



Prace i Studia Geograficzne
ISSN: 0208–4589; ISSN (*online*): 2543–7313
2022, t. 67.4, s. 27–53
DOI: 10.48128/pisg/2022-67.4-02

Iga AJDACKA^a, Izabela KARSZNIA^b
Uniwersytet Warszawski
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
^ae-mail: i.ajdacka@uw.edu.pl
ORCID: 0000-0001-5543-404X
^be-mail: i.karsznia@uw.edu.pl
ORCID: 0000-0001-5510-8770

ANALIZA ZMIAN ZAGOSPODAROWANIA OSIEDLA KOZANÓW WE WROCŁAWIU W LATACH 1934–2020 NA PODSTAWIE WYBRANYCH ŹRÓDEŁ KARTOGRAFICZNYCH

**Analysis of land use changes of Kozanów neighborhood in Wrocław in the years 1934–2020
based on selected cartographic sources**

Abstract: The purpose of the work was to conduct the analysis covering the area of Kozanów neighborhood before and after the occurrence of the commonly named “Millennium flood” in 1997. The scope of the work included the analysis of four time states presented on old maps from 1934, 1979 and 1997 and a fragment of the OpenStreetMap database (OSM) current for 2020. The research included quantitative analyses, consisting of comparing all feature classes among the analyzed time states, as well as qualitative analyses, relating to the detailed characteristics of the maps and the OSM database. In order to ensure the comparability of all types of land use, old maps were georeferenced, and then the data contained on the maps were vectorized, which allowed to obtain a universal vector database for all tested time states. This enabled the design of maps of the Kozanów neighborhood for individual years and maps of changes presenting quantitative changes by feature classes. The output maps show an increase in the area of buildings and length of roads as well as a decrease of green areas and wastelands. The results of the work allowed us to draw conclusions regarding the severe negative effects of the flood that occurred in this neighborhood and the evaluation of the use of the OSM database in such analyses.

Key words: GIS, old maps, OpenStreetMap, land use, flood

Wpłynęło: 30.11.2021
Zaakceptowano: 2.11.2022

Zalecany sposób cytowania / Cite as: Ajdacka I., Karsznia I., 2022, Analiza zmian zagospodarowania osiedla Kozanów we Wrocławiu w latach 1934–2020 na podstawie wybranych źródeł kartograficznych, *Prace i Studia Geograficzne*, 67.4, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 27–53, DOI: 10.48128/pisg/2022-67.4-02.

WSTĘP

Poszukiwanie optymalnego miejsca zamieszkania powoduje, że często infrastruktura budowana jest na terenach zagrożonych powodzią. Łączy się to z odpowiednio niższą ceną nieruchomości, co przyciąga potencjalnych inwestorów oraz mieszkańców. W roku 1997 miała miejsce powódź będąca największym w XX wieku wezbraniem Odry. Jednym z obszarów, który zasłynął z poważnego zalania w trakcie tej powodzi, było osiedle Kozanów¹ we Wrocławiu. Osiedle to mieści się w obniżeniu i w związku z tym stanowi naturalny teren zalewowy, którego nie powinno się traktować jako odpowiedniego pod zabudowę. W związku z wysokim zagrożeniem powodziowym, które występuje na tym obszarze oraz wystąpieniem kolejnej powodzi w roku 2010 zdecydowano się porównać zagospodarowanie osiedla Kozanów w latach 1934–2020 by jednoznacznie określić kierunek zmian w zagospodarowaniu tego terenu na przestrzeni lat.

Celem niniejszych badań była analiza zmian zagospodarowania osiedla Kozanów w latach 1934–2020. Niszczycielska powódź, która dotknęła to osiedle w roku 1997, skłoniła autorki do przeanalizowania zagospodarowania terenu osiedla przed i po powodzi, aby ocenić co sprawiło, że skutki katastrofy w roku 1997 były tak duże.

Przeprowadzona analiza pozwoliła na wskazanie, aspektów użytkowania terenu, które powinny być brane pod uwagę w trakcie budowania na terenach zalewowych. Do analizy wybrano trzy mapy z różnych okresów oraz bazę danych OpenStreetMap. Jednym z aspektów badań była ocena przydatności bazy danych OpenStreetMap w tego typu analizach. Zastosowanie narzędzi systemów informacji geograficznej umożliwiło kalibrację map ze wszystkich badanych okresów, a następnie ich wektoryzację. Dzięki temu, dane zostały ujednolicone, co usprawniło analizę ilościową i porównanie rozważanych typów danych.

PRZEGLĄD LITERATURY

GIS historyczny w analizie map dawnych

Pojęcie GIS-u historycznego (ang. historical GIS, hGIS) rozpowszechniło się dopiero od połowy lat dziewięćdziesiątych. W ostatnich latach obserwujemy wzrost zainteresowania tą tematyką, szczególnie jako nauką pomocniczą w historii (Gregory, Ell 2007). GIS historyczny łączy mnogość danych i metod geoinformatycznych z naukami historycznymi mającymi odniesienie w czasie. Bazę danych mogą stanowić mapy dawne, plany miast, lub spisy ludności. Przedmiotem badań z wykorzystaniem GIS-u historycznego może być na przykład analiza zmian zagospodarowania przestrzennego, dynamika oraz zmiana procesów przyrodniczych, czy zmiany krajobrazowe powstałe w wyniku działania ekstremalnych zjawisk pogodowych (Nita, Myga-Piątek 2012).

Kluczowym etapem badań było opracowanie metody nadawania georeferencji mapom w postaci rastrowej. Proces georeferencji zdefiniowano jako „operacja polegająca na nadaniu odniesienia przestrzennego wybranemu obiektowi. Dotyczy ona najczęściej obrazów bitmapowych (skanów, zdjęć, starych map), ale może być też stosowana do map wektorowych.” (Szczepanek 2017, s. 77). Georeferencja jest nazywana również kalibracją, geoodniesieniem oraz georektyfikacją.

Kalibracja mapy dawnej jest procesem bardziej skomplikowanym, niż kalibracja mapy współczesnej. Atutem współczesnych map papierowych jest przede wszystkim fakt posiadania informacji o systemie odniesień przestrzennych. Upraszcza to proces kalibracji takiej mapy do formy przeliczenia punktów z jednego układu współrzędnych na drugi. Fundamentem w analizowaniu map dawnych jest przekształcenie mapy dawnej do takiej formy, która będzie odpowiadała obrazowi innej mapy

¹ W celu uproszczenia nazewnictwa osiedlu „Kozanów-Pilczyce-Popowice” przypisano nazwę „Kozanów”.

i będzie mogła zostać poddana analizie (Affek 2012). Taki proces składa się z trzech etapów: skanowania mapy dawnej z wersji papierowej do wersji cyfrowej, kalibracji mapy dawnej do mapy, która ma lepsze podstawy matematyczne oraz wektoryzacji mapy.

Po zeskanowaniu mapy należy nadać jej odniesienie przestrzenne. Umieszczenie danych w zdefiniowanym wcześniej układzie współrzędnych jest podstawą do rozpoczęcia jakichkolwiek analiz przestrzennych.

Istnieją dwie, najczęściej stosowane metody georeferencji:

- odniesienie do siatki układu współrzędnych, jeśli materiał źródłowy taką posiada;
- odniesienie do punktów charakterystycznych, takich jak budynki (na przykład kościoły) czy skrzyżowania dróg (Szczepanek 2017).

Do kalibracji mapy konieczna jest warstwa referencyjna, czyli mapa wzorcowa o satysfakcjonującej dokładności (Affek 2012). Jako materiał referencyjny możemy wykorzystać zarówno mapę rastrową, jak i mapę wektorową (Kowal 2018).

Kolejnym, nieodzownym elementem georeferencji jest wybór metody transformacji. Od metody transformacji zależy liczba punktów wpasowania GCP (ang. *Ground Control Point*), czyli punktów, których współrzędne znane są zarówno w układzie pierwotnym (X_p, Y_p) jak i w układzie wtórnym (X_w, Y_w) (Kowal 2018). Według Affeka (2012) najlepszą do kalibracji map dawnych jest transformacja jak najniższego rzędu (afiniczna 1. stopnia). P. Kowal (2018) natomiast wyróżniła pięć rodzajów transformacji:

- a) Transformacja liniowa – pozwala na obrót i przesunięcie.
- b) Transformacja Helmerta – pozwala na obrót, przesunięcie oraz przeskalowanie.
- c) Transformacja afiniczna – pozwala na przesunięcie, obrót i zamianę skali układu pierwotnego względem wtórnego
 - 1 stopnia – wymaga co najmniej trzech punktów wpasowania
 - 2 stopnia – wymaga minimum sześciu punktów wpasowania
 - 3 stopnia – wymaga minimum dziewięciu punktów wpasowania.
- d) Funkcja sklejana (ang. *Spline*) – pozwala na przekształcenie źródłowych punktów kontrolnych dokładnie w punkty docelowe, wymaga przynajmniej dziesięciu punktów wpasowania.
- e) Odwzorowanie (rzutowe) – wymaga co najmniej 4 punktów wpasowania i pozwala na projekcję punktów względem pozycji obserwowanych obiektów.

Każdą transformację (z wyjątkiem transformacji sklepanej, której błąd RMS zawsze wynosi 0,00 m) charakteryzuje błąd określony jako błąd średni kwadratowy (ang. *Root Mean Square* – RMS bądź *Root Mean Square Error* – RMSE) (Lorek 2017; Jaskulski i in. 2013). Natomiast nie zawsze analiza wartości tego błędu pozwala na pełną analizę wyników transformacji. Nawet jeśli błąd RMS jest niewielki, to deformacja oryginalnego obrazu może być duża. Jeżeli mimo użytej transformacji różnicowanie między deformacją obrazu a błędem RMS będzie wysokie, wówczas należy dodać więcej punktów dopasowania bądź zmienić metodę transformacji (Mierzwa 2002).

Analizy zmian zagospodarowania przestrzennego na obszarach miejskich

Dotychczas podejmowano tematykę analizy zmian zagospodarowania przestrzennego za pomocą narzędzi systemów informacji geograficznej, w których rozwiązania zarówno z teledetekcji, jak i z geoinformatyki wydają się być sporym ułatwieniem. Przykładem analizy w tej dziedzinie może być praca T. Karasiewicza i współautorów (2019). Analiza zmian użytkowania ziemi została wykonana z wykorzystaniem map pochodzących z XIX, XX i XXI wieku. Danymi źródłowymi były między innymi mapy dawne z zasobów Wojskowego Instytutu Geograficznego (WIG) oraz dane współczesne – ortofotomapy z Geoportalu². Analizowano zmianę wielkości powierzchni zajmowanej przez miasto, ilościową zmianę zabudowy przemysłowej i komunalnej oraz zmianę pokrycia terenu. Wszystkie

² www.geoportal.gov.pl

mapy dawne zostały skalibrowane i zwektoryzowane, a następnie sporządzono statystyki zmian w zależności od rodzaju powierzchni. W wyniku przeprowadzonych analiz dostrzeżono dużą dynamikę zmian zagospodarowania terenu, co pokazuje znaczny ubytek pól uprawnych oraz zwiększenie terenu leśnego.

