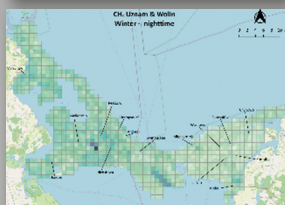
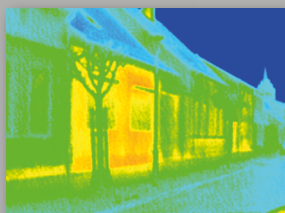




Wyspy Uznam i Wolin

– lokalne uwarunkowania globalnej transformacji

pod redakcją Karoliny Kurtz-Oreckiej,
Wojciecha Tuchowskiego, Jacka Przepiórskiego



Szczecin 2022



Wyspy Uznam i Wolin

– lokalne uwarunkowania globalnej transformacji

pod redakcją Karoliny Kurtz-Oreckiej,
Wojciecha Tuchowskiego, Jacka Przepiórskiego

Szczecin 2022

Recenzenci

dr hab. inż. Abdrahman Alsabry, prof. UZ

dr hab. inż. Norbert Chamier-Gliszczyński, prof. PK

Opracowanie redakcyjne

Wojciech Markowski

Projekt okładki

Karolina Kurtz-Orecka

Okładka

Zjecie termowizyjne z miejscowości Usedom (K. Kurtz-Orecka); mapa stężenia CH₄ Uznam & Wolin, Winter – night time (K. Glińska-Lewczuk, P. Burandt, A. Skwierawski); wizualizacja parkingu solarnego (Najda Consulting sp. z o.o.); pocztówka – litografia wielob., Wyd. Art. Julius Simones z Oldenburga, poz. 9005, data korespond. i stempla pocztowego 14–15.09.1914, oryginał z kolekcji W. Skwarczyńskiego, copyright by UNIVERS; wizualizacja oświetlenia placu Wolności w Świnoujściu, Studio DL sp. z o.o.

Praca powstała w ramach realizacji projektu INT190 MoRE *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin* (2020–2022), dofinansowanego ze środków Europejskiego Funduszy Rozwoju Regionalnego (EFRR), Program Współpracy Interreg V A Mecklenburgia-Pomorze Przednie/Brandenburgia/Polska.



Praca zrealizowana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2021–2022; umowa nr 5195/INTERREG V A MV/BB/PL/2021/2.

Wydano za zgodą

Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

ISBN 978-83-7663-349-7

Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie

al. Piastów 48, 70-311 Szczecin, tel. 91 449 47 60, e-mail: wydawnictwo@zut.edu.pl

Druk: ZAPOL Sobczyk sp.k., al. Piastów 42, 71-062 Szczecin

Spis treści

Wstęp	5
Część I. Zagadnienia historyczno-przestrzenne oraz społeczno-kulturowe	
Wyspy Uznam i Wolin – zagadnienia historyczno-przestrzenne	11
Obszar transgraniczny jako przestrzeń społeczno-kulturowa	23
Część II. Uwarunkowania prawne transformacji energetycznej	
Transformacja energetyczna – europejskie uwarunkowania prawne	41
Transformacja energetyczna w przepisach prawa niemieckiego	51
Transformacja energetyczna w przepisach prawa polskiego	66
Problematyka odnawialnych źródeł energii w planowaniu przestrzennym na przykładzie wybranych gmin nadmorskich województwa zachodniopomorskiego	77
Część III. Portret energetyczny wysp Uznam i Wolin	
Budowa geologiczna i hydrogeologiczna wysp Uznam i Wolin	99
Jakość termiczna istniejącej zabudowy na obszarze wysp Uznam i Wolin – badania termowizyjne	109
Czasowo-przestrzenne uwarunkowania zmienności stężeń CO ₂ i CH ₄ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin	141
Czasowo-przestrzenna zmienności stężeń cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin	162
Charakterystyka fizykochemiczna wód powierzchniowych wysp Wolin i Uznam	181
Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby ogrzewnictwa i chłodnictwa na wyspach Uznam i Wolin	199
Świnoujście – masterplan oświetlenia	238
Koncepcja transformacji energetycznej w zakresie ograniczenia zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe na przykładzie miasta Międzyzdroje	252

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe w miejscowościach turystycznych na przykładzie miasta Międzyzdroje – koncepcja projektowa parkingów buforowych	272
Elektromobilność w rejonie wysp Uznam i Wolin.....	286
Koncepcja podnoszenia poziomu samowystarczalności energetycznej na przykładzie wysp Uznam i Wolin	301
 Część IV. Przykłady dobrych praktyk w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii	
Pompy ciepła w praktyce	315
Przegląd dobrych praktyk w zakresie wdrażania OZE.....	324
Autorzy.....	337
Spis tabel.....	347
Spis rycin	349

Wstęp

Dążenie do neutralności klimatycznej to jedno z obecnie najważniejszych wyzwań stojących przed ludzkością, niezależnie od uwarunkowań geopolitycznych i lokalizacji. Kluczowa w tym procesie transformacja energetyczna wymaga wytyczenia nie tylko ogólnych ram niezbędnych do podjęcia działań, ale przede wszystkim także szczegółowej identyfikacji kontekstu lokalnego. Regiony specyficzne np. ze względu na położenie geograficzne lub znajdujące się pod jurysdykcją różnych systemów prawnych podlegają szczególnym uwarunkowaniom i wymagają niejednokrotnie indywidualnego podejścia do procesu dekarbonizacji oraz ścisłej współpracy interesariuszy reprezentujących wszystkie środowiska społeczne i gospodarcze. Do takich obszarów należy archipelag ok. 40 wysp polsko-niemieckiego pogranicza.

Główne wyspy archipelagu – Uznam (o powierzchni 445 km²) oraz Wolin (o powierzchni 265 km²) – od zawsze były ściśle ze sobą związane. Należą do obszaru Pomorza, rozciągającego się wzdłuż południowego brzegu Morza Bałtyckiego od wyspy Rugia (Niemcy) na zachodzie po półwysep Hel (Polska) na wschodzie. Główny trzon wysp stanowią wzgórza moreny czołowej i dennej, powstałe ok. 12–15 tys. lat temu. Do osadów morenowych w wyniku działalności fal morskich dobudowane zostały osady mierzejowe, tworząc wały brzegowe, na których rozwinęły się obszary wydmowe. Od strony Zalewu Szczecińskiego rozwijały się obszary delty wstecznej. Procesy te ukształtowały zróżnicowaną, specyficzną rzeźbę terenu z charakterystycznym dla wysp kontrastem, jaki wywołuje zestawienie niskiego i płaskiego obszaru mierzejowo-deltowego półwyspów oraz wzniesień wzgórz morenowych.

Wyspa Uznam jest silnie rozczłonkowana, z licznymi półwyspami, w tym: Usedom, Wolgaster Ort, Gnitz, Lieper Winkel czy Cosim. Od stałego lądu oddziela ją cieśnina Piana, a od wyspy Wolin – cieśnina Świna. Pod koniec XIX w., wskutek realizacji prac hydrotechnicznych związanych z budową nowego toru wodnego (Kanał Cesarski, obecnie Kanał Piastowski), udrożniono wodne połączenie Zalewu Szczecińskiego z Zatoką Pomorską, wydzielając tym samym z wyspy Uznam jej

południowo-wschodni fragment, tworzący obecnie wyspę Karsibór. Morska strona wyspy Uznam charakteryzuje się stosunkowo łagodnym wybrzeżem, opadającym w kierunku morza. Na północnym wschodzie wybrzeże jest płaskie, od miejscowości Koserow górują zaś strome wzgórza morenowe z najwyższym wzniesieniem w tym paśmie – Streckelsberg. Północno-zachodnia część wyspy jest w dużej mierze płaska, natomiast południowo-wschodnia charakteryzuje się łagodnie pofałdowanymi wzgórzami Usedomer Schweiz. Najwyższe wzniesienia na wyspie Uznam to: wzgórze Golm (69 m n.p.m.), Kückelsberg (58,3 m n.p.m.), Streckelsberg (58 m n.p.m.), Zirowberg (56 m n.p.m.) i Lange Berg (54 m n.p.m.).

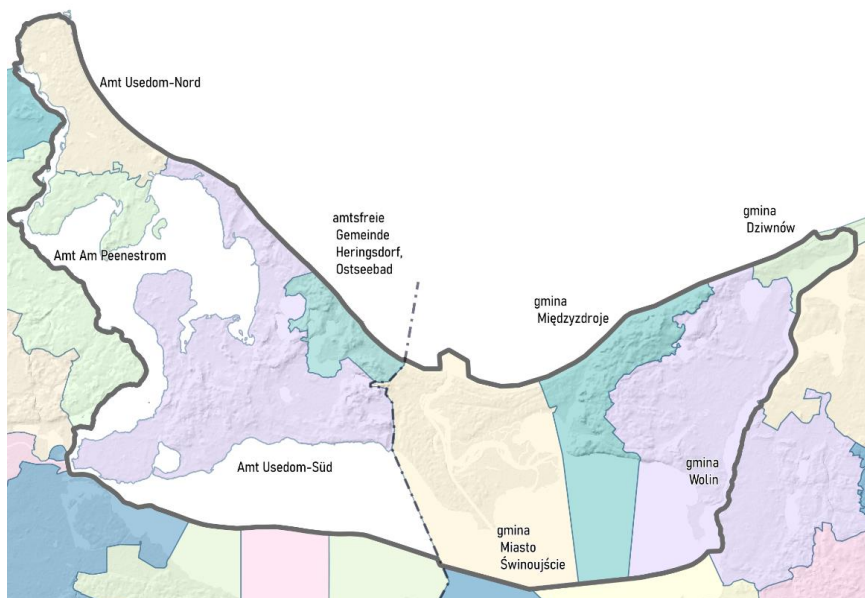
W części wschodniej wyspy są dwa duże jeziora: Schmollensee i Gothensee, a pomiędzy nimi jeziora Rakowo Duże i Rakowo Małe. Dalej w kierunku południowym, pośrodku rozległego niskiego wrzosowiska Thurbruch, znajduje się jezioro Kachliner See. Na wschód od Gothensee zlokalizowane jest kolejne jezioro – Wolgastsee. Inne, mniejsze jeziora wyspy Uznam, to: Schloonsee w Bansin, Wockninsee niedaleko Ückeritz i Kölpinsee w dzielnicy Loddin o tej samej nazwie. Najwyższy punkt wyspy leży pomiędzy miejscowościami Koserow i Zemplin i mierzy ok. 300 m.

W odróżnieniu od wyspy Uznam wyspa Wolin jest znacznie bardziej zwarta i swym kształtem przypomina trójkąt z trzema charakterystycznymi półwyspami: Półwyspem Przytorskim, Półwyspem Międzywodzkim oraz półwyspem Rów. Od stałego lądu oddzielona jest cieśniną Dziwną i Zalewem Szczecińskim. Rzeźba terenu wyspy ukształtowana jest przez wzgórza morenowe, których najwyższym wzniesieniem jest Grzywacz (116 m n.p.m.). Od strony morza morena urywa się klifem, ciągnącym się na przestrzeni 15 km, od Międzyzdrojów do Świętej Kępy. Klif ten jest ustawicznie niszczonego wskutek działania fal, wiatru i spływających wód opadowych. Wzgórza morenowe łagodnie opadają w kierunku wschodnim i południowo-wschodnim. W środkowej części wyspy znajduje się Pojezierze Wolińskie z jeziorami śródlądowymi – Warnowo Zachodnie i Warnowo Wschodnie, Czajcze, Żółwińskie, Wiśetka, Kołczewo oraz największym w północno-wschodniej części wyspy – jeziorem Koprowo. W części wschodniej obecne są dodatkowe dwa jeziora strefy brzegowej wyspy, stanowiące dawną zatokę północną Zalewu Szczecińskiego – Wicko Wielkie i Wicko Małe. Na terenie wyspy wydzielono mikroregiony charakteryzujące się swoistymi cechami krajobrazu: Bramę Świny, Pasma Wolińskie, Pagórki Lubińsko-Wolińskie, Pojezierze Wolińskie, Równinę Dargobądzką, Mokrzyckie Góry, Obniżenie Kodrąbskie, półwysep Rów.

Kraina wysp Uznam i Wolin charakteryzuje się różnorodnością etniczną wynikającą z naprzemiennego przenikania się na przestrzeni wieków wpływów Cesarstwa

Niemieckiego, Królestwa Szwecji, Danii oraz wpływów słowiańskich. Jest to obszar zróżnicowany morfologicznie, ceniony pod względem klimatycznym i przyrodniczym, z licznymi terenami objętymi ochroną środowiskową. Walory te oraz położenie, z jednej strony nad brzegiem Zatoki Pomorskiej, z drugiej – nad wodami Zalewu Szczecińskiego, powodują, że region ten od dawna jest wykorzystywany jako teren rekreacyjny i uzdrowiskowy. Wspólną dla obszaru wysp jest również konieczność zmierzania się z procesem transformacji energetycznej.

W ujęciu administracyjnym teren wysp Uznam i Wolin znajduje się na polsko-niemieckim pograniczu. Przeważająca część wyspy Uznam zlokalizowana jest po stronie niemieckiej, po stronie polskiej – pozostała część wyspy Uznam i cała wyspa Wolin. Teren po stronie niemieckiej podzielony jest na cztery jednostki administracyjne: Amt Usedom-Nord, Heringsdorf, Amt Am Peenestrom i Amt Usedom-Süd, przy czym Amt Am Peenestrom obejmuje nie tylko teren wyspy Uznam, ale również przeważającą powierzchnię część kontynentalną (ryc. 1). Po stronie polskiej teren wysp Uznam i Wolin podzielony jest pomiędzy dwie główne jednostki administracyjne – powiat świnoujski (gmina miasto Świnoujście na prawach powiatu) oraz powiat kamieński, w skład którego na przedmiotowym terenie wchodzi trzy gminy: Międzyzdroje, Wolin i Dziwnów. Łącznie obszar projektu po stronie polskiej obejmuje cztery gminy, z czego dwie – gmina Wolin i gmina Dziwnów podzielone są pomiędzy wyspę Wolin i część kontynentalną (ryc. 1).



Ryc. 1. Podział administracyjny wysp obszaru MoRE, opracowanie: RBGPWZ

Niniejsza monografia powstała w wyniku realizacji projektu INT190 MoRE *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin*, realizowanego w ramach Programu Współpracy Interreg V A Meklemburgia-Pomorze Przednie/Brandenburgia/Polska.

Celem projektu MoRE było zintensyfikowanie działań na rzecz transformacji zmierzającej do osiągnięcia neutralności energetycznej na terenie wyspiarskiego pogranicza polsko-niemieckiego (wysp Uznam i Wolin) w wyznaczonym przez UE wspólnym horyzoncie do 2050 r. Podjęte działania miały na celu analizę potencjału, ograniczeń i możliwości poprawy efektywności energetycznej na terenie wysp Uznam i Wolin oraz wypierania z miksu energetycznego energii ze źródeł konwencjonalnych przez energię pochodzącą z odnawialnych oraz zrównoważonych środowiskowo alternatywnych źródeł.

Monografia wysp Uznam i Wolin stanowi interdyscyplinarny zbiór wyników badań podjętych przez partnerów projektu INT190 MoRE *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin* oraz badaczy i instytucje współpracujące. Wspólnym mianownikiem przedstawionych prac jest nie tylko przedmiot badań, ale przede wszystkim próba określenia lokalnego kontekstu oraz możliwych do podjęcia kierunków procesu transformacji energetycznej obszaru MoRE.

CZĘŚĆ I

Zagadnienia

**historyczno-przestrzenne
oraz społeczno-kulturowe**

Wyspy Uznam i Wolin – zagadnienia historyczno-przestrzenne

Alicja Biranowska-Kurtz

Szczecin

Spacerując nadbałtyckimi plażami, podziwiamy nie tylko bezkresną przestrzeń morza z jego barwami zależnymi od pory roku i czasu, ale również inne elementy składające się na topografię, przestrzeń, krajobraz, również krajobraz kulturowy. Te i inne elementy są wypadkową wielu przedsięwzięć, nie tylko wynikiem działalności i życia ludzi, ale również wielu przyczyn naturalnych, kształtujących ten teren od zarania historii [1]. Rzeźba terenu, brzeg morski i plaże uwarunkowane były także pierwotnymi ruchami tektonicznymi, różnymi dla każdego odcinka nadmorskiego brzegu. Ruchy przybrzeżnych fal morskich, zawirowań wodnych, pływów czy cofek często zabierały z jednego miejsca piasek lub fragmenty brzegu, odkładając je lub przenosząc na inne obszary. W ten sposób linia brzegu była płynna, ulegała zmianie lub korekcie samej natury, ale jednocześnie na tyle stabilna przestrzennie, że stawała się wykładnikiem rozpoznawalnym (czytelny) w rozległym terenie. Linia morza była ważna od zawsze, a w nadbrzeżnych partiach stawała się miejscem orientacyjnym dla osadzenia pierwotnych traktów. Wykorzystywała dogodne miejsca dla ich prowadzenia w rozległych przestrzeniach pierwotnych puszczy, nadmorskich lasów oraz mocno rozrzeźbionych i zabagnionych terenach (obszarach) wyspiarskich.

Taką nadmorską drogą łączącą kołobrzesckie warzelnie soli z innymi częściami Europy był trakt solny, biegnący brzegiem morza na zachód, aż do Wołogoszczy (Wolgast). Wykorzystywał linię brzegu, prowadząc północnymi obrzeżami wysp Wolin i Uznam, poprzez przeprawy brodowe przy Dziwniej, Świnie (przy późniejszym Świnoujściu) i Pianie w Wołogoszczy. Trakt solny wiódł z Kołobrzegu przez Trzebiatów, Kamień Pomorski, Międzyzdroje do świnoujskich mielizn i dalej na zachód przez Ahlbeck, Heringsdorf, Bansin, Ückeritz, Kölpinsee, Koserow, Zempin, Zinnowitz. W Wołogoszczy rozchodził się w różne miejsca Europy. W okresie nowożytnym wymienione miejscowości nadmorskie wyspy Uznam połączyła linia kolejowa relacji Świnoujście–Wołogoszcz [2, 3].

Inny ważny trakt lądowy dla wysp brał początek przy zachodnim brzegu świnoujskiego brodu, prowadząc południowymi brzegami wyspy Uznam, przez

Garz, Zirchow, Dargen, Usedom i dalej na łód stały, gdzie rozgałęział się na północy zachód do Anklam, a na południowy wschód do Pasewalku. Niektóre odcinki tego traktu pokrywały się z nieistniejącą od 1945 r. linią kolejową¹ [4, 5]. Pozwalała ona na dojazd do funkcjonującego lotniska, zlokalizowanego pomiędzy Zirchow, Karswandt a Ahlbeckiem, powyżej jeziora Wolgastsee [6, 7]. W największym miejscu, gdzie nurt Piany osiąga zaledwie pół kilometra (w Karnin), pomiędzy Zalewem Szczecińskim a Zalewem Piany, wzniesiono podnoszony most kolejowy, pozwalający kiedyś na prowadzenie bezkolizyjnej żeglugi. Do dzisiaj stoją jego pozostałości [8]. Bezpośrednio przy granicy państwowej, na południowy zachód od jeziora Wolgastsee, rozległy teren (mocno zróżnicowany wysokościowo) wykorzystano do organizacji cmentarza wojskowego żołnierzy poległych w II wojnie światowej. Historycznie był szczególnie ulubionym miejscem licznych spacerów odbywanych przez świnoujskich kuracjuszy, a z najwyższej położonego jego miejsca – góry Golm, rozciągały się najwspanialsze widoki i panoramy Świnoujścia, co znalazło odbicie w licznych obrazach i rycinach [9].

Oprócz posiadania walorów czysto topograficzno-handlowych i strategicznych trakty przyczyniły się również do rozwoju osadnictwa, początkowo grodów, z biegiem czasu przekształconych w osady, wsie lub miasta. Nie wszystkie pierwotne miejsca osadnicze podniesiono do rangi większych zespołów. Większość z nich przez lata pozostawała niewielkimi punktami na mapie Pomorza czy osadami, czasami wzbogaconymi o komorę celną, kuźnię lub zajazd. Inne miejsca skupiały po kilka rybackich chat zbudowanych na wysokim nadmorskim brzegu lub ze względów topograficznych (bezpieczeństwa) zlokalizowanych w odległości od niego w głębi łądu. Niektóre pełniły ważne funkcje militarne. Do takich należały Dziwnoujście, West Swine (późniejsze Świnoujście) i Wołogoszcz, które od najdawniejszych czasów nadzorowały i kontrolowały przeprawy brodowe i wody rzek (Dziwny, Świny oraz Piany) [10], wykorzystywane głównie do żeglugi i transportu wodnego. Dodatkowo komunikowały one południowe tereny Pomorza, Wielkopolski, Śląska oraz regionu łżyckiego z Bałtykiem.

Przejęcie administracyjne Pomorza przez Szwedów (od 1648 r.) wywołało znaczące reperkusje przestrzenne. Wysokie cła przewozowe na Pianie doprowadziły do przekopania systemu kanałów łączących wody rzeki Odry (na wysokości

¹ Koncesję na budowę linii Ducherow–Świnoujście uzyskało Berlińskie Towarzystwo Kolejowe w grudniu 1872 r. W 1873 r. rozpoczęto roboty przy przeprawie kolejowej przez Pianę pomiędzy Kamp i Karnin; oddano ją do użytku w maju 1876 r. W maju 1930 r. uruchomiono most w Zicherin.

Frankfurtu n. Odrą) z rzeką Sprewą i dalej z Morzem Północnym. Innym skutkiem przestrzennym były regulacja i udrożnienie Świny, dokonane już po wycofaniu się Szwedów z części Pomorza². Wówczas doceniono walory ujścia Świny [10–12], wykorzystując i umacniając to miejsce rozbudowanymi fortyfikacjami nowożytnymi [12–14]. Przystosowanie Świny do żeglugi stało się nadrzędnym zadaniem do spełnienia, od osiągnięcia bowiem pozytywnych wyników hydrograficzno-hydrologicznych uzależnione zostały inne działania przestrzenne [15].

Do pierwszych lat XIX w. nadmorskie brzegi Bałtyku nie należały do miejsc szczególnie atrakcyjnych. Głównie wykorzystywano je do miejscowego rybaczenia, czasami do spacerów i zbierania okazów flory morskiej. Zdarzało się, że u ich brzegów toczono utarczki i zbrojne bitwy, a tereny porośnięte oczeretami i roślinnością wodną stawały się kryjówkami różnych pływających jednostek. Po wojnach napoleońskich (po 1815 r.) zmieniła się sytuacja polityczna, a wiele miejscowości podupadło gospodarczo. Część sprawowanych do tego czasu funkcji zdewaluowała się, została całkowicie utracona albo przestała przynosić oczekiwane rezultaty (dochody). Rozpoczęto intensywne poszukiwania nowych możliwości gospodarczych i czynników rozwojowych. Wzorując się na tradycjach z Brighton (1754 r., Anglia) i Dieppe (1776 r., Francja), zamierzano sięgnąć po nowe rozwiązania funkcjonalne dla różnych miejscowości nadmorskich, zakładając ich rozwój gospodarczy i przestrzenny, licząc też na duży napływ ludności zainteresowanej wypoczynkiem nad wodą.

Duże znaczenie dla rozwoju wszystkich nadbałtyckich miejscowości wyspy Uznam i Wolin miała znajomość działalności pierwszego uzdrowiska-kurortu Potbus-Lauterbach, funkcjonującego na Rugii od 1816 r. Jego nadmorskie przedmieście Lauterbach³ powiązane było z północnymi brzegami Zatoki Greifswaldzkiej. Pomiędzy miejscowościami Lauterbach i Neuendorf wzniesiono kompleks

² Mimo odniesionego zwycięstwa w trzeciej wojnie północnej (1701–1720) król Fryderyk Wilhelm I zmuszony był do podpisania klauzuli zabraniającej wzniesienia jakiegokolwiek nowego portu lub miasta w odzyskanej partii pobraża Bałtyku. Należało obejść klauzulę, m.in. po to, aby uniknąć płacenia wysokich ceł przewozowych za żeglugę po Pianie. Dziwna nie nadawała się do regulacji, Piana była w rękach Szwedów – pozostawiała tylko Świną jako jedyne (na tamten czas) możliwe rozwiązanie strategiczne. W ten sposób utrzymano w mocy traktaty pokojowe, a zgodnie z nimi Fryderyk Wilhelm I nie podjął się budowy nowego portu ani miasta, a jedynie „otworzył dawny port na Starej Świnie” [10].

³ Uzdrowisko Potbus-Lauterbach założono z polecenia księcia Wilhelma Malte I von Potbus, zamierzał on bowiem stworzyć dla siebie miejsce wypoczynku porównywalne z pierwszym niemieckim uzdrowiskiem nadmorskim, jakim było Heiligendamm (1793 r.) niedaleko Rostoku. Uzdrowisko to upadło razem ze śmiercią właściciela, podobnie bowiem jak

budynków przeznaczonych do kąpeli morskich, wypoczynku i rekreacji. Najwcześniej w Lauterbach wybudowano łaźnię z dostępem do ciepłej wody, z czasem inne urządzenia, łącznie z nadbrzeżnymi pomostami i mołem⁴. Samą miejscowość Potbus, odsuniętą od morza, mocno przebudowano, nadając jej charakter reprezentacyjny dużego zespołu przestrzennego, z okrągłym rynkiem i ulicami promieniście zbiegającymi się do niego. Przy mieście książe Wilhelm Malte I von Potbus polecił wybudowanie własnej siedziby, wzorowanej na rezydencji książęcej w Schwerinie.

Koncepcja przestrzenno-funkcjonalna i realizacja kąpieliska morskiego Potbus-Lauterbach stały się wzorcem dla innych nadbałtyckich miejscowości, dlatego coraz liczniejsze delegacje mieszczan i innych zainteresowanych odwiedzały to miejsce, zamierzając nie tylko odpoczywać, ale też czerpać inspiracje ze wzorca, by przezszyć nowe idee i rozwiązania funkcjonalne w inne miejsca. Coraz popularniejsze stawały się wizyty w nadmorskich letniskach, a po odwiertach solanek i wód mineralnych wzrosło też ich znaczenie. Kolejno podnoszono je do rangi kurortów morskich. Korzystano w nich z coraz bardziej unowocześnianych metod leczniczych. Bacznie zwracano uwagę na standardy sanitarne poszczególnych usług. Promowano czyste powietrze i morską bryzę, a jako szczególne walory klimatyczne uznano spokój i ciszę, zachwalając krajobraz nadmorskich piachów, wysokie klify niektórych odcinków ładu i możliwość uprawiania sportów wodnych.

Dzisiaj w linii Bałtyku funkcjonuje szereg ośrodków wypoczynkowo-uzdrowiskowych (kurortów) bezpośrednio powiązanych z otwartymi wodami morskimi. Począwszy od przejścia granicznego w Świnoujściu, nadmorskie miejscowości wyspy Uznam tworzą nieprzerwany, czterdziestokilometrowy ciąg jasných, czystych plaż, promenad i promieniującej bielą nadmorskiej architektury. Nadbałtyckie kąpieliska: Świnoujście, Ahlbeck, Heringsdorf i Bansin łączą się prawie ze sobą. Trzy ostatnie do dzisiaj nazywane są „kąpieliskami cesarskimi”. Kolejne zespoły: Ückeritz, Kölpinsee, Koserow, Zempin i Zinnowitz ze względów topograficznych są oddalone od siebie o kilka kilometrów. W północnych partiach

Heiligendamm przeznaczone było tylko dla jednego arystokraty i osób z jego najbliższego otoczenia [16].

⁴ Pierwsze, wsparte na drewnianych słupach molo miało 35 m długości i 7 m szerokości. Zostało zniszczone przez sztorm w 1872 r. W jego miejscu powstała kamienna konstrukcja [23]. Realizacja mola-pomostu była bardzo ważna nie tylko dla samego kurortu, ale także dla całej wyspy Rugii, która do 1934 r. nie miała połączenia drogowego z ładem stałym. Dopiero od 1934 r. wyspa otrzymała takie połączenie, wówczas bowiem uruchomiono most kolejowy Rugendamm [17].

wyspy Uznam, bezpośrednio przy morzu, położone są miejscowości Trassenheide i Karlsehahen, natomiast Peenemünde zlokalizowano po wschodniej stronie delty ujściowej Piany. Aż do 1881 r. wypoczynkowe funkcje Świnoujścia związane były z zabudową miasta i rzeką Świną. Dopiero po tym czasie pojawiła się możliwość ich translokacji bezpośrednio nad bałtycki brzeg wyspy Uznam.

Świnoujście-Warszów, Międzyzdroje, Międzywodzie i Dziwnów są dawnymi kąpieliskami wyspy Wolin. Dziwnów rozbudował się już na lądzie stałym, pomiędzy wschodnim brzegiem meandrującej rzeki Dziwnej a nadmorskimi plażami.

Historia większości wymienionych miejscowości rozpoczęła się już dawno, jednak intensywny rozwój nastąpił dopiero w czasie, kiedy dostrzeżono i zaakceptowano walory zdrowotne nadmorskiego wypoczynku [18]. Nie tylko doszło wówczas do przyjęcia (wprowadzenia) nowych funkcji miastotwórczych i realizacji nowoczesnej zabudowy, ale ponadto każda z miejscowości do maksimum wykorzystała naturalne warunki topograficzne, traktując je jako szczególne atuty i walory swojego rozbudowywanego założenia przestrzennego.

Najwcześniej zaczęły się rozwijać i przekształcać miejscowości: Ahlbeck, Heringsdorf i Bansin. Pierwotnie były rybackimi wsiami, przy czym Bansin⁵ zlokalizowano nieco w głębi lądu, przy północno-zachodnim brzegu jeziora Gothensee. To przesunięcie było konieczne, ponieważ stumetrowy odcinek stałego lądu oddzielający jezioro Schloensee od morskiego brzegu często bywał przerywany przez jesienno-zimowe sztormy, co doprowadzało do zalewania dużych połaci terenu i czasowego włączania go w obszar morza. Z tego powodu główny trzon zabudowy nadmorskiego kurortu wzniesiono od północnego zachodu, powyżej jeziora Schloensee. Kilka nowych ulic wytrasowano jednak równolegle do brzegu, dużą ich część kierując w głąb lądu, ku dawnej wsi Bansin Dorf. W tej partii miasta nie wszystkie ulice otrzymały prostą linię przebiegu i nie wszystkie przecinają się ze sobą pod kątem prostym.

Miejscowości Ahlbeck⁶ i Heringsdorf⁷ położone są bezpośrednio przy morzu i jedynie w najstarszych partiach ich przestrzeni odnajdujemy elementy

⁵ W XIII w. odnotowano wieś Bansin, oddaloną nieco od morza [5].

⁶ Położony 3 km od przejścia granicznego. Pierwsi rybacy i marynarze osiedlili się w 1699 r. Do połowy XVII w. wioska liczyła siedem gospodarstw rolnych, młyn zbożowy i spichlerz. W połowie XIX w. osiedlił się w niej nauczyciel i kantor Johann Koch, skupiający wokół siebie śpiewaków kościelnych. Prowadził on zbiórkę pieniędzy na budowę kościoła. Kamień węgielny pod jego budowę wmurowano w 1894 r. Pierwsi urlopowicze pojawili się w 1852 r. [5, 19]. Dużą atrakcją Ahlbeck stanowią Termy Bałtyckie – zespół basenów kąpielową z podgrzewaną wodą.

⁷ Położone 5 km od przejścia granicznego. Geneza miejscowości łączy się z wioską rybacką Neukrug, nieopodal której w 1819 r. właściciel dóbr rycerskich Bernard von Bülow wybudował willę dla gości kąpielowych. Być może tak określono pierwsze łazienki morskie. Wzniesienie tego

pierwotnych założeń, rozcłonkowania i nieprawidłowości planów. Adaptowano je do nowych potrzeb planistyczno-przestrzennych. Nowo projektowane ulice prowadzone równolegle do morskiego brzegu przecinają się ze sobą pod kątem prostym i mają widokowe zamknięcia/otwarcia skierowane ku wodzie. Od strony południowo-zachodniej tych miejscowości do dzisiaj leżą tereny różnorodnie wykorzystywane, z otwartymi wodami jezior (Wolgastsee, Gothensee, Großer Krebssee, Schmollensee, Wockninsee), zastoinami wodnymi i przylegającymi do nich obszarami bagienno-łukowymi, ograniczającymi swobodną rozbudowę w głąb lądu. Między innymi z tej przyczyny lotnisko obsługujące Ahlbeck odsunięto od miasta; zlokalizowano je na wschód od terenów podmokłych, pomiędzy jeziorem Wolgastsee a linią kolejową.

Pomiędzy Heringsdorfem a kolejnymi uzdrowiskami użytkowane są głównie same nadmorskie plaże. Ückeritz, Kölpinsee, Koserow, Zempin i Zinnowitz wykorzystują brzeg morski jako główną kanwę swojego planu, intensywnie zagospodarowując szerokość stałego lądu oddzielającego rozległy Zalew Piany (Achtel Wasser) od otwartych wód morza [5]. Zachodnie granice miejscowości: Kölpinsee, Koserow i Zempin wyznacza północny akwen Zalewu Piany, określany jako jezioro Kölpinsee. Pas stałego lądu pomiędzy tymi wodami liczy średnio ok. 200 m; w niektórych miejscach jest szerszy. Cały wschodni brzeg Zalewu Piany, począwszy od jeziora Kölpinsee w kierunku północy, oddzielony jest od Bałtyku niewysoką wydmą i wałem ochronnym. Z wymienionych miejscowości jedynie Zinnowitz ma większe możliwości przestrzenne, gdyż jego lokalizacja przy północnych krańcach tego zalewu nie ogranicza radykalnie możliwości dalszej rozbudowy przestrzennej. Zabudowa Ückeritz skupia się głównie przy wodach zalewowych, a szeroką aleją-promenadą skomunikowana jest z nadmorskimi plażami i mołem.

Wody całego Zalewu Piany wykorzystywane są do celów żeglugowych i rekreacyjnych.

Na potrzeby lotniska w Międzyzdrojach zaadaptowano wioskę rybacką leżącą przy trakcie solnym, przy której zaczęła się nawarstwiać od lat 1830–1835 mieszkalna zabudowa ośrodka, a w linii brzegu – łaźienki morskie [18]. Wzniesiona na wschód i zachód od tego centrum nowa część miasta otrzymała regularny układ planu, powtarzającego narys morskiego brzegu, z przecięciami to zamykającymi się, to otwierającymi na wodę. Część rozbudowy miasta wykorzystała

obiekty zapoczątkowało budowę nadmorskiego willowego osiedla, z czasem połączonego z pierwotną wsią. Od 1825 r. funkcjonuje jako uznane kąpielisko morskie. Posiada Muzeum Muszli usytuowane przy promenadzie oraz Muzeum Literatury i Sztuki Regionalnej [17].

topografię terenu, prowadząc nowe ulice po linii morenowych wyniesień, z nie zawsze możliwym względem widokowym poprzez otwarcia/zamknięcia ulic w kierunku morza.

Międzywodzie⁸ położone jest pomiędzy Zalewem Kamieńskim a Morzem Bałtyckim. Miejska arteria ponadregionalna (ul. Armii Krajowej) dzieli tę miejscowość na dwie części. Bardzo regularny układ zagęszczonych bloków urbanistycznych z ulicami przecinającymi się pod kątem prostym ciąży ku morzu; w partii skierowanej do wód zatokowych bloki urbanistyczne są duże, a nie wszystkie ulice mają regularną siatkę.

Po wizytacji świnoujskich mieszczan w okolicach Potbus (1823 r.) [20] rozpoczęto poszukiwania przestrzeni dla organizacji nowych funkcji wypoczynkowo-leczniczych. Działania prowadzone przy regulacji Świny⁹ nie pozwoliły w I ćwierci XIX w. na realizację świnoujskiego letniska-kurortu bezpośrednio w linii morskiego brzegu. Dopiero po 1881 r.¹⁰ świnoujski odcinek Bałtyku zaczął spełniać warunki techniczne, umożliwiające prowadzenie inwestycji budowlanych i fundamentowania pod nowoczesne budownictwo. Wcześniejsze tereny przy plażach nie były stabilne i nie można było na nich budować, dlatego pierwszy dom zdrojowy – *Gesellschaft-Haus* wzniesiono na północny wschód od miasta, lokalizując go pomiędzy rzeką Świną, fortyfikacjami nowożytnymi a *Plantage* (*Kurpark*)¹¹. Dopiero od lat 90. XIX w. rozpoczęto organizację przestrzenną nadmorskiej (wypoczynkowo-kurortowej) dzielnicy, opracowując szczegółowy plan nowego założenia. Charakteryzuje się on na wskroś nowoczesną koncepcją

⁸ Międzywodzie jako kąpielisko morskie zaczęło się rozwijać na przełomie XIX i XX w. W 1933 r. był już zakład kąpielowy z ciepłą i zimną wodą morską. W latach 60. XIX w. odkryto solanki jodowo-bromowe, które nie są eksploatowane.

⁹ Erich Kayser (*Deutsche Städtebuch*, Berlin, b.r.w. [przed 1939 r.]) jako pierwszy użył określenia „nowe ziemie”, „nowe lądy” na tereny pozyskiwane przy regulacji rzeki Świny. Początkowo urobek składowano na zalewowych łachach po obydwu stronach rzeki. W ten sposób powstawały nowe tereny, do umacniania których stosowano specjalne konstrukcje faszynowe. Zaraz po ich osadzeniu i załadowieniu sadzono na nich bagienne trawy i krzewy. W ten sposób obszary te stały się początkiem późniejszego *Plantage*. Z części urobku utworzono sztuczną Wyspę Chrzęszczewską oraz umocniono od strony Zalewu Szczecińskiego 2 km ostróg kierujących [21].

¹⁰ Taką datę podaje Burchardt jako czas zakończenia budowy „nowych lądów” w Świnoujściu [22].

¹¹ Według XIX-wiecznego słownika języka francuskiego *plantage* rozumieć należy jako nasadzenia traw oraz zieleni o charakterze bagiennym, mające na celu szybkie osuszenie gruntów i utrzymanie stabilności gleby. *Plantage* funkcjonowało w nazewnictwie i planach Świnoujścia aż do II wojny światowej [23–25].

układu, podkreślającego linię brzegu, z promenadą, komponowaną zielenią oraz założeniami dużego, pierwszego publicznego parku Pomorza, oddzielającego wcześniejsze miasto od kurortu. Wszystkie działania przestrzenno-kompozycyjne prowadzone w nowej dzielnicy wykazują ogromne uporządkowanie i ład przestrzenny. Z tych powodów jedynie w Świnoujściu nie było potrzeby adaptacji wcześniejszych form osadniczych dla celów uzdrowiska, ponieważ jego nadmorska dzielnica wykorzystała niezainwestowany wcześniej teren, z możliwością bezkolizyjnego wprowadzenie wszelkich niezbędnych urządzeń. Pozostałości po pierwotnym nadmorskim kurorcie zostały rozebrane, przekształcone lub wchłonięte przez strukturę mieszkaniową tamtej partii miasta.

Wraz z rozbudową i rozwojem wszystkie wymienione ośrodki coraz bardziej wiązały się z linią brzegową Bałtyku. Następowala w nich adaptacja wcześniejszych form osadniczych (poza Świnoujściem), z przekształceniem genetycznych osad czy wsi, wiązanych pierwotnie z nowymi realizacjami przestrzenno-architektonicznymi, później mocno rozbudowanych na potrzeby ciągle powiększanych kurortów. Jeszcze dzisiaj czytelne są niektóre elementy tego najwcześniejszego zainwestowania. Wprawdzie w 1991 r. przeprowadzono gruntowną przebudowę urbanistyczno-modernizacyjną wszystkich niemieckich miejscowości nadmorskich, ale objęła ona przede wszystkim rewitalizację architektury, ingerując w przestrzeń jedynie w przypadku koniecznej modernizacji całego systemu logistycznego, jednak bez regulacji ulic [18].

Zabudowa architektoniczna kurortów jest zróżnicowana. Na najstarszą składają się dwupiętrowe realizacje wykonane jeszcze w stylu klasycystycznym, z portykami kolumnowymi zwieńczonymi tympanonami. Powstawały w luźnej zabudowie na dużych działkach, przekształcanych w rozległe ogrody-parki. Inny typ to czterokondygnacyjne wille-pensjonaty z szerokimi fasadami, podkreślonymi dodatkowo otwartymi pseudoportykami lub pseudoryzalitami. Jest wśród nich wiele rozwiązań stylowych i eklektycznych. Wszystkie otrzymały różnorodne elementy architektoniczno-przestrzenne (ryzality, wykusze, balkony, wieżyczki itp.). Powstawały na nieco już zagęszczonych działkach, łączących się z ogólnodostępną komponowaną zielenią, promenadą czy korsem. W kolorystyce przeważa biel. Dla podkreślenia całych kompozycji stosowano też beże, błękity i jasne zielenie (seledyny). Czerwień i brązy, rzadziej zielenie znajdujemy w połaciach dachowych, z różnorodnie kształtowanymi dachami. Wille-pensjonaty Świnoujścia powstawały zawsze na niezainwestowanej wcześniej samodzielnej działce i zawsze połączone były z ogrodami. Charakter architektoniczny

zabudowy był różny. Przeważnie były to czterokondygnacyjne obiekty tynkowane, z eklektycznym detalem, dużą liczbą elementów architektoniczno-przestrzennych, zawsze z wysokimi dachami o różnych kątach nachylenia ich połaci. W elewacjach wykorzystywano jasne tynki. Tylko w nielicznych przypadkach elewacje pozostawiono w czerwonej cegle, a posesje nie miały nasadzeń¹².

Inne miejscowości związane z wodami Zalewu Szczecińskiego i Zalewu Piani. Letniskowo-wypoczynkowe Kamminke z kamiennym nabrzeżem i niewielką przystanią leży przy północnym brzegu Zalewu Szczecińskiego. Wolin wykorzystuje południowo-zachodnie brzegi wyspy. Neppermin leży przy południowym brzegu Zalewu Piani. Obok lądowo-morskich walorów w większości z wymienionych miejscowości można korzystać także z różnych atrakcji, a ich wody użytkować do celów sportów wodnych i żeglugi.

Poza zabudową nadmorską lub współczesnymi uzupełnieniami budowlanymi na wyspach znajdują się też obiekty (nie tylko mieszkalne) kontynuujące tradycyjne budownictwo oraz rozwiązania przestrzenno-funkcjonalne. Czerpią one z dawnych wzorców budowlanych, często ludowych. Jednym z takich rozwiązań jest parterowy, częściowo lub całkowicie niepodpiwniczony dom mieszkalny na rzucie wydłużonego prostokąta, z trzcinowym kryciem bardzo wysokiego dwuspadowego dachu. Czasami ponad kalenicami dachów wystają snycerskie zakończenia opierzeń; niekiedy ponad otworami wykonano obłe formy, „wycinając” je z połaci dachów. Stanowiło to świadome zaakcentowanie otworów okiennych i drzwiowych. Takie rozwiązanie architektoniczne nawiązuje do pierwotnych chat rybackich, budowanych od zawsze na północnych obszarach Niemiec. Poza ich zabytkowymi przykładami współcześnie w terenie powstają obiekty nawiązujące do takich rozwiązań kubaturowych. Są one pojedynczymi realizacjami lub tworzą większe skupiska. Uzupełniają zachowaną tkankę założeń przestrzennych lub tworzą ich współczesne zgrupowania, podnosząc tym samym walory turystyczno-krajobrazowe i kulturowe wyspy Uznam.

Innym typem budownictwa tradycyjnego domu, nie zawsze podpiwniczego, jest obiekt wykonany w konstrukcji szachulcowej, kryty wysokim dwuspadowym dachem. Pierwotnie fachy ścian wypełniano strychułami maczanymi w glinie uszczelnianej mchem, z czasem otrzymywały wypełnienie z cegły czerwonej,

¹² W Wojewódzkim Archiwum Państwowym w Szczecinie zachowały się liczne podszyty akt dawnej policji budowlanej Świnoujścia, w których znaleźć można projekty i inne informacje dotyczące tych obiektów. Wygląd i ich charakter przybliżają liczne zbiory dawnych kart pocztowych, z których największy przechowywany jest w Muzeum Rybołówstwa Morskiego w Świnoujściu [26].

białej lub żółtej. Czasami elewacje takich domów tynkowano [27]. Pierwotny dwuspadowy dach kryty trzcina, słomą lub papą zastępowano ceramiczną dachówką. To budownictwo było również tradycyjne, gdyż w swoich koncepcjach materiałowych, kompozycyjnych i przestrzenno-użytkowych wewnątrz czerpało z pierwotnych rozwiązań pomorskiej izby [5, 28].

Powyższe omówienie nie wyczerpuje wszystkich zagadnień historyczno-przestrzennych na temat wysp Uznam i Wolin. Najwcześniejsze pensjonaty kąpielisk cesarskich (Bansin, Heringsdorf i Ahlbeck) posiadały w swoich rozwiązaniach rozbudowane budynki, ozdobiane elementami klasycystycznymi, z masywnymi – niekiedy szkieletowymi loggiami. W niektórych obiektach stosowano jeszcze konstrukcję szkieletową. Jednak wśród tych najwcześniejszych realizacji sporadycznie można spotkać domy należące do tzw. kurortowego stylu szwajcarskiego. Styl ten czerpał ze wzorców szwajcarskich i był bardzo charakterystyczny dla najwcześniejszych europejskich rozwiązań architektury wypoczynkowej. Z badań Klausa Winandsa wynika [29], że na Rugii i wyspie Uznam styl szwajcarski występował sporadycznie i nie zawsze w czystych formach. Wprawdzie najwcześniejsze rozwiązania architektoniczne kąpielisk cesarskich sięgają do wzorca szwajcarskiego, jednak obficie dodają do niego inne zmodyfikowane i rozwinięte elementy zaczerpnięte ze szkoły berlińskiej. Szkoła ta po 1900 r. rezygnowała już całkowicie ze wzorców szwajcarskich, realizowała swoje awangardowe rozwiązania architektury willowej i letniskowej. Nobilitację uzyskała też architektura szkieletowa, uzupełniając realizacje budowlane wysp. Architektonicznie i przestrzennie korzystała z rozwiązań pomorskiej izby bądź nawiązywała do wizerunku dawnych wiosek rybackich, tak bardzo charakterystycznych dla całego pasa nadmorskiego Bałtyku, tworząc specyficzny charakter i klimat Pomorza.

Bibliografia

1. Augustowski B. (red.), *Pobrzeże bałtyckie*, Ossolineum–Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Wrocław–Gdańsk 1984.
2. *En vägvisare genom badorterna på Usedom-Wollin*, ulotka reklamowa, b.r.w. [przed 1939].
3. Biranowska-Kurtz A., Kurtz K., *Świnoujskie dworce i linie kolejowe*, „Wędrowiec Zachodniopomorski”, 2007, 22, 24.
4. Rusak R., *Biuletyn Rozwoju i Promocji Kolej*, Rok I, nr 45/2001, Warszawa 4.08.1991.
5. *Die deutschen Bäder-Inseln Usedom-Wollin*, Magdeburg 1934, 35–39.
6. Barran Fritz R., *Städte-Atlas Pommern*. Rautenburg-Leer, 2. Auflage 1993.
7. *Touristik-Landkarte*, skala 1:700 000, Wyd. VEB Landkartenverlag Berlin, b.r.w. [przed 1989].

8. Horst Ende, Denkmalpflege In Mecklenburg-Vorpommer 1990 bis 1992, [w:] Denkmal Schutz Und Denkmal PPflege in Mecklenburg-Vorpommern. 1. Jahrgang 1994, Heft 1, 16–59.
9. Horst H., Historische Ansichten von Swinemünde und vom Golm, Thomas Helms Verlag, Schwerin-Holms 2001.
10. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście – rozwój przestrzenny miasta od XVI do XX wieku, „Przegląd Zachodniopomorski”, 2003, 2, 44.
11. Biranowska-Kurtz A., Przekształcenia przestrzenne ujścia rzeki Świny w Świnoujściu, „Architektura Krajobrazu”, 2010, 1, 42–49.
12. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście. Wytyczne konserwatorskie dla ochrony, rewitalizacji i zagospodarowania terenów fortów wraz z Basenem Portowym w Świnoujściu, po zachodniej stronie Świny [maszynopis], WSOZ, Szczecin 2004.
13. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście. Opracowanie konserwatorskie o zachowanych świnoujskich umocnieniach wojskowych, [w:] Koncepcja rewitalizacji Świnoujskiego Rejonu Umocnionego [maszynopis], Urząd Miasta Świnoujście, Świnoujście 2004.
14. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście. Fortyfikacje nowożytne w planach, projektach i rycinach, Univers, Szczecin 2005.
15. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście. Wielopłaszczyznowość działań (projektowych i wykonawczych). Historia budowy miast, „Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki”, 2010, 14(3-4), 114–121.
16. Pilarek J., Warunki sprzyjające i bariery rozwoju kąpielisk nadmorskich grupy I na Rugii (do 1933 r.), [w:] B. Płonka-Syroka, A. Kaźmierczak, S. Jandziś, A. Syroka (red.), Tradycje i perspektywy rozwoju kultury uzdrowiskowej w Iwoniczu-Zdroju w kontekście europejskim, Kultura Uzdrawiskowa w Europie, tom X, Oficyna Wydawnicza Arboretum, Wrocław 2018.
17. Patrick F., Rügens Preussenzeit 1815–1945, Potbus 2010, s. 26.
18. Biranowska-Kurtz A., Walory założenia przestrzennego świnoujskiego kurortu, [w:] B. Płonka-Syroka, A. Kaźmierczak, S. Jandziś, A. Syroka (red.), Tradycje i perspektywy rozwoju kultury uzdrowiskowej w Iwoniczu-Zdroju w kontekście europejskim, Kultura Uzdrawiskowa w Europie, tom X, Oficyna Wydawnicza Arboretum, Wrocław 2018, s. 201–212.
19. Wander-und Bikekarte mit Ortsplänen, Nr. 738. Intel Usedom-Wollin, skala 1:50 000, Wyd. Kompass-Karten G.m.b.H., tekst Käthe Kura, Berlin b.r.w. [rok. 2009].
20. Biranowska-Kurtz A., Świnoujście – kurort. Historia i rozwój przestrzenny w latach 1823–2000, „Przegląd Zachodniopomorski”, 2004, 4, 91–118.
21. Kayser E., Deutsche Städtebuch, Berlin, b.r.w. [przed 1939 r.].
22. Burchardt R., Im Auftrage der Badeverwaltung von..., [w:] Festschrift zum 100-jährigen Jubiläum der See – und Solbaden Swinemünde 20.Juli 1824–1924, Swinemünde [1924], s. 7, n.
23. Biranowska-Kurtz A., Park zdrojowy w Świnoujściu – jego powstanie i rozwój przestrzenny, „Przegląd Zachodniopomorski”, 1988, 4, 213–239.
24. Haas-Nogal M., Park zdrojowy w Świnoujściu, [w:] II Polsko-Niemiecka Konferencja Architektura ryglowa – wspólne dziedzictwo, ANTIKON 2001, Szczecin Expo – Towarzystwo Wspierania Rozwoju Pomorza Zachodniego, Szczecin 2001, 49–60.

25. Burchardt R., Die Kurpark Swinemünde und Lenné, [w:] *Unsere Pommerland*, 1926, s. 322–324.
26. Biranowska-Kurtz A., *Historia miasta na pocztówkach zapisana*, Univers, Szczecin 2002.
27. Zander D., Kolorystyka historycznych elewacji budynków drewniano-szkieletowych w Meklemburgii-Pomorzu, [w:] *II Polsko-Niemiecka Konferencja Architektura ryglowa – wspólne dziedzictwo*, ANTIKON 2001, Szczecin Expo – Towarzystwo Wspierania Rozwoju Pomorza Zachodniego, Szczecin 2001, s. 7–10.
28. Biranowska-Kurtz A., Historyczne projekty pomorskich domów szachulcowych, [w:] *VI Polsko-Niemiecka Konferencja Architektura ryglowa – wspólne dziedzictwo*, ANTIKON 2005, s. 33–44, 45–57.
29. Winands K., Domy w stylu szwajcarskim jako elementy architektury w uzdrowiskach na Rugii i wyspie Uznam, [w:] *II Polsko-Niemiecka Konferencja Architektura ryglowa – wspólne dziedzictwo*, ANTIKON 2001, Szczecin Expo – Towarzystwo Wspierania Rozwoju Pomorza Zachodniego, Szczecin 2001, s. 149–159, 137–149, 155.

Obszar transgraniczny jako przestrzeń społeczno-kulturowa

Roman Gawarkiewicz

Uniwersytet Szczeciński

Miejsce wobec przestrzeni

Rozpoczynając refleksję na temat teoretycznego ujmowania tak interdyscyplinarnej kategorii, jaką jest problematyka specjalna, od razu trzeba zasygnalizować konieczność rozróżnienia zakresu znaczeniowego pojęć „miejsce” i „przestrzeń”.

Tradycyjnie definiowane pojęcie „miejsce” ma rozległe pole znaczeniowe. Na ogół ta kategoria przywoływana jest w celu wskazania lub określenia m.in. „wolnej przestrzeni, którą można zająć, zapełnić czymś, gdzie można się zmieścić lub coś umieścić”; oznacza także „część określonej przestrzeni, z którą coś się dzieje, na której coś się odbywa, odbywało; teren lub pomieszczenie służące określonym celom, np. zamieszkaniu, miejscowość” [1]. Charakter miejsca nie tylko oddziałuje na nasze zmysły, ale też wpływa na ludzkie zachowania wobec zajmowanych pozycji. Jedną z nich jest skłonność do mitologizowania pewnych miejsc „ze względu na zajmujące je jednostki, grupy społeczne, walory urbanistyczno-architektoniczne lub z przyczyn historyczno-kulturowego znaczenia, jakie odegrały w dziejach narodu i społeczeństwa lub danej wspólnoty” [2].

Na swoistość stosunku człowieka do miejsca składa się pięć następujących typów przywiązania [3]:

- zakorzenienie codzienne związane z długotrwałym zamieszkiwaniem w danej miejscowości, nieopuszczaniem jej,
- przywiązanie ideologiczne polegające na aktywnej relacji z miejscem, będącej wynikiem świadomego wyboru związanego z zaangażowaniem na rzecz miejsca,
- wyalienowanie – sytuacja osoby, która najchętniej opuściłaby dane miejsce,
- relatywny stosunek do miejsca polegający na postrzeganiu miejsca ze względu na jakość życia w nim,
- nieumiejscowienie – sytuacja, w której miejsce nie jest istotne dla danej jednostki jako element budujący system jej identyfikacji.

Kategorią wskazującą logiczny związek z miejscem, w którym ludzie wchodzi w relacje z innym człowiekiem, jest przestrzeń, której człowiek doświadcza,

którą użytkuje, tworzy i przetwarza, dostosowując ją do swoich potrzeb wywołanych naturalnym dążeniem do innowacyjnych zmian. W aspekcie społecznym przestrzeń jest „przeżywana przez jednostkę jako element konsolidujący ją ze zbiorowością wokół wspólnych elementów nacechowanych symbolicznie i podzielanych w czasie interakcji z innymi jednostkami” [4].

Współczesne analizy relacji pomiędzy miejscem i przestrzenią, będące swoistym *résumé* refleksji specjalnej na temat stanu badawczych ustaleń i perspektyw naukowych sposobów ujmowania tych zagadnień w wybranych aspektach dyskursu przestrzennego, w którym uczestniczą teoretycy i praktycy różnych dziedzin (architekci i planiści, badacze krajobrazu kulturowego i koncepcji miejsca, a także socjologowie, politolodzy, filozofowie, antropolodzy, badacze kultury, literatury i języka oraz historycy i historycy sztuki), są w istocie głosem w dyskusji na temat człowieka i jego relacji z otaczającą go rzeczywistością. Wielość nurtów przekłada się na mnogość inspiracji w zakresie prób spojrzenia na to zagadnienie. Wyczerpujące omówienie przedmiotu tej dyskusji jest trudne nie tylko z powodu ograniczeń wydawniczych stawianych niniejszemu opracowaniu, ale przede wszystkim ze względu na coraz to nowe prace, wnoszące wiele oryginalnych propozycji. Za komplementarne wobec nich można uznać propozycje współczesnej humanistyki, w których postulowane jest spojrzenie na miejsce i przestrzeń jako kategorie kształtujące świadomość kulturową zarówno jednostki, jak i grup społecznych lub etnicznych, powstającą na podstawie różnego rodzaju doświadczeń będących punktem wyjścia do budowania tożsamości określonej grupy ludzi.

Naukom humanistycznym znany jest sformułowany już przed laty pogląd Yi-Fu Tuana na temat potrzeby rozróżnienia kategorii przestrzeni i miejsca. Jego zdaniem przestrzeń: „jest w zachodnim świecie powszechnie przyjętym symbolem wolności. Przestrzeń stoi otworem; sugeruje przyszłość i zachęca do działania. (...) Zamknięta i uczłowieczona przestrzeń staje się miejscem. W porównaniu z przestrzenią, miejsce jest spokojnym centrum ustalonych wartości. Istotom ludzkim potrzebne jest zarówno miejsce, jak i przestrzeń. (...) Miejsce to bezpieczeństwo, przestrzeń to wolność, przywiązani jesteśmy do pierwszego i tęsknimy za drugim” [5].

W tej prostej relacji, jaka występuje pomiędzy zdefiniowanymi wyżej kategoriami, szczególnie akcentowana jest kwestia tożsamości miejsca, która zdaniem Hanny Libury [6] definiowana jest przez pryzmat takich elementów, jak: stałość fizycznego otoczenia, znaczenia, jakie są mu przypisane, oraz działania w nim podejmowane. Innym wątkiem rozwijającym w kontekście pojęcia topofilii

są próby syntetycznego ujmowania kulturowych cech emotywnych, symbolicznych i percepcyjnych kojarzonych z miejscem bytowania.

Dorota Angutek, autorka opracowania *Kulturowe wymiary krajobrazu. Antropologiczne studium recepcji przyrody na prowincji: od teorii do empirii*, powołując się na badania Tima Edensora, wskazuje następujące konotacje związane z miejscem jako przestrzenią własnego narodu i regionu: „poczucie komfortu i bezpieczeństwa dzięki stałym i niezmiennym punktom przestrzeni, także rozpoznawalność fauny i flory, co sprzyja zadowoleniu na obszarach poza osiedlami, zwyczajność znanych lokalnych miejsc historycznych urastających do rangi pamiątek narodowych, zmienność znaczeń enklaw miejsca wynikająca z dynamiki społecznej, świadomość wspólnoty pochodzenia, tradycji i odpowiedzialności za ich kontynuowanie poprzez społecznie przyjęte funkcje i role” [7].

Obecnie trudno sobie wyobrazić świat jako zbiór autonomicznych, kulturowo monadycznych miejsc i przestrzeni, niezależnie od tego, czy przestrzenie te będziemy identyfikować jako narody, jako regiony w granicach narodów czy też jako kultury o granicach wyznaczonych na poziomie narodowym lub regionalnym. Obraz miejsca i przestrzeni ulega zamięnieniu, a sposoby jego interpretacji, w rezultacie zawiłych i gwałtownych zmian w reorganizacji rzeczywistości społeczno-kulturowej, wynikają nie tylko z lokalnych doświadczeń, ale także z globalnych wpływów. Dzięki nim, jak twierdzą współcześni badacze: „przestrzeń może stawać się miejscem, choć nie ze względu na historię i odkrywanie dawnych kodów, ale dzięki relacjom społecznym realizującym się w danej przestrzeni” [8].

Pogranicze jako kategoria analityczna

Przestrzenią, która stała się naturalnym środowiskiem współczesnego człowieka, zdaniem Jerzego Nikitorowicza [9] jest pogranicze. Według tego badacza pogranicze to kategoria analityczna, którą rozumieć należy jako przestrzeń różnicowania, reakcji na odmiennność i interakcji z nią. To obszar, gdzie można porównywać, odkrywać, negocjować i prowadzić dialog. W literaturze przedmiotu pogranicze określane jest także jako: *marginal area*, *border-line* czy strefa *tertium*. Zależność wskazana w źródłosłowie tego pojęcia – *limes* jako linia podziału przestrzeni bytowania leżącej na styku narodów lub grup etnicznych (także między różnymi rejonami i dzielnicami wewnątrz jednej grupy etnicznej [10]) – wytycza nie tylko zakres definicyjny pojęcia „pogranicze”, ale też wyznacza obszar empirycznie ujmowanej rzeczywistości, która jest konsekwencją granicy. Dwustronność jako cecha konieczna, choć nie zawsze symetryczna i równomierna,

akcentowana jest w definicji pogranicza sformułowanej przez Andrzeja Sadowskiego [11]. Według niego dla zdefiniowania pogranicza kluczowe jest uwzględnienie trzech głównych aspektów:

- przestrzennego – pogranicze to obszar, terytorium znajdujące się przy granicy lub daleko od centrum,
- społeczno-kulturowego – pogranicze to usytuowany w przestrzeni kontakt społeczno-kulturowy między dwoma lub więcej narodami lub grupami etnicznymi,
- osobowościowo-kulturowego – pogranicze to miejsce kształtowania się nowego człowieka i jego kultury.

Pogranicze zatem to przestrzeń, w której toczy się pewna forma współżycia i współpracy co najmniej dwóch grup kulturowych, etnicznych, językowych i/lub wyznaniowych. Przestrzeń ta pełni trzy zasadnicze funkcje: stykowe, przejściowe i pośrednie [12]. Taka klasyfikacja funkcji jest interesująca, gdyż uwzględnia różnorodne sposoby kształtowania dwóch rodzajów relacji: grupa wobec przestrzeni oraz relacje interpersonalne i międzygrupowe zachodzące na danym terytorium. Jest ona przywoływana przez wielu autorów i badaczy społecznej rzeczywistości pogranicza. Między innymi przez szczecińskiego badacza Roberta Woźniaka [13], który każdą z nich wyjaśnia w sposób następujący:

1. Funkcje stykowe pogranicza ujawniają się najczęściej na obszarach ciągnących się wzdłuż granicy, w punkcie „styku” dwóch wyraźnie ukształtowanych pod względem kulturowym narodów, w którym zlokalizowane są również zinstytucjonalizowane instytucje i placówki (straż graniczna, urząd celny). Pogranicze stykowe zwykle konstituowało się wokół zasady homogeniczności i tożsamościowego statusu etniczności, budowanego na dychotomii my–oni, swoi–obcy.
2. W przeciwieństwie do niego pogranicze przejściowe ma zasięg szerszy i najczęściej dotyczy kontaktów przestrzennych zbiorowości pokrewnych pod jakimś względem, np. językowo-etnicznym.
3. Istotne w analizie pogranicza jest też uwzględnienie jego funkcji pośrednich, w tym ujęciu, zdaniem Roberta Woźniaka omawiane tereny będąc „nośnikiem wartości polifonicznych i czynników wyzwających transformacje, umożliwiają kształtowanie się wieloaspektowych dziedzin życia, zakresu i jakości stosunków etnicznych, społeczno-politycznych zarówno w danej strefie, w państwie, jak i wobec innych państw i narodów” [13].

Wobec powyższego stwierdzić należy, że pogranicze wyodrębnione na zasadzie fizycznej jest strefą czegoś nowego i innego w odniesieniu do znajdujących się

na styku granic obszarów. W przestrzeni tej możemy obserwować procesy odróżniania i uogólniania, interesujące m.in. z punktu widzenia komunikowania międzykulturowego. W ich rezultacie wytwarza się specyficzny układ kulturowy, na który składają się cechy niedające się jednoznacznie przypisać jednemu obszarowi stykowemu, które zebrane wspólnie stanowią funkcjonalną całość. W związku z tym w pełni zgadzam się ze stanowiskiem Justyny Straczuk, której zdaniem „rozpatrywanie pogranicza jedynie w kontekście jednego z tych obszarów – poszukiwanie w lokalnej kulturze redukcji pewnych cech w porównaniu z obszarem centralnym lub przeobrażenie ich pod wpływem obcych zapożyczeń czy też zainteresowanie jedną tylko wybraną grupą etniczną sprawia, że zjawiska kulturowe pogranicza postrzega się w kategoriach rozdzielności, odrębności, nie zaś integralnej całości” [14].

Bliskie jest mi również stanowisko Straczuk dotyczące zakresu badań nad kwestiami pogranicza z perspektywy codziennych doświadczeń jego mieszkańców. Kluczową rolę odgrywa tutaj kategoria sąsiedztwa, czyli strefa codziennych kontaktów, w której żyjący obok siebie ludzie komunikują się ze sobą, posługując się wspólnym systemem znaczeń w ramach wspólnie tworzonej kultury. Autorka, uzasadniając swoje stanowisko, przywołuje postulaty badawcze Antoniny Kłoskowskiej, która z kolei dostrzega potencjał badawczy w próbach „odtworzenia całości kulturowego uczestnictwa ludzi żyjących na obszarach mieszanych etnicznie, ich stosunku wobec własnych i sąsiednich całości kulturowych i wobec ich nosicieli, jasności własnego kulturowego samookreślenia, (...) oraz określenia mikrostrukturalnego sąsiedztwa regionu, który wyznacza granice swojskości i obcości, (...) jest terenem docierania do kresu swojskości i płaszczyzną doświadczenia sąsiada jako innego” [14].

Biorąc pod uwagę powyższe założenia, istotne staje się podejście ukierunkowane na poszukiwanie płaszczyzny porozumienia poprzez wskazanie możliwości zrozumienia lokalnego systemu znaczeń, drogą jego opisu z uwzględnieniem relatywistycznej perspektywy społeczno-kulturowego zróżnicowania.

Pogranicze polsko-niemieckie

Pogranicze polsko-niemieckie jest przykładem linearnego zetknięcia się obszarów zamieszkiwanych przez społeczności o wyraźnej odrębności etnicznej, językowej, kulturowej i religijnej. Obejmuje m.in. tereny rozciągające się wzdłuż rzeki Odry, która kończąc swój bieg, wpływa do Zatoki Pomorskiej, tworząc wyspy Wolin i Uznam. Przestrzeń ta jest od wielu lat przedmiotem zainteresowań historyków i socjologów. Problematykę tę podejmowali i podejmują zarówno polscy, jak i niemieccy badacze, a ich kompetentnej dyskusji [15] nie da się szczegółowo

zaprezentować w krótkim opracowaniu. Za Andrzejem Michalakiem [15] wskażę jedynie pięć podstawowych etapów i towarzyszących im głównych kierunków badań zagadnień związanych z polsko-niemieckim pograniczem:

- okres bezpośrednio po zakończeniu II wojny światowej, kiedy podejmowaną dominującą kwestią było osadnictwo na Ziemiach Odzyskanych, a głównym przedmiotem badawczym – kierunki repatriacji Polaków oraz ludności autochtonicznej,
- okres nasilenia badań związanych z zagospodarowaniem Ziem Odzyskanych i adaptacją ludności do nowych warunków,
- okres, w którym pojawia się kwestia integracji Ziem Zachodnich i Północnych Polski z resztą kraju,
- okres, w którym dominują poszukiwania tożsamości kulturowej ludności Ziem Zachodnich i Północnych oraz emigracji ludności pochodzenia autochtonicznego do Niemiec,
- okres, w którym kierunek badań zdominowały problemy granicznego charakteru tych ziem w procesie integracji europejskiej.

Zagadnienie pogranicza jest równie wyraźnie zaznaczone w świadomości Niemców zamieszkujących tereny przygraniczne z Polską. W niemieckich analizach kategoria pogranicza niemiecko-polskiego pojawia się jednak w innych kontekstach, które wyznaczały następujące obszary badań:

- wysiedlenia ludności niemieckiej z terenów na wschód od Odry, adaptacja przesiedleńców do nowych warunków politycznych i społecznych oraz relacje przesiedlonych ze społecznością, wśród której były już wspólnoty głęboko zakorzenione w tradycji tego obszaru,
- zmiany w mentalności niemieckich mieszkańców pogranicza, jakie zachodziły na skutek małego ruchu transgranicznego umożliwionego decyzjami politycznymi od lat 70. XX w. oraz rozwój przygranicznej turystyki, kontaktów handlowych i wzajemnych kontaktów mieszkańców z obu stron granicy,
- procesy integracji społecznej zachodzące z obu stron granicy po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej i strefy Schengen,
- prawicowy radykalizm jako poważny problem społeczny i polityczny niemieckiego obszaru pogranicza.

Współczesne polsko-niemieckie i niemiecko-polskie stosunki społeczne na terenie transgranicznym są konsekwencją wcześniejszych i obecnych procesów politycznych, ale też świadomości mieszkańców na temat ich korzeni i historii. Świadomość ta ma szczególnie ważne znaczenie, ponieważ z jednej strony może być źródłem podziałów, z drugiej zaś – może łączyć i stać się bodźcem oraz pozytywnie

wpływać na jakość wzajemnych relacji w sferze społecznej, ekonomicznej i politycznej. Perspektywa transgraniczna ukazuje funkcjonowanie wspólnot charakteryzujących się poczuciem rdzennych wartości i inicjuje rozwój społeczny w zakresie tworzenia nowych wspólnot, który opiera się na naturalnej potrzebie współżycia i współdziałania z innymi w nowym środowisku i nowych warunkach społeczno-politycznych i kulturowych.

Potencjał edukacyjny pogranicza polsko-niemieckiego

W badaniach społeczno-kulturowej rzeczywistości pogranicza coraz częściej obok opisów różnic kulturowych i tych etnicznie naznaczonych dziedzin życia, które utrudniają interakcję na poziomie życia codziennego, skupia się uwagę na analizach kontekstów interakcji zachodzących w komunikacyjnej przestrzeni pogranicza od strony podmiotów współtworzących jego codzienność z uwzględnieniem opisów kontekstów zachowania związanego z komunikowaniem kulturowej swojskości i obcości. Następstwem takiego podejścia do unikatowości pogranicza jest, jak pisze Jerzy Nikitorowicz: „możliwość zauważenia się, zainteresowania sobą, podjęcia współpracy i współdziałania, ustawicznego odkrywania i doświadczania siebie, dialogowania i negocjowania, przy jednoczesnym kreowaniu umiejętności obrony i ochrony własnych wzorców i wartości. (...), co umożliwia i uruchamia proces kreowania się człowieka wielowymiarowego, człowieka ustawicznie kształtującego umiejętności funkcjonowania na pograniczach społecznych, kulturowych, intelektualnych, psychicznych, artystycznych czy politycznych. Istotą fenomenu pogranicza jest więc zaangażowanie w poznanie innych, co wiąże się z lepszym rozumieniem siebie, z jednoczesną rezygnacją z obojętności wobec innych czy odrzuceniem komunikacji z nimi” [12].

Takie podejście do zagadnienia, dostarczające wiedzy teoretycznej weryfikowanej drogą badań empirycznych, ułatwia uczestnikom relacji międzyludzkich na obszarze pogranicza nie tylko dostrzeżenie zróżnicowania kulturowego swojego terytorium, ale – co ważniejsze – pozwala lepiej zrozumieć złożoność procesów towarzyszących kontaktom interkulturowym i komunikacji międzykulturowej. Problem ten wyczerpująco opisałem w monografii *Komunikacja międzykulturowa a stereotypy. Polacy – Niemcy – Rosjanie* [5], tutaj przywołam jedynie te konstatacje, które w moim przekonaniu są szczególnie istotne dla komunikowania międzykulturowego w rejonie pogranicza, rozpatrywanego w kontekście ludzkiego spotkania (proces współdziałania dwóch indywidualności, dwóch pozycji sytuacyjnych, dwóch tożsamości), w którego rezultacie przejawia się, wzmacnia lub zanika wzajemne zrozumienie. W tym zakresie potencjał edukacyjny pogranicza „przejawia się przez

wspieranie procesów zakorzenienia w kulturze rodzimej, sytuowania w świecie społeczności lokalnych i jednocześnie odkrywania i umożliwiania przekraczanie granic świata zakorzenienia, zauważania innych z ich historią, różnicami i podobieństwami, uświadamiania specyfiki odrębności i jednocześnie wspólnego dziedzictwa (...)” [12]. Efektywność tego procesu zależy od pewnych czynników pośredniczących, tj. ułatwiających bądź utrudniających proces porozumiewania się. Czynniki te charakteryzują poziom wiedzy i umiejętności jego uczestników. Szczególnie istotna jest tutaj wiedza z zakresu znajomości systemu faktów innej kultury, doświadczenie w zakresie jej odbioru, analizy, porównania i oceny oraz doświadczenia w zakresie emocjonalnego, uczuciowego stosunku do faktów kultury. Tylko na tej podstawie możliwy jest rozwój umiejętności stwarzających szansę pogłębionej interpretacji różnorodnych wartości kulturowych; pokonywania granic dzielących kultury, dostrzegania w obcym/innym nie tylko tego, co nas różni, lecz również tego, co zbliża i jednoczy; spojrzenia na wydarzenia i ich uczestników nie tylko ze swojego punktu widzenia, ale też z pozycji innej kultury i rozumienia wewnętrznych motywów wydarzeń; zmiany samooceny w rezultacie poznania cudzej kultury i odstępowania od funkcjonujących wcześniej stereotypów lub iluzorycznych wyobrażeń; dostrzegania detali, ważnych dla zrozumienia sensu zjawiska/kultury; zauważania elementów stałych i zmiennych w kulturze; dostrzegania tego, co śmieszne w kulturze rodzimej i innej; syntetyzowania i uogólniania swoich osobistych doświadczeń wynikających z kontaktów z innymi.

Wskazana wiedza i umiejętności oraz kryjące się za nimi postawy są szczególnie istotne na płaszczyźnie dialogu osób reprezentujących różne kultury, które w rezultacie historycznych uwarunkowań i współczesnych okoliczności współżycia są zmuszone do częstych i bliskich kontaktów oraz interakcji. Są one bowiem niezbędnym elementem składowym szczególnej dyspozycji jednostek lub grup społecznych, którą za Krzysztofem Wieleckim [16] nazywam kompetencją do komunikowania międzykulturowego, a która polega na umiejętności podejmowania działań mających na celu nawiązanie kontaktów pomiędzy przedstawicielami różnych kultur dla ich wzajemnego poznania w poszanowaniu cudzej tożsamości kulturowej i przekonaniu, że kultura rodzima może zyskać w kontakcie z innymi kulturami. Ten szczególny rodzaj kompetencji dotyczy z jednej strony człowieka i jego stosunku do samego siebie oraz jego powiązań z własną kulturą, z drugiej strony zaś – jego relacji z odmiennymi grupami społecznymi i kulturowymi mieszkającymi po sąsiedzku. W związku z tym dalej proponuję spojrzenie na wzajemne polsko-niemieckie relacje w rejonie pogranicza z perspektywy możliwości wzajemnego zrozumienia, kształtującego wrażliwość dostrzegania i interpretowania odmienności.

Dla poprawy interakcji międzykulturowych zachodzących na omawianym obszarze, lepszego zrozumienia myśli jego polsko- i niemieckojęzycznych mieszkańców, ich systemu wartości i intencji podejmowanych przez nich działań konieczne jest zatem spełnienie trzech następujących warunków:

- uświadomienie sobie wspólnoty, zależności jednej kultury od drugiej,
- poszanowanie i zrozumienie cudzych wartości,
- nawiązanie więzi emocjonalnej, rozumienie różnych kontekstów komunikacyjnych i gotowość do prowadzenia dialogu.

W tym momencie dochodzimy do bardzo istotnego zagadnienia, jakim jest kształtowanie przestrzeni interkulturowej jako obszaru ustawicznych transgresji, w którym zachodzi proces świadomie budowanej tożsamości pogranicza. Najbardziej istotnymi składowymi tego procesu jest łagodzenie napięć i sprzeczności pomiędzy elementami stałymi, wynikającymi z socjalizacji w rodzimej społeczności lokalnej, identyfikacji z nią i jej symbolami, a elementami zmiennymi uświadamianymi sobie i nabywanymi z doświadczeń i przeżyć w relacjach z przedstawicielami innych kultur. Z tego trudu podejmowanego przez społeczności pogranicza wynikają dwie korzyści: po pierwsze, „wzrost umiejętności komunikacyjnych, przewyciężanie stresów w kontakcie z ludźmi innych kultur oraz łatwiejsze dostosowanie się do warunków obcych kulturowo; lepsze poznanie samego siebie poprzez zrozumienie wpływu, jaki wywiera na nas nasza własna kultura; po drugie – lepsze zrozumienie innych kultur” [17]. Zatem pogranicze jako uwarunkowana kulturowo przestrzeń społeczna stwarza niepowtarzalną możliwość doświadczania odmienności, która nie tylko jest źródłem wiedzy i wynikających z niej nieuchronnych porównań, ale też pobudza do refleksji nad rozumieniem samego siebie na tle inności i tego, jak inność tę odbierać w relacji do nas samych.

Aby zainicjować taki dialog, niezbędny jest odpowiedni poziom wiedzy na temat tła historycznego i kontekstu kulturowego obszarów leżących po polskiej i niemieckiej stronie Odry, przy granicy wytyczonej przez polityków zaledwie 77 lat temu, która przez długi czas ufortyfikowana zasiekami bardzo ostro oddzielała Polskę i Niemcy, a od 2004 r. po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej jest do siebie dawnej zupełnie niepodobna; zamiast linii demarkacyjnej stała się jedynie miejscem na mapie wskazującym, gdzie kończy się jedno, a zaczyna drugie państwo. Pograniczne polsko-niemieckie doczekało się dziś fachowego, historycznego i pozbawionego ideologii opisu oraz szeregu badań prowadzonych m.in. przez historyków, historyków sztuki, politologów, socjologów, ekonomistów, kulturoznawców, literaturoznawców i językoznawców z Polski i Niemiec. Kiedy dziś bada

się pogranicze w rejonie Nadodrza, trzeba skonstatować wielorakie możliwości spojrzenia na ten obszar. Dla każdego naukowca, niezależnie od jego perspektywy badawczej, w zasobach bibliotecznych dostępne są wieloaspektowe analizy omawianego terenu w kontekście zagadnień społeczno-gospodarczych (geografia gospodarcza, osadnictwo i demografia, etnografia), prawnoustrojowych, kultury umysłowej i artystycznej (historia nauki i literatury, historia szkolnictwa wyższego i oświaty, historia sztuki, historia książki i prasy), kościołów i wyznań oraz regionów i miejscowości. Bibliografia na ten temat jest bardzo bogata, a jej prezentacja w postaci jedynie wykazu tematów badawczych i ich autorów zajmuje aż ok. 40 stron opracowania *Bibliografia Pomorza Wschodniego i Zachodniego* [18]. Relacje polsko-niemieckie i niemiecko-polskie w zamieszczonych w powyższym wydaniu tekstach przedstawione są w szerokim spektrum zagadnień, odnoszących się zarówno do zaszłości historycznych, konfliktów, koegzystencji, wzajemnego przenikania się języków, kultur i tradycji, jak i niełatwych spraw teraźniejszości, ciążących na polsko-niemieckich stosunkach w rejonie Nadodrza, wynikających z otwarcia granicy, a przede wszystkim z barier językowo-komunikacyjnych, mentalno-obyczajowych i administracyjno-prawnych.

Możliwości pogłębionej refleksji nad zagadnieniami tożsamości mieszkańców pogranicza polsko-niemieckiego, ich odmienności, kształtowania postaw opartych na wzajemnym szacunku i tolerancji dostarcza również literatura, szczególnie literackie teksty wspomnieniowe, w których autorzy w bardzo intymnym nieraz wyznaniu opowiadają o faktach i zdarzeniach, o odczuwaniu siebie w rzeczywistości zewnętrznej. Pobudzają tym samym nie tylko do weryfikacji wyznawanych przekonań i przyjmowanych postaw, spojrzenia na siebie z pewnego dystansu, ale też do doświadczenia odmiennej interpretacji zdarzeń i systemu wartości. Współczesna literatura pogranicza już nie definiuje tożsamości indywidualnej i kulturowej tak jednoznacznie i jednorodnie. Odpowiedzi na pytania o pochodzenie i wynikające z niego związki z innymi są bardziej wielowarstwowe, akcentują problemy dotychczas dość powszechnie skrywane lub niedostrzegane, których przedstawiciele danej kultury pogranicza nigdy sobie nie uświadamiali lub o nich zapomnieli, albo pamiętali, ale nie umieli ich odczytać. Teksty literatury są nośnikami pamięci zbiorowej. Wielu autorów opisuje stosunki z przeszłością ustanowione bądź przez ich osobiste wspomnienia, jakie zachowali w swojej pamięci, bądź przez opisanie relacji zachowanych w pamięci innych. W tym kontekście pamięć to także miejsce, obszar, wydzielona przestrzeń, które są niezbędne do umieszczenia lub przechowania w nich istotnych dla jednostki lub całej grupy społecznej informacji, wspomnień i emocji. Pamięć i miejsce/przestrzeń są ze sobą związane na poziomie tekstologicznym, a związek

ten, jak piszą Paweł Nowak i Adam Siwiec [19], może być traktowany jako „swego rodzaju *modus dicendi*”, czyli sposób mówienia o świecie z przywoływaniem zwłaszcza kolokacji pamięci i historii.

Jeśli mówimy o polsko- i niemieckojęzycznej literaturze pogranicza, to mamy do czynienia z dwiema perspektywami przekazywania zmagazynowanej wiedzy i doświadczeń, a mianowicie z perspektywą zwyciężonych i zwycięzców. Elementem wspólnym obu perspektyw są pytania o tożsamość pogranicza, bardzo silnie zmodyfikowaną w następstwie II wojny światowej. Powojenne dzieje tego regionu i jego nowych mieszkańców opisywane są przez wielu autorów powieści i opowiadań. W niniejszym opracowaniu nie aspiruję do ich całościowego i wielopłaszczyznowego omówienia. Skupię jedynie uwagę na krótkiej prezentacji spojrzenia na to zagadnienie z perspektywy autora niemieckiego i polskiego, akcentując jedynie te aspekty, które mimo zasadniczych różnic, wynikających z przyjętej perspektywy opisu losów bohaterów, są zbliżone z punktu widzenia pamięci o przeszłości, miejscach, ludziach i zdarzeniach, próby konstytuowania świadomości i tożsamości wokół tego, co kiedyś, i tego, co dziś.

Rozważania o miejscu, ludziach i zdarzeniach na niemieckim obszarze pogranicza podejmuje Arno Surminski w powieści *Kein schöner Land* (1993 r.) [21]. Ten urodzony w 1934 r. w małej mazurskiej wiosce Jäglack współczesny pisarz niemiecki w swoich tekstach porusza problemy wschodniopruskie. W powieści z nostalgią opisuje losy rodziny, która żyje na terenie Prus Wschodnich do momentu wkroczenia na ten obszar Armii Czerwonej, a po utraceniu ojczyzny próbuje odnaleźć swoje miejsce na obszarze leżącym tuż za zachodnim brzegiem Odry.

O tym, co się działo u kresu wojny i w okresie powojennym na obszarze włączonym do terytorium Polski, pisze Piotr Oleksy – polski historyk i publicysta – w swojej historii pt. *Wyspy odzyskane. Wolin i nieznany archipeląg* (2021 r.) [21]. Opisani w książce bohaterowie, zajmujący miejsce tych, którzy z tych terenów odeszli, przywozili ze sobą pamięć własnych miejsc utraconych, a układając sobie życie, zmuszeni byli radzić sobie ze skomplikowaną i niestabilną rzeczywistością dnia codziennego.

W obu tekstach mimo różnicy językowej i wspomnianej odmiennej perspektywy narracji mamy do czynienia z motywem wędrówki ich bohaterów, których wspomnienia są sumą losów przesiedleńców i uchodźców z ich pytaniem: „Gdzie jest moja ojczyzna?”, zakończonym rozpoznaniem tożsamościowym. Oba teksty opisują stratę, nostalgię i tęsknotę za tym, co utracone, ale też pewne uwiedzenie metafizyką krajobrazu nowego miejsca, potrzebą przyswojenia obcego krajobrazu jako nośnika identyfikacji z nim i zakorzenienia w przestrzeni.

Trudno jednoznacznie rozstrzygnąć, w jakim stopniu wymienione wyżej przykłady literatury pogranicza oraz wiele im podobnych mogą wpływać na tworzenie nowej jakości w polskim i niemieckim oglądzie wspólnej historii terenów transgranicznych. Osobiście mam wrażenie, że stanowią cenny wkład w rozwój refleksji nad zbiorowością tego terytorium. Otwierają bowiem drogę do analiz tego zagadnienia w kontekście powstawania i funkcjonowania tożsamości terytorialnej, dla której ważną kategorią jest kwestia więzi społecznych. Kategorię tę do dyskursu naukowego wprowadził u schyłku XIX w. Ferdinand Tönnis, a rozwinął i uwspółcześnił natomiast Max Weber [22]. W swoich rozważaniach ten niemiecki socjolog koncentrował się na dwoistości osobowości ludzkiej, którą nazywał wolą. Jego zdaniem to właśnie wola jest przyczyną powstawania i utrzymywania relacji społecznych uwikłanych w typologię *Gemeinschaft* vs *Gesellschaft*. W przypadku pierwszym mamy do czynienia ze spontanicznym, wpływającym z subiektywnego stosunku wspólnotowego, kształtowaniem się relacji międzyludzkich, opartych na emocjach i tradycyjnym poczuciu przynależności do określonej zbiorowości. *Gesellschaft* natomiast to typ zbiorowości, w której powstawanie i utrzymywanie stosunków międzygrupowych zależy od umowy społecznej, będącej następstwem działań społecznych, motywowanych racjonalnie i zmierzających do wymiany określonych korzyści drogą kompromisu lub połączenia interesów.

Współczesne stosunki międzykulturowe na obszarze polsko-niemieckiego pogranicza są kompilacją obu powyższych typów i odwzorowaniem historycznie nawarstwiającej się problematyki historyczno-kulturowej i polityczno-gospodarczej regionu. Regionalna polska i niemiecka administracja, uczelnie wyższe oraz liczne instytucje pozarządowe aktywne po obu stronach granicy postulują i propagują praktykę społeczną sprzyjającą tworzeniu wspólnej dla mieszkańców obu stron granicy przestrzeni publicznej i ich aktywizację poprzez zaangażowanie i współdziałanie w realizacji wspólnych celów oraz tworzeniu i podtrzymywaniu świadomości wspólnotowej.

Ważnym krokiem w tym kontekście, w moim przekonaniu, jest idea zakończona w maju 2021 r. wdrożeniem do realizacji projektu *Morze – Pomorze – Pogranicze – miejscem polsko-niemieckiego dialogu*. Celem przedsięwzięcia skierowanego do studentów i pracowników naukowych uczelni oraz jednostek oświatowych aktywnych w rejonie pogranicza jest organizacja m.in. szkół letnich i warsztatów oraz konferencji i seminariów naukowych. Jego liderem jest Uniwersytet Szczeciński, partnerami Europejski Uniwersytet Viadrina we Frankfurcie nad Odrą, Muzeum Miejskie w Schwedt, a partnerami wspierającymi:

Instytut Historyczny Uniwersytetu w Greifswaldzie, Pomorskie Muzeum Krajowe w Greifswaldzie oraz Muzeum Archeologiczno-Historyczne w Stargardzie.

Uważam, że interesującym obszarem współpracy, a jednocześnie wyzwaniem edukacyjnym jest i projekt zwieńczony niniejszą monografią. Celem projektu INT190 MoRE *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin* jest stworzenie metodycznych i praktycznych wzorców promocji wykorzystywania OZE w życiu codziennym, wskazanie potrzeby przeprowadzenia transformacji energetycznej na poziomie lokalnym i globalnym, kształtowanie akceptacji społeczności transgranicznej dla przemian energetycznych. Kluczowa dla projektu jest organizacja wydarzeń kierowanych do młodzieży szkolnej z regionu pogranicza – województwa zachodniopomorskiego oraz Meklemburgii-Pomorza Przedniego i Brandenburgii. Dla miejscowej młodzieży jest to nie tylko okazja do spotkania z grupą rówieśniczą z zagranicy, ale też próba nowego rozpoznania własnej okolicy, być może również dostrzeżenia w niej ukrytego wcześniej uroku, a także szansą podniesienia świadomości, która zamanifestuje się proekologicznymi wspólnymi działaniami na rzecz ochrony rodzimego środowiska i krajobrazu.

Problem związku krajobrazu przyrodniczego i kulturowego ze świadomością zbiorową ciekawie rozwijają inicjatorzy stowarzyszenia Denkmal Pomorze, które ma swoją siedzibę w Szczecinie i działa po polskiej stronie pogranicza od 2020 r. Stowarzyszenie to jest szczególnie zainteresowane spuścizną kulturową Pomorza Zachodniego, które przez wieki było terytorium polsko-niemieckiej koegzystencji, pogranicza etnicznego, kulturowego i narodowego. Głównym celem działań stowarzyszenia jest odkrywanie i zachowywanie tych miejsc krajobrazu, w których przeplatają się polskie i niemieckie wpływy kulturowe, miejsc, w których szczególnie wyraźnie widać ślady niemieckiego dziedzictwa kulturowego. Aktywność stowarzyszenia koncentruje się wokół ochrony zabytków i propagowania wiedzy o dziejach i kulturze regionu pomorskiego ze szczególnym naciskiem na zabytki sztuki sepulkralnej. Dzięki niej do ukształtowanego i przyswojonego w świadomości polskich mieszkańców obrazu krajobrazu przyrodniczego i kulturowego Pomorza Zachodniego przenika refleksja historyczna – jest on spuścizną doświadczeń i osiągnięć poprzednich pokoleń. Przyzwyczajeni na co dzień do życia w społeczności jednokulturowej możemy dzięki akcjom podejmowanym przez Denkmal Pomorze dokonywać reanimacji pamięci, tak by tradycja niemieckiej obecności na ziemiach Pomorza Zachodniego położonych na wschód od Odry przestała wywoływać niepokój bądź być tabu, lecz mogła stać się pozytywnym czynnikiem wzbogacenia naszej świadomości kulturowej.

Ważnym krokiem w rozwoju lokalnych wspólnot pogranicza są formy współpracy ukierunkowane na rozwój gospodarczy i ekonomiczny regionu oraz rozbudowywanie transgranicznych kontaktów na poziomie biznesu. Zarówno po polskiej, jak i niemieckiej stronie granicy jest duże zapotrzebowanie na ludzi dobrze wykształconych, innowacyjnych i przedsiębiorczych, umiejących inicjować nowe idee, których wdrożenie podniesie poziom rozwoju gospodarczego i warunki życia w międzykulturowej przestrzeni transgranicznej. Pomoc w tym zakresie okazuje Centrum Usługowo-Doradczego SBC. Jest to jedno z dziesięciu transgranicznych centrów usługowo-doradczych działających na terenie Brandenburgii, Pomorza Przedniego i województwa zachodniopomorskiego. Zadaniem centrum jest pomoc małym i średnim przedsiębiorcom polskim w nawiązywaniu kontaktów z partnerami z Marchii Odrzańskiej, niemieckim podmiotom gospodarczym zaś ułatwianie poszukiwania partnerów z Polski.

Podsumowanie

Zarówno wskazane wyżej projekty, jak i wiele podobnych inicjatyw polskiej i niemieckiej administracji regionów przygranicznych, koncepcje badawcze podejmowane przez uczelnie wyższe, a także pomysły wdrażane przez pozarządowe organizacje społeczne i stowarzyszenia wnoszą ważny wkład w rozwój poczucia przynależności do przestrzeni pogranicza, kształtowania symbolicznych wyobrażeń o grupie własnej i innej, dostrzegania nie tylko różnic kulturowych, ale też procesów przenikania się symboli, idei i wartości wyrażanych w czynnościach zwyczajowych, obyczajowości, kulturze materialnej, które z kolei mogą stanowić determinantę w relacjach politycznych, społecznych i ekonomicznych. Przywołane wcześniej przykłady wskazują, że próby kreowania stanów świadomości o pograniczu polsko-niemieckim jako wspólnej przestrzeni przebiegają w kilku nurtach. Jednym z nich jest nurt działań lokalnych, którego celem jest proces kształtowania wspólnoty na terenie pogranicza oraz powiązany z nim nurt socjologiczno-psychologiczny, dla którego zasadniczą kwestią są działania podnoszące świadomość i identyfikację z zamieszkiwanym terytorium. Istotną rolę ogrywają także przedsięwzięcia podejmowane w ramach układu sieciowego, dla którego elementem podstawowym jest interakcyjny kontakt społeczny. W wysiłkach ukierunkowanych na rozwój procesów integracyjnych akcentowana jest również potrzeba działań na rzecz przystosowania się populacji pogranicza do środowiska przyrodniczego, w szczególności podejmowania proekologicznych i ochronnych działań na rzecz środowiska naturalnego.

W moim przekonaniu pozytywną konsekwencją takich działań są społecznie pożyteczne i dość już powszechne zjawiska integracji społecznej na polsko-

niemieckim pograniczu. Dostrzegam je nie tylko w tym, że wiele sklepów tego obszaru wywiesza dwujęzyczne szyldy, ale również w tym, że coraz częściej spotykamy tu dwujęzyczne przedszkola i szkoły. Są one oczywiście ważną konsekwencją świadomości współuczestnictwa dobrze już rozwiniętej wśród polskiej i niemieckiej populacji regionu. Świadomość ta uspołecznia i pełni funkcję wyzwalającą z socjalizacji i enkulturacji, kształtuje wrażliwość dostrzegania i interpretowania odmienności, pobudza do wykraczania poza *status quo*, do wyzwalań twórczych działań i podejmowania wspólnych inicjatyw w poszukiwaniu nowych jakości w relacjach polsko-niemieckich, nowych form współpracy i nowych sposobów osiągania postawionych w jej ramach celów.

Bibliografia

1. Słownik języka polskiego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998, s. 149–150.
2. Morawska I., Pamięć i przestrzeń jako wyzwanie edukacyjne, [w:] D. Staszczuk, A. Szymańska (red.), Pamięć i miejsce. Doświadczenie przeszłości na pograniczu, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Chełm 2008.
3. Lewicka M., Psychologia miejsca, Scholar, Warszawa 2012.
4. Budzik T., Przestrzeń jako składnik tożsamości w świecie globalizacji, „Historia – Kultura – Globalizacja”, 2012, 11, 13–27.
5. Tuan Y., Przestrzeń i miejsce, PIW, Warszawa 1987.
6. Libura H., Percepcja przestrzeni miejskiej, Stanisław Kryciński, Warszawa 1990.
7. Angutek D., Kulturowe wymiary krajobrazu. Antropologiczna wizytówka przyrody na górze: od teorii do empirii, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2013.
8. Bierwiazonek K., Nawrocki T., Przestrzeń publiczna to tożsamość, miasta i tożsamości, [w:] K. Bierwiazonek, M. Dymnicka, K. Kajdanek, T. Nawrocki (red.), Miasto, przestrzeń, tożsamość. Studium trzech miast Gdańsk, Gliwice, Wrocław, Scholar, Warszawa 2017.
9. Nikitorowicz J., Edukacja regionalna i międzykulturowa, Wydawnictwo Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2009.
10. Babiński G., Pogranicze etniczne i kulturowe, [w:] M. Malikowski, D. Wojakowski (red.), Między Polską a Ukrainą. Pogranicze – przygotowanie, współpraca regionalna, Wydawnictwo Mana, Rzeszów 1999.
11. Sadowski A., Pogranicze polsko-białoruskie. Tożsamość mieszkańców, Trans Humana, Białystok 1995.
12. Nikitorowicz J., Pogranicze, tożsamość, edukacja międzykulturowa, Trans Humana, Białystok 1995.
13. Woźniak R.B., Obraz Niemiec i Niemców w świadomości polskiej pogranicza. Poszukiwanie drogi ku integracji, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1997.
14. Straczuk J., Kulturowe zróżnicowanie pogranicza – koncepcje badawcze, Oblicza lokalności: konkluzje i czasu, Wydawnictwo IFIS PAN, Warszawa 2006.

15. Michalak A., Społeczności lokalne pogranicza niemiecko-polskiego. Socjologiczne studium uczestnictwa w społeczeństwie Nadodrza, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2012.
16. Wielecki K., Kompetencje do komunikacji międzykulturowej: problemy polityczne i edukacyjne, [w:] A. Kapciak, L. Koprowicz, A. Tyszkowski (red.), Komunikacja międzykulturowa. Zbliżenia i impresje, Instytut Kultury, Warszawa 1995.
17. Gawarkiewicz R., Komunikacja międzykulturowa a stereotyp. Polacy – Niemcy – Rosjanie, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2011.
18. Zaborska U., Biedrzycki A., Bibliografia Pomorza Wschodniego i Zachodniego oraz Krajów Regionu Bałtyku za rok 2007 wraz z uzupełnieniami z lat poprzednich, Towarzystwo Naukowe w Toruniu, Wąbrzeźno 2007, s. 145–182.
19. Nowak P., Siwiec A., Pamięć i jej konceptualizacje w języku i tekstach kultury, [w:] D. Staszczuk, A. Szymańska (red.), Pamięć i miejsce. Doświadczenie przeszłości na pograniczu, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Chełm 2008.
20. Surminski A., Kein schöner Land, Ullstein, Berlin 1993.
21. Oleksy P., Wyspy odzyskane. Archipeląg Wolin i nieznany, Czarne, Wołowiec 2021.
22. Weber M., Gospodarka i Społeczeństwo. Zarys socjologii rozumiejącej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

CZĘŚĆ II

Uwarunkowania prawne transformacji energetycznej

Transformacja energetyczna – europejskie uwarunkowania prawne

Karolina Kurtz-Orecka, Anna Głowacka

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Realizacja w Unii Europejskiej celów klimatycznych na 2030 r. jest kluczowa dla niskoemisyjnej transformacji energetycznej. Działania Unii w tym zakresie prowadzono są wielotorowo.

W 2009 r. przyjęto pakiet regulacji wyznaczający trzy zasadnicze cele przeciwdziałania zmianom klimatu do 2020 r., tzw. pakiet 3 × 20%. Obecne działania UE w tym zakresie stanowią rozszerzenie pakietu 3 × 20% i obejmują cztery cele dla Unii w perspektywie 2030 r. [1, 2] (tzw. pakiet Fit for 55):

- ograniczenie emisji netto gazów cieplarnianych do 2030 r. o 55% w odniesieniu do roku bazowego 1990; cel ten jest wyższy o 15 punktów procentowych w stosunku do poziomu obowiązującego jeszcze w grudniu 2020 r. [3],
- uzyskanie co najmniej 32% udziału odnawialnych źródeł energii w zużyciu finalnym energii brutto,
- wzrost efektywności energetycznej o 32%,
- ukończenie budowy wewnętrznego rynku energii UE.

Powyższe cele są wkładem UE w realizację porozumień klimatycznych. Kluczowe znaczenie dla aktualnej polityki i działań ma zawarte w 2015 r. tzw. porozumienie paryskie, wskazujące na konieczność zatrzymania wzrostu średniej globalnej temperatury na poziomie poniżej 2 °C w odniesieniu do poziomu sprzed epoki przemysłowej, przy czym jako preferowany wskazuje się wzrost do 1,5 °C. W 2019 r. Unia Europejska wprowadziła pakiet regulacji *Czysta energia dla wszystkich Europejczyków*, który określa sposób realizacji wspólnotowych celów klimatyczno-energetycznych do 2030 r. i ma przyczynić się do wdrożenia unii energetycznej oraz budowy jednolitego rynku energii UE [4]. W tym samym roku ogłoszono również inicjatywę pn. Europejski zielony ład, której przewodnim celem jest osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r. Inicjatywa obejmuje 10 priorytetów, z których aż 7 bezpośrednio lub niemal bezpośrednio wpisuje się w narrację nieuniknionej transformacji energetycznej oraz zwiększenia poszanowania środowiska, są to [4]:

- neutralność klimatyczna Europy,

- gospodarka o obiegu zamkniętym,
- renowacja istniejących zasobów budowlanych,
- zero zanieczyszczeń,
- ekosystemy i bioróżnorodność,
- zrównoważone rolnictwo (i zdrowa żywność),
- zrównoważony transport.

Polityka UE w zakresie ochrony zdrowia obywateli przez dążenie do zapewnienia czystego powietrza określa unijne normy jakości powietrza, wymogi ochrony środowiska w poszczególnych sektorach odpowiedzialnych za emisję, jak również wdraża międzynarodowe zobowiązania UE w dziedzinie zanieczyszczenia powietrza. Działania UE opierają się na trzech głównych filarach [5], obejmujących:

- normy jakości powietrza atmosferycznego,
- krajowe cele redukcji emisji,
- normy emisji dotyczące najważniejszych źródeł zanieczyszczenia.

Do najważniejszych aktów prawnych UE, dotyczących bezpośrednio emisji zanieczyszczeń powietrza z poszczególnych źródeł, należą:

- dyrektywa w sprawie jakości powietrza i czystego powietrza dla Europy [1],
- dyrektywa w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych [6],
- dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych [6],
- dyrektywa w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania [7].

Istotnym uzupełnieniem wskazanej listy są:

- rozporządzenie w sprawie emisji z pojazdów Euro 5 i Euro 6 [8] oraz inne dyrektywy z obszaru transportu, w tym w sprawie pojazdów ciężkich,
- dyrektywa w sprawie ekoprojektu [9] wraz z rozporządzeniami wykonawczymi w odniesieniu do ogrzewania i chłodzenia budynków,
- dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [9, 10],
- dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej [5],
- zbiór inicjatyw UE – Europejski zielony ład.

Dyrektywa w sprawie jakości powietrza [11] określa wspólne dla państw członkowskich dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w miejscach ich występowania. W tabeli 1 porównano dopuszczalny poziom wybranych czynników zanieczyszczenia określony w dyrektywie [11] z wytycznymi WHO.

Poziom emisji krajowych oraz zobowiązanie do redukcji emisji SO₂, NO_x, NMLZO, NH₃ i PM_{2,5} do 2030 r. w stosunku do wartości odniesienia określonych w 2005 r. reguluje dyrektywa w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych

rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych [6]. Dyrektywa zobowiązuje również państwa członkowskie do przyjęcia i wdrożenia krajowych programów redukcji zanieczyszczenia powietrza w celu wypełnienia ich zobowiązań w zakresie redukcji, ustanowienia sankcji w celu zapewnienia zgodności i corocznego raportowania emisji.

Tab. 1. Normy jakości powietrza obowiązujące w UE w zestawieniu z wytycznymi WHO [11]

Czynnik zanieczyszczenia	Przedział czasu	Wytyczne WHO [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Dopuszczalne wartości w dyrektywie UE w sprawie jakości powietrza, [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Liczba przypadków w roku, kiedy można przekroczyć normy unijne
NO ₂	1 rok	40	40	–
	1 h	200	200	18
O ₃	8 h	100	120	25
PM ₁₀	1 rok	20	40	–
	24 h	50	50	35
PM _{2,5}	1 rok	10	25	–
	24 h	25	25	–
SO ₂	24 h	20	125	3
	1 h	–	350	24
	10 min	500	–	–

Dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych [12] została wprowadzona, aby zapobiegać zanieczyszczeniom z działalności przemysłowej oraz ograniczać i eliminować je w jak największym stopniu. Dyrektywa wskazuje na pierwszeństwo interwencji u źródła zanieczyszczenia, w wyniku czego ok. 50 tys. obiektów przemysłowych na terenie UE musi uzyskać zezwolenie na eksploatację, udzielane przez krajowe organy państw Wspólnoty, oraz stosować najlepsze dostępne techniki (BAT). W odniesieniu do dużych obiektów przemysłowych, tj. użytkujących źródła o całkowitej nominalnej mocy cieplnej dostarczonej w paliwie (tzw. energii chemicznej) wynoszącej 50 MW lub więcej (ok. 3,5 tys. obiektów), dyrektywa precyzuje przepisy dotyczące spalania paliw, jak również prerogatywę odnowienia zezwolenia na eksploatację do 2021 r.

Dyrektywa w sprawie źródeł o średniej mocy [7] dotyczy głównie obiektów o nominalnej mocy cieplnej w zakresie 1÷50 MW niezależnie od wykorzystywanego przez nie paliwa i stanowi wypełnienie programu *Czyste powietrze dla*

Europy [13]. Zapisy dyrektywy uwzględniły także substancje pozostające dotąd poza wymogami unijnymi, takie jak rtęć (Hg), chlorowodór (HCl), fluorowodór (HF) oraz amoniak (NH₃). Ujęcie ich na liście regulowanych emisji powinno znaleźć odzwierciedlenie we wzroście nakładów inwestycyjnych na montaż urządzeń ochrony środowiska w instalacjach spalających węgiel.

Poprawa efektywności energetycznej i osiągnięcie obowiązujących norm środowiskowych źródeł wiążą się bezpośrednio z zapotrzebowaniem na moc ciepłą/chłodniczą odbiorców końcowych, które kształtowane jest głównie przez stan techniczny zasobów budowlanych i ich wyposażenia. Z uwagi na znaczące zapotrzebowanie na energię w sektorze budowlanym, który jest odpowiedzialny za blisko 40% zużycia energii w skali UE oraz ok. 36% emisji zanieczyszczeń [14], regulacje klimatyczno-środowiskowe dotyczą również tego obszaru. Dyrektywa (2002) o charakterystyce energetycznej budynków [1] miała za zadanie podnieść poziom świadomości społecznej w zakresie energochłonności zasobów budowlanych oraz efektywniejszej kosztowo i środowiskowo możliwości ich modernizacji [1]. Wprowadziła system oceny i certyfikacji energetycznej budynków oraz ich systemów technicznych, w tym system inspekcji kotłów i instalacji wentylacji/klimatyzacji. W 2010 r. na kolejnym etapie [14] określono wymagania energetyczne obowiązujące wszystkie nowe budynki, zakładające poziom niemal zerowego zużycia energii pierwotnej (*nearly Zero-Energy Buildings*, nZEB), który oznacza bardzo surowe wymagania energetyczne obiektów, w których znaczna część energii powinna pochodzić ze źródeł odnawialnych. W 2018 r. [10] wprowadzono m.in. konieczność opracowania i wdrożenia strategii (termo)renowacji istniejących zasobów, tak aby do 2050 r. osiągnąć ich wysoką efektywność energetyczną odpowiadającą standardowi nZEB. Wdrożenie kolejnych nowel dyrektywy będzie miało bezpośrednie przełożenie na systemy ciepłownicze/chłodnicze i w konsekwencji na zapotrzebowanie nie tylko na niskoemisyjne źródła energii, ale również nowoczesne systemy ciepłownicze dostarczające niskotemperaturowego czynnika grzewczego.

Europejski zielony ład [15] wprowadził w 2020 r. dwie strategie: *Integrację sektorów energii* oraz *Falę renowacji*. W strategii *Integracja sektorów energii* (*EU Strategy on Energy System Integration*) [15] wskazano, że z uwagi na brak zakładanej efektywności redukcji emisji w dotychczas wykorzystywanego modelu powiązania zużycia energii pierwotnej w transporcie, przemyśle oraz budynkach z rozdzielną infrastrukturą i *de facto* brak powiązania go z łańcuchami wartości – konieczna jest integracja systemu energetycznego UE. Działanie to pozwoli na wprowadzenie globalnego planowania i obsługi

systemu jako całości, łączącej różne nośniki energii, infrastrukturę oraz sektory zużycia energii. Tak połączony i elastyczny system będzie wydajniejszy i zmniejszy koszty ponoszone przez społeczeństwo. Z perspektywy zaspokajania potrzeb grzewczych/chłodniczych warto zwrócić uwagę na elementy tej strategii określające, że:

- system energetyczny ma funkcjonować w obiegu zamkniętym, którego podstawą jest efektywność energetyczna, co w praktyce ma się przejawiać efektywniejszym wykorzystaniem lokalnych źródeł energii,
- istnieje znaczny potencjał w zakresie ponownego wykorzystania ciepła odpadowego z zakładów przemysłowych, centrów danych lub innych źródeł oraz energii wytwarzanej z bioodpadów lub w oczyszczalniach ścieków,
- niezbędna jest większa bezpośrednia elektryfikacja sektorów końcowych, która wynika z tego, że w podsektorze energii elektrycznej funkcjonuje najwięcej odnawialnych źródeł energii, a tym samym należy w miarę możliwości coraz częściej wykorzystywać energię elektryczną w systemach zasilania obiektów budowlanych.

