

DEKONSTRUKCJA URBANISTYKI

**METROPOLIE 15-MINUTOWE,
POLITYKA ENERGETYCZNA
I CYBERBEZPIECZEŃSTWO
PRZESTRZENI MIEJSKIEJ**

**PIOTR KWIATKIEWICZ
ROBERT MACIEJEWSKI
JACEK WYSZYŃSKI**

DEKONSTRUKCJA URBANISTYKI

**METROPOLIE 15-MINUTOWE,
POLITYKA ENERGETYCZNA
I CYBERBEZPIECZEŃSTWO
PRZESTRZENI MIEJSKIEJ**



Wydział
Nauk Politycznych
i Dziennikarstwa

POZNAŃ 2025

Recenzja naukowa

dr hab. Arkadiusz Czwołek, prof. UMK

dr hab. Remigiusz Rosicki, prof. UAM

© Copyright by text: authors

© Copyright by edition: WNPiD UAM

Opracowanie redakcyjne i korekta: Aneta Cierechowicz

Projekt okładki: Jakub Jaskuła

Wydawnictwo WNPiD UAM

ISBN 978-83-68190-25-0

Poznań 2025

Spis treści

Wstęp	9
Rozdział I. Koncepcja miasta 15-minutowego: zalety i wady	19
Wstęp.....	19
Miasta robotnicze jako historyczny pierwowzór koncepcji.....	20
Definicja i założenia miasta 15-minutowego	26
Korzyści wynikające z decentralizacji usług i infrastruktury.....	30
Krytyczna analiza koncepcji: wady i ograniczenia.....	36
Miasta 15-minutowe a koncepcje autonomicznych dzielnic / osiedli w PRL i innych państwach bloku wschodniego.....	41
Przykłady miast wdrażających model 15-minutowy	42
Paryż.....	43
Melbourne	46
Barcelona	52
Portland.....	56
Bogota	58
Podsumowanie: wyważenie innowacji i ryzyk w realizacji miast 15- minutowych	60
Rozdział II. Energetyka i zrównoważony rozwój nowoczesnego mia- sta	63
Wyzwania energetyczne w kontekście nowoczesnych miast	63
Polityka energetyczna a efektywność energetyczna miasta.....	71
Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w urbanistyce.....	81
Integracja systemów energetycznych w miastach opartych na nowoczes- nych technologiach.....	89
Oświetlenie jako element systemu energetycznego oraz kolorystyka nawierzchni i elewacji jako elementy wspomagające	89
Zielone dachy.....	94

Fotowoltaika w przestrzeni miejskiej.....	101
„Termodynamiczne” elewacje solarne jako element wspomagający.....	110
Potencjał efektu „zimnego nieba” w przestrzeni miejskiej.....	114
Energetyka wiatrowa na terenie zurbanizowanym.....	116
Mobilne magazyny ciepła	120
Integracja i hybrydyzacja systemów energetycznych	123
Rozdział III. Cyberbezpieczeństwo w nowoczesnym mieście – zagrożenia i rozwiązania.....	126
Znaczenie cyberbezpieczeństwa w urbanistyce i zarządzaniu miastem	126
Różne strategie cyberbezpieczeństwa w urbanistyce i zarządzaniu miastem na przykładzie wybranych miast na świecie	129
Singapur – Smart Nation Initiative	129
Tallinn, Estonia – Cyfrowe miasto	130
Nowy Jork, USA – NYC Cyber Command	133
Barcelona, Hiszpania – Smart City Strategy	136
Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie – Dubai Cyber Security Strategy	139
Technologie wspierające cyberbezpieczeństwo w miastach.....	142
Zagrożenia wynikające z technologii informatycznych i IoT na wybranych przykładach.....	143
Ochrona infrastruktury krytycznej: systemy energetyczne i bezpieczeństwo danych	152
Równowaga między wolnością obywatelską a bezpieczeństwem cyfrowym	154
Rozdział IV. Rola Internetu Rzeczy i nowych technologii w rozwoju miast przyszłości.....	159
Internet of Things.....	159
<i>Smart city</i> : automatyzacja procesów zarządzania miejskiego	161
Wpływ IoT na jakość życia mieszkańców: transport, energetyka, usługi publiczne.....	163
Transport	163
Energetyka.....	164
Usługi publiczne	165
Nowe technologie w służbie zrównoważonego rozwoju i bezpieczeństwa.....	165
Zrównoważony rozwój	165

Bezpieczeństwo	167
Technologia 5G i jej zastosowanie	170
Systemy zdrowotne oparte na IoT i 5G: kluczowe cechy i zalety.....	171
Wirtualna rzeczywistość (VR) i rozszerzona rzeczywistość (AR) w edukacji medycznej	173
Smart Buildings.....	174
Kluczowe cechy i funkcje.....	175
Przykłady zastosowania Smart Buildings na świecie.....	176
Zakończenie.....	187
Bibliografia	191

Wstęp

Dekonstrukcja, wywodząca się z filozofii Jacques'a Derridy, jest metodą analizy polegającą na rozkładaniu złożonych systemów, struktur czy idei na ich fundamentalne składniki w celu ujawnienia ukrytych założeń, wewnętrznych sprzeczności i potencjalnych wieloznaczności¹. W swoim

¹ Dekonstrukcja w architekturze miejskiej to jeden z najbardziej przełomowych kierunków, który podważa tradycyjne zasady projektowania przestrzeni, redefiniując sposób, w jaki postrzegana jest forma, funkcja i przestrzeń. W przeciwieństwie do modernistycznego podejścia, w którym priorytetem była funkcjonalność i prawda materiału, dekonstrukcja stawia na konceptualizm, ruch i dynamiczną deformację przestrzeni. Tym samym odrzuca stałość, harmonię i obiektywność na rzecz nieprzewidywalności, subiektywności i intelektualnej interpretacji formy.

Polega na rozmontowywaniu tradycyjnych zasad i składaniu ich na nowo w sposób, który stymuluje intelektualny dialog z odbiorcą. Projektowane w tym nurcie budynki często przypominają wielkogabarytowe rzeźby, które jednocześnie pełnią funkcję przestrzeni użytkowej. Zamiast prostoty i linearności modernizmu dekonstrukcja wprowadza fragmentaryczność, asymetrię i złożoność. Przykładem może być zastosowanie form pozornie niestabilnych, zdeformowanych czy wręcz „rozbitych”, które wywołują wrażenie chaosu i nieoczywistości.

Z filozoficznego punktu widzenia dekonstrukcja w architekturze wyrosła z idei dekonstruktywizmu, zapoczątkowanego przez Jacques'a Derridę. Kluczowym elementem tego podejścia jest krytyka tradycyjnych struktur i znaczeń, które są rozkładane na części i interpretowane na nowo. C. Wąs, *Elementy filozofii dekonstrukcji w architekturze współczesnej*, „Czasopismo Techniczne”, z. 15. Architektura z. 7-A2, Kraków 2010, s. 397–398. W kontekście miejskim dekonstrukcja staje się narzędziem krytycznym wobec modernistycznego paradygmatu urbanistyki, który dominował przez większą część XX wieku. W tradycyjnej architekturze modernistycznej forma służyła funkcji, podczas gdy w dekonstrukcji funkcja często zostaje podporządkowana conceptowi artystycznemu, tworząc przestrzenie, które prowokują do refleksji i dialogu.

Przykładem realizacji dekonstrukcji w architekturze miejskiej są dzieła takich twórców, jak: Frank Gehry czy Zaha Hadid. Gehry w swoich projektach,

założeniu dekonstrukcja nie prowadzi do destrukcji badanych koncepcji, lecz zmierza do ich głębszego zrozumienia, otwierając jednocześnie nowe perspektywy interpretacyjne i praktyczne. W naukach społecznych i przestrzennych zastosowanie dekonstrukcji pozwala na krytyczne spojrzenie na przyjęte modele i struktury, zwracając uwagę na ich kontekst historyczny, kulturowy oraz technologiczny.

Urbanistyka, jako interdyscyplinarna dziedzina zajmująca się kształtowaniem i zarządzaniem przestrzenią miejską, stanowi doskonałe pole do zastosowania tej metody. Miasta współczesne, będące złożonymi systemami społecznymi, technologicznymi i ekonomicznymi, są kształtowane przez różnorodne założenia teoretyczne, modele planowania i ramy administracyjne. Dekonstrukcja urbanistyki umożliwia krytyczne przeanalizowanie dominujących narracji i rozwiązań stosowanych w kształtowaniu przestrzeni miejskiej, ujawniając zarówno ich potencjał, jak i ograniczenia. Proces ten pozwala zrozumieć nie tylko mechanizmy wpływające na rozwój miast, ale także skutki, jakie wywołują na poziomie przestrzennym, społecznym i politycznym.

takich jak Muzeum Guggenheima w Bilbao, stosuje złożone, nieregularne kształty, które przeczą tradycyjnym normom geometrycznym, tworząc przestrzenie nie tylko użytkowe, ale przede wszystkim symboliczne. Z kolei Hadid wprowadza dynamikę i płynność, jak w przypadku budynku MAXXI w Rzymie, który zdaje się być w ciągłym ruchu, przekraczając granice statyczności architektury.

Dekonstrukcja w architekturze miejskiej jest także odpowiedzią na potrzeby współczesnego miasta, które staje się coraz bardziej zróżnicowane i dynamiczne. Miasta, takie jak: Barcelona, Londyn czy Dubaj, w coraz większym stopniu przyjmują dekonstrukcyjne podejście, wykorzystując je jako środek do wyrażenia swojej tożsamości kulturowej i innowacyjności. Budynki zaprojektowane w tym nurcie nie tylko wzbogacają krajobraz miejski, ale także angażują mieszkańców w dialog z przestrzenią, zmuszając ich do przededefiniowania własnych oczekiwań wobec architektury. K. Kołodziejczyk, *Kształtowanie tożsamości przestrzennej: dychotomia pomiędzy architekturą współczesną a sztukami wizualnymi*. Wiadomości Konserwatorskie 2018, s. 50.

Można ją uznać za zjawisko, które radykalnie zmienia sposób postrzegania przestrzeni, formy i funkcji. Wprowadza chaos, nieregularność i konceptualizm, stając się narzędziem do krytyki, eksperymentu i wyrażania współczesnej dynamiki miejskiej. Odrzucając modernistyczne kanony, dekonstrukcja otwiera drogę do nowego sposobu myślenia o architekturze, która jest nie tylko użytkowa, ale także symboliczna i prowokująca. M. Charciarek, *Związki idei i materii w architekturze betonowej*, Kraków 2015, s. 101–102.

Urbanistyka, w swojej współczesnej formie, mierzy się z licznymi wyzwaniem, które wymagają odważnych i nowatorskich rozwiązań. Rosnąca urbanizacja, zmiany klimatyczne, cyfryzacja oraz konieczność zapewnienia bezpieczeństwa w obliczu dynamicznie zmieniających się warunków społeczno-politycznych – to tylko niektóre z czynników, które redefiniują współczesne podejście do kształtowania przestrzeni miejskich. Dekonstrukcja w tym kontekście nie ogranicza się do analizy teorii czy założeń, ale także bada, w jaki sposób idee i praktyki urbanistyczne wpływają na codzienne funkcjonowanie miast oraz ich mieszkańców.

Przestrzeń miejska, będąca wynikiem historycznych procesów planowania i współczesnych innowacji technologicznych, stanowi dynamiczne pole interakcji pomiędzy polityką, administracją a technologią. Dekonstrukcja urbanistyki pozwala ujawnić napięcia między tymi elementami oraz wskazać obszary, w których ich współdziałanie może przynieść najbardziej optymalne rezultaty. Krytyczna analiza urbanistyczna, oparta na tej metodzie, umożliwia bardziej holistyczne spojrzenie na rozwój miast, uwzględniając ich złożoność oraz wielowymiarowy charakter.

Dekonstrukcja urbanistyki jako metoda analizy i krytyki mieści się w obszarze szeroko pojętych polityk publicznych, które obejmują planowanie, zarządzanie i rozwój przestrzeni miejskich. Polityki publiczne są narzędziem kreowania ładu społecznego, gospodarczego i przestrzennego, a ich celem jest realizacja wartości i interesów społecznych w kontekście zmieniających się warunków technologicznych, demograficznych i środowiskowych. W tym ujęciu urbanistyka staje się nie tylko dziedziną praktyki technicznej, ale również istotnym elementem strategii politycznych, które wpływają na jakość życia mieszkańców miast, ich bezpieczeństwo oraz dostępność usług publicznych.

Urbanistyka jako część polityk publicznych obejmuje szeroki wachlarz działań, od projektowania infrastruktury i regulacji dotyczących zagospodarowania przestrzennego, po kształtowanie strategii zrównoważonego rozwoju, zarządzanie energetyką miejską i wprowadzanie innowacji technologicznych. Dekonstrukcja tych działań pozwala na identyfikację mechanizmów, które wspierają lub ograniczają skuteczność polityk miejskich, a także na wskazanie ukrytych założeń ideologicznych, które wpływają na ich kształt. W tym kontekście polityki publiczne dotyczące urbanistyki stają się polem napięć pomiędzy różnymi interesariuszami:

administracją publiczną, środowiskiem biznesowym, organizacjami pozarządowymi oraz mieszkańcami, co czyni ich analizę szczególnie istotną dla zrozumienia współczesnych procesów miejskich.

Dekonstrukcja urbanistyki w ramach polityk publicznych umożliwia również analizę konkretnych instrumentów i strategii, takich jak: koncepcje miast 15-minutowych, polityki energetyczne czy regulacje dotyczące cyberbezpieczeństwa infrastruktury miejskiej. Każdy z tych elementów odzwierciedla szersze cele publiczne, takie jak: dążenie do zrównoważonego rozwoju, poprawa efektywności energetycznej czy ochrona infrastruktury krytycznej przed zagrożeniami cyfrowymi. Jednak ich wdrażanie często wiąże się z koniecznością kompromisów między różnymi interesami, co czyni dekonstrukcję niezbędnym narzędziem w ocenie ich skuteczności i wpływu.

Włączenie urbanistyki w ramy polityk publicznych oznacza również, że przestrzeń miejska staje się areną realizacji programów politycznych, które są wyrazem wizji rozwoju i wartości społecznych. W tym kontekście dekonstrukcja pozwala na pełniejsze zrozumienie, w jaki sposób polityki te wpływają na kształtowanie miast i jakie konsekwencje niosą dla ich mieszkańców, otwierając pole do bardziej świadomego i zrównoważonego podejścia do planowania i zarządzania przestrzenią miejską.

Dekonstrukcja urbanistyki, jako podejście analityczne i krytyczne, zyskuje szczególną nośność w badaniach nad współczesnymi miastami, które znajdują się w centrum globalnych wyzwań społecznych, gospodarczych i środowiskowych. Jej znaczenie wynika z możliwości ujawnienia mechanizmów rządzących kształtowaniem przestrzeni miejskich oraz zrozumienia ich głębszych implikacji dla polityk publicznych. W tym sensie dekonstrukcja urbanistyki stanowi nie tylko narzędzie teoretyczne, ale również niezwykle praktyczny instrument, który umożliwia lepsze projektowanie i zarządzanie miastami.

Nośność tego podejścia polega na jego zdolności do wnikliwego analizowania wielowymiarowych zależności, które kształtują współczesne miasta. Urbanistyka, będąc obszarem, w którym krzyżują się różne dyscypliny, takie jak: polityka, ekonomia, socjologia, technologia i ekologia, wymaga metodologii zdolnych do uchwycenia tej złożoności. Dekonstrukcja pozwala nie tylko na badanie widocznych struktur i procesów, ale także na odsłonięcie ukrytych założeń, konfliktów interesów i nie-

równości, które często są pomijane w bardziej tradycyjnych analizach. Dzięki temu umożliwia formułowanie bardziej wszechstronnych i inkluzywnych rekomendacji dla polityk miejskich.

Utylitarny wymiar dekonstrukcji urbanistyki ujawnia się szczególnie w jej zastosowaniu do bieżących problemów miejskich. Badania oparte na tej metodzie dostarczają konkretnych wskazówek dla projektantów, decydentów i interesariuszy zaangażowanych w kształtowanie przestrzeni miejskich. Na przykład analiza koncepcji miast 15-minutowych w świetle dekonstrukcji pozwala nie tylko zidentyfikować potencjalne korzyści, do których należą np.: redukcja emisji czy zwiększenie jakości życia, ale także ujawnia możliwe bariery, takie jak: nierówności w dostępie do usług czy zagrożenia związane z gentryfikacją. W ten sposób dekonstrukcja nie tylko krytykuje, ale także wskazuje obszary, w których można wprowadzać ulepszenia.

Badania oparte na dekonstrukcji urbanistyki mają również istotny wymiar prognostyczny. Pozwalają nie tylko zrozumieć aktualne procesy miejskie, ale także przewidzieć, jakie konsekwencje mogą wynikać z określonych decyzji politycznych czy technologicznych. W erze gwałtownej urbanizacji i postępu technologicznego zdolność do krytycznego spojrzenia na rozwój miast jest kluczowa dla uniknięcia długoterminowych negatywnych skutków. Dekonstrukcja urbanistyki, dzięki swojej elastyczności i głębokości analizy, staje się narzędziem nie tylko do badań akademickich, ale także do tworzenia lepiej przemyślanych strategii rozwoju miast.

W świetle tych argumentów dekonstrukcja urbanistyki jawi się jako podejście o wyjątkowej przydatności zarówno w badaniach teoretycznych, jak i w praktycznych zastosowaniach. Jej zdolność do ujawniania złożoności i wielowymiarowości przestrzeni miejskich czyni ją nieocenionym narzędziem w kształtowaniu bardziej sprawiedliwych, zrównoważonych i funkcjonalnych miast. Dzięki temu staje się ona istotnym elementem współczesnego warsztatu badawczego i praktyki miejskiej.

Zasadniczym celem przeprowadzonych badań jest krytyczna analiza współczesnych koncepcji urbanistycznych, przykładem są miasta 15-minutowe, oraz ich powiązań z polityką energetyczną i cyberbezpieczeństwem w kontekście zrównoważonego rozwoju. Badania mają na celu zidentyfikowanie potencjalnych korzyści wynikających z wdrażania innowacyjnych modeli miejskich, a także ujawnienie ryzyk i ograniczeń,

jakie mogą pojawić się w procesie ich realizacji, szczególnie w obszarach zagrożeń związanych z nadmierną inwigilacją, nierównościami społecznymi i konfliktami interesów. Przyjęta perspektywa umożliwia ocenę sposobu, w jaki nowoczesne technologie i polityki publiczne mogą być zintegrowane w ramach zrównoważonego rozwoju bez naruszania wolności obywatelskich i równowagi społecznej.

W celu weryfikacji przyjętych kierunków interpretacyjnych oraz analizy zgromadzonych materiałów opracowano zestaw przypuszczeń badawczych o charakterze eksploracyjnym. Ich zadaniem jest zidentyfikowanie zależności między współczesnymi koncepcjami urbanistycznymi a politykami sektorowymi z wykorzystaniem danych jakościowych, dokumentów strategicznych i miejskich planów rozwojowych. Nie przewiduje się korzystania z metod typowych dla analiz ilościowych.

Główne przypuszczenie sformułowane w pracy zakłada, że realizacja modelu miast 15-minutowych, opartych na rozwiązaniach energetycznych oraz innowacjach cyfrowych, może wspierać cele zrównoważonego rozwoju, ale jednocześnie wiąże się z ryzykiem rozszerzenia nadzoru oraz pogłębiania podziałów społecznych.

W tym kontekście wskazuje się, że integracja narzędzi technologicznych z planowaniem przestrzennym sprzyja poprawie jakości życia i zwiększeniu sprawności systemów energetycznych, jednak może też prowadzić do uprzywilejowania określonych grup mieszkańców.

Jednym z ujęć pomocniczych jest przypisanie transformacji energetycznej potencjału redukcji emisji i wzrostu wydajności, ale również dostrzeżenie zagrożenia wykluczenia części użytkowników z powodu barier ekonomicznych i technologicznych. Dotyczy to m.in. takich rozwiązań jak mikroinstalacje czy systemy inteligentnego zarządzania zużyciem.

Kolejne z rozpatrywanych zagadnień odnosi się do kwestii zabezpieczenia infrastruktury krytycznej. Podkreśla się, że rozbudowa systemów ochronnych wzmacnia odporność organizacyjną miast, lecz może naruszać granice prywatności mieszkańców w wyniku niejawnego gromadzenia i przetwarzania danych osobowych. Eksponuje tym samym dualistyczną naturę rozwiązań technologicznych: ich zdolność do ochrony miast przed zagrożeniami cybernetycznymi oraz potencjalne negatywne konsekwencje w postaci wzmożonej inwigilacji obywateli. Przyjęcie tak sformułowanych założeń poznawczych umożliwia badanie zrównoważo-

nego rozwoju w miastach przyszłości w sposób kompleksowy, uwzględniający zarówno korzyści technologiczne i środowiskowe, jak i ryzyka społeczno-polityczne. Prowadzone w tym kierunku poszukiwania pozwolą zrozumieć, w jaki sposób miasta mogą być projektowane jako miejsca sprzyjające zachowaniu równowagi pomiędzy innowacją, efektywnością i ochroną podstawowych praw człowieka.

Całość opracowanych wątków służy pogłębionej diagnozie wyzwań związanych z funkcjonowaniem miast przyszłości. Taki sposób ujęcia tematu pozwala ocenić, czy równowaga między innowacją a wolnością jednostki może być utrzymana w warunkach rosnącej zależności od cyfrowych form zarządzania przestrzenią.

W badaniach wykorzystano podejście interdyscyplinarne, charakterystyczne dla nauk społecznych, integrujące różnorodne metody i techniki analizy w celu uchwycenia złożoności współczesnych procesów urbanistycznych. Przyjęta metodologia umożliwia zarówno krytyczną analizę istniejących koncepcji i polityk, jak i ich ocenę w kontekście prognoz dotyczących przyszłości miast. Predyktywny wymiar badań pozwala na wskazanie możliwych scenariuszy rozwoju przestrzeni miejskich, uwzględniając korzyści, ryzyka oraz wyzwania związane z wdrażaniem innowacyjnych technologii i zrównoważonych strategii.

Prowadzone dociekania oparto na paradygmacie krytycznym, który pozwala na analizę struktur władzy, interesów oraz ukrytych założeń w procesach urbanistycznych i politykach miejskich. Przyjęte podejście ma na celu nie tylko zrozumienie obecnych procesów, ale także ich krytyczną ocenę w kontekście długofalowych skutków społecznych, politycznych i środowiskowych.

Zdefiniowany zakres problemowy zdeterminował postępowanie metodologiczne. Istotne miejsce w nim zajęła analiza dokumentów, w tym strategii rozwojowych, planów urbanistycznych, raportów z zakresu polityki energetycznej oraz regulacji dotyczących cyberbezpieczeństwa. Szczególną uwagę zwrócono na międzynarodowe przykłady wdrażania koncepcji miast 15-minutowych (np. Paryż, Barcelona, Melbourne) oraz ich kontekst lokalny. Pozwoliło to na identyfikację kluczowych założeń, celów oraz potencjalnych wyzwań związanych z wdrażaniem tych modeli.

Równie istotne miejsce w prowadzonych badaniach naukowych przypisano studiom przypadków (*case studies*). Wybrane w tym celu miasta

(Paryż, Melbourne, Barcelona, Portland i Bogota) umożliwiły pogłębione badanie wdrożonych rozwiązań urbanistycznych, ich skuteczności oraz konsekwencji społecznych i środowiskowych. W każdym przypadku analizowano integrację polityk energetycznych, zastosowanie technologii cyfrowych oraz wyzwania związane z bezpieczeństwem infrastruktury krytycznej.

W prowadzonych poszukiwaniach badawczych posłużono się także analizą danych ilościowych i jakościowych. Zastosowano podejście mieszane (*mixed methods*), które umożliwiło analizę wpływu wybranych polityk (np. redukcji emisji gazów cieplarnianych dzięki systemom energetycznym), jak i jakościową interpretację ich społecznych oraz politycznych implikacji.

Jednym z kluczowych elementów podjętych poszukiwań naukowych było zastosowanie projektywnego podejścia w celu modelowania potencjalnych scenariuszy rozwoju miast w perspektywie 25-letniej. Opracowano scenariusze integrujące koncepcje miast 15-minutowych, politykę energetyczną oraz rozwiązania cyberbezpieczeństwa, uwzględniając zarówno postęp technologiczny, jak i zmienne społeczno-polityczne. Koncepcje rozwojowe oparto na analizie trendów technologicznych (np. rozwój Internetu Rzeczy i *blockchainu*) oraz danych z miast, które już wdrożyły innowacyjne rozwiązania, a także symulacjach skutków długoterminowych polityk publicznych na podstawie dostępnych danych ilościowych i jakościowych.

W celu zwiększenia wiarygodności wyników zastosowano triangulację danych, łącząc różne metody analizy (np. dokumenty, publikowane wypowiedzi eksperckie, opracowań statystycznych). Wyniki badań skonfrontowano z istniejącą literaturą naukową oraz praktycznymi doświadczeniami z analizowanych miast.

Przyjęta metodologia badań pozwoliła na krytyczne i wielowymiarowe spojrzenie na współczesne procesy urbanistyczne, umożliwiając zarówno ich głęboką analizę, jak i opracowanie rekomendacji dla polityk publicznych w miastach przyszłości. Projekcyjny wymiar badań umożliwił wskazanie potencjalnych korzyści i zagrożeń wynikających z wdrażania innowacyjnych koncepcji, uwzględniając ich wpływ na zrównoważony rozwój, efektywność energetyczną i bezpieczeństwo cyfrowe.

Praca *Dekonstrukcja urbanistyki: metropolie 15-minutowe, polityka energetyczna i cyberbezpieczeństwo przestrzeni miejskiej* podejmuje in-

terdyscyplinarną analizę kluczowych wyzwań i koncepcji współczesnej urbanistyki w kontekście dynamicznie zmieniających się uwarunkowań społecznych, technologicznych i środowiskowych.

Pierwszy rozdział wprowadza ideę miasta 15-minutowego, stanowiącą jedną z najbardziej innowacyjnych koncepcji współczesnego planowania urbanistycznego. Przedstawiono definicję i założenia tego modelu, oparte na decentralizacji usług i infrastruktury w celu poprawy jakości życia mieszkańców. Analizowane są zarówno korzyści, takie jak: redukcja emisji czy lepszy dostęp do zasobów miejskich, jak i krytyczne aspekty, w tym potencjalne nierówności oraz ryzyka związane z wdrażaniem tej koncepcji. Na przykładach miast takich, jak: Paryż, Melbourne, Barcelona czy Bogota, książka ukazuje, jak różne metropolie dostosowują model 15-minutowy do swoich lokalnych uwarunkowań.

Drugi rozdział skupia się na energetyce i zrównoważonym rozwoju nowoczesnego miasta, badając wyzwania związane z zapewnieniem efektywności energetycznej w warunkach wzrostu urbanizacji. Omówiono w nim innowacyjne rozwiązania oparte na odnawialnych źródłach energii, a także zintegrowane systemy energetyczne, które przyczyniają się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i zwiększenia autonomii energetycznej miast. Poddano analizie to, jak polityki energetyczne mogą wspierać rozwój nowoczesnych przestrzeni miejskich w sposób zrównoważony i odpowiedzialny ekologicznie.

Trzeci rozdział dotyczy zagrożeń i rozwiązań w zakresie cyberbezpieczeństwa w nowoczesnych miastach. Przedstawiono problematykę ochrony infrastruktury krytycznej, zagrożeń związanych z cyberatakami oraz możliwości, jakie oferują zaawansowane systemy bezpieczeństwa cyfrowego. Rozdział ten podkreśla, jak cyfryzacja miast może być zarówno katalizatorem rozwoju, jak i źródłem nowych ryzyk, zwłaszcza w kontekście ochrony danych mieszkańców i infrastruktury miejskiej.

Czwarty rozdział analizuje rolę Internetu Rzeczy i nowych technologii w kształtowaniu miast przyszłości. W szczególności uwzględniono potencjał technologii *blockchain* jako narzędzia wspierającego transparentność i bezpieczeństwo w zarządzaniu miejskimi zasobami. Rozdział ten ukazuje, jak nowoczesne technologie mogą stać się integralnym elementem zrównoważonego rozwoju miast, jednocześnie stawiając pytania o ich wpływ na strukturę społeczną i administracyjną.

W ostatnim rozdziale zebrano kluczowe wnioski z przeprowadzonych badań, które poddano szczegółowej analizie w celu wskazania najistotniejszych zależności oraz wyzwań związanych z omawianymi zagadnieniami. Na podstawie zgromadzonych danych i ich krytycznego opracowania sformułowano rekomendacje mające na celu wsparcie przyszłych działań zarówno w zakresie planowania urbanistycznego, jak i wdrażania polityk energetycznych oraz rozwiązań z zakresu cyberbezpieczeństwa. Rozdział ten ma charakter aplikacyjny, wskazując konkretne kroki, które mogą przyczynić się do zrównoważonego rozwoju miast i zwiększenia ich odporności na wyzwania współczesności. Jest on jednocześnie zamknięciem procesu badawczego i mostem do dalszych dyskusji nad przyszłością przestrzeni miejskich.

Rozdział I

Koncepcja miasta 15-minutowego: zalety i wady

Wstęp

Współczesne modele urbanistyczne coraz częściej skupiają się na poszukiwaniu rozwiązań, które łączą zrównoważony rozwój z poprawą jakości życia mieszkańców. Jednym z podejść zyskujących na znaczeniu w debacie o przyszłości miast jest idea, która zakłada efektywną organizację przestrzeni miejskiej w sposób odpowiadający na potrzeby mieszkańców oraz wyzwania współczesności. Ta wizja stanowi punkt wyjścia do analizy przestrzeni miejskiej, jej funkcji społecznych oraz strategii zarządzania w kontekście zmieniających się realiów urbanistycznych².

Niniejszy rozdział ma na celu krytyczną ocenę tego modelu, uwzględniając jego potencjalne korzyści oraz ograniczenia. Podjęta analiza opiera się na interdyscyplinarnym podejściu, integrującym aspekty urbanistyki, polityki miejskiej i zarządzania przestrzenią. W pracy zestawiono wyniki publikowanych badań w literaturze fachowej z zakresu nauk społecznych i technicznych, analizę studiów przypadków oraz metody porównawcze, które pozwalają na zestawienie różnych strategii funkcjonowania miast, w celu wypracowania uniwersalnych wniosków oraz wskazania nowych kierunków rozwoju.

Jego treść uwzględnia również refleksję nad trudnościami związanymi z wdrażaniem takich modeli w praktyce, z naciskiem na kontekst społeczny, gospodarczy i technologiczny. Szczególna uwaga została poświęcona

² M. Czornik, *Miasto i jego produkty*. „Studia Ekonomiczne” 2013, nr 147, s. 36–38.

równoważeniu decentralizacji przestrzeni miejskiej z jej integracją oraz wpływowi takich rozwiązań na kształtowanie relacji w społecznościach lokalnych.

Praca zmierza do przedstawienia wszechstronnej analizy oraz ukazania, jak przemyślane podejście do zarządzania miastami może przyczynić się do ich rozwoju w dobie dynamicznych zmian technologicznych i społecznych, podkreślając zarówno szanse, jak i potencjalne ryzyka wynikające z wdrażania takich rozwiązań.

Miasta robotnicze jako historyczny pierwowzór koncepcji

Historia urbanistyki pokazuje, że już w XIX wieku istniały pionierskie próby stworzenia zorganizowanych i funkcjonalnych przestrzeni mieszkalnych dla klasy robotniczej. Były to odpowiedzi na dynamiczne przemiany gospodarcze i społeczne wywołane przez rewolucję przemysłową, które znacząco zmieniły układ społeczny i przestrzenny miast. Napływ ludności wiejskiej do ośrodków przemysłowych oraz szybki rozwój fabryk wymusiły konieczność zapewnienia taniego i dostępnego mieszkania w pobliżu miejsc pracy. W tym kontekście narodziły się koncepcje osiedli robotniczych, które stały się pierwowzorem współczesnych idei urbanistycznych, takich jak miasta 15-minutowe.

W XIX wieku, w miarę postępującej industrializacji, pojawiła się potrzeba zapewnienia robotnikom odpowiednich warunków mieszkaniowych w pobliżu miejsc pracy. Na ziemiach polskich, znajdujących się pod zaborem rosyjskim, również podejmowano inicjatywy budowy osiedli robotniczych. Przykładem jest Kolonia Wawelberga w Warszawie, zbudowana pod koniec XIX wieku przez filantropa Hipolita Wawelberga, która oferowała robotnikom tanie i funkcjonalne mieszkania w pobliżu zakładów przemysłowych³. Podobne idee były rozwijane także na terenach Rosji carskiej, gdzie w większych ośrodkach przemysłowych powstawały wielorodzinne budynki mieszkalne, zlokalizowane w pobliżu

³ Ł. Godlewski, *Kolonia Wawelberga: pierwsze osiedle robotnicze*, <https://klimatwarszawy.pl/kolonia-wawelberga-pierwsze-osiedle-robotnicze>

fabryk, z myślą o zminimalizowaniu czasu dojazdu pracowników i poprawie ich warunków bytowych.

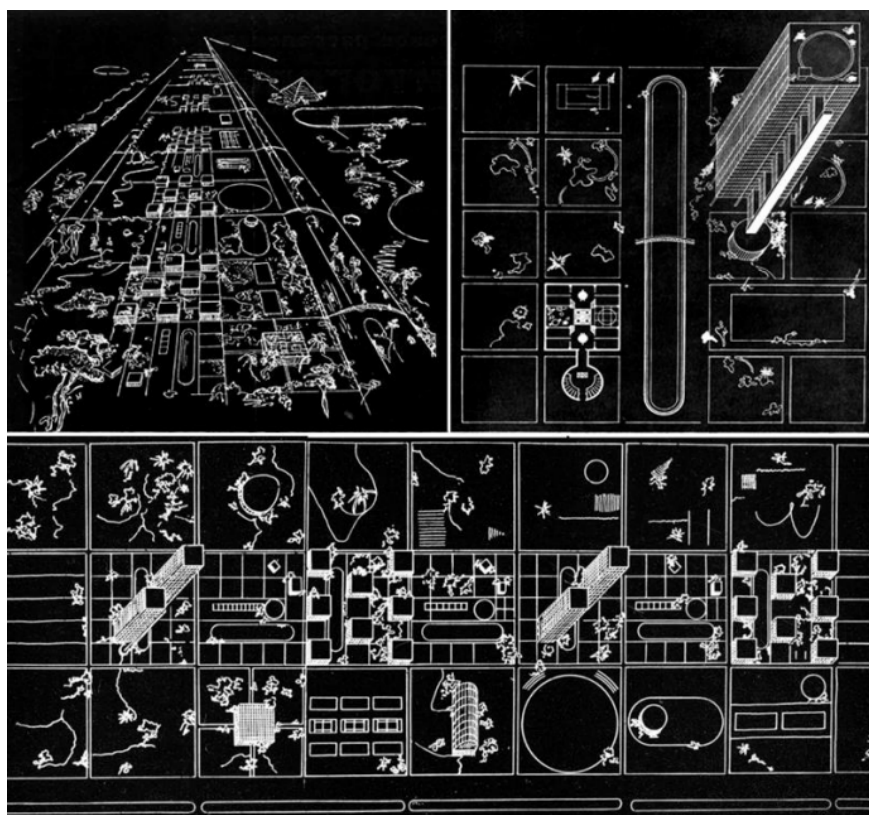
W Rosji, jednym z bardziej znanych przykładów, były tzw. *blochausy* – wielorodzinne budynki mieszkalne, które miały zapewnić robotnikom tanie, funkcjonalne miejsca zamieszkania. Konstrukcje te były projektowane z myślą o maksymalnej efektywności przestrzennej oraz bliskim położeniu w stosunku do fabryk, co miało zminimalizować czas przemieszczania się do pracy. *Blochausy* były pierwszym krokiem w kierunku planowanego osiedlania ludności robotniczej, uwzględniającym podstawowe potrzeby mieszkaniowe w kontekście industrializacji. Władze i właściciele fabryk, często kierując się również celami politycznymi, widzieli w takich projektach narzędzie do poprawy warunków życia robotników i ich efektywności pracy. Wyróżniały się w tej kwestii prace rosyjskich, a później radzieckich architektów należących do tzw. nurtu konstruktywistycznego⁴.

Jego przedstawiciele, tacy jak: Moisiej Ginzburg, Iwan Leonidow czy bracia Wesninowie, wypracowali podejście do planowania przestrzeni miejskich, które łączyło funkcjonalność i dostępność. Kluczowym celem ich projektów było zmniejszenie dystansu między: miejscem zamieszkania, pracy, rekreacji i podstawowymi usługami. W ich projektach, takich jak „domy–komuny”, wszystkie potrzeby mieszkańców – jedzenie, higiena, edukacja czy rozrywka – miały być zaspokajane w obrębie jednego obiektu lub kompleksu. Dom–Komuna im. Narkomfina w Moskwie, zaprojektowany przez Moiseja Ginzburga, stanowi jeden z najsłynniejszych przykładów takich wielofunkcyjnych budynków⁵. Kompleks ten integrował mieszkania z przestrzeniami wspólnymi, takimi jak: kuchnie, jadalnie, biblioteki czy sale gimnastyczne, co redukowało konieczność przemieszczania się poza jego obręb⁶. Taka filozofia projektowania przypomina współczesne założenia miast 15-minutowych.

⁴ *Konstruktywiści rosyjscy – budowniczy rewolucji*, <https://www.bryla.pl/bryla/56,85298,10978411>

⁵ Д.А.Афанасьев, *Дом-коммуна история и период строительства. In Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований*, Москва 2020, s. 111–113.

⁶ С.И. Ленева, *Дом коммуны как социальный феномен в России*, Смоленск 2014, s. 140–141.



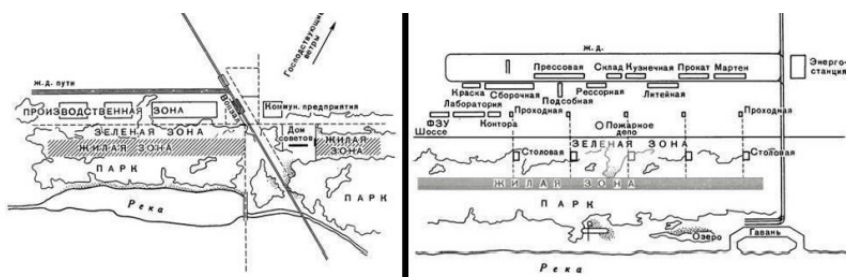
Projekt zasiedlenia przy kombinacie metalurgicznym w Magnitogorsku

Źródło: И.М. Долинская i in., s. 69.

Konstruktywiści rozumieali także potrzebę minimalizacji czasu podróżowania mieszkańców. Projekty miast takich, jak: Magnitogorsk czy Nowokuźnieck, uwzględniały optymalizację odległości między fabrykami a miejscami zamieszkania, co miało zwiększyć efektywność życia codziennego i pracy. Miasta te były projektowane tak, by różne funkcje – praca, usługi i mieszkania – znajdowały się w niewielkiej odległości od siebie. Jednocześnie idee takie, jak miasto-linearne, zaproponowane przez Nikołaja Milutina w latach 30. XX wieku, zakładały rozwój pasmowyy – miejsca pracy, mieszkania i rekreacji były organizowane w strefach połączonych transportem. To podejście redukowało potrzebę długich

podróży, wpisując się w późniejsze idee zrównoważonego rozwoju przestrzennego⁷.

Konstruktywiści kładli duży nacisk na budowę tanich, wydajnych i funkcjonalnych mieszkań dla klasy robotniczej, uwzględniając przestrzenie wspólne oraz tereny zielone. W swoich projektach starali się tworzyć zrównoważone społeczności, które spełniały podstawowe potrzeby mieszkańców w jednym miejscu. Taka wizja harmonijnie łączyła przestrzenie do życia, pracy i wypoczynku, tworząc podstawy dla koncepcji urbanistycznych nastawionych na integrację funkcji.



Projekt Nikołaja Milutina strefy funkcjonalnej Magnitogorska z wyraźnie wydzieloną zieloną strefą odpoczynku

Źródło: И.М. Долинская i in., s. 70.

Pomimo wielu podobieństw, istnieją istotne różnice między konstruktywistycznymi projektami a współczesnymi ideami miast 15-minutowych. Konstruktywistyczne miasta miały centralnie planowaną strukturę, z wyraźnym naciskiem na efektywność pracy w kontekście industrializacji. Z kolei miasta 15-minutowe opierają się na decentralizacji i lokalności, umożliwiając mieszkańcom niezależne realizowanie codziennych potrzeb w małych społecznościach. Ponadto konstruktywiści skupiali się bardziej na funkcjonalności i industrializacji, podczas

⁷ И.М. Долинская, Е.Р. Полинская, Е.М. Шадрина, Е.М., Яковенко, *От идей сориа-и-мата до «сбстрима» и «стратегии-2030»: Обзор отечественных и зарубежных проектов линейных городов и систем расселения*. Universum: технические науки, 86/2021, s. 63–74, <https://cyberleninka.ru/article/n/ot-idey-soria-i-mata-do-sibstrima-i-strategii-2030-obzor-otechestvennyh-i-zarubezhnyh-proektov-lineynyh-gorodov-i-sistem/viewer>

gdy współczesne miasta 15-minutowe kładą silny nacisk na zrównoważenie ekologiczne i ochronę środowiska.

Wielkie rosyjskie ośrodki robotnicze, jak np.: Petersburg, Moskwa⁸, Charków, czy też szybko rozwijające się bogate ośrodki miejskie w krajach wchłoniętych przez carskie imperium – Łódź czy Baku – stanowiły doskonałe zaplecze dla rozwoju podobnych koncepcji urbanistycznych⁹. Kluczową pozycję i chronologiczne pierwszeństwo należy jednak przypisać ośrodkom zachodnioeuropejskim, gdzie wpływowi przemysłowcy-filantropi budowali osiedla dla robotników. New Lanark w Szkocji, zainicjowane przez Owena, było wzorcem dla osiedli, w których nie tylko zapewniano mieszkania, ale także tworzono przestrzeń do edukacji i rekreacji¹⁰. Podobnie Saltaire w Anglii stanowiło zintegrowany kompleks, oferujący oprócz mieszkań także szkoły, kościoły, sklepy i obiekty kulturalne. Były one projektowane w duchu społecznej sprawiedliwości, wdrażając w życie założenie, zgodnie z którym polepszenie warunków życia robotników miało wpłynąć pozytywnie na ich wydajność, zdrowie i zaangażowanie w pracę¹¹.

Ważną koncepcją, która miała wpływ na rozwój osiedli robotniczych, były również idee ogrodów przemysłowych Ebeneзера Howarda. Howard postulował, by miasta łączyły zalety środowiska miejskiego i wiejskiego, tworząc przestrzenie zrównoważone pod względem funkcjonalnym i estetycznym. Jego pomysł ewoluował w XX wieku w model miast-ogrodów, który stał się jednym z fundamentów współczesnych koncepcji zrównoważonego rozwoju urbanistycznego. W miastach-ogrodach integracja przestrzeni mieszkalnej, pracy, edukacji i rekreacji była kluczowym

⁸ Moskwa, również rosnące centrum przemysłowe, stała się miejscem, gdzie bogaci fabrykanci, tacy jak rodziny Morozowów i Ziminów, finansowali budowę prostych, wielorodzinnych domów dla swoich robotników.

⁹ W miastach przemysłowych, takich jak: Jarosław, Niżny Nowogród czy Tuła, lokalne władze zaczęły angażować się w programy mieszkaniowe, szczególnie w sytuacjach, gdy przeludnienie i złe warunki sanitarne prowadziły do epidemii i konfliktów społecznych.

¹⁰ M. Lamparska, *Osiedla patronackie w cywilizacyjnej przestrzeni Europy. Kulturowe dziedzictwo robotniczej codzienności*, „Acta Geographica Silesiana” 2017, 11/2 (26) WNoZ UŚ, Sosnowiec, s. 54.

¹¹ New Lanark to Saltaire. Saltaire, World Heritage Site, https://salthairevillage.info/salthaire_history_0024_From_Lanark_to_Salthaire_01.html

założeniem, a decentralizacja życia miejskiego miała poprawić jakość życia ich mieszkańców¹².

Wildau, niewielka miejscowość położona pod Berlinem, zyskał rozgłos dzięki osiedlu robotniczemu, które powstało na początku XX wieku. Było to innowacyjne przedsięwzięcie urbanistyczne i architektoniczne, zaprojektowane przede wszystkim z myślą o pracownikach pobliskich zakładów przemysłowych: fabryki maszyn bądź stoczni lokomotyw. Powstanie tego osiedla było odpowiedzią na gwałtowną industrializację regionu oraz konieczność zapewnienia licznie napływającym robotnikom odpowiednich warunków mieszkaniowych¹³.

Osiedle w Wildau powstawało w latach 1900–1920, w czasach dynamicznego rozwoju przemysłu. Inicjatywa została podjęta przez właścicieli lokalnych zakładów przemysłowych, zwłaszcza berlińskich zakładów Schwartzkopff (później *Berliner Maschinenbau AG*). Głównym celem projektu było zapewnienie robotnikom godnych i funkcjonalnych miejsc zamieszkania w bezpośrednim sąsiedztwie pracy. Rozwiązanie to miało nie tylko poprawić warunki życia, ale także zwiększyć efektywność pracy i stabilność zatrudnienia¹⁴.

Architektura osiedla wyróżniała się modernistycznym stylem oraz praktycznymi rozwiązaniami. Niskokondygnacyjne domy o spadzistych dachach, dużych oknach i elewacjach z cegły zapewniały mieszkańcom wygodę i funkcjonalność. Każde mieszkanie wyposażono w podstawowe udogodnienia, czyli kuchnie i pokoje mieszkalne, a wiele z nich miało dostęp do przydomowych ogrodów – co w tamtym okresie było innowacyjnym rozwiązaniem. Osiedle zostało zaplanowane z dużą ilością zieleni, co poprawiało warunki higieniczne i oferowało mieszkańcom lepsze środowisko życia. Układ urbanistyczny nawiązywał do idei „miasta-ogrodu” (niem. *Gartenstadt*), co dodatkowo podkreślało dbałość o przestrzeń i jakość życia¹⁵.

¹² M. Lamparska, *op.cit.* s. 57.

¹³ W. Pronobis, M. Wojtkiewicz, *Zrozumieć Berlin*, Wydawnictwo Prographx 2020, ss. 256.

¹⁴ R. Klawun, *Denkmalpflege unter Dampf Die Umnutzung und Sanierung der Lokomotivfabrik mit Werkssiedlung in Wildau*, Die Denkmalpflege 74.1, 2016, s. 15–17.

¹⁵ *Ibidem*.

Kluczowym elementem osiedla była bliskość do pracy, co minimalizowało czas, jaki robotnicy musieli poświęcać na przemieszczanie się. Projektanci zadbali także o rozbudowaną infrastrukturę społeczną – na terenie osiedla znalazły się sklepy, szkoły, domy kultury oraz przestrzenie rekreacyjne, co wspierało rozwój lokalnej społeczności. W porównaniu z robotniczymi osiedlami XIX wieku, osiedle w Wildau wyróżniało się wyższym standardem życia, spełniając zarówno potrzeby mieszkaniowe, jak i społeczne mieszkańców¹⁶.

Osiedle w Wildau stało się modelowym przykładem nowoczesnego podejścia do urbanistyki w Niemczech. Inspirując późniejsze projekty, takie jak miasta-ogrody, wyznaczyło nowe standardy w integracji mieszkalnictwa z miejscami pracy i infrastrukturą społeczną. Jego dziedzictwo jest wciąż żywe, a wiele budynków zostało odrestaurowanych i uznanych za zabytki.

Osiedle w Wildau można zatem uznać za pierwowzór współczesnej koncepcji miasta 15-minutowego. Łączyło ono w jednym spójnym środowisku przestrzeń do życia, pracy i rekreacji, minimalizując czas przemieszczania się mieszkańców oraz wspierając lokalne wspólnoty. Wyprzedziło swoje czasy, pokazując, jak można skutecznie projektować zrównoważone i funkcjonalne przestrzenie miejskie, które odpowiadają na potrzeby zarówno społeczne, jak i ekonomiczne.

Definicja i założenia miasta 15-minutowego

Idea miasta 15-minutowego jest koncepcją urbanistyczną, która zakłada organizację przestrzeni w taki sposób, aby żyjący w niej mogli realizować podstawowe potrzeby w niewielkiej odległości od swych domów. W centrum tego podejścia leży dążenie do maksymalnej dostępności kluczowych funkcji miejskich, takich jak: miejsca pracy, edukacji, opieki zdrowotnej, handlu oraz rekreacji¹⁷. Założenia te mają na celu stworzenie środowiska sprzyjającego efektywności i poprawie jakości bytowej.

¹⁶ Wildau – 15-minutowe miasto sprzed 100 lat, <https://froufrou.com.pl/wildau-15-minutowe-miasto-sprzed-100-lat/>

¹⁷ Funkcje współczesnych miast są integralnie związane z ich strukturą i całością systemu osadniczego. W geografii osadnictwa szczególną uwagę poświęcono

Podstawą tej idei jest decentralizacja funkcji urbanistycznych i tworzenie wielofunkcyjnych dzielnic¹⁸. Każdy mieszkaniec powinien mieć możliwość dotarcia do najważniejszych punktów usługowych w czasie nieprzekraczającym kwadrans, przemieszczając się pieszo, rowerem lub za pomocą niskoemisyjnych środków komunikacji publicznej. W założeniu taki układ sprzyja zarówno lepszemu wykorzystaniu przestrzeni, jak i zwiększeniu dostępności kluczowych zasobów czy też oszczędności czasu poświęcanego na transport¹⁹.

dwóm kluczowym problemom badawczym: określeniu całości osadniczej oraz identyfikacji funkcji elementów wchodzących w jej skład. Badania te przyczyniły się do pogłębienia wiedzy o miastach oraz systemach osadniczych, nadając terminowi „funkcja miasta” znaczenie naukowe, wykraczające poza jego codzienne rozumienie.

Funkcja miasta definiowana jest jako każda działalność społeczno-gospodarcza prowadzona w mieście, rozpatrywana zarówno z perspektywy samego miasta, jak i systemu osadniczego, do którego należy. Obejmuje różnorodne formy aktywności, takie jak: przemysł, handel, transport, usługi czy administracja, które determinują życie i rozwój miasta. Dominujące rodzaje działalności są określane na podstawie struktury zatrudnienia, co pozwala na identyfikację funkcjonalnej i strukturalnej charakterystyki miasta.

Podział funkcji miejskich uwzględnia ich poziom rozwoju, przestrzenny zasięg oddziaływania oraz rodzaj działalności dominującej. Funkcje te mogą być lokalne, regionalne lub ponadregionalne, a także pełnić różnorodne role, np. miastotwórcze, obsługujące czy specjalistyczne. Struktura funkcji miejskich wpływa na znaczenie miasta w systemie osadniczym oraz jego rolę w gospodarce narodowej, zapewniając mieszkańcom miejsca pracy, dobra i usługi, a także kształtując przestrzenną organizację życia społeczno-gospodarczego.

Próby precyzyjnego zdefiniowania i klasyfikacji funkcji miejskich wskazują na ich wielowymiarowy charakter, który niekiedy prowadzi do niejednoznaczności w ich rozumieniu. W rezultacie ta sama funkcja może być określana różnymi nazwami, a te same nazwy mogą ewokować różne treści, co odzwierciedla złożoność problematyki funkcjonalności miast. Szerz.: A. Dembicka-Niemiec, *Zrównoważony rozwój a funkcje miast w Polsce. Badanie związków między zrównoważonym rozwojem średnich miast w Polsce a ewolucją ich struktury funkcjonalnej*, Opole 2017, s. 36–37.

¹⁸ W założeniu 5-minutowych por. T. Kaczmarek, *Problematyka demograficzna we współczesnych koncepcjach miasta*, „Konwersatorium Wiedzy o Mieście” 2022, 35/7, s. 11.

¹⁹ D. Rynio, *Wdrażanie koncepcji miast krótkich odległości jako element budowy odporności współczesnych ośrodków osadniczych*, „Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna” 2024, nr. 70, s. 45–47.

Ważnym elementem tego podejścia jest również optymalizacja przestrzeni w celu zmniejszenia zależności od dalekich dojazdów oraz ograniczenia konieczności przemieszczania się na duże odległości. Na poziomie urbanistycznym oznacza to potrzebę integracji różnych funkcji w obrębie jednej dzielnicy, co wymaga dostosowania infrastruktury, takiej jak: drogi, ścieżki rowerowe czy miejsca publiczne²⁰.

Struktura miasta zaprojektowanego według tego modelu opiera się na zasadzie zrównoważonego rozwoju przestrzennego. Obejmuje ona zarówno aspekty ekonomiczne, jak i społeczne oraz środowiskowe, przy czym istotną rolę odgrywa dostosowanie środowiska miejskiego do potrzeb lokalnych społeczności. Kluczowe jest również zapewnienie równowagi pomiędzy intensywnością użytkowania przestrzeni a zachowaniem jej walorów estetycznych i funkcjonalnych²¹.

Wykształcenie jej wymaga uwzględnienia wielu czynników, w tym gęstości zaludnienia, rozmieszczenia usług publicznych, a także ukształtowania terenu. Nieodłącznym aspektem tej idei jest również dążenie do większej samowystarczalności poszczególnych części miasta. Dzięki temu każda dzielnica może pełnić rolę autonomicznej jednostki miejskiej, zapewniającej mieszkańcom kompleksową obsługę codziennych potrzeb²².

Podejście to opiera się również na ścisłym powiązaniu urbanistyki z transportem²³. Kluczowe znaczenie mają alternatywne środki komu-

²⁰ P. Hajduga, A. Mempel-Śnieżyk, *Proces rewitalizacji a rozwój zrównoważony miasta*, [w:] D. Rynio, A. Zakrzewska-Półtorak (red.), *Przestrzeń i regiony w nowoczesnej gospodarce*, Wrocław 2023, s.290

²¹ A. Zbierska, J. Zbierska, C. Przybyła, *Analiza wskaźników zrównoważonego rozwoju w gospodarce przestrzennej na poziomie lokalnym*, Studia KPZK 2011, s. 160.

²² Koncepcja 15-minutowego miasta, stworzona przez Carlosa Morenę, zakłada zapewnienie każdemu mieszkańcowi dostępu do podstawowych usług życiowych w odległości 15 minut pieszo lub rowerem od miejsca zamieszkania. Model ten ma na celu ograniczenie dominacji samochodów w przestrzeni miejskiej, promując bardziej zrównoważone, skoncentrowane na człowieku formy urbanistyki. Decentralizacja funkcji miejskich wspiera równowagę między pracą a życiem prywatnym, jednocześnie zmniejszając zależność od paliw kopalnych i emisję dwutlenku węgla. W konsekwencji przyczynia się do poprawy jakości powietrza, zdrowia mieszkańców oraz stanu środowiska naturalnego.

²³ Dekoncentracja jest w tym ujęciu tożsama z koniecznością zwiększenia udziału transportu drogowego, A. Farian, *Zintegrowane planowanie transportu jako*

nikacji, które minimalizują negatywny wpływ ruchu samochodowego na przestrzeń miejską. Takie rozwiązania obejmują rozwój tras rowerowych, ciągów pieszych oraz wykorzystanie technologii wspierających organizację ruchu miejskiego.

Ostatecznym celem tego modelu jest maksymalna dostępność podstawowych usług w lokalnym kontekście, co sprzyja lepszej organizacji przestrzeni miejskiej²⁴. Model ten kładzie nacisk na integrację różnych aspektów życia w przestrzeni miejskiej, łącząc funkcjonalność z dogodnością użytkownika²⁵.

odpowiedź na założenia rozwoju zrównoważonego miast, „Transport Miejski i Regionalny” 2010, nr. 6, s. 25.

²⁴ Dostępność przestrzeni miejskiej w znacznym stopniu zależy od sposobu jej projektowania, który powinien uwzględniać potrzeby różnych grup użytkowników. Kluczowym elementem jest priorytet dla ruchu pieszego, gdyż to piesi nawiązują najwięcej interakcji w przestrzeni publicznej, czyniąc ją miejscem integracji społecznej. Rowerzyści i kierowcy, choć również ważni, postrzegają przestrzeń głównie jako ciąg komunikacyjny, co ogranicza ich wpływ na integrację społeczną. Jakość przestrzeni publicznej determinują takie czynniki, jak: zagospodarowanie, mała architektura, oświetlenie czy dostępność, a projektowanie pełne barier może ograniczać jej użyteczność, szczególnie dla osób z ograniczeniami mobilności. Zrozumienie tych potrzeb sprzyja tworzeniu bardziej dostępnych i funkcjonalnych przestrzeni, które wspierają lokalną organizację życia miejskiego. M. Chład, *Efektywne planowanie i wykorzystywanie infrastruktury miejskiej*, [w:] *Aspekty logistyczne w biznesie*, (red.) Kowalska K, Sobczak P., Dąbrowa Górnicza 2015 s. 36.

²⁵ Wprowadzenie tego modelu wymaga uwzględnienia szeregu założeń urbanistycznych, takich jak: dostępność celów w promieniu 10-minutowego spaceru, tworzenie przyjaznego dla pieszych zagospodarowania ulic (np. obsadzonych szpalerami drzew i z ograniczeniem ruchu samochodowego) oraz zapewnienie spójnej hierarchicznej sieci ulic. Istotną rolę odgrywa różnorodność użytkowa, pozwalająca na dostęp do obiektów o różnych funkcjach i przeznaczeniach, oraz wysoka jakość architektury, urbanistyki i przestrzeni publicznej, która pełni funkcje społeczne i estetyczne. Wysokość zabudowy, zwiększająca się w kierunku centrum, i rozwój transportu publicznego oraz rowerowego dodatkowo wspierają dążenie do autonomii dzielnic miejskich. Model ten integruje różnorodne aspekty życia miejskiego, łącząc funkcjonalność z estetyką i komfortem, jednocześnie minimalizując negatywny wpływ ruchu samochodowego na przestrzeń miejską, por. Z.: Paskowski, *Miasto idealne w perspektywie europejskiej i jego związku z urbanistyką współczesną*, Wydawnictwo Universitas, Kraków 2011, s. 207–210.