Za przykład wykorzystania GIS w przestrzeni miejskiej posłużyć może także analiza fragmentu miasta Lublina wykonana w badaniach P. Kociuby i współautorów (2015). Na podstawie map z lat 1965–2015 zobrazowano zmiany zachodzące na terenie wąwozu znajdującego się na terenie Lublina. W wydzielonym obszarze utworzono warstwy dotyczące zabudowy na podstawie map topograficznych z 1965 i 1992 roku oraz danych współczesnych na podstawie warstwy z serwera WMS „Wizualizacja BDOT” z roku 2014. Do prezentacji aktualnych danych wąwozu wykorzystano zarówno dane z WMS, jak i dane pochodzące z lotniczego skaningu laserowego (LiDAR). Z wykorzystaniem danych LiDAR utworzono klasy gruntu, roślinności i zabudowy, na podstawie których opracowano Numeryczny Model Terenu w celu otrzymania bardziej szczegółowej analizy. Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie wskaźników intensywności zabudowy i procentowej powierzchni biologicznie czynnej, nieprzepuszczalnej oraz zabudowanej dla obszaru ograniczonego wcześniej do dwóch wydzieleni miejskich leżących przy jednej ulicy.

Podobną analizę wykonał K. Nieścioruk (2013). Analizie podlegała zmiana krajobrazu w związku z rozrostem przestrzeni miejskiej na przykładzie osiedla Czuby w Lublinie. Celem badań było sprawdzenie czy i za pomocą jakich narzędzi można odtworzyć zagospodarowanie terenu jeszcze przed intensyfikacją procesu urbanizacji. W pracy wykorzystano mapy i zdjęcia satelitarne oraz zdjęcia naziemne. Przeprowadzono georeferencję materiałów kartograficznych. W dalszej części przeprowadzono wektoryzację obiektów, a następnie przeanalizowano zmiany.

O metodycznych aspektach analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne pisał również J. Kuna (2015). Autor wskazał dwie nadrzędne zasady doboru map topograficznych do analiz zmienności przestrzeni geograficznej – cel badania oraz dostępność map. W przypadku wyznaczania celu badania, należy wyznaczyć aspekty badanego zjawiska, powód dla którego został wybrany i spodziewane rezultaty. Natomiast jeśli chodzi o dostępność map, należy zwrócić uwagę na historię kartowania analizowanego terenu oraz istniejące opracowania map topograficznych. Z badania wynika, że ważnym elementem doboru map topograficznych jest również stopień generalizacji kartograficznej. Autor wyjaśnił, że między stopniem generalizacji dawnych map topograficznych a map współczesnych na zbliżonym poziomie skalowym jest znacząca różnica. Zwrócono również uwagę na rozbieżność obiektów na dawnych mapach względem pomiarów GNSS, bądź w porównaniu do danych zawartych w BDOT10k czy ortofotomapy. Znacząca jest więc skala porównywanych map. W artykule określono również metody ujednoczania podstaw matematycznych dawnych map topograficznych. Następnie wymienione zostały trzy podstawowe rodzaje transformacji i ich założenia oraz podział na dwie grupy metody kalibracji map: metody kalibracji map o znanych podstawach matematycznych oraz metody kalibracji map o niepewnych podstawach matematycznych. Określono jakie zasady kalibracji stosuje się do tych dwóch metod. Autor stwierdził, iż kalibracja dawnych map topograficznych w oparciu o współczesne mapy, lub dane przestrzenne jest uzasadniona jeśli materiały referencyjne zostały wykonane w skali nie mniejszej niż źródła historyczne. Odnotowano również fakt dotyczący punktów wpasowania, którymi powinny zostać obiekty, których położenie nie zmieniło się w ciągu analizowanego okresu. Następnie wymieniono liczbę punktów wpasowania, która pozwala na podstawowe transformacje. Kolejnym ważnym zagadnieniem omawianym w artykule była problematyka interpretacji treści dawnych map topograficznych. Autor był zdania, że poprawne odczytywanie map topograficznych wymaga zrozumienia mapy jako złożonego komunikatu kartograficznego, który przedstawia rzeczywistość za pomocą znaków kartograficznych. W czasie, gdy nie były dostępne zaawansowane techniki opracowania map, a mapy były jednokolorowe, kartografowie byli zmuszeni do różnicowania znaków kartograficznych za pomocą zmiennych kształtu, które często różniły się jedynie subtelnymi detalami. Autor wspominał, że przegląd różnych map z podobnego okresu umożli-

liwia porównanie jakości badanej mapy w warunkach danej epoki. W artykule stwierdzono również, że przeprowadzenie większości analiz przestrzennych treści map dawnych wymaga ich digitalizacji. W programach GIS możliwe jest zastąpienie topologicznych punktów, linii i poligonów odpowiednimi znakami kartograficznymi. Dla linii są to sygnatury liniowe, dla punktów – sygnatury punktowe, a dla powierzchni – różnego rodzaju wypełnienia lub desenie. Autor wnioskował, że przetworzenie map dawnych do postaci zdigitalizowanej znacznie ułatwia ich efektywne wykorzystanie, jednak pozorna łatwość oraz szybkość wykonywania takich analiz może przyczynić się do spadku wartości merytorycznej źródeł danych.

Powódź w roku 1997

Powódź opadowo-rozlewna z lipca 1997 roku, nazywana potocznie „powodzią tysiąclecia” została uznana za największe wezbranie w okolicach Wrocławia od roku 1813. Było to wezbranie spowodowane wyjątkowo dużymi opadami w dniach 3–9 lipca oraz 17–21 lipca 1997 roku. Głównym powodem obfitości opadów atmosferycznych była wędrówka niżów znad Europy południowo-zachodniej na północny-wschód. Najbardziej intensywne opady występowały w chłodnej części niżów, gdzie intensyfikowane były komórkami burzowymi oraz wymuszonymi działaniem procesów orograficznych prądami wstępującymi (Słomska 1998). Wysokie opady przyczyniły się do powstania niespotykanych dotąd fal powodziowych. Przed Wrocławiem doszło do ich koncentracji. Fala kulminacyjna Nysy Kłodzkiej nałożyła się z czołem fali górnej Odry co spowodowało, że woda z niezwykle intensywnością uderzyła we Wrocław i okolice. 12 lipca 1997 roku rzeka Ślęza, czyli lewobrzeżny dopływ Odry wdarła się na teren Kozanowa zalewając osiedle, które później zostało zalane również przez Odrę. W porównaniu do powodzi, które dotychczas występowały na tym obszarze, na przykład na początku XX wieku, ta z 1997 roku została uznana za wyjątkowo dotkliwą. Wrocław w swojej historii był zalewany wielokrotnie, a po dużych powodziach w 1903 oraz 1905 roku władze miasta zaplanowały budowę Wrocławskiego Węzła Wodnego. Ta wybudowana w 1920 roku infrastruktura hydrotechniczna mogła sobie poradzić z falą wody o przepływie 2200–2400 m³/s (626 cm). Infrastruktura sprawdziła się również w trakcie powodzi w 1977 i 1985 roku jednak wraz z biegiem lat zdolność do zatrzymania fal powodziowych znacznie zmalała (Skotnicka 2012). W lipcowej powodzi z 1997 przepływ na Odrze wynosił około 3600 m³/s, czyli o 50% więcej, niż projektowany dla istniejących ówczesnie urządzeń wodnych chroniących przed powodzią (Bobiński, Żelaziński 1997).

SKUTKI POWODZI Z ROKU 1997 WE WROCŁAWIU

Wrocław był jednym z najbardziej dotkniętych powodzią miast w Polsce (Lechowska 2017). Ponad 30% powierzchni miasta znalazło się pod wodą. Wysokość strat w gminie Wrocław wynosiła około 99,2% jej budżetu na rok 1997 (Kasprzak 2010). Straty w ówczesnym województwie wrocławskim oszacowano na kwotę 2745 mln złotych. Ponad 6 tysięcy gospodarstw rolnych oraz szereg budynków użyteczności publicznej o randze regionalnej zostało dotkniętych powodzią (MKOOPZ, 1999). Wysokość strat we Wrocławiu była spowodowana bardzo dużą powierzchnią obszarów zagrożonych powodzią (Lechowska 2017). Na terenie osiedla Kozanów stagnacja wody utrzymywała się kilka dni i w niektórych miejscach sięgała powyżej pierwszego piętra (Ryc. 1).

Wybór obszaru badań

Do analizy zmian wybrano osiedle Pilczyce-Kozanów-Popowice Północne położone na północny zachód od centrum Wrocławia (Ryc. 2). Podczas powodzi z 1997 roku teren osiedla został przykry-



Ryc. 1. Zalane osiedle Kozanów w trakcie powodzi z lipca 1997 roku, Polska Agencja Prasowa (L. Wróblewski, 13.07.1997)

Fig. 1. Flooded Kozanów neighborhood during flooding in July 1997, Polish Press Agency (L. Wróblewski, 13.07.1997)



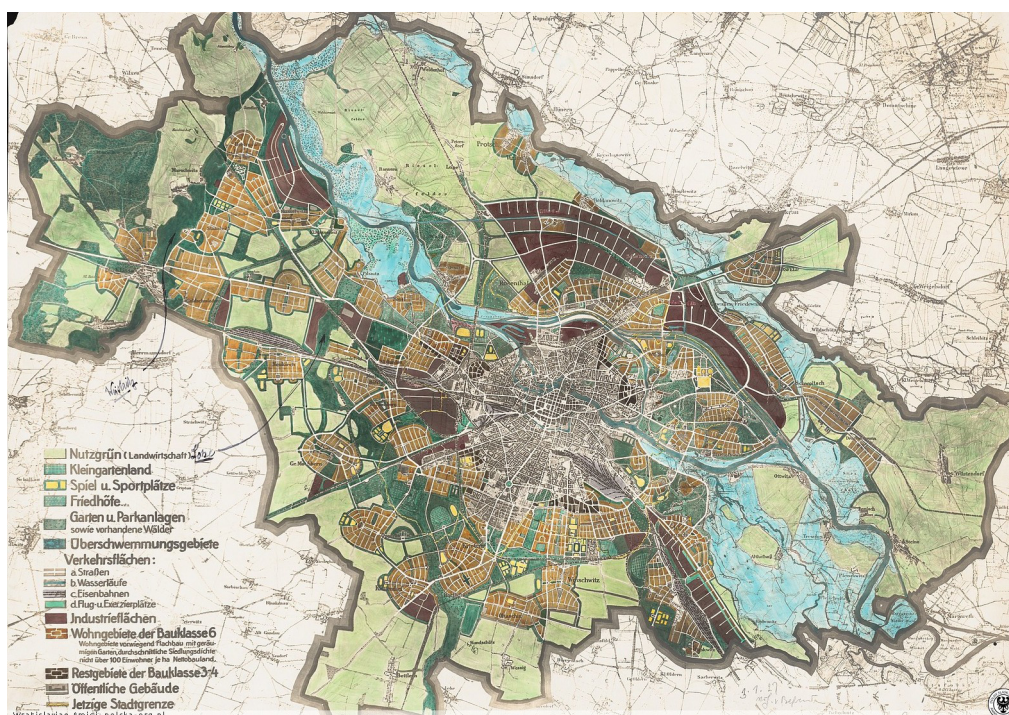
Ryc. 2. Położenie Kozanowa w granicach administracyjnych Wrocławia. Opracowanie własne na podstawie danych z Geoportalu Wrocławia. Kolorem niebieskim zaznaczono osiedle Pilczyce-Kozanów-Popowice Północne.

Fig. 2. Kozanów on a map of administrative borders of Wrocław. Own study based on data from Geoportal Wrocław. Pilczyce-Kozanów-Popowice Północne neighborhood marked with blue colour.

<https://www.google.com/url?q=https://geoportal.wroclaw.pl/&sa=D&source=docs&ust=1666991716800322&usg=AOvVaw2iwqde44-UHBLtTHle0R3O>

ty wodą. Zachowane zdjęcia wskazują na ogromną skalę wezbrania, które pojawiło się wówczas na terenie miasta.

