o

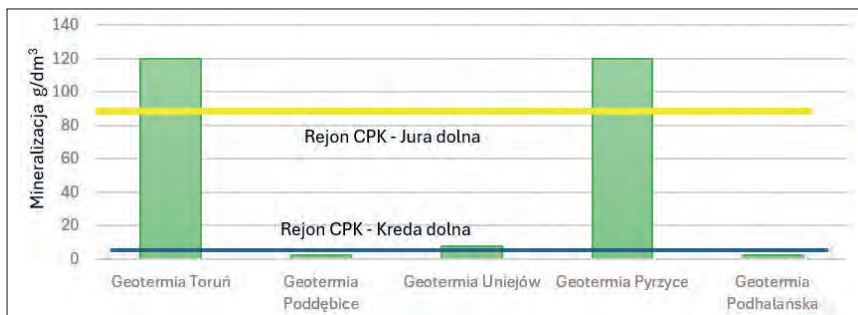


Korzystnie również przedstawia się poziom mineralizacji wody geotermalnej w rejonie CPK (rys. 9).

W budowie instalacji geotermalnych największy koszt to wiercenie otworu, zwłaszcza że każdemu otworowi eksploatacyjnemu, który dostarcza wodę geotermalną, powinien towarzyszyć drugi otwór tzw. zatłaczający, który odprowadza oziębioną wodę do Ziemi [27]. Z analizy ofert firm wiertniczych wynika, że wiercenie na głębokość od 1500 m do 3000 m, to koszt od 6500 – 9600 zł za metr [28]. Przy czym należy mieć na uwadze, że potencjalna moc cieplna pojedynczego źródła geotermalnego to ok 2-9 MW. Dla pokrycia zapotrzebowania na energię całego rejonu COP należałoby wywiercić około 10 otworów geotermalnych. Z tym, że wtedy należałoby wybudować nie jedną centralną ciepłownię lecz rozproszoną sieć małych ciepłowni



Rys. 8. Porównanie wydajności wody w ciepłowniach geotermalnych w Polsce. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]
Fig. 8. Comparison of water efficiency in geothermal heating plants in Poland. Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o



Rys. 9. Porównanie mineralizacji wody w ciepłowniach geotermalnych w Polsce. Źródło: opracowanie zespołu badawczego WAT wraz z firmą Multiconsult Polska Sp. z o.o [7]
 Fig. 9. Comparison of water mineralization in geothermal heating plants in Poland. Source: study by the WAT research team together with Multiconsult Polska Sp. z o.o

geotermalnych. Przegląd systematyczny publikacji dotyczących funkcjonowania tego typu systemów przedstawili Kassem i Moscarriello [21]. Koszty budowy ciepłowni geotermalnej mogą być wyższe na początku, ale długoterminowe korzyści, takie jak niższe koszty eksploatacji i mniejsze emisje gazów cieplarnianych, mogą sprawić, że inwestycja będzie bardziej opłacalna w dłuższej perspektywie [32].

Podgrzewanie pasów startowych

Unikalnym w skali kraju jak również w skali świata rozwiązaniem, mogłoby być wykorzystanie energii geotermalnej do ogrzewania miejsc postoju samolotów, a zwłaszcza pasa startowego. Podgrzewanie miejsc postojowych pojazdów, samolotów, jak również pojazdów obsługi może znacznie usprawnić, jak również obniżyć koszty ich obsługi i przygotowania do eksploatacji. Może być przydatne w przypadku silnych opadów śniegu, czy zamarzającego deszczu. Dla stanu płyt lotniskowych nie są istotne niskie temperatury, ale przejścia z temperatur dodatnich na ujemne i odwrotnie, które w warunkach klimatycznych Polski występują ok 100 – 150 razy w ciągu, gdzie wnikająca w mikropęknięcia zamarzająca woda, osłabia powierzchnię płyty lotniskowej.

Problem jest stosunkowo nowy i na świecie nie ma jeszcze kompleksowego rozwiązania w tym obszarze. Przy czym w literaturze naukowej opisane zostały już próby modelowania i badań eksperymentalnych podgrzewania pasów startowych [33]. Jak również podjęte zostały próby podgrzewania rzeczywistych obiektów infrastruktury lotnisk [17], [34]. Można też spotkać rzeczywiste geotermalne systemy topnienia lodu na powierzchniach lotniskowych [5]. Podejmowana jest również problematyka określenia efektywności i nowych rozwiązań w systemach rur podziemnych do ogrzewania elementów infrastruktury [4].

Wnioski

Centralny Port Komunikacyjny powinien być nie tylko symbolem inwestycji transpor-

towej, ale również symbolem nowoczesnego podejścia do energetyki. Dzięki inteligentnym systemom zarządzania energią, odnawialnym źródłom energii oraz dążeniu do neutralności klimatycznej, projekt ten może stać się wzorem dla przyszłych inicjatyw zrównoważonego rozwoju, efektywności energetycznej oraz ochrony środowiska.

