

Marzena Markiewicz, Agnieszka Kardaś

ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA OBSZARÓW POŁOŻONYCH WZDŁUŻ DRUGIEJ LINII METRA WARSZAWSKIEGO

Celem niniejszego artykułu jest analiza i prognoza rozwoju obszarów położonych wzdłuż drugiej linii metra warszawskiego. Do wykrycia zmian użyto zmodyfikowanego modelu MOLAND, który został rozwinięty w wyniku analiz pokrycia terenu programu CORINE Land Cover prowadzonego przez Komisję Europejską. Badania wskazały tereny najbardziej predysponowane do zmian, ich kierunek, a także tempo ich rozwoju.

Słowa kluczowe: *GIS, analizy przestrzenne, dynamika rozwoju miast, metro*

1. Wstęp

Każda dynamicznie rozwijająca się metropolia na świecie na pewnym etapie swojego rozwoju musi zmierzyć się z problemem niewydolności systemu komunikacyjnego. Jest to moment, w którym władze miasta decydują się na podjęcie działań mających na celu poprawienie parametrów technicznych tego systemu i jego wydolności, jak również szukają środka transportu zapewniającego bezkolizyjność, wysoką częstotliwość odjazdów i możliwość szybkiego przemieszczania się do odległych części aglomeracji. Takim rozwiązaniem jest metro, które ma znaczący wpływ nie tylko na wydajność sieci komunikacyjnej i połączenia, ale również na rozwój terenów położonych w jego najbliższej okolicy.

Celem artykułu jest identyfikacja możliwości zagospodarowania obszarów położonych w odległości 500 m od przebiegu drugiej linii metra w Warszawie przy użyciu zmodyfikowanego modelu MOLAND (European Commission Joint Research Centre 2000¹), który pozwolił na identyfikację ich potencjału. Taka analiza, przy zastosowaniu najnowszych narzędzi i metod modelowania, umożliwia prognozę potencjalnych zmian zachodzących na terenach miejskich i wspomaga procesy decyzyjne dotyczące planowania przestrzennego.

¹ Strona projektu MOLAND, <http://moland.jrc.it/index.htm>.

W Polsce, z racji istniejącej obecnie jednej linii metra w Warszawie, badania prowadzone nad tym środkiem transportu zazwyczaj ograniczały się do historii jego budowy (Grzybek 2006; Andrzejewski 2011) bądź analiz prowadzonych przez inwestorów w zakresie konstrukcji czy głębokości położenia. Badania nad wpływem metra na tereny sąsiadujące z nim za granicą są ściśle związane z ustawodawstwem dotyczącym planowania przestrzennego, dlatego też nie odwoływano się w niniejszym artykule do przykładów zagranicznych.

2. Historia warszawskiego metra

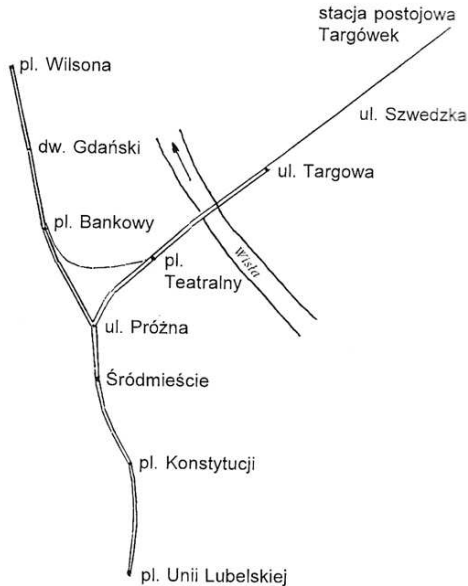
W Warszawie problemy komunikacyjne pojawiły się już na początku XX w. Wtedy to liczba mieszkańców stolicy przekroczyła milion, a gęstość zaludnienia wynosiła ok. 9 000 os./km² powodując, że wydolność miejskiej sieci transportowej i komunikacji zbiorowej znacząco spadła. W efekcie Zarząd Tramwajów Miejskich wraz z ówczesnymi władzami stolicy podjął decyzję o budowie kolei podziemnej – „Metropolitan” i przystąpił do realizacji tego projektu. Powołano Komisję do Budowy Kolei Podziemnej, a parę lat później Referat odpowiedzialny za budowę metra. Na początku lat 30. prace zostały zaniechane na skutek panującego kryzysu ekonomicznego. Jednak sam projekt przebiegu linii metra został utrzymany w mocy. Powrócono do niego w 1938 r., kiedy to powołano Biuro Studiów Kolei Podziemnej, którego szefem był Jan Kubalski. Wtedy też rozpoczęto prace przygotowawcze poprzedzające budowę, które przerwał wybuch II Wojny Światowej (Rossman 1962; Grzybek 2006).

Do pomysłu rozbudowy sieci komunikacyjnej Warszawy powrócono tuż po wojnie. Jednak ze względu na ogrom zniszczeń, znacznie zmniejszoną liczbę ludności i relatywnie dobry stan dzielnic podmiejskich władze miasta zrezygnowały z budowy metra i skoncentrowały się na planach Szybkiej Kolei Miejskiej (SKM) na liniach Wola–Wawer i Młociny–Służew. Możliwości tej kolei dopasowane do ówczesnego zapotrzebowania, jak i korzyści finansowe płynące z tego rozwiązania przemawiały za realizacją tej koncepcji, jednak z niewiadomych przyczyn projekt ten został zaniechany (Rossman 1962; Grzybek 2006).