Według prawa jeszcze przed drugą wojną światową okolice Kozanowa przestały być określane jako polder powodziowy, czyli „urządzenie wodne odgradzone od koryta rzeki, mogące okresowo przetrzymać nadmiar wód powodziowych, zalewane, a następnie odwadniane za pomocą urządzeń wlotowych i upustowych, samoczynnie lub w sposób kontrolowany” (Prawo wodne, 2017, s. 15). Fak-



Ryc. 3. F. Behrendt. Studium do Generalnego planu zabudowy Wrocławia z 1924 roku.

Źródło: zbiory Stowarzyszenia Wratislaviae Amici: Dolny Śląsk na fotografii

<https://polska-org.pl/676238,foto.html> (dostęp: 29.10.2019). Ueberschwemmungsgebiete – tereny zalewowe.

Fig. 3. F. Behrendt. Study of General Plan of the buildings coverage in Wrocław in 1924.

Source: collections of Stowarzyszenie Wratislaviae Amici: Lower Silesia in the photo

<https://polska-org.pl/676238,foto.html> (access: 29.10.2019). Ueberschwemmungsgebiete – flood plains.

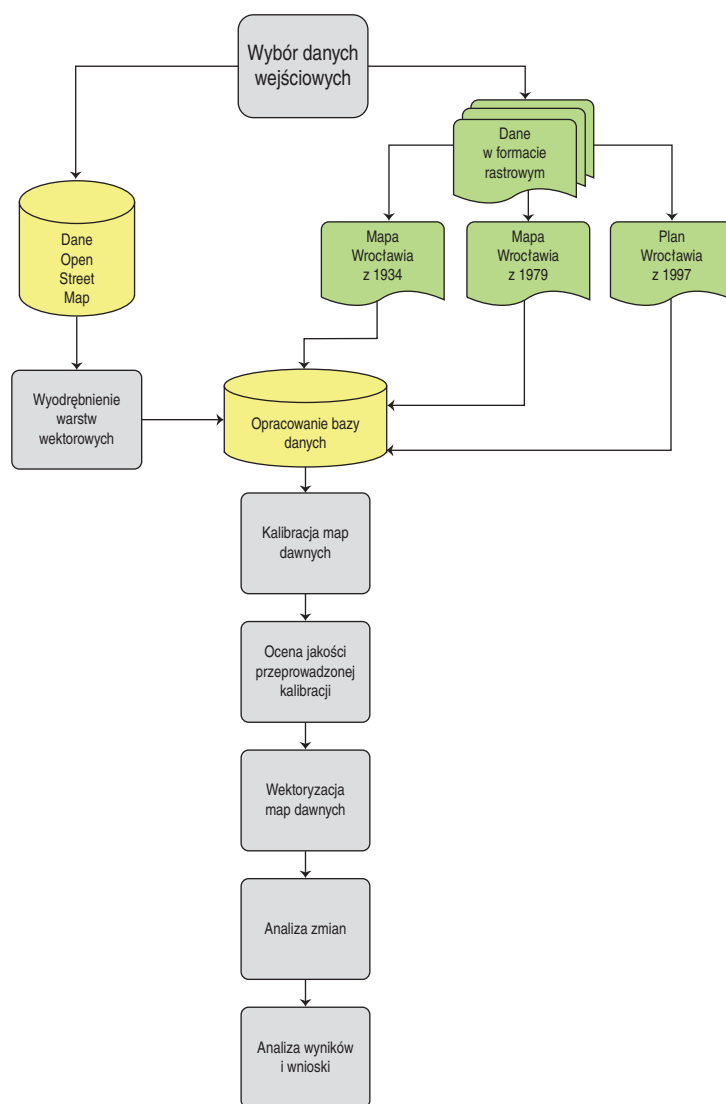
tem jednak jest, że osiedle Kozanów zostało wybudowane na terenie zalewowym. Teren ten znajduje się w naturalnym obniżeniu, przez co jest narażony na niszczycielskie skutki wezbrań. Przedwojenni niemieccy architekci, a także urbaniści planowali pozostawienie tego obszaru jako niezabudowany w razie pojawienia się wezbrania na rzece (Ryc. 3).

METODYKA BADAŃ

Metodyka obejmowała realizację najważniejszych etapów badania, które przedstawiono na schemacie (Ryc. 4). Po wyborze danych wejściowych, dane podzielono na dane w formacie rastrowym oraz dane w formacie wektorowym i opracowano wspólną bazę danych dla wszystkich obiektów. Następnym krokiem było przeprowadzenie kalibracji map dawnych i ocena jakości przeprowadzonej kalibracji. W kolejnym etapie zwektoryzowano dane zawarte na mapach. Następnie przeprowadzono analizę zmian, której wynikiem były mapy zmian z lat 1934–2020. Kolejnym etapem była analiza wyników badań oraz wnioski.

Wybór danych wejściowych

Przed rozpoczęciem analizy zmian wyznaczono dane wejściowe. W trakcie wyboru map kierowano się następującymi kryteriami:



Ryc. 4. Schemat badań.

Źródło: Opracowanie własne.

Fig. 4. Research schema.

Source: Own study.

- dobra przejrzystość rysunku zabudowy,
- jednolitość skali,
- różnorodność okresów czasowych względem:
 - zabudowy obszaru przed rozpoczęciem drugiej wojny światowej
 - zabudowy osiedla przed budową bloków z tzw. „wielkiej płyty”
 - zabudowy osiedla bezpośrednio przed powodzią z 1997 roku
 - zabudowy teraźniejszej Kozanowa, czyli aktualnej na rok 2020.

Przedmiotem analizy w niniejszych badaniach jest zmiana zagospodarowania obszaru. Kryterium przejrzystości rysunku zabudowy jest istotne, aby dane na mapie były klarowne i wyraźnie widoczne. Przy analizie map dawnych nadrzędnym kryterium jest ich skala. Porównywanie mapy w skali małej do mapy w skali dużej i odwrotnie może być problematyczne lub wręcz niewykonalne ze względu



Ryc. 5. Fragment arkusza Topographische Karte „Deutsch Lissa” z roku 1934 w skali 1 : 25 000, Reichsamt für Landesaufnahme, „Pruski Urząd Miar, Topografii i Kartografii”.

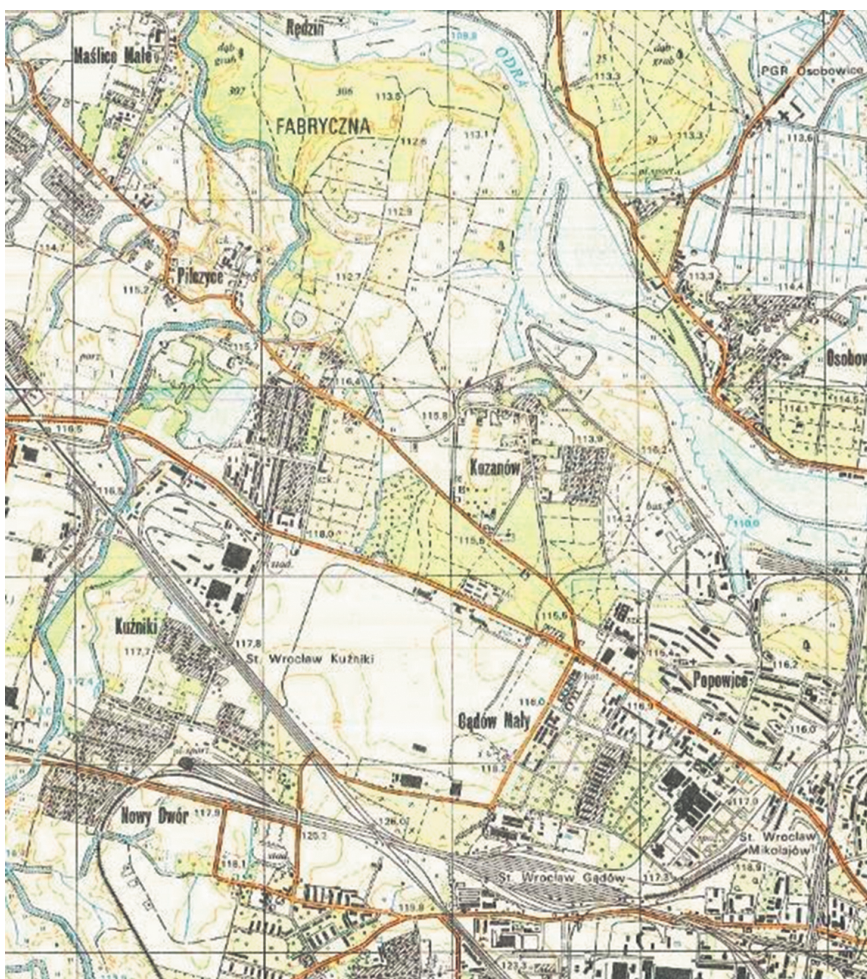
Fig. 5. Part of a map sheet Topographische Karte ”Deutsch Lissa” from 1934 scale 1 : 25 000, Reichsamt für Landesaufnahme, “Prussian Office of Measures, Topography and Cartography”.

na różnice wynikające ze stopnia generalizacji. Przykładowo, obiekty na mapach w skali 1 : 100 000 mogą być znacząco uproszczone względem tych samych obiektów na mapie w skali 1 : 25 000, dlatego tak kluczowe jest analizowanie map w podobnych skalach.

Do analizy zostały wykorzystane dwie mapy dawne, jeden plan oraz dane w formacie wektorowym pochodzące z bazy danych OSM.

Pierwszym analizowanym źródłem był fragment arkusza o godle 2827 „Deutsch Lissa” mapy Topographische Karte z roku 1934 w skali 1 : 25 000 (Ryc. 5). Został wybrany, ponieważ prezentuje zabudowę obszaru przed rozpoczęciem drugiej wojny światowej, kiedy Wrocław był miastem niemieckim. Kolejnym źródłem był fragment arkusza Wojskowej Mapy Topograficznej o godle M-33-34-D-b, „Wrocław-Fabryczna” z 1979 roku w skali 1 : 25 000 (Ryc. 6). Wybrano ten fragment, by przeanalizować zmienione użytkowanie terenu po wojnie, lecz jeszcze przed wybudowaniem licznych bloków z tzw. „wielkiej płyty”. Jako kolejne źródło danych wybrano plan miasta Wrocławia z roku 1997 roku w skali 1 : 22 000 (Ryc. 7), aby przeanalizować zabudowę Kozanowa bezpośrednio przed niszczycielską powodzią z 1997 roku. Następnie, aby porównać zagospodarowanie terenu na mapach dawnych do danych współczesnych, wybrano dane wektorowe z OpenStreetMap (Ryc. 8).

OpenStreetMap jest to projekt zapoczątkowany przez Steve’a Coast’a w 2004 roku. Ma za zadanie dostarczać zarówno dane przestrzenne, jak i mapy internetowe. Baza danych jest tworzona przez wolontariuszy, co umożliwia każdemu, w dowolnym momencie, dodawanie lub edytowanie obiektu w bazie. Nie jest jednak pozbawiona błędów, jakimi są niewyczerpujące i nieściśle definicje obiektów i związanych z nim kluczy tzw. „use”, czy niekompletność obiektów zapisanych na danym obszarze



Ryc. 6. Fragment arkusza Wojskowej Mapy Topograficznej „Wrocław-Fabryczna” z 1979 roku w skali 1 : 25 000, Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

Fig. 6. Part of a map sheet of “Wojskowa Mapa Topograficzna” “Wrocław-Fabryczna” from 1979 in scale 1 : 25 000, Main Office of Geodesy and Cartography.