W sektorach, w których elektryfikacja jest trudna, strategia promuje czyste paliwa, w tym odnawialny wodór oraz zrównoważone biopaliwa i biogaz. Należy też zwrócić uwagę, że gaz ziemny w transformacji energetycznej będzie traktowany jako paliwo przejściowe, które docelowo zostanie zastąpione źródłami bazującymi na energii odnawialnej lub tzw. czystymi paliwami. W *Strategii integracji sektorów* zadeklarowano także wprowadzenie nowego systemu klasyfikacji i certyfikacji paliw odnawialnych i niskoemisyjnych. Ma to szczególne znaczenie w odniesieniu do biomasy, która pomimo swojej odnawialności charakteryzującą się znacznym potencjałem emisji.

Druga strategia Europejskiego zielonego ładu – *Fala renowacji (Renovation Wave Strategy)* jako cel obiera poprawę efektywności energetycznej zasobów budowlanych. Jak oszacowano, 85% budynków w UE zostało wzniesionych w XX w., przy czym przewiduje się, że 85–95% z nich będzie eksploatowanych przez kolejne trzy dekady. Wiek i jakość techniczna istniejących zasobów powodują, że istotnym wyzwaniem w sektorze budownictwa jest ograniczenie zapotrzebowania na energię na potrzeby ogrzewania/chłodzenia pomieszczeń. Dotychczas rocznie poddawano termomodernizacji tylko ok. 1% budynków, dlatego aktualna strategia renowacji zakłada dostosowanie istniejących budynków do współczesnych standardów, tj. standardu nZEB (blisko zeroenergetycznego), prowadzona zaś głęboka termomodernizacja ma być zintensyfikowana i ostatecznie objąć do 2030 r. 35 mln budynków na terenie Wspólnoty.

Realizacja usprawnień głębokiej termomodernizacji wiąże się z koniecznością poniesienia istotnych nakładów inwestycyjnych. W sytuacji, w której prawie 34 mln Europejczyków żyje w stanie ubóstwa energetycznego, niezbędne jest prowadzenie polityki publicznej promującej renowację jako działanie, które ogranicza zapotrzebowanie energetyczne budynków i skutkuje bezpośrednio ograniczeniem kosztów utrzymania obiektu, przy jednoczesnym prowadzeniu programów wsparcia tychże inwestycji.

Strategia *Fala renowacji* wyznacza priorytety w trzech obszarach:

- dekarbonizacji ogrzewania i chłodzenia,
- zwalczania ubóstwa energetycznego,
- zwiększania efektywności energetycznej budynków oraz renowacji budynków użyteczności publicznej, takich jak szkoły, szpitale czy budynki administracyjne.

Z uwagi na bariery obecne w całym procesie renowacji – od audytu/projektu do realizacji – strategia obejmie następujące podstawowe działania [16]:

- zaostrenie przepisów i norm dotyczących charakterystyki energetycznej budynków w celu ustanowienia lepszych zachęt do renowacji w sektorze publicznym i prywatnym, w tym stopniowe wprowadzanie obowiązkowych minimalnych norm charakterystyki energetycznej dla istniejących budynków,
- aktualizacja zasad energetycznego certyfikowania budynków oraz ewentualne rozszerzenie wymagań dla renowacji budynków z sektora publicznego,
- zapewnienie dostępnego i dobrze ukierunkowanego finansowania m.in. przez flagowe programy *Renovate* i *Power-up*, zawarte w instrumencie od budowy i żywotności w ramach Next Generation EU,
- uproszczenie zasad łączenia różnych strumieni finansowania oraz zwiększenie zachęty do finansowania prywatnego,
- zwiększenie zdolności do przygotowywania i wdrażania projektów renowacyjnych, od pomocy technicznej świadczonej na rzecz władz krajowych i lokalnych po szkolenia i rozwój umiejętności pracowników w nowych „zielonych” miejscach pracy,
- poszerzenie rynku zrównoważonych produktów i usług budowlanych, w tym integracja nowych materiałów i rozwiązań opartych na zasobach naturalnych, a także zmiana przepisów dotyczących marketingu produktów budowlanych oraz ponownego wykorzystania i odzysku materiałów,
- stworzenie interdyscyplinarnego projektu pn. *New European Bauhaus*, współkoordynowanego przez komitet doradczy ekspertów zewnętrznych, w tym: naukowców, architektów, projektantów, artystów, planistów i przedstawicieli społeczeństwa obywatelskiego,

- opracowanie systemu zachęt opartych na współpracy sąsiedzkiej dla społeczności lokalnych w celu integracji rozwiązań odnawialnych i cyfrowych oraz tworzenia dzielnic o zerowym zapotrzebowaniu na energię, w których konsumenci stają się prosumentami sprzedającymi energię do sieci.

Strategia obejmuje również inicjatywę Dostępne mieszkalnictwo (*Affordable Housing Initiative*) dla 100 dzielnic. Proponowane rozwiązania niosą ze sobą wiele bezpośrednich korzyści obywatelom UE – poczynając od poprawy jakości powietrza i komfortu termicznego mieszkań po trwale obniżenie kosztów użytkowania budynków. Dzięki energetycznie uwarunkowanym zmianom w sektorze budowlanym przyczynią się również do znaczącej, wielopłaszczyznowej transformacji miast i innych jednostek urbanistycznych, co może stanowić okazję do rozpoczęcia wybiegającego w przyszłość procesu łączenia zrównoważonego rozwoju ze stylem życia.

W omówieniu europejskiej przestrzeni prawnej wpływającej na sektor dostaw energii cieplnej/chłodniczej należy również wspomnieć o dyrektywie w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł energii odnawialnej, potocznie nazywanej dyrektywą OZE [17]. Jej nowelizacja z 2018 r. wprowadziła wiążący dla całej UE cel osiągnięcia do 2030 r. udziału w końcowym zużyciu energii brutto energii z odnawialnych źródeł energii na poziomie minimum 32%. Zgodnie z przyjętymi założeniami corocznie w strumieniu ciepła dostarczanego odbiorcom powinien następować wzrost udziału ciepła generowanego z OZE i ciepła odpadowego na poziomie co najmniej 1,3 punktu procentowego rok do roku lub co najmniej 1,1 punktu procentowego przy uwzględnieniu tylko energii ze źródeł odnawialnych. Wymóg ten z pewnością wspiera proces wdrażania zapisów dyrektywy ustanawiającej warunki funkcjonowania systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych [18]. W myśl tej dyrektywy elektrociepłownie i ciepłownie o mocy nominalnej powyżej 20 MWt rocznie mają prawo do 30% bezpłatnych uprawnień do emisji w latach 2021–2025, po 2025 r. zaś udział ten będzie stopniowo ograniczany. Całkowita liczba uprawnień do emisji wydawanych w UE była rokrocznie zmniejszana o 1,74% w latach 2013–2020, od 2021 r. zaś będzie zmniejszana o 2,2% rocznie. Uchwalono także możliwość przenoszenia uprawnień do emisji pomiędzy instalacjami, liniami lotniczymi i uczestnikami rynku w UE oraz do państw trzecich, w których są one uznawane. Począwszy od 2021 r., 57% uprawnień będzie sprzedawanych na aukcjach, a przynajmniej połowa wpływów z aukcji uzyskiwanych przez państwa UE będzie musiała być przeznaczana na cele związane z przeciwdziałaniem zmianom klimatycznym.

Wprowadzono również dwa mechanizmy finansowania rozwiązań niskoemisyjnych – w postaci funduszu modernizacyjnego oraz funduszu innowacyjnego.

Pierwszy z nich ma za zadanie wsparcie modernizacji w sektorze energii i systemów energetycznych w wybranych państwach UE, które wyłoniono na podstawie algorytmu wysokości produktu krajowego brutto (PKB). Drugi fundusz przeznaczony jest na wsparcie innowacyjnych projektów demonstracyjnych i przełomowych innowacji w sektorach objętych systemem EU ETS, w tym nowatorskich rozwiązań z obszaru odnawialnych źródeł energii, wychwytywania i wykorzystywania dwutlenku węgla oraz magazynowania energii [19].

Wybrane akty prawne Unii Europejskiej dotyczące biomasy obejmują:

- dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz.U.L.328/82),
- dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE,
- strategię *Czysta energia dla wszystkich Europejczyków* (COM (2016) 0860) jako element szerszej strategii unii energetycznej (COM (2015) 0080),
- rezolucję Parlamentu z 5 lutego 2014 r. w sprawie ram polityki w zakresie klimatu i energii do 2030 r. (Dz.U. C 93, 24.3.2017),
- dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z 22 października 2014 r. w sprawie wdrożenia infrastruktury paliw alternatywnych,
- rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami na rzecz klimatu,
- dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2193 z 25 listopada 2015 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania (Dz.U. L 313 z 28.11.2015),
- decyzję wykonawczą komisji 2018/1854 z 27 listopada 2018 r. w sprawie zatwierdzenia dobrowolnego systemu *Lepsza biomasa* w odniesieniu do wykazania spełnienia kryteriów zrównoważonego rozwoju zgodnie z dyrektywami Parlamentu Europejskiego i Rady 98/70/WE oraz 2009/28/WE, Dz.U. L 302/73,
- decyzję Parlamentu Europejskiego i Rady NR 1386/2013/UE z 20 listopada 2013 r. w sprawie ogólnego unijnego programu działań w zakresie środowiska do 2020 r. *Dobra jakość życia z uwzględnieniem ograniczeń naszej planety*.

Bibliografia

1. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2002/91/WE z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, Dz.U.UE.2018.156.75.
3. Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. Streszczenie, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 2021.
4. Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. Załącznik do uchwały nr 22/2021 Rady Ministrów z dnia 2 lutego 2021 r., Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 2021.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. Dz.U.EU.2018.328.210.
6. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (wersja przekształcona), Dz.U.UE.2010.334.17.
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2015/2193 z dnia 25 listopada 2015 r. w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów spalania, Dz.U.UE.2015.313.1.
8. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 595/2009 z dnia 18 czerwca 2009 r. dotyczące homologacji pojazdów silnikowych i silników w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń pochodzących z pojazdów ciężarowych o dużej ładowności (Euro VI) oraz w sprawie dostępu do informacji dotyczących naprawy i obsługi technicznej pojazdów, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 715/2007 i dyrektywę 2007/46/WE oraz uchylające dyrektywy 80/1269/EWG, 2005/55/WE i 2005/78/WE, Dz.U. UE L 188/1.
9. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustalająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią, Dz.U.UE.2009.285.10.
10. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, Dz.U.UE.2018.156.75.
11. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystego powietrza dla Europy, Dz.U.UE.2008.152.1.
12. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (wersja przekształcona), Dz.U.UE.2010.334.17.
13. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Europa, która chroni: czyste powietrze dla wszystkich. Komisja Europejska.
14. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, Dz.U.UE.201.153.1.
15. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pl (dostęp: 25.01.2022).
16. https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en (dostęp: 25.01.2022).

17. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (wersja przekształcona), Dz.U.EU.2018.328.82.
18. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 14 marca 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu wzmocnienia efektywnych pod względem kosztów redukcji emisji oraz inwestycji niskoemisyjnych oraz decyzję (UE) 2015/1814, DZ.U.U.E.2018.76.3.
19. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 14 marca 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2003/87/WE w celu wzmocnienia efektywnych pod względem kosztów redukcji emisji oraz inwestycji niskoemisyjnych oraz decyzję (UE) 2015/1814, DZ.U.U.E.2018.76.3.

Transformacja energetyczna w przepisach prawa niemieckiego

Wojciech Zbaraszewski

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Motywy, tło i regulacje prawne transformacji energetycznej w Niemczech

Niemcy stały się pionierem przekształceń w odnawialnych źródłach energii (OZE) m.in. dzięki transformacji energetycznej (*Energiewende*). Za jej początki można uznać wydarzenia z lat 70. XX w., m.in. kryzys naftowy i debaty o energetyce jądrowej i środowisku [1]. W Niemczech, po części podobnie jak w innych krajach Europy Zachodniej, aktywnie prowadzono debatę dotyczącą bezpieczeństwa energetycznego. W dyskusji uczestniczyli przedstawiciele ruchu antynuklearnego. Wyrażany sprzeciw społeczny uniemożliwił wybudowanie elektrowni jądrowej w Wyhl [2], a wobec zakładów przetwarzania odpadów jądrowych (w Wackersdorf oraz Gorleben) toczyły się poważne spory. Doprowadziło to m.in. do zamknięcia ukończonej w 1985 r., ale nigdy nieuruchomionej elektrowni atomowej w Kalkar [3].

Ekspansja energii odnawialnej rozpoczęła się w 1990 r. wraz z wprowadzeniem ustawy o dostawach energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii do sieci publicznej (*Stromeinspeisungsgesetz*) [4]. Ekspansja znacznie przyspieszyła w 2000 r. dzięki uchwaleniu ustawy odnawialnych źródeł energii (*Erneuerbare-Energien-Gesetz*, EEG), która stała się skutecznym i wydajnym instrumentem promowania OZE w Niemczech [5]. Po 2000 r. nastąpiła w Niemczech znacząca zmiana w postrzeganiu politycznym OZE. O ile wcześniej energia odnawialna była traktowana jako uzupełnienie istniejącego portfela, o tyle po 2000 r. zaczęła być postrzegana przez rząd jako alternatywa dla istniejącego systemu energetycznego [6].

Celem transformacji energetycznej w Niemczech jest przekształcenie istniejącego systemu energetycznego bazującego na paliwach kopalnych i energii jądrowej w zrównoważony system oparty na odnawialnych źródłach energii, co bezpośrednio wpisuje się w rozwiązanie globalnego problemu energetycznego, który uważany jest za główne wyzwanie XXI w. [7]. Transformacja energetyczna w Niemczech obejmuje rozwój energii odnawialnej, zmniejszenie zużycia energii

i poprawę efektywności w jej użytkowaniu. Cele transformacji energetycznej w Niemczech, które wynikają ze strategii przyjętej w 2010 r., zostały ustalone jako:

- zwiększenie udziału OZE w zużyciu energii elektrycznej do 80% do 2050 r.,
- zmniejszenie zużycia energii pierwotnej o 50% w tym samym okresie w porównaniu z 2008 r.,
- zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 80% w zgodzie z celami UE [8, 9].

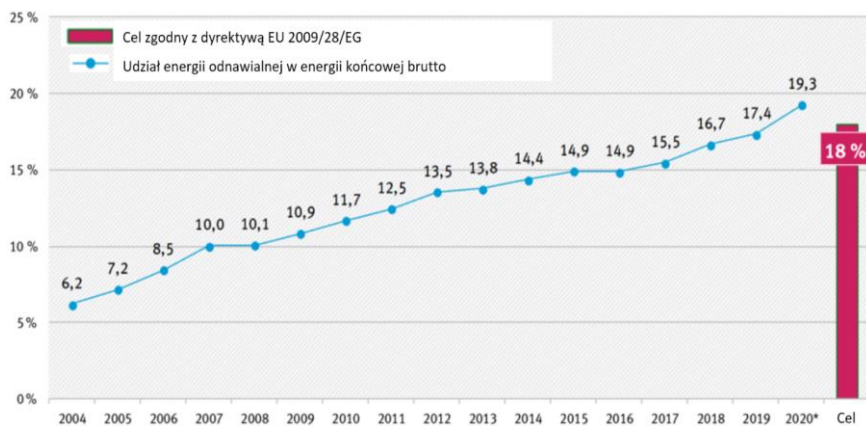
Na bazie wniosków z katastrofy w elektrowni jądrowej w Fukushima w 2011 r. podjęto decyzję o całkowitym wycofaniu się w Niemczech z energetyki jądrowej do 2022 r. [10]. Obecnie w Niemczech funkcjonuje jeszcze sześć elektrowni atomowych [11]. Nowelizacja ustawy o odnawialnych źródłach energii (EEG) z 2014 r. zmodyfikowała cele okresowe w zakresie OZE, którymi są zwiększenie do 40–45% udziału OZE w miksie energetycznym w 2025 r., a następnie do 55–60% w 2035 r. [12]. W nowelizacji EEG, która została uchwalona przez Bundestag w grudniu 2020 r. i weszła w życie 1 stycznia 2021 r., wskazano m.in., że cała energia elektryczna wytwarzana i zużywana w Niemczech ma stać się neutralna pod względem emisji gazów cieplarnianych przed 2050 r. Do 2030 r. 65% zużytej energii elektrycznej w Niemczech powinno pochodzić ze źródeł odnawialnych. Zgodność z wyznaczonymi celami sprawdzana jest przez coroczny monitoring. W celu zwiększenia udziału energii odnawialnej należy przyspieszyć rozwój energetyki wiatrowej na lądzie i morzu oraz systemów solarnych. Przyjęta w grudniu 2019 r. ustawa o ochronie klimatu po raz pierwszy wyznaczyła w Niemczech wiążące cele redukcji gazów cieplarnianych dla różnych sektorów na lata 2020–2030 [13]. Na rycinie 1 przedstawiono podsumowanie tego celu w podziale na poszczególne sektory.

Od 2012 r. rząd federalny Niemiec regularnie składa sprawozdania monitorujące przebieg transformacji energetycznej (ostatnia publikacja z marca 2021 r. dotyczy lat 2018–2019) [14], a odpowiednia komisja ekspertów publikuje obszernie oświadczenie na temat każdego z raportów [15]. W literaturze przedmiotu wskazuje się, że kluczem do transformacji energetycznej w Niemczech była – poza oddolnymi ruchami społecznymi, które przeciwstawiały się energetyce jądrowej i dążyły do jej zastąpienia energią ze źródeł odnawialnych – także spójność międzypartyjnej polityki [16].

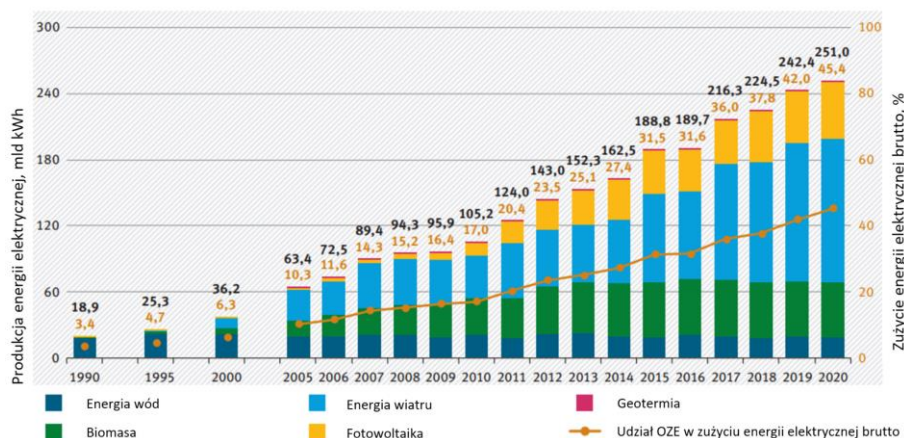
Stan realizacji transformacji energetycznej w Niemczech jest na bieżąco monitorowany, a jedną z najważniejszych instytucji w tym zakresie jest ekspercki organ, jakim jest Grupa Robocza ds. Statystyki Energii Odnawialnej (*Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik*, AGEE-Stat) [17]. Aktualne informacje publikowane są w comiesięcznych i kwartalnych raportach. Raporty zawierają informacje dotyczące wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych,

a oparte są na danych Urzędu Statystycznego (*Statistisches Bundesamt*, DESTATIS) [18], uzupełnionych ocenami Federalnej Agencji Środowiska (*Umweltbundesamt*, UBA) [17] oraz danymi operatorów systemów przesyłowych. Ponadto raporty uwzględniają informacje o przyroście netto zainstalowanej mocy oraz dane dotyczące wskaźników pogodowych [19].

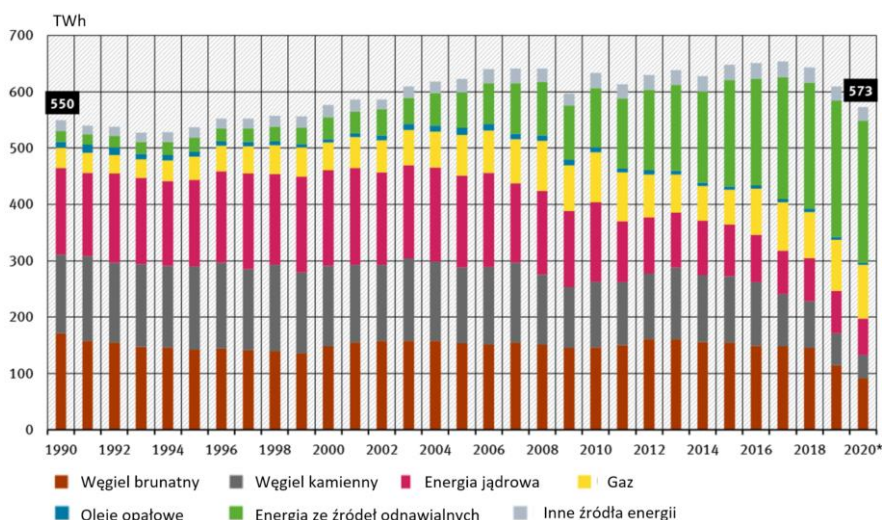
W 2020 r. 19,3% końcowego zużycia energii w Niemczech pochodziło z OZE. Niemcy przekroczyły w ten sposób swój cel 18% ustalony w dyrektywie UE (2009/28/WE) w sprawie promowania energii odnawialnej (ryc. 1).



Ryc. 1. Udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii w Niemczech – porównanie ustanowionego celu niemieckiego z założeniami rozwoju energetyki odnawialnej zgodnie z dyrektywą UE 2009/28/EG [20]



Ryc. 2. Rozwój produkcji energii elektrycznej z OZE w Niemczech [21]



Ryc. 3. Produkcja energii elektrycznej brutto w Niemczech [24]

Najogólniej rzecz ujmując, w okresie 30 lat (1990–2020) udział energii odnawialnej w Niemczech stale wzrastał (ryc. 2). Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych wyniosła 251,0 mld kWh, prawie 4% powyżej poziomu z roku poprzedniego (242,4 mld kWh). Największy udział w produkcji energii elektrycznej z OZE ma energia wiatrowa, a od ok. 10 lat mniej więcej na stałym poziomie pozyskuje się energię elektryczną z biomasy oraz elektrowni wodnych. W ostatnich latach dynamicznie rozwija się produkcja energii elektrycznej z systemów fotowoltaicznych, która wzrosła o ok. 10% do 50,6 mld kWh w 2020 r. (2019 r. – 46,4 mld kWh).

Cele polityki energetycznej Niemiec należą do najambitniejszych na świecie, gdyż do 2050 r. 80% energii elektrycznej ma pochodzić z OZE. Podstawą tego, oprócz wycofywania się z energii jądrowej, jest masowa ekspansja takich źródeł jak: energia słoneczna, wiatrowa i wodna. Problem polega na tym, że w okresach bezwietrznych lub ze zbyt słabym wiatrem, a także niewielkiego nasłonecznienia, instalacje OZE mogą wytwarzać zbyt mało energii elektrycznej, aby pokryć zapotrzebowanie Niemiec. Dlatego zabezpieczenia dostępności energii elektrycznej upatruje się w źródłach niezależnych od pogody – np. węgla. Jednocześnie, jeżeli Niemcy chcą osiągnąć swoje ambitne cele, powinni zlikwidować swoje elektrownie węglowe. Szanse w rozwiązaniu tego problemu upatruje się w odpowiedniej technologii magazynowania i rozwinięciu sieci elektroenergetycznej. Dopóki rozwiązania te nie zostaną wdrożone na odpowiednio dużą skalę, to wytwarzanie energii w Niemczech nadal będzie opierać się na węglu (ryc. 3).

Jednak nie są to jedyne powody, dla których istnieje opór wobec wycofywania węgla jako źródła energii w Niemczech. Wydobycie węgla jest często najważniejszą gałęzią przemysłu, zwłaszcza w regionach słabszych strukturalnie, takich jak Zagłębie Łużyckie (Lausitzer Braunkohlerevier). Tamtejsi mieszkańcy boją się utraty pracy [22]. Politycy państwowi stoją po ich stronie i nie chcą, aby ich regiony upodobniły się do Zagłębia Ruhry, gdzie kopalnie węgla zostały zamknięte przed laty, a dziś co dziesiąta osoba jest tam bezrobotna [23].

Ustawa o odnawialnych źródłach energii (EEG) ma na celu stworzenie zachęty prawnej do rozwoju odnawialnych źródeł energii. Jej pierwsza wersja została przyjęta już w 2000 r., a w 2014 r. rząd federalny dostosował ją do nowych celów transformacji energetycznej. Od tego czasu nastąpiły niewielkie korekty, ale podstawowa idea pozostała bez zmian, tj. producenci energii elektrycznej, którzy produkują z odnawialnych źródeł energii, mogą preferencyjnie wprowadzać energię elektryczną do sieci i otrzymywać stałe, gwarantowane wynagrodzenie [13]. Początkowo jednak pomysł nie do końca się sprawdził: stałe wynagrodzenie wiązało się z dodatkowymi kosztami dla operatorów sieci, które przeczucali na swoich odbiorców energii elektrycznej. Na rynku energii elektrycznej operatorzy sieci często nie osiągają ceny, jaką płacą, ze względu na stałe wynagrodzenie dla wytwórców energii elektrycznej. Różnica jest zwracana z puli EEG. Źródłem zasilania funduszu w ok. 50% są przedsiębiorstwa, ok. 33% gospodarstwa domowe, a pozostała część wnoszą przede wszystkim instytucje publiczne w wysokości 6,5 ct/kWh [25]. Powoduje to, że finansowanie transformacji energetycznej w Niemczech kosztuje ok. 25 mld euro rocznie [26, 27].

Jak wynika z danych (ryc. 2), największy udział w produkcji energii elektrycznej z OZE ma energia wiatru. Jednocześnie podstawowych barier w sprawnym wdrażaniu OZE w Niemczech upatruje się z jednej strony w sprzeciwie wielu osób wobec budowy turbin wiatrowych w bezpośrednim sąsiedztwie osiedli mieszkaniowych. Dlatego nadzieje na silniejszą ekspansję energetyki wiatrowej opierają się na projektach takich jak morskie farmy wiatrowe, które są zlokalizowane z dala od wybrzeży, a tym samym z dala od ludzi [28, 29, 30].

Z drugiej strony infrastruktura elektroenergetyczna w Niemczech stanowi nadal nierozwiązany problem. Na Morzu Północnym i Bałtyckim znajdują się morskie farmy wiatrowe, a energochłonny przemysł zlokalizowany jest głównie na południu kraju. Potrzebne są nowe linie energetyczne, aby szybko i skutecznie dostarczyć energię elektryczną do południowych Niemiec. Jednak takie rozwiązania często zawodzą z powodu oporu mieszkańców. Nawet ustalony przebieg tras kabli z północnych Niemiec do Badenii-Wirtembergii i Bawarii został

zakwestionowany przez polityków, a premier Bawarii zasugerował nawet, że linie te można zbudować wokół jego kraju [31].

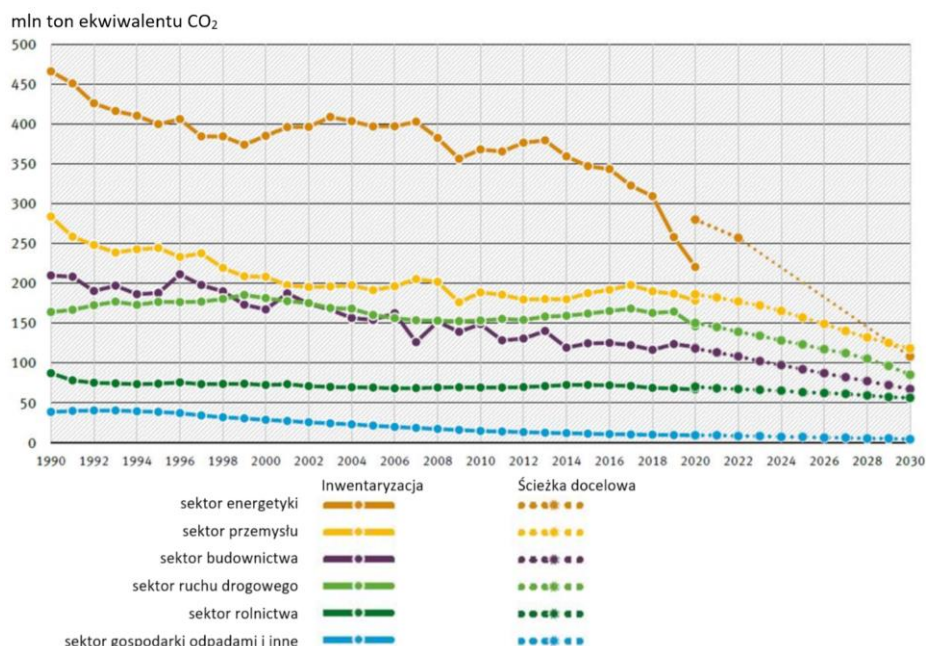
Oprócz zagadnień związanych z produkcją energii elektrycznej z OZE problemem jest również jej magazynowanie. Obecnie bez stosownie rozwiniętego systemu magazynowania większość energii elektrycznej musi być dostarczana i wykorzystywana natychmiast, niezależnie od tego, jak duże jest zapotrzebowanie [32, 33].

Cel osiągnięcia neutralności klimatycznej w Niemczech został w ustawie określony na 2045 r. Jednocześnie program z 2019 r. ochrony klimatu 2030 [34] określa działania sektorowe i nadrzędne, które mają przyczynić się do osiągnięcia celów ochrony klimatu do 2030 r. Program przewiduje m.in. wprowadzenie krajowego handlu emisjami w sektorze ciepłowniczym i transportowym oraz ulgi dla obywateli i biznesu. Inne punkty wymienione dla sektora energetycznego obejmują [35]:

- ustawę o utrzymaniu, modernizacji i rozbudowie elektrociepłowni (ustawa KWKG 2020 o kogeneracji [36]), która ma na celu dalszy rozwój i kompleksową modernizację elektrociepłowni (CHP), w tym przez zachęty finansowe dla inwestycji (m.in. dopłaty oraz regularne przetargi na innowacyjne systemy kogeneracyjne),
- finansowanie badań: pokazywanie sposobów na przekształcenie systemu energetycznego za pomocą certyfikowanych laboratoriów,
- *Strategię efektywności energetycznej 2050* (EffSTRA) wraz ze środkami efektywności na lata 2021–2030, obejmującą:
 - ustawę o energii budowlanej (GEG) – ustawę o oszczędzaniu energii i wykorzystywaniu energii odnawialnej do ogrzewania i chłodzenia w budynkach, która m.in. w pełni wdraża specyfikacje UE dotyczące ogólnej efektywności energetycznej budynków,
 - program inwestycyjny dotyczący efektywności energetycznej i ciepła technologicznego z OZE w gospodarce,
 - ukierunkowanie sieci ciepłowniczych na wykorzystanie energii odnawialnej i ciepła odpadowego,
- osiągnięcie poziomu maksymalnie 70 mln ton emisji CO₂ od 2030 r. w sektorze budowlanym (redukcja o 67% w porównaniu z 1990 r.) dzięki zachętom finansowym (finansowanie i wycena CO₂), poprawie regulacji prawnych oraz dostępowi do informacji (doradztwo oraz public relations).

W przyszłości wodór powinien również odgrywać większą rolę pod względem łączenia sektorów, co ujmuje *Narodowa strategia wodorowa* (2020) [37].

W ustawie o odnawialnych źródłach energii EEG uwzględniono już obniżenie dopłaty OZE w przypadku produkcji wodoru z wykorzystaniem elektrolizy, a zielony wodór jest całkowicie zwolniony z dopłaty. W ostatnim czasie (czerwiec 2021) znowelizowano m.in. ustawę o dostawach energii elektrycznej i gazu (ustawa o energetyce, EnWG) w celu stworzenia podstaw prawnych do rozwoju uregulowanej infrastruktury wodorowej.



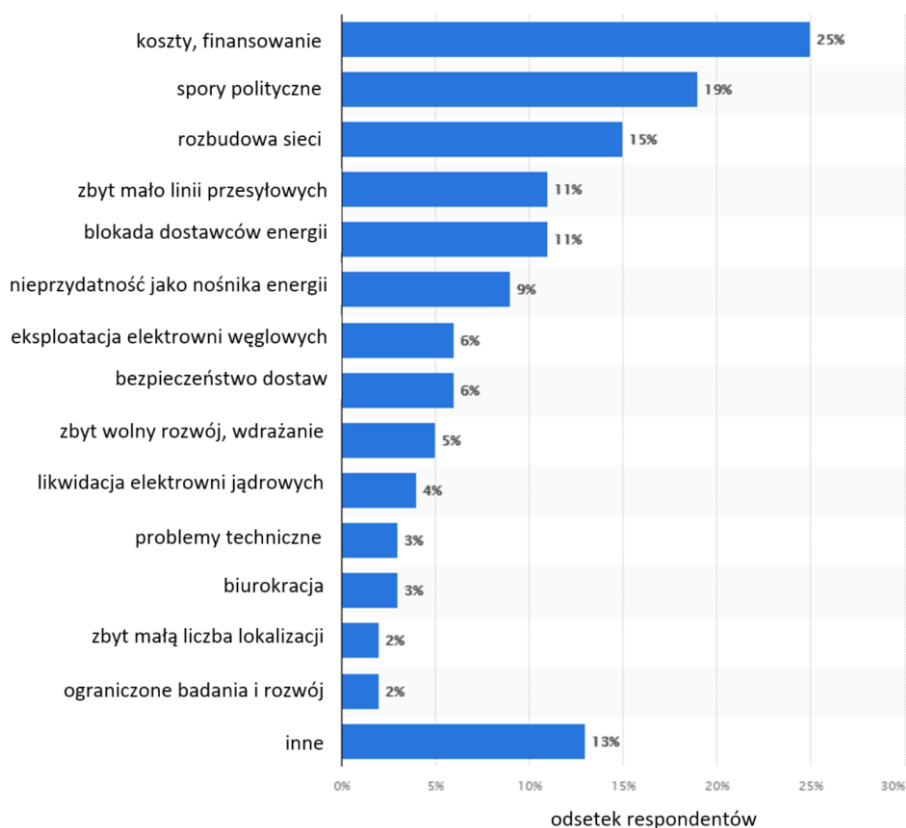
Ryc. 4. Rozwój i docelowa ścieżka redukcji emisji gazów cieplarnianych w Niemczech [34]

Z przeprowadzonych w 2018 r. badań wśród 1005 niemieckich respondentów (ryc. 5) wynika, że społeczeństwo jest świadome problemów, a największych barier w przyszłości związanych z wdrażaniem transformacji energetycznej upatruje w:

- kosztach i finansowaniu transformacji energetycznej (25% wskazań),
- sporach politycznych (19% wskazań),
- problemach z rozbudową sieci i braku linii przesyłowych (15% wskazań).

Regulacje na poziomie krajów związkowych – Meklemburgia-Pomorze Przednie

Meklemburgia-Pomorze Przednie (M-V) angażuje się w transformację energetyczną. Jest pierwszym krajem związkowym, który w 100% może być już zaopatrywany w energię pozyskiwaną z odnawialnych źródeł.



Ryc. 5. Odpowiedź respondentów niemieckich na pytanie ankietowe o największe problemy we wdrażaniu transformacji energetycznej w przyszłości [38]

Koncepcja polityki energetycznej Meklemburgii-Pomorza Przedniego [39] stanowi obecnie podstawę polityki energetycznej i klimatycznej państwa związkowego. Jest ona osadzona w ramach krajowych i europejskich celów oraz wymogów prawnych. Określa cele i środki realizacji transformacji energetycznej, w której udział społeczeństwa oraz dostosowanie polityki energetycznej i polityki ochrony klimatu do transformacji energetycznej zostały określone jako równorzędne obszary odpowiedzialności.

Zasadniczo stwierdza się, że w Meklemburgii-Pomorzu Przednim konieczna jest przebudowa struktur zaopatrzenia w energię pod kątem zwiększenia udziału energii odnawialnej oraz niezbędnego magazynowania energii z tych źródeł. Efektywność energetyczna jest również podstawą tej koncepcji. Rozbudowa i przebudowa struktur wymaga udziału ludności, a także dostosowania przepisów regulujących, gdzie i w jakiej formie można budować, wykorzystywać i rozmieszczać instalacje odnawialnych źródeł energii.

Kluczowe cele określone w koncepcji polityki klimatycznej kraju związkowego Meklemburgii-Pomorza Przedniego [40] przedstawiono w tabeli 1.

Z myślą o biopaliwach drugiej generacji, które zawierają również wodór, Meklemburgia-Pomorze Przednie połączyła siły z czterema innymi północnymi krajami niemieckimi w 2019 r. w ramach *Północnoniemieckiej strategii wodorowej* [41]. Strategia pokazuje potencjał w obszarach przemysłu i mobilności, ale także zalety lokalizacyjne wietrznych krajów nadmorskich w zakresie produkcji wodoru – zarówno przez wykorzystanie energii wiatru, jak i ogólnie istniejącego potencjału energii odnawialnej i opcji magazynowania podziemnego. Uwarunkowania te powodują, że przede wszystkim mają być budowane i rozbudowywane zdolności konwersji energii elektrycznej na wodór (elektrolizy), a w konsekwencji również umożliwiające będzie magazynowanie energii elektrycznej wytworzonej z zielonych źródeł, która może być również udostępniona do wytworzenia ciepła w ramach powiązań sektorowych. Strategia [41] przewiduje realizację w północnych Niemczech do 2025 r. instalacji wodorowych o mocy wynoszącej co najmniej 500 MW i w dalszym okresie, tj. do 2030 r., zwiększenie mocy tych instalacji do co najmniej 5 GW, wraz z rozwojem uzupełniającej sieci stacji paliw, równolegle do budowy stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Przyjęto, że do 2035 r. wszyscy zainteresowani klienci powinni mieć możliwość zaopatrzenia się w wystarczającą ilość zielonego wodoru.

Na poziomie państwowym, zgodnie z umową koalicyjną zawartą w 2021 r., celem jest osiągnięcie neutralności klimatycznej najpóźniej do 2040 r. Odpowiednie regulacje – w szczególności sektorowe cele oszczędnościowe – mają zostać opracowane w ramach szerokiego dialogu i trafić do państwowego prawa ochrony klimatu [42]. W tym kontekście należy również wspomnieć o opublikowanej w 2019 r. na zlecenie Ministerstwa Energii, Infrastruktury i Cyfryzacji Meklemburgii-Pomorza Przedniego koncepcji *Infrastruktura ładowania oparta na potrzebach dla e-mobilności i wodoru: Koncepcja dla Meklemburgii-Pomorza Przedniego*.

Tab. 1. Cele zawarte w koncepcji polityki klimatycznej Meklemburgii-Pomorza Przedniego [40]

	Cele stałe
Akceptacja i uczestnictwo obywateli	wzrost wartości dodanej w regionie dzięki udziałowi gmin i obywateli poprawa partycypacji gospodarczej optymalizacja formalnego udziału w procesach planowania i procedurach zatwierdzania
Miks energetyczny	zrównoważony miks energetyczny z naciskiem na energię odnawialną ekspansja energii odnawialnej bez priorytetów, ale z naciskiem na energię wiatrową bieżąca koordynacja z rządem federalnym i innymi stanami w zakresie celów ekspansji synchronizacja rozbudowy OZE i rozbudowy sieci dostosowanie ram politycznych, regulacyjnych i finansowych do zwiększenia udziału energii odnawialnej w wytwarzaniu ciepła brak dalszej rozbudowy mocy wytwórczych dla biopaliw pierwszej generacji zgodnie z ramami prawnymi
Efektywność energetyczna	efektywność energetyczna jako cel strategiczny dla firm, gmin, instytucji publicznych i obywateli rozbudowa i silniejsze połączenie istniejących instrumentów w celu poprawy efektywności energetycznej efektywne wykorzystanie konsultantów i menedżerów ds. energii intensyfikacja efektywności energetycznej i oszczędności w sektorze transportu promocja wykorzystania alternatywnych technologii napędowych i paliw alternatywnych wzmacnianie świadomości efektywności energetycznej i oszczędności energii w populacji
Sieci	ograniczenie rozbudowy sieci do tego, co konieczne wsparcie planowania rozwoju sieci opierającego się na NEP i O-NEP 2013, realizacja korytarza prądu stałego D (NEP 2013) oraz międzynarodowego połączenia sieci przesyłowej z Danią i Szwecją zapewnienie bezpieczeństwa systemu i bezpieczeństwa dostaw redukcja kosztów
Cele o natychmiastowym wdrożeniu i do kontynuacji	
Ogólne	promocja wsparcia doradztwem gmin w zakresie udziału w systemach energii odnawialnej

Tab. 1 (cd.)

Badania, rozwój, edukacja	wzmocnienie stosowanych podstawowych i zorientowanych na wykorzystanie badań i rozwoju, zwłaszcza w dziedzinie magazynowania energii, sieci, wykorzystania energii wiatru i bioenergii
	utrzymanie różnych lokalizacji i rozszerzenie możliwości szkoleniowych w zakresie technologii energetycznych
Cele, które wskazane były do osiągnięcia do 2020 r., kontynuowane po tym okresie	
Udział obywateli	badanie możliwości nieformalnego uczestnictwa
Miks energetyczny	rozszerzenie wykorzystania energii odnawialnej do ogrzewania z 8% do 14%
	badania, rozwój, edukacja
	promocja towarzyszących badań w zakresie efektywności energetycznej, energii geotermalnej, a także dostarczania energii i geodanych
Cele do osiągnięcia do 2025 r.	
Miks energetyczny	zapewnienie mocy wytwórczych na pokrycie 6,5% udziału w przyszłym zużyciu energii elektrycznej w Niemczech
	wykorzystanie biopaliw drugiej generacji dla producentów bioenergii i przemysłu biopaliwowego

Dokument ten w rekomendacjach dotyczących potrzeb potwierdza niezbędną rozbudowę infrastruktury oraz konieczność znalezienia lokalizacji dla nowych instalacji, a także wskazuje na konieczność dostosowania do potrzeb dostaw energii. Teoretycznie istniejące zapotrzebowanie na energię elektryczną dla infrastruktury ładowania może być pokrywane przez energię elektryczną wytwarzaną w kraju ze źródeł odnawialnych, ale w praktyce nie jest to jeszcze możliwe ze względu na brak możliwości jej magazynowania. Dzięki finansowaniu i możliwościom informacyjnym ze strony rządów federalnych i stanowych trwają już prace nad rozbudową infrastruktury, żeby uwzględniła zapotrzebowanie zarówno sektora publicznego, jak i prywatnego w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych, a także pozwalała na przejście lokalnego transportu publicznego na alternatywne technologie napędowe.

Podstawę planowania przestrzennego w tym zakresie stanowi *Krajowy program zagospodarowania przestrzennego Meklemburgii-Pomorza Przedniego* (LEP M-V, 2016), który jest dodatkowo wspierany przez regionalne programy rozwoju przestrzennego (RREP) czterech regionów planistycznych. Te z kolei są w razie potrzeby określane w miejskich planach zagospodarowania przestrzennego.

LEP zawiera wiążące cele i zasady planowania państwowego, które dotyczą całego kraju, w tym morza terytorialnego. Celem jest pogodzenie różnych wymagań przestrzennych dla ochrony fundamentów przyrodniczych, struktury osadniczej, ruchu, gospodarki, turystyki, rolnictwa i leśnictwa, gospodarki wodnej i energetyki. Chociaż LEP nie określa żadnych konkretnych celów ekspansji w odniesieniu do tematu energii, zapewnia jednak prawnie wiążące ramy dla rozwoju energii odnawialnej i środków ochrony klimatu, które są następnie szczegółowo określone w planowaniu regionalnym. Na przykład LEP przewiduje udział ekonomiczny obywateli i społeczności znajdujących się w obszarze oddziaływania nowo wznoszonych turbin wiatrowych. Ustawa o uczestnictwie obywateli i społeczności w Meklemburgii-Pomorzu Przedniego zawiera precyzyjne zasady proceduralne, jak również podstawowe stwierdzenia dotyczące infrastruktury liniowej o znaczeniu przestrzennym, takiej jak linie energetyczne i gazowe. Wskazuje odpowiednią lokalizację dla rozwoju energii odnawialnej i próbuje godzić ekspansję instalacji OZE z wymogami ochrony środowiska w zakresie emisji gazów cieplarnianych.

Zapisy LEP, które dotyczą całego kraju, określa dla przedmiotowego obszaru przestrzenny regionalny program zagospodarowania przestrzennego Pomorza Zachodniego (RREP). RREP zawiera również wiążące specyfikacje, które są uzupełnieniem LEP i dlatego są bardziej specyficzne dla poziomu lokalnego. Powstawanie samego projektu odbywa się zwykle poprzez planowanie zagospodarowania przestrzennego gmin.

Bibliografia

1. Brauch H.G., Energiepolitik. Technische Entwicklung, politische Strategien, Handlungskonzepte zu erneuerbaren Energien und zur rationellen Energienutzung, Springer, Berlin–Heidelberg 1997.
2. Engels J.I., Geschichte und Heimat: der Widerstand gegen das Kernkraftwerk Wyhl, [w:] K. Kretschmer (Hrsg.), Wahrnehmung, Bewusstsein, Identifikation: Umweltprobleme und Umweltschutz als Triebfedern regionaler Entwicklung, Technische Universität Bergakademie, Freiberg 2003.
3. Midttun A., The greening of European electricity industry: a battle of modernities, „Energy Policy”, 2012, 48, 22–35. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.04.049.
4. Gesetz Über Die Einspeisung von Strom Aus Erneuerbaren Energien in Das Öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz). Bundesgesetzblatt Teil I 1990, 2633.
5. Redaktionsassistentz 1, U.B.A. Erneuerbare-Energien-Gesetz, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-gesetz> (dostęp: 27.06.2021).
6. Jacobsson S., Lauber V., The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology, „Energy Policy”, 2006, 34, 256–276. DOI: 10.1016/j.enpol.2004.08.029.

7. Poizot P., Dolhem F., Clean Energy New Deal for a Sustainable World: From Non-CO₂ Generating Energy Sources to Greener Electrochemical Storage Devices, „Energy Environ. Sci.”, 2011, 4, 2003–2019. DOI: 10.1039/C0EE00731E.
8. Energie, B. für W. und Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.html> (dostęp: 30.06.2021).
9. Palzer A., Henning H.M., A comprehensive model for the German electricity and heat sector in a future energy system with a dominant contribution from renewable energy technologies – Part II: Results, „Renewable and Sustainable Energy Reviews”, 2014, 30, 1019–1034. DOI: 10.1016/j.rser.2013.11.032.
10. Ausstieg aus der Kernkraft, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/energie-erzeugen/ausstieg-aus-der-kernkraft-394280> (dostęp: 2.05.2021).
11. Kernkraftwerke in Deutschland, <https://www.bmu.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/nukleare-sicherheit/aufsicht-ueber-kernkraftwerke/kernkraftwerke-in-deutschland/> (dostęp: 7.06.2021).
12. Energie, B. für W. und Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2014), <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/G/gesetz-fuer-den-ausbau-erneuerbarer-energien.html> (dostęp: 27.06.2021).
13. Norddeutsche Wasserstoffstrategie (2019) <https://www.regierung-mv.de/static/Regierungsportal/Ministerium%20f%C3%BCr%20Energie%2c%20Infrastruktur%20und%20Digitalisierung/Inhalte/norddt%20H2-Strategie%20final.pdf> (dostęp: 21.12.2021)
14. Energie, B. für W. und Achter Monitoring-Bericht “Die Energie der Zukunft”, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/achter-monitoring-bericht-energie-der-zukunft.html> (dostęp: 27.06.2021).
15. Energie, B. für W. und Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stellungnahme-der-expertenkommission-zum-achten-monitoring-bericht.html> (dostęp: 27.06.2021).
16. Cheung G., Davies P.J., Bassen A., In the Transition of Energy Systems: What Lessons Can Be Learnt from the German Achievement?, „Energy Policy”, 2019, 132, 633–646. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.05.056.
17. Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/presse/praesseinformationen/geschaeftsstelle-der-arbeitsgruppe-erneuerbare> (dostęp: 28.06.2021).
18. Startseite – Statistisches Bundesamt, https://www.destatis.de/DE/Home/_inhalt.html (dostęp: 28.06.2021).
19. Schubert J., Monats- und Quartalsdaten der AGEE-Stat, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen/monats-quartalsdaten-der-agee-stat> (dostęp: 28.06.2021).
20. Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/Arbeitsgruppe/arbeitsgruppe_ee.html (dostęp: 27.06.2021).
21. Tonkin N.Q., Erneuerbare Energien in Deutschland. 2021, 28.

22. Ein Widerspenstiges Dorf – Eine Woche Im Lausitzer Braunkohlrevier – Windwärts, <https://www.windwaerts.de/de/infothek/geschichten/lausitzer-braunkohlrevier-2> (dostęp: 30.06.2021).
23. Ruhr R., Arbeitslosenquote in der Metropole Ruhr sinkt auf 9,9 Prozent, <https://www.rvr.ruhr/daten-digitales/regionalstatistik/news-detail-regionalstatistik/news/arbeitslosenquote-in-der-metropole-ruhr-sinkt-im-maerz-auf-102-prozent/> (dostęp: 30.06.2021).
24. Wilke S. Erneuerbare und konventionelle Stromerzeugung, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/erneuerbare-konventionelle-stromerzeugung> (dostęp: 30.06.2021).
25. Publisher EEG-Umlage sinkt 2021, <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2020/11/Meldung/News1.html> (dostęp: 30.06.2021).
26. Energiewende: Umlage weit höher als gedacht: Die EEG ist eine tickende Zeitbombe, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-umlage-weit-hoer-als-gedacht-die-eeg-ist-eine-tickende-zeit-bombe/25882864.html> (dostęp: 30.06.2021).
27. Kosten Und Finanzierung Der Energiewende.; Schriftenreihe des Kuratoriums; Forum für Zukunftsenergien e. V.: Berlin, 2018; Vol. Band 11.
28. Bittlingmaier, A. Engen: Protest gegen geplante Hegauer Windkraft-Anlagen: Bürgerinitiative sieht Natur und Tiere gefährdet, <https://www.suedkurier.de/region/kreis-konstanz/engen/protest-gegen-geplante-windkraft-anlagen-bei-engen-und-tengen-buergerinitiative-sieht-natur-und-tiere-gefaehrdet;art372438,10766358> (dostęp: 30.06.2021).
29. Wie der Streit über Windräder die Energiewende bremst, <https://www.tagesspiegel.de/themen/reportage/wenn-buerger-gegen-windraeder-klagen-wie-der-streit-ueber-windraeder-die-energiewende-bremst/25622614.html> (dostęp: 30.06.2021).
30. Medienhaus, M. Protest Windkraft: Demonstration gegen geplante Riesen-Windräder bei Protzen, <https://www.moz.de/lokales/neuruppin/protest-windkraft-demonstration-gegen-geplante-riesen-windraeder-bei-protzen-57274165.html> (dostęp: 30.06. 2021).
31. Vitzthum T. Energie-Gipfel: Horst Seehofer Feiert Sieg Bei Stromtrassen. WELT 2015.
32. Kai Michels Energiespeicher und andere Probleme der Energiewende.; Universität Bremen, 2019.
33. Knosala K., Zier M., Linssen J., Robinius M., Stolten D., Gottke V., Rosenthal M., Velten A., Weber M., Schäfer F., Energiespeicher. BWK Energ.-Fachmag. 2020, 72, 34–47. DOI: 10.37544/1618-193X-2020-08-09-34.
34. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pools/Broschueren/klimaschutzprogramm_2030_bf.pdf (dostęp: 17.12.2021).
35. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutzprogramm-2030.html> (dostęp: 17.12.2021).
36. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/moderne-kraftwerkstechnologien.html> (dostęp: 20.12.2021).

37. Erwartete Probleme bei der Umsetzung der Energiewende in Deutschland 2018, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/861110/umfrage/umfrage-zu-problemen-bei-der-umsetzung-der-energiewende/> (dostęp: 20.04.2021).
38. <https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Energie/Landesenergiekonzept/> (dostęp: 22.12.2021).
39. Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern (2015), s. 66–68.
40. Norddeutsche Wasserstoffstrategie (2019) <https://www.regierung-mv.de/static/Regierungsportal/Ministerium%20f%C3%BCr%20Energie%2c%20Infrastruktur%20und%20Digitalisierung/Inhalte/norddt%20H2-Strategie%20final.pdf> (dostęp: 21.12.2021).
41. Vgl Ziffer 178 KoAV.
42. vgl. bofest consult (2016): Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für den Landkreis Vorpommern-Greifswald, im Auftrag des Landkreises Vorpommern Greifswald, verfügbar unter: <https://www.kreis-vg.de/Landkreis/Klimaschutzkonzept/Ergebnisbericht.php?object=tx,2164.4280.1&redir=1> (23.12.2021).

Transformacja energetyczna w przepisach prawa polskiego

Karolina Kurtz-Orecka, Anna Głowacka

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Istotny wpływ na kształtowanie polskiej strategii energetycznej mają polityka energetyczna Unii Europejskiej z jej długoterminową wizją dążenia do neutralności klimatycznej w 2050 r. oraz mechanizmy regulacyjne stymulujące osiągnięcie efektów w najbliższych dziesięcioleciach [1]. Zasady kształtowania polityki energetycznej w Polsce regulowane są przez ustawę *Prawo energetyczne* [2], *Strategię na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.)* [3], *Politykę energetyczną Polski do 2040 r.* [1] oraz *Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030* [4] i uzupełniająco wspierane przez dalsze ustawy, ich akty wykonawcze, programy i strategie, w tym *Politykę ekologiczną państwa 2030 – strategię rozwoju w obszarze środowiska i gospodarki wodnej*. Kluczowe założenia *Polityki energetycznej Polski do 2040 r.* przedstawia rycina 1.

Podstawowym założeniem ustawy *Prawo energetyczne* [2] jest tworzenie warunków do zrównoważonego rozwoju kraju dzięki zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego oraz umożliwieniu oszczędnego i racjonalnego gospodarowania paliwami i energią przy uwzględnieniu wymogów ochrony środowiska oraz zobowiązań wynikających z umów międzynarodowych. Ustawa określa zasady i warunki zaopatrzenia i użytkowania paliw i energii, w tym ciepła, oraz określa zasady działalności przedsiębiorstw energetycznych, a także przeciwdziała negatywnym skutkom naturalnych monopolii. Zadaniem jej jest równoważenie interesów przedsiębiorstw energetycznych oraz odbiorców paliw i energii. Ustawa wskazuje również organy właściwe w sprawach gospodarki paliwami i energią.

Wskutek implementacji przepisów unijnych – dyrektywy w sprawie ograniczenia emisji niektórych zanieczyszczeń do powietrza ze średnich obiektów energetycznego spalania [5] oraz dyrektywy w sprawie emisji przemysłowych [6] – zastrzeżeniu uległy przepisy krajowe dotyczące źródeł ciepła, mające na celu ich dostosowanie do wymagań Wspólnoty. Wprowadzono nowe wymogi w zakresie dopuszczalnych wielkości emitowanych zanieczyszczeń, które obowiązują od 18 sierpnia 2021 r.

Transformacja energetyczna z uwzględnieniem samowystarczalności energetycznej	Energetyka wiatrowa na morzu moc zainstalowana osiągnie: ok. 5,9 GW w 2030 r., do ok. 11 GW w 2040 r.	Nastąpi istotny wzrost mocy zainstalowanych w fotowoltaice do: ok. 5–7 GW w 2030 r. i ok. 10–16 GW w 2040 r.
Wzrost udziału OZE we wszystkich sektorach i technologiach. W 2030 r. udział OZE w końcowym zużyciu energii brutto wyniesie co najmniej 23%, nie mniej niż 32% w elektroenergetyce (głównie energia wiatrowa i PV), 28% w ciepłownictwie (wzrost o 1,1 pp. r/r), 14% w transporcie (z dużym wkładem elektromobilności)	W 2030 r. udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej nie będzie przekraczać 56%	Redukcja wykorzystania węgla w gospodarce będzie następować w sposób zapewniający sprawiedliwą transformację
Wzrosła efektywność energetyczna – na 2030 r. określono cel 23% zmniejszenia zużycia energii pierwotnej vs. prognoz PRIMES2007	Programy inwestycyjne OSPE i OSDe będą ukierunkowane na rozwój OZE oraz aktywnych odbiorców i bilansowania lokalnego	W 2033 r. uruchomiony zostanie pierwszy blok elektrowni jądrowej o mocy ok. 1–1,6 GW. Kolejne bloki będą wdrażane co 2–3 lata, a cały program jądrowy zakłada budowę 6 bloków
Do 2040 r. potrzeby ciepłe wszystkich gospodarstw domowych pokrywane będą przez ciepło systemowe oraz przez zero- lub niskoemisyjne źródła indywidualne	Gaz ziemny będzie paliwem pomostowym w transformacji energetycznej	W 2030 r. osiągnięta zostanie możliwość transportu sieciami gazowymi mieszaniny zawierającej ok. 10% gazów zdekarbonizowanych
Szereg działań nakierowanych jest na poprawę jakości powietrza, m.in.: – rozwój ciepłownictwa systemowego (4-krotny wzrost liczby efektywnych systemów ciepłowniczych do 2030 r.) – niskoemisyjny kierunek transformacji źródeł indywidualnych (pompy ciepła, ogrzewanie elektryczne) – odejście od spalania węgla w gospodarstwach domowych w miastach do 2030 r., na obszarach wiejskich do 2040 r.; przy utrzymaniu możliwości wykorzystania paliwa bezdymnego do 2040 r. – zwiększenie efektywności energetycznej budynków – rozwój transportu niskoemisyjnego, w szczególności dążenie do zerowej emisji komunikacji publicznej do 2030 r. w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców	Redukcja zjawiska ubóstwa energetycznego do poziomu max. 6% gospodarstw domowych	Najbardziej oczekiwany rozwój technologii energetycznych i inwestycji B+R obejmuje: – technologie magazynowania energii – inteligentne opomiarowanie i systemy zarządzania energią – elektromobilność i paliwa alternatywne – technologie wodorowe
Do 2030 r. nastąpi redukcja emisji GHG o ok. 30% w stosunku do 1990 r.		

Ryc. 1. Kluczowe założenia polityki energetycznej Polski do 2040 r. [1]

W zakresie ograniczenia emisji ze średnich obiektów energetycznego spalania [5] nowe standardy obowiązują w Polsce już od 20 grudnia 2018 r., natomiast w przypadku źródeł istniejących wprowadzono dwa progi ich dostosowania do nowych regulacji, tj. 2025 r. – w przypadku źródeł o mocy nominalnej ponad 5 MW oraz 2030 r. – w odniesieniu do źródeł o mocy nominalnej

w zakresie od 1 do 5 MW. Dostosowanie źródeł do zaostrzonych standardów emisyjnych ma na celu ich modernizację.

Ustawa o odnawialnych źródłach energii [7] określa zasady i warunki działalności w zakresie wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, mechanizmy i instrumenty wspierające taką działalność, zasady wydawania gwarancji pochodzenia energii wyprodukowanej z odnawialnych źródeł, jak również wytyczne do realizacji krajowego planu działania w zakresie OZE, warunki i tryb certyfikowania instalatorów oraz zasady współpracy międzynarodowej w tym zakresie. W odniesieniu do energii wiatru uzupełniająco ma zastosowanie ustawa o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych [8]. Ustawa ta określa tryb i warunki lokalizacji oraz budowy elektrowni wiatrowych w sąsiedztwie istniejącej lub planowanej zabudowy mieszkaniowej, jak również minimalną dopuszczalną odległość pomiędzy elektrownią wiatrową a budynkami mieszkalnymi. Ustawa stanowi, że odległość ta powinna wynosić co najmniej dziesięciokrotność całkowitej wysokości elektrowni wiatrowej (wraz z wirnikiem i łopatami). Z ustawy wyłączone są elektrownie wiatrowe sytuowane na obszarach morskich.

Istotny wpływ na kształtowanie zapotrzebowania na moc grzewczą/chłodniczą i zużycie energii cieplnej ma jakość zabudowy. Zagadnienia dotyczące charakterystyki energetycznej budynków nowych oraz poddawanych renowacji reguluje ustawa Prawo budowlane [9] wraz z jej aktami wykonawczymi. W Polsce od końca 2020 r. obowiązuje standard blisko zeroenergetyczny (nZEB) w odniesieniu do nowo wznoszonych budynków. Opisany został wymaganiami określonymi w przepisach techniczno-budowlanych [10], przy czym w odniesieniu do budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością standard nZEB obowiązywał już od początku 2019 r.

W przypadku budynków istniejących wskazuje się na konieczność zintensyfikowania procesu termomodernizacji w celu osiągnięcia zaplanowanej oszczędności energii w sektorze budowlanym. Działania w tym obszarze będzie wspierać tworzona od początku 2021 r. centralna ewidencja emisyjności budynków (CEEB), wprowadzona w 2020 r. zmianą ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów [11]. Ewidencja prowadzona przez ministra właściwego ds. budownictwa gromadzić będzie dane o budynkach i lokalach w zakresie:

- źródeł ciepła, energii elektrycznej i spalania paliw,
- przeprowadzanych kontroli wynikających z zastosowania innych ustaw [9, 12–17],
- przekazanej premii termomodernizacyjnej, remontowej lub termomodernizacyjnej ulgi podatkowej, finansowania lub dofinansowania udzielonego

ze środków publicznych oraz innych świadczeń w zakresie pokrycia potrzeb energetycznych [2, 18, 19],

- danych osób uprawnionych do wprowadzania do CEEB danych i informacji; danych właścicieli budynków i lokali oraz zarządców budynków.

Utworzenie bazy ewidencji emisyjności budynków pozwoli na zastosowanie jednolitej metodyki inwentaryzacji źródeł ciepła, źródeł energii elektrycznej oraz źródeł spalania paliw o nominalnej mocy poniżej 1 MWt (źródeł tzw. niskiej emisji) wraz z inwentaryzacją ilości i rodzaju spalanych paliw w tych źródłach.

Akty prawne dotyczące biomasy

Najstarszym i najczęściej wykorzystywanym obecnie w Polsce źródłem odnawialnej energii jest biomasa. Biomasa to cała materia organiczna, jaka istnieje na Ziemi. To wszystkie substancje, które ulegają biodegradacji, pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Biomasa jako źródło energii wykorzystywana była od początku ludzkości. Drewno, chrust i słoma od wieków były zbierane na opał. Obecnie zastosowanie biomasy do celów energetycznych polega głównie na pozyskiwaniu materiału plantacji roślin energetycznych oraz wykorzystaniu odpadów komunalnych, przemysłowych i rolniczych. Zgodnie z ustawą o odnawialnych źródłach energii (2022) art. 2 pkt. 3 pod pojęciem biomasa rozumiemy: „ulegającą biodegradacji część produktów, odpadów lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa, w tym substancje roślinne i zwierzęce, leśnictwa i związanych działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, przetworzoną biomasę, w szczególności w postaci brykietu, pelletu, toryfikatu i biowęgla, a także ulegającą biodegradacji część odpadów przemysłowych lub komunalnych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, w tym odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych, zgodnie z przepisami o odpadach w zakresie kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów”. A jako biomasę pochodzenia rolniczego – „biomasę pochodzącą z upraw energetycznych, a także odpady lub pozostałości z produkcji rolnej oraz przemysłu przetwarzającego jej produkty” [20].

W art. 2. ustawy [20] użyte zostały także następujące określenia:

4. Biogaz – gaz uzyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów.
5. Biogaz rolniczy – gaz otrzymywany w procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych

odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych, odpadów lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej, lub biomasy roślinnej zebranej z terenów innych niż zaewidencjonowane jako rolne lub leśne, z wyłączeniem biogazu pozyskanego z surowców pochodzących ze składowisk odpadów, a także oczyszczalni ścieków, w tym zakładowych oczyszczalni ścieków z przetwórstwa rolno-spożywczego, w których nie jest prowadzony rozdział ścieków przemysłowych od pozostałych rodzajów osadów i ścieków.

6. Biopłyny – ciekłe paliwa dla celów energetycznych innych niż w transporcie, w tym do wytwarzania energii elektrycznej lub ciepła, wytworzone z biomasy, wykorzystywane w instalacjach spełniających wymagania w zakresie standardów emisyjnych, o ile takie standardy zostały określone na podstawie przepisów o ochronie środowiska.

3a. Biowęgiel – wysokoenergetyczne paliwo stałe o wartości opałowej nie mniejszej niż 21 GJ/t, wytworzone w procesie termicznego przetwarzania stałych substancji pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, ulegających biodegradacji i pochodzących z:

- a) produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej oraz przemysłu przetwarzającego ich produkty,
- b) części odpadów innych niż wymienione w lit. a, które ulegają biodegradacji, z wyłączeniem odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków w rozumieniu przepisów o odpadach – przy czym proces ten przebiega w temperaturze 320–700 °C w atmosferze beztlenowej lub przy znacznym niedoborze tlenu i przy ciśnieniu bliskim atmosferycznemu bez użycia katalizatorów oraz substancji obcych.

W Polsce biomasę regulują następujące akty prawne (akty prawne aktualne na dzień 30.06.2022 r.):

- ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. zmieniająca ustawę o zmianie ustawy o podatku akcyzowym oraz niektórych innych ustaw, ustawę o efektywności energetycznej oraz ustawę o biokomponentach i biopaliwach ciekłych (Dz.U.2019.1210),
- ustawa z dnia 30 czerwca 2022 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U.2022.1378),
- ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biopaliwach i biokomponentach ciekłych (Dz.U.2021.1565),

- ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw (Dz.U.2021.1642),
- ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz.U.2022.631),
- rozporządzenie Ministra Energii z dnia 3 czerwca 2019 r. w sprawie wzoru sprawozdania kwartalnego podmiotu realizującego Narodowy Cel Wskaźnikowy w zakresie dotyczącym paliw ciekłych, biopaliw ciekłych i innych paliw odnawialnych (Dz.U.2019.1113),
- rozporządzenie Ministra Energii z dnia 14 października 2016 r. w sprawie metod badania jakości biopaliw ciekłych (Dz.U.2016.1802),
- rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 9 sierpnia 2021 r. w sprawie wymagań jakościowych dla biokomponentów, metod badań jakości biokomponentów oraz sposobu pobierania próbek biokomponentów (Dz.U.2021.1707),
- rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 19 marca 2021 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz.U.2021.673).

Zgodnie z art. 194 ust. 1 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) jednym z celów unijnej polityki energetycznej jest wspieranie odnawialnych form energii.

Regulacje na poziomie regionalnym

Polityka energetyczna i środowiskowa województwa zachodniopomorskiego realizowana jest na podstawie umocowania w dokumentach, planach i programach regionalnych, spośród których jako najistotniejsze należy wymienić:

- Strategię rozwoju województwa zachodniopomorskiego do 2030 r. [21],
- Politykę energetyczną województwa zachodniopomorskiego,
- Plan zagospodarowania przestrzennego województwa zachodniopomorskiego,
- Regionalny program operacyjny województwa zachodniopomorskiego na lata 2014–2020,
- Program rozwoju sektora energetycznego w województwie zachodniopomorskim do 2015 r. z częścią prognostyczną do 2030 r.,
- Program ochrony powietrza wraz z planem działań krótkoterminowych dla strefy zachodniopomorskiej,
- Program ochrony środowiska województwa zachodniopomorskiego na lata 2016–2020 z perspektywą do 2024 r.,
- Zintegrowany plan gospodarki niskoemisyjnej dla Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego,

- uchwałę Nr XXXV/540/18 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 26 września 2018 r. w sprawie wprowadzenia na obszarze województwa zachodniopomorskiego ograniczeń i zakazów w zakresie eksploatacji instalacji, w których następuje spalanie paliw [22],
- Strategię rozwoju Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego (na lata 2014–2020),
- Koncepcję rozwoju transgranicznego regionu metropolitalnego Szczecina. Podejmowany zakres działań obejmuje:
 - poprawę stanu środowiska i jakości życia mieszkańców poprzez ograniczenie negatywnego wpływu zanieczyszczeń na środowisko, ochronę i rozwój walorów środowiska oraz racjonalne gospodarowanie jego zasobami,
 - gospodarkę niskoemisyjną, w tym wprowadzenie ograniczeń i wykluczenia z eksploatacji przestarzałych źródeł oraz zakaz spalania wybranych paliw stałych, a także rozwój źródeł kogeneracyjnych,
 - poprawę bezpieczeństwa i efektywności energetycznej, poprawę stanu technicznego infrastruktury energetycznej i zwiększenie potencjału sieci energetycznej do odbioru energii z odnawialnych źródeł,
 - wykorzystanie potencjału województwa dla rozwoju energetyki odnawialnej, wzrost udziału w rynku energii odnawialnych źródeł energii, wypracowanie regionu modelowego w zakresie wykorzystania energii odnawialnych,
 - termomodernizację zasobów budowlanych,
 - multimodalny i zrównoważony transport.

W ramach przyjętej Strategii rozwoju województwa zachodniopomorskiego do 2030 r. [21] województwo realizuje wizję modelowego zielonego regionu oraz misję Pomorze Zachodnie – lider niebieskiego i zielonego wzrostu zapewniającego wysoką jakość życia mieszkańców. Wśród wskaźników horyzontalnych realizacji strategii warto wskazać na dwa szczegółowe, tj.:

- odsetek mieszkańców nienarażonych bezpośrednio na ponadnormatywne stężenie zanieczyszczeń (BaP) z wartością bazową (2017) wynoszącą 56,1% i prognozowanym wzrostem do 80% w 2030 r.,
- udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej ogółem z wartością bazową (2017) na poziomie 47,8% i założonym wzrostem do 60% w 2030 r.

W ostatnich latach w regionie zrealizowano ponad 1500 projektów ekologicznych nastawionych na rozwój gospodarki niskoemisyjnej, inwestycje w zrównoważony transport czy poprawę jakości energetycznej zasobów budowlanych. Zagadnienia środowiskowe stanowiły również kanwę ustanowienia przez Sejmik

Województwa Zachodniopomorskiego roku 2021 rokiem ekologicznym na Pomorzu Zachodnim [23], w ramach którego m.in. opracowany został regionalny program ochrony środowiska do 2030 r.

Uchwała antysmogowa dla województwa zachodniopomorskiego przyjęta została w 2018 r. [22]. Celem jej jest ograniczenie niskiej emisji powstającej głównie w sektorze komunalno-bytowym. Zgodnie z uchwałą wprowadzono regulacje w zakresie dopuszczalnej efektywności stosowanych źródeł ciepła (kotły na paliwo stałe oraz ogrzewacze pomieszczeń, tj. kominki, piece kaflowe czy tzw. kozy) oraz ograniczenia (od dnia 1 maja 2019 r.) w zakresie stosowania wybranych paliw stałych, niepełniających wymagań jakościowych określonych w systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw [24]. Zgodnie z zapisami uchwały wymagania środowiskowe stawiane instalacjom wprowadzono w dwóch progach czasowych, tj.:

- od 1 stycznia 2024 r. obowiązywać będzie zakaz stosowania na terenie województwa zachodniopomorskiego instalacji niespełniających wymagań odnoszących się do sprawności cieplnej i emisji zanieczyszczeń określonych Polską Normą PN-EN 303-5 [25] dla klasy 3. lub 4. instalacji,
- od 1 stycznia 2028 r. obowiązywać będzie zakaz stosowania na terenie województwa zachodniopomorskiego instalacji, które obecnie spełniają wymagania normy dla klasy 3. lub 4. instalacji.

Tym samym od 2028 r. w województwie, w tym na polskim obszarze projektu MoRE, spośród kotłów na paliwo stałe (w tym ogrzewacze pomieszczeń) o mocy nominalnej poniżej 1 MW dopuszczone do eksploatacji będą jedynie te spełniające 5. lub wyższą klasę w zakresie sprawności cieplnej i emisji zanieczyszczeń. Obostrzenie to jednakowo dotyczy mieszkańców województwa zachodniopomorskiego (właścicieli źródeł indywidualnych), samorządów oraz podmiotów działających na jego terenie.

Uchwała antysmogowa obowiązuje na terenie województwa zachodniopomorskiego od 2 lat, a proces poprawy jakości powietrza jest wspierany zapisami kolejnych dokumentów programowych, tj. tzw. programów ochrony powietrza, które są obligatoryjnie opracowywane i uchwalane w przypadku stwierdzenia na obszarze województwa przekroczenia standardów jakości powietrza. Obecnie obowiązujące programy skupiają się przede wszystkim na zaangażowaniu samorządów lokalnych w realizację działań mających na celu ograniczanie emisji z instalacji o małej mocy poniżej 1 MW, w których następuje spalanie paliw stałych, przez ograniczenie zapotrzebowania na moc cieplną w ramach realizacji termomodernizacji budynków oraz wymianę istniejących nieefektywnych źródeł ciepła. W realizacji tego zadania częstą barierą są wysokie koszty prowadzonych prac,

dlatego niezbędne było włączenie się samorządu województwa w realizację niżej wymienionych działań. W 2019 r. województwo zachodniopomorskie wynegocjowało z Komisją Europejską możliwość dofinansowania wymiany źródeł ciepła oraz przeprowadzenia termomodernizacji budynków mieszkalnych będących własnością osób fizycznych, co pozwoliło na realizację w ramach perspektywy 2014–2020 programu samorządowego funkcjonującego pn. *Poprawa jakości powietrza – Zachodniopomorski Program Antysmogowy* [6].

Regulacje na poziomie gminnym

Na obszarze projektu MoRE po stronie polskiej znajdują się gminy: Świnoujście, Dziwnów, Międzyzdroje i Wolin. Dokumentacja planistyczno-strategiczna we wszystkich czterech gminach obejmuje trzy główne elementy prawa lokalnego, tj.:

- strategię rozwoju gminy,
- studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy,
- plan gospodarki niskoemisyjnej, będący dokumentem strategicznym, którego zasadniczym celem jest opracowanie strategii obniżenia emisji zanieczyszczeń.

Dwie z gmin – Międzyzdroje i Świnoujście, mają uchwalony miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Gmina Świnoujście ponadto opracowała *Projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe* (2020), zaś Dziwnów – *Program ochrony środowiska dla miasta i gminy Dziwnów na lata 2009–2012 z perspektywą na lata 2013–2016*.

Należy zwrócić uwagę na bardzo zróżnicowany zakres uwzględnienia zagadnień energetyczno-ekologicznych we wskazanych dokumentach prawa lokalnego w poszczególnych gminach. Najbardziej szczegółowo konieczność transformacji energetycznej opisana jest w dokumentach gminy Międzyzdroje, w których wskazano takie elementy polityki lokalnej, jak: konieczność edukacji ekologicznej, rozwój nowoczesnej gospodarki komunalnej, wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii i zwiększenie mocy instalacji OZE, wykorzystanie potencjału złóż geotermalnych ze wskazaniem wstępnej lokalizacji źródeł czy podniesienie efektywności energetycznej budynków.

W przypadku gminy Świnoujście w strategii rozwoju gminy nie wspomina się o możliwości intensyfikacji wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, zaś w *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy* wskazano jedynie brak możliwości realizacji elektrowni wiatrowych z uwagi na ograniczenia natury przyrodniczo-krajobrazowej. Podobne ograniczenie wskazano w przypadku gminy Dziwnów w strategii rozwoju gminy.

Bibliografia

1. Polityka energetyczna Polski do 2040 r. Załącznik do uchwały nr 22/2021 Rady Ministrów z dnia 2 lutego 2021 r. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 2021.
2. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, Dz.U.1997.54.348 ze zmianami.
3. Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.), Ministerstwo Rozwoju, Departament Strategii Rozwoju, Warszawa 2017.
4. Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030 – Założenia i cele oraz polityki i działania. Ministerstwo Aktywów Państwowych, Warszawa 2019.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE z dnia 24 listopada 2010 r. w sprawie emisji przemysłowych (zintegrowane zapobieganie zanieczyszczeniom i ich kontrola) (wersja przekształcona). Dz.U.UE.2010.334.17.
6. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, Dz.U.UE.201.153.1.
7. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii. Dz.U.2015.0.261 ze zmianami.
8. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych. Dz.U.2016.0.961 ze zmianami.
9. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane. Dz.U.1994.89.414 ze zmianami.
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U.2002.75.690 ze zmianami.
11. Ustawa z dnia 28 października 2020 r. o zmianie ustawy o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz niektórych innych ustaw, Dz.U.2020.0.2127.
12. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, Dz.U.1991.81.351 ze zmianami.
13. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, Dz.U.1991.81.351 ze zmianami.
14. Ustawa z dnia 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, Dz.U.1996.132.622 ze zmianami.
15. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska, Dz.U.2020.1219 ze zmianami.
16. Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków, Dz.U.2014.0.1200 ze zmianami.
17. Ustawa z dnia 6 marca 2018 r. Prawo przedsiębiorców, Dz.U.2018.0.646 ze zmianami.
18. Ustawa z dnia 21 czerwca 2001 r. o dodatkach mieszkaniowych, Dz.U.2001.71.734 ze zmianami.
19. Ustawa z dnia 12 marca 2004 r. o pomocy społecznej, Dz.U.2004.64.593 ze zmianami.
20. Ustawa z 30 czerwca 2022 r. o odnawialnych źródłach energii, Dz.U.2022.1378.
21. Uchwała nr VIII/100/19 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 28 czerwca 2019 r. w sprawie przyjęcia „Strategii rozwoju województwa zachodniopomorskiego do roku 2030”, <http://bip.rbip.wzp.pl/artukul/uchwala-nr-viii10019-sejmiku-wojewodztwa-zachodniopomorskiego>.

22. Uchwała nr XXXV/540/18 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 26 września 2018 r. w sprawie wprowadzenia na obszarze województwa zachodniopomorskiego ograniczeń i zakazów w zakresie eksploatacji instalacji, w których następuje spalanie paliw, <http://bip.rbip.wzp.pl/arttykul/uchwala-nr-xxxv54018-sejmiku-wojewodztwa-zachodniopomorskiego>.
23. Uchwała nr XX/239100/20 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 22 października 2020 r. w sprawie ustanowienia roku 2021 – rokiem ekologicznym na Pomorzu Zachodnim, <http://bip.rbip.wzp.pl/arttykul/uchwala-nr-xx23920-sejmiku-wojewodztwa-zachodniopomorskiego>.
24. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o systemie monitorowania i kontrolowania jakości paliw. Dz.U.2006.169.1200 ze zmianami.
25. Polska Norma PN-EN 303-5:2012 Kotły grzewcze – Część 5: Kotły grzewcze na paliwo stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW – Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie. PKN, Warszawa, 2012.
26. <http://www.rpo.wzp.pl/skorzystaj/nabory/214-poprawa-jakosci-powietrza-zachodniopomorski-program-antysmogowy>.

Problematyka odnawialnych źródeł energii w planowaniu przestrzennym na przykładzie wybranych gmin nadmorskich województwa zachodniopomorskiego

Maciej J. Nowak, Małgorzata Blaszkę, Leszek Jastrzębski¹,
Justyna Strzyżewska¹, Tomasz Furmańczyk^{1, 2}

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; ¹ Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie; ² Uniwersytet Szczeciński

Wstęp

Problematyka dotycząca ochrony klimatu powinna być w możliwie najszerszym zakresie wdrażana do krajowych systemów planowania przestrzennego. Wyzwania związane z ochroną klimatu wiążą się z bardzo szerokim zakresem zagadnień. Wyodrębnić tu można wyzwania: gospodarcze, społeczne i środowiskowe [1]. Jest to wyzwanie dla całego świata, z zastrzeżeniem, że dla części regionów i miast przybiera własną specyfikę [2]. Dotyczy to jak najbardziej sfery związanej z planowaniem przestrzennym i jest w szerokim zakresie zauważane w literaturze naukowej. Przykładowo Dennis Becker i Stefan Greiving [3] postulują jako ważny kierunek związany z odpowiedzią na zmiany klimatu budowanie elastycznych struktur, w tym wielofunkcyjne wykorzystywanie terenów. Jako ważne postuluje się też wspieranie zmniejszenia wykorzystywanej energii w nowych i istniejących inwestycjach miejskich, a także unikanie potencjalnych niedoborów wody, utraty różnorodności biologicznej lub powodzi [4, 5].

Odpowiedzią na problemy i zagrożenia związane z ochroną klimatu jest między innymi koncepcja zielonej transformacji. Wyrażano ją w licznych dokumentach i jest zauważalna na wielu płaszczyznach. Na szczególne podkreślenie wymaga *Agenda terytorialna Unii Europejskiej 2030*. Jacek Szlachta i Maciej Nowak [6] w kontekście dyskusji na temat jej wdrażania do polskiego systemu planowania przestrzennego wyodrębnili następujące zagadnienia:

- poprawa dostępności do usług użyteczności publicznej (którą warunkuje również jakość architektury), a także szczególna dbałość o dostępność usług na szczeblu lokalnym i regionalnym,
- powstrzymanie tendencji poszerzania powierzchni pozarolniczo użytkowanych gruntów oraz niekontrolowanego rozwoju dużych miast,

- ochrona przyrody, dziedzictwa kulturowego i krajobrazu kulturowego, w szczególności przed negatywnymi skutkami urbanizacji,
- przeciwdziałanie fragmentacji środowiska, w szczególności przeciwdziałanie efektom zewnętrznym uderzającym w ekosystemy, dziedzictwo kulturowe i usługi publiczne,
- rozwój zielonej infrastruktury,
- opracowanie strategii dla klimatu, dbałość o utrzymanie otwartych przestrzeni, a także zapobieganie niekontrolowanej zabudowie i powstawaniu miejskich wysp ciepła,
- dalszy rozwój obszarów funkcjonalnych (niezależnych od granic administracyjnych jednostek samorządu terytorialnego).

Większość wskazanych zagadnień w przeważającym zakresie łączy się z kwestią ochrony klimatu oraz (różnie rozumianej) zielonej transformacji. W tym kontekście, agenda terytorialna zasługuje na szczególne uwzględnienie również z tego względu, że jest zaadresowana nie tylko do rządów centralnych państw członkowskich, ale także do jednostek samorządu terytorialnego. Refleksja nad zmianami w polityce przestrzennej stanowi więc również odpowiedź na postulaty zawarte w agendzie. Większość z tych postulatów wymaga pogłębionej refleksji w zakresie wdrażania odnawialnych źródeł energii, bowiem bez poważniejszej zmiany niemożliwe będzie osiągnięcie optymalnych efektów. Konkludując ten etap rozważań, należy stwierdzić, że z licznych źródeł wynika konieczność aktywnej polityki przestrzennej, uwzględniającej wyzwania dotyczące odnawialnych źródeł energii [7–18].

W związku z realizacją przedmiotowych zadań należy wskazać na rolę poszczególnych dokumentów w realizacji polityki rozwoju. W pierwszej kolejności należy zastrzec, że w miarę możliwości powinny one uwzględniać wytyczne w zakresie zintegrowanego planowania rozwoju i elastyczności w planowaniu [19]. To pierwsze wynika (poza тезami literatury naukowej) również z treści ustawy o zasadach prowadzenia polityki rozwoju.

W związku z powyższym rolę dokumentów w polskim systemie w zakresie realizacji odnawialnych źródeł energii powinno być:

- w wymiarze rozwoju – dostosowanie generalnych wyzwań realizacji odnawialnych źródeł energii do specyfiki konkretnych gmin, a także weryfikacja obszaru gmin z perspektywy przydatności/barier dla odnawialnych źródeł energii (jest to również forma realizacji szerszego zgłaszanego w sferze międzynarodowej postulatu wyznaczania stref realizacji odnawialnych źródeł energii),

- w sferze realizacyjnej – możliwie najszersze dostosowywanie wskazanych wytycznych i postulatów do poszczególnych terenów, przy określaniu ich szczegółowych warunków zagospodarowania.

Niniejsza analiza dotyczy gmin: Międzyzdroje, Świnoujście, Dziwnów i Wolin. Mają one zbliżone uwarunkowania rozwojowe, w tym lokalizacyjne i turystyczne (nie oznacza to jednak oczywiście idealnie tożsamych warunków: różniuje je np. miejski charakter Świnoujścia lub objęcie znacznej części gminy Międzyzdroje formami ochrony przyrody). Celem rozdziałów jest dostosowanie wskazanych postulatów do przypadku analizowanych gmin. W związku z powyższym dokonano przeglądu zróżnicowanych dokumentów i aktów w badanych gminach (ze szczególnym uwzględnieniem kwestii zintegrowanego planowania i planowania miejscowego). Na podstawie krytycznego przeglądu wypracowano rekomendacje zmian.

Poziom regionalny – obowiązujące dokumenty strategiczne i planistyczne, oddziałujące na teren objęty projektem i obowiązujące w jego granicach

Podstawowym dokumentem określającym kierunki rozwoju społeczno-gospodarczego jest *Strategia rozwoju województwa zachodniopomorskiego* [20], przyjęta uchwałą Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego w dniu 28 czerwca 2019 r. Działania wskazane w strategii mają na celu m.in. wspieranie rozwoju odnawialnych źródeł energii i wzrost efektywności energetycznej. Kolejnym dokumentem regulującym gospodarkę niskoemisyjną na terenie województwa zachodniopomorskiego jest *Regionalny program operacyjny województwa zachodniopomorskiego 2014–2020* [21]. Obszar interwencji programu wynika ze *Strategii rozwoju województwa zachodniopomorskiego*. Jego zakres ograniczony jest listą priorytetów Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Struktura programu – liczba i zakres priorytetów, ich pola interwencji, poprzez które program jest realizowany – wynika także z polityk wspólnotowych określonych w strategii lisbońskiej, *Zintegrowanym pakiecie wytycznych dla wzrostu gospodarczego i zatrudnienia na lata 2005–2008*, *Strategicznych wytycznych Wspólnoty dla spójności gospodarczej, społecznej i terytorialnej na lata 2007–2013* oraz polityki krajowej określonej w *Strategii rozwoju kraju na lata 2007–2015* i w *Narodowych strategicznych ramach odniesienia 2007–2013* wspierających wzrost gospodarczy i zatrudnienie.

Wśród wyzwań stojących przed województwem zachodniopomorskim w nowej perspektywie wymienia się m.in. rozwijanie i wzmacnianie innowacyjności

zachodniopomorskich przedsiębiorstw, wykorzystanie zaawansowanych rozwiązań cyfrowych w administracji publicznej i biznesie, zwiększanie bezpieczeństwa energetycznego, a także wzmacnianie ochrony i zachowania przyrody, różnorodności biologicznej oraz zielonej infrastruktury, w tym na obszarach miejskich. Duży nacisk zostanie położony na dążenie do neutralności klimatycznej oraz przekształcenie regionu w krajowego lidera produkcji zielonej energii i technologii „ekoefektywnych”. W sferze społecznej zakres planowanych działań skupi się na zwiększaniu dostępu do wysokiej jakości edukacji, poprawie warunków rozwoju zawodowego pracujących i poszukujących pracy mieszkańców Pomorza Zachodniego oraz wsparciu osób zagrożonych ubóstwem lub wykluczeniem społecznym.

Działaniami priorytetowymi w zakresie wspierania efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych będzie promowanie efektywności energetycznej oraz energooszczędności, które mają prowadzić do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych i poprawy jakości powietrza wskutek redukcji emisji. Wspierane będzie również wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła z odnawialnych źródeł energii, w tym z zakresu energetyki rozproszonej. Jako uzupełnienie działań wskazano digitalizację energetyki (rozwój nowych technologii służących poprawie wydajności energetycznej). Nadal istotnym czynnikiem obniżenia emisyjności gospodarki będzie wytwarzanie energii z odnawialnych źródeł energii.

Podstawowe priorytety planistyczne dla kształtowania rozwoju przestrzennego województwa zachodniopomorskiego przedstawia *Plan zagospodarowania przestrzennego województwa zachodniopomorskiego* [22]. Dotyczą one m.in. ochrony przyrody, transportu i infrastruktury oraz rozwoju osadnictwa. Realizacja działań zawartych w dokumencie stanowi wypełnienie zadań, które określono w *Strategii rozwoju województwa zachodniopomorskiego*. Kierunki rozwoju województwa wskazane w strategii zostały w planie przedstawione z uwzględnieniem zasady zachowania ładu przestrzennego i zrównoważonego rozwoju. Charakterystyka systemu elektroenergetycznego na terenie województwa uwzględnia wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii i działania związane z modernizacją sieci przesyłowej. Z rozwojem elektroenergetyki w województwie zachodniopomorskim związana jest m.in. poprawa efektywności energetycznej i wzrost bezpieczeństwa energetycznego. Plan odnosi się również do zasobów środowiska przyrodniczego województwa w świetle rozwoju energetyki odnawialnej.

Poziom lokalny – strategie lokalne i ponadlokalne, studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, gminne programy gospodarki niskoemisyjnej, założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe

Na szczeblu lokalnym przeanalizowano następujące dokumenty:

- strategie lokalne,
- gminne programy gospodarki niskoemisyjnej,
- założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe,
- studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.

Zgodnie z założeniami niniejszego opracowania skupiono się na treści wskazanych dokumentów w kontekście odnawialnych źródeł energii, w szczególności na sposobie ich ujmowania. Uwzględniono dokumenty obowiązujące, odnoszące się do wskazanych zagadnień. W pierwszej kolejności uwzględniono strategie rozwoju. W *Strategii rozwoju gminy Dziwnów* [23] problematyce odnawialnych źródeł energii poświęcono osobny krótki podrozdział. Wskazano niski poziom wykorzystania niniejszej energii w gminie, a także docelowych jej adresatów (rolnictwo). Jednocześnie wskazano, że z uwagi na turystyczny charakter gminy nie przewiduje się lokowania farm wiatrowych (pomimo dobrych warunków w tym zakresie). W *Strategii rozwoju gminy Międzyzdroje* wskazana problematyka podjęta jest w mniejszym zakresie. Przy okazji charakterystyki systemu ciepłowniczemu postuluje się wykorzystanie „niekonwencjonalnych źródeł ciepła”.

W *Planie gospodarki niskoemisyjnej dla gminy Dziwnów* [24] również wskazuje się na aktualny brak wykorzystania zasobów geotermalnych, jednoznacznie podkreślając generalny brak rozpoznania zasobów. Jednocześnie wskazuje się jednoznaczny brak woli w zakresie budowy farm wiatrowych (z wyłączeniem niewielkich instalacji wiatrowych), a także biomasy. Ogólnie wskazuje się na umiarkowane zainteresowanie w gminie energią słoneczną. *Plan gospodarki niskoemisyjnej dla gminy Międzyzdroje* w zakresie odnawialnych źródeł energii jest sformułowany podobnie. Wskazuje się, że rozwój odnawialnych źródeł energii jest także istotny z uwagi na rekreacyjno-wypoczynkowy charakter gminy (zwiększa potencjał turystyczny). Wykorzystanie energii geotermalnej powinno opierać się na wykorzystaniu pomp ciepła. Nie dopuszcza się realizacji inwestycji w zakresie farm wiatrowych (jako odstraszających turystów), natomiast istotną szansą rozwojową jest energia słoneczna. Szczególnie preferuje się indywidualne kolektory słoneczne instalowane na budynkach mieszkalnych i obiektach użyteczności publicznej. Pod tym względem trochę inaczej jest

sformułowany *Plan gospodarki niskoemisyjnej dla gminy miasta Świnoujście*. Niemniej, zmieściły się w nim wytyczne wykluczające lokalizację „siłowni elektrycznych napędzanych energią wiatru” z uwagi na wysokie walory przyrodniczo-krajobrazowe oraz trudne warunki gruntowo-wodne na terenie objętym planem. Natomiast duże możliwości zauważa się przy instalacjach solarnych i modułach fotowoltaicznych. Wprowadzono również postulat zakupu zielonej energii, a nawet „zielonych zamówień publicznych”. Jednym z postulatów realizujących niniejsze wytyczne jest zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych oraz uwzględnienie w zamówieniach publicznych wymogu, aby firmy wykonujące usługi itp. stosowały działania i sprzęt, których funkcjonowanie będzie efektywne energetycznie. Z kolei w *Planie gospodarki niskoemisyjnej dla gminy Wolin* [26] wskazano, że najkorzystniejszym źródłem energii odnawialnej (zarówno pod względem ekonomicznym, jak i środowiskowym) są wszelkie instalacje wykorzystujące promieniowanie słoneczne, głównie panele słoneczne oraz ogniwa fotowoltaiczne, i to właśnie na promowanie i instalowanie tego typu urządzeń powinien zostać położony nacisk. W *Założeniach do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Gminy Dziwnów* [27] kwestię odnawialnych źródeł energii poddano szerszej analizie. Przeprowadzono bardziej generalne rozważania w tym zakresie. Wskazano zarazem na ograniczenia dla rozwoju OZE (zwłaszcza energetyki wiatrowej) wynikające z regulacji prawnych dla obszarów chronionych. Przełożenie szerszych analiz na sferę gminy ma miejsce w zakresie powiązanim z konkretnymi przykładami/problematyką i ma raczej wymiar uzupełniający. W analogicznym dokumencie dla gminy Świnoujście [28] również dokonano ogólnej charakterystyki krajowych uwarunkowań i szans związanych z wdrażaniem odnawialnych źródeł energii. Podobnie jak w przypadku gminy Dziwnów odniesienie w tym dokumencie do konkretnych lokalnych uwarunkowań ma charakter uzupełniający.

Do odnawialnych źródeł energii odnosi się również studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Międzyzdroje [29]. Wskazuje się na ograniczone możliwości w tym zakresie (z uwagi na względy przyrodnicze). Względem energetyki wiatrowej – jedynie w ramach małych elektrowni do produkcji energii na potrzeby własne. Zdecydowanie pozytywniej ocenia się szanse energetyki solarnej. Energię tę można wykorzystywać w dwojaki sposób – przetwarzać w energię ciepłą za pomocą kolektorów słonecznych do wytwarzania ciepłej wody użytkowej (szczególnie w trakcie letniego sezonu turystycznego) lub w energię elektryczną z użyciem ogniw fotowoltaicznych. Z kolei w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Świnoujście

[30], wskazuje się, że modernizowane będzie istniejące centralne źródło wytwarzania ciepła na bazie paliw gazowych, ciekłych lub stałych z udziałem energii odnawialnej i ze źródeł niekonwencjonalnych zgodnie z wymogami współczesnej ekologii. Do celów grzewczych będą stosowane różne nośniki energii i systemy ciepłownicze dobierane na z uwzględnieniem rachunku ekonomicznego i wymogów ekologii. Uzupełnieniem konwencjonalnych systemów ogrzewania będzie energia odnawialna (wiatr, woda, geotermia, słońce, biomasa).

Nie jest celem niniejszego opracowania kontestowanie konkretnych postanowień. Chodzi o bardziej konstruktywne ujęcie: jak w obliczu coraz bardziej zaważalnych wyzwań należy postrzegać rolę poszczególnych dokumentów rozwojowych i aktów polityki przestrzennej.

Dokumenty planistyczne zawierające zapisy dotyczące lokalizacji OZE

W gminie Międzyzdroje można wyodrębnić następujące postanowienia planistyczne dotyczące odnawialnych źródeł energii [29]:

- „zakaz lokalizacji wszelkich urządzeń wykorzystujących energię wiatru,
- dopuszczenie systemów grzewczych wykorzystujących źródła odnawialne – odnoszone do modernizacji/rozbudowy i budowy systemów zaopatrzenia w ciepło,
- dopuszczenie realizacji systemów grzewczych wykorzystujących źródła odnawialne, w tym pompy ciepła i kolektory słoneczne,
- zasilanie obiektów z lokalnych źródeł ciepła wykorzystujących gaz, paliwa płynne i energię elektryczną, inne niepowodujące przekroczenia norm zanieczyszczenia powietrza oraz wspomaganie systemów podstawowych źródłami energii odnawialnej,
- tereny oznaczone symbolem PG przeznacza się na funkcje związane z lokalizacją infrastruktury na potrzeby pozyskiwania i wykorzystania energii geotermalnej przy zachowaniu funkcji ogólnodostępnego terenu zieleni – parku leśnego, przy uwzględnieniu poniższych i pozostałych ustaleń planu:
 - dopuszczenie lokalizacji budowli na potrzeby pozyskiwania i wykorzystania energii geotermalnej oraz obiektów dydaktycznych związanych wykorzystywaniem energii odnawialnej,
 - dopuszczenie realizacji indywidualnych rozwiązań w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych zgodnie z obowiązującymi przepisami odrębnymi”.

W gminie Międzyzdroje w planach zagospodarowania przestrzennego [29] występuje zróżnicowane podejście do problematyki odnawialnych źródeł energii.

Ze sferą zakazów planistycznych można powiązać „zakaz lokalizacji wszelkich urządzeń wykorzystujących energię wiatru”. Tego rodzaju zakaz ujęty jest w sposób prawidłowy z perspektywy formalnoprawnej (może jednak prowokować dyskusję na temat zasadności tak generalnych rozstrzygnięć planistycznych). Podkreślenia wymaga, że obejmuje także odpowiednie mikroinstalacje (tym bardziej, że dla elektrowni wiatrowych określonych w ustawie o realizacji inwestycji w zakresie elektrowni wiatrowych wymagane jest spełnienie innych warunków). Zdecydowanie szerszej wyglądają sposoby dopuszczania możliwości realizacji zróżnicowanych odnawialnych źródeł energii.

Kolejna część postanowień dotyczy części planów określających zasady rozbudowy/modernizacji systemów zaopatrzenia w ciepło. W tych przypadkach dopuszcza się systemy grzewcze, które „wykorzystują źródła odnawialne”. Jest to bardzo szerokie ujęcie. Zdarza się, w celu eliminacji ewentualnych wątpliwości, określenie kluczowych rodzajów (pomp ciepła i kolektorów słonecznych). Taki sposób ujęcia może czasami prowokować zróżnicowane podejście do wykładni dotyczącej innych (niewymienionych wprost) urządzeń. Można również wyodrębnić dopuszczenie stosowania ogniw fotowoltaicznych na dachach budynków. W międzynarodowej dyskusji na temat roli odnawialnych źródeł energii w planowaniu przestrzennym rozważa się zasadność (z perspektywy systemowej/ustawodawstwa krajowego) tak szczegółowych regulacji. Przeważające głosy skłaniają się do eliminacji obowiązku wprowadzania tego rodzaju wytycznych. W polskim systemie obecnie nie ma takiego obowiązku.

Wyodrębnić należy jeszcze jeden kierunek, związany z określaniem możliwości na danym terenie w zakresie lokalizacji budowli/urządzeń dotyczących pozyskiwania i wykorzystania energii geotermalnej. Ważne przy tej okazji podkreślanie zachowania innych funkcji danego obszaru (np. związanego z terenem zieleni). Podkreślenia wymaga jednak brak spójności w zakresie sposobu ujmowania wskazanych zagadnień. Również ten brak spójności może budzić wątpliwości interpretacyjne. Dotyczy to zarówno generalnych możliwości lokalizacji na danym terenie, jak i kwestii modernizacji/rozbudowy systemów zaopatrzenia w ciepło. Chodzi w tym kontekście przede wszystkim o zróżnicowane sposoby sformułowania konkretnych wytycznych. Były one przygotowywane w różnych okresach, według różnych schematów. Może to utrudniać wykładnię konkretnych postanowień planistycznych w wątpliwych przypadkach. Należy powyższe odróżnić od kwestii elastyczności w planowaniu. Elastyczność w planowaniu nie oznacza odmiennego formułowania wytycznych (według różnych schematów), tylko świadome otwarcie na konkretne możliwości rozwoju.

W gminie Świnoujście można wyróżnić następujące rodzaje postanowień planistycznych [25, 30]:

- „zakaz lokalizacji elektrowni wiatrowych,
- zaopatrzenie w ciepło z indywidualnych źródeł ciepła zasilanych ekologicznymi nośnikami energii (gaz przewodowy, energia elektryczna), z zakazem stosowania paliw stałych oraz oleju opałowego,
- w zakresie zaopatrzenia w ciepło ustala się utrzymanie centralnego systemu zaopatrzenia w energię cieplną; dopuszcza się stosowanie lokalnych i indywidualnych źródeł ciepła opartych na gazie, paliwach płynnych i energii elektrycznej oraz wspomaganie systemów podstawowych źródłami energii odnawialnej,
- dopuszcza się realizację obiektów infrastruktury technicznej; dopuszcza się realizację instalacji służących pozyskiwaniu energii ze źródeł odnawialnych w postaci instalacji fotowoltaicznych o mocy przyłączeniowej do 100 kW,
- dopuszczenie realizacji systemów grzewczych wykorzystujących źródła odnawialne,
- zaopatrzenie w ciepło z lokalnych źródeł ciepła wykorzystujących: niskociśniskowe instalacje grzewcze na gaz, olej opałowy, energię elektryczną lub odnawialne źródła energii jak: kolektory słoneczne, pompy ciepła itp.,
- możliwość realizacji oświetlenia nadmorskiej kładki spacerowej i przejść na plażę latarniami zasilanymi energią odnawialną,
- dopuszczenie realizacji systemów grzewczych wykorzystujących źródła odnawialne, w tym pompy ciepła i kolektory słoneczne,
- zakazuje się lokalizacji wszelkich urządzeń wykorzystujących energię wiatru”.

W gminie Świnoujście również występują zróżnicowane typy postanowień planistycznych. Z jednej strony można wskazać na postanowienia wprowadzające zakazy lokalizacji elektrowni wiatrowych – odnoszące się przede wszystkim faktycznie do małych elektrowni wiatrowych. Wyodrębniono również postanowienia: „zakazuje się lokalizacji wszelkich urządzeń wykorzystujących energię wiatru”. Analizy eksperckiej wymaga stwierdzenie, czy jest to odmienny zakres od „elektrowni wiatrowych”.

W kontekście zaopatrzenia w ciepło podkreślić należy zróżnicowanie możliwych rozwiązań. Od strony technicznej podkreślenia wymaga, że ujęcie w nawiasie gazu przewodowego i energii elektrycznej sprowadzać się będzie do wykluczenia pozostałych rozwiązań (niezależnie od intencji uchwałodawcy). Zakazy dotyczące stosowania paliw stałych, jak też oleju opałowego, w razie wątpliwości będą interpretowane szeroko. Z kolei dopuszczenie systemów grzewczych

„wykorzystujących źródła odnawialne” wprowadza możliwość bardzo szerokiego, swobodnego wykorzystywania odnawialnych źródeł energii w tym zakresie. Podobna ocena odnosi się do szerokiego określenia możliwości realizacji oświetlenia nadmorskiej kładki spacerowej i przejść na plażę. Z kolei bardzo trzeba uważać na stosowanie w planach zwrotów „itp.”. Prowokują one do zgłaszania wątpliwości interpretacyjnych w odniesieniu do tego, co jeszcze poza wymienionymi elementami może być zaliczone w danej grupie.

W gminie Dziwnów można wyróżnić następujące rodzaje postanowień planistycznych [23, 27]:

- „dopuszczalne odnawialne źródła energii – panele słoneczne i fotowoltaiczne montowane na dachach, na powierzchni nieprzekraczającej 2/3 powierzchni połaci dachu oraz pompy ciepła,
- zaopatrzenie w ciepło z indywidualnych źródeł ciepła zasilanych ekologicznymi nośnikami energii: gaz przewodowy, energia elektryczna lub inne niepowodujące ponadnormatywnych emisji zanieczyszczeń. Dopuszczalne odnawialne źródła energii, z zakazem lokalizacji urządzeń wytwarzających energię wykorzystujących energię wiatru,
- zaopatrzenie w ciepło: dla obiektów istniejących i projektowanych przewiduje się indywidualne źródła ciepła zasilane ekologicznymi nośnikami: gazem przewodowym, energią elektryczną, pelletem lub innymi niepowodującymi ponadnormatywnych emisji zanieczyszczeń, z zakazem stosowania innych paliw stałych – zakaz nie dotyczy kominków niebędących podstawowym źródłem ciepła”.

Pierwszy z kierunków postanowień planistycznych dotyczy możliwości lokalizacji paneli słonecznych/fotowoltaicznych na dachach. Podkreślenia wymaga wprowadzone ograniczenie odnoszące się do możliwej do ujęcia przy tej okazji powierzchni dachu. Wydaje się, że są to ograniczenia niepotrzebne, zbyt daleko idące (tym bardziej przy braku obowiązku określania wytycznych dla paneli na dachach). Odnosnie do możliwego zaopatrzenia w ciepło podkreślenia wymaga dopuszczenie odnawialnych źródeł energii. Skutkuje to możliwością realizacji zróżnicowanych odnawialnych źródeł energii. Plan jednak wyłącza z tej grupy urządzenia wytwarzające energię wiatru. To wyłączenie jest szerokie i obejmuje każdy sposób wykorzystania wskazanej energii. Z kolei wymienienie konkretnych źródeł ciepła (zasilanych ekologicznymi nośnikami) powoduje konsekwencje w postaci wykluczenia niewymienionych.

W gminie Wolin można wyróżnić następujące rodzaje postanowień planistycznych [26]:

- „Celem regulacji zawartych w ustaleniach zmiany planu jest:
 - 1) stworzenie warunków do rozwoju energetyki, wykorzystującej odnawialne źródła energii jako kierunku proekologicznych działań inwestycyjnych,
 - 2) (...)
 - 3) (...)
 - 4) warunki eksploatacji funkcjonowania elektrowni w pierwszych 5 latach muszą być uzgodnione z Wojewódzkim Konserwatorem Przyrody – czas pracy, zakres prowadzonego i monitoringu i sposoby zabezpieczenia przed negatywnym oddziaływaniem na migrujące zwierzęta.
- Dla obszaru projektowanej lokalizacji siłowni wiatrowych objętych zmianą planu obowiązują następujące zasady obsługi w zakresie infrastruktury technicznej:
 - 1) siłownie wiatrowe pracują bezobsługowo, w związku z czym nie istnieje potrzeba rozwiązywania problemów związanych z gospodarką wodno-ściekową,
 - 2) ustala się konieczność oświetlenia planowanych siłowni wiatrowych, w celu zachowania bezpieczeństwa ruchu statków powietrznych oraz ochrony migrujących ptaków,
 - 3) oświetlenie planowanych siłowni wiatrowych nie powinno powodować nadmiernego podświetlania tła, zmniejszającego zasięg światła znaków nawigacyjnych oraz nie może przypominać znaków nawigacyjnych, tak w odniesieniu do kształtu konstrukcji, jak i charakterystyki oraz koloru zastosowanych światel,
 - 4) planowane działania inwestycyjne nie mogą spowodować odcięcia zasilania energetycznego znaków, a w przypadku jakichkolwiek działań wiążących się z transmisją radiową transmisja ta nie może utrudniać komunikacji morskiej, radionawigacji oraz interferować z sygnałami synchronizującym światła nawigacyjne,
 - 5) ustala się wybudowanie 15 siłowni wiatrowych o łącznej mocy 30,0 MW,
 - 6) ustala się wybudowanie na terenie rozdzielnic 15 kV,
 - 7) połączenie projektowanych siłowni wiatrowych z projektowaną rozdzielnicą – ustala się poprzez projektowaną sieć kablową wewnętrzną 15 kV,
 - 8) ustala się wybudowanie linii kablowych 15 kV z rozdzielnic 15 kV farmy siłowni wiatrowych do GPZ Reclaw”.