Korzyści wynikające z decentralizacji usług i infrastruktury

Decentralizacja usług i infrastruktury w kontekście organizacji przestrzeni miejskiej niesie ze sobą szereg istotnych korzyści, szczególnie w obszarze logistyki i efektywnego zarządzania zasobami. Koncepcja ta, opierająca się na równomiernym rozmieszczeniu kluczowych funkcji w przestrzeni miejskiej, ma na celu minimalizację odległości między użytkownikami a zasobami, co bezpośrednio wpływa na poprawę funkcjonowania miast w wielu wymiarach²⁶.

Jednym z głównych atutów decentralizacji jest skrócenie czasu potrzebnego na realizację codziennych zadań, czyli zakupów, korzystania z opieki zdrowotnej czy edukacji. Dzięki rozproszeniu usług w ramach wielofunkcyjnych dzielnic mieszkańcy mogą korzystać z zasobów dostępnych w pobliżu swoich domów, co zmniejsza konieczność przemieszczania się na duże odległości. Efektem tego jest nie tylko oszczędność czasu, ale także redukcja natężenia ruchu na głównych arteriach komunikacyjnych, co ma istotne znaczenie dla organizacji transportu miejskiego²⁷.

Z logistycznego punktu widzenia decentralizacja przyczynia się do zmniejszenia obciążenia centralnych części miast, które tradycyjnie stanowią główny węzeł usługowy. Przeniesienie części funkcji do poszczególnych dzielnic odciąża infrastrukturę transportową i zmniejsza konieczność rozbudowy kosztownych systemów komunikacyjnych w centrach miast²⁸. Równoczesne rozwijanie lokalnej infrastruktury drogowej, pieszej i rowerowej wspiera bardziej równomierne użytkowanie zasobów miejskich, co z kolei przekłada się na większą efektywność zarządzania²⁹.

²⁶ P. Kubicki, *Odporność miast i nowe polityki miejskie*, „Politeja” Pismo Wydziału Studiów Międzynarodowych i Politycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego 2021, 18/74, s. 236.

²⁷ *Ibidem*.

²⁸ B. Tundys, *Logistyka miejska. Koncepcje, systemy, rozwiązania*, Warszawa 2008, s. 123.

²⁹ C. Krysiuk, G. Nowacki, *Miasto, element systemu transportowego kraju*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2016, nr 10, s. 129.

Istotnym aspektem decentralizacji jest również poprawa dostępności do podstawowych usług dla wszystkich mieszkańców. W tradycyjnie zorganizowanych miastach, gdzie usługi są skoncentrowane w centralnych lokalizacjach, osoby zamieszkujące peryferia często borykają się z ograniczonym dostępem do kluczowych zasobów. Rozmieszczenie infrastruktury w różnych punktach miasta umożliwia większej liczbie osób korzystanie z usług na równych warunkach niezależnie od miejsca zamieszkania³⁰.

Fragmentacja zasobów wpływa również pozytywnie na elastyczność systemów dostaw i dystrybucji. W tradycyjnych, scentralizowanych modelach logistycznych dostawy do centralnych lokalizacji mogą być czasochłonne i kosztowne, szczególnie w godzinach szczytu. Rozproszenie punktów usługowych umożliwia efektywniejsze zarządzanie łańcuchami dostaw, co prowadzi do obniżenia kosztów transportu i zmniejszenia wpływu na środowisko w wymiarze globalnym³¹. Lokalne magazyny, centra dystrybucyjne oraz punktowe dostawy mogą zostać lepiej zoptymalizowane pod kątem potrzeb mieszkańców poszczególnych dzielnic.

Z perspektywy zarządzania przestrzenią miejską decentralizacja pozwala na bardziej równomierne wykorzystanie zasobów infrastrukturalnych. Dzielnice wyposażone w pełne spektrum usług – od edukacyjnych, przez zdrowotne, po rekreacyjne – przyczyniają się do odciążenia obiektów w centralnych lokalizacjach. Jednocześnie rozwój takich obszarów zmniejsza konieczność intensywnej eksploatacji głównych węzłów transportowych i infrastrukturalnych, co pozwala na bardziej zrównoważone planowanie przestrzeni.

Korzyścią wynikającą z rozproszenia usług jest także zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych związanych z transportem. Skrócenie dystansów między punktami usługowymi a miejscami zamieszkania

³⁰ Niemniej konsekwencją decentralizacji i dekoncentracji jest także wynikający stąd ruch ludności, D. Szamańska, J. Biegańska, *Fenomen urbanizacji i procesy z nim związane*, „Studia miejskie” 2011, nr 4, s. 24.

³¹ Dekoncentracja struktury przestrzennej miast w wymiarze historycznym pociągnęła za sobą ich szeroko pojętą dezindustrializację obejmującą proces wytwórczy. Doprowadziła do pozostawienia w centrach jedynie usług i administracji, co może prowadzić do fluktuacji ludności i napływu uboższych warstw społeczeństwa do centrów. J. Szoltysek, *Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach*. Katowice 2005, s. 20.

ogranicza korzystanie z samochodów prywatnych, promując jednocześnie ekologiczne środki transportu, takie jak rowery czy komunikacja zbiorowa. Redukcja emisji wspiera realizację celów zrównoważonego rozwoju, co jest kluczowe w obliczu współczesnych wyzwań klimatycznych³².

Warto również zwrócić uwagę na potencjał decentralizacji w zakresie zarządzania kryzysowego. Lokalne punkty usługowe mogą działać jako autonomiczne jednostki, zdolne do funkcjonowania niezależnie w sytuacjach awaryjnych, takich jak przerwy w dostawach prądu czy ograniczenia w ruchu drogowym. Rozproszenie infrastruktury umożliwia lepsze przygotowanie miast na różnego rodzaju zakłócenia, zwiększając ich odporność na sytuacje kryzysowe³³.

Rozwój decentralizowanych systemów miejskich wiąże się również z tworzeniem przestrzeni sprzyjających integracji społecznej³⁴. Lokalne centra usługowe, parki czy miejsca rekreacji stają się przestrzeniami wspólnotowymi, w których mieszkańcy mają większą szansę na nawiązywanie kontaktów i budowanie relacji. Wpływa to na większe zaangażowanie społeczne oraz wzmacnia więzi w lokalnych społecznościach.

Regionalizacja sprzyja także dywersyfikacji gospodarczej na poziomie dzielnic. Lokalne centra usługowe mogą stymulować rozwój małych przedsiębiorstw, takich jak: sklepy, punkty gastronomiczne czy usługi rzemieślnicze, co z kolei wspiera rozwój ekonomiczny na obszarach poza centrum. Równocześnie, dzięki większemu zasięgowi usług, przedsiębiorcy mogą lepiej dostosować swoje oferty do potrzeb lokalnych społeczności, co sprzyja wzrostowi konkurencyjności i innowacyjności na poziomie mikroekonomicznym.

Wszystkie te elementy wskazują na znaczenie decentralizacji usług i infrastruktury jako istotnego kroku w kierunku poprawy funkcjonowania

³² S. Hajduk, *Metody wielokryterialne w konstrukcji rankingów urban smartness*, Białystok 2024, s. 65.

³³ D. Makulska, *Polityka miejska w świetle nowego paradygmatu*, „Prace i Materiały Instytutu Rozwoju Gospodarczego SGH” 2016, z. 98, s. 162–163.

³⁴ Mocno akcentowany jest tu kontekst zieleni miejskiej, por. E. Sutkowska, *Współczesny kształt i znaczenie zieleni miejskiej jako zielonej przestrzeni publicznej w strukturze miasta–przestrzeń dla kreacji*. Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr.–OL PAN 2 (2006), s. 186–187.

miast. Proces ten odgrywa kluczową rolę w usprawnianiu zarządzania zasobami, zwiększaniu efektywności systemów miejskich oraz poprawie jakości życia mieszkańców. Rozproszenie kluczowych funkcji pozwala na bardziej zrównoważone wykorzystanie przestrzeni, ograniczenie przeciążeń infrastrukturalnych oraz zapewnienie równomiernego dostępu do usług dla różnych grup społecznych. Analizowana dywersyfikacja sprzyja również zmniejszeniu emisji związanych z transportem oraz wspiera rozwój lokalnych społeczności, przyczyniając się do budowy bardziej odpornych i samowystarczalnych struktur miejskich.

Decentralizacja usług i infrastruktury niesie istotne korzyści również w wymiarze energetycznym, szczególnie w kontekście dostarczania ciepła, energii elektrycznej oraz gazu ziemnego³⁵. Ukierunkowanie na tworzenie spójnych i funkcjonalnych dzielnic, w których potrzeby energetyczne mogą być efektywnie zarządzane lokalnie, wpływa na zwiększenie efektywności przesyłu, zmniejszenie strat oraz lepsze wykorzystanie potencjalnych źródeł wytwórczych³⁶.

Jednym z kluczowych aspektów związanych z decentralizacją jest łatwość dostarczania ciepła w ramach systemów ogrzewania miejskiego. Gęsto zabudowane dzielnice, w których usługi i mieszkalnictwo są zintegrowane, pozwalają na bardziej efektywne projektowanie i eksploatację sieci ciepłowniczych. Skrócenie odległości między źródłem ciepła a odbiorcami zmniejsza straty energii w przesyśle, które są nieodłącznym problemem w rozległych, rozproszonych systemach. Ponadto możliwość lokalizacji niewielkich, zdecentralizowanych źródeł ciepła, takich jak: lokalne kotłownie czy instalacje kogeneracyjne, umożliwia dostosowanie produkcji energii cieplnej do specyficznych potrzeb danej dzielnicy, co dodatkowo zwiększa efektywność systemu.

³⁵ A. Barczyński, W. Grządzielski, *Gaz ziemny w systemie energetycznym aglomeracji miejskiej przy uwzględnieniu aspektów ekologicznych*. V Krajowa Konferencja GAZTERM Międzyzdroje 2002, s. 3–4. https://www.researchgate.net/profile/Wojciech-Grzadzinski/publication/303700925_Gaz_ziemny_w_systemie_energetycznym_aglomeracji_miejskiej_przy_uwzględnieniu_aspektow_ekologicznych/links/5ee106b792851c31f3c7809a/Gaz-ziemny-w-systemie-energetycznym-aglomeracji-miejskiej-przy-uwzględnieniu-aspektow-ekologicznych.pdf

³⁶ Kwestie szeroko omawiane w drugim rozdziale.

W kontekście elektroenergetyki decentralizacja sprzyja rozwijaniu lokalnych źródeł wytwórczych, przykładowo instalacji fotowoltaicznych, niewielkich elektrowni wiatrowych czy biogazowych. Dzięki temu możliwe jest zmniejszenie obciążenia centralnych sieci przesyłowych, które w przypadku scentralizowanych systemów są często przeciążone, szczególnie w godzinach szczytu zapotrzebowania na energię. Dzielnice samowystarczalne pod względem energetycznym mogą pełnić rolę lokalnych „wysp energetycznych”, które nie tylko zaspokajają potrzeby swoich użytkowników, ale także w razie nadprodukcji mogą dostarczać energię do sąsiadujących obszarów. Produkcja energii elektrycznej w miejscach odbioru bądź w ich sąsiedztwie pozwala również na ograniczenie strat przesyłowych, które są znaczące w przypadku dostarczania energii na dużą odległość.

Infrastruktura zaopatrzeniowa gazu również zyskuje na zastosowaniu zasad decentralizacji. Współczesne systemy dostarczania gazu wymagają rozbudowanych sieci, które w rozległych miastach mogą generować znaczące koszty inwestycyjne oraz straty w przesyśle. W ramach zdecentralizowanych dzielnic mniejsze jednostki wytwórcze, np. lokalne elektrociepłownie zasilane gazem, mogą być zlokalizowane bliżej odbiorców końcowych, co zmniejsza zarówno straty przesyłowe, jak i koszty utrzymania infrastruktury. Ponadto większa elastyczność w lokalizacji takich jednostek wytwórczych sprzyja lepszemu dopasowaniu ich mocy do specyficznych potrzeb energetycznych danej społeczności.

W kontekście decentralizacji infrastruktury gazowej warto również rozważyć możliwość częściowego odcięcia od krajowej sieci przesyłowej i budowy lokalnych systemów opartych na stacjach regazyfikacyjnych LNG (skroplonego gazu ziemnego). Takie podejście pozwala na uniezależnienie się od scentralizowanych dostaw gazu, co może być szczególnie istotne w sytuacjach kryzysowych lub na terenach, gdzie budowa tradycyjnej infrastruktury przesyłowej byłaby zbyt kosztowna lub technicznie trudna. Stacje regazyfikacyjne, dzięki swojej elastyczności i możliwości lokalizacji w bezpośrednim sąsiedztwie dzielnic, umożliwiają tworzenie niezależnych sieci wewnętrznych, dostosowanych do potrzeb konkretnej społeczności. Tego rodzaju rozwiązania zmniejszają straty energetyczne związane z przesyłem na dużych odległościach oraz pozwalają na bardziej efektywne zarządzanie gazem w skali lokalnej. Jednocześnie lokalne sieci

zasilane LNG mogą stanowić ważny element zrównoważonego rozwoju dzielnic, zapewniając nieprzerwane dostawy energii nawet w przypadku zakłóceń w krajowym systemie gazowym.

Idea tworzenia miast 15-minutowych w połączeniu z mikrogeneracją pozwala również na optymalne wykorzystanie alternatywnych źródeł energii. W przypadku dzielnic o zwartej zabudowie istnieje większa możliwość instalacji wspólnych systemów energii odnawialnej, takich jak: instalacje fotowoltaiczne i solarne czy płytka geotermia, które mogą obsługiwać kilka budynków jednocześnie. Zintegrowane podejście do lokalnych zasobów umożliwia również lepsze zarządzanie produkcją i magazynowaniem energii, co sprzyja zwiększeniu stabilności systemu energetycznego.

Dodatkowo, potencjalna lokalizacja źródeł wytwórczych w pobliżu punktów odbioru energii wpływa pozytywnie na ich bezpieczeństwo oraz niezawodność. Mniejsze odległości między jednostkami produkcyjnymi a odbiorcami pozwalają na szybsze reagowanie w przypadku awarii, co jest istotne szczególnie w sytuacjach kryzysowych. Wprowadzenie bardziej autonomicznych systemów na poziomie dzielnic zwiększa odporność miasta na zakłócenia w dostawach energii wynikające z awarii lub przeciążenia w centralnej infrastrukturze.

Korzyścią wynikającą z takiego podejścia jest również zmniejszenie kosztów związanych z budową nowych elementów infrastruktury przesyłowej. W miastach o zwartej zabudowie, wspieranych lokalnymi systemami wytwarzania energii, konieczność rozbudowy sieci przesyłowych jest mniejsza, co obniża nakłady inwestycyjne i pozwala skierować środki na rozwój bardziej efektywnych technologii energetycznych.

Z perspektywy ekologicznej decentralizacja sprzyja lepszemu wykorzystaniu lokalnych zasobów odnawialnych i zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Bliskość źródeł energii i odbiorców końcowych umożliwia redukcję strat energetycznych i zwiększenie efektywności, co przekłada się na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne.

Decentralizacja usług i infrastruktury energetycznej wpływa zatem korzystnie na efektywność przesyłu ciepła, energii elektrycznej oraz gazu, jednocześnie zwiększając elastyczność i bezpieczeństwo dostaw. Wprowadzenie tego modelu w skali miejskiej wspiera zrównoważony rozwój i efektywne zarządzanie zasobami, przyczyniając się do poprawy funkcjonowania całego systemu energetycznego.

Krytyczna analiza koncepcji: wady i ograniczenia

Koncepcja miasta 15-minutowego, mimo licznych zalet, napotyka na istotne trudności, które mogą ograniczać jej wdrażanie oraz skuteczność w praktyce. W założeniach model ten promuje zrównoważony rozwój, redukcję emisji oraz poprawę jakości życia mieszkańców. Jednak w konfrontacji z realiami urbanistycznymi i społecznymi pojawiają się liczne wyzwania, które wymagają krytycznej analizy.

Jednym z głównych ograniczeń związanych z koncepcją miasta 15-minutowego jest problem struktury przestrzennej istniejących miast. Większość współczesnych metropolii charakteryzuje się wyraźnym podziałem na strefy o różnym przeznaczeniu, tzn. dzielnice mieszkaniowe, handlowe czy przemysłowe³⁷. Tego rodzaju układ, często ugruntowany przez dziesięciolecia, utrudnia realizację idei wielofunkcyjnych dzielnic, które stanowią fundament tego modelu. Przekształcenie przestrzeni w celu osiągnięcia decentralizacji usług wiąże się z koniecznością przeprowadzenia kosztownych inwestycji infrastrukturalnych, które nie zawsze są możliwe do zrealizowania w krótkim czasie.

Rosnące koszty logistyczne wynikające z decentralizacji zaopatrzenia i transportu publicznego stanowią istotny problem w koncepcji miast 15-minutowych. Fragmentacja przestrzeni miejskiej i lokalizacja usług w obrębie mniejszych jednostek sprawiają, że konieczne jest dostosowanie systemów dostaw do wielu punktów, co prowadzi do wzrostu wydatków związanych z dystrybucją towarów. Podobne wyzwania dotyczą transportu publicznego. W miastach 15-minutowych, w których zakłada się ograniczenie konieczności podróżowania na większe odległości, pojawia się pytanie: czy wewnętrzny system transportu publicznego, jakim jest komunikacja miejska, w ogóle ma rację bytu? Jeśli wszystkie usługi i potrzeby są zaspokajane w ramach lokalnego sąsiedztwa, utrzymanie kosztownej infrastruktury transportu publicznego może wydawać się nieefektywne, rodząc pytania o zasadność takiego rozwiązania w dłuższej perspektywie³⁸.

³⁷ Pojawia się też problem związany z deindustrializacją i jej konsekwencjami, por. J. Węgleński, *Miasta Ameryki u progu XXI wieku*, Wydawnictwo Naukowe „Scholar”, Warszawa 2001, s. 17, 24.

³⁸ M. Chłąd, *op.cit.*, s. 40.

Kolejną przeszkodą jest ryzyko nierówności społecznych, które może towarzyszyć wdrażaniu tej koncepcji. Miasto 15-minutowe zakłada równy dostęp do podstawowych usług dla wszystkich mieszkańców, jednak w praktyce realizacja tego celu może prowadzić do pogłębienia istniejących różnic między dzielnicami. W bogatszych rejonach, gdzie dostęp do infrastruktury i usług jest już rozwinięty, implementacja tej idei będzie łatwiejsza i bardziej efektywna. Natomiast w obszarach zaniedbanych, gdzie brakuje odpowiednich zasobów, proces adaptacji może napotykać na bariery finansowe i organizacyjne, co może jeszcze bardziej marginalizować te społeczności.

Problematyczne może okazać się również pogodzenie decentralizacji z efektywnym zarządzaniem miastem jako całością. Fragmentacja przestrzeni miejskiej na autonomiczne dzielnice wiąże się z ryzykiem utraty spójności w planowaniu i zarządzaniu strategicznym³⁹. Każda dzielnica, realizując własne cele, może działać w sposób sprzeczny z interesami całego miasta, co utrudni koordynację kluczowych funkcji, takich jak: transport, zaopatrzenie w energię czy gospodarka odpadami. Tego rodzaju wyzwanie wymaga opracowania nowych mechanizmów zarządzania, które będą w stanie skutecznie integrować działania podejmowane w poszczególnych częściach miasta.

Ważnym aspektem krytycznej analizy jest również uwzględnienie kosztów społecznych, jakie może nieść za sobą wdrażanie koncepcji miasta 15-minutowego. Transformacja przestrzeni miejskiej w kierunku wielofunkcyjnych dzielnic może wymagać przesiedleń, zmian w strukturze własności nieruchomości lub ograniczenia działalności gospodarczej

³⁹ Dekoncentracja przestrzeni miejskiej jest powszechnym zjawiskiem występującym w większości regionów metropolitalnych na świecie, niezależnie od ich przynależności kulturowej czy geograficznej. Przykłady, takie jak: Londyn, Nowy Jork czy Los Angeles, pokazują, że dystans między centrum a przedmieściami może wynosić nawet 150 kilometrów. Zjawisko to początkowo dotyczyło głównie obszarów mieszkaniowych i rozwoju przedmieść, jednak w kolejnych etapach rozszerzyło się na decentralizację przemysłu oraz miejsc pracy, co w efekcie doprowadziło do powstania policentrycznych struktur miejskich. W kontekście zarządzania miastem takie procesy mogą prowadzić do trudności w zachowaniu spójności planowania przestrzennego oraz efektywnego zarządzania strategicznego. B. Kozielska, *Współczesne koncepcje rozwoju metropolii w kontekście paradygmatu miast globalnych*, Katowice 2008, s. 72.

w określonych lokalizacjach. Tego rodzaju czynności mogą wywołać opór społeczny, szczególnie wśród mieszkańców, którzy obawiają się utraty dotychczasowego charakteru swojego otoczenia lub kosztów związanych z przystosowaniem do nowych warunków.

Ograniczenia technologiczne również stanowią istotny problem. Realizacja koncepcji miasta 15-minutowego wymaga zaawansowanych systemów zarządzania przestrzenią, które integrują różne funkcje miejskie, takie jak: transport, infrastruktura energetyczna czy gospodarka wodna. Wdrożenie tych rozwiązań wymaga dużych nakładów finansowych oraz dostępu do nowoczesnych technologii, co może być trudne do osiągnięcia w mniej rozwiniętych regionach. Dodatkowo zarządzanie danymi generowanymi przez systemy inteligentnych miast wiąże się z ryzykiem naruszenia prywatności mieszkańców, co może budzić obawy i wpływać na poziom akceptacji społecznej dla tych zmian⁴⁰.

Jednym z kluczowych zagrożeń związanych z implementacją inteligentnych technologii w miastach 15-minutowych jest możliwość wykorzystania ich jako narzędzi kontroli społecznej. Systemy monitorujące ruch, zarządzające infrastrukturą miejską czy analizujące wzorce zachowań mieszkańców mogą w praktyce prowadzić do tworzenia mechanizmów, które zamiast wspierać mieszkańców, będą ograniczać ich wolność. Przykładem mogą być technologie umożliwiające śledzenie przemieszczania się osób, monitorowanie zużycia zasobów czy analizę preferencji konsumpcyjnych, które mogą być używane nie tylko do optymalizacji zarządzania miastem, ale również do nadzoru nad obywatelami.

W miastach 15-minutowych, gdzie wszystkie kluczowe funkcje miejskie znajdują się w niewielkim promieniu od miejsca zamieszkania, łatwość gromadzenia danych o życiu codziennym mieszkańców jest szczególnie wysoka. Każdy aspekt funkcjonowania jednostki – od codziennych zakupów po korzystanie z transportu czy usług publicznych – może być monitorowany za pomocą technologii Internetu Rzeczy (IoT), systemów kamer czy inteligentnych aplikacji mobilnych. O ile te rozwiązania mają potencjał, by usprawnić zarządzanie miastem, ich

⁴⁰ Ł. Dziura, *Dobre praktyki w zakresie smart city*, Kraków 2017, s. 148 i 150, https://ruj.uj.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/item/70776/dziura_dobre_praktyki_w_zakresie_smart_city_2017.pdf?sequence=1 [dostęp 31.12.2024].

zastosowanie może prowadzić do stworzenia środowiska opartego na nieustannej inwigilacji, co wywołuje poważne pytania dotyczące granic między skutecznym zarządzaniem a ochroną prywatności⁴¹.

Co więcej, dane zbierane w ramach funkcjonowania takich systemów mogą być podatne na nadużycia nie tylko ze strony władz lokalnych, ale również podmiotów prywatnych, które mogą wykorzystać je w celach komercyjnych lub politycznych. Władze miejskie, dysponując zaawansowanymi narzędziami analitycznymi, mogą stosować tzw. miękką kontrolę, wpływając na zachowania mieszkańców przez ograniczanie dostępu do określonych usług lub narzucanie określonych wzorców funkcjonowania. Przykładem może być system punktowy oceniający zachowania obywateli, który wprowadzałby premiowanie pożądaných działań, takich jak korzystanie z transportu publicznego, w miejsce działań uznawanych za niekorzystne, np. korzystanie z prywatnych środków transportu.

Wrażliwość systemów inteligentnych na cyberataki jest kolejnym istotnym zagrożeniem, które może potęgować negatywne konsekwencje wdrażania koncepcji miasta 15-minutowego. Dane generowane przez mieszkańców mogą być przechwycone i wykorzystane przez nieuprawnione podmioty, co nie tylko zagraża bezpieczeństwu indywidualnemu, ale także destabilizuje funkcjonowanie całego miasta. W skrajnym przypadku przejście kontroli nad kluczowymi systemami zarządzania, takimi jak: sieci energetyczne czy transportowe, może prowadzić do paraliżu infrastruktury miejskiej i zagrożenia życia mieszkańców⁴².

Koncepcja miasta 15-minutowego wymaga także precyzyjnego określenia zasad przechowywania i ochrony danych. Brak transparentności w kwestii sposobu gromadzenia, przetwarzania i wykorzystywania danych może wzbudzać nieufność mieszkańców i ograniczać ich zaangażowanie w realizację tej idei. Ponadto, władze miejskie muszą zmierzyć się z koniecznością znalezienia równowagi między efektywnym zarządzaniem miastem a respektowaniem praw obywatelskich. Zbyt intensywna cyfryzacja i automatyzacja mogą sprawić, że mieszkańcy zaczną

⁴¹ Dylemat między dobrem ogółu a naruszaniem praw zdaje się być jednym z ważnych wątków badawczych dla prawników, por. E. Ura, *Prawa i wolności obywatelskie w świetle idei „miasta 15-minutowego”*, „Przegląd Prawa Konstytucyjnego” 2023, 4 (74), s. 83.

⁴² Kwestia szeroko omawiana w rozdziale trzecim.

postrzegać przestrzeń miejską jako środowisko nadmiernie kontrolowane, co prowadzi do erozji zaufania wobec lokalnych instytucji.

W efekcie, choć zaawansowane technologie są niezbędnym elementem realizacji koncepcji miasta 15-minutowego, ich potencjał budzi poważne kontrowersje. Zagrożenia związane z inwigilacją, nadużyciami danych oraz możliwością kontroli społecznej wymagają szczególnej ostrożności, aby nie stały się niezamierzonym skutkiem wdrażania tej idei. Wypracowanie odpowiednich mechanizmów ochrony prywatności i przejrzystych zasad funkcjonowania technologii jest kluczowe dla zachowania równowagi między innowacyjnością a wolnością obywateli⁴³.

Kolejnym ograniczeniem jest kwestia mobilności i elastyczności w korzystaniu z przestrzeni miejskiej. Choć idea miasta 15-minutowego wychodzi z założenia lokalnego realizowania wszystkich podstawowych potrzeb mieszkańców, w praktyce może to prowadzić do ograniczenia swobody wyboru. Mieszkańcy mogą być zmuszeni do korzystania z usług dostępnych w ich dzielnicy, nawet jeśli nie spełniają one ich oczekiwań co do jakości czy różnorodności. Ponadto osoby pracujące w lokalizacjach odległych od swojego miejsca zamieszkania mogą napotykać trudności związane z dostosowaniem swojej codziennej logistyki do założeń tego modelu.

Wreszcie, koncepcja miasta 15-minutowego nie jest uniwersalnym rozwiązaniem i może być trudna do zastosowania w odmiennych obszarach geograficznych, klimatycznych czy kulturowych. W miastach o rozległej strukturze urbanistycznej, gdzie odległości między poszczególnymi dzielnicami są znaczne, wdrożenie tej idei może być niewykonalne bez znacznego obciążenia finansowego. Ponadto, różnice w stylu życia oraz preferencjach mieszkańców mogą prowadzić do sytuacji, w których rozwiązania sprawdzające się w jednych regionach, nie będą efektywne w innych.

Koncepcja miasta 15-minutowego, choć stanowi interesującą propozycję zrównoważonego zarządzania przestrzenią miejską, napotyka na liczne wyzwania i ograniczenia, które wymagają dokładnej analizy i dostosowania do lokalnych uwarunkowań.

⁴³ T. Skoczkowski, S. Bielecki. *Konieczność zapewnienia interesów odbiorców końcowych w procesie budowy sieci inteligentnych*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2015, nr 91, s. 90.

Miasta 15-minutowe a koncepcje autonomicznych dzielnic / osiedli w PRL i innych państwach bloku wschodniego

Koncepcja miast 15-minutowych, ukierunkowana na zapewnienie dostępu do kluczowych usług w niewielkiej odległości od miejsca zamieszkania, w wielu aspektach przypomina założenia urbanistyczne osiedli mieszkaniowych tworzonych w okresie PRL oraz w innych krajach Europy Wschodniej. W obu przypadkach nacisk kładziono na zaspokojenie podstawowych potrzeb mieszkańców, ograniczając konieczność codziennego korzystania z transportu. Zarówno dawne osiedla, jak i współczesne miasta skupiały się na lokalizacji takich placówek, jak: przychodnie zdrowotne, punkty handlowe, miejsca kultury, a także tereny rekreacyjne. Podobnie jak dzisiaj, przestrzenie te umożliwiały mieszkańcom aktywność społeczną i integrację⁴⁴.

Miasta 15-minutowe rozwijają te założenia, wprowadzając technologie umożliwiające lepszą organizację życia codziennego. Współczesne osiedla korzystają z zaawansowanych systemów optymalizacji zasobów oraz integrują elementy przyjazne środowisku, co zapewnia większą wygodę i podnosi jakość życia mieszkańców. Kluczowym aspektem jest poprawa organizacji przestrzeni, choć w porównaniu do czasów PRL, kiedy budownictwo charakteryzowało się większymi odstępami między budynkami i bogatszą zielenią, obecne inwestycje częściej cechują się większą gęstością zabudowy, co prowadzi np. do patodeweloperki.

Budownictwo z okresu PRL, powszechnie krytykowane za jednolitość formy i jakość materiałów, wyróżniało się bardziej zrównoważonym podejściem do przestrzeni. Osiedla były projektowane z myślą o zapewnieniu dostępu do terenów zielonych: parków i placów zabaw, a budynki

⁴⁴ Powszechna obecność na osiedlach szkół, przedszkoli, ośrodków zdrowia, aptek, punktów usługowych, obszarów integracji w postaci osiedlowych / dzielnicowych ośrodków kultury czy bibliotek, a także miejsc związanych z aktywnością fizyczną – place zabaw, ścieżki spacerowe, boiska – może uchodzić za archetyp współczesnych koncepcji. Pomysł na miasto 15-minutowe ma już ponad 120 lat. M. Fijak, *Skąd obecna panika?*, <https://smoglab.pl/pomysl-na-miasto-15-minutowe-ma-juz-ponad-120-lat-skad-obecna-panika/> [dostęp 24.12.2024].

oddzielano szerokimi alejami i skwerami. Obecne trendy urbanistyczne, choć dążą do zrównoważonego rozwoju, często rezygnują z takich rozwiązań na rzecz maksymalizacji powierzchni użytkowej.

Inne możliwości technologiczne z klasycznymi założeniami planistycznymi umożliwiają połączenie zalet tradycyjnych osiedli z wymogami współczesnych miast. Bliskość punktów takich, jak: domy kultury, biblioteki, boiska czy place zabaw, stanowi wspólny mianownik obu koncepcji. Miasta 15-minutowe można zatem traktować jako odświeżone podejście do urbanistyki, czerpiące inspirację z osiedli okresu PRL, dostosowane jednak do dzisiejszych technologii i oczekiwań mieszkańców⁴⁵.

Przykłady miast wdrażających model 15-minutowy

W ostatnich latach model miasta 15-minutowego stał się przedmiotem zainteresowania wielu światowych metropolii, które szukają sposobów na bardziej zrównoważony rozwój urbanistyczny, poprawę jakości życia mieszkańców oraz ograniczenie negatywnego wpływu miast na środowisko. Wzrost liczby ludności w miastach, intensyfikacja problemów związanych z ruchem drogowym oraz rosące wyzwania klimatyczne sprawiają, że tradycyjne podejście do zarządzania przestrzenią miejską staje się niewystarczające. Koncepcja 15-minutowego miasta oferuje rozwiązania odpowiadające na te potrzeby, promując decentralizację usług, lokalną samowystarczalność oraz redukcję zależności od transportu samochodowego.

Wdrożenie, jak już nadmieniono, wymaga kompleksowych zmian w zarządzaniu przestrzenią miejską, ponieważ obecne struktury wielu miast charakteryzują się wyraźnym podziałem na strefy mieszkaniowe, przemysłowe i usługowe. Takie zróżnicowanie skutkuje koniecznością długich dojazdów oraz ograniczeniem dostępu do podstawowych usług w niektórych rejonach. Model 15-minutowy pozwala na zintegrowanie

⁴⁵ A. Włoch-Szymła, *Rola uwarunkowania przestrzenne, społeczne i środowiskowe Socjalistycznych osiedli mieszkaniowych a realizacja zasad zrównoważonego rozwoju – case study*, [w:] *Region, miasto, miasteczko Nowe impulsy rozwojowe*, (red.) A. Martyka, D. Jopek, Rzeszów 2022, s. 165.

funkcji w ramach lokalnych dzielnic, co nie tylko zwiększa dostępność usług, ale także wspiera rozwój społeczności dzięki ułatwieniu kontaktów międzyludzkich i budowaniu więzi sąsiedzkich.

Paryż

Wdrożenie modelu 15-minutowego miasta staje się szczególnie trudnym wyzwaniem w przypadku miast o historycznie ukształtowanej strukturze przestrzennej, gdzie zabudowa i sposób osadnictwa przez wieki dostosowywały się do innych potrzeb i priorytetów niż współczesne założenia urbanistyczne. W takich miastach istniejące dzielnice często odzwierciedlają historyczne podziały, wynikające zarówno z różnic społecznych, narodowościowych czy gospodarczych, jak i z dawnego systemu gospodarczego, który opierał się na przestrzennym rozdzieleniu funkcji miejskich. Doskonałym przykładem miasta, które wdraża wskazany model rozwojowy, a jednocześnie występują w nim przeszkody wynikające z dziejów jego osadnictwa, jest Paryż.

Jako jedno z największych miast Europy stanowi przykład implementacji koncepcji miasta 15-minutowego w praktyce, w pełnej zgodzie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu oraz ideą zrównoważonego rozwoju. Strategia jego władz opiera się na dążeniu do stworzenia przestrzeni przyjaznych mieszkańcom, redukcji emisji CO₂ oraz zwiększeniu dostępności usług w obrębie lokalnych dzielnic. Działania te są prowadzone z myślą o budowie nowoczesnej metropolii, w której potrzeby mieszkańców, ochrona środowiska i rozwój społeczny pozostają w równowadze.

Pod przewodnictwem merki Anne Hidalgo⁴⁶ władze miasta wprowadziły szeroko zakrojone zmiany w organizacji przestrzeni miejskiej,

⁴⁶ Z drugiej strony działania na rzecz transformacji i ekologii przyniosły jej globalne uznanie. Były wiceprezydent USA Al Gore nazwał ją „wizjonerską liderką”, która „pokazuje, jak lokalne działania mogą rozwiązać kryzys klimatyczny”.

Kiedy Hidalgo ubiegała się o reelekcję w 2020 r., wygrała zdecydowanie. Jednak w 2022 r. poniosła porażkę w wyborach prezydenckich, uzyskując zaledwie 1,75 proc. głosów, co było najgorszym wynikiem w historii dla kandydata Partii Socjalistycznej, <https://wiadomosci.onet.pl/politico/mer-paryza-anne-hidalgo-nie-bedzie-ubiegac-sie-o-reelekcje-to-koniec-pewnej-ery/rnz3s2p> [dostęp 28.12.2024].

kładąc nacisk na rozwój infrastruktury rowerowej oraz ograniczenie roli samochodów w transporcie miejskim⁴⁷. Centralnym elementem tej strategii jest tworzenie lokalnych sieci powiązań między miejscem zamieszkania, usługami publicznymi, handlem i przestrzeniami rekreacyjnymi, co ma pozwolić mieszkańcom na realizację codziennych potrzeb w promieniu krótkiego spaceru lub przejazdu rowerem⁴⁸. Inicjatywy te wpisują się w cele Europejskiego Zielonego Ładu, który kładzie nacisk na redukcję emisji gazów cieplarnianych, wspieranie mobilności niskoemisyjnej i tworzenie przyjaznych środowisku przestrzeni miejskich.

Jedną z bardziej znaczących inicjatyw realizowanych w Paryżu jest „*Réinventons Paris*” (Przekształćmy Paryż), którego celem jest zebranie projektów pozwalających na optymalną adaptację istniejących przestrzeni miejskich w sposób odpowiadający nowym wyzwaniom społecznym i środowiskowym. Koncepcja ta obejmuje rozwój wielofunkcyjnych obszarów, obejmujących m.in. lokalne targowiska, centra kulturalne oraz tereny rekreacyjne⁴⁹. W praktyce oznacza to przekształcanie nieużytków i zaniedbanych przestrzeni w miejsca służące mieszkańcom, sprzyjające ich integracji oraz wspierające lokalne społeczności. Dzięki wprowadzeniu tych zmian mieszkańcy mają dostęp do różnorodnych usług, co redukuje konieczność przemieszczania się na większe odległości i tym samym zmniejsza zapotrzebowanie na transport samochodowy.

⁴⁷ Inspirując się koncepcją 15-minutowego miasta Carlosa Moreny, władze miejskie realizują ideę „powrotu do lokalnego stylu życia”, rozwijając infrastrukturę rowerową i ograniczając rolę samochodów. Miasta krótkich odległości, oparte na zasadach gęstości zaludnienia, bliskości, różnorodności i cyfryzacji, umożliwiają mieszkańcom spełnianie podstawowych funkcji życiowych w odległości spaceru lub jazdy na rowerze od miejsca zamieszkania. W kontekście zmian demograficznych, czyli starzenia się społeczeństwa, kluczowe staje się planowanie przestrzeni miejskich przyjaznych osobom starszym, zapewniających dostęp do infrastruktury i usług odpowiadających ich potrzebom, co wpisuje się w działania na rzecz zrównoważonego rozwoju miejskiego. T. Kaczmarek, *Problematyka demograficzna...*, *op.cit.*, s.11,

⁴⁸ *The cycling revolution in Paris continues: Bicycle use now exceeds car use*, <https://english.elpais.com/lifestyle/2024-04-24/the-cycling-revolution-in-paris-continues-bicycle-use-now-exceeds-car-use.html> [dostęp 31.12.2024].

⁴⁹ *Réinventer Paris*, <https://www.paris.fr/pages/reinventer-paris-4632> [dostęp 31.12.2024].

Istotnym elementem wdrażania koncepcji miasta 15-minutowego w Paryżu jest rozbudowa infrastruktury rowerowej. W ciągu kilku lat miasto stworzyło sieć bezpiecznych ścieżek rowerowych, które pozwalają mieszkańcom na swobodne poruszanie się między lokalnymi punktami usługowymi. Wprowadzenie tzw. *coronapistes* (ścieżek rowerowych utworzonych w czasie pandemii COVID-19) stało się katalizatorem zmian w miejskim systemie transportowym, który obecnie stawia na pierwszym miejscu mobilność rowerową i pieszą⁵⁰. Rozwiązania te wspierają cele klimatyczne i są zgodne z politykami promowanymi przez Unię Europejską, które mają na celu rozwój transportu zrównoważonego i poprawę jakości powietrza w miastach.

Działania Paryża obejmują także wsparcie dla lokalnych przedsiębiorstw i usług, co jest kluczowym aspektem budowy wielofunkcyjnych dzielnic. Władze miasta promują politykę, która zachęca do tworzenia małych i średnich przedsiębiorstw w sąsiedztwach, aby zwiększyć dostępność podstawowych produktów i usług dla mieszkańców. Dzięki temu lokalne społeczności stają się bardziej samowystarczalne, a zależność od dużych sieci handlowych czy usługowych, zlokalizowanych często poza dzielnicą, ulega zmniejszeniu. Tego rodzaju polityka wzmacnia również lokalne więzi społeczne, sprzyjając integracji mieszkańców w efekcie wspólnego korzystania z usług i przestrzeni publicznych⁵¹.

Transformacja przestrzeni publicznych w Paryżu stanowi kolejny istotny element realizacji koncepcji miasta 15-minutowego. Władze miasta postawiły na rewitalizację placów, skwerów oraz parków, aby uczynić je bardziej dostępnymi dla mieszkańców i sprzyjającymi różnorodnym aktywnościom. Przykładem takich działań jest przekształcenie Place de la Bastille czy Place de la Nation w przestrzenie o ograniczonym ruchu samochodowym, przeznaczone głównie dla pieszych i rowerzystów. Te przekształcenia przyczyniają się do poprawy jakości życia mieszkańców,

⁵⁰ L.S. Wiśniewski, *Urban Distances. Dimensions of Urban Units And Distribution of Functions in the City in Context of Walking, Cycling and Public Transport Distances*, „Przestrzeń i Forma” 2021, s. 219–220.

⁵¹ Por. K. Sitnik, *Dostępność piesza usług krytycznych w Warszawie w kontekście koncepcji miasta 15-minutowego*, „Prace i Studia Geograficzne” 2023, t. 68.3, s. 42.

zwiększając dostępność terenów zielonych oraz promując aktywność fizyczną.

Ważnym aspektem wdrażania modelu miasta 15-minutowego w Paryżu jest także integracja przestrzeni publicznych z działalnością kulturalną i społeczną. Władze miasta wspierają organizację wydarzeń, takich jak: targi lokalnych produktów, koncerty czy warsztaty edukacyjne, które odbywają się w zrewitalizowanych przestrzeniach miejskich. Tego rodzaju inicjatywy nie tylko wzmacniają więzi społeczne, ale również promują zrównoważony rozwój gospodarczy dzięki wspieraniu lokalnych producentów i twórców.

Melbourne

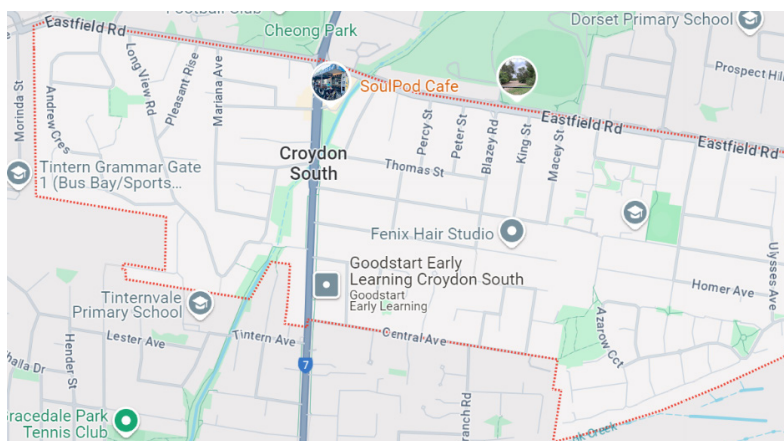
Melbourne, jako jedno z najszybciej rozwijających się miast Australii, wdrożyło strategię „20-minutowych dzielnic” w ramach długoterminowego planu urbanistycznego *Plan Melbourne 2017–2050*. Inicjatywa ta opiera się na umożliwieniu mieszkańcom dostępu do kluczowych usług, np. edukacji, opieki zdrowotnej, handlu czy rekreacji, w promieniu 20-minutowego spaceru lub jazdy rowerem od miejsca zamieszkania. W przeciwieństwie do ogólnych założeń modelu 15-minutowego miasta, koncepcja ta została dostosowana do specyfiki Melbourne, gdzie zabudowa jest często rozproszona, a obszary mieszkalne są oddzielone dużymi odległościami od centralnych punktów usługowych. Strategia ta nie tylko wspiera zrównoważony rozwój, ale także dostosowuje miasto do wyzwań związanych z urbanizacją i zmianami klimatycznymi⁵².

W ramach wstępnych działań trzy dzielnice Melbourne – Croydon South, Strathmore oraz Sunshine West – zostały wybrane jako obszary pilotażowe do wdrożenia koncepcji 20-minutowych dzielnic. Każda z nich charakteryzuje się odmiennymi wyzwaniami, co pozwala na testowanie różnorodnych rozwiązań dostosowanych do lokalnych warunków.

⁵² C. Whitzman, D. Tucker, A. Bishop, A. Doyon, C. Jones, T. Lowen, E. McMillan, *Plan Melbourne: can outer suburbs become 20-minute neighbourhoods?*, State of Australian Cities Conference 2013, <https://www.academia.edu/download/34410223/Whitzman-Social.pdf> [dostęp 31.12.2024].

Croydon South

Dzielnica Croydon South, znajdująca się około 30 kilometrów na wschód od centrum Melbourne, zmagająca się z problemem ograniczonej dostępności lokalnych usług oraz niewystarczającej infrastruktury pieszej i rowerowej. Po zasięgnięciu opinii publicznej⁵³ władze miejskie skupiły się na modernizacji istniejących tras komunikacyjnych, w tym budowie ścieżek rowerowych i poprawie bezpieczeństwa na przejściach dla pieszych⁵⁴. Lokalny rynek usług został wzmocniony na skutek promocji lokalnych przedsiębiorstw i stworzenia nowych punktów handlowo-usługowych w obrębie dzielnicy. Dzięki tym działaniom mieszkańcy zyskali łatwiejszy dostęp do sklepów, szkół i miejsc rekreacji, co zmniejszyło ich zależność od transportu samochodowego⁵⁵.



⁵³ Dzięki bezpośrednim konsultacjom z mieszkańcami, które miały miejsce podczas takich wydarzeń, jak Dzień Społeczności Croydon South, zidentyfikowano główne potrzeby. Dzięki wykorzystaniu platformy CrowdSpot, mieszkańcy mogli zgłaszać swoje pomysły dotyczące lokalnych problemów i ulubionych miejsc, co pozwoliło na precyzyjne zmapowanie potrzeb społeczności, *Croydon South Our 20-Minute Neighbourhood*, https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/word_doc/0021/653133/20MN-Croydon-South-ACCESSIBLE.docx

⁵⁴ Zebrane dane pokazały m.in., że 50% zgłoszeń dotyczyło problemów z poruszaniem się: braku przejść dla pieszych czy ograniczonej dostępności infrastruktury rowerowej. W rezultacie zdecydowano się na budowę przejść dla pieszych w newralgicznych miejscach, takich jak: Eastfield Road i Tarralla Creek.

⁵⁵ https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/word_doc/0021/653133/20MN-Croydon-South-ACCESSIBLE.docx

Działania prowadzono kompleksowo, dbając tak o funkcjonalność, jak i stronę wizualną⁵⁶. W programie przyjętych w ramach projektu działań położono silny akcent na kulturę⁵⁷ i bezpieczeństwo publiczne⁵⁸.

Projekt w Croydon South wyróżnia się kompleksowym podejściem, które łączy działania lokalnych władz, organizacji społecznych i instytucji badawczych⁵⁹.

Strathmore

Strathmore, położone około 10 kilometrów na północny zachód od centrum Melbourne, to dzielnica o bardziej rozwiniętej infrastrukturze, lecz z niedoborem przestrzeni publicznych sprzyjających integracji społecznej. W ramach programu wprowadzono zmiany w organizacji przestrzeni miejskiej, rewitalizując lokalne parki i place oraz tworząc nowe obszary zielone. Podjęto też wysiłki na rzecz zacieśnienia kontaktów bezpośrednich między mieszkańcami⁶⁰. Przykładem może być modernizacja placu przy Mascoma Street, gdzie dodano tereny do rekreacji i nowe miejsca

⁵⁶ Rewitalizację Eastfield Shops przeprowadzono m.in. poprawiając estetykę, instalując tablice informacyjne i budując nowe toalety publiczne.

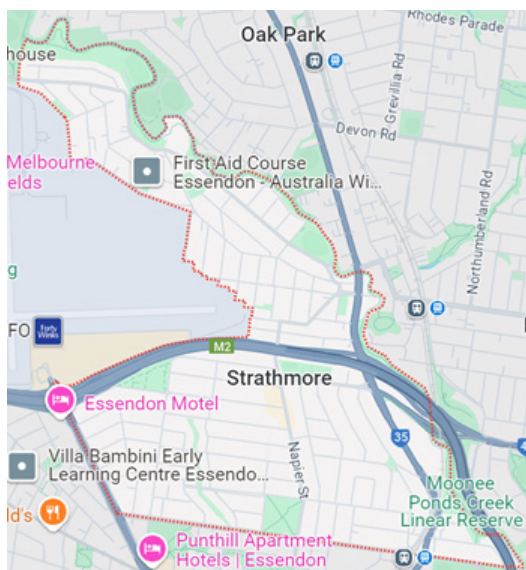
⁵⁷ Wdrożenie programów promujących sztukę i kulturę, w tym projekty artystyczne nawiązujące do dziedzictwa aborygeńskiego.

⁵⁸ Poprawa bezpieczeństwa w przestrzeni publicznej dzięki lepszemu oświetleniu i zwiększeniu nadzoru pasywnego.

⁵⁹ Partnerstwo z Melbourne Water przy projekcie Reimagining Tarralla Creek doprowadziło do naturalizacji korytarza rzecznoego, co poprawiło jakość przestrzeni rekreacyjnych. Współpraca z Victoria Walks umożliwiła przeprowadzenie audytu chodników, który wskazał potrzebę redukcji prędkości w pobliżu Eastfield Shops i poprawy oznakowania.

⁶⁰ Jednym z najbardziej widocznych wydarzeń w Strathmore była organizacja Strathmore Street Party w czerwcu 2018 roku. Impreza, w której wzięło udział ponad 400 osób, pozwoliła na aktywne zaangażowanie mieszkańców w konsultacje dotyczące projektów infrastrukturalnych, takich jak: strategia Moonee Ponds Creek „Chain of Ponds” czy ulepszenia ruchu drogowego przy Woodlands Street. Wydarzenie obejmowało również tworzenie tymczasowego parku przy stacji kolejowej Strathmore, co stało się symbolem odnowy przestrzeni publicznych w dzielnicy.

Dalszym rozwinięciem tej inicjatywy było organizowanie kolejnych wydarzeń, takich jak: noc filmowa, która przyciągnęła szerokie grono mieszkańców i umożliwiła mniej formalne rozmowy z przedstawicielami władz. Inicjatywa „Coffee with a Cop”, prowadzona we współpracy z policją, poprawiła poczucie



do spotkań społecznych. Ważnym elementem działań było wsparcie lokalnych przedsiębiorstw w formie organizacji targów oraz rozwoju infrastruktury wspierającej lokalny handel, co pozwoliło na wzmocnienie więzi sąsiedzkich⁶¹.

Sunshine West

Sunshine West, usytuowane około 15 kilometrów na zachód od centrum Melbourne, stanowi dzielnicę o dużej populacji, lecz niedostatecznie rozwiniętej infrastrukturze transportowej i terenach zielonych. Działania w tym obszarze obejmowały modernizację transportu publicznego, w tym poprawę połączeń autobusowych i pieszych, a także rewitalizację skwerów i parków, np. Sunshine Park. Wprowadzono również rozwiązania wspierające lokalną aktywność sportową, w tym modernizację boisk i miejsc do aktywności fizycznej, co przyczyniło się do poprawy jakości życia mieszkańców.

bezpieczeństwa wśród mieszkańców i wzmocniła więź między społecznością a służbami porządkowymi.

⁶¹ https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/pdf_file/0025/653128/Strathmore-Our-20-minute-neighbourhood.pdf

Tak jak w przypadku Croydon South czy Strathmore, podstawą projektu było podejście oparte na partnerstwie z lokalną społecznością⁶². Działania skoncentrowane były na poprawie infrastruktury oraz wzmacnianiu więzi społecznych. Łączono to ze wsparciem miejscowego businessu. W Glengala Village przeprowadzono kampanię „Guess Who”, która promowała lokalnych przedsiębiorców, zachęcając mieszkańców do częstszych wizyt w lokalnych sklepach i punktach usługowych⁶³. Prowadzący swoje punkty usługowe i handlowe z Glengala Village mieli również możliwość uczestniczenia w kampanii „Shop Local”, która zachęcała do korzystania z ich potencjału. Ponadto wdrożono strategię biznesową „Destination Yellow”, która koncentrowała się na wspieraniu małych firm, proponując szkolenia z zakresu obsługi klienta, planowania biznesowego czy marketingu online.

Jednym z ciekawszych rozwiązań było utworzenie tymczasowego „Pop-Up Park” – przestrzeni rekreacyjnej zastępującej miejsca parkingowe⁶⁴.

Sunshine West zмага się z efektem miejskiej wyspy ciepła, co czyniło kwestie ochrony środowiska priorytetem w planach rewitalizacyjnych. Przeprowadzone analizy wykazały niską pokrywą roślinną w niektórych częściach dzielnicy, co wpłynęło na decyzję o zwiększeniu nasadzeń drzew oraz tworzeniu korytarzy zielonych łączących istniejące przestrzenie zielone, takie jak: Kororoit Creek i Castley Reserve. W ramach działań rewitalizacyjnych odnowiono istniejące parki, np. Sunshine Park. Celem było nie tylko zwiększenie ilości terenów zielonych, ale także poprawa jakości istniejących przestrzeni, co osiągnięto nasadzając drzewa, tworząc miejsca cienia i poprawiając infrastrukturę.

⁶² Rada Brimbank City Council zainicjowała współpracę z grupami mieszkańców, takimi jak: lokalni przedsiębiorcy, grupy spacerowe oraz mieszkańcy w promieniu 800 metrów od Glengala Village. Dzięki licznym warsztatom i konsultacjom społeczność mogła aktywnie uczestniczyć w planowaniu zmian w swoim otoczeniu. W ramach inicjatyw rozdano ponad 2500 ankiet – ponad 260 odpowiedzi pozwoliło zidentyfikować kluczowe potrzeby i oczekiwania mieszkańców.

⁶³ Zorganizowano również wydarzenie „GlenGALA Day”, w którym wzięło udział około 350 osób, co przyczyniło się do budowania poczucia wspólnoty i dumy z miejsca zamieszkania.

⁶⁴ Inicjatywa ta zyskała uznanie społeczności, co otworzyło drogę do dalszych działań na rzecz stałych terenów zielonych w tym rejonie.

Wprowadzono środki poprawiające bezpieczeństwo pieszych: lepsze oznakowanie przejść, usprawnienie oświetlenia ulicznego i ograniczenie prędkości na newralgicznych odcinkach. W Glengala Village dostosowano przystanki autobusowe, poprawiono infrastrukturę dla rowerzystów oraz stworzono bardziej dostępne chodniki, co było szczególnie istotne dla osób starszych oraz rodzin z dziećmi.

Podsumowanie

Programy realizowane w różnych częściach Melbourne, takie jak: w Sunshine West, Strathmore czy Croydon South, jednoznacznie poprawiły sprawność komunikacyjną oraz wpłynęły pozytywnie na lokalne społeczności i istniejące biznesy. Modernizacja transportu publicznego, budowa ścieżek rowerowych, rewitalizacja przestrzeni publicznych oraz wsparcie lokalnych przedsiębiorstw przyczyniły się do lepszego zintegrowania mieszkańców z ich sąsiedztwem i podniosły jakość życia w tych dzielnicach. Działania, takie jak: kampanie promocyjne, organizacja wydarzeń społecznych czy rewitalizacja centrów handlowych, zwiększyły ruch w lokalnych sklepach i usługach, wspierając rozwój lokalnych gospodarek.

Pomimo tych sukcesów brakuje jednak działań wspierających powstawanie nowych inwestycji, które mogłyby dostarczyć dodatkowych miejsc pracy i uzupełnić istniejącą infrastrukturę. Inicjatywy, takie jak: rewitalizacja Glengala Village w Sunshine West czy działania w Strathmore, koncentrowały się głównie na poprawie dostępności oraz wspieraniu istniejących przedsiębiorstw. Brak wyraźnych strategii dotyczących przyciągania nowych inwestorów rodzi wątpliwości co do możliwości zaspokojenia rosnących potrzeb mieszkańców oraz dynamicznie zmieniających się warunków społecznych i gospodarczych.

Otwartym pozostaje więc pytanie, czy bez równoległego wsparcia dla nowych inwestycji możliwe jest skuteczne zrealizowanie idei 20-minutowego miasta, szczególnie wobec wyzwań, jakie stawia przed władzami lokalnymi konieczność dostosowania się do rosnącej liczby mieszkańców oraz ich różnorodnych potrzeb. W obecnej formule programy te są istotnym krokiem w kierunku zrównoważonego rozwoju, ale nie rozwiązują w pełni spektrum problemów, z którymi borykają się współczesne metropolie.

Barcelona

Barcelona wdraża projekt *superilles* (superbloków), który stanowi innowacyjne podejście do organizacji przestrzeni miejskiej. Projekt ten został opracowany jako odpowiedź na potrzebę zwiększenia jakości życia mieszkańców dzięki zastosowaniu takich środków, jak: ograniczenie ruchu samochodowego, redukcja zanieczyszczeń powietrza oraz zwiększenie dostępności przestrzeni publicznych. Superbloki to struktury urbanistyczne obejmujące od trzech do dziewięciu przecznic, w których priorytetem jest mobilność piesza, rowerowa i dostęp do lokalnych usług, co czyni je modelowym przykładem zintegrowanego planowania miejskiego.

Jak wspomniano, jednym z kluczowych rozwiązań wprowadzanych w ramach projektu jest ograniczenie ruchu samochodowego do głównych arterii miejskich w połączeniu z udostępnieniem wnętrza superbloków głównie dla pieszych i rowerzystów. Samochody mogą korzystać z tych przestrzeni jedynie w przypadku dojazdów mieszkańców, przy czym prędkość poruszania się została ograniczona do 10 km/h. Dzięki temu możliwe jest stworzenie przestrzeni sprzyjających interakcjom społecznym, rekreacji oraz organizacji lokalnych wydarzeń.