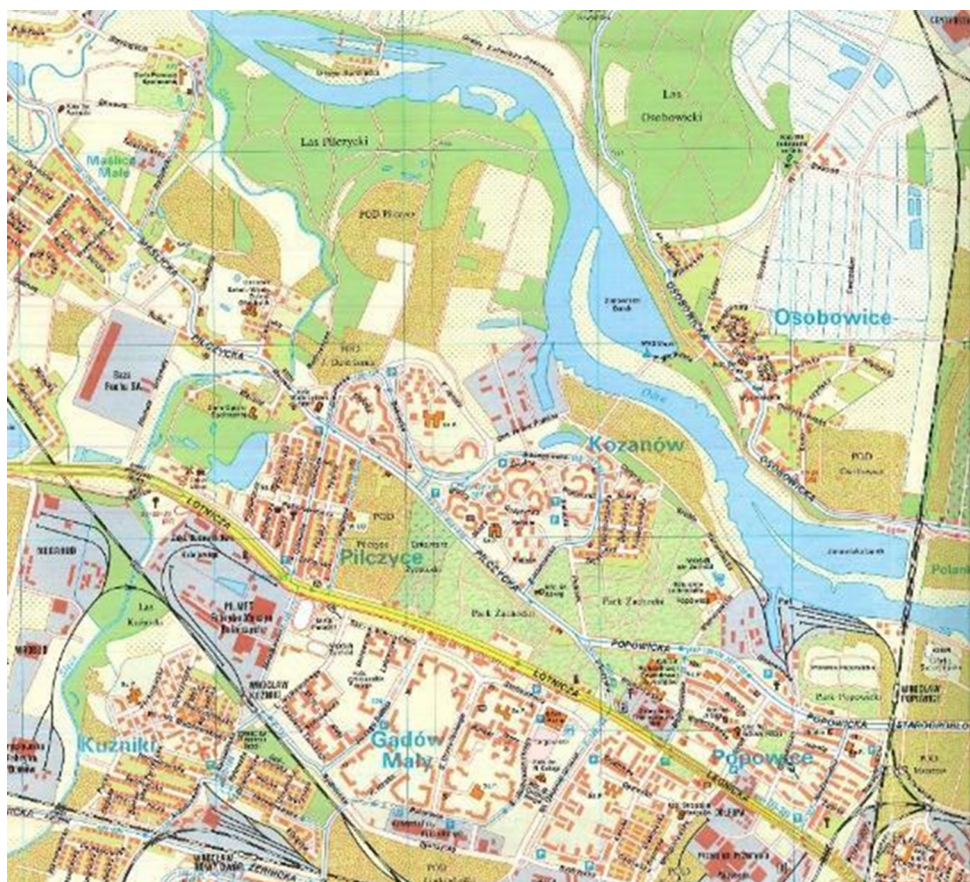
(Nowak-DaCosta i in. 2016). OSM, mimo pewnych niedociągnięć, charakteryzuje wysoki poziom aktualności. Bazę danych wybrano po to, aby poddać analizie najbardziej aktualną zabudowę tego obszaru, co nie byłoby możliwe w przypadku użycia bazy danych BDOT10k, która nie jest aktualizowana w czasie rzeczywistym, tak jak OSM. W zależności od obszaru aktualność bazy BDOT10k waha się od 2015 do 2016 roku.

Na opracowanych w ramach badań mapach obszar osiedla nie został przedstawiony w całości. W celu uzyskania porównywalności statystyk ilościowych, zasięg został ujednolicony do obszaru, który znajduje się na poddanych analizie mapach dawnych (Ryc. 9).

Wyodrębnienie warstw wektorowych z danych Open Street Map

W bazie danych OSM wydzielono wiele kategorii obiektów geograficznych. Pobierając dane dotyczące Kozanowa ze strony internetowej³ otrzymano osiem kategorii klas obiektów w formacie sha-

³ extract.bbbike.org



Ryc. 7. Fragment planu miasta Wrocławia z roku 1997 w skali 1 : 22 000, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera S.A.

Fig. 7. Part of a city plan of Wrocław from 1997 in scale 1 : 22 000, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera S.A.

pefile. Są to warstwy dotyczące: budynków („buildings”), kompleksów użytkowania terenu („landuse”), kompleksów użytkowania terenów naturalnych („natural”), pozostałych miejsc („places”), sieci punktów („points”), sieci kolejowej („railways”), sieci drogowej („roads”) oraz sieci wodnej („waterways”). Na kategorie klas składają się klasy obiektów. Celem wyodrębnienia warstw wektorowych z bazy OSM był wybór warstw dotyczących zagospodarowania terenu. Pominięto kategorie klas dotyczące sieci punktów i miejsc, w których znajdują się dane, których nie znajdziemy na analizowanych mapach. Są to na przykład przystanki autobusowe, ławki czy kosze na śmieci. Wyodrębniono warstwy dotyczące użytkowania terenu, obszarów naturalnych, sieci drogowej, sieci wodnej oraz sieci kolejowej.

Opracowanie bazy danych

Przed procesem wektoryzacji zaprojektowano bazę danych, w której przechowywane są informacje dotyczące map dawnych. Opracowanie bazy danych rozpoczęto od przestudiowania legend map i tego co się znajduje na mapie analizowanego obszaru. Baza danych została podzielona na pięć kategorii klas obiektów – hydrografię, sieć drogową, sieć kolejową, użytkowanie terenu oraz zabudowę. Poszczególne klasy wydzielono na podstawie legend map dawnych oraz legendy mapy z bazy Open Street Map, aby zapewnić porównywalność danych wykorzystanych do analiz. Celem opracowania



Ryc. 8. Mapa osiedla Kozanów.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z OpenStreetMap.

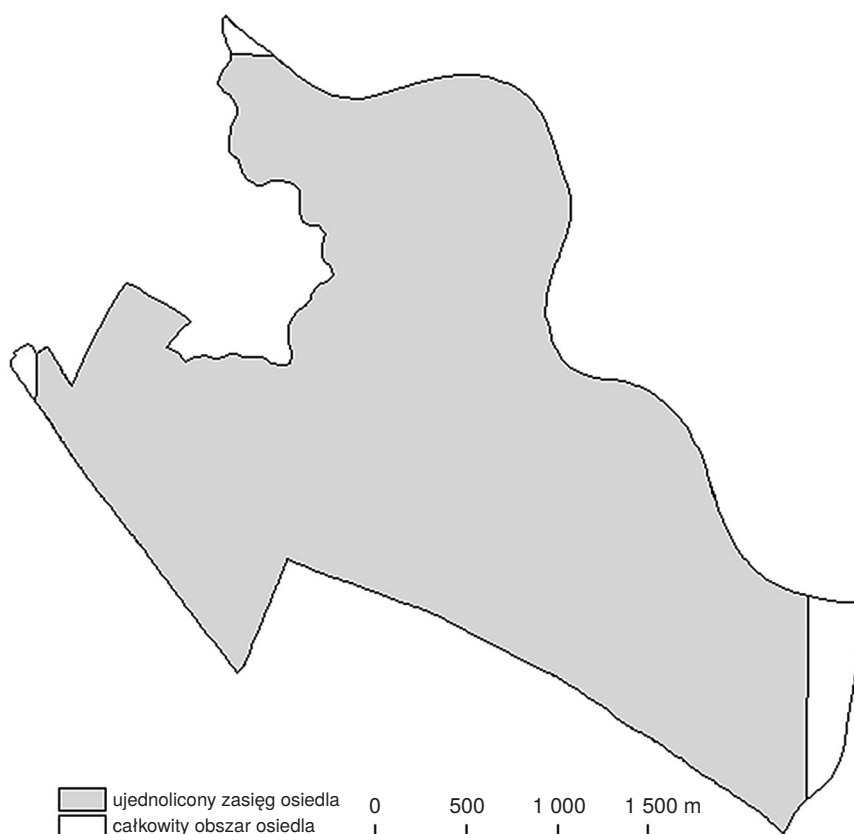
Fig. 8. Map of Kozanów Neighborhood.

Source: Own study based on OpenStreetMap data.

bazy danych było również ujednoczenie legend, co jest konieczne w kontekście porównywania zmian na analizowanych mapach. Ujednoliconą legendą nie stanowi żadnej oficjalnie przyjętej klasyfikacji natomiast opiera się ona na metodyce zaproponowanej we wcześniejszych badaniach (Panecki 2018).

Kalibracja map dawnych

Mapy z lat 1934, 1979 oraz 1997 poddano georeferencji. Skany map wpsawano w układ współrzędnych PUWG 1992 (układ odniesienia ETRS89, odwzorowanie Gaussa-Krügera). Wszystkie wybrane mapy były oparte na osnowie geodezyjnej, co ułatwiło znacznie proces georeferencji. Do przeprowadzenia kalibracji użyto transformacji afinicznej pierwszego stopnia. Aby kalibracja w tej transformacji dała poprawne rezultaty należy wyznaczyć przynajmniej trzy punkty wpsawania. Wybrano cztery punkty na mapie, rozmieszczone równomiernie na jej powierzchni w celu uniknięcia niepożądanych zmian kształtu obrazu. Jako punkty wpsawania wybrano punkty charakterystyczne, czyli skrzyżowania głównych ulic i ścieżek.



Ryc. 9. Zasięg obszaru znajdującego się na wybranych mapach w porównaniu do zasięgu osiedla. Ujednolicony zasięg obszaru przedstawiony został kolorem szarym. Białym wypełnieniem została zaznaczona całkowita powierzchnia osiedla Pilczyce-Kozanów-Popowice Północne.

Fig. 9. The extent of the area on the selected maps compared to the range of the estate. Unified area marked with grey color.

The whole area of the neighborhood Pilczyce-Kozanów-Popowice Północne marked with white color.

Wektoryzacja

W kolejnym etapie dokonano wektoryzacji skalibrowanych map. W wyniku wektoryzacji obszaru trzech map o łącznej powierzchni 823,04 ha dla roku 1934 opracowano 667 obiektów powierzchniowych w 8 kategoriach oraz 240 obiektów liniowych w 7 kategoriach. Dla roku 1979 zwektoryzowano 677 obiekty powierzchniowe w 7 kategoriach i 164 obiekty liniowe w 7 kategoriach. Dla roku 1997 opracowano 615 obiektów powierzchniowych w 8 kategoriach oraz 257 obiektów liniowych w 7 kategoriach.

Desenie oraz sygnatury liniowe poszczególnych warstw w legendzie wzorowano na legendach współczesnych map topograficznych (MSWiA, 2011) (Ryc. 10).

WYNIKI

Ocena jakości przeprowadzonej kalibracji

Istotną częścią szacowania dokładności kalibracji jest błąd RMS, który w programie ArcMap wyświetlany jest w postaci tabeli. W rezultacie wartość błędu RMS dla kalibracji mapy z roku 1934



Ryc. 10. Zestandaryzowana legenda do map wynikowych osiedla Kozanów.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie MSWiA, 2011.

Fig. 10. Standardized legend of result maps of Kozanów neighborhood.

Source: Own study based on MSWiA, 2011.

wyniosła 8 metrów (Ryc. 11), dla kalibracji mapy z roku 1979 3 metry (Ryc. 12), a dla roku 1997 6 metrów (Ryc. 13). Wszystkie te wartości mieszczą się w dopuszczalnych granicach błędów RMS dla map opartych na osnowie geodezyjnej.