Plany w analizowanej gminie w sposób najszerszy podchodzą do problematyki odnawialnych źródeł energii. Zauważalne jest to na różnych szczeblach, co

potwierdza m.in. opis celu regulacji planistycznej – jednoznacznie powiązany z koniecznością wspierania rozwoju odnawialnych źródeł energii oraz z zakładanymi konsekwencjami tych działań (zauważalnymi w sferze inwestycyjnej). To bardzo dobry kierunek, również z perspektywy przyszłej wykładni przepisów planistycznych. Pozwala podkreślić priorytetowe znaczenie niniejszych założeń, co może być istotne przy rozstrzyganiu wątpliwości dotyczących przepisów szczegółowych.

Jeśli chodzi o przepisy szczegółowe, należy je uznać za pozostawiające dosyć dużą swobodę manewru inwestorom (w określonych rzecz jasna ramach). Również przy tej okazji pojawiają się postanowienia, które w szczegółowych stanach faktycznych mogą budzić większe wątpliwości (np. sformułowania o „nadmiernie podświetlonym tle”). W gminie opracowano ponadto postanowienia planistyczne dotyczące odnawialnych źródeł energii w kontekście zaopatrzenia w ciepło.

Analiza tez orzeczniczych dotyczących odnawialnych źródeł energii w polityce przestrzennej

Elementem koniecznym do uwzględnienia w polskim systemie planowania przestrzennego jest rola orzecznictwa sądowego. To ono w znaczącym zakresie determinuje sposób realizacji wielu założeń. Należy zwrócić na kilka kluczowych kierunków, w ramach których orzecznictwo obejmuje treść miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie powiązanym z odnawialnymi źródłami energii (analiza odnosi się do tego aspektu, nie do kwestii decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, ani treści studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego). Na początku tej części warto przypomnieć, że zgodnie z art. 3 ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych lokalizacja elektrowni wiatrowej następuje wyłącznie na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Plany miejscowe powinny więc możliwie najprecyzyjniej stwarzać podstawy dla realizacji takich inwestycji. Warto wskazać przykład rozstrzygnięcia nadzorczego Wojewody Wielkopolskiego z dnia 9 lutego 2017 r.¹³. W ustaleniach planu miejscowego sprecyzowano, że budowle i urządzenia, opisywane w ww. ustaleniach planu jako „elektrownie wiatrowe”, mogą posiadać moc nie większą niż 5 kW, zgodnie z przepisami odrębnymi. Odnosząc zatem powyższe ograniczenia do art. 2 pkt 1 ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz art. 2 pkt 19 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych

¹³ KN-I.4131.2.7.2017.20, Legalis.

źródłach energii, organ nadzoru stwierdził, że dopuszczone w planie „elektrownie wiatrowe” stanowić będą *de facto* „mikroinstalacje”. Zdaniem wojewody w związku z powyższymi okolicznościami w ustaleniach przedmiotowego planu błędnie posłużono się terminem „elektrowni wiatrowych” zamiast „mikroinstalacji”. Jednakże w związku z zawartymi w planie ograniczeniami w zakresie dopuszczalnej mocy omawianych instalacji – nie będzie mogła zajść sytuacja, w której możliwe byłoby posadowienie na obszarze objętym planem „elektrowni wiatrowych”, tj. instalacji o mocy większej niż moc wskazana dla mikroinstalacji. Obrazuje to możliwy chaos w sposobach rozumienia tego, jak wdrażać odnawialne źródła energii do planów miejscowych.

Klasyfikacji sposobów formułowania treści planów miejscowych dla terenów, na których ma zostać zrealizować instalacja OZE, dokonał Filip Nawrot [31]. Wyróżnił on następujące możliwości:

- postanowienia planu miejscowego umożliwia lokalizację kilku różnych rodzajów instalacji OZE (opcja najkorzystniejsza dla inwestorów),
- plan miejscowy dopuszcza powstanie tylko jednego rodzaju instalacji OZE,
- plan miejscowy nie dopuszcza lokalizacji instalacji OZE (zakaz całościowy, zakaz realizacji inwestycji na konkretnych obszarach),
- plan miejscowy nie zawiera jakichkolwiek wzmianek na temat realizacji instalacji OZE.

Szczegółowe postanowienia planów miejscowych bywają zróżnicowane. Czasami zawężą się rozumienie OZE (np. jako tylko „urządzenia wytwarzające energię z odnawialnych źródeł energii o mocy nieprzekraczającej 100 kW” lub przez dopuszczenie elektrowni wiatrowych tylko jako mikroinstalacji [31]). Dopuszcza się również w niektórych planach tylko jeden z typów instalacji OZE albo wprowadza ograniczenia w zakresie, np. wysokości wieży lub średnicy śmigła. Tego rodzaju manewry co do zasady nie są potrzebne ani uzasadnione. Mogą przyczynić się do szerszego zablokowania realizacji inwestycji i poważniejszych problemów (rozbieżności) przy okazji wykładni postanowień planistycznych. W obliczu ogólnego nieuporządkowania terminologicznego nie wydaje się to potrzebne. Tym bardziej, że – jak wskazano – występuje poważne zapotrzebowanie na zdecydowanie szerszą realizację odnawialnych źródeł energii.

Warto powołać kolejne przykłady orzecznicze – w tym jeden, pokazujący w sposób pogłębiony konkretny problem i jego analizę. Zgodnie z rozstrzygnięciem nadzorczym Wojewody Opolskiego z dnia 22 czerwca 2021 r.¹⁴ analiza przestrzenna

¹⁴ IN.I.743.45.2021.KD

obszaru planu uwzględniająca dopuszczoną wysokość zabudowy oraz jej istniejące i planowane przeznaczenie wykazała, że lokalizacja elektrowni wiatrowych o mocy do 100 kW (wersja sprzed nowelizacji ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym) na wskazanych terenach narusza przepisy art. 4 ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych. Naruszenie to należy uznać za istotne, gdyż prowadzi w konsekwencji do sytuacji, gdy przyjęte ustalenia planistyczne są jednoznacznie odmienne od tych, które zostałyby podjęte, gdyby nie naruszono zasad lub trybu sporządzania planu miejscowego. W świetle przywołanych przepisów na wszystkich terenach stworzona została możliwość lokalizacji instalacji wytwarzających energię o mocy do 100 kW z wykorzystaniem energii wiatru. Fakt ten skutkuje koniecznością uwzględnienia przy sporządzaniu i uchwalaniu planu przepisów ustawy z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych. Zgodnie z art. 2 pkt 1 tej ustawy instalacja odnawialnego źródła energii, składająca się z części budowlanej stanowiącej budowlę w rozumieniu prawa budowlanego oraz urządzeń technicznych, w tym elementów technicznych, w której energia elektryczna jest wytwarzana z energii wiatru, o mocy większej niż moc mikroinstalacji w rozumieniu art. 2 pkt 19 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii – Dz.U. z 2021 r. poz. 610 (instalacja odnawialnego źródła energii o łącznej mocy zainstalowanej elektrycznej nie większej niż 50 kW, przyłączonej do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV albo o mocy osiągalnej cieplnej w skojarzeniu nie większej niż 150 kW, w której łączna moc zainstalowana elektryczna jest nie większa niż 50 kW) – określona została jako elektrownia wiatrowa, dla której obowiązują ustalone w ustawie zasady lokalizacji. Wojewoda wyjaśnił, że w celu doprowadzenia do zgodności kontrolowanej uchwały z przepisem odrębnym konieczne stało się wyeliminowanie z obrotu prawnego wszystkich tych zapisów uchwały, które dopuszczają możliwość lokalizacji urządzeń wytwarzających energię z odnawialnych źródeł o mocy do 100 kW: § 15 pkt 10 lit. d. Konstrukcja zapisów uchwały nie pozwala na takie sformułowanie rozstrzygnięcia nadzorczego, które nie dotyczy odnawialnych źródeł energii o mocy do 100 kW z innych źródeł niż energia wiatru. Lokalizacji mikroinstalacji (w rozumieniu art. 2 pkt 19 ustawy z 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii) na obszarze planu będzie można dokonać na podstawie art. 15 ust. 4 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.

Wojewoda Śląski w rozstrzygnięciu nadzorczym z dnia 9 stycznia 2017 r.¹⁵ odniósł się do sytuacji, w której plan miejscowy dla elektrowni wiatrowych ograniczył

¹⁵ IFIII.4131.1.1.2017, Legalis.

możliwość realizacji zabudowy mieszkaniowej w gminie sąsiedniej. Wojewoda podważając plan, stwierdził, że rada gminy nie posiada kompetencji do stanowienia ustaleń w planie miejscowym, przekładających się na politykę przestrzenną gminy sąsiedniej. Rozwiązaniem tego problemu może być współpraca z gminą sąsiednią, która sprowadzi się do uchwalenia przez gminę sąsiednią planu z ograniczeniami adekwatnymi do zaplanowanej inwestycji. Niemniej, jest to jeden z typowych przypadków skomplikowanych dylematów prawnych (różnie ocenianych w doktrynie). Wskazane rozwiązanie wydaje się jednak najbardziej uzasadnione.

Wnioski i rekomendacje

Rekomendacje dotyczące szczebla regionalnego

Należy uznać, że treść planu zagospodarowania przestrzennego województwa (kluczowego z perspektywy analizowanych zagadnień) w stopniu adekwatnym do potrzeb uwzględnia rolę odnawialnych źródeł energii. Kluczowa jest tu zwłaszcza część planu obejmująca część kierunkową. Można jedynie rozważać, czy wskazany kierunek nie powinien być mocniej zaakcentowany w ramach celu IX części planu (niemniej, nie tyle chodzi o ujęcie merytoryczne, ile uwzględnienie kolejności ujętych tam zagadnień). Można rozważyć także bardziej szczegółowe ujęcie w części wprowadzającej do tego celu znaczenia odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza w przełożeniu na politykę przestrzenną. Podkreślenia wymaga jednak, że niniejsza rekomendacja może zostać zrealizowana przy okazji innych prac nad zmianą planu (nie jest samodzielną podstawą do dokonania takiej zmiany).

Ponadto pozytywnie należy ocenić ogólne dostosowania rozwoju odnawialnych źródeł energii do uwarunkowań rozwoju województwa oraz przełożenie na wytyczne w zakresie konkretnych inwestycji. Pod tym względem zachowano spójność.

Rekomendacje dotyczące dokumentów rozwojowych na szczeblu lokalnym

W analizowanych dokumentach rozwojowych można zauważyć następujące tendencje:

1. Zbyt duży zakres niektórych dokumentów sprowadza się do analizy szerszych, ponadlokalnych uwarunkowań wdrażania odnawialnych źródeł energii; to dobrze, że z poziomu lokalnego zauważa się problemy i dylematy występujące tu np. na szczeblu europejskim lub krajowym, niemniej jednak kluczowe wydaje się odniesienie wskazanych kwestii do uwarunkowań

lokalnych; dokument lokalny nie może być jedynie powieleniem analiz centralnych; sytuacja, w której mamy bardzo pogłębioną diagnozę z perspektywy krajowej i jedynie kazuistyczną/szczątkową z perspektywy gminnej, jest bowiem zupełnie nieefektywna z perspektywy możliwych konsekwencji.

2. Zauważalna jest również tendencja, w której opis niektórych odnawialnych źródeł energii (zwłaszcza energetyki wiatrowej) wiąże się przede wszystkim z zagrożeniami (zróżnicowanymi), co nie zawsze jest dostatecznie uzasadnione z perspektywy wyzwań dotyczących ochrony klimatu. Zwłaszcza w kontekście potrzeb w tym zakresie konieczna jest jednak szersza refleksja. Nie chodzi oczywiście o to, żeby pomijać potencjalne problemy. W dokumentach rozwojowych niewystarczające jednak wydaje się ujęcie całokształtu zagadnień tylko z jednej perspektywy. Znow można odwołać się do sposobu ujmowania zagadnień ponadlokalnych. Tak jak napisano, w poszczególnych dokumentach nie można skupiać się tylko i wyłącznie na ich charakterystyce, niemniej jednak już wnioski z takiego szerebu warto przenosić na poziom lokalny. Ponadto przy ocenach dotyczących elektrowni wiatrowych brakuje rozróżnienia na poszczególne rodzaje elektrowni wiatrowych (większe i mniejsze).
3. Dobrym, postulowanym rozwiązaniem powinno być wyznaczenie w gminie poszczególnych stref – z perspektywy możliwości realizacji (zróżnicowanych) odnawialnych źródeł energii. Tego typu analiza dokonana w ramach dokumentu strategicznego umożliwia uwzględnienie zagadnień gospodarczych, społecznych, przestrzennych, ale również np. środowiskowo-przyrodniczych czy kulturowych. Pozwoli to również jeszcze bardziej zniuansować kwestię możliwych konfliktów przestrzennych. Tego typu strefy mogą stać się punktem odniesienia dla dalszej weryfikacji w aktach planistycznych. Powyżej przytoczono wybrane fragmenty zawarte zgodnie z ustawą o samorządzie gminnym, w strategiach rozwoju. Wciąż trwa dyskusja na temat ich realnej treści i optymalnego zastosowania. Wydaje się, że takie bardziej przestrzenne odniesienie tematu odnawialnych źródeł energii do poszczególnych części gminy może być ważnym krokiem w stronę zarówno pogłębionej refleksji, jak i szerszego zintegrowanego planowania. Strefy dotyczące odnawialnych źródeł energii mogą być wyznaczane niezależnie od innych klasyfikacji przestrzennych powierzchni gminy.
4. Z perspektywy formalnej warto również rozważyć powiązanie odnawialnych źródeł energii z kluczowymi celami zawieranymi w dokumentach. Często jest to postrzegane jako zagadnienie boczne, sektorowe i w związku

z powyższym może występować dystans przy poszerzaniu roli tej problematyki – niesłusznie – jak wskazano powyżej, zarówno w literaturze naukowej, jak i licznych dokumentach, kwestie odnawialnych źródeł energii traktowane są coraz bardziej priorytetowo.

Kierunkowe rekomendacje dotyczące studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego

W zakresie studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego należy stwierdzić ograniczone podejście do tematu odnawialnych źródeł energii. Często sprowadza się ono do odniesienia do art. 10 ust. 2a ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym. Wpisuje się to w szerszą, ogólnopolską tendencję. Można to zresztą odnieść do tendencji krajowych.

Powyższe dobrze obrazuje skalę problemu. Treści studiów nie można jedynie sprowadzać do zezwoleń na realizację poszczególnych odnawialnych źródeł energii. Wskazane inwestycje powinny być uwzględnione w kierunkach zmian w strukturze przestrzennej gminy. Oczywiście nie można przy tej okazji przekroczyć zakresu studium, niemniej analiza w tym zakresie powinna znaleźć się również w ramach uwarunkowań. Ważne wydaje się również zachowanie konsekwencji terminologicznej (i jej przełożenie na sferę planów zagospodarowania przestrzennego).

Konkludując, nie jest wystarczające w studiach ani ogólne zezwolenie, ani zakaz związany z realizacją odnawialnych źródeł energii. Również w tym dokumencie kluczowe wydaje się:

- uwzględnienie roli odnawialnych źródeł energii w ramach uwarunkowań zagospodarowania przestrzennego (poprzez diagnozę tych inwestycji, które już są realizowane, a także ich konsekwencji),
- uwzględnienie dalszych kierunków rozwoju odnawialnych źródeł energii.

Kierunkowe rekomendacje dotyczące miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego

Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego można w analizowanym zakresie rozpatrywać w dwóch wymiarach: polityki przestrzennej i konsekwencji formalnoprawnych. W ramach pierwszego z tych wymiarów warto szczególnie uwagę zwrócić na potrzebę:

- określenia możliwych konsekwencji lokalizacji odnawialnych źródeł energii dla danego terenu (z perspektywy możliwych konfliktów przestrzennych),
- pozostawienia pewnej elastyczności w planowaniu.

Względem ostatniego z wymienionych punktów barierą mogą być możliwe konsekwencje formalno-prawne, zwłaszcza dotyczące nieprecyzyjnych pojęć (stwarzających możliwość zróżnicowanej wykładni).

Bibliografia

1. Davoudi S., Crawford J., Mehmood A. (eds.), *Planning for climate change: strategies for mitigation and adaptation for spatial planners*, Earthscan, London 2009.
2. Greiving S., Fleischhauer M., *National climate change adaptation strategies of European states from a spatial planning and development perspective*, „European Planning Studies”, 2012, 20(1), 27–48.
3. Becker D., Greiving S., *Climate and demographic change: The need for an integrative approach to spatial planning in Germany*, <https://metropolitics.org/Climate-and-Demographic-Change-The-Need-for-an-Integrative-Approach-to-Spatial.html> (dostęp: 21.12.2021).
4. Wilson E., Piper J., *Spatial planning and climate change*, Routledge, London 2010.
5. Wheeler S.M., *Spatial planning and climate change*, „Housing Studies”, 2012, 27(1), 157–158.
6. Szlachta J., Nowak M., *Agenda Terytorialna Unii Europejskiej 2030 a lokalne polityki przestrzenne w Polsce*, „Samorząd Terytorialny”, 2021, 12, 7–18.
7. Frantál B., Kunc J., *Wind turbines in tourism landscapes: Czech experience*, „Annals of Tourism Research”, 2011, 38(2), 499–519.
8. Lechwar M., Kuźniar W., *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii szansą na rozwój biogospodarki*, „Economic and Regional Studies”, 7(4), 65–72.
9. Lichołai R., *Efficiency of natural lighting in office buildings on the example of a building located in Poland*, „Przestrzeń i Forma”, 2021, 48, 63–76.
10. Olczak K., *Odnawialne źródła energii jako przesłanka prawna bezpieczeństwa energetycznego*, „Studia Prawno-Ekonomiczne”, 2020, 117, 115–128.
11. Pasqualetti M., Gipe P., Richter R., *Wind power in view: Energy landscapes in a crowded world*. Academic Press, San Diego 2002.
12. Frantál B., Kunc J., *Wind turbines in tourism landscapes: Czech experience*, „Annals of Tourism Research”, 2011, 38(2), 499–519.
13. Pelc W., *Planowanie energetyczne w gminie w świetle przepisów prawa energetycznego, w tym ostatnio wprowadzonych zmian*, „Finanse Komunalne”, 2010, 6, 39–43.
14. Rokicki T., Michalski K., Ratajczak M., Szczepaniuk H., Golonko M., *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w krajach Unii Europejskiej*, „Rocznik Ochrona Środowiska”, 2018, 20.
15. Skoczkowski T., Bielecki S., *Odnawialne źródła energii—problemy i perspektywy rozwoju w Polsce*, „Przegląd Elektrotechniczny”, 2016, 92(3), 190–195.
16. Sokół J.L., *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w turystyce na przykładzie województwa podlaskiego*, „Ekonomia i Zarządzanie”, 2012, 4(2), 39–55.
17. Sowa S., *The capacity market and its impact on the development of distributed energy sources*, „Polityka Energetyczna”, 2019, 22(4), 65–80.

18. Szydło M., Planowanie w gospodarce energetycznej na obszarze gminy, „Samorząd Terytorialny”, 2004, 5, 50–66.
19. Moroni S., Antonucci V., Bisello A., Local energy communities and distributed generation: Contrasting perspectives, and inevitable policy trade-offs, beyond the apparent global consensus, „Sustainability”, 2019, 11(12).
20. Uchwała z dnia 28 czerwca 2019 r. nr VIII/100/19 Sejmiku Województwa Zachodniopomorskiego Strategia Rozwoju Województwa Zachodniopomorskiego.
21. Regionalny Program Operacyjny Województwa Zachodniopomorskiego 2014–2020, Warszawa 2021.
22. Uchwała nr XVII/214/20 zmieniającą uchwałę w sprawie uchwalenia Planu Zagospodarowania Przestrzennego Województwa Zachodniopomorskiego, Dz.U. Woj. Zach. z 2020 r., poz. 3564.
23. Uchwała nr XXII/230/2016 Rady Miejskiej w Dziwnowie z dnia 28 września 2016 r. w sprawie przyjęcia Strategii Rozwoju Gminy Dziwnów na lata 2016–2025.
24. Uchwała Nr XI/100/2015 w sprawie zatwierdzenia i przyjęcia do realizacji Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Dziwnów.
25. Uchwała Nr XIV/97/2015 Rady Miasta Świnoujście z dnia 22 października 2015 r. w sprawie przyjęcia Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Gminy Miasto Świnoujście, opracowanego w ramach realizacji projektu pn. „Zintegrowany Plan Gospodarki Niskoemisyjnej Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego”.
26. Uchwała nr XXI/246/16 Rady Miejskiej w Wolinie z dnia 15 kwietnia 2016 r. w sprawie przyjęcia do realizacji „Planu gospodarki niskoemisyjnej dla Gminy Wolin”.
27. Uchwała nr IV/28/2015 Rady Miejskiej w Dziwnowie z dnia 18 lutego 2015 r. w sprawie przyjęcia „Założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Gminy Dziwnów”.
28. Uchwała nr XL/324/2013 Rady Miasta Świnoujście z dnia 27 czerwca 2013 r. w sprawie przyjęcia założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Gminy Miasto Świnoujście.
29. Załącznik nr 1 do Uchwały XLV/482/18 Rady Miejskiej w Międzyzdrojach z dnia 14 czerwca 2018 r. w sprawie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Międzyzdroje.
30. Załącznik nr 1 do Uchwały nr LXVII/442/2002 Rady Miasta Świnoujście z dnia 5 lipca 2002 r. w sprawie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Świnoujście.
31. Nawrot F., Budowa instalacji odnawialnych źródeł energii a planowanie przestrzenne, „Prawne Problemy Górnictwa i Ochrony Środowiska”, 2017, 1, 71–89.

CZĘŚĆ III

Portret energetyczny

wysp Uznam i Wolin

Budowa geologiczna i hydrogeologiczna wysp Uznam i Wolin

Cyprian Seul

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wstęp

Geograficznie wyspy Uznam i Wolin znajdują się w prowincji Pobrzeże Południowobałtyckie, region Pobrzeże Szczecińskie. Hydrologicznie obszar projektu MoRE należy do zlewiska Morza Bałtyckiego, w obrębie którego znajdują się również zlewnie Zalewu Szczecińskiego i ujściowych odcinków Odry (Dziwna, Świna i Piana). Wyspy obmywane są od strony północnej morskimi wodami Zatoki Pomorskiej, a od południa – Zalewu Szczecińskiego. Oba akweny odgrywają istotną rolę w kształtowaniu stosunków hydrograficznych nisko położonych części wysp. Łączą się ze sobą trzema drogami wodnymi – Świną, Dziwną i Pianą. Stany tych wód powierzchniowych charakteryzują się krótkookresową zmiennością uwarunkowaną napływami wód Bałtyku, zależnymi od wlewów oceanicznych oraz siły i kierunku wiatrów. Amplituda wahań poziomu wody wynosi ok. 1 m, w ekstremalnych warunkach przekracza nawet 1,5 m [1].

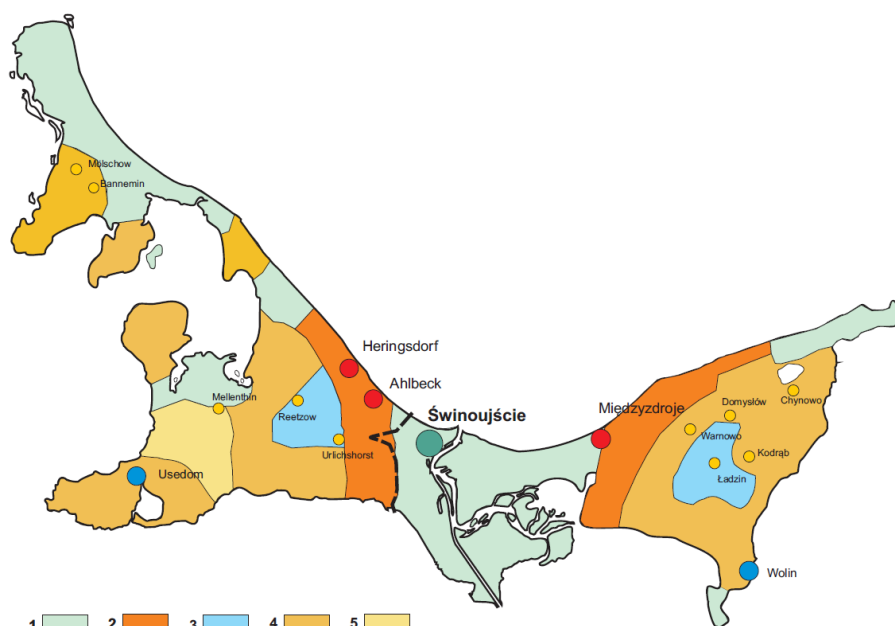
Budowa przedmiotowego terenu jest wynikiem złożonych procesów tektonicznych, jakie miały miejsce podczas orogenezy alpejskiej. W ich wyniku uaktywniły się głębokie strefy nieciągłości prowadzące do przemieszczenia się mas skalnych, które z kolei uwarunkowały przebieg procesów sedymentacji i nierównomierny rozkład miąższości poszczególnych kompleksów skalnych. Rycina 1 przedstawia budowę geologiczną obszaru MoRE.

Budowa geologiczna – paleozoik

Obszar wysp Uznam i Wolin położony jest w północno-zachodniej części Wału Pomorskiego, należącego do kompleksu strukturalnego permsko-mezozoicznego. Wyspy wchodzą w skład wyniesionych bloków skalnych poprzedzielanych przez obniżenia, które wypełnione są znacznymi osadami cechsztynu. System uskoku tektonicznych związany jest z końcową fazą ruchów waryscyjskich o wcześniejszych założeniach, odnawianych w mezozoiku i kenozoiku. Widoczny jest wyraźny uskoku na południowy zachód o kierunku północny wschód (NE) – południowy zachód (SW) oraz wzdłuż północnego brzegu wyspy Uznam [2], jak

również uskoki o kierunku północ (N) – południe (S), które rozdzielają wyspę Wolin na trzy części [3].

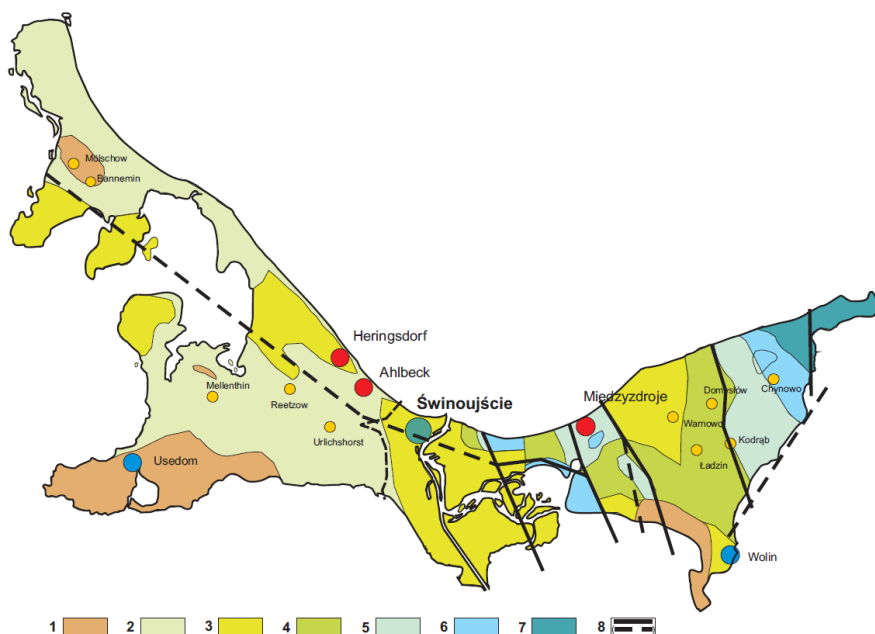
Najstarszymi udokumentowanymi na wyspie Uznam są osady środkowego i górnego dewonu leżące na tektonicznie zaburzonych osadach ordowiku. Osady dewonu reprezentowane są przez piaskowce, przykryte serią wapienną z górnego dewonu z otwornicami i ramienionogami czy koralowcami.



Ryc. 1. Mapa geologiczna wysp Uznam i Wolin, oprac. na podstawie [4], objaśnienia:

- 1 – osady morskie i mierzejowe (holocen), 2 – wysoczyzny moreny czołowej (plejstocen), 3 – osady jezioro-lodowcowe (plejstocen), 4 – wysoczyzna morenowa (plejstocen), 5 – osady wodnolodowcowe (plejstocen)

Osady dewonu w tym otworze wynoszą ponad 600 m (na wyspie Wolin sięgają do 400 m) i są przykryte grubymi osadami karbońskimi, które zalegają na głębokości ok. 3500 m. W spągu reprezentowane są osadami wulkanicznymi oraz morskimi. Osady te są silnie zmineralizowane. W stropie dewonu temperatura waha się od 70 do 90 °C [7]. Górny karbon reprezentowany jest przez morskie osady w postaci piaskowców i mułowców z wkładkami węgla, które przechodzą ku górze w osady deltowe i rzeczne [8]. Miąższość osadów całego karbonu osiąga ok. 1000 m. Temperatura w stropie karbonu wynosi ok. 90 °C. Wody te są silnie zmineralizowane (ok. 300 g/dm³).



Ryc. 2. Mapa geologiczna wysp Uznam i Wolin bez osadów czwartorzędowych [5, 6], objaśnienia: 1 – paleogen/neogen, 2 – kreda górna – kampan/santon, 3 – (kreda górna – turon/cenoman, 4 – kreda dolna, 5 – jura górna, 6 – jura środkowa, 7 – jura dolna, 8 – linie uskoku tektonicznych (prawdopodobne)

Perm reprezentowany jest przez osady czerwonego spągowca i cechsztynu. Ryolity i porfiry czerwonego spągowca należą do serii wylewnej wulkanicznej. Wyżej położona seria osadowa rzeczna to piaskowce, zlepieńce, często o spoiwie ilastym, wiśniowe mułowce z dolomitem oraz żyły anhydrytu [8]. Osady czerwonego spągowca nawiercono na głębokości ok. 3000 m w rejonie Świnoujścia i 2700 m w rejonie Kamienia Pomorskiego [8, 9]. Temperatura w stropie permu waha się w przedziale 60–80 °C). Osady stropu permu dolnego są silnie zmineralizowane (ok. 250 g/dm³).

W okresie cechsztynu nastąpiła transgresja morska i okres ten reprezentowany jest przez cztery cyklotermy (Werra, Stassfurt, Leine i Allegri). Osady stanowią głównie sole kamienne, potasowe i anhydryty oraz iltowce i dolomity czy nawet łupki miedzionośne. Miąższość osadów cechsztynu waha się od 600 m w rejonie Kołczewa i sięga nawet 1000 m w rejonie Świnoujścia.

Budowa geologiczna – mezozoik

Osady mezozoiku na terenie wysp Uznam i Wolin osiągają miąższość ponad 2000 m i reprezentowane są przez osady triasu, jury i kredy. Osady triasu dolnego nawiercono na osadach cechsztynu na głębokości ok. 2200–2300 m. Trias dolny zbudowany jest głównie z piaskowców przewarstwionych iłowcami i mułowcami. Występują również wapienie dolomityczne. Osady są silnie zmineralizowane (200–250 g/dm³). Temperatura w stropie triasu dolnego wynosi ok. 50–60 °C.

Trias środkowy na przedmiotowym obszarze reprezentowany jest głównie przez wapień muszlowy, piaskowce i mułowce oraz wapienie, margle dolomityczne. Strop triasu środkowego zalega na głębokości 800–1100 m. Osady są dosyć silnie zmineralizowane (200–250 g/dm³). Temperatura w stropie triasu dochodzi do 60 °C. Strop triasu górnego (kajper, retyk) znajduje się na głębokości 600–1100 m. Osady reprezentujące kajper to iłowce i mułowce, wapienie z wkładkami gipsu i piaskowców. W osadach retyku (iłowce i mułowce) pojawiają się wkładki węgla brunatnych. Mineralizacja wynosi 100–200 g/dm³. Temperatura wynosi od 25 °C w północnej części wysp do 40 °C w południowej części obszaru MoRE.

Jura na obszarze MoRE reprezentowana jest przez osady jury dolnej, środkowej i górnej. Jura dolna to głównie piaskowce, mułowce i iłowce, niekiedy z wkładkami węgla brunatnego. Strop osadów znajduje się na głębokości ok. 800–1100 m. We wschodniej części wyspy Wolin osady te zalegają bezpośrednio pod osadami plejstoceniowymi. Temperatura wynosi ok. 30 °C i maleje w części północnej wysp do 20 °C. Stopień mineralizacji wzrasta w kierunku zachodnim i wynosi w Dziwnowie ok. 20 g/dm³. W Świnoujściu osiąga 150 g/dm³.

Osady jury środkowej na terenie wysp osiągają miąższość 100–300 m. Osady te stanowią głównie iłowce, mułowce i przewarstwienia piaskowców z syderytami. Występują również piaskowce chlorytowe z muszelkami. Temperatura osadów jury środkowej waha się od 10 do 20 °C na wyspie Wolin i wzrasta do ponad 30 °C na wyspie Uznam. Mineralizacja wzrasta w kierunku zachodnim od 5 g/dm³ w Dziwnowie do ponad 100 g/dm³ na południowy wschód od Świnoujścia.

Osady jury górnej reprezentowane są przez margle, wapienie iłowce i mułowce. Ich strop znajduje się na głębokości od kilkunastu metrów do ponad 100 m w nieckach, lokalnie nawet na głębokości prawie 300 m. Temperatura w stropie osadów wynosi od 30 °C w północnych i południowych częściach wysp. Stopień mineralizacji osadów wzrasta w kierunku południowo-zachodnim i wynosi poniżej 2 g/dm³ w rejonie Dziwnowa i 5 g/dm³ do ponad 20 g/dm³ w południowej części wyspy Uznam.

Osady kredy dolnej występują w środkowej części wyspy Wolin i lokalnie na wyspie Uznam. Przeważnie zalegają bezpośrednio pod osadami czwartorzędowymi lub pod kredą górną. Są to piaskowce, piaskowce glaukonitowe, mułowce, iłowce i iły oraz piaski. Strop znajduje się na głębokości 12–90 m. Temperatura wynosi 5–20 °C. Mineralizacja jest niewielka, od 5 g/dm³ w środkowej części wyspy Wolin do nieco ponad 20 g/dm³ w południowej części wyspy Uznam.

Osady kredy górnej zalegają na głębokości 15–50 m. Główne są to margle i margle wapniste (cenoman) oraz kreda piszcząca i margle z turonu. W przeważającej części wyspy Uznam występują osady kampanu. Na znacznym obszarze osady kredy górnej zostały zdenudowane w okresach późniejszych. Pojawiają się w osadach plejstocenijskich jako porwaki kredowe (ryc. 2).

Budowa geologiczna – kenozoik (trzeciorząd–czwartorzęd)

Trzeciorząd na terenie wysp reprezentowany jest przez niewielki płat piasków i iłów oraz mułków zalegających na osadach kredy dolnej na głębokości ok. 40–50 m w rejonie południowo-wschodniej części wyspy Wolin oraz południowej, sięgając dalej na południe na obszar Zalewu Szczecińskiego. Miąższość ich jest niewielka, bo maksymalnie osiąga 30–40 m. Drugi płat osadów trzeciorzędowych znajduje się w południowo-zachodniej części wyspy Uznam (rejon miasta Usedom). Są to najprawdopodobniej oligoceńskie iły oraz miocene piaski, które rozciągają się na południe, południowy zachód i południowy wschód. Niewielki płat osadów paleogeńskich znajduje się koło miejscowości Bannemin i Mölschow (ryc. 2).

Podczas nasunięć lądolodów skandynawskich znaczna część osadów zarówno trzeciorzędowych, jak i kredowych, a nawet częściowo jurajskich, została zdenudowana, rozkruszona i przeniesiona zgodnie z kierunkami postępu lądolodów.

Plejstocen na obszarze MoRE reprezentowany jest przez osady przynajmniej trzech głównych okresów zlodowaceń. Miąższość osadów plejstocenijskich jest bardzo zróżnicowana i waha się od kilkunastu do nawet 150 m. W okresach glacialnych podczas nasunięć lądolodów deponowane były gliny morenowe, często z przemieszanym materiałem osadów mezozoicznych (wapienie, margle czy kreda), piaski i żwiry. W okresach interglacialnych materiał ulegał erozji i transportowi. Powstały wówczas głównie osady piaszczyste i żwirowe, a w zastoiskach – pyły i iły. W plejstocenie materiał był wielokrotnie przemieszczany w trakcie kolejnych transgresji i regresji lądolodów. Na omawianym obszarze stwierdzono osady trzech okresów zlodowaceń rozdzielanych okresami międzylodowcowymi (holsztyńskim i emskim oraz holocenijskim).

Po wycofaniu się lądolodu na północ zmianie uległ reżim hydrauliczny i wody kierowały się na północ do Bałtyckiego Jeziora Lodowego, następnie Jeziora Ancyłusowego. Baza erozyjna rzek przepływających przez dzisiejszy obszar wysp znajdowała się ok. 20 m poniżej obecnego poziomu morza, dlatego następowała głęboka erozja dolin rzecznych.

Kolejnym przełomowym okresem dla obszaru wysp była mająca miejsce ok. 8 tys. lat temu transgresja litorynowa – połączenie się wód Jeziora Ancyłusowego z Oceanem Atlantyckim w obszarze cieśnin duńskich. W jej wyniku poziom Morza Litorynowego stopniowo podnosił się, wskutek czego na wyspach Wolin i Uznam rozwijały się mierzeje, delty wsteczne Piany, Świny i Dziwny. Obszary mierzejowe przykrywały w poszczególnych okresach wydmy powstałe w wyniku wahaniami poziomu morza. Jest to kompleks wydm brunatnych, żółtych i białych [10]. W okresie rozwoju osadnictwa obszar wysp został przemodelowany antropogenicznie. Schematyczny obraz osadów plejstocénskich i holocénskich przedstawiono na rycinie 2.

Zasoby wód podziemnych na terenie wysp Uznam i Wolin

Na obszarze wysp występują dwa piętra wodonośne [1]: mezozoiczne i czwartorzędowe. Mezozoiczne piętro wodonośne zawiera wody wysoko zmineralizowane, które wykorzystywane są do celów uzdrowiskowych w Świnoujściu (otwór V Jantar) oraz w miejscowościach Ahlbeck, Heringsdorf czy Usedom. Występują one w utworach albu, cenomanu i turonu. Są to wody o mineralizacji na poziomie 31 g/dm³. Wody piętra kredowego są chlorkowo-sodowe o zawartości chlorków powyżej 10 g/dm³. Mineralizacja tych wód wzrasta wraz z głębokością, przy czym warstwy stropowe zawierają zwykle wody słodkie.

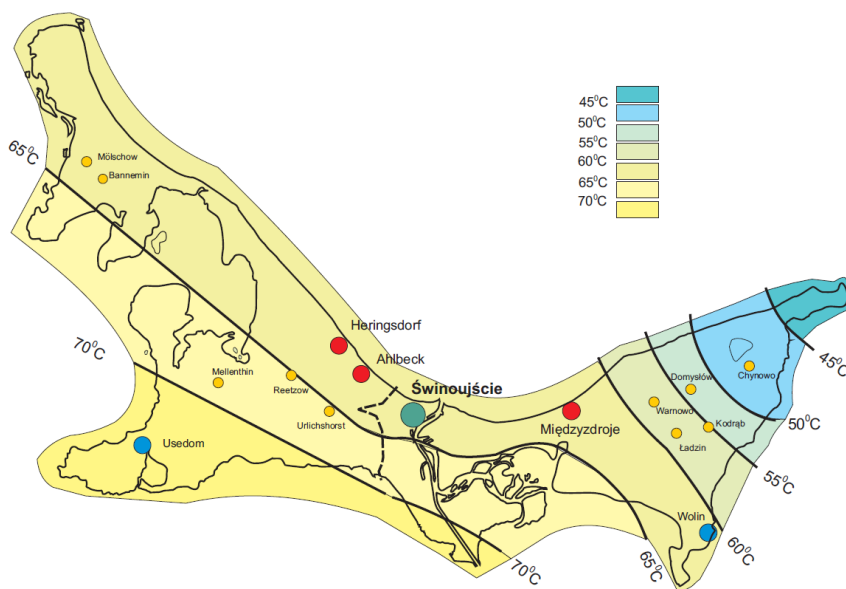
Wody słodkie występują wyłącznie w obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego. Głównym użytkowym poziomem wodonośnym są piaski holocénskie i plejstocénskie o dobrych właściwościach filtracyjnych. Dzięki brakowi izolacji nadkładu ma on wysoką odnawialność. Woda z tego poziomu pobierana jest w ujęciu komunalnym w Międzyzdrojach. Poziom wód eksploatowanych w ujęciu Wydrzany obejmuje plejstocénskie piętro wodonośne odizolowane od zasolonych wód górnej kredy warstwą gruntów słabo przepuszczalnych (gliny morenowe). Przy nadmiernej eksploatacji ujęcie to zagrożone jest wystąpieniem kontaktu wód kredowych z plejstocénskimi [6]. We wschodniej części wyspy Wolin czwartorzędowy poziom wodonośny przeważnie jest izolowany od piętra mezozoicznego. Jedynie na północ od Wolina występuje bezpośredni kontakt warstwy wodonośnej z piaskowcami i wapieniami górnej jury. W seriach jurajskich poziom

mineralizacji wód wzrasta. Występują solanki chlorkowo-wapniowe jurajskie oraz chlorowce i siarczany z poziomu triasowego. Wzrost zasolenia spowodowany jest kontaktem z wodami formacji cechsztyńskiej.

Na wyspie Uznam użytkowy poziom wód czwartorzędowych może kontaktować się z osadami górnej kredy. Wody mezozoiczne są zmineralizowane i wraz z głębokością ich mineralizacja wzrasta.

Potencjał energetyczny wód podziemnych obszaru MoRE

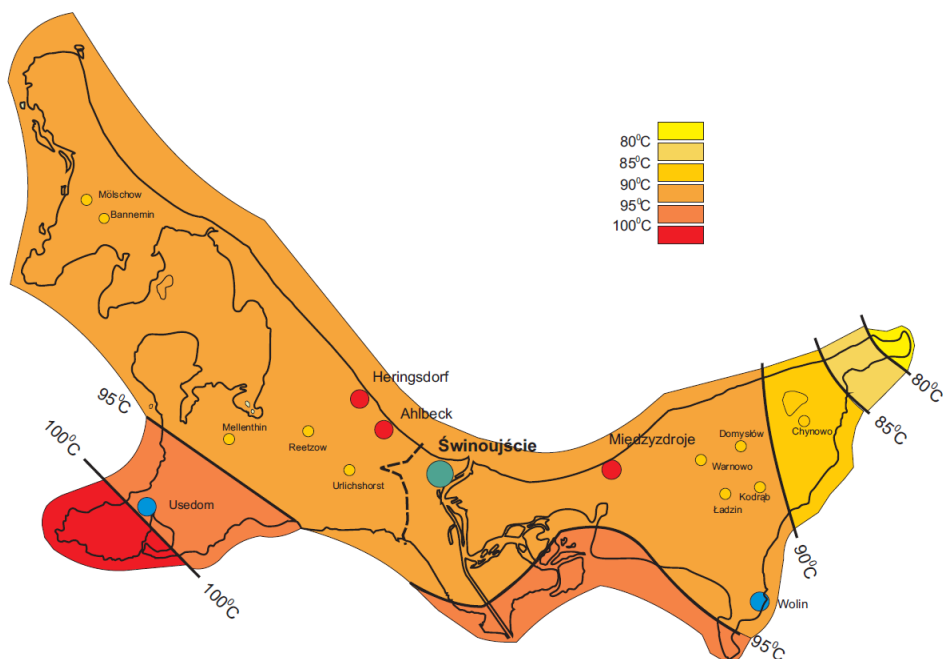
Wody podziemne struktur górnopaleozoicznych i mezozoicznych na obszarze wysp Uznam i Wolin charakteryzują się znaczną mineralizacją oraz temperaturą wzrastającą wraz z głębokością. We wschodniej części wyspy Wolin temperatura wód podziemnych na głębokości ok. 700 m pod poziomem terenu w osadach stropu jury dolnej wynosi ok. 23 °C. Na głębokości ok. 2000 m w osadach triasu osiąga 63–80 °C [2] (ryc. 3). Temperatura dla omawianego obszaru na głębokościach 2000 i 3000 m pod poziomem terenu wrasta, co schematycznie przedstawiono na rycinach 3 i 4.



Ryc. 3. Obszar wysp Uznam i Wolin – rozkład temperatury na głębokości 2000 m [11, 12]

Warto zwrócić uwagę, że na wyspie Uznam w osadach stropu dolej jury (toars) temperatura wód podziemnych kształtuje się na poziomie 20–30 °C. Tylko w rejonie miejscowości Usedom temperatura wód jest wyższa, tj. w przedziale

30–40 °C [5]. Wody te wykorzystywane są do celów wodolecznictwa w eksploatowanym od 1966 r. ujęciu wód mineralnych. W tym samym rejonie na głębokości 2000 m w osadach triasu temperatura wód podziemnych wynosi ok. 70 °C (ryc. 3) i wzrasta do 100 °C w osadach górnego paleozoiku na głębokości 3000 m (ryc. 4). Jest to obszar wysp o najwyższej temperaturze wód zarówno na głębokości 2000 m, jak i 3000 m pod poziomem terenu.



Ryc. 4. Obszar wysp Uznam i Wolin – rozkład temperatury na głębokości 3000 m [11, 12]

Obszar znacznej części wyspy Wolin charakteryzuje się stosunkowo niską temperaturą wód podziemnych, nawet na głębokości 2000 m. W pasie przymorskim nie przekracza ona 65 °C. Na głębokości 3000 m pod poziomem terenu wzrasta do nieco ponad 90 °C. Najniższa wartość temperatury wód podziemnych na głębokości 3000 m pod poziomem morza występuje we wschodniej części wyspy Wolin, najwyższa zaś w jej południowej części (ryc. 4).

Podsumowanie

Obszar wysp Uznam i Wolin jest znacznie urozmaicony pod względem ukształtowania terenu. Najwyżej wyniesione obszary to osady lodowcowe – moreny czołowe i wysoczyzny moreny dennej. Obniżenia terenu stanowią formy

pochodzenia zastoiskowego z jeziorami wytopiskowymi z okresu późnego plejstocenu. Płaskie obszary mierzejowe delty wstecznej Świny ukształtowane zostały w okresie holoceniowym po transgresji litorynowej, a mierzejowo-wydmowe wały z ciągiem wydm równoległych rozwijają się od okresu atlantyckiego po czasy współczesne. Osady holoceniowe osiągają od kilku do nawet 20 m miąższości i sięgają do rzędnej poniżej –20 m n.p.m. Osady plejstoceniowe, zarówno glacialne, jak i interglacjalne, osiągają miąższość nawet 150 m, jednak miąższość ich w większości wypadków wynosi do 50 m i przeważnie zalegają na rzędnej od –20 do –30 m n.p.m. Jedynie na południowy wschód od Międzyzdrojów, w rozciętej rynn timer glacialnej, osady plejstoceniowe znajdują się na rzędnej –80 m n.p.m. Osady trzeciorzędowe przeważnie zostały zdenudowane i występują tylko jako niewielkie płyty w południowej części wysp. Poniżej utworów kenozoicznych występują przeważnie osady kredowe, w strefie uskoków tektonicznych osady górnokredowe, a w skrajnie wschodniej części wyspy Wolin również osady jury dolnej. Głębiej na omawianym obszarze występują utwory triasu na osadach górnopaleozoicznych.

Przedstawione ukształtowanie geologiczne podłoża przedkenozoicznego wysp znacznie wpływa na rozkład temperatury osadów piętra mezozoicznego i górnopaleozoicznego. Wiąże się to z występowaniem korzystnej temperatury wód podziemnych do celów geotermii otwartej. Woda o temperaturze powyżej 90 °C występuje na głębokości ok. 3000 m z wyjątkiem wschodniej części wyspy Wolin, gdzie na 3000 m osiága ok. 85 °C. Najkorzystniejszy rejon do wykorzystania geotermii otwartej to część wyspy Uznam w rejonie miejscowości Usedom.

Bibliografia

1. Projekt prac geologicznych związanych z wykonaniem otworu obserwacyjnego (piezometru Biała Góra) dla monitoringu jednolitej części wód podziemnych na obszarze wysoczyzny Wyspy Wolin (GWB 5). Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy Oddział Geologii Morza w Gdańsku, Zakład Regionalny Geologii Pomorza w Szczecinie, Szczecin, październik 2009.
2. Kucharski M., Sokołowski A., Opinia hydrogeologiczna dotycząca możliwości uzyskania złoża wód podziemnych, wody geotermalnej na potrzeby Gminy Dziwnów wraz z opisem głębokości struktur geologicznych z poziomami wód, w których może znajdować się woda geotermalna, 2018.
3. Dadlez R., Jaroszewski W., Tektonika, PWN, Warszawa 1994.
4. Geothermie Kaiserbäder. *Moderne Energieversorgung auf der Insel Usedom*. Aktuelle Informationen zum Geothermie – Vorhaben 8.06.2021. USEDOMER GEOTHERMIE GMBH & Co. KG.

5. Obst K., Barth G., Wojatchke J., Sattelberger M., Dunkerley O., Charakterisierung geothermischer Ressourcen unter Berücksichtigung von Grenz – und Trennflächen. Teilvorhaben B. Modellierung geothermischer Horizonte und hydraulischer Untersuchungsergebnisse mesozoischer Sandsteinreservoirs in Mecklenburg-Vorpommern. Geologischer Dienst, Güstrow 2020.
6. Hoc R., Sadurski A., Wiśniowski Z., Possibilities of safe yield increase in the Wydrzany well field (Uznam Island, Poland) by surface water from a drainage system, „Geologos”, 2019, 25(3), 263–270. DOI: 10.2478/logos-2019-0029.
7. Górecki W. (red.), Atlas zasobów geotermalnych formacji paleozoicznej na Niżu Polskim, Ministerstwo Środowiska–AGH, Warszawa–Kraków 2006.
8. Matkowska Z., Ruszała M., Wdowiak M., Objasnienia do SMGP ark. Świnoujście (112), Międzyzdroje (113), 1:50000, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1997.
9. Ruszała M., Dobracki R., Piotrowski A., Objasnienia do SMGP ark. Wolin (114), Międzywodzie (75), 1:50000, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1979.
10. Keilhack K., Erläuterungen zur Geologischen Karte: Misdray, Lebbin, Swinemunde, Kaseburg. Kon. Preuss. Geol. L. – A., Berlin 1914.
11. Danel W., Dobracki R., Gałązka D., Nowacka M., Piotrowski A., Mapa geologiczna Polski w skali 1:200000. B _ Mapa bez utworów czwartorzędowych, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2007.
12. Sowizdzał A., Analiza geologiczna i ocena zasobów wód energii geotermalnej facji mezozoicznej Niecki Szczecińskiej [rozprawa doktorska], AGH, Kraków 2009.

Jakość termiczna istniejącej zabudowy na obszarze wysp Uznam i Wolin – badania termowizyjne

Karolina Kurtz-Orecka, Jarosław Strzałkowski, Piotr Nikończuk,
Agata Stolarska, Tomasz Olechwir¹, Aleksandra Pych, Laura Wojnicz,
Bartosz Bogusławski, Tomasz Furmańczyk^{1, 2}, Wojciech Tuchowski
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; ¹ Uniwersytet Szczeciński;

² Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie

Wstęp

Zasoby budowlane na terenie wysp Uznam i Wolin, poza wybranymi wyjątkami, mają głównie charakter lokalny. Przeważają budynki jedno- lub dwupiętrowe z wysokim dachem. W miejscowościach wypoczynkowych i częściach uzdrowiskowych zabudowa ma charakter bardziej reprezentacyjny, w głębi wysp zaś oraz na wybrzeżu od strony wód Zalewu Szczecińskiego w zabudowie wyraźnie czytelny jest zachowany w wielu przypadkach regionalny typ zabudowy. Gross obiektów to budynki historyczne, w tym bezpośrednio podlegające ochronie konserwatorskiej.

Poprawa efektywności energetycznej to wydajniejsze gospodarowanie energią. Podstawowe kroki na drodze do wyższej efektywności energetycznej oraz zrównoważenia środowiskowego obejmują:

- ograniczenie zbędnego zużycia energii,
- poprawę wydajności systemów technicznych i/lub procesów,
- dywersyfikację koszyka energetycznego przez wprowadzenie energii ze źródeł odnawialnych,
- wprowadzenie systemów zarządzania obiektami/budynkiem BMS oraz energią EMS – w system łączony BEMS.

Transformacja energetyczna zasobów budowlanych wymaga w pierwszym rzędzie poprawy jakości termicznej istniejącej zabudowy oraz jej systemów technicznych, jak również projektowania nowych budynków spełniających wysokie standardy nZEB – budynków o niemal zerowym zużyciu energii.

Ocena jakości termicznej przegród zewnętrznych budynków możliwa jest dzięki zastosowaniu m.in. bezinwazyjnego badania z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Wyniki badań (termogramy) pozwalają na jakościową ocenę obiektów, tj. wskazanie miejsc, których obraz w podczerwieni odbiega od obrazu pozostałej części obiektu lub przewidywanego stanu.

Lokalizacja badań pilotażowych oraz metodyka prowadzenia badań

Obszar badań termowizyjnych objął teren wysp Uznam i Wolin. Z uwagi na jego rozległość przy doborze lokalizacji szczegółowych do badań pilotażowych przyjęto następujące rekomendacje:

- dobór miejscowości o podobnej charakterystyce obejmującej zarówno funkcję ośrodka, charakterystykę tkanki budowlanej, infrastrukturę, zagospodarowanie, jak i opis otoczenia (terenów przyległych),
- przyjęcie tych samych lokalizacji w poszczególnych badaniach pilotażowych w celu dokładniejszej oceny wyników badań i dalszego wnioskowania.

Wprowadzono pięć poziomów doboru lokalizacji przeprowadzenia badań pilotażowych, przedstawionych w tabeli 1:

1. Miejscowości położone nad morzem, o dominującej funkcji turystycznej.
2. Ośrodki miejskie niepołożone nad morzem, funkcja mieszana.
3. Miejscowości wiejskie zlokalizowane w głębi wysp.
4. Wiodący ośrodek regionu (Świnoujście).
5. Lokalizacje wskazane przez partnerów lub interesariuszy projektu.

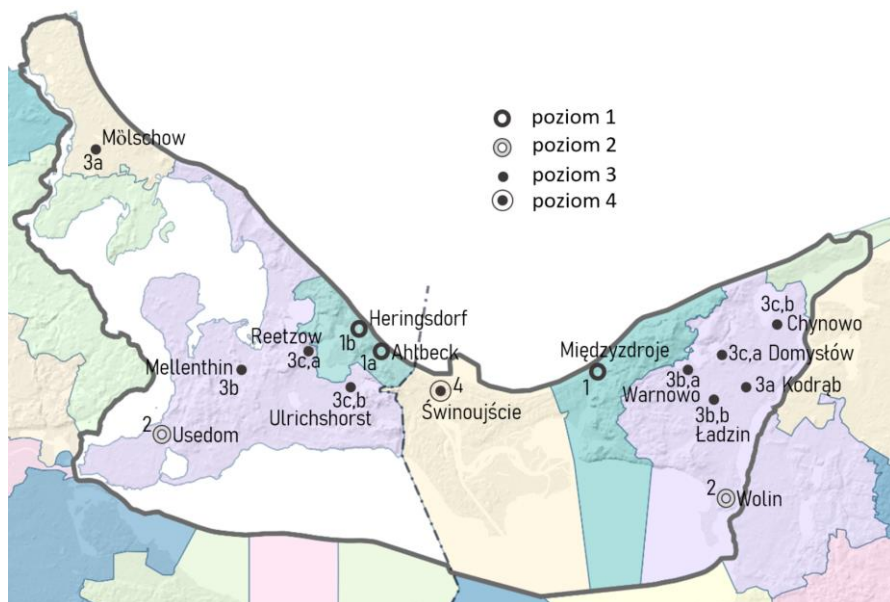
W trakcie realizacji badań nie zgłoszono zapotrzebowania na realizację badań na 5. poziomie.

Do badań wybrano siedem miejscowości po stronie niemieckiej i osiem po stronie polskiej (ryc. 1). Wybór lokalizacji poszczególnych miejscowości przyjętych do badań pilotażowych uwzględniał jak najbardziej równomierne pokrycie przedmiotowego obszaru oraz jego specyfikę. Ze względu na skupienie działań w projekcie MoRE m.in. na wpływie aktywności turystycznej na zapotrzebowanie energetyczne i obciążenie środowiska na terenie wysp, w przypadku miast poziomu 1. badania terenowe wykonano przede wszystkim wzdłuż głównej atrakcji turystycznej, jaką jest promenada. Na poziomie 4. zidentyfikowano tylko jedną miejscowość – Świnoujście, położone po stronie polskiej. Świnoujście z liczbą mieszkańców przekraczającą 40 tys. jest największym miastem w regionie i nie posiada równorzędnego miasta po stronie niemieckiej.

Pomiary termowizyjne wykonano zgodnie z normą PN-EN 13187:2001 *Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczerwieni*. Badania zrealizowano wyłącznie na zewnątrz budynków, z ogólnodostępnych ciągów komunikacyjnych, bez wejścia na posesje prywatne. Badania termowizyjne prowadzono w dwóch okresach: od 23 do 26 lutego 2021 r. oraz od 19 do 21 marca 2021 r. Starano się przeprowadzić pomiary przy w pełni zachmurzonym niebie, jednak z uwagi na panujące warunki pogodowe w okresie zimowym 2020/2021 nie zawsze było to niemożliwe.

Tab. 1. Wyspy Uznam i Wolin, opis lokalizacji wytypowanych do badań terenowych

Poziom	Lokalizacja		Opis lokalizacji
	Niemcy	Polska	
1	a. Ahlbeck b. Heringsdorf	Międzyzdroje	– miejscowości o wyraźnej funkcji turystyczno-uzdrowiskowej – podobna wielkość/gęstość zabudowy – lokalizacja nad brzegiem morza – przebieg jednego z głównych ciągów komunikacyjnych wzdłuż brzegu – molo
2	Usedom	Wolin	– podobna funkcja ośrodków (miejska, funkcja turystyczna nie jest wiodąca) – podobna wielkość/gęstość zabudowy – lokalizacja nad wodami akwenu Zalewu Szczecińskiego lub akwenami powiązanymi z Zalewem
3 a	Mölschow	Kodrąb	– podobna funkcja ośrodków (ośrodki wiejskie) – lokalizacja w głębi wysp – otoczenie – pola uprawne, niewielkie sąsiedztwo roślinności wysokiej/ sąsiedztwo lasu
3 b	Mellenthin	a. Warnowo b. Ładzin	– podobna funkcja ośrodków (ośrodki wiejskie) – lokalizacja w głębi wysp – otoczenie – pola uprawne, sąsiedztwo roślinności wysokiej
3 c	a. Reetzow b. Ulrichshorst	a. Domysłów b. Chynowo	– podobna funkcja ośrodków (ośrodki wiejskie) – lokalizacja w głębi wysp – otoczenie – pola uprawne, bliskie sąsiedztwo roślinności wysokiej, bliskie sąsiedztwo wód powierzchniowych (jeziora)
4		Świnoujście	– główny ośrodek na wyspie Uznam (brak miejscowości równorzędnej)
5	Lokalizacje wskazane przez Interesariuszy		– maks. 2 budynki, w tym: 1 budynek mieszkalny z zasobów gminnych, 1 budynek użyteczności publicznej



Ryc. 1. Wyspy Uznam i Wolin, lokalizacja szczegółowa badań termowizyjnych

Z uwagi na reżim czasowy oraz ograniczenia w przemieszczaniu się między krajami w trakcie pandemii Covid-19 postanowiono wykonywać zdjęcia termowizyjne pomimo niedoskonałych warunków meteorologicznych. W takich przypadkach termogramy uwzględniały częściowy wpływ promieniowania nieboskłonu. W badaniach wykorzystano dwie kamery termowizyjne Testo 868, jedno urządzenie Testo 882 oraz pomocniczo smartfon CAT S62 wyposażony w kamerę termowizyjną Flir Lepton 3.5.

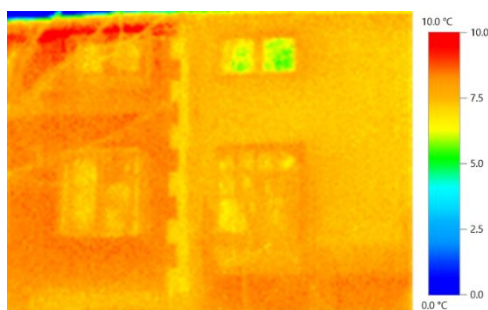
Wybrane wyniki termowizyjnych badań terenowych

W przeprowadzonych badaniach termowizyjnych projektu MoRE wykonano łącznie 2800 termogramów. Uzyskane dane wejściowe były podstawą przeprowadzonego wnioskowania o stanie termicznym zabudowy na terenie wysp. Należy podkreślić, że uzyskane termogramy mają zastosowanie jedynie do jakościowej oceny obiektów poddanych analizie, ze względu bowiem niezależnych od zespołu przeprowadzającego badania uchwyczone zostały silne efekty promieniowania nieboskłonu. Opis poszczególnych termogramów ma głównie charakter jakościowy. Przedstawione wnioskowanie ograniczone zostało tylko do analizy uzyskanych obrazów termowizyjnych przeprowadzonej na bazie doświadczenia zespołu przygotowującego raport z badań, bez dodatkowego, istotnego w typowo wykonywanych badaniach termograficznych,

wsparcia wnioskowania możliwością dostępu bezpośredniego do budynków czy analizy dokumentacji technicznej.

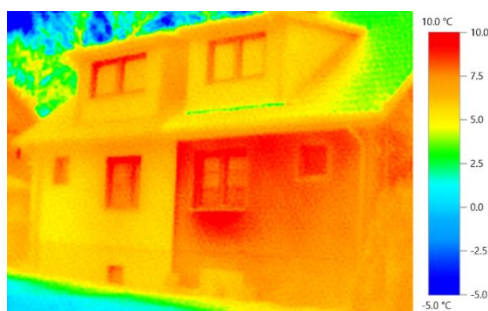
We wszystkich termogramach starano się utrzymać podobną referencyjną skalę temperatury, aby umożliwić porównanie poszczególnych zdjęć. Wszystkie prezentowane są w tej samej paletce kolorów. Każdy obraz w podczerwieni ma swoją własną skalę termiczną. Na rycinach 2–67 przedstawiono po 4–6 wybranych termogramów z każdej wytypowanej do badań miejscowości (tab. 1).

Chynowo (PL)



Ryc. 2. Chynowo (PL), termogram 1

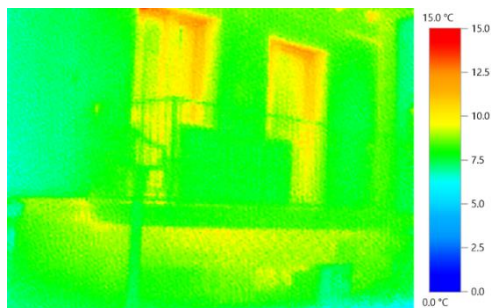
Budynki w zwartej zabudowie pierzejowej. Obiekt po prawej stronie poddany termomodernizacji ścian zewnętrznych. Płyty termoizolacji przygotowane do nawiązania z przewidywaną (prawdopodobnie) kontynuacją prac. Budynek po lewej stronie z widocznym mostkiem termicznym połączenia ściany zewnętrznej z dachem w okapie ściany podłużnej. Zarysowane mostki połączeń stolarki otworowej ze ścianami zewnętrznymi.



Ryc. 3. Chynowo (PL), termogram 2

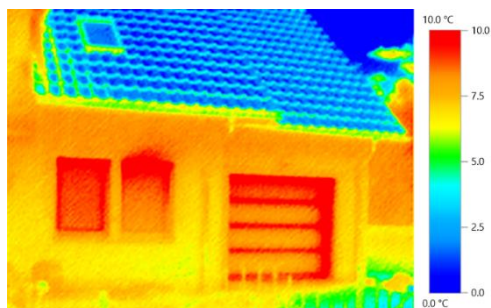
Budynek w zabudowie bliźniaczej, część lewa równomierna pod względem kolorystycznym, co sugeruje wykonaną izolację termiczną. Część prawa prawdopodobnie podczas realizacji prac termomodernizacyjnych, na co wskazuje charakterystyka połaci dachu – niższa temperatura powierzchni sugeruje lepszą izolacyjność termiczną. Ściany zewnętrzne części prawej bez izolacji termicznej, z widocznym podbiciem kolorystycznym pod oknem na ścianie frontowej, pozwalającym wnioskować o lokalizacji urządzeń

grzewczych oraz pracy instalacji ogrzewania. W obrębie lukarny prawej części widoczne liniowe mostki termiczne połączenia ścian z dachem.



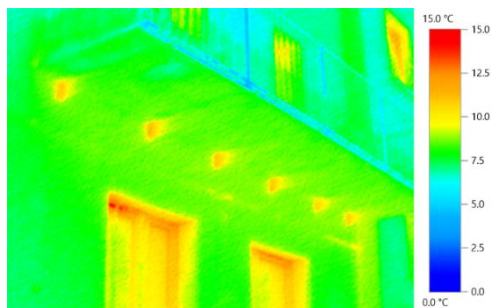
Ryc. 4. Chynowo (PL), termogram 3

Ściana zewnętrzna budynku izolowanego termicznie, widoczny efekt pocienienia izolacji termicznej w gładkach wokół stolarki okiennej oraz efekt osadzenia wspornikowego płyty balkonowej w murze.



Ryc. 5. Chynowo (PL), termogram 4

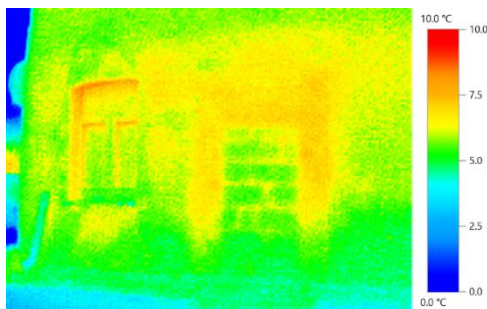
Widoczny efekt uchylecia prawego okna (dół okna chłodniejszy, góra cieplejsza z efektem rozmycia ciepłego powietrza). Segmentowa brama garażu – widok jakości termicznej komponentów segmentowych. W połaci dachu widoczny efekt osadzenia okna połaciowego.



Ryc. 6. Chynowo (PL), termogram 5

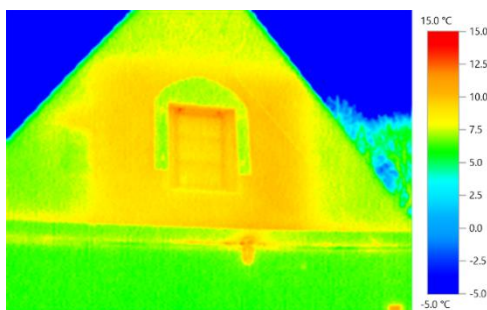
Punktowe mostki termiczne osadzenia płyty balkonowej oraz liniowe mostki termiczne towarzyszące stolarnie otworowej.

Domysłów (PL)



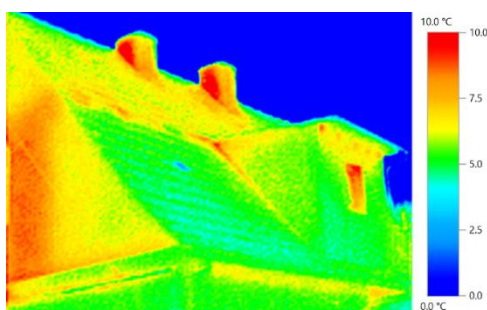
Ryc. 7. Domysłów (PL), termogram 1

Liniowy mostek osadzenia okna (okno lewe) oraz prawdopodobny wpływ pocienienia muru wokół zamurowanego otworu okiennego po prawej stronie.



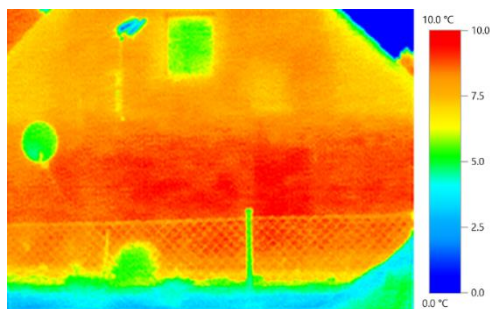
Ryc. 8. Domysłów (PL), termogram 2

Budynek z częściową izolacją termiczną ścian zewnętrznych (parter) oraz częściowo ogrzewanym poddaszem (skosy dachu są wydzielone i nieogrzewane). Na elewacji widoczne punkty oświetleniowe.



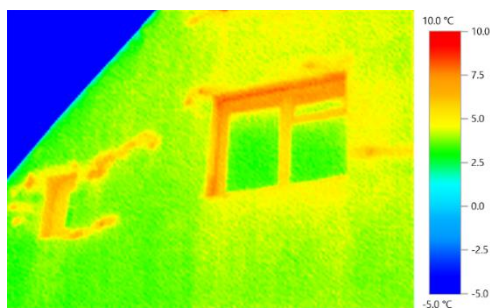
Ryc. 9. Domysłów (PL), termogram 3

W nawiązaniu do opisu ryc. 8 dodatkowo widoczne dwa aktywne źródła ciepła (w efekcie dwa ciepłe kominy). Górna część połaci dachu w ciepłym kolorze, co może sugerować wykonanie stropu pod nieogrzewaną częścią poddasza o niskiej izolacyjności termicznej lub zły stan techniczny kominów. Ponadto widoczny mostek połączenia ścianki lukarny z połacią dachu, nadproże okienne w ścianie lukarn oraz stolarka otworowa o niskiej izolacyjności termicznej.



Ryc. 10. Domysłów (PL), termogram 4

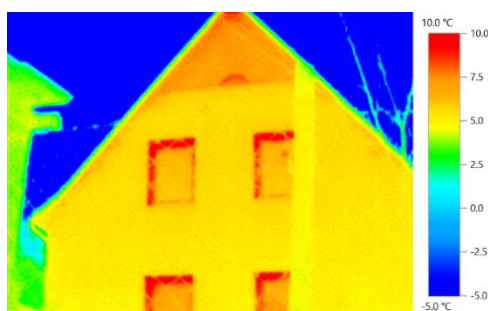
Budynek nieizolowany termicznie z ogrzewanym parterem. Widoczny efekt dodatkowego wydzielenia skosów wzdłuż ścian podłużnych oraz zamurowane otwory: okienny na piętrze oraz drzwiowy na parterze. Otwór na parterze zamknięto materiałem o wyższej przewodności cieplnej niż sąsiednia ściana (materiałem „zimniejszym”), otwór okienny na piętrze zamknięto materiałem o lepszych właściwościach izolacyjnych niż sąsiednia ściana (materiałem „cieplejszym”).



Ryc. 11. Domysłów (PL), termogram 5

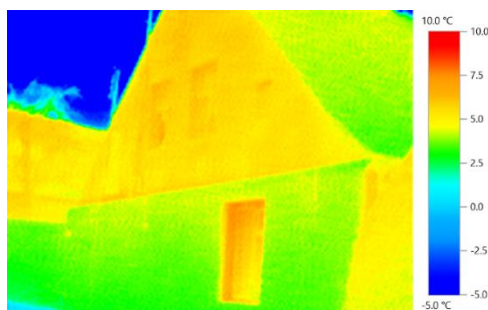
Powierzchnia ściany szczytowej o zmiennym obrazie termicznym. Uwidocznione pęknięcia struktury powodujące zwiększoną wymianę ciepła do otoczenia, jak również zwiększające wpływ niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego do wnętrza budynku i tym samym sumaryczne powodujące zwiększenie wentylacyjnych strat ciepła.

Warnowo i Ładzin (PL)



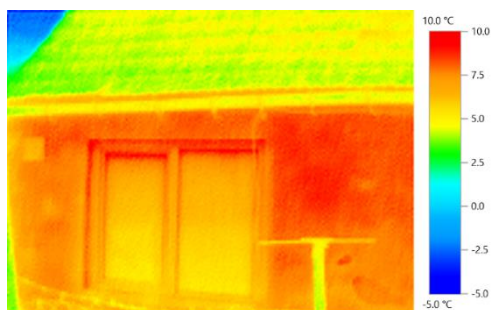
Ryc. 12. Warnowo i Ładzin (PL), termogram 1

Budynek prawdopodobnie częściowo izolowany termicznie (do linii nieogrzewanego poddasza). Jakość termiczna izolacji cieplnej nie zapewnia wymaganego oporu cieplnego, czego dowodzi mała różnica temperatury powierzchni ścian zewnętrznych w części nieogrzewanej oraz na głównej powierzchni ściany szczytowej. Uwidocznione liniowe mostki termiczne osadzenia elementów otworowych.



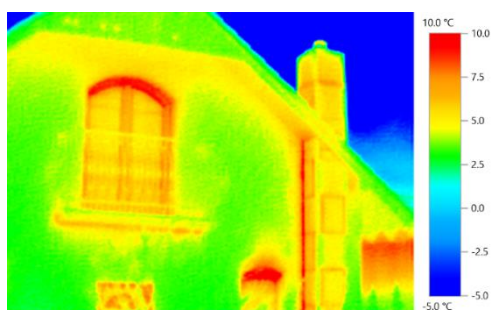
Ryc. 13. Warnowo i Ładzin (PL), termogram 2

Budynek poddany częściowej termoizolacji, tj. w obrębie parteru. Widoczny brak lub niewystarczające ocieplenie glifu okiennego. Uwidocznione pionowe jaśniejsze zarysowania w ostatniej warstwie termoizolacji ściany szczytowej sugerujące ułożenie termoizolacji w jednej warstwie oraz prawdopodobnie brak wypełnienia izolacją termiczną (pianką) luk powstałych pomiędzy płytami izolacyjnymi, wynikającymi z ich nierówności. Nieznaczna różnica temperatury powierzchni ściany szczytowej w obrębie parteru oraz nieogrzewanego poddasza sugeruje niską izolacyjność cieplną stropu nad parterem.



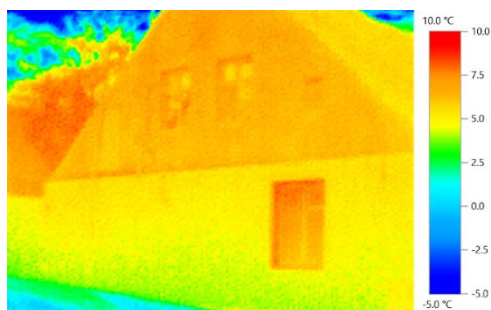
Ryc. 14. Warnowo i Łądzin (PL), termogram 3

Budynek bez izolacji termicznej ścian zewnętrznych.



Ryc. 15. Warnowo i Łądzin (PL), termogram 4

Obiekt izolowany termicznie (ściany zewnętrzne). Uwidoczniony nieregularny obraz termiczny połączenia ściany zewnętrznej w szczycie z połaciami dachu. Prawdopodobnie wtórnie dobudowany komin spalinowy, niezaizolowany termicznie z widocznym mostkiem liniowym na styku w połączeniu ze ścianą zewnętrzną. Zwiększona wymiana ciepła z powierzchni połączenia drzwi balkonowych ze ścianą zewnętrzną. Po obu stronach drzwi balkonowych widoczne punkty kotwienia barierki. Pod drzwiami balkonowymi liniowy mostek osadzenia wąskiej płyty wspornikowej. Poniżej fragment drzwi wejściowych z zarysowanymi polami o obniżonej izolacyjności termicznej.



Ryc. 16. Warnowo i Łądzin (PL), termogram 5

Budynek poddany częściowej termoizolacji, tj. w obrębie parteru. Widoczny brak lub niewystarczające ocieplenie gzyfu okna na parterze. Nieznaczna różnica temperatury powierzchni ściany szczytowej w obrębie parteru oraz nieogrzewanego poddasza sugeruje niską izolacyjność cieplną stropu nad parterem.

Kodrąb (PL)



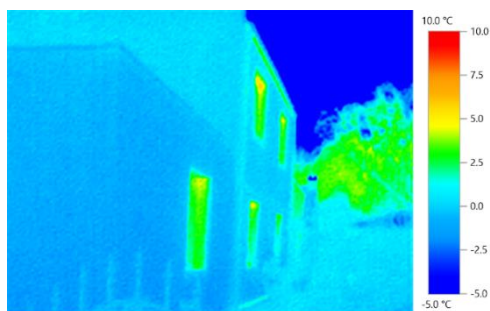
Ryc. 17. Kodrąb (PL), termogram 1

Budynek izolowany termicznie. Ściany zewnętrzne o niemal jednolitym zakresie temperatury z widocznymi jednostkowymi miejscami nieciągłości w polu ściany. Uwidoczniony liniowy mostek termiczny połączenia ściany wykuszu w parterze z główną powierzchnią ściany szczytowej (po lewej stronie od okna na parterze widoczna jaśniejsza krawędź). Widoczne punktowe przebiecie termoizolacji pod osadzenie barierki zabezpieczających taras. Komponenty otworowe o zróżnicowanej charakterystyce termicznej – okno i drzwi balkonowe generujące znacznie większy przepływ ciepła niż okna parteru. Dominujący w termogramie obraz komina – komin nieizolowany termicznie, cieplejszy po prawej stronie kończącej się widocznymi otworami, tj. w części prowadzącej przewody wentylacji grawitacyjnej. Fragment lukarny sąsiadujący z kominem (po jego lewej stronie) nie został zaizolowany cieplnie.



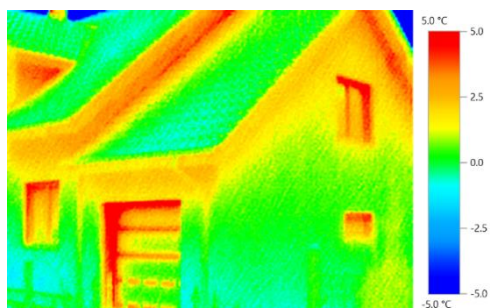
Ryc. 18. Kodrąb (PL), termogram 2

Budynek współczesny, izolowany termicznie. Widoczna nieciągłość izolacji termicznej na styku ściana–przewód spalinowy. Punktowe mostki termiczne ponad oknami parteru. Liniowe mostki termiczne połączenia ściany zewnętrznej z okapem.



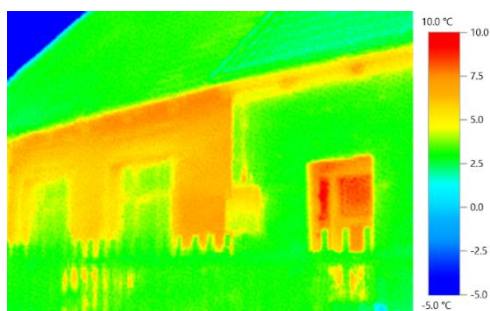
Ryc. 19. Kodrąb (PL), termogram 3

Budynek zaizolowany termicznie – powierzchnie przegród jednorodne termicznie.



Ryc. 20. Kodrąb (PL), termogram 4

Budynek współczesny, izolowany termicznie. Widoczne istotne niejednorodności termiczne wzdłuż połączenia płaszczyzny obu dachów, jak również połączenia bocznej ścianki lukarny z połacią dachową i ścian zewnętrznych z dachem w okapach – w szczególności w szczycie budynku.

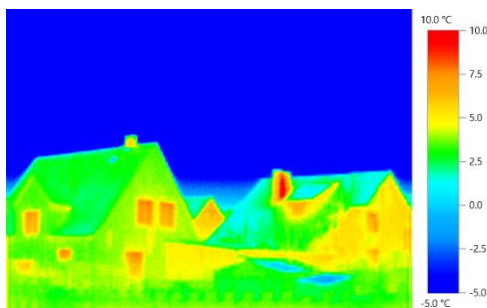


Ryc. 21. Kodrąb (PL), termogram 5

Budynek w zabudowie bliźniaczej. Prawa strona budynku poddana została termomodernizacji. Widoczny liniowy mostek termiczny spowodowany nieciągłością izolacji termicznej pomiędzy ścianą zewnętrzną oraz połacią dachu (segment prawy). Drzwi wejściowe (segment prawy) szklone prawdopodobnie szybą pojedynczą (widoczna wysoka temperatura na powierzchni zewnętrznej oszklenia). Segment lewy bez izolacji termicznej

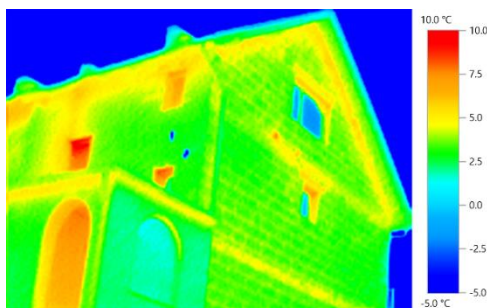
ścian zewnętrznych, z dachem izolowanym termicznie, jednak o gorszych parametrach cieplnych od dachu części prawej. Wyraźna intensyfikacja wymiany ciepła w okapie, tj. styku ściany z powierzchnią dachu.

Wolin (PL)



Ryc. 22. Wolin (PL), termogram 1

Budynki o zróżnicowanej charakterystyce termicznej obudowy. Budynek po lewej stronie z izolowanymi ścianami zewnętrznymi (poddany termomodernizacji). Widoczne lokalne nieciągłości izolacji termicznej w stykach przegród. Stolarka otworowa o niskiej izolacyjności termicznej. Budynek po prawej stronie z dachem izolowanym termicznie, jednak bez izolacji w obszarze ścian zewnętrznych. Zwraca uwagę bardzo ciepła powierzchnia komina pozwalająca na wnioskowanie o aktywnym źródle ciepła na paliwo stałe.



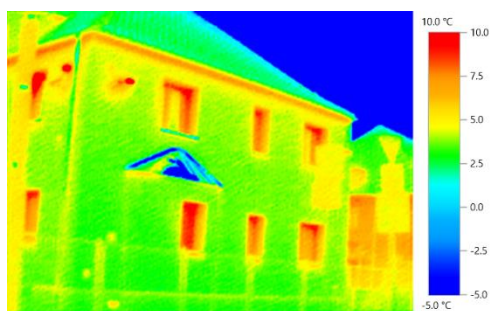
Ryc. 23. Wolin (PL), termogram 2

Budynek bez izolacji termicznej ścian zewnętrznych. Czytelny układ elementów ściennych (błoczków ściennych), wieńców obwodowych oraz nadproży. Niska jakość termiczna połączeń elementów otworowych ze ścianami zewnętrznymi. Budynek wysoko energochłonny.



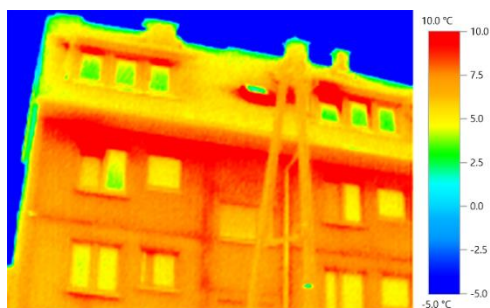
Ryc. 24. Wolin (PL), termogram 3

Zwieszenie przewodności cieplnej fragmentu muru wskutek zawilgocenia powierzchni przez nieszczelny system odprowadzenia wód opadowych.



Ryc. 25. Wolin (PL), termogram 4

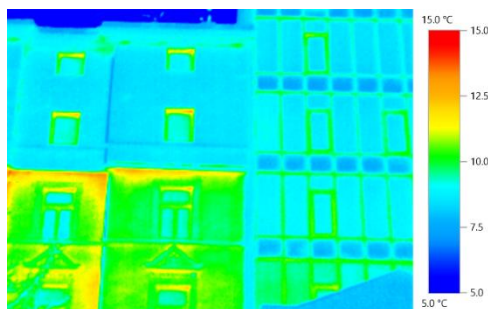
Budynek poddany pracom termomodernizacyjnym. Ocieplone ściany zewnętrzne oraz dach. Obraz termiczny ścian i dachu jednorodny. Uwidocznione nieciągłości lub pocienienie izolacji termicznej w styku ścian zewnętrznych z dachem. Okna o zróżnicowanej charakterystyce cieplnej. Na drugiej kondygnacji przy narożu ścian zewnętrznych zainstalowane oświetlenie zewnętrzne lub system monitoringu. Wejście główne z zadaszeniem krytym blachą (materiał o innej, znacznie niższej emisyjności powierzchni) – na termogramie widoczny efekt odbicia tła, tj. temperatury nieboskłonu (kolor niebieski i granatowy).



Ryc. 26. Wolin (PL), termogram 5

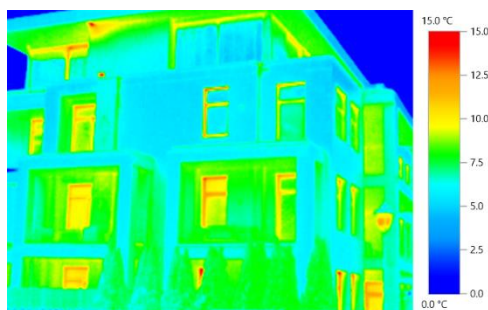
Budynek wielorodzinny wykonany z elementów prefabrykowanych w technologii uprzemysłowionej. Widoczne złącza poszczególnych elementów ściennych oraz istotny mostek termiczny połączenia ścian zewnętrznych z dachem. Dach izolowany termicznie, jednak izolacją o niskim oporze cieplnym. Widoczne nieszczelności wokół wyłazu dachowego.

Międzyzdroje (PL)



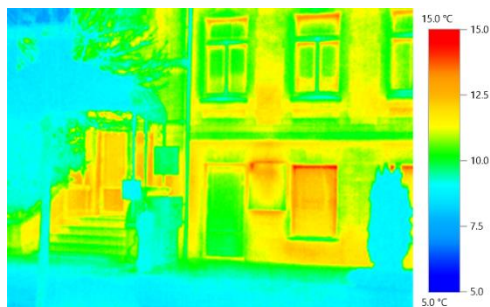
Ryc. 27. Międzyzdroje (PL), termogram 1

Budynek izolowany termicznie – połączenie budynku zabytkowego (strona lewa) oraz współczesnej rozbudowy (strona prawa). Obszar o zakłóconym rozkładzie temperatury – druga i trzecia kondygnacja budynku zabytkowego pokryta prawdopodobnie tynkiem ciepłochronnym lub warstwą izolacji termicznej o niskim oporze cieplnym (warstwa wykonywana w grubości tynku pierwotnego), celem zachowania czytelności detalu architektonicznego. Istotny mostek termiczny pomiędzy powierzchnią ścian niższych kondygnacji i dekoracyjnym wieńcem obwodowym. Dwie ostatnie kondygnacje izolowane termicznie, czytelny punktowy układ łączników mechanicznych kotwiących izolację w murze. W części zabytkowej występujące nieszczelności w miejscach osadzenia stolarki okiennej. Część współczesna (prawa strona termogramu) – ściana wykonana jako fasada systemowa, szklona. Elewacja ma dobre parametry izolacyjności termicznej. Widoczne pasy międzykondygnacyjne, wypełnione panelami izolacyjnymi wykończonymi szkłem elewacyjnym – są to komponenty o najwyższej izolacyjności termicznej w analizowanym termogramie.



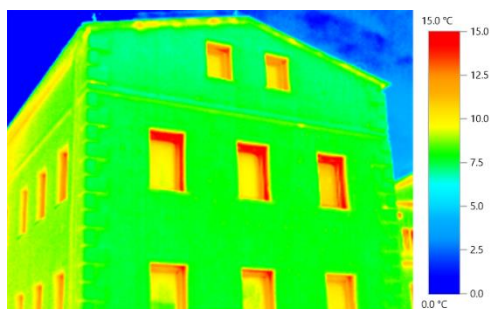
Ryc. 28. Międzyzdroje (PL), termogram 2

Budynek izolowany termicznie. Nieznacznie obniżona jakość termiczna ścian w obrębie loggii. Istotny mostek połączenia ścian zewnętrznych z płaszczyzną stropodachu. Niska izolacyjność termiczna elementów otworowych.



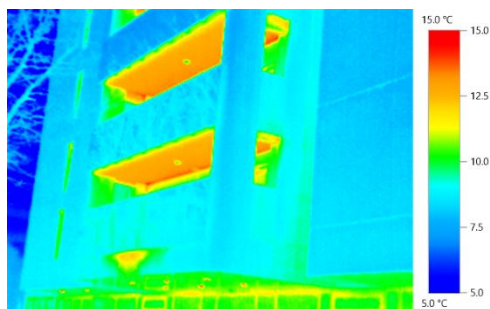
Ryc. 29. Międzyzdroje (PL), termogram 3

Ściana zewnętrzna nieizolowana termicznie. Opaski okienne chłodniejsze (o niższej temperaturze w odniesieniu do sąsiadującej ściany) wskutek większej grubości całkowitej przegrody. Nieszczelności w obrębie elementów otworowych.



Ryc. 30. Międzyzdroje (PL), termogram 4

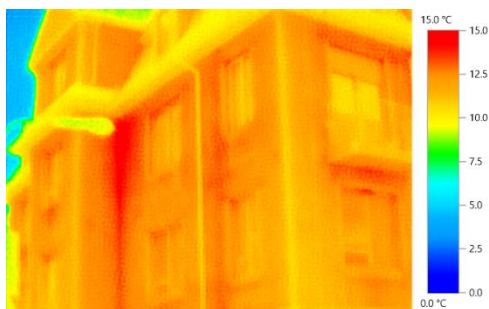
Budynek poddany termomodernizacji z odtworzeniem zarysu boniowania w narożnikach ścian zewnętrznych. Obraz pola ścian zewnętrznych jednorodny z wyjątkiem gzymsu obwodowego nad drugą kondygnacją. Widoczne nieszczelności połączenia izolacji termicznej ścian oraz dachu. Glyfy okienne o podwyższonej temperaturze powierzchni.



Ryc. 31. Międzyzdroje (PL), termogram 5

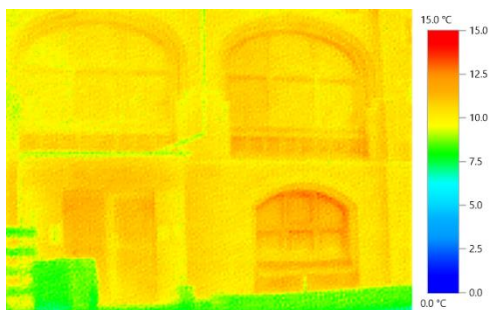
Budynek współczesny izolowany termicznie. Ściany o jednolitym obrazie termicznym, po prawej stronie z widocznym łączeniem płyt elewacyjnych. Nieizolowane termicznie płyty balkonowe stanowią żebra chłodzące dla struktury budynku. W parterze (dół termogramu) fasady szklane z ramami o niskim oporze cieplnym.

Świnoujście (PL)



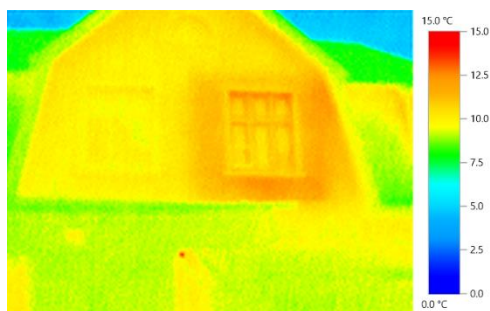
Ryc. 32. Świnoujście (PL), termogram 1

Budynek bez izolacji termicznych. W narożu wklęsłym wyraźne zwiększenie wymiany ciepła do otoczenia z większą intensyfikacją w górnej części ściany tuż przy okapie, co sugeruje wpływ zawilgocenia powierzchni ścian wskutek nieprawidłowo funkcjonującego systemu odwodnienia dachu.



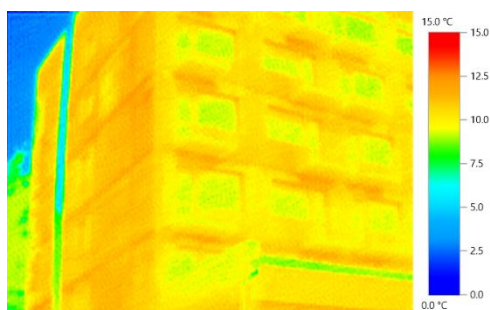
Ryc. 33. Świnoujście (PL), termogram 2

Budynek bez izolacji termicznych. Stolarka otworowa o porównywalnej izolacyjności cieplnej jak ściany zewnętrzne, nieco gorsza w parterze po prawej stronie.



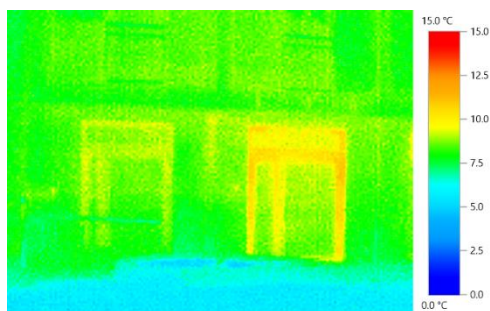
Ryc. 34. Świnoujście (PL), termogram 3

Pomieszczenia ogrzewane do różnej temperatury operatywnej (wewnętrznej).



Ryc. 35. Świnoujście (PL), termogram 4

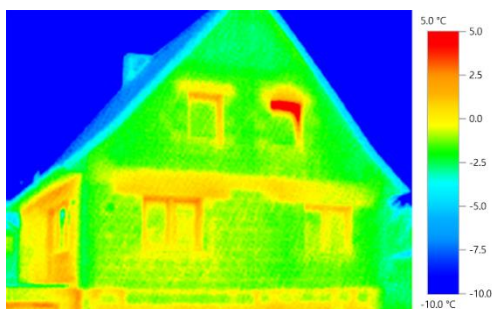
Budynek wielokondygnacyjny wykonany z elementów prefabrykowanych w technologii uprzemysłowionej. Brak termoizolacji uwidacznia złącza technologiczne pomiędzy elementami wielkiej płyty. Obraz termiczny stolarki zbliżony do obrazu ścian zewnętrznych.



Ryc. 36. Świnoujście (PL), termogram 5

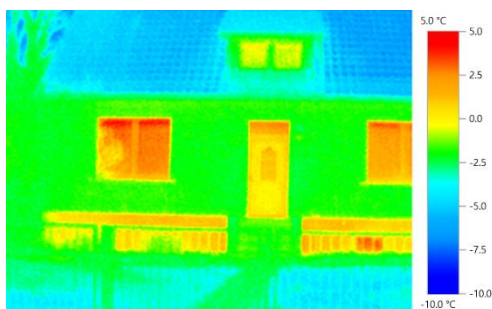
Budynek izolowany termicznie. Jednorodny obraz termiczny pola ściany zewnętrznej. Po prawej stronie parteru drzwi zewnętrzne o niskiej izolacyjności ram.

Mölschow (DE)



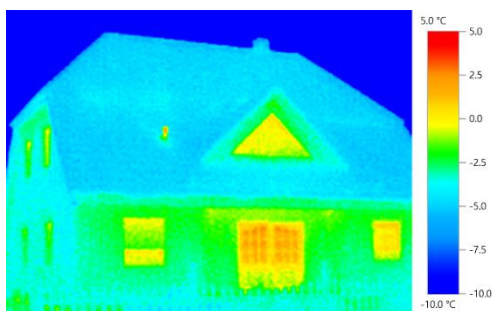
Ryc. 37. Mölschow (DE), termogram 1

Budynek bez izolacji termicznej ścian zewnętrznych. Czytelny układ warstw elementów ściennych oraz nadproży. Okno na poddaszu po prawej stronie uchylone.



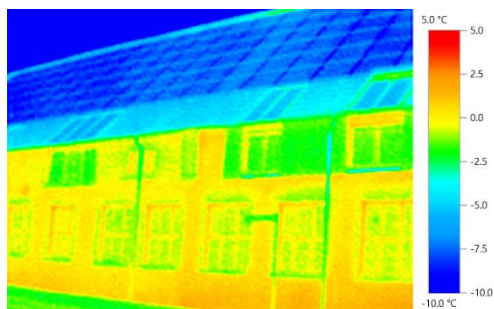
Ryc. 38. Mölschow (DE), termogram 2

Budynek poddany pracom termomodernizacyjnym. Brak zaizolowania ściany w partii cokołu powoduje zwiększenie strat ciepła ze stropu nad piwnicami i dalej przez ściany cokołu. Drzwi zewnętrzne i okna o dość niskiej izolacyjności termicznej. W piwnicy po prawej stronie od wejścia do budynku najprawdopodobniej zlokalizowane pomieszczenie ze źródłem zaopatrującym budynek w energię ciepłą.



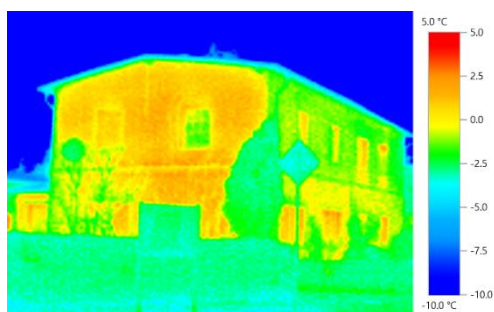
Ryc. 39. Mölschow (DE), termogram 3

Budynek izolowany termicznie. Obraz termiczny pól ścian zewnętrznych i dachu jednolity. Partia wejścia w podcieniu o nieco niższej izolacyjności termicznej w odniesieniu do pozostałych ścian zewnętrznych. Obniżona izolacyjność termiczna oszklenia drzwi zewnętrznych. Pozostałe obrazy termiczne okien zgodne z przewidywaniami. Ponad połac dachu, po lewej stronie od lukarny frontowej, wyprowadzony element instalacji – prawdopodobnie odpowietrzenie instalacji kanalizacyjnej.



Ryc. 40. Mölschow (DE), termogram 4

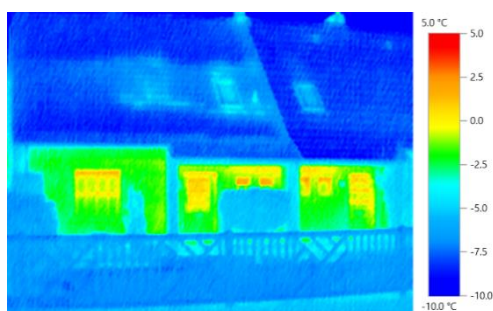
Budynek prawdopodobnie bez izolacji termicznej na ścianach zewnętrznych. Widoczny lokal nieogrzewany/nieużytkowany (zimna powierzchnia ściany zewnętrznej). Dobra izolacyjność dachu skośnego. Na dachu uwidoczniony obraz fotowoltaicznej instalacji wytwórczej.



Ryc. 41. Mölschow (DE), termogram 5

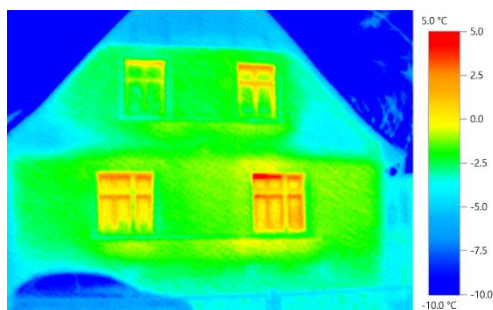
Budynek poddany częściowej termomodernizacji z wyłączeniem ściany szczytowej lub oszalowany (deskowany) w partii frontowej piętra.

Mellenthin (DE)



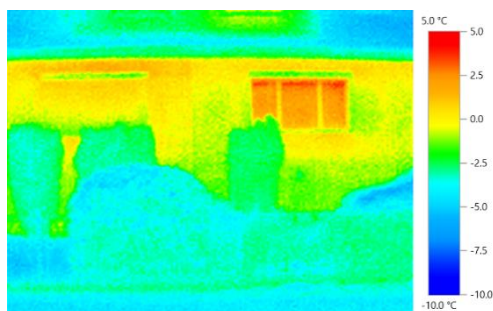
Ryc. 42. Mellenthin (DE), termogram 1

Budynki izolowane termicznie. Widoczna nieciągłość izolacji w strefie osadzenia okien. Po prawej stronie termogramu nad oknami widoczne kasety rolet zewnętrznych. W powierzchni dachu czytelny efekt naruszenia izolacji termicznych – usunięcie okna połaciowego w budynku po lewej stronie i prawdopodobnie wymiana widocznego okna połaciowego.



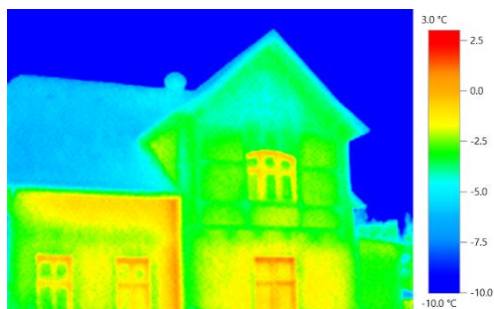
Ryc. 43. Mellenthin (DE), termogram 2

Budynek izolowany termicznie. Ściana w szczycie oszalowana. Stolarka okienna o dość niskiej izolacyjności termicznej. Okno na parterze rozszczelnione. Wyraźna zmiana temperatury powierzchni zewnętrznej wokół okien może być spowodowana przez wnikanie w obręb powierzchni montażu okien zimnego powietrza pod warstwę termoizolacji.



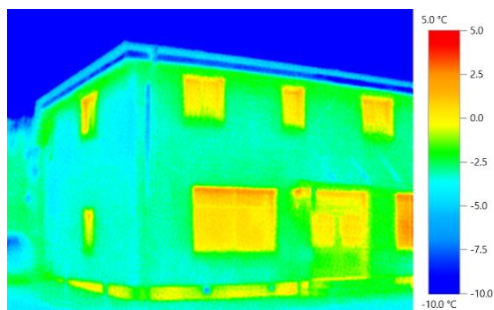
Ryc. 44. Mellenthin (DE), termogram 3

Widok okien z żaluzjami zewnętrznymi, ponad oknami usytuowana kasetka zewnętrzna żaluzji. Okno po lewej stronie zasłonięte żaluzją, po prawej – odsłonięte. Ściana po prawej stronie prawdopodobnie izolowana termicznie warstwą o niezbyt dużym oporze termicznym. Dach izolowany termicznie.



Ryc. 45. Mellenthin (DE), termogram 4

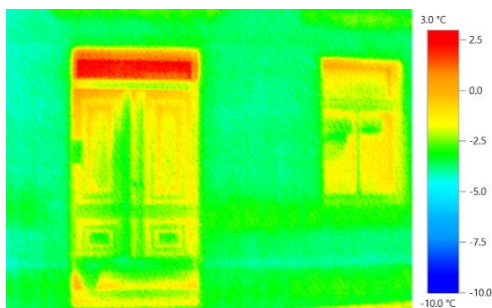
Budynek bez izolacji ścian zewnętrznych. Czytelny detal architektoniczny wykonany „w grubości” przegrody (przegroda w tym miejscu jest szersza i tym samym stawia większy opór cieplny). Wyraźny detal mostka termicznego połączenia ścian zewnętrznych w narożu wklęsłym. Widoczne w szczycie ściany szczytowej rozgraniczenie pomiędzy częścią ogrzewaną i nieogrzewaną poddasza (zimny trójkąt szczytu). Okna starego typu wpisujące się jakością termiczną w obraz budynku. Dach izolowany termicznie, jednolity w obrazie termicznym.



Ryc. 46. Mellenthin (DE), termogram 5

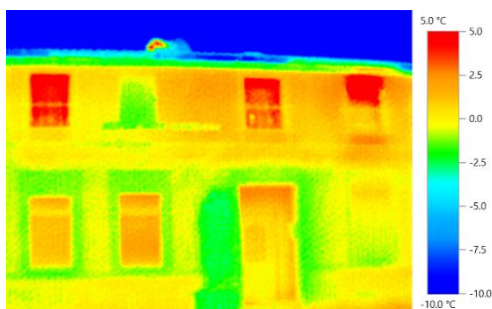
Budynek izolowany termicznie. Obraz termiczny ścian jest jednolity poza obszarem kontaktu z gruntem, w którym widoczna jest zwiększona wymiana ciepła z otoczeniem. Okna o zróżnicowanej jakości termicznej (okna parteru – prawe i lewe). Drzwi zewnętrzne z ramą i płytą (dolna część drzwi) o dobrej izolacyjności termicznej. Po lewej stronie drzwi zewnętrznych na elewacji widoczny zewnętrzny punkt oświetleniowy.

Usedom (DE)



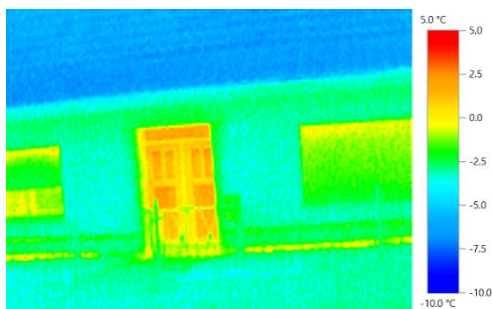
Ryc. 47. Usedom (DE), termogram 1

Ściana izolowana termicznie. Styk ściany zewnętrznej z gruntem o podwyższonej temperaturze powierzchni zewnętrznej wskazuje na niedostateczną izolację tej partii budynku. Drzwi zewnętrzne drewniane płycinowe z nadświetłem. Nadświetle szklone szybą pojedynczą – o niskiej jakości termicznej.



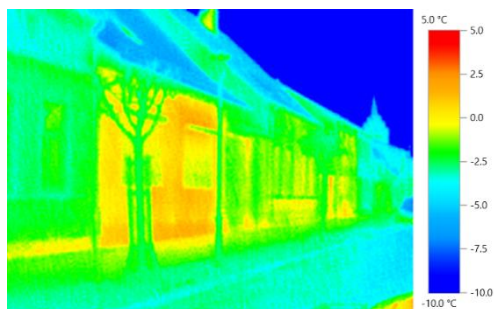
Ryc. 48. Usedom (DE), termogram 2

Budynek bez izolacji termicznej ścian zewnętrznych. Wyraźny detal architektoniczny w postaci opasek okiennych oraz gzymsu pod podokiennikami (lokalne pogrubienie przegrody). Zwiększona wymiana ciepła w styku ściany zewnętrznej z gruntem (prawa część termogramu). Wyraźne zróżnicowanie jakości termicznej okien. Pomieszczenia na piętrze (po prawej stronie) ogrzewane do wyższej temperatury operatywnej (wewnętrznej). Dach izolowany termicznie. W okolicy kalenicy widoczny element ciepłego komina.



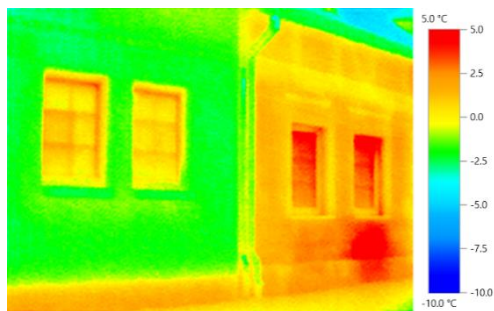
Ryc. 49. Usedom (DE), termogram 3

Budynek izolowany termicznie. Nieprawidłowe wykonanie styku ściany zewnętrznej z gruntem. Drzwi drewniane, szklone z panelami – niska jakość termiczna tych elementów. Nad otworami okiennymi, prawdopodobnie w warstwie izolacji termicznej, zamontowane skrzynki żaluzji zewnętrznych. Okno po prawej stronie drzwi zewnętrznych z żaluzją częściowo opuszczoną, okno lewe – żaluzja zamknięta. Zastosowanie żaluzji zewnętrznych ogranicza straty ciepła z powierzchni okien (szczególnie składowej radiacyjnej), jednak najczęściej montaż kasety żaluzji wiąże się z powstaniem mostka termicznego.