W 1950 r. podjęto decyzję o budowie metra głębokiego². W 1951 r. Biuro Projektów SKM zostało przekształcone w Państwowe Przedsiębiorstwo „Metroprojekt” oraz Zarząd Budowy Metra. Początkowo zakładano, że przebieg metra miał być zbliżony do rozwiązań przyjętych podczas projektowania SKM. Jednak już w pierwszych etapach budowy zdecydowano się stworzyć linie o zupełnie innym przebiegu niż dotychczas zakładano – swoim kształtem przypominały

² Metro miało zostać zbudowane na głębokości od 20 do 50 m i być połączone z koleją, jednak zrezygnowano z tego pomysłu ze względu na rosnące koszty. Obecna głębokość waha się od 13 do 21 m.

literę „Y” (rys. 1). Budowę rozpoczęto na Pradze i Targówku. W 1957 r., ze względu na niski poziom zaawansowania technologicznego, prace wstrzymano (Rossman 1962; Miejska Pracownia Planowania Przestrzennego i Strategii Rozwoju 2006).



Rys. 1. Schemat linii metra z 1953 r.

Źródło: <http://metro.civ.pl/images/artykuly/metroglebokie/big/rys1.jpg>

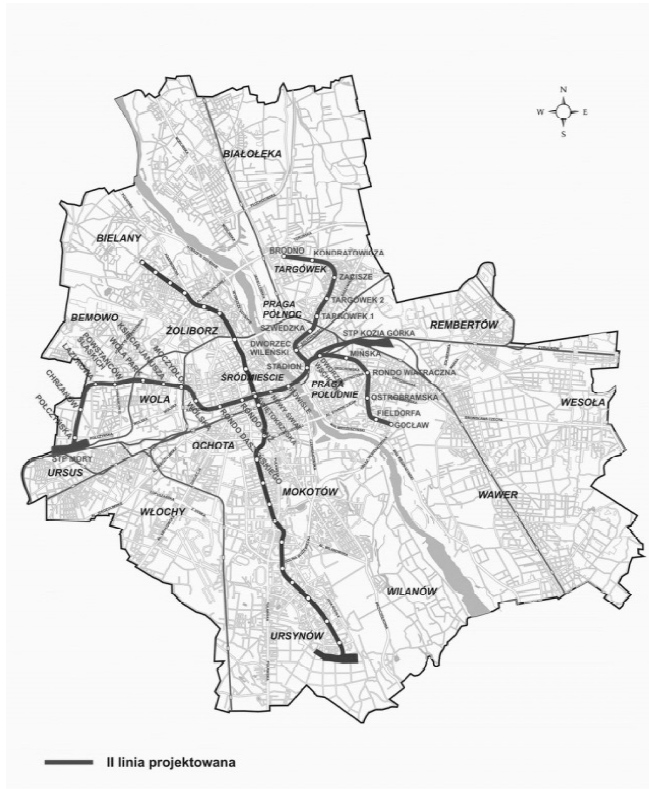
Powrócono do przedwojennej idei metra płytkiego. Początkowo projekt był bardzo zbliżony do koncepcji z lat 50. Znaczące koszty inwestycji, jak również sytuacja polityczna nie sprzyjały tak dużym przedsięwzięciom, dlatego dopiero na początku lat 70. XX w. powstała Dyrekcja Budowy Metra, przygotowano projekty i opracowano całą dokumentację ewentualnej jego budowy (Walczak, Krupa 1975; Rossman 1962; Grzybek 2006).

W 1982 r. rząd generała Jaruzelskiego podjął ostateczną decyzję o budowie metra. Inwestycja stała się koniecznością ze względu na szybko rozbudowujące się dzielnice na peryferiach Warszawy, które łączono mało wydajnymi liniami autobusowymi lub wybiegowymi trasami tramwajów. Budowę rozpoczęto w połowie grudnia 1983 r. Początkowo zakładano, że pierwszy odcinek od Kabat do Śródmieścia zostanie oddany do 1990 r., a odcinek do Młocin w 1994 r. Pomimo wielu problemów, takich jak kwestie techniczne, główną przeszkodą okazały się finanse. Upadające państwo socjalistyczne nie było w stanie udźwignąć ciężaru takiej inwestycji. Coraz więcej wydatków przerzucano na miasto, które również nie radziło sobie z jej finansowaniem. Już dwa lata po rozpoczęciu budowy zorientowano się, iż założone terminy są niemożliwe do dotrzymania i w 1989 r.

zdecydowano skupić się jedynie na pierwszym odcinku linii metra (do stacji Politechnika). Zmiana ustroju również nie sprzyjała inwestycji – po przemianach państwo niemal całkowicie zrezygnowało z finansowania budowy. Jednak najtrudniejszym okresem w jej realizacji był początek lat 90. XX w. Panujący kryzys spowodował znaczące spowolnienie prac budowlanych i redukcję etatów. W kwietniu 1995 r., po prawie siedemdziesięciu latach od podjęcia decyzji o budowie metra w Warszawie i dwunastu latach budowy, nastąpiło otwarcie pierwszych 11 stacji (Grzybek 2006).