W rejonie CPK najbardziej perspektywicznym źródłem energii jest energia geotermalna. Szacowane parametry wody geotermalnej są zbliżone do tych jakimi dysponują istniejące już w Polsce ciepłownie geotermalne. W badanym rejonie woda geotermalna występuje na dwóch poziomach, przy czym na poziomie 1300 – 1500 m, powinny występować duże ilości dość ciepłej wody, o niskiej mineralizacji, która właściwie bez dodatkowego przygotowania, mogłaby zostać zastosowana do celów grzewczych. Natomiast na poziomie 2400 – 2800 m, znajdują się znaczne ilości gorącej wody, ale o wysokiej mineralizacji. Powyższe korzystne warunki sprawiają, że w badanym rejonie można utworzyć rozproszoną sieć małych modułowych ciepłowni geotermalnych zasilających w ciepło poszczególne obiekty CPK oraz ponownie przemysłu system zaporzenia w ciepło rejonu CPK oraz plany dotyczące budowy elektrociepłowni, o mocy od 60 do 100 MW, wykorzystującej technologię trójgeneracji.

Istotny potencjał mają zasoby energii słonecznej, pozwalające na szerokie zastosowanie systemów fotowoltaicznych, które można zintegrować z infrastrukturą CPK, szczególnie na dużych powierzchniach dachowych i gruntach.

Energia wiatrowa może być uzupełniającym źródłem, przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z bezpieczeństwa lotniczego.

BIBLIOGRAFIA

[1] Basel I. I.: Renewable Hydropower Technologies. Rijeka: IntechOpen, 2017.
 [2] Burton T., Jenkins N., Bossanyi E., Sharpe D. & Graham, M.: Wind energy handbook (Third edition. ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc. 2021.
 [3] Bochenek B., Jurasz J., Jaczewski A., Stachura G., Sekula P., Strzyżewski T., Wdowikowski M.

& Figurski M.: Day-Ahead Wind Power Forecasting in Poland Based on Numerical Weather Prediction. *Energies*, 14(8), 2164, 2020. <https://doi.org/10.3390/en14082164>.
 [4] Chen Z., Li, J., Tang G., Zhang J., Zhang D. & Gao P.: High-efficiency heating and cooling-technology with embedded pipes in buildings and underground structures: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114209, 2024. [doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114209](https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114209).
 [5] Chi Z., Yiqiu T., Fengchen C., Qing Y. & Huining X.: Long-term thermal analysis of an airfield-runway snow-melting system utilizing heat-pipe technology. *Energy Conversion and Management*, 186, 473-486, 2019. [doi:https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.03.008](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.03.008).
 [6] Chiasson A.: Geothermal heat pump and heat engine systems: theory and practice. Chichester, England: ASME Press, 2016.
 [7] Ćwik B., Świercz K., Miłkow S., Jagusiak B., Bryczek-Wróbel P., Jacuch A. & Noga B.: Analysis of existing hydrogeological, wind and solar conditions in the area of the planned location of the 'low-carbon, intelligent and autonomous railway station – in the aspect of energy security. *Defence Sciences Review*(18), 1-154, 202). [doi:10.37055/pno/186075](https://doi.org/10.37055/pno/186075).
 [8] Dickson M. H. & Fanelli M.: Geothermal energy: utilization and technology. Abingdon, Oxon: Earthscan, 2005.
 [9] Dygulska A., Perłańska E.: Mapa wietrzności polski. Projekt Czysta Energia. Akademickie Centrum Czystej Energii, Słupsk, 2015.
 [10] Eiser J. R., Bostrom A., Burton I., Johnston D. M., McClure J., Paton D., White M. P.: Risk interpretation and action: A conceptual framework for responses to natural hazards. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 1, 5-16, 2012). [doi:10.1016/j.ijdr.2012.05.002](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2012.05.002).
 [11] Gałusza M., Guła A. & Paruch J.: Odnawialne i niekonwencjonalne źródła energii: poradnik. Kraków: „Tarbonus”, 2008.
 [12] Górecki W.: Wody geotermalne na Niżu Polskim. *Przegląd Geologiczny*, 58(7), 2010.
 [13] Górecki W., Mayer W., Strzeliński W. & Krach J. (Cartographer): Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim, 2006.
 [14] Gulliver J. S. & Arndt R. E. A.: *Hydropower Engineering Handbook*: McGraw-Hill, 1991.
 [15] Gupta R. S.: *Hydrology and hydraulic systems*. Long Grove, IL: Waveland Press Inc, 2001.
 [16] Heymsfield E., Daniels J. W., Saunders R. F. & Kuss M. L.: Developing anti-icing airfield runways using surface embedded heat wires and renewable energy. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101712, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101712>.
 [17] Janowicz W., Mika H., Woźniak A., Pomorski M.: Wpływ warunków atmosferycznych na pracę modułów fotowoltaicznych, *Instal 3/23*, DOI 10.36119/15.2023.3.2
 [18] Jastrzębska M. & Piotrowicz B.: Produkcja energii cieplnej w pompach ciepła z sondą gruntową zamontowaną w fundamentach pośrednich obiektów budowlanych, w szczególności instalacji opartych o odnawialne źródła energii, *CrativeTime*, Kraków, 2015, s. 158-166.
 [19] Kapuściński J., Wagner J., Renowski M., Noga B.: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych z utworów kredy dolnej ujętych otworem Wręcza GT-1 w miejscowości Wręcza. gmina Mszczonów. HPC Polgeol S.A., Warszawa. Niepublikowane. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*. Warszawa, 2019, Nr inw. 3303/2019.
 [20] Kapuściński J., Wagner J., Renowski M., Noga B.: Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych z utworów kredy dolnej ujętych otworem Sochaczew GT-1. HPC Polgeol S.A., Warszawa. Niepublikowane. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*. Warszawa, Nr inw. 5657/2019.