Ryc. 50. Usedom (DE), termogram 4

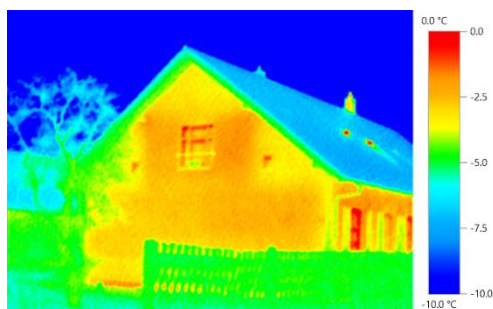
Widok zwartej zabudowy. Zróżnicowana izolacyjność ścian zewnętrznych. Zwiększone straty ciepła w partiach przyziemia. Dachy izolowane termicznie. Uwidoczniony ciepły komin wskazujący na aktywne źródło ciepła.



Ryc. 51. Usedom (DE), termogram 5

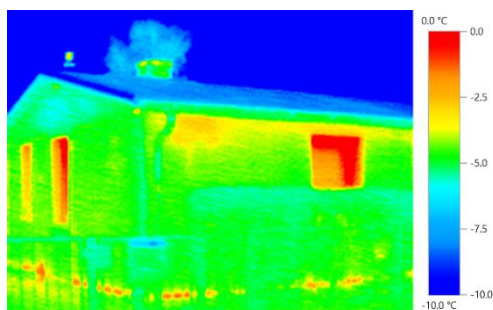
Sąsiedztwo dwóch budynków – z izolacją termiczną ścian zewnętrznych (po lewej stronie) i bez izolacji (po prawej stronie). W obu obiektach część ścian w partii cokołów jest nieizolowana i powoduje intensyfikację wymiany ciepła z otoczeniem. W budynku po prawej stronie termogramu pod prawym oknem widoczne zwiększenie gęstości strumienia ciepła wskazujące na lokalizację czynnego elementu grzejnego. Ponad oknami widoczny wieniec lub inna pozioma belka konstrukcyjna (np. oczepek). Widoczny również układ konstrukcyjny ścianki kolankowej. Zróżnicowana jakość termiczna okien w obu budynkach. Dach prawego budynku izolowany termicznie.

Reetzow (DE)



Ryc. 52. Reetzow (DE), termogram 1

Budynek ze ścianami bez izolacji termicznej. Czytelne częściowe użytkowanie powierzchni poddasza (skosy i górna część poddasza są nieogrzewane). Zwraca uwagę intensyfikacja wymiany ciepła z przyziemia (widoczny fragment cokołu ściany szczytowej) oraz niska izolacyjność termiczna niektórych okien. Dach izolowany. Ponad dach wyprowadzone elementy instalacji oraz widoczna krawędź okna połaciowego (ryc. 54).



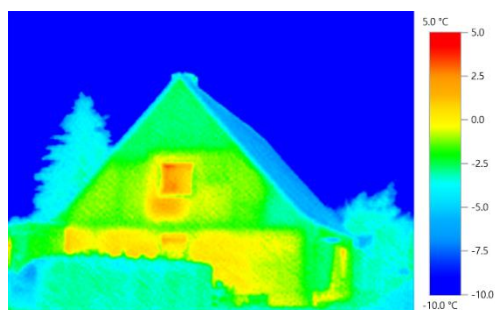
Ryc. 53. Reetzow (DE), termogram 2

Budynek z izolowanymi termicznie ścianami zewnętrznymi i dachem. Wyraźne straty ciepła w partii przyziemia wskazują na brak lub niewystarczającą izolację cieplną cokołu i ścian w kontakcie z gruntem. Wyraźny mostek połączenia ściany zewnętrznej z okapem podłużnym. Obraz zintensyfikowany z lewej strony ściany w pobliżu miejsca odprowadzania wód opadowych z dachu (włączenie rury spustowej w rynnę), co sugeruje (wcześniejszą?) nieszczelność systemu odwodnienia dachu. Stolarka okienna generująca znaczne straty ciepła. Komin ocieplony, widoczne wyprowadzenia kanałów wentylacyjnych (żółte plamki).



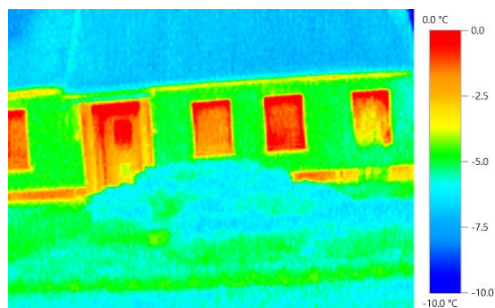
Ryc. 54. Reetzow (DE), termogram 3

W nawiązaniu do opisu ryc. 54 górna krawędź okna połaciowego ze zwiększoną wymianą ciepła może sugerować otwarty nawiewnik okna połaciowego. Widoczny komin z wyprowadzonym przewodem spalinowym.



Ryc. 55. Reetzow (DE), termogram 4

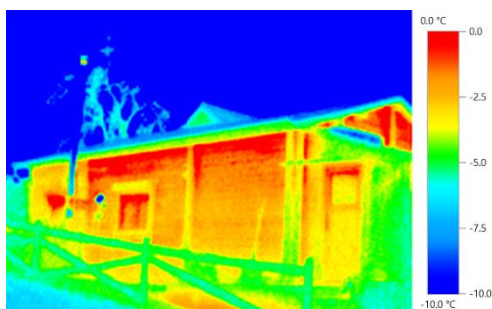
Budynek bez izolacji termicznych ścian zewnętrznych. Wyraźnie widoczna część użytkowa poddasza oraz konstrukcja szkieletowa ściany szczytowej w obszarze poddasza. Pod oknem uwidoczniona lokalizacja elementu grzejnego. Dach prawdopodobnie izolowany termicznie.



Ryc. 56. Reetzow (DE), termogram 5

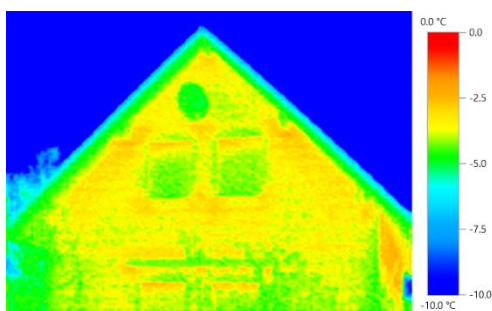
Budynek z izolacją termiczną ścian zewnętrznych oraz dachu. Brak termoizolacji lub niewystarczająca izolacja termiczna cokołu. Wyraźny mostek termiczny połączenia ściany zewnętrznej z dachem. Elementy otworowe o niskiej jakości termicznej.

Ulrichshorst (DE)



Ryc. 57. Ulrichshorst (DE), termogram 1

Budynek nieocieplony. Zwiększone straty ciepła w przyziemiu. Intensywny mostek termiczny na połączeniu ścian zewnętrznych z dachem. Niska izolacyjność elementów otworowych.



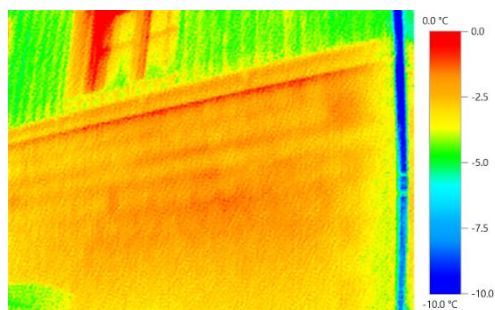
Ryc. 58. Ulrichshorst (DE), termogram 2

Ściana nieizolowana termicznie. Czytelne warstwy elementów murowych.



Ryc. 59. Ulrichshorst (DE), termogram 3

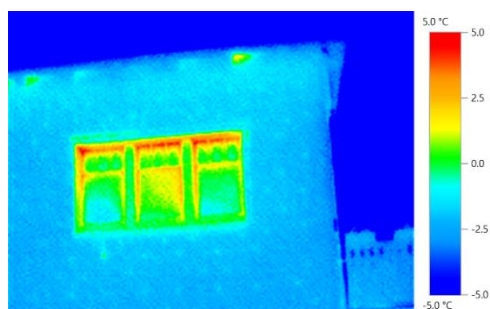
Budynek z izolowaną ścianą szczytową, prace wykonywano prawdopodobnie etapowo, co sugeruje odcięcie mostkiem termicznym izolacji parteru i szczytu w obrębie poddasza. Ściana frontowa nieizolowana termicznie z jednym pomieszczeniem o wyraźnie wyższej temperaturze operatywnej. Zwiększone straty ciepła z partii przyziemia. Dach izolowany. Okno w głębi uchylone.



Ryc. 60. Ulrichshorst (DE), termogram 4

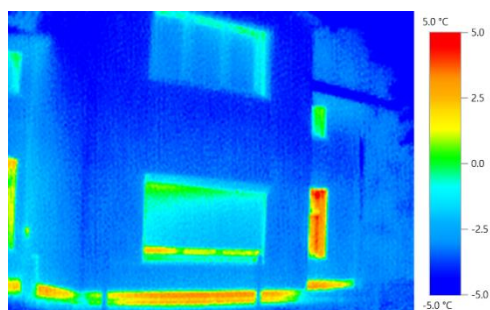
Fragment ściany bez izolacji termicznej. Widoczne warstwy elementów ściennych. W górnej partii wykonane oszalowanie, które tylko częściowo redukuje straty ciepła z powierzchni ściany z uwagi na szczelinę dobrze wentylowaną znajdującą się tuż pod deskami (deski nie są układane bezpośrednio na murze).

Heringsdorf i Ahlbeck (DE)



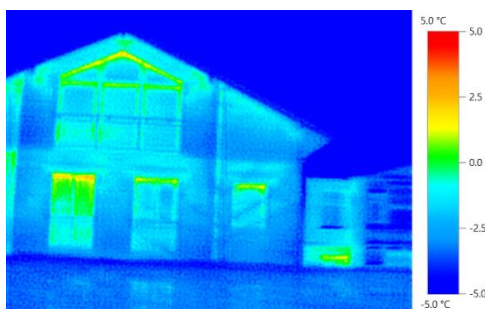
Ryc. 61. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 1

Budynek ze ścianami zewnętrznymi izolowanymi termicznie. Podczas prac nie zastosowano elementów do izolacji łączników mechanicznych (kapsli termoizolacyjnych) kotwiących warstwę termoizolacji w warstwie konstrukcyjnej, co spowodowało widoczność łączników. Lokalne nieciągłości połączenia ściany zewnętrznej ze stropodachem. Rama okienna o dość niskiej jakości, z widocznymi nieszczelnościami w górnej części okna.



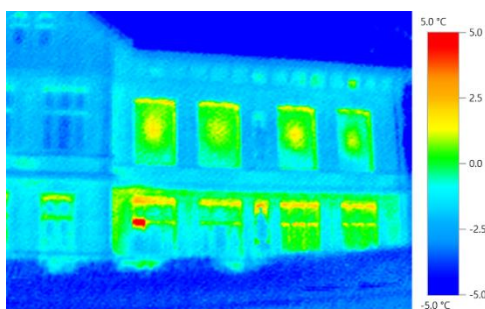
Ryc. 62. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 2

Budynek z izolacją termiczną ścian zewnętrznych. Wyraźny efekt cieplny braku izolacji przyziemia. Okno na parterze dodatkowo izolowane żaluzją zewnętrzną (okno jest zasłonięte), dalej w prawo prawdopodobnie obraz okna uchylonego.



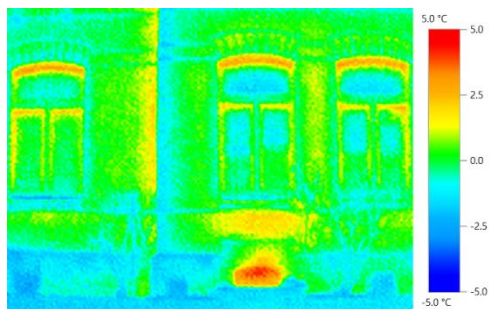
Ryc. 63. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 3

Budynek współczesny izolowany termicznie. Nieszczelności w obrębie górnych partii mocowania elementów otworowych. Wysoka jakość termiczna wbudowanych elementów otworowych.



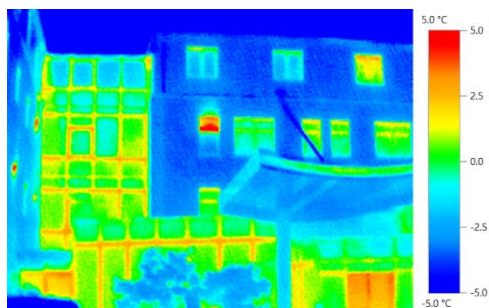
Ryc. 64. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 4

Budynek izolowany termicznie. Stolarka okienna pierwszego piętra szklona szybami zespolonymi o wysokiej jakości termicznej, o czym świadczy widoczny efekt „halo” (z uwagi na naturalną lepkość gazu szlachetnego wypełniającego komorę/komory szyby zespolonej w wyniku występującej po obu stronach szyby różnicy temperatury następuje wklęsnięcie powierzchni szyby w części środkowej). Jedno z okien na parterze uchylone.



Ryc. 65. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 5

Niska jakość termiczna okien, zwiększenie wymiany ciepła w górnej płaszczyźnie okien w okolicach nadproży okiennych. Widoczny efekt pozostawionego otwartego okna pomieszczenia piwnic.



Ryc. 65. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogram 6

Ściany zewnętrzne budynku izolowane termicznie. Niska izolacyjność elementów konstrukcyjnych (słupków/rygli) systemu fasady szklanej. Bardzo niska izolacyjność drzwi zewnętrznych. Na przedostatniej kondygnacji uchylone oraz rozszczelnione okna (lufciki).

Podsumowanie

Przeprowadzone badania termowizyjne na wytypowanej próbie zabudowy wysp Uznam i Wolin oraz analiza charakteru istniejącej zabudowy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Obszar projektu MoRE zabudowany jest obiektami o zróżnicowanej charakterystyce architektonicznej, konstrukcyjnej i materiałowej. Przeważa zabudowa datowana przed 1945 r. lub na drugą połowę XX w. Obiekty są również zróżnicowane pod względem ich walorów estetycznych, a także regionalnych i ponadregionalnych wartości kulturowych. Obiekty współczesne przeważają w większych ośrodkach o silnych funkcjach miastotwórczych.

2. Obiekty zlokalizowane po stronie niemieckiej charakteryzują się wyższą kulturą techniczną w porównaniu z zabudową po stronie polskiej, niemniej na całym obszarze wysp (po obu stronach granicy) istniejąca zabudowa reprezentuje zróżnicowany stan energetyczny – od budynków o wysokich potrzebach energetycznych po budynki o wysokiej charakterystyce energetycznej.
3. Obszar wysp charakteryzuje się wysokim potencjałem termomodernizacyjnym. Wykazano znaczny udział budynków o niskiej jakości termicznej, bez izolacji termicznych przegród pełnych oraz z elementami otworowymi o niewystarczającej izolacyjności cieplnej. Stan ten wynika w głównej mierze z ich wieku oraz stosowanych technologii i materiałów w okresie ich realizacji. Potencjał termomodernizacyjny po stronie polskiej obszaru MoRE jest wyższy niż po stronie niemieckiej.
4. Stwierdza się rosnącą świadomość energetyczną mieszkańców badanego obszaru, o czym pozwalają wnioskować dość licznie wykonane już prace termomodernizacyjne częściowe lub pełne, tj. obejmujące całą obudowę budynku. Udział częściowych termomodernizacji po stronie polskiej jest znacznie większy niż podobnych niepełnych realizacji po stronie niemieckiej.
5. Prace termomodernizacyjne podjęte na istniejących budynkach charakteryzują się zróżnicowaną jakością wykonania. Najczęściej uwidocznione zostały błędy związane z brakiem izolacji lub zbyt małą izolacją budynków w obszarze przyziemia. Bardzo niska izolacyjność ścian fundamentowych/piwnic powoduje zwiększenie wymiany ciepła nie tylko z ich powierzchni, ale również w przypadku braku podpiwniczenia z podłóg na gruncie, a przy istniejących piwnicach – ze stropów nad piwnicami. Podczas ocieplania ścian zewnętrznych najczęściej nie stosowano kotkowania łączników izolacyjnych, co prowadzi do uwidocznienia rozetek utrzymujących warstwę izolacyjną na elewacji budynku. Wskazano na często występujące nieszczelności styku izolacji termicznej ścian zewnętrznych z izolacją dachów/stropodachów. Zwrócono uwagę na problemy związane z wykonaniem izolacji termicznych dachów stromych, skutkujące osuwaniem się izolacji pomiędzy konstrukcją oraz powstaniem nieszczelności w połaciach dachowych.
6. Wykazano również brak podejmowanych działań związanych z głębokością osadzenia elementów otworowych przy podejmowanych pracach termomodernizacyjnych w obrębie ścian zewnętrznych. Przy ocieplaniu ścian, pomimo towarzyszącej im wymiany okien/drzwi, najczęściej nie dokonywano korekty położenia elementów otworowych, pozostawiając

je w oryginalnym położeniu. Sytuacja ta skutkuje izolacją gładów okiennych/drzwiowych w sposób niewystarczający z uwagi na ograniczenie możliwej do wprowadzenia grubości izolacji termicznej i tym samym – mimo podjętej termomodernizacji – powstaniem istotnego mostka termicznego. Wskazano na częste zastosowanie elementów otworowych o niskiej jakości termicznej całego komponentu lub komponentów z ramami bez wkładek termoizolacyjnych (zimnymi ramami). Zwrócono również uwagę na możliwość utraty pierwotnej izolacyjności termicznej szyb zespolonych i tym samym gwałtowne pogorszenie właściwości cieplnych oszklenia zespolonego.

7. Wskazane na termogramach obszary o podwyższonej transmisji ciepła z powierzchni przegród (mostki termiczne) wpływają nie tylko na stan energetyczny budynku, ale również na obniżenie temperatury powierzchni wewnętrznej przegród, która jest istotna w kontekście zabezpieczenia ich przed możliwością rozwoju grzybów pleśniowych.
8. Podstawowe utrzymanie budynków przy zachowaniu odpowiedniej kultury technicznej jest istotne w kształtowaniu stanu energetycznego zabudowy. Wykazano wpływ nieszczelności powietrznej przegród, np. w wyniku spękania, na zwiększenie strat ciepła przez przenikanie, jak również strat ciepła związanych z podgrzaniem powietrza dostającego się do wnętrza budynków w sposób niekontrolowany. Zwrócono również uwagę na wpływ zawilgocenia przegród na zwiększenie strat ciepła przez przenikanie w wyniku wzrostu przewodności termicznej materiałów (najczęściej porowatych) wbudowanych w przegrody. Zawilgocenie budynków najczęściej jest skutkiem niepoprawnego funkcjonowania systemu odwodnienia dachów oraz wynikiem braku lub nieciągłości izolacji przeciwwilgociowej przegród w kontakcie z gruntem (w tym ścian fundamentowych).
9. Niektóre budynki poddane badaniom są obiektami częściowo ogrzewanymi.
10. Wykazano, że wykorzystanie detekcji w podczerwieni jest odpowiednią techniką badawczą, pozwalającą na ustalenie rodzaju konstrukcji budynku bez zewnętrznych warstw izolacji termicznych. Zastosowanie tej techniki jest szczególnie istotne do zidentyfikowania budynków w konstrukcji szkieletowej, np. szachulcowej, z uwagi na konieczność stosowania odmiennych technik/materiałów termomodernizacyjnych przegród o konstrukcji drewnianej.

Czasowo-przestrzenne uwarunkowania zmienności stężeń CO₂ i CH₄ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Paweł Burandt, Katarzyna Glińska-Lewczuk, Andrzej Skwierawski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Gazy cieplarniane w atmosferze

Atmosfera stanowi dynamiczny system podlegający ciągłym przemianom, w którym bilans radiacyjny układu powierzchnia Ziemi–atmosfera decyduje o klimacie. W kształtowaniu klimatu ważną rolę odgrywają tzw. gazy cieplarniane, wśród których najważniejsze są te, które zawierają węgiel dwutlenek węgla (CO₂) i metan (CH₄), ze względu na ich podwyższający się poziom w atmosferze Ziemi w ciągu ostatnich stuleci [1]. Zmiany stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze kontrolowane są przez szereg procesów zachodzących pomiędzy elementami geosfery, takich jak: stratyfikacja termiczna, zmiany ciśnienia atmosferycznego, reakcje fotochemiczne czy procesy biologiczne. Główne naturalne procesy wpływające na stężenie CO₂ w atmosferze to:

- wymiana z biosferą lądową przez procesy oddychania, fotosyntezy i rozkładu materii organicznej,
- wymiana CO₂ z oceanem, kontrolowana przez procesy fotosyntezy, rozpuszczania i odgazowywania,
- pożary lasów,
- erupcje wulkaniczne.

Rosnące w ostatnich latach stężenie dwutlenku węgla w atmosferze przypisuje się działalności antropogenicznej [2]:

- zmniejszeniu wskutek wycinania lasów rezerwuaru biosfery lądowej zdolnej do pochłaniania CO₂,
- wzrostowi emisji pochodzenia antropogenicznego, tj. ze spalania paliw kopalnych i biomasy, produkcji cementu, stosowania nawozów (N) w rolnictwie.

Na stężenie CH₄ w atmosferze wpływają natomiast:

- beztlenowy rozkład materii organicznej (głównie z bagien i torfowisk),
- hodowla bydła i trzody chlewnej – fermentacja jelitowa,
- wysypiska śmieci,
- górnictwo węgla kamiennego i ropy naftowej,

- dystrybucja gazu ziemnego,
- spalanie biomasy,
- termity,
- uprawa ryżu.

Stężenia CO₂ i CH₄ osiągnęły nowe maksima w 2020 r. na poziomie 413,2 oraz 1889 ppm. Wartości te stanowią odpowiednio 149% i 262% poziomów sprzed epoki przemysłowej, tj. ok. 1750 r., kiedy działalność człowieka zaczęła w znacznym stopniu wpływać na skład atmosfery [3]. Ocenia się, że obecne stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze są wyższe niż w jakimkolwiek momencie w ciągu ostatnich 800 tys. lat. W ciągu 60 mln lat były w historii Ziemi okresy, w których stężenie CO₂ było znacznie wyższe niż obecnie, ale istnieje wiele dowodów na to, że tempo wzrostu stężenia CO₂ w atmosferze w latach 1900–2019 było co najmniej 10-krotnie szybsze niż w jakimkolwiek innym czasie w ciągu ostatnich 800 tys. lat [1]. Pomimo że naturalne procesy wpływają na zmiany koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze, to jednak skutki dodatkowego ocieplenia, tj. intensywne zmiany klimatyczne, przypisuje się wspomnianej wyżej ingerencji człowieka w środowisko [4].

Na świecie funkcjonuje wiele sieci stacji pomiarowych (stacjonarnych) prowadzących monitoring stężeń GHG, koordynowanych m.in. przez takie organizacje jak *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) w USA, *World Meteorological Organization* (WMO), *World Data Centre for Greenhouse Gases* (WDCGG) w Japonii czy *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* (CSIRO) w Australii, które dostarczają informacji o czasowo-przestrzennym rozkładzie stężeń tych gazów w skali globalnej. W Europie powstał ICOS – *Integrated Carbon Observing System*, system śledzący zmiany węgla z obserwacji naziemnych, podczas gdy USA i Japonia uruchomiły obserwatorium satelitarne GOSAT – *Greenhouse Gases Observing Satellite*. Pierwsze stacje prowadzące regularne pomiary CO₂ rozpoczęły działalności w latach 50. XX w., tj. stacja na biegunie południowym i stacja Mauna Loa na Hawajach (1958 r.). W Polsce badania GHG zapoczątkowane zostały przez Akademię Górniczo-Hutniczą w 1975 r. w Krakowie, w 1994 r. na Kasprowym Wierchu, a w kwietniu 2005 r. na Śnieżce.

Zróźnicowanie zawartości GHG w przypowierzchniowej warstwie atmosfery jest zauważalne nie tylko w skali globalnej czy regionalnej, ale również lokalnej. Mozaika użytkowania terenu – gruntów użytkowanych rolniczo, leśnie, wykorzystywanych pod zabudowę lub naturalnych obszarów wodnych i mokradłowych, czyli obszarów niejednorodnych przestrzennie – dostarcza informacji

o rozkładzie źródeł i absorbentów tych gazów, a także o mechanizmach kontrolujących ich transport pomiędzy atmosferą a innymi elementami geosfery. Ponadto nowe technologie pomiarowe umożliwiają wykrywanie i zmniejszanie wycieków np. CH₄ i innych węglowodorów w gazie ziemnym z rurociągów, co jest kluczowe dla redukcji emisji gazów cieplarnianych, poprawy jakości powietrza i bezpieczeństwa konsumentów oraz oszczędności finansowej. Detekcja obszarów – centrów emisji gazów (w szczególności CH₄) może być również wskaźnikiem potencjału danego obiektu do gromadzenia i wykorzystania gazów, np. na biogaz. W tym celu stosuje się mobilne systemy pomiarowe gazów cieplarnianych (CO₂, CH₄) jak np. przenośne spektrometry wyposażone w systemy georeferencyjne, do których należy m.in. Picarro G2301 Cavity Ring-Down Spectrometer (Picarro, Inc, Santa Clara, CA). Zaletą mobilnego monitoringu GHG jest pozyskiwanie unikatowych danych z obszarów o zróżnicowanym użytkowaniu, które mogą być przydatne do walidacji oszacowań emisji, wyników modeli i obserwacji satelitarnych. Monitoring dostarcza szczegółowego opisu sezonowego i dobowego zachowania CO₂ i CH₄ oraz ich możliwych źródeł.

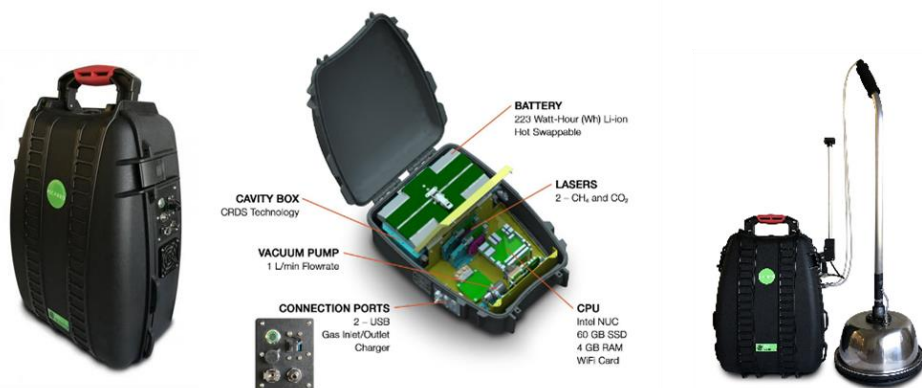
Istnieje zatem niewątpliwa potrzeba prowadzenia mobilnych pomiarów stężenia gazów cieplarnianych w skali lokalnej w celu stałej kontroli i oceny ich wpływu na środowisko, co prowadzi do lepszego poznania procesów obiegu węgla w atmosferze i skutecznego przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Monitoring mobilny to metoda pozyskania aktualnych informacji na temat potencjalnych źródeł emisji GHG, która może być również dobrą podstawą do projektowania rozwiązań w celu zmniejszenia emisji zanieczyszczeń powietrza i zagospodarowania gazów cieplarnianych.

Obszar badań i metody pomiarów

Podstawowym celem niniejszej pracy była szczegółowa analiza charakteru zmian krótkoterminowych i sezonowych stężenia metanu i dwutlenku węgla w atmosferze na obszarze wysp Uznam (Niemcy/Polska) i Wolin (Polska). Oprócz analizy zmienności czasowej stężenia dwutlenku węgla i metanu w atmosferze wykonano również analizę zmienności przestrzennej stężenia CO₂ i CH₄.

Główną miejscowością regionu jest Świnoujście (41 tys. mieszkańców), położone po obu stronach Świny. Gospodarka miasta jest silnie związana z branżą stoczniową, portową oraz przetwórstwem rybnym, co wynika z nadmorskiego położenia miasta oraz jego roli przedniego portu morskiego na szlaku do Szczecina. Świnoujście jest uzdrowiskiem nadmorskim z zabytkowym układem urbanistycznym dzielnicy nadmorskiej, gdzie skupione są sanatoria. W centralnej części

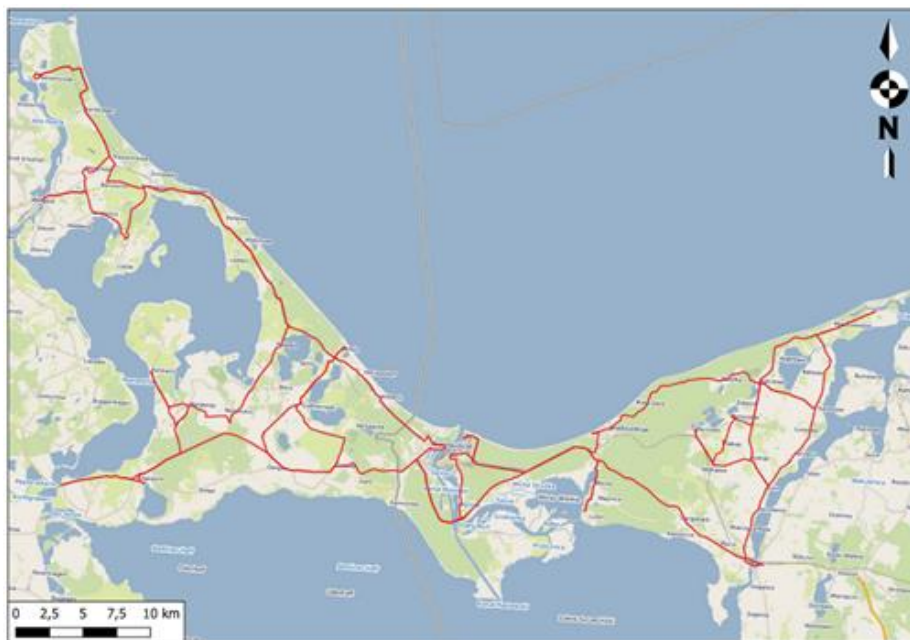
regionu położone są Międzyzdroje (ok. 6 tys. mieszkańców), będące jednym z głównych ośrodków turystycznych polskiego wybrzeża. Na południu natomiast znajduje się Wolin (5 tys. mieszkańców), przez który przebiega droga krajowa Świnoujście–Goleniów oraz linia kolejowa łącząca Świnoujście ze Szczecinem i Kamieniem Pomorskim. Położona wzdłuż polskiego wybrzeża droga wojewódzka łączy Świnoujście i Międzyzdroje z kolejnymi nadmorskimi miejscowościami w kierunku wschodnim, m.in. Dziwnowem, Rewalem i Kołobrzegiem. Świnoujście, położone przy granicy państwa, ma również połączenie drogowe i kolejowe z Niemcami. Tereny wyspy Uznam są jednym z głównych obszarów wypoczynkowych i rekreacyjnych Niemiec ze względu na swoje plaże, środowisko naturalne i nadmorskie miasta, takie jak Ahlbeck, Heringsdorf i Bansin. Nazwa wyspy pochodzi od miasta Usedom położonego w jej południowo-zachodniej części.



Ryc. 1. GasScouter G4301 – Mobile Gas Concentration Analyzer – urządzenie do pomiaru stężeń i emisji gazów cieplarnianych CO_2 , CH_4

Pomiary wielkości stężeń CO_2 i CH_4 w powietrzu wykonano podczas nocnego i dziennego monitoringu mobilnego na obszarach obu wysp podczas 4–5-dniowych kampanii pomiarowych. Pomiary stężenia i emisji badanych gazów wykonywano za pomocą przenośnego analizatora gazów GasScouter TM G4301 Mobile Gas Concentration Analyzer firmy PICARRO (ryc. 1). Łącznie zebrano dane z 22 przejazdów w czasie światła dziennego i po zmroku, podczas czterech sezonów w 2021 r. (zima – luty/marzec, wiosna – maj, lato – lipiec, jesień – październik). Dane te dodatkowo uzupełniono o pomiary stacjonarne oraz marszrutowe. Badania wykonywane równolegle z przejazdami objęły oczyszczalnie ścieków w Międzyzdrojach, Wolinie, Międzywodziu (wyspa Wolin) oraz w Świnoujściu (wyspa Uznam). Badania wykonano również na terenie stacji przeładunkowej odpadów

komunalnych Świnoujście–Ognica, zlokalizowanej w południowo-zachodniej części wyspy Wolin. Obserwacje wykonano w dwóch cyklach – w maju oraz październiku. Łącznie wykonano 32 serie pomiarowe.



Ryc. 2. Trasa pomiarowa (czerwona linia) na wyspie Wolin i Uznam podczas sezonowych pomiarów mobilnych w 2021 r.

Pomiarów tła dokonywano podczas przejazdu samochodem typu pickup, wyposażonym w instalację pozwalającą podłączyć analizator GasScouter TM G4301 i ograniczającą jednocześnie zakłócenia komunikacyjne (drogowe). Niezależnie od przejazdu wykonywano pomiary stacjonarne na wysokości 1,5 m nad powierzchnią gruntu, którym towarzyszył ręczny pomiar siły i kierunku wiatru, temperatury i wilgotności powietrza. Trasa przejazdów (ryc. 2), a tym samym pomiarów, obejmowała zarówno główne, jak i boczne szlaki komunikacyjne wysp Uznam i Wolin. Została ona zaprojektowana w taki sposób, aby uchwycić potencjalne źródła emisji gazów i ocenić tło stężeń gazów na obu wyspach.

Surowe wyniki pomiarów zapisywane były w pamięci urządzenia GasScouter z częstotliwością próbkowania średnio 74 razy na minutę. Zestaw danych dla każdego punktu pomiarowego zawierał wartości stężeń CO₂ i CH₄ oraz informację o geolokalizacji. Dane te zostały zweryfikowane i zestawione wg terminów wykonanych obserwacji i poddane filtracji celem usunięcia pomiarów wadliwych lub

wartości odstających. W celu zachowania integralności danych pochodzących z terminów przejazdów ze zbiorów wyłączono okresy postojów przy obiektach badawczych oraz te części pomiarów, które podlegały zakłóceniom, np. podczas manewrowania pojazdem wykorzystywanym do realizacji badań. Dane georeferencyjne umożliwiły szczegółową analizę i obróbkę graficzną danych (GIS).

Warunki meteorologiczne w okresie pomiarowym

Wyspy Uznam i Wolin, w szczególności ich morska strefa brzegowa, wyróżniają się występowaniem klimatu umiarkowanego ciepłego o największych wpływach morskich. Oddziaływanie morza znajduje odzwierciedlenie w małej amplitudzie i relatywnie niskich wartościach ekstremalnych warunków termicznych i opadowych. Wybrzeże morskie charakteryzuje się wyższą prędkością wiatru, czego przejawem są wysokie wartości maksymalnej średniej dobowej prędkości wiatru [5]. Kierunek i prędkość wiatru wpływają znacząco na dynamikę atmosfery w skali lokalnej i w związku z tym również na stężenie gazów śladowych. Z punktu widzenia analizy tych stężeń ważne jest więc dokładne określenie sytuacji meteorologicznej w okresie pomiarowym, wpływającej na transport lokalnie wyemitowanych gazów.

Podczas pomiarów zimowych (luty/marzec) średnia temperatura powietrza w lutym wynosiła 8,9 °C i była aż o 8,1 °C wyższa od wieloletniej średniej miesięcznej. Również w poszczególnych dniach pomiarowych wartości temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej powietrza znacznie odbiegały od wartości średnich miesięcznych. Notowane w tym czasie wartości temperatury maksymalnej powietrza kształtowały się na poziomie 12,1–17,3 °C. Okres, w którym dokonywano pomiarów, można uznać za bezopadowy. Tylko jednego dnia odnotowano opad o wysokości zaledwie 0,1 mm. W omawianym okresie dominował wiatr z kierunku południowo-zachodniego o średniej prędkości 2,4–3,0 m/s. W ostatnim dniu pomiarów zaobserwowano wiatr z kierunku zachodniego i północno-zachodniego. W okresie 7 dni przed rozpoczęciem poboru prób przeważał wiatr z kierunku południowego i południowo-zachodniego. Średnia temperatura powietrza podczas pomiarów marcowych wynosiła 2,1 °C i była aż o 2 °C niższa od średniej miesięcznej. Także w poszczególnych dniach pomiarów wartości temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej powietrza znacznie odbiegały od wartości wieloletnich średnich miesięcznych. Notowane w tym czasie wartości temperatury maksymalnej powietrza kształtowały się od 2,8 do 4,3 °C, a minimalnej od –1,2 do 1,2 °C. W okresie, w którym wykonywano pomiary, suma opadów wyniosła 3,3 mm. Dominował wiatr z kierunku północno-zachodniego (52%), a w okresie 7 dni poprzedzających pomiary

przeważał wiatr z sektora południowego, w szczególności z kierunku południowo-zachodniego.

Średnia temperatura powietrza podczas pomiarów wiosennych (maj) wynosiła 3,6 °C i była aż o 0,1 °C niższa od wieloletniej średniej miesięcznej. W poszczególnych dniach prowadzenia badań wartości temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej powietrza nie odbiegały od wartości wieloletnich średnich miesięcznych. Notowane w tym czasie wartości temperatury maksymalnej powietrza kształtowały się od 7 do 13,9 °C, a minimalnej od -1,4 do 4,3 °C. W okresie pomiarowym suma opadów wyniosła 3,0 mm. Dominował wiatr z kierunku północno-zachodniego o średniej prędkości 4,2 m/s. W okresie 7 dni przed rozpoczęciem pomiarów przeważał wiatr z sektora północnego, w szczególności z kierunku północnego.

Pomiary letnie (lipiec) charakteryzowała średnia temperatura powietrza na poziomie 21,6 °C, która była o 1,2 °C wyższa od wieloletniej średniej miesięcznej. W poszczególnych dniach pomiarów wartości średniej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza nie odbiegały od wartości średnich miesięcznych. Notowane w tym czasie wartości temperatury maksymalnej powietrza kształtowały się w zakresie 22,4–29,9 °C, a minimalnej 13,7–20,0 °C. Suma opadów w okresie, w którym dokonywano pomiarów, wyniosła 0,7 mm. Dominował wiatr z północnego wschodu o średniej prędkości 3,6 m/s. W okresie 7 dni przed rozpoczęciem pomiarów przeważały wiatry z kierunku północnego i zachodniego.

W okresie jesiennym (październik) średnia temperatura powietrza wynosiła 10,1 °C i była o 0,6 °C niższa od wieloletniej średniej miesięcznej. W poszczególnych dniach pomiarów wartości średniej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza nie odbiegały od wartości średnich miesięcznych. Notowane w tym czasie wartości temperatury maksymalnej powietrza kształtowały się w zakresie 12,1–14,4 °C, a minimalnej 5,1–9,4 °C. W okresie, w którym dokonywano pomiarów, suma opadów wyniosła 2,8 mm. Dominowały wiatry z sektora SW i W o średniej prędkości 3,7 m/s. W okresie 7 dni przed rozpoczęciem pomiarów przeważały wiatry z kierunku południowym i południowo-zachodnim.

Stężenia gazów cieplarnianych CO₂ i CH₄ w powietrzu na wyspach Uznam i Wolin

Dobowa zmienność stężenia metanu i dwutlenku węgla w atmosferze nie jest cykliczna i w dużej mierze zależy od sytuacji meteorologicznej obszaru oraz pory roku. Głównym czynnikiem odpowiedzialnym za kształt dobowych zmian stężenia metanu i dwutlenku węgla w dolnej troposferze jest pojawiająca się głównie

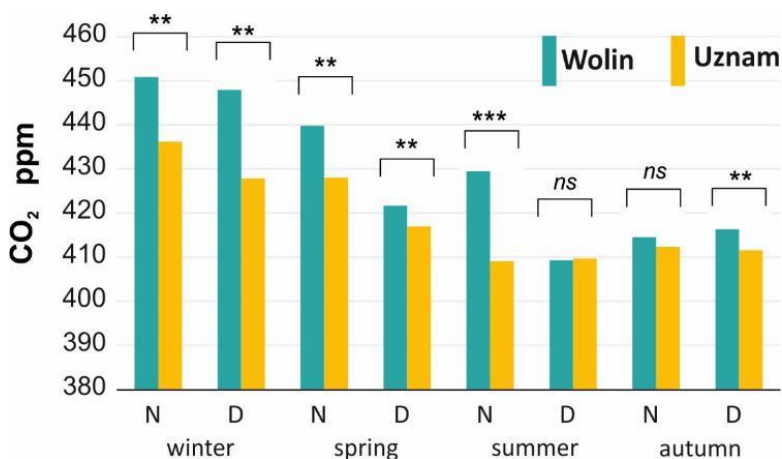
w godzinach nocnych warstwa inwersyjna [6]. W przypadku tego zjawiska wymiana pionowa mas powietrza jest utrudniona i następuje wzrost stężeń CO_2 i CH_4 , które przestają wzrastać w momencie, gdy warstwa inwersyjna zostaje przełamana, a pionowe mieszanie atmosfery umożliwia rozcieńczenie gazów przy powierzchni nagromadzonych w okresie nocnym.

W okresie badań stężenie CO_2 na obu wyspach mieściło się w zakresie od 364,99 do 560,28 ppm i osiągnęło średnią wartość na poziomie 423,32 ppm (tab. 1). Biorąc pod uwagę globalny trend wzrostowy stężeń CO_2 w powietrzu oraz cykliczny przebieg tych zmian, pomiary wykonane w kolejnych porach roku na wyspach Uznam i Wolin wykazywały specyficzną zmienność stężeń tego gazu, zarówno w ciągu dnia, jak i nocą.

Tab. 1. Zestawienie średnich stężeń gazów CO_2 i CH_4 w powietrzu w sezonach w okresie pomiarowym 2021 r., oznaczenia: D – dzień, N – noc

Sezon	Pora dnia	CH_4 [ppb]			CO_2 [ppm]		
		średnia	min.	max.	średnia	min.	max.
Zima	D	1975	1870	2150	435,60	414,94	505,95
	N	1955	1860	2360	443,92	413,21	511,51
Wiosna	D	1985	1716	2303	418,98	365,52	476,12
	N	1993	1941	2606	434,16	387,43	560,28
Lato	D	2002	1825	3524	409,49	369,62	451,1
	N	1998	1794	2523	418,46	364,99	534,92
Jesień	D	2020	1960	2279	413,57	394,45	459,53
	N	1996	1968	2078	413,37	402,97	447,37
Całkowite		1989	1716	3524	423,62	364,99	560,28

Średnie zimowe stężenia CO_2 na obu wyspach były znacząco wyższe od globalnego poziomu tego gazu w tym samym okresie o ponad 25 ppm nocą i o 15 ppm w ciągu dnia (ryc. 3). Wiosną 2021 r. koncentracja dwutlenku węgla w powietrzu w ciągu nocy była wyższa o ok. 15 ppm od wartości globalnej, podczas gdy w ciągu dnia kształtowała się na poziomie tej wartości, z kolei latem stężenie CO_2 w powietrzu obu wysp były wyższe od wartości globalnej o ok. 5 ppm, podczas gdy w ciągu dnia było niższe niż wartość globalna i utrzymywało się na poziomie ok. 410, tj. o 7 ppm mniej od średniej globalnej. Jesienią zarówno koncentracje dzienne, jak i nocne nie różniły się od wartości globalnych.

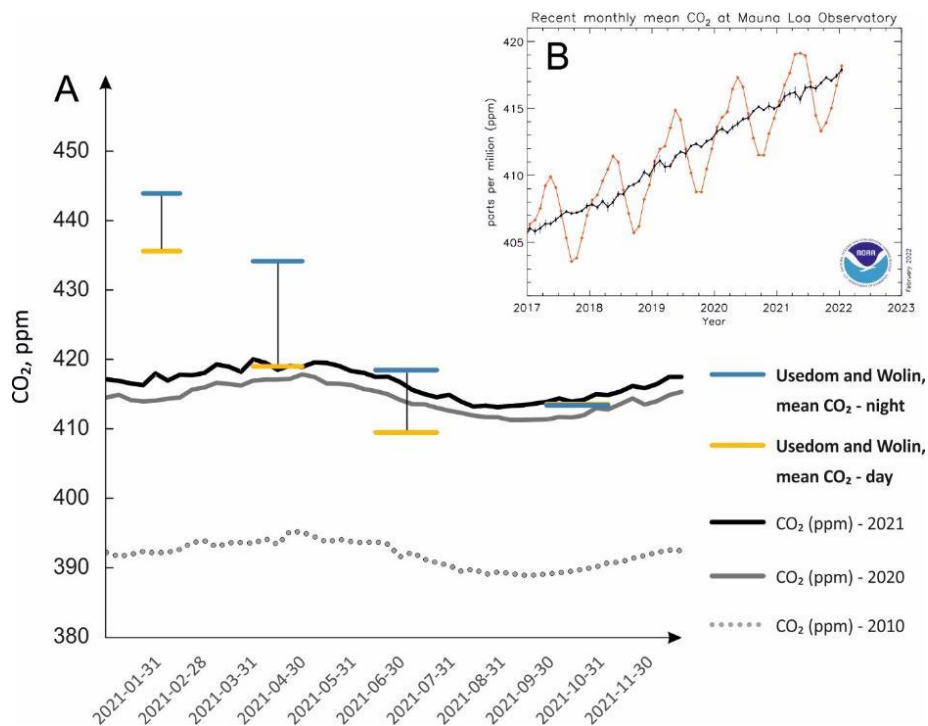


Ryc. 3. Porównanie średnich stężeń CO₂ między wyspą Wolin a Uznam w zależności od pory roku i dnia, istotność statystyczną różnic: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Stężenia dwutlenku węgla, bez względu na porę roku i porę dnia, były wyższe na wyspie Wolin względem stężeń stwierdzonych na wyspie Uznam (ryc. 4). W większości przypadków były one istotne statystycznie; największe różnice stwierdzono zimą, kiedy w ciągu dnia wynik średni był wyższy o 20 ppm, a nocą o 15 ppm. Latem średnie stężenia CO₂ w ciągu dnia na obu wyspach nie różniły się istotnie statystycznie i kształtowały się na poziomie ok. 409 ppm. Natomiast w porze nocnej stężenia CO₂ na wyspie Wolin wynosiły średnio 430 ppm i były statystycznie wyższe niż na wyspie Uznam (409 ppm). Biorąc pod uwagę wyższy odsetek lasów na wyspie Wolin względem wyspy Uznam, różnice te należałoby wiązać z wysoką emisją CO₂ z terenów leśnych.

Podczas badań średni poziom CH₄ w powietrzu obu wysp wynosił 1989 ppb, minimalne stężenie wynosiło 1716 ppb, a maksymalne – 3524 ppb (tab. 1). Stężenia tego gazu były wyższe o ok. 8 ppb od globalnej średniej z grudnia 2021 r. wynoszącej 1891 ppm. Analiza średnich stężeń CH₄ podczas dnia i nocy w kolejnych porach roku wykazała istotność statystyczną (ryc. 5). Najniższe stężenia CH₄ na obszarze obu wysp stwierdzono zimą po zmierzchu (ok. 1950 ppb CH₄) oraz zimą w ciągu dnia (ok. 1976 ppb CH₄). Obie średnie różniły się istotnie statystycznie. Wiosną i latem stężenie metanu w powietrzu nie różniło się między dniem a nocą. Z kolei jesienią emisja metanu w ciągu dnia osiągała najwyższe wartości, a ich średnia (2020 ppb CH₄) była istotnie statystycznie wyższa niż w pozostałych porach dnia i sezonach (ryc. 5). Wyraźne różnice dobowe pomiędzy stężeniami CH₄ w ciągu dnia i nocą oraz latem pomiędzy wyspami Uznam

i Wolin mogą wynikać z wysokiej emisji tego gazu z dominujących tam podmokłych terenów zielonych, łąk i pastwisk, które rozwinęły się na podłożu torfowym rozległych obniżen terenu, zasobnych w materię organiczną.



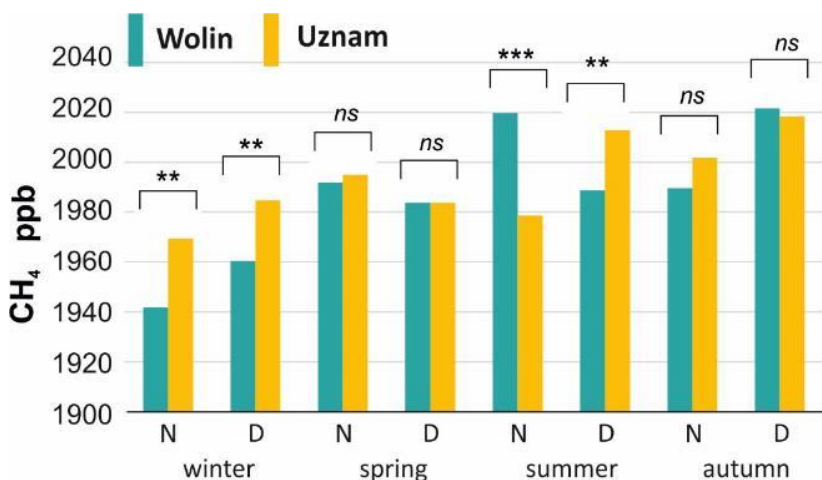
Ryc. 4. Stężenie dwutlenku węgla w powietrzu:

A) sezonowe zmiany średnich dziennych i nocnych stężeń CO₂ na wyspach Uznam i Wolin w 2021 r. na tle danych globalnych za lata 2021, 2020 i 2010 [7]; B) miesięczny średni poziom CO₂ mierzony w obserwatorium Mauna Loa na Hawajach¹⁶ [8], oznaczenia: czerwona linia – wartości średnie miesięczne, wyśrodkowane w połowie każdego miesiąca; czarna linia – wartości średnie miesięczne, wyśrodkowane w połowie każdego miesiąca po korekcje o średni cykl sezonowy

Porównanie rozkładu sezonowego stężenia CO₂ i CH₄ w powietrzu wykazuje odwrotny, aczkolwiek spodziewany, przebieg wynikający ze specyfiki warunków tworzenia się, akumulacji i emisji obu gazów w określonych warunkach meteorologicznych i środowiskowych. Średnie stężenia CH₄ w powietrzu były wyższe

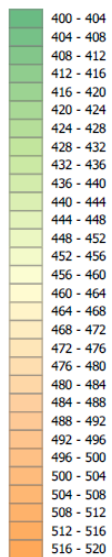
¹⁶ Dane dotyczące CO₂ na Mauna Loa stanowią najdłuższy zapis bezpośrednich pomiarów stężenia tego gazu w atmosferze). Dane mierzone są na wysokości 3400 m w północnej strefie podzwrotnikowej i mogą różnić się od średniej globalnej stężenia CO₂ [8].

jedynie latem po zmroku, kiedy średnie stężenie metanu w powietrzu na wyspie Wolin było wyższe o 41 ppb od średniego stężenia na wyspie Uznam. Na wyspie Uznam odnotowano istotnie wyższe średnie stężenia metanu w okresie zimowym (zarówno po zmierzchu, jak i w dzień) oraz latem w porze dziennej.

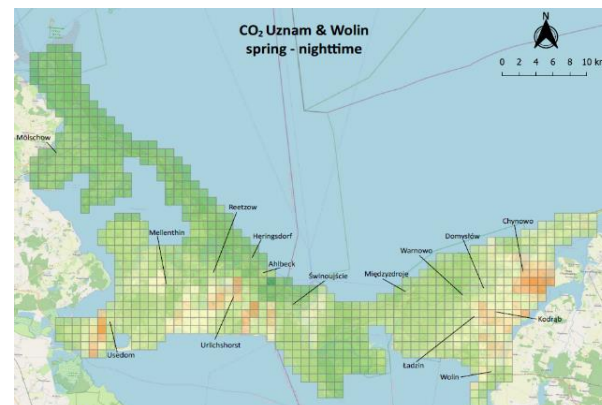
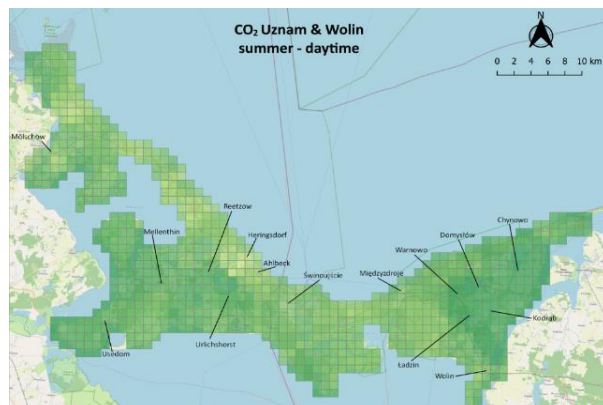


Ryc. 5. Porównanie średnich stężeń CH_4 między wyspami Wolin a Uznam w zależności od pory roku i dnia; oznaczenia: * istotność statystyczna różnic ($p < 0,05$) między wynikami uzyskanymi dla wysp; ns – brak różnic istotnych statystycznie (*not significant*)

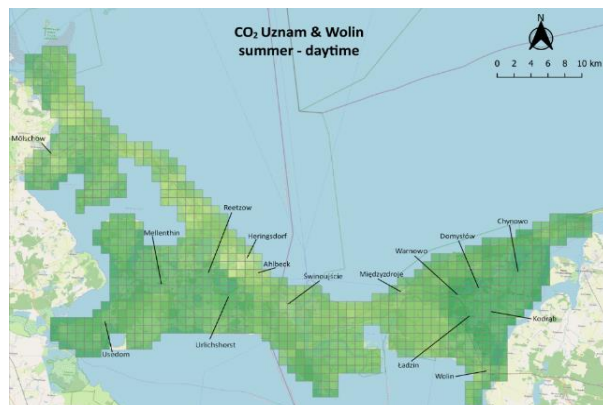
W przypadku CO_2 można zaobserwować dwa odrębne układy zmian dobowych tego gazu. Pierwszy charakterystyczny jest dla miesięcy ciepłych, z minimum stężenia w godzinach popołudniowych. Kształt zmian dobowych stężenia CO_2 uzależniony jest od aktywności biosfery. Niskie stężenie spowodowane jest asymilacją tego gazu przez rośliny w procesie fotosyntezy. Drugi układ charakterystyczny jest dla miesięcy zimnych, z minimum stężenia we wczesnych godzinach porannych. Związany jest on z emisją antropogeniczną CO_2 z obszarów zurbanizowanych (ryc. 6). Cykl dobowych zmian stężenia metanu CH_4 nie jest zależny od pór roku, ale od sytuacji meteorologicznej (ryc. 7). Główne źródła tego gazu znajdują się na poziomie gruntu (np. sieci gazownicze, torfowiska, wysypiska śmieci, oczyszczalnie ścieków).



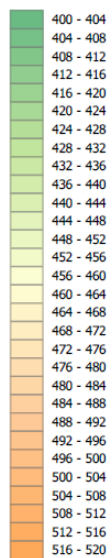
a)



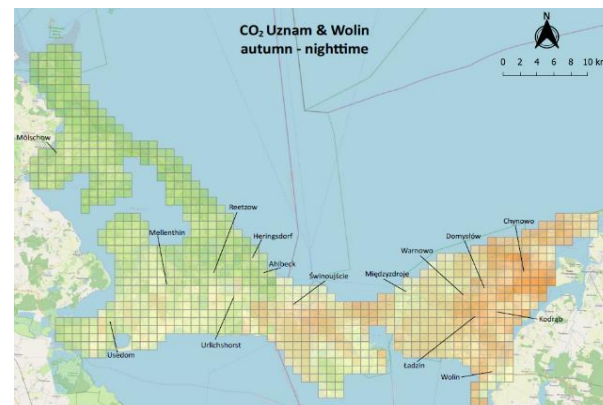
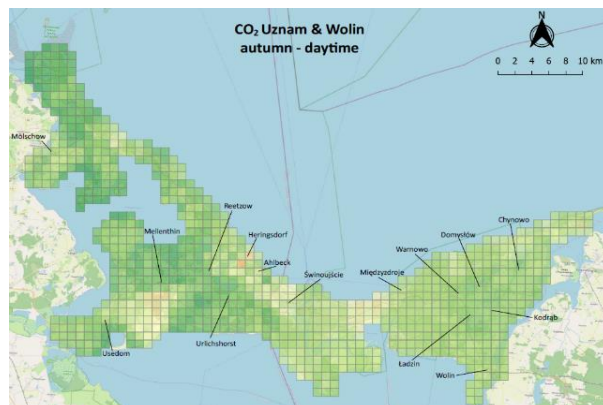
b)



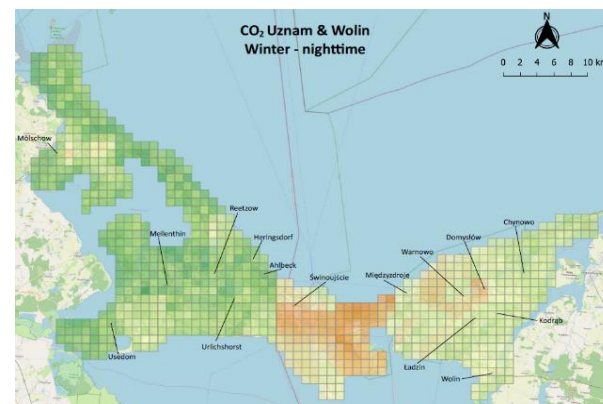
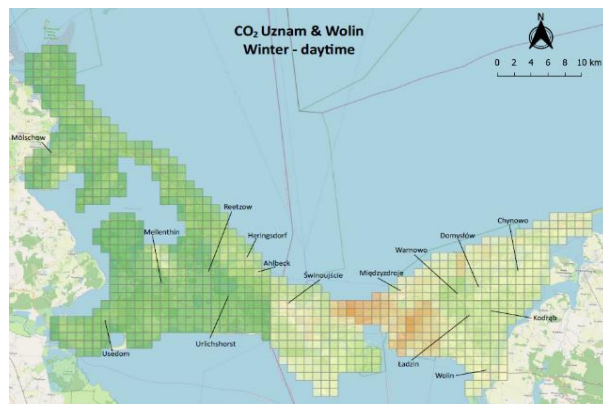
Ryc. 6. Zmiany średnich stężeń CO₂ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem



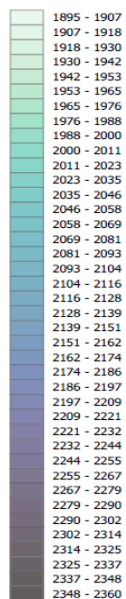
c)



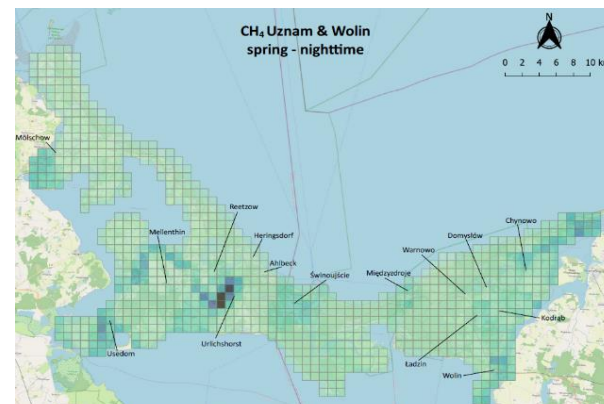
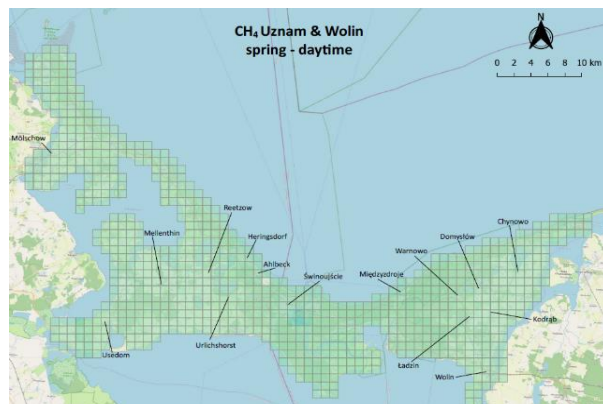
d)



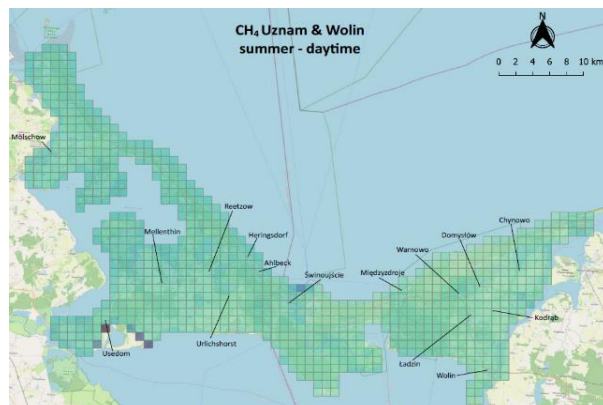
Ryc. 6. Zmiany średnich stężeń CO₂ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: c) jesienią, d) zimą (cd.)



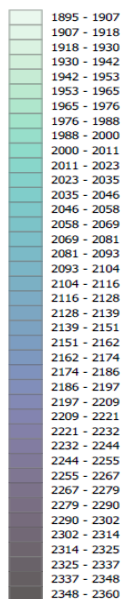
a)



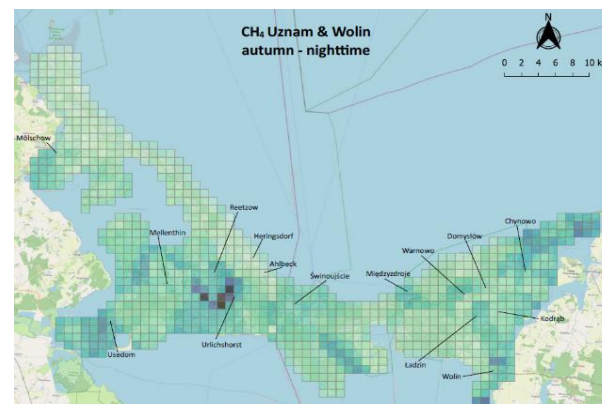
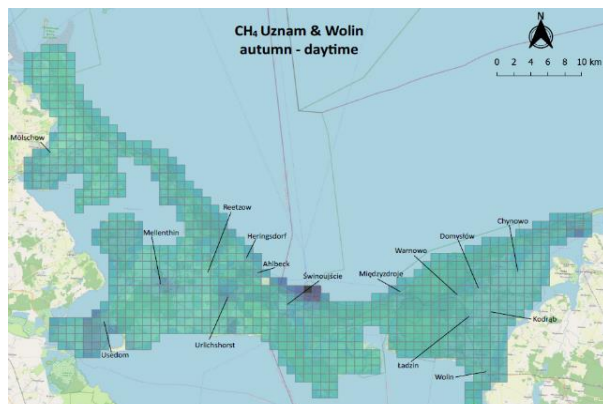
b)



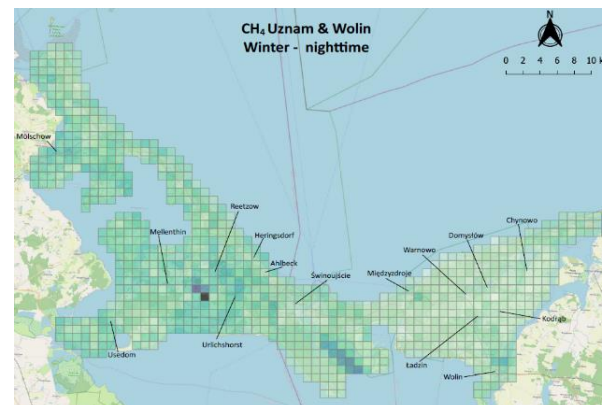
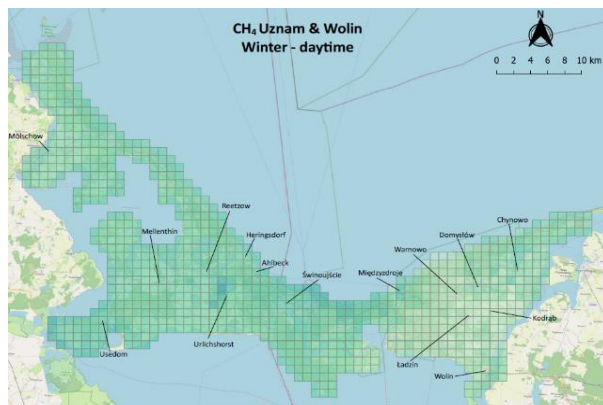
Ryc. 7. Zmiany średnich stężeń CH₄ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem



c)



d)

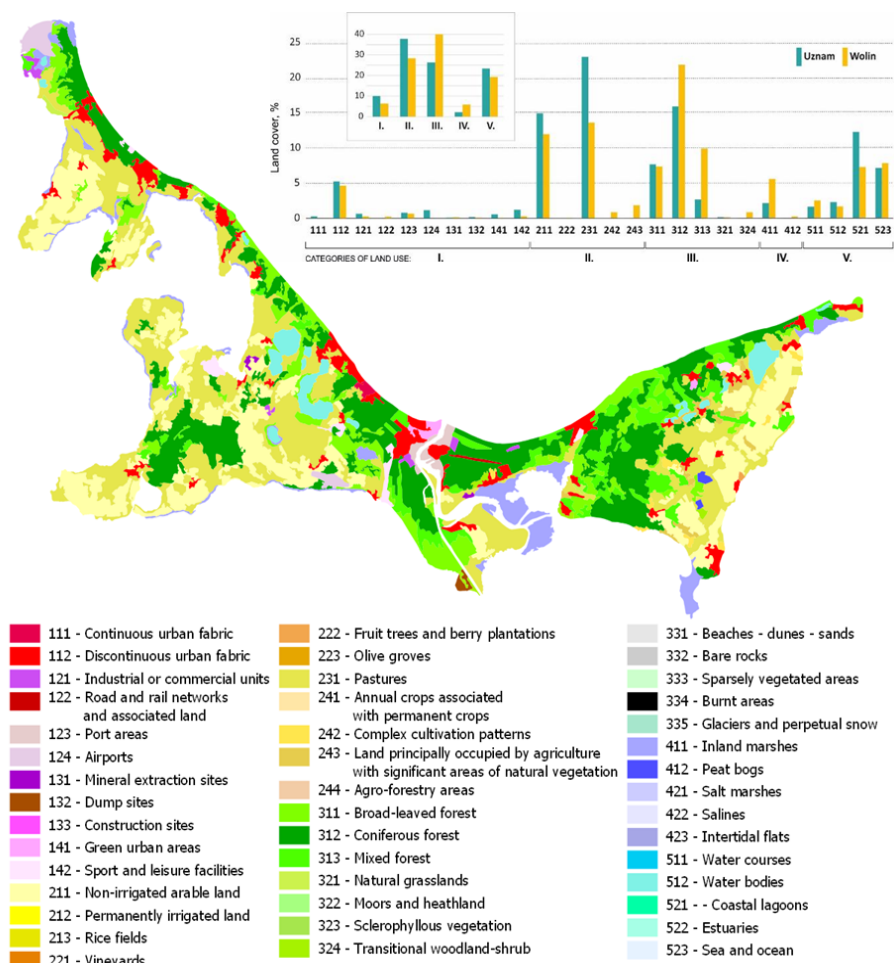


Ryc. 7. Zmiany średnich stężeń CH₄ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: c) jesienią, d) zimą (cd.)

Użytkowanie terenu a zmienność stężeń CO₂ i CH₄ na wyspach Uznam i Wolin

W pomiarach gazów cieplarnianych równie istotne jak monitorowanie zmienności czasowej stężenia w atmosferze jest badanie ich zmienności przestrzennej, pozwalające na porównanie ze sobą ich koncentracji. Zmienność przestrzenna stężeń gazów cieplarnianych uzależniona jest od wielkości powierzchni zajętej przez określone formy użytkowania terenu (ryc. 8). Szacuje się, że prawie jedna czwarta światowej emisji gazów cieplarnianych pochodzi z sektora AFOLU (*the agriculture, forestry and other land use*), czyli rolnictwa, leśnictwa i innych gruntów użytkowych. Przewiduje się także stały wzrost emisji z tych sektorów [9, 10]. Tereny podmokłe natomiast odpowiadają za ponad 30% globalnej emisji metanu CH₄ i jest to największe naturalne źródło CH₄ w środowisku [11]. Tak duży wpływ sposobu użytkowania gruntów na stężenia gazów cieplarnianych sprawia, że podczas badań ich zmienności przestrzennej istotne stają się szczegółowe rozpoznanie użytkowania gruntów w danym regionie.

Udział poszczególnych form użytkowania terenu na wyspach Wolin i Uznam przedstawiono na rycinie 8. Na wyspie Uznam dominują (37%) tereny sklasyfikowane wg *Land Use Corine* jako tereny rolne (kategoria II) z przewagą łąk i pastwisk (23%) nad gruntami ornymi (14,5%). Lasy i ekosystemy naturalne zajmują natomiast 26% powierzchni wyspy Uznam, a obszary wodne – 23%. Obszary zabudowane stanowią jedynie 10% powierzchni wyspy, z czego połowa to zabudowa luźna. Na wyspie Wolin dominują lasy i ekosystemy naturalne (kategoria III, 40% powierzchni wyspy), z przewagą lasów iglastych (23%). Tereny rolne (kategoria II) zajmują tu 27%, z niewielką przewagą łąk i pastwisk (13%), a grunty orne – 12% powierzchni wyspy. Ekosystemy wodne zajmują 20% obszaru wyspy Wolin, są to głównie laguny i jeziora. Zabudowa Wolina zajmuje 6%, z czego większość występuje w postaci luźnej zabudowy miejskiej (4,5%). Na terenie wysp potencjalna roślinność naturalna zdominowana jest przez nadmorskie bory sosnowe wraz z acydofilnymi pomorskimi lasami bukowo-dębowymi, uzupełnione mozaiką kontynentalnych borów mieszanych sosnowo-dębowych i grądów subatlantyckich. Do najcenniejszych siedlisk leśnych na tych terenach należą żyzne buczyny niżowe z licznymi starodrzewami, porastające wysoczyzny wyspy Wolin. W delcie Świny obejmującej liczne naturalne odnogi rzeki oraz bagniste wysepki, a także w dolinach cieków i nieckach, wykształciły się niżowe łągi jesionowo-olszowe i olsy środkowo-europejskie oraz cenne i rzadkie subatlantyckie brzeziny bagienne.



Ryc. 8. Udział kategorii użytkowania terenu wg *Corine Land Cover* na wyspach Uznam i Wolin: I. Tereny antropogeniczne, II. Tereny rolne, III. Lasy i ekosystemy naturalne, IV. Obszary podmokłe, V. Obszary wodne

Na terenach zmienionych antropogenicznie (I kategoria CLC) największe korelacje z CO₂ odnotowano dla obszarów portowych (CLC = 123) i lotnisk (CLC = 124), węzłów komunikacyjnych i miejscowości o luźnej, zwykle niskiej zabudowie (112). Dwutlenek węgla wykazywał istotną statystycznie, aczkolwiek ujemną, korelację względem powierzchni zajętej przez grunty orne (211) oraz łąki i pastwiska (231). Złożone systemy upraw i działek (242) oraz tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem terenów naturalnych (243) wykazały związek statystycznie istotny z CO₂. Najwyższe stężenia dwutlenku węgla

utrzymywały się nad łąkami i pastwiskami podczas nocy wiosennych (434–438 ppm CO₂) i zimowych (434–444 ppm CO₂). Przy czym wzrost stężeń CO₂ zimą na nizinnych obszarach użytków zielonych należy wiązać raczej z wysoką emisją tego gazu ze źródeł antropogenicznych i tendencją do zalegania przy powierzchni w obniżeniach terenu.

Największe zróżnicowanie przestrzenne wielkości stężeń CH₄ w powietrzu stwierdzono latem na obu wyspach. W okresie tym rozkład przestrzenny stężeń CH₄ różnił się jednak względem zimy i wiosny, podczas których wysokie stężenia występowały w rejonie miejscowości oraz węzłów i tras komunikacyjnych. Latem wysokie stężenia CH₄ występowały na obszarach mokradłowych, odwadnianych rowami, o wysokiej produkcji biomasy, o organicznym i uwodnionym podłożu bogatym w węgiel.

Pomiary stężeń dwutlenku węgla i metanu w obrębie obiektów emisji

Należy również pamiętać, że poza wielko emisyjnymi źródłami gazów cieplarnianych występują również obiekty rozproszone, takie jak: indywidualne ogrzewanie lokali mieszkalnych, transport indywidualny czy oczyszczanie ścieków i składowanie odpadów komunalnych.

Przeprowadzone pomiary wykazały duże zróżnicowanie zarejestrowanych stężeń metanu w obrębie badanych obiektów. Wartości minimalne przedstawione w tabeli 2 reprezentują poziomy tła, które notowano podczas pomiarów głównie na obrzeżach obiektów, po stronie nawietrznej. Najwyższe średnie 10-sekundowe stężenia były wielokrotnie większe od poziomu tła – przekraczały 5500 ppb i występowały w początkowych strefach ciągów technologicznych oczyszczalni ścieków – w sąsiedztwie komór krat i osadników wstępnych (ryc. 9). Podwyższone wartości stwierdzono również w innych miejscach oczyszczalni – przy komorach osadu czynnego i osadnikach wtórnych. Największe chwilowe stężenia przekraczały nawet 10 000 ppb; stwierdzono je na terenie oczyszczalni w Świnoujściu w pomiarach jesiennych oraz oczyszczalni w Międzyzdrojach w pomiarze wiosennym. Wysokie stężenia zanotowano również w obrębie stacji przeładunkowej odpadów komunalnych w Świnoujściu-Ognicy, w obrębie części, gdzie czasowo składowane były świeże odpady, jak również pomiędzy nieczynnymi kwaterami w południowej części obiektu. Wokół zrehabilitowanej kwatery w części wschodniej obiektu, jak również w miejscu składowania odpadów wielkogabarytowych, utrzymywały się niskie stężenia metanu.

Tab. 2. Stężenia CO_2 i CH_4 w powietrzu na terenie badanych obiektów

Lokalizacja obiektu	m-c	Stężenia CH_4 [ppb]			Stężenia CO_2 [ppm]		
		średnia	min.	max.	średnia	min.	max.
OŚ Świnoujście	V	2084	2012	3593	426,2	421,8	467,1
	X	2348	2025	5553	407	393,5	680,6
OŚ Międzyzdroje	V	2215	2011	4476	423,9	415,4	545,3
	X	2411	2018	3981	406,6	396	470,3
OŚ Międzywodzie	V	2034	1987	2504	414,5	409,7	468,5
	X	2106	2021	2756	413,1	406,5	445,9
OŚ Wolin	V	2238	2003	6280	413,3	407,3	429,1
	X	2063	2008	2382	409,1	405,2	417
Stacja przeładunkowa Ognica	V	2335	2016	6640	418,9	416,1	434,4
	X	2184	2019	2851	412,5	409,5	417,6



Ryc. 9. Zmiana stężenia CH_4 w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków w Międzywodzie wzdłuż trasy pomiarowej na tle zdjęcia satelitarnego (Google Earth Pro)

Znacznie mniejsze zróżnicowanie koncentracji dotyczyło dwutlenku węgla. W przypadku tego gazu nie stwierdzono tak jednoznacznie miejsc emisji, jak to miało miejsce w odniesieniu do metanu. Podwyższone stężenia CO₂ notowano w różnych częściach obiektów, jednak różnica pomiędzy stwierdzonymi wartościami a poziomem tła nie przekraczała 30%, co może wskazywać, że zarówno oczyszczalnie ścieków, jak i stacja przeładunkowa odpadów komunalnych nie są znaczącymi źródłami emisji tego gazu. Podwyższone stężenia CO₂ stwierdzono dodatkowo na tych obiektach w okolicach ciągów transportowych, co mogło być efektem emisji z pojazdów przemieszczających się po terenie obiektów.

Prowadzone pomiary obszarowe wskazują, że emisje metanu z monitorowanych obiektów są szybko rozpraszane w atmosferze. W sąsiedztwie oczyszczalni ścieków rejestrowano jednak okresowo podwyższone koncentracje CH₄ w atmosferze, uzależnione od kierunku i prędkości wiatru, co jest widoczne na mapach obszarowych uzyskanych na podstawie pomiarów mobilnych wzdłuż dróg przebiegających w sąsiedztwie analizowanych obiektów. Wyraźnie podwyższona koncentracja dotyczyła jedynie obszarów bezpośrednio sąsiadujących z obiektami emisji. Z punktu widzenia sytuacji w obrębie całego obszaru badań były to jednak zmiany nieznaczne.

Bibliografia

1. Denman K.L., Brasseur G., Chidthaisong A., Ciais P., Cox P.M., Dickinson R.E., Hauglustaine D., Heinze C., Holland E., Jacob D., Lohmann U., Ramachandran S., da Silva Dias P.L., Wofsy S.C., Zhang X., Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry, [w:] Solomon S., Qin D., Manning M. (eds.), *Climate Change 2007: The Physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge 2007, 499–588.
2. Jose V.S., Sejian V., Bagath M., Ratnakaran A.P., Lees A.M., Al-Hosni Y.A., Sullivan M., Bhatta R., Gaughan J.B., Modeling of greenhouse gas emission from livestock, „Frontiers in Environmental Science”, 2016, 4, 27.
3. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020, „WMO Greenhouse Gas Bulletin”, 2021, 17, https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21975#.YqzGIHwUE (dostęp: 23.03.2022).
4. Quaghebeur M., Nielsen P., Horckmans L., Mechelen D.V., Accelerated carbonation of steel slag compacts: development of high-strength construction materials, „Frontiers in Energy Research”, 2015, 3, 52.
5. Tylkowski J., Hydrometeorologiczne uwarunkowania erozji wybrzeża klifowego wyspy Wolin, „Przegląd Geograficzny”, 2018, 90 (1), 111–135.

6. Walczewski J., Bonior Z., Dębicka K., Druzgała P., Feleksy-Bielak M., Godłowska J., Orkisz K., Rozwoda W., Śliwińska U., Tomaszewska A.M., Meteorologia i pomiary napływu zanieczyszczeń powietrza w 1997 roku. Raport o stanie zanieczyszczenia powietrza w Krakowie w roku 1997.
7. https://gml.noaa.gov/aftp/products/trends/co2/co2_weekly_mlo_lastyear.txt, (dostęp: 23.03.2022).
8. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> (dostęp 23.03.2022).
9. Pradhan B.B., Chaichaloempreecha A., Limmeechokchai B., GHG mitigation in Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector in Thailand, „Carbon Balance Manage”, 2019, 14, 3.
10. Smith P., Bustamante M., Ahammad H., Clark H., Dong H., Elsiddig E.A., Haberl H., Harper R., House J., Jafari M., Masera O., Mbow C., Ravindranath N.H., Rice C.W., Abad C.R., Romanovskaya A., Sperling F., Tubiello F.N. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU), [w:] Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y. (eds.), Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge–New York, 2014, 811–922.
11. Xu J., Lai D.Y., Neogi S., Effects of land use types on CH₄ and CO₂ production potentials in subtropical wetland soils, „Water”, 2020, 12(7), 1856.

Czasowo-przestrzenna zmienności stężeń cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Wojciech Tuchowski, Marek Kurnatowski, Piotr Nikończuk,
Beata Tryba, Bartosz Bogusławski, Tomasz Olechwir¹,
Aleksandra Łacwik, Justyna Strzyżewska², Jacek Przepiórski,
Karolina Kurtz-Orecka

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; ¹ Uniwersytet Szczeciński

² Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie

Wstęp

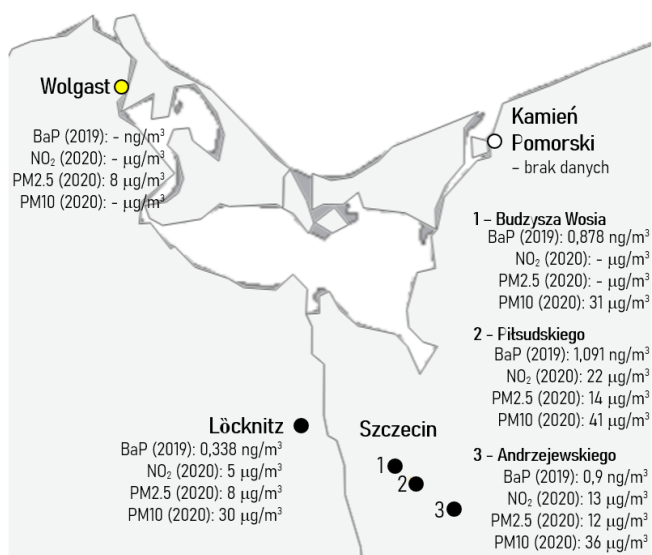
Istniejące dane dotyczące jakości powietrza ze stacji pomiarowych najbliższych ulokowanych względem obszaru wysp Uznam i Wolin nie mogą stanowić podstawy do wnioskowania o warunkach panujących na wyspach. Główne stacje monitoringu (zlokalizowane w Löcknitz i Szczecinie) oddalone są od terenu wysp o kilkadziesiąt kilometrów (ryc. 1). Dane ze stacji monitoringu Wolgast są niekompletne, a ze stacji Kamień Pomorski nie są udostępniane.

Sprzęt pomiarowy zamontowany był na pokładzie samochodu w sposób ograniczający zakłócenia drogowe (komunikacyjne). Każdy pomiar został zarejestrowany z uwzględnieniem danych georeferencyjnych (długość i szerokość geograficzna), co umożliwiło dalsze analizy i obróbkę graficzną danych (GIS). Wstępne rozpoznanie jakości powietrza na obszarze wysp Uznam i Wolin, obejmujące chwilowy pomiar stężenia cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ emitowanych na terenie wysp ze źródeł antropogenicznych i naturalnych, wykonano w czterech charakterystycznych sezonach: wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym, w dwóch porach: dziennej i nocnej (ryc. 2 i 3). Serie pomiarowe przeprowadzono w okresach:

- wiosna 2021 r., w dniach 29 kwietnia, 5 maja oraz 7–9 maja,
- lato 2021 r., w dniach 5–6 czerwca,
- jesień 2021 r., w dniach 14–17 października,
- zima 2022 r., w dniach 5 i 7 lutego.

Dane terenowe, łącznie 32 serie, zbierano w cyklach przejazdów przed zmrokiem i po zmroku w wymienionych porach roku.

Pomiary stężenia cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ wykonano z wykorzystaniem multirejestratora cząstek stałych – mobilnego miernika jakości powietrza, APFinder SN APF202102 (ryc. 2).



Ryc. 1. Średnie roczne stężenie BaP, NO₂, PM_{2.5} oraz PM₁₀ w 2019 i 2020 r. w najbliższych względem obszaru MoRE stacjach monitoringu, na podstawie [1]



Ryc. 2. Rejestrator cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀

Analiza surowych danych

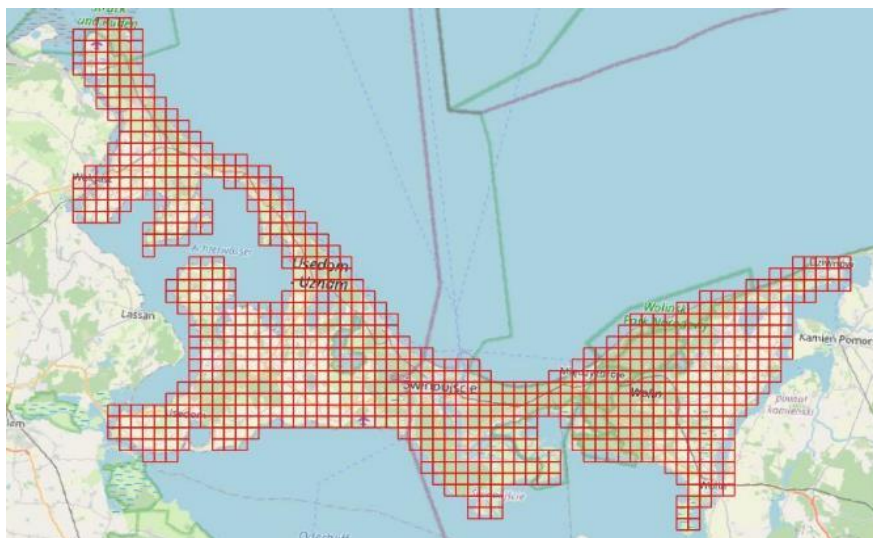
Dane pomiarowe z rejestratora zawartości cząstek stałych w powietrzu zawierają informację o lokalizacji punktów w układzie WGS 84 (współrzędne elipsoidalne B, L) oraz wartości stężeń pyłów zawieszonych PM₁₀ oraz PM_{2.5} dla tychże współrzędnych. Czujnik pyłów wykonuje próbkowanie w odstępach 30-sekundowych. Z uwagi na fakt, że czujnik poruszał się wraz z pojazdem po drogach, punkty pomiarowe układają się w ciągi liniowe pokrywające się z układem drogowym. Ten sposób pomiaru bardzo dobrze obrazuje stężenie pyłów wzdłuż linii komunikacyjnych.

Do prezentacji wyników pomiarów zastosowano wybrane metody obiektywnego szacowania, m.in.:

- matematyczne oraz geostatystyczne metody obliczania stężeń na podstawie wartości uzyskiwanych z pomiarów w innych miejscach lub w innym czasie, wykorzystujące wiedzę na temat rozkładów stężeń i emisji na danym obszarze,
- zastosowanie analogii do wielkości stężeń pomierzonych na innym obszarze,
- zastosowanie analogii do wielkości stężeń pomierzonych na danym obszarze w innym okresie.

Metody te wykorzystano jako uzupełniające. Za ich pomocą określono nie tylko przestrzenny rozkład poziomu stężenia pyłów zawieszonych PM_{2.5} oraz PM₁₀, ale również wskazano obszary przekroczeń wartości kryterialnych/krytycznych.

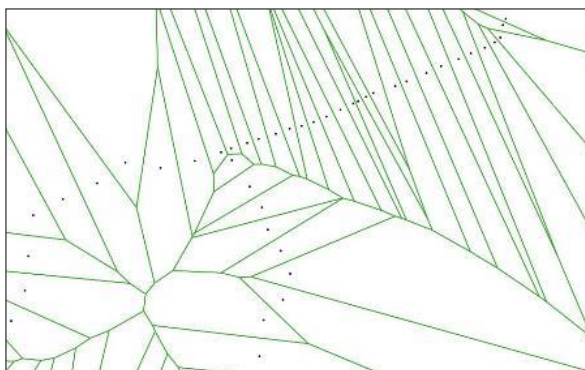
Aby przedstawić liniowe dane pomiarowe w postaci wartości stężeń dla pewnych obszarów, zdecydowano się przekształcić punkty pomiarowe w poligony Voronoja. Metoda ta polega na podziale płaszczyzny na obszary wokół punktów pomiarowych w taki sposób, aby każdy punkt w danym obszarze przypisany do punktu pomiarowego był położony bliżej tego punktu niż jakiegokolwiek innego punktu pomiarowego ze zbioru danych. Opracowanie podziału płaszczyzny oraz map zanieczyszczeń wykonano w programie QGIS. Każdy obszar otrzymał wartość stężenia pyłów właściwą dla danego punktu pomiarowego. Metoda ta jest tym dokładniejsza, im linie pomiarowe są gęściej prowadzone. W przypadku dużych odległości między trasami przejazdu wartości stężeń były ekstrapolowane dla znacznych obszarów, co obniżało prawdopodobieństwo wyliczenia prawdziwych wartości stężeń. Obszar badawczy wysp został podzielony na poligony o boku 1 x 1 km (1 km²). Następnie z sieci poligonów do dalszych analiz wybrano 1800 poligonów pokrywających swoim zasięgiem przedmiotowy teren (ryc. 3), którym przyporządkowano jedną uśrednioną wartość stężenia gazów lub pyłów.



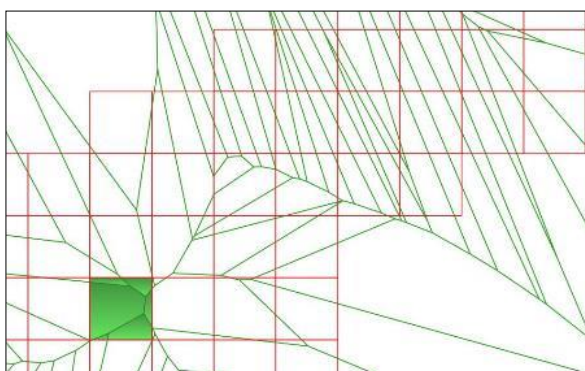
Ryc. 3. Sieć poligonów badawczych na wyspach Uznam i Wolin

Na mapach zanieczyszczeń poszczególne kwadraty siatki zostały zaznaczone kolorem charakterystycznym dla danego przedziału wartości stężeń. Aby uzyskać wartości stężeń dla kwadratów siatki, każdorazowo obliczono średnią ważoną ze wszystkich fragmentów poligonów Voronoja (ryc. 4) składających się na dany kwadrat. Na poligony Voronoja nałożono przyjętą siatkę pól (1×1 km) i obie warstwy scalono (ryc. 5). Zastosowaną wagą była powierzchnia każdego fragmentu każdego z poligonów składających się na powierzchnię danego kwadratu. Sumą wag był 1 km^2 , wartościami do średniej ważonej były wartości stężenia cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ przypisane do danego poligonu. Zastosowana metoda to najlepszy sposób konwertowania danych punktowych na dane powierzchniowe, jednak przy końcach linii pomiarowych wartości z ostatnich punktów w linii mocno rzutują na wartości kwadratów położonych poza linią, ponieważ wartości tych ostatnich punktów wnoszą największe wagi dla kwadratów, w których nie występuje żaden punkt pomiarowy.

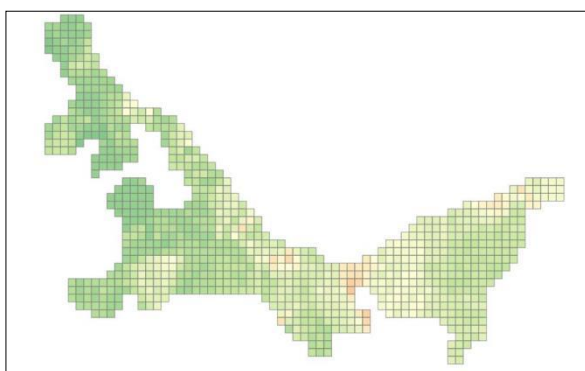
Poszczególnym polom przypisano wartości pomierzonych zanieczyszczeń z poligonów Voronoja, wykorzystując średnią ważoną, gdzie wagą było pole powierzchni dla danej wartości. Wartości te posłużyły do utworzenia warstwy poligonowej przedstawiającej wygenerowaną wcześniej siatkę kwadratów z przypisanymi im wartościami średniej ważonej, co zobrazowano w postaci map (ryc. 6). Kartogramy tego typu stworzono dla wszystkich dni objętych pomiarami, a na ich podstawie wykonano mapy obrazujące średnie wartości dla sezonów oraz zbiorczą mapę dla roku.



Ryc. 4. Poligony Voronoja



Ryc. 5. Scalona warstwa poligonów Voronoja i sieci pól 1 x 1 km



Ryc. 6. Przykład zmienności wartości wskaźnika w sieci kwadratów 1 x 1 km

Dodatkowo wykonano wykresy liniowe (ryc. 9–22) obrazujące rozkład stężeń wzdłuż dróg, którymi poruszała się aparatura badawcza. Oś pozioma prezentuje odległości między punktami pomiarowymi, obliczone ze współrzędnych. Wykresy zostały zaprezentowane dla wybranych tras między miejscowościami. Na każdym wykresie zaznaczono poziom dopuszczalnych stężeń dobowych wg wytycznych WHO z września 2021 r. ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM_{2.5} i $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w przypadku pyłu zawieszonego PM₁₀).

Wyniki pomiarów stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} i PM₁₀

Warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu atmosferycznym kształtowane są oddziaływaniem czasowo-przestrzennym panujących warunków meteorologicznych, opisanym w skalach od wewnętrznej do globalnej (tab. 1). Najczęściej w warunkach pomiaru stężenia pyłów obserwuje się koncentrację będącą skutkiem oddziaływania lokalnego i regionalnego.

Badanie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} i PM₁₀ w powietrzu prowadzone było w czterech okresach, tj. wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym, osobno w czasie dnia i nocy. Z powodu awarii sprzętu, niedającej się wykryć podczas prowadzenia badań, serie obserwacji jesiennej wykonane nocą nie zostały prawidłowo zarejestrowane. Z uwagi na przyjętą metodykę prowadzenia pomiaru rejestrowane stężenie cząstek zawieszonych PM_{2.5} i PM₁₀ stanowi wypadkową z emisji punktowej, powierzchniowej i liniowej, charakterystycznej dla danej lokalizacji.

Tab. 1. Przestrzenna i czasowa skala rozprzestrzeniania zanieczyszczeń [2]

Zasięg oddziaływania	Skala pozioma [km]	Skala pionowa [km]	Skala czasowa	Skala problemu
Wewnętrzny	10^{-2} – 10^{-1}	do 10^{-1}	minuty–godzina	działalność usługowo-bytowa
Lokalny	10^{-1} –10	do 3	minuty–godzina	miasto/kraj
Miejski	10 – 10^2	do 3	godzina–kilka dni	miasto/kraj
Regionalny	10^2 – 10^3	do 15	godziny–miesiąc	region/kraj
Kontynentalny	10^3 – 10^4	do 30	kilka dni–miesiące	kraj/świat
Hemisfera	10^4 – $2 \cdot 10^4$	do 50	miesiąc–rok	świat
Globalny	$4 \cdot 10^4$	do 50	miesiące–lata	świat

Na rycinie 7 przedstawiono rozkład stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} dla pomiaru dziennego i nocnego w czterech kampaniach pomiarowych. Przyjęta skala obejmuje stężenie PM_{2.5} od 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do wartości przekraczającej 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, w podziale na osiem zakresów. Przyjęta wartość graniczna 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jest rekomendowaną przez WHO (od 2021 r.) dobową wartością graniczną stężenia PM_{2.5}. Z uwagi na ograniczenia pomiarowe (brak możliwości realizacji pomiarów całodobowych) należy zwrócić uwagę, że wartości prezentowane na mapach zanieczyszczeń są wartościami chwilowymi, obrazującymi koncentrację źródeł zanieczyszczeń oraz tendencję ich rozkładu. Pomimo przyjęcia podziałki stężenia w odniesieniu do dobowej wartości granicznej (WHO) nie pozwalają w pełni na jednoznaczne określenie stanu jakości powietrza na przedmiotowym terenie.

W okresie wiosennym (ryc. 7a) wyraźnie widoczne jest zróżnicowanie stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} na obszarze MoRE. Zmienność powierzchniowa stężenia zanieczyszczenia nie przebiega w obrębie granic wysp, ale raczej dość wyraźnie obejmuje podział terytorialny obszaru projektu. Wyraźnie stężenie cząstek stałych PM_{2.5} w powietrzu po stronie niemieckiej jest znacznie korzystniejsze (niższe) w porównaniu z analizowanym obszarem po stronie polskiej. Pomierzone stężenie pyłu zawieszonego PM_{2.5} na przeważającej części wyspy Uznam (strona niemiecka) zamyka się w zakresie 0–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Po stronie polskiej wyspy Uznam oraz na Karsiborze odnotowano zróżnicowanie stężenia cząstek stałych PM_{2.5} w powietrzu ze wzrostem wartości w przedziale 4,5–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Chwilowe stężenie pyłu zawieszonego na wyspie Wolin opisane jest wszystkimi przedziałami wartości przyjętej podziałki, wraz z przekroczeniem rekomendowanej granicznej maksymalnej wartości dobowego stężenia PM_{2.5}, co odnotowano w okolicach Warnowa.

W odróżnieniu od okresu dziennego pomiary nocne wykonane w okresie wiosennym na terenie wysp ujawniły zwiększenie emisji po niemieckiej stronie wyspy Uznam, z koncentracją w obrębie miejscowości Usedom, gdzie odnotowano najwyższy poziom stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} w zakresie 9–15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wysokie stężenie cząstek stałych PM_{2.5} w powietrzu pomierzono również w miejscowościach Karnin, Zinnowitz, Krummin oraz Dargen.

Chwilowe stężenie na wyspie Wolin wiosną w porze nocnej kształtowało się na poziomie 0–4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W okresie letnim (ryc. 7b) obraz stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} na terenie całego obszaru jest znacznie bardziej zrównoważony. Przeważający zakres stężenia chwilowego zamyka się w granicach 0–6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i tylko lokalnie zwiększa się w zakresie 6–9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. W uzyskanych wynikach dla okresu letniego zwraca

uwagę zwiększona koncentracja PM_{2.5} w dwóch lokalizacjach na terenie wyspy Uznam w obrębie wybrzeża zatoki Achterwasser.

Pomierzony poziom stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} w okresie letnim nocą (ryc. 7b) wskazuje niskie wartości stężenia na wyspie Uznam, kształtujące się w zakresie 0–4,5 µg/m³. W odniesieniu do letniego dnia odnotowano spadek stężenia PM_{2.5} na wyspie.

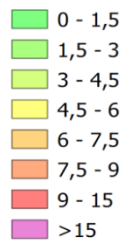
Na większości wyspy Wolin również w okresie letnim w nocy odnotowano spadek stężenia cząstek stałych PM_{2.5}. Wyjątek stanowi obszar pokrywający się z przebiegiem trasy S3 na odcinku Wolin–Międzyzdroje oraz Warszów (prawobrzeżna część Świnoujścia). Chwilowe stężenie pyłu zawieszonego PM_{2.5} na tym obszarze zarejestrowano w granicach 7,5–9 µg/m³.

W okresie jesiennym (ryc. 7c) cały obszar MoRE charakteryzuje się bardzo dobrą chwilową jakością powietrza. Stężenia pyłu zawieszonego przeważnie kształtowały się w zakresie 0–3 µg/m³, z lokalnymi obszarami zwiększonej emisji, nieprzekraczającej jednak 4,5 µg/m³.

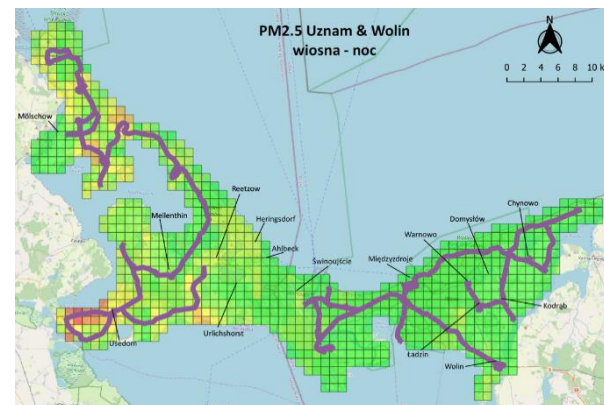
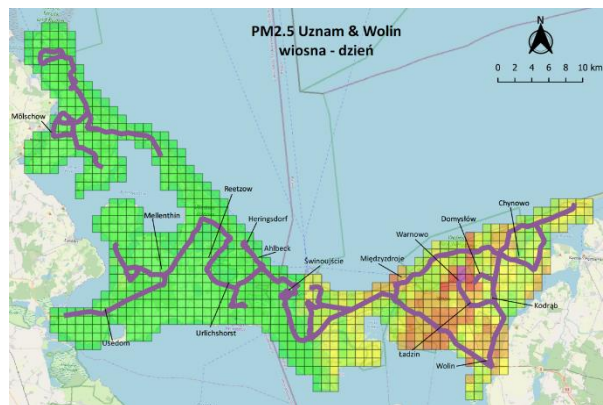
W pomiarze w okresie zimowym (ryc. 7d) chwilowe wartości stężenia pyłu zawieszonego PM_{2.5} w porze dziennej kształtowały się na podobnym poziomie jak w okresie jesiennym. Nieco zwiększone stężenie badanych cząstek stałych w okresie jesiennym odnotowano na terenie Świnoujścia.

W pomiarze zimowym w porze nocnej chwilowe wartości stężenia cząstek stałych PM_{2.5} kształtowały się na poziomie 0–3 µg/m³ na terenie obu wysp. Analizując wyniki zimowe, należy zwrócić uwagę na silne przewietrzenie regionu. Badania wykonano przy nieznacznej sile wiatru, jednak dobę po ustaniu wiatru o sile 6B w porywach do 8B. Przeprowadzenie kampanii zimowej utrudniały panujące warunki atmosferyczne z przechodzącymi frontami atmosferycznymi i niekorzystną długoterminową prognozą pogody. Pomierzone chwilowe stężenie pyłu zawieszonego PM_{2.5} w okresie zimowym mogło być wynikiem panujących przed badaniami warunków atmosferycznych, sprzyjających przemieszczaniu się zanieczyszczeń i tym samym „przewietrzeniu” analizowanego obszaru.

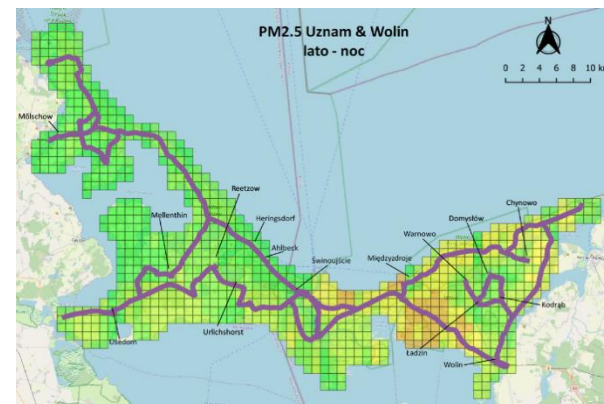
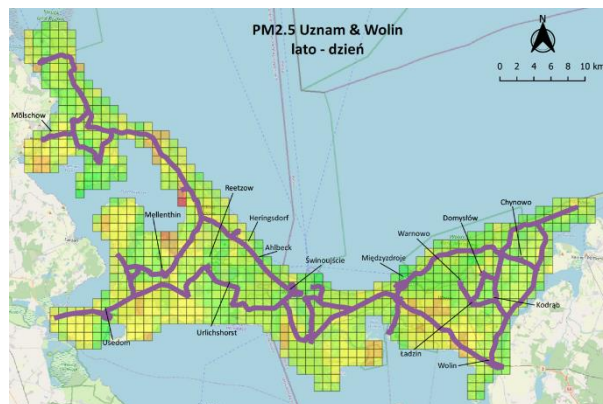
Na rycinie 8 przedstawiono rozkład stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ dla pomiaru dziennego i nocnego w czterech kampaniach pomiarowych. Przyjęta skala obejmuje stężenie cząstek PM₁₀ od 0 µg/m³ do wartości przekraczającej 45 µg/m³, w podziale na osiem zakresów. Przyjęta wartość graniczna 45 µg/m³ jest rekomendowaną przez WHO (od 2021 r.) dobową wartością graniczną stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀.



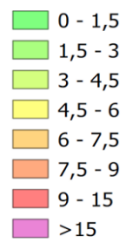
a)



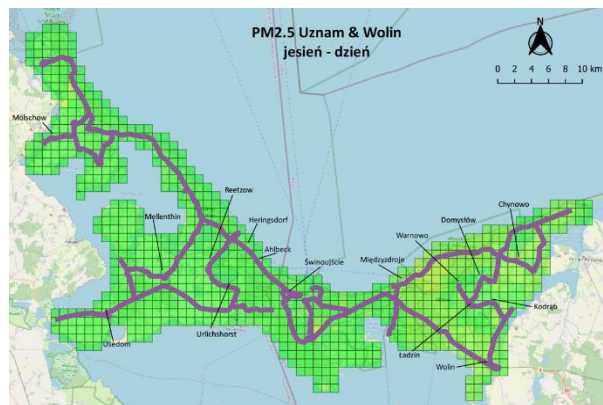
b)



Ryc. 7. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM2.5 w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem

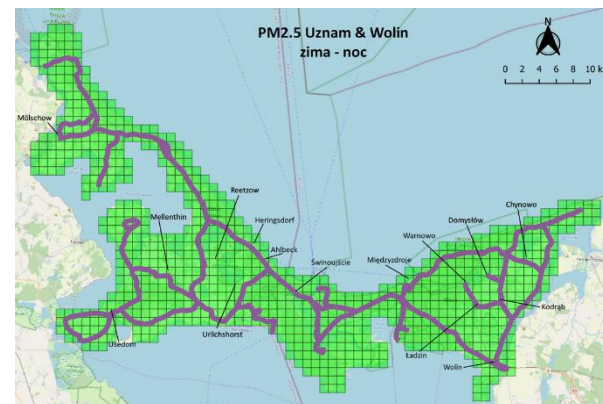


c)

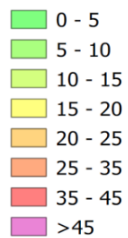


(brak danych pomiarowych)

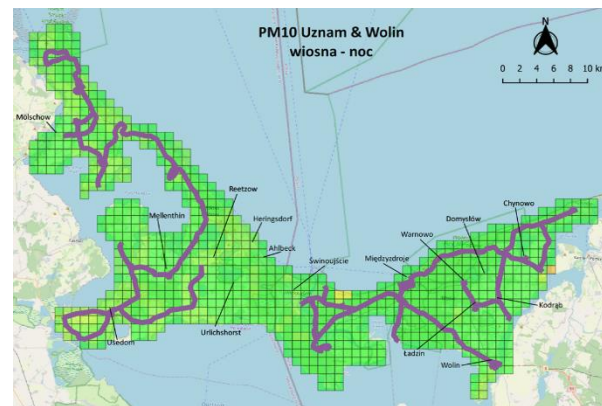
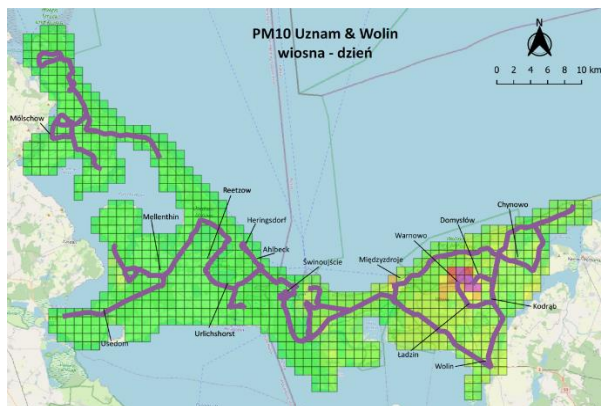
d)



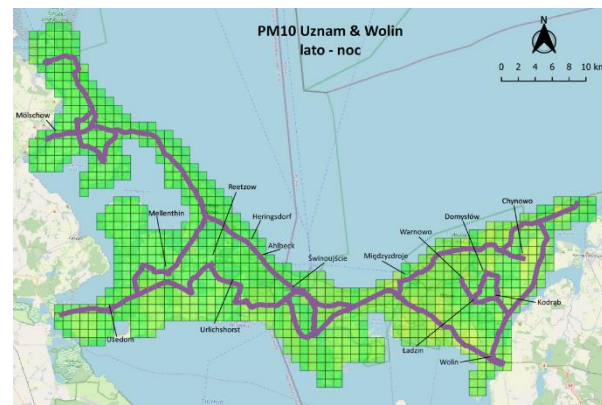
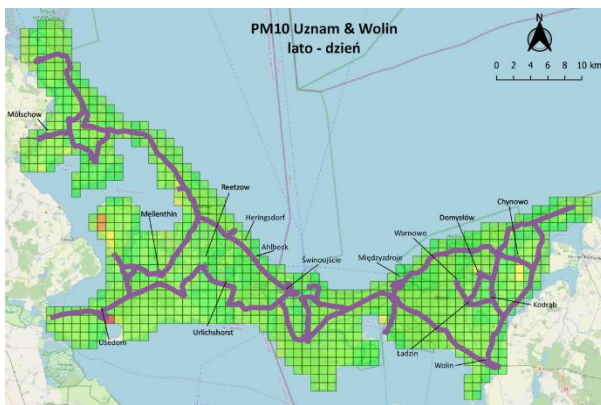
Ryc. 7. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM2.5 w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: c) jesienią, d) zimą (cd.)