Link									
Total RMS Error: Forward:7,99461									
	Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual	
+	1	669,350538	-825,052748	357181,863...	364992,082...	-10,3819	-6,02932	12,0057	
+	2	1071,770123	-983,279550	358675,362...	364381,680...	7,2702	4,22219	8,4073	
+	3	1105,515152	-812,925226	358796,849...	365001,656...	-2,02851	-1,17807	2,34578	
+	4	272,303744	-596,474438	355744,017...	365880,799...	5,14021	2,9852	5,94417	

Auto Adjust
 Degrees Minutes Seconds

Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)
 Forward Residual Unit : Unknown

Ryc. 11. Wynik kalibracji mapy z roku 1934.

Fig. 11. The result of map calibration from 1934.

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	983,476089	-328,533166	357826,301...	366930,078...	0,0550888	-0,467597	0,470831
2	273,459796	-1268,021737	356268,731...	364994,643...	0,337703	-2,86644	2,88626
3	707,923129	-1258,743789	357181,863...	364992,082...	-0,575817	4,88757	4,92137
4	1426,619287	-1521,609274	358675,362...	364381,680...	0,183025	-1,55353	1,56427

Ryc. 12. Wynik kalibracji mapy z roku 1979.
Fig. 12. The result of map calibration from 1979.

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	1285,392049	-537,021400	357826,301...	366930,078...	0,918371	-0,126685	0,927067
2	940,798794	-1684,714587	357181,863...	364992,082...	-9,25539	1,27674	9,34304
3	394,823155	-1696,159208	356269,013...	364994,864...	5,36872	-0,740594	5,41956
4	1821,683068	-2019,102966	358675,362...	364381,680...	2,9683	-0,409465	2,99641

Ryc. 13. Wynik kalibracji mapy z roku 1997.
Fig. 13. The result of map calibration from 1997.

Mapy wynikowe

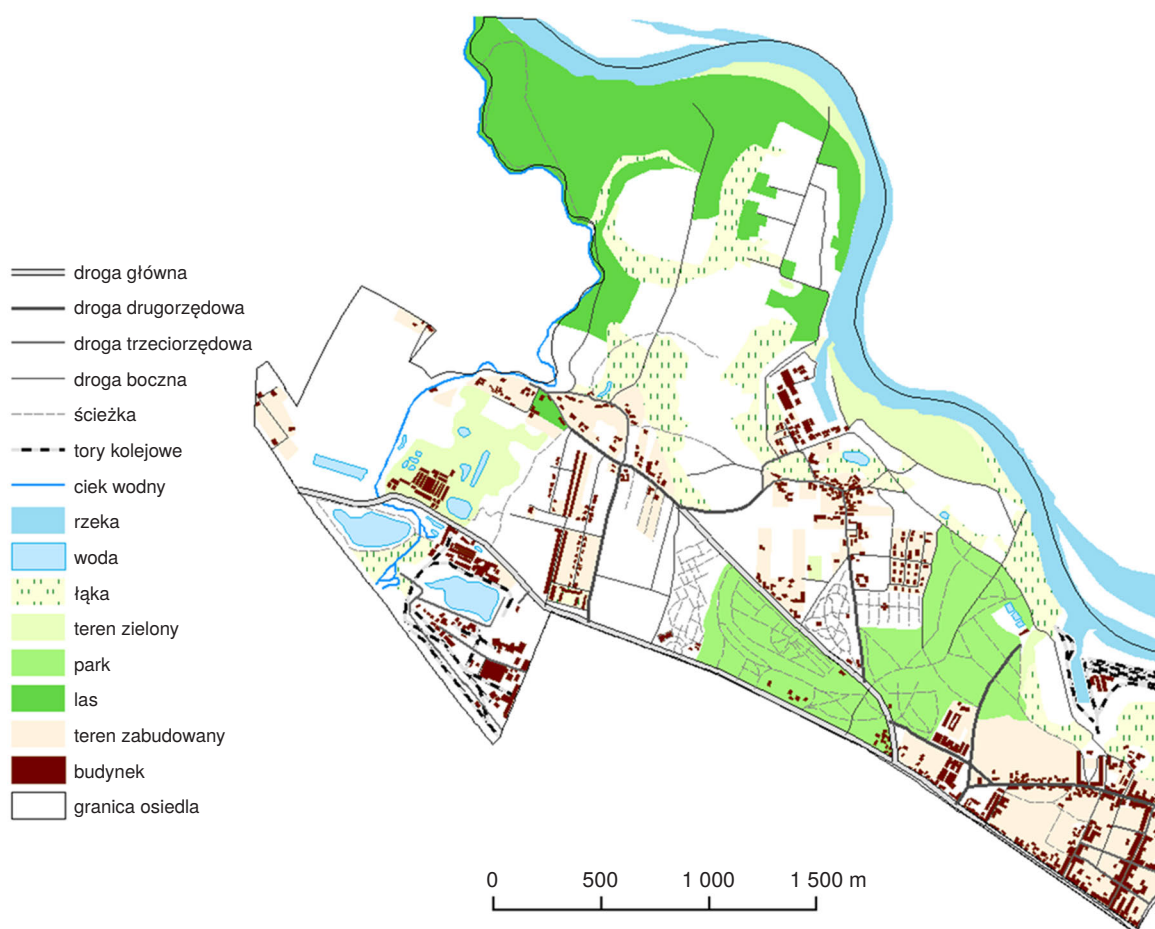
Wynikiem badań są zdigitalizowane mapy prezentujące osiedle Kozanów w latach 1934, 1979, 1997 i 2020, przedstawione na Ryc. 14, 15, 16 oraz 8.

Ilościowe zmiany w strukturze zagospodarowania

Brak niektórych wydzielen w poszczególnych latach zaburzył całkowitą analizę zmian zagospodarowania terenu osiedla. Powierzchnię poligonów obliczono w hektarach, a długość obiektów liniowych w kilometrach (tabela 1). W tabelach brakuje danych dotyczących powierzchni parku w roku 1979, którego wydzielenie w tym roku nie występowało. W tabeli po roku 1979 pojawiają się ogródki działkowe. Zarówno autostrada, jak i tory tramwajowe pojawiają się dopiero na mapie z roku 2020, więc nie można porównać ich ilościowo.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Najważniejszą różnicą między bazą danych OSM, a bazą zaprojektowaną w ramach niniejszych badań dla map dawnych jest brak niektórych wydzielen. Rozbieżność jest widoczna głównie przy

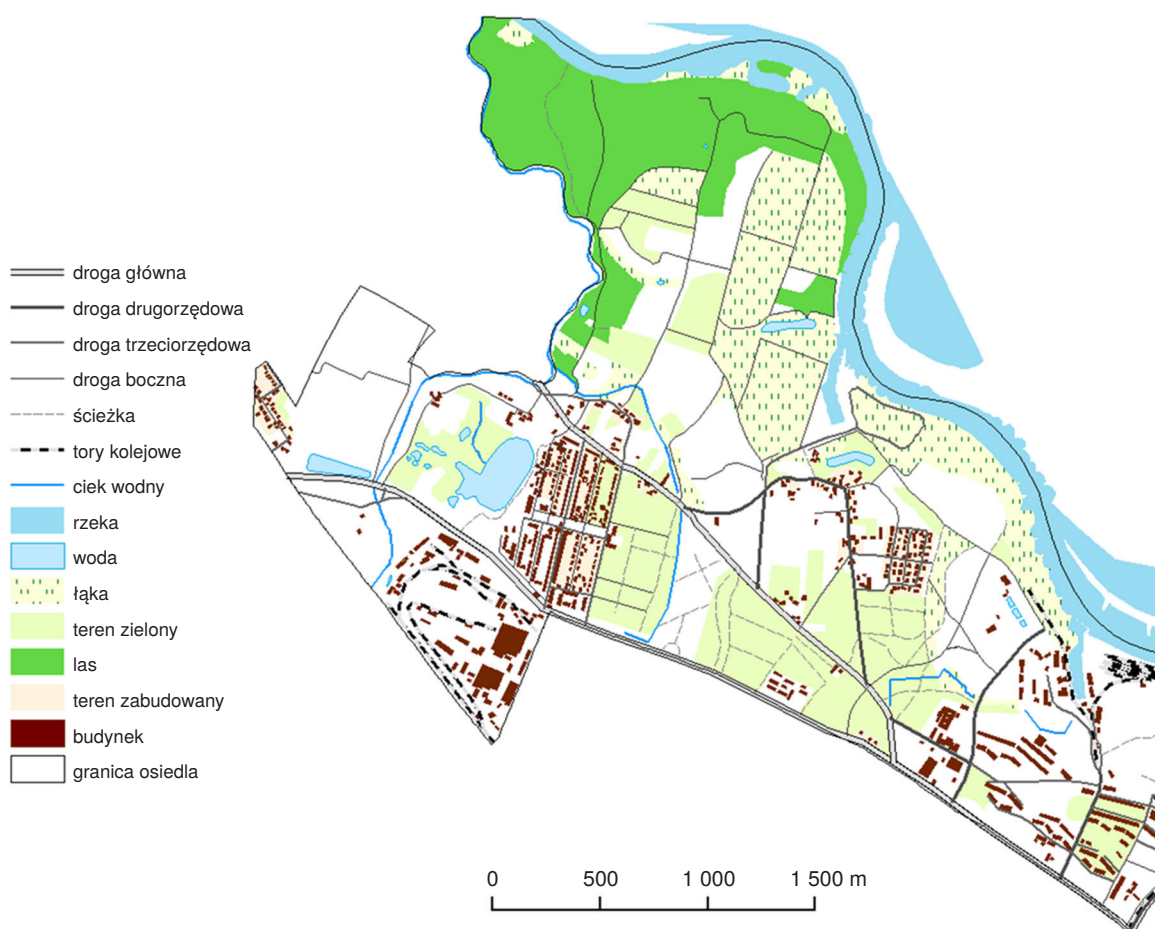


Ryc. 14. Osiedle Kozanów w roku 1934.

Fig. 14. Kozanów neighborhood in 1934.

warstwach, które pojawiły się po 1997 roku. Było to między innymi pojawienie się autostrady oraz torów tramwajowych na mapie z OSM. Różnica jest zauważalna również w przypadku braku ogródków działkowych w latach 1934 i 1979, które pojawiły się dopiero na planie w roku 1997. Brak również wydzielenia parku na mapie w roku 1979. Wynika to z charakteru mapy. Jest to dawna mapa wojskowa, gdzie zwykle nie pojawiały się tego typu wydzielenia zieleni. Ze względu na problem pojawiający się przy scharakteryzowaniu niektórych obszarów związanych z zielenią właśnie na tej mapie, obszary te zaklasyfikowano do terenów zielonych. Na planie w roku 1997 natomiast nie pojawia się wydzielenie terenu zabudowanego.

Kolejną trudnością w klasyfikacji obiektów w trakcie wektoryzacji była niespójność oznaczenia dróg na mapie z roku 1934 (Ryc. 17). Ulice (Straßen) od góry w legendzie wyróżniono wydzielenia: droga krajowa (Fernverkehrsstraße); IA – minimalna użyteczna szerokość 5,5 m z dobrą konstrukcją, absolutnie przydatna dla ciężarówek o każdej porze roku (IA etwa 5,5 m Mindesnutzbreite mit guten Unzbau, für Lastkraftwagen zu jeder Jahreszeit unbedingt brauchbar); IB – mniej twarda, minimalna użyteczna szerokość około 4 m dla ciężarówek, ma jedynie ograniczone zastosowanie (IB weniger fest, etwa 4 m Mindesnutzbreite für Lastkraftwagen nur bedingt brauchbar). Z powodu błędów przy reprodukcji map techniką litografii – czyli techniki druku płaskiego wykorzystującego płytę kamienną używanej powszechnie do końca lat trzydziestych XX wieku do reprodukcji map – precyzja rysowania cienkich linii mogła zostać zaburzona. Naniesiony rysunek staje



Ryc. 15. Osiedle Kozanów w roku 1979.