- [21] Kassem M.A., A.Moscariello A.: Advancing sustainable energy: a systematic review of geothermal-powered district heating and cooling networks". International Journal of Sustainable Energy 2024, Vol. 43, No. 1. <https://doi.org/10.1080/14786451.2024.2417436>.
- [22] Kępińska B. & Pawlikowski M.: Charakterystyka mineralogiczno-petrograficzna, parametry hydrogeologiczne skał zbiornikowych – otwory Skierniewice GT-1 i Skierniewice GT-2. [W:] B. Kępińska red. nauk. i in., Wytyczne projektowe poprawy chłonności skał zbiornikowych w związku z załaczaniem wód termalnych w polskich zakładach geotermalnych. Wyd. EJB, Ministerstwo Środowiska, Kraków, 2011. s. 177-183.
- [23] Leyland B.: Small hydroelectric engineering practice (1st edition ed.). Leiden, Netherlands: CRC Press/Balkema, 2014.
- [24] Manwell J. F., McGowan J. G. & Rogers, A. L.: Wind energy explained : theory, design and application (2nd ed.). Chichester: John Wiley & Sons, 2009.
- [25] Myers D.: Solar radiation : practical modeling for renewable energy applications (1st edition ed.). Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2013.
- [26] Noga B.: Aspekty techniczne, geologiczne i formalno-prawne pozyskiwania wód termalnych. Instal 2/2023; DOI 10.36119/15.2023.2.3
- [27] Noga B.: Analiza wpływu wiercenia otworów geotermalnych na wody podziemne na przykładzie rejonu Łodzi. Instal 9/2023; DOI 10.36119/15.2023.9.4
- [28] Noga B.: Przegląd konstrukcji dubletów otworów geotermalnych wykonanych na terenie Polski. Instal 12/2023; DOI 10.36119/15.2023.12.1
- [29] Noga B.: Koszt wykonania otworu geotermalnego na terenie Polski, Instal, 1/24. s. 15-19, DOI 10.36119/15.2024.1.1
- [30] Sukhatme, S. P. & Nayak J. K.: Solar Energy: Principles of Thermal Collection and Storage. New Delhi: McGraw-Hill Education Publishing Company, 2009.
- [31] Świerszcz K.: Znaczenie geotermii w strategii bezpieczeństwa energetycznego na przykładzie poszczególnych regionów Polski, w: Dylematy współczesnej obronności i bezpieczeństwa państwa. Aspekty ekonomiczno-społeczne, red. K. Stańczyk, R. Chyrzyński, Adam Marszałek, Toruń, 2018, s. 115-139.
- [32] Świerszcz K., Ćwik B.: Energy Security in Terms of Geothermal Resources in Selected Regions of Poland, Scientific Research, Bulgaria, 2017. vol. 15, 2017, p. 1-6.
- [33] Yiqiu T., Chi Z., Huijie L., Hao S. & Huining X.: Experimental and numerical analysis of the critical heating strategy for hydronic heated snow melting airfield runway. Applied Thermal Engineering, 178, 115508. 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115508>.
- [34] Zhang C., Shi H., Xie Y., Li S., Liu J., Tan Y. & Xu H.: Analysis of temperature stress and critical heating temperature for hydronic airport pavement. Renewable Energy, 229, 120711, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120711>.
- [35] Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczytko N., Ślącza A., Żaba J., Żyto K.: Regionalizacja Tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN. Wrocław, 2011.

Artykuł został sfinansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Projekty międzynarodowe współfinansowane. Projekt „Budowa modułowego niskoemisyjnego dworca”.