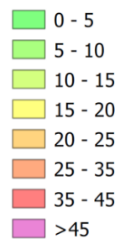
a)



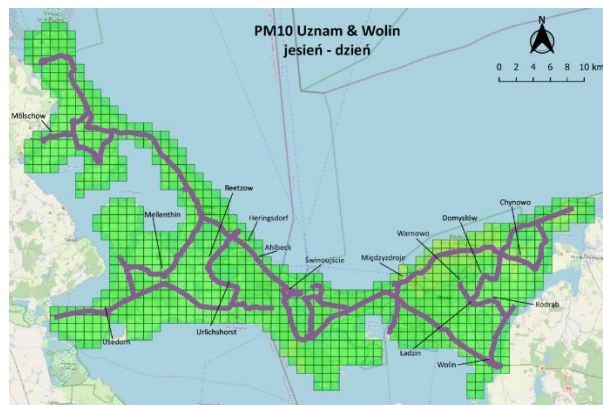
b)



Ryc. 8. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM10 w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem

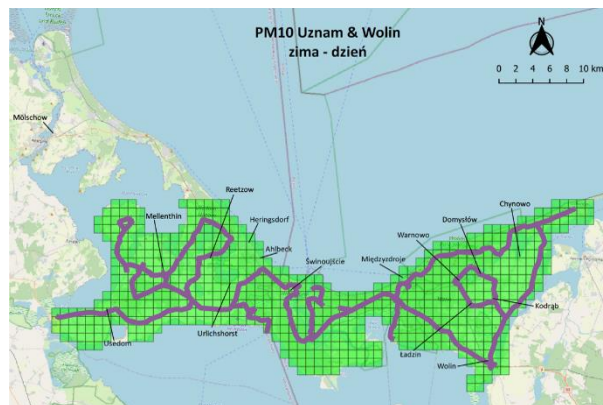


c)



(brak danych pomiarowych)

d)



Ryc. 8. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM10 w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: c) jesienią, d) zimą (cd.)

W okresie wiosennym (ryc. 8a) zróżnicowanie stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ na obszarze wysp Uznam i Wolin jest mniej wyraźne niż w przypadku stężenia PM_{2.5} w tym okresie. Na większości obszaru chwilowe stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ waha się w granicach 0–15 µg/m³. Wyraźna koncentracja pyłu zawieszonego PM₁₀ występuje w części centralnej wyspy Wolin, w okolicach miejscowości Warnowo i Do-mysłów, gdzie chwilowe stężenie przekracza graniczną dobową wartość stężenia PM₁₀ rekomendowaną przez WHO. Podwyższone stężenie PM₁₀ występuje również w okolicach Międzyzdrojów, jednak pomierzone wartości chwilowe stężenia cząstek stałych PM₁₀ zamykają się w granicy do 25 µg/m³.

W odróżnieniu od okresu dziennego pomiary nocne wykonane w okresie wiosennym dały niemal jednorodny obraz przestrzenny stężenia pyłu zawieszono-go PM₁₀ w powietrzu na terenie obu wysp. Lokalne zwiększenie stężenia od-notowano w okolicy na wschód od gazoportu (Świnoujście) oraz w okolicy Łu-nowa. Obie lokalizacje znajdują się na wyspie Wolin. Wyniki pomiarów chwiło-nych stężenia cząstek stałych PM₁₀ w okresie letnim (ryc. 8b) wskazują na ogra-niczoną ich emisję na terenie całego analizowanego obszaru. Stężenie pyłu zawie-szonego PM₁₀ w ciągu wiosennego dnia kształtowało się w granicach 0–15 µg/m³. Lokalnie podwyższone wartości zarejestrowano w okolicach Lubinia i Chynowa (wyspa Wolin) – stężenie w granicach 15–20 µg/m³. Na wyspie Uznam lokalnie podwyższenie stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ zarejestrowano w okolicach Üc-keritz – w przedziale 15–20 µg/m³, Rankwitz–Liepe w granicach 20–25 µg/m³ oraz najwyższe w okolicach miejscowości Usedom w zakresie granicznym z rekomen-dowana przez WHO dobową wartością graniczną, tj. 35–45 µg/m³.

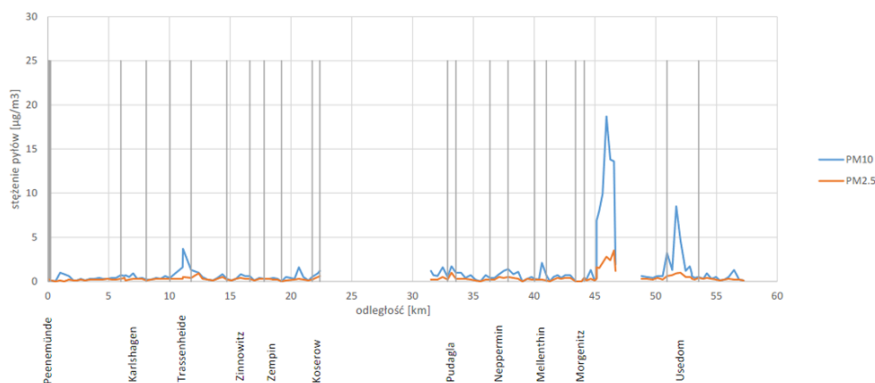
Obraz przestrzenny chwilowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w powie-trzu w okresie letnim w porze dnia na terenie wyspy Wolin wskazuje na dużą jedno-rodność stanu powietrza ocenianego w kontekście tego zanieczyszczenia. Stężenie chwilowe PM₁₀ kształtowało się na całym obszarze w granicach 0–10 µg/m³, z lo-kalnym podwyższeniem do 15 µg/m³ w pasie nadmorskim wyspy Wolin (teren Wo-lińskiego Parku Narodowego), co można wiązać z mniejszym przewietrzaniem trasy (droga na tym odcinku zamknięta jest w większości koronami drzew) pokrywającej się z drogą łączącą miejscowości nadmorskie oraz z natężeniem ruchu kołowego. Chwilowe stężenie zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM₁₀ w okresie letnim w nocy na terenie obu wysp kształtowało się podobnie jak w okresie wiosennym, dając niemal równomierny obraz przestrzenny stężenia na całym obszarze MoRE, ze stężeniem badanych cząstek zawieszonych PM₁₀ w granicach 0–15 µg/m³.

Rozkład chwilowego stężenia pyłu zawieszonego PM₁₀ w powietrzu w okresie zimowym w dzień (ryc. 8d) również wskazuje na dużą jednorodność

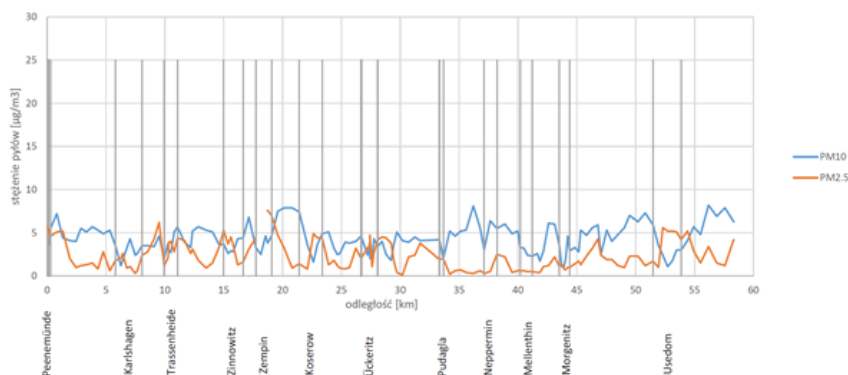
stanu. Stężenie chwilowe cząstek stałych PM10 kształtowało się na całym obszarze w granicach 0–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Chwilowe stężenie zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM10 w porze nocnej zimą na terenie obu wysp kształtowało się podobnie jak w okresie wiosennym, dając niemal równomierny obraz dla całego obszaru MoRE. Stężenie chwilowe kształtowało się na poziomie do 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na rycinach 9–22 przedstawiono przebieg zmian chwilowego stężenia pyłu zawieszonego PM2.5 oraz PM10 w powietrzu w rozwinięciach tras przejazdów w okresie dzień/noc w monitorowanych sezonach. Wybrane trasy objęły:

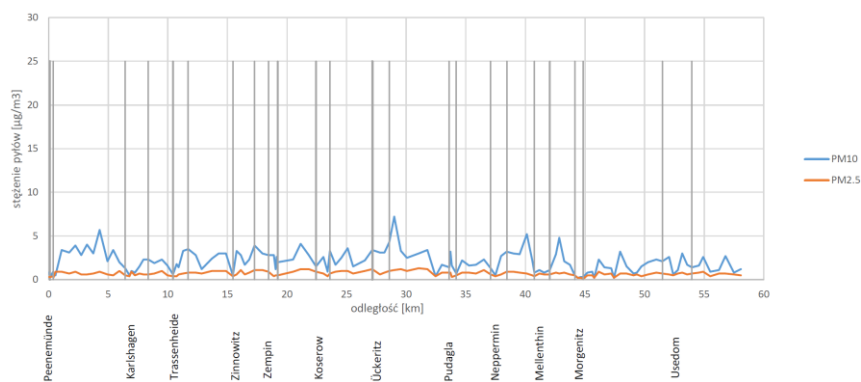
- na wyspie Uznam przejazdy: Peenemünde – Karlshagen – Trassenheide – Zinnowitz – Zemplin – Koserow – Pudagla – Neppermin – Mellenthin – Morgenitz – Usezom,
- na wyspie Wolin przejazdy: Świnoujście – Międzyzdroje – Wisetkę – Kołczewo – Międzywodzie – Dziwnów.



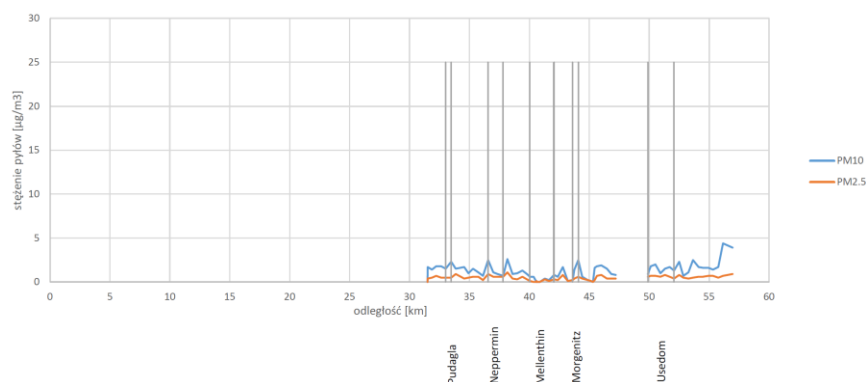
Ryc. 9. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Peenemünde–Usezom, wiosna – pomiar dzienny (2021 r.)



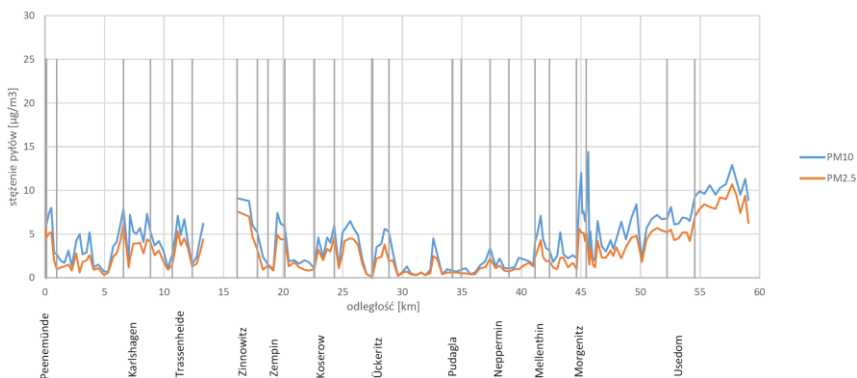
Ryc. 10. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Peenemünde–Usezom, lato – pomiar dzienny (2021 r.)



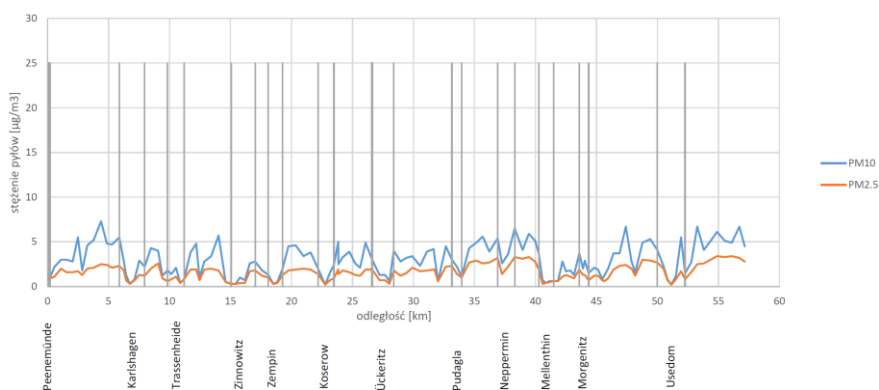
Ryc. 11. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Peenemünde–Usedom, jesień – pomiar dzienny (2021 r.)



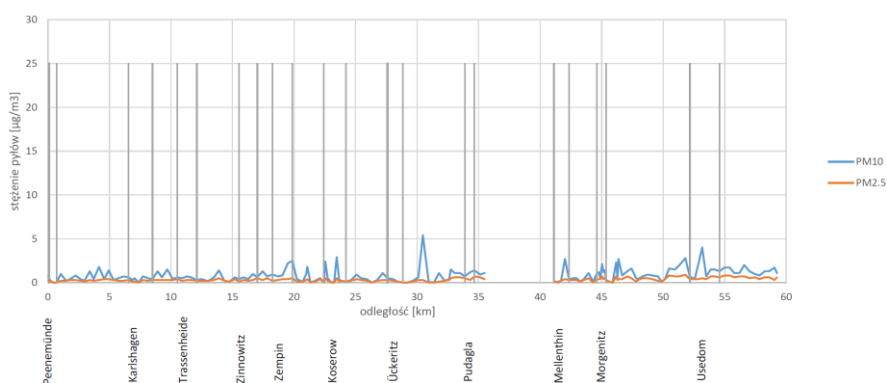
Ryc. 12. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Peenemünde–Usedom, zima – pomiar dzienny (2021 r.)



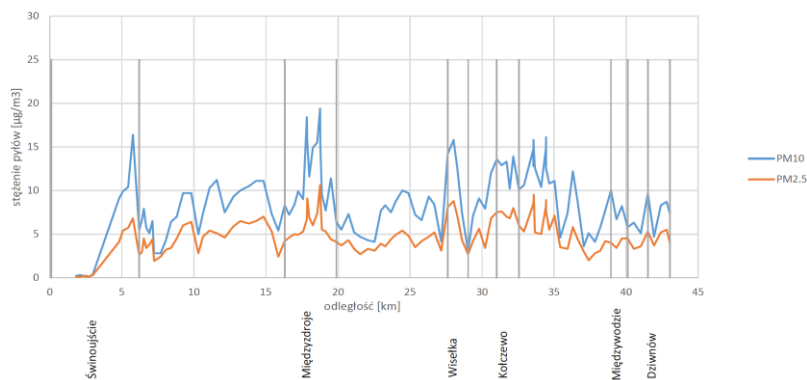
Ryc. 13. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Peenemünde–Usedom, wiosna – pomiar nocny (2021 r.)



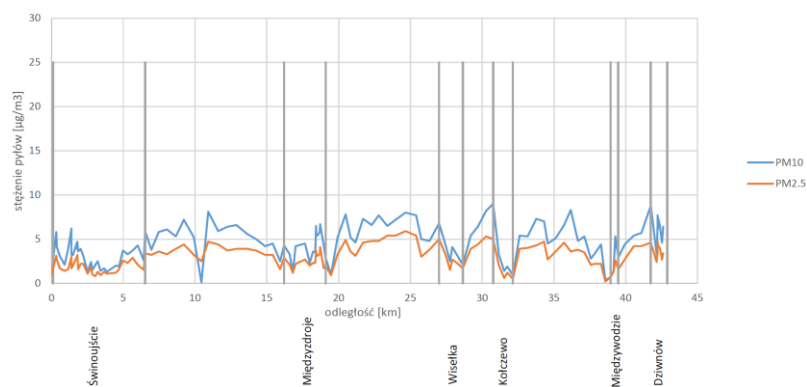
Ryc. 14. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, lato – pomiar nocny (2021 r.)



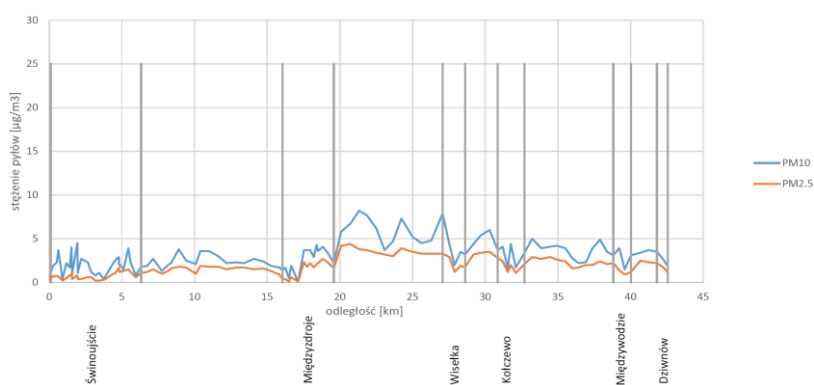
Ryc. 15. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, zima – pomiar nocny (2021 r.)



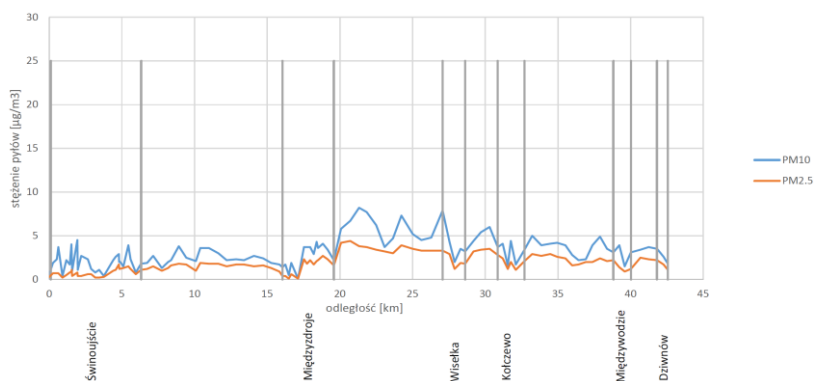
Ryc. 16. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, wiosna – pomiar dzienny (2021 r.)



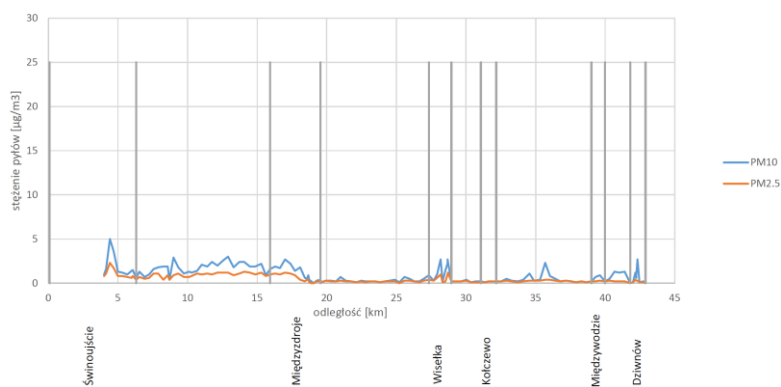
Ryc. 17. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Świnoujście–Dziwnów, lato – pomiar dzienny (2021 r.)



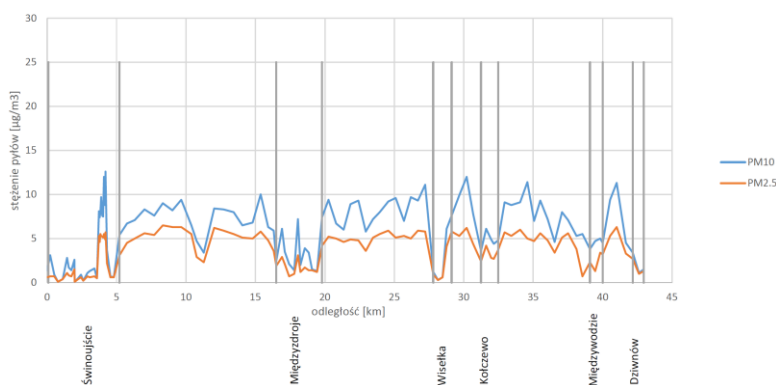
Ryc. 18. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Świnoujście–Dziwnów, jesień – pomiar dzienny (2021 r.)



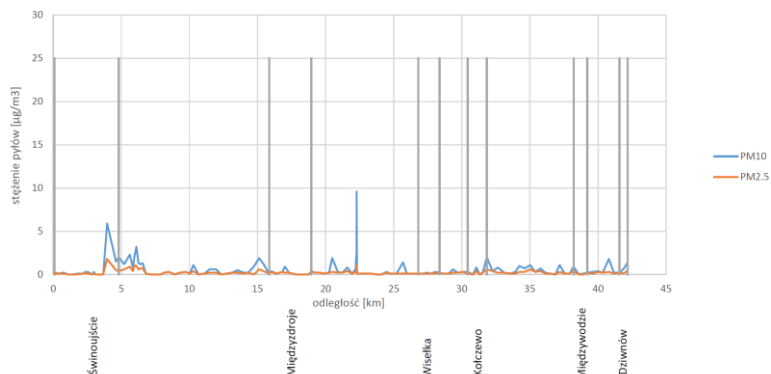
Ryc. 19. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM2.5 i PM10 na trasie Świnoujście–Dziwnów, zima – pomiar dzienny (2021 r.)



Ryc. 20. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, wiosna – pomiar nocny (2021 r.)



Ryc. 21. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, lato – pomiar nocny (2021 r.)



Ryc. 22. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, zima – pomiar nocny (2021 r.)

Podsumowanie

Na obszarach zurbanizowanych wpływ temperatury powietrza na wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych ma podłoże socjalno-bytowe oraz gospodarcze. Wraz ze spadkiem temperatury zwiększa się emisja pyłów do atmosfery wskutek intensywnego ogrzewania lokali mieszkalnych, a także zwiększania się energochłonności procesów przemysłowych. Drugi obszar oddziaływania temperatury powietrza związany jest z kształtowaniem się warunków równowagi termiczno-dynamicznej w warstwach atmosfery. W przypadku pogody niżowej emisje antropogeniczne są mniejsze niż podczas pogody wyżowej. Wzrasta jednak wpływ wtórnego, naturalnego i pochodzenia antropogenicznego pylenia powierzchni podłoża.

Wyspy Uznam i Wolin pozostają pod wpływem klimatycznym Bałtyku i Zalewu Szczecińskiego. Jest to obszar o dużym usłonecznieniu, stosunkowo ciepły, o mniejszej niż w regionach sąsiednich rocznej sumie opadów, charakteryzujący się występowaniem intensywnych wiatrów. Charakterystyka ta wpływa na kształtowanie się jakości powietrza na przedmiotowym terenie.

Przeprowadzone w latach 2021–2022 rozpoznanie stanu jakości powietrza w zakresie stężenia cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ dało wstępny obraz charakterystyki zanieczyszczeń powietrza na obszarze MoRE, na który składają się źródła punktowe, powierzchniowe i liniowe. Analiza pomierzonych stężeń chwilowych pozwoliła na zobrazowanie zmienności czasowo-przestrzennej rozkładu badanych pyłów zawieszonych PM_{2.5} i PM₁₀ w powietrzu.

Pomierzone chwilowe wielkości stężeń ze źródeł zarówno antropogenicznych, jak i naturalnych, w szczególności wielkości bliskie lub przekraczające rekomendowane przez WHO dobowe wartości graniczne, wskazują na konieczność wprowadzenia systemu monitoringu jakości powietrza na badanym obszarze i dalszego usystematyzowanego badania stanu powietrza na wyspach Uznam i Wolin.

Bibliografia

1. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/air-quality-status-briefing-2021> (dostęp: 3.05.2022).
2. Arya S.P., Air pollution meteorology and dispersion, Oxford University Press, Oxford 1999.

Charakterystyka fizykochemiczna wód powierzchniowych wysp Wolin i Uznam

Andrzej Skwierawski, Katarzyna Glińska-Lewczuk, Paweł Burandt
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Położenie i hydrografia wysp Uznam i Wolin

Wyspy Wolin i Uznam położone są w sąsiedztwie Zatoki Pomorskiej Morza Bałtyckiego, na północno-zachodnim krańcu Polski (Wolin i polska część Uznamu) oraz północno-wschodnim pograniczu Niemiec (wyspa Uznam). Pod względem regionalizacji fizycznogeograficznej wyspy zaliczane są do podprovincji Pobrzeża Południowobałtyckiego, region Pobrzeże Szczecińskie, mezoregion Wolin i Uznam [1].

Od stałego lądu wyspy oddzielone są Zalewem Szczecińskim i trzema cieśninami: Świną – rozdzielającą obie wyspy, Dziwną – po wschodniej stronie wyspy Wolin oraz Pianą (Peenestrom), będącą południową i zachodnią granicą wyspy Uznam. Cieśniny zajmują 333 km² i geograficznie są częścią Zalewu Szczecińskiego, posiadającego łączną powierzchnię 968 km², z czego 479 km² po stronie polskiej. Zalew Szczeciński otrzymuje rocznie ze swoich dopływów średnio ok. 16 km³ wody (większość to dopływ Odrą), odprowadzanej następnie do Bałtyku – 75% wody odpływa cieśniną Świny, 15% Pianą i 10% Dziwną [1]. Według Volkera Mohrholza i Hansa Ulricha Lassa [2] oraz Teresy Radziejewskiej i Geralda Schernewskiego [3] wartości te wynoszą odpowiednio: 69%, 17% i 14% odpływu. Okresowo kierunek przepływu ulega jednak zmianie i następują wlewy wód morskich przez cieśniny w kierunku południowym, w wyniku czego utworzyła się tzw. delta wsteczna Świny. W tym obszarze pomiędzy Wolinem a Uznamem znajdują się 42 mniejsze wyspy, które nie są zamieszkałe, z wyjątkiem wyspy Karsibór [4]. Skutkiem wlewów wód morskich o objętości ok. 7 km³ wody rocznie podwyższone jest również zasolenie wód zarówno w cieśninach, jak i w Zalewie Szczecińskim. Pojawiające się okresowo wezbrania Odry i wlewy wód morskich podczas sztormów powodują znaczne wahania poziomu wody w obszarze estuarium, dochodzące nawet do 2 m [1].

Obie wyspy są różnorodne pod względem geomorfologicznym. Główny składnik urozmaicający krajobraz stanowią wzgórza moren czołowych, dochodzące do 59 m n.p.m. na Uznamie i 115 m n.p.m. na Wolinie. Uzupełniają je

szeregi piaszczystych wałów brzegowych, mierzei, półwyspów i obniżeń terenowych powstałych w wyniku akumulacji morskiej i procesów eolicznych.

Pod względem hydrograficznym 55% powierzchni wyspy Wolin zajmują dwie zlewnie. Pierwsza z nich to zlewnia Lewińskiej Strugi, która rozciąga się od centralnej do północno-wschodniej części wyspy. Zlewnia ta ma powierzchnię 56,66 km² [5], jest zalesiona w 47%, a ponad 13% jej powierzchni zajmują jeziora [6]: Warnowskie (11 ha), Rabiąż (14 ha), Czajcze (72 ha) i Domysłowskie (47 ha) w górnej części zlewni (położone są w granicach Wolińskiego Parku Narodowego) oraz Żółwińskie (42 ha), Kołczewo (49 ha) i Koprowo (489 ha), leżące na trasie przepływu Lewińskiej Strugi. W zlewni znajdują się ponadto jeziora: Wiśetka (20 ha), Zatorek (7 ha) i Recze (4 ha) – powierzchnie wg [7]. Lewińska Struga uchodzi do cieśniny Dziwna w jej rozlewisku nazywanym Zalewem Kamieńskim, w miejscowości Międzywodzie. Jedyne zbiorniki jeziorne na wyspie Wolin leżące poza obszarem Lewińskiej Strugi to przybrzeżne jezioro Gardno (2,5 ha) oraz sztuczne jezioro Turkusowe (7 ha) w miejscowości Wapnica, powstałe w miejscu dawnej kopalni kredy [8].

Drugą ważną jednostką hydrograficzną wyspy Wolin jest zlewnia Kanału Mokrzyckiego (Darzowickiego), która zajmuje 89,74 km² w centralnej części wyspy i jest odwadniana siecią kanałów melioracyjnych, z których woda spływa w kierunku południowym do stacji pomp w Darzowicach, skąd jest przetłaczana do Dziwny. Znaczące powierzchniowo na wyspie Wolin są jeszcze zlewnie jeziora Wicko Wielkie i Wicko Małe (34,7 km² – 13% powierzchni wyspy, w tym część terenu miasta Międzyzdroje) oraz zlewnie pasa przymorskiego (18,8 km² – 7% wyspy). Pozostałą część Wolina zajmują bezpośrednie lub odwadniane niewielkimi ciekami zlewnie akwenów otaczających wyspę: Świny i jej odnogi – Wielkiej Strugi, Dziwny z Zalewem Kamieńskim oraz Zalewu Szczecińskiego.

W polskiej części wyspy Uznam można wyróżnić cztery jednostki hydrograficzne: zlewnię cieśniny Świna, bezpośrednią zlewnię Zalewu Szczecińskiego, Kanału Torfowego uchodzącego do tegoż akwenu oraz obszar przymorza w obrębie miasta Świnoujścia.

Niemiecka część wyspy Uznam w przeważającej części składa się z obniżeń terenowych, w obrębie których zlewnie odwadniane są ciekami i kanałami melioracyjnymi, uchodzącymi do cieśniny Peenestrom lub do Zalewu Szczecińskiego, a w środkowej części wyspy – do akwenów Achterwasser i Krumminer Wiek. We wschodniej części wyspy znajduje się zlewnia jeziora Gothensee o powierzchni ponad 56 km², z której woda odprowadzana jest w kierunku północnym do Morza Bałtyckiego za pośrednictwem kanałów Sakkanal (w miejscowości Heringsdorf)

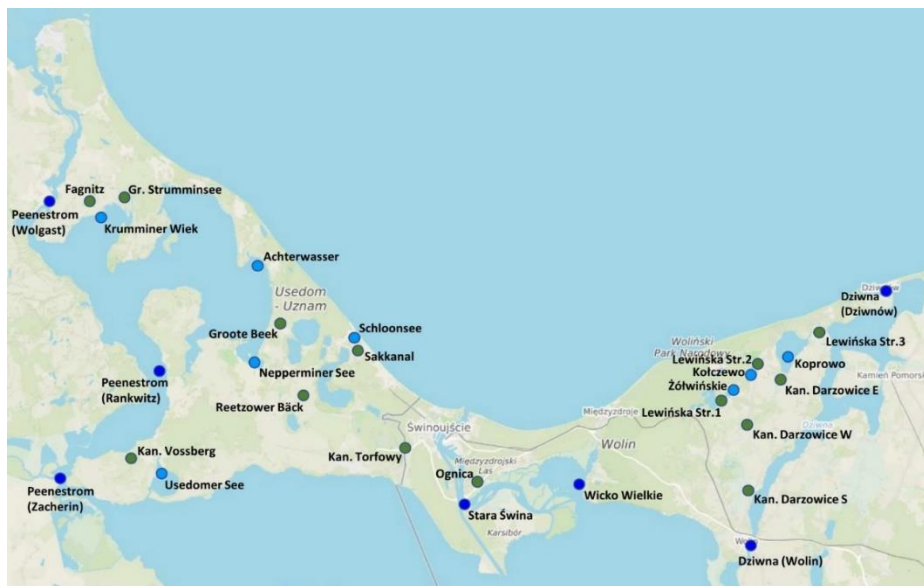
i Beek (Ahlbeck). We wschodniej części wyspy znajduje się większość jezior Uznamu: Schmollensee (556 ha, połączone ciekim Groote Beek z akwenem Achterwasser), Gothensee (503 ha, wraz ze swoim otoczeniem objęte ochroną jako rezerwat przyrody Schmollensee und Thurbruch, powierzchnia rezerwatu 808 ha), Kachliner See (93 ha), Großer Krebssee (40 ha), Kleiner Krebssee, które wraz ze swoją strefą brzegową stanowi rezerwat przyrody o powierzchni 50 ha [9], Wolgastsee (44 ha) oraz mniejsze jeziora: Schloonsee (19 ha), Krebssee i Schwarzes Hertz [10]. W północnej części wyspy znajduje się kilka niewielkich jezior: Kölpensee (30 ha), Großer See (12 ha) i sztuczne jezioro Cämmer See (32 ha), utworzone przez odcięcie groblą zatoki Peenestrom, oraz dość liczne mniejsze akweny i antropogeniczne stawy [11]. Dodatkowo w środkowej części wyspy, w obrębie mierzei rozciągającej się pomiędzy Bałtykiem i akwenem Achterwasser znajduje się przybrzeżne jezioro Kölpinsee (28 ha), którego zwierciadło wody położone jest na wysokości 0,1 m poniżej poziomu morza.

Na wyspach Wolin i Uznam są problemy z pozyskiwaniem odpowiedniej ilości wody słodkiej do celów użytkowych ze względu na płytkie występowanie wód słonych [12]. Do celów użytkowych na tym obszarze wykorzystywane są głównie wody podziemne z warstw holocenu i plejstocenu, natomiast w głębiej położonych piętrach stratygraficznych dominują wody wysoko zmineralizowane (o mineralizacji nawet do 42 g/dm³), w tym również stosowane do celów leczniczych. Podwyższone zasolenie wód holocenijskich wynika zarówno z wznoszenia się (ascenzji) wód zasolonych z głębszych warstw, jak i z oddziaływania (ingresji) wód morskich i słonawych wód Zalewu Szczecińskiego.

Charakterystyka punktów pomiarowych i warunków prowadzenia badań w 2021 r.

Do badań wytypowano łącznie 29 obiektów – 14 na wyspie Wolin i 15 na wyspie Uznam. Obiekty te można podzielić na trzy grupy: 1) jeziora i zbiorniki wód wewnętrznych, 2) wody płynące – ciekie naturalne i kanały oraz 3) wody cieśnin otaczających wyspy (ryc. 1). Monitoring wód wysp Wolin i Uznam był realizowany jako zadanie dodatkowe w projekcie MoRE, uzupełniające badania rozpoznawcze stanu jakościowego zasobów obiektów hydrograficznych leżących na trasie tzw. *mobile inventory* związanego z głównym zadaniem badawczym, tj. oceną przestrzennej czasowej zmienności koncentracji CH₄ i CO₂ w powietrzu atmosferycznym obu wysp. Do badań wód wybrano akweny charakteryzujące się łatwą dostępnością, umożliwiające wykonywanie pomiarów instrumentalnych i pobór reprezentatywnych próbek wody. Liczbę oraz rozmieszczenie punktów pomiarowych dobrano

w taki sposób, aby było możliwe uzyskanie ogólnego obrazu stanu wód powierzchniowych wysp Wolin i Uznam. Ponieważ wody powierzchniowe znajdujące się w granicach Wolińskiego Parku Narodowego (WPN) są dobrze rozpoznane pod względem przyrodniczym i w zakresie planowania działań ochronnych [6, 7, 13–17], dlatego badania na wyspie Wolin skupiły się na wodach leżących poza obszarem WPN.



Ryc. 1. Rozmieszczenie obiektów objętych badaniami fizykochemicznymi na wyspach Wolin i Uznam; oznaczenia: kolor jasnoniebieski – jeziora i wewnętrzne zbiorniki wodne; kolor zielony – wody płynące; kolor ciemnoniebieski – cieśniny otaczające wyspy

Na wyspie Wolin badaniami objęto następujące obiekty badawcze (ryc. 2):

1. Jeziora: Żółwińskie (42 ha, głęb. maks. 5 m), Kołczewo (49 ha, głęb. maks. 4 m) oraz Koprowo (487 ha, głęb. maks. 3 m) – położone są w centralnej i północno-wschodniej części wyspy, połączone ciekim Lewińska Struga, uchodzącym do Zalewu Kamieńskiego (rozlewisko Dziwny); jeziora Żółwińskie i Kołczewo wykazują cechy polodowcowych jezior śródlądowych, natomiast Koprowo jest zbiornikiem przymorskim położonym na wysokości zbliżonej do poziomu morza i jest okresowo zasilane wlewami wód z Zatoki Kamieńskiej.



Ryc. 2. Wybrane obiekty badawcze zlokalizowane na wyspie Wolin:

- 1) Jezioro Żółwińskie; 2) jezioro Kołczewo; 3) południowy brzeg jeziora Koprowo;
4) Lewińska Struga poniżej jeziora Kołczewo; 5) kanał Darzowice pomiędzy miejscowościami Kodrąb i Łazin; 6) kanał Ognica; 7) Dziwna w mieście Wolin;
8) jezioro Wicko Wielkie (fot. A. Skwierawski)



Ryc. 3. Wybrane obiekty badawcze zlokalizowane na wyspie Uznam: 9) jezioro Schloonsee w Heringsdorf-Bansin; 10) akwen Achterwasser w miejscowości Ückeritz; 11) jezioro Usedomer See – marina w Usedom; 12) kanał Sakkanal w Heringsdorfie; 13) kanał Vossberg; 14) Kanał Torfowy przy przejściu granicznym Świnoujście/Garz; 15) cieśnina Peenestrom w mieście Wolgast; 16) cieśnina Peenestrom, most drogowy w Zacherin (fot. A. Skwierawski)

2. Lewińska Struga – niewielki ciek biorący swój początek od Jeziora Warnowskiego, leżącego w obrębie Wolińskiego Parku Narodowego, następnie przebiega przez sześć kolejnych jezior (Rabiąż, Czajcze, Domysłowskie, Żółwińskie, Kołczewo i Koprowo) w kierunku północno-wschodnim do Zatoki Kamieńskiej; zlewnia Lewińskiej Strugi ma łączną powierzchnię 56,6 km²; sama struga, jak i jeziora położone w górnej części jej zlewni od 2009 r. wchodzi w skład obszaru objętego badaniami prowadzonymi przez Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu w ramach Stacji Badawczej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Białej Górze [17]; do badań wybrano trzy punkty na Lewińskiej Strudze: 1) poniżej Jeziora Domysłowskiego, 2) poniżej jeziora Kołczewo oraz 3) na odpływie z jeziora Koprowo w miejscowości Międzywodzie (ryc. 1).
 - 2a. Kanał Darzowice – odwadnia centralną i południową część wyspy Wolin, stanowiącą obniżenia terenowe użytkowane głównie rolniczo; zlewnia w swojej północno-zachodniej części obejmuje również obszary leśne należące do Wolińskiego Parku Narodowego; po stronie północno-wschodniej kanał uchodzi do jeziora Koprowo (przed jeziorem zlokalizowany był punkt badawczy kanał Darzowice E), a w kierunku południowym kanał ten odprowadza wodę z terenów pomiędzy Kodrąbem i Łazinem (punkt Darzowice W) do miejscowości Darzowice, gdzie zlokalizowana jest stacja pomp, przerzucająca wodę do Dziwny (punkt Darzowice S, nazywany też Kanałem Mokrzyckim).
 - 2b. Ognica – jest to kanał melioracyjny o długości 3,2 km, zlokalizowany w zachodniej części wyspy Wolin, rozpoczynający swój bieg na zachód od miejscowości Przytór, a następnie przepływający w bezpośrednim sąsiedztwie stacji przetwarzającej odpadów komunalnych i składowiska odpadów przy ul. Pomorskiej w Świnoujściu; Ognica uchodzi do Świny na zachodnim krańcu wyspy Wolin.
3. Wody zewnętrzne otaczające wyspę Wolin – wybrano dwa punkty na cieśninie Dziwna (w Dziwnowie – 1,1 km od ujścia do Bałtyku oraz w Wolinie – 27 km od ujścia); badaniami objęto również jezioro Wicko Wielkie, które zostało włączone do tej grupy obiektów ze względu na swój przepływowy charakter i położenie w delcie wstecznej Świny.

Obiekty badawcze na wyspie Uznam to (ryc. 3):

1. Schloonsee – jedyny wybrany do badań zbiornik jeziorny niemający połączenia z morzem, jednak leżący zaledwie 100 m od granicy nadmorskiej plaży,

w obrębie miejscowości Heringsdorf (dzielnica Bansin); wg pomiarów własnych jezioro ma powierzchnię 19 ha i położone jest w zlewni o dużym stopniu zurbanizowania.

1a. Zbiorniki wód wewnętrznych wyspy Uznam posiadające połączenie z Pianą (Peenestrom):

- Zatoka Krumminer Wiek – najbardziej na północ wysunięty akwen wyspy, punkt badawczy zlokalizowany był w sąsiedztwie mariny w miejscowości Krummin,
- Achterwasser (Zatoka Uzamska) – największy zbiornik wód otwartych na obszarze Uznamu, o powierzchni ok. 8 tys. ha (bez zatok mających status oddzielnych akwenów), punkt badawczy zlokalizowany został w miejscowości Ückeritz,
- Nepperminer See – południowa zatoka akwenu Achterwasser o powierzchni ok. 250 ha, punkt badawczy w miejscowości Neppermin,
- Usedomer See – akwen o powierzchni 360 ha, zlokalizowany w południowej części wyspy, w sąsiedztwie Zalewu Szczecińskiego, połączony z nim szerokim przesmykiem; pomiary wykonywane były w północnej części zbiornika, w sąsiedztwie miejscowości Usedom.

2. Wody płynące/kanały:

- Sackkanal (kanał Heringsdorf) – sztuczny kanał, wybudowany w XIX w., służący do regulacji poziomu wody w jeziorze Schmollensee; przebiega przez miejscowość Heringsdorf w kierunku północnym, długości 1,6 km, uchodzi bezpośrednio do Morza Bałtyckiego,
- Fagnitz – niewielki kanał o długości 1,9 km, odwadniający tereny rolnicze leżące na północny zachód od miejscowości Krummin; kanał przebiega przez tę miejscowość i uchodzi do akwenu Achterwasser,
- Gr. Strumminsee – sieć kanałów melioracyjnych, odwadniających rozległy teren dawnego, zalądowanego rozlewiska, obecnie użytkowanego jako łąki i grunty orne pomiędzy miejscowościami Zinnowitz, Trassenheide i Banne-min; woda odprowadzana jest w kierunku południowym, gdzie znajduje się stacja pomp, przerzucająca wodę do zatoki Krumminer Wiek,
- Groote Beek (kanał Pudagla) – ciek o długości 2 km, łączący jezioro Schmollensee z akwenem Achterwasser; przebiega od miejscowości Pudagla w kierunku północno-zachodnim, odwadniając obszary zmeliorowanych użytków rolnych,
- kanał Vossberg – obiekt położony w południowej części wyspy Uznam; jest to ciek zbiorczy na sieci kanałów melioracyjnych, odwadniających

rozległe obszary łąk (ok. 7000 ha), położonych na południowy wschód od miejscowości Usedom; kanał zakończony jest stacją pomp, odprowadzającą wodę do cieśniny Peenestrom,

- Reetzower Bäck (Bäck, kanał Reetzow) – ciek o długości 2,6 km, łączący jeziora Kachliner See i Gothensee; przebiega przez zmeliorowane użytki zielone znajdujące się pomiędzy tymi jeziorami,
 - Kanał Torfowy – ciek o długości 5,3 km, na większości swojej trasy stanowiący granicę państwową Polski i Niemiec; kanał rozpoczyna swój bieg na terenie ogródków działkowych po zachodniej stronie Świnoujścia, odprowadza wody w kierunku południowym do Zalewu Szczecińskiego; po stronie polskiej posiada wał przeciwpowodziowy niemal na całej długości swojej trasy.
3. Wody cieśniny Piana (Peenestrom) otaczające wyspę Uznam – pomiarów dokonywano w trzech punktach: 1) na początkowym odcinku w miejscowości Zacherin, 6 km od granicy Zalewu Szczecińskiego; 2) przed akwenem Achterwasser w miejscowości Zacherin oraz 3) w miejscowości Wolgast, 4,5 km na północ od zatoki Krumminer.

Pomiary i analizy laboratoryjne wykonane zostały w czterech sezonach 2021 r.: pod koniec zimy (luty/marzec), wiosną (początek maja), latem (lipiec) oraz jesienią (październik). Łącznie do badań pobrano 114 próbek wody. Pomiarów wskaźników fizykochemicznych dokonywano bezpośrednio w terenie z użyciem sondy wieloparametrycznej YSI EXO2, przy pomocy której oznaczano: temperaturę wody, pH, potencjał redoks, przewodność elektrolityczną, zasolenie, mętność, stężenie chlorofilu A oraz koncentrację rozpuszczonych substancji organicznych (fDOM). W laboratorium Katedry Gospodarki Wodnej i Klimatologii UWM w Olsztynie w pobranych próbkach wody oznaczono stężenie węgla organicznego, azotu ogólnego (TOC analyzer for liquids and solids – multi N/C 2100S duo, Analytik Jena) oraz fosforu ogólnego.

Na podstawie danych stacji synoptycznej IMGW w Świnoujściu można stwierdzić, że 2021 r. pod względem meteorologicznym charakteryzował się umiarkowanie wysoką temperaturą i zbliżoną do przeciętnej sumą opadów rocznych. Średnia temperatura roczna wyniosła 9,6 °C i była wyższa o 0,5 °C od wartości średniej z lat 1991–2020 oraz wyższa o 1,5 °C od średniej z lat 1951–1980. 2021 r. był jednak chłodniejszy w porównaniu z latami poprzedzającymi (2020 r. – średnia temp. 10,6 °C i 2019 r. – 10,5 °C). W przebiegu średnich temperatur miesięcznych 2021 r. cechował się przeciętnymi warunkami przez większą część roku, jednak z zimnym kwietniem oraz znacznie cieplejszymi od przeciętnych: czerwcem, lipcem oraz wrześniem. Suma opadów na stacji Świnoujście w 2021 r. wyniosła 525,8 mm i była to

wartość nieco niższa od średniej z lat 1991–2020 (585,1 mm). Opady w ciągu roku rozkładały się równomiernie, jednak w kwietniu i czerwcu pojawiły się okresy suche.

Podstawowe wskaźniki fizykochemiczne badanych wód

Ekosystemy wodne na wyspach Wolin i Uznam cechuje silne zróżnicowanie jakości wody, a co z tym się wiąże – warunków siedliskowych spowodowanych sąsiedztwem morza z jednej strony i oddziaływania lądu z drugiej. Oprócz zróżnicowania indywidualnych obiektów można zaobserwować również pewne prawidłowości w wydzielonych grupach trzech rodzajów wód – zbiorników wodnych, wodach płynących i cieśninach (ryc. 4 i 5).

Zasolenie jest podstawowym wskaźnikiem charakteryzującym typ wód. W ogólnej klasyfikacji na podstawie zasolenia można wyróżnić: wody słodkie (zasolenie $<0,5\text{‰}$), lekko słonawe – oligohalinowe ($0,5\text{--}5\text{‰}$), słonawe – mezo-halinowe ($5\text{--}18\text{‰}$), bardziej słone – polihalinowe ($18\text{--}30\text{‰}$), słone – euhalinowe ($30\text{--}40\text{‰}$) i mineralne – hiperhalinowe ($>50\text{‰}$) [18]. Zbiorniki wodne o zasoleniu $1\text{--}20\text{‰}$ zwyczajowo określa się jako jeziora słonawe. Wody Morza Bałtyckiego w obrębie Zatoki Pomorskiej, przylegającej do wysp Wolin i Uznam, wg danych literaturowych posiadają zasolenie w zakresie $5\text{--}8\text{‰}$ [19], są to więc wody mezo-halinowe. Niemiecka część Zalewu Szczecińskiego (Kleines Haff) posiada zasolenie w zakresie $1\text{--}3\text{‰}$, natomiast po stronie polskiej (Wielki Zalew) zasolenie jest niższe (wynika z dopływu Odry od strony południowej) i wynosi $0,5\text{--}2\text{‰}$. Zmienność zasolenia wynika z okresowości wlewów wód morskich przez cieśniny, dlatego wartości tego wskaźnika w Zalewie Szczecińskim wzrastają w kierunku północnym [19].

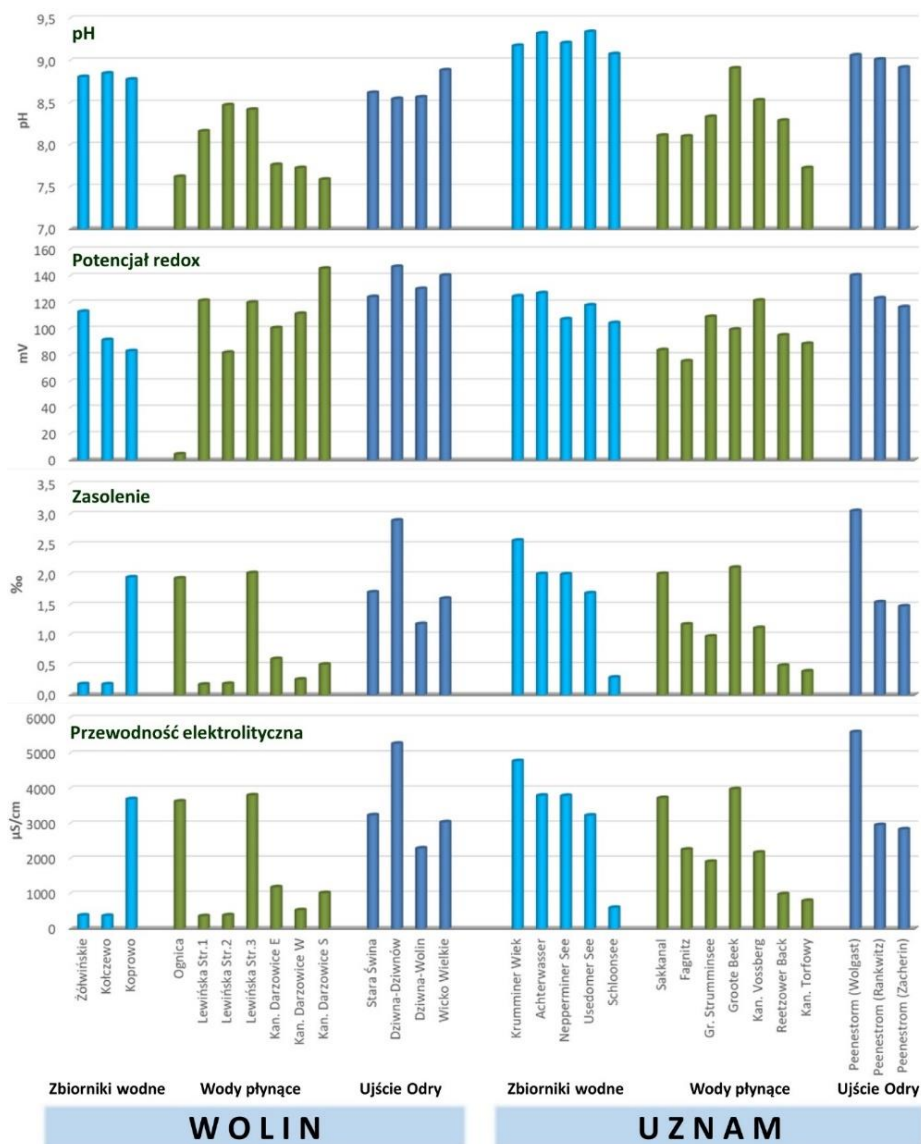
Zasolenie wody badanych obiektów w większości przypadków przekraczało granicę wód o podwyższonym zasoleniu (oligohalinowych), zarówno na wyspie Wolin, jak i Uznam. Typowe wartości dla śródlądowych wód słodkich stwierdzono tylko dla wody Lewińskiej Strugi powyżej jeziora Koprowo (zasolenie $<0,2\text{‰}$, przewodność $<400\text{ }\mu\text{S/cm}$). Lewińska Struga była badana przez Mariusza Samołyka i Paulinę Ścisłowską [6]. W profilu Domysłów (w niniejszych badaniach był to punkt Lewińska Struga 1) w latach 2009–2011 stwierdzono w niej przewodność w zakresie $231\text{--}359\text{ }\mu\text{S/cm}$. Wartość średnia z zimy i wiosny 2021 r. (w okresie letnim i jesiennym nastąpił zanik przepływu) była nieco wyższa od maksymalnej wartości podanej przez cytowanych autorów [6] i wyniosła $363,4\text{ }\mu\text{S/cm}$ (zasolenie $0,175\text{‰}$). Była to jednak najniższa wartość zasolenia spośród wszystkich obiektów badanych na obu wyspach. Stosunkowo niskim zasoleniem cechował się również górny odcinek kanału Darzowice oraz jezioro

Schloonsee i Kanał Torfowy na wyspie Uznam. Blisko dolnej granicy zasolenia wód oligohalinowych plasowały się również pozostałe odcinki kanału Darzowice oraz kanał Reetzower Back, łączący jeziora Kachliner See i Gothensee na wyspie Uznam. Pozostałe wody można zaliczyć do oligohalinowych, co w przypadku cieśnin otaczających wyspę i ich zatoki jest typowe [19], jednak również wody płynące wewnątrz wysp wykazywały taki charakter (ryc. 4).

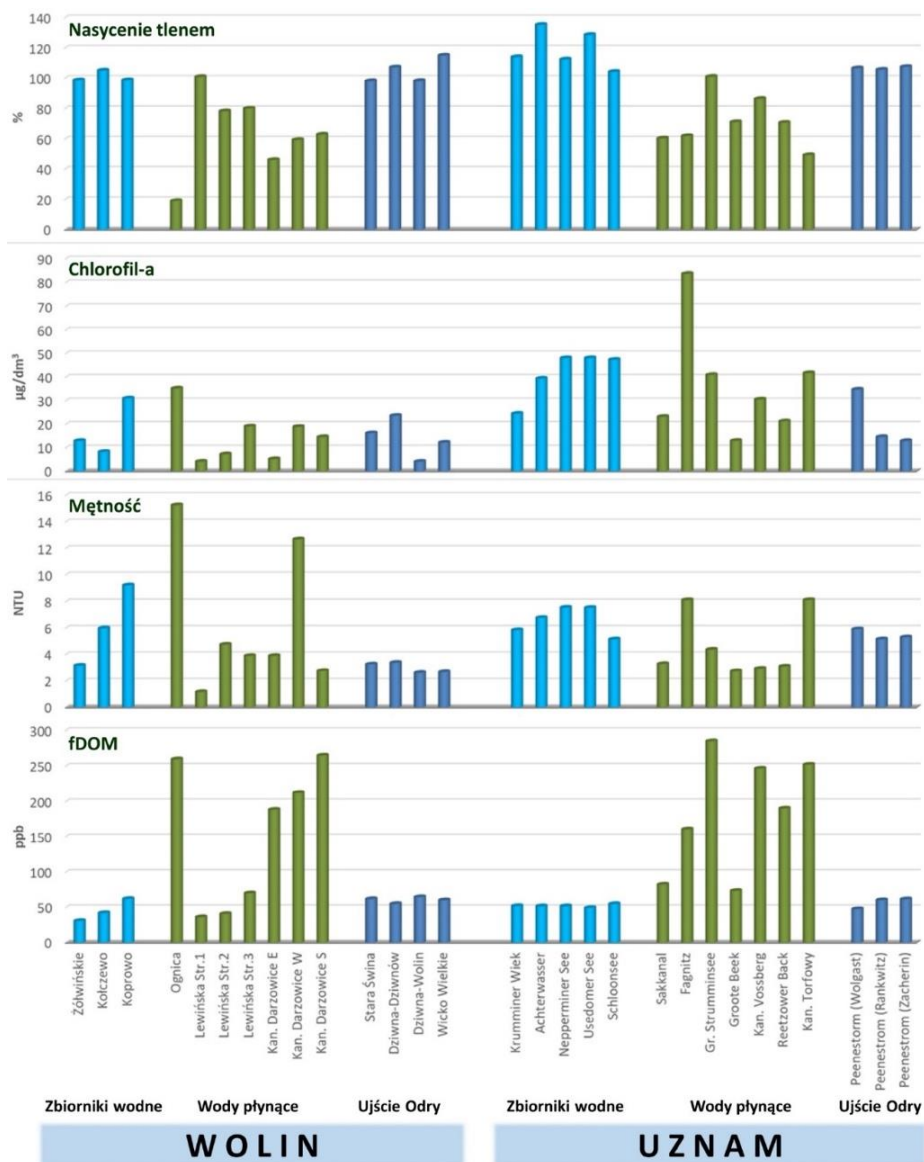
Sezonowo zasolenie wody w badanych obiektach wzrastało od wiosny do jesieni lub utrzymywało się na podobnym poziomie w ciągu wszystkich pór roku. Wsteczny przepływ wody stwierdzono jesienią w kanale Dziwny, zarówno przy ujściu (Dziwnów), jak i w początkowym odcinku (miasto Wolin). Przy ujściu stwierdzono najwyższe zasolenie zanotowane w całym cyklu pomiarowym, wynoszące 6,29‰ (wcześniejszy pomiar latem: 2,39‰). Podobny wzrost, związany z wlewem wód morskich jesienią, stwierdzono również w cieśninie Peenestrom na wyspie Uznam, w punkcie Wolgast. Zasolenie, które w okresie zima-lato przyjmowało wartości 2,14–2,52‰, wzrosło jesienią do 5,05‰. Odminnym przypadkiem był ciek Sakkanal w Heringsdorfie, w którym przepływ wsteczny zanotowano w marcu i zasolenie wody wynosiło wtedy 5,32‰. W okresie letnim i jesienią przepływ tego cieku był znikomy, ale w kierunku od jeziora Gothensee do Bałtyku notowano w nim wtedy zasolenie średnio 0,64‰.

W typowych warunkach odnoszących się do śródlądowych wód powierzchniowych przewodność elektrolityczna i zasolenie pozwalają na ocenę stopnia zanieczyszczenia wód. Na wyspach Wolin i Uznam, ze względu na przemieszczanie się i wnikanie w głąb lądu wody morskiej oraz oddziaływanie zasolonych wód podziemnych, taka ocena nie jest możliwa. Wykonane pomiary pozwalają jedynie na określenie stopnia oddziaływania wód zasolonych na wody powierzchniowe w obrębie badanych zlewni.

Badane wody charakteryzowały się lekko lub wyraźnie zasadowym odczynem – wszystkie badane obiekty miały $\text{pH} > 7$ (ryc. 2). Wszystkie badane akweny miały średnie $\text{pH} > 8,5$, a cieśnina Peenestrom i zbiorniki wodnej wyspy Uznam nawet $> 9,0$. Może to świadczyć o wysokiej produktywności tych wód – pH wzrasta w warunkach intensywnej fotosyntezy, co było widoczne w pomiarach letnich, kiedy pH przekroczyło 9,50 w Peenestrom (Zacherin), Achterwasser, Usedomer See i w jeziorze Koprowo. Na wysoką aktywność mikrobiologiczną badanych wskazują również dość niskie wartości potencjału redoks – średnio poniżej 100 mV w wodach płynących obu wysp oraz w jeziorach Wolina (ryc. 4).



Ryc. 4. Podstawowe wskaźniki fizykochemiczne w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.



Ryc. 5. Warunki tlenowe i wskaźniki dodatkowe w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.

Szczególnym przypadkiem była rzeka Ognica, której średnia wartość potencjału redoks wyniosła 4,5 mV, a w okresie letnim i jesienią spadała znacznie poniżej zera (odpowiednio: -132 i -70 mV). Takie wartości mogą być symptomem silnego zanieczyszczenia i złego stanu ekologicznego tego ciek.

Zbiorniki wodne i cieśniny w obrębie obu wysp charakteryzowały się dobrymi warunkami tlenowymi – w większości obiektów nasycenie wody tlenem przyjmowało wartości ok. 100% (ryc. 5), czyli stężenia rozpuszczonego tlenu zbliżone do stanu równowagi pomiędzy powietrzem atmosferycznym i wodą. Akweny wyspy Wolin cechowało jednak wyraźne przetlenienie, zwłaszcza w okresie letnim, kiedy w zbiornikach Achterwasser i Usedomer See nasycenie tlenem wyniosło odpowiednio 182,8% i 184,1%. Warunki niedotlenienia zanotowano natomiast w wodach cieków, średnio poniżej 50% nasycenia wystąpiło w wodach Kanału Torfowego, kanału Darzowice E oraz w Ognicy. W tym ostatnim obiekcie średnia wyniosła 19,1%, latem zaś zanotowano skrajnie niską wartość 4,7%. W zestawieniu z niską wartością potencjału redoks świadczy to o dużej intensywności rozkładu materii i jednocześnie skrajnej degradacji tego obiektu wodnego.

Pod względem zawiesiny zawartej w wodzie (mierzonej jako mętność) najwyższe wartości stwierdzono w cieku Ognica, przy jednocześnie umiarkowanym stężeniu chlorofilu, co może świadczyć o dużym nagromadzeniu szczątków martwej materii organicznej. Podwyższoną mętność posiadały również ciek: kanał Darzowice W na wyspie Wolin oraz Fagnitz i Kanał Torfowy na wyspie Uznam. Znaczną mętnością, a ponadto wysokimi koncentracjami chlorofilu charakteryzowały się akweny wyspy Uznam, w których zaobserwowano intensywne zakwity fitoplanktonu, w szczególności wiosną, kiedy koncentracja chlorofilu wynosiła 62–91 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Podobną charakterystykę miało jezioro Koprowo (ryc. 5). Z kolei pod względem ilości rozpuszczonych związków organicznych (fDOM) zbiorniki wodne oraz cieśniny otaczające wyspy cechowały się niskimi i wyrównanymi wartościami, natomiast najwyższą zawartość tych substancji stwierdzono w kanałach (ryc. 5). Może to świadczyć o wymywaniu substancji organicznych (humusowych) z gleb obniżeń terenowych, odwadnianych przez te ciek.

Substancje biogenne (azot, fosfor i węgiel organiczny) w wodach powierzchniowych wysp Wolin i Uznam

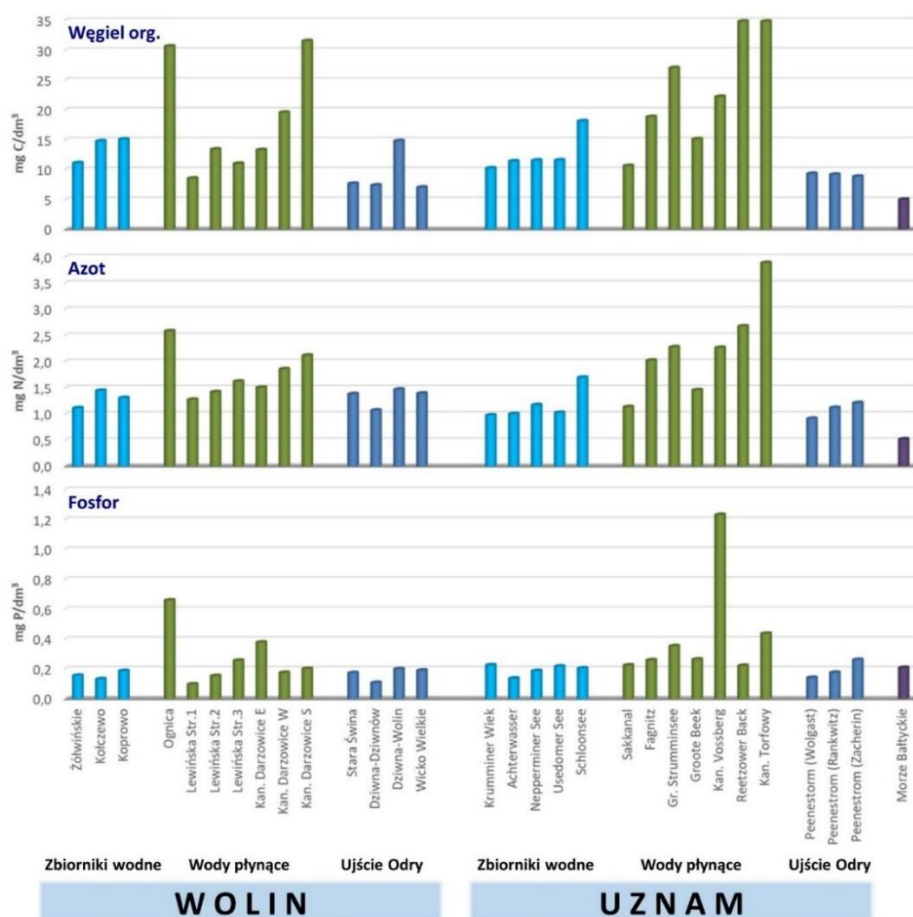
Fosfor i azot są uważane za główne pierwiastki biogenne, odpowiedzialne za proces eutrofizacji wód [20]. Ich koncentracja może jednocześnie służyć jako wskaźnik stanu troficznego oraz – zwłaszcza w wodach płynących – jako wyznacznik oddziaływania zlewni na wody. W klasyfikacji jezior przyjmuje się, że

poziom stężenia fosforu $>0,1 \text{ mg/dm}^3$ wyznacza kategorię wód hipertroficzných, czyli przeżyźnionych [21]. Dla azotu taką granicą jest poziom $>1,5 \text{ mg/dm}^3$ (w niektórych klasyfikacjach $>1,2 \text{ mg/dm}^3$).

Średnią koncentrację fosforu powyżej granicznej wartości $0,1 \text{ mgP/dm}^3$ stwierdzono we wszystkich badanych wodach. Jednakże w 16 obiektach były to wartości niższe niż średnia wartość zmierzona w wodzie Morza Bałtyckiego, która wynosiła $0,21 \text{ mgP/dm}^3$ (ryc. 6). Wyraźnie większe stężenia P występowały w wodach płynących niż w wodach akwenów. Skrajnie wysokie wartości stwierdzono w Ognicy, co może być kolejnym potwierdzeniem jej złego stanu, ale również w kanale Vossberg na wyspie Uznam. Średnie stężenie w tym obiekcie wyniosło $1,23 \text{ mgP/dm}^3$, a latem wystąpiła w nim najwyższa koncentracja w całym zestawie danych pomiarowych – $2,55 \text{ mgP/dm}^3$. Prawdopodobnie wynikało to z nałożenia się terminu pomiarów z okresem stosowania nawozów organicznych na użytkach zielonych znajdujących się w zlewni tego cieku.

Średnią koncentrację fosforu w wodach cieśnin – $0,17 \text{ mgP/dm}^3$ dla wyspy Wolin oraz $0,19 \text{ mgP/dm}^3$ dla wyspy Uznam można uznać za umiarkowanie niską. W badaniach prowadzonych w latach 90. XX w. [19] stężenie fosforu w Zalewie Szczecińskim wahało się średnio w zakresie $0,15\text{--}0,30 \text{ mgP/dm}^3$ i zmniejszało się w kierunku północnym.

Średnie stężenia azotu w punktach badawczych przeważnie nie przekraczały wartości granicznej $1,5 \text{ mg/dm}^3$. Więcej azotu występowało w ciekach/kanalach niż w zbiornikach wodnych i cieśninach (ryc. 6). Najwyższe koncentracje zanotowano w wodach Kanału Torfowego (zlewnia częściowo zurbanizowana, ogródki działkowe) i kanału Ognica, który wg większości badanych wskaźników cechował się bardzo złymi warunkami. Wysokie stężenia azotu stwierdzono również w obiektach odprowadzających wodę z obszarów rolniczych (Reetzo-
wer Bäck, Gr. Strumminsee i kanał Vossberg na wyspie Uznam oraz kanał Darzowice przy ujściu na wyspie Wolin). We wszystkich badanych obiektach stwierdzono wyższe koncentracje azotu niż w wodzie Morza Bałtyckiego (punkt Międzyzdroje), gdzie średnia koncentracja wyniosła $0,52 \text{ mg/dm}^3$. W Zalewie Szczecińskim, z którego wody trafiają do cieśnin otaczających wyspy, koncentracje azotu, podobnie jak fosforu, wykazywały tendencję spadkową w kierunku północnym, przyjmując wartości w zakresie $0,7\text{--}3,5 \text{ mg/dm}^3$ [19].



Ryc. 6. Koncentracja węgla organicznego oraz azotu i fosforu ogólnego w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.

Podsumowanie

Wody powierzchniowe wysp Wolin, badane w 2021 r., w większości charakteryzowały się umiarkowanym lub słabym stanem jakościowym. Stwierdzono wyraźne zróżnicowanie typów wód – wody płynące różniły się od wód zbiorników wodnych stopniem zasolenia, koncentracją biogenów, zawiesiny oraz materii organicznej. Najkorzystniejsze warunki zaobserwowano w zlewni Lewińskiej Strugi do odpływu z jeziora Kołczewo, której stan pogarszał się jednak wyraźnie od jeziora Koprowo. Spośród wód płynących bardzo złym stanem cechował się kanał Ognica, położony w zachodniej części wyspy Wolin, przebiegający w bezpośrednim sąsiedztwie stacji przetadunkowej odpadów komunalnych

Świnoujście-Przytór. Niekorzystny stan stwierdzono również w przypadku kanału Vossberg na wyspie Uznam, odwadniającego duże obszary intensywnie użytkowanych łąk, oraz Kanału Torfowego, w którego zlewni znajdują się ogródki działkowe i część zabudowy miejskiej Świnoujścia.

Wody wyspy Wolin charakteryzowały się nienajlepszym stanem, jednak ich znaczenie dla jakości wód otaczających wyspę jest raczej niewielkie. Objętość tych wód wynosi od 50 tys. do 150 tys. m³ na dobę [22], co stanowi zaledwie od ok. 0,3 do ok. 1,0% ilości wód śródlądowych dopływających do tych terenów, głównie za pośrednictwem rzeki Odry. Ponadto w latach 90. XX w. w obrębie wyspy Wolin wykonano szereg inwestycji, które doprowadziły do zmniejszenia obciążenia wód zanieczyszczeniami. Przede wszystkim do użytku oddano cztery oczyszczalnie ścieków: Międzyzdroje, Międzywodzie, Wolin i Świnoujście, uporządkowana została również gospodarka odpadami. Do wód otaczających wyspę nadal jednak odprowadzane są ścieki oczyszczone oraz wody drenarskie z obszarów polderowych i spływy powierzchniowe z terenu wyspy.

Bibliografia

1. Kodracki J., *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022.
2. Mohrholz V., Lass H.U., Transports between Oderhaff and Pomeranian Bight – a simple barotropic box model, „*Deutsche Hydrographische Zeitschrift*”, 1998, 30, 371–383.
3. Radziejewska T., Schernewski G., The Szczecin (Oder-) Lagoon, [w:] *Ecology of Baltic coastal waters*, Springer-Verlag, Berlin 2008, 115–129.
4. Musiaka Ł., Wolin i Uznam – obszar pogranicza czy centrum regionu? Historyczne i współczesne uwarunkowania funkcjonowania wysp, „*Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica Socio-Oeconomica*”, 2014, 16, 73–95.
5. Hydroportal ISOK, 2022. Serwis map Informatycznego Systemu Osłony Kraju i Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej: https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/ (dostęp: 15.06.2022).
6. Samotył M., Ścisłowska P., Bilans wodny i denudacji chemicznej Lewińskiej Strugi w profilu Domysłów w latach 2009–2011, „*Monitoring Środowiska Przyrodniczego*”, 2014, 15, 33–39.
7. Samotył M., Charakterystyka nadmorskiej zlewni rzeczno-jeziornej Lewińskiej Strugi (wyspa Wolin), „*Geologia i Geomorfologia*”, 2013, 10, 167–178.
8. Alexandrowicz Z., Kry lodowcowe w Wolińskim Parku Narodowym, „*Ochrona Przyrody*”, 1967, 32, 207–224.
9. de.wikipedia.org (dostęp: 15.06.2022).
10. Nixdorf B., Hemm M., Hoffmann A., Richter P., Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands. Teil 2. Mecklenburg-Vorpommern, Umweltbundesamt, Berlin 2004.
11. Geoportal.de (dostęp: 15.06.2022).

12. Gurwin J., Krawiec A., Zagrożenia dla zasobów wód słodkich na wyspie Uznam w świetle badań modelowych i geofizycznych, „Biuletyn PIG”, 2010, 442, 61–68.
13. Poleszczuk G., Bucior A., Nowicka E., Grzegorzczak K., O jakości wód powierzchniowych jezior Czajczego i Domysłowskiego w Wolińskim Parku Narodowym w różnych porach roku, „Rocznik Ochrona Środowiska”, 2005, 7, 219–231.
14. Bucior A., Poleszczuk G., What happens in the waters of the Warnowo, Rabiaz, Czajcze and Domysłowskie lakes in the Wolin National Park during summer stagnation?, „Ecological Chemistry and Engineering”, 2013, 20(1), 7–20.
15. Kostrzewski A., Tylkowski J., Samołyk M., Selected aspects of functioning of the lake Gardno catchment (the Wolin island) as a characteristic indicator of environmental geoecosystem changes within the coastal young glacial zone, „Prace Geograficzne”, 2016, 147, 25–46.
16. Czyryca P., Samołyk M., The surface water quality ecotoxicological assessment of Wolin Island, „Journal of Education, Health and Sport”, 2017, 7(4), 258–268.
17. Tylkowski J., Samołyk M., Czyryca P., Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geoeosystemów Polski w latach 1994–2015 w oparciu o realizację programu Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego, [w:] Stan i przemiany środowiska przyrodniczego geoeosystemów polski w latach 1994–2015 w oparciu o realizację programu zintegrowanego monitoringu środowiska przyrodniczego, „Biblioteka Monitoringu Środowiska”, 2018, XXXII, 41–74.
18. Venice system, 1959. The final resolution of the symposium on the classification of brackish waters, *Archo Oceanogr. Limnol.*, 11 (suppl), 243–248.
19. Bangel H., Schernewski G., Bachor A., Landsberg-Ucziwek M., Spatial pattern and long-term development of water quality in the Oder estuary [w:] T. Dolch, G. Schernewski (eds.), *The Oder Lagoon – against the background of the European Water Framework Directive*. *Marine Science Reports* 2004 57: 17–65.
20. Górniak A., Kajak Z., *Hydrobiologia – Limnologia*, PWN, Warszawa 2020.
21. Vollenweider R.A., Kerekes J., *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control*. OECD Cooperative programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control), Environment Directorate, OECD, Paris 1982.
22. Poleszczuk G., Domagała J., Markiewicz I., Sitek S., Ekosystemy wód przybrzeżnych Wolińskiego Parku Narodowego – jako odbiorniki wód odpadowych, „Rocznik Ochrona Środowiska”, 2002, 4, 403–417.

Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby ogrzewnictwa i chłodnictwa na wyspach Uznam i Wolin

Wojciech Tuchowski, Piotr Nikończuk, Tomasz Olechwir¹,

Anna Głowacka, Jacek Mazur, Grażyna Kwaśniewska, Dominika Dudek,

Bartosz Bogusławski, Leszek Jastrzębski², Karolina Kurtz-Orecka

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; ¹ Uniwersytet Szczeciński;

² Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie

Wstęp

Naturalnym potencjałem wysp Uznam i Wolin, zarówno w kontekście rozwoju turystycznego, infrastrukturalnego, jak i energetycznego, są wody powierzchniowe oraz podziemne. Hydrologicznie obszar wysp należy do bezpośredniej zlewni Morza Bałtyckiego, w tym zlewni Zalewu Szczecińskiego i ujściowych odcinków Odry. Wyspy obmywane są od strony północnej morskimi wodami Zatok Pomorskiej, od południa Zalewu Szczecińskiego, a na ich terenie występuje znaczna liczba śródlądowych akwenów. W tabelach 1–3 zestawiono informacje o dostępności wód powierzchniowych na terenie wysp Uznam, Wolin oraz Karsibór. W tabelach uwzględniono tylko miejscowości mające dostęp do wód powierzchniowych (otwartych lub zamkniętych).

Woda jako dolne źródło ciepła dla pomp ciepła ma poza niekwestionowanymi zaletami szereg wad, które bezpośrednio wpływają m.in. na skrócony okres przebiegu i konserwacji wymienników dolnego źródła, wysokie koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne czy choćby ograniczenie wydajności (np. wskutek oblodzenia powierzchni zbiornika wodnego), a w konsekwencji spadek współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. Jednym z ważniejszych uwarunkowań, wpływających na wybór technologii odzysku ciepła, są: temperatura źródła (wody), właściwości fizykochemiczne wody oraz jej zdolność do długotrwałego oddziaływania na różne materiały, zwłaszcza te użyte do budowy instalacji pompy ciepła.

Biorąc pod uwagę wielkość akwenu Zalewu Szczecińskiego oraz masę wymieniającej wody, pobór ciepła na cele grzewcze nawet dużych instalacji (powyżej 1 MW) oraz zrzut wody ciepłej pochodzącej z chłodzenia skraplacza nie spowodują istotnej zmiany temperatury wody, jednak zastosowanie pomp ciepła musi mieć ekonomiczne uzasadnienie, a jednym z głównych czynników wpływających na opłacalność inwestycji w przypadku ich zastosowania jest system dystrybucji ciepła (chłodu) do odbiorcy końcowego.

Tab. 1. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Uznam

Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
DE				
Benz	–	tak	–	Schmollensee
Dargen	–	–	tak	–
Garz	–	–	tak	–
Heringsdorf	tak	–	–	Gothensee Schloensee
Kamminke	–	–	tak	–
Karlshagen	tak	tak	–	–
Korswandt	–	–	–	Wolgastsee
Koserow	tak	tak	–	–
Krummin	–	tak	–	–
Loddin	tak	tak	–	Kölpinsee
Mölschow	–	tak	–	–
Peenemünde	tak	tak	–	–
Pudagla	–	tak	–	Schmollensee
Rankwitz	–	tak	–	–
Sauzin	–	tak	–	–
Stolpe auf Usedom	–	–	tak	–
Trassenheide	tak	–	–	Kölpiensee Cämmerer See
Ückeritz	tak	tak	–	–
Usedom	–	tak	–	Usedomer See
Wolgast	–	tak	–	–
Zempin	tak	tak	–	–
Zinnowitz	tak	tak	–	–
Zirchow	–	–	tak	–
Benz	–	tak	–	Schmollensee
PL				
Świnoujście	tak	Świna/Kanał Piaśtowski	–	–

Tab. 2. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Karsibór

Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
PL				
Świnoujście – Karsibór	tak	Świna/Kanał Piaśtowski	tak	–

Tab. 3. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Wolin

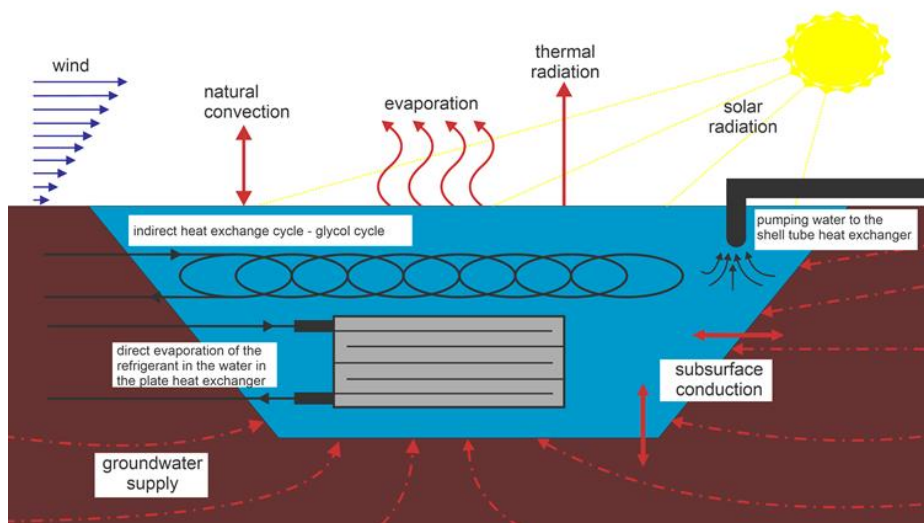
Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
PL				
Biała Góra	tak	–	–	–
Darzewice	–	Dziwna	–	–
Domysłów	–	–	–	Czajcze Domysłowskie Żółwińskie
Dziwnów	tak	Dziwna	–	Martwe
Grodno	tak	-	–	Gardno
Jaromierz	–	Dziwna	–	–
Jarzębowo	–	Dziwna	–	–
Karnocice	–	–	tak	–
Kołczewo	–	–	–	Recze Kołczewo
Korzęcin	–	Dziwna	–	–
Lubin	–	–	tak	Wicko Wielkie
Łojczyń	–	Dziwna	–	–
Łuskowo	–	Dziwna	–	–
Międzywodzie	tak	–	–	–
Międzydroje	tak	–	–	–
Płocin	–	–	tak	–
Rekowo	–	–	–	Koprowo
Sierosław	–	Dziwna	–	–
Sułomino	–	–	tak	–
Świątouś	tak	–	–	Koprowo
Świnoujście	tak	Świna	–	–
Unin	–	Dziwna	–	–
Wapnica	–	–	tak	Turkusowe Wicko Wielkie
Warnowo	–	–	–	Warnowo Zachodnie Warnowo Wschodnie
Wicko	–	–	tak	Wicko Małe
Wisetka	tak	–	–	Wisetka Zaterek
Wolin	–	Dziwna	–	–
Zastań	–	Dziwna	–	–
Żółwino	–	–	–	Żółwińskie

W przypadku dużych odległości od dolnego źródła ciepła można wykorzystać obieg pośredni. Wymaga to zastosowania dodatkowych pomp obiegowych, które znacząco wpływają na pogorszenie współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. Najwyższą efektywność energetyczną (najniższa cena za wytworzenie 1 kWh ciepła/chłodu) mają rozwiązania technologiczne bazujące na bezpośrednim odparowaniu/skraplaniu czynnika chłodniczego w wodzie.

Dostępność linii brzegowej zbiornika wodnego oraz minimalna głębokość w miejscu poboru wody są istotne z punktu widzenia analizy wyboru wariantu pracy pompy ciepła. Pod uwagę brane były następujące konfiguracje systemu:

- pompa ciepła pracująca z bezpośrednim odparowaniem/skraplaniem czynnika chłodniczego w wodzie,
- pompa ciepła pracująca z obiegiem pośrednim (obieg glikolowy), zarówno w okresie zimowym, jak i letnim,
- pompa ciepła z wymiennikiem płaszczowo-rurowym pracującym jako parownik w okresie zimowym i skraplacz w okresie letnim, do którego woda dostarczana byłaby rurociągiem ssawnym (zasysanie wody ze zbiornika wodnego przez aparat ssawny).

Metody pozyskiwania ciepła z wody oraz uproszczony bilans zbiornika wodnego przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Uproszczony bilans zbiornika wodnego oraz analizowane metody pozyskiwania ciepła z wody, oprac. W. Tuchowski

W zakres badań nad wykorzystaniem energetycznym wód podziemnych wchodziły badania polowe obejmujące pobór próbek wody oraz szczegółowe badania laboratoryjne cech fizykochemicznych w dwóch sezonach – letnim i zimowym. Badania terenowe wykonane zostały jako pilotażowe w wybranych lokalizacjach po stronie niemieckiej i polskiej.

Uwarunkowania fizykochemiczne wykorzystania wód w technologii pomp ciepła

Jednym z ważniejszych uwarunkowań, wpływających na wybór technologii odzysku ciepła, są właściwości fizykochemiczne wody oraz jej zdolność do długotrwałego oddziaływania na różne materiały, zwłaszcza te użyte do budowy instalacji pompy ciepła. W tabelach 4 i 5 przedstawiono wpływ zawartości różnych pierwiastków i substancji występujących w wodzie na stal nierdzewną 1.4401 – wykorzystywaną przede wszystkim w przemyśle chemicznym, spożywczym, naftowym i petrochemicznym, budowie maszyn, elementach dekoracyjnych i wyposażeniu kuchni przemysłowych.

W przypadku złej jakości wody (w kontekście wykorzystania jej jako dolnego źródła ciepła pompy ciepła) wartości graniczne przedstawione w tabelach 4 i 5 mogą być niemożliwe do uzyskania, w związku z tym zaleca się stosowanie obiegów pośrednich pozyskiwania ciepła. Powoduje to zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji, jednak z drugiej strony może niekorzystnie wpływać na wysokość uzyskiwanego współczynnika efektywności energetycznej pompy ciepła.

Tab. 4. Odporność stali nierdzewnej (1.4401) i miedzi na działanie składników/własności wody

Składniki	Stężenie mg/litr	Stal nierdzewna	Miedź
Związki organiczne	o ile da się stwierdzić	↑	↔
Wodorowęglany (HCO_3)	<70	↑	↔
	70–300	↑	↑
	>300	↑	↔/↑
Siarczany (SO_4)	<70	↑	↑
	70–300	↑	↔/↓
	>300	↓	↓
Wodorowęglany (HCO_3)	<1,0	↑	↔/↓
Siarczany (SO_4)	>1,0	↑	↑
Amoniak (NH_3)	<2	↑	↑
	2–20	↑	↔
	>20	↑	↓

Tab. 4. (cd.)

Chlorki (Cl^- , maks. 60 °C)	<300	↑	↑
	>300	↔	↔/↑
Siarczany (SO_3^{-2})	<1	↑	↑
Wolny chlor gazowy (Cl_2)	1–5	↑	↔
	>5	↔/↑	↔/↓
Żelazo (FE) rozpuszczone	<0,2	↑	↑
	>0,2	↑	↔
Wolne agresywne kwasy węglowe (CO_2)	<5	↑	↑
	5–20	↑	↔
	>20	↑	↓
Mangan (Mn) rozpuszczony	<0,1	↑	↑
	>0,1	↑	↔
Glin (Al) rozpuszczony	<0,2	↑	↑
	>0,2	↑	↔
Azotany (NO_3) rozpuszczone	<100	↑	↑
	>100	↑	↔
Siarkowodor (H_2S)	<0,05	↑	↑
	>0,05	↑	↔/↑

Oznaczenia: ↑ – w normalnych warunkach dobra odporność; ↔ – narażenie na korozję, szczególnie, gdy użyto kilku materiałów; ↓ – nie nadaje się

Tab. 5. Wpływ właściwości fizykochemicznych wody na korozyjność stali nierdzewnej i miedzi

Własność	Wartości graniczne	Stal nierdzewna	Miedź
Twardość ogólna	4,0–8,5 °dH	↑	↑
Wartość PH	<6,0	↔	↔
	6,0–7,5	↔/↑	↔
	7,5–9,0	↑	↑
	>9,0	↑	↔
Konduktancja ¹⁷	<10 μS/cm	↑	↔
	10–500 μS/cm	↑	↑
	>500 μS/cm	↑	↓

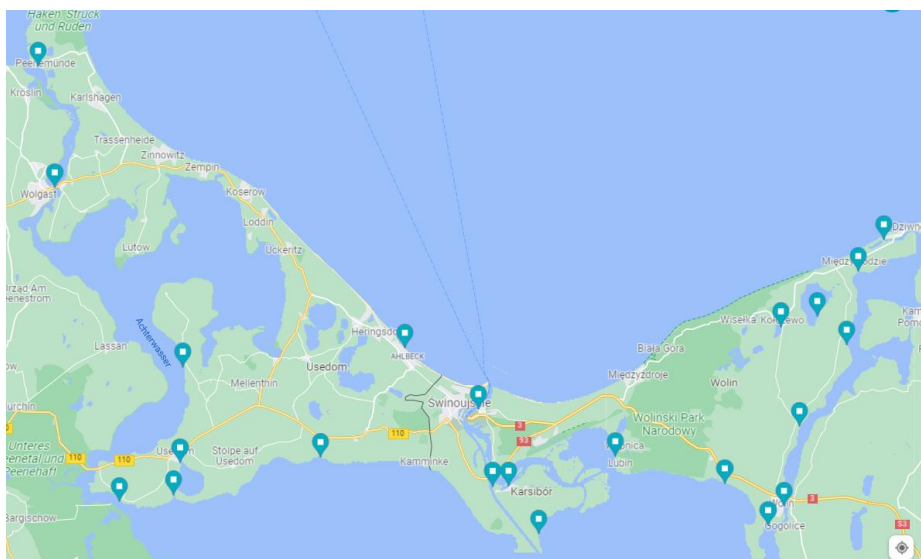
Oznaczenia: ↑ – w normalnych warunkach dobra odporność; ↔ – narażenie na korozję, szczególnie, gdy użyto kilku materiałów; ↓ – nie nadaje się

¹⁷ Konduktancja (przewodność elektrolityczna właściwa wody) jest miarą zdolności wody do przewodzenia energii elektrycznej, oznaczana dla przybliżonej oceny stopnia mineralizacji wody i jej zanieczyszczenia.

Obszar badań oraz lokalizacja badań pilotażowych

Obszar badań objął przedmiotowy teren wysp Uznam, Wolin oraz Karsibór. Z uwagi na jego rozległość, lokalizację osiedli oraz większych ośrodków urbanistycznych względem dostępnych wód powierzchniowych wytypowano 26 lokalizacji szczegółowych do przeprowadzenia badań. Ogólną lokalizację miejsca pobierania próbek przedstawiono na rycinie 2 oraz szczegółowe na rycinach 3–28. Numeracja lokalizacji odpowiada kolejności badań terenowych oraz pobierania próbek do oznaczeń fizykochemicznych przeprowadzonych w Laboratorium Katedry Inżynierii Środowiska Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Lokalizacje szczegółowe badań terenowych wód powierzchniowych zostały wytypowane na podstawie analizy występowania możliwych odbiorców ciepła/chłodu dostarczanego przez technologie pomp ciepła (tab. 1–3).



Ryc. 2. Wyspy Uznam i Wolin, ogólna lokalizacja badań polowych i miejsc pobierania próbek wody



Ryc. 3. Lokalizacja badań polowych:
1 – Karsibór (PL), dzika plaża



Ryc. 4. Lokalizacja badań polowych:
2 – Karsibór (PL), Stara Świna



Ryc. 5. Lokalizacja badań polowych:
3 – Karsibór (PL), baza U-Bootów



Ryc. 6. Lokalizacja badań polowych:
4 – Bossin (DE)



Ryc. 7. Lokalizacja badań polowych:
5 – Wilhelmshof (DE)



Ryc. 8. Lokalizacja badań polowych:
6 – Usedom (DE)



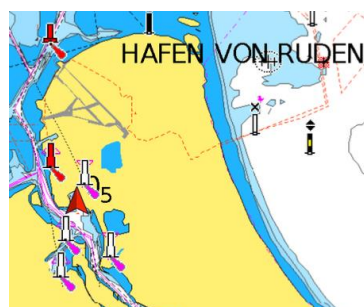
Ryc. 9. Lokalizacja badań polowych:
7 – Karnin (DE)



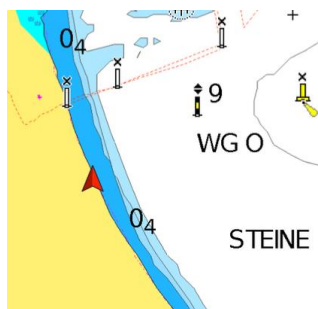
Ryc. 10. Lokalizacja badań polowych:
8 – Rankwitz (DE)



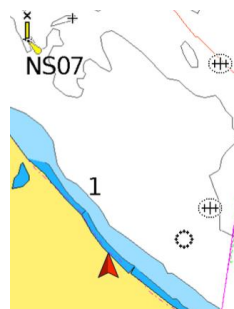
Ryc. 11. Lokalizacja badań polowych:
9 – Wolgast (DE)



Ryc. 12. Lokalizacja badań polowych:
10 – Peenemünde (DE)



Ryc. 13. Lokalizacja badań polowych:
11 – Karlshagen, plaża (DE)



Ryc. 14. Lokalizacja badań polowych:
12 – Alhbeck, plaża (DE)



Ryc. 15. Lokalizacja badań polowych:
13 – Sulomino (PL)



Ryc. 16. Lokalizacja badań polowych:
14 – Wapnica (PL)



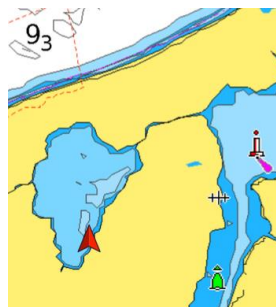
Ryc. 17. Lokalizacja badań polowych:
15 – Świnoujście, przeprawa miejska (PL)



Ryc. 18. Lokalizacja badań polowych:
16 – Międzyzdroje, Stacja Morska US (PL)



Ryc. 19. Lokalizacja badań polowych:
17 – Kołczewo, Jezioro Kołczewo (PL)



Ryc. 20. Lokalizacja badań polowych:
18 – Chynowo, Jezioro Koprowo (PL)



Ryc. 21. Lokalizacja badań polowych:
19 – Sierosław (PL)



Ryc. 22. Lokalizacja badań polowych:
20 – Międzywodzie, plaża (PL)



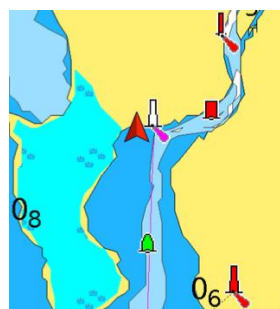
Ryc. 23. Lokalizacja badań polowych:
21 – Międzywodzie, Zalew (PL)



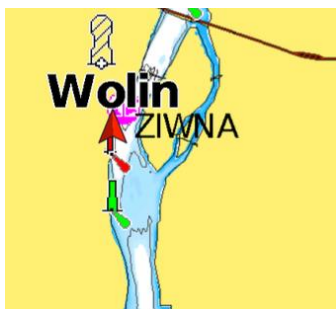
Ryc. 24. Lokalizacja badań polowych:
22 – Dziwnów (PL)



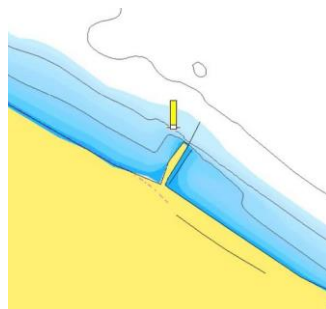
Ryc. 25. Lokalizacja badań polowych:
23 – Unin (PL)



Ryc. 26. Lokalizacja badań polowych:
24 – Wolin, plaża (PL)



Ryc. 27. Lokalizacja badań polowych:
25 – Wolin, przystań żeglarska (PL)



Ryc. 28. Lokalizacja badań polowych:
26 – Koserow, plaża (DE)

Metodyka realizacji badań wód powierzchniowych

Badania cech fizykochemicznych przeprowadzono w 26 punktach na obszarze MoRE (ryc. 2–28). Badania realizowano w dwóch sezonach – letnim i zimowym. Pobór wody dokonywany był w odległości do 100 m od brzożu. Badaniom poddano:

- temperaturę powietrza – badania polowe,
- temperaturę wody nad dnem – badania polowe,
- odczyn wody (pH) – badania polowe,
- przewodnictwo wody – badania polowe,
- zawartość tlenu rozpuszczonego – badania polowe,
- mętność wody – badanie laboratoryjne,
- zawartość chlorków – badanie laboratoryjne,
- zasadowość ogólną – badanie laboratoryjne.

Pobrane próbki wody do badań laboratoryjnych poddane zostały wymaganiom kondycjonowaniu.

Do badań terenowych wykorzystano następujący sprzęt pomiarowy:

- zestaw multimetrów HQ40d wyposażonych w sensor LDO do pomiaru zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie, elektrodę do pomiaru odczynu wody oraz elektrodę do pomiaru przewodnictwa wody,
- mobilny zestaw pomiarowy na bazie sterownika programowalnego Siemens LOGO!8 wraz z dwukanałowym modułem pomiaru temperatury AM2 RTD wykonany do pomiarów temperatury wody i powietrza nad taflą wody, wraz z dwoma trójprzewodowymi przetwornikami temperatury PT 1000,
- sondy Testo: termoanemometr wiatraczkowy 410i oraz termoanemometr ciepłno-oporowy 405i do pomiaru temperatury i prędkości ruchu powietrza

oraz termohigrometr 605i do pomiaru temperatury i wilgotności względnej powietrza.

Badania laboratoryjne przeprowadzono z wykorzystaniem sprzętu laboratoryjnego będącego na stanie Katedry Inżynierii Środowiska WBilŚ ZUT:

- stanowiska laboratoryjnego do oznaczania chlorków metodą Mohra,
- stanowiska laboratoryjnego do oznaczania zasadowości ogólnej wody,
- mętnościomierza HI 88713.

Wyniki pomiarów właściwości fizykochemicznych wody na obszarze MoRE – okres ciepły

W tabeli 6 przedstawiono wyniki polowe pomierzonej temperatury wody i powietrza w miejscach poboru próbek wody dla okresu letniego. Należy zaznaczyć, że temperatura wody była badana w punktach pomiarowych na różnych głębokościach. W celu przeprowadzenia analizy wartości te uśredniano.

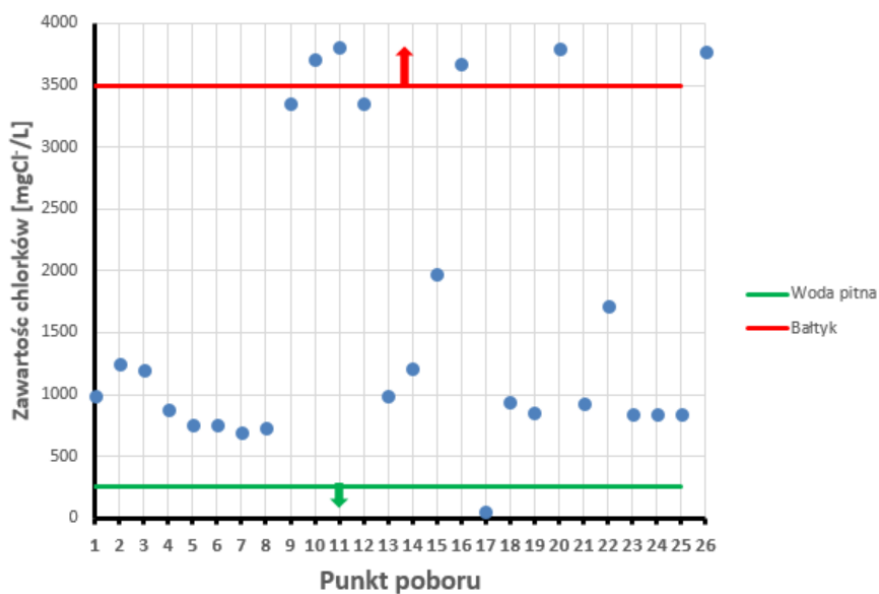
Średnia temperatura wody ze wszystkich punktów pomiarowych w okresie wykonywania pomiarów wynosiła 15,3 °C, a temperatura powietrza – średnio 17,8 °C. Duży rozrzut temperatury powietrza w punktach pomiarowych, tj. między temperaturą 15 °C odnotowaną w Bossin i dwóch punktach na Karsiborze a temperaturą 25,5 °C odnotowaną w Rankwitz, był spowodowany tym, że pomiary wykonywane były przez jeden zespół w różnych porach dnia. Wyższe temperatury występowały w godzinach popołudniowych między godziną 14.00 a 16.00. Wahanie temperatury wody cechowały się niższą amplitudą. Najniższą średnią temperaturę wody, 14,3 °C, odnotowano w trzech miejscowościach po stronie wyspy Uznam, tj. Bossin, Wilhemhof i Usedom. Najwyższą średnią temperaturę wody, 17,7 °C, odnotowano w miejscowości Ahlbeck, również po stronie wyspy Uznam.

Dokonując podziału punktów pomiarowych na te zlokalizowane na śródlądziu i od strony Zalewu Szczecińskiego oraz na te zlokalizowane po stronie Morza Bałtyckiego, nie zauważono znaczących – z punktu widzenia pracy pompy ciepła – różnic temperatur wody. Średnia temperatura wód śródlądowych wynosiła 15,2 °C, a od strony Morza Bałtyckiego 15,8 °C.

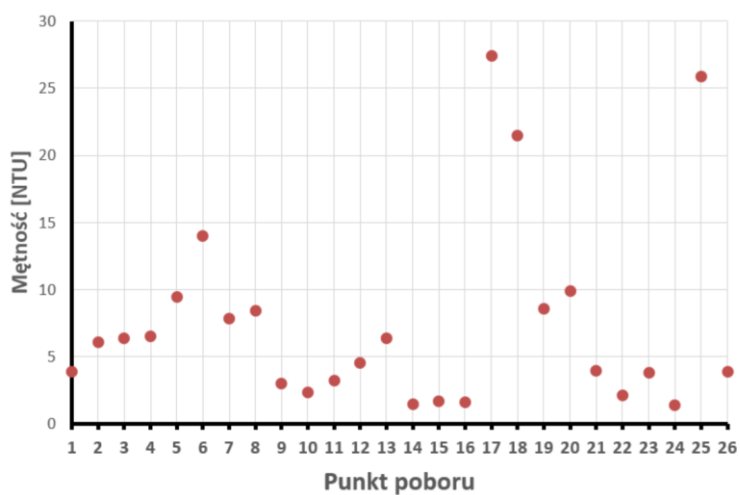
W tabeli 7 zestawiono wyniki badań polowych przeprowadzonych w okresie letnim: zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych. Na ich podstawie oraz na podstawie badań laboratoryjnych obliczono wartości parametrów analizowanych wód powierzchniowych, co pozwoliło na oszacowanie właściwości wód pod kątem ich korozyjności/agresywności. Wyniki przedstawiono w układzie tabelarycznym (tab. 7–8) i graficznym (ryc. 29–33).

Tab. 6. Wyniki pomiarów polowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – sezon ciepły

Nr lokalizacji	Lokalizacja	Temperatura [°C]	
		woda	powietrze
1	Krasibór (PL), dzika plaża	15,8	15,0
2	Krasibór (PL), Stara Świna	14,5	15,8
3	Krasibór (PL), Baza 4 Flotylli Szkoleniowej	14,8	15,0
4	Bossin (DE)	14,3	15,0
5	Wilhemhof (DE)	14,3	20,3
6	Usedom (DE)	14,3	18,3
7	Karnin (DE)	14,5	22,5
8	Rankwitz (DE)	15,0	25,5
9	Wolgast (DE)	15,3	24,3
10	Peenemunde (DE)	14,5	22,5
11	Karlshagen (DE), plaża	15,4	23,3
12	Ahlbeck (DE), plaża	17,7	18,0
13	Sułomino (PL)	15,8	15,8
14	Wapnica (PL)	15,5	15,8
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	15,5	16,3
16	Międzyzdroje (PL), plaża	15,5	15,5
17	Kołczewo (PL), jezioro Kołczewo	14,5	16,5
18	Chynowo (PL), jezioro Koprowo	15,0	15,3
19	Sierosław (PL)	15,5	15,8
20	Międzywodzie (PL), plaża	15,5	15,5
21	Międzywodzie (PL), Zalew	15,5	16,0
22	Dziwnów (PL), ujście rzeki Dziwnej	16,4	17,3
23	Unin (PL)	17,3	18,0
24	Wolin (PL), plaża	15,5	16,3
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	15,5	16,0
26	Koserow (DE), plaża	16,5	20,6



Ryc. 29. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon ciepły



Ryc. 30. Mętność badanych wód [NTU] – sezon ciepły

Tab. 7. Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – sezon ciepły

Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki pomiarów polowych									Wyniki średnie pomiary polowe		
		zawartość tlenu [mgO ₂ /dm ³]			odczyn [pH]			przewodnictwo [mS/cm]			O ₂ [mgO ₂ /dm ³]	odczyn [pH]	przewod- nictwo [mS/cm]
		pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3			
1	Karsibór (PL), dzika plaża	10,9	–	–	7,41	7,43	7,45	4,04	4,04	4,04	10,90	7,43	4,04
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,75	9,74	9,71	7,25	7,35	7,45	4,9	4,92	4,92	9,73	7,35	4,91
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,93	9,93	9,92	7,36	7,34	7,33	4,84	4,86	4,83	9,93	7,34	4,84
4	Bossin (DE)	9,44	9,45	9,46	7,3	7,19	7,2	3,55	3,56	3,56	9,45	7,23	3,56
5	Wilhelmshof (DE)	9,19	9,23	9,2	7,24	7,23	7,24	3,37	3,37	3,37	9,21	7,24	3,37
6	Usedom (DE)	11,3	11,41	11,5	8,59	8,66	8,7	3,1	3,11	3,14	11,40	8,65	3,12
7	Kamin (DE)	10,09	10,13	10,18	7,5	7,5	7,5	2,9	2,91	2,91	10,13	7,50	2,91
8	Rankwitz (DE)	11,7	11,77	11,79	7,4	7,4	7,43	3,05	3,07	3,07	11,75	7,41	3,06
9	Wolgast (DE)	9,66	–	–	7,1	7,11	7,44	11,86	11,95	11,98	9,66	7,22	11,93
10	Peenemünde (DE)	11,2	11,31	11,41	7,17	7,41	7,48	12,58	12,63	12,69	11,31	7,35	12,63
11	Karlshagen (DE), plaża	10,64	10,69	10,72	7,37	7,9	7,91	13,44	13,46	13,49	10,68	7,73	13,46
12	Ahlbeck (DE), plaża	10,12	10,16	10,2	7,32	7,52	7,6	11,48	11,92	11,91	10,16	7,48	11,77
13	Sulomin (PL)	8,5	8,47	8,46	7,34	7,32	7,32	3,9	3,92	3,93	8,48	7,33	3,92

Tab. 7. (cd.)