Kolejne stacje otwierano również z opóźnieniami – stację Centrum w 1998 r., Świętokrzyska i Ratusz trzy lata później. W 2003 r. oddano stację Dworzec Gdański i już dwa lata później Plac Wilsona, w 2006 r. Marymont. W 2008 r. oddano do użytku ostatnie stacje pierwszej linii metra (Grzybek 2006).

W połowie 2006 r. Kazimierz Marcinkiewicz, pełniący obowiązki prezydenta Warszawy, ogłosił nowe plany poprowadzenia kolejnej linii metra – drugą i trzecią linię połączono w jedną (rys. 2) (Miejska Pracownia Planowania Przestrzennego i Strategii Rozwoju 2006).



Rys. 2. Aktualny i planowany przebieg pierwszej i drugiej linii warszawskiego metra

Źródło: <http://www.metro2.ztm.waw.pl/?c=23&l=1>

Budowa drugiej linii metra rozpoczęła się 16 sierpnia 2010 r. od realizacji centralnego odcinka „C”. Pierwotnie zakładano, iż zostanie on oddany do użytku w pierwszej połowie 2012 r. Obecnie władze miasta przesunęły otwarcie na rok 2014³.

3. MOLAND – model symulacji rozwoju miasta

W literaturze często można spotkać się z modelami prognozowania zmian użytkowania, pokrycia terenu, a nawet modelami zjawiska urbanizacji jako takiego. Często są to symulacje średnio- i małoskalowe obejmujące obszar całego miasta (Arozarena i in. 2006). Jednym z takich modeli umożliwiających prognozę rozwoju jest MOLAND (ang. Monitoring Land-Use/Cover Change Dynamics).

W 1998 r. pod egidą Komisji Europejskiej został uruchomiony pilotażowy projekt nazwany MURBANDY (ang. Monitoring Urban Dynamics) (Bielecka, Ciołkosz 2005). Początkowo jego celem było stworzenie sposobu oceny dynamiki zmian w obszarach miejskich z uwzględnieniem idei zrównoważonego rozwoju, poprzez tworzenie baz danych zagospodarowania przestrzennego dla różnych europejskich metropolii (Pátková 2000). Projekt rozwijał się szybko i zdobył bardzo duże zainteresowanie. W efekcie obszar badań i cele projektu zostały poszerzone. MURBANDY stał się jednym z elementów nowego projektu – MOLAND⁴, którego celem jest stworzenie skutecznego narzędzia planowania przestrzennego, które może zostać użyte również do monitorowania, szacowania i modelowania rozwoju środowisk miejskich oraz wiejskich. Jego najważniejszą cechą jest możliwość ilościowego i jakościowego porównania, zarówno w wymiarze regionalnym, jak i lokalnym obszarów, które podlegają przemianom (Brennan, Twumasi 2008).

Z punktu widzenia planistów i planowania przestrzennego, jednym z najbardziej użytecznych narzędzi projektu MOLAND jest model przestrzennej dynamiki, który uwzględnia nie tylko łatwo mierzalne wskaźniki rozwoju miasta, ale również skutki działań i decyzji politycznych. Narzędzie analizujące wzrost tkanki miejskiej zostało opracowane przez jednostkę RIKS (Research Institute for Knowledge Systems, Ltd., <http://www.riks.nl>) w ramach kontraktu z Joint Research Centre przy Komisji Europejskiej. Model ten opiera się na dynamicznych systemach przestrzennych, zwanych automatami komórkowymi (ang. cellular automata) stanowiącymi skomplikowane modele matematyczne opisujące wpływ pojedynczej komórki na komórki sąsiednie (Beim 2007). Jako danych wejściowych używa on danych cyfrowych (European Commission Joint Research Centre 2000):

³ <http://metro.waw.pl/dziennik-budowy-ii-linia-odcinek-centralny.html>.

⁴ Strona internetowa projektu MOLAND, <http://moland.jrc.it/index.htm>.

- o pokryciu terenu, pokazujących rozkład typów użytkowania gruntów w obszarze zainteresowania,
- o przydatności, pokazujących przydatność obszaru dla różnych typów użytkowania gruntów,
- o stanie zagospodarowania przestrzennego dla różnych typów użytkowania gruntów na obszarze zainteresowania,
- map dostępności, pokazujących dostępność sieci transportowej dla obszaru zainteresowania,
- o charakterze społeczno-gospodarczym dla głównych regionów administracyjnych w obszarze zainteresowania, w tym statystyk demograficznych (np. populacja i dochód) oraz danych na temat produkcji i zatrudnienia dla czterech sektorów gospodarczych.

Wynikiem są mapy przedstawiające przewidywany rozwój zagospodarowania przestrzennego w obszarze zainteresowania w ciągu najbliższych dwudziestu lat. Zmieniając dane wejściowe (np. stan zagospodarowania przestrzennego czy sieci transportowe) model można wykorzystać jako narzędzie służące zbadaniu scenariuszy rozwoju miejskiego lub regionalnego, przy kilku alternatywach planowania przestrzennego i różnych scenariuszach politycznych (w tym przy scenariuszu brak planowania). Model MOLAND został użyty m.in. w Dublinie, Helsinkach, Mediolanie, Brukseli⁵.