Wprowadzono również strefy *slow mobility* w superblokach, które obejmują usprawnienia infrastruktury pieszej i rowerowej, takie jak: szerokie chodniki, ścieżki rowerowe oraz punkty do ładowania rowerów elektrycznych. Zmniejszenie ruchu samochodowego pozwoliło na znaczną redukcję hałasu, co bezpośrednio wpłynęło na komfort życia mieszkańców⁶⁵.

Wnętrza superbloków są projektowane jako przestrzenie wielofunkcyjne, w których integruje się różnorodne zadania miejskie. Centralne obszary bloków zostały przekształcone w place i zielone strefy rekreacyjne, takie jak: mini-parki, place zabaw oraz przestrzenie do organizacji wydarzeń kulturalnych. Zwiększono liczbę ławek, fontann oraz miejsc

⁶⁵ Zmniejszenie zależności od samochodów osobowych przyczyniło się do ograniczenia kosztów transportu zarówno dla mieszkańców, jak i przedsiębiorców. Lokalni przedsiębiorcy korzystający z superbloków jako centrum działalności mieli możliwość redukcji wydatków na logistykę i dostawy, co pozytywnie wpłynęło na ich dochody.

do siedzenia, co sprzyja tworzeniu więzi społecznych i większemu zaangażowaniu mieszkańców w życie lokalnej społeczności⁶⁶.

Przykładem udanej implementacji jest superblok w dzielnicy Poblenou, gdzie wewnętrzne ulice zamieniono na deptaki otoczone lokalnymi sklepami, szkołami oraz punktami usługowymi. Działania te znacząco zwiększyły dostępność lokalnych usług oraz zmniejszyły potrzebę przemieszczania się na większe odległości. W efekcie mieszkańcy mogą realizować większość swoich codziennych potrzeb w promieniu krótkiego spaceru.

Superbloki odgrywają również istotną rolę w adaptacji miasta do zmian klimatycznych. Projekt zakłada zwiększenie liczby nasadzeń drzew oraz wprowadzenie rozwiązań wspierających gospodarkę wodną, np. systemów retencji wody deszczowej. Zielen miejska nie tylko poprawia estetykę przestrzeni, ale także ogranicza efekt miejskiej wyspy ciepła⁶⁷, co jest szczególnie istotne w kontekście częstych upałów w Barcelonie.

⁶⁶ Superbloki sprzyjają wzmocnieniu więzi między przedsiębiorcami a mieszkańcami, co prowadzi do większej lojalności klientów wobec lokalnych sklepów. Ponadto w ramach projektu w niektórych dzielnicach organizowane były kampanie promocyjne, takie jak: wydarzenia handlowe czy targi lokalne, które miały na celu zwiększenie widoczności przedsiębiorstw i zachęcenie do zakupów na miejscu.

⁶⁷ Miejskie wyspy ciepła (*urban heat islands*, UHI) to jedno z najpoważniejszych wyzwań, przed którymi stają współczesne miasta, szczególnie w obliczu zmian klimatycznych i rosnącej urbanizacji. Zjawisko to polega na podwyższonych temperaturach w obszarach miejskich w porównaniu z otaczającymi terenami wiejskimi. Różnice te mogą sięgać nawet kilku stopni Celsjusza, szczególnie w godzinach nocnych. Przyczyny tego zjawiska są złożone i wynikają głównie z działalności człowieka. Betonowe i asfaltowe powierzchnie miejskie, które zastępują naturalne pokrycie terenu, akumulują i emitują ciepło w znacznie większym stopniu niż gleba czy roślinność. Dodatkowo, intensywne użytkowanie energii w miastach, na co składa się ogrzewanie, klimatyzacja czy ruch samochodowy, prowadzi do generowania antropogenicznego ciepła, które potęguje efekt UHI.

Barcelona, jako jedno z najbardziej zaludnionych miast regionu śródziemnomorskiego, jest doskonałym przykładem miejsca, gdzie zjawisko to jest szczególnie widoczne. Gęsta zabudowa miasta, w połączeniu z ograniczoną ilością terenów zielonych w centralnych dzielnicach, takich jak Ciutat Vella, prowadzi do akumulacji ciepła w ciągu dnia i powolnego jego uwalniania nocą. Efekt ten jest dodatkowo wzmocniany przez tzw. kaniony miejskie, czyli wąskie ulice

Na przykład w superbloku w Sant Antoni wprowadzono system zarządzania wodą opadową, który pozwala na zbieranie deszczówki w celu podlewania zieleni oraz chłodzenia przestrzeni publicznych. Dodatkowo, powierzchnie nieprzepuszczalne, takie jak asfalt, zastąpiono bardziej przyjaznymi dla środowiska materiałami, co zwiększa możliwości infiltracji wody do gruntu.

otoczone wysokimi budynkami, które ograniczają cyrkulację powietrza. W rezultacie w Barcelonie różnice temperatur między centrum miasta a otaczającymi terenami mogą wynosić nawet 5°C, co ma istotne konsekwencje zarówno dla środowiska, jak i dla mieszkańców.

Skutki miejskich wysp ciepła są wielopłaszczyznowe i dotyczą różnych aspektów życia miejskiego. Po pierwsze, wyższe temperatury pogarszają komfort życia, zwłaszcza podczas letnich upałów, które w regionie śródziemnomorskim są szczególnie dotkliwe. Długotrwałe narażenie na wysokie temperatury może prowadzić do poważnych problemów zdrowotnych, takich jak: udary cieplne, choroby układu sercowo-naczyniowego czy nasilenie objawów astmy. W Barcelonie, gdzie duża część populacji to osoby starsze, problem ten jest szczególnie istotny. Po drugie, wzrost temperatur skutkuje zwiększonym zużyciem energii na potrzeby klimatyzacji, co nie tylko podnosi koszty życia, ale także przyczynia się do większej emisji gazów cieplarnianych i dalszego pogłębiania zmian klimatycznych.

Aby przeciwdziałać tym negatywnym skutkom, Barcelona wdraża szereg strategii mających na celu ograniczenie efektu UHI. Miasto koncentruje się na zwiększaniu ilości terenów zielonych, które pełnią kluczową rolę w regulacji temperatury. Jednym z przykładów jest rozwój parków miejskich, takich jak Parc Central del Poblenou, które nie tylko poprawiają mikroklimat, ale także oferują mieszkańcom przestrzeń do rekreacji. Równie istotnym rozwiązaniem są zielone dachy i ściany, które zyskują coraz większą popularność w miejskiej architekturze. Te innowacje nie tylko absorbują ciepło, ale także poprawiają estetykę miasta, zwiększają bioróżnorodność i retencję wód opadowych.

Mimo tych działań problem UHI pozostaje poważnym wyzwaniem dla Barcelony, szczególnie w kontekście prognozowanych zmian klimatycznych, które mogą nasilić występowanie fal upałów. Konieczne jest kontynuowanie inwestycji w zieloną infrastrukturę oraz edukacja mieszkańców w zakresie jej znaczenia. Dzięki połączeniu nowoczesnych technologii, takich jak chłodzące materiały budowlane, z tradycyjnymi metodami, jak tworzenie parków czy nasadzeń drzew, Barcelona może stać się wzorem dla innych miast, które również borykają się z problemem miejskich wysp ciepła. Por. A. Salvati, H.C. Roura, C. Cecere, *Assessing the urban heat island and its energy impact on residential buildings in Mediterranean climate: Barcelona case study*, „Energy and Buildings” 2017, Vol. 146, s. 38–54.

Implementacja superbloków przyniosła liczne korzyści społeczno-gospodarcze⁶⁸. Dzięki zwiększeniu dostępności przestrzeni publicznych oraz poprawie jakości powietrza superbloki stały się bardziej atrakcyjne zarówno dla mieszkańców, jak i dla lokalnych przedsiębiorstw⁶⁹. Zwiększenie ruchu pieszego i rowerowego w tych obszarach wpłynęło pozytywnie na lokalny handel detaliczny, co zostało zauważone zwłaszcza w dzielnicach Poblenou i Gràcia, gdzie przychody lokalnych firm wzrosły o około 10% po wdrożeniu projektu. Co więcej, wpłynęło na samo postrzeganie lokalizacji jako atrakcyjnej. W rezultacie przyniosło wzrost zainteresowania nieruchomościami w tej lokalizacji⁷⁰.

Wprowadzenie superbloków przyczyniło się również do wzmocnienia więzi społecznych. Wspólne przestrzenie rekreacyjne sprzyjają spotkaniom mieszkańców oraz organizacji wydarzeń kulturalnych i edukacyjnych, co zwiększa poczucie przynależności do społeczności lokalnej⁷¹.

⁶⁸ Wprowadzenie ograniczeń w ruchu samochodowym i promowanie mobilności pieszej oraz rowerowej zwiększyło liczbę osób odwiedzających lokalne sklepy i punkty usługowe. W dzielnicach takich, jak: Poblenou i Gràcia, odnotowano wzrost przychodów małych firm, wynoszący około 10% po implementacji superbloków. Dzięki zwiększeniu liczby odwiedzających lokalne przedsiębiorstwa, czyli kawiarnie, restauracje czy sklepy detaliczne, zyskały większą bazę klientów.

⁶⁹ Reorganizacja przestrzeni miejskiej w superblokach obejmowała także modernizację infrastruktury ulicznej i estetyki otoczenia, co wpłynęło na postrzeganie tych obszarów jako bardziej atrakcyjnych. Wprowadzenie nowych miejsc do odpoczynku, lepszego oświetlenia oraz zieleni miejskiej sprawiło, że superbloki stały się przyjaznymi przestrzeniami handlowymi, zachęcającymi do dłuższego przebywania i korzystania z lokalnych usług.

⁷⁰ Superbloki podniosły prestiż dzielnic, w których zostały wdrożone, czyniąc je bardziej atrakcyjnymi dla nowych inwestorów oraz zwiększając wartość nieruchomości. Wzrost zainteresowania tymi obszarami doprowadził do większej stabilności ekonomicznej lokalnych przedsiębiorstw oraz poprawy konkurencyjności dzielnic w skali miasta.

⁷¹ Dzięki przekształceniu ulic w przestrzenie wielofunkcyjne, takie jak: place zabaw, tereny zielone czy strefy kulturalne, superbloki stały się miejscami spotkań i wydarzeń społecznych. Wzrost liczby osób korzystających z tych przestrzeni przełożył się na wzrost ruchu w lokalnych punktach usługowych, co w efekcie wspierało rozwój lokalnej gospodarki.

Podsumowanie

Pomimo licznych sukcesów, projekt superbloków budzi również pewne kontrowersje. Krytycy wskazują na brak wystarczających inwestycji w nowe formy zabudowy oraz ograniczone wsparcie dla małych przedsiębiorstw w początkowej fazie realizacji. Dodatkowo, niektóre obszary Barcelony, takie jak dzielnice o niższej gęstości zaludnienia, wciąż pozostają poza zasięgiem tego programu, co rodzi pytania o możliwość szerokiego zastosowania tego modelu.

Choć superbloki są ambitnym i innowacyjnym projektem, ich sukces w pełni zależy od ciągłego dostosowywania rozwiązań do lokalnych warunków oraz inwestycji w rozwój infrastruktury i usług publicznych. Przyszłość projektu będzie zależeć od zdolności Barcelony do reagowania na nowe potrzeby mieszkańców oraz równoważenia interesów różnych grup społecznych i gospodarczych.

Portland

Portland w stanie Oregon w USA od lat pełni rolę lidera w zakresie wdrażania innowacyjnych rozwiązań urbanistycznych, które harmonijnie łączą zasady zrównoważonego rozwoju z poprawą jakości życia mieszkańców. Miasto to, choć nie używa formalnie pojęcia „miasta 15-minutowego”, wprowadza liczne inicjatywy, które odzwierciedlają jego założenia, koncentrując się na promowaniu alternatywnych środków transportu, zwiększaniu dostępności usług lokalnych oraz ochronie środowiska.

Jednym z filarów polityki urbanistycznej Portland jest rozwój różnorodnych form transportu zrównoważonego. Miasto zainwestowało w rozbudowę sieci tramwajowej, której głównym celem jest połączenie centralnych obszarów miasta z dzielnicami mieszkalnymi oraz lokalnymi centrami usługowymi. Tramwaje w Portland charakteryzują się wysoką częstotliwością kursowania oraz niskim śladem węglowym, co czyni je ekologiczną alternatywą dla samochodów.

Transport rowerowy również odgrywa kluczową rolę w strategii miejskiej. Portland dysponuje rozbudowaną siecią służących temu ścieżek. Mają one łączną długość ponad 500 kilometrów, a wiele z nich zostało zaprojektowanych jako „zielone korytarze”, które łączą przestrzenie

mieszkalne, parki i miejsca pracy. Przykładem jest Tilikum Crossing, most przeznaczony wyłącznie dla pieszych, rowerzystów i transportu publicznego, który stał się symbolem zaangażowania miasta w promowanie mobilności zrównoważonej.

Portland dąży do maksymalnego wykorzystania przestrzeni publicznych w sposób sprzyjający lokalnej społeczności. Zielone korytarze, takie jak: Fremont Greenway czy Sullivan's Gulch Trail, nie tylko ułatwiają codzienne przemieszczanie się mieszkańców, ale również pełnią funkcję terenów rekreacyjnych, wspierających zdrowy styl życia. Inwestycje te wpisują się w szerszy plan rewitalizacji przestrzeni miejskiej, który łączy infrastrukturę transportową z parkami, placami i zielenią miejską.

Jednym z najbardziej nowatorskich projektów w Portland jest Eco-Districts, który koncentruje się na tworzeniu ekologicznych dzielnic jako modelu zintegrowanego zarządzania miejskiego. Każda z tych dzielnic projektowana jest jako system zamknięty, w którym zasoby energetyczne, wodne i odpadowe są maksymalnie wykorzystywane w sposób zrównoważony. W ramach EcoDistricts wdraża się rozwiązania takie, jak: lokalne mikroelektrownie zasilane energią odnawialną, systemy zbierania wody deszczowej oraz infrastruktura wspierająca gospodarkę o obiegu zamkniętym⁷².

Działania Portland w zakresie urbanistyki i zrównoważonego rozwoju przyniosły liczne korzyści ekonomiczne i społeczne. Rozwój lokalnych dzielnic, np. EcoDistricts, zwiększył atrakcyjność miasta dla inwestorów oraz nowych mieszkańców, co wpłynęło na wzrost wartości nieruchomości i przyciągnęło nowe firmy. Ponadto większa dostępność przestrzeni publicznych oraz promowanie aktywności fizycznej przełożyły się na poprawę jakości życia mieszkańców i wzrost poczucia wspólnoty.

Władze Portland kładą duży nacisk na współpracę z lokalnymi społecznościami, sektorem prywatnym oraz organizacjami pozarządowymi. Organizowane są regularne konsultacje społeczne, warsztaty oraz

⁷² Przykładem jest Pearl District, która przeszła kompleksową rewitalizację z dawnej dzielnicy przemysłowej w nowoczesną przestrzeń miejską, integrującą mieszkalnictwo, biura, centra kultury oraz tereny zielone. W projekcie tym zastosowano innowacyjne technologie zarządzania wodą, takie jak systemy retencji wody deszczowej, które pozwalają na nawadnianie terenów zielonych i minimalizację odprowadzania wody do kanalizacji.

programy edukacyjne, które mają na celu zwiększenie zaangażowania mieszkańców w procesy decyzyjne. Przykładem może być inicjatywa „Portland Plan”, która określa priorytety rozwoju miasta na podstawie opinii mieszkańców oraz lokalnych interesariuszy.

Bogota

Bogota, stolica Kolumbii, jest jednym z najbardziej dynamicznych ośrodków urbanistycznych Ameryki Łacińskiej, gdzie konsekwentnie wdraża się innowacyjne rozwiązania mające na celu poprawę jakości życia mieszkańców. Władze miasta, inspirując się globalnymi trendami zrównoważonego rozwoju, realizują elementy modelu miasta 15-minutowego, kładąc szczególny nacisk na transport publiczny, rozwój lokalnych usług, technologie wspierające zarządzanie miejskie oraz inicjatywy wspierające gospodarkę lokalną.

Bogota od lat stawia na rozwój transportu publicznego jako głównego narzędzia wspierającego zrównoważony rozwój miasta. Kluczowym elementem tych działań jest system TransMilenio, który uchodzi za jeden z najbardziej efektywnych systemów szybkiego transportu autobusowego na świecie. TransMilenio, uruchomiony w 2000 roku, opiera się na wydzielonych trasach dla autobusów o dużej pojemności, co pozwala na szybkie i efektywne przemieszczanie się po mieście. Dzięki temu miliony mieszkańców mogą codziennie docierać do pracy, szkół czy usług w krótszym czasie, co znacząco poprawia jakość życia.

Miasto inwestuje także w rozwój systemu rowerowego – Bogota dysponuje jedną z największych sieci tras rowerowych w Ameryce Łacińskiej, obejmującą ponad 500 kilometrów. W ramach programu Ciclovía regularnie organizowane są dni bez samochodu, podczas których główne arterie miejskie są udostępniane wyłącznie rowerzystom, pieszym i rolkarzom. To rozwiązanie nie tylko promuje ekologiczny transport, ale również wspiera zdrowy styl życia.

Bogota prowadzi politykę wzmocnienia lokalnej gospodarki na drodze rozwoju infrastruktury sprzyjającej drobnym przedsiębiorcom oraz inicjatyw wspomagających lokalne targowiska i centra usługowe.. Targowiska, takie jak Paloquemao, pełnią kluczową rolę w zaopatrzeniu mieszkańców w żywność oraz produkty codziennego użytku. Władze

miasta inwestują w modernizację tych przestrzeni, poprawę ich dostępności oraz rozwój infrastruktury sanitarnej, co sprzyja rozwojowi drobnego handlu⁷³.

W kontekście modelu 15-minutowego miasto dąży do tworzenia „lokalnych węzłów usługowych”, które integrują funkcje mieszkalne, rekreacyjne i usługowe. Na przykład dzielnica Usaquén została zmodernizowana w taki sposób, aby mieszkańcy mieli łatwy dostęp do lokalnych sklepów, restauracji, szkół i przestrzeni rekreacyjnych w obrębie kilku przecznic.

Bogota inwestuje również w technologie wspierające zarządzanie miejskie. Władze wprowadziły platformy cyfrowe umożliwiające mieszkańcom łatwiejszy dostęp do usług publicznych, takich jak rejestracja pojazdów, płatności za transport czy zgłaszanie problemów infrastrukturalnych. W ramach projektu „Smart Bogota” wdrażane są inteligentne rozwiązania, przykładowo systemy monitorowania ruchu drogowego czy zarządzania oświetleniem miejskim, które zwiększają efektywność energetyczną⁷⁴.

Władze Bogoty dużą uwagę poświęcają tworzeniu przestrzeni publicznych sprzyjających integracji społecznej i rekreacji. Rewitalizacja parków, takich jak Park Simóna Bolívara, oraz budowa nowych terenów zielonych przyczyniają się do poprawy jakości życia w mieście. Przestrzenie te służą jako miejsca spotkań społeczności lokalnych, wydarzeń kulturalnych oraz aktywności fizycznej.

Podsumowanie

Bogota stanowi interesujący przykład miasta, które skutecznie adaptuje elementy modelu 15-minutowego do lokalnych warunków. Inwestycje

⁷³ A. Michalska-Żyła. *15-minutowe zielone miasto kompaktowe – koncepcje, wyzwania i perspektywy*. „Nowa Polityka Wschodnia” 2024, t. 41.2, s. 33.

⁷⁴ W ostatnich latach Bogota przyciągnęła również znaczące inwestycje zagraniczne w sektorze technologicznym. Miasto rozwija się jako regionalne centrum innowacji, wspierając *start-upy* i firmy z branży IT. Park Technologiczny w dzielnicy Zona Franca oferuje infrastrukturę wspierającą przedsiębiorstwa zajmujące się nowoczesnymi technologiami, takimi jak: sztuczna inteligencja, Internet Rzeczy (IoT) czy analiza danych. To pokazuje, że miasto stawia na dywersyfikację gospodarki, wychodząc poza tradycyjne sektory.

w transport publiczny, rozwój lokalnych targowisk, wsparcie dla przedsiębiorczości oraz nowoczesne technologie świadczą o kompleksowym podejściu władz miejskich do zrównoważonego rozwoju. Wprowadzenie tych rozwiązań nie tylko poprawia jakość życia mieszkańców, ale również wzmacnia lokalną gospodarkę, czyniąc Bogotę jednym z najbardziej innowacyjnych ośrodków miejskich w Ameryce Łacińskiej.

Podsumowanie: wyważenie innowacji i ryzyk w realizacji miast 15-minutowych

Koncepcja miasta 15-minutowego, promowana na całym świecie jako model zrównoważonego rozwoju urbanistycznego, znajduje odzwierciedlenie w różnorodnych projektach realizowanych w sposób zbliżony do przedstawionych, a odnoszących się do: Portland, Bogoty, Melbourne czy Paryża. Modele te kładą nacisk na zwiększenie dostępności lokalnych usług, poprawę mobilności oraz wzmocnienie więzi społecznych, jednocześnie integrując zrównoważone technologie i innowacyjne podejścia do zarządzania przestrzenią miejską. Jednak wdrażanie tych rozwiązań wiąże się również z istotnymi wyzwaniami, zarówno gospodarczymi, jak i społecznymi.

Kluczowymi elementami wdrażania idei 15-minutowych miast są konsultacje społeczne oraz współpraca z sektorem prywatnym i organizacjami pozarządowymi są. Przykłady z Melbourne pokazują, że zaangażowanie mieszkańców w procesy planowania zwiększa ich akceptację dla wprowadzanych zmian. Transparentne procedury, takie jak: warsztaty i ankiety, umożliwiają społecznościom wyrażenie swoich potrzeb oraz współtworzenie przestrzeni publicznych.

W Portland, w ramach inicjatyw takich, jak: „Portland Plan” i Eco-Districts, współpraca z lokalnymi interesariuszami pozwoliła na wdrażanie projektów odpowiadających na specyficzne potrzeby poszczególnych dzielnic. W Bogocie rozwój lokalnych targowisk oraz projektów, takich jak TransMilenio, stał się możliwy dzięki zaangażowaniu przedsiębiorców i organizacji społecznych.

Podobnie Paryż, realizując strategię miasta 15-minutowego, postawił na ścisłą współpracę z lokalnymi społecznościami, jednocześnie

promując rozwiązania zgodne z celami Europejskiego Zielonego Ładu. Partnerstwo to pozwala na rozwój inicjatyw redukujących emisje CO₂ i poprawiających jakość życia.

Implementacja rozwiązań właściwych dla idei miast 15-minutowych wymaga znacznych inwestycji w infrastrukturę i technologie. Przykładem jest Bogota, gdzie rozwój transportu publicznego, ścieżek rowerowych oraz lokalnych centrów usługowych wspiera gospodarkę w związku z tworzeniem miejsc pracy i wspieraniem lokalnych przedsiębiorców. Podobnie Melbourne, dzięki programom rewitalizacji dzielnic, zwiększyło atrakcyjność lokalnych przedsiębiorstw, jednak brak inwestycji w nowe biznesy rodzi pytania o długoterminową trwałość zmian. Portland wdraża zaawansowane rozwiązania technologiczne, takie jak: systemy zarządzania wodą i energią w EcoDistricts, integrując je z lokalną gospodarką. Niemniej jednak finansowanie takich inicjatyw wymaga stałej współpracy międzysektorowej, co może być wyzwaniem w obliczu ograniczonych budżetów.

Mimo licznych korzyści wynikających z realizacji koncepcji miast 15-minutowych, należy zwrócić uwagę na potencjalne zagrożenia. Rozwój technologii inteligentnych miast, w tym przykładowo systemów monitoringu ruchu i zarządzania danymi, niesie ryzyko permanentnej inwigilacji mieszkańców. Przykłady z Bogoty i Melbourne udowadniają, że zbieranie danych jest nieodzownym elementem efektywnego zarządzania przestrzenią miejską, ale brak odpowiednich regulacji może prowadzić do naruszeń prywatności.

Obawy dotyczące nadmiernej kontroli społecznej mogą również wynikać z centralizacji systemów zarządzania miastami. Monitorowanie ruchu, korzystanie z kart płatniczych w transporcie publicznym czy analiza danych o aktywności mieszkańców wywołują pytania dotyczące zakresu ingerencji władz w życie codzienne obywateli. W dłuższej perspektywie może to prowadzić do spadku zaufania społecznego i oporu wobec dalszych zmian.

Wszystkie analizowane miasta, od Portland po Paryż, stoją przed wspólnym wyzwaniem: jak zapewnić równowagę między innowacjami a potrzebami społecznymi? Brak inwestycji w nowe biznesy, napięcia związane z rosnącą populacją oraz ryzyko wykluczenia części społeczności to problemy, które wymagają systemowych rozwiązań. Konieczne

jest jeszcze znalezienie sposobu na ochronę prywatności mieszkańców i przeciwdziałanie ewentualnym nadużyciom wynikającym z wdrażania zaawansowanych technologii.

Model miasta 15-minutowego oferuje potencjalnie rewolucyjne podejście do planowania przestrzennego, które integruje potrzeby lokalnych społeczności z globalnymi celami zrównoważonego rozwoju. Jednak, aby koncepcja ta była trwała i akceptowana społecznie, konieczne jest wyważenie między efektywnością technologiczną, potrzebami ekonomicznymi a ochroną podstawowych praw obywatelskich.

Rozdział II

Energetyka i zrównoważony rozwój nowoczesnego miasta

Wyzwania energetyczne w kontekście nowoczesnych miast

Wraz z dynamicznym wzrostem liczby ludności miejskiej i ciągłą ekspansją terenów zabudowanych nowoczesne miasta stają w obliczu istotnych wyzwań związanych z zarządzaniem zasobami energetycznymi. Przybierające na sile zapotrzebowanie na energię, wynikające z intensywnej urbanizacji i zwiększonego wykorzystania technologii, nakłada ogromne obciążenie na istniejącą infrastrukturę oraz zasoby naturalne. Problem ten jest szczególnie widoczny w dużych aglomeracjach, które często borykają się z ograniczeniami przestrzennymi oraz trudnościami w dostosowaniu systemów dystrybucji i produkcji energii do szybko zmieniających się potrzeb społeczności miejskich⁷⁵.

⁷⁵ Efektywne zarządzanie przedsiębiorstwami sieciowymi w kontekście nowoczesnych miast wymaga nie tylko technicznego uzbrojenia sieci energetycznych, ale także wdrożenia odpowiednich mechanizmów organizacyjnych i narzędzi zarządzania. Kluczowym wyzwaniem jest selekcja i interpretacja informacji napływających z sieci tak, aby różne szczeble decyzyjne w przedsiębiorstwie otrzymywały dokładnie takie dane, jakie są potrzebne do podejmowania trafnych i terminowych decyzji. Dotyczy to zarówno bieżącego zarządzania ruchem w sieci, jak i planowania remontów oraz inwestycji w infrastrukturę energetyczną. W przypadkach wymagających skrajnie krótkiego czasu reakcji, takich jak: dostosowanie nastaw zabezpieczeń do aktualnej konfiguracji generacji rozproszonej czy reagowanie na zdarzenia awaryjne, konieczne jest zastosowanie autonomicznych systemów automatyki. Takie podejście pozwala na zwiększenie

Kluczowym zagadnieniem jest zapewnienie stabilnych dostaw energii w warunkach rosnącego zapotrzebowania. Tradycyjne systemy energetyczne, oparte na centralnej produkcji i przesyłce, stają się coraz mniej efektywne w obliczu dynamicznego rozwoju urbanistycznego. Główne wyzwania obejmują straty przesyłowe na dużych odległościach, niedostateczną elastyczność infrastruktury oraz ograniczenia technologiczne⁷⁶.

W wielu miastach dodatkowym problemem jest wysoka zależność od paliw kopalnych, co prowadzi do poważnych skutków środowiskowych, takich jak emisja gazów cieplarnianych oraz zanieczyszczenie powietrza. O ile pierwszy z wymienionych problemów właściwy jest dla wszystkich, o tyle drugi stanowi rzeczywiste bezpośrednie zagrożenia dla zdrowia i życia w miastach i dotyka nie tylko dużych ośrodków metropolitalnych. Konieczność transformacji sektora energetycznego w celu bardziej zrównoważonych rozwiązań staje się zatem jednym z najważniejszych wyzwań współczesnych metropolii.

Dynamiczny rozwój sektora transportowego w kierunku pojazdów elektrycznych wprowadza nowe wyzwania zarówno dla infrastruktury energetycznej, jak i dla zdolności przesyłowych jej miejskich sieci. Tradycyjne systemy, oparte na centralnej produkcji i przesyłce, okazują się niewystarczające w obliczu rosnących potrzeb związanych z ładowaniem pojazdów elektrycznych oraz wprowadzaniem innowacyjnych technologii w miejskiej energetyce.

Wzrost liczby elektrycznych samochodów typu Electric Vehicle (dalej EV – przyp. PK) i PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle (dalej PHEV – przyp. PK) przekłada się bezpośrednio na zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną, które koncentruje się głównie w godzinach

elastyczności i niezawodności systemów energetycznych, co jest niezbędne w obliczu rosnącego zapotrzebowania na energię w dynamicznie rozwijających się aglomeracjach miejskich.

Rozwiązania te stanowią fundament dla nowoczesnych modeli zarządzania zasobami energetycznymi, umożliwiając ich adaptację do zmieniających się warunków i ograniczając ryzyko wystąpienia krytycznych zakłóceń w dostawach energii. Wdrożenie takich mechanizmów jest kluczowe w kontekście intensyfikacji urbanizacji i związanych z nią wyzwań infrastrukturalnych. T. Kowalak, *Smart Grid – wyzwanie XXI wieku*. „Rynek energii” 2010, nr 5.1, s. 80.

⁷⁶ J. Romero Agüero, *Improving the efficiency of power distribution systems through technical and non-technical losses reduction*, PES T&D 2012, Orlando 2012, s. 1–8.

szczytowych. To zjawisko stawia przed miastami konieczność dostosowania infrastruktury przesyłowej i rozdzielczej do nowych realiów. Obecne sieci energetyczne, w wielu przypadkach przestarzałe i zaprojektowane na potrzeby tradycyjnych odbiorców, takich jak: gospodarstwa domowe czy przemysł, nie są przystosowane do obsługi setek tysięcy punktów ładowania pojazdów elektrycznych. Konieczność wymiany przewodów na bardziej wydajne oraz rozbudowy stacji transformatorowych staje się kluczowym wyzwaniem dla operatorów systemów dystrybucyjnych⁷⁷.

Tworzenie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych to zadanie wymagające szczególnej uwagi. O ile instalacja ładowarek w przestrzeni publicznej czy prywatnej wydaje się prostym rozwiązaniem, o tyle ich szerokie wdrożenie wymaga skoordynowanego podejścia na poziomie całego miasta. Urządzenia szybkiego ładowania, które coraz częściej są preferowane przez użytkowników, generują duże obciążenia punktowe w sieciach energetycznych, co z kolei wymaga modernizacji lokalnych linii przesyłowych. Brak odpowiednich inwestycji może prowadzić do przeciążeń, awarii lub znacznego wzrostu kosztów ich utrzymania.

Obciążenie opłatami za te inwestycje bezpośrednio mieszkańców może być trudne do zaakceptowania, zwłaszcza w obliczu rosnących kosztów życia i presji inflacyjnej. Alternatywnie, rozłożenie ich w cenach ładowania może uczynić elektromobilność nieatrakcyjną dla potencjalnych użytkowników, zwłaszcza w porównaniu z tradycyjnymi paliwami, które często są tańsze w krótszej perspektywie. Taka sytuacja mogłaby

⁷⁷ Władze lokalne odgrywają kluczową rolę w stymulowaniu rozwoju elektromobilności, inicjując działania, które mają na celu zmianę percepcji obywateli w zakresie korzyści wynikających z użytkowania pojazdów elektrycznych oraz tworzenie infrastruktury wspierającej. Istotnym wyzwaniem jest dostosowanie systemów przesyłowych i rozdzielczych energii elektrycznej do nowych wymagań wynikających z rosnącej liczby pojazdów typu EV oraz PHEV, co prowadzi do konieczności modernizacji infrastruktury i optymalizacji jej działania, szczególnie w godzinach szczytowego zapotrzebowania na energię. Straty na przesyłach energii, wynikające z przestarzałych technologii oraz niedostosowanych sieci energetycznych, dodatkowo podkreślają znaczenie rozwiązań ograniczających te ubytki, co ma szczególne znaczenie w kontekście elektromobilności i systemów rozproszonych, P. Kwiatkiewicz, R. Szerbowski, W. Śledzik. *Elektromobilność. Środowisko infrastrukturalne i techniczne wyzwania polityki intraregionalnej*, Poznań 2020, s. 79–82.

spowolnić adaptację pojazdów elektrycznych, co z kolei wpłynęłoby na efektywność programów ograniczania emisji gazów cieplarnianych i poprawy jakości powietrza w miastach.

Dodatковым wyzwaniem jest konieczność przeprowadzenia modernizacji nie tylko na poziomie lokalnych linii przesyłowych, ale także w głównych sieciach energetycznych, które muszą sprostać zwiększonemu zapotrzebowaniu na energię. Szybkie ładowarki, często wymagające mocy rzędu kilkudziesięciu do kilkuset kilowatów na jednostkę, mogą znacząco obciążać istniejącą infrastrukturę, szczególnie w godzinach szczytu, gdy zapotrzebowanie na energię jest najwyższe. W takich przypadkach modernizacja sieci przesyłowej, w tym transformatorów i kabli, staje się niezbędna, aby uniknąć spadków napięcia i przerw w dostawach energii⁷⁸.

Kolejnym istotnym aspektem jest lokalizacja ładowarek. Budowanie ich w miejscach o dużym natężeniu ruchu, takich jak: centra handlowe, miejsca pracy czy węzły komunikacyjne, wymaga precyzyjnego planowania, które uwzględnia istniejące uwarunkowania przestrzenne i infrastrukturalne. Jednocześnie konieczne jest zapewnienie równomiernego rozmieszczenia punktów ładowania w mniej zurbanizowanych rejonach, co pozwoli uniknąć marginalizacji obszarów wiejskich i zwiększy dostępność elektromobilności⁷⁹.

Nie można także zapominać o aspektach technologicznych. Postęp w zakresie technologii ładowania, np. ultra-szybkie ładowarki czy ładowanie bezprzewodowe, może dodatkowo skomplikować planowanie inwestycji. Wdrażanie nowych rozwiązań wiąże się z koniecznością aktualizacji istniejącej infrastruktury oraz szkolenia personelu technicznego, co generuje dodatkowe koszty⁸⁰.

Z perspektywy użytkowników kluczowe jest również zminimalizowanie czasu ładowania oraz zapewnienie standaryzacji złącz i systemów płatności. Brak jednolitych rozwiązań w tym zakresie może odstraszać potencjalnych nabywców pojazdów elektrycznych, tworząc dodatkowe bariery w popularyzacji tej technologii. Z tych powodów miasta muszą

⁷⁸ *Ibidem* s. 83–88.

⁷⁹ *Ibidem*. s. 126.

⁸⁰ K. Papis, *Elektromobilność-bezpieczna terażniejszość i elektryzująca przyszłość*, „Nowa Energia” 2018, nr 5/6, s. 60–61.

podejść do tematu kompleksowo, angażując zarówno sektor publiczny, jak i prywatny, oraz wdrażać strategie, które równoważą koszty, korzyści i oczekiwania mieszkańców.

Nie wydaje się, by stosowanie tych samych punktów do obsługi EV (pojazdów w pełni elektrycznych) i PHEV (hybryd typu *plug-in*) było optymalnym rozwiązaniem. Wynika to z istotnych różnic w potencjale obu typów pojazdów w zakresie ładowania. Pojazdy w pełni elektryczne mogą uzupełniać energię w tempie nawet 100 kW/h przy wykorzystaniu szybkich ładowarek, co pozwala na znacznie krótsze czasy ładowania. Z kolei hybrydy typu *plug-in*, ze względu na ograniczone pojemności akumulatorów i mniejsze moce przyjmowania energii, zazwyczaj ładowane są z maksymalną mocą około 3–4 kW/h⁸¹.

W efekcie użytkowanie tej samej infrastruktury przez oba rodzaje pojazdów może prowadzić do nieefektywnego wykorzystania ładowarek szybkich. EV, wymagające intensywnego ładowania, mogą być blokowane przez PHEV, które z kolei nie wykorzystują pełnych możliwości technicznych tych punktów. Taka sytuacja generuje niepotrzebne zatory na stacjach ładowania i może negatywnie wpłynąć na doświadczenie użytkowników. Ponadto prowadzi do nieracjonalnego zużycia zasobów energetycznych oraz przestrzennych, co w skali całego systemu skutkuje zmniejszeniem efektywności jego funkcjonowania.

Aby temu przeciwdziałać, warto rozważyć różnicowanie infrastruktury ładowania, dedykując punkty o wysokiej mocy pojazdom w pełni elektrycznym, a standardowe ładowarki AC o niższej mocy – hybrydom typu *plug-in*. Takie podejście pozwoliłoby na lepsze dostosowanie infrastruktury do rzeczywistych potrzeb użytkowników obu typów pojazdów, ograniczając czas oczekiwania i poprawiając dostępność punktów ładowania.

Planowanie lokalizacji ładowarek powinno uwzględniać miejsca, w których hybrydy *plug-in* spędzają więcej czasu, np. parkingi przy biurach, centrach handlowych czy mieszkaniach wielorodzinnych, gdzie dłuższy czas ładowania nie stanowi problemu. Tymczasem ładowarki dla EV powinny być ulokowane w miejscach o wysokim przepływie pojazdów, jak: autostrady, stacje benzynowe czy węzły komunikacyjne, aby zapewnić szybkie i płynne doładowanie baterii.

⁸¹ P. Kwiatkiewicz, R. Szczerbowski, W. Śledzik, *op.cit.*, s. 83–88.

Nie bez znaczenia pozostaje także aspekt ekonomiczny. Dedykowane punkty dla PHEV mogą być tańsze w budowie i eksploatacji, co z kolei może obniżyć koszty ładowania dla użytkowników. Wprowadzenie takiego rozwiązania wymaga jednak przemyślanej koordynacji na poziomie miejskim i regionalnym, jak również uwzględnienia standardów interoperacyjności oraz potencjalnych zmian w zapotrzebowaniu na energię w przyszłości.

Rozwój elektromobilności wymaga ponadto uwzględnienia nowoczesnych technologii zarządzania energią. Inteligentne sieci, znane jako *smart grids*, mogą przyczynić się do lepszego bilansowania zapotrzebowania oraz integracji odnawialnych źródeł energii, takich jak instalacje fotowoltaiczne. Wymaga to jednak znacznych nakładów finansowych na cyfryzację sieci oraz wprowadzenia zaawansowanych systemów monitorowania i kontroli, które umożliwią dynamiczne dostosowanie przesyłu do zmieniających się potrzeb.

Zwiększone zapotrzebowanie na energię nie dotyczy jedynie ładowania pojazdów, ale również ogólnego wzrostu liczby urządzeń elektronicznych w nowoczesnych miastach. Rosnąca komputeryzacja, wykorzystanie systemów zarządzania danymi oraz rozwój technologii Internetu Rzeczy (IoT) powodują systematyczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną. Aby sprostać tym wyzwaniom, miasta muszą modernizować nie tylko lokalne sieci, ale również kluczowe linie przesyłowe, łączące je z większymi źródłami wytwórczymi⁸².

W kontekście elektromobilności istotnym wyzwaniem pozostaje również zarządzanie szczytowym zapotrzebowaniem. Wielu użytkowników ładuje swoje pojazdy w godzinach wieczornych, co pokrywa się z maksymalnym zapotrzebowaniem gospodarstw domowych na energię. Taka zbieżność może prowadzić do przeciążenia sieci i konieczności uruchamiania dodatkowych mocy wytwórczych, często opartych na paliwach kopalnych, co jest sprzeczne z założeniami zrównoważonego rozwoju⁸³.

Wdrażanie stacji ładowania oraz modernizacja infrastruktury energetycznej są również związane z istotnymi kosztami społecznymi

⁸² Omówione szerzej w rozdziałach III i IV.

⁸³ J. Baraniak, B. Pawlicki, S. Wincenciak, *Elektromobilność: szanse i zagrożenia dla sieci dystrybucyjnej*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2020, nr 5, s. 16.

i środowiskowymi. Proces wymiany przewodów, budowy nowych linii przesyłowych czy instalacji dodatkowych transformatorów wymaga nie tylko znacznych nakładów finansowych, ale również skutecznej współpracy międzysektorowej. Wiele miast boryka się z trudnościami w harmonizowaniu interesów mieszkańców, przedsiębiorstw energetycznych oraz władz lokalnych. Jednocześnie należy uwzględnić kwestie związane z koniecznością minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko naturalne tak podczas budowy, jak i eksploatacji infrastruktury.

Zarówno potrzeba zapewnienia większej liczby punktów ładowania, jak i konieczność modernizacji sieci energetycznych sprawiają, że miasta muszą inwestować w rozwój odnawialnych źródeł energii oraz systemów magazynowania. Dzięki nim można skuteczniej zarządzać nadwyżkami energii oraz minimalizować ryzyko niedoborów w godzinach szczytu. Jednak wdrażanie tych technologii wiąże się z wyzwaniami finansowymi oraz technicznymi, które wymagają długoterminowego planowania i innowacyjnego podejścia.

Rozwój elektromobilności w nowoczesnych miastach to z jednej strony ogromna szansa na redukcję emisji oraz poprawę jakości powietrza, z drugiej znaczące wyzwania związane z zarządzaniem energią. Aby sprostać tym wymaganiom, konieczne jest holistyczne podejście obejmujące zarówno modernizację istniejącej infrastruktury, jak i rozwój technologii, które pozwolą na zrównoważone korzystanie z zasobów energetycznych⁸⁴.

Nowoczesne miasta muszą również sprostać wymaganiom związanym z integracją odnawialnych źródeł energii, takich jak: energia słoneczna, wiatrowa czy płytka geotermia. Chociaż technologie te oferują znaczący potencjał redukcji emisji, ich niestabilność oraz uzależnienie od warunków pogodowych stwarzają problemy związane z zarządzaniem i bilansowaniem sieci energetycznych. Wprowadzenie systemów magazynowania energii oraz zaawansowanych technologii zarządzania, np. inteligentnych sieci, staje się nieodzownym elementem przyszłości miejskiego sektora energetycznego. Jednak koszty wdrożenia tych rozwiązań oraz potrzeba modernizacji istniejącej infrastruktury stanowią istotne utrudnienia dla wielu miast, szczególnie w regionach o ograniczonych zasobach finansowych.

⁸⁴ *Ibidem.*

Równolegle do wyzwań technicznych, miasta muszą mierzyć się z problemem nierówności społecznych w dostępie do energii. W wielu obszarach miejskich, zwłaszcza w krajach rozwijających się, dostęp do niezawodnych źródeł energii pozostaje ograniczony, co prowadzi do wykluczenia energetycznego oraz pogłębiających się dysproporcji społecznych. Zrównoważony rozwój energetyczny wymaga zatem nie tylko modernizacji infrastruktury, ale także wdrożenia polityk, które uwzględniają potrzeby najbardziej narażonych grup społecznych. Programy takie, jak: dotacje na energię odnawialną, rozwój mikroinstalacji w społecznościach lokalnych czy wspieranie inicjatyw spółdzielczych, mogą znacząco przyczynić się do poprawy sytuacji w tym zakresie.

W kontekście zrównoważonego rozwoju kluczowe znaczenie ma również efektywność energetyczna. Budynki mieszkalne, infrastruktura transportowa oraz zakłady przemysłowe w miastach zużywają ogromne ilości energii, co czyni je głównymi źródłami emisji gazów cieplarnianych. Wprowadzenie standardów budownictwa energooszczędnego, modernizacja istniejących budynków oraz promocja transportu publicznego opartego na niskoemisyjnych technologiach to niektóre z działań, które mogą przyczynić się do znacznej redukcji zużycia energii. Wdrożenie nowoczesnych systemów zarządzania energią, takich jak: Internet Rzeczy (IoT) czy algorytmy sztucznej inteligencji, umożliwi optymalizację procesów energetycznych w czasie rzeczywistym, co zwiększa efektywność całego systemu.

Ważnym aspektem wyzwań energetycznych w miastach jest również wpływ zmian klimatycznych. Ekstremalne zjawiska pogodowe, w postaci fal upałów, huraganów czy powodzi, stanowią dodatkowe obciążenie dla infrastruktury energetycznej, powodując przerwy w dostawach i zwiększając koszty napraw. Miasta muszą zatem inwestować w odporność swoich systemów energetycznych, m.in. budując zdecentralizowane źródła wytwarzania energii, np.: mikroelektrownie czy instalacje fotowoltaiczne na dachach budynków. Tego rodzaju rozwiązania nie tylko zwiększają niezawodność systemów, ale także wspierają rozwój lokalnych społeczności, tworząc nowe miejsca pracy i promując samowystarczalność energetyczną⁸⁵.

⁸⁵ Zapotrzebowanie energetyczne miast w dużej mierze koncentruje się na wytwarzaniu energii cieplnej i chłodu, a nie na oświetleniu. W tym celu stosuje się

Wyzwania energetyczne w kontekście nowoczesnych miast wymagają kompleksowego podejścia, które uwzględnia zarówno aspekty techniczne, społeczne, jak i środowiskowe. Odpowiednie zarządzanie energią staje się kluczowym elementem budowy miast przyszłości, które będą w stanie sprostać rosnącym potrzebom mieszkańców, jednocześnie minimalizując swój wpływ na środowisko.

Polityka energetyczna a efektywność energetyczna miasta

Współczesne miasta, stanowiące centra gospodarcze i społeczne, muszą mierzyć się z rosnącymi wyzwaniami w zakresie zarządzania zasobami energetycznymi. Kluczowym elementem wspierającym funkcjonowanie aglomeracji jest zrównoważona polityka dotycząca energii, której celem jest zapewnienie stabilnych dostaw przy jednoczesnym minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko. Efektywność energetyczna, rozumiana jako maksymalne wykorzystanie dostępnych zasobów przy minimalizacji strat, staje się jednym z priorytetowych celów zarówno lokalnych władz, jak i organizacji międzynarodowych.

Polityka energetyczna, odpowiednio zaprojektowana i wdrożona, pozwala na stworzenie ram regulacyjnych sprzyjających efektywnemu wykorzystywaniu energii w miastach. Władze miejskie, korzystając z mechanizmów legislacyjnych, mogą stymulować wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych, jak również promować proekologiczne

nowoczesne technologie, takie jak: gruntowe wymienniki ciepła oraz pompy ciepła oparte na ditlenku węgla (CO₂), które pozwalają na znaczące ograniczenie udziału energii elektrycznej w ogólnym bilansie energetycznym dzięki wykorzystaniu energii pozyskiwanej z ziemi. W zakresie wytwarzania energii elektrycznej coraz większą rolę odgrywają odnawialne źródła, w tym mini elektrownie wiatrowe, zestawy paneli fotowoltaicznych oraz gazowe ogniwa paliwowe. Technologie te pozwalają na efektywne i zrównoważone zaopatrywanie miast w energię, odpowiadając na rosnące zapotrzebowanie w sposób przyjazny środowisku. R. Szczerbowski, W. Chomicz, *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid w budownictwie przemysłowym niskoenergetycznym*, „Polityka Energetyczna” 2016, nr 15, s. 105.

postawy wśród mieszkańców. Instrumenty te obejmują m.in. regulacje dotyczące standardów budowlanych, wsparcie dla odnawialnych źródeł energii, a także inwestycje w nowoczesne systemy zarządzania sieciami przesyłowymi⁸⁶.

Jednym z najważniejszych aspektów efektywności w obszarze miejskim jest termomodernizacja budynków⁸⁷. W wielu miastach, szczególnie tych z długą historią urbanistyczną, znaczna część obiektów charakteryzuje się niskimi standardami izolacji cieplnej, co prowadzi do ogromnych strat energii. Wymiana okien, docieplanie ścian czy modernizacja systemów grzewczych mogą znacząco ograniczyć zapotrzebowanie na energię, co przynosi korzyści zarówno w kontekście obniżenia kosztów, jak i redukcji emisji gazów cieplarnianych⁸⁸. Władze miast często wspierają tego typu inicjatywy programami dotacyjnymi oraz ulgami podatkowymi, zachęcając właścicieli nieruchomości do podejmowania działań na rzecz poprawy efektywności.

Efektywność w dystrybucji energii i ciepła to kluczowy element zapewnienia zrównoważonego rozwoju nowoczesnych miast oraz minimalizowania strat w systemie przesyłowym. Rozwiązania techniczne, np. poprawa izolacji w infrastrukturze przesyłowej, choć istotne, nie są wystarczające w kontekście długofalowego planowania energetycznego. Kluczowe znaczenie ma zmniejszenie dystansu pomiędzy miejscami wytwarzania energii a jej odbiorcami, co wpływa zarówno na redukcję strat przesyłowych, jak i na poprawę stabilności systemu⁸⁹.

⁸⁶ M. Burchard-Dziubińska, *Gospodarka niskoemisyjna w mieście*, [w:] *EkoMiasto # Środowisko. Zrównoważony, inteligentny i partycypacyjny rozwój miasta*, red. A. Rzeńca, Łódź 2016, s. 178.

⁸⁷ R. Blazy, J. Błachut, A. Ciepiela, R. Łabuz, R. Papież, *Thermal Modernization Cost and the Potential Ecological Effect—Scenario Analysis for Thermal Modernization in Southern Poland*, „Energies” 2021, vol. 14, <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/8/2033> [dostęp 24.12.2024].

⁸⁸ B. Sadowska, J. Piotrowska-Woroniak, G. Woroniak, W. Sarosiek, *Energy and Economic Efficiency of the Thermomodernization of an Educational Building and Reduction of Pollutant Emissions—A Case Study*, „Energies” 2022, vol. 15, <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/8/2886> [dostęp 24.12.2024].

⁸⁹ M. Ghasaban, P. Mirjalili, M. Yeganeh, *Integration of building envelope with open spaces and greenery to enhance thermal and visual comfort and energy efficiency in office buildings*, „Results in Engineering” 2025, vol. 25, s. 8, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024019030> [dostęp 24.12.2024].

W systemach dystrybucji energii elektrycznej straty przesyłowe wynikają głównie z oporu przewodów oraz transformacji napięcia w punktach pośrednich. Zgodnie z prawem Joule'a, ilość energii traconej w postaci ciepła jest proporcjonalna do kwadratu przepływającego prądu i oporu przewodnika. W praktyce oznacza to, że długie trasy przesyłowe generują większe straty, nawet przy zastosowaniu nowoczesnych przewodów o niskim oporze. W przypadku ciepła straty wynikają z przewodzenia przez materiały izolacyjne oraz wymiany z otoczeniem⁹⁰.

Skracanie dystansu pomiędzy źródłami energii a odbiorcami staje się coraz bardziej istotne. Lokalne źródła wytwórcze, takie jak: mikroelektrownie, panele fotowoltaiczne na dachach czy małe elektrociepłownie, pozwalają na minimalizację strat związanych z przesyłem. Przykładowo w przypadku energii elektrycznej instalacje fotowoltaiczne na budynkach mieszkalnych redukują zapotrzebowanie na przesył z centralnych elektrowni. W przypadku sieci niskiego napięcia, gdy straty przesyłowe mogą wynosić nawet do 10%, decentralizacja ma kluczowe znaczenie. Podobnie działa to też w przypadku tzw. ciepłika miejskiego.

W dystrybucji energii elektrycznej stosuje się rozwiązania technologiczne, mające na celu zmniejszenie strat przesyłowych: tzn. linie wysokiego napięcia HVDC (*High Voltage Direct Current*). Jednak takie technologie są kosztowne i nie zawsze opłacalne w warunkach miejskich. Alternatywą może być rozwój rozproszonych sieci zasilania, w których prąd produkowany jest lokalnie i zużywany niemal bezpośrednio przez odbiorców. Takie podejście wymaga:

- rozwoju inteligentnych sieci energetycznych (*smart grid*), które automatycznie optymalizują przepływ energii, redukując obciążenia i straty⁹¹;

⁹⁰ W. Kozłowski, *Założenia budowy sieci smart grid w projektach energetycznych*, „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych” 2019, SGH, nr 54; *Rozwój gospodarki informacyjnej: wybrane aspekty*, Warszawa 2019, s. 291–293.

⁹¹ Koncepcja rozbudowy inteligentnych sieci elektroenergetycznych (*smart grid*) wynika z konieczności dostosowania systemów energetycznych do współczesnych wyzwań technologicznych, środowiskowych oraz społecznych. *Smart grid* to zaawansowana infrastruktura elektroenergetyczna, która umożliwia integrację działań wszystkich uczestników systemu – od wytwórców energii, przez operatorów sieci, po odbiorców końcowych. Jej celem jest zapewnienie niezawodności

- wykorzystania magazynów energii w pobliżu miejsc konsumpcji, co zmniejsza potrzebę przesyłu energii w godzinach szczytowych;
- możliwości integracji OZE w dalszej perspektywie czasowej.

Dzięki takim instalacjom, jak: panele fotowoltaiczne czy turbiny wiatrowe, mieszkańcy oraz infrastruktura miejska mogą produkować energię na miejscu, co zmniejsza zależność od scentralizowanych źródeł i ogranicza straty wynikające z przesyłu energii na duże odległości. Istotnym wsparciem dla tego procesu są lokalne magazyny energii, które umożliwiają gromadzenie nadwyżek wyprodukowanej energii i wykorzystanie ich w momentach zwiększonego zapotrzebowania⁹². Tego rodzaju rozwiązania są szczególnie istotne w warunkach niestabilności produkcji

dostaw energii przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności ekonomicznej i minimalizacji wpływu na środowisko. Kluczowym aspektem *smart grid* jest wykorzystanie nowoczesnych technologii IT, które wspierają aktywne zarządzanie zużyciem energii, umożliwiają optymalizację procesów przesyłu i dystrybucji oraz zachęcają do bardziej świadomego użytkowania energii przez konsumentów.

Rozbudowa *smart gridów* jest szczególnie istotna w kontekście polskiego systemu energetycznego, gdy modernizacja infrastruktury elektroenergetycznej staje się kluczowym warunkiem poprawy efektywności energetycznej oraz włączenia Polski w globalny trend transformacji energetycznej. Inteligentne sieci energetyczne mogą także wspierać rozwój usług pozasystemowych: transportu publicznego, telemedycyny czy rozwiązania *smart city*, które wymagają niezawodnych i wysokowydajnych kanałów komunikacyjnych. Zastosowanie technologii *smart grid* pozwala także na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, a integracja z systemami IT zwiększa konkurencyjność gospodarki energetycznej w skali regionalnej i międzynarodowej.

Modernizacja i rozwój inteligentnych sieci elektroenergetycznych są więc niezbędne, aby sprostać wyzwaniom związanym z rosnącym zapotrzebowaniem na energię, integracją odnawialnych źródeł energii oraz koniecznością aktywizacji użytkowników w zakresie świadomego zarządzania zasobami energetycznymi. Wdrożenie *smart gridów* stanowi nie tylko krok w stronę modernizacji energetyki, ale również narzędzie wspierające zrównoważony rozwój i transformację ku niskoemisyjnej gospodarce, T. Kowalak, *op.cit.*, s. 76–77.

⁹² Magazyny energii, takie jak: baterie akumulatorowe czy superkondensatory, odgrywają szczególną rolę w VPP. Pozwalają na zrównoważenie dobowych fluktuacji w zapotrzebowaniu na energię, zapewniając elastyczność i stabilność systemu, R. Szczerbowski, *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid – wirtualne elektrownie*, „Polityka energetyczna” 2011, nr 14, s. 401.

charakterystycznej dla OZE, jednak ich zastosowanie w zwartej zabudowie miejskiej wiąże się z istotnymi wyzwaniami i potencjalnymi zagrożeniami.

Jednym z największych problemów związanych z magazynowaniem energii w miastach jest kwestia bezpieczeństwa, szczególnie w kontekście stosowania akumulatorów litowo-jonowych. Te wydajne i powszechnie stosowane magazyny energii charakteryzują się wysoką gęstością energetyczną, ale ich konstrukcja niesie ze sobą ryzyko przegrzania, zwarcia i, w skrajnych przypadkach, wybuchów lub pożarów. Przykładem takich zagrożeń może być pożar kamienicy na poznańskich Jeźycach w 2024 roku, który wybuchł w wyniku nieprawidłowej regeneracji akumulatorów litowo-jonowych⁹³. W zwartym, gęsto zaludnionym środowisku miejskim pożar szybko się rozprzestrzenił, powodując poważne zniszczenia i stwarzając zagrożenie dla życia mieszkańców. Takie incydenty podkreślają konieczność opracowania odpowiednich regulacji dotyczących instalacji, użytkowania i regeneracji magazynów energii, a także wprowadzenia standardów monitorowania ich stanu technicznego.

Zagrożenia związane z magazynowaniem energii w miastach nie ograniczają się jedynie do pożarów. W przypadku awarii akumulatorów, szczególnie tych bazujących na technologii litowo-jonowej, może dojść do uwolnienia toksycznych substancji, m.in. fluorów, które zagrażają zdrowiu mieszkańców. W zwartej zabudowie, gdzie szybka ewakuacja jest utrudniona, skutki takich zdarzeń mogą być szczególnie dotkliwe. Miasta borykają się z ograniczeniami przestrzennymi, które wymuszają

⁹³ Według doniesień lokalnych mediów, pożar, który wybuchł w jednej z kamienic na poznańskich Jeźycach, najprawdopodobniej został spowodowany niewłaściwą regeneracją baterii. Zdarzenie miało tragiczne skutki, a budynek, w którym znajdował się warsztat zajmujący się ogniwami akumulatorowymi, został poważnie uszkodzony. Wstępne ustalenia wskazują na możliwość awarii związanej z nieodpowiednimi procedurami pracy z bateriami litowo-jonowymi, które w przypadku przegrzania mogą prowadzić do wybuchów i pożarów. Lokalne władze oraz służby ratunkowe podkreśliły, że zdarzenie wymaga szczegółowego dochodzenia, aby ustalić wszystkie okoliczności oraz dokładne przyczyny pożaru, *Wybuch w kamienicy w Poznaniu*, <https://tvn24.pl/poznan/poznan-uwaga-tvn-rozmowa-z-pracownikiem-firmy-w-ktorej-regenerowano-akumulatory-w-tygodniu-dochodzilo-tam-do-malych-pozarow-ktore-gaszono-piaskiem-st8059045> [dostęp 28.12.2024].

stosowanie kompaktowych technologii magazynowania, co często wiąże się z wyższymi kosztami i dodatkowymi wyzwaniem technologicznymi. Wraz z rozwojem inteligentnych sieci energetycznych i systemów zarządzania energią pojawia się także ryzyko cyberataków, które mogą zakłócić funkcjonowanie całych dzielnic lub spowodować awarie systemów zasilania⁹⁴.