Fig. 15. Kozanów neighborhood in 1979.

się częścią drukującą, do którego przylega farba, odciskana następnie na papier. W trakcie nanoszenia linii, ołówek mógł ulec stępieniu i następnie powodować nieregularności w rysowaniu (Kuna 2015; Czajka, Kijakowski 2010). Również jakość skanu mapy z roku 1934 okazała się niewystarczająca. Połączenie metody prezentacji mapy w dwóch kolorach (czarny i niebieski) wraz ze słabym jakościowo skanem mapy utrudniło rozróżnianie budynków od niektórych deseni oraz sygnatur.

Znacząco zmieniała się liczba budynków w ramach analizowanych stanów czasowych (Ryc. 18). Mimo niewielkiej różnicy między rokiem 1934 a 1979 (wzrost powierzchni warstwy o 0,33 hektara) znacząco zwiększyła się różnica w powierzchni między rokiem 1979 a 1997, gdzie pokrycie zabudową wzrosło o niemal 30 hektarów. Tak duży wzrost spowodowany jest rozbudową zabudowy miejskiej, budową blokowisk i nowych osiedli, jak również większą niedokładnością oznaczenia faktycznej wielkości i powierzchni budynków na planie z roku 1997. Różnica jest zauważalna w obrysie zaznaczonych budynków między mapą z roku 1979 a planem z roku 1997. Pierwszą przyczyną takiego zjawiska jest różnica w skali. W przypadku mapy skala wynosi 1 : 25 000, a w przypadku planu – 1 : 22 000. Równie ważnym aspektem jest stopień generalizacji. Na planie z roku 1997 generalizacja konturów budynków jest nieco większa niż na mapie z roku 1979. W kartografii użytkowej przyjęte jest stosowanie znaków o większych rozmiarach niż na mapach topograficznych. W roku 2020 powierzchnia zagospodarowania budynkami osiedla Kozanów zmalała o niemal 5 hektarów, jednak



Ryc. 16. Osiedle Kozanów w roku 1997.

Fig. 16. Kozanów neighborhood in 1997.

dalej (Ryc. 18) można zaobserwować znaczny wzrost liczby budynków na mapie. Oprócz pojawienia się nowych budynków po roku 1997 wzrost liczby jest spowodowany również większym poziomem szczegółowości danych OSM, co powoduje występowanie na mapie obiektów, które na mapach w skali 1:25 000 podlegają zazwyczaj generalizacji ilościowej lub agregacji. Przedstawia to fałszywy obraz wzrostu zagęszczenia zabudowy.

Tereny zielone w roku 1934 zajmowały powierzchnię 46,2 hektarów, następnie, w roku 1979 (143,6) nastąpił znaczny wzrost powierzchniowy, o niemalże 100 hektarów. Jest to spowodowane połączeniem wielu wydzieleń zieleni. Ze względu na brak odpowiednich wydzieleń w legendzie mapy z roku 1979 wątpliwe obszary zaklasyfikowano do terenów zielonych. W roku 1997 powierzchnia terenów zielonych wynosiła 46,4 hektara, natomiast w 2020 powierzchnia znów wzrosła, tym razem do 80,7 hektarów. Większa szczegółowość danych na mapie z OSM w roku 2020 spowodowała wzrost tej wartości.

Analizując powierzchnię ogródków działkowych możliwe jest porównanie tylko dwóch okresów, w których te wydzielenia się pojawiają. Na mapie z roku 1997 powierzchnia ogródków działkowych wynosiła 88,8 hektara, natomiast w roku 2020 było to 75,9 hektara. Na mapie z roku 2020 widoczne jest rozproszenie powierzchni zajmowanej przez ogródki działkowe oraz pojawienie się jej w nowych miejscach, co widoczne jest na mapie porównawczej (Ryc. 19).

Tabela 1. Porównanie struktury zagospodarowania osiedla Kozanów w latach 1934–2020.**Table 1.** Comparison of the land use structure of the Kozanów neighborhood in the years 1934–2020.

klasa obiektów feature class	suma w 1934 total in 1934	%	zmiana 1934–1979 change 1934–1979 [%]	suma w 1979 total in 1979	%	zmiana 1979–1997 change 1979–1997 [%]	suma w 1997 total in 1997	%	zmiana 1997–2020 change 1997–2020 [%]	suma w 2020 total in 2020	%	miano denomination
budynek	24,7	5	1	25,0	5	120	55,0	10	-10	49,3	10	ha
teren zabudowany	108,5	21	-74	28,7	6	-	-	-	-	109,2	22	ha
łąka	79,0	15	39	109,5	21	-49	55,6	10	-64	20,0	4	ha
teren zielony	46,2	9	211	143,6	28	-68	46,4	8	74	80,7	16	ha
ogródki działkowe	-	-	-	-	-	-	88,8	16	-15	75,9	15	ha
park	78,9	15	-	-	-	-	91,7	16	2	93,7	19	ha
las	98,0	19	-1	96,9	19	28	123,8	22	-63	46,1	9	ha
rzeka	75,5	14	31	99,1	19	1	100,0	18	-	-	-	ha
woda	12,0	2	-3	11,7	2	-15	9,9	2	55	15,4	3	ha
suma	522,9	100	-2	514,6	100	11	571,2	100	-14	490,5	100	ha
autostrada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	1	km
droga główna	6,1	8	15	7,0	10	-35	4,5	5	82	8,3	3	km
droga drugorzędowa	4,7	6	-8	4,4	6	-18	3,6	4	78	6,4	2	km
droga trzeciorzędowa	6,3	8	85	11,7	17	31	15,3	18	-44	8,7	3	km
droga boczna	21,5	28	10	23,6	33	40	33,0	39	184	93,9	32	km
ścieżka	25,9	34	-60	10,5	15	58	16,6	20	743	139,9	48	km
tory kolejowe	6,3	8	4	6,6	9	12	7,3	9	2	7,5	3	km
tory tramwajowe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,5	5	km
ciek wodny	4,5	6	51	6,9	10	-38	4,3	5	55	6,6	2	km
suma	75,4	100	-6	70,7	100	20	84,7	100	241	289,0	100	km

Źródło: opracowanie własne na podstawie zdigitalizowanych map z roku 1934, 1979, 1997 oraz z danych Open Street Map aktualnych na dzień 6 marca 2020.
Source: own study based on digitized maps from 1934, 1979, 1997 and data from OpenStreetMap current for March 6, 2020.

Tabela 2. Porównanie struktury zagospodarowania osiedla Kozanów w latach 1934–2020 z podziałem na kategorie klas obiektów.

Table 2. Comparison of the land use structure of the Kozanów neighborhood in the years 1934–2020, divided into categories of feature class category.

kategoria klas obiektów <i>feature class category</i>	klasa obiektów <i>feature class</i>	suma w 1934 <i>total in 1934</i>	zmiana 1934–1979 <i>change 1934–1979 [%]</i>	suma w 1979 <i>total in 1979</i>	zmiana 1979–1997 <i>change 1979–1997 [%]</i>	suma w 1997 <i>total in 1997</i>	zmiana 1997–2020 <i>change 1997–2020 [%]</i>	suma w 2020 <i>total in 2020</i>	miano de-nomination
zabudowa	budynek	24,7	1	25,0	120	55,0	–10	49,3	ha
	teren zabudowany	108,5	–74	28,7	–	–	–	109,2	ha
zieleń miejska	łąka	79,0	39	109,5	–49	55,6	–64	20,0	ha
	teren zielony	46,2	211	143,6	–68	46,4	74	80,7	ha
	ogródki działkowe	–	–	–	–	88,8	–15	75,9	ha
	park	78,9	–	–	–	91,7	2	93,7	ha
	las	98,0	–1	96,9	28	123,8	–63	646,1	ha
sieć hydrograficzna	rzeka	75,5	31	99,1	1	100,0	–	–	ha
	ciek wodny	4,5	51	6,9	–38	4,3	55	6,6	km
	woda	12,0	–3	11,7	–15	9,9	55	15,4	ha
sieć drogowa	autostrada	–	–	–	–	–	–	2,3	km
	droga główna	6,1	15	7,0	–35	4,5	82	8,3	km
	droga drugorzędowa	4,7	–8	4,4	–18	3,6	78	6,4	km
	droga trzeciorzędowa	6,3	85	11,7	31	15,3	–44	8,7	km
	droga boczna	21,5	10	23,6	40	33,0	184	93,9	km
	ścieżka	25,9	–60	10,5	58	16,6	743	139,9	km
sieć kolejowa	tory kolejowe	6,3	4	6,6	12	7,3	2	7,5	km
	tory tramwajowe	–	–	–	–	–	–	5,5	km

Źródło: opracowanie własne na podstawie zdigitalizowanych map z roku 1934, 1979, 1997 oraz z danych Open Street Map aktualnych na dzień 6 marca 2020.
Source: own study based on digitized maps from 1934, 1979, 1997 and data from OpenStreetMap data current for March 6, 2020.

Powierzchnia parku na mapie z roku 1934 wyniosła 78,9 hektarów. W 1979 nie pojawiło się takie wydzielenie, za to w roku 1997 wynosiła już 91,7 hektarów. W 2020 zanotowano niewielki wzrost powierzchni do 93,8 hektarów.

Bardzo interesująco przedstawia się zmiana w warstwie lasów. W roku 1934 powierzchnia tych obszarów wynosiła 78,9 hektarów. W 1979 ta wartość wynosiła niewiele mniej – 97 hektarów, jednakże w 1997 powierzchnia wzrosła do 123,8 hektarów. W roku 2020 ta wartość znacznie spadła do jedynie 46,2 hektarów. Tak duży spadek mógł wynikać z niespójności pojawiających się w bazie danych OSM. W roku 2020 nie pojawił się na mapie istotny obszar Lasu Pilczyckiego, mimo, że w rzeczywistości się tam znajduje. Ten obszar mógł nie zostać zaznaczony w systemie przez zbierających dane do bazy OSM wolontariuszy.



Ryc. 17. Fragment mapy oraz jej legendy z roku 1934. Różnica między drogą krajową, drogą 1A i 1B jest bardzo słabo widoczna na mapie. Elipsą koloru żółtego zaznaczono ulicę, której grubość obrysu zmienia się kilkakrotnie.

Fig. 17. Part of a map and part of its legend from 1934. Difference between national road, road 1A and road 1B is hardly visible on the map. Street whose contour width changes multiple times is marked with a yellow ellipse.

Trend rosnący w przypadku powierzchni rzeki zauważalny jest tylko do roku 1997. W roku 1934 powierzchnia rzek wynosiła 75,5 hektarów, a w roku 1979 aż 99,1 hektarów. Tak duża różnica wartości wynikała z budowy łowiska po wschodniej części brzegu Odry po roku 1934. W roku 1997 powierzchnia rzeki wzrosła zaledwie do 100 hektarów, natomiast w roku 2020 nie występuje wydzielanie powierzchniowe rzeki. W bazie danych OSM rzeka Odra została oznaczona sygnaturą liniową (Ryc. 20), co powoduje, że jej powierzchnia nie mogła zostać włączona do obiektów powierzchniowych. Po raz kolejny, powodem tej sytuacji jest niespójność klasyfikacji obiektów w bazie danych OSM oraz na analizowanych mapach dawnych.