4. Model możliwości zagospodarowania terenów położonych wzdłuż drugiej linii metra

4.1. Dane źródłowe modelu

Budowa metra jest czynnikiem silnie wpływającym na rozwój terenów miejskich. Obszary położone w jego najbliższej okolicy cechuje silna presja urbanistyczna, która warunkuje konieczność prognozowania zmian zachodzących na tych terenach oraz ich tempa.

Dla celów niniejszej pracy przedstawiony model MOLAND został tak zmodyfikowany, aby uwzględnić skalę badania oraz czynnik, jakim jest realizacja metra i jej wpływ na najbliższe okolice. Jako dane wejściowe w projekcie zastosowano:

- dane o pokryciu terenu na rok 2011 wyznaczone metodą wizualnej interpretacji zdjęcia satelitarne SPOT 5, obejmującego powiat warszawski, w układzie współrzędnych geodezyjnych PUWG 1992. Zdjęcie o rozdzielczości przestrzennej 2,5 x 2,5 m zostało zarejestrowane 26 sierpnia 2011 r. jako materiał pomocniczy. Przy interpretacji wykorzystano arkusze mapy topograficznej

⁵ http://moland.jrc.it/study_areas.htm.

w skali 1:10 000 w układzie współrzędnych geodezyjnych PUWG 1992, aktualne na rok 2001/2002, zamieszczone na stronie www.geoportal.gov.pl, wizję lokalną i usługę Google StreetView dostępną z platformy maps.google.com. Klasyfikację terenów oparto na istniejącej już klasyfikacji czwartego poziomu szczegółowości programu CORINE Land Cover (CLC). Jednak ze względu na specyfikę analizy i złożoność analizowanego obszaru nie ustalono minimalnej powierzchni i szerokości konturu jak jest przyjęte w ramach CLC;

– dane o dostępności transportowej obszarów do dróg klas⁶ GP, G, Z oraz L uzyskane na podstawie analizy istniejącego oraz projektowanego układu drogowo-ulicznego zakładanego w Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania m. st. Warszawy;

– dane z istniejących i przygotowywanych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. Analizowany teren pokrywa 28 planów. W projekcie wykorzystano dane z 10 istniejących i 9 projektowanych⁷;

– dane o obszarach potencjalnego rozwoju cechujące się atrakcyjną lokalizacją, dużą rezerwą terenową, bądź innymi czynnikami.

Ze względu na skalę opracowania, w projekcie zrezygnowano z rozważań obejmujących czynniki społeczno-gospodarcze. Jednak istnieje możliwość włączenia ich do analizy.

Przedstawiany model jest opracowaniem autorskim i wykorzystuje jedynie założenia projektu MOLAND. Został zaprojektowany dla innej skali przy wykorzystaniu innych danych wejściowych i sposobu modelowania. W badaniach posłużono się waloryzacją każdego elementu z opracowanych baz danych, a następnie zsumowano otrzymane wagi.

4.2. Przeprowadzone analizy

Model oparto na opisanych powyżej czterech bazach danych. Obszar analizy został wyznaczony w odległości 500 m od przebiegu linii metra. Taki bufor został stworzony w oparciu o założenie, że jest to maksymalny dystans, który pokona człowiek, aby dotrzeć do szybkiego środka komunikacji. Przyjęto więc, że tereny położone w tej odległości od linii metra będą się zmieniać najintensywniej. Łączna powierzchnia analizowanego obszaru wynosi ok. 3 150 ha. Na podstawie danych o użytkowaniu terenu stwierdzono, że największą powierzchnię badanego obszaru zajmuje zabudowa zwarta – wielkomiejska i zabudowa luźna – wielorodzinna typu blokowego. Łącznie zajmują one ponad 31% analizowanego obszaru. Prawie 18% zajmują parki miejskie, 7,8% drogi i tereny

⁶ Klasa GP oznacza drogi główne ruchu przyspieszonego, G – drogi główne, Z – drogi zbiorcze i L – drogi lokalne.

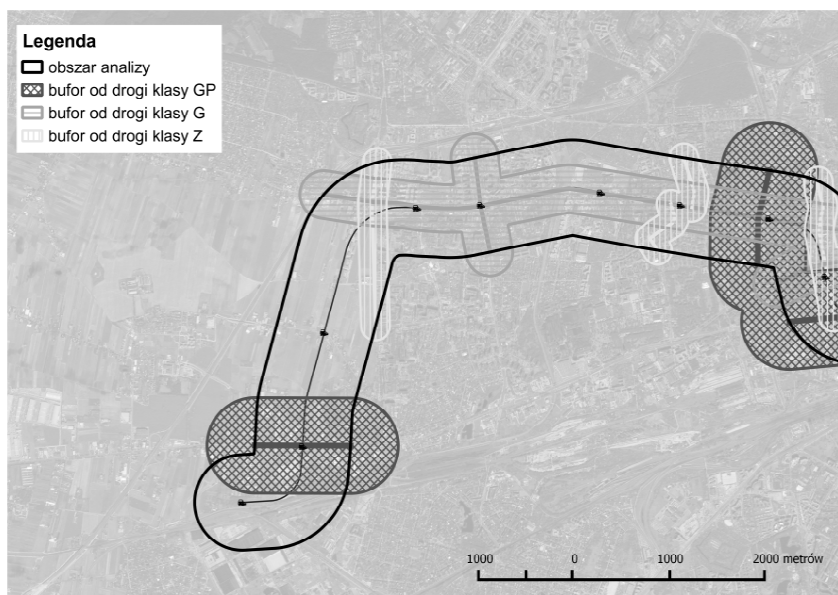
⁷ Pozostałe 9 projektowanych planów ze względu na swój wczesny etap opracowania nie zostały uwzględnione.

związane z transportem, a ponad 5% tereny handlowe. Na resztę terenów (ok. 39%) składają się m.in. place budowy, tereny sportu i rekreacji, grunty orne i inne, których poszczególne udziały nie przekracza 5%.