Aby zminimalizować te zagrożenia, niezbędne jest wprowadzenie szeregu działań, które pozwolą na bezpieczne i efektywne wykorzystanie magazynów energii w środowisku miejskim. Kluczową rolę odgrywa tu rozwój alternatywnych technologii magazynowania, przykładowo akumulatorów przepływowanych, które są mniej podatne na przegrzanie, czy też stosowanie zaawansowanych systemów monitorowania i zabezpieczeń, takich jak: czujniki temperatury i zintegrowane systemy gaśnicze. W przestrzeni zurbanizowanej konieczne jest również opracowanie rygorystycznych regulacji dotyczących lokalizacji magazynów oraz zasad ich użytkowania i konserwacji, szczególnie w kontekście procesów regeneracji i recyklingu akumulatorów. Problem ma wymiar międzynarodowy i właściwy dla wszystkich ośrodków charakteryzujących się zwartą zabudową⁹⁵.

Istotnym elementem tego procesu jest także edukacja użytkowników i zarządców budynków, którzy muszą być świadomi zarówno potencjalnych zagrożeń, jak i sposobów ich minimalizowania. Planiści miejscy powinni natomiast uwzględniać kwestie magazynowania energii w projektach urbanistycznych w taki sposób, aby zwiększyć bezpieczeństwo mieszkańców i ograniczyć ryzyko wypadków. Rozproszenie lokalizacji magazynów energii w miastach, zamiast ich koncentracji w jednym miejscu, może dodatkowo zmniejszyć skutki ewentualnych awarii⁹⁶.

⁹⁴ Patrz rozdział III

⁹⁵ V. Rizos, P. Urban, *Barriers and policy challenges in developing circularity approaches in the EU battery sector*, „An assessment, Resources, Conservation and Recycling” 2024, vol. 209, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134492400394X> [dostęp 24.12.2024].

⁹⁶ T. Skoczkowski, S. Bielecki. *Konieczność zapewnienia interesów odbiorców końcowych w procesie budowy sieci inteligentnych*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2015, nr 91, s. 90.

Konkluzja dotycząca kwestii gromadzenia energii w magazynach chemicznych stanowi nieodzowny element miejskiej transformacji energetycznej, umożliwiającą stabilne i efektywne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Jednak ich zastosowanie w zwartej zabudowie wymaga zwrócenia szczególnej uwagi na kwestie bezpieczeństwa, regulacji oraz technologii. Przypadki, takie jak pożar na poznańskich Jeźycach, pokazują, że tylko odpowiednie zabezpieczenia i świadome planowanie mogą spowodować, że rozwój OZE w miastach przyniesie korzyści przy minimalnym ryzyku dla ich mieszkańców.

W kontekście miejskiej transformacji energetycznej coraz częściej rozważa się możliwość gromadzenia nadwyżek energii z OZE w postaci wodoru. Technologia ta, oparta na elektrolizerach, pozwala na przekształcenie nadmiarowej energii elektrycznej w wodór, który może być następnie wykorzystywany jako paliwo wodorowe lub ponownie przekształcany w energię elektryczną przy użyciu ogniw paliwowych. Wodór jako magazyn energii oferuje szereg zalet, w tym wysoką pojemność energetyczną oraz możliwość długoterminowego przechowywania energii, co czyni go atrakcyjnym rozwiązaniem w miastach z dużym potencjałem produkcji energii z OZE.

Jednak zastosowanie technologii wodorowych w zwartej zabudowie miejskiej wiąże się z istotnymi wyzwaniami przestrzennymi i bezpieczeństwa. Przechowywanie wodoru wymaga specjalistycznej infrastruktury, w tym zbiorników ciśnieniowych lub systemów skroplonego wodoru, które muszą spełniać rygorystyczne normy bezpieczeństwa, aby zapobiec wyciekom i eksplozjom⁹⁷. Konieczne staje się więc wydzielenie odpowiednich stref dla infrastruktury wodorowej, co w gęsto zaludnionych miastach może być trudne do zrealizowania bez zmian w istniejącym planowaniu przestrzennym. Wprowadzenie technologii wodorowych może także wpłynąć na rozwój nowych typów obiektów miejskich, takich jak: stacje tankowania wodoru czy huby magazynowe, które będą wymagały integracji z istniejącą infrastrukturą.

⁹⁷ W. Szada-Borzyszkowski, R. Bujacek, *Zagrożenia płynące ze stosowania paliw alternatywnych w samochodach*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 2014, nr 6, s. 264.

Perspektywa ta niesie za sobą także potencjał zwiększenia elastyczności miejskich systemów energetycznych, ale wymaga dalekowzrocznego planowania i inwestycji w edukację mieszkańców oraz nowe technologie, które umożliwią bezpieczne i efektywne korzystanie z wodoru jako magazynu energii. Odpowiednie wdrożenie tych rozwiązań może zrewolucjonizować miejskie systemy energetyczne, czyniąc je bardziej zrównoważonymi i odpornymi na wahania w produkcji energii z OZE.

Efektywność dystrybucji energii w miastach opiera się na synergii kilku czynników: redukcji dystansu przesyłowego, modernizacji infrastruktury, integracji rozproszonych źródeł wytwórczych oraz wdrożeniu nowoczesnych technologii zarządzania. Chociaż inwestycje w izolację i technologie przesyłowe są istotne, to decentralizacja energetyki oraz umiejscowienie źródeł w pobliżu odbiorców mają największy wpływ na ograniczenie strat oraz poprawę stabilności systemu energetycznego⁹⁸.

Efektywność energetyczna w miastach jest również silnie związana z zarządzaniem systemami oświetleniowymi. Tradycyjne lampy sodowe są zastępowane przez nowoczesne technologie LED, które zużywają znacznie mniej energii, a jednocześnie oferują większą trwałość oraz lepsze parametry świetlne. Inteligentne systemy sterowania oświetleniem ulicznym, umożliwiające automatyczne dostosowywanie poziomu jasności do warunków pogodowych czy ruchu drogowego, pozwalają na dalszą optymalizację zużycia energii. Takie rozwiązania nie tylko zmniejszają koszty, ale również przyczyniają się do poprawy bezpieczeństwa na ulicach oraz estetyki przestrzeni publicznej⁹⁹.

Warto jednak zauważyć, że oszczędności związane z oświetleniem ulicznym mają ograniczony wymiar w kontekście całościowego bilansu energetycznego miasta. Współczesne badania pokazują, że oświetlenie stanowi zaledwie niewielki procent całkowitego zużycia energii w miastach, podczas gdy ponad 90% energii pochłaniają procesy związane z ogrzewaniem, chłodzeniem i wentylacją budynków. Zarówno w przestrzeni miejskiej, jak i poza nią największe wyzwanie dla efektywności

⁹⁸ I. Chomiak-Orsa, *Znaczenie technologii informacyjno-komunikacyjnych w zrównoważonym rozwoju miast*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie” 2016, t. 1, nr 23, s. 42–43.

⁹⁹ D. Ciarkowski, B. Herbuś, A. Guła, M. Zaborowski, J. Mazur, S. Liszka, *Od zakupów grupowych do optymalizacji zużycia energii*, Kraków 2013, s., 27–28.

energetycznej stanowią właśnie systemy grzewcze i klimatyzacyjne, które odpowiadają za największą część emisji gazów cieplarnianych. Dotyczy to zarówno budynków mieszkalnych, jak i komercyjnych, a także infrastruktury publicznej, przykładowo szpitali, szkół czy biur.

W przestrzeni miejskiej modernizacja systemów oświetlenia przynosi istotne korzyści, np. ograniczenie zużycia elektryczności. Jednak dla zwiększenia efektywności kluczowe są inwestycje w technologie wspierające wydajność energetyczną budynków. Działania obejmują między innymi docieplanie obiektów, wprowadzanie inteligentnych systemów zarządzania zasobami (BEMS), a także rozwój alternatywnych źródeł zasilania i instalację magazynów, co pozwala na znaczące ograniczenie zapotrzebowania na zasoby energetyczne oraz zmniejszenie wpływu miast na ekosystem. Ostatecznie, kompleksowe podejście do planowania energetycznego, obejmujące zarówno oświetlenie, jak i ogrzewanie oraz chłodzenie, jest kluczowe dla osiągnięcia zrównoważonej przyszłości¹⁰⁰.

Integracja odnawialnych źródeł energii stanowi kolejny kluczowy aspekt miejskiej polityki energetycznej. Panele słoneczne, turbiny wiatrowe czy technologie geotermalne mogą być z powodzeniem wykorzystywane do zasilania budynków mieszkalnych, obiektów użyteczności publicznej czy infrastruktury transportowej¹⁰¹. Jednym z wyzwań związanych z ich wdrażaniem jest nieregularność produkcji energii, wynikająca z warunków atmosferycznych. Aby sprostać temu problemowi, konieczne jest wprowadzenie systemów magazynowania energii, takich jak: baterie litowo-jonowe czy magazyny wodorowe, które pozwalają na gromadzenie nadwyżek energii i ich wykorzystanie w momentach zwiększonego zapotrzebowania¹⁰².

Kolejnym istotnym obszarem jest wykorzystanie technologii cyfrowych w zarządzaniu energią. Inteligentne sieci energetyczne,

¹⁰⁰ A. Ostańska, *Efekty działań termomodernizacyjnych w aspekcie planowania programu rewitalizacji miasta*. „Teki Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych” 2015, nr 3, s. 29–31.

¹⁰¹ Por. prezentacja T. Skoczkowski, *Smart city – nowy element lokalnej polityki energetycznej*, KAPE, Warszawa 2010, <https://www.ure.gov.pl/download/9/3074/02Smartcity-nowyelementlokalnejpolitykienergetycznej.pdf> [dostęp 24.12.2024].

¹⁰² J. Popczyk, *Trzy fale elektroprosumeryzmu*, „Energetyka” 2020, nr 7, s. 336–342, Biuletyn PPTE2050 2020, nr 2.

wyposażone w zaawansowane czujniki i systemy analizy danych, umożliwiają dynamiczne zarządzanie przepływem energii w obrębie miasta. Dzięki nim możliwe jest nie tylko monitorowanie zużycia w czasie rzeczywistym, ale również automatyczne dostosowywanie podaży do bieżących potrzeb. Wprowadzenie takich technologii pozwala na redukcję strat przesyłowych, a także zwiększa niezawodność całego systemu energetycznego.

Ważnym aspektem polityki energetycznej jest także edukacja społeczna. Mieszkańcy, świadomi wpływu swoich codziennych działań na środowisko, są bardziej skłonni do podejmowania inicjatyw na rzecz oszczędności energii. Programy edukacyjne, kampanie informacyjne oraz wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu postaw proekologicznych. Władze miejskie, współpracując z organizacjami pozarządowymi oraz sektorem prywatnym, mogą tworzyć platformy wymiany wiedzy i doświadczeń, które sprzyjają wprowadzaniu innowacyjnych rozwiązań.

Polityka energetyczna powinna również uwzględniać kwestie związane z planowaniem przestrzennym. Zagęszczanie zabudowy, tworzenie przestrzeni wielofunkcyjnych czy rozwój zielonej infrastruktury to działania, które mogą znacząco wpłynąć na efektywność energetyczną miast. Zielone dachy, parki miejskie czy zbiorniki retencyjne nie tylko poprawiają jakość życia mieszkańców, ale również pomagają w redukcji efektu miejskiej wyspy ciepła oraz wspierają lokalne mikroklimaty.

Wdrożenie skutecznej polityki energetycznej wymaga jednak odpowiednich mechanizmów finansowania. Partnerstwa publiczno-prywatne, fundusze unijne czy inwestycje kapitałowe mogą stanowić podstawę finansową dla realizacji projektów związanych z efektywnością energetyczną. Kluczowe jest również zapewnienie długoterminowej stabilności regulacyjnej, która zachęci inwestorów do podejmowania ryzyka oraz angażowania się w projekty oparte na innowacyjnych technologiach.

Rozwiązania te wymagają jednak ścisłej współpracy pomiędzy różnymi poziomami administracji – od lokalnych władz, przez rządy krajowe, po organizacje międzynarodowe. Tylko skoordynowane działania, oparte na wspólnej wizji i celach, mogą zapewnić zrównoważony rozwój miast oraz poprawić efektywność energetyczną w sposób długoterminowy.

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w urbanistyce

Gdy wspominamy o przyszłości energetyki w miastach oraz OZE, pierwszym skojarzeniem pozostaje energetyka rozproszona. Odgrywa ona kluczową rolę w kształtowaniu nowoczesnych miast, oferując model produkcji i dystrybucji energii, który lepiej odpowiada na potrzeby zróżnicowanej i dynamicznej przestrzeni miejskiej. Tradycyjne, scentralizowane systemy energetyczne opierają się na dużych elektrowniach, które dostarczają energię na rozległe obszary, co często wiąże się z wysokimi stratami przesyłowymi i ograniczoną elastycznością. W odróżnieniu od nich energetyka rozproszona polega na lokalnej produkcji energii, najczęściej bezpośrednio w miejscach jej konsumpcji lub w ich pobliżu. Jest to możliwe przede wszystkim dzięki wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, takich jak: energia słoneczna, wiatrowa, geotermalna czy biomasa, które mogą być zintegrowane z budynkami mieszkalnymi, infrastrukturą publiczną oraz przestrzeniami komercyjnymi.

Zastosowanie energetyki rozproszonej w miastach niesie za sobą wiele korzyści. Po pierwsze, znacząco zwiększa ich niezawisłość energetyczną, zmniejszając ich zależność od zewnętrznych dostawców energii i ograniczając wrażliwość na wahania cen paliw kopalnych. Po drugie, pozwala na lepsze zarządzanie lokalnymi zasobami energii, eliminując konieczność przesyłania dużych ilości energii na znaczne odległości, co przyczynia się do redukcji strat przesyłowych oraz emisji dwutlenku węgla. Po trzecie, wspiera decentralizację systemu energetycznego, co jest szczególnie ważne w kontekście odporności obszarów zurbanizowanych na kryzysy energetyczne, takie jak: przerwy w dostawach czy awarie w sieci. W przypadku energetyki rozproszonej, awaria jednej instalacji wpływa na stosunkowo mały obszar, co znacząco poprawia stabilność całego systemu. Jest to ogromna zaleta w kontekście całego systemu bezpieczeństwa.

Jak wspomniano, rozwój mikrogeneracji, zwanej alternatywnie też energetyką rozproszoną, jest nierozdzielnie związany z odnawialnymi źródłami energii, ponieważ to one pozwalają na efektywną produkcję energii na małą skalę w lokalnych warunkach.

Panele fotowoltaiczne zainstalowane na dachach budynków, miejskie turbiny wiatrowe czy tzw. płytka geotermalna są doskonałymi

przykładami wykorzystania potencjału OZE w przestrzeni miejskiej. Dzięki tym rozwiązaniom miasta mogą nie tylko redukować swój ślad węglowy, ale także aktywnie przyczyniać się do globalnej walki z kryzysem klimatycznym. Jednocześnie, energetyka rozproszona wspiera rozwój lokalnych społeczności energetycznych, w których mieszkańcy wspólnie inwestują w produkcję i konsumpcję energii, tworząc bardziej zrównoważone i zintegrowane społeczności miejskie. W ten sposób urbanistyka oparta na energetyce rozproszonej nie tylko promuje efektywność energetyczną, ale także wspiera większą partycypację społeczną i sprawiedliwość energetyczną.

Energetyka rozproszona odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu nowoczesnych miast, oferując model produkcji i dystrybucji energii, który lepiej odpowiada na potrzeby zróżnicowanej i dynamicznej przestrzeni miejskiej. Tradycyjne, scentralizowane systemy energetyczne opierają się na dużych elektrowniach, które dostarczają energię na rozległe obszary, co często wiąże się z wysokimi stratami przesyłowymi i ograniczoną elastycznością. W odróżnieniu od nich, energetyka rozproszona polega na lokalnej produkcji energii, najczęściej bezpośrednio w miejscach jej konsumpcji lub w ich pobliżu. Jest to możliwe przede wszystkim dzięki wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, takich jak: energia słoneczna, wiatrowa, płytka geotermia bądź termiczna obróbka odpadów. Wszystkie one mogą być zintegrowane z budynkami mieszkalnymi, infrastrukturą publiczną oraz przestrzeniami komercyjnymi¹⁰³.

Energetyka rozproszona, oparta na lokalnej produkcji energii z odnawialnych źródeł, wymaga efektywnych mechanizmów zarządzania, aby w pełni wykorzystać swój potencjał w przestrzeni miejskiej. W tym kontekście wirtualne elektrownie (ang. *Virtual Power Plants*, VPP) stają się kluczowym rozwiązaniem, umożliwiającym integrację zróżnicowanych źródeł mikrogeneracji w jeden dynamiczny i dobrze skoordynowany system. Wirtualne elektrownie, dzięki zaawansowanym technologiom informatycznym, pozwalają połączyć mikroinstalacje fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, magazyny energii, a nawet systemy zarządzania popytem,

¹⁰³ *Energetyczny rozwój Smart Cities*, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/energetyczny-rozwoj-smart-cities/> [dostęp 24.12.2024].

tworząc funkcjonalną strukturę działającą jak tradycyjna elektrownia, ale opartą na rozproszonych zasobach¹⁰⁴.

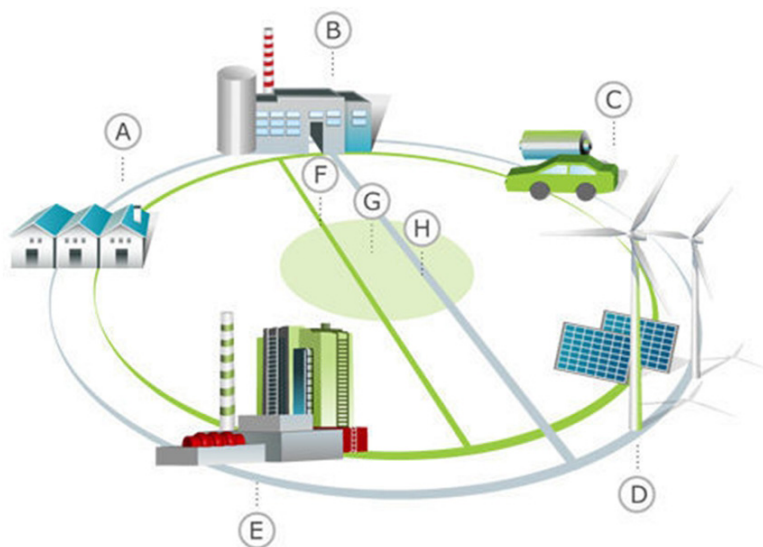
Kontynuując założenia lokalnej produkcji energii, VPP umożliwiają minimalizację strat przesyłowych dzięki priorytetowemu wykorzystaniu energii w miejscach jej wytwarzania lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Energia słoneczna, wiatrowa czy pozyskana z geotermii może zatem zasilać budynki mieszkalne, obiekty publiczne i komercyjne w sposób optymalny, zwiększając samowystarczalność energetyczną miasta. Kluczowym aspektem jest zdolność wirtualnych elektrowni do dynamicznego reagowania na zmiany w zapotrzebowaniu na energię, co wspiera stabilność sieci nawet w warunkach nieregularności produkcji z OZE.

Wirtualne elektrownie pełnią także istotną rolę w zarządzaniu popytem, umożliwiając odbiorcom dostosowywanie zużycia energii do aktualnej dostępności zasobów, np. w okresach szczytowej produkcji z odnawialnych źródeł. Integracja mikrogeneracji z VPP sprzyja także rozwojowi magazynów energii, które pozwalają gromadzić nadwyżki i wykorzystywać je w okresach wzmożonego zapotrzebowania. Takie rozwiązanie wpisuje się w dążenie do zwiększenia efektywności energetycznej miast oraz ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.

Wirtualne elektrownie stanowią niezbędne narzędzie pozwalające na ich pełną integrację i efektywne wykorzystanie. Dzięki optymalizacji produkcji i dystrybucji energii w systemie rozproszonym VPP wspierają realizację celów związanych z tworzeniem bardziej zrównoważonych, elastycznych i odpornych na wyzwania infrastrukturalne systemów miejskich. W ten sposób uzupełniają i wzmacniają model lokalnej produkcji energii, umożliwiając jego szerokie zastosowanie w dynamicznie rozwijających się aglomeracjach miejskich¹⁰⁵.

¹⁰⁴ M. Kurtyka, *Energetyka rozproszona jako element polskiej transformacji energetycznej*, „Energetyka Rozproszona” 2021, z. 5–6, s. 8.

¹⁰⁵ Wirtualna elektrownia, aby w pełni realizować swoją rolę w systemie elektroenergetycznym, musi spełniać szereg kluczowych funkcji związanych z regulacją mocy i napięć. Podobnie jak tradycyjne elektrownie systemowe, VPP powinny uczestniczyć w planowaniu zapotrzebowania na energię, co wymaga zaawansowanego systemu informatycznego integrującego wszystkie źródła wytwórcze oraz magazyny energii wchodzące w skład wirtualnej elektrowni. Taki system umożliwia zbieranie danych pomiarowych z poszczególnych jednostek oraz zdalne sterowanie ich pracą w celu osiągnięcia zaplanowanych parametrów



Rysunek 1 Zdecentralizowany system energetyczny

A. odbiorcy indywidualni, B. odbiorcy przemysłowi, C. akumulacja energii, D. zdecentralizowana generacja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, E. elektrownie i elektrociepłownie systemowe, F. sterujące systemy informatyczne, G. rynek energii, H. sieci elektroenergetyczne

Źródło: R. Szczerbowski, *Generacja...*, *op.cit.*

Zastosowanie energetyki rozproszonej w miastach przynosi wiele korzyści. Po pierwsze, znacząco zwiększa niezależność energetyczną miast, zmniejszając ich zależność od zewnętrznych dostawców energii i ograniczając wrażliwość na wahania cen paliw kopalnych. Po drugie, pozwala na

produkcji energii. Dzięki temu wirtualna elektrownia może dynamicznie reagować na zmienne zapotrzebowanie energetyczne, dostosowując produkcję do bieżących potrzeb odbiorców.

Wirtualne elektrownie, jako integralna część Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), muszą być objęte szczególnym nadzorem. Wymaga to zaawansowanej integracji systemów IT obsługujących VPP z systemami informatycznymi operatora KSE, co umożliwi stałe monitorowanie ich pracy oraz skuteczne zarządzanie w czasie rzeczywistym. Dzięki takim rozwiązaniom wirtualne elektrownie przyczyniają się do zwiększenia niezawodności, efektywności i elastyczności systemów elektroenergetycznych, jednocześnie wspierając integrację rozproszonych źródeł energii odnawialnej, R. Szczerbowski, *Generacja rozproszona...*, *op.cit.*, s. 401.

lepsze zarządzanie lokalnymi zasobami energii, eliminując konieczność przesyłania dużych ilości energii na znaczne odległości, co przyczynia się do redukcji strat przesyłowych oraz emisji dwutlenku węgla. Po trzecie, wspiera decentralizację systemu energetycznego, co jest szczególnie ważne w kontekście odporności miast na kryzysy energetyczne, takie jak przerwy w dostawach czy awarie w sieci. W przypadku energetyki rozproszonej awaria jednej instalacji wpływa na stosunkowo mały obszar, co znacząco poprawia stabilność całego systemu.

Rozwój energetyki rozproszonej jest w praktyce nierozzerwalnie związany z odnawialnymi źródłami energii, ponieważ to one pozwalają na efektywną produkcję energii na małą skalę w lokalnych warunkach. Panele fotowoltaiczne zainstalowane na dachach budynków, miejskie turbiny wiatrowe czy geotermalne systemy grzewcze są doskonałymi przykładami wykorzystania potencjału OZE w przestrzeni miejskiej. Dzięki tym rozwiązaniom miasta mogą nie tylko redukować swój ślad węglowy, ale także aktywnie przyczyniać się do globalnej walki z kryzysem klimatycznym. Jednocześnie energetyka rozproszona wspiera rozwój lokalnych społeczności energetycznych, w których mieszkańcy wspólnie inwestują w produkcję i konsumpcję energii, tworząc bardziej zrównoważone i zintegrowane społeczności miejskie. W ten sposób urbanistyka oparta na energetyce rozproszonej nie tylko promuje efektywność energetyczną, ale także wspiera większą partycypację społeczną i sprawiedliwość energetyczną.

Najpopularniejszym źródłem odnawialnej energii w polskich miastach są panele fotowoltaiczne, które dzięki swojej wszechstronności i relatywnie łatwej instalacji stały się kluczowym elementem miejskiej transformacji energetycznej. W przestrzeni miejskiej panele te najczęściej są montowane na dachach budynków mieszkalnych, komercyjnych oraz użyteczności publicznej, takich jak: szkoły, urzędy czy szpitale. Lokowanie paneli na dachach pozwala efektywnie wykorzystać przestrzeń, która pozostaje zwykle niewykorzystana, przy jednoczesnej minimalizacji ingerencji w estetykę miejskiego krajobrazu. W wielu miastach, np. w Warszawie, Wrocławiu czy Krakowie, rozwijane są programy wspierające instalacje fotowoltaiczne w instytucjach publicznych dzięki subwencjom i programom finansowego wsparcia, co dodatkowo zwiększa zainteresowanie tą technologią.

Poznań wyróżnia się na tle innych miast Polski jako pionier w strategicznym podejściu do implementacji fotowoltaiki. Jako pierwsze miasto w kraju stworzył szczegółowy plan dachów, który identyfikuje potencjalne powierzchnie dachowe nadające się do instalacji paneli fotowoltaicznych. Plan ten uwzględnia takie czynniki, jak: nasłonecznienie, kąt nachylenia, orientację względem stron świata oraz konstrukcję budynków, co pozwala na precyzyjne oszacowanie potencjału produkcyjnego energii w różnych częściach miasta. Dzięki takiemu podejściu Poznań stwarza możliwości bardziej efektywnego i zrównoważonego wdrażania technologii OZE.

Rozwój mikroinstalacji fotowoltaicznych w Polsce, pomimo swojego potencjału jako narzędzia transformacji energetycznej, został znacząco wypaczony przez politykę wspierania prosumentów. Programy dotacji i ulg podatkowych, które miały wspierać rozwój odnawialnych źródeł energii, były co prawda dostępne dla szerokiego grona użytkowników, ale bez wystarczającego uwzględnienia specyfiki lokalnego zapotrzebowania na energię. W rezultacie większość instalacji powstała na zamożnych przedmieściach i w miejscach o niskim zapotrzebowaniu energetycznym, gdzie domy jednorodzinne mają relatywnie niższe potrzeby w zakresie zużycia energii w porównaniu z budynkami wielorodzinnymi czy obiektami przemysłowymi.

Taka koncentracja mikroinstalacji w jednym typie lokalizacji doprowadziła do poważnych problemów z funkcjonowaniem lokalnych sieci energetycznych. W czasie dni wolnych, gdy zużycie energii w tych obszarach jest szczególnie niskie, napięcie w sieci często przekracza dopuszczalny poziom 253 V. W takich sytuacjach system automatycznie odłącza instalacje fotowoltaiczne od sieci, co powoduje, że potencjał produkcji energii przez te mikroinstalacje zostaje niewykorzystany. W efekcie w lokalizacjach z dużą liczbą mikroinstalacji powstaje nadmiar mocy zainstalowanej, która nie jest potrzebna, podczas gdy w miejscach o wysokim zapotrzebowaniu na energię, takich jak: gęsto zaludnione obszary miejskie, wciąż występują deficyty.

To wyzwanie wyraźnie wskazuje na konieczność zmiany podejścia do wspierania rozwoju odnawialnych źródeł energii. Przyszłe programy powinny być projektowane w sposób bardziej zrównoważony, z uwzględnieniem rzeczywistych potrzeb energetycznych różnych obszarów.

Kluczowe może być tu promowanie instalacji w miastach, na budynkach wielorodzinnych, obiektach publicznych czy komercyjnych, gdzie zapotrzebowanie na energię jest znacznie większe, a mikroinstalacje mogą w istotny sposób wpłynąć na lokalną niezależność energetyczną.

Rozwiązaniem problemu przeciążeń sieci może być również rozwój lokalnych magazynów energii, które pozwolą gromadzić nadwyżki produkcji i wykorzystywać je w okresach zwiększonego zapotrzebowania. Inną opcją jest wprowadzenie bardziej zaawansowanych technologii zarządzania siecią, takich jak systemy *smart grid*, które umożliwią dynamiczne równoważenie podaży i popytu. Istotnym krokiem w tym kierunku byłoby również lepsze planowanie przestrzenne i integracja technologii OZE z urbanistyką, co pozwoliłoby uniknąć koncentracji instalacji w jednym typie lokalizacji. Tylko strategiczne podejście do rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce umożliwi pełne wykorzystanie ich potencjału w sposób sprawiedliwy i efektywny.

Oprócz tradycyjnych paneli coraz większą popularność zdobywają innowacyjne rozwiązania fotowoltaiczne, np. dachówki fotowoltaiczne i panele przeziernie. Pierwsze z wymienionych, które integrują technologię produkcji energii bezpośrednio w strukturze pokrycia dachowego, oferują nowe możliwości dla budynków zabytkowych i tych, których estetyka ucierpiałaby przy zastosowaniu tradycyjnych paneli. Z kolei panele przeziernie, które mogą być wykorzystywane jako elementy elewacji czy szklanych powierzchni w biurowcach, pozwalają na generowanie energii przy jednoczesnym zachowaniu takich funkcji architektonicznych, jak przepuszczanie światła dziennego.

Oprócz dachówek i paneli przeziernych rosnącą popularność zyskują również elewacje fotowoltaiczne oraz szyby fotowoltaiczne, które wprowadzają nowe możliwości integracji technologii OZE z architekturą miejską. Elewacje fotowoltaiczne wykorzystują moduły zintegrowane z fasadami budynków, dzięki czemu mogą pełnić jednocześnie funkcje estetyczną, izolacyjną i energetyczną. Tego rodzaju rozwiązania doskonale sprawdzają się w nowoczesnych biurowcach oraz budynkach użyteczności publicznej, umożliwiając efektywne wykorzystanie pionowych powierzchni, które tradycyjnie były pomijane w procesie instalacji paneli.

Z kolei szyby fotowoltaiczne, będące rozwinięciem paneli przeziernych, oferują unikalną możliwość generowania energii w budynkach

z dużą ilością przeszklonych przestrzeni, czyli np. wieżowcach czy galeriach handlowych. Dzięki zastosowaniu specjalnych materiałów umożliwiających absorpcję światła słonecznego i przekształcanie go w energię elektryczną szyby te łączą funkcje użytkową i energetyczną. Co więcej, mogą one redukować przepuszczalność promieniowania ciepłego, co dodatkowo wspiera efektywność energetyczną budynku, zmniejszając koszty chłodzenia. Tego rodzaju rozwiązania nie tylko zwiększają możliwości produkcji energii w przestrzeni miejskiej, ale również wnoszą istotny wkład w estetykę i funkcjonalność nowoczesnych obiektów architektonicznych.

W miejskich przestrzeniach coraz częściej eksperymentuje się także z mini elektrowniami wiatrowymi, które mogą uzupełniać produkcję energii z fotowoltaiki. Takie rozwiązania są szczególnie przydatne w miejscach, gdzie warunki wietrzne są sprzyjające, a powierzchnia dachów ograniczona. Elektrownie te mogą być montowane na budynkach wysokich, gdyż prędkość wiatru jest tam wyższa i bardziej stabilna.

Wprowadzenie innowacyjnych technologii, takich jak: dachówki fotowoltaiczne, panele przeziernie czy mini elektrownie wiatrowe, świadczy o rosnącym zaangażowaniu polskich miast w dziedzinie wykorzystania OZE. Poznań, z jego planem dachów, może służyć za przykład dla innych miast, dowodząc, jak strategiczne podejście do wdrażania odnawialnych źródeł energii może przynieść korzyści zarówno ekonomiczne, jak i środowiskowe. Takie działania wytyczają kierunek dla przyszłości urbanistyki, w której miasta stają się bardziej samowystarczalne i przyjazne dla środowiska przy jednoczesnym zachowaniu estetyki i funkcjonalności przestrzeni miejskich.

Energetyka rozproszona odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu nowoczesnych miast, oferując model produkcji i dystrybucji energii, który lepiej odpowiada na potrzeby zróżnicowanej i dynamicznej przestrzeni miejskiej. Tradycyjne, scentralizowane systemy energetyczne opierają się na dużych elektrowniach, które dostarczają energię na rozległe obszary, co często wiąże się z wysokimi stratami przesyłowymi i ograniczoną elastycznością. W odróżnieniu od nich energetyka rozproszona polega na lokalnej produkcji energii, najczęściej bezpośrednio w miejscach jej konsumpcji lub w ich pobliżu. Jest to możliwe przede wszystkim dzięki wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna,

wiatrowa, płytką geotermia bądź termiczna obróbka odpadów. Wszystkie one mogą być zintegrowane z budynkami mieszkalnymi, infrastrukturą publiczną oraz przestrzeniami komercyjnymi.

Integracja systemów energetycznych w miastach opartych na nowoczesnych technologiach

Integracja systemów energetycznych w miastach opartych na nowoczesnych technologiach wymaga uwzględnienia faktu, że głównym obszarem zużycia energii w przestrzeni miejskiej są procesy ogrzewania i chłodzenia¹⁰⁶.

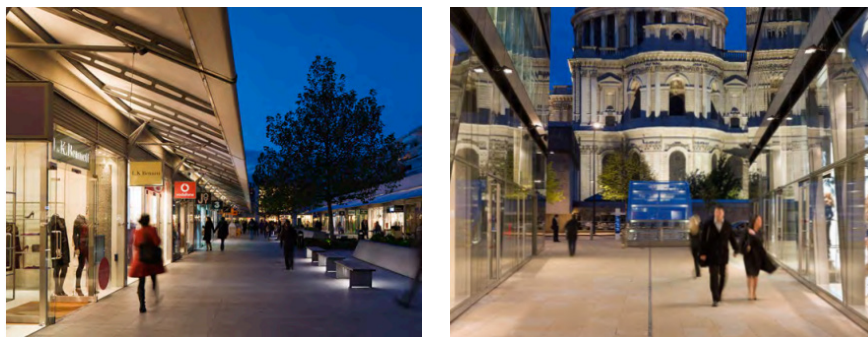
Oświetlenie jako element systemu energetycznego oraz kolorystyka nawierzchni i elewacji jako elementy wspomagające

Oświetlenie stanowi stosunkowo niewielki procent całkowitego zapotrzebowania energetycznego¹⁰⁷, co oznacza, że działania optymalizacyjne powinny przede wszystkim koncentrować się na efektywnym zarządzaniu temperaturą w budynkach i przestrzeniach publicznych. Jednym

¹⁰⁶ R. Szczerbowski, W. Chomicz, *op.cit.*, s. 105.

¹⁰⁷ Dotyczy to nie tylko nieruchomości, choć tam jest najbardziej widoczne. Badania ankietowe przeprowadzone przez studentów WNPiD UAM wskazują, że oświetlenie stanowi mniej niż 5% zapotrzebowania energetycznego w gospodarstwach domowych. Również w szerszym kontekście zaopatrzenia energetycznego jego udział jest marginalny w porównaniu z innymi sektorami, takimi jak: wytwarzanie ciepła i chłodu oraz transport. Ogrzewanie budynków i procesy przemysłowe, a także chłodzenie za pomocą energochłonnych systemów klimatyzacyjnych zużywają znaczną część dostępnych zasobów. Podobnie transport, zarówno indywidualny, jak i zbiorowy, pochłania duże ilości energii, głównie z paliw kopalnych, co czyni go istotnym źródłem emisji gazów cieplarnianych. Wdrożenie rozwiązań energooszczędnych, takich jak technologia LED, oraz inwestycje w odnawialne źródła energii w tych obszarach mogą znacząco ograniczyć zapotrzebowanie na energię i wspierać zrównoważony rozwój, E. Marzec, *Zintegrowany z budynkiem system trójgeneracyjny – ocena efektywności energetycznej z uwzględnieniem pełnego cyklu życia*, Archiwum Instytutu Techniki Ciepłej 2018, vol. 5, s. 102–104.

z podstawowych kroków w tym zakresie jest takie dostosowanie barw i materiałów stosowanych w miejskiej architekturze (fasady budynków, nawierzchnie uliczne czy elewacje kamienic), aby jednocześnie odbijały światło, poprawiając doświetlenie wnętrza, oraz ograniczały nagrzewanie się otoczenia.



Zdjęcie 1. Witryny sklepowe i powierzchnie chodników o wysokiej refleksyjności jako element wsparcia oświetleniowego

Źródło: *A Lighting Vision for the City of London / Light + Darkness in the City*, <https://www.cityoflondon.gov.uk/assets/Services-Environment/city-of-london-lighting-strategy.pdf>, s. 33 i 34 [dostęp 27.12.2024].

Kolorystyka nawierzchni ulic, chodników oraz elewacji budynków ma istotny wpływ na oświetlenie miejskie i postrzeganie przestrzeni



Zdjęcie 2. Oświetlenie elewacji budynku to kluczowy element, oddziałujący na wygląd i funkcjonalność budynku

Źródło: <https://www.e-klosz.pl/blog/jak-doswietlic-i-podkreslic-elewacje-budynku/>

publicznej. Jasne kolory powierzchni, biel czy jasne odcienie szarości, odbijają więcej światła, co może przyczynić się do lepszego doświetlenia otoczenia i zwiększenia poczucia bezpieczeństwa po zmroku. Z kolei ciemne barwy pochłaniają światło, co może prowadzić do konieczności zastosowania intensywniejszego oświetlenia sztucznego.

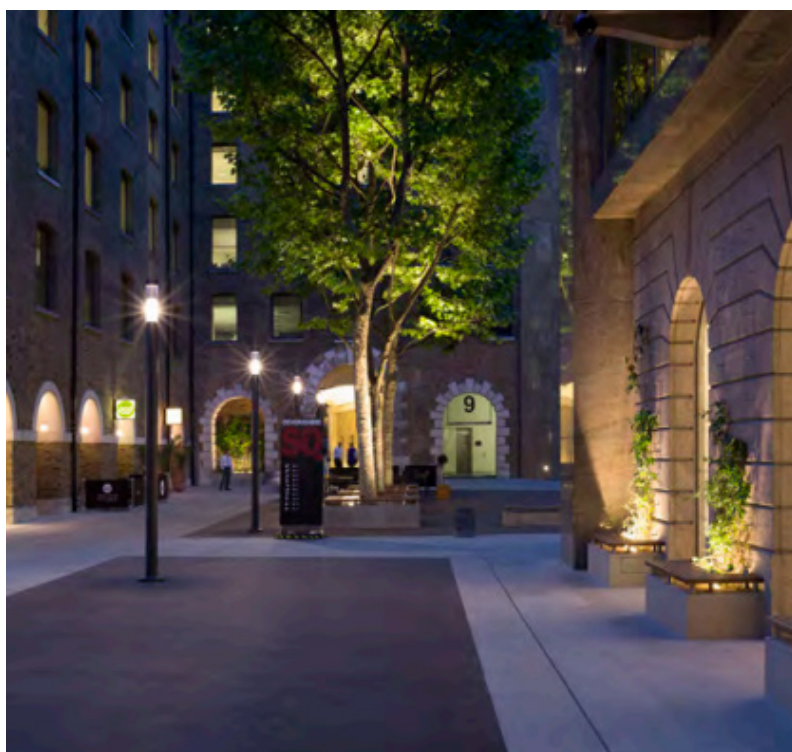
Wybór odpowiednich kolorów elewacji i nawierzchni jest również kluczowy dla efektywnego oświetlenia. Jasne elewacje lepiej odbijają światło, co może redukować zapotrzebowanie na sztuczne oświetlenie, podczas gdy ciemniejsze kolory mogą wymagać dodatkowych źródeł światła, aby zapewnić odpowiednią widoczność i estetykę budynku.



Zdjęcie 3. Smart Building Center – Jasno pod Poznaniem – przykład synchronizacji elementów kolorystyki zewnętrznej w celach oświetleniowych

Źródło: Smart Building Center w Jasnie pod Poznaniem to przykład zaawansowanego podejścia do synchronizacji elementów zewnętrznej kolorystyki budynku z jego systemami oświetleniowymi. Rozwiązania te mają na celu nie tylko poprawę estetyki obiektu, ale także zwiększenie jego efektywności energetycznej. Zastosowanie inteligentnych systemów zarządzania pozwala na dynamiczne dostosowywanie barw i intensywności światła do zmiennych warunków otoczenia oraz preferencji użytkowników. Takie podejście integruje nowoczesne technologie z ideą zrównoważonego budownictwa, podkreślając, jak istotną rolę odgrywa design w optymalizacji energetycznej, por. *Smart Building Center przyjazny planecie. Obiekt w Jasnie zyskał kolejny ekocertyfikat*, <https://wpip.pl/kategoria/aktualnosci-en/smart-building-center-przyjazny-planecie-obiekt-w-jasnie-zyskal-kolejny-ekocertyfikat/> [dostęp 29.12.2024].

Powierzchnie o wysokim współczynniku odbicia światła, czyli np. jasne elewacje bądź chłodne nawierzchnie, mogą znacząco zmniejszyć ilość energii absorbowanej przez infrastrukturę miejską, co prowadzi do redukcji efektu miejskiej wyspy ciepła. Równocześnie, odpowiednio dobrane materiały są w stanie kierunkowo odbijać światło słoneczne, co przyczynia się do lepszego wykorzystania naturalnego światła w budynkach i zmniejsza konieczność stosowania sztucznego oświetlenia w ciągu dnia¹⁰⁸.



Zdjęcie 4. Przykład dostosowania kolorystyki elewacji i nawierzchni

Źródło: <https://www.cityoflondon.gov.uk/assets/Services-Environment/city-of-london-lighting-strategy.pdf>, s. 37.

¹⁰⁸ C. Hong, Y. Yang, S. Ge, G. Chai, P. Zhao, Q. Shui, Z. Gu, *Is the design guidance of color and material for urban buildings a good choice in terms of thermal performance?*, „Sustainable Cities and Society” 2022, vol. 83, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722002499> [dostęp 27.12.2024].

Dodatkowo, zastosowanie odpowiednich opraw oświetleniowych, które harmonizują z kolorystyką elewacji, może podkreślić walory architektoniczne budynków i wpłynąć na estetykę przestrzeni miejskiej. Wybór barwy światła oraz jego intensywności powinien być dostosowany do kolorów powierzchni, aby uzyskać pożądaną efekt wizualny¹⁰⁹.

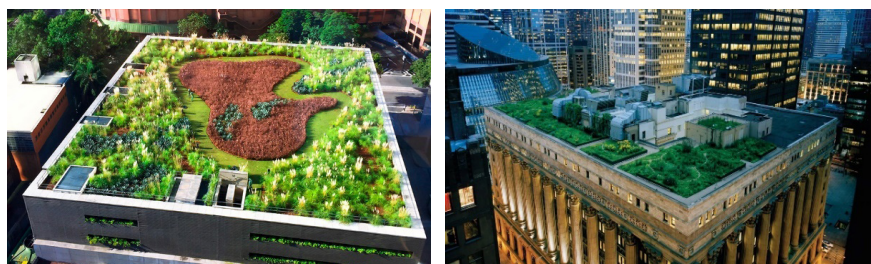
Warto podkreślić wzajemną zależność między kolorem a oświetleniem, gdyż oba te elementy wzajemnie na siebie oddziałują i kształtują odbiór przestrzeni miejskiej. Warunki oświetleniowe wpływają na postrzeganie barw, które z kolei mogą modyfikować sposób, w jaki światło jest odbierane w danej przestrzeni. Dlatego, planując kolorystykę nawierzchni i elewacji, należy uwzględnić zarówno specyfikę naturalnego światła, jak i charakterystykę sztucznych źródeł oświetlenia, aby zapewnić spójny i optymalny efekt wizualny¹¹⁰.

¹⁰⁹ Barwa światła o temperaturze barwowej CW (*cool white*), mieszcząca się w zakresie 6000–6500 K, ma działanie stymulujące, sprzyjając zwiększonej koncentracji i efektywności poznawczej. Barwa NW (*neutral white*), najczęściej o wartości około 4000 K, jest uznawana za najbardziej uniwersalną. Odpowiada ona naturalnemu światłu występującemu w godzinach porannych oraz popołudniowych i charakteryzuje się neutralnym wpływem na samopoczucie użytkowników. Barwa WW (*warm white*), obejmująca zakres 2700–3000 K, jest zbliżona do światła emitowanego przez tradycyjne żarówki i tworzy atmosferę sprzyjającą relaksowi i odpoczynkowi. Tego typu podział temperatur barwowych pozwala na dostosowanie charakteru oświetlenia do określonych potrzeb użytkowników oraz kontekstu przestrzennego, T. Sosińska, *Magia kolorów w oświetleniu zewnętrznym*, <https://www.kanlux.com/pl/artykuly/jaki-kolor-oprawy-barwa-swiatla-podpowiadamy?> [dostęp 27.12.2024].

¹¹⁰ Postrzeganie koloru jest silnie zależne od warunków oświetleniowych, zarówno naturalnych, jak i sztucznych. Ten sam kolor może wyglądać zupełnie inaczej w różnych porach dnia – o wschodzie słońca, w południe czy o zachodzie – w zależności od kąta padania i intensywności światła naturalnego. Dodatkowo oświetlenie sztuczne, rozmieszczone w sposób świadomy i odpowiednio zaprojektowany, ma zdolność modyfikowania wizualnego odbioru koloru, co pozwala na efektywne kształtowanie powierzchni i nadawanie przestrzeni określonego charakteru. Taka interakcja między kolorem a światłem podkreśla ich wzajemne implikacje i znaczenie w planowaniu przestrzeni, por. *Wpływ oświetlenia na postrzeganie koloru*, <https://www.sniezka.pl/poradniki/jak-dobrac-kolor/wpływ-oswietlenia-na-postrzeganie-koloru?>

Zielone dachy

Dachy pokryte roślinnością, choć często postrzegane jako rozwiązanie wspierające zrównoważoną urbanistykę¹¹¹, wiążą się z pewnymi ograniczeniami, które należy uwzględnić w procesie ich projektowania i wdrażania. Pokrycia tego typu mogą poprawiać izolacyjność termiczną budynków, co pomaga redukować straty ciepła zimą i ograniczać nagrzewanie latem¹¹².



Zdjęcie 5 i 6. Zielony dach jako odpowiedź na deficyt zielonej przestrzeni miejskiej

Źródło: M. Weber-Siwirska, *Green roofs are the future of modern and sustainable cities*, <https://upwr.edu.pl/en/news/green-roofs-are-the-future-of-modern-and-sustainable-cities-567.html> 28.12.2024 ilustracja 2 <https://www.sika.com/en/construction/roof-systems/green-roofs.html> [dostęp 28.12.2024].

Są one przede wszystkim odpowiedzią na problem deficytu zieleni w zurbanizowanych przestrzeniach. Dzięki zastosowaniu roślin na

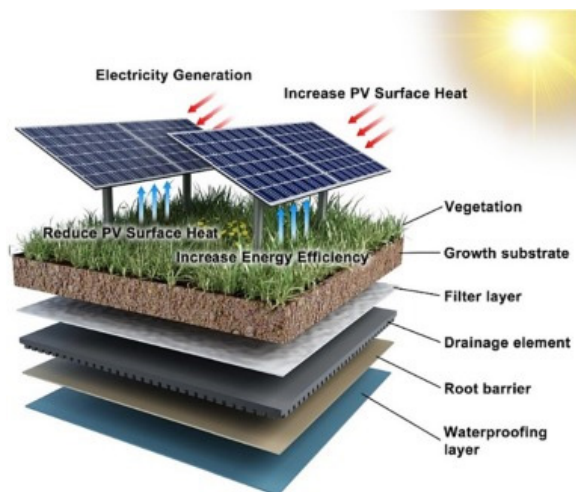
¹¹¹ Zielone dachy to rozwiązania architektoniczne polegające na pokrywaniu warstwami roślinności stropodachów z odpowiednio przygotowanym podłożem technicznym, które zapewnia komfort termiczny, skuteczne nawadnianie oraz systemy drenażowe. Tego typu konstrukcje wymagają zaawansowanych technologii, aby chronić budynek przed wilgocią, zapobiegać korozji i wytrzymać zwiększone obciążenia związane z ciężarem warstw roślinnych. Zielone dachy, często wspierane roślinnością na ścianach budynku, stanowią element zrównoważonej urbanistyki, pozwalając częściowo zneutralizować negatywne skutki tradycyjnych metod budowlanych i zmniejszyć wpływ budynków na środowisko, M. Czarnecki, G. Rytel, *Zagadnienia ekologii i energooszczędności w architekturze: Współczesne tendencje w projektowaniu domów jednorodzinnych*, „Architecturae et Artibus” 2013, nr 5(4), s. 15–17.

¹¹² P. Wolański, K. Wolańska, *Korzyści wynikające ze stosowania dachów zielonych na obiektach wielkopowierzchniowych*, „Nowoczesne Hale” 2020, nr 3, s. 5.

dachach miasta mogą zyskać dodatkowe tereny zielone, co jest szczególnie istotne w gęsto zabudowanych obszarach, gdzie dostęp do naturalnych przestrzeni jest ograniczony¹¹³.

Korzyści z zielonych dachów są wieloaspektowe. Ich funkcja ekologiczna obejmuje produkcję tlenu, redukcję dwutlenku węgla oraz filtrację zanieczyszczeń, w tym pyłów zawieszonych. Dodatkowo wspierają one bioróżnorodność, umożliwiając tworzenie siedlisk dla roślin i zwierząt. Zielone dachy znacząco wpływają także na poprawę mikroklimatu miejskiego, przeciwdziałając efektowi miejskiej wyspy ciepła, a także zwiększając retencję wód opadowych, ograniczając obciążenie miejskiej infrastruktury kanalizacyjnej¹¹⁴.

W kontekście praktycznym zielone dachy oferują korzyści dla właścicieli budynków. Zapewniają naturalną izolację termiczną, co pozwala oszczędzać energię związaną z ogrzewaniem w zimie i chłodzeniem w lecie. Integracja systemów zielonych dachów z panelami fotowoltaicznymi,



Rysunek 2. Schemat struktura „zielonego dachu” z fotowoltaiką

Źródło: W.T. Wang, H. Yang, C. Xiang, *Green roofs and facades with integrated photovoltaic system for zero energy eco-friendly building – A review*, „Sustainable Energy Technologies and Assessments” 2023, vol. 60, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138823004198> [dostęp 28.12.2024].

¹¹³ *Ibidem*.

¹¹⁴ P. Wolański, K. Wolańska, *op.cit.*, s. 1–4.



Zdjęcie 7. Zastosowanie „zielonego dachu”

Źródło: Fotografia nr 2, P. Wolański, K. Wolańska, *op.cit.*, s. 4.

tw. dachy biosolarne, zwiększa wydajność i trwałość paneli nawet o 18% rocznie, co stanowi dodatkową wartość ekonomiczną¹¹⁵.

Zielone dachy jednak stwarzają wiele wyzwań. Choć są uznawane za istotny element zrównoważonego rozwoju miast, wymagają starannego planowania i odpowiedniej konstrukcji, aby w pełni wykorzystać ich potencjał. Poza oczywistą korzyścią w postaci poprawy izolacyjności termicznej, która minimalizuje straty ciepła w zimie i zapobiega przegrzewaniu latem, ich zastosowanie wymaga uwzględnienia takich czynników, jak: odpowiednie odprowadzanie wody, wybór roślinności dostosowanej do lokalnych warunków klimatycznych oraz wytrzymałość konstrukcji nośnej budynków.

Kluczowe jest także właściwe utrzymanie zielonych dachów, aby zapewnić ich długowieczność i funkcjonalność. Niewystarczająca wiedza lub błędy w realizacji mogą prowadzić do problemów, np. przecieków lub zastoju wody. Dlatego zielone dachy, mimo swoich zalet, muszą być wdrażane z uwzględnieniem zarówno korzyści ekologicznych, jak i potencjalnych ograniczeń technicznych.

¹¹⁵ Wynika to m.in. z ograniczonej wydajności paneli fotowoltaicznych w wyższych temperaturach, co jest skutkiem zwiększonego oporu przepływu elektronów w materiale półprzewodnikowym, spowodowanego zmianami w jego kinetyce. Szczegółowe omówienie tego zjawiska, wraz z analizą wpływu temperatury na efektywność półprzewodników i charakterystykę pracy paneli, znajduje się na dalszych stronach.

Warstwa roślinna wraz z podłożem znacząco obciąża konstrukcję budynku, co może wymagać kosztownych wzmocnień lub ograniczenia stosowania tego typu rozwiązania na starszych obiektach¹¹⁶. Dodatkowo zielone dachy mogą negatywnie wpływać na efektywność wentylacji naturalnej, szczególnie w sytuacjach, gdy ich projekt nie uwzględnia odpowiedniego przepływu powietrza. Istotnym wyzwaniem jest także konkurencja o przestrzeń z systemami fotowoltaicznymi czy turbinami wiatrowymi, które na dachach mogą znacząco poprawiać efektywność energetyczną budynku dzięki generowaniu odnawialnej energii. Chociaż instalacje fotowoltaiczne mogą zyskiwać na wydajności dzięki współpracy z roślinnością (np. w systemach biosolarnych), ich zagęszczenie na dachu jest ograniczone. W tym kontekście roślinność, mimo swoich zalet, nie zawsze pozwala na maksymalne wykorzystanie powierzchni dachowej i ustępuje mechanicznym systemom chłodzenia, które efektywniej wspierają optymalizację pracy instalacji energetycznych.

Wprowadzenie zielonych dachów powinno być zatem starannie przemyślane i uwzględniać potencjalne korzyści oraz ograniczenia. W miejscach, gdzie priorytetem jest produkcja energii, lepszym wyborem mogą być instalacje fotowoltaiczne, szczególnie gdy budynek znajduje się w lokalizacji o dobrych warunkach nasłonecznienia. Zielone dachy mogą natomiast znaleźć zastosowanie tam, gdzie ich główną funkcją jest poprawa retencji wody opadowej, ograniczenie efektu miejskiej wyspy ciepła oraz wsparcie lokalnej bioróżnorodności. Ważne jest, aby ich implementacja była częścią szerszej strategii energetycznej i urbanistycznej, dostosowanej do specyficznych warunków budynku i jego otoczenia. W ten sposób zielone dachy mogą wspierać zrównoważony rozwój miast bez kompromisów w zakresie efektywności energetycznej.

Dobór materiałów i roślin w miastach to jednak tylko część większego procesu integracji systemów energetycznych. Kluczowym elementem jest również wykorzystanie nowoczesnych technologii, np. szkła inteligentnego, które dostosowuje swoją przepuszczalność świetlną do warunków

¹¹⁶ S. Sattler, I. Zluwa, D. Österreicher. *The "PV rooftop garden": providing recreational green roofs and renewable energy as a multifunctional system within one surface area*, „Applied Sciences” 2020, vol. 10.5, s. 6, <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/5/1791> [dostęp 28.12.2024].

oświetleniowych¹¹⁷. Takie rozwiązania pozwalają na automatyczne regulowanie ilości światła wpadającego do budynków, co zmniejsza konieczność używania klimatyzacji i oświetlenia sztucznego.

Dotyczy to tak zastosowania szkła termotropowego, jak i fotochromatycznego, a także elektrochromatycznego¹¹⁸. Jedne i drugie spełniają funkcję inteligentnego materiału, który reaguje na zmienne warunki środowiskowe, wpływając na efektywność energetyczną budynków. Pierwsze



Zdjęcie 8. Okno termotropowe w różnych temperaturach – zjawisko zmętniania

Źródło: J. Marchwiński, *op.cit.*

¹¹⁷ J. Marchwiński, *Szkle termotropowe i fotochromatyczne w budownictwie*, „Świat Szklą” 2007, nr 12, <https://swiat-szklapl/article/1013-szkle-termotropowe-i-fotochromatyczne-w-budownictwie> [dostęp 29.12.2024].

¹¹⁸ J. Tymkiewicz, *Koncepcja ochrony przeciwsłonecznej jako ważny element projektu elewacji nowoczesnych budynków*, [w:] *Nowoczesność w architekturze. TRANSFORMACJA – TECHNOLOGIA – TOŻSAMOŚĆ*, 6/3 Gliwice 2012, s. 34.

z wymienionych zmienia swoje właściwości optyczne pod wpływem temperatury – wraz ze wzrostem ciepła staje się mniej przezroczyste, co ogranicza przepływ światła i promieniowania cieplnego do wnętrza budynku. Jest to szczególnie przydatne w regionach o dużym nasłonecznieniu, gdyż pozwala na redukcję kosztów związanych z klimatyzacją, poprawiając komfort termiczny użytkowników.

Z kolei szkło fotochromatyczne reaguje na intensywność światła, zmieniając swoją przejrzystość w zależności od poziomu promieniowania słonecznego. Mechanizm ten, oparty na zjawisku fotochemicznej reakcji w materiałach, pozwala na automatyczną regulację ilości światła wpadającego do wnętrza, co zwiększa komfort wizualny i zmniejsza zapotrzebowanie na sztuczne oświetlenie¹¹⁹.



Zdjęcie 9. Szkło z folią fotochromatyczną w oknach – efekt nasłonecznienia

Źródło: Dynaclime. Photochromic solar film, <https://smartglassnordic.com/index.php/en/products-en/photochromic-film> [dostęp 29.12.2024].