14	Wapnica (PL)	8,73	8,71	8,71	7,31	7,32	7,32	4,75	4,75	4,75	8,72	7,32	4,75
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	9,85	9,87	9,88	7,33	7,32	7,33	7,4	7,39	7,4	9,87	7,33	7,40
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,5	10,58	10,58	7,32	7,36	7,4	13,15	13,16	13,16	10,55	7,36	13,16
17	Kolczewo (PL)	13,32	13,38	13,4	7,89	7,95	8,05	0,352	0,353	0,354	13,37	7,96	0,35
18	Chynowo (PL), Je- zioro Koprowo	10,16	10,18	10,18	7,61	7,6	7,62	3,82	3,82	3,82	10,17	7,61	3,82
19	Sierosław (PL)	2,1	1,97	1,88	7,29	7,27	7,24	3,49	3,5	3,49	1,98	7,27	3,49
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,74	10,51	10,53	7,3	7,31	7,32	13,4	13,41	13,41	10,59	7,31	13,41
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,47	7,43	7,4	7,29	7,28	7,27	3,71	3,71	3,71	7,43	7,28	3,71
22	Dziwnów (PL)	10,25	10,26	10,26	7,34	7,33	7,33	6,47	6,47	6,47	10,26	7,33	6,47
23	Unin (PL)	7,21	7,18	7,15	7,2	7,19	7,17	3,53	3,52	3,52	7,18	7,19	3,52
24	Wolin (PL), plaża	9,55	8,55	9,55	7,32	7,31	7,31	3,49	3,53	3,53	9,22	7,31	3,52
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	9,23	9,21	9,19	7,31	7,29	7,27	3,52	3,51	3,51	9,21	7,29	3,51
26	Koserow (DE), plaża	10,38	10,43	10,46	7,35	7,71	7,78	12,46	12,69	12,7	10,42	7,61	12,62

Tab. 8. Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły

Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki średnie – pomiaru polowe			Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek					Uwagi	Pomiary laboratoryjne 8.10.2021 r.	
		O ₂ [mgO ₂ /L]	odczyn [pH]	przewod- nictwo [mS/cm]	O ₂ [mgO ₂ /L]	odczyn [pH]	przewod- nictwo [mS/cm]	mętność [NTU]	chlorki [mg/L]		odczyn [pH]	zasado- wość ogólna [mval/L]
Próbki dostarczone dnia 27.09.2021 r.												
1	Karsibór (PL), dzika plaża	10,90	7,43	4,04	10,54	7,29	3,88	3,87	989	widoczna zawiesina	7,78	2,8
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,73	7,35	4,91	9,55	7,18	4,74	6,05	1249	widoczna zawiesina	7,6	2,6
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,93	7,34	4,84	9,69	7,15	4,74	6,35	1197	widoczna zawiesina	7,52	2,8
4	Bossin (DE)	9,45	7,23	3,56	9,19	7,17	3,49	6,48	872	widoczna zawiesina	7,63	3,1
5	Wilhelmshof (DE)	9,21	7,24	3,37	8,97	7,21	3,3	9,41	755	widoczna zawiesina	7,58	3
6	Usedom (DE)	11,40	8,65	3,12	10,51	7,83	3,09	14	755	widoczna zawiesina	8,1	2,6
7	Karnin (DE)	10,13	7,50	2,91	9,8	7,69	2,86	7,8	690	widoczna zawiesina	7,94	3,05
8	Rankwitz (DE)	11,75	7,41	3,06	11,21	7,86	3,04	8,39	729	widoczna zawiesina	7,89	3
9	Wolgast (DE)	9,66	7,22	11,93	9,73	7,71	11,76	2,96	3350	zawiesina na dnie	7,54	2,3
10	Peenemünde (DE)	11,31	7,35	12,63	10,87	7,68	12,44	2,3	3708	mniej zawiesiny	7,57	2,2
11	Karlsruhe (DE), plaża	10,68	7,73	13,46	10,13	8,2	12,87	3,23	3806	mniej zawiesiny	8	2,5

Tab. 8. (cd.)

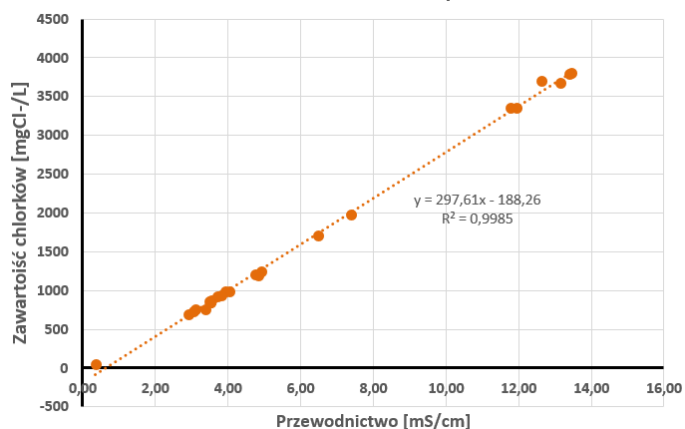
12	Ahlbeck (DE), plaża	10,16	7,48	11,77	9,77	8	11,48	4,5	3350	widoczna zawiesina	7,8	2,4
Próbki dostarczone dnia 29.09.2021 r.												
13	Sułomin (PL)	8,48	7,33	3,92	8,15	7,03	3,83	6,33	989	widoczna zawiesina	7,62	2,9
14	Wapnica (PL)	8,72	7,32	4,75	9,39	6,97	4,63	1,46	1210	mniej zawiesiny	7,56	2,6
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	9,87	7,33	7,40	9,89	7,05	7,19	1,68	1978	mniej zawiesiny	7,6	2,6
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,55	7,36	13,16	10,33	7,11	11,52	1,6	3675	mniej zawiesiny	7,61	2,4
17	Kołczewo (PL)	13,37	7,96	0,35	12,11	7,85	0,302	27,4	51	widoczna zawiesina	8,21	2,4
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	10,17	7,61	3,82	9,15	7,46	3,34	21,5	937	widoczna zawiesina	7,96	2,6
19	Sierosław (PL)	1,98	7,27	3,49	2,3	7,49	3,07	8,58	859	widoczna zawiesina	7,66	2,55
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,59	7,31	13,41	10,27	7,35	11,72	9,89	3799	widoczna zawiesina	7,68	2
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,43	7,28	3,71	7,18	7,58	3,28	3,9	924	widoczna zawiesina	7,79	2,6
22	Dziwnów (PL)	10,26	7,33	6,47	10,02	7,25	5,66	2,1	1713	mniej zawiesiny	7,7	2,6
23	Unin (PL)	7,18	7,19	3,52	6,99	7,28	3,1	3,82	846	widoczna zawiesina	7,6	2,7
24	Wolin (PL), plaża	9,22	7,31	3,52	9,67	7,36	3,08	1,39	846	widoczna zawiesina	7,76	2,85
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	9,21	7,29	3,51	9,26	7,39	3,08	25,9	846	widoczna zawiesina i glony	7,84	2,7
26	Koserow (DE), plaża	10,42	7,61	12,62	9,95	8,1	12,18	3,87	3578	mniej zawiesiny	7,9	2,5

Tab. 9. Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły

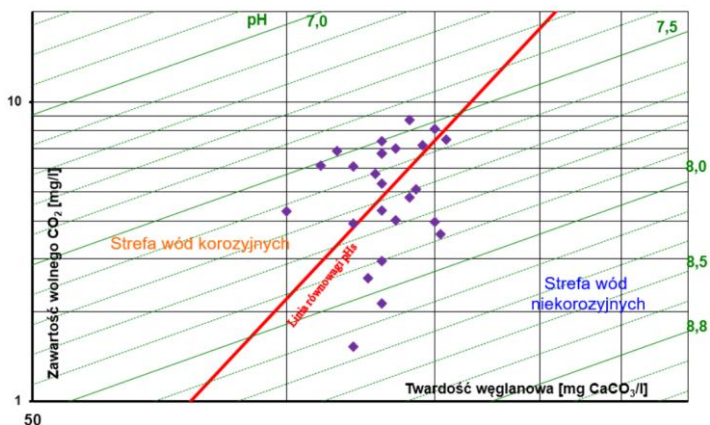
Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki średnie – pomiaru połowe		Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek									
		odczyn [pH]	zasado- wość ogólna [mval/L]	pHs	LSI	kwasowość ogólna [mval/L]	wolny O ₂ [mgCO ₂ /L]	związany CO ₂ [mgCO ₂ /L]	przyna- leżny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	agresywny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	wskaźnik agresywno- ści	twardość węglanowa [mg CaCO ₃ /L]	zmiana stę- żenia O ₂ po 1 dobie
1	Karsibór (PL), dzika plaża	7,78	2,8	7,81	−0,03	0,11	4,8	61,6	6,0	0,0	0,0	140	−0,36
2	Karsibór (PL), Stara Świna	7,6	2,6	7,88	−0,28	0,15	6,7	57,2	4,8	1,9	0,1	130	−0,18
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	7,52	2,8	7,81	−0,29	0,20	8,7	61,6	6,0	2,7	0,1	140	−0,24
4	Bossin (DE)	7,63	3,1	7,72	−0,09	0,17	7,5	68,2	8,2	0,0	0,0	155	−0,26
5	Wilhelmshof (DE)	7,58	3	7,75	−0,17	0,18	8,1	66	7,4	0,7	0,0	150	−0,24
6	Usedom (DE)	8,1	2,6	7,88	0,22	0,05	2,1	57,2	4,8	0,0	0,0	130	−0,89
7	Karmin (DE)	7,94	3,05	7,74	0,20	0,08	3,6	67,1	7,8	0,0	0,0	152,5	−0,33
8	Rankwitz (DE)	7,89	3	7,75	0,14	0,09	4,0	66	7,4	0,0	0,0	150	−0,54
9	Wolgast (DE)	7,54	2,3	7,98	−0,44	0,16	6,8	50,6	3,3	3,5	0,2	115	0,07
10	Peenemünde (DE)	7,57	2,2	8,02	−0,45	0,14	6,1	48,4	2,9	3,2	0,2	110	−0,44
11	Karlshagen (DE), plaża	8	2,5	7,91	0,09	0,06	2,6	55	4,3	0,0	0,0	125	−0,55
12	Ahlbeck (DE), plaża	7,8	2,4	7,94	−0,14	0,09	3,9	52,8	3,8	0,1	0,0	120	−0,39

Tab. 9. (cd.)

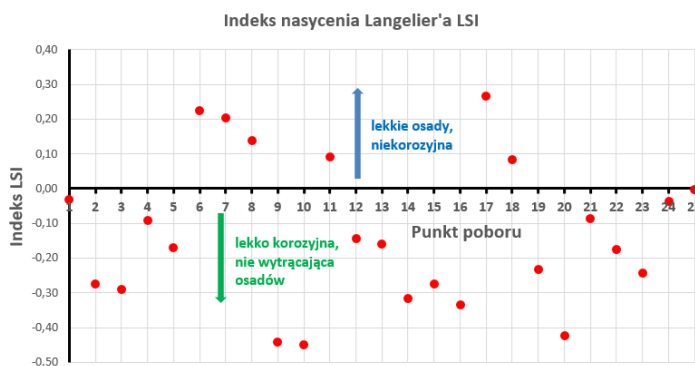
13	Sułomin (PL)	7,62	2,9	7,78	-0,16	0,16	7,2	63,8	6,7	0,5	0,0	145	-0,33
14	Wapnica (PL)	7,56	2,6	7,88	-0,32	0,17	7,4	57,2	4,8	2,6	0,1	130	0,67
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	7,6	2,6	7,88	-0,28	0,15	6,7	57,2	4,8	1,9	0,1	130	0,02
16	Międzyzdroje (PL), SM US	7,61	2,4	7,94	-0,33	0,14	6,1	52,8	3,8	2,3	0,1	120	-0,22
17	Kołczewo (PL)	8,21	2,4	7,94	0,27	0,03	1,5	52,8	3,8	0,0	0,0	120	-1,26
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	7,96	2,6	7,88	0,08	0,07	2,9	57,2	4,8	0,0	0,0	130	-1,02
19	Sierosław (PL)	7,66	2,55	7,89	-0,23	0,13	5,8	56,1	4,6	1,2	0,0	127,5	0,32
20	Międzywodzie (PL), plaża	7,68	2	8,10	-0,42	0,10	4,3	44	2,2	2,1	0,1	100	-0,32
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,79	2,6	7,88	-0,09	0,10	4,3	57,2	4,8	0,0	0,0	130	-0,25
22	Dziwnów (PL)	7,7	2,6	7,88	-0,18	0,12	5,4	57,2	4,8	0,5	0,0	130	-0,24
23	Unin (PL)	7,6	2,7	7,84	-0,24	0,16	7,0	59,4	5,4	1,6	0,0	135	-0,19
24	Wolin (PL), plaża	7,76	2,85	7,80	-0,04	0,12	5,1	62,7	6,4	0,0	0,0	142,5	0,45
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	7,84	2,7	7,84	0,00	0,09	4,0	59,4	5,4	0,0	0,0	135	0,05
26	Koserow (DE), plaża	7,9	2,5	7,93	-0,03	0,08	3,3	53,9	4,1	0,1	0,0	123	-0,47



Ryc. 31. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon ciepły



Ryc. 32. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon ciepły



Ryc. 33. Indeks nasycenia Langeliera (LSI) badanych wód – sezon ciepły

Na podstawie przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych wskazuje się, że:

1. Badane wody charakteryzują się odczynem zbliżonym do obojętnego z przesunięciem w stronę słabo alkalicznych.
2. Niskie szacowane zawartości wolnego i agresywnego dwutlenku węgla, wartości indeksu Langeliera oraz niskie wartości wskaźnika intensywności agresywności kwaso-węglanowej wody wskazują na wodę stabilną o lekkiej tendencji korozyjnej. Na diagramie równowagi węglanowo-wapniowej punkty układają się w pobliżu linii równowagi pHs. Pozwala to założyć, że w temperaturach, w jakich badane były próbki wody, nie powinny wykazywać tendencji do wytrącania osadów mineralnych oraz nie powinny wykazywać działania agresywnego.
3. W prawie wszystkich punktach (z wyjątkiem punktu 17 – jezioro Kołczewo) stwierdzono podwyższone zawartości jonów chlorkowych i zarazem przewodnictwa, charakterystyczne dla wód Bałtyku i ujściowych odcinków rzek. W całym zakresie oznaczonych wartości przewodnictwa i zawartości chlorków stwierdzono występowanie niemal pełnej korelacji pomiędzy tymi parametrami. Jednocześnie stwierdzano wysokie stężenia tlenu rozpuszczonego. Wysokie zawartości chlorków i tlenu rozpuszczonego mogą sprzyjać procesom korozji.
4. Wyniki oznaczeń mętności oraz obserwacja osadów w przypowierzchniowych warstwach wody pozwala wnioskować o organicznym charakterze zawiesiny. Obecność w wodach różnorodnych organizmów może powodować tworzenie się błony biologicznej na powierzchniach zanurzanych w wodzie i w przypadku wymienników ciepła pogarszać warunki wymiany ciepła.

Wyniki pomiarów właściwości fizykochemicznych wody na obszarze MoRE – okres zimowy

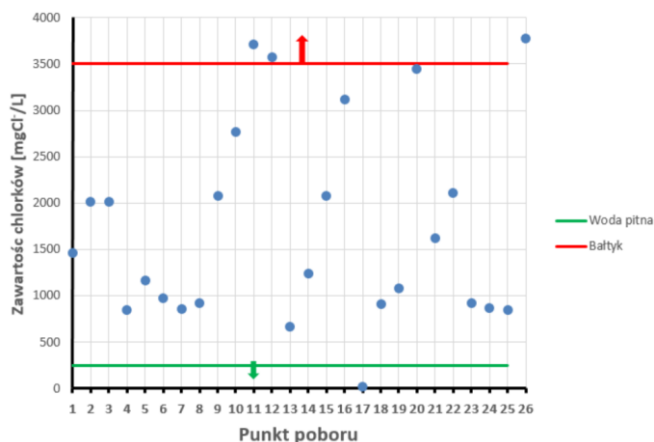
W tabeli 10 przedstawiono wyniki polowe pomierzonej temperatury wody i powietrza w miejscach poboru próbek wody dla okresu zimowego.

Tak jak podczas pomiarów w okresie letnim, również zimą temperatura wody była badana w punktach pomiarowych na różnych głębokościach, a do analizy przyjęto wartość średnią z głębokości. Średnia temperatura wody ze wszystkich punktów pomiarowych w okresie wykonywania pomiarów wynosiła 2,6 °C, natomiast temperatura powietrza 7,6 °C. Mimo wykonywania pomiarów temperatury w ciągu dwóch dni nie zauważono znaczącego rozrzutu temperatury powietrza w punktach pomiarowych. Najniższą zmierzoną wartość odnotowano w miejscowości Sułomino na wyspie Wolin, wynosiła 3,8 °C, natomiast najwyższą

zmierzoną wartość odnotowano w miejscowości Międzyzdroje, również na wyspie Wolin, wynosiła 9 °C. Podobnie jak w okresie letnim wahania temperatury wody wykazywały niższą amplitudę. Najniższą średnią temperaturę wody 0 °C odnotowano w miejscowości Sułmino. Tak niska temperatura była spowodowana najprawdopodobniej napływającymi formacjami lodowymi oraz małą głębokością w punkcie pomiaru, która wynosiła 1,2 m. Najwyższą średnią temperaturę wody, 6,3 °C, odnotowano w miejscowości Karlshagen po stronie wyspy Uznam.

Dokonując podziału punktów pomiarowych na te zlokalizowane na śródlądziu i od strony Zalewu Szczecińskiego oraz na te zlokalizowane po stronie Morza Bałtyckiego, zauważono większe wahania temperatury niż w okresie letnim. Jednak wydaje się, że dla pracy pompy ciepła mogą one być nieistotne. Średnia temperatura wód śródlądowych wynosiła 2,1 °C, natomiast od strony Morza Bałtyckiego 3,6 °C. Tak niska temperatura wody będzie powodowała okresowe obładzanie się wymienników ciepła w każdym trybie pracy, jednak dostępne są już technologie oraz rozwiązania konstrukcyjne aparatów, które w znaczący sposób ograniczają występowanie oblodzenia na powierzchni wymienników ciepła.

W tabeli 11 zestawiono wyniki badań polowych przeprowadzonych w okresie zimowym dotyczących zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych. Na ich podstawie oraz na podstawie badań laboratoryjnych obliczono wartości parametrów analizowanych wód powierzchniowych, co pozwoliło na oszacowanie właściwości wód pod kątem ich korozyjności/agresywności. Wyniki przedstawiono w układzie tabelarycznym (tab. 11–13) i graficznym (ryc. 34–38).



Ryc. 34. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon zimowy

Tab. 10. Wyniki pomiarów polowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – sezon zimowy

Nr lokalizacji	Lokalizacja	Temperatura [°C]	
		woda	powietrze
1	Krasibór (PL), dzika plaża	2,8	8,5
2	Krasibór (PL), Stara Świna	1,3	8
3	Krasibór (PL), Baza 4 Flotyli Szkoleniowej	1,3	7
4	Bossin (DE)	1,8	5,8
5	Wilhemhof (DE)	2,8	8,3
6	Usedom (DE)	3,5	7,5
7	Karnin (DE)	3,8	7,3
8	Rankwitz (DE)	2,5	6,5
9	Wolgast (DE)	3,8	8,3
10	Peenemunde (DE)	3,5	7,8
11	Karlshagen (DE), plaża	6,3	6,5
12	Ahlbeck (DE), plaża	4,3	6
13	Sułomino (PL)	0	3,8
14	Wapnica (PL)	0,8	8,3
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	1,3	8,8
16	Międzyzdroje (PL), plaża	3,5	9
17	Kołczewo (PL), jezioro Kołczewo	2,5	8,3
18	Chynowo (PL), jezioro Koprowo	2,3	8,1
19	Sierosław (PL)	2,3	9
20	Międzywodzie (PL), plaża	5	9
21	Międzywodzie (PL), Zalew	2,5	8,3
22	Dziwnów (PL), ujście rzeki Dziwnej	2,5	8
23	Unin (PL)	2,3	8,5
24	Wolin (PL), plaża	0,5	6,5
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	0,3	7,5
26	Koserow (DE), plaża	5,3	6,25

Tab. 11. Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – sezon zimowy

Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki pomiarów polowych									Wyniki średnie pomiary polowe		
		zawartość tlenu [mgO ₂ /dm ³]			odczyn [pH]			przewodnictwo [mS/cm]			O ₂ [mgO ₂ /dm ³]	odczyn [pH]	przewod- nictwo [mS/cm]
		pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3	pomiar 1	pomiar 2	pomiar 3			
1	Karsibór (PL), dzika plaża	12,45	12,51	–	7,23	7,23	–	5,7	5,7	–	9,86	7,23	5,70
2	Karsibór (PL), Stara Świna	12,78	12,84	12,89	7,36	7,38	7,38	7,74	7,76	7,78	9,32	7,37	7,76
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	12,69	12,73	12,76	7,42	7,41	7,41	7,36	7,62	7,64	9,23	7,41	7,54
4	Bossin (DE)	12,23	12,26	12,3	7,21	7,22	7,24	3,41	3,43	3,44	7,64	7,22	3,43
5	Wilhelmshof (DE)	12,54	12,6	12,69	7,43	7,45	7,48	4,74	4,74	4,77	8,27	7,45	4,75
6	Usedom (DE)	11,64	11,72	11,74	7,39	7,39	7,39	4,04	4,03	4,05	7,71	7,39	4,04
7	Karnin (DE)	12,17	12,22	12,28	7,47	7,47	7,48	3,64	3,68	3,68	7,79	7,47	3,67
8	Rankwitz (DE)	12,18	12,22	12,28	7,54	7,54	7,53	3,79	3,85	3,85	7,86	7,54	3,83
9	Wolgast (DE)	12,03	12,12	12,12	7,37	7,37	7,39	7,93	7,97	7,97	9,14	7,38	7,96
10	Peenemünde (DE)	12,25	12,33	12,39	7,5	7,48	7,48	9,91	10,13	10,13	9,96	7,49	10,06
11	Karlshagen (DE), plaża	12,31	12,35	12,36	7,45	7,44	7,44	13,32	13,34	13,33	11,04	7,44	13,33
12	Ahlbeck (DE), plaża	12,1	12,12	12,14	7,38	7,38	7,38	12,77	12	83	12,84	7,38	35,92
13	Sulomin (PL)	11,86	11,9	11,96	7,58	7,57	7,55	2,79	2,79	2,8	7,42	7,57	2,79

Tab. 11. (cd.)

14	Wapnica (PL)	13,03	13,04	12,7	7,5	7,49	7,49	4,82	4,9	4,93	12,92	7,49	4,88
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	12,84	12,87	12,88	7,47	7,45	7,45	7,65	7,78	7,78	12,86	7,46	7,74
16	Międzyzdroje (PL), SM US	13,03	13,04	12,7	7,5	7,49	7,49	4,82	4,9	4,93	12,92	7,49	4,88
17	Kołczewo (PL)	12,84	12,87	12,88	7,47	7,45	7,45	7,65	7,78	7,78	12,86	7,46	7,74
18	Chynowo (PL), Je- zioro Koprowo	13,03	13,04	12,7	7,5	7,49	7,49	4,82	4,9	4,93	12,92	7,49	4,88
19	Sierosław (PL)	12,84	12,87	12,88	7,47	7,45	7,45	7,65	7,78	7,78	12,86	7,46	7,74
20	Międzywodzie (PL), plaża	13,03	13,04	12,7	7,5	7,49	7,49	4,82	4,9	4,93	12,92	7,49	4,88
21	Międzywodzie (PL), Zalew	9,98	10,24	10,27	7,36	7,36	7,37	6,49	6,48	6,48	8,00	7,36	6,48
22	Dziwnów (PL)	12,27	12,36	12,59	7,39	7,42	7,45	8	8,07	8,11	9,30	7,42	8,06
23	Unin (PL)	11,53	11,59	11,63	7,36	7,46	7,46	3,86	3,86	3,88	7,63	7,43	3,87
24	Wolin (PL), plaża	12,56	12,79	12,97	7,5	7,56	7,56	3,64	3,68	3,69	7,99	7,54	3,67
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	13,08	13,12	13,14	7,55	7,61	7,62	3,59	3,6	3,62	8,10	7,59	3,60
26	Koserow (DE), plaża	12,27	12,32	12,36	7,47	7,46	7,46	13,36	13,39	13,39	11,05	7,46	13,38

Tab. 12. Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – sezon zimowy

Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki średnie – pomiaru polowe			Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek			Pomiary laboratoryjne			
		O ₂ [mgO ₂ /L]	odczyn [pH]	przewodnic- two [mS/cm]	odczyn [pH]	przewodnic- two [mS/cm]	mętność [NTU]	chlorki [mg/L]	odczyn [pH]	kwasowość ogólna [mval/L]	zasadowość ogólna [mval/L]
Próbki dostarczone dnia 3.01.2022 r..											
1	Karsibór (PL), dzika plaża	9,86	7,23	5,70	7,51	5,66	3,73	1464	7,51	2,9	0,2
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,32	7,37	7,76	7,65	7,61	2,37	2017	7,65	2,8	0,2
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,23	7,41	7,54	7,77	7,56	3,82	2017	7,77	2,8	0,2
Próbki dostarczone dnia 4.01.2022 r..											
4	Bossin (DE)	7,64	7,22	3,43	7,26	3,34	5,67	846	7,26	2,8	0,1
5	Wilhelmshof (DE)	8,27	7,45	4,75	7,66	4,6	5,58	1171	7,66	2,8	0,15
6	Usedom (DE)	7,71	7,39	4,04	7,79	3,98	11,5	976	7,79	2,9	0,1
7	Karmin (DE)	7,79	7,47	3,67	7,86	3,6	3,52	859	7,86	3,3	0,2
8	Rankwitz (DE)	7,86	7,54	3,83	7,92	3,79	4,37	924	7,92	3,1	0,15
9	Wolgast (DE)	9,14	7,38	7,96	7,87	7,78	1,8	2082	7,87	2,7	0,05
10	Peenemünde (DE)	9,96	7,49	10,06	7,89	9,86	1,57	2765	7,89	2,6	0,05
11	Karlshagen (DE), plaża	11,04	7,44	13,33	7,96	12,8	2,76	3708	7,96	2	0,05

Tab. 12. (cd.)

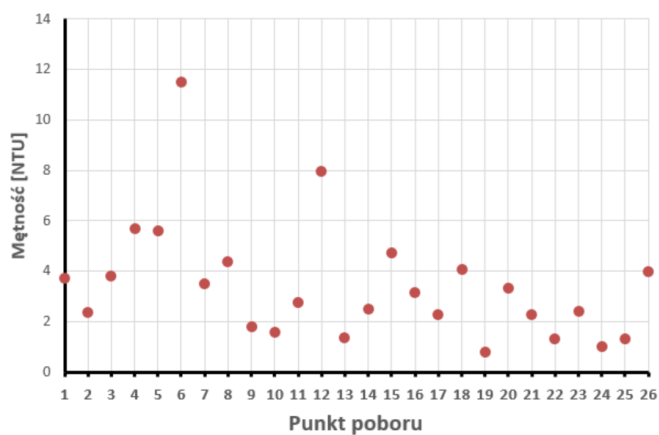
12	Ahlbeck (DE), plaża	12,84	7,38	35,92	7,96	12,58	7,98	3578	7,96	2,1	0,1
Próbki dostarczone dnia 3.01.2022 r.											
13	Sulomin (PL)	7,42	7,57	2,79	7,86	2,81	1,38	664	7,86	2,4	0,2
14	Wapnica (PL)	12,92	7,49	4,88	7,87	4,93	2,48	1236	7,87	2,9	0,1
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	12,86	7,46	7,74	7,88	7,77	4,73	2082	7,88	2,7	0,1
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,35	7,44	11,50	7,73	11,38	3,14	3123	7,73	2,2	0,1
17	Kołczewo (PL)	6,28	7,55	0,40	7,9	0,41	2,27	21	7,9	2,8	0,15
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	7,81	7,48	3,78	7,72	3,76	4,05	911	7,72	3	0,1
19	Sierosław (PL)	8,05	7,44	4,42	7,85	4,4	0,79	1080	7,85	3	0,1
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,61	7,47	12,44	7,79	12,34	3,32	3448	7,79	2,2	0,15
21	Międzywodzie (PL), Zalew	8,00	7,36	6,48	7,66	6,39	2,29	1626	7,66	2,9	0,15
22	Dziwnów (PL)	9,30	7,42	8,06	7,74	7,96	1,32	2114	7,74	2,7	0,15
23	Unin (PL)	7,63	7,43	3,87	7,82	3,86	2,41	924	7,82	3,2	0,15
24	Wolin (PL), plaża	7,99	7,54	3,67	7,89	3,66	1,02	872	7,89	3	0,15
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	8,10	7,59	3,60	7,88	3,62	1,33	846	7,88	3,1	0,15
26	Koserow (DE), plaża	11,05	7,46	13,38	7,95	13,06	4	3773	7,95	2	0,05

Tab. 13. Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – sezon zimowy

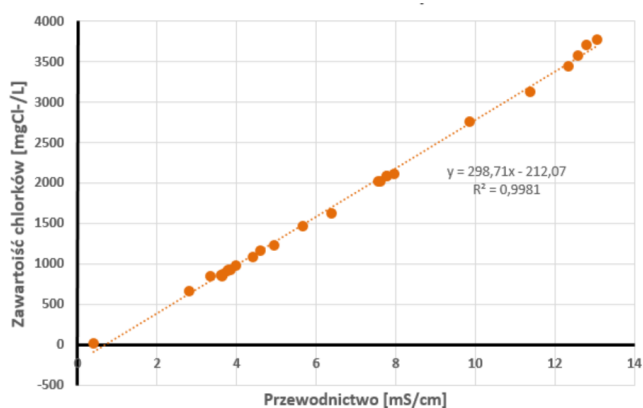
Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki średnie – pomiary polowe									
		odczyn [pH]	zasadowość ogólna [mval/L]	pHs	LSI	wolny O ₂ [mgCO ₂ /L]	związany CO ₂ [mgCO ₂ /L]	przynależny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	agresywny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	wskaźnik agresywności	twardość wę- glanowa [mg CaCO ₃ /L]
1	Karsibór (PL), dzika plaża	7,51	2,9	0,2	7,78	8,8	63,8	6,7	2,1	0,1	145
2	Karsibór (PL), Stara Świna	7,65	2,8	0,2	7,81	8,8	61,6	6,0	2,8	0,1	140
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	7,77	2,8	0,2	7,81	8,8	61,6	6,0	2,8	0,1	140
4	Bossin (DE)	7,26	2,8	0,1	7,81	4,4	61,6	6,0	0,0	0,0	140
5	Wilhelmshof (DE)	7,66	2,8	0,15	7,81	6,6	61,6	6,0	0,6	0,0	140
6	Usedom (DE)	7,79	2,9	0,1	7,78	4,4	63,8	6,7	0,0	0,0	145
7	Karnin (DE)	7,86	3,3	0,2	7,67	8,8	72,6	9,9	0,0	0,0	165
8	Rankwitz (DE)	7,92	3,1	0,15	7,72	6,6	68,2	8,2	0,0	0,0	155
9	Wolgast (DE)	7,87	2,7	0,05	7,84	2,2	59,4	5,4	0,0	0,0	135
10	Peenemünde (DE)	7,89	2,6	0,05	7,88	2,2	57,2	4,8	0,0	0,0	130
11	Karlshagen (DE), plaża	7,96	2	0,05	8,10	2,2	44	2,2	0,0	0,0	100
12	Ahlbeck (DE), plaża	7,96	2,1	0,1	8,06	4,4	46,2	2,5	1,9	0,1	105

Tab. 13. (cd.)

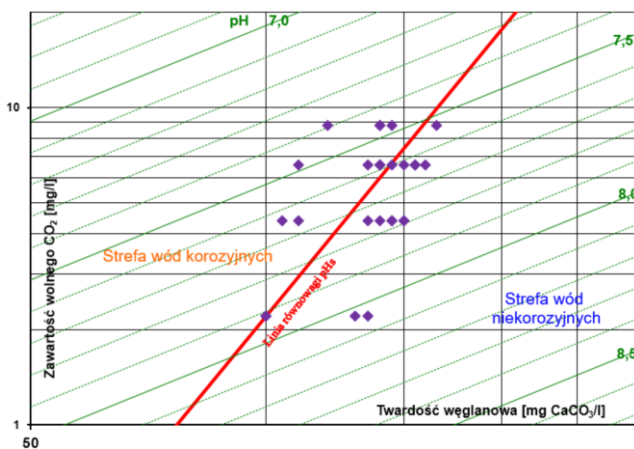
13	Sułomin (PL)	7,86	2,4	0,2	7,94	8,8	52,8	3,8	5,0	0,4	120
14	Wapnica (PL)	7,87	2,9	0,1	7,78	4,4	63,8	6,7	0,0	0,0	145
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	7,88	2,7	0,1	7,84	4,4	59,4	5,4	0,0	0,0	135
16	Międzyzdroje (PL), SM US	7,73	2,2	0,1	8,02	4,4	48,4	2,9	1,5	0,0	110
17	Kołczewo (PL)	7,9	2,8	0,15	7,81	6,6	61,6	6,0	0,6	0,0	140
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprówo	7,72	3	0,1	7,75	4,4	66	7,4	0,0	0,0	150
19	Sierosław (PL)	7,85	3	0,1	7,75	4,4	66	7,4	0,0	0,0	150
20	Międzywodzie (PL), plaża	7,79	2,2	0,15	8,02	6,6	48,4	2,9	3,7	0,3	110
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,66	2,9	0,15	7,78	6,6	63,8	6,7	0,0	0,0	145
22	Dziwnów (PL)	7,74	2,7	0,15	7,84	6,6	59,4	5,4	1,2	0,0	135
23	Unin (PL)	7,82	3,2	0,15	7,69	6,6	70,4	9,0	0,0	0,0	160
24	Wolin (PL), plaża	7,89	3	0,15	7,75	6,6	66	7,4	0,0	0,0	150
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	7,88	3,1	0,15	7,72	6,6	68,2	8,2	0,0	0,0	155
26	Koserow (DE), plaża	7,95	2	0,05	8,10	2,2	44	2,2	0,0	0,0	100



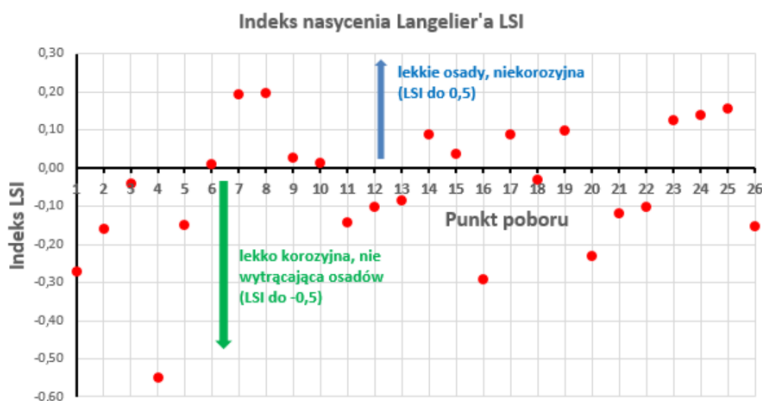
Ryc. 35. Mętność badanych wód [NTU] – sezon zimowy



Ryc. 36. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon zimowy



Ryc. 37. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon zimowy



Ryc. 38. Indeks nasycenia Langeliera (LSI) badanych wód – sezon zimowy

Analiza wyników prób wód pobranych w sezonie zimowym pozwala na wyciągnięcie podobnych wniosków jak w przypadku wyników badań przeprowadzonych w sezonie letnim:

1. Badane wody charakteryzują się odczynem zbliżonym do obojętnego z przesunięciem w stronę słabo alkalicznych.
2. Niskie szacowane zawartości wolnego i agresywnego dwutlenku węgla, wartości indeksu Langeliera oraz niskie wartości wskaźnika intensywności agresywności kwaso-węglanowej wody wskazują na wodę stabilną o lekkiej tendencji korozyjnej. Na diagramie równowagi węglanowo-wapniowej punkty układają się w pobliżu linii równowagi pHs. Pozwala to założyć, że w temperaturach, w jakich badane były próbki wody, nie powinny wykazywać tendencji do wytrącania osadów mineralnych ani nie powinny wykazywać działania agresywnego.
3. W prawie wszystkich punktach (z wyjątkiem punktu 17 – jezioro Kołczewo) stwierdzono podwyższone zawartości jonów chlorkowych i zarazem przewodnictwa, charakterystyczne dla wód Bałtyku i ujściowych odcinków rzek. W całym zakresie oznaczonych wartości przewodnictwa i zawartości chlorków stwierdzono występowanie niemal pełnej korelacji pomiędzy tymi parametrami. Jednocześnie stwierdzano wysokie stężenia tlenu rozpuszczonego. Wysokie zawartości chlorków i tlenu rozpuszczonego mogą sprzyjać procesom korozji, które jednak mogą być osłabione ze względu na niższe temperatury.
4. Niższe niż w przypadku sezonu letniego wyniki oznaczeń mętności oraz obserwacja osadów w przypowierzchniowych warstwach wody zdają się potwierdzać wniosek o organicznym charakterze zawiesiny. Obecność

w wodach różnorodnych organizmów może powodować tworzenie się błony biologicznej na powierzchniach zanurzanych w wodzie i w przypadku wymienników ciepła pogarszać warunki wymiany ciepła, przy czym w sezonie zimowym procesy te mogą być zwolnione.

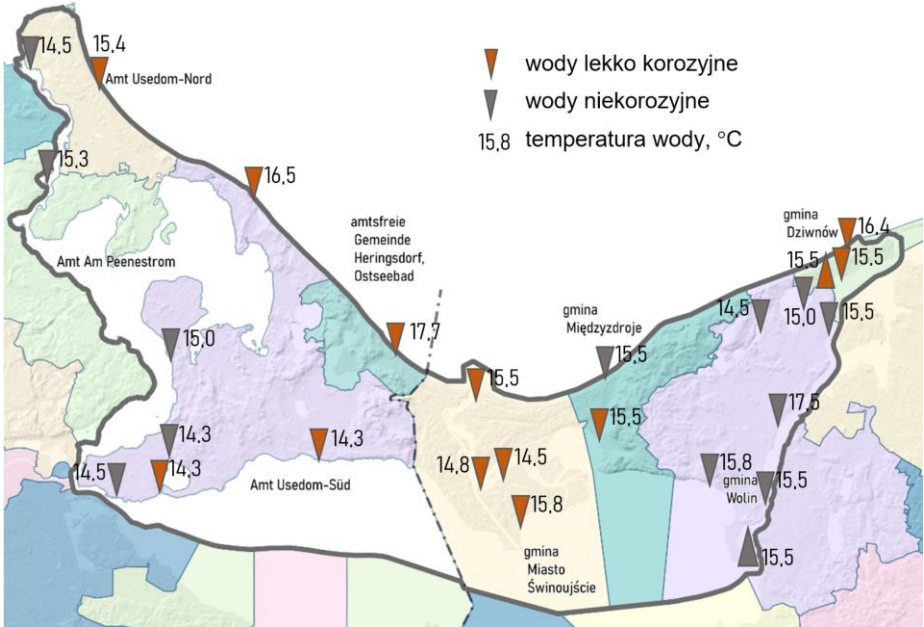
Możliwości wykorzystania wody jako źródła chłodu i ciepła dla pomp ciepła – podsumowanie

Na rycinie 39 przedstawiono wyniki badań wód powierzchniowych obejmujących korozyjność oraz temperaturę wody, przeprowadzone w sezonie letnim, a na rycinie 40 – w sezonie zimowym.

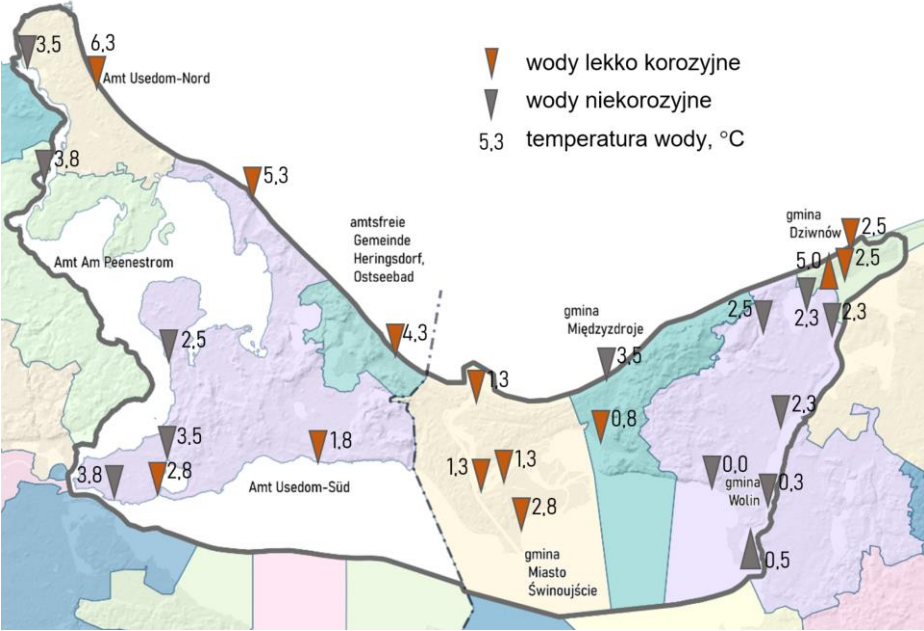
Jak wynika z przeprowadzonych badań polowych oraz analiz laboratoryjnych próbek wody zebranych ze zbiorników wodnych wysp Wolin i Uznam, wody powierzchniowe na obszarze MoRE nie wykazują wysokich właściwości korozyjnych. Istnieje jednak niebezpieczeństwo zarastania błoną biologiczną wymienników ciepła umieszczonych bezpośrednio w wodzie. Ma to związek z biologiczną zawiesiną występującą w wodzie, która jest wynikiem w głównej mierze działalności rolniczej człowieka na tym obszarze i spowodowanego nią spływu nawozów rolniczych, będących przyczyną m.in. intensywnego wzrostu glonów w okresie letnim.

Pomierzona temperatura wody w okresie letnim pozwala wnioskować o dużym potencjale rzutu ciepła na analizowanym obszarze (zastosowanie wód do celów chłodniczych), pod warunkiem wykorzystania na cele chłodnicze i klimatyzacyjne tylko wód powierzchniowych otwartych, z wyłączeniem małych zamkniętych zbiorników śródlądowych lub o małej wymianie masy (przepływie). Wykorzystanie takich zbiorników śródlądowych na cele chłodnicze (zwłaszcza dla dużych instalacji pomp ciepła) mogłoby doprowadzić do ich degradacji biologicznej z uwagi na przyspieszenie procesu eutrofizacji.

W okresie zimowym zauważa się duże zróżnicowanie temperatury wody w zbiornikach znajdujących się na analizowanym terenie. Pomiary wykazały wyższe temperatury wody w Morzu Bałtyckim w stosunku do temperatur wód śródlądowych. Z punktu widzenia termodynamiki obiegu pompy ciepła wyższe temperatury nośnika ciepła są korzystniejsze w kontekście uzyskiwanych wartości współczynnika efektywności energetycznej COP. Z drugiej strony, biorąc pod uwagę średnie zasolenia Bałtyku na poziomie 7–8‰ na etapie inwestycyjnym, należy przewidzieć zastosowanie wymienników ciepła odpornych na właściwości korozyjne wody morskiej. W innym przypadku należy liczyć się z krótszą żywotnością aparatów oraz skróconym czasem wymaganych serwisów.



Ryc. 39. Temperatura oraz korozyjność wód powierzchniowych w sezonie letnim



Ryc. 40. Temperatura oraz korozyjność wód powierzchniowych w sezonie zimowym

W okresie występowania temperatur wody poniżej 5 °C należy wykorzystać odpowiednie technologie odzysku ciepła, które zabezpieczą parownik przed tworzeniem się warstwy lodu na jego powierzchni.

Z uwagi na uwarunkowania klimatyczne regionu wysp Uznam i Wolin podczas planowania inwestycji związanych z wodnymi pompami ciepła należy wziąć pod uwagę niekoherentność ilości ciepła możliwego do pozyskania z wód powierzchniowych w okresie zimowym oraz zapotrzebowania na to ciepło do celów grzewczych w tym okresie. Niskie temperatury powietrza atmosferycznego w okresie zimnym wpływają na kształtowanie się temperatury wód powierzchniowych, co realnie przekłada się na spadek wydajności oraz współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. W tym okresie zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania i produkcji ciepłej wody użytkowej jest największe. W tym przypadku trzeba przewidzieć okresowe spadki wydajności i zaprojektować instalację o odpowiednio większej wydajności (odnosząc się do występowania minimalnej temperatury wody i powietrza oraz długości ich utrzymywania się na danym obszarze). Innym sposobem, aby uniknąć zjawiska niepokrywania się wydajności pompy ciepła z wymaganą ilością ciepła potrzebną do utrzymania komfortu cieplnego i przygotowania ciepłej wody użytkowej, jest projekt i budowa instalacji hybrydowej, w której pompa ciepła stanowiłaby jedno z dwóch źródeł ciepła, a algorytm pracy oparty byłby na odpowiednim włączaniu pompy ciepła w zależności od kształtowania się temperatury zewnętrznych. Jednym z dobrych przykładów trybów pracy takiej instalacji jest tryb monoenergetyczny. Pompa ciepła w takim przypadku jest wspierana przez dodatkowe elektryczne źródło ciepła (np. wbudowany przepływowy podgrzewacz elektryczny lub kocioł elektryczny). Tryb monoenergetyczny pozwala zastosować jedynie przyłącze elektroenergetyczne do budynku (np. przy braku dostępu do sieci gazowej). Taki tryb pracy dobrze sprawdza się w obiektach poddawanych termomodernizacji, a praca pompy ciepła może pokryć nawet 90% potrzeb rocznych na ciepło.

Problem niekoherentności nie występuje w okresie letnim. Odpowiednio zaprojektowana wodna pompa ciepła bez problemu poradzi sobie ze zrzutem nadmiaru ciepła do powierzchniowych zbiorników wodnych nawet w okresach, gdy ich temperatura przekracza 25 °C. Odpowiednio duża bezwładność zbiorników oraz intensywny proces wymiany ciepła poprzez parowanie nie będą miały wpływu na podwyższenie się temperatury wody.

Wszystkie rozpatrywane warianty instalacji pompy ciepła, tj.:

- pompa ciepła pracująca z bezpośrednim odparowaniem/skraplanie czynnika chłodniczego w wodzie,

- pompa ciepła pracująca z obiegiem pośrednim (obieg glikolowy), zarówno w okresie zimowym, jak i letnim,
- pompa ciepła z wymiennikiem płaszczowo-rurowym pracującym jako parownik w okresie zimowym i skraplacz w okresie letnim, do którego woda dostarczana byłaby rurociągiem ssawnym (zasysanie wody ze zbiornika wodnego przez aparat ssawny),

w obliczu pomierzonej temperatury wód powierzchniowych cechowałyby się wysokim współczynnikiem efektywności energetycznej COP. Przy czym należy zauważyć, że instalacje z obiegiem pośrednim oraz z tłoczeniem wody do maszynowni pompy ciepła na wymiennik np. płaszczowo-rurowy dotyczyć miałyby dużych obiektów o zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania/chłodzenia i przygotowania ciepłej wody użytkowej na poziomie zużycia w obiektach użyteczności publicznej (szkoły, urzędy, kościoły, biurowce, hale sportowe) lub w całorocznie wykorzystywanych obiektach zamieszkania zbiorowego (pensjonaty, hotele).

Instalacje pracujące z bezpośrednim odparowaniem/skraplanie czynnika chłodniczego w wodzie doskonale sprawdzą się w małych gospodarstwach domowych, budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, kempingach, marinach, restauracjach i pubach położonych nad brzegiem akwenu zarówno w okresie zimowym, jak i letnim.

Należy podkreślić, że wyższą efektywność kosztową (ekonomiczną) pomp ciepła w porównaniu z innymi systemami grzewczymi najłatwiej jest zauważyć w okresach przejściowych, tj. w strefie klimatycznej charakterystycznej dla obszaru MoRE – w okresie wiosennym i jesiennym. Okresy te cechują się dużym wahaniami temperatury zewnętrznej w ciągu doby (między nocą a dniem), co wymusza na użytkowników załączanie systemów grzewczych w celu kompensacji strat ciepła. Utrzymujące się relatywnie wysokie temperatury powietrza, wody i gruntu w tych okresach decydują o wysokiej efektywności energetycznej pomp ciepła. Przykładowo w systemie pompy ciepła powietrze/woda urządzenie pracuje w czasie dnia, tj. np. między godziną 12.00 a 17.00, kiedy temperatura jest jeszcze wysoka (nawet 15 °C w październiku), dostarczając ciepło do bufora ciepłej wody. Woda ta użytkowana jest później do celów grzewczych oraz jako ciepła woda użytkowa. Statystycznie w strefie klimatycznej południowego Bałtyku największe rozbiory wody z bufora ciepła występują rano, między godziną 7.00 a 11.00, oraz wieczorem – od godziny 19.00 do 22.00. W takich warunkach pompa ciepła z powodzeniem pracuje w trybie monowalentnym (bez konieczności załączenia szczytowego źródła ciepła), pokrywając 100% zapotrzebowania na ciepło lub chłód.

Wskazuje się również, że istnieje wysoki potencjał wykorzystania pomp ciepła w sezonie letnim (ciepłym) tylko na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej (pobór ciepła ze zbiornika). W tym przypadku można wykorzystać też jeziora, ponieważ pobór ciepła i wskutek tego ochładzanie wody w zbiorniku (głównie małe zbiorniki śródlądowe) będą wpływać korzystnie na jego stan, spowalniając przebieg procesu eutrofizacji.

Podczas pomiaru temperatury w miejscach charakterystycznych zwracano również uwagę na gradient temperatury w kierunku dna zbiornika. W okresie letnim w większości przypadków różnica między temperaturą wody na dnie zbiornika a temperaturą na powierzchni nie przekraczała 1 °C (maksymalna głębokość w punkcie pomiarowym wynosiła 3 m). W przypadku zastosowania systemu pompy ciepła, w którym woda tłoczona byłaby rurami do wymiennika ciepła, zależność taka jest korzystna. Czerpak wody można zanurzyć na głębokości np. 2 m pod powierzchnią wody. Takie rozwiązanie w znaczący sposób polepszy „jakość” wody dostarczanej do wymiennika w celu odparowania/skroplenia czynnika chłodniczego, ponieważ największe skupisko różnorodnych organizmów tworzących błonę biologiczną występuje przy powierzchni tafli wody.

W okresie zimowym gradient temperatur w punktach pomiarowych nie przekraczał 2 °C. Przy czym należy zauważyć, że zależność ta była odwrotnie proporcjonalna do kierunku gradientu temperatury wody w okresie letnim. Woda przy powierzchni zbiornika charakteryzowała się najniższą temperaturą, natomiast przy dnie zbiornika w wielu przypadkach była wyższa. Przyczyną takiego rozkładu temperatur w zbiorniku wodnym w okresie zimowym jest częściowo występujące oblodzenie powierzchni wody. Natomiast ruchy konwekcyjne powodują, że woda o największej gęstości (ok. 4 °C) zalega na dnie zbiornika. W takiej sytuacji czerpanie wody odbywałoby się możliwie blisko dna zbiornika. W przypadku występującego znacznego oblodzenia należy przewidzieć wykonanie zabezpieczenia rury czerpalnej (jeżeli system przewiduje instalację naziemną) przed oddziaływaniem dryfującego lodu.

Jak wynika z analizy pomiarów temperatury wody i powietrza w wybranych lokalizacjach badań pilotażowych, pomiarów właściwości fizykochemicznych wody oraz analizy trendów związanych z występującym oblodzeniem, zastosowanie wodnych pomp ciepła jako źródła chłodu i ciepła może przynieść wymierne korzyści zarówno pod względem środowiskowym, jak i finansowym. Zwiększenie ich udziału w ogólnej liczbie urządzeń dostarczających ciepło/chłód na obszarze MoRE może przyczynić się do poprawy jakości powietrza w sposób pośredni i bezpośredni, redukując emisję dwutlenku węgla oraz innych

szkodliwych substancji powstających podczas spalania paliw kopalnych. Dodatkowo odpowiednia organizacja systemu zasilania pomp ciepła za pomocą energii elektrycznej powstałej z ogniw fotowoltaicznych lub istniejących farm wiatrowych (z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury) sprawi, że urządzenia te będą dostarczać energię w postaci ciepła i chłodu w 100% wyprodukowaną ze źródeł odnawialnych. Ograniczenie zanieczyszczeń oraz stosowanie nowoczesnych zielonych technologii pozyskiwania ciepła i chłodu przełoży się na wzrost konkurencyjności wysp względem innych terenów nadmorskich.

Analizowany region pod względem uwarunkowań środowiskowych i geograficznych ma duży potencjał do wdrażania systemów grzewczych i chłodniczych bazujących na wykorzystaniu energii odnawialnej.

Wszystkie te działania są zbieżne z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1119 z dnia 30 czerwca 2021 r. ustanawiającym ramy dla osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmieniające rozporządzenia (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999 (Europejskie prawo o klimacie). Rozporządzenie to weszło w życie dnia 29 lipca 2021 r. i zgodnie z nim państwa Unii Europejskiej prawnie zobowiązały się, że do 2030 r. zredukują emisje gazów cieplarnianych o co najmniej 55% (względem poziomu z 1990 r.) oraz że Unia Europejska stanie się neutralna klimatycznie do 2050 r.

Świnoujście – masterplan oświetlenia

Piotr Ratajkiewicz, Marcin Ciupak¹, Konrad Rychlik¹,
Magdalena Pożarowszczyk¹, Mateusz Cieślik¹,
Agnieszka Wawiórko¹, Karolina Kurtz-Orecka²

*Studio DL sp. z o.o.; ¹ Politechnika Poznańska; ² Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie*

Wstęp

Podstawową rolą oświetlenia miejskiego jest zapewnienie po zmroku poczucia bezpieczeństwa mieszkańcom oraz zmniejszenie przestępczości, jednak poza tą podstawową funkcją oświetlenie odgrywa także niezwykle istotną rolę w percepcji przestrzennej – jest nieocenionym spoiwem miasta. Nocny wizerunek miasta współtworzą trzy grupy oświetlenia: użytkowe, reklamowe i reprezentacyjne [1]. Po zmroku to właśnie oświetlenie czyni możliwym odczytanie wizerunku przestrzeni, komponuje ją i ukierunkowuje uwagę odbiorcy na wybrane elementy. Dzięki swoim cechom wzmacnia klimat miejsca – emocjonalne odczuwanie otoczenia, wpływa na kondycję psychiczną i nastrój użytkowników przestrzeni miejskiej, dlatego też wymaga wnikliwego zaplanowania. Błędy w zaprojektowaniu oświetlenia przestrzeni publicznych mogą skutkować wystąpieniem trzech typów zagrożeń [1]: natury estetycznej, ekologicznej oraz psychofizycznej.

Warunkiem powodzenia integracji miasta przez światło jest stworzenie kompleksowego projektu oświetlenia [1]. Z jednej strony, w przypadku Świnoujścia położonego na trzech wyspach, zawierającego specyficzne obszary ukształtowane przez dominujące tu funkcje miastotwórcze (przemysł, turystyka, kurtort, port, baza Marynarki Wojennej) oraz przestrzenne efekty rozwoju historyczno-urbanistycznego (Park Zdrojowy w pierwotnej funkcji związania i osuszania nowych gruntów – terenów polderowych z okresu udrażniania Świny do celów żeglugowych), wymaga to wprowadzenia rozwiązań pozwalających na identyfikację miasta i kreowanie jego wizerunku, spójne kształtowanie przestrzeni światłem i jej upiększanie. Z drugiej strony, pozwala kształtować wiele twarzy tego samego miasta. Wielokierunkowa dostępność miasta, rozszerzona z dróg lądowych na szczególnie istotne dla tego miejsca drogi wodne, powoduje wielowątkowe i wielopłaszczyznowe odbieranie Świnoujścia w zależności od obecnego punktu obserwacji. Czytane jest z lądu, ale również z wody – morza, drogi wodnej i licznych meandrów starego koryta rzeki.

Świnoujście z uwagi na swoje położenie i walory przyrodniczo-krajoznawcze ma ogromny potencjał w zakresie nocnej odsłony. Praca prezentuje wybrane zagadnienia kreowania nocnego wizerunku miasta, opracowane w ramach masterplanu oświetlenia Świnoujścia [2]. Podstawowym założeniem opracowanej koncepcji modernizacji oświetlenia użytkowego i reprezentacyjnego miasta było podniesienie jakości przestrzeni miejskiej, zwiększenie identyfikowalności poszczególnych obszarów Świnoujścia, ukierunkowanie zainteresowania na wybrane obiekty oraz ruchu w zidentyfikowanych istotnych dla miasta kierunkach, jak również wskazanie potencjału energetycznego i środowiskowego tkwiącego w modernizacji oświetlenia miejskiego.



Ryc. 1. Analiza planu Świnoujścia z oznaczeniem przestrzeni istotnych dla nocnej percepcji miasta [2]

Koncepcja modernizacji oświetlenia miejskiego w Świnoujściu przygotowana została z uwzględnieniem tzw. reguł DNA, obejmujących:

- regułę 1 – autentyczność,
- regułę 2 – porządek typów opraw i kolorów masztów,
- regułę 3 – porządek oświetlenia,
- regułę 4 – aranżację światłem.

Reguła 1

Założono, że reguła 1 – autentyczność – powinna eksponować klasycznego i romantycznego ducha miejsca – Świnoujścia, miasta wielopłaszczyznowego i wielowątkowego. W ramach jej realizacji przewidziano wyeksponowanie ciągów komunikacyjnych prowadzących w kierunku morza i promenady, rozróżnienie przestrzeni urbanistycznych – centrum oraz jego otoczenia przez wyeksponowanie wodnej panoramy miasta (ryc. 1) oraz umożliwienie nocnej percepcji ważnych obiektów w mieście (ryc. 2).



Ryc. 2. Zwiększenie percepcji ważnych obiektów dzięki zastosowaniu odpowiedniej gry światłem [2]

Reguła 2

W ramach reguły 2 przewidziano eksponowanie istotnych dla percepcji przestrzeni miejskiej ciągów komunikacyjnych przez zastosowanie w wydzielonych strefach charakterystycznych typów opraw oraz kolorów masztów oświetlenia ulicznego. W przypadku Świnoujścia zidentyfikowano pięć stref przestrzennych podlegających wyróżnieniu za pomocą techniki oświetleniowej, tj.:

- strefę 1 – tereny niezabudowane, drogi dojazdowe, tereny na wyspie Kar-sibór,
- strefę 2 – obszar centrum oraz główne drogi dojazdowe do centrum,
- strefę 3 – tereny mieszkaniowe,
- strefę 4 – tereny nadmorskie,
- strefę 5 – kurort.

Reguła 3

Zgodnie z regułą 3 – porządkiem oświetlenia – przewidziano nadanie poszczególnym przestrzeniom miasta oświetlenia o zadanej temperaturze barwowej (w zakresie od 2200 do 5500 K) oraz sposobie dystrybucji światła (ryc. 3). Działanie to ma na celu wzmocnienie cech wytypowanych obszarów, umożliwiającą orientację przestrzenną użytkownikom.



Ryc. 3. Koncepcja przypisania temperatury barwowej źródeł oświetlenia użytkowego wybranym obszarom miasta [2]

Reguła 4

Wprowadzenie reguły 4 – aranżacji światłem – przez zastosowanie oświetlenia komponowanego, iluminacji i detali świetlnych ma na celu wyeksponowanie elementów tożsamości wskazanych przestrzeni na mapie miasta (ryc. 4 i 5). W wybranych lokalizacjach założono uzyskanie efektu przedłużonego zachodu słońca dzięki zastosowaniu ciepłych barw oświetlenia, gry światłocieniem, iluminacji od dołu z doświetleniem akcentów i górnych partii obiektów, co ma równoważyć powstające cienie.



Ryc. 4. Założenia koncepcji oświetlenia wybranych przestrzeni miasta [2]

Założono podkreślenie tymczasową lub stałą instalacją świetlną ważnych ciągów komunikacyjnych prowadzących w kierunku promenady, morza i wybranych wnętrz urbanistycznych Parku Zdrojowego, jak również tymczasowe instalacje świetlne na Karsiborze, w Parku Zdrojowym oraz w Basenie Północnym (ryc. 5).

Przyjęto zamkniętą listę obiektów do oświetlenia światłem reprezentacyjnym. Przy ich typowaniu uwzględniono kwestie historyczne, znaczeniowe i lokalizacyjne, szczególnie w wielokierunkowym czytaniu sylwety miasta. Jako istotne dla kształtowania „nocnego obrazu miasta” wskazano:

- Stawę Młyny,
- Latarnię Morską Świnoujście,
- zachowane fortalicje: Fort Anioła, Fort Zachodni oraz tzw. Fort Gerharda,
- Kapitanat Portu,
- Poczta nr 1,

- Muzeum Rybołówstwa Morskiego w Świnoujściu (dawny ratusz miejski),
- kościoły: pw. Chrystusa Króla, pw. Niepokalanego Poczęcia Najświętszej Maryi Panny, kościół rzymskokatolicki pw. NMP Gwiazdy Morza,
- wieżę kościoła pw. Marcina Lutra,
- Zakład Opieki Długoterminowej „Fregata”,
- muszlę koncertową,
- Uzdrowisko „Bursztyn” Świnoujście,
- tężnie.



Ryc. 5. Koncepcji oświetlenia wybranych przestrzeni na mapie miasta [2]

Jako istotne dla percepcji przestrzennej i tożsamościowej miasta wskazano również 22 charakterystyczne miejsca na mapie Świnoujścia, w tym m.in.:

- Stawę Młyny,
- tunel pod Świną (w budowie)
- Basen Północny z portem jachtowym,

- obszar śródmiejski – panoramę nad Świną,
- Muzeum Rybołówstwa Morskiego w Świnoujściu (dawny ratusz miejski),
- Park Zdrojowy oraz park Miejski im. Fryderyka Chopina,
- przystań U-Bootów (Karsibór),
- Miejski Dom Kultury Warszów – jako centrum życia społecznego osiedla,
- punkty widokowe – Bunkier Dzwon oraz wieżę kościoła pw. Marcina Lutra,
- muszlę koncertową.

Wskazano również wnętrza urbanistyczne: promenadę, promenadę zdrowia, plac Słowiański, plac Wolności, plac Rybaka, plac Kościelny, plac Adama Mickiewicza, plac zabaw im. Malczewskiego, bulwary nad Świną, skwer Duchów im. Olgi i Andrzeja Małkowskich, skwer Kombatantów RP, skwer Orła Białego, skwer Zesłańców Sybiru oraz muszlę koncertową.

Na rycinach 6–10 przedstawiono przykład szczegółowej analizy koncepcji oświetlenia reprezentacyjnego placu Wolności w Świnoujściu w postaci tzw. kart wymagań opracowanych dla wszystkich istotnych z uwagi na tworzenie „nocnego wizerunku miasta” przestrzeni i obiektów.



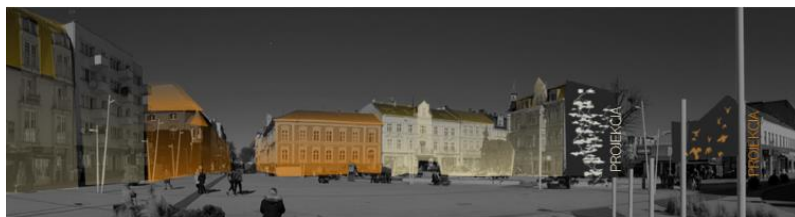
Ryc. 6. Plac Wolności – waloryzacja obiektów tworzących obudowę placu [2]



Ryc. 7. Koncepcja luminacji przestrzeni miejskiej Świnoujścia – plac Wolności [2]



Ryc. 8. Mapa temperatury barwowej obiektów – plac Wolności [2]



Ryc. 9. Wizualizacja oświetlenia placu Wolności [2]

W kartach wymagań opracowanych dla obiektów przedstawiono wartości średnie luminancji poszczególnych elewacji. Oznacza to, że lokalnie na fasadach mogą pojawiać się zarówno wartości większe, jak i mniejsze od podanych w kartach. Akcenty świetlne powinny posiadać luminancje 2–3-krotnie większe w stosunku do wartości średniej lub 4–6-krotnie większe przy silnych akcentach. W szczególnych przypadkach, przy działaniach artystycznych, akcenty mogą mieć luminancję do 10 razy przekraczającą wartość średnią. W tabelach 1 i 2 przedstawiono przyjętą hierarchię obiektów i reguły iluminacji.

Tab. 1. Przyjęta hierarchia i reguły iluminacyjne – luminacja średnia obiektów [2]

Średnia luminacja obiektu [cd/m ²]	Opis
0,5–1,5	łagodny, zwykły welon światła
1,5–2,5	obudowa placów (fasady kamienic zamykających place), istotne obiekty – mocny welon światła
2–3	obiekty iluminowane, o najniższym stopniu hierarchii
3–5	obiekty iluminowane, o średnim stopniu hierarchii
5–15	obiekty iluminowane, o najwyższym stopniu hierarchii, obiekty na zamknięciach osi widokowych
0–50	sztuka, środek wyrazu artystycznego

Tab. 2. Przyjęta hierarchia i reguły iluminacyjne – kontrast [2]

Kontrast	Opis	Przykład zastosowania
1 : 1	obiekty równorzędne	kamienice przy placach oraz pierzeje ulic
1 : 2	obiekty wyróżniające	obiekty wyżej w hierarchii ważności lub
1 : 3	się	budujące panoramę miasta
1 : 4	uplastycznienie obrazu	wybrane akcenty świetlne
1 : 5		
1 : 10	szczególne przypadki	obiekty wymagające szczególnego podkreślenia

Ogólne wytyczne iluminacji

Uzupełniając do kart wymagań stawianych wobec oświetlenia danych obiektów wprowadzono wytyczne dotyczące iluminacji odniesione do: obiektów, opraw oświetleniowych oraz sterowania i instalacji elektrycznej.

Wytyczne dotyczące obiektów poddawanych iluminacji [2]:

- im wyżej położony fragment budynku, tym wyższa temperatura barwowa źródła oświetlenia (chłodniejsza biel),
- koncept zachodzącego słońca – zastosowanie ciepłych smug na szczytach budynków, wybranych fasadach i dachach,
- wprowadzanie niebieskich akcentów dla obiektów portowych, nadmorskich, tworzących panoramę miasta,
- eksponowanie naturalnego kształtu obiektu, jego tektoniki, przy jednoczesnym wydobywaniu jego plastyki i wielopłaszczyznowości,
- jako niedopuszczalne wskazuje się oświetlenie zniekształcające obraz iluminowanego obiektu oraz jego detalu,
- szczyty dominant wysokościowych należy oświetlić ze wszystkich stron celem polepszenia orientacji oraz uatrakcyjnienia nocnej panoramy miasta,
- dopuszcza się subtelne kontrasty barwne bazujące na temperaturach barwowych światła białego (np. na ciepło oświetlonej fasadzie neutralne oświetlenie płaskorzeźby),
- wprowadzanie jako podkład dla głównej iluminacji tzw. oświetlenia podkładowego, za które może służyć welon świetlny (delikatne rozjaśnienie elewacji wg reguły „więcej niż ciemność, lecz mniej niż iluminacja”, „muśnięcie światłem”, które może pochodzić od opraw ulicznych, których część strumienia pada na fasadę),
- ograniczenie zaśmiecania światłem wewnątrz obiektów mieszkalnych.

Ostateczny wybór rozwiązania iluminacji poszczególnych obiektów i wewnątrz urbanistycznych wymaga wizualizacji oraz testów oświetlenia z uwagi na indywidualne właściwości obiektów obejmujące m.in. różny współczynnik odbicia światła.

Wytyczne dotyczące stosowanych opraw oświetleniowych [2]:

- należy zwracać szczególną uwagę, aby nieoświetlone źródła światła lub odbłyśniki opraw oświetleniowych były niewidoczne z głównych kierunków obserwacji; aby zminimalizować zjawisko olśnienia, należy stosować rastry przeciwołśnieniowe, klapy, a także odpowiednio dobrać wysokość zamontowania sprzętu oświetleniowego,
- wszystkie oprawy oświetleniowe muszą być dopasowane swoim wyglądem do otoczenia, tak aby komponowały się z latarnią bądź elewacją i były jak najmniej widoczne za dnia oraz po zmierzchu,
- należy zadbać o odpowiedni współczynnik oddawania barw źródeł światła (Ra), który nie powinien być mniejszy od 70, a w szczególnych przypadkach

dla podkreślenia barw powierzchni nie mniejszy niż 90, a także zadbać o powtarzalność spektrum barw w stosowanych produktach,

- podczas projektowania oświetlenia danego obiektu należy uwzględniać w analizach i udokumentować w projekcie oświetlenie najbliższego otoczenia obiektu, w tym szczególnie pobliskich iluminacji, by zachować spójność miejsca.

Wytyczne dotyczące sterowania i instalacji elektrycznej [2]:

- wskazana jest rozłączność instalacji elektrycznej iluminacji budynków od sieci elektrycznej oświetlenia ulicznego,
- wszystkie oprawy wykorzystane do iluminacji muszą być sterowalne w systemie DMX (warunkowo DALI); docelowo każdy obiekt powinien być włączony do centralnego systemu sterowania iluminacją (CSSI), pozwalającego na zdalne zarządzanie instalacjami w mieście,
- CSSI musi umożliwiać zaprogramowanie i synchroniczne odtwarzanie scenariuszy świetlnych,
- oświetlenie iluminacyjne zgodnie ze scenariuszami powinno być redukowane i/lub wyłączane w nocy.

Wytyczne dotyczące projektowania oświetlenia miejskiego:

- ograniczenie smogu świetlnego i zanieczyszczeń światłem,
- ograniczenie rozświetlania nieba,
- ograniczenie penetracji światła do zamieszkiwanych obiektów,
- stosowanie się do ustalonych prawnie norm oświetleniowych,
- ograniczenie czasu stosowania oświetlenia do czasu użytkowania danej przestrzeni,
- ograniczenie użycia szkodliwych materiałów w elementach technicznych opraw oświetleniowych,
- stosowanie opraw o efektywnym rozsyle światła,
- minimalizacja zużycia energii dzięki stosowaniu energooszczędnych źródeł światła oraz zmniejszenie mocy zainstalowanych opraw,
- stosowanie rozwiązań minimalizujących wpływ oświetlenia na faunę i florę lokalnych ekosystemów.

Potencjał energetyczny wymiany oświetlenia ulicznego w Świnoujściu

W stanie aktualnym zinventaryzowano w mieście 5172 oprawy oświetlenia ulicznego, z czego przeważająca część, bo aż 60% z nich, wyposażona jest w wydawcze źródła oświetlenia: sodowe (55%), metalohalogenkowe (4%) i nieco ponad 1% – źródła fluorescencyjne. 40% stanowią lampy z LED-owymi źródłami

oświetlenia (tab. 3). W badaniach wytypowanych terenów miasta Świnoujście, podlegających weryfikacji parametrów oświetlenia, stwierdzono prześwietlenia wynoszące nawet 200–300% w odniesieniu do obowiązujących wymagań.

Tab. 3. Źródła oświetlenia ulicznego w Świnoujściu – oszacowanie potencjału oszczędności energii na potrzeby oświetlenia miasta poprzez modernizację stosowanych źródeł światła [3]

Źródła światła	W stanie istniejącym	Po modernizacji	
		bez sterowania	z inteligentnym systemem sterowania
Razem	5172	5172	5172
Sodowe	2855	0	0
Metalohalogenkowe	196	0	0
Fluorescencyjne	70	0	0
LED istniejące	2051	2051	2051
LED nowo instalowane	0	2979	2979
Całkowity pobór mocy	529,43 kW	243,26 kW	195,89 kW

Przeprowadzona analiza energetyczna wykazała wysoki potencjał oszczędności na potrzeby oświetlenia miasta przy wymianie źródeł wyładowczych na źródła LED-owe. W przypadku pominięcia w realizacji dodatkowych systemów zarządzania oświetleniem szacowana oszczędność energii wynosi ok. 53%, z wykorzystaniem inteligentnego sterowania oświetleniem wykazano możliwość osiągnięcia oszczędności na poziomie 63%, a z dodatkową korektą wprowadzoną do już istniejących opraw z LED-owymi źródłami światła – nawet na poziomie 70% [3].

Modernizacja oświetlenia ulicznego w Świnoujściu – wytyczne

Projektując oświetlenie uliczne, należy w pierwszej kolejności realizować przyjęte cele oświetleniowe, a następnie poszukiwać rozwiązań sprzętowych do ich realizacji, które zapewniałyby możliwie niskie zużycie energii elektrycznej. Duże znaczenie w tym obszarze ma również wykorzystanie systemów sterowania oświetleniem, zarówno w odniesieniu do instalacji istniejących, jak i nowo projektowanych.

W przypadku istniejących instalacji, które zmodernizowano w ostatnich latach z wykorzystaniem technologii LED, należy przeprowadzić pomiary oświetlenia w zakresie luminancji lub natężenia oświetlenia, a następnie porównać je z wymogami stawianymi dla danej ulicy czy przestrzeni.

W związku z zauważonym w lokalizacjach, w których w ostatnich latach wykonana była modernizacja oświetlenia ulicznego, problemem prześwietlenia ciągów komunikacyjnych oraz jednocześnie ustalenia gotowości sprzętowej do zastosowania systemów sterowania oświetleniem ulicznym, wskazuje się zasadność dalszego usprawnienia zmodernizowanych już źródeł oświetlenia. Jednocześnie podkreśla się konieczność zwrócenia uwagi na cechy systemu komunikacji, tj. odpowiednie protokoły komunikacyjne pozwalające na zarządzanie oświetleniem – protokoły API oraz standard TALQ. Aby system zarządzania oświetleniem spełniał swoją rolę, rekomenduje się zastosowanie maksymalnie dwóch operatorów.

Zaleca się budowanie instalacji oświetleniowych wykorzystujących do zasilania odnawialne źródła energii tylko w uzasadnionych ekonomicznie przypadkach. Ze względu na swoją specyfikę instalacje hybrydowe najczęściej wykorzystywane w Polsce bazują na konstrukcjach wykorzystujących energię pobieraną przez panele fotowoltaiczne oraz miniturbiny wiatrowe współpracujące z zespołem akumulatora zasilającego oprawę oświetleniową. Wydajność tego typu instalacji w praktyce w warunkach klimatycznych charakterystycznych dla obszaru południowego Bałtyku okazuje się niewystarczająca do pokrycia zapotrzebowania na energię do oświetlenia ulic w okresie od późnej jesieni do wczesnej wiosny. Jednak w lokalizacjach, do których doprowadzenie elektroenergetycznej instalacji zasilającej związane byłoby z bardzo wysokimi kosztami, wskazane ograniczenie może być kompensowane przez całkowity rachunek ekonomiczny i korzyści wynikające z posiadania oświetlenia, nawet w częściowym zakresie jego zapotrzebowania.

Podsumowanie

Oświetlenie publiczne odgrywa szczególną rolę w tworzeniu tkanki miejskiej i bezpośrednio oddziałuje na sposób jej użytkowania. Odpowiednio zaaranżowane światło sztuczne wpływa na obraz, jaki serwowany jest obserwatorom. Światło tworzy tożsamość miejsca, kształtuje funkcje przestrzeni oraz rzutuje na sposób odbierania otoczenia przez użytkowników. Poza podstawowymi zadaniami światła, jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa i widoczności po zmroku, jego równoprawnym celem jest budowanie wartości oraz nastrojów. W jakościowej tkance miejskiej, jaką

oferuje swoim odbiorcom Świnoujście, światło powinno być spoiwem i budulcem pozwalającym na percepcję miasta przez turystów, a także na poprawę jakości życia jego mieszkańców.

Bibliografia

1. Bartnicka M., Światło w architekturze i urbanistyce – niedoceniane spoiwo miasta, „Budownictwo i Architektura”, 2017, 16(1), 139–151.
2. Masterplan Oświetlenia dla miasta Świnoujście. Studio DL Sp. z o.o., Warszawa 2022.
3. Audyt efektywności energetycznej oświetlenia ulicznego Miasta Gminy Świnoujście.
4. Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2020 r. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzanie Emisjami. Instytut Ochrony Środowiska Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa, grudzień 2021.

Koncepcja transformacji energetycznej w zakresie ograniczenia zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe na przykładzie miasta Międzyzdroje

Bartosz Jarecki, Jakub Piecuch, Maria Zych-Lewandowska,
Krzysztof Ruciński, Bartłomiej Kasiuk, Jakub Balik, Macieja Mysona
Zespół Doradców Gospodarczych TOR sp. z o.o.

Wstęp

Sezonowość ruchu turystycznego sprawia, że obszary nadmorskie stają przed dylematem związanym ze skalą rozwoju infrastruktury. W szczycie okresu turystycznego popyt na usługi transportowe, natężenie ruchu drogowego i zapotrzebowanie na miejsca parkingowe przekraczają możliwości infrastruktury. Utrzymanie jej w skali adekwatnej do potrzeb szczytowych prowadzić może do przewymiarowania inwestycji, co oznacza wysokie koszty inwestycyjne i utrzymaniowe oraz niewykorzystanie przestrzeni przez pozostałą część roku. Ponadto w warunkach cennych przyrodniczo obszarów, a do takich zaliczyć należy Międzyzdroje, inwestycje powinny być dopasowane tak, aby nie działać ze stratą dla środowiska.

Indywidualne zaspokajanie przez mieszkańców potrzeb transportowych za pomocą komunikacji samochodowej generuje istotne koszty dla samorządu (finansowe związane z koniecznością rozbudowy infrastruktury, hałas, zanieczyszczenie środowiska, zmniejszenie poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego). Wykorzystanie każdego środka transportu (rower, ruch piesz, samochód, autobus) skutkuje powstaniem kosztów zarówno dla mieszkańców, jak i władz publicznych. Część kosztów wynika bezpośrednio z transportu, jak np. zakup pojazdów, paliwa, części zamiennych, amortyzacja, czas podróży, budowa i utrzymanie sieci, wypadki, podatki i opłaty. Pozostałe to koszty zewnętrzne, w tym m.in. zdrowie, zajęta przestrzeń, wpływ na przedsiębiorczość i aktywność społeczną mieszkańców, zanieczyszczenie środowiska, hałas, zużycie energii. Właśnie dlatego głównym celem współczesnych polityk transportowych jest zmniejszenie udziału podróży samochodami. Dla władz publicznych każde zorganizowane publiczne miejsce postojowe oznacza konieczność ponoszenia kosztów ich budowy i utrzymania, dlatego optymalne jest finansowanie parkingów w sposób rynkowy.

Deficyty systemu planowania przestrzennego sprawiają, że prywatni inwestorzy nie są zobowiązani do dostatecznego partycypowania w kosztach rozwiązywania problemów transportowych wywoływanych przez ich działalność. Choć można argumentować, że finansują oni działania sektora publicznego przez podatki, to wpływy te nie są wystarczające, by odpowiadać na wymagania zawarte w politykach transportowych. Nadmorskie ośrodki stoją więc przed pytaniem: czy sektor publiczny powinien ponosić odpowiedzialność i ryzyko finansowe towarzyszące rozwiązywaniu problemów związanych z ruchem turystycznym w szczycie sezonu, a przez cały rok ponosić koszty przeskalowanej infrastruktury? Dotyczy to w szczególności parkingów. Brak możliwości zaparkowania samochodu w legalnym miejscu oznacza pozostawienie go w dowolnym miejscu – na trawniku, chodniku lub tam, gdzie zagraża bezpieczeństwu. Pogarsza to widzenie i sytuację przestrzenną ośrodka. Z drugiej strony nadmiar parkingów powoduje, że niezwykle cenna w warunkach atrakcyjnych przyrodniczo i turystycznie lokalizacja jest wykorzystywana w sposób nieefektywny.

W odniesieniu do ruchu drogowego istnieje wiele paradoksów, które podsumować można stwierdzeniem: budowa nowych dróg i parkingów często tylko powoduje wzrost kongestii. Przepustowość DW102 wyznacza fizyczny limit możliwości zwiększania liczby samochodów w ośrodku. Dodawanie nowych skrzyżowań i zjazdów z tej drogi sprawi, że sytuacja ruchowa w ośrodku może się pogorszyć. Dzieje się tak, ponieważ wydolność sieci determinowana jest przez jej najmniej sprawne fragmenty – tych najczęściej nie można zmienić. Samo działanie na stronę popytową, tj. budowa i poszerzenie nowych dróg, budowa parkingów, to niezwykle kosztowne przedsięwzięcia.

Brakującym elementem polityk polskich samorządów jest pomijanie oddziaływania na stronę popytową, tj. wykorzystywania narzędzi polityki parkingowej do kształtowania zapotrzebowania na usługi w ujęciu czasowym i przestrzennym oraz promowania alternatyw wobec indywidualnej motoryzacji. Problemem z punktu widzenia polityki parkingowej są zarówno parkingi puste, jak i te w pełni zajęte. Gdy kierowcy nie mogą znaleźć wolnego miejsca, krążą w jego poszukiwaniu, pogarszając w ten sposób płynność ruchu, lub parkują w miejscach niedozwolonych. Doświadczenia i badania wskazują, że optymalną sytuacją jest zajętość miejsc pomiędzy 80% a 90%.

Jednostki samorządu terytorialnego powinny prowadzić swoją politykę zgodnie ze strategiami wyższego rzędu i dokumentami europejskimi, a to oznacza konieczność weryfikacji zgodności działań w sferze polityki transportowej z polityką

zrównoważonej mobilności i polityką klimatyczną. W praktyce oznacza to, że podejście: „istnieje deficyt miejsc parkingowych, więc należy wybudować nowe miejsca postojowe” nie jest dziś już wystarczające. Nie oznacza to, że parkingi mają nie powstawać – są one koniecznym i podstawowym elementem infrastruktury transportowej. Każda tego typu inwestycja musi dziś być jednak wpisana w świadomą i wielopłaszczyznową politykę transportową i parkingową [1–3].

Uwarunkowania polityki transportowej w dokumentach strategicznych

Podobnie jak w przypadku *Krajowej strategii rozwoju regionalnego 2030*, autorzy *Krajowej polityki miejskiej 2023* zauważyli negatywne skutki gwałtownego wzrostu motoryzacji. Wśród jego efektów wymieniają m.in. negatywne skutki środowiskowe oraz pogorszenie jakości życia mieszkańców z powodu wydłużenia czasu poświęcanego na odbywanie podróży i degradacji przestrzeni miejskiej (motoryzacja wypiera inne funkcje ulic i placów).

W związku z powyższymi wyzwaniami w myśl strategii celem działań władz samorządowych powinno być osiągnięcie zrównoważonej mobilności w obszarze funkcjonalnym miasta, rozumianej jako odbywanie podróży w takiej ilości i o takiej długości, jakie są potrzebne do zaspokojenia potrzeb życiowych podróżujących z racjonalnym wykorzystaniem poszczególnych podsystemów transportu miejskiego. Osiągnięcie tego celu wymaga ustalenia zmiany zachowań komunikacyjnych jako priorytetu, w szczególności jeśli chodzi o odwrócenie trendu polegającego na wzrastającym uzależnieniu od codziennego wykorzystywania samochodu osobowego przy przemieszczaniu się w obszarze miejskim.

Jak wskazuje *Krajowa polityka miejska* [3], polityka transportowa powinna jednoznacznie stawiać za podstawowy cel osiągnięcie zrównoważonej mobilności. Poszczególne rozstrzygnięcia, decyzje i inicjatywy władz samorządowych, zarówno w odniesieniu do kwestii transportu i mobilności miejskiej, jak i powiązane z nią tylko pośrednio, powinny przyczyniać się do realizacji celów i zamierzeń sformułowanych w ramach polityki transportowej, a na pewno nie powinny być z nimi sprzeczne.

Krajowa polityka miejska [3] wprowadza do dokumentów strategicznych państwa pojęcie planowania przez prymat dostępności nad mobilnością. W zakresie polityki inwestycyjnej miast określa ponadto, że podstawowym celem inwestycji drogowych powinno być dokończenie budowy podstawowego układu transportowego miasta, w szczególności w celu wyeliminowania konieczności tranzytu oraz przejazdu samochodów ciężarowych przez centrum. Dalsza roz-

budowa układu drogowego może kolidować z osiągnięciem zamierzeń w zakresie zrównoważonej mobilności, ale przede wszystkim może nie przynosić spodziewanych efektów. Modernizacja istniejącego układu powinna być spójna z priorytetami miejskiej polityki transportowej i zgodna z zasadami kształtowania przestrzeni publicznej.



Ryc. 1. Przykładowe sposoby rozwiązywania problemów parkingowych, na podstawie [4]

Krajowa polityka miejska [3] zwraca też uwagę na potrzebę poszukiwania efektywnych rozwiązań w zakresie polityki parkingowej. Jej dopasowanie do lokalnych warunków ma prowadzić do konkurencji z innymi sposobami podróżowania i zwiększenia rotacji na miejscach parkingowych. Ważna jest przy tym współpraca z lokalnymi przedsiębiorcami, aby prawidłowo zaplanować dostawy. Działania mają na celu ożywienie centrum miasta.

Na podstawie analizy dokumentów strategicznych można ocenić, że utrzymywanie (a w szczególności wzmacnianie) obecnie funkcjonującego podziału zadań przewozowych w Międzyzdrojach jest niezgodne z ideą polityki zrównoważonego rozwoju oraz dokumentami strategicznymi miasta. Fundamentalnym

celem polityki parkingowej powinno stać się wzmocnienie zainteresowania alternatywnymi wobec samochodu formami dojazdu do miejsca docelowego, a polityka miasta powinna być podporządkowana tym celom.

Pomimo deklaratywnego wsparcia zrównoważonej mobilności na etapie składania wniosków o dofinansowanie, tworzenia strategii czy komunikacji społecznej przemieszczanie osób i towarów w Polsce nie staje się coraz mniej uciążliwe dla mieszkańców ani bardziej przyjazne dla środowiska. W latach 2005–2017 emisje z sektora transportowego w Polsce wzrosły o 76% – w całej Unii w tym czasie spadły o 3%. Dzieje się tak pomimo najwyższych w skali Unii Europejskiej dofinansowań na inwestycje transportowe – kolej, niskoemisyjne autobusy, węzły przesiadkowe.

Polska jako istotny członek Unii Europejskiej zobowiązana jest do realizacji celów klimatycznych. Na 2030 r. prawnie wiążący cel dla Polski to 7% w stosunku do poziomu z 2005 r. [5]. Jest to cel dla całego obszaru non-ETS, czyli: transportu, rolnictwa, odpadów, emisji przemysłowych poza ETS i sektora komunalno-bytowego. W znacznej mierze wpływ na emisje w tych obszarach mają samorządy. Transport jest głównym źródłem emisji w tym obszarze i jedynym, w którym dziś nie są widoczne realne perspektywy spadków.

Osiągnięcie celów klimatycznych przez odpowiednio szybką dobrowolną zmianę napędu samochodów osobowych przy braku innych zmian w systemie transportowym to mało prawdopodobny scenariusz. Ceny paliw alternatywnych i pojazdów napędzanych nimi nie spadną dostatecznie szybko, by po prostu wymienić flotę (często starych) pojazdów spalinowych na hybrydy plug-in, elektryczne czy wodorowe przy zachowaniu wszystkich obecnych trendów w zakresie przyzwyczajęń transportowych i rozwoju przestrzennego. Rozwój technologiczny nie rozwiąże problemów związanych z emisją dostatecznie szybko.

Samorządy ponoszą znaczną część odpowiedzialności za działanie w obszarze zrównoważonej mobilności – to one dysponują narzędziami, które kształtują politykę przestrzenną i charakter większości codziennych podróży. To na poziomie lokalnym, za pomocą kształtowania ulic zapewniającego atrakcyjność ciągów pieszych i rowerowych, inwestycji w transport zbiorowy i polityki parkingowej tworzy się polityka mobilności całego kraju. Nawet kwestie pozornie będące poza zakresem kompetencji gmin są związane z ich działaniami: popularność i przydatność kolei, zarówno w ruchu pasażerskim, jak i towarowym, jest w znacznej mierze pochodną polityki przestrzennej i skuteczności integracji działań poziomu krajowego, regionalnego i lokalnego.

Systemowe rozwiązania problemów transportowych w obszarach nadmorskich

Tylko kompleksowe, systemowe podejście pozwala na realne rozwiązanie wyzwań transportowych. Jako podstawę działań można wskazać następujące narzędzia związane z polityką transportową:

- planowanie przestrzenne zorientowane na transport publiczny,
- integrację oferty zrównoważonej mobilności z polityką turystyczną i informacyjną,
- dynamiczny system informacji o miejscach postojowych,
- przestrzenną, informacyjną i taryfową integrację środków transportu,
- tworzenie parkingów buforowych (P+R),
- wprowadzanie stref czystego transportu i opłat drogowych.

Podstawowym narzędziem rozwiązywania problemów transportowych jest projektowanie nowej zabudowy tak, by była ona w zasięgu oddziaływania przystanków transportu publicznego. Lokalizacja obiektów nie powinna wynikać z jednostkowych decyzji inwestorów, ale z kompleksowych planów uwzględniających również kwestie transportu publicznego. Wykorzystanie potencjału transportu szynowego to częsta praktyka ośrodków nadmorskich. Wszystkie ważniejsze miejscowości na wyspie Uznam są dostępne koleją lub autobusami z nią zintegrowanymi.

W pobliżu kurortu Heringsdorf funkcjonuje sześć przystanków kolejowych. Dzięki odpowiedniemu rozlokowaniu przystanków większość mieszkańców i turystów ma możliwość wygodnego korzystania z kolei. Na odcinku między Świnoujściem a Zussow pociągi kursują co godzinę.

Istotnym narzędziem, które pozwala na realizację polityki zrównoważonej mobilności, jest integracja oferty turystycznej z ofertą mobilności. Informacja o alternatywnych wobec samochodu możliwościach dojazdu do Międzyzdrojów powinna pojawiać się wszędzie tam, gdzie poszukuje się informacji o atrakcjach i noclegach. Na stronie internetowej www.baumwipfelfade.de na wyspie Uznam w pierwszej kolejności wymieniane są zrównoważone środki transportu: dojście pieszo, dojazd rowerem, komunikacją miejską, pociągiem, a dopiero w drugiej – informacja o parkingach.

Uporządkowaniu parkowania służy konsekwentna numeracja parkingów i ich oznakowanie od momentu wjazdu do miejscowości, także na stronach internetowych. Numeracja jest stosowana np. w niemieckim Zinnowitz na wyspie Uznam. Dynamiczne systemy informacji pomagają w odnajdywaniu parkingów z wolnymi miejscami postojowymi po wjeździe do miasta. Należy zadbać o to,

by informacje o czytelnej numeracji parkingów pojawiały się także na stronach prywatnych partnerów.

By transport publiczny czy ruch rowerowy mogły stanowić atrakcyjną alternatywę wobec samochodu, konieczna jest integracja różnych środków transportu. Odległość do najbliższego przystanku autobusowego (rzeczywista, a nie liczona w linii prostej) nie powinna przekraczać 400–500 m, a w wypadku kolei – 1 km. Intensywność zabudowy powinna być uzależniona od istniejących parametrów dostępności lub perspektywy wprowadzenia w danej lokalizacji transportu publicznego. Rzeczywistą drogę na przystanek należy skracać przez wyznaczanie przejść dla pieszych i zapewnianie możliwie najkrótszych ciągów pieszych.

Zastosowany powinien być model, w którym docelowo wszystkie lokalne i regionalne połączenia objęte będą wspólnym biletem, prostym do zrozumienia także dla obcokrajowców i dostępnym również w kanałach cyfrowych. Integracja taryfowa powinna objąć co najmniej obszar całej wysp Wolin i Uznam oraz uwzględniać kolej i połączenia autobusowe. Za sukces integracji można uznać sytuację, w której możliwe jest odbycie całej podróży na jednym 24-godzinny bilet. W atrakcyjnym systemie transportu publicznego pasażer kupuje jeden bilet, sprawdza w aplikacji mobilnej lub na czytelnym schemacie linii i rozkładzie na przystanku połączenie i korzysta ze wszystkich środków transportu. Tylko tego rodzaju oferta może być równie atrakcyjna jak korzystanie z własnego samochodu. W ramach jednego systemu warto też integrować płatności za korzystanie z wypożyczalni rowerów i opłaty za parkowanie.

Spójność informacji pasażerskiej powinna być zapewniona zarówno w przestrzeni fizycznej, jak i wirtualnej. Objęcie wszystkich przewoźników jednolitym systemem informacji pasażerskiej możliwe jest dzięki tworzeniu związków (najlepszą formułą przy obecnych uwarunkowaniach prawnych jest związek powiatowo-gminny) i współdziałaniu samorządów przy konstruowaniu każdego elementu oferty oraz stosowaniu wspólnych standardów.

Parkingi buforowe (P+R, *Park+Ride*) mają w założeniu tworzyć system komunikacji polegający na tym, że ludzie zostawiają samochody na parkingach położonych na obrzeżach miasta, a do centrum wjeżdżają środkami komunikacji publicznej. Przy wyborze lokalizacji dla parkingu P+R znaczenie ma głównie wielkość aktualnego i spodziewanego potoku pasażerów na danej trasie. Praktyka pokazuje, że P+R sprawdza się najlepiej przy przesiadkach do często kursującego transportu szynowego [6]. Rozwiązanie to jest efektywne tam, gdzie transport publiczny jest wyraźnie szybszym i wygodniejszym środkiem transportu w dalszej podróży. Kluczową rolę pełni tu częstotliwość kursowania środków transportu publicznego.

Drugim czynnikiem, który pozwala na efektywne wykorzystanie parkingów, jest skuteczne zniechęcanie kierowców do wjazdu do centralnej części miasta, także w niewielkich ośrodkach nadmorskich. Można to osiągnąć dzięki: wysokości stawek parkingowych, organizacji ruchu, brakowi odpowiedniej liczby miejsc parkingowych, strefom ograniczonej emisji i opłatom wjazdowych, co czyni transport publiczny szybszym i atrakcyjniejszym od samochodu w danej relacji. Kluczowe w diagnozowaniu takich relacji jest prowadzenie analiz i podejmowanie decyzji w skali całego Obszaru Funkcjonalnego (OF) – także pozostałych gmin nadmorskich. W przypadku Międzyzdrojów jest to głównie połączenie ze Świnoujściem.

Parkingi P+R należy traktować jako część kompleksowego planu rozwoju systemu transportowego. Nie można oczekiwać, że mieszkańcy i turyści zaczną przesiadać się masowo do autobusów, jeśli nie będą one formą podróży atrakcyjniejszą od prywatnego samochodu. Nawet kiedy parking teoretycznie spełnia założenia, jego wykorzystanie może być niepełne ze względu na brak odpowiedniej informacji, czy po prostu nawyki transportowe mieszkańców. Jeśli podsystem P+R jest dla danego miasta nowy, jego wdrożenie musi być odpowiednio promowane. By decyzja o budowie parkingów buforowych była racjonalna, towarzyszyć jej musi istotna poprawa jakości transportu publicznego oraz istotne ograniczenie dostępu dla samochodów.

Strefa czystego transportu to obszar, po którym poruszać się mogą wyłącznie pojazdy spełniające normy emisji spalin określone przez samorząd. Pozwala to na ograniczenie zanieczyszczenia powietrza i kongestii. Dzięki nowelizacji ustawy o elektromobilności [7] jest to narzędzie, którym dysponują wszystkie gminy w Polsce. Na drogach gminnych możliwe jest ustanowienie strefy, do której mają wjazd wyłącznie pojazdy [7]: „elektryczne, napędzane wodorem, napędzane gazem ziemnym, inne wskazane przez radę gminy”. Od ograniczeń przewidziano ustawowo określony katalog wyjątków, do których należą m.in. [7]: służby, osoby niepełnosprawne, zarządcy dróg i wykonawcy robót. Strefę czystego transportu ustanawia się na czas nieoznaczony lub oznaczony, ponadto rada gminy może dopuścić wjazd do strefy w godzinach 9.00–17.00 innych pojazdów, pod warunkiem uiszczenia opłaty.

System transportowy na wyspie Uznam to zintegrowana sieć połączeń kolejowych i autobusowych obsługiwanych przez spółkę UBB, powiązanych ze sobą węzłami przesiadkowymi. Choć na obszarze tym informacja rozkładowa jest zintegrowana i spójna, to integracja taryfowa pomiędzy kolejją i autobusami nie jest jeszcze pełna. Wszystkie informacje o taryfie są jednak atrakcyjnie zaprezentowane i zrozumiałe. Informacja o rozkładach jazdy jest powiązana

z funkcją informatora turystycznego wraz z propozycjami wycieczek pieszych. Ponadto UBB oferuje usługi dowozu do dalekobieżnych linii autobusowych w formule „od drzwi do drzwi” na całej wyspie w ramach trzech kategorii odległościowych (żółtej, zielonej, niebieskiej).

W 2021 r. na wyspie został uruchomiony system wypożyczalni rowerów elektrycznych UsedomRad. Łącznie obejmie on 26 stacji i 500 rowerów. Ok. 100 rowerów elektrycznych ma funkcjonować z dala od głównych ośrodków – ich wypożyczanie na preferencyjnych warunkach ma pozwolić na dotarcie do najbliższego węzła transportu publicznego bez samochodu w miejscach, gdzie oferta transportu publicznego jest ograniczona. System wypożyczalni rowerów jest zintegrowany taryfowo z komunikacją miejską. Na wyspie rozwija się także ekosystem mobilności współdzielonej: Bluegreen Usedom wypożycza skutery, hulajnogi i samochody elektryczne. Takie połączenie atrakcyjnej oferty kolei, autobusów regionalnych i dalekobieżnych, wypożyczalni samochodów, rowerów i skuterów sprawia, że po wyspie Uznam można poruszać się bez problemu bez posiadania własnego samochodu. Ci, którzy zdecydują się na przyjazd własnym pojazdem, muszą liczyć się wysokimi opłatami. W pobliżu atrakcyjnych turystycznie lokalizacji w Heringsdorfie nie ma żadnych darmowych parkingów. Szczelne strefy płatnego parkowania pozwalają na to, by parkingi wielopoziomowe miały charakter komercyjny i się zwracały. System opłat skonstruowany jest tak, by w pierwszej kolejności korzystać z parkingów położonych daleko od najbardziej atrakcyjnych obszarów miasta. Nowe parkingi lokalizowane są przy przystankach kolejowych, nawet jeśli nie ma tam innych celów podróży – np. Pudagla-Schmollensee. Uruchomiony został także projekt „die Weiterfahrer.de”, który pozwala korzystać w podróżach ze stacji kolejowej w Anklam z dwóch samochodów elektrycznych, dwóch rowerów elektrycznych oraz dwóch e-rowerów towarowych.

Ponadto wspierana jest elektromobilność: na wyspie Uznam dostępna jest sieć ładowania Inselwerke Eg (spółdzielni energetycznej). Oferuje ona ponad 25 punktów ładowania – część z nich wybudowanych zostało we współpracy z biznesem czy właścicielami kwater. W miejscowościach Ahlbeck, Neppermin i Karlshagen znajdują się wiaty fotowoltaiczne zintegrowane ze stacjami ładowania. Spółdzielnia energetyczna posiada na wyspie także inne instalacje fotowoltaiczne: 18,7 kWp – Ahlbeck, gmina Heringsdorf; 5,5 kWp – Karlshagen, Energie Vorpommern, Leader, Tankstelle Oil.

Stosowane w niemieckich kurortach rozwiązania można przyrównać do próby osiągnięcia sytuacji, w której z jednej strony poprawiana jest atrakcyjność

transportu publicznego oraz ruchu rowerowego (czas, cena, oferta), z drugiej strony rośnie uciążliwość czasowa lub finansowa korzystania z samochodu. Należy jednak podkreślić, że w żadnym kraju na świecie ludzie nie decydują się na rezygnację z samochodu z pobudek czysto altruistycznych: warunkiem równoważenia mobilności jest działanie zarówno w celu poprawy jakości alternatyw dla samochodu, jak i zniechęcania do korzystania z niego.

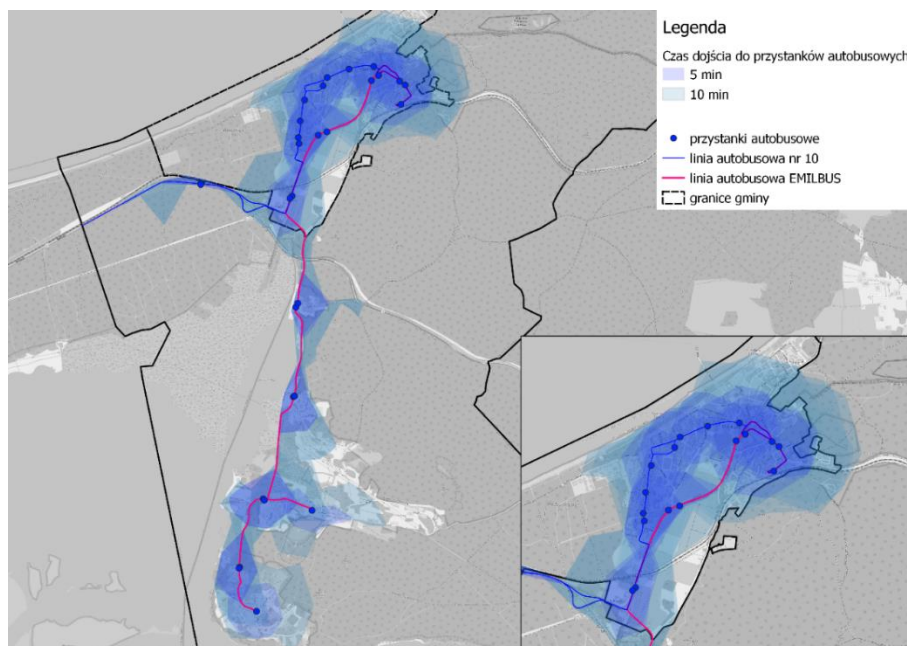
Sytuacja transportowa Międzyzdrojów

Choć na wyspie Wolin jakość alternatyw dla indywidualnego ruchu samochodowego rośnie, to wzrost ten nie jest dostatecznie duży, by zrównoważyć w najbliższych latach zachęty do korzystania z samochodu w postaci budowy drogi S3, tunelu w Świnoujściu czy darmowych parkingów. W praktyce oznacza to, że w powiązaniu z dynamicznymi procesami inwestycyjnymi w Międzyzdrojach przy obecnych trendach w najbliższych latach nie można oczekiwać poprawy sytuacji pod względem zmniejszenia negatywnych efektów motoryzacji indywidualnej. Nie oznacza to jednak, że procesów tych nie można korygować, choćby przez promocję elektromobilności. Nie rozwiąże ona problemów przestrzennych, ale wpłynie na poprawę jakości powietrza i zmniejszenie emisji hałasu drogowego.

Układ drogowy Międzyzdrojów opiera się na drodze wojewódzkiej 102, która przebiega przez całe miasto, zapewniając połączenie między drogą krajową nr 3 a pozostałymi miejscowościami wyspy Wolin. Według danych monitoringu natężenia ruchu (Stacja Pomiarów Ruchu znajduje się 35 km od Międzyzdrojów, w ciągu drogi ekspresowej S3 we wsi Przybiernów) najwięcej pojazdów na dobę zanotowano w ciągu drogi krajowej nr 3 na odcinku Międzyzdroje–Wolin (12 109). Droga ta stanowi część międzynarodowej trasy E65, biegnącej z Malmö w Szwecji do Chanii na Krecie. Równie duża liczba pojazdów korzysta z odcinka Świnoujście–Międzyzdroje (11 894). Z kolei zdecydowanie mniejszy ruch jest w ciągu drogi wojewódzkiej 102 na odcinku Międzyzdroje–Międzywodzie (3525).

Na terenie miasta komunikację autobusową obsługuje Komunikacja Autobusowa Miasta Świnoujścia. Linia nr 10 zapewnia połączenie między Międzyzdrojami a Świnoujściem. Na terenie miasta znajduje się 14 przystanków autobusowych obsługiwanych przez linię nr 10. Autobus kursuje od poniedziałku do soboty, w niedziele kursy nie są realizowane. Połączenia międzygminne zapewnia PKS Kamień Pomorski, umożliwiając dojazd do Świnoujścia i Kamienia Pomorskiego. Z kolei Przewozy Pasażerskie „Emilbus” zapewniają połączenia regionalne m.in. ze

Świnoujściem, Szczecinem czy Kamieniem Pomorskim oraz połączenie wewnątrzgminne z sołectwami Lubin, Wapnica i Wicko. W ramach tego ostatniego obszaru od czerwca 2022 r. rozpocznie funkcjonowanie na zasadzie pilotażu program tzw. transportu na życzenie, który ma zlikwidować wykluczenie transportowe osób nieposiadających samochodów w godzinach poza stałym rozkładem jazdy autobusów na trasie wewnątrzgminnej, w tym w soboty i niedziele. Dostępność przystanków autobusowych w Międzyzdrojach przedstawiono na rycinie 2.



Ryc. 2. Dostępność komunikacji autobusowej w Międzyzdrojach, oprac. własne

W Międzyzdrojach znajdują się dwa przystanki kolejowe: Międzyzdroje oraz Lubiewo. Przystanek Międzyzdroje położony jest w bliskim sąsiedztwie centrum miasta, dysponuje dwoma peronami oraz dwoma krawężnikami peronowymi. Zatrzymują się na nim wszystkie pociągi pasażerskie. Pociągi IC i TLK umożliwiają podróż do Krakowa, Lublina, Przemyśla, Suwałk, Świnoujścia oraz Warszawy. Komunikacja zapewniona jest we wszystkie dni tygodnia. Połączenia regionalne zapewnia Polregio, które realizuje połączenia do Szczecina i Świnoujścia. Według danych Urzędu Transportu Kolejowego za 2020 r. ze stacji korzystało 700–999 pasażerów na dobę. Przystanek Lubiewo znajduje się w południowo-zachodniej części miasta, w sąsiedztwie DK 3. Z przystanku odjeżdżają wyłącznie wybrane pociągi Polregio do Szczecina i Świnoujścia. Według danych Urzędu Transportu Kolejowego za

2020 r. ze stacji korzystało 0–9 pasażerów na dobę. Dostępność przystanków kolejowych w Międzyzdrojach przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 3. Dostępność przystanków kolejowych (pasażerskich) w Międzyzdrojach, oprac. własne

W zachodniej części Międzyzdrojów zaplanowano istotną rozbudowę bazy hotelarskiej. Choć na wysokości obiektu Aquamarina Onyx będzie się ona rozwijać zaledwie w odległości 500 m od torów kolejowych, rzeczywista odległość od najbliższego przystanku wyniesie prawie 3 km – to przeszło 40 minut spaceru, zatem wystarczająco, aby zniechęcić gości obiektów do przyjazdu pociągiem. Potencjał linii kolejowej w Międzyzdrojach pozostaje zatem w znacznej mierze niewykorzystany.

Dodatkowo miasto obsługiwane jest przez korporacje taksówkarskie. Największe to Super Taxi Międzyzdroje, Euro Taxi Międzyzdroje, Zamów Tanio Taxi Międzyzdroje oraz Taxi Międzyzdroje Plus Taxi.

Baza parkingowa Międzyzdrojów

Strefa płatnego parkowania podzielona jest na dwie podstrefy: I oraz II. W I podstrefie płatnego parkowania opłaty za parkowanie są zróżnicowane w zależności od sezonów turystycznych. W planach miasta jest poszerzenie

strefy płatnego parkowania o kolejne ulice. Poza strefą płatnego parkowania w Międzyzdrojach dostępnych jest także szereg parkingów – głównie prywatnych. Powierzchnia miejsc parkingowych wynosi 34 456,82 m². Zakładając, że jedno miejsce parkingowe zajmuje powierzchnie 47,5 m² (uwzględniając całą infrastrukturę dojazdową), parkingi są w stanie pomieścić 725 samochodów.

W obliczu braku badań parkingowych na dużą skalę niezbędne są szacunki opierające się na innych źródłach danych. Jedną z metod wykonywania takich szacunków jest odniesienie się do poziomu zużycia wody przez ludność na terenie miejscowości. Zużycie to w Międzyzdrojach jest silnie powiązane z ruchem turystycznym w poszczególnych miesiącach. W 2019 r. w powiecie kamieńskim udzielono łącznie 1 827 211 noclegów, z czego 440 899 (24%) turystom zagranicznym. W 2020 r. nastąpił spadek liczby wynajmowanych noclegów spowodowany pandemią COVID-19. Większość turystów korzystających z noclegów w powiecie kamieńskim korzystało z usług w Międzyzdrojach. Brak bezpośredniego połączenia Międzyzdrojów z Niemcami wymusza na wielu turystach korzystanie z własnego środka transportu. Według danych GUS sprzed okresu pandemii, w lipcu i sierpniu Międzyzdroje przyjmowały ok. 300 tys. gości (tylko w obiektach powyżej 10 miejsc, co wyklucza rynek mniejszych kwater). Na podstawie danych o zużyciu wody, pomiarów ruchu oraz planów zagospodarowania przestrzennego ocenić można, że w szczycie sezonu Międzyzdroje mogą w przyszłości obsługiwać komunikacyjnie nawet do 30 tys. osób dziennie.