Na podstawie bazy danych o dostępności transportowej wykonano uproszczoną analizę dostępności komunikacyjnej. Od każdej z klas dróg utworzono bufor zgodnie z przyjętym założeniem o maksymalnym dystansie pokonywanym przez człowieka (rys. 3) kolejno:

- od dróg głównych ruchu przyspieszonego – oznaczenie GP – 500 m,
- od dróg głównych – oznaczenie G – 250 m,
- od dróg zbiorczych – oznaczenie Z – 150 m.

Obszary położone w zasięgu buforu każdej klasy dróg (zgodnie z założeniami autorskimi) są to obszary o teoretycznie największej dostępności do innych środków transportu) są najbardziej uprzywilejowane pod względem przyszłego rozwoju.



Rys. 3. Położenie i odległość (bufor) od dróg klasy zbiorczej, głównej i głównej ruchu przyspieszonego

Źródło: opracowanie własne

Kolejną analizę wykonano w oparciu o informacje pochodzące z miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego. W tym celu przestudiowano rysunki i teksty planów wyłaniając tereny, które w myśl istniejących i sporządzanych projektów mogą zostać zagospodarowane na obszarze zainteresowania. Pod uwagę brane były nie tylko tereny obecnie nieużytkowane, ale i takie, na których zapisy pozwalają na intensyfikację funkcji bądź jej zmianę.

Jedynie ustalenia obowiązujących planów są wiążące dla terenów, a nie ich projekty, które mogą ulec zmianie podczas dalszych prac. Dlatego, dla potrzeb analizy, każdemu z terenów zakwalifikowanemu jako obszar potencjalnego rozwoju, nadano wagę w zależności od ustaleń planu (obszar nie był wcześniej użytkowany, bądź był i ustalenia planu zakładają intensyfikację zabudowy), a także stanu prawnego opracowania planistycznego (czy dany obszar jest w zasięgu obowiązującego czy dopiero sporządzanego planu). Najwyższą wagę uzyskały tereny posiadające obowiązujące plany, gdzie ustalenia zakładają dogęszczenie istniejącej zabudowy, wyposażone w infrastrukturę techniczną i społeczną. Najniższą uzyskały tereny niezabudowane lub niezagospodarowane, prawdopodobnie nieuzbrojone, na których obecnie sporządzany jest projekt planu zakładający realizację nowej funkcji (tab. 1).

Następnie przygotowane dane wykorzystano do modelowania. Założono, że obszary położone najbliżej stacji metra, a nie samej linii, będą rozwijać się najszybciej ze względu na duże zainteresowanie potencjalnych inwestorów i nabywców nieruchomości. Dlatego też, obszarom położonym w zasięgu 500-metrowego buforu od stacji nadano wagę 5, w przyjętej 5-stopniowej skali. Wolniejsze tempo zagospodarowania będzie cechować tereny położone dalej od stacji. Zasięg 750 m od stacji II linii metra uznano za górną granicę dynamicznych zmian w zagospodarowaniu. Tereny położone w dalszej odległości również będą podlegały transformacjom, jednak nie tak szybkim i intensywnym.

Tereny położone do 750 m od stacji zostały przecięte z buforami odległości od różnej klasy dróg – GP, G oraz Z. Od otrzymanych terenów ‘odjęto’ pierwotny bufor 500 m, a następnie nadano im wagę 2, co zostało przedstawione na rys. 4.

Mapom potencjalnego rozwoju i zagospodarowania przestrzennego również nadano różne wagi. Obie mapy porównano, aby wyznaczyć obszary, które się na siebie nakładają i ustalić w ten sposób tereny potencjalnych zmian w zagospodarowaniu. W zależności od tego, czy znajdowały się w granicach obowiązujących lub sporządzanych miejscowych planów, czy nie posiadały żadnych opracowań nadano im wartość 3, bądź 1. Zabieg taki wykonano z uwagi na fakt, że baza danych o obszarach potencjalnego rozwoju była tworzona niezależnie od bazy miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego – stąd też obszary, które jednocześnie znajdują się w obu bazach.