¹¹⁹ W budownictwie oba typy szkła znajdują zastosowanie w inteligentnych fasadach, oknach i dachach, gdzie ich zdolność do adaptacji przyczynia się do zmniejszenia zużycia energii oraz poprawy warunków środowiskowych. Wprowadzenie tych technologii stanowi istotny krok w kierunku zrównoważonego budownictwa, w którym połączenie estetyki z funkcjonalnością odgrywa kluczową rolę. Przykład zastosowania technologii fotochromatycznej w budynkach wykazał, że mogą one zmniejszyć zużycie energii nawet o 20%, szczególnie w budynkach o dużych przeszkleniach.



Zdjęcie 10. Wykorzystanie szkła elektrochromatycznego w oknie

Źródło: *Smart Glass Opens a Window to New Applications*, <https://www.radiantvisionsystems.com/blog/smart-glass-opens-window-new-applications> [dostęp 29.12.2024].

Technologie te, w połączeniu z powierzchniami o wysokim współczynniku odbicia i odpowiednim zagospodarowaniem zieleni, tworzą spójny system wspierający efektywność energetyczną miast.

W miastach przyszłości kluczowe jest połączenie technologicznych i naturalnych rozwiązań w jedną spójną strategię, która pozwoli na zrównoważone zarządzanie energią i poprawę jakości życia mieszkańców. Stosowanie odpowiednich materiałów, adaptacyjnych technologii oraz właściwy dobór roślinności w przestrzeni miejskiej może zmniejszyć obciążenie energetyczne budynków i infrastruktury, jednocześnie przyczyniając się do poprawy mikroklimatu oraz estetyki środowiska zurbanizowanego. Integracja tych elementów w nowoczesnych miastach stanowi istotny krok w stronę zrównoważonego rozwoju i minimalizacji negatywnego wpływu urbanizacji na środowisko naturalne.

Fotowoltaika w przestrzeni miejskiej

Fotowoltaika na dachach, mimo swojej popularności i efektywności, zmaga się z istotnym problemem spadku sprawności wraz ze wzrostem temperatury paneli. Moduły fotowoltaiczne osiągają maksymalną wydajność w określonych warunkach temperaturowych, zwykle około 25°C. W praktyce jednak, w gorące dni lub przy długotrwałym nasłonecznieniu, ich temperatura może przekroczyć 65°C, co prowadzi do spadku efektywności konwersji energii słonecznej na energię elektryczną o 0,3–0,5% na każdy dodatkowy stopień powyżej optymalnej temperatury¹²⁰. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w miastach, gdzie dachy budynków często podlegają dodatkowym nagrzewaniu w wyniku efektu miejskiej wyspy ciepła.

Jednym ze sposobów przeciwdziałania temu zjawisku jest chłodzenie paneli fotowoltaicznych za pomocą cieczy.

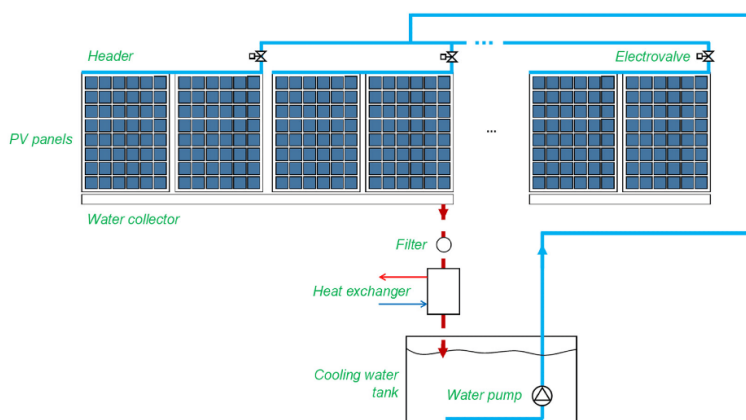


Zdjęcie 11. Panele fotowoltaiczne chłodzone wodą

Źródło: Fragment prezentacji – *Układy hybrydowe w mikrogeneracji*, Fundacja na Rzecz Czystej Energii, arch. Autora.

W tym podejściu instalacje fotowoltaiczne są wyposażane w układy chłodzące, które umożliwiają przepływ cieczy pod powierzchnią modułów. Schładzana ciecz odbiera nadmiar ciepła, utrzymując temperaturę paneli na optymalnym poziomie i zapobiegając spadkom wydajności.

¹²⁰ R. Szczerbowski, *Analiza energetyczna i ekonomiczna możliwości wykorzystania fotowoltaiki w systemach energetycznych*, „Electrical Engineering” 2013, nr 74, s. 239.



Rysunek 3. Schemat chłodzonej wodą instalacji fotowoltaicznej z wymiennikiem ciepła

Źródło: K. Soronek, *Assessment of the Impact of Direct Water Cooling and Cleaning System Operating Scenarios on PV Panel Performance*, „Energies” 2024, 17(17), <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/17/4392> [dostęp 29.12.2024].

Woda używana w tym procesie może być następnie wykorzystywana w systemach grzewczych budynków, np. administracji publicznej, lub w pompach ciepła.

W takich układach odzyskane ciepło może zostać zaadaptowane do ogrzewania pomieszczeń lub podgrzewania wody użytkowej, co dodatkowo zwiększa efektywność energetyczną całego systemu.

Pompy ciepła, zasilane energią cieplną pozyskaną z paneli fotowoltaicznych, mogą działać jako integracyjny element systemów grzewczych budynków. Woda podgrzana w procesie chłodzenia paneli może być magazynowana i wykorzystywana jako źródło niskotemperaturowe dla pompy ciepła, co pozwala na bardziej efektywne ogrzewanie budynków. Tego rodzaju systemy są szczególnie korzystne w dużych obiektach publicznych, jak urzędy, szkoły czy szpitale, mających stałe zapotrzebowanie na ciepło i wodę.

Alternatywnym rozwiązaniem chłodzenia paneli jest zastosowanie systemów wymuszonej cyrkulacji powietrza pod powierzchnią modułów. Wentylatory zamontowane w odpowiednich miejscach mogą wspierać rotację powietrza, co pozwala na skuteczniejsze odprowadzanie ciepła.

Przy odpowiedniej konfiguracji takie systemy mogą być zintegrowane z rekuperatorami, które dodatkowo odzyskują ciepło z ogrzanego



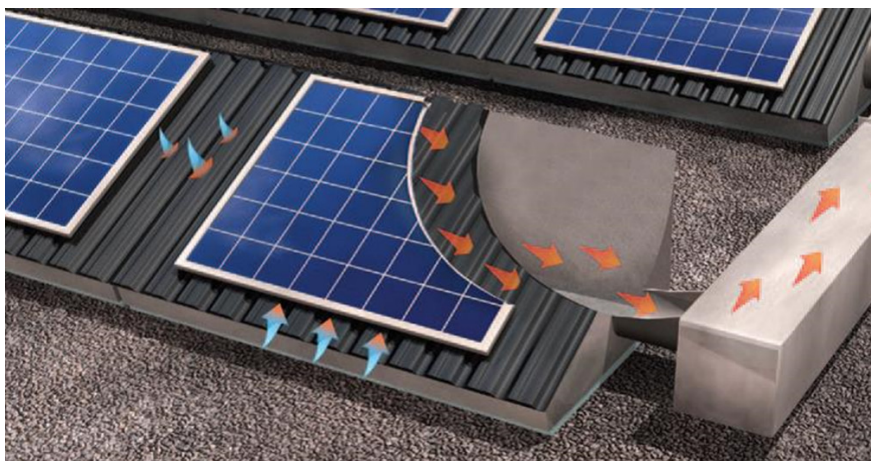
Zdjęcie 12. System chłodzenia powietrzem wspierany przez wentylator

Źródło: A. Majumder, A. Kumar, R. Innamorati, C.C. Mastino, G. Cappellini, R. Baccoli, G. Gatto, *Cooling Methods for Standard and Floating PV Panels*, „Energies” 2023, 16, 7939, <https://doi.org/10.3390/en16247939> [dostęp 29.12.2024].

powietrza i wykorzystują je do regulacji temperatury w budynku. W ten sposób powstaje zamknięty obieg energetyczny, w którym nadmiar ciepła jest przekształcany w energię użytkową, zamiast być traconym do otoczenia¹²¹.

Wdrożenie systemów chłodzenia paneli fotowoltaicznych wymaga inwestycji i starannego planowania, jednak potencjalne korzyści, takie jak: zwiększenie wydajności instalacji oraz możliwość integracji z systemami grzewczymi i rekuperacyjnymi, czynią te rozwiązania obiecującym kierunkiem rozwoju energetyki miejskiej.

¹²¹ Przykłady wdrożeń tego typu rozwiązań można znaleźć w miastach na całym świecie. W jednym z projektów pilotażowych w Niemczech systemy chłodzenia cieczowego zostały zainstalowane na dachach budynków publicznych, co pozwoliło zwiększyć sprawność paneli o około 10% w okresach letnich, jednocześnie dostarczając ciepło do lokalnych systemów ogrzewania. W innym przypadku, w Izraelu, systemy wentylacyjne zintegrowane z rekuperatorami zastosowano w biurach, gdzie odzysk ciepła z powietrza pozwolił na redukcję kosztów klimatyzacji o ponad 15% rocznie. W Polsce podobne koncepcje zaczynają być testowane, szczególnie w kontekście zwiększenia efektywności energetycznej budynków publicznych w ramach strategii zrównoważonego rozwoju.



Zdjęcie 13. Panele fotowoltaiczne chłodzone powietrzem zintegrowane z rekuperacją

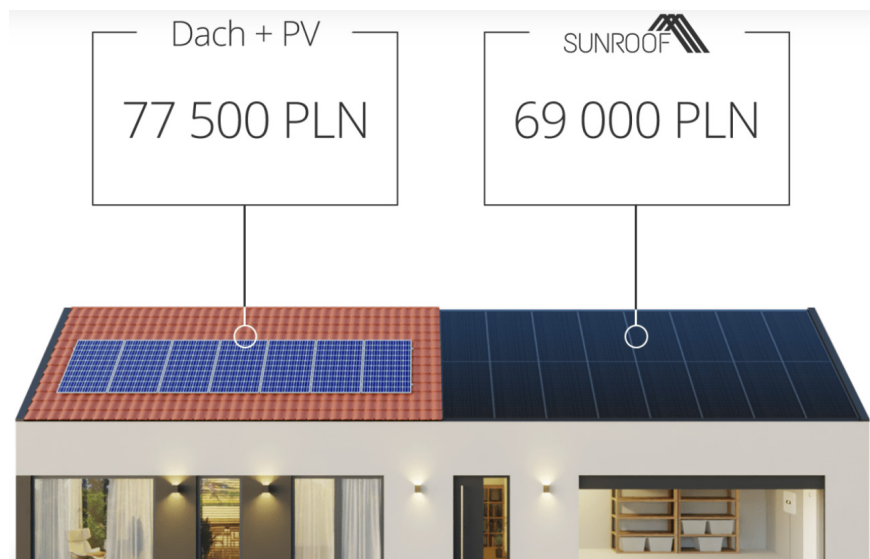


Zdjęcie 14. Dachówka fotowoltaiczna o kroju nawiązującym do lokalnych tradycji architektonicznych

Źródło: Przykład komercyjnego zastosowania w zabytkowej architekturze. Dachówki fotowoltaiczne, <https://cottopossagno.pl/produkty/dachowki-fotowoltaiczne/> [dostęp 31.12.2024].

Podjmując zagadnienie fotowoltaiki i jej rozwoju, trudno nie wspomnieć o przybierających na popularności dachówkach fotowoltaicznych. Stanowią one istotny krok naprzód w dziedzinie zrównoważonego budownictwa, integrując funkcję generowania energii z estetyką i ochroną dachów. W porównaniu do tradycyjnych paneli fotowoltaicznych są projektowane jako elementy budowlane, co pozwala na ich efektywniejsze dopasowanie do projektu architektonicznego budynku¹²².

Dachy fotowoltaiczne stanowią bardziej zaawansowaną alternatywę, przechodzącą od idei pojedynczych dachówek do pełnych konstrukcji, integrujących funkcję poszycia dachowego z systemem generowania energii. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie jednolitej, estetycznej powierzchni o zwiększonej wydajności energetycznej i równocześnie eliminuje potrzebę stosowania dodatkowych elementów konstrukcyjnych



Rysunek 4. Panele fotowoltaiczne i dach solarny – porównanie kosztów w reklamie firmy Sunroof

Źródło: *Dach solarny SunRoof2w1*, <https://offers.sunroof.se/pl-lp/nowy-dach-solarny/> [dostęp 31.12.2024].

¹²² Przykład komercyjnego zastosowania w zabytkowej architekturze. *Dachówki fotowoltaiczne*, <https://cottopossagno.pl/produkty/dachowki-fotowoltaiczne/> [dostęp 31.12.2024].

czy montażowych, co może upraszczać proces budowy i redukować jego koszty¹²³.

W pełni fotowoltaiczne dachy wykorzystują zoptymalizowane moduły dostosowane do różnorodnych warunków środowiskowych i architektonicznych, co czyni je odpowiednimi zarówno dla inwestycji indywidualnych, jak i komercyjnych. Charakteryzują się one wysoką odpornością mechaniczną oraz zdolnością do zapewniania odpowiedniej izolacji termicznej i akustycznej, co dodatkowo zwiększa ich funkcjonalność w porównaniu z tradycyjnymi pokryciami dachowymi¹²⁴.

Przy projektowaniu tego typu systemów szczególny nacisk kładzie się na minimalizację strat energii i optymalizację wydajności przy zachowaniu walorów estetycznych. Moduły te mogą być projektowane



Zdjęcie 15. Wykorzystanie dachu fotowoltaicznego w architekturze zabytkowej

Źródło: E. Biernacik, *Dach solarny zamiast paneli fotowoltaicznych – zalety i wady*, <https://enerad.pl/dach-solarny-zamiast-paneli-fotowoltaicznych-zalety-i-wady/> [dostęp 31.12.2024].

¹²³ E. Biernacik, *Dach solarny zamiast paneli fotowoltaicznych – zalety i wady*, <https://enerad.pl/dach-solarny-zamiast-paneli-fotowoltaicznych-zalety-i-wady/> [dostęp 31.12.2024].

¹²⁴ *Ibidem*.

w różnych kształtach i rozmiarach, co umożliwia ich dopasowanie do specyficznych potrzeb architektonicznych, niezależnie od rodzaju budynku czy jego lokalizacji.

Całkowicie fotowoltaiczne dachy stwarzają potencjał do jeszcze większego obniżenia kosztów eksploatacyjnych dzięki swojej trwałości i minimalnym wymaganiom konserwacyjnym. Ich zastosowanie wpisuje się w strategię rozwoju niskoemisyjnych technologii budowlanych, wspierając cele związane z dekarbonizacją sektora energetycznego¹²⁵.

Kolejnym krokiem w ekspansji fotowoltaiki w przestrzeni miejskiej są możliwości związane z jej zastosowaniem w projektowaniu elewacji. Przedsięwzięcia tego typu stanowią innowacyjne rozwiązanie w zakresie zrównoważonego budownictwa, które integruje funkcję estetyczną z możliwościami generowania energii elektrycznej. Wykorzystanie modułów fotowoltaicznych w fasadach budynków pozwala nie tylko na



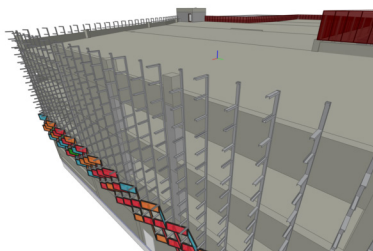
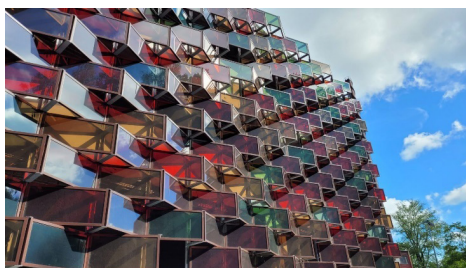
Zdjęcie 16. Przykład fotowoltaicznej okładziny fasadowej

Źródło: *Solar panels for facades & ventilated PV systems*, <https://metsolar.eu/products/bipv-facade-systems/> [dostęp 31.12.2024].

¹²⁵ *Ibidem.*

zwiększenie powierzchni dostępnej dla instalacji produkujących energię, ale również na efektywne zagospodarowanie przestrzeni architektonicznej, szczególnie w obszarach miejskich, gdzie dostępność powierzchni dachów jest ograniczona. Technologia ta, będąca częścią systemów zintegrowanych z budynkiem (BIPV – *Building-Integrated Photovoltaics*), oferuje szerokie możliwości zastosowania zarówno w nowoczesnych budynkach komercyjnych, jak i rewitalizowanych obiektach historycznych¹²⁶.

Elewacje fotowoltaiczne mogą być projektowane w różnych konfiguracjach, uwzględniając potrzeby estetyczne i techniczne. Moduły są dostępne w szerokiej gamie kolorów, tekstur i poziomów przezroczystości, co pozwala na ich harmonijną integrację z istniejącymi projektami architektonicznymi. Dzięki zastosowaniu takich technologii, jak podwójne szkło z warstwą fotowoltaiczną możliwe jest również uzyskanie efektów optycznych, które podnoszą walory estetyczne budynków. Moduły te mogą być dostosowywane do specyficznych potrzeb projektowych, co czyni je wszechstronnym rozwiązaniem w budownictwie.



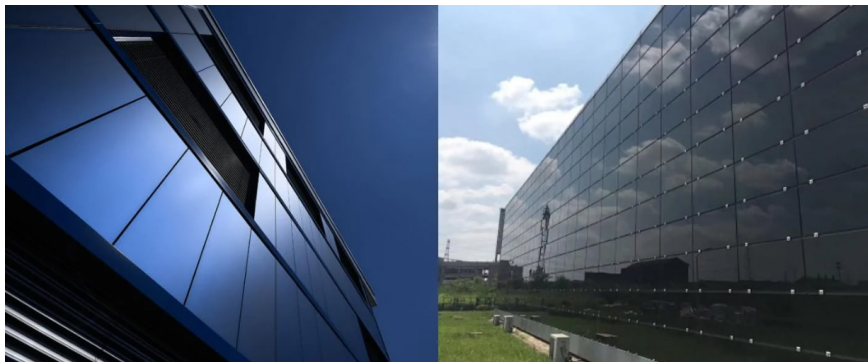
Zdjęcie 17. Fasada z półprzezroczystych modułów / na konstrukcji z galwanicznie ocynkowanej stali

Źródło: *New PV facade design in Sweden*, <https://www.pv-magazine.com/2021/08/17/new-pv-facade-design-in-sweden/> [dostęp 31.12.2024].

Zaletą elewacji fotowoltaicznych jest możliwość wykorzystania zarówno powierzchni pionowych, jak i nachylonych pod różnymi kątami, co pozwala na maksymalizację produkcji energii w różnych warunkach

¹²⁶ *Solar panels for facades & ventilated PV systems*, <https://metsolar.eu/products/bipv-facade-systems/> [dostęp 31.12.2024].

oświetleniowych. Elewacje tego typu mogą być zaprojektowane tak, aby optymalnie wykorzystywać światło odbite, co zwiększa wydajność systemów w porównaniu do klasycznych instalacji dachowych. Ponadto integracja takich modułów z elewacjami budynków zmniejsza potrzebę stosowania dodatkowych materiałów budowlanych, co może obniżyć koszty konstrukcji.



Zdjęcie 18. Elewacje fotowoltaiczne w miejskiej przestrzeni industrialnej

Źródło: *BIPV Solar for Facade*, <https://www.fgnexsolar.com/BIPV-Solar-for-Facade.html> [dostęp 12.12.2024].

W kontekście funkcjonalności elewacje fotowoltaiczne pełnią nie tylko rolę źródła energii, ale również zapewniają izolację termiczną i akustyczną. Dzięki zastosowaniu odpowiednich materiałów oraz zaawansowanych technologii montażowych fasady te są w stanie minimalizować straty ciepła w zimie i ograniczać nagrzewanie budynków latem, co prowadzi do znacznego obniżenia kosztów związanych z klimatyzacją i ogrzewaniem. Moduły fotowoltaiczne stosowane w elewacjach charakteryzują się również wysoką odpornością na warunki atmosferyczne, w tym na promieniowanie ultrafioletowe (UV – *Ultraviolet*), deszcz czy grad, co czyni je trwałym rozwiązaniem o długim cyklu życia¹²⁷.

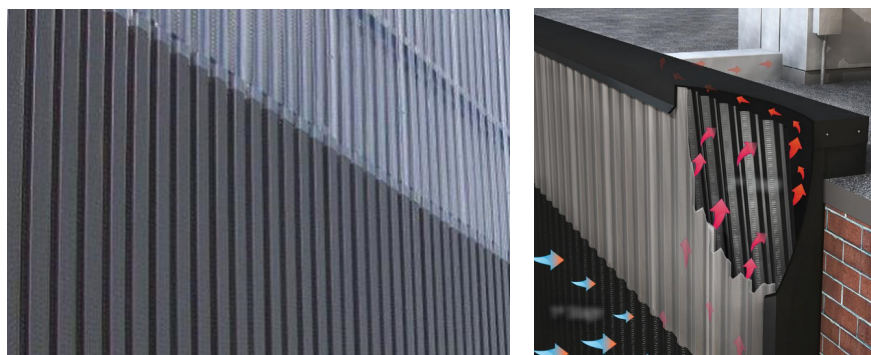
¹²⁷ *BIPV Solar for Facade*, <https://www.fgnexsolar.com/BIPV-Solar-for-Facade.html> [dostęp 12.12.2024].

„Termodynamiczne” elewacje solarne jako element wspomagający

Termodynamiczność w powiązaniu z elewacjami odnosi się do dynamicznego charakteru procesów, jakie zachodzą w wyniku ich specyficznej perforowanej struktury, obecności otworów na ich powierzchni, które umożliwiają przepływ ciepła i powietrza w sposób dostosowany do zmieniających się warunków środowiskowych¹²⁸.

Latem perforowane elewacje wspierają naturalne procesy konwekcji, które polegają na zasysaniu powietrza przez otwory i unoszeniu go ku górze w wyniku nagrzewania. W ten sposób nadmiar ciepła jest efektywnie odprowadzany, co prowadzi do schładzania powierzchni budynku. To naturalne zjawisko zmniejsza zapotrzebowanie na klimatyzację, jednocześnie poprawiając komfort termiczny wnętrza. Struktura perforacji pełni funkcję bufora termicznego, ograniczając nagrzewanie ściany właściwej i chroniąc ją przed bezpośrednim działaniem promieniowania słonecznego.

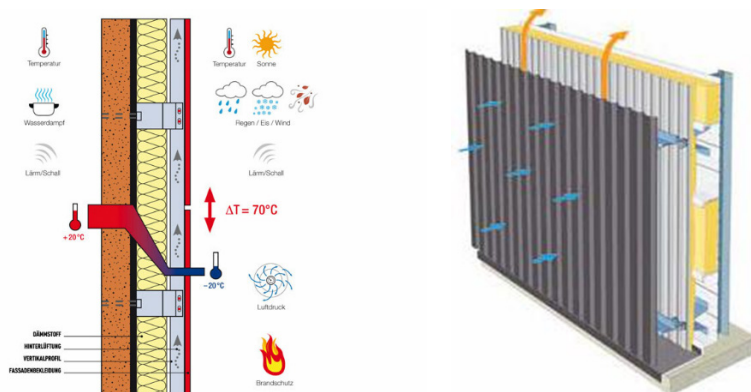
Perforowane elewacje to innowacyjne rozwiązanie architektoniczne, które nie tylko wzbogaca estetykę budynków, ale także przynosi znaczące korzyści w zakresie efektywności energetycznej i funkcjonalności. Dzięki specyficznej strukturze z otworami, elewacje te działają w sposób



Zdjęcie 19. Elewacja solarna – przekrój i zasada działania

¹²⁸ D. Chi, D. Moreno, J. Navarro, *Design optimisation of perforated solar façades in order to balance daylighting with thermal performance*, „Building and Environment” 15 November 2017, vol. 125, s. 383–400.

dynamiczny, dostosowując się do warunków środowiskowych w różnych porach roku. W okresach letnich perforacje pozwalają na zasysanie powietrza, które naturalnie kieruje się ku górze w wyniku konwekcji. Proces ten powoduje chłodzenie powierzchni ściany budynku, ograniczając nagrzewanie jego wnętrza i zmniejszając zapotrzebowanie na systemy klimatyzacyjne. Otwory perforowane umożliwiają efektywną cyrkulację powietrza, tworząc rodzaj naturalnego bufora termicznego między ścianą właściwą a warstwą zewnętrzną elewacji¹²⁹.



Rysunek 5. Właściwości tzw. elewacji rusztowej, przekrój elewacji solarnej

Elewacja rusztowa, będąca jednym z typów perforowanych fasad, wyróżnia się wszechstronnością i estetycznym wyglądem, co czyni ją popularnym wyborem w nowoczesnym budownictwie. Okładzina elewacyjna montowana na ruszcie nośnym pozwala na tworzenie indywidualnych projektów architektonicznych dzięki szerokiej gamie kolorów i tekstur. Umożliwia harmonijną integrację z innymi materiałami budowlanymi, takimi jak: szkło czy drewno, co pozwala na realizację spójnych i estetycznie zaawansowanych projektów.

Zalety tego typu elewacji obejmują jej zdolność do ochrony budynku przed wpływami atmosferycznymi, np. przed deszczem czy wiatrem, co znacząco zwiększa trwałość konstrukcji. Perforacje w elewacji pozwalają także na poprawę wentylacji naturalnej budynku, minimalizując ryzyko

¹²⁹ *Ibidem.*

kondensacji wilgoci i wspierając zdrowy mikroklimat wewnętrzny. Dodatkowo system rusztowy umożliwia łatwą adaptację i modernizację, co sprawia, że jest on odpowiedni zarówno dla nowych inwestycji, jak i renowacji starszych obiektów.

Mimo licznych korzyści, elewacje rusztowe posiadają także pewne ograniczenia. Wymagają starannego zaplanowania struktury nośnej, co może wiązać się z dodatkowymi kosztami materiałowymi i instalacyjnymi. Dodatkowo, precyzyjne wykonanie jest kluczowe dla zachowania estetyki i funkcjonalności, co może wymagać zaangażowania wysoko wykwalifikowanych specjalistów. Pomimo tych wyzwań, elewacje rusztowe oferują wyjątkową równowagę pomiędzy designem a funkcjonalnością, co czyni je atrakcyjnym rozwiązaniem dla nowoczesnych budynków, *Wentylowana elewacja na ruszcie*, <https://pl.prefa.com/jak-budowac/projektowanie-elewacji/> [dostęp 30.12.2024].

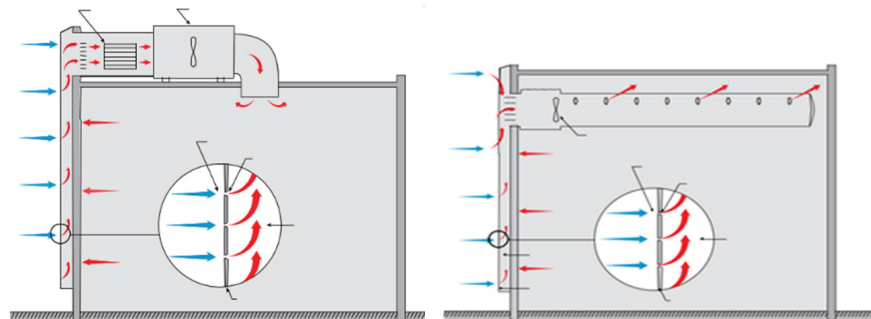
Zimą elewacja perforowana spełnia inną, równie ważną funkcję. Powietrze uwięzione w przestrzeni między perforowaną blachą a właściwą ścianą budynku tworzy dodatkową warstwę izolacyjną. Redukuje to straty ciepła, co bezpośrednio przekłada się na mniejsze zapotrzebowanie na energię grzewczą. Warstwa perforowanej blachy może chronić budynek przed silnymi wiatrami, które w normalnych warunkach zwiększałyby przenikanie chłodu do wnętrza. Otwory perforacyjne, choć wydają się przepuszczalne, w rzeczywistości pełnią funkcję regulującą przepływ powietrza, zmniejszając jego intensywność i kierując je w sposób kontrolowany.

Jednym z dodatkowych atutów perforowanych elewacji jest ich zdolność do redukcji hałasu. Dzięki specyficznej geometrii otworów, dźwięki z zewnątrz ulegają rozpraszaniu i częściowej absorpcji. Efekt ten sprawia, że budynki z tego typu elewacjami są bardziej odporne na hałas uliczny, co znacząco podnosi komfort użytkowania, zwłaszcza w gęsto zaludnionych obszarach miejskich.

Perforowane elewacje mogą być także zintegrowane z technologiami fotowoltaicznymi. Umieszczenie paneli fotowoltaicznych za warstwą perforowanej blachy pozwala na ich częściowe osłonięcie przed bezpośrednim nasłonecznieniem, co zmniejsza ryzyko przegrzewania i poprawia wydajność energetyczną. Jednocześnie przepuszczające światło perforacje umożliwiają generowanie energii słonecznej przy zachowaniu

optymalnej temperatury paneli. Tego typu hybrydowe rozwiązania mogą znacząco zwiększyć efektywność energetyczną budynków i przyczynić się do lepszego wykorzystania odnawialnych źródeł energii w miastach.

Innym potencjalnym zastosowaniem perforowanych elewacji jest integracja z wymiennikami ciepła. Warstwa powietrza, która gromadzi się w przestrzeni za perforowaną blachą, może być wykorzystana do przekazywania ciepła w kontrolowany sposób. Latem gorące powietrze unoszące się wzdłuż elewacji może być kierowane do wymiennika, gdzie energia cieplna zostaje odzyskana i wykorzystana do podgrzewania wody użytkowej. Zimą ciepło tracone przez ścianę budynku może być przechwytywane przez warstwę powietrza i redystrybuowane wewnątrz budynku, co dodatkowo zmniejsza straty energetyczne.



Rysunek 6. System dogrzewania (chłodzenia) wykorzystujący elewację budynku

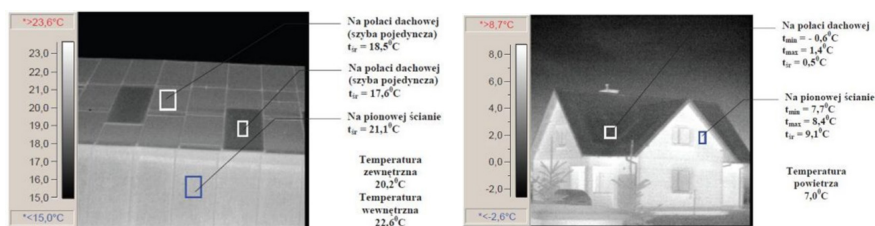
W kontekście miast przyszłości perforowane elewacje oferują znaczną przydatność energetyczną i funkcjonalną. Dzięki możliwościom adaptacji do zmieniających się warunków środowiskowych przyczyniają się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię grzewczą i chłodniczą, co bezpośrednio wpływa na redukcję emisji gazów cieplarnianych. Zdolność do integracji z technologiami odnawialnymi, np. fotowoltaiką, oraz ich potencjał w zakresie zarządzania przepływem powietrza i odzysku ciepła czyni je jednym z najbardziej obiecujących rozwiązań dla zrównoważonej urbanistyki. W połączeniu z funkcją estetyczną i zdolnością do redukcji hałasu perforowane elewacje stają się idealnym wyborem dla budynków w miastach przyszłości, gdzie efektywność energetyczna i komfort użytkowania muszą iść w parze z innowacyjnością i estetyką.

Potencjał efektu „zimnego nieba” w przestrzeni miejskiej

Chłodzenie radiacyjne, często związane z tzw. efektem „zimnego nieba”, to naturalny proces wymiany ciepła pomiędzy powierzchnią obiektu a otoczeniem, w szczególności atmosferą. W procesie tym powierzchnia obiektu wypromieniowuje energię w postaci fal podczerwonych w kierunku zimnego nieba, które działa jak niemal idealny odbiornik ciepła. Kluczową rolę odgrywają tu specyficzne właściwości atmosfery, zwłaszcza jej „okno atmosferyczne” w zakresie promieniowania podczerwonego od 8 do 13 mikrometrów. W tym zakresie długości fal atmosfera pozwala na swobodną ucieczkę promieniowania cieplnego w przestrzeń kosmiczną, gdzie temperatura wynosi około -270°C . W rezultacie obiekt na powierzchni Ziemi, wypromieniowując energię cieplną w tej długości fali, może schładzać się poniżej temperatury otoczenia. Zjawisko to jest szczególnie efektywne w nocy, kiedy brak promieniowania słonecznego minimalizuje procesy ogrzewania, a przejrzystość atmosfery i niski poziom wilgoci dodatkowo sprzyjają skutecznemu wypromieniowywaniu ciepła¹³⁰.

W praktyce chłodzenie radiacyjne może znaleźć szerokie zastosowanie, szczególnie w ciepłych regionach świata, gdzie nocna klimatyzacja jest jednym z głównych źródeł zużycia energii. W takich miejscach, jak: kurorty w Turcji, Egipcie czy Meksyku, systemy chłodzenia są intensywnie eksploatowane nocą, kiedy turyści i mieszkańcy poszukują komfortowych warunków w budynkach. Wdrożenie technologii opartych na chłodzeniu radiacyjnym, takich jak: specjalne materiały dachowe lub panele chłodzące, mogłoby znacząco obniżyć zużycie energii w tych regionach. Powierzchnie projektowane w celu maksymalnego wykorzystania efektu zimnego nieba mogą odbijać promieniowanie słoneczne w ciągu dnia, a w nocy aktywnie wypromieniowywać ciepło, utrzymując temperaturę budynków na przyjemnym poziomie bez konieczności stosowania energochłonnych urządzeń klimatyzacyjnych.

¹³⁰ Chłodzenie radiacyjne i panele PV – system podwójnego zbierania energii, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/chlodzenie-radiacyjne-i-panele-pv-system-podwójnego-zbierania-energii/> [dostęp 30.12.2024].



Rysunek 7. Chłodzenie radiacyjne, pomiar efektu zimnego nieba na dachu i elewacji

Źródło: Z. Respondek *Chłodzenie radiacyjne przegród budowlanych*, „Świat Szkła” 2010, nr 7–8, <https://swiat-szkla.pl/article/3638-chlodzenie-radiacyjne-przegrod-budowlanych> [dostęp 30.21.2024].

Perspektywa wykorzystania tego zjawiska nie ogranicza się jednak wyłącznie do regionów gorących. W klimacie umiarkowanym chłodzenie radiacyjne może stanowić istotny element systemów zarządzania energią w budynkach, zwłaszcza w okresach letnich. Wymienniki ciepła, bazujące na tym mechanizmie, mogą być zintegrowane z systemami chłodzenia pasywnego w budynkach mieszkalnych i komercyjnych. Powierzchnie dachów lub fasad zaprojektowane z wykorzystaniem materiałów o wysokiej emisyjności w zakresie okna atmosferycznego mogą skutecznie schładzać wodę lub inne medium chłodzące w obiegu zamkniętym, co następnie mogłoby być wykorzystane do klimatyzacji wnętrza. Takie rozwiązanie pozwala na znaczne ograniczenie zużycia energii elektrycznej w porównaniu z tradycyjnymi systemami chłodniczymi, co ma szczególne znaczenie w obliczu rosnącego zapotrzebowania na energię i konieczności redukcji emisji gazów cieplarnianych.

Dodatkowo chłodzenie radiacyjne może wspierać systemy magazynowania energii termicznej. W ciągu dnia, kiedy efektywność chłodzenia radiacyjnego jest ograniczona przez obecność promieniowania słonecznego, energia cieplna może być magazynowana w specjalnych zbiornikach, a proces chłodzenia radiacyjnego może działać jako wsparcie nocą. W takich obiektach, jak: centra handlowe czy budynki administracji publicznej, które wymagają dużej ilości energii chłodniczej, tego rodzaju hybrydowe podejście mogłoby zapewnić znaczące oszczędności energetyczne.

Efekt zimnego nieba może także znaleźć zastosowanie w infrastrukturze miejskiej. Na przykład drogi i chodniki wykonane z materiałów

o wysokiej zdolności do wypromieniowywania ciepła mogą pomagać w ograniczaniu efektu miejskiej wyspy ciepła. Chłodzenie radiacyjne może również wspierać funkcjonowanie takich zewnętrznych wymienników ciepła w systemach miejskich, jak sieci chłodnicze, które dostarczają energię chłodniczą do dużych kompleksów budynków. Dzięki temu miasta mogłyby lepiej zarządzać swoimi zasobami energetycznymi, jednocześnie poprawiając komfort życia mieszkańców.

Wykorzystanie chłodzenia radiacyjnego w projektowaniu budynków i infrastruktury miejskiej oferuje nie tylko korzyści w zakresie efektywności energetycznej, ale sprzyja zrównoważonemu rozwojowi. Technologia ta dzięki swojej prostocie i zdolności do działania bez potrzeby dodatkowego zasilania może przyczynić się do znacznych redukcji zużycia energii, szczególnie w okresach wysokich temperatur. Zachodzące w procesie chłodzenia radiacyjnego zjawiska fizyczne oferują możliwość stworzenia systemów chłodzenia opartych na pasywnych mechanizmach, które mogą być szeroko stosowane w różnych strefach klimatycznych, przynosząc korzyści zarówno środowisku, jak i ekonomii miejskiej.

Energetyka wiatrowa na terenie zurbanizowanym

Miejskie turbiny wiatrowe stanowią jeden z elementów zdecentralizowanych systemów energetycznych, które zyskują na znaczeniu w kontekście transformacji energetycznej. Technologia ta pozwala na wykorzystanie potencjału wiatru w przestrzeni miejskiej, gdzie tradycyjne, duże instalacje są ograniczone ze względu na uwarunkowania przestrzenne i społeczne. W porównaniu do obszarów wiejskich, w miastach warunki aerodynamiczne są bardziej złożone ze względu na obecność wysokiej zabudowy, gęstej infrastruktury i zmienne kierunki wiatru. Pomimo tych wyzwań nowoczesne turbiny, projektowane z myślą o środowisku miejskim, wykazują zdolność do generowania energii w warunkach niskich prędkości wiatru oraz przy turbulentnym przepływie powietrza.

Wdrażanie małych turbin wiatrowych w miastach wiąże się z ich integracją z istniejącą infrastrukturą budowlaną. Najczęściej instalacje są montowane na dachach budynków mieszkalnych, komercyjnych lub



Zdjęcie 20. Wiata stacji benzynowej z turbinami wiatrowymi

Źródło: *Harnessing the Wind Energy in Urban Environment*, <https://nexhs.com/2021/04/27/harnessing-the-wind-energy-in-urban-environment/> [dostęp 24.12.2024].

publicznych, co pozwala na efektywne wykorzystanie przestrzeni bez konieczności zajmowania dodatkowego terenu. Specyficzne możliwości techniczne, takie jak: wytrzymałość konstrukcji, minimalizacja hałasu oraz redukcja wibracji, determinują wybór odpowiednich urządzeń. Kluczowym aspektem pozostaje również estetyka, która wpływa na akceptację społeczną tego typu rozwiązań w przestrzeni miejskiej.

Turbiny wiatrowe stosowane w miastach różnią się pod względem konstrukcji oraz parametrów technicznych. Urządzenia o poziomej osi obrotu, choć bardziej wydajne w sprzyjających warunkach, wymagają większej przestrzeni operacyjnej, co ogranicza ich zastosowanie w gęsto zabudowanych obszarach. Z kolei turbiny o pionowej osi obrotu charakteryzują się zdolnością pracy w niestabilnych warunkach wiatrowych oraz mniejszymi wymaganiami dotyczącymi przestrzeni, co czyni je bardziej odpowiednimi dla środowiska miejskiego. Równocześnie rozwój materiałów oraz systemów sterowania umożliwia optymalizację ich wydajności przy jednoczesnym zmniejszeniu kosztów eksploatacyjnych.

Istotne znaczenia mają też tzw. korytarze powietrzne powstające w zurbanizowanych przestrzeniach¹³¹. Jednym z kluczowych zastosowań ich

¹³¹ Korytarze powietrzne w miastach pełnią istotną rolę w przewietrzaniu i ograniczaniu zanieczyszczeń powietrza, co jest szczególnie ważne w gęsto zaludnionych



Zdjęcie 21. Zastosowanie turbin wiatrowych o poziomej linii obrotu w gęstej zabudowie wysokościowej

Źródło: K. McCalmont, *4 Reasons Why Urban Wind Turbines May Be the Perfect Energy Solution for Your Facility*, 2020, <https://goenergylink.com/blog/4-reasons-to-invest-in-urban-wind-turbines/> [dostęp 24.12.2024].



Rysunek 8. Zastosowanie turbin wiatrowych o poziomej linii obrotu w gęstej zabudowie wysokościowej

Źródło: *Elewacyjna turbina wiatrowa o poziomej osi obrotu – badania oraz wnioski*, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/arttykul/instalacje-przemyslowe/43868,elewacyjna-turbina-wiatrowa-o-poziomej-osi-obrotu-badania-oraz-wnioski> [dostęp 24.12.2024].

użytecznego charakteru jest instalacja turbin wiatrowych, które oferują liczne korzyści zarówno ekologiczne, jak i ekonomiczne. Umożliwiają one efektywne wykorzystanie lokalnych zasobów wiatru, co pozwala na produkcję energii blisko miejsca jej zużycia. Takie podejście redukuje straty związane z przesyłem, a także zmniejsza zależność od zewnętrznych dostawców. W przeciwieństwie do obszarów wiejskich¹³², gdzie wymagane są znaczne przestrzenie dla dużych turbin, miejskie rozwiązania są bardziej kompaktowe i dostosowane do specyfiki zabudowy¹³³.

Montaż turbin wiatrowych w środowisku miejskim wiąże się z istotnymi korzyściami środowiskowymi, do których należy ograniczenie emisji gazów cieplarnianych będące następstwem zmniejszenia zależności od konwencjonalnych źródeł wytwarzania. Jednocześnie pojawiają się wyzwania, takie jak: potencjalne oddziaływanie akustyczne czy wpływ na migrację ptaków. W odpowiedzi na te kwestie projektanci oraz decydenci coraz częściej sięgają po technologie redukujące emisję hałasu oraz uwzględniające wymagania ekologiczne. Ważnym elementem pozostaje również akceptacja społeczna, która wymaga transparentnej komunikacji z mieszkańcami oraz odpowiedniego informowania o korzyściach płynących z wdrażania rozwiązań bazujących na energii wiatrowej.

Włączenie turbin wiatrowych do miejskiego krajobrazu stanowi wyzwanie dla współczesnej urbanistyki. Instalacje tego typu mogą wpływać na wizualny odbiór przestrzeni publicznej, dlatego ich lokalizacja oraz projektowanie muszą uwzględniać harmonijne dopasowanie do otoczenia. Jednocześnie turbiny mogą pełnić funkcję edukacyjną, uświadamiając mieszkańcom konieczność stosowania odnawialnych źródeł energii. Dzięki odpowiedniemu planowaniu technologie wiatrowe mogą stać się integralnym elementem nowoczesnych miast, wspierając ich rozwój zmierzający ku większej zrównoważoności.

obszarach. Zasada ich działania opiera się na zapewnieniu naturalnego przepływu powietrza przez odpowiednio zaprojektowane przestrzenie, które mogą być zarówno ekologiczne, jak i antropogeniczne.

¹³² B. Ryszkowska, T. Starczewski, J. Chodkowska-Miszczuk. *Rozwój energetyki wiatrowej w przestrzeni submiejskiej a percepcja krajobrazu kulturowego*, „Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum” 2018, nr 17, s. 65.

¹³³ K. McCalmont, *op.cit.*

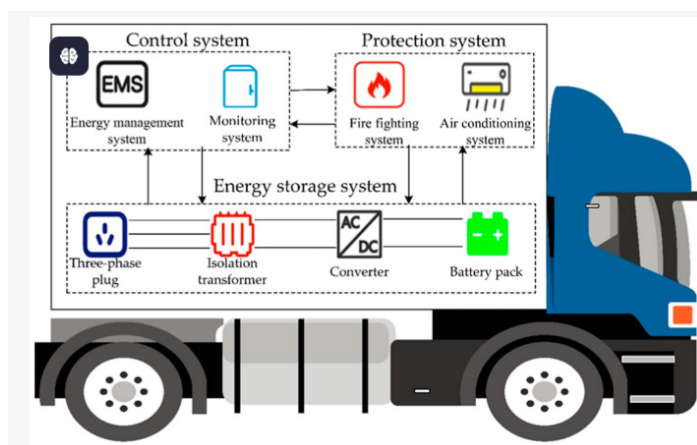
Na świecie istnieje szereg przykładów skutecznego wdrożenia miejskich turbin wiatrowych, takich jak: instalacje na dachach biurowców w Nowym Jorku czy kompleksowe systemy energetyczne w Amsterdamie. W Polsce, choć technologie te dopiero zdobywają popularność, ich potencjał jest coraz częściej uwzględniany w strategiach lokalnych dotyczących zrównoważonego rozwoju. W połączeniu z innymi źródłami odnawialnymi mają ogromny potencjał, by odegrać kluczową rolę w transformacji energetycznej miast, zmniejszając ich ślad węglowy oraz wzmacniając niezależność energetyczną lokalnych społeczności.

Mobilne magazyny ciepła, stanowiąc innowacyjne rozwiązanie w obszarze energetyki, są coraz częściej postrzegane jako element kluczowy w transformacji energetycznej nowoczesnych miast. W dobie rosnącego zapotrzebowania na zintegrowane i zrównoważone systemy energetyczne technologie te oferują unikalne możliwości elastycznego zarządzania energią cieplną, szczególnie w obliczu dynamicznych zmian klimatycznych i konieczności redukcji emisji gazów cieplarnianych. W odróżnieniu od tradycyjnych magazynów ciepła mobilne jednostki umożliwiają transport energii cieplnej pomiędzy różnymi lokalizacjami, co czyni je niezwykle wszechstronnymi w zastosowaniach miejskich.

Mobilne magazyny ciepła

Nowoczesne miasta, borykające się z problemami nadwyżek lub niedoborów energii cieplnej w określonych rejonach, mogą wykorzystać jej mobilne magazyny do optymalizacji lokalnych systemów ciepłowniczych. Technologia ta pozwala na efektywne zarządzanie energią pozyskiwaną z OZE, choć jej produkcja jest często niestabilna i zależna od warunków pogodowych. Mobilne magazyny mogą przechowywać energię w materiałach zmiennofazowych lub innych nośnikach termicznych, co umożliwia jej transport do obszarów, w których zapotrzebowanie na ciepło czy chłód przekracza bieżące możliwości produkcyjne lokalnych systemów.

Implementacja tego typu rozwiązań w przestrzeni miejskiej wymaga odpowiedniego planowania infrastrukturalnego, w tym dostosowania istniejących systemów ciepłowniczych oraz opracowania logistyki



Rysunek 9. Struktura systemu funkcjonowania mobilnego magazynu energii

Źródło: W. Zhou, P. Zhao, Y. Lu, *Collaborative Optimal Configuration of a Mobile Energy Storage System and a Stationary Energy Storage System to Cope with Regional Grid Blackouts in Extreme Scenarios*, „Energies” 2023, nr 16, <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/23/7903> [dostęp 24.12.2024].



Zdjęcie 22. Magazyn ciepła na przyczepie

Źródło: R. King, *Chill Out with Temperature Controlled Storage*, <https://teamrefrigeration.co.uk/2023/10/16/temperature-controlled-storage/> [dostęp 24.12.2024].

transportu i dystrybucji mobilnych magazynów. Kluczowe staje się również wykorzystanie zaawansowanych technologii izolacji termicznej, które minimalizują straty energii podczas przechowywania i transportu. Zastosowanie inteligentnych systemów zarządzania oraz integracja z miejskimi sieciami energetycznymi mogą dodatkowo zwiększyć efektywność operacyjną tych rozwiązań, wspierając np. cele zrównoważonego rozwoju miast¹³⁴.

Wartość mobilnych magazynów ciepła w nowoczesnych miastach wynika także z ich zdolności do wspierania lokalnych inicjatyw energetycznych oraz promocji energetyki rozproszonej. Dzięki możliwości transportu energii cieplnej, magazyny te mogą pełnić funkcję bufora pomiędzy miejskimi systemami ciepłowniczymi a przemysłowymi lub rolniczymi źródłami nadwyżek ciepła. Przykładem może być wykorzystanie odpadów ciepła generowanych przez zakłady przemysłowe, które mogą być magazynowane i transportowane do budynków mieszkalnych lub użyteczności publicznej. Takie rozwiązanie nie tylko zmniejsza marnotrawstwo energii, ale także wspiera redukcję emisji oraz poprawia lokalną niezależność energetyczną.

Rozwój technologii mobilnych magazynów jest ściśle związany z zaawansowanymi pracami nad innowacyjnymi substancjami zdolnymi do przechowywania ciepła oraz nowoczesnymi systemami organizacji transportu i dostarczania. Włączenie tych rozwiązań do miejskiej infrastruktury energetycznej otwiera perspektywę budowy inteligentnych narzędzi monitorujących bieżące potrzeby w zakresie ciepła oraz lokalizację nadwyżek w określonych strefach. W rezultacie przenośne magazyny termiczne mogą znacząco wpłynąć na poprawę gospodarowania energią na terenach zurbanizowanych, wspierając ich metamorfozę w bardziej ekologiczne i odporniejsze na zmiany klimatyczne modele funkcjonowania. Implementacja tego typu rozwiązań w miejskich strategiach rozwoju umożliwi również realizację ambitnych założeń związanych z ochroną środowiska, co sprzyja innowacyjnemu podejściu w obszarze optymalizacji gospodarki cieplnej w przestrzeni miejskiej.

¹³⁴ R. King, Chill Out with Temperature Controlled Storage, <https://teamrefrigeration.co.uk/2023/10/16/temperature-controlled-storage/> [dostęp 24.12.2024].

Integracja i hybrydyzacja systemów energetycznych

Integracja systemów energetycznych w nowoczesnych miastach zyskuje na znaczeniu jako kluczowy element strategii rozwoju zrównoważonego na najbliższe 25 lat. Coraz większe zapotrzebowanie na energię, wynikające z urbanizacji i zmieniającego się klimatu, wymaga wprowadzenia nowatorskich rozwiązań, które łączą efektywność energetyczną, ochronę środowiska i poprawę jakości życia mieszkańców. Technologie, takie jak: chłodzenie radiacyjne, perforowane elewacje czy panele fotowoltaiczne zintegrowane z systemami odzysku ciepła, wskazują kierunek rozwoju miast przyszłości, w których energia będzie wykorzystywana w sposób inteligentny i efektywny.

W perspektywie najbliższych dwóch dekad kluczowe znaczenie będą miały systemy adaptacyjne, które potrafią dostosowywać się do zmieniających się warunków środowiskowych i technologicznych. Na przykład chłodzenie radiacyjne, które obecnie znajduje zastosowanie głównie w regionach o wysokich temperaturach, może zostać zintegrowane z systemami zarządzania energią w miastach umiarkowanego klimatu. Możliwość wykorzystania tego mechanizmu do pasywnego chłodzenia budynków, dróg czy infrastruktury miejskiej może znacząco obniżyć koszty operacyjne miast, jednocześnie zmniejszając emisję gazów cieplarnianych. Zastosowanie tego zjawiska w połączeniu z inteligentnymi systemami kontroli temperatury, opartymi na IoT (*Internet of Things*), pozwoli na tworzenie miast bardziej odpornych na zmiany klimatyczne.

Równocześnie rozwój technologii fotowoltaicznych w miastach będzie odgrywał kluczową rolę w lokalnej produkcji energii. Integracja paneli PV z perforowanymi elewacjami czy systemami chłodzenia cieczowego pozwoli nie tylko na zwiększenie ich wydajności, ale także na lepsze zarządzanie energią cieplną w budynkach. Wytworzone ciepło może zostać wykorzystane w systemach ogrzewania lub magazynowania energii, co przyczyni się do zwiększenia samowystarczalności energetycznej miast. W perspektywie 25-letniej takie rozwiązania mogą stać się standardem w nowoczesnych budynkach biurowych, mieszkalnych i użyteczności publicznej, znacząco zmniejszając ich ślad węglowy.

Miasta przyszłości będą musiały także skutecznie zarządzać rosnącym problemem miejskiej wyspy ciepła, który nasila się w wyniku globalnego

ocieplenia i zwiększonej koncentracji ludności w przestrzeni miejskiej. Odpowiednio zaprojektowane systemy, np. perforowane elewacje, które regulują przepływ powietrza i redukują straty ciepła, będą odgrywały ważną rolę w tworzeniu mikroklimatu sprzyjającego mieszkańcom. Integracja tych systemów z wymiennikami ciepła oraz zewnętrznymi sieciami chłodniczymi może pomóc w równoważeniu energetycznym całych dzielnic, zwiększając ich funkcjonalność i odporność na ekstremalne warunki pogodowe.

W perspektywie długoterminowej miasta będą również musiały inwestować w technologie, które umożliwiają bardziej efektywne zarządzanie energią w skali lokalnej. Systemy chłodzenia radiacyjnego czy odzysku ciepła mogą być łączone z miejskimi platformami zarządzania energią, które wykorzystują zaawansowane algorytmy do optymalizacji zużycia energii w czasie rzeczywistym. Takie podejście pozwoli na lepsze wykorzystanie dostępnych zasobów i stworzenie bardziej zrównoważonych sieci energetycznych.

Jak wspomniano, rozwój elektromobilności stanowi poważne wyzwanie i jednocześnie szansę dla miast przyszłości. Pojazdy elektryczne, które w najbliższych dekadach mogą całkowicie zdominować transport miejski, będą wymagały rozbudowanej infrastruktury ładowania.

Istniejąca infrastruktura energetyczna oferuje możliwość efektywnego wykorzystania, co czyni pojazdy elektryczne atrakcyjnym rozwiązaniem w wielu lokalizacjach. Przykładem jest podłączenie ładowarek wolnych, charakteryzujących się niskim zapotrzebowaniem na moc, do zasilania istniejących lamp ulicznych. Takie podejście pozwala na minimalizację kosztów instalacji oraz uproszczenie procesu implementacji. W przypadku urządzeń szybkiego ładowania, które ze względu na wyższe wymagania energetyczne potrzebują bardziej rozbudowanej infrastruktury, konieczna jest integracja z siecią dystrybucyjną oraz modernizacja istniejących systemów przesyłowych. Wymaga to od władz lokalnych szczegółowego planowania i inwestycji w celu dostosowania miejskiej sieci energetycznej do obsługi zaawansowanych stacji ładowania, co stanowi kluczowe wyzwanie w procesie rozwoju elektromobilności¹³⁵.

¹³⁵ P. Kwiatkiewicz, R., Szczerbowski, W. Śledzik, *op.cit.*, s. 82.

Niemniej zintegrowanie tych systemów z lokalnymi źródłami energii odnawialnej, takimi jak: dachowe farmy fotowoltaiczne czy mikroelektrownie wiatrowe, może znacząco zmniejszyć straty przesyłowe oraz poprawić efektywność sieci energetycznej. Lokalne źródła produkcji energii pozwolą na dynamiczne zarządzanie popytem i podażą, jednocześnie wspierając stabilność sieci. W miastach, gdzie elektromobilność stanie się powszechna, inteligentne systemy zarządzania ładowaniem mogą dodatkowo optymalizować procesy poboru energii, dostosowując je do aktualnych możliwości produkcyjnych. Takie rozwiązania nie tylko zwiększą bezpieczeństwo energetyczne miast, ale także pozwolą na efektywniejsze wykorzystanie lokalnych zasobów.

W miastach przyszłości integracja technologii energetycznych nie będzie ograniczała się jedynie do pojedynczych budynków czy instalacji, lecz obejmie cały ekosystem miejski, w tym infrastrukturę transportową, sieci komunikacyjne oraz przestrzenie publiczne. Rozwiązania takie, jak: chłodzenie radiacyjne, panele fotowoltaiczne, perforowane elewacje, inteligentne systemy odzysku ciepła oraz lokalne systemy wspierające elektromobilność, będą elementami większej całości, która pozwoli na harmonijny rozwój miast zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. W perspektywie 25-letniej inwestycje w takie technologie mogą nie tylko zrewolucjonizować sposób zarządzania energią w miastach, ale także przyczynić się do poprawy jakości życia ich mieszkańców oraz zwiększenia ich odporności na przyszłe wyzwania.

Rozdział III

Cyberbezpieczeństwo w nowoczesnym mieście – zagrożenia i rozwiązania

Znaczenie cyberbezpieczeństwa w urbanistyce i zarządzaniu miastem

Wraz z dynamicznym rozwojem technologii informacyjno-komunikacyjnych i postępującą cyfryzacją przestrzeni miejskich, nowoczesne miasta coraz częściej stają się sieciowymi ekosystemami, w których dane i systemy cyfrowe odgrywają kluczową rolę w zarządzaniu infrastrukturą i usługami publicznymi. Od inteligentnych systemów zarządzania ruchem i monitorowania środowiska po platformy umożliwiające zdalne zarządzanie energią czy zintegrowane rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa publicznego – wszystkie te elementy stwarzają nowoczesne środowisko miejskie, w którym technologie cyfrowe stają się fundamentem efektywnego funkcjonowania.

Z drugiej strony transformacja cyfrowa przynosi również liczne wyzwania, w tym szczególnie istotne kwestie związane z cyberbezpieczeństwem. Nowoczesne miasta, korzystając z zaawansowanych technologii, stają się podatne na cyberataki, które mogą zaburzyć ich funkcjonowanie, zagrażając zarówno bezpieczeństwu mieszkańców, jak i integralności kluczowych systemów. Zagrożenia te przyjmują formę ataków na sieci miejskie bądź systemy IoT (*Internet of Things*) czy też prób przejęcia kontroli nad infrastrukturą krytyczną, taką jak: systemy transportowe, wodociągowe czy energetyczne.