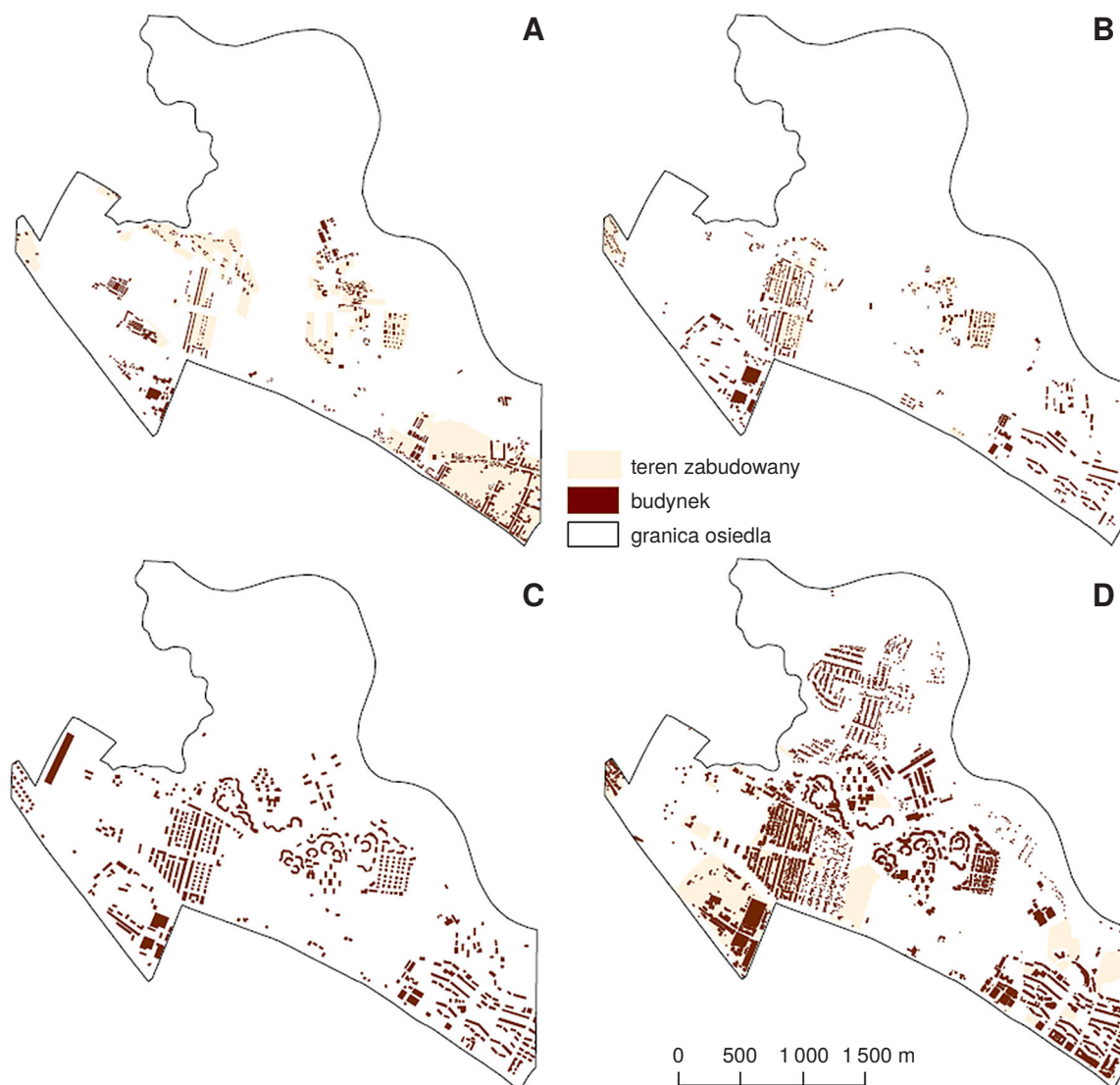
Ostatnim analizowanym obiektem powierzchniowym jest woda, w której w skład wchodzi różne zbiorniki wodne. Jej powierzchnia wyniosła 11,9 hektara w roku 1934 i 11,7 w 1979. W roku 1997 nastąpił spadek wartości do 9,9 hektara, natomiast w roku 2020 wartości powierzchni wody wzrosły do 15,4 hektara. Przyczyną wzrostu wartości kolejny raz jest niespójność klasyfikacji danych OSM i danych na mapach dawnych. W bazie OSM ciek wodny, mimo oznaczenia sygnaturą liniową, oznaczony został również powierzchniowo. Wpływa to na zwiększenie wartości obliczanych powierzchni.

Porównując dane dotyczące długości cieków wodnych w latach 1934–2020 można zaobserwować, że wartości nie zmieniają się znacząco. Na potrzeby analizy wyłączono wcześniej omawianą rzekę Odre z warstw dotyczących cieków wodnych w 2020 roku, która została w bazie danych OSM oznaczona sygnaturą liniową. W roku 1934 długość cieków wodnych wyniosła łącznie 4,5 kilometra, w roku 1979 – 6,9 kilometra, w roku 1997 – 4,3 kilometra, a w roku 2020 – 6,6 kilometra długości.

Długość dróg głównych w roku 1934 wyniosła 6,105 kilometra, w roku 1979 – 7 kilometrów, natomiast w 1997 było to już tylko 4,6 kilometra. Wzrost wartości przyniósł rok 2020, gdzie długość drogi głównej wynosi 8,3 kilometra. Na mapie porównawczej zauważalne jest to, jak konsekwentnie utrzymywany przez lata był kształt i kierunek drogi wiodącej (Ryc. 21). Oprócz odgałęzienia drogi, które zaczyna być widoczne w roku 1934 i 1979 jej główny przebieg się nie zmienił.

Analizując długość dróg drugiego rzędu nie zauważono dużych rozbieżności w wartościach między latami 1934–2020. W roku 1934 wartości długości drogi sięgają 4,7 kilometra, a w roku 1979 – 4,4 kilometra. W 1997 długość drogi drugorzędowej wynosiła 3,6 kilometra. W roku 2020 notowany był wzrost długości do 6,4 kilometra.

Długość dróg trzeciorzędowych w roku 1934 wyniosła 6,3 kilometra. Wyraźny skok wartości nastąpił w roku 1979, gdzie wynosi już 11,7 kilometra. Długość znowu wzrosła w roku 1997 i rów-



Ryc. 18. Rozmieszczenie warstw dotyczących zabudowy na mapach.

A – rok 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020.

Fig. 18. Placement of the layers containing building areas on the maps.

A – 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020.

nała się 15,4 kilometra. Może to być spowodowane przekształceniem dawnych dróg głównych i drugorzędowych w trzeciorzędowe, ponieważ to właśnie w tym roku długość drogi głównej i drugorzędowej jest najmniejsza, a największa trzeciorzędowej. W 2020 roku wartość maleje do 8,7 kilometra. Na mapie z roku 1997 zauważalnie zmienia się obszar zajmowany przez drogi. Jest to przede wszystkim pętla drogowa biegnąca wzdłuż zalanego przez powódź w 1997 osiedla mieszkaniowego.

Biorąc pod uwagę całkowitą długość dróg bocznych w latach 1934–2020 znacząco wyróżnia się rosnący trend wartości. W latach 1979 i 1997 droga boczna jest najdłuższą występującą drogą. W roku 1934 osiągnęła długość 21,5 kilometra, w roku 1979 – 23,6, a w roku 1997 – 33 kilometry. Istotny wzrost zanotowano w roku 2020, gdzie długość dróg bocznych wynosiła 93,9 kilometra (Ryc. 21). Po-



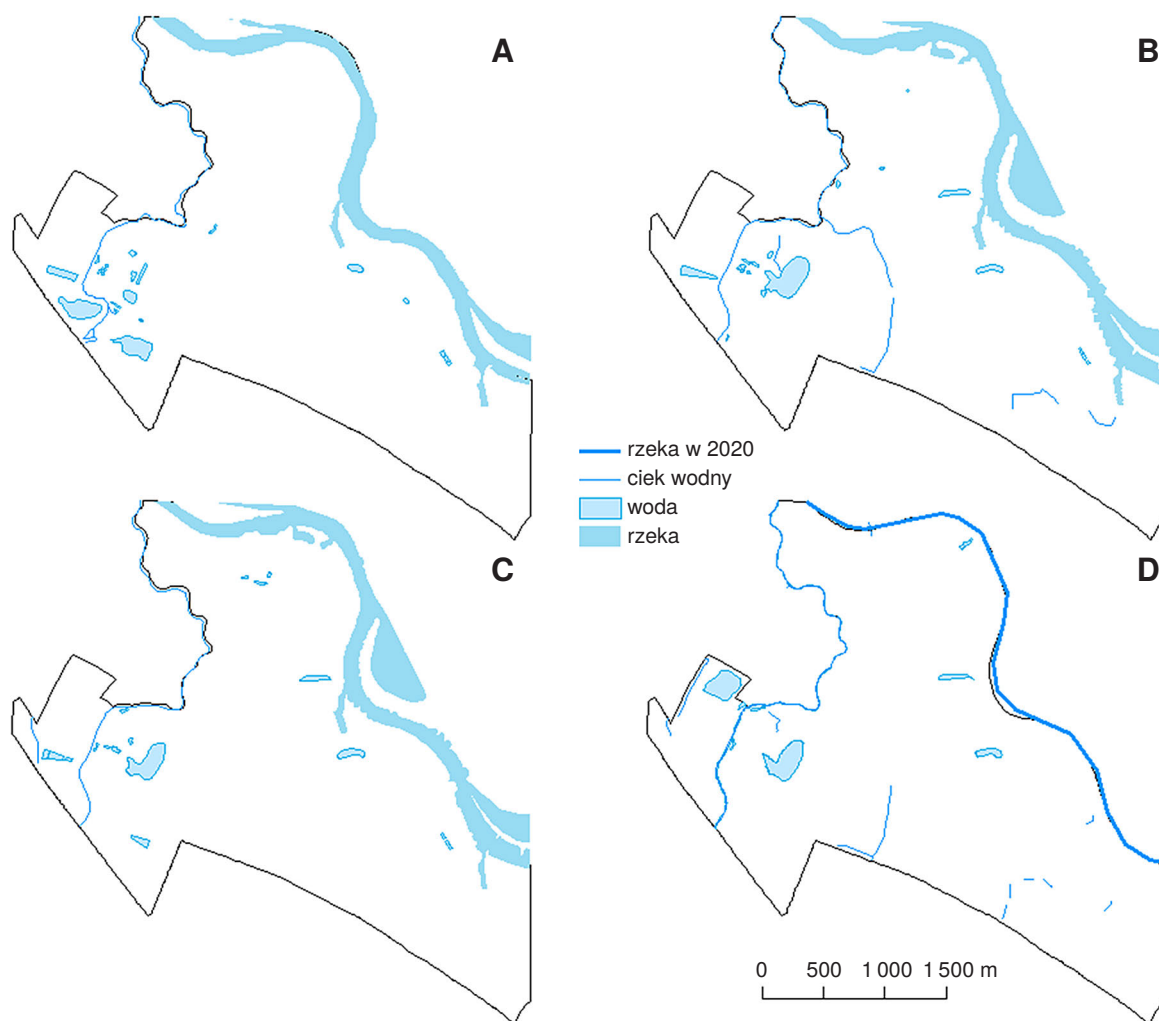
Ryc. 19. Rozmieszczenie warstw dotyczących zieleni na mapach. A – rok 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020.

Fig. 19. Placement of the layers containing greenery on the maps. A – 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020.

wodem może być zwiększona szczegółowość bazy danych OSM, na podstawie której opracowywano mapę z roku 2020.