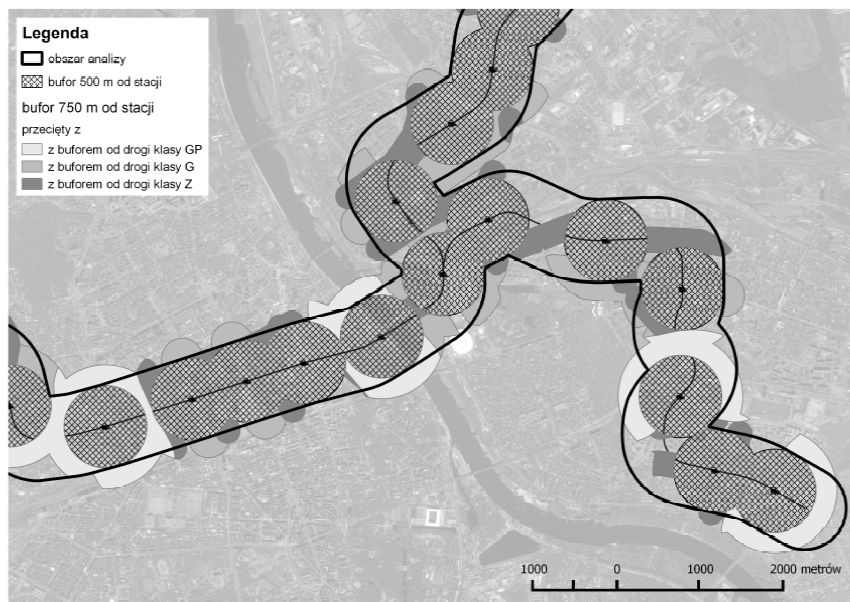
Na mapie przydatności maksymalną liczbę punktów, czyli 12, otrzymały tereny o znaczącym potencjale rozwojowym, położone w zasięgu 500 m od stacji i posiadające obowiązujący miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Najmniejszą – tereny nieposiadające żadnych opracowań planistycznych, położone poza zasięgiem buforów 500 m i 750 m.

Tabela 1

Wagi poszczególnych elementów analizy

Wagi poszczególnych składników analizy			Waga
Bufor 500 m			5
Bufor 500 m, od którego odjęto bufor 750 m przecięty z buforami od GP, G i Z			2
Miejscowe Plany Zagospodarowania Przestrzennego	Obowiązujące	Intensyfikacja	4
		Tereny niezagospodarowane	3
	W trakcie sporządzania	Intensyfikacja	3
		Tereny niezagospodarowane	2
Przydatność		Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego	3
		Brak	1

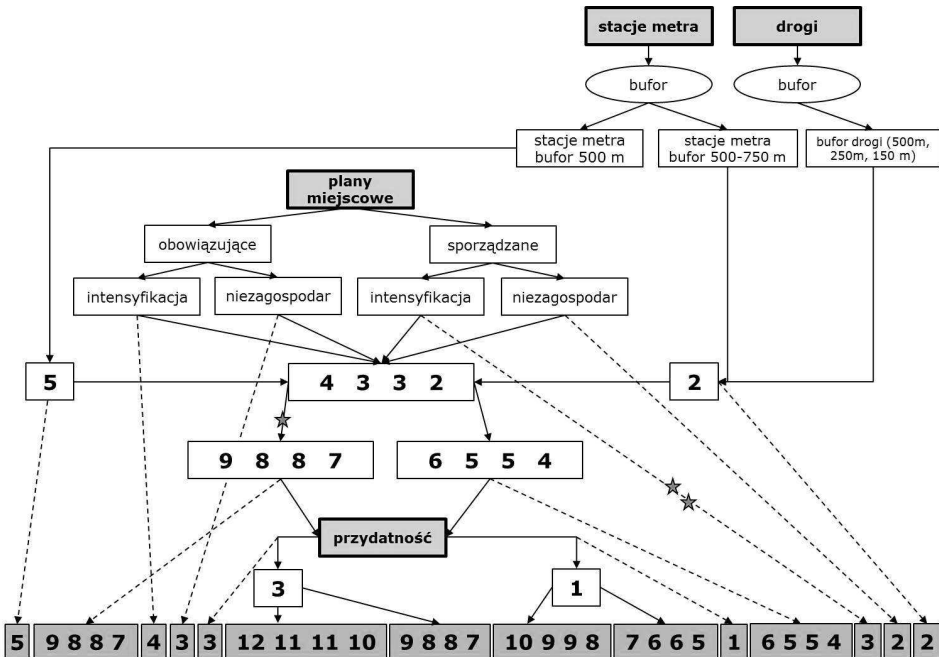
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Obszary wyznaczone przez bufory odległości od stacji metra i dróg oraz ich przecięcia

Źródło: opracowanie własne

Model oparto na waloryzacji poszczególnych elementów wejściowych baz danych i sumie wag, jakie im nadano. Na powyższym schemacie (rys. 5) liniami ciągłymi oznaczono nakładanie się i sumowanie kryteriów. Liniami przerywanymi elementy, które nie miały części wspólnych z pozostałymi kryteriami. Na przykład, element oznaczony jedną gwiazdką na schemacie ukazuje przecinanie się terenów położonych w zasięgu obowiązujących i projektowanych miejscowych planów (nadano wagi 4, 3, 3, 2 w zależności od tego, czy na danym terenie zaistnieje intensyfikacja funkcji, bądź czy teren jest obecnie niezagospodarowany) z terenami położonymi w zasięgu 500 m od stacji metra (waga 5). Wynik to odpowiednio 9, 8, 8, 7. Z kolei element oznaczony dwoma gwiazdkami, to teren położony w zasięgu sporządzanego miejscowego planu, gdzie projekt zakłada intensyfikację zagospodarowania, który leży poza zasięgiem 500 m od stacji metra, jak i poza zasięgiem buforu 500–750 m przeciętego z buforami od różnych klas dróg.