W niniejszym rozdziale omówiono główne zagrożenia związane z cyberbezpieczeństwem w środowisku nowoczesnego miasta oraz poddano

analizie najnowsze rozwiązania technologiczne i organizacyjne, które mogą skutecznie przeciwdziałać tym zagrożeniom. Celem pracy jest nie tylko przedstawienie obecnego stanu wiedzy w tej dziedzinie, ale także wskazanie kierunków rozwoju polityki bezpieczeństwa cyfrowego w obszarze miejskim, aby zapewnić jego stabilność i bezpieczeństwo w dobie rosnącej cyfryzacji.

Obecnie znaczenie cyberbezpieczeństwa staje się jednym z kluczowych wyzwań urbanistycznych. Inteligentne miasta (*smart cities*) charakteryzują się powszechnym zastosowaniem technologii cyfrowych, w tym Internetu Rzeczy (IoT), sztucznej inteligencji (AI) oraz analizy dużych zbiorów danych (*Big Data*) w procesach zarządzania przestrzenią miejską, zasobami i infrastrukturą publiczną. Implementacja tych technologii umożliwia efektywne zarządzanie ruchem drogowym, monitorowanie zużycia energii, a także poprawę bezpieczeństwa publicznego dzięki zastosowaniu systemów monitoringu¹³⁶. Jednak wraz z wdrażaniem tych rozwiązań pojawiają się liczne zagrożenia związane z cyberbezpieczeństwem, które mogą mieć poważne konsekwencje dla funkcjonowania miasta i bezpieczeństwa jego mieszkańców.

Przykładem miasta, które doświadczyło konsekwencji cyberataku, jest Atlanta w USA, gdzie w 2018 roku cyberatak typu *ransomware* sparaliżował działanie licznych systemów miejskich¹³⁷. W wyniku ataku, który wymusił na władzach miasta tymczasowe wyłączenie wielu kluczowych systemów, zakłócone zostały działania urzędów miejskich, systemów obsługi zgłoszeń kryzysowych, a także dostęp do publicznych dokumentów. Incydent ten pokazał, jak brak odpowiednich środków ochrony przed cyberzagrożeniami może wpłynąć na podstawowe usługi publiczne i zmniejszyć zaufanie mieszkańców do instytucji¹³⁸.

Ważnym aspektem ochrony infrastruktury miejskiej są również inteligentne systemy transportowe. Miasta, takie jak: Singapur i Amsterdam, inwestują w rozwój systemów zarządzania ruchem, które wykorzystują

¹³⁶ A. Smith, *The Future of Smart Cities*, "Cambridge University Press" 2020, s. 78.

¹³⁷ J. Green, *Ransomware Attack Disrupts Atlanta City Operations*, "Cybersecurity Journal" 2018, vol. 35, nr 2, s. 45–46.

¹³⁸ M.T. James, *Cybersecurity and Public Sector*, "Oxford University Press" 2019, s. 134.

dane z sensorów IoT, by optymalizować przepływ pojazdów na ulicach¹³⁹. W przypadku złośliwego przejścia takiego systemu przez cyberprzystępców efekty mogą być katastrofalne – od zaburzeń ruchu po groźne sytuacje na drodze. Wydarzenia takie podkreślają, jak istotne jest zabezpieczenie systemów transportowych w postaci wielowarstwowych systemów ochrony, takich jak: uwierzytelnianie dwuskładnikowe, szyfrowanie danych oraz regularne audyty bezpieczeństwa.

Cyberbezpieczeństwo odgrywa także kluczową rolę w zarządzaniu infrastrukturą krytyczną, w tym systemami energetycznymi. Przykład masowego cyberataku na systemy energetyczne Ukrainy w 2015 roku dowodzi, jak ogromny wpływ na funkcjonowanie społeczności miejskiej może mieć udany cyberatak. Złośliwe oprogramowanie, które w tym przypadku doprowadziło do zakłóceń dostaw energii elektrycznej, spowodowało przerwy w dostawie prądu dla setek tysięcy mieszkańców. W związku z tym w nowoczesnej urbanistyce coraz częściej uwzględnia się inwestycje w systemy *backupu*, systemy wykrywania anomalii oraz inne rozwiązania, które mają za zadanie minimalizować ryzyko oraz skutki ataków cybernetycznych na infrastrukturę krytyczną¹⁴⁰.

Kwestia cyberbezpieczeństwa jest zatem nieodzowna przy planowaniu rozwoju współczesnych miast. Dla odpowiedniego zabezpieczenia nowoczesnych miast przed zagrożeniami cybernetycznymi konieczne jest zintegrowane podejście, które obejmuje współpracę sektora publicznego z sektorem prywatnym, regularne szkolenia dla personelu zarządzającego systemami miejskimi oraz adaptację najlepszych praktyk w zakresie zabezpieczeń. Tylko w ten sposób można zapewnić stabilne funkcjonowanie systemów miejskich oraz zwiększyć zaufanie mieszkańców do rozwiązań cyfrowych, które mają im służyć na co dzień¹⁴¹.

¹³⁹ R.P. Jensen, *Smart Traffic Solutions in Modern Cities*, “Urban Tech Review” 2020, vol. 12, nr 3, s. 101–102.

¹⁴⁰ P. Kowalski, *Critical Infrastructure and Cyber Threats*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022, s. 205.

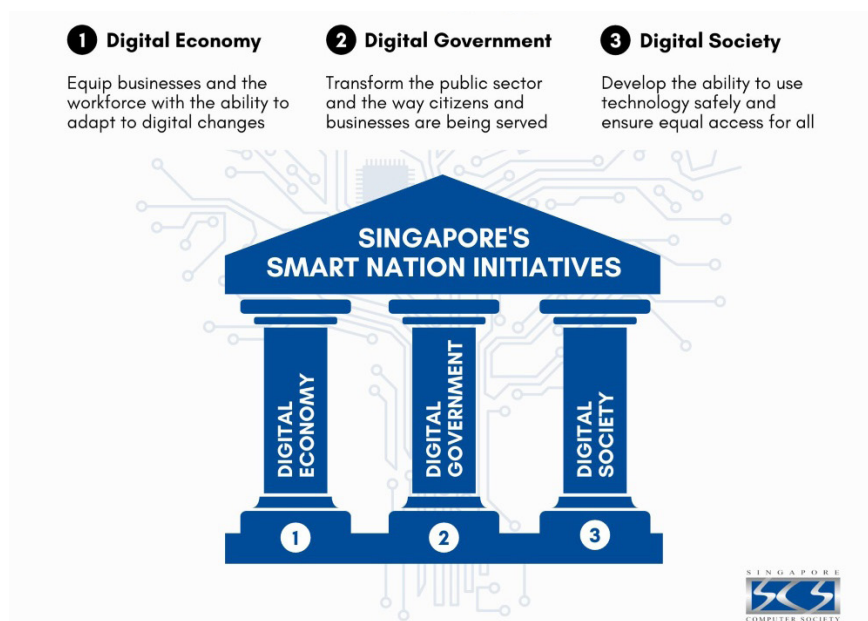
¹⁴¹ D. Wozniak, *Integrated Cybersecurity in Urban Planning*, “Journal of Urban Development” 2021, vol. 5, nr 4, s. 79–80.

Różne strategie cyberbezpieczeństwa w urbanistyce i zarządzaniu miastem na przykładzie wybranych miast na świecie

Singapur – Smart Nation Initiative

Singapur wdrożył kompleksową strategię cyberbezpieczeństwa dla swojej inicjatywy *Smart Nation*. Systemy miejskie są monitorowane w czasie rzeczywistym przez centrum cyberoperacyjne, co zapewnia m.in. ochronę przed atakami na infrastrukturę transportową i energetyczną. Wdrożono technologię *blockchain* w zarządzaniu danymi mieszkańców oraz system ostrzegania o zagrożeniach w czasie rzeczywistym, który pomaga w zapobieganiu atakom na sieci energetyczne.

W wyniku czwartej rewolucji przemysłowej granice między światem cyfrowym, fizycznym i biologicznym uległy znacznemu zatarciu. Zmiana ta pozwoliła nam zautomatyzować niezliczoną liczbę zadań fizycznych



Rysunek 10. Smart Nation Initiative

Źródło: <https://www.scs.org.sg/articles/smart-nation-singapore> [dostęp 29.12.2024].

i zbadać możliwości wdrożenia inteligentnej technologii na poziomie indywidualnym, krajowym, a nawet globalnym. Dlatego w 2014 r. Singapur rozpoczął realizację inicjatywy *Smart Nation*, której celem jest wykorzystanie technologii wprowadzonych w ramach Czwartej Rewolucji Przemysłowej i wdrożenie ich na skalę całego kraju. Inicjatywa *Smart Nation* została uruchomiona w celu zwiększenia całkowitej produktywności czynników produkcji, poprawy warunków życia mieszkańców Singapuru, zatrzymania lokalnych talentów i przyciągnięcia zagranicznych talentów. Inicjatywa opiera się na trzech głównych filarach: gospodarka cyfrowa, rząd cyfrowy, społeczeństwo cyfrowe. Filary te stanowią podstawę działań na rzecz stania się Inteligentnym Narodem. **Gospodarka cyfrowa:** globalna sfera biznesu przechodzi gwałtowne zmiany ze względu na cyfryzację. Dlatego też niezwykle istotne jest, aby przedsiębiorstwa i pracownicy byli przygotowani i wyposażeni w narzędzia umożliwiające dostosowanie się do nadchodzących zmian. **Rząd cyfrowy:** cyfrowy rząd jest kluczową siłą napędową Inicjatywy Inteligentnego Narodu. Dla osiągnięcia tego celu konieczna jest transformacja sektora publicznego oraz sposobu obsługi obywateli i przedsiębiorstw polegająca na położeniu większego nacisku na dane, przetwarzanie danych i łączność. **Spółeczeństwo cyfrowe:** włączenie cyfrowe i edukacja są kluczem do budowy społeczeństwa cyfrowego. Dlatego wszyscy mieszkańcy Singapuru powinni mieć równy dostęp do technologii oraz umieć i pewnie posługiwać się nimi w bezpieczny sposób¹⁴².

Tallinn, Estonia – Cyfrowe miasto

Estonia, lider cyfrowych rozwiązań, wdrożyła zaawansowany system e-Governance, w którym bezpieczeństwo danych jest priorytetem. Dane mieszkańców są przechowywane w zdecentralizowanym systemie opartym na *blockchainie*, co minimalizuje ryzyko wycieków. W 2007 roku, po masowym cyberataku na Estonię, kraj ten zainwestował w budowę systemów odpornych na cyberzagrożenia, co obecnie stanowi fundament funkcjonowania cyfrowego miasta.

¹⁴² <https://www.scs.org.sg/articles/smart-nation-singapore> [dostęp 29.12.2024].

Miasto przyjęło ambitną strategię rozwoju „Tallinn 2035”. Plan obejmuje neutralność węglową, adaptację do zmian klimatu, innowacje, zdrowie, mobilność, bioróżnorodność, gospodarkę o obiegu zamkniętym, zrównoważoną energię i produkcję żywności. Aby zwiększyć bioróżnorodność, miasto tworzy *GoGreenRoutes*, gdzie mieszkańcy mogą współpracować przy tworzeniu rozwiązań opartych na naturze i miejskim ogrodnictwie. Ponadto, obecnie trwa budowa 13-kilometrowego szlaku zapylaczy, łąki, na której przyroda będzie mogła rozkwitać w mieście. Tallinn jest również zaangażowany w adaptację i odporność na zmiany klimatu. Wdrożono liczne środki, takie jak: systemy zarządzania wodą deszczową i przebudowa dróg, a także planowane są dodatkowe działania, np. *Green Twins*, projekt mający na celu lepszą integrację roślinności miejskiej z projektowaniem urbanistycznym. W przypadku Tallina trzy z głównych pilnych potrzeb sygnalizowanych przez mieszkańców są związane z: 1) przystępnymi cenowo mieszkaniami (60,9% respondentów), 2) korupcją (47,7% respondentów) i 3) zatłoczeniem dróg (40,8% respondentów).

Główna kwestia przystępnych cenowo mieszkań nie może być bezpośrednio rozwiązana poprzez wdrożenie inteligentnych technologii i wymagałaby bardziej holistycznego podejścia w kształtowaniu polityki. Jednakże, jak wynika z raportu IMD, mieszkańcy cenią sobie wszechstronne możliwości (świat i szkoła) oferowane w Tallinnie, zarówno pod względem struktury, jak i technologii. W szczególności „Usługi poszukiwania pracy” i „Dostęp online do ofert pracy” zostały wzięte pod uwagę przez społeczeństwo. Może to ogólnie przyczynić się do wyższych dochodów, a tym samym częściowo do większej zdolności do zakupu domu.

Jeśli chodzi o mobilność, Tallinn stara się zmniejszyć zatory komunikacyjne i poprawić mobilność. Jest to pierwsza europejska stolica, która oferuje bezpłatny transport publiczny dla swoich mieszkańców (od 2013 r.), a jej celem w zakresie mobilności miejskiej jest umożliwienie mieszkańcom dotarcia do całej niezbędnej infrastruktury w ciągu 15 minut za pomocą miękkich środków transportu. Aby podróżować talińskimi autobusami, tramwajami, trolejbusami i pociągami bez żadnych kosztów, należy zarejestrować się jako mieszkaniec. Z kolei gmina otrzymuje 1000 euro z rocznego podatku dochodowego danej osoby. Mieszkańcy muszą jedynie zapłacić 2 euro za zieloną kartę, po której



Zdjęcie 23. Iselaev – autonomiczny pojazd dostawczy lub transportowy, Tallinn, Estonia

Źródło: <https://www.blue-europe.eu/pl/pl-analysis/pelne-raporty/tallin-smart-city-estonski-okret-flagowy-innowacji/#post-12454-footnote-ref-3> [dostęp 29.12.2024].

wszystkie rodzaje podróży są bezpłatne. Tallinn opracował szereg doskonałych inicjatyw inteligentnego miasta. W szczególności planowanie urbanistyczne wykorzystuje kilka najnowocześniejszych technologii geoinformacyjnych.

Proces planowania obejmuje lepsze aplikacje mapujące, internetowe bazy danych i możliwości analityczne. Ponadto BIM (*Building Information Management*) i VDC (*Virtual Design and Creation*) są wykorzystywane w budowie miasta. TalTech Institute of Software Science i OÜ Thinnect opracowały system monitorowania jakości powietrza i natężenia ruchu w mieście. 900 czujników z panelami słonecznymi i bateriami zamontowanymi na latarniach ulicznych w Tallinie będzie zbierać i analizować dane na temat warunków środowiskowych i ruchu ulicznego. To rewolucyjne rozwiązanie może zapobiec zatorom drogowym i zanieczyszczeniu hałasem, co skutkuje bardziej atrakcyjnym krajobrazem miasta.

Jeśli chodzi o automatyzację mobilności, od 2019 r. Tallinn oferuje unikalny środek transportu. Dzięki partnerstwu między estońskim TalTech i Florida Polytechnic University w zakresie badań nad pojazdami autonomicznymi, Tallinn był w stanie wdrożyć autonomiczne autobusy.

Lumebot (*Snowbot*, *lumi* oznacza śnieg w języku estońskim) to robot do odśnieżania, czyszczenia ulic i zmiatania ulic opracowany wspólnie z przedsiębiorcami. Ponadto od kilku lat w dzielnicach testowane są autonomiczne minibusy elektryczne. Ich wykorzystanie planowane jest jako część systemu transportu publicznego lub w strefach wolnych od samochodów, takich jak szpitale, parki i ogrody zoologiczne. Biorąc pod uwagę nadmorskie położenie Tallina, Iselaev jest autonomicznym pojazdem dostawczym lub transportowym, analogicznym do samojezdnych autobusów. Został zaprojektowany do przewożenia mniejszych ładunków na żądanie i może być przydatny do transportu odpadów z sąsiednich wysp stolicy.

Globalny kryzys zdrowotny ujawnił nieprzewidziane potrzeby władz lokalnych. Przykładem takiej potrzeby był rozwój technologii cyfrowej wymaganej do elektronicznej organizacji posiedzeń Rady Miasta Tallina. Jako najwyższy organ polityczny miasta, od początku sytuacji kryzysowej było jasne, że Rada nie może zawiesić swojej działalności ze względu na swoją wyjątkową władzę nad różnymi pilnymi kwestiami. Niezależnie od tego, czy chodziło o tymczasowe zwolnienie z opłat za lokalizację żłobka, czy też nadzwyczajny przywilej podróżowania dla nierezydentów, lokalna administracja zaproponowała różne rozwiązania tej sytuacji. Brak odpowiednich rozwiązań technologicznych utrudniał natychmiastowe rozpoczęcie spotkań elektronicznych. Nie był to pierwszy raz, kiedy takie spotkania były potrzebne. Początkowo nie było jasne, czy spotkania elektroniczne są dozwolone. Aby zminimalizować rozprzestrzenianie się wirusa, grupy polityczne Rady zdecydowały pod koniec marca, że początkowo tylko jeden przedstawiciel z każdej grupy będzie uczestniczył w spotkaniach. Miesiąc później wprowadzono elektroniczny system głosowania, umożliwiający w razie potrzeby odbywanie posiedzeń rady za pośrednictwem komputera. Radni, którzy zalogują się na platformie za pomocą karty lub mobilnego identyfikatora, mogą zarejestrować swój zamiar zabrania głosu w punktach porządku obrad, bezpiecznie głosować i potwierdzić poprawność swojego głosu.

Nowy Jork, USA – NYC Cyber Command

NYC Cyber Command to jednostka stworzona do monitorowania i obrony systemów miejskich przed cyberzagrożeniami. Skupia się na ochronie

infrastruktury transportowej, miejskich systemów wodnych i danych mieszkańców. Wdrożenie programu ochrony przed *ransomware* w 2020 roku pomogło zapobiec atakowi na miejskie systemy administracyjne.

Nowy Jork jest najludniejszym miastem w Stanach Zjednoczonych i jedną ze światowych stolic kultury, finansów i mediów. To wyjątkowe miejsce z ogromnym napływem gości z całego świata i tygłem różnorodności, w którym mieści się siedziba Organizacji Narodów Zjednoczonych i niezliczone inne organizacje kształtujące świat. Jednak te wyróżnienia sprawiają, że jest to również główny cel dla aktorów zagrażających, dlatego miasto przyjęło proaktywną postawę, aby zająć się tym ryzykiem. W 2017 r. burmistrz Bill de Blasio założył New York City Cyber Command, scentralizowaną organizację odpowiedzialną za ochronę systemów miejskich, które dostarczają kluczowych usługi, na których polegają mieszkańcy Nowego Jorku, i pomaganie mieszkańcom w zwiększeniu bezpieczeństwa w ich cyfrowym życiu.

Oprócz zarządzania zagrożeniami i całodobowego centrum operacji bezpieczeństwa, NYC Cyber Command obejmuje zespoły ekspertów skupionych na naukach o bezpieczeństwie i rozwoju oprogramowania, a także technologii miejskiej, która ocenia implikacje bezpieczeństwa IoT i ICS, a także innych technologii inteligentnych miast. Aby pomóc chronić systemy miejskie przed zagrożeniami cybernetycznymi, NYC Cyber Command współpracuje z agencjami miejskimi, których zadaniem jest zapewnienie, że systemy są projektowane, budowane i obsługiwane w wysoce bezpieczny sposób. Jeśli którykolwiek z tych systemów zostałby naruszony, a zdolność miasta do świadczenia kluczowych usług, takich jak: pomoc publiczna lub opieka zdrowotna, zostałaby naruszona, konsekwencje mogłyby być katastrofalne dla najbardziej narażonych mieszkańców Nowego Jorku.

Dlatego też, oprócz zwiększenia bezpieczeństwa systemów miejskich, NYC Cyber Command opracowało niezwykle bezpieczną, odporną i skalowalną infrastrukturę w chmurze, która pomaga ekspertom ds. cyberbezpieczeństwa szybciej wykrywać i łagodzić skutki zagrożeń. Aby wspierać wszelkie technologie w rządzie Nowego Jorku, NYC Cyber Command zastosowało strategię *cloud-first*, korzystając z Google Cloud, infrastruktury jako kodu i modelu bezpieczeństwa *BeyondCorp*, który korzysta z lat projektowania sieci *zero-trust*. NYC Cyber Command



Zdjęcie 24. Wspólne Centrum Operacji Bezpieczeństwa w Brooklynie, NYC

Źródło: <https://www.fox5ny.com/news/new-york-city-cyber-security-operations-center>

korzysta z platformy *open source*, niezależnej od dostawcy infrastruktury jako narzędzia kodu, aby zapewnić niezawodne i bezpieczne świadczenie usług, a urzędnicy budują wiedzę i umiejętności, które mogą być wykorzystywane w całym przedsiębiorstwie technologicznym miasta.

Aby zwiększyć skalowalność, NYC Cyber Command zbudowało swój kanał danych w usługach zarządzanych Google Cloud. Cloud Pub/Sub służy jako główny punkt wejścia, pobierający dane z chmur agencji i źródeł lokalnych, dzięki czemu można je analizować na dużą skalę. Po opublikowaniu zdarzenia w Cloud Pub/Sub, subskrypcje typu *pull* udostępniają dane zdarzenia parserom dzienników i innym usługom działającym w Cloud Dataflow, umieszczając dane w odpowiednim formacie dla analityków i innych użytkowników niższego szczebla. W niektórych przypadkach subskrypcje typu *push* dostarczają zdarzenie do samodzielnych aplikacji działających w Cloud Functions. Możliwość NYC Cyber Command przekazywania właściwych informacji właściwemu zespołowi we właściwym czasie jest niezbędna, aby organizacja mogła być najbardziej skuteczna w ochronie Nowego Jorku przed cyberzagrozeniami.

Każdego dnia NYC Cyber Command analizuje i analizuje terabajty danych, które wkrótce zamienią się w petabajty, ponieważ Cyber Command

zwiększa widoczność w agencjach miejskich. Aby analizować dane wsadowe i strumieniowe przy użyciu znanych poleceń SQL, używa Big-Query, bezserwerowego, zarządzanego magazynu danych. NYC Cyber Command opiera się na Cloud Identity & Access Management (Cloud IAM), aby zapewnić szczegółową kontrolę dostępu zarówno w usługach Google Cloud, jak i Google Workspace w swoim standardzie produktywności i współpracy. Aby umożliwić inżynierom bezpieczniejszy dostęp do zasobów Google Cloud z niezauważanych sieci bez użycia VPN, używa Cloud Identity-Aware Proxy (IAP), podstawowego elementu modelu bezpieczeństwa BeyondCorp. NYC Cyber Command spodziewa się, że wszystkie nowojorskie agencje będą na pokładzie w ciągu najbliższego roku, co jest kamieniem milowym, którego nie udałooby się osiągnąć bez Google Cloud.

Wraz z dojrzewaniem infrastruktury i procesów organizacja korzysta z Google Kubernetes Engine, aby zapewnić wysoką dostępność samodzielnych aplikacji, oraz ze Stackdriver do rejestrowania, monitorowania i optymalizacji zasobów¹⁴³.

Barcelona, Hiszpania – Smart City Strategy

Barcelona wdrożyła platformę City OS, która gromadzi dane z miejskich czujników IoT i analizuje je w celu optymalizacji funkcjonowania miasta. Cyberbezpieczeństwo jest integralnym elementem zarządzania danymi, przy czym silny nacisk położono na ochronę przed nieautoryzowanym dostępem. Istotna jest też bezpieczna integracja danych z systemów transportu publicznego i zarządzania energią.

Zaangażowanie Barcelony w inteligentną infrastrukturę jest widoczne w jej szerokim wdrożeniu urządzeń i czujników Internetu rzeczy (IoT) w całym mieście. Technologie te są wykorzystywane do monitorowania i zarządzania różnymi systemami miejskimi, w tym:

1. Inteligentne oświetlenie – Barcelona zainstalowała 10 000 inteligentnych latarni ulicznych, które dostosowują jasność do natężenia ruchu, zmniejszając zużycie energii o 30% i zanieczyszczenie światłem. Ponadto latarnie te są wyposażone w czujniki monitorujące

¹⁴³ <https://cloud.google.com/customers/nyc-cyber-command> [dostęp 29.12.2024]



Zdjęcie 25. Smart City Strategy, Barcelona

Źródło: <https://minnovation.com.au/smart-cities-2/example-of-a-smart-city-a-case-study-into-barcelona/> [dostęp 29.12.2024].

- jakość powietrza i poziom hałasu, dostarczając cennych danych do planowania urbanistycznego.
2. Gospodarka odpadami: inteligentne pojemniki w Barcelonie wykorzystują czujniki, aby powiadamiać o ich wypełnieniu, optymalizując trasy odbioru odpadów, co przekłada się na 20-procentową redukcję kosztów odbioru odpadów i znaczące ograniczenie emisji dwutlenku węgla przez samochody ciężarowe.
 3. Zarządzanie wodą: inteligentne wodomierze i systemy wykrywania wycieków pomagają oszczędzać wodę i zapewniają efektywne jej wykorzystanie w całym mieście. Dzięki tym technologiom Barcelona zredukowała straty wody o 25%, zapewniając mieszkańcom bardziej zrównoważone zaopatrzenie w wodę.

Barcelona poczyniła znaczące postępy w promowaniu zrównoważonych rozwiązań w zakresie mobilności, aby zmniejszyć korki uliczne i obniżyć emisję dwutlenku węgla. Kluczowe inicjatywy obejmują:

1. Transport publiczny: Barcelona integruje dane w czasie rzeczywistym ze swoim systemem tranzytowym, aby zapewnić dokładne rozkłady jazdy autobusów i pociągów, promując korzystanie z transportu publicznego. Wprowadzenie inteligentnych przystanków

autobusowych z wyświetlaczami cyfrowymi poprawiło doświadczenia użytkowników i zwiększyło korzystanie z transportu publicznego o 15%.

2. Programy współdzielenia rowerów: Barceloński program współdzielenia rowerów, *Bicing*, oferuje przyjazną dla środowiska alternatywę dla tradycyjnych metod transportu, zmniejszając zależność od samochodów. *Bicing* oferuje 6000 rowerów na 420 stacjach, umożliwiając 14 milionów przejazdów rocznie, w szczególności zmniejszając korki i zanieczyszczenie.
3. Pojazdy elektryczne: rozległa sieć dróg Barcelony, obejmująca ponad 500 stacji ładowania pojazdów elektrycznych, a także zachęty, takie jak: bezpłatny parking i dostęp do stref niskiej emisji, znacznie przyczyniły się do przejścia na czystszy transport i ograniczenie zanieczyszczenia powietrza.

Podstawą strategii inteligentnego miasta Barcelony jest skupienie się na zaangażowaniu i udziale obywateli. Miasto wdrożyło kilka platform i inicjatyw, aby włączyć mieszkańców w procesy decyzyjne:

1. Decidim Barcelona: platforma internetowa, na której obywatele mogą proponować i głosować nad projektami i politykami miejskimi, wzmacniając poczucie wspólnoty i współodpowiedzialności.
2. Czujniki obywatelskie: mieszkańcy mogą używać aplikacji mobilnych do zgłaszania problemów, takich jak: dziury w drogach czy zepsute latarnie uliczne, dzięki czemu miasto może skuteczniej rozwiązywać te problemy.
3. Portal Otwartych Danych: Barcelona zapewnia dostęp do ogromnych zasobów danych publicznych, umożliwiając obywatelom i developerom tworzenie innowacyjnych rozwiązań odpowiadających na wyzwania stojące przed miastem.

Inicjatywy Barcelony w zakresie inteligentnych miast również pobudziły rozwój gospodarczy i innowacje. Miasto stworzyło sprzyjające środowisko dla startupów i firm technologicznych, co zaowocowało:

1. Dzielnice innowacji: obszary takie, jak dzielnica 22@ służą jako centra technologii i innowacji, przyciągając firmy i wspierając współpracę. Dzielnica jest domem dla ponad 1500 firm, generujących tysiące miejsc pracy i wnoszących znaczący wkład w lokalną gospodarkę.

2. Partnerstwa publiczno-prywatne: miasto współpracuje z prywatnymi firmami w celu wdrożenia inteligentnych rozwiązań miejskich, wykorzystując wiedzę specjalistyczną i zasoby z obu sektorów. Te partnerstwa zaowocowały innowacyjnymi projektami, takimi jak: wdrożenie technologii 5G i tworzenie inteligentnych sieci.
3. Tworzenie miejsc pracy: skupienie się na technologii i innowacjach doprowadziło do stworzenia nowych możliwości zatrudnienia, przyczyniając się do wzrostu gospodarczego miasta.

Inicjatywy inteligentnych miast wygenerowały ponad 47 000 miejsc pracy, od rozwoju technologii po planowanie urbanistyczne i role związane ze zrównoważonym rozwojem¹⁴⁴.

Dubaj, Zjednoczone Emiraty Arabskie – Dubai Cyber Security Strategy

Dubaj wdrożył strategię mającą na celu ochronę inicjatywy Smart Dubai, skupiając się na zabezpieczeniu systemów IoT i miejskich platform danych. Obejmuje ona monitorowanie zagrożeń w czasie rzeczywistym, edukację mieszkańców na temat cyberbezpieczeństwa, zabezpieczenie inteligentnych systemów zarządzania energią i wodą przed potencjalnymi atakami.

Strategia bezpieczeństwa cybernetycznego Dubaju zapewnia ustrukturyzowane ramy, aby ustanowić Dubaj światowym liderem w dziedzinie cyberbezpieczeństwa. Strategia ma na celu wsparcie cyfrowej transformacji miasta przy jednoczesnym zabezpieczeniu jego infrastruktury i wspieraniu innowacji. Poniżej znajduje się szczegółowe wyjaśnienie jej strategicznych domen i ich celów.

Wizją strategii bezpieczeństwa cybernetycznego Dubaju jest ustanowienie Dubaju liderem cyberbezpieczeństwa w świecie cyfrowym. Wizja ta ma na celu pozycjonowanie Dubaju jako wiodącego autorytetu w dziedzinie cyberbezpieczeństwa, nie tylko w regionie, ale na całym świecie, a także ochronę i wsparcie jego gospodarki cyfrowej. Osiągnięcie tej wizji wymaga znacznych inwestycji w badania i rozwój, innowacje i współpracę. Pomoże to wzmocnić wizerunek Dubaju jako miejsca docelowego

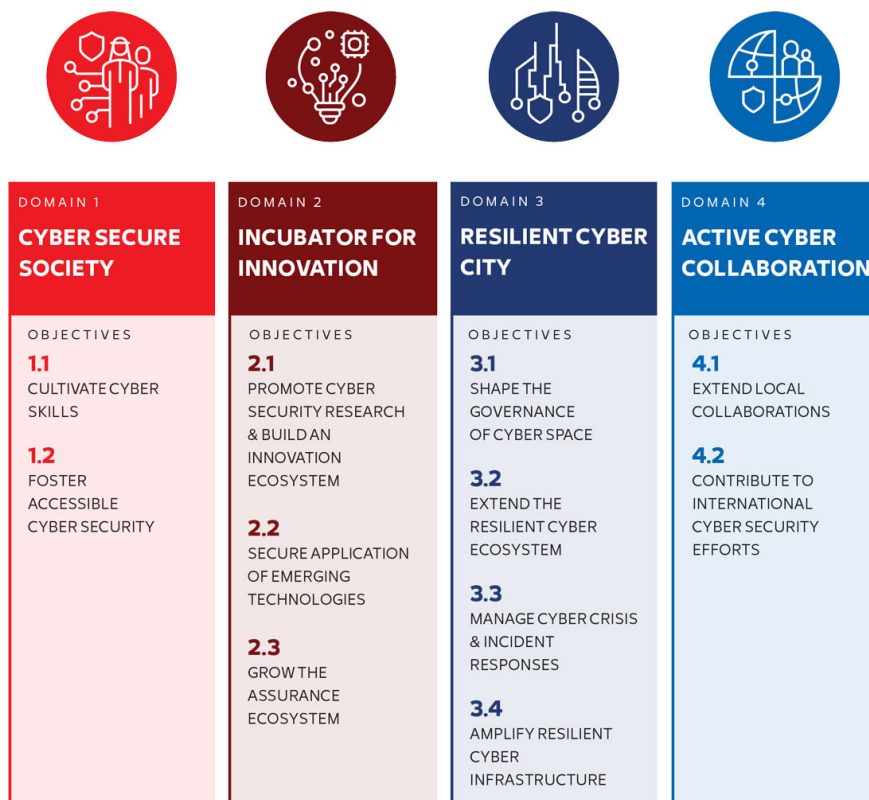
¹⁴⁴ <https://minnovation.com.au/smart-cities-2/example-of-a-smart-city-a-case-study-into-barcelona/> [dostęp 29.12.2024]

wyboru dla ekspertów w dziedzinie cyberbezpieczeństwa i przyciągnąć talenty oraz inwestycje z całego świata. Misją strategii jest stworzenie bezpiecznej, pewnej, niezawodnej i zaufanej cyberprzestrzeni w Dubaju, wspieranie infrastruktury cyfrowej miasta. Ta misja koncentruje się na rozwoju solidnego i bezpiecznego ekosystemu cyfrowego, któremu mogą zaufać sektor publiczny i prywatny. Obejmuje to wdrażanie najnowocześniejszych technologii bezpieczeństwa, solidnych polityk i procedur oraz skutecznych ram regulacyjnych, które zapewniają ochronę krytycznej infrastruktury i poufnych danych w mieście.

Głównym celem strategii jest stworzenie bezpiecznej, pewnej, niezawodnej i godnej zaufania cyberprzestrzeni w Dubaju oraz zastosowanie najlepszych technik w zakresie cyberbezpieczeństwa, aby nie została ona w żaden sposób zakłócona. Osiąga się to, promując niektóre aspekty cyberbezpieczeństwa w Dubaju. Jednym z nich jest możliwość zwiększenia świadomości cyberbezpieczeństwa i ogólnych umiejętności w zakresie cyberbezpieczeństwa, zarówno wśród podmiotów rządowych, jak i w sektorze prywatnym. Innym aspektem jest możliwość zaangażowania różnych interesariuszy w poprawę innowacji w mieście, na drodze np. inicjowania współpracy z podmiotami rządowymi i sektora prywatnego, a także opracowywania programów nauczania i szkoleń z zakresu cyberbezpieczeństwa w mieście. Takie podejście zapewni rozwój solidnych narzędzi cyberbezpieczeństwa czy rozwiązań, a także kompetentny personel ds. cyberbezpieczeństwa. Może to być również powiązane ze zwiększeniem cyberodporności dzięki włączeniu najnowocześniejszych rozwiązań cyberbezpieczeństwa do cyfrowej infrastruktury miasta.

Miasto nawiąże również lokalną i międzynarodową współpracę z różnymi interesariuszami w celu poprawy komunikacji z punktu widzenia cyberbezpieczeństwa i pomoże zwiększyć cybergotowość miasta na zagrożenia wewnętrzne i zewnętrzne.

Strategia jest podzielona na cztery domeny. **Pierwsza domena**, „Cyberbezpieczne społeczeństwo”, kładzie nacisk na budowanie świadomości i umiejętności w sektorze publicznym i prywatnym. Obejmuje to zapewnianie ustrukturyzowanych programów szkoleniowych w celu rozwijania umiejętności cybernetycznych, tworzenie jasnych ścieżek kariery dla profesjonalistów i integrowanie tematów cyberbezpieczeństwa z programami nauczania w szkołach i na uniwersytetach. Ma ona



Rysunek 11. Strategia cyberbezpieczeństwa, Dubaj, ZEA

Źródło: <https://www.desc.gov.ae/cyber-strategy/> [dostęp 29.12.2024]

również na celu wspieranie dostępnego cyberbezpieczeństwa, uruchamiając kampanie informacyjne dostosowane do różnych grup społeczności i zapewniając, że żadna grupa demograficzna nie zostanie pominięta. **Druga domena**, „Inkubator innowacji”, koncentruje się na promowaniu badań i rozwoju w zakresie cyberbezpieczeństwa i tworzeniu ekosystemu, który wspiera innowacje. Obejmuje to wspieranie współpracy między instytucjami publicznymi, organizacjami prywatnymi i podmiotami edukacyjnymi w celu opracowywania bezpiecznych rozwiązań dla nowych technologii, takich jak: IoT, AI i blockchain. Domena dąży również do ustanowienia systemów certyfikacji w celu budowania zaufania do produktów, usług i specjalistów, zapewniając przyjęcie międzynarodowych standardów dostosowanych do potrzeb Dubaju. „Resilient Cyber City”,

trzecia domena, podkreśla znaczenie solidnego zarządzania i zarządzania ryzykiem w celu utrzymania ciągłości w krytycznej infrastrukturze. Jej celem jest wzmocnienie cyberzarządzania na drodze zapewnienia, że kadra zarządzająca wyższego szczebla rozumie znaczenie bezpieczeństwa i ustanawia jasne zasady i procedury. Strategia podkreśla również rozwój odpornego ekosystemu cybernetycznego, który obejmuje standardy bezpieczeństwa łańcucha dostaw, bezpieczeństwa w fazie projektowania i cyberubezpieczenia. Ponadto wzywa do ulepszonoego zarządzania incydentami za pośrednictwem platformy wywiadu cyberzagrożeń i skoordynowanych planów reagowania w różnych sektorach. **Ostatnia domena**, „Aktywna współpraca cybernetyczna”, podkreśla konieczność lokalnych i międzynarodowych partnerstw w celu radzenia sobie z cyberzagrożeniami. Lokalnie strategia ma na celu stworzenie międzysektorowych planów odporności i uwzględnienie większej liczby organizacji w indeksie cybernetycznym Dubaju. Na arenie międzynarodowej ma na celu dostosowanie polityk krajowych do globalnych standardów, wspieranie współpracy transgranicznej poprzez partnerstwa, umowy i wspólne inicjatywy w celu wzmocnienia wizerunku Dubaju jako lidera w dziedzinie cyberbezpieczeństwa¹⁴⁵.

Technologie wspierające cyberbezpieczeństwo w miastach

- **Blockchain**: bezpieczne przechowywanie i wymiana danych w zdecentralizowanych systemach.
- **AI i uczenie maszynowe**: wykrywanie anomalii w ruchu sieciowym i identyfikacja potencjalnych zagrożeń.
- **Systemy SIEM (*Security Information and Event Management*)**: centralne monitorowanie i analiza zdarzeń w miejskich systemach IT.
- **Chmurowe rozwiązania bezpieczeństwa**: ochrona danych przechowywanych w miejskich systemach chmurowych.

¹⁴⁵ <https://dig.watch/resource/dubai-cyber-security-strategy-2023> [dostęp 29.12.2024]

- **Segmentacja sieci:** oddzielenie krytycznych systemów miejskich od sieci publicznych w celu minimalizacji ryzyka.

Wyzwania związane z cyberbezpieczeństwem w urbanistyce

- **Rosnąca liczba urządzeń IoT:** każde nowe urządzenie w sieci miejskiej zwiększa potencjalnie skalę ataku.
- **Brak standardów:** różnorodność technologii i brak jednolitych regulacji utrudniają zapewnienie spójnego poziomu bezpieczeństwa.
- **Koszty wdrożenia:** zaawansowane technologie cyberbezpieczeństwa wymagają dużych inwestycji.
- **Luki w świadomości:** brak odpowiedniej edukacji mieszkańców i urzędników miejskich na temat zagrożeń.

Zagrożenia wynikające z technologii informatycznych i IoT na wybranych przykładach

Wprowadzenie technologii informatycznych oraz systemów IoT do zarządzania miastami przynosi znaczące korzyści w postaci poprawy efektywności oraz jakości usług publicznych. Niemniej jednak integracja tych technologii wiąże się z wieloma wyzwaniami w zakresie bezpieczeństwa. Jednym z głównych zagrożeń jest możliwość przechwycenia i nieautoryzowanego dostępu do ogromnych zbiorów danych, które są gromadzone i przetwarzane przez urządzenia IoT. W nowoczesnych miastach dane te obejmują m.in.: informacje dotyczące ruchu ulicznego, zużycia energii, lokalizacji obywateli, a nawet danych medycznych w ramach zintegrowanych systemów opieki zdrowotnej¹⁴⁶. W przypadku nieodpowiedniego zabezpieczenia tych systemów, mogą one stać się celem ataków, które zagrażają prywatności oraz bezpieczeństwu mieszkańców.

Ataki na urządzenia Internetu Rzeczy (IoT) stają się coraz bardziej powszechne, wpływając zarówno na użytkowników indywidualnych, jak

¹⁴⁶ M.L. West, *Smart Cities and Data Security*, Routledge 2019, s. 56–57.

i na całe organizacje. Poniżej przedstawiono kilka autentycznych przykładów takich ataków, które miały miejsce w Polsce i na świecie.

- Jednym z najczęściej omawianych przykładów cyberataku na systemy IoT jest atak na sieć energetyczną Ukrainy w 2015 roku, kiedy hakerzy przejęli kontrolę nad infrastrukturą energetyczną, powodując przerwy w dostawie energii elektrycznej na szeroką skalę. Atak ten, przeprowadzony przy użyciu złośliwego oprogramowania, ujawnił podatność systemów IoT w sektorze energetycznym na ingerencję osób trzecich. Incydent ten podkreślił potrzebę silnych protokołów bezpieczeństwa oraz stałego monitorowania systemów IoT w infrastrukturze krytycznej, aby zapobiec podobnym sytuacjom w przyszłości¹⁴⁷.
- Kolejnym zagrożeniem wynikającym z wykorzystania IoT są luki w zabezpieczeniach domowych urządzeń inteligentnych, takich jak: kamery, termostaty czy inteligentne zamki. W 2016 roku doszło do jednego z największych ataków DDoS (*Distributed Denial of Service*), przeprowadzonego z wykorzystaniem botnetu Mirai, który zainfekował tysiące urządzeń IoT, w tym kamery monitoringu i routery, aby przeciążyć serwery firmy Dyn¹⁴⁸. W rezultacie tego ataku zablokowane zostały usługi internetowe takich gigantów, jak: Twitter, Spotify i Reddit. Incydent ten obnażył słabości wielu urządzeń IoT, które często są wyposażone w podstawowe lub wręcz standardowe hasła, przez co łatwo mogą zostać przejęte przez osoby trzecie.
- Obecnie nie tylko komputery lub smartfony narażone są na cyberataki – powszechną rzeczywistością stają się także włamania do nowoczesnych urządzeń gospodarstwa domowego – nawet tak banalnych, jak elektroniczna niania czy prosta zabawka. Firma NordVPN przygotowała zestawienie najbardziej nieprawdopodobnych włamań i naruszeń bezpieczeństwa urządzeń IoT, które faktycznie się wydarzyły. Proste jednokierunkowe nadajniki radiowe, jakimi były kiedyś elektroniczne nianie dla niemowląt,

¹⁴⁷ S. Grimes, *Critical Infrastructure Protection*, Springer 2021, s. 88–89.

¹⁴⁸ R. Marshall, *The Mirai Botnet and IoT Security*, "Journal of Cybersecurity" 2017, vol. 32, nr 4, s. 150–151.

- przekształciły się z czasem w wymyślne inteligentne urządzenia obsługujące sieć Wi-Fi, wyposażone w kamery z obsługą podczuwani i inne funkcje. Jak wszystkie urządzenia IoT, także i do tego typu sprzętu można się włamać. NordVPN podaje przykład pewnej rodziny z USA, która korzystała z bezprzewodowego systemu kamer, aby obserwować zachowania dziecka. Niestety, do takiej infrastruktury dostał się haker, który znając zwyczajnie domowników, zażądał okupu pod groźbą porwania potomka.
- W 2019 roku naukowcy z firmy technologicznej SEC Consult ogłosili, że prywatne życie seksualne co najmniej 50 tys. użytkowników zostało publicznie odarte z tajemnicy przez seks-zabawkę Vibratissimo Panty Buster. Wszystkie dane klientów (niedwuznaczne zdjęcia, dzienniki rozmów, a także informacje na temat preferencji seksualnych oraz adresy e-mail i hasła) trafiły do Internetu¹⁴⁹.
 - Innym problemem są systemy IoT w służbie zdrowia, które coraz częściej są stosowane do monitorowania stanu zdrowia pacjentów i przesyłania informacji do lekarzy w czasie rzeczywistym. W przypadku ich przejęcia przez cyberprzestępców istnieje ryzyko manipulacji danymi pacjentów, co może mieć bezpośredni wpływ na decyzje medyczne. W 2019 roku St. Jude Medical ogłosiło, że ich urządzenia do monitorowania rytmu serca są podatne na ataki, które mogą doprowadzić do zakłócenia ich działania¹⁵⁰. W przypadku udanego cyberataku na taki system konsekwencje mogą być katastrofalne, co podkreśla potrzebę ciągłego monitorowania i aktualizacji zabezpieczeń w urządzeniach IoT w sektorze zdrowotnym.
 - We wrześniu 2024 roku polska firma AIUT Sp. z o.o., specjalizująca się w automatyce, robotyce i IoT, padła ofiarą cyberataku. Grupa hakerów o nazwie Hunters przejęła i opublikowała około 5,9 terabajta danych, w tym informacje o działalności firmy, dane

¹⁴⁹ https://itwiz.pl/urządzenia-iot-nawet-tak-banalne-jak-elektroniczna-niania-coraz-czesciej-atakowane-przez-hakerow/?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁰ Peterson L., *Healthcare IoT and Cyber Risks*, "Cyber Health Review" 2019, vol. 9, nr 1, s. 20–21.

- osobowe pracowników oraz poufne dokumenty, takie jak: plany projektowe i umowy NDA. Wyciek obejmował również hasła do ponad 100 kont e-mailowych i portali używanych w firmie¹⁵¹.
- W 2024 roku Polska Agencja Antydopingowa (POLADA) padła ofiarą jednego z największych cyberataków w Polsce. Cyberprzestępcy wykradli 250 GB wrażliwych danych, które następnie opublikowano na Telegramie¹⁵².
 - Cyberatak na Polską Agencję Prasową (PAP), który miał miejsce 31 maja 2024 roku, odbił się szerokim echem w Polsce i za granicą. Na stronie PAP opublikowano fałszywe depesze powiadamiające o rzekomej mobilizacji wojskowej w Polsce¹⁵³.

¹⁵¹ https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵² Wśród ujawnionych informacji znalazły się adresy, dane medyczne i wyniki badań antydopingowych polskich sportowców, co stworzyło realne ryzyko *phishingu* i *spoofingu*. Jednak choć o wycieku dowiedzieliśmy się w sierpniu, to eksperci z Zaufanej Trzeciej Strony wskazują, że dane mogły zostać wykradzione już w kwietniu 2024 roku. To budzi pytania o czas reakcji Agencji na incydent. Cyberatak został przeprowadzony przez grupę wspieraną przez obce, wrogie państwo. POLADA potwierdziła, że do wycieku doszło w wyniku poważnych luk w zabezpieczeniach, takich jak: słabe hasła i przechowywanie poświadczeń w dokumentach. Śledztwo w sprawie incydentu prowadziły policja, CERT Polska, UODO oraz Ministerstwo Sportu. Wdrożono również środki naprawcze, jednak cyberatak ujawnił poważne niedociągnięcia w zakresie ochrony danych osobowych w publicznych instytucjach. Ten incydent podkreśla konieczność wzmożonej ochrony cyfrowej i wprowadzenia wyższych standardów cyberbezpieczeństwa, zwłaszcza w organizacjach przetwarzających wrażliwe dane, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵³ W związku z cyberatakiem Prokuratura Okręgowa w Warszawie wszczęła śledztwo, badając sprawę pod kątem rozpowszechniania dezinformacji mogącej zaszkodzić polskiemu państwu. Śledztwo prowadzi Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego, próbując ustalić, kto stoi za incydemem i jakie były motywy jego działań. PAP podjęła kroki, by wzmocnić swoje systemy bezpieczeństwa i zapobiec podobnym incydemem w przyszłości. Rzecznik Prokuratury, Piotr Skiba, potwierdził, że analiza dotyczy potencjalnego szpiegostwa oraz nieuprawnionego dostępu do systemu PAP. Media spekulują, że atak mógł polegać na *phishingu*, *brute force* lub *SQL injection*, ale brak jeszcze pełnych szczegółów. Wprowadzenie nowych zabezpieczeń w PAP jest istotnym krokiem, ale incydent pokazuje, że organizacje publiczne i media muszą być przygotowane na rosnące zagrożenia

- Cyberatak na Sanok Rubber Company S.A., czołowego europejskiego producenta wyrobów gumowych, był jednym z najpoważniejszych incydentów cyberbezpieczeństwa w Polsce w 2024 roku. Firma poinformowała o nim 28 stycznia, ujawniając, że dotknął takich kluczowych systemów, jak finansowo-księgowy i logistyczny¹⁵⁴.
- Ministerstwo Cyfryzacji poinformowało o naruszeniu danych osobowych, które miało miejsce 17 stycznia 2024 roku. Do incydentu doszło wskutek pomyłki pracownika Biura Budżetowo-Finansowego, który przesłał dokumenty zawierające szczegółowe dane o wynagrodzeniach pracowników do osoby o tym samym nazwisku, zatrudnionej w Centralnym Ośrodku Informatyki¹⁵⁵.

cyberprzestrzeni, za którymi niestety często nie nadążają, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁴ Aby ograniczyć skutki ataku, spółka szybko odizolowała zainfekowaną infrastrukturę i rozpoczęła proces przywracania pracy systemów. Jednocześnie zgłoszono incydent odpowiednim organom ścigania, co podkreśla powagę sytuacji. Konsekwencje były widoczne niemal natychmiast na giełdzie – akcje Sanok Rubber Company S.A. spadły o 5,5%, a ich wahania odnotowano również w takich indeksach, jak sWIG80 i MIG-Motoryzacja. Choć systemy informatyczne udało się uruchomić ponownie po trzech dniach, wydarzenie wpłynęło na wizerunek firmy oraz jej wartość rynkową. W pierwszych dniach po cyberataku klienci mieli problemy z realizacją zamówień online, które trzeba było składać telefonicznie. Sytuacja ta wywołała opóźnienia w procesach sprzedażowych i dodatkowe utrudnienia. Niepokojący jest również fakt, że niedługo po ataku na Sanok Rubber Company podobny incydent zgłosiła inna polska firma – Global Cosmed, co świadczy o nasilających się zagrożeniach dla rodzimego przemysłu. Sanok Rubber Company S.A. wdrożyła dodatkowe środki bezpieczeństwa, aby zapobiec podobnym zdarzeniom w przyszłości. Ten incydent stał się ważną lekcją dla polskich spółek giełdowych, pokazując, jak istotne są inwestycje w ochronę cyfrową oraz świadomość potencjalnych skutków braku odpowiednich zabezpieczeń, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁵ W wyniku tego do niewłaściwego adresata trafiły informacje dotyczące obecnych i byłych pracowników, co wzbudziło poważne obawy o ochronę danych w administracji publicznej. Ministerstwo szybko podjęło działania naprawcze. Incydent zgłoszono 19 stycznia do Urzędu Ochrony Danych Osobowych (UODO), a w resorcie wprowadzono dodatkowe środki zabezpieczające. Wśród nich znalazły się zobowiązania pracowników do szczegółowego weryfikowania danych

- W styczniu 2024 roku Microsoft padł ofiarą cyberataku grupy Midnight Blizzard, sponsorowanej przez rosyjski reżim. Cyberprzestępcy uzyskali dostęp do wewnętrznych systemów i repozytoriów kodu źródłowego, co postawiło firmę w obliczu poważnego zagrożenia. Atak rozpoczął się 12 stycznia, a jego skala znacznie wzrosła w lutym¹⁵⁶.
- W kwietniu 2024 roku Dropbox padł ofiarą poważnego cyberataku, który dotknął usługę Dropbox Sign (dawniej HelloSign). Cyberprzestępcy uzyskali dostęp do systemów automatycznej konfiguracji oraz bazy danych klientów, co ujawniło słabości w zabezpieczeniach¹⁵⁷.

adresatów wewnętrznej korespondencji oraz przypomnienie o zasadach ochrony danych osobowych. Incydent wywołał duże zainteresowanie w mediach. Portal Niebezpiecznik zwrócił uwagę na wyciek, komentując, że dane dotyczące wynagrodzeń pracowników Ministerstwa zostały ujawnione na skutek wysłania ich do niewłaściwej osoby. Informacja ta natychmiast przyciągnęła uwagę użytkowników internetu, a wielu komentujących zwracało uwagę na potrzebę zwiększenia dbałości o poufność informacji w administracji publicznej. W odpowiedzi na incydent Ministerstwo wprowadziło procedury mające na celu poprawę bezpieczeństwa wewnętrznej korespondencji oraz ochrony danych w ramach resortu, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁶ Microsoft zareagował błyskawicznie. Zespół ds. bezpieczeństwa zabezpieczył systemy, przerwał nieautoryzowaną aktywność i wdrożył zaawansowane procedury obronne. Wnioski do Komisji Papierów Wartościowych i Giełd (SEC) wskazują na intensywne działania mające ograniczyć skutki incydentu. Grupa Midnight Blizzard to przykład rosnącego zagrożenia ze strony sponsorowanych przez państwa cyberprzestępców. I jak widać cyberatakami zagrożone są nawet takie korporacje, jak Microsoft, który chwali się, że jest wspierany przez sieć 15 tys. partnerów i stale monitoruje oraz neutralizuje cyberzagrożenia. Cyberatak na Microsoft to ostrzeżenie dla firm na całym świecie. Pokazuje, jak istotne są odpowiednie zabezpieczenia i procedury. W dobie sponsorowanych ataków konieczne jest ciągle monitorowanie zagrożeń i rozwój systemów obronnych, by skutecznie odparać cyberprzestępczość na globalną skalę, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁷ Wykradzione dane obejmowały adresy e-mail, nazwy użytkowników, numery telefonów oraz skróty haseł. Przestępcy uzyskali też dostęp do kluczy API, tokenów OAuth i ustawień kont. W przypadku użytkowników korzystających z Dropbox Sign bez rejestracji wyciekły adresy mailowe i nazwiska. Nie stwierdzono jednak

- W sierpniu 2024 roku Iran padł ofiarą największego cyberataku w swojej historii, który poważnie zagroził stabilności systemu bankowego tego kraju. Atak dotknął około 20 krajowych banków. A Iran został zmuszony do czasowego wyłączenia bankomatów na terenie całego kraju¹⁵⁸.

dostępu do treści dokumentów ani danych płatniczych. Dropbox szybko podjął działania naprawcze – zresetowano hasła, wylogowano użytkowników, a także przeprowadzono rotację kluczy API i tokenów OAuth. Firma poinformowała poszkodowanych i przekazała im instrukcje zabezpieczenia kont. Incydent wyniknął z przejęcia konta serwisowego z dostępem do środowiska produkcyjnego Dropbox Sign, lecz nie wpłynął na inne usługi Dropbox, gdyż infrastruktura była odseparowana. Dropbox wdrożył dodatkowe zabezpieczenia, takie jak wielokładnikowe uwierzytelnianie (MFA), a także planuje implementację tokenów biometrycznych i WebAuthn. Dropbox ponadto podjął również współpracę ze śledczymi oraz zgłosił incydent do odpowiednich organów ścigania i ochrony danych. Zakończono dochodzenie, wskazując, że cyberprzestępcy wykorzystali przejęte konto serwisowe, które miało uprawnienia do środowiska produkcyjnego Dropbox Sign. Firma zapewniła, że infrastruktura Dropbox Sign jest oddzielona od innych usług Dropbox, a incydent był odizolowany od reszty systemów. Dropbox podkreślił, że jego priorytetem jest odbudowanie zaufania klientów oraz zapobieganie podobnym incydom w przyszłości. Firma zaznaczyła, że nawet najlepiej przeszkoleni eksperci mogą paść ofiarą wyrafinowanego ataku phishingowego, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁸ Za cyberatakiem prawdopodobnie stała grupa IRLeaks – organizacja cyberprzestępcy znana z ataków właśnie na irańskie organizacje. Początkowo cyberprzestępcy żądali 10 milionów dolarów w kryptowalucie, grożąc sprzedażą danych kont bankowych i kart kredytowych Irańczyków na czarnym rynku. Irański reżim zdecydował się na zapłatę 3 milionów dolarów, aby uniknąć destabilizacji finansowej, która mogłaby zaostriżyć już trudną sytuację gospodarczą kraju, osłabionego przez międzynarodowe sankcje. Władze oficjalnie nie przyznały się do tego, że incydent miał miejsce, a informacje o zamknięciu bankomatów i innych środkach bezpieczeństwa pozostawały nieoficjalne. Jedynym odniesieniem do wydarzeń była wypowiedź najwyższego przywódcy Iranu, ajatollaha Alego Chameneia, który oskarżył Stany Zjednoczone i Izrael o próbę destabilizacji Iranu przez „szerzenie wojny psychologicznej”. W kontekście międzynarodowym atak ten wpisał się w napięte relacje między Iranem, Izraelem a Stanami Zjednoczonymi. Pomimo sugestii, że atak mógł być powiązany z tymi krajami, analitycy wskazują, że IRLeaks działał samodzielnie, kierując się motywacją finansową.

Incydent ten miał również wpływ na napiętą sytuację polityczną, zwłaszcza w kontekście niedawnych wyborów prezydenckich, które wygrał Donald Trump.

- Na początku czerwca 2024 roku Unia Chrześcijańsko-Demokratyczna (CDU), jedna z głównych partii politycznych w Niemczech, padła ofiarą poważnego cyberataku. Incydent ten miał miejsce tuż przed wyborami do Parlamentu Europejskiego¹⁵⁹.
- W II kwartale 2024 roku cyberprzestępcy uzyskali dostęp do danych klientów Santander Banku, co zmusiło bank do natychmiastowej reakcji. Wprowadzono dodatkowe warstwy uwierzytelniania oraz rozpoczęto monitorowanie nietypowych działań na kontach bankowych, aby chronić klientów przed potencjalnymi oszustwami¹⁶⁰.