Zakładając, że reprezentacja zagranicznych turystów w Międzyzdrojach jest wyższa niż średnia dla powiatu kamieńskiego, należy w perspektywie lat 2025–2030 oczekiwać, że nawet 1/4 pojazdów przybywających do Międzyzdrojów może mieć napęd hybrydowy lub elektryczny, tj. będzie wymagała ładowania. W grudniu 2021 r. udział samochodów z wtyczką w niemieckim rynku motoryzacyjnym wynosił 36%, a średni wiek samochodu – 9,6 lat. W ciągu najbliższej dekady znaczna część niemieckiej floty będzie wymagała ładowania. Jeśli się założy, że jedna spośród czterech osób przebywających w Międzyzdrojach dotrze do miejscowości samochodem, z czego 1/4 pojazdami elektrycznymi lub hybrydowymi, oznaczać to będzie konieczność przygotowania infrastruktury do jednoczesnej obsługi co najmniej ok. 1900 samochodów z wtyczką w perspektywie drugiej połowy obecnej dekady.

Określa się, że bariera 15–20 samochodów elektrycznych na punkt ładowania to maksymalna wartość, która pozwala na sprawne ładowanie na danym obszarze. Oznacza to, że absolutnie minimalna liczba punktów ładowania, jakie należy przewidzieć w Międzyzdrojach w perspektywie końca tej dekady, to ok. 100

– wliczając w to zarówno szybkie, jak i wolne ładowanie (AC/DC). To jednak liczba, która nie gwarantuje, że do ładowarek nie będą tworzyły się kolejki. W bezpieczniejszym wariantcie należy mówić o większej liczbie punktów ładowania – w większości na parkingach obiektów noclegowych. Dzięki przepisom ustawy o elektromobilności znaczna część tych punktów ładowania będzie mogła powstać w ramach prywatnych inwestycji.

Zaleca się, by już dziś nowe publiczne parkingi projektować z zapewnieniem co najmniej jednego punktu ładowania oraz kanałów na przewody i kable elektryczne, tak aby umożliwić zainstalowanie punktów ładowania na co najmniej 1/5 stanowisk postojowych. Ponadto należy przewidzieć, że 1/10 punktów ładowania będzie punktem szybkiego ładowania powyżej 50 kW (jednak perspektywicznie należy przewidywać przyłącza na co najmniej 250–300 kW). Oznacza to, że w Międzyzdrojach należy zaplanować lokalizację co najmniej 13 szybkich punktów ładowania, optymalnie 25. Obecnie w Międzyzdrojach znajduje się jeden taki punkt (Stacja Paliw „MOYA” EV+, punkt o mocy 50 kW). Dostępne lub budowane są także cztery dalsze punkty wolnego ładowania. W ramach projektu budowy publicznego parkingu już w 2022 r. należy zaplanować lokalizację punktu szybkiego ładowania, który będzie mógł otworzyć w danej lokalizacji komercyjny operator. Obiekt należy zaprojektować tak, by w perspektywie 2030 r. możliwe było zamontowanie jednego punktu ładowania na pięć stanowisk postojowych. Fizycznie oznacza to instalację jednej stacji ładowania z dwoma złączami na 10 stanowisk postojowych. Zaleca się, by na obecnym etapie w ramach projektu takiego obiektu zamontować pięć stacji ładowania pojazdów elektrycznych wolnego ładowania AC (do 22 kW) po dwa złącza – łącznie 10 punktów ładowania.

Zarządzanie mobilnością w Międzyzdrojach

Ze względu na wiele aktualnych problemów wynikających z podstawowych potrzeb mieszkańców i turystów w zakresie transportu konieczne jest kompleksowe zarządzanie mobilnością. Kluczową kwestią w najbliższych latach powinno być odciążenie Międzyzdrojów z nadmiernego ruchu drogowego, rozwój i integracja miejskiego/gminnego transportu zbiorowego oraz wdrażanie rozwiązań typu *Smart City*, związanych przede wszystkim z organizacją ruchu drogowego, kolejowego, rowerowego i pieszego oraz dostępem do informacji i danych zarówno w sposób stacjonarny, jak i mobilny.

Integracja zarządzania mobilnością jest fundamentem realizacji wszelkich polityk w tym obszarze. Konieczna jest jak najszersza integracja wszystkich gałęzi transportu, co w większości przypadków nie może mieć miejsca na poziomie

gminnym. Należy więc przychylnie traktować próby tworzenia wszelkiego rodzaju związków i delegowania kompetencji w ramach porozumień między samorządami. Optymalnym modelem jest zarządzanie wszystkimi środkami transportu operującymi na tym obszarze, łącznie z systemem parkingowym, przez jeden podmiot, który decydowałby o:

- kształcie układu transportowego – zapewniającym jak największą dostępność przewozów dla jak największej liczby mieszkańców i turystów,
- oznakowaniu linii – czytelnym, łatwym do zapamiętania i logicznym,
- rozkładach jazdy – które powinny być ze sobą logicznie skoordynowane, zapewniać jak najwyższą częstotliwość kursowania, być czytelne i łatwo dostępne,
- zakupach i przyporządkowaniu taboru – który w przypadku odpowiedniej integracji można byłoby łatwiej i taniej nabyć dzięki połączeniu sił wielu podmiotów,
- taryfie biletowej – która powinna być prosta, czytelna, przystępna i akceptowalna, a możliwości wnoszenia opłaty za bilety powinno być jak najwięcej i jak najbardziej intuicyjnych,
- ulokowaniu punktów przesiadkowych – łączących transport indywidualny ze zbiorowym (np. w formie parkingów typu P+R) oraz różne gałęzie transportu zbiorowego,
- ostatecznym kształcie informacji pasażerskiej – zarówno udostępnianej na przystankach i w przestrzeni miejskiej, jak i tej zamieszczanej w Internecie.

Efektom takiej integracji powinien być przejrzysty, wygodny, dostępny, czysty, niezawodny i sprawny system transportowy umożliwiający mieszkańcom miasta, gminy, powiatu, a nawet – w odniesieniu zwłaszcza do turystów – większego obszaru, łatwe przemieszczanie się bez konieczności użycia prywatnych samochodów. Należy traktować Międzyzdroje jako część większego układu, w szczególności powiązanego ze Świnoujściem, ale w szerszej perspektywie nawet z całym krajem (czy wręcz ponadnarodowo), z którego przecież w sezonach letnich napływa tu olbrzymia liczba turystów.

Polityka parkingowa Międzyzdrojów powinna zaczynać się w momencie pierwszej myśli podróżnych o przyjeździe do miasta. Należy o niej myśleć przez pryzmat kolejnych etapów decyzji podróżnych:

- najskuteczniejszym narzędziem polityki transportowej Międzyzdrojów jest przekonanie turystów przybywających do miejscowości, że przyjazd nad morze pociągami i poruszanie się transportem publicznym po wybrzeżu są równie atrakcyjne co przyjazd samochodem,
- nawet jeśli ktoś przyjechał do Świnoujścia czy Wisiełki samochodem, to

podczas jednodniowego wypadu do Międzyzdrojów powinien pozostawić swój samochód poza miastem i kontynuować podróż innymi środkami transportu,

- jeśli ktoś jednak nadal planuje przyjazd samochodem, powinien mieć możliwość sprawdzenia odpowiednio wcześniej na stronie internetowej lub w aplikacji, gdzie będzie mógł zaparkować; oznacza to, że kluczowe decyzje zapadają na etapie planowania przyjazdu do Międzyzdrojów i to tu znajdują się skuteczne rozwiązania problemów z parkowaniem,
- kolejnym etapem, w którym rozwiązywać można problemy związane z parkowaniem, jest moment wjazdu do miejscowości; kierowcy nie powinni szukać miejsc parkingowych „na ślepo” – do odpowiednio ponumerowanych i oznaczonych parkingów powinny ich kierować tablice dynamicznego systemu informacji parkingowej,
- jeśli w ośrodku nie ma już wolnych miejsc postojowych, to informacja ta także powinna dotrzeć do kierowcy na wjeździe – na granicy miasta powinien być zlokalizowany parking buforowy (P+R), który pozwoli kontynuować podróż autobusem lub pociągiem. Informacja o tym, że dalszy wjazd i poszukiwanie miejsca są wolniejszym rozwiązaniem niż dojazd autobusem lub pociągiem, musi być wyraźna.

Ponadto inwestorzy prywatni powinni zapewniać liczbę miejsc postojowych adekwatną do generowanego przez nich zapotrzebowania, a publiczna sieć parkingów powinna mieć charakter wyłącznie uzupełniający.

Należy uznać, że minima parkingowe stosowane obecnie w planach miejscowych nie gwarantują, że mieszkańcy i wszyscy przyjezdni do Międzyzdrojów przy obecnej dominacji samochodu w podziale zadań przewozowych w miejscu docelowym znajdą odpowiednią liczbę miejsc parkingowych. Nie oznacza to, że minima należy podnosić kosztem innych sposobów zagospodarowania terenu. Należy jednak uznać, że jeśli w polityce przestrzennej określa się, że pewna część przyjezdnych nie znajdzie u celu podróży miejsc parkingowych, to polityka transportowa miasta powinna ten stan w większym stopniu odzwierciedlać przez poprawę jakości alternatyw. Przy wszelkich działaniach dotyczących polityki parkingowej należy pamiętać o czterech zasadach:

1. Zwiększenie liczby miejsc parkingowych powoduje zwiększenie natężenia ruchu (i odwrotnie).
2. Zwiększenie opłat za parking powoduje zmniejszenie natężenia ruchu (i odwrotnie).
3. Brak dostępnych miejsc parkingowych przy jednoczesnej ograniczonej

ofercie transportu zbiorowego i innych form przemieszczania się powoduje wtórny wzrost natężenia ruchu, co oznacza, że kongestię powodują już nawet nie pojazdy przejeżdżające i dojeżdżające do miasta (lub wyjeżdżające), ale też jeżdżące „w kółko” po mieście w poszukiwaniu wolnego miejsca na postój.

4. Istotne jest ustalenie wysokich kar za nieprzestrzeganie zasad parkowania (w tym niepłacenia za parkowanie) oraz ich egzekwowanie.

Deficyt miejsc parkingowych w najatrakcyjniejszych obszarach jest świadomą, zaplanowaną decyzją urbanistyczną i strategiczną, która pozwala na wykorzystanie cennych terenów w bardziej miastotwórczy sposób. Naturalną konsekwencją takiego działania powinno być jednak silniejsze wzmocnienie efektywniejszych przestrzennie sposobów przemieszczania się.

W związku z brakiem rozbudowanych fragmentów układu komunikacyjnego w gminie problemy z zarządzaniem ruchem kołowym można próbować rozwiązać za pomocą zmian niskokosztowych. Taką zmianą może być wprowadzenie ruchu jednokierunkowego na większości ulic. Na odcinkach o najniższych prędkościach (do 30 km/h) rozważyć należy wprowadzenie parkowania naprzemiennego po obu stronach ulicy i esowanie ruchu. Pożądana jest organizacja ruchu z wykorzystaniem systemu dróg jednokierunkowych z wytyczonym miejscem do płatnego parkowania on-street (na ulicy).

Podczas działań związanych z inżynierią ruchu największy nacisk należy położyć na zapewnienie jak największego bezpieczeństwa ruchu drogowego, szczególnie kosztem zmniejszenia priorytetyzacji pojazdów samochodowych na rzecz pieszych. Charakterystyka Międzyzdrojów wskazuje, że na obszarze miasta ruch rowerowy (szczególnie w sezonie, kiedy natężenie podróży pieszych jest największe) powinien być odseparowany od kuracjuszy i turystów np. poprzez budowę ciągów rowerowych, wprowadzenie kontraruchu rowerowego czy wyraźny zakaz poruszania się rowerów na ciągach pieszych. Właściwa organizacja ruchu na uspokojonych ulicach typu woonerf powoduje, że zwiększa się atrakcyjność terenów miejskich. Zyskuje się dzięki temu przestrzeń na ogródki gastronomiczne, a poziom bezpieczeństwa wzrasta. Możliwość komercjalizacji przestrzeni ulic na potrzeby obiektów usługowych i gastronomii może przynosić budżetowi gminy większe dochody niż przeznaczenie tej samej przestrzeni na miejsca postojowe.

Należy stosować takie środki uspokojenia ruchu, które nie zachęcają do generowania hałasu. Dobrym rozwiązaniem są progi sinusoidalne, które w przeciwieństwie do progów zwalniających nie generują hałasu i nie skłaniają

kierowców do ich omijania. Do zmian w inżynierii ruchu należy jednak podchodzić ostrożnie i wprowadzać zmiany w organizacji ruchu w dialogu z mieszkańcami i interesariuszami.

Dla podejmowania właściwych decyzji konieczne są badania: pomiary ruchu kołowego w sezonie i poza nim (wraz z badaniem pochodzenia pojazdów na podstawie tablic rejestracyjnych) celem określenia realnych przepływów pojazdów. Obecnie dostępne dane dla Międzyzdrojów są niewystarczające. By realnie zdiagnozować deficyty miejsc postojowych, niezbędne są także szersze badania uwzględniające pomiary degradacji terenów zieleni przez parkujące pojazdy (sezon niski, wysoki, poza sezonem), aby ustalić potrzeby parkingowe i rozpocząć dialog z mieszkańcami.

Międzyzdroje jako ośrodek o wyjątkowej specyfice sezonowości ruchu turystycznego wymagają wykreowania spójnego i zrównoważonego podejścia do planowania i późniejszego zarządzania transportem w mieście. Stworzenie spójnej wizji działań na terenie miasta wymaga podzielenia obszaru Międzyzdrojów na trzy strefy reprezentujące podobną charakterystykę, tj. obszar nadmorski, obszar w pobliżu dworca kolejowego i obszar południowy.

Sytuację komunikacyjną miasta mogą poprawić działania z obszaru *Smart City*, tj. wykorzystania technologii dla usprawniania polityki mobilności. Możliwe do podjęcia działania w zakresie mobilności inteligentnego miasta analizuje się w perspektywie krótko- i długoterminowej.

Wśród proponowanych działań z zakresu *Smart City* w mobilności miejskiej w Międzyzdrojach w perspektywie krótkookresowej wskazuje się:

- zakup nisko- lub zeroemisyjnego taboru do obsługi lokalnego transportu zbiorowego klasy MINI,
- budowę systemu dynamicznej informacji pasażerskiej obejmującej zarówno połączenia lokalne, jak i regionalne (Międzyzdroje–Niepodległości),
- zaangażowanie samorządu w tworzenie oferty elektromobilności: stworzenie oferty współpracy dla podmiotów prywatnych na rzecz budowy stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym,
- budowę stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym,
- stopniowe wdrażanie pojazdów o napędzie elektrycznym w spółkach miejskich, flocie urzędu miasta i Straży Miejskiej,
- współpracę z podmiotami prywatnymi w tworzeniu zasad funkcjonowania urzędów transportu osobistego,
- wprowadzanie zmian w organizacji ruchu i inwestycji opierających się na modelu ruchu (badanie zawierające szereg czynności analitycznych

mających na celu skwantyfikowanie ludzkich zachowań komunikacyjnych na danym obszarze),

- wykorzystanie *big data* w celu analizy ruchu turystycznego i jego wpływu na sytuację transportową,
- utworzenie spójnej polityki parkingowej: przeprowadzenie kompleksowej analizy stanu obecnego i wypracowanie rekomendacji dla zmian w układzie parkingów w Międzyzdrojach oraz analiza możliwości zmian w strefie płatnego parkowania na podstawie badań napełnień parkingów w sezonie,
- wykorzystanie automatycznych systemów (kamery na wjazdach na parkingi, mobilne urządzenia automatycznie weryfikujące status opłaty na podstawie tablic rejestracyjnych) w celu egzekwowania opłat parkingowych,
- przygotowanie pakietu informacji o możliwościach zrównoważonego poruszania się po Międzyzdrojach i szerszym obszarze dla hoteli i innych obiektów noclegowych (do dystrybucji i wspólnej promocji),
- wprowadzenie karty turystycznej, która integruje zniżki (prawo do wstępu) do atrakcji turystycznych z uprawnieniami do korzystania z transportu publicznego.

W długookresowej perspektywie wśród proponowanych działań z zakresu *Smart City* w mobilności miejskiej w Międzyzdrojach wymienić można przede wszystkim te mające na celu kompleksową integrację systemów w przestrzeni fizycznej i cyfrowej:

- zaangażowanie w procesy, które prowadzą do utworzenia wspólnej, jednolitej i zintegrowanej oferty transportu publicznego z podmiotami publicznymi i prywatnymi w ramach całej wyspy Wolin i Świnoujścia – czy szerzej, subregionu województwa i współpracy transgranicznej. Podjęcie działań na rzecz stworzenia w dłuższej perspektywie jednolitej i prostej w odbiorze dla mieszkańców i turystów taryfy obejmującej połączenia kolejowe, autobusowe i inne usługi mobilności na terenie obszaru funkcjonalnego, także w ramach porozumień z podmiotami prywatnymi,
- podjęcie działań na rzecz ujednolicenia narzędzi i form płatności za parkowanie i z innymi cyfrowymi rozwiązaniami w transporcie – np. możliwość korzystania z tego samego interfejsu i portfela w celu opłacenia przejazdu pociągiem, komunikacją miejską, rowerem publicznym czy usług carsharingowych w duchu koncepcji mobilności jako usługi (MaaS).

Bibliografia

1. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej. COM(2016) final. Bruksela, 2016.
2. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów – Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości. COM(2020) 789 final. Bruksela, 2020.
3. Krajowa Polityka Miejska 2023. Warszawa, 2015. <https://www.pte.pl/pliki/2/21/KrajowaPolitykaMiejska.pdf> (dostęp: 19.07.2022).
4. Litman T., 2017, Parking Solution, Victoria Transport Policy Institute, www.vtpi.org.
5. Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych, Ścieżki redukcji emisji CO₂ w sektorze transportu w Polsce w kontekście „Europejskiego Zielonego Ładu”, 2020.
6. Parkingi a transport zbiorowy w miastach, Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. Raport przygotowany we wrześniu–październiku 2017 r. przez Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. i Polską Organizację Branży Parkingowej, zaprezentowany podczas Kongresu Transportu Publicznego 2017 (12–13 października 2017 r.).
7. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Dz.U.2022.1083.1260.
8. <https://www.ubb-online.com/regionalbus/fahrplaene/> (dostęp: 19.07.2022).

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe w miejscowościach turystycznych na przykładzie miasta Międzyzdroje – koncepcja projektowa parkingów buforowych

Andrzej Najda, Michał Mielnicki, Wojciech Sobolewski, Piotr Wiśniewski,
Patrik Dominiak, Anita Białczak, Karolina Kurtz-Orecka¹

Najda Consulting sp. z o.o.; ¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wstęp

Międzyzdroje stanowią mały ośrodek miejski z liczbą stałych mieszkańców nieprzekraczającą 6 tys. osób. Podobnie jak inne kurorty wysp Uznam i Wolin charakteryzują się sezonową dysproporcją liczby użytkowników przestrzeni miejskiej spowodowaną intensywnym ruchem turystycznym, którego szczególne nasilenie przypada na okres letni. Zwiększona liczba turystów (łącznie liczba ludności sezonowej w Międzyzdrojach przekracza 100 tys.) przekłada się bezpośrednio na zwiększoną liczbę użytkowników dróg, jak również zapotrzebowanie na miejsca parkingowe. Przestrzeń miejska Międzyzdrojów jest ograniczona z jednej strony pasmem nadmorskich wydm, z drugiej wzniesieniami Pasma Wolińskiego, na zboczach którego poprowadzona została linia kolejowa na trasie Świnoujście–Szczecin. Układ urbanistyczno-przestrzenny miasta ukształtowany został na przełomie XIX i XX w. Nie jest przystosowany do ponadnormatywnego obciążenia ruchem kołowym. Charakteryzuje się wąskimi ulicami z niedostatkiem miejsc parkingowych, szczególnie na obszarach bezpośrednio sąsiadujących z terenami nadmorskimi intensywnie wykorzystywanymi na potrzeby turystyki i rekreacji.

W celu utrzymania atrakcyjności Międzyzdrojów jako miejscowości turystycznej o wysokich walorach przyrodniczych i środowiskowych konieczne jest podjęcie działań interwencyjnych wychodzących naprzeciw komunikacyjnym ograniczeniom przestrzennym, jak również rosnącej emisji zanieczyszczeń. Działania te powinny z jednej strony zmierzać do zmniejszenia intensywności ruchu kołowego w przestrzeni miejskiej, szczególnie w jego północnej – nadmorskiej części, z drugiej zaś – oferować odpowiednią infrastrukturę parkingową oraz odpowiednio dostosowaną sieć transportu publicznego, zachęcające turystów do pozostawienia indywidualnych środków transportu na wytyczonych poza ścisłym centrum parkingach miejskich i eksplorowania przestrzeni miasta za pośrednictwem transportu publicznego, innych ekologicznych środków transportu lub pieszo.

W odpowiedzi na te potrzeby w Urzędzie Miejskim w Międzyzdrojach opracowywana jest koncepcja transformacji energetycznej gminy. Częścią koncepcji poświęconej zagadnieniom transportu jest planowana budowa parkingu buforowego dla miasta Międzyzdroje. Zadaniem planowanego parkingu buforowego będzie umożliwienie przyjezdnym pozostawienia własnego środka transportu na rogatkach miasta i dalsze przemieszczanie się do miejsca docelowego z wykorzystaniem miejskiego transportu publicznego, rowerem lub pieszo. Parking buforowy ma tym samym przyczynić się do zmniejszenia intensywności ruchu kołowego w ścisłym centrum oraz na obszarach o dużym zagęszczeniu użytkowników (cały pas nadmorski), większej dostępności „odblokowanych” miejsc parkingowych na potrzeby własne mieszkańców oraz ograniczenia emisji zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy spalinowe na terenie miasta.

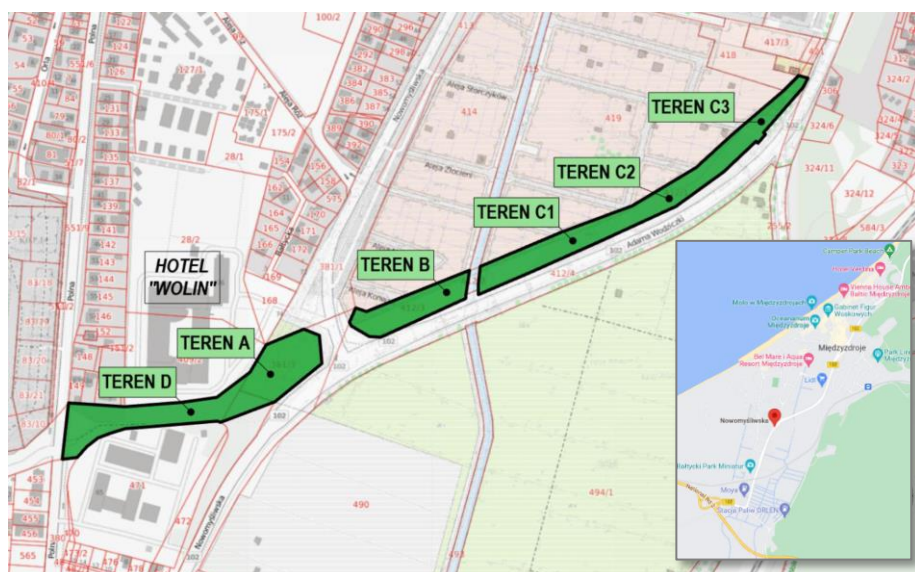
Koncepcja budowy parkingu buforowego dla gminy Międzyzdroje – etap I

Pod lokalizację parkingu buforowego w Międzyzdrojach [1] wytypowano grunty miejskie zlokalizowane w południowo-zachodniej części miasta, wzdłuż ciągu ul. Adama Wodiczki (ryc. 1, tereny oznaczone literami od A do C), oraz w rejonie pomiędzy ul. Polną a ul. Nowomyśliwską (ryc. 1, obszar D). Łączna powierzchnia terenów A–D wynosi 20,5 tys. m².

Planowany parking buforowy ma pozwolić na odciążenie istniejącej infrastruktury parkingowej, uwolnienie terenów inwestycyjnych i uprzywilejowanie pieszych oraz rowerzystów w strukturze komunikacji miasta. Przyczyni się tym samym do poprawy jakości przestrzeni publicznej w strefie nadmorskiej oraz wzrostu bezpieczeństwa pieszych i rowerzystów.

Analizę dostępności pieszej wraz z czasem dojścia z planowanego punktu przesiadkowego do głównych punktów na terenie Międzyzdrojów przedstawiono na rycinie 2. Poza komunikacją indywidualną, pieszą oraz jednośladami przewiduje się zorganizowaną obsługę komunikacyjną pomiędzy parkingiem buforowym oraz założonymi destynacjami na terenie miasta za pośrednictwem busów, wózków akumulatorowych (tzw. meleksów) oraz z wykorzystaniem skomunikowanych przystanków komunikacji publicznej, w tym parkingu autobusowego przy ul. Nowomyśliwskiej. Na terenach oznaczonych od A do C obowiązują postanowienia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego miasta Międzyzdroje [2].

Teren D nie jest objęty planem miejscowym, jego kategoria użytkowania określona została zapisami *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Międzyzdroje* [3].



Ryc. 1. Lokalizacja terenów wskazanych do lokalizacji parkingu buforowego w Międzyzdrojach [1]



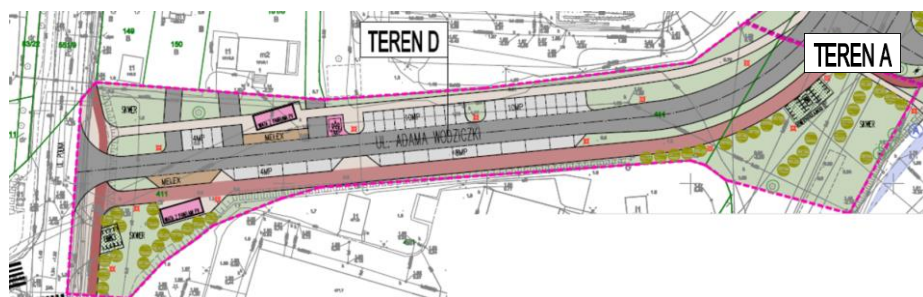
Ryc. 2. Analiza czasu dojścia pieszego do głównych punktów miejscowości [1]

Z zestawienia przedstawionego w tabeli 1 obejmującego aktualną charakterystykę kategorii użytkowania terenów A–D wynika, że jedynie teren D w obowiązującym prawie lokalnym przewidziany jest do realizacji funkcji parkingowej. Z tej przyczyny realizacja koncepcji budowy solarnego parkingu buforowego w Międzyzdrojach wymaga aktualizacji obowiązującego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego miasta w odniesieniu do terenów A–C oraz uzyskania decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu oznaczonego literą D.

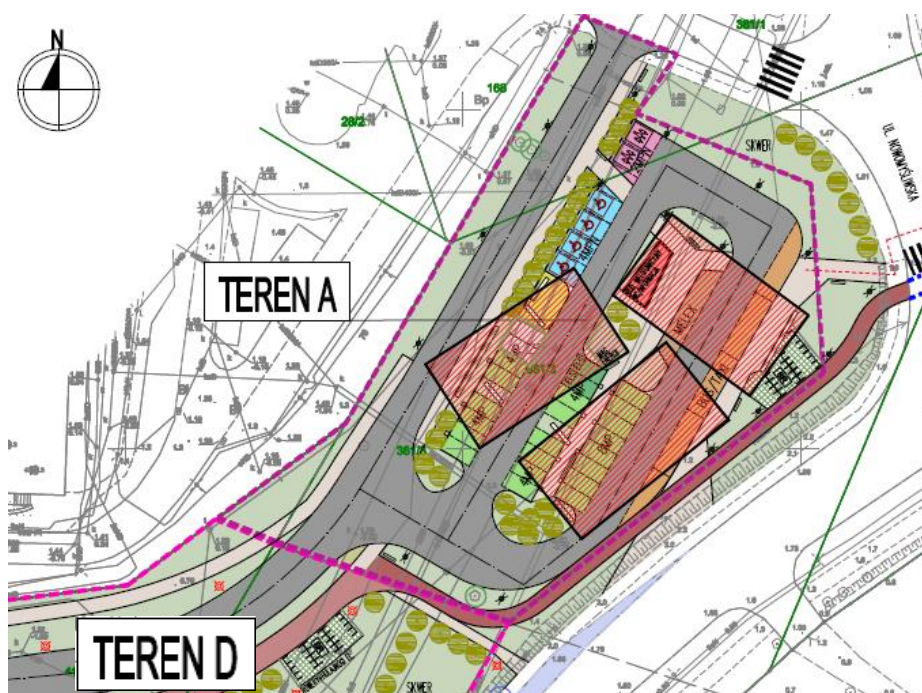
Na rycinach 3–6 przedstawiono zaproponowane rozwiązania parkingu buforowego, na rycinach 7–14 wybrane wizualizacje.

Tab. 1. Aktualnie obowiązujące kategorie użytkowania terenów wytypowanych pod realizację parkingu buforowego [2, 3]

Kategoria terenu	Tereny			
	A	B	C	D
Zieleń parkowa	x	x	x	—
Usługi wypoczynku	—	x	x	—
Drogi wewnętrzne	—	x	x	—
Ciągi piesze	—	x	—	—
Zabudowa usługowa	—	—	x	—
Infrastruktura techniczna – kanalizacja	—	—	x	—
Infrastruktura techniczna – elektroenergetyka	—	—	x	—
Tereny komunikacyjne – parkingowe, drogowe	—	—	—	x



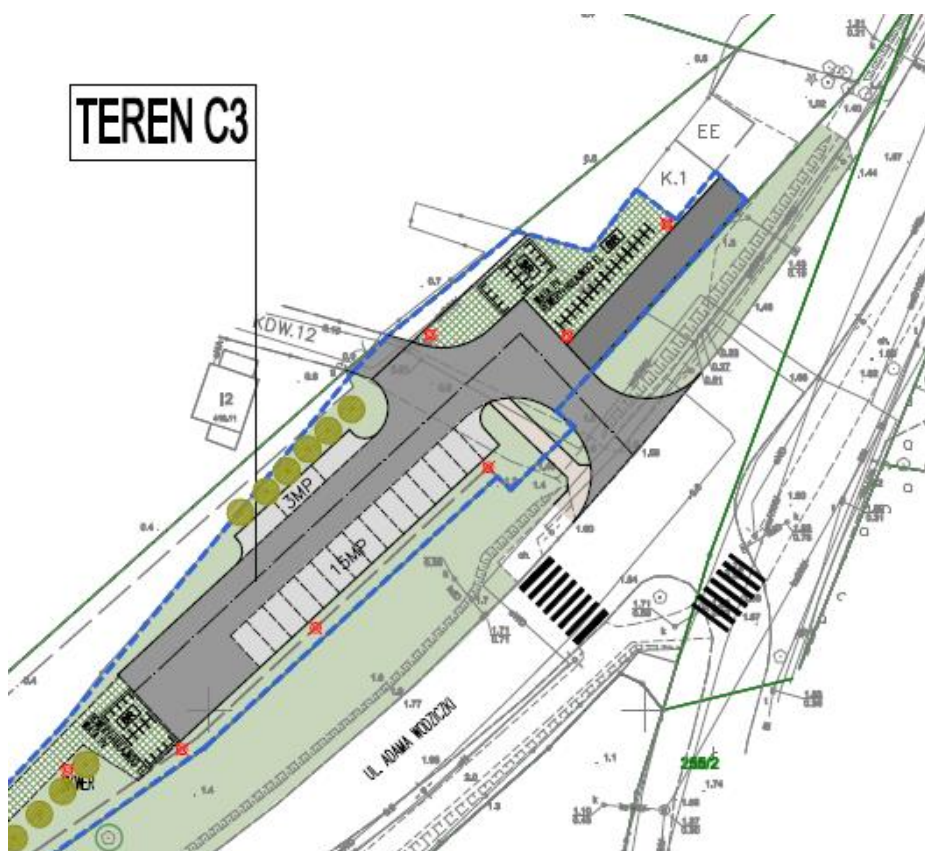
Ryc. 3. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren D oraz fragment terenu A [1]



Ryc. 4. Fragment projektu zagospodarowania terenu A [1]



Ryc. 5. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren B oraz fragment terenu C1 [1]



Ryc. 6. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren C3 [1]

Główna infrastruktura parkingu, obejmująca poza miejscami parkingowymi również inne udogodnienia, przewidziana została na terenie oznaczonym literą A. Teren ten spośród pozostałych (B, C i D) wyróżniać się będzie dodatkowo układem wzajemnie lekko zrotowanych trzech wiat solarnych (ryc. 3 i 10), zlokalizowanych na środkowej wyspie, wokół której przewidziano drogi manewrowe w formie zamkniętej pętli (ryc. 3). Na wyspie przewidziano lokalizację miejsc postojowych, obiektów małej architektury oraz zaplecza techniczno-sanitarnego. Na terenie A przewidziano ponadto zatokę postojową dla komunikacji realizowanej busami oraz odcinek ulicy stanowiący połączenie z terenem D. W ciągu projektowanego odcinka wyznaczono zjazd do planowanego parkingu buforowego – połączenie z ul. Polną (ryc. 4).

Ponadto na terenie A planuje się organizację punktów informacyjno-educacyjnych w postaci interaktywnych wyświetlaczy podających na bieżąco informację o liczbie wolnych miejsc, w tym miejsc ładowania pojazdów o napędzie

elektrycznym, wielkości uniknięcia emisji dwutlenku węgla do atmosfery w wyniku zastosowania zrównoważonych środowiskowo rozwiązań parkingu, jak również inne prezentacje edukacyjne poszerzające świadomość i wiedzę o transformacji energetycznej.

Na pozostałych terenach przewidziano drogi manewrowe prowadzone równoległe do ul. A. Wodniczki (B, C1, C2 i C3) z miejscami parkingowymi zlokalizowanymi po ich obu stronach w układzie prostopadłym (B, C1 i C2 – ryc. 5) oraz prostopadłym i równoległym (C2 – ryc. 6). Na terenach oznaczonych jako B oraz C1 przewidziano budowę wiat parkingowych w układzie prostopadłym do osi ciągu drogi wewnętrznej (ryc. 5, 9, 12 i 13). Parking B i C1 planuje się połączyć ciągiem pieszym z kładką nad ciekiem wodnym (ryc. 5).

Na rycinach 7–13 przedstawiono wizualizację projektowanego parkingu solarnego.

Koncepcja parkingu buforowego przewiduje realizację łącznie 233 miejsc parkingowych. Charakterystykę planowanych miejsc parkingowych przedstawiono w tabeli 2. W infrastrukturze parkingu przewidziano miejsca do ładowania baterii samochodów elektrycznych w licznie 20 miejsc standardowych oraz 2 przeznaczonych do szybkiego ładowania.

Tab. 2. Miejsca parkingowe na terenach przeznaczonych pod realizację parkingu buforowego w Międzyzdrojach [1]

Teren	Liczba miejsc postojowych					
	samo- chody osobowe łącznie	samochody elektryczne ze złączem do standardowego ładowania	ze złączem do szybkiego ładowania	BUS 16–20 osób (dł. 10 m)	po- jazdy typu melex	ro- wery
A	30	20	2	3	3	30
B	46	0	0	0	0	20
C1	71	0	0	0	3	0
C2	31	0	0	0	0	0
C3	18	0	0	0	0	60
D	37	0	0	0	6	40
Razem	233	20	2	3	12	150



Ryc. 7. Tereny D i A – wizualizacja widoku z lotu ptaka [1]



Ryc. 8. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. Nowomyśliwskiej w kierunku ul. A. Wodzikki [1]

W celu zrównoważenia środowiskowej działalności parkingu, a w szczególności poboru energii elektrycznej na potrzeby ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym, przyjęto realizację wiat parkingowych z aktywnym pokryciem w postaci paneli fotowoltaicznych, od których przyjęto nazwę parkingu – Solar parking. Łączna przewidywana powierzchnia paneli fotowoltaicznych zlokalizowanych na wiatach wyniesie ok. 2,53 tys. m² i według wstępnych szacunków w zależności od zastosowanego typu paneli pozwoli na wygenerowanie ok. 700 MWh energii elektrycznej rocznie. Energia ta w pierwszym rzędzie będzie wykorzystywana do ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym, ale również ma służyć zaspokojeniu potrzeb własnych infrastruktury parkingu, jak oświetlenie, zasilanie systemów technicznych czy dozorowych.



Ryc. 9. Teren A – wizualizacja widoku od strony Hotelu Wolin [1]



Ryc. 10. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodiczki [1]



Ryc. 11. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodiczki [1]



Ryc. 12. Tereny B, C1 i C2 – wizualizacja widoku z lotu ptaka [1]

Aby zagwarantować elastyczną, ciągłą pracę parkingu solarnego, przewidziano lokalizację na jego terenie magazynów energii na nadwyżki energii wygenerowanej przez instalację solarną, które zapewnią odpowiednią moc do ładowania baterii napędów elektrycznych. Założono, że każdy magazyn energii dysponować będzie pojemnością 90 kWh oraz mocą 60 kW.

Z uwagi na lokalne uwarunkowania klimatyczne determinujące niewystarczającą ilość energii promieniowania słonecznego możliwą do pozyskania w miesiącach zimowych, szczególnie w grudniu i styczniu, uzupełniającą założono realizację przyłącza do systemowej sieci elektroenergetycznej o mocy 40 kW. Rozwiązanie to pozwoli na zabezpieczenie podstawowej mocy do ładowania magazynów energii oraz łączenie na uzupełnianie energii w sprzyjających warunkach z mocą dochodzącą do 100 kW.

Teren parkingu po zmierzchu oświetlony będzie z wykorzystaniem lamp zewnętrznych z LED-owymi źródłami światła o temperaturze barwowej światła w zakresie 5000–7000 K. Na terenie A przewidziano wykorzystanie hybrydowych lamp solarno-wiatrowych wyposażonych w zestaw akumulatorów, turbinę wiatrową oraz panele fotowoltaiczne.

Parking buforowy wyposażony zostanie w ogólnodostępne zaplecze sanitarne. Energia niezbędna na potrzeby funkcjonowania zaplecza również w możliwie jak największym zakresie ma być pobierana ze środowiska z instalacji solarnej wiat (dostarczenie energii elektrycznej) oraz solarów (przygotowanie ciepłej wody). W toaletach ponadto ma być wykorzystywana woda z retencji wód opadowych, a funkcjonowanie całego systemu ma się odbywać z poziomu inteligentnego zarządzania.



Ryc. 13. Tereny C1 i C2 – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodczicki [1]



Ryc. 14. Tereny A i B – wizualizacja widoku z lotu ptaka [1]

Woda zasilająca toalety (opadowa i roztopowa) oraz wykorzystywana na potrzeby podlewania terenów zielonych parkingu zbierana będzie za pośrednictwem systemu odwodnienia powierzchni utwardzonych na terenie parkingu buforowego oraz gromadzona w specjalnie przystosowanych do tego celu zbiornikach betonowych. Pozyskiwane wody opadowe i roztopowe przed wprowadzeniem do obiegu wewnętrznego podlegać będą oczyszczeniu z substancji ropopochodnych. Schemat zagospodarowania wód opadowych i roztopowych przedstawiono na rycinie 15.

Z uwagi na zalecany czas przechowywania wody w zbiornikach retencyjnych, który z powodu możliwości jej zagniwania nie powinien przekraczać 21 dni, jak również ze względu na potencjalne prawdopodobieństwo wystąpienia dłuższych okresów bez opadów – założono możliwość okresowego uzupełniania zapotrzebowania na wodę z sieci wodociągowej.

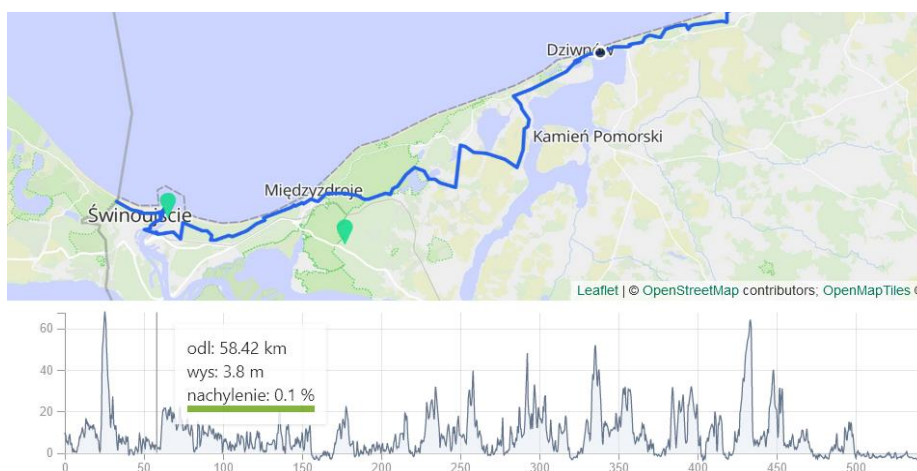


Ryc. 15. Schemat zagospodarowania wód opadowych i roztopowych na terenie parkingu buforowego [1]

Przyjęto, że nawadnianie terenów zielonych parkingu buforowego będzie następowało w pełni automatycznie, w funkcji stopnia nawodnienia gleby rejestrowanego za pomocą czujników rozmieszczonych na terenie parkingu.

Koncepcja budowy parkingu buforowego dla miasta Międzyzdroje przewiduje uzupełniającą wyposażenie terenów A, B, C3 oraz D w infrastrukturę dostosowaną do jednośladów (tab. 1). We wskazanych lokalizacjach założono realizację stojaków na rowery i hulajnogi oraz wprowadzenie samoobsługowych punktów serwisowych podnoszących walory funkcjonalne projektowanej infrastruktury.

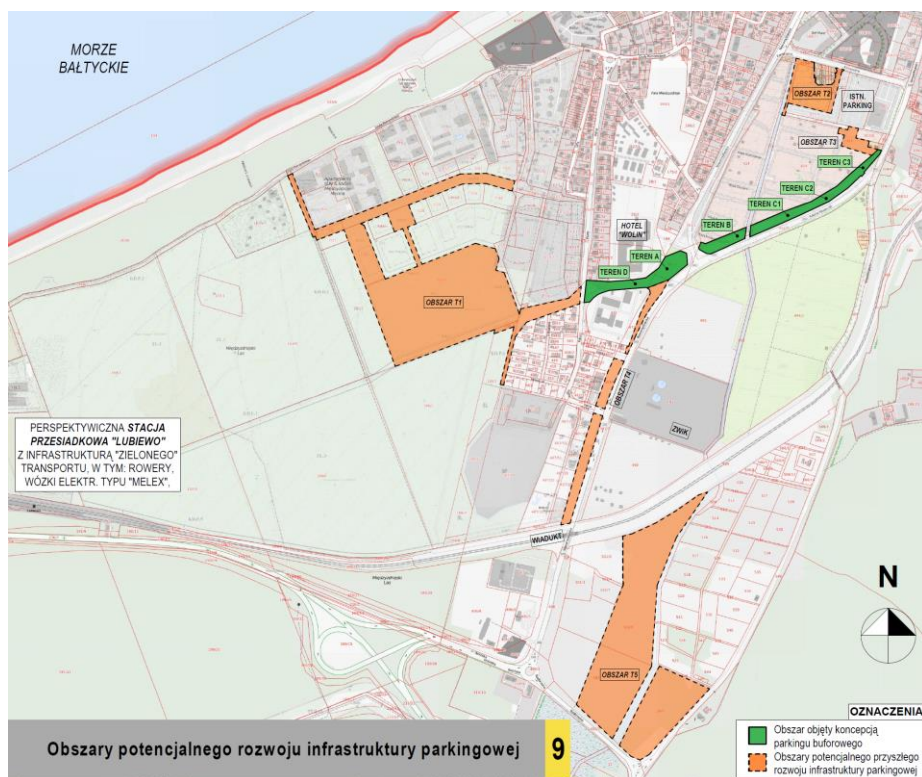
Tereny parkingu buforowego zostaną powiązane z istniejącymi ścieżkami rowerowymi. Planowana jest także rozbudowa sieci ścieżek i ciągów pieszo-rowerowych oraz włączenie ich poprzez istniejącą ścieżkę rowerową biegnącą w Międzyzdrojach wzdłuż ul. Polnej do trasy Euro Velo 10. Trasa rowerowa R 10 Velo Baltica o całkowitej długości 540 km rozpoczyna się w Świnoujściu i wiedzie wzdłuż południowego wybrzeża Bałtyku aż do Elbląga (ryc. 16) [4].



Ryc. 16. Przebieg trasy rowerowej R 10 na terenie wysp Uznam i Wolin wraz z widokiem profilu wysokościowego całej trasy [2]; na profilu trasy oznaczono skrajny wschodni punkt zamykający obszar MoRE

Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja budowy parkingu solarnego w Międzyzdrojach na potrzeby zatrzymania na rogatkach miasta ruchu turystycznego odbywającego się z wykorzystaniem samochodów indywidualnych stanowi pierwszy etap koncepcji transformacji energetycznej w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń generowanych przez ruch kołowy. Przewidziane do uzyskania 233 miejsca parkingowe nie będą w stanie zaspokoić zapotrzebowania na infrastrukturę parkingową miejscowości, w której sezonowy wzrost liczby użytkowników przestrzeni miejskiej osiąga ok. 1700% w odniesieniu do stałej liczby mieszkańców. Dlatego też koncepcja transformacji energetycznej gminy w zakresie transportu przewiduje dalszą rozbudowę infrastruktury parkingowej. Na rycinie 17 przedstawiono lokalizację potencjalnych obszarów rozwoju parkingów buforowych w Międzyzdrojach.



Ryc. 17. Lokalizacja potencjalnych obszarów rozwoju infrastruktury parkingów buforowych w Międzyzdrojach [1]

Bibliografia

1. Koncepcja transformacji energetycznej w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe w miejscowościach turystycznych na przykładzie miasta Międzyzdroje – Koncepcja budowy parkingu buforowego. Najda Consulting, Szczecin 2022.
2. Uchwała 5 Nr XLVIII/481/14 Rady Miejskiej w Międzyzdrojach z dnia 28 stycznia 2014 r. w sprawie zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego miasta Międzyzdroje na terenie ograniczonym ul. Komunalną, ul. Nowomyśliwską, ul. Wodniczki, ciekim wodnym „Stary Zdrój”, torami kolejowymi i ul. Niepodległości. Dziennik Urzędowy Województwa Zachodniopomorskiego z dnia 5 marca 2014 r., poz. 1004.
3. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Międzyzdroje. Uchwała nr XLV/482/18 Rady Miejskiej w Międzyzdrojach z dnia 14 czerwca 2018 r.
4. <https://velomapa.pl/szlaki/velo-baltica-eurovelo-10-13-r10> (dostęp 22.07.2022).

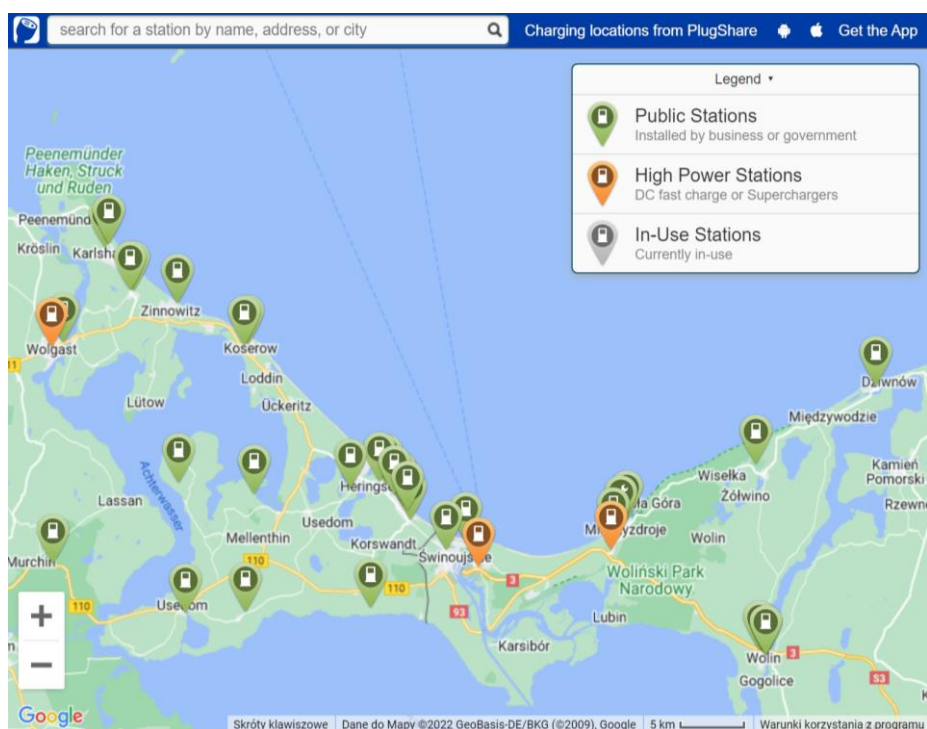
Elektromobilność w rejonie wysp Uznam i Wolin

Norbert Lech, Piotr Nikończuk

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Rozmieszczenie stacji ładowania na terenie wysp Uznam i Wolin

Na terenie wysp Uznam i Wolin znajduje się łącznie 27 stacji ładowania pojazdów elektrycznych, w tym 18 po stronie niemieckiej oraz 9 po stronie polskiej. Po stronie polskiej zlokalizowane są 2 stacje szybkiego ładowania, po jednej w Świnoujściu oraz Międzyzdrojach. Rozmieszczenie stacji przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji ładowania na wyspach Wolin i Uznam [1]

W bliskim sąsiedztwie wysp znajdują się dodatkowe stacje ładowania, po stronie niemieckiej – 7, w tym 3 szybkiego ładowania, oraz 1 po stronie polskiej zlokalizowana w Dziwnowie. Sumarycznie na wyspach oraz w bliskim sąsiedztwie znajduje się 35 stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym.

Ważnym elementem analiz dostępności elektromobilności jest również zasięg pojazdów elektrycznych. W przypadku samochodów osobowych ich katalogowy zasięg na naładowanej baterii średnio waha się w przedziale 300–400 km, natomiast rzeczywisty zasięg jest znacząco mniejszy [2].

Znacznie trudniejszym wyzwaniem, w porównaniu z transportem osobowym, staje się transport ładunków z zastosowaniem elektrycznych pojazdów transportowych. Dla przykładu Volkswagen e-Crafter ma zasięg niewiele przekraczający 100 km [3].

Ograniczenie to wymusza konieczność rozważnego planowania dystrybucji towarów z uwzględnieniem rozmieszczenia stacji ładowania na terenie wysp Uznam i Wolin oraz w ich bliskim sąsiedztwie.

Analiza czynników wpływających na zasięg pojazdów elektrycznych

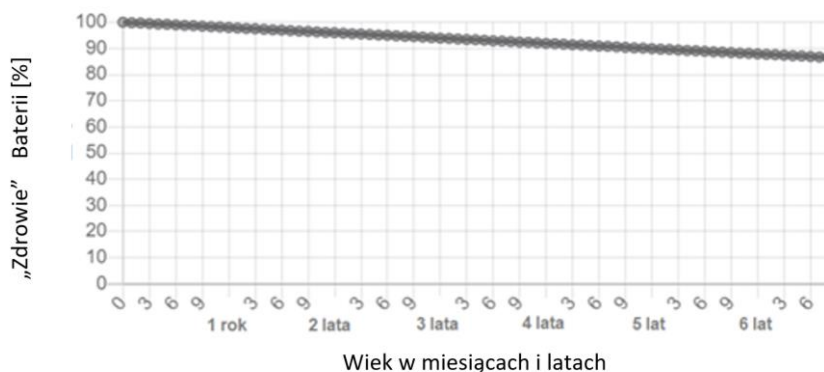
Zasięg jest jednym z najważniejszych aspektów, które powinny być brane pod uwagę przy planowaniu użytkowania pojazdu elektrycznego. W porównaniu z pojazdami o konwencjonalnym napędzie spalinowym samochody elektryczne charakteryzują się mniejszym zasięgiem. Pełny zbiornik paliwa oraz rozbudowana sieć stacji paliwowych pozwalają z reguły na pokonanie dłuższej trasy niż w pełni naładowana bateria pojazdu elektrycznego.

Kluczowe czynniki wpływające na pojemność baterii pojazdu elektrycznego

Czynników wpływających na zasięg pojazdu elektrycznego jest wiele i są one zróżnicowane. Część z nich wynika z bezpośredniego wpływu na baterię pojazdu i jej żywotność, co z kolei rzutuje na zasięg pojazdu. Jednakże poza samymi cechami samochodowego magazynku energii należy także rozpatrywać kwestie związane z rozmieszczeniem stacji ładowania na trasie pojazdu, ich kompatybilność z pojazdem oraz szybkość ładowania akumulatora w samochodzie. Czynniki, które w znacznym stopniu wpływają na drogę, jaka może zostać obrana przez użytkownika pojazdu elektrycznego, to:

- stan degradacji baterii,
- stan zatłoczenia drogi,
- warunki topograficzne drogi,
- rozmieszczenie i dostępność stacji ładowania,
- parametry techniczne pojazdu,
- sposób eksploatacji pojazdu,
- warunki atmosferyczne.

Degradacja baterii to naturalny proces, który trwale zmniejsza ilość energii, jaką bateria może przechowywać, lub ilość energii, jaką może ona dostarczyć. Akumulatory w pojazdach elektrycznych mogą generalnie dostarczać więcej mocy, niż potrzebują tego elementy układu napędowego. W rezultacie spadek mocy jest rzadko obserwowany w pojazdach elektrycznych i tylko utrata zdolności akumulatora do magazynowania energii ma *de facto* istotne znaczenie. Stan baterii określany jest skrótem SoH (*state of health*), co w tłumaczeniu oznacza stan zdrowia baterii. Baterie rozpoczynają swoją techniczną żywotność przy 100% SoH i z czasem ulegają degradacji. Na przykład bateria o mocy 60 kWh, która ma 90% SoH, działałaby skutecznie jak bateria 54 kWh [2]. Na rycinie 2 przedstawiono zależność pomiędzy średnim stopniem degradacji baterii a czasem.



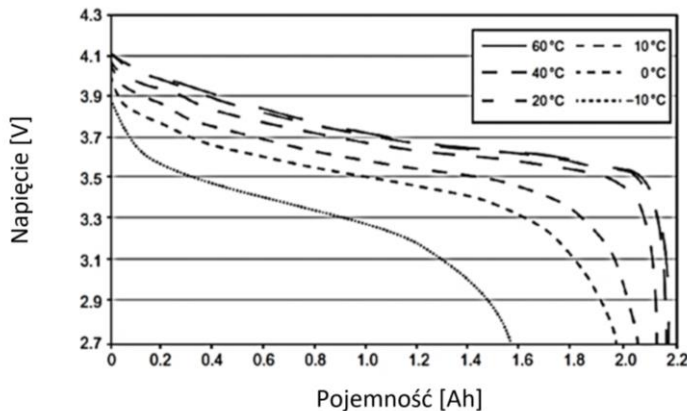
Ryc. 2. Średni stopień degradacji baterii w czasie

Do czynników, które wpływają na degradację baterii, zalicza się:

- czas,
- wysokie temperatury,
- działania na wysokich i niskich stanach naładowania baterii,
- wysoki prąd elektryczny,
- użytkowanie (cykle ładowania).

Akumulatory pojazdów elektrycznych są obiektami podatnymi na zmiany temperatury. Zbyt wysoka lub zbyt niska temperatura może w znacznym stopniu wpływać na przebieg procesu jej degradacji lub na stan obecnego poziomu pojemności baterii (ryc. 3).

Temperaturę akumulatora należy kontrolować w granicach określonych limitów, aby uniknąć problemów termicznych i poprawić wydajność magazynu energii.



Ryc. 3. Wpływ temperatury na spadek pojemności baterii [4]

Zakres temperatury eksploatacyjnej, a szczególnie jej równomierny rozkład, wpływają na moc baterii i jej żywotność, dlatego system zarządzania temperaturą akumulatora jest niezbędnym elementem w systemie akumulatorowym.

Stan zatłoczenia drogi to jeden z czynników, które należy wziąć pod uwagę przy planowaniu trasy pojazdem elektrycznym. Istotne jest rozważenie wystąpienia kongestii na trasie ze względu na potencjalne straty w zasięgu pojazdu na danym poziomie naładowania baterii. Jazda w warunkach zatłoczenia wiąże się z ciągłymi zmianami prędkości (częste hamowanie i przyspieszanie), co z kolei ma wpływ na zwiększone zużycie energii elektrycznej. W przypadku natrafienia na kongestię może wystąpić konieczność zmiany dalszej trasy ze względu na zredukowany w tym czasie zasięg. W sytuacjach skrajnych można zminimalizować zużycie energii dzięki wyłączeniu systemów grzewczo-chłodniczych, jednak jest to rozwiązanie nieoptymalne ze względu na potencjalne niedogodności wynikające z temperatury otoczenia, która przy wyłączeniu takiego systemu ma znaczny wpływ na warunki wewnątrz pojazdu.

Warunki topograficzne trasy również mają znaczący wpływ na zużycie baterii zasilającej pojazd. Do parametrów opisujących zmiany w topografii terenu można zaliczyć [5]:

- średnie nachylenie,
- całkowite wzniesienie lub spadek w metrach.

Ogólnie rzecz biorąc, im większa zmienność wysokości, tym większe jest zużycie energii na rzecz energii potencjalnej pojazdu [5]. Należy jednak pamiętać, że pewne pojazdy elektryczne wyposażone są w systemy odzyskiwania energii, co oznacza, że istnieje możliwość, by część energii, którą utracono przy wjeździe

po drodze o wysokim nachyleniu, odzyskać przy hamowaniu podczas zjazdu drogą w dół.

Rozmieszczenie stacji ładowania stanowi kolejny czynnik, który nie wpływa bezpośrednio na pojazd podczas jazdy, ale jest kluczowy przy ustalaniu trasy przejazdu pojazdu elektrycznego. Jeżeli zakładana trasa wymaga pokonania dystansu większego niż zasięg pojazdu, należy uwzględnić postój na stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Istotne jest sprawdzenie typu stacji ładowania (szybkie lub wolne ładowanie) oraz ustalenie, czy jest ona kompatybilna z prowadzonym pojazdem.

Zarówno parametry pojazdu (moc silnika, waga pojazdu), jak i jego wyposażenie (systemy grzewczo-chłodnicze, systemy nawigacyjne, radio i nagłośnienie) oraz obciążenie użytkowe (pasażerowie wraz z ewentualnym bagażem) mają wpływ na baterię. W oczywisty sposób samochody wymagające większej mocy oraz o dużej wadze będą pobierały więcej energii niż samochody, w których wartości dla wymienionych parametrów są niższe.

Sposób eksploatacji pojazdu, opisywany tzw. stylem jazdy, również wpływa na zużycie energii podczas jazdy. Zachowanie kierowcy podczas jazdy można przypisać kilku cechom go opisującym, jak: wiek, płeć czy posiadane doświadczenie w kierowaniu pojazdami mechanicznymi. Im agresywniejszy styl jazdy, tym większa zmienność przyspieszania i zwalniania oraz średniej prędkości. Takie zachowanie powoduje zwiększoną konsumpcję energii w drodze [6].

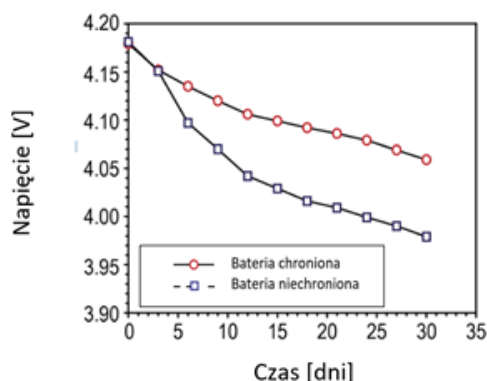
Pośród wyżej wymienionych czynników zdecydowano się na wybór niektórych z nich do szczegółowej analizy w dalszej części pracy. Analizie poddano czynniki obejmujące: temperaturę, rozmieszczenie stacji ładowania, parametry pojazdu i sposób eksploatacji pojazdu.

Wpływ warunków atmosferycznych na zasięg pojazdu elektrycznego

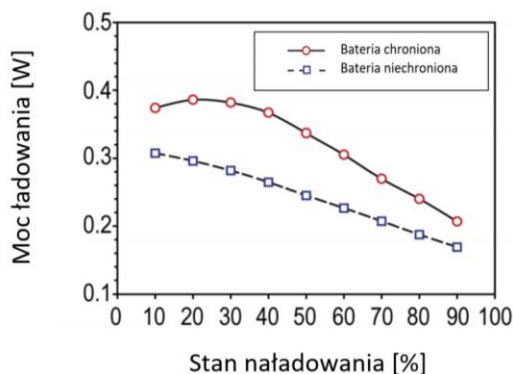
Warunki atmosferyczne należą do istotnych czynników wpływających na drogę pojazdów elektrycznych. Poza bezpośrednim wpływem temperatury oraz wilgotności powietrza na stan naładowania oraz stopień degradacji baterii (co wiąże się z wahaniami w zasięgu pojazdu) ekstremalnie wysokie lub niskie temperatury determinują konieczność wykorzystania pewnych dodatkowych systemów technicznych pojazdu, grzewczych lub chłodniczych, które zapewniają odpowiednie warunki mikroklimatu we wnętrzu samochodu.

Badanie przeprowadzone w 2016 r. przez Royal Society of Chemistry [7] pozwoliło na wykazanie istotności wpływu wysokiej wilgotności powietrza na właściwości samorozładowania baterii litowo-jonowych (typ baterii używanych

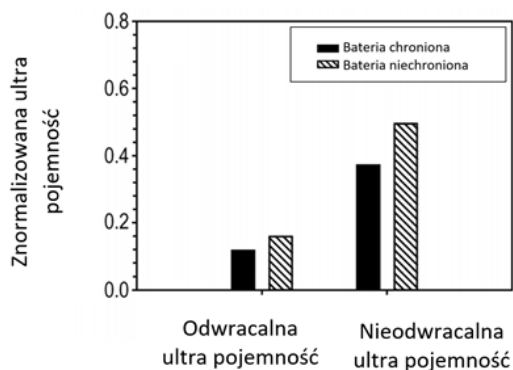
w pojazdach elektrycznych). Badanie zostało przeprowadzone z użyciem akumulatorów, w których zastosowano odpowiednią ochronę przed wilgocią zawartą w powietrzu, a także akumulatorów bez ochrony przed wilgocią. Czas trwania eksperymentu wyniósł 30 dni, a warunki klimatyczne, w jakich został przeprowadzony, opisane były temperaturą otoczenia wynoszącą 25 °C oraz wilgotnością względną powietrza na poziomie 90%. Zmiany we właściwościach baterii wskutek eksploatacji we wskazanych warunkach przedstawiono na rycinach 4–7.



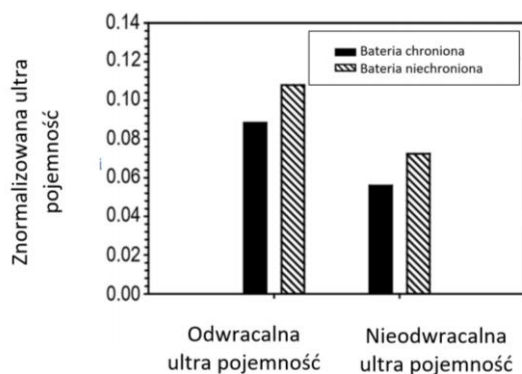
Ryc. 4. Zmiany napięcia w obwodzie otwartym w pełni naładowanych bateriach litowo-jonowych [7]



Ryc. 5. Właściwości elektrochemiczne baterii – możliwości zasilania impulsowego baterii litowo-jonowych [7]



Ryc. 6. Znormalizowana, odwracalna i nieodwracalna utrata pojemności w przypadku akumulatorów litowo-jonowych po przechowywaniu w stanie pełnego naładowania [7]



Ryc. 7. Znormalizowana, odwracalna i nieodwracalna utrata pojemności w przypadku akumulatorów litowo-jonowych po przechowywaniu [7]

Porównując właściwości samorozładowania baterii litowo-jonowych, potwierdzono, że wystawienie akumulatora na działanie wilgoci podczas przechowywania ma duży wpływ na właściwości samorozładowania. Zastosowanie ochrony akumulatora skutecznie spowalnia proces rozładowania baterii tego typu. Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, że utrata pojemności (przede wszystkim nieodwracalnej) jest znacznie większa w przypadku akumulatorów w pełni naładowanych. Oznacza to, że optymalnym sposobem użytkowania baterii jest nieładowanie ich do pełnej pojemności. Na podstawie przedstawionego badania [7] można wyciągnąć wniosek, że kierowca pojazdu elektrycznego użytkowanego w klimacie o wysokiej wilgotności względnej powietrza jest narażony na większe straty w pojemności baterii i w konsekwencji na krótszy potencjalny zasięg pojazdu oraz większe ograniczenia przy planowaniu trasy pojazdu elektrycznego.

Wpływ temperatury na żywotność baterii

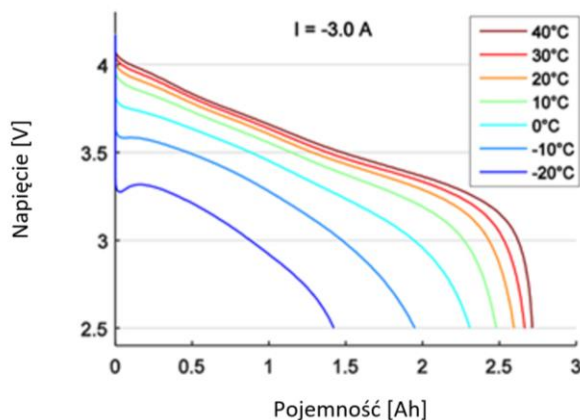
Temperatura baterii jest istotnym czynnikiem, który kształtuje jej żywotność oraz wpływa na degradację. Temperatura o skrajnych wartościach – skrajnie wysoka lub skrajnie niska – oddziałuje w sposób negatywny na baterię, pogarszając jej początkowe parametry i przyczyniając się w ten sposób do redukcji zasięgu pojazdu elektrycznego. Pojazdy elektryczne wyposażone są w systemy aktywnie zarządzające temperaturą baterii [4].

Długotrwała ekspozycja na niskie temperatury ma wpływ na wydajność baterii i zasięg pojazdu [8], co wykazały badania kilku modeli samochodów elektrycznych przeprowadzone w warunkach zimowych na norweskich drogach [9]. W sytuacji, kiedy temperatura otoczenia spada, rezystancja wewnętrzna akumulatora wzrasta. Oznacza to, że ładowanie akumulatora wymaga większej mocy, co z kolei obniża jego pojemność. Należy jednak zauważyć, że utrata pojemności zależy również od szybkości ładowania i rozładowania, a wpływ niskiej temperatury jest inny w przypadku akumulatorów wykonanych w różnych technologiach. I tak przykładowo akumulator kwasowo-ołowiowy może zapewnić tylko połowę pojemności nominalnej przy temperaturze otoczenia podczas ładowania wynoszącej -17°C .

Temperatura robocza akumulatora różni się również w zależności od jego typu. Akumulatory litowo-jonowe mogą być ładowane w temperaturze w zakresie od 0 do 45°C i rozładowywane w warunkach otoczenia od -20 do 60°C (jednak przy pracy w tak wysokiej temperaturze wystąpią wspomniane wcześniej problemy). Akumulatory kwasowo-ołowiowe można ładować i rozładowywać w temperaturze od -20 do 50°C . Istotne jest, aby zdawać sobie sprawę z temperatury ładowania, którą może wytrzymać bateria. Jeśli akumulatory nie działają w odpowiedniej temperaturze, akceptacja ładunku zostanie zmniejszona, ponieważ kombinacja jonów będzie wolniejsza. Wymuszenie wysokiego prądu może wytworzyć ciśnienie, powodując również eksplozję zamkniętych akumulatorów [10].

Na rycinie 8 przedstawiono napięcie rozładowania ogniwa litowo-jonowego w różnych zakresach temperatury. Wykres (ryc. 8) w jasny sposób obrazuje malejącą wydajność baterii wraz ze spadkiem temperatury. Ekspozycja baterii na ekstremalnie niskie temperatury (-20°C) wiąże się ze zmniejszeniem się jej maksymalnej pojemności.

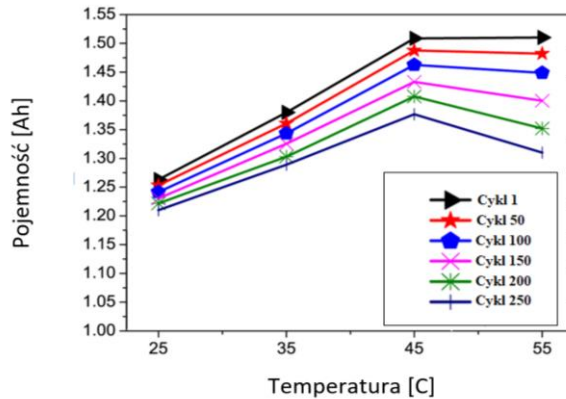
Również wzrost temperatury wpływa na żywotność akumulatora. Wraz ze wzrostem temperatury akumulatora przyspieszeniu ulegają reakcje chemiczne w jego wnętrzu. W wyższych zakresach temperatury odnotowuje się zwiększenie wydajności i pojemności akumulatorów litowo-jonowych.



Ryc. 8. Napięcie rozładowania ogniwa litowo-jonowego 18650 przy 3A i różnym zakresie temperatury [10]

Badanie opublikowane przez Scientific Reports [11] wykazało, że wzrost temperatury z 25 °C do 45 °C doprowadził do wzrostu maksymalnej pojemności akumulatora o 20%. Istnieje jednak również efekt uboczny tej zwiększonej wydajności w postaci zmniejszenia cyklu życia baterii z upływem czasu. W tym samym badaniu stwierdzono, że degradacja cyklu życia akumulatora jest znacznie dotkliwsza w sytuacji, gdy jest on ładowany w wyższej temperaturze. Proces ten badano w dwóch zakresach temperatury wynoszącej odpowiednio 45 °C (warunki odpowiadające podniesionej temperaturze) i 25 °C (warunki normalne). W warunkach normalnych (temperatura 25 °C) podczas pierwszych 200 cykli rozładowania/naładowania wydajność baterii spadła tylko o 3,3%. W warunkach podniesionej temperatury (45 °C) przy tej samej liczbie cykli wydajność baterii spadła o 6,7%, w efekcie skutkując ponad dwukrotnie większą degradacją. Przyjmując większy poziom degradacji baterii następujący przy wyższych wartościach temperatury, należy uznać, że cykl życia baterii może zostać znacznie skrócony w wyniku stałej ekspozycji na ekstremalne warunki termiczne (ryc. 9). Chociaż narażenie na ciepło tymczasowo zwiększa pojemność baterii, to uszkodzenia, jakie powoduje w cyklu życia, mogą powodować długotrwałe problemy i znacznie poważniejsze skutki, dlatego należy unikać długotrwałego narażenia na ciepło.

Przy uwzględnianiu wszystkich czynników związanych z wpływem temperatury na żywotność baterii należy pamiętać, że poza warunkami atmosferycznymi temperatura baterii podnosi się podczas eksploatacji samochodu, a pojazd wyposażony jest w dodatkowe systemy grzewcze i chłodnicze.



Ryc. 9. Maksymalna pojemność ładowania w zależności od cyklu i temperatury [11]

Przy planowaniu trasy pojazdem elektrycznym należy uwzględnić więc warunki, w jakich pojazd będzie się poruszał, i odpowiednio się do takiej trasy przygotować, tj. uruchomić systemy grzewcze lub chłodnicze w zależności od sytuacji jeszcze przed skonfrontowaniem pojazdu ze skrajnymi warunkami atmosferycznymi. Należy również pamiętać o zużyciu baterii, jakie wiąże się z wykorzystaniem pewnych systemów, i odpowiednio uwzględnić potencjalne straty w zasięgu.

Wpływ parametrów pojazdu i sposobu eksploatacji na jego zasięg

Poza opisanymi powyżej czynnikami występują również liczne inne mające wpływ na zasięg pojazdu, które można skategoryzować jako czynniki technologiczne, parametry pojazdu oraz sposób jego eksploatacji. W tym ostatnim główną rolę odgrywa kierowca i sposób, w jaki korzysta z pojazdu. Wyniki badań wpływu prędkości na efektywność energetyczną przedstawiono w pracy [12].

System akumulatorów jest jednym z podstawowych elementów pojazdu elektrycznego, a jego technologia ma duży wpływ na zużycie energii. Powiązane czynniki projektowe obejmują typ baterii, liczbę ogniw, stopy i projekt systemu zarządzania baterią (BMS). Czynniki te dodatkowo determinują pojemność baterii, energochłonność i masę. Ponadto bateria starzeje się w wyniku cykli ładowania, co mierzy się na podstawie tzw. stanu zdrowia (SoH). Szybkość regeneracji baterii ma wpływ na całkowite zużycie energii. Jednak hamowanie odzyskowe nie działa przy wysokim stanie naładowania (SOC) i wysokiej temperaturze akumulatora. Ze względu na charakter jednostki napędowej (brak silników spalinowych) do wytworzenia ciepła potrzebna jest nagrzewnica PTC (o dodatnim współczynniku temperaturowym) lub pompa ciepła, która w zasadzie

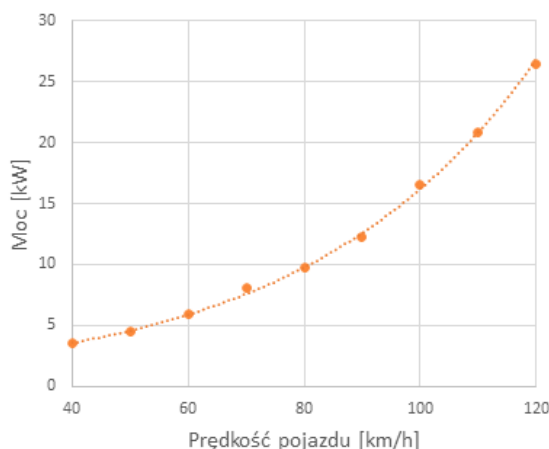
wymaga większej energii niż klimatyzacja. Niemniej jednak rzeczywiste zużycie energii jest nadal silnie związane z lokalnym klimatem i zachowaniem kierowców. Inne systemy pomocnicze obejmują m.in. oświetlenie pojazdu, radio, system nawigacji i opcjonalne ogrzewanie siedzenia oraz inne urządzenia związane z zapewnieniem komfortu jazdy, a które nie są związane z napędem pojazdu. Urządzenia te są zasilane z akumulatora 12 V, który jest podłączony do akumulatora trakcyjnego. Jednak ogólny wpływ systemów pomocniczych na konsumpcję energii podczas jazdy jest niewielki.

Inne elementy związane z pojazdem to układ napędowy i sprawność silnika. Obejmują one również masę pojazdu, rozmiar i współczynnik oporu powietrza oraz opór toczenia przypisany konstrukcji opony i ciśnieniu [5].

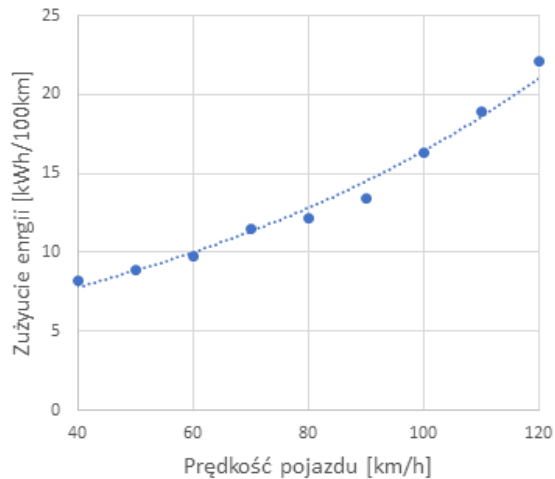
Średni pobór mocy przy stałej prędkości pojazdu elektrycznego przedstawiono na rycinie 10, a zużycie energii przy stałej prędkości pojazdu na rycinie 11. Z rycin wynika, że pobór mocy, a w związku z tym – zużycie energii – w znacznym stopniu zwiększa się wraz z prędkością pojazdu. Należy więc uwzględniać prędkość, z jaką poruszać się będzie pojazd elektryczny, ponieważ może mieć ona znaczny wpływ na możliwą do pokonania odległość przy danym poziomie naładowania baterii.

Tzw. agresywność kierowcy, przekładająca się na styl prowadzenia pojazdu, znacznie wpływa na zużycie baterii. Agresywność rozumie się jako odpowiednie zestawienie następujących czynników:

- średniej prędkości,
- przyspieszenia,
- liczby zatrzymań i faz startu,
- czasu trwania fazy zatrzymania.



Ryc. 10. Średni pobór mocy przy stałej prędkości pojazdu elektrycznego [8]

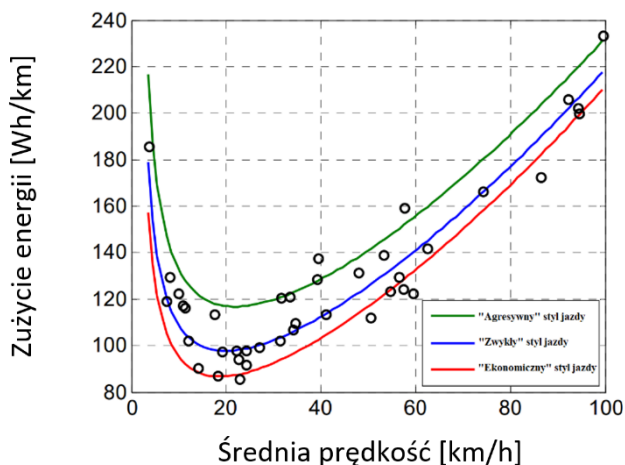


Ryc. 11. Zużycie energii przy stałej prędkości pojazdu elektrycznego [13]

W badaniu [14] opisano metody pomiaru czynnika agresywności kierowcy oraz jego wpływ na warunki eksploatacji pojazdu z napędem elektrycznym. W badaniu wykorzystano metodę polegającą na analizie wpływu średniego dodatniego przyspieszenia na zużycie energii przez pojazd elektryczny. Analiza ta została ułatwiona dzięki zastosowaniu korelacji analitycznej. Na podstawie korelacji dokonywano zmiany średniego dodatniego przyspieszenia, aby ocenić wpływ trzech typów kierowców, których scharakteryzowano jako: „typowy”, „ekonomiczny” i „agresywny”. Rycina 12 przedstawia uzyskane wyniki przy średnim dodatnim przyspieszeniu wahającym się od $0,38 \text{ m/s}^2$ – przyjętym jako reprezentatywne dla kierowcy „ekonomicznego”, do $1,03 \text{ m/s}^2$ – opisującym styl jazdy „agresywnego” kierowcy.

Uzyskane wyniki pobierane były z wartości minimalnych i maksymalnych obliczonych w całej bazie danych cykli jazdy. Jak wykazano na rycinie 12, zróżnicowanie zużycia energii spowodowane agresywnością kierowcy ma znaczący wpływ na ostateczne zużycie energii przez pojazd. Jeśli się porówna wyniki kierowcy „ekonomicznego” i „agresywnego”, różnica między nimi może sięgać od ok. 40% przy niskiej prędkości do 10% przy dużej prędkości. Pozwala to dostrzec, jak istotny jest sposób jazdy kierowcy oraz jak znaczną różnicę może spowodować prowadzenie pojazdu w sposób ekonomiczny [14].

Poza stylem jazdy kierowcy można również wyróżnić wpływ potrzeby komfortu na wykorzystanie systemów pomocniczych, takich jak klimatyzacja czy ogrzewanie.



Ryc. 12. Wpływ stylu jazdy kierowcy na zużycie energii przez pojazd [14]

Inne czynniki to kondycja fizyczna kierowcy oraz psychologia lęku przed zasięgiem [15], która określana jest jako obawa, że pojazd ma niewystarczający zasięg, aby dotrzeć do celu, powodująca strach, że kierowca i/lub pasażer utkną w pojeździe.

Podsumowanie

Jak wspomniano we wstępie, znaczącym wyzwaniem jest elektromobilność pojazdów dostawczych. Katalogowy zasięg pojazdu dostawczego może nieznacznie przekraczać 100 km. Uwzględniając opisane powyżej parametry wpływające na rzeczywisty zasięg pojazdów elektrycznych, można szacować, że w niekorzystnych warunkach pogodowych, drogowych i przy umiarkowanym stylu jazdy zasięg elektrycznego pojazdu dostawczego obniży się nawet do 50 km. Dla przykładu wyznaczono trasę pojazdu z Wolina do Międzywodzia oraz drogę powrotną. Zaplanowano odwiedzenie ważniejszych miejscowości, w których uprawiane są różne formy aktywności turystycznej. Na rycinie 13 zamieszczono wyznaczoną trasę.

Zaplanowany dystans wynosi 50,6 km. Odległość ta jest na granicy zasięgu pojazdu w niekorzystnych warunkach pogodowych i drogowych. Na planowanej trasie nie znajduje się żadna stacja ładowania pojazdów poza Wolinem, który jest miejscem początku i końca podróży. W planowaniu dłuższych podróży szczególnie dostawczym samochodem elektrycznym na terenie wysp należy rozważyć szacować zasięg pojazdu [16] oraz planować podróż [17].

6. Younes Z., Boudet L., Suard F., Gerard M., Rioux R., Analysis of the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles, Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), IEEE International, 2013, 247–253.
7. Byun S., Park J., Appiah W.A., Ryou M., Lee Y.M., The effects of humidity on the self-discharge properties of $\text{Li}(\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3})\text{O}_2/\text{graphite}$ and $\text{LiCoO}_2/\text{graphite}$ lithium-ion batteries during storage, „RSC Advances”, 2017, 18, 10915–10921. DOI: 10.1039/C6RA28516C.
8. Steinstraeter M., Heinrich T., Lienkamp M., Effect of low temperature on electric vehicle range, „World Electric Vehicle Journal”, 2021, 12, 115. DOI: 10.3390/wevj12030115.
9. 20 popular EVs tested in Norwegian winter conditions NAF, <https://www.naf.no/elbil/aktuelt/elbiltest/ev-winter-range-test-2020/> (dostęp: 1.07.2022).
10. <https://www.cedgreentech.com/article/how-does-temperature-affect-battery-performance> (dostęp: 27.05.2021).
11. Leng F., Tan C., Pecht M., Effect of temperature on the aging rate of li ion battery operating above room temperature, „Scientific Report”, 2015, 5, 12967.
12. Konzept A., Reick B., Kaufmann A., Hermanutz R., Stetter R., Battery electric vehicle efficiency test for various velocities, „Vehicles”, 2022, 4, 60–73. DOI: 10.3390/vehicles4010004.
13. Martins J., Brito F.P., Pedrosa D., Monteiro V., Afonso J.L., Real-life comparison between diesel and electric car energy consumption, Nova Science Publishers, New York 2013.
14. Badin F., Le Berr F., Briki H., Dabadie J.C., Petit M., Magand S., Condemine E., Evaluation of EVs energy consumption influencing factors, driving conditions, auxiliaries use, driver’s aggressiveness, „World Electric Vehicle Journal”, 2013, 6, 112–123.
15. Franke T., Neumann I., Buehler F., Cocron P., Krems J.F., Experiencing range in an electric vehicle: Understanding psychological barriers, „Applied Psychology”, 2012, 61, 368–391.
16. Dollinger M., Fischerauer G., Model-based range prediction for electric cars and trucks under real-world conditions, „Energies”, 2021, 14, 5804. DOI: 10.3390/en14185804.
17. Książek A., Richter M., Metodyka optymalizacji nawigowania pojazdów elektrycznych, „Przegląd Komunikacyjny”, 2014, 2, 16–20.
18. Jahn R.M., Syré A., Grahle A., Schlenther T., Göhlich D., Methodology for determining charging strategies for urban private vehicles based on traffic simulation results, „Procedia Computer Science”, 2020, 170, 751–756. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.160.

Koncepcja podnoszenia poziomu samowystarczalności energetycznej na przykładzie wysp Uznam i Wolin

Grzegorz Krzos, Sławomir Rybarczyk

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wstęp

Drugą połowę 2021 r. oraz obecny 2022 r. należy uznać za okres światowego kryzysu energetycznego w XXI w., który zapoczątkował kolejną erę szybkiej transformacji energetycznej w Europie i nie tylko. Politycy, przedsiębiorcy, naukowcy, samorządowcy, rządy wielu krajów i Unia Europejska pracują na różnymi sposobami ograniczenia skutków kryzysu energetycznego oraz nad nowymi rozwiązaniami technologicznymi gwarantującymi stabilne i przewidywalne koszty energii w przyszłości. Podobnie dzieję się w Polsce, w której większości energii elektrycznej produkuje się z węgla. Brak na terenie kraju małej czy dużej elektrowni atomowej, a także przez lata stosowana przez legislatora i oligopol państwowych spółek energetycznych polityka ograniczania rozwoju odnawialnych źródeł energii (OZE) i budowy sieci dystrybucyjnych spowodowały opóźnienia w rozwoju koncepcji samowystarczalności energetycznej i elektromobilności na każdym poziomie geograficznym, tj. domu jednorodzinnego, bloku mieszkalnego, osiedla, przedsiębiorstwa, miejscowości, gminy, powiatu, województwa, kraju. Aktualny udział OZE wynosi ok. 12% w strukturze na poziomie krajowym. Za strategiczny atut i pozytyw w polityce podnoszenia bezpieczeństwa energetycznego należy uznać finalizację dwóch dużych inwestycji, tj. gazoportu i Baltic Pipe oraz tzw. mostów energetycznych łączących polski system energetyczny z innymi. Mocno opóźnione są zaś prace nad farmami wiatrowymi na morzu, które już od co najmniej roku powinny produkować prąd i wodór jako nośnik energii magazynowany m.in. w kawernach na pomorzu. Przedstawiona sytuacja stanowi tło, na którym postanowiono zdefiniować główny cel niniejszego rozdziału, czyli przedstawienie koncepcji podnoszenia samowystarczalności energetycznej instytucji i przedsiębiorstw na podstawie studium przypadku projektu MoRE – *Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin*, które realizowany jest w ramach programu Interreg V A Meklemburgia – Pomorze Przednie/Brandenburgia/Polska, oś IV – współpraca transgraniczna.

Metodykę badawczą w niniejszym rozdziale oparto na krytycznej analizie literatury i źródeł internetowych, analizie dokumentacji projektu MoRE oraz obserwacji współuczestniczącej i wywiadach z kadrą zaangażowaną w projekt MoRE.

Założenia projektu MoRE

Głównym przesłaniem projektu MoRE jest analiza potencjału i możliwości wykorzystania źródeł energii odnawialnej (OZE) ze szczególnym uwzględnieniem transgranicznej przestrzeni wysp Uznam i Wolin.

W niniejszym studium przypadku wysp Uznam i Wolin zaproponowano optymalny koszyk energetyczny dla realizacji projektu MoRE oraz wskazano kluczowe założenia dla budowy modelowego regionu OZE w kontekście sezonowości turystycznej, efektywności i niezależności energetycznej, redukcji CO₂ i neutralności klimatu. Opracowane modelowe studium będzie stanowić „mapę drogową” dla wypracowania zapisów w dokumentach planistycznych i strategicznych partnerów projektu służących wdrażaniu idei modelowego samowystarczalnego energetycznie regionu opartego na OZE.

Kluczowym uzasadnieniem dla koncepcji podnoszenia samowystarczalności było profesjonalne przygotowanie podmiotów – głównie samorządowych oddziałujących na obszar wysp Uznam i Wolin – do zachodzących zmian w sektorze energetycznym w Polsce i Unii Europejskiej oraz globalnych zmian klimatycznych. Zmiany w tym sektorze mają już charakter sformalizowany i w sposób rzeczywisty oddziałują na gospodarkę, społeczeństwo i klimat. Odpowiednie przepisy i oficjalne wystąpienia przedstawicieli władz na poziomie Unii Europejskiej wraz z uzupełniającymi je opracowaniami eksperckimi wskazują jednoznacznie na trend decentralizacji polityki energetycznej i klimatycznej do lokalnych społeczności (samorządów, przedsiębiorstw i mieszkańców). Odpowiednie przygotowanie się do takich zmian wydaje się obowiązkiem władz samorządowych i rządowych w osiągnięciu następujących celów:

- ograniczeniu negatywnych skutków klimatycznych polityki energetycznej opartej na węglu kamiennym i brunatnym (dynamiczna zmiana klimatu wskutek nadmiernej emisji gazów cieplarnianych, w szczególności CO₂),
- ograniczeniu negatywnych skutków zdrowotnych polityki energetycznej opartej na węglu kamiennym i brunatnym (wysoka zachorowalność na choroby układu oddechowego i wysoka liczba zgonów wskutek nadmiernej emisji pyłów, powodujących powstawanie zjawiska smogu),
- podniesieniu atrakcyjności gminy dla mieszkańców, turystów i biznesu,
- ograniczeniu negatywnych skutków ekonomicznych polityki energetycznej

opartej na węglu kamiennym i brunatnym (wzrost cen prądu i cen energii cieplnej).

Cele te powinny przyjąć postać działań zmierzających do:

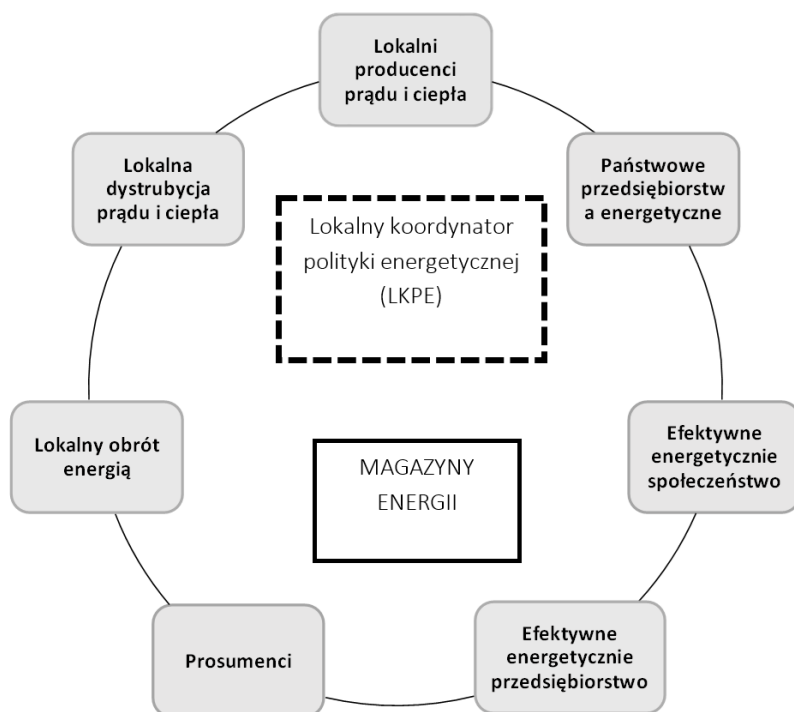
- lokalnej produkcji większej ilości energii elektrycznej i cieplnej z odnawialnych źródeł (OZE) zarówno przez jednostki sektora finansów publicznych, przedsiębiorstwa komunalne, przedsiębiorstwa prywatne, partnerstwa publiczno-prywatne (PPP), organizacje pozarządowe, jak i przez mieszkańców,
- redukcji emisji gazów i pyłów do atmosfery,
- ograniczenia liczby chorych i zgonów na choroby wywołane zanieczyszczeniem powietrza,
- promowania i stymulowania rozwoju lokalnych inicjatyw gospodarczych, takich jak klastry energetyczne, spółdzielnie energetyczne, energetyka obywatelska,
- promowania i stymulowania rozwoju lokalnych inicjatyw społecznych wspierających i rozwijających zrównoważony rozwój obszaru wysp Uznam i Wolin,
- optymalizacji wydatków związanych z zakupem energii elektrycznej i cieplnej,
- optymalizacji wydatków związanych z utrzymaniem i rozwojem infrastruktury energetycznej,
- kształtowania strategii rozwoju gmin opierającej się na modelowym podejściu do zagadnień energetycznych, wpływającym na postrzeganie obszaru wysp jako atrakcyjnego turystycznie i ekologicznie,
- uniezależnienia się od skokowych zmian cen nośników energii.

Przyjęcie takich celów i działań za istotne społecznie i gospodarczo implikuje model rozwoju obszaru wysp Uznam i Wolin zorientowany wokół wizji zrównoważonego obszaru (ryc. 1), tworzącego ekosystem podmiotów i osób oraz relacji między nimi, zapewniający osiągnięcie wyżej wymienionych celów energetycznych, gospodarczych i zdrowotnych, które zintegrowane podniosą jakość życia mieszkańców oraz osób odwiedzających region głównie celem wypoczynku i regeneracji zdrowia.

Autorzy na podstawie doświadczenia istniejących i funkcjonujących obszarów samowystarczalnych energetycznie lub dążących do samowystarczalności stoją na stanowisku, że regionalna transformacja energetyczna powinna być oparta na energetyce komunalnej, w dalszej kolejności na państwowej i prywatnej.

Stworzenie przedstawionego wyżej ekosystemu energetyki komunalnej powinno polegać na powołaniu w pierwszej kolejności organizacji koordynującej (LKPE) politykę energetyczną opierającą się na lokalnie dostępnych zasobach

energetycznych, czyli słońcu, wietrze, wodrze, biogazie, biomasie, odpadach komunalnych i przemysłowych, gazie ziemnym oraz magazynach energii elektrycznej i ciepłej. Koordynacja prac prowadzonych przez LKPE powinna doprowadzić do inwestycji w formie farm fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, gazowych, wysokosprawnej kogeneracji, biogazowni komunalnych, ekologicznych spalarni odpadów komunalnych, systemów własnej dystrybucji energii, magazynów energii, zaawansowanych teleinformatycznych systemów zarządzania energią i innych efektywnych technologii, zrównoważonych środowiskowo, prowadzonych przez podmioty publiczne, prywatne i w formie ich partnerstw (PPP).



Ryc. 1. Ekosystem energetyki komunalnej dla obszaru wysp Uznam i Wolin

Zrównoważona polityka energetyczna oddziałuje na trzy strony ekosystemu energetyki komunalnej: produkcję, dystrybucję i konsumpcję energii elektrycznej i ciepłej oraz na dbałość o środowisko. Istotnym elementem efektywnego zużywania zasobów energetycznych, w tym energii elektrycznej, jest edukacja wszystkich interesariuszy tego systemu. Działania polegające na ciągłym podnoszeniu efektywności energetycznej przedsiębiorstw, zarówno jednostek sektora finansów publicznych, jak i gospodarstw domowych, stanowić powinny

fundament zrównoważonej polityki energetycznej, której elementem jest niniejszy dokument.

Wszystkie wyżej opisane działania wpisują się w obserwowany obecnie trend zmiany energetyki scentralizowanej opartej na nieodnawialnych paliwach kopalnych na energetykę rozproszoną bazującą na odnawialnych źródłach energii. Jest to trend nieuchronny i nieodwracalny. Energetyka rozproszona oparta na OZE jest w odróżnieniu od energetyki scentralizowanej elastyczna i skalowalna, to znaczy natychmiast odpowiada na bieżące zapotrzebowanie energetyczne lokalnych odbiorców. Zaspokajanie potrzeb energetycznych odbywa się przy tym z poszanowaniem środowiska naturalnego, a więc bezpośredniego otoczenia, w którym funkcjonuje społeczność lokalna oraz goście licznie odwiedzający region. Ponadto wzrost liczby instalacji OZE w połączeniu z postępem technologicznym powoduje, że stają się one realnie konkurencyjne ekonomicznie dla tradycyjnych źródeł energii.

Wszystko to znalazło odzwierciedlenie w strategicznych decyzjach UE, ukierunkowujących wsparcie finansowe w nadchodzących latach na przedsięwzięcia realizujące wyżej opisane cele z zakresu zmiany modelu energetyki i ochrony klimatu. Wzrost dynamiki negatywnych zmian klimatycznych i środowiskowych spowodował, że pierwotne cele pakietu klimatyczno-energetycznego określanego skrótowo jako 3 × 20 (20% mniejsza emisja gazów cieplarnianych, 20% udział energii z OZE, zwiększenie o 20% efektywności energetycznej) zostały w ramach przyjętego pakietu *Fit for 55* znacząco podwyższone i przyspieszone. Pakiet ten zakłada osiągnięcie 55% redukcji emisji gazów cieplarnianych względem 1990 r. już w 2030 r., a osiągnięcie całkowitej neutralności klimatycznej całej UE w 2050 r.

Przedstawiona w projekcie MoRE koncepcja definiuje cele krótko- i długoterminowe oraz sposoby ich realizacji. Jako dokument planistyczny wysokiego poziomu koncepcja nie koncentruje się na działaniach operacyjnych.

Transformacja energetyczna w kierunku pełnej samowystarczalności energetycznej oprócz zmian w infrastrukturze technicznej wymagać będzie akceptacji lokalnych społeczności. Jest to warunek konieczny, ale niewystarczający do przeprowadzenia opisanych w niniejszym opracowaniu zmian. Konieczna będzie również swego rodzaju „transformacja mentalna” społeczności lokalnych, które muszą zrozumieć i – co najważniejsze – zaakceptować fakt, że obecne pokolenie nie może żyć na koszt przyszłych pokoleń, zużywając w sposób rabunkowy nieodnawialne zasoby energetyczne i degradując środowisko naturalne, częstokroć w sposób nieodwracalny. Bez akceptacji społeczności lokalnych nie będzie szansy na skuteczną i trwałą transformację energetyczną.

Rola samorządów lokalnych, które organizują życie społeczności lokalnych w bardzo wielu obszarach, jest kluczowa. Jest to rola inicjatora, edukatora, koordynatora działań ogólnych i oddolnych, których celem będzie przekonanie, że wyznaczony cel – samowystarczalność energetyczna opierająca się na OZE – przyniesie w odległej, ale realnej przyszłości wymierne korzyści dla społeczności lokalnych. Korzyści te to:

1. Poprawa jakości życia dzięki znaczącemu obniżeniu emisji pyłów, toksyn i gazów cieplarnianych.
2. Poprawa komfortu życia w wyniku uniezależnienia się od skokowych zmian cen nośników energii.
3. Ustabilizowanie i kontrola cen energii w obszarze wysp Wolin i Uznam – po osiągnięciu docelowego miks energetycznego.

Aby zrealizować zrównoważony rozwój obszaru wysp Uznam i Wolin w oparciu na samowystarczalności energetycznej, konieczny jest systematyczny i ciągły rozwój odnawialnych źródeł energii w perspektywie najbliższych kilkunastu lat. To najskuteczniejszy sposób zarówno na redukcję emisji CO₂, jak i ograniczenie pyłów zawieszonych w powietrzu odpowiedzialnych za zjawisko smogu. Nie można jednak budować OZE w sposób nieracjonalny, w oderwaniu od uwarunkowań ekonomicznych. Wzrost OZE nie może się odbywać kosztem odbiorców końcowych energii, nie może prowadzić do wzrostu cen energii, ale wręcz przeciwnie – oczekuje się, że po okresie spłaty kosztów inwestycji w OZE (w energetyce to zwykle 10–15 lat) pojawią się korzyści w postaci trwałego obniżenia i ustabilizowania kosztów energii.

MoRE na wyspach Uznam i Wolin – benchmarking z projektem BIG HIT

Dobrym przykładem istniejącej infrastruktury tego typu jest projekt o nazwie BIG HIT [2]. Obejmuje on obszar dwóch szkockich wysp – Eday oraz Shapinsay, gdzie produkowany jest prąd z wiatraków oraz z elektrowni wodnej opartej na pływach i falach. Prąd ten przetwarzany jest przez elektrolizery na wodór. Gaz ten pełni rolę nośnika energii, który może być później zamieniany z powrotem w ciepło i energię dla budynków i statków w porcie Kirkwall, a także paliwo do eksploatacji bezemisyjnych pojazdów wodorowych w Kirkwall i wokół niego (ryc. 2). Dzięki temu, że energia słoneczna oraz pływów/fal jest (przynajmniej w perspektywie istnienia ludzkości) niewyczerpalna, lokalna społeczność mogłaby funkcjonować całkowicie w odosobnieniu od sieci przesyłowej. Konieczne byłoby jedynie skalowanie, np. ilości wiatraków w ramach rozwoju okolicy. Dlatego właśnie koncepcja ta nazywana jest „wyspą energetyczną”.



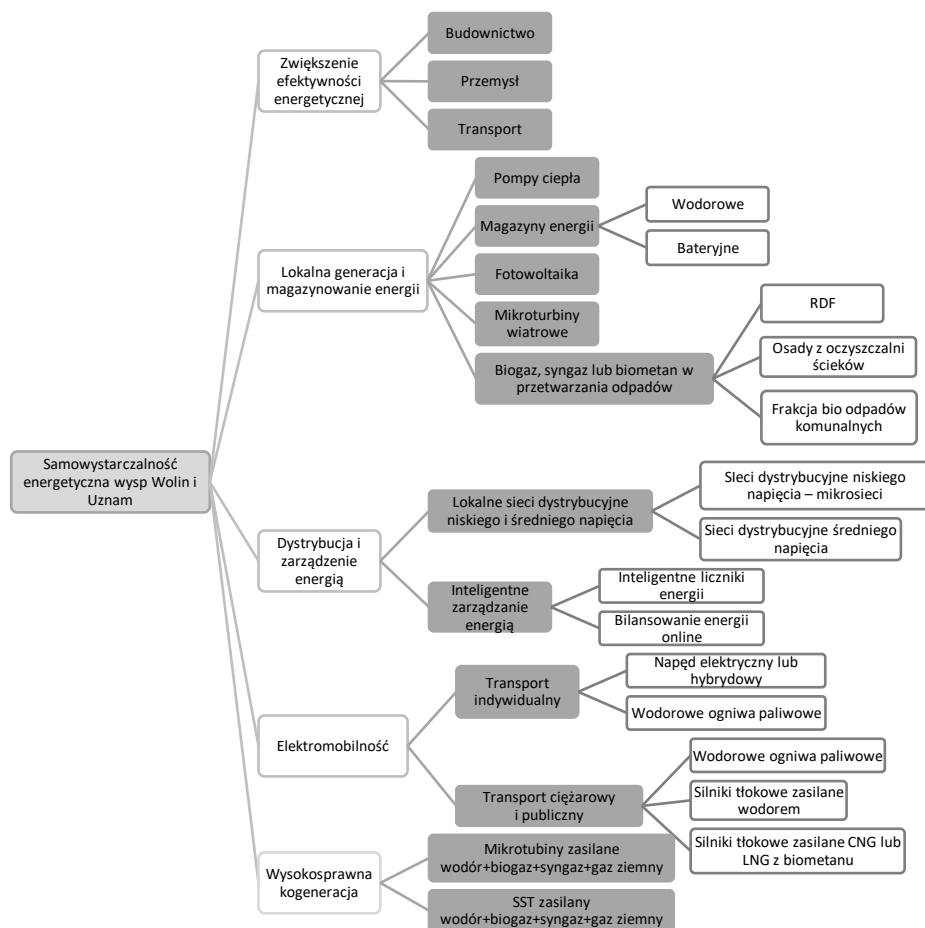
Ryc. 2. Wizualizacja założeń projektu BIG HIT [2]

Benchmarking projektu BIG HIT z projektem MoRE wysp Uznam i Wolin przyczynił się do doprecyzowania polskiej koncepcji, której fundamentem była hybrydyzacja rozwiązań technologicznych oraz kompleksowość rozwiązań, uwzględniająca lokalne uwarunkowania środowiskowe, energetyczne, prawne i społeczne. Wskutek takich założeń skoncentrowano się na doskonaleniu pięciu obszarów, tj. zwiększania efektywności energetycznej w budownictwie, przemyśle i transporcie, lokalnym generowaniu i magazynowaniu energii, dystrybucji i zarządzaniu energią, elektromobilności oraz wysokosprawnej kogeneracji. Każdy z wymienionych obszarów został uszczegółowiony w postaci diagramu na rycinie 3.

Rekomendacje przeprowadzenia transformacji energetycznej wysp Uznam i Wolin dotyczyły sposobu ewolucyjnego zamiast rewolucyjnego, z podziałem na trzy opisane w opracowaniu fazy. W wyniku pomyślnego przebiegu procesu transformacji energetycznej wysp można będzie zaobserwować jej wymierne skutki w postaci:

- ograniczenia emisji CO₂, pyłów, SO_x, NO_x, dioksyn i innych szkodliwych substancji do atmosfery, co skutkować będzie znaczącą poprawą jakości życia,
- ustabilizowania cen energii oraz zachowania kontroli nad ich poziomem – po osiągnięciu docelowego miksu energetycznego i poziomu generacji energii ze źródeł własnych,
- zwiększenia poziomu niezależności energetycznej wysp, przy czym niezależność energetyczną należy rozumieć jako odporność na zdarzenia

- awaryjne i sytuacje kryzysowe w krajowej sieci elektroenergetycznej, jak również jako zwiększenie pewności dostaw energii do obszaru wysp,
- stworzenia wizerunku wysp przyjaznych dla człowieka i środowiska, co przyczyni się do wzrostu,
 - zintegrowania społeczności lokalnej przez włączenie jej do procesu transformacji,
 - wzmocnienia relacji z partnerem niemieckim zgodnie z zasadą, że nic tak nie łączy jak wspólny interes.



Ryc. 3. Główne komponenty transformacji energetycznej obszaru MoRE [1]

Na rycinie 4 przedstawiono zaproponowane fazy transformacji energetycznej wysp Uznam i Wolin.

Faza przygotowawcza – planowanie	Faza przejściowa – realizacja	Faza inwestycji kluczowych
•Efektywność energetyczna •Lokalna generacja i magazynowanie energii •Dystrybucja i zarządzanie energią •Elektromobilność •Wysokosprawna kogeneracja	•Wymiana istniejących niskosprawnych i wysokoemisyjnych źródeł ciepła zasilanych paliwem stałym •Inwestycje prosumenckie w instalacje OZE (w tym hybrydowe) oraz magazyny energii: fotowoltaika, pompy ciepła, mikroturbiny wiatrowe •Elektromobilność – stopniowa wymiana środków transportu	•Budowa głównych centrów wytwarzania energii •Budowa głównych magazynów energii •Budowa głównych sieci dystrybucyjnych •Budowa systemu zarządzania energią

Ryc. 4. Fazy transformacji energetycznej wysp Uznam i Wolin [1]

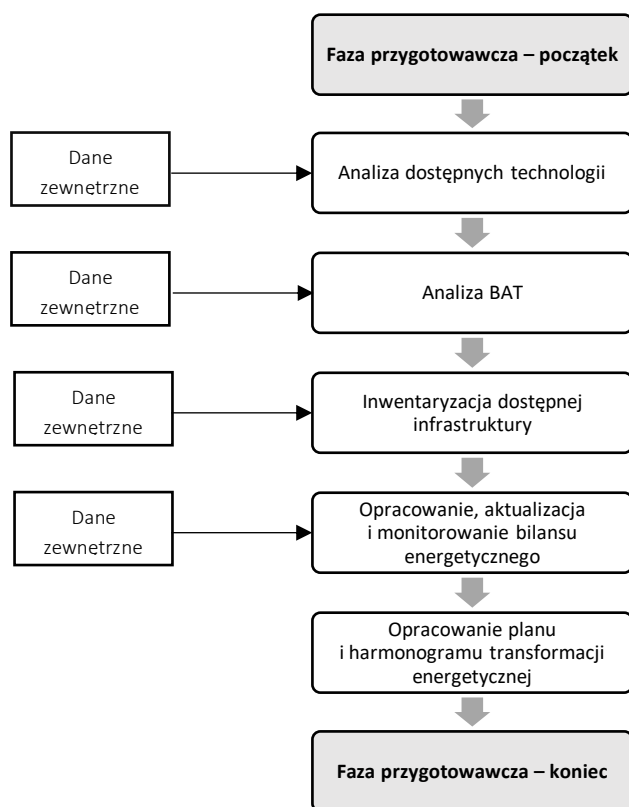
Podsumowanie

Transformacja powinna być realizowana jako ewolucyjna zmiana energetyki komunalnej, gdzie rolę lidera procesu pełnić powinien samorząd lokalny, a konkretnie w jego imieniu np. spółka prawa handlowego – istniejąca lub nowo powołana do tego celu. Absolutnie koniecznym warunkiem przeprowadzenia transformacji energetycznej jest uzyskanie akceptacji społeczności lokalnej. Przejawem roztropności jest korzystanie z doświadczeń innych – podane przykłady wyspy w Szkocji lub sąsiedniej wyspy Bornholm nie są jedyne, ale są bardzo zaawansowane w osiągnięciu samowystarczalności. Możliwość uniknięcia błędów, które popełnili inni, jest trudna do oceny, ale z całą pewnością możemy stwierdzić, że pozwoli zaoszczędzić wiele środków finansowych i nie mniej czasu potrzebnego na wprowadzenie niezbędnych zmian.