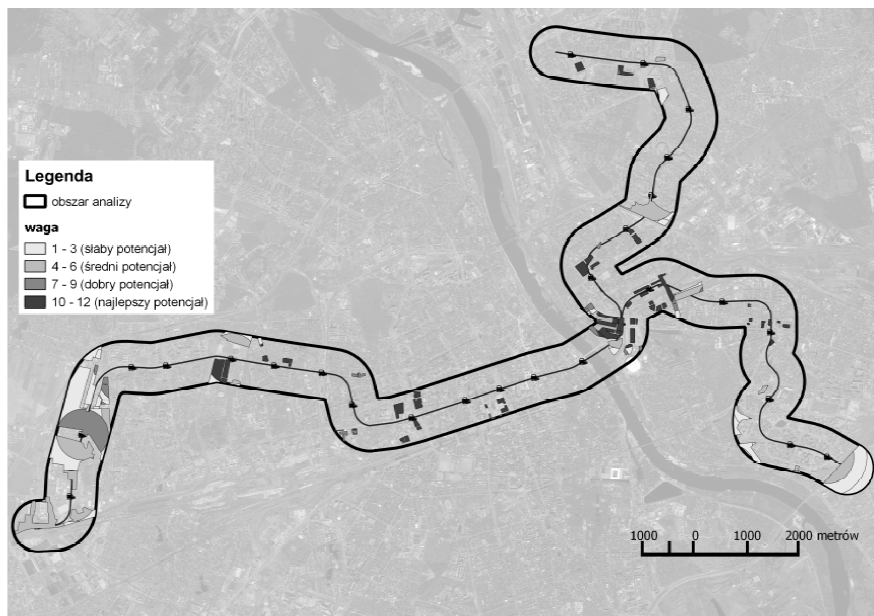


Rys. 5. Schemat modelu ukazujący poszczególne etapy analizy i możliwe wyniki będące sumami nakładających się kryteriów

Źródło: opracowanie własne

5. Wyniki badań

Poprzez nakładanie, przecinanie i dodawanie do siebie kolejno otrzymanych warstw uzyskano warstwę wynikową przedstawiającą tereny, które będą zagospodarowywać się najszybciej i najintensywniej. O potencjale danego terenu świadczy liczba punktów uzyskana w wyniku wcześniejszych etapów analizy (w skali od 1 do 12) (rys. 6).



Rys. 6. Klasyfikacja obszarów potencjalnego rozwoju wraz z wagami – waga 1–3 wskazuje na niski potencjał, waga 10–12 na duży

Źródło: opracowanie własne

Łącznie wyznaczono 155 takich obszarów o sumarycznej powierzchni 397,19 ha. Aż 114 z nich leży na terenie obowiązujących, bądź sporządzanych miejscowych planów, ale zajmują one mniej niż połowę łącznej powierzchni wszystkich wyznaczonych obszarów (122,83 ha).

Ostatnim etapem analizy było przecięcie obszarów potencjalnego rozwoju z obecnym użytkowaniem przedstawionym za pomocą bazy CORINE Land Cover. Miało to na celu określenie najbardziej prawdopodobnej funkcji terenów w przyszłości. Tereny, na których będą zachodzić zmiany według klasyfikacji CLC poziomu 4 (Bossard i in. 2000) to:

- 1111 – zabudowa zwarta wielkomiejaska,
- 1121 – zabudowa luźna wielorodzinna typu blokowego oraz 1122 – zabudowa luźna wielorodzinna typu miejskiego,

- 1211 – tereny przemysłowe,
- 1221 – drogi i tereny związane z transportem drogowym oraz 1222 – koleje i tereny kolejowe,
- 1214 – tereny handlowe oraz 1215 – tereny użyteczności publicznej,
- 1232 – porty rzeczne i jeziorne,
- 1331 – place budów,
- 1411 – parki miejskie i wiejskie, 1413 – ogródki działkowe oraz 1416 – tereny nieużytkowane gospodarczo,
- 1421 – tereny sportowe,
- 2111 – grunty orne oraz 2422 – złożone systemy upraw i działek z rozproszoną zabudową.

Kierunek zmian i ich procentowy udział w obrębie każdego terenu przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2

Kierunki zmian i ich udział procentowy w obrębie każdego wyznaczonego terenu

Numer obszaru								
1121			1122			1211		
Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)
MU	4,358	22,49	MW	0,585	6,24	KDZ	10,92	37,47
MW	4,508	23,27				MWU	3,34	11,46
MWU	2,311	11,93				UMW	0,71	2,44
U	4,216	21,76	MWU	1,499	16,00	B/UMW	3,88	13,32
UO	1,602	8,27						
UZ	0,937	4,84	MN/ MW	7,286	77,76	brak	10,29	35,31
Brak	1,443	7,45						
Suma	19,375	100,00	Suma	9,370	100,00	Suma	29,15	100,00
1221			1222			1214		
Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)
Brak	1,443	33,16	UMW	0,706	9,17	MWU	0,633	27,37
U	1,771	40,70	UHB	1,358	17,64			
UMW	0,784	18,02	UMW	1,527	19,83	brak	2,313	72,63
UA	0,353	8,11	KDZ	4,108	53,36			
Suma	4,351	100,00	Suma	7,699	100,00	Suma	2,946	100,00

Tabela 2 (c.d.)