Przypuszczenia o możliwym wpływie Iranu na wynik wyborów przy pomocy cyberataków na kampanię Trumpa pojawiały się w mediach, jednak bez bezpośredniego powiązania z grupą IRLeaks, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁵⁹ Cyberprzestępcy uzyskali dostęp do wewnętrznych systemów CDU, co pozwoliło im na kradzież poufnych informacji. Według doniesień, cyberprzestępcy wykorzystali zaawansowane techniki *phishingowe*, aby przejąć kontrolę nad kontami e-mail oraz systemami wewnętrznymi partii. W rezultacie intruzi mogli poruszać się po infrastrukturze sieciowej CDU niezauważeni przez co najmniej dwa tygodnie. W odpowiedzi na atak CDU podjęła natychmiastowe działania mające na celu zabezpieczenie swoich systemów. Wprowadzono audyty bezpieczeństwa oraz aktualizacje oprogramowania, aby zapobiec przyszłym zagrożeniom. Federalne Ministerstwo Spraw Wewnętrznych potwierdziło powagę incydentu i zaangażowało odpowiednie służby, w tym Federalny Urząd Ochrony Konstytucji (BfV) oraz Federalny Urząd Bezpieczeństwa Technologii Informatycznych (BSI), w dochodzenie. Chociaż oficjalnie nie podano informacji na temat tożsamości sprawców, charakter ataku wskazuje na „bardzo profesjonalnego” przeciwnika. Niektóre źródła sugerują, że za atakiem mogą stać grupy cyberprzestępcze powiązane z reżimem chińskim lub rosyjskim. Cyberatak na CDU wywołał szeroką debatę na temat cyberbezpieczeństwa w polityce oraz konieczności wprowadzenia surowszych przepisów chroniących przed takimi incydentami. Władze niemieckie zaostrzyły środki ochronne przed zagrożeniami cyfrowymi i hybrydowymi, zwłaszcza w kontekście zbliżających się wyborów, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁶⁰ Równocześnie Ticketmaster zgłosił wyciek danych, który dotknął miliony użytkowników. Cyberprzestępcy – znani jako ShinyHunters – wykorzystali wykradzione informacje dostępowe pracownika zewnętrznego dostawcy usług chmurowych, Snowflake, aby uzyskać dostęp do 1,3 TB danych klientów. Pliki, które trafiły do *dark webu*, zawierały pełne dane klientów, takie jak imiona,

W miastach, które opierają się na inteligentnych systemach transportowych, technologia IoT jest wykorzystywana do zarządzania ruchem drogowym oraz komunikacją miejską. Takie systemy zbierają dane w czasie rzeczywistym, aby regulować sygnalizację świetlną i dostosowywać przepływ ruchu do aktualnych potrzeb. W Los Angeles wdrożono system adaptacyjnego zarządzania ruchem, który ma na celu redukcję korków i zmniejszenie emisji zanieczyszczeń¹⁶¹. Niemniej jednak, gdyby cyberprzestępcy przejęli kontrolę nad systemem sygnalizacji świetlnej, mogliby doprowadzić do chaosu na ulicach miasta, zwiększając ryzyko wypadków oraz zagrażając życiu i zdrowiu mieszkańców.

Reasumując: choć technologie informatyczne i IoT przynoszą znaczące korzyści dla nowoczesnych miast, równocześnie wprowadzają nowe ryzyka związane z cyberbezpieczeństwem. Aby skutecznie przeciwdziałać tym zagrożeniom, konieczne jest wprowadzenie zaawansowanych protokołów zabezpieczeń, takich jak: szyfrowanie danych, uwierzytelnianie wieloskładnikowe oraz regularne audyty bezpieczeństwa. Inwestowanie w cyberbezpieczeństwo staje się nieodzownym elementem rozwoju technologii miejskich, które mają na celu służyć mieszkańcom i zapewnienie im poczucia bezpieczeństwa.

adresy e-mailowe, numery telefonów oraz szczegóły dotyczące zakupionych biletów. Oba incydenty podkreśliły znaczenie szybkiej reakcji i skutecznej komunikacji z klientami w obliczu naruszeń bezpieczeństwa. Santander Bank i Ticketmaster podjęły współpracę z organami ścigania oraz firmami zajmującymi się cyberbezpieczeństwem, aby zidentyfikować sprawców i zminimalizować wpływ wycieków na użytkowników. Warto zauważyć, że incydenty te nie były odosobnione. W tym samym okresie grupa ShinyHunters przeprowadziła cyberataki na inne firmy, takie jak: AT&T, Live Nation Entertainment i Advance Auto Parts, co wskazuje na szeroko zakrojoną kampanię cyberprzestępczą. Rok 2024 ujawnił brutalną rzeczywistość cyberzagrożeń, które uderzyły w globalnych gigantów i kluczowe polskie organizacje. Te incydenty – ich skala i konsekwencje, pokazują, że żaden sektor nie jest bezpieczny. Dodatkowo w dobie rosnącej aktywności sponsorowanych przez państwa grup cyberprzestępczych, firmy na całym świecie stają przed wyzwaniem doskonalenia zabezpieczeń i wdrażania zaawansowanych procedur, by stawić czoła nowym zagrożeniom, https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com [dostęp 29.12.2024].

¹⁶¹ J. Reynolds, *Adaptive Traffic Management in Los Angeles*, "Urban Planning Journal" 2019, vol. 11, nr 3, s. 45–46.

Ochrona infrastruktury krytycznej: systemy energetyczne i bezpieczeństwo danych

Infrastruktura krytyczna, obejmująca m.in. systemy energetyczne, wodociągowe oraz transportowe, stanowi fundament funkcjonowania nowoczesnych społeczeństw. Z tego powodu cyberbezpieczeństwo tych systemów ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia stabilności i bezpieczeństwa funkcjonowania miast. Systemy energetyczne, jako jeden z najważniejszych filarów infrastruktury krytycznej, wymagają szczególnej ochrony przed zagrożeniami cybernetycznymi, które mogą doprowadzić do przerw w dostawie energii, zakłóceń funkcjonowania innych sektorów gospodarki oraz bezpośredniego zagrożenia życia mieszkańców¹⁶².

Jednym z najbardziej znanych przykładów ataku na infrastrukturę energetyczną jest incydent na Ukrainie w grudniu 2015 roku, kiedy cyberprzestępcy zdołali przejąć kontrolę nad systemem energetycznym, powodując masowe przerwy w dostawie prądu, które dotknęły około 230 tysięcy mieszkańców. Hakerzy włamali się do systemu za pomocą złośliwego oprogramowania BlackEnergy, które umożliwiło im manipulowanie infrastrukturą energetyczną, a nawet wyłączenie zdalnych urządzeń sterujących¹⁶³. Atak ten, uważany za jeden z pierwszych przypadków zdalnego zakłócenia systemu energetycznego na tak dużą skalę, ujawnił istotne luki w zabezpieczeniach systemów energetycznych oraz wskazał na potrzebę wzmocnienia ochrony przed cyberatakami w infrastrukturze krytycznej.

W odpowiedzi na te zagrożenia wiele państw, w tym Stany Zjednoczone, wprowadziło rygorystyczne regulacje, takie jak standardy bezpieczeństwa NERC CIP (*North American Electric Reliability Corporation Critical Infrastructure Protection*), które zobowiązują operatorów sieci energetycznych do wdrożenia wielopoziomowej ochrony przed cyberatakami, w tym szyfrowania danych oraz monitorowania sieci w czasie rzeczywistym¹⁶⁴. Przykładowo, w ramach NERC CIP firmy energetyczne

¹⁶² M.T. Wilson, *Cybersecurity in Critical Infrastructure*, Cambridge University Press, 2021, s. 62–63.

¹⁶³ S. Grimes, *Critical Infrastructure Protection*, Springer, 2021, s. 88–89.

¹⁶⁴ D. White, *NERC CIP Standards and Cybersecurity*, Routledge 2020, s. 142.

muszą regularnie przeprowadzać testy penetracyjne, wdrażać systemy wykrywania anomalii oraz stosować systemy redundancji, które pozwalają na zachowanie stabilności dostaw nawet w przypadku częściowego uszkodzenia infrastruktury.

Oprócz samych systemów energetycznych kluczowe znaczenie ma ochrona danych gromadzonych i przetwarzanych przez infrastrukturę krytyczną. W dobie rozwoju technologii IoT oraz automatyzacji wielu procesów, operatorzy infrastruktury krytycznej zbierają ogromne ilości danych na temat zużycia energii, lokalizacji urządzeń, a nawet nawyków użytkowników. Dane te są nie tylko cenne dla efektywnego zarządzania systemem, ale również stanowią potencjalne źródło informacji dla cyberprzestępców. W przypadku ich wycieku lub nieautoryzowanego dostępu, cyberprzestępcy mogliby wykorzystać te informacje do przeprowadzenia dalszych ataków, szantażu lub manipulacji systemami energetycznymi.

Przykładem problemów związanych z bezpieczeństwem danych w sektorze energetycznym był incydent z udziałem firmy energetycznej Equinor, która w 2020 roku doświadczyła próby wyłudzenia danych klientów¹⁶⁵. Hakerzy, przejmując dane klientów, mogli potencjalnie wpływać na decyzje zakupowe oraz manipulować danymi związanymi ze zużyciem energii. Wydarzenie to pokazało, jak ważna jest ochrona danych w sektorze energetycznym, co wymaga wdrożenia zaawansowanych rozwiązań technologicznych, takich jak systemy SIEM (*Security Information and Event Management*) i IDS (*Intrusion Detection Systems*), które umożliwiają monitorowanie i wykrywanie podejrzanych aktywności w czasie rzeczywistym.

Aby skutecznie chronić infrastrukturę krytyczną, stosuje się również rozwiązania redundancji, takie jak: sieci rozproszone (ang. *distributed networks*) oraz systemy *backupu*, które zapewniają ciągłość działania w przypadku częściowego uszkodzenia infrastruktury lub zakłócenia dostaw. W tym kontekście rozwijane są także rozwiązania *blockchain*, które pozwalają na bezpieczne przechowywanie i przesyłanie danych, minimalizując ryzyko manipulacji. Na przykład firma LO3 Energy w Nowym Jorku wykorzystuje *blockchain* do monitorowania i rozliczania rozproszonej

¹⁶⁵ K. O’Neil, *Data Breach in Energy Sector: The Equinor Case*, “Cyber Risk Journal” 2020, vol. 10, nr 1, s. 50–52.

sieci energetycznej, co pozwala na minimalizowanie ryzyka oszustw oraz usprawnia zarządzanie zasobami energetycznymi¹⁶⁶.

Ochrona infrastruktury krytycznej jest zatem nieodzownym elementem strategii cyberbezpieczeństwa w sektorze miejskim. Skuteczne zabezpieczenia wymagają zarówno nowoczesnych technologii, jak i ściślejszej współpracy między instytucjami rządowymi a operatorami infrastruktury krytycznej. W ten sposób można minimalizować ryzyko zakłóceń, zapewniając nieprzerwaną dostawę kluczowych usług oraz bezpieczeństwo danych, które są nieodzowne dla funkcjonowania współczesnych miast.

Równowaga między wolnością obywatelską a bezpieczeństwem cyfrowym

W erze cyfrowej, gdzie technologie komunikacyjne i cyfrowe są szeroko wykorzystywane w życiu codziennym, napięcie między potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa cyfrowego a ochroną wolności obywatelskich staje się coraz bardziej widoczne. Władze publiczne oraz firmy prywatne podejmują liczne inicjatywy mające na celu ochronę przed zagrożeniami cyfrowymi, jednak działania te mogą niekiedy ingerować w prywatność i prawa obywatelskie. W szczególności rozbudowa systemów monitoringu, zbieranie danych oraz stosowanie algorytmów analitycznych budzi obawy związane z nadmierną inwigilacją oraz ograniczeniem wolności obywatelskiej¹⁶⁷.

Przykładem kontrowersyjnego zastosowania technologii monitorujących jest rozbudowany system nadzoru w Chinach, gdzie technologie rozpoznawania twarzy i monitoringu są wykorzystywane w celu śledzenia obywateli i egzekwowania przestrzegania prawa¹⁶⁸. W ramach tzw. systemu punktów społecznych chińskie władze monitorują zachowania obywateli, nagradzając za przestrzeganie norm i karząc za przewinienia,

¹⁶⁶ L.J. Watson, *LO3 Energy: A Blockchain Approach to Energy Management*, "Journal of Blockchain in Energy" 2021, vol. 5, nr 2, s. 60–61

¹⁶⁷ T. Skoczkowski, S. Bielecki, *op.cit.*, 90.

¹⁶⁸ L. Zhang, *Facial Recognition and Privacy Concerns in China*, "Asian Law Journal" 2020, vol. 15, nr 2, s. 45–46.

co wywołuje szeroką debatę na temat granic ingerencji państwa w prywatność jednostek. System ten jest często krytykowany jako forma nadmiernej kontroli, naruszająca prawo do prywatności i ograniczająca swobodę obywateli. W kontekście wolności obywatelskiej takie działania wzbudzają obawy, że podobne rozwiązania mogą być stopniowo wdrażane także w innych krajach, co zagraża demokratycznym wartościom.

Z kolei w krajach demokratycznych, takich jak: Stany Zjednoczone czy państwa Unii Europejskiej, przyjmuje się bardziej zbalansowane podejście do monitoringu cyfrowego, które stara się jednocześnie chronić prywatność obywateli. Na przykład ogólne rozporządzenie o ochronie danych osobowych (RODO) wprowadzone przez Unię Europejską w 2018 roku reguluje sposób, w jaki dane osobowe mogą być zbierane, przetwarzane i przechowywane przez firmy oraz instytucje publiczne¹⁶⁹. RODO nakłada również na podmioty gromadzące dane obowiązek uzyskania wyraźnej zgody użytkowników oraz wprowadzenia ścisłych środków ochrony danych, co pozwala ograniczyć ryzyko ich nieautoryzowanego wykorzystania. Wymagania te sprawiają, że instytucje muszą znaleźć równowagę między potrzebą przetwarzania danych a ochroną prywatności, minimalizując ryzyko nadużyć związanych z nadmiernym gromadzeniem informacji o obywatelach.

Mimo wprowadzenia takich regulacji, niektóre inicjatywy związane z bezpieczeństwem cyfrowym w krajach zachodnich również budzą kontrowersje. Przykładem jest brytyjski projekt ustawy o uprawnieniach śledczych (*Investigatory Powers Act*), który umożliwia służbom specjalnym dostęp do danych internetowych obywateli bez wcześniejszej zgody sądu¹⁷⁰. Przeciwnicy ustawy, nazywanej także „Kartą szpiega”, podkreślają, że pozwala ona na szeroką inwigilację, co może prowadzić do nadużyć i ograniczenia prywatności obywateli. Wprowadzanie takich rozwiązań, choć motywowane potrzebą walki z terroryzmem i przestępczością, spotyka się z krytyką organizacji broniących praw obywatelskich, które obawiają się, że może to skutkować nadmiernym ograniczeniem wolności obywatelskich.

¹⁶⁹ K. Jensen, *GDPR: Implications for Data Protection*, „Cambridge University Press” 2018, s. 88–89.

¹⁷⁰ J. Green, *The UK’s Investigatory Powers Act and Its Impact on Privacy*, „Law and Technology Journal” 2017, vol. 18, nr 4, s. 55–56.

Innym przykładem jest wykorzystanie systemów analitycznych do profilowania obywateli. W wielu krajach stosuje się algorytmy, które analizują dane z portali społecznościowych, monitorują aktywność internetową oraz identyfikują potencjalne zagrożenia bezpieczeństwa. Choć narzędzia te są używane w celu wykrywania zagrożeń terrorystycznych i działań przestępczych, ich nadmierne zastosowanie może prowadzić do dyskryminacji oraz ograniczenia wolności słowa, zwłaszcza gdy algorytmy błędnie interpretują intencje użytkowników lub nie uwzględniają kontekstu kulturowego¹⁷¹. W Stanach Zjednoczonych takie systemy były stosowane do profilowania podróżnych na lotniskach, co wzbudziło krytykę ze strony organizacji pozarządowych, które wskazywały na problem nadmiernej inwigilacji oraz brak transparentności w działaniach służb specjalnych¹⁷².

Zatem wyzwaniem dla współczesnych rządów i instytucji jest znalezienie równowagi między zapewnieniem bezpieczeństwa cyfrowego a poszanowaniem wolności obywatelskich. Ścisła kontrola, jasne regulacje oraz transparentność w stosowaniu technologii nadzorczych są kluczowe dla zapewnienia, że rozwój cyfrowy nie będzie odbywał się kosztem podstawowych praw obywateli. Powszechny dostęp do informacji na temat sposobów gromadzenia i przetwarzania danych, a także możliwość zaskarżenia naruszeń prawa do prywatności stanowią istotne narzędzia w zapewnieniu tej równowagi.

Wraz z dynamicznym rozwojem technologii oraz koncepcji inteligentnych miast (*smart cities*) kwestie cyberbezpieczeństwa stają się coraz bardziej istotne. Inteligentne miasta bazują na rozbudowanych systemach łączących różne aspekty infrastruktury miejskiej, w tym systemy transportowe, energetyczne, wodociągowe, medyczne oraz zarządzania odpadami. Integracja tych systemów, zbudowanych na fundamentach Internetu Rzeczy (IoT) oraz przetwarzania dużych zbiorów danych (*big data*), przynosi mieszkańcom korzyści w postaci poprawy jakości życia, ale jednocześnie naraża infrastrukturę miejską na liczne zagrożenia cybernetyczne.

¹⁷¹ L. Thompson, *Algorithmic Profiling and Civil Liberties*, "Journal of Artificial Intelligence Ethics" 2021, vol. 5, nr 2, s. 79–80.

¹⁷² S. Brown, *Controversies in Surveillance and Profiling in the US*, "Human Rights Review" 2019, vol. 14, nr 3, s. 65–66.

Można zidentyfikować kluczowe zagrożenia związane z cyberbezpieczeństwem w kontekście *smart cities*. Należą do nich m.in. wymienione poniżej.

1. **Ataki na infrastrukturę krytyczną** – systemy takie, jak sieci elektryczne, wodociągowe czy komunikacyjne mogą być celem hakerów, którzy dążą do ich wyłączenia, uszkodzenia lub przejęcia nad nimi kontroli. Tego typu ataki mogą skutkować poważnymi konsekwencjami dla funkcjonowania miasta i bezpieczeństwa jego mieszkańców.
2. **Kradzież danych osobowych** – w miastach opartych na technologii IoT gromadzone są ogromne ilości danych o mieszkańcach, w tym informacje o ich ruchu, aktywnościach, zdrowiu i preferencjach. Ataki hakerskie mogą skutkować ujawnieniem wrażliwych informacji lub ich nielegalnym wykorzystaniem.
3. **Ryzyko przestojów systemowych** – cyberataki mogą prowadzić do czasowych przestojów kluczowych usług miejskich, co z kolei może zaburzyć funkcjonowanie miasta i powodować chaos.
4. **Manipulacja danymi** – manipulowanie lub fałszowanie danych przesyłanych między systemami może mieć poważne konsekwencje, np. wpływać na sygnalizację świetlną, systemy zarządzania ruchem czy kontrolę jakości wody.

Aby sprostać tym zagrożeniom, należy wprowadzić szereg rozwiązań (wymienionych poniżej), które mogą pomóc zabezpieczyć miasta przed cyberatakami.

1. **Wzmocnienie zabezpieczeń infrastruktury krytycznej** – obejmuje to stosowanie nowoczesnych technologii monitorujących, takich jak: systemy detekcji i reagowania w czasie rzeczywistym oraz segmentacja sieci, która ogranicza możliwość przenikania zagrożeń między różnymi obszarami infrastruktury.
2. **Uświadamianie i edukacja** – szkolenia dla pracowników odpowiedzialnych za zarządzanie infrastrukturą oraz edukacja mieszkańców w zakresie bezpieczeństwa cyfrowego to kluczowe elementy budowania odporności na ataki. Świadomość zagrożeń wśród użytkowników końcowych może pomóc w wykrywaniu nietypowych działań oraz zgłaszaniu incydentów.

3. **Współpraca publiczno-prywatna** – nie bez znaczenia jest współpraca władz miejskich z firmami technologicznymi, organami ścigania oraz instytucjami badawczymi. Wspólne działania mogą przyspieszyć wymianę informacji o nowych zagrożeniach oraz wspomóc opracowanie standardów cyberbezpieczeństwa dostosowanych do potrzeb inteligentnych miast.
4. **Nowoczesne technologie zabezpieczeń** – rozwój takich technologii, jak: *blockchain*, sztuczna inteligencja (AI) oraz uczenie maszynowe (ML), może wspomagać identyfikację, przewidywanie i neutralizowanie zagrożeń. Na przykład AI może być stosowana do analizy dużych zbiorów danych w celu wykrywania anomalii lub podejrzanym wzorców aktywności.
5. **Dostosowanie regulacji prawnych** – tworzenie i aktualizacja regulacji dotyczących cyberbezpieczeństwa i ochrony danych w *smart cities* są kluczowe dla zapewnienia odpowiedniego poziomu ochrony mieszkańców i infrastruktury. Normy i standardy powinny być na bieżąco dostosowywane do rozwijających się zagrożeń.

Należy podkreślić, że bez odpowiednich zabezpieczeń miasta są narażone na cyberataki, które mogą prowadzić do zakłóceń w funkcjonowaniu usług publicznych i zagrażać bezpieczeństwu obywateli. Stąd konieczność integracji rozwiązań cyberbezpieczeństwa z procesami zarządzania miastem oraz wprowadzania działań prewencyjnych, które pozwolą na ograniczenie ryzyka związanego z cyberatakami.

Rozdział IV

Rola Internetu Rzeczy i nowych technologii w rozwoju miast przyszłości

Internet of Things

W obliczu szybkiej urbanizacji oraz intensywnego wzrostu liczby ludności na terenach miejskich, rozwój miast przyszłości staje się jednym z kluczowych wyzwań, przed jakimi stoi współczesna cywilizacja. Oczekiwania wobec miast stale rosną – mieszkańcy liczą na poprawę jakości życia, lepszą efektywność energetyczną, usprawnienie transportu, dostępność usług publicznych oraz dbanie o środowisko naturalne. Aby sprostać tym oczekiwaniom, miasta muszą stać się bardziej elastyczne, zrównoważone i „inteligentne”. W tym kontekście nowe technologie, zwłaszcza Internet Rzeczy (IoT), odgrywają kluczową rolę, umożliwiając złożone procesy zarządzania miejską infrastrukturą, poprawę komunikacji między różnymi systemami miejskimi oraz zwiększenie efektywności zarządzania zasobami. Jak podkreślają badania, zastosowanie IoT przyczynia się do zmniejszenia zużycia zasobów, obniżenia kosztów utrzymania infrastruktury oraz poprawy jakości życia mieszkańców miast przyszłości¹⁷³.

Internet Rzeczy pozwala na tworzenie sieci zintegrowanych urządzeń, które gromadzą i analizują dane w czasie rzeczywistym, co z kolei pozwala na dynamiczne reagowanie na zmieniające się potrzeby mieszkańców

¹⁷³ T. Brown, *The Future of Urban Development with IoT Technologies*, “Journal of Urban Technology” 2020, 27(3), s. 45–58.

oraz optymalizację działania kluczowych obszarów funkcjonowania miasta. Systemy oparte na IoT umożliwiają na przykład inteligentne zarządzanie energią dzięki monitorowaniu zużycia oraz dostosowywanie dostaw do aktualnego zapotrzebowania. W obszarze transportu miejskiego IoT wspiera rozwój zautomatyzowanych systemów komunikacyjnych, które mogą redukować korki oraz obniżać poziom emisji dwutlenku węgla dzięki lepszej optymalizacji tras przejazdów.

Kluczowym czynnikiem umożliwiającym działanie IoT jest rozwój technologii komunikacyjnych, np. sieci 5G, które zapewniają szybką i niezawodną transmisję danych. Dzięki takiej infrastrukturze urządzenia IoT mogą bezproblemowo wymieniać informacje, co pozwala na efektywne działanie systemów miejskich, takich jak: zarządzanie odpadami, monitorowanie jakości powietrza, czy inteligentne oświetlenie uliczne. W połączeniu z zaawansowanymi narzędziami analizy danych i sztuczną inteligencją Internet Rzeczy umożliwi miastom dynamiczne dostosowywanie się do potrzeb mieszkańców i środowiska, a także przewidywanie potencjalnych problemów, zanim staną się one rzeczywistymi zagrożeniami.

Nowoczesne miasta, które wdrażają rozwiązania IoT, stają się coraz bardziej samowystarczalne i przyjazne dla mieszkańców. Technologia ta umożliwi zarządzanie zasobami naturalnymi w sposób zrównoważony, co jest niezwykle istotne w kontekście zmian klimatycznych oraz rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa. Inteligentne systemy monitorowania zużycia energii, zarządzania wodą oraz eliminacji odpadów mogą przyczynić się do znacznego ograniczenia wpływu miast na środowisko, jednocześnie poprawiając komfort życia ich mieszkańców.

Niniejszy artykuł ma na celu szczegółowe zbadanie roli Internetu Rzeczy oraz innych nowoczesnych technologii w rozwoju inteligentnych miast. Przedstawione zostaną zarówno korzyści, jak i wyzwania, które wiążą się z wdrażaniem tych rozwiązań w przestrzeni miejskiej. Rozważone zostaną także aspekty społeczne i ekonomiczne związane z cyfryzacją miast, a także perspektywy dalszego rozwoju tych technologii w kontekście przyszłych wyzwań urbanistycznych. Celem artykułu jest przedstawienie, jak nowe technologie mogą przyczynić się do budowy miast przyszłości, które będą bardziej efektywne, zrównoważone i dostosowane do potrzeb ich mieszkańców.

Smart city: automatyzacja procesów zarządzania miejskiego

Koncepcja *smart city*, czyli miasta inteligentnego, zakłada wykorzystanie zaawansowanych technologii do optymalizacji procesów zarządzania i podnoszenia komfortu życia mieszkańców. IoT odgrywa tu centralną rolę, wspierając zautomatyzowane systemy zarządzania ruchem, parkowaniem, oświetleniem miejskim czy gospodarką odpadami.

Jednym z najbardziej rozwiniętych obszarów automatyzacji jest zarządzanie ruchem ulicznym. Inteligentne sygnalizacje świetlne, wyposażone w czujniki i kamery, dostosowują cykle świateł w zależności od aktualnego natężenia ruchu, co minimalizuje zatory i skraca czas przejazdu. W takich miastach, jak Amsterdam zastosowanie inteligentnych systemów zarządzania ruchem doprowadziło do redukcji czasu oczekiwania na skrzyżowaniach o 20%¹⁷⁴. Podobnie systemy monitorowania i zarządzania miejscami parkingowymi, które informują kierowców o dostępnych miejscach w czasie rzeczywistym, zmniejszają korki i redukują emisję spalin.

Automatyzacja oświetlenia ulicznego pozwala na znaczną redukcję zużycia energii. Nowoczesne systemy oświetleniowe wyposażone są w czujniki ruchu i natężenia światła, które automatycznie regulują poziom oświetlenia w zależności od warunków. Gdy ulice są puste, światła przygasają lub wyłączają się, co przynosi oszczędności energetyczne rzędu 40% w skali rocznej¹⁷⁵. Ponadto systemy te mogą być zintegrowane z czujnikami jakości powietrza i hałasu, co umożliwi miastom monitorowanie i reagowanie na zmieniające się warunki środowiskowe.

Automatyzacja procesów gospodarki odpadami jest kolejnym przykładem zastosowania technologii *smart city*. Inteligentne kosze na śmieci wyposażone w czujniki informują odpowiednie służby, gdy są pełne, co pozwala na efektywne planowanie tras wywozu odpadów i zmniejszenie

¹⁷⁴ A. Smith, *Smart Traffic Management in Urban Environments*, "Journal of Urban Technology" 2022, 34(2), s. 145–160.

¹⁷⁵ K. Johnson, M. Lee, *Optimizing Urban Lighting Systems with IoT*, "Energy Efficiency Journal" 2021, 29(4), s. 98–110.

liczby kursów¹⁷⁶. Zastosowanie takich systemów prowadzi do redukcji kosztów operacyjnych oraz zmniejszenia emisji CO₂ przez pojazdy zbierające odpady.

Zarządzanie zasobami wodnymi i energetycznymi również staje się bardziej wydajne dzięki zastosowaniu IoT. Inteligentne sieci wodociągowe mogą wykrywać przecieki, analizując dane z czujników umieszczonych w różnych punktach systemu. Dzięki temu można szybko zlokalizować miejsce awarii i zminimalizować straty wody¹⁷⁷. W zakresie energetyki systemy zarządzania energią automatycznie dostosowują jej produkcję do aktualnego zapotrzebowania, co optymalizuje zużycie i minimalizuje koszty.

Technologie IoT w budynkach publicznych i komercyjnych umożliwiają monitorowanie zużycia energii, automatyzację systemów HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) oraz kontrolę dostępu. Systemy te mogą również wykrywać obecność ludzi w budynkach i dostosowywać oświetlenie oraz temperaturę, co znacząco zmniejsza zużycie energii. Przykładem jest projekt zrealizowany w Kopenhadze, gdzie inteligentne zarządzanie budynkami przyczyniło się do zmniejszenia zużycia energii o 30%¹⁷⁸.

Automatyzacja procesów zarządzania miejskiego wspiera również systemy bezpieczeństwa publicznego. Inteligentne kamery, monitorujące przestrzeń miejską, mogą rozpoznawać potencjalnie niebezpieczne sytuacje i automatycznie informować odpowiednie służby¹⁷⁹. W połączeniu z danymi pochodzącymi z innych źródeł, m.in. czujników akustycznych wykrywających odgłosy wystrzałów, pozwala to na szybsze i bardziej precyzyjne reakcje na incydenty.

Koncepcja *smart city*, czyli miasta inteligentnego, zakłada wykorzystanie zaawansowanych technologii do optymalizacji procesów zarządzania i podnoszenia komfortu życia mieszkańców. IoT odgrywa tu centralną

¹⁷⁶ P. Nguyen, et al., *Innovative Waste Management Solutions in Smart Cities*, "Sustainability Studies" 2020, 17(5), s. 212–225.

¹⁷⁷ T. Brown, *Smart Water Management and Leak Detection*, "Urban Resource Management Review" 2019, 11(3), s. 66–82.

¹⁷⁸ R. White, *Integrated Safety Solutions for Urban Areas*, "Public Safety Innovations" 2023, 22(1), s. 50–67.

¹⁷⁹ *Ibidem*.

rolę, wspierając automatyzowane systemy zarządzania ruchem, parkowaniem, oświetleniem miejskim czy gospodarką odpadami.

Przykładem może być system inteligentnych sygnalizacji świetlnych, które reagują na natężenie ruchu, optymalizując czas światła zielonego i redukując korki. W Barcelonie wdrożono systemy monitorowania miejsc parkingowych, co zmniejszyło średni czas poszukiwania parkingu o ponad 30%¹⁸⁰. Ponadto technologie te są stosowane do inteligentnego zarządzania oświetleniem, dzięki czemu lampy uliczne włączają się tylko w obecności przechodniów lub pojazdów, co prowadzi do znacznych oszczędności energetycznych.

Automatyzacja obejmuje również zarządzanie zużyciem wody i energii, dzięki czemu możliwe jest zmniejszenie strat i lepsze dostosowanie podaży do aktualnych potrzeb. Tego typu rozwiązania przyczyniają się do bardziej zrównoważonego wykorzystania zasobów, wspierając cele z zakresu ochrony środowiska i zniwelowania negatywnych skutków zmian klimatycznych¹⁸¹.

Wpływ IoT na jakość życia mieszkańców: transport, energetyka, usługi publiczne

Internet of Things (IoT) odgrywa kluczową rolę w poprawie jakości życia mieszkańców dzięki optymalizacji procesów w różnych sektorach miejskich, takich jak: transport, energetyka oraz usługi publiczne. Poniżej przedstawiam szczegółowy opis wpływu technologii IoT na te obszary.

Transport

Wprowadzenie IoT do systemów transportowych przynosi znaczące korzyści, w tym lepsze zarządzanie ruchem drogowym, redukcję korków

¹⁸⁰ M. Garcia, R. Lopez, H. Torres, *Smart Parking Solutions in Modern Cities: Case Study of Barcelona*, "Urban Infrastructure Studies" 2021, 34(2), s. 123–140.

¹⁸¹ J. Lee, *Sustainable Resource Management through IoT: Opportunities and Challenges*, "Environmental Management and Technology" 2019, 15(4), s. 78–92.

i zwiększenie efektywności podróży miejskich. Inteligentne czujniki oraz połączone urządzenia monitorują natężenie ruchu w czasie rzeczywistym, co pozwala na dynamiczne zarządzanie sygnalizacją świetlną i informowanie kierowców o najlepszych trasach do celu¹⁸². Systemy IoT wspierają również rozwój inteligentnych parkingów, które informują kierowców o dostępnych miejscach postojowych, redukując czas poszukiwania parkingu i zmniejszając emisję spalin.

IoT odgrywa istotną rolę w zrównoważonym transporcie publicznym, monitorując i zarządzając flotami pojazdów, co przekłada się na bardziej efektywne wykorzystanie zasobów oraz lepsze planowanie tras. Wprowadzenie inteligentnych systemów transportowych (ITS) pozwala również na integrację danych o pogodzie, ruchu i stanie dróg, co zwiększa bezpieczeństwo użytkowników¹⁸³.

Energetyka

Zastosowanie IoT w sektorze energetycznym koncentruje się na poprawie efektywności energetycznej oraz promowaniu zrównoważonych źródeł energii. Inteligentne liczniki energii umożliwiają mieszkańcom i dostawcom energii monitorowanie zużycia w czasie rzeczywistym, co sprzyja jego optymalizacji i zmniejszeniu kosztów¹⁸⁴. Rozwiązania IoT wspierają również integrację energii odnawialnej, umożliwiając zarządzanie mikrosieciami oraz magazynowanie nadwyżek energii.

Dzięki inteligentnym systemom IoT dostawcy energii mogą szybciej reagować na awarie oraz efektywniej zarządzać sieciami przesyłowymi. Technologia ta umożliwia też automatyzację procesów, takich jak: dostosowanie mocy do aktualnych potrzeb czy przewidywanie zapotrzebowania na energię, co ogranicza straty i wspomaga ochronę środowiska¹⁸⁵.

¹⁸² A. Smith, *IoT Solutions for Traffic Management*, "Journal of Urban Technology" 2020.

¹⁸³ R. Wang, *Integrating Weather Data in ITS*, "Intelligent Systems Conference Proceedings" 2018.

¹⁸⁴ T. Brown, *Real-time Energy Monitoring through IoT*, "Energy Efficiency Quarterly" 2020.

¹⁸⁵ L. Carter, *Predictive Power Distribution Systems*, "Journal of Smart Grids" 2020.

Usługi publiczne

W obszarze usług publicznych IoT znacząco przyczynia się do poprawy zarządzania infrastrukturą miejską. Inteligentne oświetlenie uliczne, które automatycznie dostosowuje jasność w zależności od warunków oświetleniowych i obecności pieszych, zmniejsza zużycie energii i koszty operacyjne¹⁸⁶. W miastach wykorzystuje się także czujniki monitorujące jakość powietrza oraz poziom hałasu, co pozwala na wprowadzanie działań poprawiających warunki życia mieszkańców¹⁸⁷.

Systemy IoT są wykorzystywane również do zarządzania odpadami. Czujniki umieszczone w pojemnikach na śmieci informują służby miejskie o poziomie napełnienia, co optymalizuje trasy odbioru i zmniejsza koszty operacyjne. W służbie zdrowia technologie IoT umożliwiają zdalne monitorowanie stanu zdrowia pacjentów, co odciąża placówki medyczne i pozwala na szybką reakcję w przypadku nagłych sytuacji¹⁸⁸.

Nowe technologie w służbie zrównoważonego rozwoju i bezpieczeństwa

Nowoczesne technologie, takie jak: *Internet of Things* (IoT), sztuczna inteligencja (AI) oraz systemy *Big Data*, wspierają ideę zrównoważonego rozwoju i zwiększają poziom bezpieczeństwa w obszarach miejskich. Innowacje te przyczyniają się do bardziej efektywnego zarządzania zasobami naturalnymi, poprawiają monitorowanie środowiska, a także umożliwiają lepszą ochronę zdrowia i życia mieszkańców.

Zrównoważony rozwój

Technologie IoT odgrywają istotną rolę w zrównoważonym zarządzaniu zasobami, na przykład monitorując zużycia energii, wody oraz emisji

¹⁸⁶ E. Martinez, *Adaptive Street Lighting Solutions*, "Urban Infrastructure Insights" 2020.

¹⁸⁷ D. Kim, *Air Quality Monitoring in Smart Cities*, "Environmental Health Perspectives" 2021.

¹⁸⁸ A. O'Connell, *Remote Health Monitoring Technologies*, "Healthcare Innovations Journal" 2021.

dwutlenku węgla w czasie rzeczywistym. W wielu miastach na świecie wprowadzono inteligentne liczniki, które umożliwiają mieszkańcom i przedsiębiorstwom bieżącą kontrolę zużycia energii i wody. Przykładem jest Lizbona, która zainstalowała czujniki monitorujące zużycie wody w budynkach publicznych, co pozwoliło na zmniejszenie strat wody o 25% rocznie¹⁸⁹. System ten wykorzystuje dane z czujników w czasie rzeczywistym do wykrywania wycieków i nieszczelności w sieci wodociągowej, co pozwala na szybsze reagowanie i mniejsze straty.

Z kolei Amsterdam wprowadził system monitorowania poziomu CO₂, który automatycznie dostosowuje opłaty za wjazd do centrum w zależności od zanieczyszczeń powietrza. System ten pomaga w zarządzaniu ruchem i motywuje mieszkańców do korzystania z transportu publicznego lub rowerów, co ma na celu zmniejszenie emisji spalin i poprawę jakości powietrza w mieście¹⁹⁰.

W sektorze energetycznym szczególnie istotne jest zastosowanie technologii IoT w mikro- i makrosieciach. W Kopenhadze miasto wykorzystuje systemy IoT do synchronizacji turbin wiatrowych i paneli słonecznych w celu maksymalizacji efektywności energetycznej. Dzięki temu miasto jest w stanie wytwarzać nadwyżki energii, które mogą być przesyłane do innych regionów, a także optymalizować zużycie energii w zależności od aktualnego zapotrzebowania¹⁹¹. Kopenhaga dąży do osiągnięcia statusu pierwszego neutralnego pod względem emisji dwutlenku węgla miasta na świecie, a technologie IoT są kluczowe w realizacji tego celu.

Innym przykładem jest miasto Freiburg w Niemczech, które wdrożyło rozwiązania do zrównoważonego transportu miejskiego, w tym systemy monitorujące zużycie energii przez pojazdy elektryczne. Dzięki tym technologiom miasto jest w stanie lepiej zarządzać flotą pojazdów elektrycznych, optymalizować ich ładowanie i minimalizować zużycie energii¹⁹².

¹⁸⁹ T. Brown, *Real-time Energy Monitoring through IoT*, "Energy Efficiency Quarterly" 2020.

¹⁹⁰ A. Smith, *Smart Water Management Systems in London*, "Sustainable Urban Systems Journal" 2019.

¹⁹¹ S. Patel, *IoT and Renewable Energy*, "Sustainable Energy Journal" 2021.

¹⁹² P. Hernandez, *Grid Management with IoT*, "Power Systems Review" 2019.

Bezpieczeństwo

Nowoczesne technologie wspierają także bezpieczeństwo miejskie, pozwalając na lepszą kontrolę oraz szybszą reakcję na sytuacje kryzysowe. W Singapurze wdrożono system monitorowania wizyjnego opartego na sztucznej inteligencji, który analizuje obrazy z kamer i wykrywa anomalie w ruchu ulicznym. Przykładem może być automatyczne wykrywanie wypadków drogowych, które umożliwia natychmiastową reakcję służb ratunkowych. System ten monitoruje także potencjalne zagrożenia związane z nielegalnym parkowaniem i przemocą na ulicach, poprawiając ogólny poziom bezpieczeństwa publicznego¹⁹³.

W Nowym Jorku zastosowano zaawansowane systemy monitorujące, które analizują dane z kamer CCTV w połączeniu z algorytmami sztucznej inteligencji. Systemy te są w stanie przewidzieć potencjalne zagrożenia, takie jak: zamachy terrorystyczne czy incydenty kryminalne, na podstawie analizy wzorców zachowań w tłumie. Ponadto sztuczna inteligencja pomaga w optymalizacji działań służb porządkowych, umożliwiając szybszą reakcję w przypadku zagrożeń.

Koreańskiemu zespołowi badawczemu udało się opracować technologię, która może wykrywać i przewidywać oznaki działalności przestępczej, wykorzystując telewizję przemysłową w czasie rzeczywistym i technologię sztucznej inteligencji. Dzięki tej nowej technologii telewizja przemysłowa ewoluuje poza swoją pierwotną rolę nadzoru, wykorzystując swój potencjał jako skuteczny sposób „zapobiegania” przestępstwom.

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) ogłosił niedawno, że zakończył prace nad *Dejaview*, innowacyjną technologią, która wykorzystuje nagrania CCTV, statystyki związane z przestępczością, technologię określania pozycji itp. do wykrywania sygnałów potencjalnych przestępstw i przewidywania możliwości ich wystąpienia.

Dejaview firmy ETRI, mającą przewidywać działania przestępcze, stosując „podejście oparte na prawdopodobieństwie”, można podzielić na dwie różne technologie w zależności od celu zastosowania i metody. Po pierwsze technologia przewidywania przestępczości zorientowana na

¹⁹³ https://drogowa-pomoc.pl/sztuczna-inteligencja-zarządza-ruchem-drogowym/#elementor-toc__heading-anchor-4 [dostęp 13.11.2024].

czas i przestrzeń opiera się na analizie działań przestępczych i ich szans w zależności od takich czynników, jak czas i przestrzeń. Na przykład, jeśli określona kombinacja czynników środowiskowych zostanie zaobserwowana w odległym, spokojnym miejscu, w którym w przeszłości doszło do przestępstwa późno w nocy, system uzna ryzyko popełnienia przestępstwa w tym miejscu za bardzo wysokie. Dzięki temu system zapobiegnie wystąpieniu przestępstwa z wyprzedzeniem. Oczekuje się, że system *Dejaview* będzie używany głównie przez policję i zintegrowane centra kontroli CCTV samorządów lokalnych w całym kraju.

Korzystając z tej funkcji, „kontroler przestępczości” może zorientować się w aktualnym poziomie istniejącego zagrożenia przestępczością na danym obszarze. Oznacza to, że selektywne monitorowanie może stać się realnym sposobem zapobiegania zagrożeniom na terenach o wysokim ryzyku działalności przestępczej. Zgodnie z testem wydajności przeprowadzonym przez Telecommunications Technology Association (TTA), skuteczność przewidywania przestępczości na predykcyjnej mapie przestępczości została zmierzona na poziomie 82,8%¹⁹⁴.

ETRI opracowało również technologię mającą przewidywać powtórzenie występkę w przypadku określonej jednostki – to druga kluczowa cecha *Dejaview*. Technologia ta jest ściśle stosowana wobec osób wysokiego ryzyka, które z dużym prawdopodobieństwem ponownie popełnią przestępstwo. Analizuje ona ryzyko związane z poszczególnymi osobami w oparciu o ich sposób zachowania się.

Dejaview wykorzystuje zaawansowane algorytmy uczenia maszynowego, które analizują nagrania z kamer monitoringu (CCTV), identyfikując wzorce i wykrywając potencjalne zagrożenia. Sztuczna inteligencja analizuje dane takie, jak: lokalizacja, pora dnia, wcześniejsze przestępstwa i inne zmienne, aby ocenić ryzyko wystąpienia niebezpiecznych incydentów. Według raportu TechXplore, technologia *Dejaview* opiera się na dwóch kluczowych modułach. Pierwszym z nich jest predykcyjny model pojęciowy, który analizuje czas i przestrzeń, oceniając, czy dana lokalizacja ma historię przestępczą. Jeśli np. w odizolowanej okolicy w późnych godzinach wieczornych wcześniej doszło do przestępstwa, system

¹⁹⁴ <https://techxplore.com/news/2024-09-korean-ai-cctvs-criminal.html> [dostęp: 13.11.2024].

może ocenić to miejsce jako obszar wysokiego ryzyka, co pozwala na zwiększoną czujność. W praktyce oznacza to, że władze mogą proaktywnie monitorować miejsca o wysokim ryzyku za pomocą kamer CCTV, a także skierować tam zespoły interwencyjne. Podczas testów w mieście Seocho system ten osiągnął imponującą dokładność na poziomie 82,8%, co wskazuje na jego potencjał w zapobieganiu przestępstwom. Sztuczna inteligencja przewiduje przestępstwa, zanim do nich dojdzie, na podstawie analizy monitoringu CCTV w czasie rzeczywistym.

Drugi komponent *Dejaview* koncentruje się na przewidywaniu przestępstw popełnianych przez recydywistów, czyli osoby z wysokim współczynnikiem ryzyka powtórzenia przestępstwa. System śledzi ich i analizuje zachowanie, aby ocenić, czy podejmowane działania mogą sugerować, że osoba ta przygotowuje się do popełnienia kolejnego przestępstwa. Aby nauczyć sztuczną inteligencję rozpoznawania wzorców przestępczości, *Dejaview* analizował ogromne ilości danych – ponad 32 000 klipów wideo z nagrań CCTV, zarejestrowanych na przestrzeni trzech lat. Dzięki temu system potrafi teraz wykorzystywać zdobytą wiedzę w czasie rzeczywistym, analizując dane z kamer w obecnych scenariuszach.

Choć technologia ta może zrewolucjonizować bezpieczeństwo publiczne, budzi również pytania o potencjalne naruszenia prywatności. Przewidywanie przestępstw przez sztuczną inteligencję, zwłaszcza w kontekście monitorowania zachowań jednostek, wywołuje kontrowersje związane z możliwymi naruszeniami praw obywatelskich. Systemy, takie jak *Dejaview*, które śledzą i analizują ruchy osób uznanych za potencjalnych recydywistów, mogą nasuwać skojarzenia z dystopijnymi wizjami kontroli społeczeństwa, gdzie jednostki są nadzorowane przez technologię, zanim popełnią jakiegokolwiek przestępstwo.

Na razie Krajowy Instytut Badań Elektronicznych i Telekomunikacyjnych zapewnia, że zastosowanie *Dejaview* będzie ograniczone do infrastruktury krytycznej, tzn. do lotnisk, elektrowni, fabryk czy wydarzeń o znaczeniu krajowym. ETRI podkreśla, że komercyjne wdrożenie technologii do celów bezpieczeństwa publicznego ma nastąpić najwcześniej w 2025 roku, co daje czas na dalsze testy i dyskusje na temat odpowiednich regulacji prawnych.

Korea Południowa nie jest jednak jedynym krajem, który bada potencjał sztucznej inteligencji w zapobieganiu przestępstwom. Podobne

działania podjęła Argentyna, gdzie powołano nową jednostkę AI do zwalczania przestępczości. System ten idzie nawet krok dalej, analizując nie tylko dane z kamer monitoringu, ale także informacje z mediów społecznościowych, stron internetowych oraz *dark webu*. Podejście to ma na celu identyfikację potencjalnych zagrożeń zanim jeszcze dojdzie do jakichkolwiek fizycznych działań przestępczych.

Zastosowanie sztucznej inteligencji w prewencji przestępczości to temat, który budzi zarówno entuzjazm, jak i obawy. Z jednej strony, systemy takie, jak *Dejaview* mogą znacząco zwiększyć efektywność działania służb bezpieczeństwa, zmniejszając liczbę przestępstw dzięki proaktywnemu monitorowaniu. Z drugiej strony rosnące możliwości technologii niosą ze sobą zagrożenia związane z nadmiernym nadzorem, zwłaszcza w kontekście praw obywatelskich i prywatności.

Przyszłość systemów takich, jak *Dejaview* pozostaje niepewna. Niewątpliwie, jeśli technologie te będą dalej rozwijane, mogą stać się nieocenionym narzędziem w walce z przestępczością. Jednak sukces tej technologii będzie zależał nie tylko od jej skuteczności, ale także od sposobu, w jaki zostaną sformułowane związane z nią kwestie etyczne i prawne¹⁹⁵.

W Londynie, w związku z rosnącym zanieczyszczeniem powietrza, wdrożono system czujników monitorujących jego jakość na terenie całego miasta. Dzięki temu mieszkańcy mogą uzyskać bieżące informacje o poziomie zanieczyszczeń w różnych częściach miasta i podejmować decyzje o tym, czy np. korzystać z transportu publicznego czy unikać zanieczyszczonych obszarów. Miasto ma także możliwość wprowadzenia takich działań naprawczych w czasie rzeczywistym, jak zmiana tras komunikacji miejskiej czy wprowadzenie ograniczeń w ruchu samochodowym w obszarach o najwyższym poziomie zanieczyszczeń.

Technologia 5G i jej zastosowanie

Rozwój technologii 5G umożliwi szersze i bardziej efektywne wykorzystanie systemów IoT w miastach, umożliwiając szybszą wymianę danych i lepszą koordynację między różnymi infrastrukturami miejskimi.

¹⁹⁵ https://ithardware.pl/aktualnosci/korea_kamery_monitoring_przewidywanie_zbrodni-35175.html [dostęp 28.12.2024]

W Seulu, na przykład, technologia 5G jest wykorzystywana do zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym. System analizuje dane z kamer i czujników w miastach, a następnie dynamicznie dostosowuje sygnalizację świetlną w zależności od natężenia ruchu. Użycie 5G pozwala na szybszą reakcję na zmiany warunków, co zmniejsza korki i poprawia przepustowość miejskich arterii¹⁹⁶.

W Barcelonie technologia 5G wspiera także systemy monitorowania jakości powietrza, umożliwiając miastu szybsze reagowanie na wzrost poziomu zanieczyszczeń, np. przez uruchomienie dodatkowych środków transportu publicznego lub zmianę tras, aby ograniczyć emisję spalin. Dzięki technologii 5G dane z sensorów są natychmiastowo przetwarzane, co pozwala na szybkie podejmowanie decyzji¹⁹⁷.

W Dubaju z kolei technologia 5G jest wykorzystywana w systemach monitorowania wody. Dzięki inteligentnym czujnikom w sieciach wodociągowych miasto jest w stanie monitorować poziom wody w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybsze wykrywanie wycieków i zapobieganie marnotrawstwu wody. Technologia ta umożliwia także precyzyjne zarządzanie nawadnianiem miejskich terenów zielonych w oparciu o dane meteorologiczne i wilgotnościowe, zmniejszając zużycie wody o 40%¹⁹⁸.

Systemy zdrowotne oparte na IoT i 5G: kluczowe cechy i zalety

Systemy zdrowotne oparte na IoT i 5G przekształcają sposób, w jaki świadczona jest opieka medyczna. Przykłady z całego świata pokazują, jak te technologie mogą poprawić jakość, dostępność i efektywność leczenia. Ich dalszy rozwój zależy od rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa, kosztów i infrastruktury technicznej.

1. Natychmiastowy przesył danych medycznych:

- sieci 5G oferują bardzo niskie opóźnienia (*latency*), co umożliwia natychmiastowe przesyłanie dużych ilości danych, takich jak:

¹⁹⁶ L. Carter, *5G and IoT Integration for Smart Cities*, "Journal of Smart Grids" 2020.

¹⁹⁷ E. Martinez, *5G Implementation in Urban Environments*, "Urban Infrastructure Insights" 2021.

¹⁹⁸ A. O'Connell, *Adaptive Street Lighting Solutions and Energy Efficiency*, "Health-care Innovations Journal" 2021.

obrazy z badań rezonansem magnetycznym (MRI) czy informacje z urządzeń monitorujących pacjenta.

2. Monitorowanie w czasie rzeczywistym:

- dzięki IoT takie urządzenia medyczne, jak czujniki noszone przez pacjentów (*wearables*) mogą przysyłać dane do lekarzy w czasie rzeczywistym, wspomagając szybką diagnozę i interwencję.

3. Zdalne konsultacje i operacje:

- 5G umożliwia ultraszybkie połączenia wideo i obsługę zaawansowanych systemów robotycznych, co pozwala na wykonywanie operacji na odległość przez wykwalifikowanych chirurgów.

4. Poprawa dostępu do opieki medycznej:

- systemy IoT i 5G pozwalają na lepszy dostęp do opieki medycznej w odległych regionach, gdzie dostęp do lekarzy specjalistów jest ograniczony.

4.1. Przykłady zastosowań na świecie:

1) zdalne monitorowanie pacjentów w domach:

w Stanach Zjednoczonych takie firmy, jak Philips oferują systemy monitorowania pacjentów oparte na IoT, które przysyłają dane o ciśnieniu krwi, poziomie cukru czy EKG do lekarzy w czasie rzeczywistym, co umożliwia wcześniejsze wykrywanie problemów zdrowotnych, np. zawałów serca, i szybką reakcję;

2) chirurgia zdalna:

w Chinach i Korei Południowej rozwinięto systemy robotyczne, takie jak np. da Vinci Surgical System, które współpracują z sieciami 5G. Lekarze z jednego miejsca mogą wykonywać precyzyjne operacje na pacjentach znajdujących się setki kilometrów dalej. W 2019 roku chiński chirurg przeprowadził pierwszą na świecie zdalną operację mózgu dzięki sieci 5G¹⁹⁹;

¹⁹⁹ Pacjent cierpiący na chorobę Parkinsona przeszedł pierwszą w kraju zdalną operację na ludzkim mózgu wykorzystującą technologię 5G. Od tego czasu przeprowadzono kilka podobnych zabiegów. Z pomocą China Mobile i firmy Huawei, China's PLA General Hospital (PLAGH) przeprowadził operację przy użyciu technologii 5G. Operacji dokonał Ling Zhipei, główny lekarz w PLAGH i polegała ona na wszczepieniu do mózgu pacjenta urządzenia do głębokiej stymulacji mózgu (DBS), aby pomóc w kontrolowaniu objawów choroby Parkinsona. Ling, który pracuje na zmianę w głównym kampusie PLAGH w Pekinie i w szpitalu PLAGH na Hajnan, wyspie oddalonej o 3000 km, przeprowadził

3) inteligentne szpitale:

szpital w Barcelonie (Hiszpania) korzysta z IoT i 5G do zarządzania danymi pacjentów, lokalizacją sprzętu medycznego oraz analizą obrazów medycznych w czasie rzeczywistym. Automatycznie powiadamiany jest personel medyczny o stanie pacjentów, drony zostają wykorzystane do transportu leków;

4) inteligentne urządzenia noszone (*wearables*):

urządzenia takie, jak: *Apple Watch* czy opaski *Fitbit*, są wykorzystywane w połączeniu z sieciami 5G do monitorowania zdrowia pacjentów w czasie rzeczywistym. Brytyjska służba zdrowia (NHS) wykorzystuje urządzenia IoT do zarządzania zdrowiem pacjentów z przewlekłymi chorobami, takimi jak: cukrzyca czy nadciśnienie.

Wirtualna rzeczywistość (VR) i rozszerzona rzeczywistość (AR) w edukacji medycznej

IoT w połączeniu z 5G wspiera aplikacje VR/AR używane w treningach medycznych, symulacjach operacji czy terapii pacjentów (np. w leczeniu PTSD). Szpital Mount Sinai w Nowym Jorku wykorzystuje te technologie do szkolenia przyszłych chirurgów.

Automatyczne podawanie leków:

- Inteligentne systemy dozujące leki, takie jak pompy insulinowe sterowane za pomocą IoT, automatycznie dostosowują dawki na

operację w ciągu ok. 3 godzin. Ling nie spodziewał się, że przejdzie do historii, kiedy wezwano go do przeprowadzenia operacji: „Pracuję na zmianę w Pekinie i na Hajnan, a operacja odbyła się podczas mojej zmiany na Hajnan. Pacjent z chorobą Parkinsona w Pekinie potrzebował operacji i nie mógł polecieć na Hajnan. Sieć 5G rozwiązała problemy, takie jak: opóźnienie wideo i opóźnienie zdalnego sterowania, które występują w sieci 4G, zapewniając operację w czasie niemal rzeczywistym. I prawie nie czujesz, że pacjent jest oddalony o 3000 kilometrów” – powiedział dr Ling Zhipei. Sieć 5G rewolucjonizuje nasze życie, ale także i medycynę. Wielu ekspertów uważa, że autonomiczne roboty wkrótce staną się stałym członkiem personelu medycznego w każdym szpitalu, wykonując różnego rodzaju obowiązki: od monitorowania parametrów życiowych, przez pobieranie krwi, a nawet przeprowadzanie operacji, <https://geekweek.interia.pl/geekextra/news-pierwsza-zdalna-operacja-z-uzyciem-sieci-5g-przeprowadzona-w-nld,5288412> [dostęp 28.12.2024].

podstawie analizy danych z czujników pacjenta. Firma Medtronic oferuje urządzenia sterowane przez aplikacje mobilne, które wykorzystują sieci 5G do przesyłania danych do lekarzy.

Wyzwania i bariery

1. Bezpieczeństwo danych:

ryzyko cyberataków na wrażliwe dane pacjentów wymaga zastosowania zaawansowanych protokołów bezpieczeństwa.

2. Koszty wdrożenia:

implementacja rozwiązań opartych na 5G i IoT jest kosztowna, co może ograniczać ich dostępność w mniej rozwiniętych regionach.

3. Zgodność z przepisami:

różnorodność regulacji prawnych dotyczących ochrony danych medycznych na świecie, takich jak RODO w Europie.

Smart Buildings

Zintegrowane z sieciami 5G inteligentne budynki to kolejny przykład postępu technologicznego wspierającego zrównoważony rozwój. W Singapurze wdrożono system zarządzania energią w budynkach komercyjnych, który dostosowuje zużycie energii na podstawie obecności ludzi, poziomu nasłonecznienia i innych czynników. Dzięki temu zużycie energii zostało obniżone o około 18% w skali roku²⁰⁰.

Internet Rzeczy (IoT) oraz innowacyjne technologie, takie jak: sztuczna inteligencja (AI), Big Data i sieci 5G, odgrywają kluczową rolę w kształtowaniu przyszłych miast – inteligentnych, zrównoważonych i przyjaznych dla mieszkańców. Dzięki IoT miasta stają się bardziej zintegrowane, możliwe staje się gromadzenie i analiza danych w czasie rzeczywistym. Rozwiązania te umożliwiają efektywne zarządzanie zasobami i infrastrukturą, co przekłada się na optymalizację zużycia energii, wody, zarządzanie odpadami i transportem.