Z całą pewnością należy również wykorzystać fakt uruchomienia pierwszej samowystarczalnej mikrosieci w Polsce. Doświadczenia w uzyskiwaniu i utrzymywaniu samowystarczalności energetycznej w mikrosieciach, takich jak instalacja Tauron Polska Energia w Bytomiu, stanowić będą bardzo istotny wkład informacyjny w fazie przygotowawczej.

Ze względu na złożoność projektu transformacji energetycznej – zwiększenia samowystarczalności energetycznej obszaru wysp Uznam i Wolin – zarządzanie nim powinno być realizowane przy użyciu metodyki właściwej dla tak skomplikowanego projektu np. Prince2 lub równoważnej.

Kluczowe z punktu widzenia powodzenia w realizacji projektu jest precyzyjne zdefiniowanie celu projektu (oczekiwanych rezultatów), występujących ograniczeń oraz możliwego ryzyka. Wszystkie te czynności powinny zostać wykonane przed przystąpieniem do realizacji w fazie przygotowawczej – zgodnie z załączonym poniżej schematem (ryc. 5).



Ryc. 5. Schemat realizacji fazy przygotowawczej, oprac. własne

Podsumowując, w ocenie autorów pierwsze kroki planistyczne zostały poczynione przez decydentów samorządowych, tzw. dobre wzorce i praktyki istnieją w Europie a sytuacja makroekonomiczne zmusza niejako do podejmowania takich ambitnych projektów. Mamy nadzieję, że źródła finansowania projek-

tów wynikających z projektu More zostaną zapisane w dokumentach programowych Funduszy Unijnych dla województwa zachodniopomorskiego, KPO czy innych programach wspierających transformację energetyczną i OZE.

Bibliografia

1. Krzos G., Koncepcja podnoszenia samowystarczalności energetycznej wysp Uznam i Wolin, Szczecin 2022.
2. BIG HIT, About the project (n.d.), <https://www.bighit.eu/about> (dostęp: 10.07.2022).

CZĘŚĆ IV

Przykłady dobrych praktyk w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii

Pompy ciepła w praktyce

Wojciech Tuchowski, Diana Pietryga

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Przykłady zastosowań wodnych pomp ciepła na świecie

W Polsce wodne pompy ciepła, mimo możliwych do osiągnięcia najwyższych współczynników efektywności energetycznej, są najrzadziej stosowane spośród wszystkich rodzajów tych urządzeń. W głównej mierze odpowiada za to mało przejrzysta legislacja oraz problemy natury administracyjnej. W Europie i w niektórych państwach na świecie, jak np. w Stanach Zjednoczonych Ameryki, Chinach, Japonii, kładzie się relatywnie większy nacisk na rozwój tej technologii niż innych źródeł ciepła. Moce cieplne pojedynczych stosowanych urządzeń przekroczyły już dziesiątki megawatów wydajności.

W niemieckiej miejscowości Mannheim firma energetyczna MVV rozpoczęła budowę wodnej pompy ciepła. Ciepło do zasilania parownika ma pochodzić z rzeki Ren. Instalacja ma dostarczać wysokotemperaturowe ciepło do ok. 3500 gospodarstw domowych, a jej wydajność ma oscylować wokół 20 MW. Moc elektryczna potrzebna do zasilania całego systemu oszacowana została na poziomie 7 MW. Według przeprowadzonych badań temperatura wody w Renie wynosi średnio 25 °C w lecie, a zimą spada do ok. 5 °C [1]. Firma MVV nie przedstawiła sposobu rozwiązania problemu niskiej temperatury wody w okresie zimowym, który może prowadzić do obładzania się dolnego źródła ciepła, aczkolwiek od kilku lat istnieją już technologie, dzięki którym kwestia ta stała się marginalna [2].

Z kolei w Danii podmiot komunalny oraz dystrybutor ciepła na terenie gminy Esbjerg – DIN Forsyning, poinformował o inwestycji w dekarbonizację systemu ciepłowniczego. Firma zbuduje największą wodną pompę ciepła na świecie, której dolnym źródłem będzie woda morska. Wydajność cieplną instalacji szacuje się na poziomie 50 MW. Dostawcą technologii i samego urządzenia będzie szwajcarski producent MAN Energy Solution AG. Urządzenie to będzie zlokalizowane na terenie portu Esbjerg, a jego wydajność będzie wymagała przepływów wody zasilającej dolne źródło ciepła na poziomie 40 m³/s. Będzie to również największa pompa ciepła na świecie pracująca na naturalnym czynniku chłodniczym R 744 (dwutlenek węgla). Z punktu widzenia ekologii całego rozwiązania ważne jest również, że

cała instalacja napędzana będzie energią elektryczną pochodzącą z morskich farm wiatrowych [3].

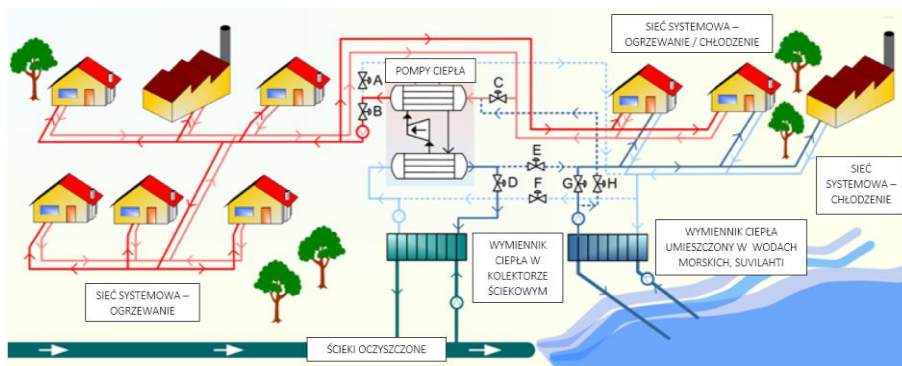
Kolejnym przykładem, który doskonale wpisuje się w coraz powszechniejszy trend wykorzystania ścieków oraz wód powierzchniowych Morza Bałtyckiego jako zasobnika ciepła, jest instalacja, która powstała w Helsinkach w dzielnicy Sörnäinen (pod parkiem Katri Vala). Jest to największa na świecie pompa ciepła wykorzystywana do produkcji ciepła i chłodu. Uruchomiona została w 2006 r. Jej moc grzewcza wynosi 126 MW, a moc chłodnicza – 80 MW. Pompa ciepła jako dolne źródło ciepła wykorzystuje oczyszczone ścieki, natomiast w okresie letnim do produkcji chłodu wykorzystuje się wodę morską (do zrzutu ciepła). Instalacja jest cały czas monitorowana w celu utrzymania wysokiej efektywności wytwarzania ciepła i chłodu. Według dostępnych danych wartość COP (*coefficient of performance* – współczynnik efektywności) przy równoczesnym wytwarzaniu ciepła i chłodu dochodzi do 5,0. Cały system składa się obecnie z sześciu pomp ciepła pracujących na syntetycznych czynnikach chłodniczych (pięć z nich pracuje na bazie czynnika R 134a). W 2017 r. instalacja wyprodukowała 570 GWh ciepła, co stanowiło 8% zapotrzebowania miasta. W 2021 r. do użytku oddano kolejną – szóstą pompę ciepła, co pozwoliło zwiększyć produkcję zakładu o ok. 30% w porównaniu z 2017 r. [4]. Na rycinie 1 przedstawiono widok maszynowni, w której zainstalowana jest pompa ciepła [5], a na rycinie 2 poglądowy schemat całej instalacji z dolnym i górnym źródłem ciepła.

Pozostając przy fińskich rozwiązaniach, należy również wspomnieć o innej pompie ciepła, pracującej w miejscowości Turku – Kakola. Jest to instalacja służąca do produkcji ciepła i chłodu wykorzystująca w 100% ścieki oczyszczone. Jak wynika z przeprowadzonych badań [6], temperatura ścieków oczyszczonych w oczyszczalni ścieków waha się w granicach 10–18 °C. Oczyszczalnia przetwarza ponad 100 tys. m³ ścieków na dobę. W zasadzie jest to niewyczerpalne źródło ciepła dla pompy ciepła. Moc cieplna tej instalacji wynosi ok. 21 MW, moc chłodnicza to ok. 14,5 MW. W praktyce instalacja pokrywa zapotrzebowanie miasta Turku na ciepło w ponad 8%, natomiast zapotrzebowanie na chłód w ponad 90%. Zapotrzebowanie na moc elektryczną zainstalowanych sprężarek wynosi ok. 5,6 MW. Zarówno w przypadku instalacji w Helsinkach, jak i w Turku pompa ciepła produkuje ciepłą wodę do ogrzewania, której temperatura może wynosić nawet 90 °C [6].

Firma AWEB Supply (Los Angeles, USA) ma w swoim portfolio kilka ciekawych realizacji pomp ciepła z wykorzystaniem innowacyjnych płytowych wymienników ciepła – Slim Jim oraz Geo Lake Plate (ryc. 3).



Ryc. 1. Wodna pompa ciepła w Katri Vala, Finlandia [4]



Ryc. 2. Schemat poglądowy instalacji wodnej pompy ciepła w Katri Vala, Finlandia [5]



Ryc. 3. Płytkowe wymienniki ciepła firmy AWEB Supply [7]

Firma wykonała m.in. [7]:

- pompę ciepła dla międzynarodowego lotniska Nashville (USA), gdzie zainstalowano 11 zespołów składających się z kilkunastu wymienników Slim Jim,
- instalację opartą na pompie ciepła w szpitalu Kings Mill w Nottinghamshire w Wielkiej Brytanii, gdzie uzyskuje się moc grzewczą na poziomie 5,4 MW oraz moc chłodniczą na poziomie 5,0 MW; źródłem ciepła i chłodu jest jezioro Kings Mill Reservoir; roczna praca instalacji pozwala zaoszczędzić ok. 2078 ton węgla, a tym samym ok. 126 500 GBP.

Na rycinach 4 i 5 przedstawiono wymienniki typu Slim Jim w Fort Knox w Kentucky (USA) oraz marinie położonej na jeziorze Michigan (USA).

Praca wodnych pomp ciepła, zwłaszcza w okresie występowania niskich temperatur wody, wiąże się niebezpieczeństwem obładzania się powierzchni wymienników ciepła (parowników lub wymienników pracujących w obiegu pośrednim zanurzonych w wodzie). Dla ciągłości pracy instalacji jest to duży problem. Powstający лёd tworzy izolację cieplną, powodując tym samym spadek współczynnika efektywności energetycznej pompy ciepła (COP). Jie Yu, Huan Zhang i Shijun You [8] opublikowali badania wpływu powstawania lodu na powierzchni wymiennika ciepła na ilość ciepła pobieranego za pomocą układu pośredniego. W artykule [8] przedstawiony został model matematyczny opisujący przepływ ciepła zarówno podczas pracy wymiennika w warunkach czystej powierzchni, jak i w warunkach oblodzenia. Ciepło dostarczane jest do pompy za pomocą układu pośredniego, w którego skład wchodzi m.in. pompy glikolu, system pomiarowy obiegu pośredniego oraz wymiennik ciepła CHE (*casted heat exchange*) w postaci zwiniętych rur wykonanych z polietylenu umieszczony w wodzie morskiej. Wewnątrz wymiennika płynie 10-procentowy roztwór glikolu etylowego. Podczas badań porównano pracę urządzenia w warunkach niskich temperatur zewnętrznych, które sprzyjały obładzaniu się powierzchni wymiennika ciepła, z wymiennikiem nieoblodzonym pracującym w tych samych warunkach. Autorzy dowiedli, że powstały na powierzchni wymiennika лёд zwiększa znacznie opór cieplny, a co za tym idzie – zmniejsza ilość pobieranego ciepła.

Zwiększenie prędkości przepływu glikolu oraz powierzchni wymiany ciepła w układzie pośrednim (dłuższy wymiennik ciepła) znacznie zwiększa wydajność cieplną urządzenia. Niestety autorzy [8] nie przedstawili wyników badań efektywności energetycznej COP urządzenia ani tego, jak kształtuje się ona podczas obładzania się wymiennika ciepła. Nie podali również, przy jakiej grubości warstwy lodu prowadzone były badania wydajności cieplnej. Przeprowadzone badania dowodzą jednak istotności problemu, jakim jest лёд tworzący się na

powierzchni wymiennika. Zjawisko to niewątpliwie stanowi pewną przeszkodę w rozwijaniu technologii oraz obszaru zastosowań wodnych pomp ciepła.



Ryc. 4. Wymienniki ciepła Slim Jim w Fort Knox w Kentucky [7]



Ryc. 5. Wymienniki ciepła Slim Jim w marinie położonej na jeziorze Michigan [7]

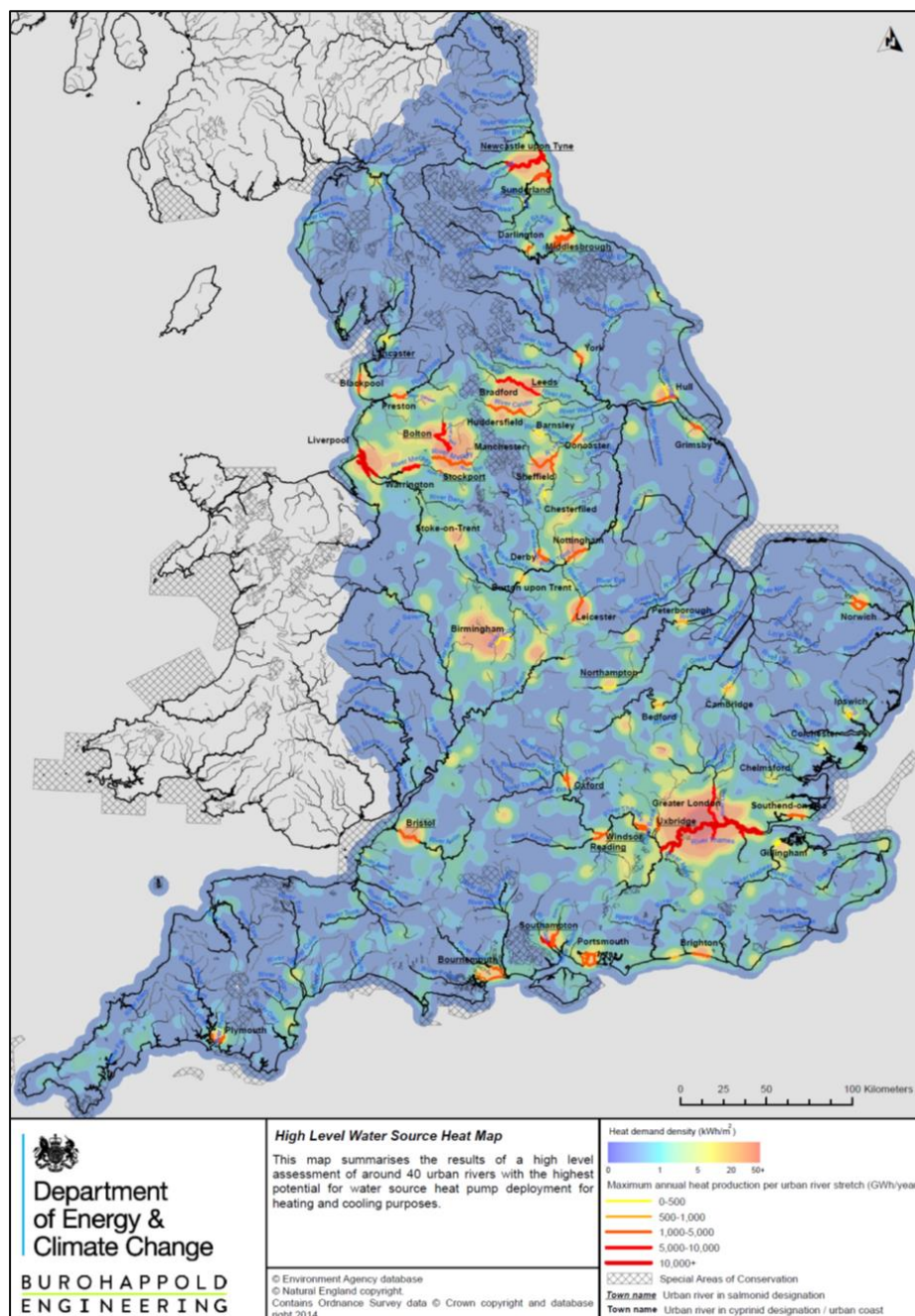
Pompy ciepła to urządzenia zawierające f-gazy. Są to substancje częściowo odpowiedzialne ze efekt cieplarniany. Pomimo że samo urządzenie uważane jest za przyjazne środowisku, korzystające z energii odnawialnej, to już czynnik chłodniczy (zwłaszcza syntetyczny), który odpowiedzialny jest za transfer energii w postaci ciepła ze źródła dolnego do górnego, wykazuje działania niekorzystne dla środowiska. Ze względu na ratyfikację protokołu z Kioto dotyczącego stopniowego wycofywania

f-gazów stosowanie czynników chłodniczych o wysokim GWP (*global warming potential*) jest stopniowo ograniczane. Obecnie wdrażane i badane są czynniki chłodnicze o niskim współczynniku GWP, takie jak R 718 (woda), R 1234ze(Z), R 600, R 600a, R 1233zd(E) dla wysokotemperaturowych pomp ciepła.

Hongzhi Yan, Di Wu, Junyu Liang, Bin Hu oraz R.Z. Wang [9] przedstawili aktualne czynniki chłodnicze o niskim GWP wykorzystywane do ogrzewania pompami ciepła. Temperaturę wody grzewczej przyjęto w granicach 60–80 °C. Biorąc pod uwagę współczynnik efektywności energetycznej COP urządzenia, objętościową pojemność cieplną, stosunek ciśnień i stopień przegrzania, wybierany jest R 1234ze(E), który ma stosunkowo lepsze właściwości od innych typowych czynników o niskim GWP. Dodatkowo analizie poddano m.in. takie syntetyczne czynniki chłodnicze, jak: R 1224yd(Z), R 1234yf, R 1234ze(E), R 1234ze(Z) oraz R 1336mzz(Z). Wydajność systemu była symulowana dla różnych temperatur źródła ciepła i gorącej wody na wylocie. Z wyników symulowanego modelu i badań eksperymentalnych można wnioskować, że R 1234ze(E) może być stosowany w szerokim zakresie temperatury pracy (temperatura wyjściowa wody grzewczej może osiągnąć 85 °C). Ponadto autorzy [9] do najważniejszych zaliczają wnioski dotyczące m.in. temperatury wody grzewczej. Ma ona znaczący wpływ na wydajność systemu – gdy wzrasta z 60 °C do 80 °C, współczynnik efektywności energetycznej COP spada o 28,3%, 28,7% i 30,2%, wydajność grzewcza spada o 21,7%, 20,2% i 24,7% dla temperatur parowania, odpowiednio 5, 15 i 25 °C.

Przyszłość technologii pomp ciepła, zwłaszcza wykorzystujących wodę jako źródło ciepła, zauważono również w 2014 r. w Anglii. Na zlecenie Departamentu Energii i Zmian Klimatu (*Department of Energy & Climate Change*) opracowano dokument, w którym przedstawiono potencjał energetyczny wód śródlądowych. Na podstawie raportu [10] stworzono mapę rzek w Anglii, która obrazuje możliwości zastosowania wodnych pomp ciepła do celów grzania i chłodzenia. Autorzy przeanalizowali ponad 40 rozlewisk rzecznych w sąsiedztwie miast w Anglii. Prowadzono badania nad średnią temperaturą wody, przepływem, zanieczyszczeniem oraz dodatkowo nad ustaleniem okresu ochrony dla ryb łososiowatych i karpionowatych. Na tej podstawie obliczono szacunkowe ilości ciepła do ogrzewania, jakie pozyskać można z rzek (ryc. 6).

Na mapie zidentyfikowane są też obszary o dużym zapotrzebowaniu na ciepło, które zlokalizowane są w sąsiedztwie rzek o odpowiednio wysokim przepływie i temperaturze wody (zaznaczone na czerwono). Dokument ma charakter otwarty, został opracowany głównie dla władz lokalnych, grup społecznych i prywatnych deweloperów.



Ryc. 6. Wyniki badań temperatury wody w ok. 40 miejskich rzekach w Anglii z najwyższym potencjałem wdrożeniowym wodnych pomp ciepła dla celów ogrzewania i chłodzenia [10]

W opracowaniu przyjęto pewne ograniczenia, które związane są z wpływem urządzeń na środowisko naturalne oraz odległością odbiorców ciepła od nurtu rzeki (1 km), co określa limity potencjału technologicznego. Zgodnie z obowiązującymi (w okresie przygotowywania raportu) wytycznymi UE dotyczącymi energetycznego wykorzystania wód m.in. powierzchniowych przyjęto, że temperaturę wody zasilającą dolne źródło ciepła można obniżyć o maksymalnie 2 °C, wykorzystując ją do systemu grzania, i podwyższyć o maksymalnie 2 °C, wykorzystując ją do systemu chłodzenia (zrzut ciepła w okresie letnim). Większe zmiany temperatury mogą wpłynąć niekorzystnie na rozwój głównie ryb łososiowatych i karpionatych.

Lokalizację wodnych pomp ciepła przewidziano jedynie w obszarach, gdzie zapotrzebowanie na ciepło przekracza 5–10 kWh/m².

Celem opracowania mapy było podniesienie świadomości wielkości niewykorzystanego potencjału środowiskowego oraz zachęcenie do zainteresowania się wodnymi pompami ciepła w ramach realizowanych przedsięwzięć związanych ze zrównoważoną gospodarką energetyczną.

Podsumowanie

W dostępnej literaturze można znaleźć wiele ciekawych i innowacyjnych badań dotyczących wodnych pomp ciepła. W rozdziale przytoczono tylko niewielki fragment tego, co w ostatnich latach obserwuje się na świecie w tej dziedzinie. Chiny, Anglia, Niemcy i kraje skandynawskie promują i inwestują w wodne pompy ciepła, wskazując na szereg zalet oraz duży potencjał energetyczny takich systemów. Polska obecnie nie promuje skutecznie systemów grzewczych opartych na pompach ciepła. Technologia i cena cały czas są jeszcze barierą zarówno dla władz lokalnych, jak i indywidualnych użytkowników. Brakuje określenia możliwości zastosowania pomp ciepła w miejscach, gdzie byłoby to uzasadnione energetycznie. Być może pomocne w tym celu okazałyby się dane podobne do tych opracowanych w Anglii przez tamtejszy Departament Energii i Zmian Klimatu.

Obecnie na skutek regulacji prawnych Unii Europejskiej poszukuje się coraz to nowszych, bardziej ekologicznych, a zarazem wykazujących dobrą współpracę pod względem energetycznym czynników chłodniczych [6].

Analizując dostępną literaturę, można znaleźć zarówno wiele przykładów zastosowań obecnie znanych technologii, jak i nowatorskich badań na wodnymi pompami ciepła. W związku z coraz intensywniejszymi zmianami klimatycznymi oraz zmieniającą się geopolityką światową obserwuje się w ostatnich czasach zwiększony nacisk na wdrażanie ekologicznych rozwiązań opartych na pompach

ciepła. Również dążenie Europy do dekarbonizacji oraz neutralności klimatycznej zwiększy w przyszłości wolumen dużych pomp ciepła opartych na wodzie jako źródle ciepła.

Bibliografia

1. <https://swiatoze.pl/wielka-rzeczna-pompa-ciepła-w-niemczech-woda-z-renu-dostarczy-ogrzewanie-do-3500-domow/> (dostęp: 8.04.2022).
2. Tuchowski W., Zakrzewski B., Praca wodnej pompy ciepła w warunkach konwekcji wymuszonej, „Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja”, 2017, 7, 296–300.
3. <https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/179649-duza-pompa-ciepła-zasilana-woda-morska-zastapi-elektrownie-węglowa-w-danii> (dostęp: 8.04.2022).
4. <https://knowledge-hub.circle-lab.com/article/10079?n=The-largest-heat-pump-plant-in-the-world-to-produce-heat-and-cooling> (dostęp: 8.04.2022).
5. <https://www.friotherm.com> (dostęp: 8.04.2022).
6. The wastewater utilization in Kakola heat pump plant – The International District Energy Climate Awards, https://www.districtenergyaward.org/wp-content/uploads/2012/10/New_scheme_Finland_Turku.pdf (dostęp: 8.04.2022).
7. <https://awebgeo.com/product-overview/slim-jim-geo-lake-plate-heat-exchanger/> (dostęp: 8.04.2022).
8. Yu J., Zhang H., You S., Heat transfer analysis and experimental verification of casted heat exchanger in non-icing and icing conditions in winter, „Renewable Energy”, 2012, 41, 39–43.
9. Yan H., Wu D., Liang J., Hu B., Wang R.Z., Selection and validation on low-GWP refrigerants for a water-source, „Applied Thermal Engineering”, 2021, 193, 116938.
10. <https://www.gov.uk/government/organisations/department-of-energy-climate-change> (dostęp: 8.04.2022).

Przegląd dobrych praktyk w zakresie wdrażania OZE

Wojciech Zbaraszewski

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wstęp

Projekt MoRE nawiązuje do prowadzonej już na pograniczu polsko-niemieckim aktywności w zakresie transformacji energetycznej. Przykładem udanej polsko-niemieckiej współpracy ukierunkowanej na przeobrażenia w zakresie OZE jest publikacja dotycząca dobrych praktyk w zakresie bezkonfliktowego rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce i w Niemczech [1].

Przykłady dobrych praktyk w zakresie wdrażania OZE w Niemczech

W Niemczech zaangażowanie społeczeństwa w dostawy energii ma długą tradycję. Już pod koniec XIX w. na terenach wiejskich powstało kilka spółdzielni energetycznych, które produkowały energię elektryczną lub budowały i eksploatowały sieć dystrybucyjną. Powodem takiego zjawiska było to, że większe przedsiębiorstwa energetyczne zwykle nie miały ekonomicznego interesu w budowie sieci energetycznej w słabo zaludnionych, odległych od centrów produkcji regionach, ponieważ nie opłaciłoby się to ze względu na niskie zużycie energii i wysokie koszty wybudowania infrastruktury technicznej. W związku z tym zrodziła się, a następnie z sukcesem rozwinęła koncepcja partycypacji społecznej przez udział mieszkańców w spółdzielniach energetycznych [2], nazywanych także energią obywatelską (*Bürgerenergie*). Jednak w tych rozwiązaniach partycypacja społeczna nie jest rozumiana wyłącznie jako uczestnictwo społeczeństwa w procedurach decyzyjnych czy wyłącznie wyrażanie swoich opinii. Rozwiązanie to ukierunkowane jest na struktury zdecentralizowane, co odpowiada wartościom demokratycznym, społecznym i ekologicznym. Energia obywatelska jest niejako zakotwiczona regionalnie, w gminach, miastach i powiatach. W ten sposób tworzona jest wspólna tożsamość i akceptacja. Często w tych rozwiązaniach podkreślane jest tworzenie wartości dodanej w regionie. Wyróżnikiem ich jest uwzględnianie w decyzji inwestycyjnej dobra publicznego, a więc stopa zwrotu z przyszłej inwestycji nie jest jedynym kryterium oceny przedsięwzięcia przez potencjalnych inwestorów [3]. Inne atrybuty spółdzielni energetycznej są następujące:

- członkami są osoby fizyczne, rolnicy lub przedsiębiorcy (z wyjątkiem dużych), którzy angażują środki finansowe w projekty dotyczące OZE,
- formą zaangażowania jest wniesiony kapitał własny, dzięki któremu możliwa jest kontrola przedsięwzięcia i wyrażane jest prawo głosu,
- osoby fizyczne posiadają co najmniej 50% praw głosu,
- członkowie spółdzielni pochodzą lub znajdują się na określonym geograficznie i zazwyczaj niewielkim obszarze.

Koncepcja partycypacji społecznej jest głównym filarem transformacji energetycznej w Niemczech, o czym świadczą dane, aczkolwiek należy wskazać, że istotną rolę w rozwoju spółdzielczości energetycznej w Niemczech odegrał bardzo korzystny i stabilny system wsparcia w postaci taryf gwarantowanych. System taryf gwarantowanych przyczynia się do bezpieczeństwa inwestowania. Stosunkowo wysokie ceny energii dostarczanej do odbiorców siecią stanowią dodatkowy bodziec dla Niemców do produkowania energii lokalnie na własne potrzeby. Do uczestniczenia w spółdzielni energetycznej motywuje także aspekt podatkowy – w przypadku gdy roczny dochód spółdzielni osiągnięty został w wyniku transakcji wyłącznie ze swoimi członkami i następnie pomiędzy nich rozdzielony, nie stanowi on podstawy do opodatkowania. Skutkiem tego w okresie ostatnich 10 lat powstało w Niemczech 835 spółdzielni energetycznych, posiadających 200 tys. członków i zatrudniających ok. 1200 pracowników [4]. Dla porównania w Polsce pierwsza spółdzielnia energetyczna została wpisana do rejestru spółdzielni energetycznych prowadzonych przez Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa dopiero w maju 2021 r. [5] na podstawie ustawy z 2019 r. o odnawialnych źródłach energii [6].

Innym bardzo ciekawym niemieckim przykładem, bazującym m.in. na poczuciu lokalnej (regionalnej) wspólnoty, którą z sukcesem wdrożono w zakresie energii odnawialnych, jest koncepcja tzw. biowioski lub wsi (miejscowości) bioenergetycznej (*Bioenergiedorf*).

Znaczenie pojęcia „wieś bioenergetyczna” ewoluowało. Pierwszą definicję stworzono w 2005 r. na potrzeby pilotażowego projektu utworzenia pierwszej w Niemczech wsi funkcjonującej według tej koncepcji – wsi Jühnde koło Getyngi [7, 8]. Wówczas pod tym pojęciem rozumiano wieś, która większą część swojego zapotrzebowania na energię elektryczną i grzewczą pokrywa, wykorzystując zabezpieczoną we własnym zakresie i pochodzącą z najbliższej okolicy biomasę [9]. Rozumiano przez to, że we wsi:

- co najmniej tyle samo energii elektrycznej jest produkowane z pochodzącej z regionu biomasy, ile wynosi zapotrzebowanie miejscowości,
- co najmniej połowa zapotrzebowania na energię cieplną miejscowości jest

wytwarzana z biomasy, a w celu osiągnięcia wysokiej efektywności powinna być wykorzystywana kogeneracja,

- ponad 50% instalacji grzewczej jest własnością odbiorców ciepła i rolników, a jeżeli jest to możliwe, to wszyscy interesariusze powinni posiadać udziały w produkcji bioenergii,
- biomasa nie pochodzi z monokultur kukurydzy ani z roślin modyfikowanych genetycznie [7].

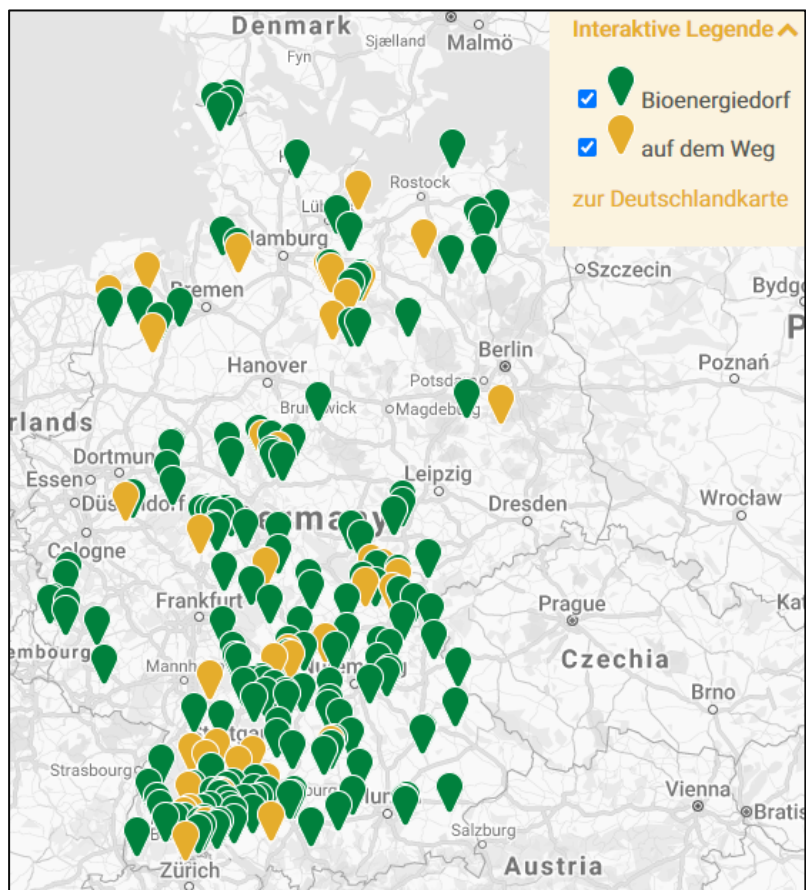
Podwalin dla tej koncepcji w zakresie rozwoju lokalnego można doszukać się już w idei sformułowanej przez niemieckiego reformatora społecznego i założyciela jednej z pierwszych spółdzielni pożyczkowo-oszczędnościowych w Europie – Friedricha Wilhelma Raiffeisena. Przez aktualne i popularne także współcześnie w Niemczech stwierdzenie „pieniądze wsi dla wsi” (*Das Geld des Dorfes dem Dorfe*) podkreśla się celowość bazowania na własnych mocnych stronach, tworzenia własnych regionalnych cykli gospodarczych, ograniczania wypływu pieniądza poza region, tworzenia lokalnie miejsc pracy [10]. Tak jak wiele lat temu również współcześnie wiele lokalnych społeczności stoi w obliczu problemów gospodarczych, a nadmiernie zadłużone gospodarstwa domowe często charakteryzują się malejącymi przychodami i zarazem rosnącymi kosztami utrzymania, co także przekłada się na zjawisko wyludniania miejscowości [11].

Przywoływane są następujące argumenty na rzecz wdrażania koncepcji wsi bioenergetycznej:

- produkcja energii jest neutralna klimatycznie,
- nie występuje odpływ środków z miejscowości na zakup oleju opałowego i gazu,
- ceny energii są stabilniejsze,
- wzmocnieniu podlegają obszary wiejskie,
- umożliwia się tworzenie lokalnych miejsc pracy,
- zwiększa się niezależność energetyczną miejscowości w oparciu na energetyce rozproszonej oraz niezależność od globalnych poziomów cen.

Wskazywano również, że zaletą takiego rozwiązania jest zmiana oblicza wsi na innowacyjne i nowoczesne. Ponadto miejscowości mogą sprzedawać swoje inteligentne rozwiązania, czego dodatkowym efektem może być rozwój turystyki bioenergetycznej, gdyż takie miejsca przyciągają nie tylko ludzi z innych regionów kraju, ale również z zagranicy (jak np. miejscowości Feldheim, Jühnde). Zaobserwowano także, że takie inwestycje hamują ucieczkę ludzi młodych ze wsi do miast, a integracja społeczności ulega wzmocnieniu przez identyfikowanie się z projektem [11, 12].

Koncepcja biowioski jest od wielu lat wdrażana przez rządową Agencję Zasobów Odnawialnych (*Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe eV*, FNR), która aktywnie wspiera lokalne społeczności na kolejnych etapach przeobrażeń [13]. Bazując na tej koncepcji, aktualnie (stan na czerwiec 2021 r.) w Niemczech 170 miejscowości funkcjonuje jako wsie bioenergetyczne, a kolejne 42 są w fazie przekształceń (ryc. 1). Na stronie internetowej FNR można zapoznać się z rozwiązaniami technicznymi zastosowanymi w poszczególnych miejscowościach [14].



Ryc. 1. Lokalizacja biowiosek w Niemczech i wsi aspirujących do miana biowioski [12]

Strona internetowa FNR e.V. jest dobrym przykładem także z innego powodu – przywołania i wykorzystywania ekonomicznej wartości dodanej jako argumentu za transformacją w zakresie OZE. Dzięki zamieszczonemu kalkulatorowi można oszacować regionalną wartość dodaną tworzoną dzięki wdrożeniu koncepcji wsi bioenergetycznej [15].

Pierwszą wsią bioenergetyczną w Niemczech jest miejscowość Jühnde, powiat Göttingen w kraju związkowym Dolna Saksonia. W 2006 r. w ramach zastąpienia wszystkich paliw kopalnych biomasą zbudowano we wsi biogazownię do produkcji ciepła i energii elektrycznej z gnojowicy i kiszonki. W celu pokrycia zapotrzebowania na ciepło zimą zainstalowano dodatkowy kocioł na zrębki. Wieś jest licznie odwiedzana nie tylko przez zainteresowanych rolników i samorządowców niemieckich, ale także przez delegacje z innych krajów [16].

Rozbudowaną koncepcję miejscowości niezależnej energetycznie wdrożono w Feldheim, które jest położone ok. 90 km na południe od Berlina. Ta niewielka miejscowość z ok. 130 mieszkańcami jeszcze w czasach NRD była jedną z biedniejszych w Brandenburgii, ale obecnie jest traktowana jako modelowa wioska wykorzystująca OZE, która realizuje niemiecką wizję przyszłości. Feldheim jest samowystarczalne energetycznie od 2010 r., a od 2015 r. działa tu największy w Europie system akumulatorów o mocy wyjściowej 10 MW i pojemności 10 MWh [17]. W Feldheim nie tylko zainstalowano infrastrukturę techniczną (55 turbin wiatrowych, ok. 9850 modułów fotowoltaicznych, ryc. 2), ale również działa tu Instytut ds. Środowiska. Miejscowość ma na bieżąco prowadzoną stronę internetową, a także posiada rozwiniętą turystykę przyjazdową związaną z OZE. Rocznie przyjeżdża tu ok. 3000 osób zainteresowanych wdrażaniem najnowszych koncepcji transformacji energetycznej [18, 19].



Ryc. 2. Samowystarczalna energetycznie wieś Feldheim [20]

Bazy danych i projekty związane z dobrymi praktykami w zakresie OZE spoza Niemiec

Ze względu na charakter projektu MoRE, którego przedmiotem badań są dwie wyspy, tj. Uznam i Wolin, a także z uwagi na obszerność i wielowątkowość zagadnienia, jakim są dobre praktyki w zakresie odnawialnych źródeł energii, poniżej zaprezentowano wybrane inicjatywy i projekty dotyczące społeczności wyspiarskich.

Na wyróżnienie zasługuje inicjatywa *Smart Islands Initiative*, która w zamyśle jej inicjatorów (władz samorządowych i społeczności wyspiarskich) ma na celu z jednej strony informowanie o potencjale wysp jako swoistych laboratoriów innowacji technologicznych, społecznych, środowiskowych, gospodarczych i politycznych, z drugiej strony – poprawę życia na wyspach. Inicjatywa promuje pojęcie „inteligentnej wyspy”, przez które rozumie się wyspę, na której podejmowane są działania dostosowawcze i adaptacyjne zmierzające do wykształcenia odporności na zmianę klimatu dzięki zapewnieniu zrównoważonego lokalnego rozwoju gospodarczego i wysokiej jakości życia miejscowej ludności, a także wdrażane są inteligentne i zintegrowane rozwiązania w zakresie zarządzania infrastrukturą, naturalnymi zasobami i środowiskiem jako całością, wspierane przez technologie informacyjno-komunikacyjne, przy jednoczesnym promowaniu korzystania z innowacyjnych i sprzyjających włączeniu społeczeństwa systemów zarządzania i finansowania [21].

Czynny udział w projekcie biorą społeczności z wielu krajów, co pozytywnie wyróżnia tę inicjatywę na tle innych (ryc. 3).

Jednym z filarów wskazanej inicjatywy jest platforma wymiany doświadczeń przedstawicieli krajów specjalizujących się w tematyce wyspiarskiej, która prowadzona jest pn. *Smart Islands Forum*. Celem tej inicjatywy jest zabieganie w strukturach Unii Europejskiej o wspólne interesy społeczności wyspiarskich. W ramach projektu dokumentowane są także doświadczenia mieszkańców wysp z całej Unii Europejskiej, które mogą być inspiracją dla innych społeczności. Dokumentacja obejmuje inicjatywy realizowane w sposób interaktywny z udziałem społeczeństwa obywatelskiego w takich dziedzinach, jak: technologia informacyjna i komunikacyjna, energetyka, transport, środowisko, turystyka, rozwój gospodarczy, badania, zarządzanie i innowacje społeczne [22].

Innym ciekawym rozwiązaniem jest pilotażowy projekt *Clean Energy for EU Islands* rozpoczęty w 2018 r., który wspiera unijną społeczność wysp w wysiłkach na rzecz przejścia na zrównoważone źródła energii i zmniejszenia zużycia energii. W fazie pilotażowej sekretariat projektu zarejestrował 52 wyspy, które

zobowiązały się do aktywnej dekarbonizacji [23]. W ramach projektu przygotowano podręcznik dotyczący przejścia na czystą energię [24]. Opracowanie jest strategicznym planem – jak podkreślają autorzy – „projektowanym przez lokalną społeczność dla lokalnej społeczności” [23]. W publikacji omawiane są zagadnienia z perspektywy różnych interesariuszy wyspy, co pomaga przezwyciężać bariery techniczne i finansowe, a także nie mniej ważne ograniczenia związane ze społeczeństwem, jego historią i zagadnieniami kulturowymi. Na stronach internetowych projektu opublikowane są aktualne i obszernie plany dokonania transformacji energetycznej dla 19 wysp, m.in. Ibizy (Hiszpania), Brač (Chorwacja), La Palma (Hiszpania), Îles du Ponant (Francja) [23].



Ryc. 3. Członkowie *Smart Islands Initiative* [20]

Dostępna strona projektu umożliwia zapoznanie się z informacjami o źródłach finansowania projektów związanych z czystą energią. Omówione zostały europejskie programy finansowania (Horizon 2020, JPI Urban Europe, LIFE, Interreg), europejskie fundusze strukturalne i inwestycyjne (Europejski Fundusz Społeczny, Europejski Fundusz Rozwoju Obszarów Wiejskich, Fundusz Spójności), a także nowatorskie, alternatywne rozwiązania finansowe, jak crowdfunding oraz spółdzielnie

energetyczne (*citizen cooperatives*). Projekt [23] integruje także organizacje, które wyrażają chęć wsparcia społeczności wyspiarskich w przejściu na czystą energię fachowym doradztwem dotyczącym technicznych, finansowych i społecznych aspektów transformacji. Strona projektu zawiera liczne odnośniki do zrealizowanych webinarów poświęconych m.in. angażowaniu społeczności lokalnej w transformację energetyczną, zrównoważonym rozwiązaniom transportowych, magazynowaniu energii, modelom biznesowym, efektywności energetycznej budynków i ich systemom technicznym.

W ramach projektu udostępniono narzędzie (oparte na arkuszu kalkulacyjnym) do oceny stanu transformacji wyspy w zakresie OZE. Narzędzie umożliwia identyfikowanie mocnych i słabych stron procesu przejścia i ustalania priorytetów kolejnych etapów, a także sygnalizuje sugerowane kategorie wsparcia, o jakie należałoby zabiegać, aby wspomóc zidentyfikowane potrzeby.

Zwieńczeniem udostępnianych informacji na stronie www.euislands.eu są na bieżąco uaktualniane wydarzenia związane z przejściem na czystą energię w formie warsztatów, wystaw i konferencji [24].

Kolejnym ciekawym rozwiązaniem jest rozwijająca się od 2008 r. wspólna biblioteka online, dotycząca problematyki transformacji energetycznej. Biblioteka powstała dzięki tzw. porozumieniu burmistrzów (*Covenant of Mayors*), które zrzesza ok. 10 tys. samorządów lokalnych i regionalnych z 61 krajów zaangażowanych w realizację celów w zakresie klimatu i energii. Baza danych zawiera inspiracje, począwszy od zaangażowania interesariuszy po techniczne przykłady realizacji projektów, w tym także przykłady ponad 6000 dobrych praktyk [25].

Bazę dobrych praktyk w zakresie wdrażania i promowania odpornych systemów energetycznych dla społeczności wyspiarskich prezentuje również Departament Energii Stanów Zjednoczonych w ramach Inicjatywy Transformacji Energetycznej (*Energy Transitions Initiative*) [26]. Udostępnione zasoby i narzędzia koncentrują się wokół zagadnienia zmniejszenia ryzyka ekonomicznego i zwiększenia odporności przede wszystkim wysp Karaibów i Pacyfiku na zaburzenia w ich funkcjonowaniu, jakimi są np. tornada i huragany, oraz wdrażania rozwiązań wspierających przejście na system czystej energii. Podobnie jak Niemczech, gdzie w drodze konkursu wybrano miejsce, w którym zaczęto wdrażać ideę biowioski (miejscowość Jühnde), tak i tu wyróżniono grupę społeczności, w których będą podejmowane działania w zakresie transformacji [27].

Amerykańskie Biuro Efektywności Energetycznej i Energii Odnawialnej (*Office of Energy Efficiency & Renewable Energy*) udostępnia na swojej stronie internetowej bardzo bogate zasoby dotyczące szerokich zagadnień, jak [28]:

1. Programy i inicjatywy, a wśród nich m.in.:
 - program dotyczący promocji poprawy efektywności energetycznej w budynkach (*Better Buildings Neighborhood Program*), który wspomaga wybrane w drodze konkursu samorządy w opracowaniu programów poprawy efektywności energetycznej budynków [29],
 - program badawczy dotyczący budownictwa (*Building America*), który ukierunkowany jest na innowacyjne, energooszczędne projekty budynków mieszkalnych [30],
 - program dotyczący turbin wiatrowych, w szczególności w zakresie rozpowszechniania wiarygodnych informacji o energetyce wiatrowej [31].
2. Bazy danych i narzędzia w zakresie OZE, do których można zaliczyć m.in.:
 - centrum danych o paliwach alternatywnych, stacjach paliw, cenach paliw, w tym także o przepisach i zachętach [32],
 - dane na temat energii, w tym analizy, rankingi, zestawienia dotyczące poszczególnych stanów (*US Energy Information Administration, EIA*) [33],
 - Amerykański Atlas Energetyczny, będący kompleksowym źródłem danych i interaktywnych map infrastruktury energetycznej i zasobów w Stanach Zjednoczonych, w tym także map pozwalających zidentyfikować potencjalne zagrożenia dla infrastruktury energetycznej wynikające z poważnych klęsk żywiołowych [34].
3. Przykłady rozwiązań i strategii, pomoc techniczna:
 - obszerne repozytorium, zawierające ok. 1000 przykładów, wniosków, wiedzy od ekspertów branżowych i administratorów programów dotyczących planowania, obsługi i oceny efektywności energetycznej budynków mieszkalnych (*The Better Buildings Residential Program Solution Center*) [35],
 - zasoby przeznaczone dla stanów i społeczności w celu zmniejszenia kosztów energii dla rodzin o niskich dochodach, w szczególności dla osób starszych i osób niepełnosprawnych [36],
 - sieć Clean Cities, która podejmuje działania w zakresie paliw alternatywnych, nowych technologii transportowych; w ramach sieci tzw. zespół tygrysów pomaga interesariuszom, producentom oryginalnego sprzętu i dostawcom w pokonywaniu przeszkód we wdrażaniu paliw alternatywnych i zaawansowanych pojazdów oraz w dokonywaniu świadomych wyborów w celu zmniejszenia zużycia paliwa [37],
 - regionalne centra zasobów energetyki wiatrowej, udostępniające dane i rozwiązania dostosowane do lokalnych potrzeb, aby pomóc społecznościom

ocenić korzyści i koszty energii wiatrowej – w ramach tej inicjatywy udostępniane są m.in. mapy wietrzności w zależności od planowanej wysokości piasty turbiny wiatrowej [38], modele szacowania ekonomicznych skutków (wpływ na zatrudnienie i rozwój gospodarczy) wybudowania i eksploatacji farmy wiatrowej [39]; udostępniana jest także baza danych aktów prawa miejscowego, tj. przepisów federalnych, stanowych i lokalnych, które regulują wiele aspektów rozwoju energetyki wiatrowej [40],

- baza zachęt finansowych i polityk w układzie przestrzennym, które promują OZE oraz efektywność energetyczną w USA, zawierająca informacje na temat istniejącego wsparcia na szczeblu federalnym, stanowym i lokalnym; jednym z narzędzi jest możliwość wyszukiwania zachęt po typie programu (np. ulgi podatkowe dla osób prawnych) oraz źródła energii (np. biomasy) [41].

Podsumowanie

W rozdziale na podstawie bogatej światowej literatury przedmiotu zaprezentowano przykłady dobrych praktyk z zakresu OZE. Ze względu na uwarunkowania projektu MoRE przeprowadzona analiza koncentrowała się przede wszystkim na rozwiązaniach istniejących w Niemczech oraz możliwych do zastosowania na wyspach. Mimo że niniejsze opracowanie jest przeglądem wyłącznie nielicznych przykładów dobrych praktyk, to obrazuje, w jak różnorodny sposób na świecie podchodzi się do zagadnień związanych z OZE, jak ważna jest dywersyfikacja źródeł energii w szerszym kontekście. Polska energetyka oparta na paliwach konwencjonalnych w dłuższym okresie nie podołała zapotrzebowaniu na energię. Dlatego konieczne jest poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań umożliwiających pokrycie zapotrzebowania na energię czerpiące wiedzę z istniejących rozwiązań, które z sukcesem zaistniały świecie. Nie do przecenienia jest sprawa implementacji rozwiązań światowych na polsko-niemieckim pograniczu uwzględniająca jego uwarunkowania.

Bibliografia

1. Podręcznik Dobrych Praktyk Bezkonfliktowego Rozwoju Energetyki Odnawialnej w Polsce i Niemczech, <https://www.dreberis.com/pl/projekty/2012-podrecznik-dobrych-praktyk-bezkonfliktowego-rozwoju-energetyki-odnawialnej-w-polsce-i> (dostęp: 30.06.2021).
2. Yildiz Ö., Financing renewable energy infrastructures via financial citizen participation – the case of Germany, „Renew. Energy”, 2014, 68, 677–685. DOI: 10.1016/j.renene.2014.02.038.

3. Holstenkamp L., Degenhart H., Bürgerbeteiligungsmodelle Für Erneuerbare Energien – Eine Begriffsbestimmung Aus Finanzwirtschaftlicher Perspektive, <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/81263/> (dostęp: 27.06.2021).
4. Bundesgeschäftsstelle Energiegenossenschaften – DGRV, <https://www.dgrv.de/bundesgeschäftsstelle-energiegenossenschaften/> (dostęp: 20.05.2021).
5. Wykaz Spółdzielni Energetycznych – Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa, <https://www.kowr.gov.pl/odnawialne-zrodla-energii/spoldzielnie-energetyczne/zatwierdzenie-w-wykazie-spoldzielni-energetycznych/wykaz-spoldzielni-energetycznych> (dostęp: 27.06.2021).
6. Ustawa z Dnia 20 Lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20150000478> (dostęp: 27.06.2021).
7. Ibeg – Startseite, <http://www.bioenergiedorf.info/index.php?id=startseite> (dostęp: 30.06.2021).
8. Wüste A., Schmuck P., Bioenergy villages and regions in Germany: An interview study with initiators of communal bioenergy projects on the success factors for restructuring the energy supply of the community, „Sustainability”, 2012, 4, 244–256. DOI: 10.3390/su4020244.
9. Ruppert H., Eigner-Thiel S., Girschner W., Karpenstein-Machan M., Roland F., Ruwisch V., Sauer B., Schmuck P., Wege zum Bioenergiedorf. Leitfaden für eine eigenständige Wärme- und Stromversorgung auf Basis von Biomasse im ländlichen Raum, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow 2010.
10. Paul N., Das Geld des Dorfes dem Dorfe – Bioenergiedörfer leben Energieautarkie, https://www.fnr.de/fileadmin/news_import/MV_Bioenergiedoerfer.pdf (dostęp: 26.06.2021).
11. Zbarszewski W., Pierkowski D., Biowioska – niemiecka koncepcja wsi bioenergetycznej, „Optimum. Studia Ekonomiczne”, 2018, 4(88), 99–113.
12. Heck P., Reis A., Böhmer J., Huwig P., Meisberger J., Menze S., Wagener F., Wangert S., Bioenergiedörfer (weiter) entwickeln – ein Leitfaden für den Weg zum Bioenergiedorf. [w:] Lehre Und Forschung 2013, Hochschule Trier, Trier 2014, 146–151.
13. FNR – Wege Zum Bioenergiedorf, <https://bioenergiedorf.fnr.de/karten/bioenergiekommunen/> (dostęp: 30.06.2021).
14. FNR – Bioenergiedörfer: Liste, <https://bioenergiedorf.fnr.de/index.php?id=2116> (dostęp: 30.06.2021).
15. FNR – Bioenergiedörfer: Wertschöpfungsrechner, <https://bioenergiedorf.fnr.de/wege-zum-bioenergiedorf/regionale-wertschoepfung/wertschoepfungsrechner> (dostęp: 30.06.2021).
16. Weltweites Vorbild Bioenergiedorf, <https://www.goettinger-tageblatt.de/Thema/Specials/333-Dinge/Weltweites-Vorbild-Bioenergiedorf> (dostęp: 26.06.2021).
17. In Feldheim steht die größte Batterie Europas, <https://www.energiezukunft.eu/umweltschutz/in-feldheim-steht-die-groesste-batterie-europas/> (dostęp: 30.06.2021).
18. Neue Energien Forum Feldheim – Erleben Sie die Energiewende!, <https://nef-feldheim.info/> (dostęp: 30.06.2021).

19. Energieautarkie – das Beispiel Feldheim, https://kommunalwiki.boell.de/index.php/Energieautarkie_-_das_Beiispiel_Feldheim (dostęp: 30.06.2021).
20. Energieautarkes Dorf Feldheim. Zukunftskommunen.
21. Smart Islands Initiative, <https://www.smartislandsinitiative.eu/en/index.php> (dostęp: 28.06.2021).
22. TEN Section Report on the “Smart Islands” Project, <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/publications-other-work/publications/ten-section-report-smart-islands-project> (dostęp: 28.06.2021).
23. Clean Energy for EU Islands Secretariat, <https://euislands.eu/> (dostęp: 28.06.2021).
24. Clercq S.D., Proka A., Jensen J., Carrero M.M., Brües J., Staines, S. Islands transition handbook. How to develop your island’s clean energy transition agenda, Clean Energy for EU Islands Secretariat, Brussels 2020.
25. Covenant of Mayors, <https://www.covenantofmayors.eu> (dostęp: 28.06.2021).
26. Energy Transitions Initiative, <https://www.energy.gov/eere/energy-transitions-initiative> (dostęp: 29.06.2021).
27. Energy transitions initiative partnership project – who we are, <https://www.energy.gov/eere/energy-transitions-initiative-partnership-project-who-we-are> (dostęp: 29.06.2021).
28. States and local communities, <https://www.energy.gov/eere/services/states-and-local-communities> (dostęp: 29.06.2021).
29. Better buildings neighborhood program, <https://www.energy.gov/eere/better-buildings-neighborhood-program/better-buildings-neighborhood-program> (dostęp: 29.06.2021).
30. Building America, <https://www.energy.gov/eere/buildings/building-america> (dostęp: 29.06.2021).
31. U.S. Energy Atlas, <https://atlas.eia.gov/> (dostęp: 29.06.2021).
32. Alternative Fuels Data Center: State information, <https://afdc.energy.gov/states/> (dostęp: 29.06.2021).
33. WINDEXchange, <https://windexchange.energy.gov/> (dostęp: 29.06.2021).
34. United States – U.S. Energy Information Administration (EIA), <https://www.eia.gov/state/> (dostęp: 29.06.2021).
35. Residential Program Solution Center, <https://rpssc.energy.gov/> (dostęp: 29.06.2021).
36. NASCSP, <https://nascsp.org/> (dostęp: 29.06.2021).
37. Clean cities coalition network: Technical assistance, <https://cleancities.energy.gov/technical-assistance/> (dostęp: 29.06.2021).
38. WINDEXchange: Wind energy maps and data, <https://windexchange.energy.gov/maps-data> (dostęp: 29.06.2021).
39. WINDEXchange: Jobs and economic development impact models, <https://windexchange.energy.gov/projects/jedi> (dostęp: 29.06.2021).
40. WINDEXchange: Wind energy policies and incentives, <https://windexchange.energy.gov/policies-incentives> (dostęp: 29.06.2021).
41. Database of State Incentives for Renewables & Efficiency®, <http://18.215.172.82/> (dostęp: 29.06.2021).

Autorzy

Jakub Balik

Absolwent Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Młodszy analityk w ZDG TOR specjalizujący się w kwestiach demograficznych, społecznych oraz gospodarczych. Współautor dokumentów strategicznych (strategii elektromobilności, Smart City, analiz komunikacyjnych). Zainteresowany tematyką rozwoju miast, szczególnie *urban sprawl* oraz geografią społeczno-ekonomiczną.

Anita Białczak

Architekt, specjalistka z zakresu architektury krajobrazu.

Alicja Biranowska-Kurtz

Doktor nauk technicznych, dyplomowana konserwator – zabytkoznawca, emerytowana historyk budowy miast. Absolwentka Wydziału Sztuk Pięknych Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, kierunku konserwatorstwo – zabytkoznawstwo. Doktorat obroniła na Wydziale Architektury Politechniki Warszawskiej. Nauczyciel akademicki Wydziału Architektury i Urbanistyki Politechniki Szczecińskiej, Uniwersytetu Szczecińskiego oraz Wyższej Szkoły Ekonomiczno-Turystycznej w Szczecinie. Wieloletnia badaczka miast i terenów północno-zachodnich obszarów Polski, historycznej Krajny, Ziemi Lubuskiej i wybranych obszarów Wielkopolski. Autorka licznych opracowań naukowych.

Małgorzata Blaszkę

Adiunkt w Katedrze Nieruchomości na Wydziale Ekonomicznym Zachodniopomorskiego

Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Sekretarz naukowy Zespołu Prawno-Urbanistycznego przy Komitecie Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk. Autorka kilkudziesięciu publikacji naukowych, w tym uznanych zagranicznych (m.in. dotyczących odnawialnych źródeł energii). Uczestniczka krajowych projektów naukowych.

Bartosz Bogusławski

Absolwent Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (studia inżynierskie) oraz Politechniki Warszawskiej (studia magisterskie). Praktyk i współautor licznych projektów z zakresu projektowania sieci wodociągowo-kanalizacyjnych i oczyszczalni ścieków. Naukowo zajmuje się procesami biochemicznymi zachodzącymi w systemach kanalizacyjnych oraz projektowaniem sieci kanalizacyjnych. Współautor kilkunastu publikacji naukowych.

Paweł Burandt

Doktor nauk rolniczych w zakresie ochrony i kształtowania środowiska (2015, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie). Jego zainteresowania naukowe dotyczą naturalnych i antropogenicznych czynników kształtujących stan ilościowy i jakościowy środowiska wodnego. W swojej działalności koncentruje się na dolinach rzecznych. Ze względu na intensywny udział w pracach na rzecz ochrony przyrody ważnym przedmiotem jego badań stały się również torfowiska śródlądne. W pracy zawodowej zajmuje się hydrometrią, miernictwem hydrologicznym oraz systemem informacji

geograficznej (GIS). Jest autorem 30 publikacji naukowych w tym 13 z IF oraz wielu ekspertyz naukowych. Współautor 1 patentu. Członek Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej oraz Polskiego Towarzystwa Magnezologicznego.

Mateusz Cieślik

Magister inżynier architektury krajobrazu, pracownik Studio DL sp. z o.o.

Marcin Ciupak

Doktor inżynier, pracownik Studio DL sp. z o.o.

Patryk Dominiak

Projektant, specjalista branży elektrycznej.

Dominika Dudek

Absolwentka kierunku technologia chemiczna na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Pracownik inżynieryjno-techniczny w Katedrze Inżynierii Środowiska na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska ZUT w Szczecinie.

Tomasz Furmańczyk

Absolwent studiów z zakresu gospodarki przestrzennej, ekonomii, a także architektury krajobrazu. Obecnie doktorant w Instytucie Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Szczecińskiego oraz pracownik Regionalnego Biura Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie. Członek zespołów realizujących projekty międzynarodowe z zakresu planowania regionalnego oraz tworzących opracowania planistyczne w skali lokalnej i ponadlokalnej.

Roman Gawarkiewicz

Doktor habilitowany nauk humanistycznych w zakresie językoznawstwa, profesor Uniwersytetu Szczecińskiego. Pracownik badawczo-dydaktyczny Instytutu Językoznawstwa US. Nauczyciel akademicki na kierunku lingwistyka dla biznesu – tłumaczenia rosyjsko-polsko-niemieckie. Członek Szczecińskiego Towarzystwa Naukowego. Zainteresowania badawcze: psycho- i etnolingwistyka; dialog kultur w kontekście tożsamości etnicznej i kulturowej; kulturowo-społeczne uwarunkowania polsko-niemiecko-rosyjskiej komunikacji międzykulturowej; polska, niemiecka i rosyjska świadomość językowo-kulturowa; auto- i heterostereotypy narodowe; stereotypy językowe w polskim, niemieckim i rosyjskim obrazie świata. Współautor opracowania: *Polski słownik asocjacyjny z suplementem* (2008).

Katarzyna Glińska-Lewczuk

Profesor nauk rolniczych (2018). Doktor habilitowany w zakresie kształtowania i ochrony środowiska, specjalność: hydrologia, woda w krajobrazie (2010, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie). Zajmuje się problematyką gospodarki wodnej w Polsce północno-wschodniej. Główny kierunek zainteresowań naukowych dotyczy roli czynników hydrologicznych w kształtowaniu ekosystemów wodnych na obszarach pojeziernych. W latach 2004–2015 przedmiotem badań naukowych była kompleksowa ocena stanu ekologicznego starorzeczy w świetle zagrożeń antropogenicznych. Jest autorką i współautorką ponad 300 publikacji naukowych oraz wielu dokumentacji, projektów i ekspertyz naukowych. Współautorka czterech patentów.

Kierownik międzynarodowych (7PR UE) i krajowych (MNISW, NCN) projektów badawczych. Członek komitetów naukowych 3 czasopism. Wielokrotnie nagradzana za osiągnięcia naukowe.

Anna Głowacka

Absolwentka Akademii Rolniczej w Szczecinie na Wydziale Kształtowania Środowiska i Rolnictwa (1996). Doktor nauk technicznych w zakresie rolnictwa (2000, Akademia Rolnicza w Szczecinie). Doktor habilitowany nauk technicznych w zakresie inżynierii i ochrony środowiska (2010, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie). Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania: procesów technologicznych oczyszczania ścieków, oceny składu fizykochemicznego, biologicznego i morfologicznego odpadów komunalnych i przemysłowych; ocenę i badania składu fizykochemicznego i biologicznego komunalnych i przemysłowych osadów ściekowych; wykorzystanie odpadów do celów rekultywacyjnych i nawozowych oraz pozyskiwanie surowców i energii z odpadów. Jest autorką i współautorką ponad 120 publikacji naukowych, 2 patentów, 3 zgłoszeń patentowych, 4 książek o zasięgu krajowym oraz autorką i współautorką rozwiązań technologicznych: kompostowania odpadów przemysłowych i komunalnych oraz komunalnych osadów ściekowych, fermentacji odpadów przemysłowych i komunalnych oraz komunalnych osadów ściekowych, termicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych, przemysłowych i niebezpiecznych, pozyskiwania energii i surowców z odpadów. Wielokrotnie nagradzana nagrodami JM Rektora ZUT za działalność naukową. Laureatka indywidualnego wyróżnienia regionalnego Zielony Feniks (2021).

Bartosz Jarecki

Członek Zespołu Doradców Gospodarczych TOR sp. z o.o., Warszawa.

Leszek Jastrzębski

Architekt, absolwent Politechniki Szczecińskiej (1992), urbanista, regionalista. Autor i współautor kilkudziesięciu projektów związanych z zagospodarowaniem przestrzennym. Od początku swojej drogi zawodowej związany z Regionalnym Biurem Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie (RBGPWZ). W latach 2007–2009 i ponownie od czerwca 2016 r. kieruje biurem aktywnie uczestniczącym w kreowaniu, popularyzacji i realizacji wielu koncepcji, projektów, w tym o zasięgu ponadregionalnym i transgranicznym. Powołany do Zespołu doradczego ds. reformy systemu planowania przestrzennego przy Ministerstwie Rozwoju (2020).

Bartłomiej Kasiuk

Absolwent Wydziału Zarządzania, Informatyki i Finansów Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Specjalista w ZDG TOR w zakresie elektromobilności, transportu publicznego oraz analizy danych. Współautor licznych dokumentów strategicznych (strategii elektromobilności, planów mobilności, planów transportowych) oraz analiz wykorzystania autobusów zeroemisyjnych. Zainteresowany tematyką szeroko pojętej zrównoważonej mobilności, elektromobilności, technologii i sztucznej inteligencji.

Grzegorz Krzos

Doktor habilitowany nauk o zarządzaniu i jakości, profesor Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, kierownik Kate-

dry TOiZ, doradca naukowy rzecznika MSP, ekspert w zakresie zarządzania biznesem, zarządzania innowacyjnymi projektami, w tym projektami energetycznymi dotyczącymi OZE oraz samowystarczalności energetycznej na poziomie przedsiębiorstw, miejscowości, gmin. Ekspert w pozyskiwaniu finansowania unijnego.

Marek Kurnatowski

Absolwent Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej (2005) oraz studiów podyplomowych w zakresie zarządzania nieruchomościami na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie (2008). Doktorant na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska ZUT. Zdobył uprawnienia zawodowe w dziedzinie geodezji i kartografii w zakresie geodezyjnych pomiarów sytuacyjno-wysokościowych, realizacyjnych i inwentaryzacyjnych (2010). Autor publikacji z tematyki GIS oraz geodezji inżynierskiej, którą wskazuje jako główny obszar zainteresowań naukowych. Posiada wieloletnie doświadczenie zawodowe związane przede wszystkim z geodezyjną obsługą projektów infrastrukturalnych oraz ze sporządzaniem opracowań kartograficznych.

Karolina Kurtz-Orecka

Absolwentka kierunków budownictwo (1999), architektura i urbanistyka (2001) na Politechnice Szczecińskiej, studiów podyplomowych z zakresu budownictwa energooszczędного oraz oceny energetycznej budynków (Politechnika Poznańska, 2009). Laureatka stypendium naukowego „Zostańcie z nami” Fundacji Tygodnika POLITYKA (2003), doktor nauk technicznych (Politechnika Szczecińska, 2005). W 2005 r. zmieniła obszar zainteresowań naukowych z konstrukcji

drewnianych na zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe oraz efektywności energetycznej budynków i ich wyposażenia technicznego. Jako czynny audytor energetyczny współpracuje z otoczeniem gospodarczym. Przeprowadziła oceny energetyczne budynków o łącznej powierzchni użytkowej przekraczającej 1,160 mln m². Jest autorką i współautorką artykułów naukowych oraz monografii z tematyki fizyki budowli i efektywności energetycznej budynków. W 2022 r. otrzymała regionalną nagrodę indywidualną Zielonego Feniksa. Na stałe związana z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie, współpracowała również z Uniwersytetem Zielonogórskim, Szkołą Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie oraz Wyższą Szkołą Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach.

Grażyna Kwaśniewska

Absolwentka Technikum Chemicznego w Szczecinie. Wieloletni pracownik inżynierjno-techniczny Katedry Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Zajmuje się głównie zagadnieniami związanymi z technologią wody i ścieków oraz gospodarką odpadami.

Norbert Lech

Absolwent kierunku transport (2020) na Akademii Morskiej w Szczecinie oraz kierunku transport na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie (2022). Magister inżynier w dyscyplinie inżynierii lądowej i transportu. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje pojęcia związane z elektromobilnością, a w szczególności zagadnienia optymalizacyjne przekładające się na użytkowanie pojazdów elektrycznych. Jest

współautorem publikacji w zakresie transportu i elektromobilności.

Aleksandra Łacwik

Absolwentka Wydziału Zarządzania i Ekonomiki Usług Uniwersytetu Szczecińskiego (2002) oraz studiów podyplomowych „Wycena nieruchomości” (2013, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). W latach 2002–2003 wykładowca Wydziału Ekonomicznego Akademii Rolniczej w Szczecinie. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania związane z rynkiem usług turystycznych, zwłaszcza marketingiem usług turystycznych, w szczególności kształtowaniem lokalnego produktu turystycznego. Jest autorką kilku publikacji konferencyjnych. Jako praktyk od blisko 10 lat zajmuje się kształtowaniem wizerunku i działań promocyjnych firm branży turystycznej regionu województwa zachodniopomorskiego. Prowadziła również analizy i badania związane z kształtowaniem marketingu relacji w obszarze lotniczych usług transportowych.

Jacek Mazur

Absolwent Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej (1986). Doktor nauk technicznych (1999, Politechnika Szczecińska). Koordynator oraz wykonawca w projektach międzynarodowych związanych z ochroną środowiska, gospodarką wodno-ściekową oraz w projektach dydaktycznych. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje zagadnienia z zakresu technologii wody i ścieków oraz ochrony środowiska. Oprócz działalności naukowej współpracuje z otoczeniem gospodarczym. Jest autorem i współautorem licznych publikacji

naukowych z tematyki technologii i gospodarki wodno-ściekowej oraz ochrony środowiska.

Michał Mielnicki

Architekt z ponad 10-letnim doświadczeniem zawodowym w projektowaniu, zarządzaniu projektami oraz nadzorze realizacji szerokiej gamy inwestycji budowlanych oraz infrastrukturalnych w sektorze energii odnawialnej w Polsce oraz w krajach UE (Irlandia i Cypr), jak również na Bliskim Wschodzie (Katar). Legitymuje się uprawnieniami budowlanymi w specjalności architektonicznej do projektowania bez ograniczeń. Członek Zachodniopomorskiej Okręgowej Izby Architektów.

Maciej Mysona

Menedżer kierujący projektami dotyczącymi rozwoju strategicznego miast oraz transportu kołowego w Zespole Doradców Gospodarczych TOR. Absolwent kierunków transport, zarządzanie i inżynieria produkcji na Politechnice Wrocławskiej oraz inżynierii ruchu drogowego na Politechnice Krakowskiej. Współautor kilkunastu dokumentów strategicznych i planistycznych dotyczących transportu zbiorowego, elektromobilności, mobilności i inteligentnych miast. W swojej pracy dużą wagę przywiązuje do lobbowania na rzecz wprowadzania długoterminowych strategii i planów w jednostkach samorządu terytorialnego.

Andrzej Najda

Specjalista praktyk z ponad 17-letnim doświadczeniem w pozyskiwaniu finansowania zewnętrznego projektów oraz prowadzenia projektów inwestycyjnych. Zarządził ponad 300 projektami unijnymi

i krajowymi, których wartość wyniosła ponad 1 mld PLN. Kierował pracą zespołów w 129 projektach unijnych dla sektora MŚP, 128 projektach unijnych dla jednostek samorządu terytorialnego, które z sukcesem uzyskały dofinansowanie.

Piotr Nikończuk

Absolwent kierunku oceanotechnika w Politechnice Szczecińskiej. Doktor w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn (2008, Wydział Techniki Morskiej i Transportu, Politechnika Szczecińska). Doktor habilitowany w dyscyplinie inżynieria mechaniczna (2019, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska). Zajmuje się efektywnością energetyczną procesów technologicznych, w szczególności odzyskiem ciepła w kabinach lakierniczych. Jest autorem i współautorem ponad 70 publikacji naukowych, ponad 10 opracowań dla otoczenia gospodarczego oraz 6 wdrożeń. Jest współautorem 3 uzyskanych patentów oraz wdrożonego know-how. Ponadto zajmuje się tematyką metod sztucznej inteligencji, szczególnie w zakresie optymalizacji w zastosowaniach efektywności procesów technologicznych i transportowych.

Maciej Nowak

Doktor habilitowany, profesor ZUT. Radca prawny, kierownik Katedry Nieruchomości na Wydziale Ekonomicznym Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Członek Prezydium Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Polskiej Akademii Nauk (KPZK PAN). Przewodniczący Zespołu Prawno-Urbanistycznego przy KPZK PAN. Autor kilkuset publikacji naukowych, w tym redaktor naukowy ponad 20 monografii

oraz kilkudziesięciu opracowań popularyzatorskich z zakresu planowania przestrzennego. Prowadzi współpracę naukową z przedstawicielami ponad 30 państw, m.in. Portugalii, Włoch, Kanady, Izraela, Wielkiej Brytanii, Australii, Ghany, Chin, Nigerii, Węgier, Czech i Słowacji.

Tomasz Olechwir

Absolwent kierunku geografia morza (1996) na Uniwersytecie Szczecińskim. Doktor nauk o Ziemi w specjalności geografia (2007, Uniwersytet Szczeciński). Ukończył studia podyplomowe „Menedżer projektu badawczo-rozwojowego” (2013, Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu). Specjalista w zakresie edukacji ekologicznej projektów edukacyjnych związanych z turystyką (m.in. Dobry klimat dla morza, Przystanek Bałtyk, *Generation Balt*). Kierownik Stacji Morskiej Uniwersytetu Szczecińskiego w Międzyzdrojach (od 2012).

Jakub Piecuch

Członek Zespołu Doradców Gospodarczych TOR sp. z o.o., Warszawa.

Diana Pietryga

Absolwentka kierunków inżynieria bezpieczeństwa (2020) oraz transport (2021) na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie, a także studiów podyplomowych „Bezpieczeństwo i higiena pracy” (ZUT, 2021). Legitymuje się uprawnieniami f-gazowymi w zakresie instalacji, konserwacji oraz serwisowania wszystkich urządzeń klimatyzacyjnych i pomp ciepła zawierających fluorowane gazy cieplarniane (2022). Posiada certyfikat audytora wewnętrznego normy ISO 45001. Jako główny kierunek zainteres-

sowań naukowych wskazuje transport towarów niebezpiecznych, w tym czynników chłodniczych.

Magdalena Pożarowszczyk

Doktor inżynier architektury krajobrazu, pracownik Studio DL sp. z o.o.

Jacek Przepiórski

Absolwent Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej w zakresie chemii (1991). Doktor nauk technicznych (Gunma University w Japonii, 1998). Odbił staże podoktorskie w latach 1998–2000 w New Energy and Industrial Technology Development Organization, NEDO (Japonia) oraz National Institute of Advanced Industrial Science and Technology AIST (Japonia). Doktor habilitowany nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej (Politechnika Szczecińska, 2008). Profesor nauk technicznych (2015). Laureat Zachodniopomorskiego Nobla w dziedzinie nauk technicznych (2013). Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje materiały do oczyszczania gazów i procesy oczyszczania gazów. Oprócz działalności naukowej intensywnie współpracuje z przemysłem. Jest autorem i współautorem ponad 60 publikacji naukowych oraz kilkunastu patentów, opracowań dla przemysłu i innych. Od 2016 r. prorektor ds. nauki ZUT.

Aleksandra Pych

Studentka trzeciego roku kierunku logistyka na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Od 2020 r. beneficjentka stypendium Rektora ZUT oraz uczestniczka Szkoły Orłów ZUT, która realizowana jest w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój

współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego we współpracy z Ministerstwem Edukacji i Nauki. Współautorka 3 publikacji naukowych o szeroko pojętej tematyce energooszczędności, uczestniczka badań terenowych projektu MoRE. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje tematy związane z logistyką w medycynie.

Piotr Ratajkiewicz

Projektant oświetlenia, architekt sceny nocnej, project manager. Doktorant Wydziału Architektury Politechniki Poznańskiej. Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej oraz Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Członek TUP. Przez kilkanaście lat zdobywał doświadczenia w największych koncernach oświetleniowych, prowadząc złożone projekty oświetlenia dla segmentów przemysłu, HoReCa, Retail, City Beautification. Swoje miejsce odnalazł w kreowaniu przestrzeni miejskich. W pracy naukowo-badawczej, określając ilościowe i jakościowe czynniki oświetlenia, poszukuje wzoru na dobre oświetlenie przestrzeni publicznych. Pracownik Studio DL sp. z o.o.

Krzysztof Ruciński

Absolwent Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego Uniwersytetu Łódzkiego i Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie. Specjalista w ZDG TOR w tematyce zarządzania strategicznego w samorządzie terytorialnym oraz nowej mobilności. Współautor licznych dokumentów strategicznych (strategii elektromobilności czy Smart City, planów mobilności) oraz raportów branżowych z pogranicza gospodarki przestrzennej i transportu. Zainteresowany tematyką szeroko pojętej zrównoważonej mobilności i urbanistyki.

Sławomir Rybarczyk

Ekspert w zakresie energetyki odnawialnej, licencjonowany audytor energetyczny, menedżer wielu projektów przemysłowych w OZE, doświadczony ekspert w zakresie budowy biogazowni, farm fotowoltaicznych oraz magazynów energii.

Konrad Rychlik

Magister inżynier, pracownik Studio DL sp. z o.o.

Cyprian Seul

Absolwent kierunku geografia (1982) oraz studiów podyplomowych z geologii (2010) na Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Doktor nauk o Ziemi w zakresie geografii (1998, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie). Legitymuje się uprawnieniami geologicznymi Ministerstwa Środowiska w zakresie geologii inżynierskiej (od 2012). Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania osadów lessowych w Polsce i w Ukrainie. W latach 80. i 90. XX w. zajmował się badaniami mechaniki gruntów, sedimentologią w strefie brzegowej południowego Bałtyku. W latach 2011–2012 brał udział w wyprawach polarnych na Spitsbergenie. W latach 2014–2021 zajmował się badaniami ichtów pelagicznych z Pacyfiku. Jest autorem i współautorem ponad 150 publikacji naukowych oraz współautorem wielu dokumentacji geologiczno-inżynierskich i geotechnicznych. Pracował przy budowie gazociągów w województwach zachodniopomorskim oraz lubuskim. Za zasługi w dziedzinie geologii odznaczony srebrną odznaką honorową „Gryfa Pomorskiego” (2012) oraz odznaką honorową „Zasłużony dla polskiej geologii” (2021).

Andrzej Skwierawski

Adiunkt w Katedrze Gospodarki Wodnej i Klimatologii Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. W pracy naukowej zajmuje się problematyką roli, ewolucji oraz antropogenicznych przekształceń ekosystemów wodnych w różnych typach krajobrazu. Główne kierunki zainteresowań badawczych to ocena współczesnych warunków funkcjonowania jezior, które zostały odtworzone po długim okresie osuszenia, procesy degradacji płytkich jezior oraz małych zbiorników wodnych, a także obieg materii, w szczególności składników biogennych, w zlewniach o różnym sposobie użytkowania. Autor 68 oryginalnych publikacji i komunikatów naukowych. Posiada ponad 20-letnie doświadczenie w pracy dydaktycznej.

Wojciech Sobolewski

Projektant, specjalista branży drogowej.

Agata Stolarska

Absolwentka kierunku konstrukcje budowlane i inżynierskie na Politechnice Szczecińskiej (2002), studiów podyplomowych „Wycena nieruchomości” (2002) oraz „Budownictwo energooszczędne i pasywne oraz ocena energetyczna budynków” (2010, Politechnika Poznańska). Doktor nauk technicznych w zakresie budownictwa (2002). Od 2003 pracownik naukowo-dydaktyczny. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania parametrów ciepło-wilgotnościowych materiałów budowlanych oraz analizy i symulacje odnoszące się do kwestii związanych z bilansowaniem energetycznym budynków, modelowaniem mostków termicznych oraz termomodernizacją. Jest promotorem

rem ponad 100 prac inżynierskich i magisterskich, a także autorką i współautorką ponad 50 publikacji naukowych.

Jarosław Strzałkowski

Absolwent Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (2012). Doktor nauk technicznych (2019, ZUT w Szczecinie). Legitymuje się uprawnieniami do kierowania robotami budowlanymi w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń oraz do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynków. Adiunkt w KFBiMB Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska ZUT. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania nad parametrami cieplnymi i wytrzymałościowymi kompozytów cementowych modyfikowanych różnego rodzaju domieszkami i dodatkami. Jest autorem i współautorem ponad 40 publikacji naukowych oraz licznych opracowań technicznych. Laureat nagrody Ministra Rozwoju i Technologii za najlepsze rozprawy doktorskie (2022).

Justyna Strzyżewska

Architekt, urbanista i regionalista. Absolwentka kierunku architektura i urbanistyka na Politechnice Szczecińskiej. Ukończyła kurs *Public Management and Urban Governance in transitional countries* (2004, IHS Rotterdam). Od 2005 r. związana z Regionalnym Biurem Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego w Szczecinie (RBGPWZ). Od 2007 r. członek Towarzystwa Urbanistów Polskich w Szczecinie. W RBGPWZ pełni rolę głównego projektanta w zakresie planowania regionalnego, realizuje również projekty międzynarodowe ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień transgranicznego regionu metropolitalnego Szczecina.

Beata Tryba

Absolwentka Politechniki Szczecińskiej na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej (1997) oraz studiów podyplomowych na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki „Menedżer i audytor systemu zarządzania jakością” (2018). Doktor nauk technicznych w dyscyplinie technologia chemiczna (2001, Politechnika Szczecińska). Doktor habilitowany nauk technicznych (2009, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). Profesor (2016, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). Laureatka Zachodniopomorskiego Nobla w dziedzinie nauk podstawowych (2005). Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania dotyczące usuwania zanieczyszczeń gazowych metodami adsorpcyjnymi i fotokatalitycznymi oraz usuwania zanieczyszczeń organicznych w wodzie i ściekach. W latach 2002–2005 odbyła staż podoktorski w Japonii w dwóch ośrodkach: Aichi Institute of Technology oraz Oita University. Kierownik i wykonawca kilku grantów badawczych realizowanych w tematyce zastosowania zielonych technologii w procesach oczyszczania wody i powietrza. Jest autorką i współautorką 75 publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się na liście filadelfijskiej oraz kilku patentów.

Wojciech Tuchowski

Absolwent kierunku oceanotechnika (2007) na Politechnice Szczecińskiej oraz studiów podyplomowych „Psychologiczno-pedagogiczne i dydaktyczne przygotowanie do zawodu nauczyciela” (2021). Doktor nauk technicznych (2015, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie). Posiada uprawnienia f-gazowe w zakresie

instalacji, konserwacji lub serwisowania wszystkich urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych i pomp ciepła zawierających fluorowane gazy cieplarniane (2015). Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje badania nad poprawą efektywności energetycznej pomp ciepła i urządzeń chłodniczych. Dodatkowo zajmuje się również badaniami nad systemami klimatyzacji i wentylacji oraz prowadzi działania na rzecz wdrażania przemysłowych systemów ciepłowniczych opartych głównie na wodnych pompach ciepła. W 2011–2015 brał udział w budowie i badaniach nad wodną pompą ciepłą wykorzystującą okresowo ciepło krzepnięcia wody (prace finansowane były w ramach projektu badawczego N523 7474 40). Jest recenzentem w NCBiR i ekspertem w Okręgowej Komisji Egzaminacyjnej w Gdańsku w zawodzie technik chłodnictwa i klimatyzacji. Jest autorem i współautorem ponad 30 publikacji naukowych oraz współautorem 4 patentów RP oraz 3 zgłoszeń patentowych. Opracowuje audyty energetyczne przedsiębiorstw. Jest nauczycielem przedmiotów zawodowych na specjalności technik chłodnictwa i klimatyzacji. Za pracę doktorską dotyczącą badań nad efektywnością pomp ciepła otrzymał I Nagrodę Prezydenta Miasta Szczecin za najlepszą pracę doktorską ukierunkowaną na nowoczesne technologie i innowacje za 2015 r. Jest laureatem konkursu Fundacji Ochrony Klimatu PRO-ZON za projekt *Urządzenie demonstracyjne dla szkół wyższych* (2017/2018).

Agnieszka Wawiórko

Pracownik Studio DL sp. z o.o.

Piotr Wiśniewski

Projektant, specjalista branży sanitarnej.

Laura Wojnicz

Studentka trzeciego roku studiów pierwszego stopnia na kierunku logistyka w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie. Od 2020 r. beneficjentka programu stypendialnego Szkoła Orłów realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego we współpracy z Ministerstwem Edukacji i Nauki. Laureatka 3. miejsca w międzynarodowym konkursie *Black Sea Science 2022* za współautorstwo pracy naukowej w obszarze energetyki i efektywności energetycznej pt. *Efektywność energetyczna transportu kontenerów chłodniczych na kontenerowcach*. Jako główny kierunek zainteresowań naukowych wskazuje nowoczesne rozwiązania technologiczne w logistyce i w odnawialnych źródłach energii. Jest współautorką 4 publikacji naukowych. Pasjonuje się kosmologią i hodowlą zwierząt domowych.

Wojciech Zbaraszewski

Ekonomista, adiunkt w Katedrze Analizy Systemowej i Marketingu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Jego interdyscyplinarne zainteresowania badawcze związane są z zagadnieniami rozwoju społeczno-gospodarczego. Autor i współredaktor książek i artykułów poświęconych koncepcji zrównoważonego rozwoju i turystyki na obszarach cennych przyrodniczo.

Maria Zych-Lewandowska

Członek Zespołu Doradców Gospodarczych TOR sp. z o.o., Warszawa.

Spis tabel

Transformacja energetyczna – europejskie uwarunkowania prawne

Tab. 1. Normy jakości powietrza obowiązujące w UE w zestawieniu z wytycznymi WHO 43

Transformacja energetyczna w przepisach prawa niemieckiego

Tab. 1. Cele zawarte w koncepcji polityki klimatycznej Meklemburgii-Pomorza

Przedniego 60

Jakość termiczna istniejącej zabudowy na obszarze wysp Uznam i Wolin – badania termowizyjne

Tab. 1. Wyspy Uznam i Wolin, opis lokalizacji wytypowanych do badań terenowych 111

Czasowo-przestrzenne uwarunkowania zmienności stężeń CO₂ i CH₄ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Tab. 1. Zestawienie średnich stężeń gazów CO₂ i CH₄ w powietrzu w sezonach w okresie pomiarowym 2021 r. 148

Tab. 2. Stężenia CO₂ i CH₄ w powietrzu na terenie badanych obiektów 159

Czasowo-przestrzenna zmienności stężeń cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Tab. 1. Przestrzenna i czasowa skala rozprzestrzeniania zanieczyszczeń 167

Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby ogrzewnictwa i chłodnictwa na wyspach Uznam i Wolin

Tab. 1. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Uznam 200

Tab. 2. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Karsibór 200

Tab. 3. Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Wolin 201

Tab. 4. Odporność stali nierdzewnej (1.4401) i miedzi na działanie składników/własności wody 203

Tab. 5. Wpływ właściwości fizykochemicznych wody na korozyjność stali nierdzewnej i miedzi 204

Tab. 6. Wyniki pomiarów polowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – sezon ciepły 212

Tab. 7. Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – sezon ciepły 214–215

Tab. 8. Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły.....	216–217
Tab. 9. Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły	218–219
Tab. 10. Wyniki pomiarów polowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – sezon zimowy	223
Tab. 11. Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – sezon zimowy	224–225
Tab. 12. Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – sezon zimowy	226–227
Tab. 13. Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – sezon zimowy	228–229

Świnoujście – masterplan oświetlenia

Tab. 1. Przyjęta hierarchia i reguły iluminacyjne – luminacja średnia obiektów.....	246
Tab. 2. Przyjęta hierarchia i reguły iluminacyjne – kontrast	246
Tab. 3. Źródła oświetlenia ulicznego w Świnoujściu – oszacowanie potencjału oszczędności energii na potrzeby oświetlenia miasta poprzez modernizację stosowanych źródeł światła	249

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe w miejscowościach turystycznych na przykładzie miasta Międzyzdroje – koncepcja projektowa parkingów buforowych

Tab. 1. Aktualnie obowiązujące kategorie użytkowania terenów wytypowanych pod realizację parkingu buforowego	275
Tab. 2. Miejsca parkingowe na terenach przeznaczonych pod realizację parkingu buforowego w Międzyzdrojach [1]	278

Spis rycin

Wstęp

Ryc. 1. Podział administracyjny wysp obszaru MoRE, opracowanie: RBGPWZ	7
--	---

Transformacja energetyczna w przepisach prawa niemieckiego

Ryc. 1. Udział energii odnawialnej w końcowym zużyciu energii w Niemczech.....	53
Ryc. 2. Rozwój produkcji energii elektrycznej z OZE w Niemczech.....	53
Ryc. 3. Produkcja energii elektrycznej brutto w Niemczech	54
Ryc. 4. Rozwój i docelowa ścieżka redukcji emisji gazów cieplarnianych w Niemczech ...	57
Ryc. 5. Odpowiedź respondentów niemieckich na pytanie ankietowe o największe problemy we wdrażaniu transformacji energetycznej w przyszłości.....	58

Transformacja energetyczna w przepisach prawa polskiego

Ryc. 1. Kluczowe założenia polityki energetycznej Polski do 2040 r.	67
--	----

Budowa geologiczna i hydrogeologiczna wysp Uznam i Wolin

Ryc. 1. Mapa geologiczna wysp Uznam i Wolin	100
Ryc. 2. Mapa geologiczna wysp Uznam i Wolin bez osadów czwartorzędowych	101
Ryc. 3. Obszar wysp Uznam i Wolin – rozkład temperatury na głębokości 2000 m.....	105
Ryc. 4. Obszar wysp Uznam i Wolin – rozkład temperatury na głębokości 3000 m.....	106

Jakość termiczna istniejącej zabudowy na obszarze wysp Uznam i Wolin – badania termowizyjne

Ryc. 1. Wyspy Uznam i Wolin, lokalizacja szczegółowa badań termowizyjnych	112
Ryc. 2–6. Chynowo (PL), termogramy 1–5	113–114
Ryc. 7–11. Domysłów (PL), termogramy 1–5	115–116
Ryc. 12–16. Warnowo i Ładzin (PL), termogramy 1–5.....	117–118
Ryc. 17–21. Kodrąb (PL), termogramy 1–5	119–120
Ryc. 22–26. Wolin (PL), termogramy 1–5.....	121–122
Ryc. 27–31. Międzyzdroje (PL), termogramy 1–5.....	123–124
Ryc. 32–36. Świnoujście (PL), termogramy 1–5.....	125–126
Ryc. 37–41. Mölschow (DE), termogramy 1–5.....	127–128

Ryc. 42–46. Mellenthin (DE), termogramy 1–5	129–130
Ryc. 47–51. Usedom (DE), termogramy 1–5.....	131–132
Ryc. 52–56. Reetzow (DE), termogramy 1–5	133–134
Ryc. 57–60. Ulrichshorst (DE), termogramy 1–5	135–136
Ryc. 61–65. Heringsdorf i Ahlbeck (DE), termogramy 1–6.....	136–138

Czasowo-przestrzenne uwarunkowania zmienności stężeń CO₂ i CH₄ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Ryc. 1. GasScouter G4301 – Mobile Gas Concentration Analyzer – urządzenie do pomiaru stężeń i emisji gazów cieplarnianych CO ₂ , CH ₄	144
Ryc. 2. Trasa pomiarowa (czerwona linia) na wyspie Wolin i Uznam podczas sezonowych pomiarów mobilnych w 2021 r.	145
Ryc. 3. Porównanie średnich stężeń CO ₂ między wyspą Wolin a Uznam w zależności od pory roku i dnia	149
Ryc. 4. Stężenie dwutlenku węgla w powietrzu	150
Ryc. 5. Porównanie średnich stężeń CH ₄ między wyspami Wolin a Uznam w zależności od pory roku i dnia	151
Ryc. 6. Zmiany średnich stężeń CO ₂ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem, c) jesienią, d) zimą	152–153
Ryc. 7. Zmiany średnich stężeń CH ₄ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem, c) jesienią, d) zimą	154–155
Ryc. 8. Udział kategorii użytkowania terenu wg <i>Corine Land Cover</i> na wyspach Uznam i Wolin.....	157
Ryc. 9. Zmiana stężenia CH ₄ w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków w Międzywodziu wzdłuż trasy pomiarowej na tle zdjęcia satelitarnego	159

Czasowo-przestrzenna zmienności stężeń cząstek stałych PM_{2.5} i PM₁₀ w atmosferze na obszarze wysp Uznam i Wolin

Ryc. 1. Średnie roczne stężenie BaP, NO ₂ , PM _{2.5} oraz PM ₁₀ w 2019 i 2020 r. w najbliższych względem obszaru MoRE stacjach monitoringu	163
Ryc. 2. Rejestrator cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀	163
Ryc. 3. Sieć poligonów badawczych na wyspach Uznam i Wolin	165
Ryc. 4. Poligony Voronoja.....	166
Ryc. 5. Scalona warstwa poligonów Voronoja i sieci pól 1 x 1 km	166
Ryc. 6. Przykład zmienności wartości wskaźnika w sieci kwadratów 1 x 1 km	166

Ryc. 7. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM _{2.5} w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem, c) jesienią, d) zimą	170–171
Ryc. 8. Zmiany chwilowego stężenia cząstek stałych PM ₁₀ w powietrzu w zależności od pory dnia w czterech charakterystycznych porach roku: a) wiosną, b) latem, c) jesienią, d) zimą	172–173
Ryc. 9. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, wiosna – pomiar dzienny (2021 r.)	175
Ryc. 10. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, lato – pomiar dzienny (2021 r.)	175
Ryc. 11. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, jesień – pomiar dzienny (2021 r.)	176
Ryc. 12. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, zima – pomiar dzienny (2021 r.)	176
Ryc. 13. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, wiosna – pomiar nocny (2021 r.)	176
Ryc. 14. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, lato – pomiar nocny (2021 r.)	177
Ryc. 15. Wyspa Uznam – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Peenemünde–Usedom, zima – pomiar nocny (2021 r.)	177
Ryc. 16. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, wiosna – pomiar dzienny (2021 r.)	177
Ryc. 17. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, lato – pomiar dzienny (2021 r.)	178
Ryc. 18. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, jesień – pomiar dzienny (2021 r.)	178
Ryc. 19. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, zima – pomiar dzienny (2021 r.)	178
Ryc. 20. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, wiosna – pomiar nocny (2021 r.)	179
Ryc. 21. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, lato – pomiar nocny (2021 r.)	179
Ryc. 22. Wyspa Wolin – stężenie cząstek stałych PM _{2.5} i PM ₁₀ na trasie Świnoujście–Dziwnów, zima – pomiar nocny (2021 r.)	179

Charakterystyka fizykochemiczna wód powierzchniowych wysp Wolin i Uznam

Ryc. 1. Rozmieszczenie obiektów objętych badaniami fizykochemicznymi na wyspach Wolin i Uznam	184
Ryc. 2. Wybrane obiekty badawcze zlokalizowane na wyspie Wolin	185
Ryc. 3. Wybrane obiekty badawcze zlokalizowane na wyspie Uznam.....	186
Ryc. 4. Podstawowe wskaźniki fizykochemiczne w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.	192
Ryc. 5. Warunki tlenowe i wskaźniki dodatkowe w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.	193
Ryc. 6. Koncentracja węgla organicznego oraz azotu i fosforu ogólnego w wodach wysp Wolin i Uznam – wartości średnie z pomiarów sezonowych wykonanych w 2021 r.	196

Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby ogrzewnictwa i chłodnictwa na wyspach Uznam i Wolin

Ryc. 1. Uproszczony bilans zbiornika wodnego oraz analizowane metody pozyskiwania ciepła z wody	202
Ryc. 2. Wyspy Uznam i Wolin, ogólna lokalizacja badań polowych i miejsc pobierania próbek wody	205
Ryc. 3. Lokalizacja badań polowych: 1 – Karsibór (PL), dzika plaża.....	206
Ryc. 4. Lokalizacja badań polowych: 2 – Karsibór (PL), Stara Świna	206
Ryc. 5. Lokalizacja badań polowych: 3 – Karsibór (PL), baza U-Bootów	206
Ryc. 6. Lokalizacja badań polowych: 4 – Bossin (DE).....	206
Ryc. 7. Lokalizacja badań polowych: 5 – Wilhelmsdorf (DE).....	206
Ryc. 8. Lokalizacja badań polowych: 6 – Usedom (DE).....	206
Ryc. 9. Lokalizacja badań polowych: 7 – Karnin (DE).....	207
Ryc. 10. Lokalizacja badań polowych: 8 – Rankwitz (DE).....	207
Ryc. 11. Lokalizacja badań polowych: 9 – Wolgast (DE).....	207
Ryc. 12. Lokalizacja badań polowych: 10 – Peenemünde (DE)	207
Ryc. 13. Lokalizacja badań polowych: 11 – Karlshagen, plaża (DE).....	207
Ryc. 14. Lokalizacja badań polowych: 12 – Alhbeck, plaża (DE).....	207
Ryc. 15. Lokalizacja badań polowych: 13 – Sułomino (PL)	208
Ryc. 16. Lokalizacja badań polowych: 14 – Wapnica (PL).....	208

Ryc. 17. Lokalizacja badań połowych: 15 – Świnoujście, przeprawa miejska (PL).....	208
Ryc. 18. Lokalizacja badań połowych: 16 – Międzyzdroje, Stacja Morska US (PL)	208
Ryc. 19. Lokalizacja badań połowych: 17 – Kołczewo, Jezioro Kołczewo (PL)	208
Ryc. 20. Lokalizacja badań połowych: 18 – Chynowo, Jezioro Koprowo (PL)	208
Ryc. 21. Lokalizacja badań połowych: 19 – Sierosław (PL)	209
Ryc. 22. Lokalizacja badań połowych: 20 – Międzywodzie, plaża (PL).....	209
Ryc. 23. Lokalizacja badań połowych: 21 – Międzywodzie, Zalew (PL).....	209
Ryc. 24. Lokalizacja badań połowych: 22 – Dziwnów (PL)	209
Ryc. 25. Lokalizacja badań połowych: 23 – Unin (PL)	209
Ryc. 26. Lokalizacja badań połowych: 24 – Wolin, plaża (PL).....	209
Ryc. 27. Lokalizacja badań połowych: 25 – Wolin, przystań żeglarska (PL)	210
Ryc. 28. Lokalizacja badań połowych: 26 – Koserow, plaża (DE).....	210
Ryc. 29. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon ciepły	213
Ryc. 30. Mętność badanych wód [NTU] – sezon ciepły	213
Ryc. 31. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon ciepły.....	220
Ryc. 32. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon ciepły .	220
Ryc. 33. Indeks nasycenia Langeliera (LSI) badanych wód – sezon ciepły	220
Ryc. 34. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon zimowy	222
Ryc. 35. Mętność badanych wód [NTU] – sezon zimowy	230
Ryc. 36. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon zimowy.....	230
Ryc. 37. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon zimowy	230
Ryc. 38. Indeks nasycenia Langeliera (LSI) badanych wód – sezon zimowy	231
Ryc. 39. Temperatura oraz korozyjność wód powierzchniowych w sezonie letnim	233
Ryc. 40. Temperatura oraz korozyjność wód powierzchniowych w sezonie zimowym	233

Świnoujście – masterplan oświetlenia

Ryc. 1. Analiza planu Świnoujścia z oznaczeniem przestrzeni istotnych dla nocnej percepcji miasta.....	239
--	-----

Ryc. 2. Zwiększenie percepcji ważnych obiektów dzięki zastosowaniu odpowiedniej gry światłem.....	240
Ryc. 3. Koncepcja przypisania temperatury barwowej źródeł oświetlenia użytkowego wybranym obszarom miasta	241
Ryc. 4. Założenia koncepcji oświetlenia wybranych przestrzeni miasta	242
Ryc. 5. Koncepcji oświetlenia wybranych przestrzeni na mapie miasta	243
Ryc. 6. Plac Wolności – waloryzacja obiektów tworzących obudowę placu	244
Ryc. 7. Koncepcja luminacji przestrzeni miejskiej Świnoujścia – plac Wolności	245
Ryc. 8. Mapa temperatury barwowej obiektów – plac Wolności	245
Ryc. 9. Wizualizacja oświetlenia placu Wolności	245

Koncepcja transformacji energetycznej w zakresie ograniczenia zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe na przykładzie miasta Międzyzdroje

Ryc. 1. Przykładowe sposoby rozwiązywania problemów parkingowych	255
Ryc. 2. Dostępność komunikacji autobusowej w Międzyzdrojach	262
Ryc. 3. Dostępność przystanków kolejowych (pasażerskich) w Międzyzdrojach	263

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez pojazdy spalinowe w miejscowościach turystycznych na przykładzie miasta Międzyzdroje – koncepcja projektowa parkingów buforowych

Ryc. 1. Lokalizacja terenów wskazanych do lokalizacji parkingu buforowego w Międzyzdrojach.....	274
Ryc. 2. Analiza czasu dojścia pieszego do głównych punktów miejscowości	274
Ryc. 3. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren D oraz fragment terenu A.....	275
Ryc. 4. Fragment projektu zagospodarowania terenu A	276
Ryc. 5. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren B oraz fragment terenu C1	276
Ryc. 6. Fragment projektu zagospodarowania parkingu buforowego – teren C3	277
Ryc. 7. Tereny D i A – wizualizacja widoku z lotu ptaka	279
Ryc. 8. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. Nowomyśliwskiej w kierunku ul. A. Wodniczki.....	279
Ryc. 9. Teren A – wizualizacja widoku od strony Hotelu Wolin	280
Ryc. 10. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodniczki	280

Ryc. 11. Teren A – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodniczki	280
Ryc. 12. Tereny B, C1 i C2 – wizualizacja widoku z lotu ptaka.....	281
Ryc. 13. Tereny C1 i C2 – wizualizacja widoku od strony ul. A. Wodniczki	282
Ryc. 14. Tereny A i B – wizualizacja widoku z lotu ptaka	282
Ryc. 15. Schemat zagospodarowania wód opadowych i roztopowych na terenie parkingu buforowego	283
Ryc. 16. Przebieg trasy rowerowej R 10 na terenie wysp Uznam i Wolin wraz z widokiem profilu wysokościowego całej trasy	283
Ryc. 17. Lokalizacja potencjalnych obszarów rozwoju infrastruktury parkingów buforowych w Międzyzdrojach.....	284
 Elektromobilność w rejonie wysp Uznam i Wolin	
Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji ładowania na wyspach Wolin i Uznam.....	286
Ryc. 2. Średni stopień degradacji baterii w czasie	288
Ryc. 3. Wpływ temperatury na spadek pojemności baterii.....	289
Ryc. 4. Zmiany napięcia w obwodzie otwartym w pełni naładowanych bateriach litowo-jonowych.....	291
Ryc. 5. Właściwości elektrochemiczne baterii – możliwości zasilania impulsowego baterii litowo-jonowych	291
Ryc. 6. Znormalizowana, odwracalna i nieodwracalna utrata pojemności w przypadku akumulatorów litowo-jonowych po przechowywaniu w stanie pełnego naładowania	292
Ryc. 7. Znormalizowana, odwracalna i nieodwracalna utrata pojemności w przypadku akumulatorów litowo-jonowych po przechowywaniu	292
Ryc. 8. Napięcie rozładowania ogniwa litowo-jonowego 18650 przy 3A i różnym zakresie temperatury	294
Ryc. 9. Maksymalna pojemność ładowania w zależności od cyklu i temperatury	295
Ryc. 10. Średni pobór mocy przy stałej prędkości pojazdu elektrycznego	296
Ryc. 11. Zużycie energii przy stałej prędkości pojazdu elektrycznego	297
Ryc. 12. Wpływ stylu jazdy kierowcy na zużycie energii przez pojazd	298
Ryc. 13. Zaplanowana trasa dla elektrycznego pojazdu dostawczego	299

**Koncepcja podnoszenia poziomu samowystarczalności energetycznej
na przykładzie wysp Uznam i Wolin**

Ryc. 1. Ekosystem energetyki komunalnej dla obszaru wysp Uznam i Wolin	304
Ryc. 2. Wizualizacja założeń projektu BIG HIT	307
Ryc. 3. Główne komponenty transformacji energetycznej obszaru MoRE	308
Ryc. 4. Fazy transformacji energetycznej wysp Uznam i Wolin	309
Ryc. 5. Schemat realizacji fazy przygotowawczej.....	310

Pompy ciepła w praktyce

Ryc. 1. Wodna pompa ciepła w Katri Vala, Finlandia	317
Ryc. 2. Schemat poglądowy instalacji wodnej pompy ciepła w Katri Vala, Finlandia ..	317
Ryc. 3. Płytowe wymienniki ciepła firmy AWEB Supply	317
Ryc. 4. Wymienniki ciepła Slim Jim w Fort Knox w Kentucky	319
Ryc. 5. Wymienniki ciepła Slim Jim w marinie położonej na jeziorze Michigan	319
Ryc. 6. Wyniki badań temperatury wody w ok. 40 miejskich rzekach w Anglii z najwyższym potencjałem wdrożeniowym wodnych pomp ciepła dla celów ogrzewania i chłodzenia	321

Przegląd dobrych praktyk w zakresie wdrażania OZE

Ryc. 1. Lokalizacja biowiosek w Niemczech i wsi aspirujących do miana biowioski	327
Ryc. 2. Samowystarczalna energetycznie wieś Feldheim	328
Ryc. 3. Członkowie <i>Smart Islands Initiative</i>	330



Projekt INT190 MoRE – Modelowy Region Energii Odnawialnych Wysp Uznam i Wolin realizowany był w latach 2020–2022 przez konsorcjum w składzie: Regionalne Biuro Gospodarki Przestrzennej Województwa Zachodniopomorskiego (lider projektu), Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Gmina Międzyzdroje, Gmina Miasto Świnoujście oraz Ministerstwo Energii, Infrastruktury i Cyfryzacji Kraju Związkowego Meklemburgia-Pomorze Przednie.

Celem projektu było zintensyfikowanie działań na rzecz transformacji zmierzającej do osiągnięcia neutralności energetycznej na terenie wyspiarskiego polsko-niemieckiego pogranicza (wysp Uznam i Wolin) w wyznaczonym przez UE wspólnym horyzoncie do 2050 r. Podjęte działania skupione były na analizie potencjału, ograniczeń i możliwości poprawy efektywności energetycznej na terenie wysp Uznam i Wolin oraz wypierania z miksu energetycznego energii ze źródeł konwencjonalnych przez energię pochodzącą z odnawialnych oraz zrównoważonych środowiskowo alternatywnych źródeł energii. Efekty badań prowadzonych przez partnerów projektu zebrane zostały w formie niniejszej monografii.