W analizie długości ścieżki zauważalna jest przede wszystkim wysoka wartość sumarycznej długości ścieżek w roku 2020, która wynosi 139,9 kilometrów. Kolejny raz większa szczegółowość mapy opracowanej na podstawie danych OSM jest powodem wyższych wartości niż w pozostałych latach. Baza danych OSM ma zmienny stopień szczegółowości, w tym może on być większy niż skala analizowanych map dawnych, co powoduje trudności w analizie ilościowej wydzielen. W 1934 roku długość ścieżki wynosi 25,9 kilometrów, w roku 1979 wynosi 10,5 kilometrów, a w 1997 jest to 16,6 kilometrów.

W długości torów kolejowych między latami nie zauważono znaczącej różnicy. Niewielkie zmiany wartości, mogą być wynikiem rewitalizacji torów, lub niewielkich dobudowań w kolejnych latach. W roku 1934 długość torów wyniosła 6,3 kilometra, w roku 1979 – 6,6 kilometra, natomiast w 1997 osiągnęła wartość 7,3, a w 2020 – 7,5 kilometra.



Ryc. 20. Rozmieszczenie warstwy dotyczącej hydrografii na mapach. A – rok 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020. Brak powierzchniowego zaznaczenia rzeki w bazie danych OSM widoczny na fragmencie D.

Fig. 20. Placement of layer containing hydrography on the maps. A – 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020. Lack of aerial mark of the river in OSM data base visible in part D.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Porównując mapy z czterech stanów czasowych nasuwają się interesujące wnioski dotyczące funkcjonalności bazy danych OSM. Z analizy wynika, że baza danych OSM, mimo swej aktualności, nie jest optymalnym wyborem jako komplementarne źródło danych do analizy zmian wraz z mapami dawnymi w skali 1 : 22 000 i mniejszymi. Tezę tę potwierdza wiele argumentów. Przede wszystkim jest to niejednorodność treści bazy danych OSM. Wolontariusze zbierający dane mają dowolność w wyborze typu geometrii dla poszczególnych wydzieleni. Widoczne jest to w przypadku analizowanych wód w roku 2020, gdzie niektóre ciekі są zaznaczone powierzchniowo, a niektóre liniowo, co utrudnia ilościową analizę zmian. Kolejnym elementem utrudniającym wykorzystanie OSM jest większa szczegółowość danych w tej bazie niż na analizowanych mapach dawnych oraz jej niespójność skalowa. Aby adekwatnie porównać dane z map, należy wybrać dane w zbliżonej skali. Różnice i niejednorodność skali OSM znacznie utrudniają, a czasami wręcz uniemożliwiają ilościowe zestawienie danych.



Ryc. 21. Rozmieszczenie warstw dotyczących dróg na mapach. A – rok 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020
Fig. 21. Placement of layers containing roads on the maps. A – 1934, B – 1979, C – 1997, D – 2020

Bardzo dobrze widoczne jest to w przypadku porównywania zabudowy oraz ścieżek i dróg bocznych. Użytkownicy OSM wektoryzują nawet drobniejsze elementy, które na mapach dawnych zgeneralizowano adekwatnie do skali w jakiej są przedstawiane. OSM jest bazą danych, więc nie podlegała procesowi redakcji kartograficznej tak jak analizowane mapy. Umożliwiło to uniknięcie obciążenia czynnościami związanymi z redakcją i grafiką map. OSM przedstawia więc rzeczywistość bardziej szczegółowo niż analizowane mapy dawne. Elementem wpływającym na jakość danych OSM jest również niejednorodne pokrycie terenu danymi. Przykładem jest obszar lasu w północnej części Kozanowa, który nie został zwektoryzowany przez użytkowników OSM, co utrudniło analizy ilościowe i porównanie z danymi na mapach.

Analizując mapy w latach 1934–2020 nie można we wszystkich kategoriach poprawnie wyciągnąć wniosków dotyczących zmian zagospodarowania. Niektóre warstwy albo w ogóle nie pojawiały się na mapach (np. obszar zabudowany), albo były niejednorodnie zwektoryzowane (np. rzeka, las). Spadek w ilości zauważalny jest w przypadku nieużytków i terenów zielonych, na przykład łąk. Zauważalna jest tendencja wzrostowa liczby dróg na mapach. Wraz z siecią komunikacyjną konsekwentnie przybywało również budynków, co jest wyraźnym znakiem rozwoju przestrzennego osiedla. Duży wzrost

tych wartości pomiędzy rokiem 1979 a 1997 wskazuje na to, że budowa na terenie zagrożonym powodzią była częstą praktyką. Biorąc pod uwagę zagrożenie wynikające zarówno z wylewającej raz na kilkanaście lat Odry, ale także z występowania tzw. „cofki” na rzece Ślęży można wysnuć wniosek, że tereny zalewowe należałoby opuścić, tymczasem okazało się, że na Kozanowie wybudowano kolejne budynki. Co więcej, po powodzi z roku 1997 na tym terenie powstały kolejne zabudowania. Brak inwestycji w postaci wału przeciwpowodziowego, której sprzeciwiali się właściciele ogródków działkowych spowodował kolejny raz zalanie osiedla przez rzekę w roku 2010. Dopiero w roku 2012 wał przeciwpowodziowy na terenie Kozanowa został oddany do użytku. Skala zniszczeń z roku 1997 jak i 2010 pokazuje, że obszar ten nadal jest zagrożony powodzią, a analiza zmian pokazuje, że mimo zagrożenia powodziowego, zabudowań na terenie zagrożenia powodzią ciągle przybywało, a osiedle prężnie się rozwijało. To właśnie zabudowa naturalnego terenu zalewowego sprawiła, że skutki katastrofy z roku 1997 były tak dotkliwe dla osiedla. Aby chronić Kozanów przed powodzią, naturalny teren zalewowy powinien pozostać niezabudowany, aby nadwyżka wody w czasie powodzi mogła zostać swobodnie zretencjonowana w bezpiecznym miejscu.

Literatura

- Affek A., 2012, *Kalibracja map historycznych z zastosowaniem GIS*, [w:] Joanna Plit (red.), Jerzy Nita, *Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego*, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, 16, Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, Sosnowiec, 48–62.
- Bobiński E., Żelaziński J., 1997, *Ocena przyczyn lipcowej powodzi, wnioski do programu ochrony przeciwpowodziowej w przyszłości na Odrze*, Ekspertyza opracowana dla Sejmowej Komisji Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Warszawa. <http://www.odra.pl/pl/dokumenty/962585850.shtml> (09.11.2021)
- Czajka W., Kijakowski J., 2010, Wybrane aspekty kartografii morskiej w dobie litografii, *Przegląd hydrograficzny*, 6, Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej RP, Gdynia, 51–67.
- Gregory I.N., 2007, *Historical GIS. Technologies, methodologies and scholarship*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Jaskulski M., Łukasiewicz G., Nalej M., 2013, Porównanie metod transformacji map historycznych, *Roczniki Geomatyki*, 1, 4, 41–57. <http://rg.ptip.org.pl/index.php/rg/article/view/RG2013-4-JaskulskiLukasiewiczNalej> (09.11.2021).
- Kasprzak M. 2010, *Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki*, [w:] red. P. Migoń, *Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego*, 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław.
- Karasiewicz T., Adamczyk A., Trzczińska J., Janiszewska M., Szyda B., 2019, Zmiany użytkowania ziemi i pokrycia terenu Kwidzyna od końca XIX do początku XXI wieku na podstawie analizy materiałów kartograficznych, *Prace i Studia Geograficzne*, 64, 1, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 37–59.
- Kociuba P., Kozak I., Stępień A., Kozak H., 2015, *Perspektywy zastosowania GIS w analizie przemian przestrzeni miejskiej na przykładzie miasta Lublina*, [w:] *Zmiany w przestrzeni współczesnych miast* [red. M. Malinkowski, M. Palak, J. Halik], Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, s. 187–197.
- Kowal P., 2018, *Georeferencja historycznej mapy hydrografii Krakowa w programie QGIS*, praca inżynierska opracowana na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej pod kierunkiem dr inż. Roberta Szczepanka.
- Kuna J., 2015: *Metodyczne aspekty analiz przestrzennych GIS wykorzystujących dawne mapy topograficzne* [w:] Czerny A. (red.), 2015: *Dawne mapy topograficzne w badaniach geograficzno-historycznych*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, 125–149.
- Lechowska E., 2017, Ryzyko powodziowe w miastach nadodrzańskich w kontekście sposobu zagospodarowania obszarów zalewowych, *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Socio-Oeconomica*, 29, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 65–92.

- Lechowska E., 2017, Zrównoważony rozwój (zagospodarowanie) obszarów zalewowych jako kluczowy element ochrony terenów zurbanizowanych, *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 38, 109–120.
- Lorek D., 2017, *Ocena doboru metod implementacji XIX-wiecznych map topograficznych do współczesnego układu współrzędnych w aplikacji Qgis*, Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Badania Fizjograficzne, Seria A, 68, 47–59.
- Mierzwa W., 2002, *Problemy modernizacji ewidencji gruntów na terenach byłego katastru austriackiego*, *Geodezja/Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*, 8, 2, 323–330.
- MKOOPZ – Międzynarodowa Komisja Ochrony Odry przed Zanieczyszczeniem, 1999, *Dorzecze Odry Powódź 1997*, Wrocław.
- MSWiA, 2011, Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Dz.U. Nr 279 poz. 1642).
- Myga-Piątek U., Nita J., 2012, *Rola GIS w ocenie historycznych opracowań kartograficznych na przykładzie Wyżyny Częstochowskiej*, [w:] *Źródła kartograficzne w badaniach krajobrazu kulturowego*, Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, 16, 116–135.
- Nieścioruk K., 2013, *Cartographic materials as a source of information about landscape change related to urban-sprawl on the example of Czuby residential district, Lublin, Poland*, MSc thesis under the supervision of dr hab. Jacek Kozak, professor of Jagiellonian University, Jagiellonian University, Kraków, Paris Lodron University of Salzburg.
- Nowak-DaCosta J., Bielecka E., Całka B., 2016, Jakość danych OpenStreetMap – analiza informacji o budynkach na terenie Siedleczyny, *Roczniki Geomatyki*, 14, 2, 201–211. <http://rg.ptip.org.pl/index.php/rg/article/view/RG2016-2-Nowak-DaCostaBieleckaCalka/1624> (09.11.2021).
- Panecki T., *Koncepcja struktury bazy danych historycznych obiektów topograficznych*, Warszawa 2018, rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem dr. hab. Wiesława Ostrowskiego oraz dr inż. Izabeli Karszni, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW.
- Skotnicka M., 2012 *Powódź tysiąclecia – wrocławska fala wspomnień*, Pamięć i Przyszłość, 2.
- Słomska A., 1998, *Meteorologiczne przyczyny powodzi w dorzeczu Odry w lipcu 1997 r.*, Zeszyty naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 339, Konferencje XXI „Odra i jej dorzecze – Powódź 1997”, 229–250.
- Szczepanek R., 2017, *Systemy informacji przestrzennej z QGIS*, Wydawnictwo PK Kraków.

Spis źródeł kartograficznych i internetowych

- OpenStreetMap, <https://www.openstreetmap.org/#map=14/50.4393/30.5336>
- Topographische Karte*. „Deutsch-Lissa”, 1 : 25 000, Reichsamt für Landesaufnahme, 1934.
- Wojskowa Mapa Topograficzna*. „Wrocław-Fabryczna”, 1 : 25 000, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1979.
- Wrocław*. Plan miasta, 1 : 22 000, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera S.A., 1997.