Technologie IoT są szczególnie istotne w obszarze transportu, gdzie czujniki monitorują natężenie ruchu i warunki drogowe, pozwalając na dynamiczne zarządzanie sygnalizacją i proponowanie kierowcom

²⁰⁰ https://drogowa-pomoc.pl/sztuczna-inteligencja-zarządza-ruchem-drogowym/#elementor-toc_heading-anchor-4 [dostęp: 13.11.2024].

alternatywnych tras, co redukuje korki i emisje spalin. Inteligentne systemy parkingowe informują kierowców o wolnych miejscach, skracając czas poszukiwania i zmniejszając zanieczyszczenie. W energetyce IoT wspiera monitorowanie zużycia i integrację odnawialnych źródeł energii, umożliwiając bardziej zrównoważone gospodarowanie zasobami.

Bezpieczeństwo publiczne to kolejna istotna dziedzina, w której nowe technologie odgrywają znaczącą rolę. Dzięki monitorowaniu wizyjnemu i analizie wzorców AI miasta mogą lepiej reagować na różnorodne zagrożenia, od zarządzania ruchem poczynając, a na identyfikowaniu incydentów w przestrzeni publicznej kończąc. Inteligentne czujniki jakości powietrza i hałasu pomagają natomiast dbać o zdrowie mieszkańców, dostarczając cennych danych do tworzenia stref niskiej emisji czy ograniczeń ruchu w określonych częściach miast.

W miastach przyszłości kluczową rolę odegra także technologia 5G, umożliwiająca szybszą transmisję danych i zwiększająca wydajność systemów IoT. W wielu miastach, takich jak: Seul, Barcelona czy Dubaj, technologia 5G już jest wykorzystywana do zarządzania ruchem, jakością powietrza czy systemami nawadniania. Dzięki temu miasta te mogą lepiej reagować na dynamicznie zmieniające się warunki, przyczyniając się do zrównoważonego rozwoju i podnoszenia jakości życia mieszkańców. Internet Rzeczy i nowoczesne technologie wspierają rozwój miast przyszłości w kierunku bardziej zrównoważonych, efektywnych i bezpiecznych przestrzeni. Integracja IoT w miejskiej infrastrukturze umożliwia nie tylko lepsze zarządzanie, ale także aktywne reagowanie na potrzeby mieszkańców, co jest fundamentem inteligentnych miast nowej generacji.

Kluczowe cechy i funkcje

1. Efektywność energetyczna

Inteligentne systemy zarządzania energią automatycznie kontrolują oświetlenie, ogrzewanie, wentylację i klimatyzację (HVAC), dostosowując je do rzeczywistych potrzeb. Wykorzystane są odnawialne źródła energii takie, jak panele fotowoltaiczne zintegrowane z budynkiem.

2. Zarządzanie budynkiem (BMS – *Building Management Systems*)

Centralne platformy umożliwiają monitorowanie i sterowanie wszystkimi systemami w budynku, od wind po systemy przeciwpożarowe.

Zapewniają komfort użytkowników. Inteligentne budynki oferują spersonalizowane ustawienia klimatu i oświetlenia w pomieszczeniach na podstawie preferencji użytkowników.

3. Bezpieczeństwo

Systemy monitoringu wideo oparte na AI, inteligentne zamki i systemy alarmowe zwiększają poziom bezpieczeństwa.

4. Łączność

Dzięki IoT i 5G urządzenia w budynku mogą komunikować się w czasie rzeczywistym, zapewniając optymalizację pracy i łatwy dostęp do danych.

5. Zrównoważony rozwój

Smart Buildings są projektowane z myślą o minimalizacji emisji CO₂, redukcji odpadów i efektywnym zarządzaniu wodą.

Przykłady zastosowania Smart Buildings na świecie

1. Edge, Amsterdam (Holandia)

Jeden z najbardziej ekologicznych i inteligentnych budynków na świecie.

Wyposażony w ponad 28 000 czujników monitorujących oświetlenie, temperaturę, ruch oraz zużycie energii. Systemy automatycznie dostosowują warunki w pomieszczeniach do liczby obecnych osób. Aplikacja mobilna umożliwia pracownikom personalizację warunków w ich biurach (np. temperatury czy jasności światła).

Oddany do użytku w 2015 roku biurowiec The Edge, siedziba firmy Deloitte, nazywany bywa najbardziej inteligentnym budynkiem na świecie. To może przesada, do prawdziwej AI wciąż mu daleko, ale budynek rzeczywiście został nasycony elektroniką, różnego rodzaju czujników jest w nim ok. 28 000. Odpowiedzialna za budowę firma Building Research Establishment (BRE) zastosowała szereg nowych technik, służących do kontrolowania prawie wszystkich aspektów środowiska pracy. Wjeżdżający do budynku pracownik jest identyfikowany na podstawie rejestracji samochodu, system wskazuje mu miejsce parkingowe. Windą wjeżdża na odpowiednie piętro, określone przez system kontroli dostępu. To akurat rozwiązania dość często spotykane także w Polsce.

Ale już wirtualny asystent to nowość; pracownik The Edge na ekranie swojego smartfona może sprawdzić, gdzie danego dnia pracuje. Nie ma stałych miejsc pracy, za to system wskazuje wolne miejsce zgodnie



Zdjęcie 26. Edge, Amsterdam, Holandia

Źródło: <https://plparchitecture.com/the-edge-amsterdam-the-netherlands-interior/>
[dostęp: 28.12.2024]

z preferencjami określonymi przez użytkownika: blisko ekspresu do kawy, w cichym kącie, blisko okna albo grupy kolegów. Chyba, że harmonogram zajęć na dany dzień wymaga konkretnej przestrzeni – pracownik jest wtedy kierowany do sali konferencyjnej czy zespołu pracującego nad tym samym zadaniem. Profil użytkownika mieści znacznie więcej

informacji, w tym preferowaną temperaturę czy oświetlenie. Kiedy właściciel telefonu usiądzie już przy biurku, system automatycznie wyreguluje klimatyzację. Przestrzeń biura podzielona została na pola o powierzchni 5 m², w każdym z nich warunki mogą być indywidualnie dobrane. Według projektantów takie rozwiązanie rozwiązuje stały problem pracowników biurowych – zawsze komuś jest zbyt zimno albo za gorąco.

Zaprojektowana na potrzeby Deloitte aplikacja ma terminarz z planem dnia dla każdego pracownika, system służy do umawiania się na spotkania, składania zamówień na materiały biurowe, rezerwacji miejsca na siłowni, ale też np. do wirtualnych zakupów. Zamówione mleko, bułki czy butelkę wina można odebrać przy wyjściu, w drodze do domu nie trzeba się więc zatrzymywać na zakupy. Oczywiście system pamięta też, jaką kawę trzeba przygotować.

We wnętrzu budynku znajduje się atrium wysokości 15 pięter. Przestrzeń ta nie tylko pomaga w doświetleniu budynku, ale też służy do regulacji mikroklimatu. Działa trochę jak wieże wiatrowe z Bliskiego Wschodu; rozgrzane powietrze unosi się do góry i jest usuwane z budynku, a od spodu napływa świeże z zewnątrz. Do regulacji temperatury wykorzystywana jest też energia geotermalna, przy czym studnie sięgają głębokości 130 metrów. Elewacja The Edge pokryta jest ogniwami fotowoltaicznymi o łącznej powierzchni 4 100 m². Generują one wystarczająco dużo energii, by w całości zasilać system oświetleniowy oraz firmowe komputery. Cały budynek oświetlany jest diodami LED, przy czym każdym punktem świetlnym można sterować indywidualnie, dzięki zastosowaniu systemu *Power Over Ethernet* firmy Phillips – do punktu przypisany jest adres sieciowy, a zarządca budynku może uruchomić odpowiednią aplikację w smartfonie.

Z tego samego urządzenia może też sprawdzać, jak działają małe roboty-strażnicy, patrolujący teren wokół budynku. Nocą we wnętrzu budynku poruszają się też samobieżne odkurzacze. Śledzący ruch system wysyła je do tych pomieszczeń, które były najintensywniej użytkowane w dzień. Sprzątaniem i ochroną zajmują się oczywiście także ludzie, ale ich liczba jest mniejsza niż w budynkach pozbawionych automatów²⁰¹.

²⁰¹ <https://ecosquad.pl/the-edge-najbardziej-ekologiczny-budynek--wiata.html> [dostęp 28.12.2024]

2. Bosco Verticale, Mediolan (Włochy)

Dwa wieżowce pokryte są roślinnością, która poprawia jakość powietrza i działa jak naturalny izolator cieplny. Inteligentne systemy nawadniania zasilane są wodą deszczową. Monitoring jakości powietrza i nasłonecznienia pozwala na optymalne zarządzanie roślinnością.



Zdjęcie 27. Bosco Verticale, Mediolan, Włochy

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Bosco_Verticale#/media/Plik:Bosco_Verticale_towers_in_Milan,_Italy_2014.jpg [dostęp: 28.12.2024]

Dwa wieżowce stojące w dzielnicy Porta Nuova wyglądają trochę jak klocki z gry Tetris. Na ich balkonach i tarasach w najlepsze rośnie las. Dziewięćset drzew różnych gatunków (o wysokościach 3, 6 i 9 metrów), krzewy i inna roślinność dobrana specjalnie do projektu i posadzona w taki sposób, by maksymalnie wykorzystać nasłonecznienie w danym miejscu. Gdyby te nasadzenia przenieść na płaską powierzchnię, uzyskałoby się nawet dwadzieścia tysięcy metrów kwadratowych terenów zielonych. Pionowy las nie tylko dobrze wygląda, ale także buduje mikroklimat, wytwarza tlen, absorbuje CO₂ i wyłapuje cząsteczki kurzu. Ponadto zwiększa bioróżnorodność, przyciąga ptaki i owady. Co ważne, dbaniem o roślinność zajmuje się obsługa budynku. Nasadzenia znajdują się w specjalnych donicach, dopracowany został także dedykowany system ich nawadniania. Oczywiście wygląd budynków mocno zmienia się wraz z porami roku²⁰².

3. Apple Park, Cupertino (USA)

Siedziba Apple to futurystyczny kampus o powierzchni 175 akrów zasilany w 100% energią odnawialną. Budynek posiada systemy regulacji temperatury, które wykorzystują naturalną wentylację. IoT monitoruje warunki środowiskowe i steruje systemami HVAC w czasie rzeczywistym.

Energooszczędny budynek Apple robi wrażenie — nie tylko ze względu na swój wygląd, ale także aspekty ekologiczne. Apple Park jest jednym z najbardziej samowystarczalnych energetycznie kompleksów na świecie. Ekologia dla Jobsa, Ive'a oraz projektantów z Foster + Partners była bardzo ważna. Wszystkie budynki: od głównej siedziby, przez Steve Jobs Theater, a kończąc na centrum fitness, posiadają najwyższy, platynowy certyfikat LEED. Międzynarodowy system certyfikacji ekologicznej do swojej oceny bierze pod uwagę zagadnienia i obszary dotyczące: zużycia energii i wody, doboru odpowiednich materiałów czy uwzględnienia wpływu budynków i terenów sąsiadujących na poprawę jakości środowiska naturalnego. Dzięki tak zwanej „naturalnej wentylacji” główny budynek Apple Park nie wymaga dodatkowego ogrzewania ani

²⁰² <https://decoration.elle.pl/arttykul/vertical-forest-lesne-wiezowce-w-mediolanie#vertical-forest-pionowy-las-w-mediolanie-fot-boeri-studio-bo-1> [dostęp 28.12.2024].



Zdjęcie 28. Siedziba Apple Park, Cupertino USA

Źródło: <https://tech.wp.pl/apple-park-wart-wiecej-niz-pkb-niektorych-krajow-to-jeden-z-najdrozszych-budynkow-swiata,6403527997707905a> [dostęp 28.12.2024]

klimatyzacji. Kampus zasilany jest energią, która w 100% pochodzi ze źródeł odnawialnych. Główny budynek wyposażono w panele solarne. Te mają pokryć pełne zapotrzebowanie Apple Park na energię (mowa jest o ponad 17 MW), nadwyżka czystej energii trafia też do sieci energetycznej miasta²⁰³.

4. Marina Bay Sands, Singapur

Ikoniczny kompleks hotelowo-konferencyjny wdraża zaawansowane technologie zarządzania energią i wodą. Inteligentne oświetlenie LED reaguje na obecność ludzi i warunki oświetleniowe. Zintegrowany system zarządzania budynkiem (BMS) kontroluje efektywność operacyjną i środowiskową.

Woda deszczowa z dachu jest zbierana w małym basenie odbijającym i poddawana recyklingowi w celu wykorzystania jej do kształtowania krajobrazu, konserwacji obiektów wodnych i spłukiwania toalet – te inicjatywy na rzecz efektywności wodnej skutkują recyklingiem prawie

²⁰³ <https://antyweb.pl/siedziba-apple-wszystko-co-trzeba-o-niej-wiedziec> [dostęp 28.12.2024].



Zdjęcie 29. Marina Bay Sands, Singapur

Źródło: <https://www.agoda.com/pl-pl/marina-bay-sands/hotel/singapore-sg.html?cid=1844104&ds=yG%2FPED%2BejrnSEA92> [dostęp 28.12.2024].

1 400 000 litrów wody deszczowej każdego roku. Do działań na rzecz zrównoważonego rozwoju przyczynia się stosowanie oświetlenia LED i energooszczędnego systemu oświetleniowego, rygorystyczna strategia gospodarowania odpadami, zgodnie z którą ponad 50% wszystkich odpadów operacyjnych poddaje się recyklingowi, a także wydarzenia mające na celu edukację personelu muzeum i zwiedzających w zakresie zrównoważonych praktyk²⁰⁴.

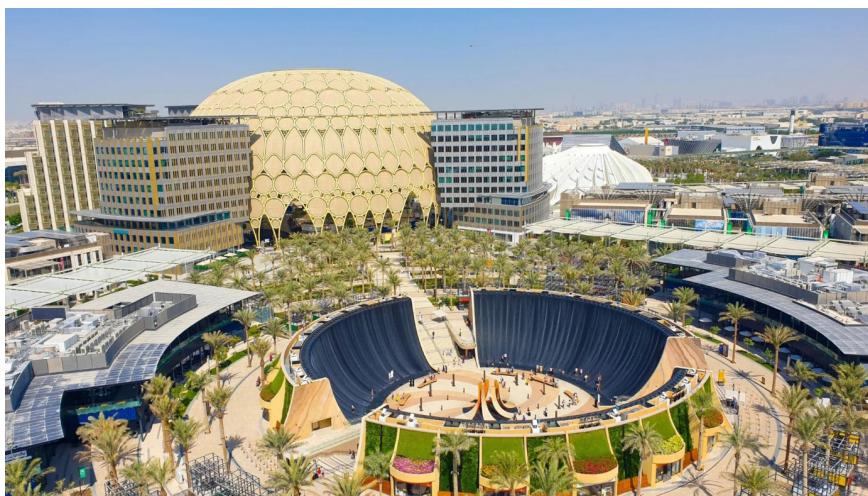
5. Smart City Expo, Dubaj (Zjednoczone Emiraty Arabskie)

Kompleks biurowy i mieszkalny zbudowany został zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju. Inteligentne windy, systemy kontroli dostępu oraz zarządzanie energią oparto na AI. Rozwiązania IoT służą do monitorowania zużycia zasobów i analizy danych w czasie rzeczywistym.

6. Burj Khalifa, Dubaj (ZEA)

Najwyższy budynek świata wykorzystuje zaawansowane technologie HVAC i zarządzania wodą. Inteligentne windy dostosowują trasę do

²⁰⁴ <https://www.marinabaysands.com/guides/exceptional-experiences/marina-bay-sands-architecture.html> [dostęp 28.12.2024].



Zdjęcie 30. Smart City Expo, Dubaj, ZEA

Źródło: <https://honesttravellers.com/expo-2020-dubai-guide/> [dostęp 28.12.2024].

ruchu w budynku. Systemy IoT monitorują jakość powietrza i zużycie energii. Technologie wspierające *Smart Buildings* to na przykład: czujniki IoT monitorujące różne aspekty budynku: temperaturę, wilgotność, ruch, jakość powietrza, poziom światła itp. Nadto analiza danych w czasie rzeczywistym pozwala na optymalizację procesów, przewidywanie awarii urządzeń, a także – co niezwykle istotne – bezpieczne przechowywanie danych dotyczących zarządzania budynkiem, takich jak: zużycie energii czy dostęp użytkowników, oraz automatyzację procesów alarmowych i zarządzania kryzysowego.

Konstrukcja budynku została zaprojektowana w taki sposób, aby wytrzymał silne wiatry oraz trzęsienia ziemi. Aeroelastyczność Burj Khalifa została starannie przemyślana, aby minimalizować wibracje i zapewnić maksymalną stabilność. Co więcej, budynek wykorzystuje zaawansowane technologie oszczędzania energii. Specjalny system chłodzenia zużywa codziennie 10 000 ton wody, aby zapewnić komfortowe warunki zarówno mieszkańcom, jak i pracownikom budynku. Pomimo swojej monumentalnej skali, Burj Khalifa jest projektem, który stara się minimalizować wpływ na środowisko naturalne. Budynek jest wyposażony w system recyklingu wody, który pozwala na ponowne wykorzystanie wody deszczowej oraz kondensatu powstającego z systemu klimatyzacyjnego.



Zdjęcie 31. Burj Khalifa, Dubaj, ZEA

Źródło: <https://r.pl/blog/najwiekszy-na-swiecie-wiezowiec-czyli-burj-khalifa-w-dubaju> [dostęp 28.12.2024].

Zgromadzona woda jest używana do nawadniania otaczających wieżowiec terenów zielonych, parków i ogrodów. Burj Khalifa korzysta z paneli słonecznych, które pomagają zaspokoić część zapotrzebowania na energię elektryczną. Innowacyjne podejście do zarządzania energią sprawia, że Burj Khalifa jest bardziej ekologiczny niż większość innych wieżowców o podobnej skali²⁰⁵.

²⁰⁵ <https://www.budowle.pl/budowla/burj-khalifa> [dostęp 28.12.2024].

7. Wyzwania i bariery:

- koszty wdrożenia,
- budowa i modernizacja budynków na potrzeby inteligentnych systemów jest kosztowna,
- cyberbezpieczeństwo – ryzyko ataków na systemy IoT wymaga zaawansowanych rozwiązań w zakresie ochrony danych,
- integracja technologii – problem kompatybilności pomiędzy różnymi systemami i producentami.

Nie ulega wątpliwości, iż inteligentne budynki są kluczowym elementem zrównoważonego rozwoju i transformacji cyfrowej miast. Przykłady z różnych części świata pokazują, jak technologie IoT, AI i 5G mogą poprawić funkcjonowanie budynków i komfort użytkowników. Wdrożenie tych rozwiązań wymaga jednak inwestycji, zaawansowanej infrastruktury oraz odpowiednich regulacji prawnych.

Zakończenie

Zastosowanie dekonstrukcji urbanistyki jako narzędzia badawczego w analizie współczesnych miast ukazuje jej potencjał jako metodologii umożliwiającej głębsze zrozumienie złożonych procesów kształtujących przestrzeń miejską. Na przykładzie koncepcji miast 15-minutowych, polityki energetycznej oraz cyberbezpieczeństwa wyeksponowano nie tylko współczesne wyzwania urbanistyczne, ale także wskazano nowe kierunki rozwoju, w których centralną rolę odgrywają polityki publiczne jako narzędzie koordynacji działań w dynamicznie zmieniającym się środowisku miejskim.

Idea miast 15-minutowych zyskuje coraz większe uznanie jako nowoczesna odpowiedź na wyzwania związane z urbanizacją, dostępem do usług i jakością życia mieszkańców. W jej realizacji kluczowe znaczenie mają efektywne polityki przestrzenne i transportowe, które promują decentralizację usług i rozwój infrastruktury lokalnej. Przykłady takich miast, jak: Paryż, Melbourne, Bogota czy Portland dowodzą, że skuteczna implementacja tej koncepcji wymaga ścisłej współpracy międzysektorowej, wsparcia technologicznego oraz aktywnego zaangażowania społeczności lokalnych. Polityki publiczne, które równoważą potrzeby mieszkańców z celami środowiskowymi i gospodarczymi, odgrywają tu rolę integratora, zapewniając jednocześnie inkluzywność i efektywność wdrażanych rozwiązań.

Zagadnienia związane z polityką energetyczną w miastach podkreślają znaczenie transformacji w kierunku zrównoważonych systemów energetycznych. Miasta muszą nie tylko rozwijać lokalne źródła energii odnawialnej, takie jak: panele fotowoltaiczne czy turbiny wiatrowe, ale także inwestować w inteligentne sieci energetyczne i systemy magazynowania energii, które pozwolą na lepsze zarządzanie popytem i podażą. Kluczową rolę odgrywają tu działania administracji publicznej, które dzięki instrumentom prawnym, finansowym i edukacyjnym mogą stymulować

transformację energetyczną, jednocześnie przeciwdziałając wykluczeniu energetycznemu i wspierając zrównoważony rozwój społeczny.

Elektromobilność, jako jeden z filarów zrównoważonego transportu, stanowi szczególne wyzwanie w politykach miejskich. Wzrost liczby pojazdów elektrycznych wymaga znacznych inwestycji w infrastrukturę ładowania, modernizację sieci przesyłowych oraz rozwój technologii wspierających zarządzanie energią w czasie rzeczywistym. Jednocześnie rozwój tego sektora musi być zintegrowany z politykami wspierającymi transport publiczny oraz ograniczenie emisji. Władze miejskie, na drodze precyzyjnego planowania i wspierania publiczno-prywatnych partnerstw, mogą przyczynić się do transformacji systemów transportowych, które łączą efektywność z niską emisyjnością.

Cyberbezpieczeństwo, będące nieodzownym elementem zarządzania nowoczesnymi miastami, wprowadza nowe możliwości, ale także wyzwania dla polityk miejskich. Rozwój inteligentnych systemów zarządzania infrastrukturą i danymi otwiera perspektywy dla zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa, lecz jednocześnie budzi obawy związane z ochroną prywatności i potencjalną koncentracją władzy. Polityki publiczne w tym obszarze muszą wypracować równowagę między skutecznością technologiczną a ochroną praw obywatelskich, ustanawiając jednocześnie standardy etyczne i regulacyjne.

Zintegrowane podejście do zarządzania miastami, które uwzględnia potrzeby środowiskowe, społeczne i technologiczne, jest kluczem do tworzenia zrównoważonych metropolii przyszłości. Dekonstrukcja urbanistyki pozwala na krytyczną analizę i ocenę współczesnych koncepcji miejskich, jednocześnie wskazując na konieczność większego zaangażowania polityk publicznych w ich optymalizację. Rozwój miast wymaga harmonizacji działań na poziomie lokalnym, regionalnym i krajowym, gdyż polityki miejskie pełnią funkcję integracyjną, łącząc różnorodne interesy i potrzeby społeczności.

Administracja publiczna odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu ram regulacyjnych, które umożliwiają skuteczne wdrażanie nowoczesnych technologii i rozwiązań przestrzennych. Polityki publiczne muszą promować innowacyjność, ale także zapewniać inkluzywność, dbając o to, by transformacja miast była dostępna dla wszystkich grup społecznych. Inwestycje w edukację społeczną, rozwój zielonej infrastruktury i budowę

lokalnych systemów energetycznych wymagają zarówno długoterminowego planowania, jak i zaangażowania różnych interesariuszy, od mieszkańców, przez sektor prywatny, po organizacje międzynarodowe.

W perspektywie długoterminowej miasta przyszłości muszą stać się laboratoriami zrównoważonych rozwiązań, które łączą zaawansowane technologie z odpowiedzialnymi politykami publicznymi. Przyszłość miejskiego zarządzania leży w integracji innowacyjnych narzędzi z politykami, promującymi dobrostan mieszkańców i odpowiadającymi na globalne wyzwania, takie jak: kryzys klimatyczny czy cyfryzacja. Takie podejście nie tylko przyczyni się do poprawy jakości życia mieszkańców, ale także wzmocni odporność miast na zmieniające się uwarunkowania społeczne, technologiczne i środowiskowe.

Rozwój miast przyszłości wymaga zatem efektywnego połączenia zaawansowanych technologii, takich jak Internet Rzeczy (IoT), z kompleksowymi strategiami bezpieczeństwa oraz nowoczesnymi metodami zarządzania ryzykiem. IoT, umożliwiając zbieranie, analizę i przetwarzanie danych w czasie rzeczywistym, odgrywa kluczową rolę w transformacji miejskiej infrastruktury, przyczyniając się do lepszej organizacji transportu, zwiększenia efektywności energetycznej czy monitorowania środowiska. Jednakże równoległe z tymi korzyściami pojawiają się wyzwania, w tym konieczność ochrony infrastruktury przed zagrożeniami wirtualnymi, które mogą destabilizować funkcjonowanie kluczowych usług.

Szybki rozwój urządzeń komunikujących się w ramach sieci miejskich rodzi potrzebę tworzenia solidnych fundamentów w zakresie cyberbezpieczeństwa. Miasta, w których brak odpowiednich standardów zabezpieczeń, narażone są na potencjalne ataki, takie jak: próby przejęcia systemów sterowania transportem publicznym czy manipulowanie inteligentnymi sieciami energetycznymi. Odpowiedzią na te zagrożenia powinny być zaawansowane technologie, takie jak: sztuczna inteligencja, wspomagająca analizę i przewidywanie incydentów, czy *blockchain*, który umożliwi przejrzyste i bezpieczne przechowywanie danych, co ma szczególne znaczenie w zarządzaniu kluczową infrastrukturą miejską.

Aby sprostać tym wyzwaniom, władze lokalne muszą tworzyć strategie oparte na współpracy pomiędzy administracją publiczną, sektorem prywatnym oraz instytucjami badawczymi. Takie partnerstwa umożliwiają

opracowanie nowych rozwiązań technologicznych i wdrażanie ich w sposób zrównoważony. Jednocześnie istotnym elementem tych działań jest edukacja społeczna, która zwiększa świadomość mieszkańców w zakresie cyberzagrożeń oraz sposobów ochrony przed nimi. Tylko dzięki podnoszeniu kompetencji zarówno urzędników, jak i obywateli możliwe jest skuteczne zarządzanie dynamicznie rozwijającymi się systemami technologicznymi.

Transparentność procesów oraz przestrzeganie zasad ochrony prywatności stanowią fundament budowania zaufania społecznego w kontekście intensywnej cyfryzacji miast. Kluczowe znaczenie ma tutaj odpowiedzialne wdrażanie technologii, które uwzględnia etyczne aspekty zarządzania danymi oraz respektowanie praw obywatelskich. Inwestowanie w bezpieczeństwo systemów informacyjnych i rozwój innowacyjnych rozwiązań, takich jak autonomiczne systemy detekcji zagrożeń, powinno być traktowane nie jako koszt, lecz jako inwestycja w przyszłość metropolii.

Miasta przyszłości, łącząc nowoczesne technologie z solidnymi politykami publicznymi, mogą stać się wzorem dla zrównoważonego rozwoju. Harmonijne połączenie zaawansowanych narzędzi z odpowiedzialnym zarządzaniem i troską o potrzeby mieszkańców pozwoli nie tylko na poprawę jakości życia, ale także na wzmacnianie odporności na zmieniające się uwarunkowania społeczne, gospodarcze i środowiskowe. Dążenie do zrównoważonej przyszłości wymaga stałego dostosowywania strategii oraz inwestowania w innowacje, które umożliwią miastom pełne wykorzystanie ich potencjału w XXI wieku.

Bibliografia

Pozycje zwarte

- Anderson C., Security Enhancements in Urban Areas through IoT Solutions, "Global Security Review" 2020, 29(1).
- Bradley T.S., *Best Practices for Protecting Energy Infrastructure*, "Cyber Defense Quarterly" 2021, vol. 19, nr 2.
- Brown S., *Controversies in Surveillance and Profiling in the US*, "Human Rights Review" 2019, vol. 14, nr 3.
- Brown T., *The Future of Urban Development with IoT Technologies*, "Journal of Urban Technology" 2020, 27(3).
- Brown T., *Smart Water Management and Leak Detection*, "Urban Resource Management Review" 2019, 11(3).
- Brown T., *Real-time Energy Monitoring through IoT*, "Energy Efficiency Quarterly" 2020.
- Carter L., *5G and IoT Integration for Smart Cities*, "Journal of Smart Grids" 2020.
- Carter L., *Predictive Power Distribution Systems*, "Journal of Smart Grids" 2020.
- Carter M., *Digital Surveillance and Civil Liberties*, Routledge 2019.
- Charciarek M., *Związki idei i materii w architekturze betonowej*, Kraków 2015.
- Christidis K., Devetsikiotis M., *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*, 2016, IEEE Access.
- Ciarkowski D., Herbuś B., Guła A., Zaborowski M., Mazur J., Liszka S., *Od zakupów grupowych do optymalizacji zużycia energii*, Kraków 2013.
- Clark M., *Crisis Management and Real-Time Monitoring Technologies*, „Emergency Management Advances” 2022, 14(4).
- Dembicka-Niemiec A., *Zrównoważony rozwój a funkcje miast w Polsce. Badanie związków między zrównoważonym rozwojem średnich miast w Polsce a ewolucją ich struktury funkcjonalnej*, Opole 2017.
- Edwards B., *The Spread of Surveillance Practices Globally*, „Global Policy Review” 2021, vol. 7, nr 1.
- Evans J.M., *IoT and Big Data in Energy Management*, Springer 2021.
- Garcia L., *Security in IoT Systems*, Routledge 2021.
- Garcia M., Lopez R., Torres H., *Smart Parking Solutions in Modern Cities: Case Study of Barcelona*, „Urban Infrastructure Studies” 2021, 34(2).

- Green D., *Cybersecurity and Urban Infrastructure*, „Oxford University Press” 2022.
- Green J., *Ransomware Attack Disrupts Atlanta City Operations*, „Cybersecurity Journal” 2018, vol. 35, nr 2.
- Green J., *The UK’s Investigatory Powers Act and Its Impact on Privacy*, „Law and Technology Journal” 2017, vol. 18, nr 4.
- Greenberg D., *Security Challenges in Medical IoT*, Springer 2020.
- Grimes S., *Critical Infrastructure Protection*, Springer 2021.
- Hajduk S., *Metody wielokryterialne w konstrukcji rankingów urban smartness*, Białystok 2024,
- Hernandez P., *Advances in Environmental Monitoring through IoT*, „Smart City Reports” 2021, 17(5).
- Hernandez P., *Grid Management with IoT*, „Power Systems Review” 2019.
- James M.T., *Cybersecurity and Public Sector*, „Oxford University Press” 2019.
- Jensen K., *GDPR: Implications for Data Protection*, „Cambridge University Press” 2018.
- Jensen R.P., *Smart Traffic Solutions in Modern Cities*, „Urban Tech Review” 2020, vol. 12, nr 3.
- Johnson L., *Public Services Transformation: The Role of IoT in Waste Management*, „Municipal Innovations Review” 2023, 12(5).
- Johnson M., *AI-based Surveillance in Urban Security*, „Journal of Urban Technology” 2021.
- Johnson K., Lee M., *Optimizing Urban Lighting Systems with IoT*, „Energy Efficiency Journal” 2021, 29(4).
- Kamble S.S., Gunasekaran A., Sharma R., *Blockchain technology for sustainable supply chain management*, „International Journal of Production Research” 2020.
- Kim D., *Air Quality Monitoring in Smart Cities*, „Environmental Health Perspectives” 2021.
- Kowalski P., *Critical Infrastructure and Cyber Threats*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022.
- Kozielska B., *Współczesne koncepcje rozwoju metropolii w kontekście paradygmatu miast globalnych*, Katowice 2008.
- Kumar A., *Security in IoT Systems*, “Cambridge University Press” 2018.
- Kumar A., *Network Vulnerabilities in IoT Systems*, “Cambridge University Press” 2018.
- Kwiatkiewicz P., Szczerbowski R., Śledzik W., *Elektromobilność Środowisko infrastrukturalne i techniczne wyzwania polityki intraregionalnej*, Poznań 2020.

- Lee B.K., *Cyber Attacks on Ukraine Power Grid*, „International Cybersecurity Reports” 2016, vol. 24, nr 1.
- Lee J., *Sustainable Resource Management through IoT: Opportunities and Challenges*, „Environmental Management and Technology” 2019, 15(4).
- Lee J., *Smart Parking and Environmental Impact*, „Transportation Review” 2019.
- Lewis F.P., *Blockchain for Secure Data in Energy Systems*, „Energy Tech Review” 2020, vol. 8, nr 4.
- Marshall R., *The Mirai Botnet and IoT Security*, „Journal of Cybersecurity” 2017, vol. 32, nr 4.
- Marshall R., *The Vulnerabilities of Data in Critical Infrastructure*, „Journal of Information Security” 2022, vol. 33, nr 3.
- Martinez E., *5G Implementation in Urban Environments*, „Urban Infrastructure Insights” 2021.
- Martinez E., *Adaptive Street Lighting Solutions*, „Urban Infrastructure Insights” 2020.
- Miller D., *Privacy and Surveillance: A Contemporary Debate*, Oxford University Press 2020.
- Miller S., *Sustainable Resource Management Using IoT Technologies*, „Environmental Technology Journal” 2022, 28(3).
- Nguyen P. et al., *Innovative Waste Management Solutions in Smart Cities*, *Sustainability Studies*, 17(5), 2020.
- O’Connell A., *Remote Health Monitoring Technologies*, „Healthcare Innovations Journal” 2021.
- O’Connell A., *Adaptive Street Lighting Solutions and Energy Efficiency*, „Healthcare Innovations Journal” 2021.
- O’Neil K., *Data Breach in Energy Sector: The Equinor Case*, „Cyber Risk Journal” 2020, vol. 10, nr 1.
- Paszkowski Z., *Miasto idealne w perspektywie europejskiej i jego związku z urbanistyką współczesną*, Wydawnictwo Universitas, Kraków 2011.
- Patel S., *IoT and Renewable Energy*, „Sustainable Energy Journal” 2021.
- Peterson L., *Healthcare IoT and Cyber Risks*, „Cyber Health Review” 2019, vol. 9, nr 1.
- Pilkington M., *Blockchain technology: Principles and applications*, *Research Handbook on Digital Transformations*, 2016.
- Reynolds J., *Adaptive Traffic Management in Los Angeles*, „Urban Planning Journal” 2019, vol. 11, nr 3.
- Roehrs A., da Costa C.A., Righi R.R., *OmniPHR: A distributed architecture model to integrate personal health records*, „Journal of Biomedical Informatics” 2017.
- Santos T., *Risks of IoT in Urban Transport*, „Smart City Review” 2020, vol. 4, nr 2.

- Smith A., *The Future of Smart Cities*, Cambridge University Press 2020.
- Smith A., *Smart Traffic Management in Urban Environments*, „Journal of Urban Technology” 2022, 34(2).
- Smith A., *IoT Solutions for Traffic Management*, „Journal of Urban Technology” 2020.
- Smith A., *Smart Water Management Systems in London*, „Sustainable Urban Systems Journal” 2019.
- Smith P., *Infrastructure Maintenance in the Age of IoT: Efficient Solutions for Urban Challenges*, „Journal of Civil Engineering and Smart Systems” 2022, 19(1).
- Sun Y., *The Social Credit System in China*, Springer 2021.
- Szołtysek J., *Logistyczne aspekty zarządzania przepływami osób i ładunków w miastach*. Katowice 2005.
- Thompson L., *Algorithmic Profiling and Civil Liberties*, “Journal of Artificial Intelligence Ethics” 2021, vol. 5, nr 2.
- Thompson R., Wilson J., *Energy Efficiency and Public Lighting Systems in Smart Cities*, “Journal of Urban Innovations” 2023, 45(2).
- Tundys B., *Logistyka miejska. Koncepcje, systemy, rozwiązania*, Warszawa 2008.
- Wang R., *Integrating Weather Data in ITS*, Intelligent Systems Conference Proceedings 2018.
- Wang R., *Smart City Initiatives in Singapore*, Intelligent Systems Conference Proceedings 2018.
- Watson L.J., *LO3 Energy: A Blockchain Approach to Energy Management*, „Journal of Blockchain in Energy” 2021, vol. 5, nr 2.
- West M.L., *Smart Cities and Data Security*, Routledge 2019.
- West R., *Balancing Data Collection and Privacy Under GDPR*, „Journal of European Law” 2019, vol. 12, nr 3.
- Węgleński J., *Miasta Ameryki u progu XXI wieku*, Warszawa 2001.
- White D., *NERC CIP Standards and Cybersecurity*, Routledge 2020.
- White F., *Cybersecurity in Urban Development*, Oxford University Press 2022.
- White R. (2023), *Integrated Safety Solutions for Urban Areas*, Public Safety Innovations 22(1).
- Wilson M.T., *Cybersecurity in Critical Infrastructure*, Cambridge University Press 2021.
- Wozniak D., *Integrated Cybersecurity in Urban Planning*, „Journal of Urban Development” 2021, vol. 5, nr 4.
- Zhang L., *Facial Recognition and Privacy Concerns in China*, „Asian Law Journal” 2020, vol. 15, nr 2.

Zheng Z., Xie S., Dai H., Chen X. & Wang H., *Blockchain challenges and opportunities: A survey*, „International Journal of Web and Grid Services” 2017, 14(2).
Zrównoważony, inteligentny i partycypacyjny rozwój miasta, red. A. Rzeńca, Łódź 2016.

Rozdziały w monografiach

Hajduga P., Mempel-Śnieżyk A., *Proces rewitalizacji a rozwój zrównoważony miasta*, [w:] D. Rynio, A. Zakrzewska-Półtorak (red.), *Przestrzeń i regiony w nowoczesnej gospodarce*, Wrocław 2023.
Włoch-Szymła A., *Rola uwarunkowania przestrzenne, społeczne i środowiskowe Socjalistycznych osiedli mieszkaniowych a realizacja zasad zrównoważonego rozwoju – case study*, [w:] Martyka A., Jopek D. (red.), *Region, miasto, miasteczko. Nowe impulsy rozwojowe*, Rzeszów 2022.

Publikacje w periodykach

Baraniak J., Pawlicki B., Wincenciak S., *Elektromobilność: szanse i zagrożenia dla sieci dystrybucyjnej*, „Przegląd Elektrotechniczny” 5/2020.
Chi D., Moreno D., Navarro J., *Design optimisation of perforated solar façades in order to balance daylighting with thermal performance*, „Building and Environment” 15 November 2017, vol. 125.
Chład M., *Efektywne planowanie i wykorzystywanie infrastruktury miejskiej*, [w:] Kowalska K., Sobczak P. (red.), *Aspekty logistyczne w biznesie*, Dąbrowa Górnicza 2015.
Chomiak-Orsa I., *Znaczenie technologii informacyjno-komunikacyjnych w zrównoważonym rozwoju miast*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie” 2016, nr 23, t. 1.
Czarnecki M., Rytel G., *Zagadnienia ekologii i energooszczędności w architekturze. Współczesne tendencje w projektowaniu domów jednorodzinnych*, „Architectura et Artibus” 2013, 5(4).
Czornik M., *Miasto i jego produkty*, „Studia Ekonomiczne” 2013, nr 147.
Farian A., *Zintegrowane planowanie transportu jako odpowiedź na założenia rozwoju zrównoważonego miast*, „Transport Miejski i Regionalny” 6/2010.
Kaczmarek T., *Problematyka demograficzna we współczesnych koncepcjach miasta*, „Konwersatorium Wiedzy o Mieście” 2022, 35/7.
Kołodziejczyk K., *Kształtowanie tożsamości przestrzennej: dychotomia pomiędzy architekturą współczesną a sztukami wizualnymi*, „Wiadomości Konserwatorskie” 2018.
Kowalak T., *Smart Grid – wyzwanie XXI wieku*, „Rynek energii” 2010, 5.1.

- Kozłowski W., *Założenia budowy sieci smart grid w projektach energetycznych*. „Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych”/SGH 54/2019, *Rozwój gospodarki informacyjnej: wybrane aspekty*, Warszawa 2019.
- Krysiuk C., Nowacki G., *Miasto, element systemu transportowego kraju*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 10/2016.
- Kubicki P., *Odporność miast i nowe polityki miejskie*, „Politeja”. Pismo Wydziału Studiów Międzynarodowych i Politycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego 2021, 18/74.
- Kurtyka M., *Energetyka rozproszona jako element polskiej transformacji energetycznej*, *Energetyka Rozproszona zeszyt 5–6*, 2021.
- Makulska D., *Polityka miejska w świetle nowego paradygmatu*, „Prace i Materiały Instytutu Rozwoju Gospodarczego SGH” 2016, 98.
- Marzec E., *Zintegrowany z budynkiem system trójgeneracyjny – ocena efektywności energetycznej z uwzględnieniem pełnego cyklu życia*, „Archiwum Instytutu Techniki Ciepłej” 2018, vol. 5.
- Michalska-Żyła A., *15-minutowe zielone miasto kompaktowe – koneksje, wyzwania i perspektywy*, „Nowa Polityka Wschodnia” 2024, 41.2.
- Ostańska A., *Efekty działań termomodernizacyjnych w aspekcie planowania programu rewitalizacji miasta*, Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych 3/2015.
- Papis K., *Elektromobilność – bezpieczna teraźniejszość i elektryzująca przyszłość*, „Nowa Energia” 2018, 5/6.
- Popczyk J., *Trzy fale elektroprosumeryzm*, „Energetyka” 7/2020 (Biuletyn PPTe2050 nr 2/2020).
- Romero Agüero J., *Improving the efficiency of power distribution systems through technical and non-technical losses reduction*, PES T&D 2012, Orlando 2012.
- Rynio D., *Wdrażanie koncepcji miast krótkich odległości jako element budowy odporności współczesnych ośrodków osadniczych*, „Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna” 70/2024.
- Ryszkowska B., Starczewski T., Chodkowska-Miszczuk J., *Rozwój energetyki wiatrowej w przestrzeni submiejskiej a percepcja krajobrazu kulturowego*, „Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum” 17/2018.
- Sitnik K., *Dostępność piesza usług krytycznych w Warszawie w kontekście koncepcji miasta 15-minutowego*, „Prace i Studia Geograficzne” 2023, 68.3.
- Skoczkowski T., Bielecki S., *Konieczność zapewnienia interesów odbiorców końcowych w procesie budowy sieci inteligentnych*, „Przegląd Elektrotechniczny” 91/2015.

- Sutkowska E., *Współczesny kształt i znaczenie zieleni miejskiej jako zielonej przestrzeni publicznej w strukturze miasta – przestrzeń dla kreacji*, Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr.–OL PAN 2 (2006).
- Szada-Borzyszkowski W., Bujaczek R., *Zagrożenia płynące ze stosowania paliw alternatywnych w samochodach*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe” 6/ 2014.
- Szamańska D., Biegańska J., *Fenomen urbanizacji i procesy z nim związane*, „Studia miejskie” 4 (2011).
- Szczerbowski R., *Analiza energetyczna i ekonomiczna możliwości wykorzystania fotowoltaiki w systemach energetycznych*, „Electrical Engineering” 2013, nr 74.
- Szczerbowski R., Chomicz W., *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid w budownictwie przemysłowym niskoenergetycznym*, „Polityka Energetyczna” 15 (2012).
- Szczerbowski R., *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid-wirtualne elektrownie*, „Polityka energetyczna” 14 (2011).
- Tymkiewicz J., *Koncepcja ochrony przeciwslonecznej jako ważny element projektu elewacji nowoczesnych budynków*, „Nowoczesność w architekturze TRANSFORMACJA – TECHNNOLOGIA – TOŻSAMOŚĆ” 6/3, Gliwice 2012.
- Ura E., *Prawa i wolności obywatelskie w świetle idei „miasta 15-minutowego”*, „Przegląd Prawa Konstytucyjnego” 2023, 4 (74).
- Wąs C., *Elementy filozofii dekonstrukcji w architekturze współczesnej*, „Czasopismo Techniczne”, z. 15, Architektura, z. 7-A2, Kraków 2010.
- Wiśniewski L.S., *Urban Distances. Dimensions of Urban Units And Distribution of Functions in the City in Context of Walking, Cycling and Public Transport Distances*, „Przestrzeń i Forma” 2021.
- Wolański P., Wolańska K., *Korzyści wynikające ze stosowania dachów zielonych na obiektach wielkopowierzchniowych*, „Nowoczesne Hale” 3/2020.
- Zbierska A., Zbierska J., Przybyła C., *Analiza wskaźników zrównoważonego rozwoju w gospodarce przestrzennej na poziomie lokalnym*, Studia KPZK 2011.

Publikacja naukowe online

- Barczyński A., W. Grządzielski, *Gaz ziemny w systemie energetycznym aglomeracji miejskiej przy uwzględnieniu aspektów ekologicznych*, V Krajowa Konferencja GAZTERM Międzyzdroje 2002, https://www.researchgate.net/profile/Wojciech-Grzadzieski/publication/303700925_Gaz_ziemny_w_systemie_energetycznym_aglomeracji_miejskiej_przy_uwzlednieniu_aspektow_ekologicznych/links/5ee106b792851c31f3c7809a/Gaz-ziemny-w-systemie-energetycznym-aglomeracji-miejskiej-przy-uwzlednieniu-aspektow-ekologicznych.pdf.

- Blazy R., Błachut J., Ciepela A., Łabuz R., Papież R., *Thermal Modernization Cost and the Potential Ecological Effect–Scenario Analysis for Thermal Modernization in Southern Poland*, „Energies” 2021, 14, 2033, <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/8/2033> 24.12.2024
- Chłodzenie radiacyjne i panele PV – system podwójnego zbierania energii, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/chlodzenie-radiacyjne-i-panele-pv-system-podwojnego-zbierania-energii/>.
- Elewacyjna turbina wiatrowa o poziomej osi obrotu – badania oraz wnioski*, <https://www.rynekinstalacyjny.pl/artykul/instalacje-przemyslowe/43868,elewacyjna-turbina-wiatrowa-o-pozioonej-osi-obrotu-badania-oraz-wnioski> [dostęp 24.12.2024].
- Energetyczny rozwój Smart Cities*, <https://www.energetyka-rozproszona.pl/artykuly/energetyczny-rozwoj-smart-cities/> [dostęp 24.12.2024].
- Ghasaban M., M. Parisa, Y. Mansour, *Integration of building envelope with open spaces and greenery to enhance thermal and visual comfort and energy efficiency in office buildings*,
- Ghasaban M., Mirjalili P., Yeganeh M., *Integration of building envelope with open spaces and greenery to enhance thermal and visual comfort and energy efficiency in office buildings*, „Results in Engineering” 2025, vol. 25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024019030>.
- Hong C., Yang Y., Ge S., Chai G., Zhao P., Shui Q., Gu Z., *Is the design guidance of color and material for urban buildings a good choice in terms of thermal performance?*, „Sustainable Cities and Society” 2022, vol. 83, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670722002499> [dostęp 27.12.2024]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024019030> [dostęp 24.12.2024].
- Majumder A., Kumar A., Innamorati R., Mastino C. C., Cappellini G., Baccoli R., Gatto G., *Cooling Methods for Standard and Floating PV Panels*, „Energies” 2023, 16, 7939. <https://doi.org/10.3390/en16247939> [dostęp 29.12.2024].
- Marchwiński J., *Szkoło termotropowe i fotochromatyczne w budownictwie*, „Świat Szkła” 12/2007, <https://swiat-szkla.pl/article/1013-szkoło-termotropowe-i-fotochromatyczne-w-budownictwie> [dostęp 29.12.2024].
- Respondek Z. *Chłodzenie radiacyjne przegród budowlanych*, „Świat szkła” 7–8/2010, <https://swiat-szkla.pl/article/3638-chlodzenie-radiacyjne-przegrod-budowlanych> [dostęp 30.21.2024].
- Rizos V., Urban P., *Barriers and policy challenges in developing circularity approaches in the EU battery sector*, „An assessment, Resources, Conservation and Recycling” 2024, Volume 209, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134492400394X> [dostęp 24.12.2024].

- Sadowska B., Piotrowska-Woroniak J., Woroniak G., Sarosiek W., *Energy and Economic Efficiency of the Thermomodernization of an Educational Building and Reduction of Pollutant Emissions, A Case Study*, „Energies” 2022, 15, 2886 <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/8/2886> [dostęp 24.12.2024].
- Salvati A., Roura H. C., Cecere C., *Assessing the urban heat island and its energy impact on residential buildings in Mediterranean climate: Barcelona case study*, „Energy and Buildings” 2017, vol. 146.
- Sattler S., Zluwa I., Österreicher D., *The “PV rooftop garden”: providing recreational green roofs and renewable energy as a multifunctional system within one surface area*, „Applied Sciences” 2020, 10.5: 1791, <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/5/1791> [dostęp 28.12.2024].
- Soronek K., *Assessment of the Impact of Direct Water Cooling and Cleaning System Operating Scenarios on PV Panel Performance*, „Energies” 2024, 17(17), <https://www.mdpi.com/1996-1073/17/17/4392> [dostęp 29.12.2024].
- Wang W.T., Yang H., Xiang C., *Green roofs and facades with integrated photovoltaic system for zero energy eco-friendly building – A review*, „Sustainable Energy Technologies and Assessments” 2023, vol. 60, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138823004198> [dostęp 28.12.2024].
- Weber-Siwirska M., *Green roofs are the future of modern and sustainable cities*, <https://upwr.edu.pl/en/news/green-roofs-are-the-future-of-modern-and-sustainable-cities-567.html> [dostęp 28.12.2024].
- Zhou W., Zhao P., Lu Y., *Collaborative Optimal Configuration of a Mobile Energy Storage System and a Stationary Energy Storage System to Cope with Regional Grid Blackouts in Extreme Scenarios*, „Energies” 2023, 16, <https://www.mdpi.com/1996-1073/16/23/7903> [dostęp 24.12.2024].

Pozycje internetowe

- A Lighting Vision for the City of London*, <https://www.cityoflondon.gov.uk/assets/Services-Environment/city-of-london-lighting-strategy.pdf>.
- Biernacik E., *Dach solarny zamiast paneli fotowoltaicznych – zalety i wady*, <https://enerad.pl/dach-solarny-zamiast-paneli-fotowoltaicznych-zalety-i-wady/> [dostęp 31.12.2024].
- BIPV Solar for Facade*, <https://www.fgnexsolar.com/BIPV-Solar-for-Facade.html> [dostęp 11.11.2024].
- Budząca kontrowersje mer Paryża Anne Hidalgo nie będzie ubiegać się o reelekcję. To koniec pewnej ery dla stolicy Francji*, <https://wiadomosci.onet.pl/politico/mer-paryza-anne-hidalgo-nie-bedzie-ubiegac-sie-o-reelekcje-to-koniec-pewnej-ery/rnz3s2p> [dostęp 28.12.2024].

- Burchard-Dziubińska M., *Gospodarka niskoemisyjna w mieście*, „EkoMiasto # Środowisko”.
- Croydon South Our 20-Minute Neighbourhood 20-Minute Neighbourhood Pilot Program https://www.planning.vic.gov.au/__data/assets/word_doc/0021/653133/20MN-Croydon-South-ACCESSIBLE.docx.
- Dach solarny SunRoof 2w1*, <https://offers.sunroof.se/pl-lp/nowy-dach-solarny/> [dostęp 31.12.2024].
- Dachówki fotowoltaiczne*, <https://cottonpossagno.pl/produkty/dachowki-fotowoltaiczne/> [dostęp 31.12.2024].
- Dynaclime – photochromic solar film*, <https://smartglassnordic.com/index.php/en/products-en/photochromic-film> [dostęp 29.12.2024].
- Dziura Ł., *Dobre praktyki w zakresie smart city*, Kraków 2017, s. 148 i 150, https://ruj.uj.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/item/70776/dziura_dobre_praktyki_w_zakresie_smart_city_2017.pdf?sequence=1 [dostęp 31.12.2024].
- Fijak M., *Skąd obecna panika?*, <https://smoglab.pl/pomysl-na-miasto-15-minutowe-ma-juz-ponad-120-lat-skad-obecna-panika/> [dostęp 24.12.2024].
- Harnessing the Wind Energy in Urban Environment*, <https://nexhs.com/2021/04/27/harnessing-the-wind-energy-in-urban-environment/> [dostęp 24.12.2024].
- King R., *Chill Out with Temperature Controlled Storage*, <https://teamrefrigeration.co.uk/2023/10/16/temperature-controlled-storage/> [dostęp 24.12.2024].
- Light + Darkness in the City*, <https://www.cityoflondon.gov.uk/assets/Services-Environment/city-of-london-lighting-strategy.pdf> [dostęp 27.12.2024].
- McCalmont K., *4 Reasons Why Urban Wind Turbines May Be the Perfect Energy Solution for Your Facility*, 2020, <https://goenergylink.com/blog/4-reasons-to-invest-in-urban-wind-turbines/> [dostęp 24.12.2024].
- New PV facade design in Sweden*, <https://www.pv-magazine.com/2021/08/17/new-pv-facade-design-in-sweden/> [dostęp 31.12.2024].
- Réinventer Paris*, <https://www.paris.fr/pages/reinventer-paris-4632> [dostęp 31.12.2024].
- Skoczkowski T., *Smart city – nowy element lokalnej polityki energetycznej*, KAPE, Warszawa 2010, <https://www.ure.gov.pl/download/9/3074/02Smartcity-nowyelementlokalnejpolitykienergetycznej.pdf> [dostęp 24.12.2024].
- Smart Building Center przyjazny planecie. Obiekt w Jasinie zyskał kolejny ekocertyfikat*, <https://wpip.pl/kategoria/aktualnosci-en/smart-building-center-przyjazny-planecie-obiekt-w-jasinie-zyskal-kolejny-ekocertyfikat/> [dostęp 29.12.2024].

- Smart Glass Opens a Window to New Applications*, <https://www.radiantvisionsystems.com/blog/smart-glass-opens-window-new-applications> [dostęp 29.12.2024].
- Solar panels for facades & ventilated PV systems*, <https://metsolar.eu/products/bipv-facade-systems/> [dostęp 31.12.2024].
- Sosińska T., *Magia kolorów w oświetleniu zewnętrznym*, <https://www.kanlux.com/pl/artykuly/jaki-kolor-oprawy-barwa-swiatla-podpowiadamy?> [dostęp 27.12.2024].
- The cycling revolution in Paris continues: Bicycle use now exceeds car use*, <https://english.elpais.com/lifestyle/2024-04-24/the-cycling-revolution-in-paris-continues-bicycle-use-now-exceeds-car-use.html> [dostęp 31.12.2024].
- Whitzman C., Tucker D., Bishop, A., Doyon A., Jones C., Lowen T., McMillan E., *Plan Melbourne: can outer suburbs become 20-minute neighbourhoods?*, State of Australian Cities Conference 2013, <https://www.academia.edu/download/34410223/Whitzman-Social.pdf> [dostęp 31.12.2024].
- Wpływ oświetlenia na postrzeganie koloru*, <https://www.sniezka.pl/poradniki/jak-dobrac-kolor/wpływ-oswietlenia-na-postrzeganie-koloru?>
- Wybuch w kamienicy w Poznaniu. W tygodniu dochodziło tam do małych pożarów, które gaszono piaskiem*, <https://tvn24.pl/poznan/poznan-uwaga-tvn-rozmowa-z-pracownikiem-firmy-w-ktorej-regenerowano-akumulatory-w-tygodniu-dochodzilo-tam-do-malych-pozarow-ktore-gaszono-piaskiem-st8059045> [dostęp 28.12.2024].
- https://drogowa-pomoc.pl/sztuczna-inteligencja-zarządza-ruchem-droowym/#elementor-toc_heading-anchor-4.
- <https://techxplore.com/news/2024-09-korean-ai-cctvs-criminal.html>.
- <https://unisystem.com/pl/uni-abc/koncepcja-smart-city-rozwiazania-szanse-i-zagrozenia>.
- <https://biznes.inea.pl/blog/czytaj/internet-rzeczy-w-praktyce-jakie-rozwiazania-wdrazaja-miasta-przyszlosci>.
- <https://flyandwatch.pl/smart-cities-jak-technologie-tworza-miasta-przyszlosci/>.
- <https://www.microsoft.com/pl-pl/industry/government/resources/smart-cities>.
- <https://smartcityforum.pl/artikul/wykorzystywanie-nowoczesnych-technologii-dla-miast-szanse-i-zagrozenia/>.
- <https://www.gov.pl/web/wuf11/internet-rzeczy-cyfrowe-blizniaki-i-ai-czyli-o-przyszlosci-miast-inteligentnych>.
- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/library/internet-things-brochure>.
- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/library/internet-things-brochure>.
- https://ithardware.pl/aktualnosci/korea_kamery_monitoring_przewidywanie_zbrodni-35175.html.

- <https://geekweek.interia.pl/geekextra/news-pierwsza-zdalna-operacja-z-uzyciem-sieci-5g-przeprowadzona-w,nId,5288412>.
- <https://ecosquad.pl/the-edge-najbardziej-ekologiczny-budynek--wiata.html>.
- <https://decoration.elle.pl/artykul/vertical-forest-lesne-wiezowce-w-mediolanie#vertical-forest-pionowy-las-w-mediolanie-fot-boeri-studio-bo-1>.
- <https://antyweb.pl/siedziba-apple-wszystko-co-trzeba-o-niej-wiedziec>.
- <https://www.marinabaysands.com/guides/exceptional-experiences/marina-bay-sands-architecture.html>.
- <https://www.budowle.pl/budowla/burj-khalifa>.
- https://www.securitymagazine.pl/pl/a/najglosniejsze-cyberincydenty-w-2024-roku-w-polsce-i-na-swiecie?utm_source=chatgpt.com.
- <https://www.desc.gov.ae/cyber-strategy/>.
- <https://dig.watch/resource/dubai-cyber-security-strategy-2023>.
- <https://minnovation.com.au/smart-cities-2/example-of-a-smart-city-a-case-study-into-barcelona/>.
- <https://cloud.google.com/customers/nyc-cyber-command>.
- <https://www.scs.org.sg/articles/smart-nation-singapore>.