1215			1232			1331		
Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)
UHB	0,900	38,91	U	7,900	38,27	MWU	16,210	55,61
UMW	0,780	33,72	MWU	6,210	30,08	UP	1,020	3,50
			US	1,840	8,91	U	2,924	10,03
Brak	2,313	27,37	ZP	4,695	22,74	US	0,905	3,10
						B/UMW	8,090	27,75
Suma	3,993	100,00	Suma	20,645	100,00	Suma	29,149	100,00
1411			1413			1416		
Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)
KDZ	4,108	6,02	brak	10,26	100,00	brak	29,93	100,00
MU	6,870	10,07						
MW	2,780	4,07						
MWU	3,800	5,57						
U	2,730	4,00						
UHB	0,452	0,66						
UMW	2,230	3,27						
UO	1,602	2,35						
US	0,638	0,93						
Brak	43,040	63,06						
Suma	68,25	100,00	Suma	10,26	100,00	Suma	29,93	100,00
1421			2111			2422		
Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)	Kierunki zmian	Powierzchnia (ha)	Udział (%)
US	3,09	45,44	MN	0,585	0,41	brak	52,830	98,10
			MN/MW	7,280	5,14			
			MW	7,400	5,22			
UHB	3,71	54,56	MWU	1,499	1,06	MN/MW	1,022	1,90
			brak	125,000	88,17			
Suma	6,80	100,00	Suma	141,764	100,00	Suma	53,852	100,00

Źródło: opracowanie własne.

Przy ocenie modelu należy również wziąć pod uwagę tempo zmian. Aby podsumować tendencje rozwojowe określono 5 głównych typów przyszłego zagospodarowania terenu: M – o przeważającej funkcji mieszkaniowej, U – o przeważającej funkcji usługowej, K – tereny dróg, Z – zieleń miejska oraz brak przewidzianej funkcji (Markiewicz 2012). Następnie wszystkie obszary pogrupowano według wag obrazujących tempo rozwoju.

Za obszary o największym tempie rozwoju uznano te, które uzyskały końcowe wagi 9, 10, 11 i 12. W przeważającej części będą się one przekształcały w kierunku usług i mieszkalnictwa, opierając się głównie na intensyfikacji istniejącej funkcji. Nowa zabudowa powstanie najczęściej w wyniku dogęszczania, bądź zajmowania części terenów zieleni. Ponad 10% tych obszarów zostanie przeznaczona na zieleń urządzoną.

Tereny o wagach od 4 do 8 zostały zaklasyfikowane jako obszary średniego tempa rozwoju. W większości przypadków nie posiadają one istniejących opracowań planistycznych, jednak ich obecne użytkowanie w pewnym stopniu determinuje przyszłe zagospodarowanie. Najprawdopodobniej dojdzie do zjawiska dogęszczania zabudowy funkcji nawiązującej do istniejącej, bądź mieszkaniowej, czy usługowej. Tereny niezagospodarowane, tereny użytkowane rolniczo lub tereny zieleni urządzonej w dużej części zostaną przeznaczone pod zabudowę mieszkaniową.

Tereny o wadze do 3 otwierają grupę terenów o najwolniejszym przewidywanym tempie rozwoju. Są to tereny nie znajdujące się w granicach istniejących i opracowywanych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, najczęściej niezabudowane.

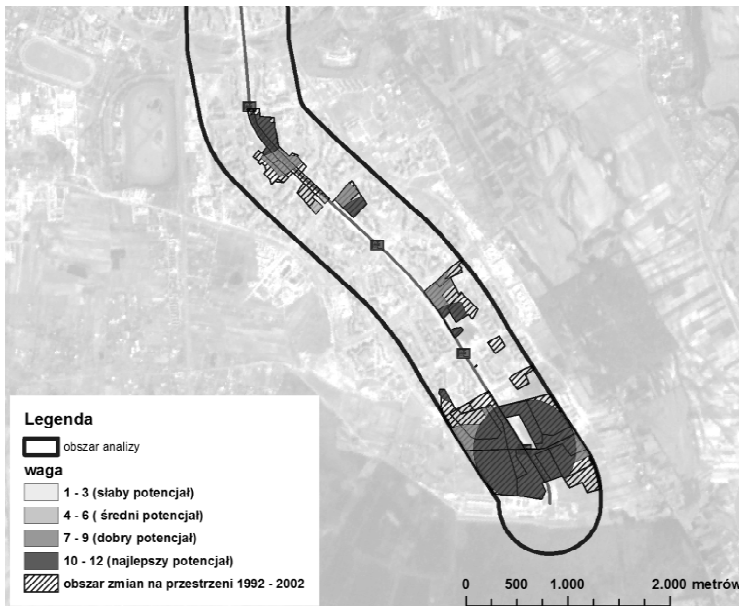
Podsumowując, główne kierunki zmian dążą do intensyfikacji obecnie posiadanej funkcji bądź jej zmiany na funkcję mieszkaniowo-usługową. Dla obszarów posiadających opracowania planistyczne, przeważającym przyszłym przeznaczeniem jest mieszkalnictwo wielorodzinne (66% spośród nich) z dopuszczeniem usług (24%). Obszary rozwijające się najdynamiczniej mają charakter punktowy i zlokalizowane są najczęściej na obszarach zwartej zabudowy. Najbardziej rozległe powierzchniowo zmiany będą zachodzić na terenach obecnie jedynie częściowo, bądź w ogóle niezagospodarowanych. Brak infrastruktury w ich granicach może spowolnić proces rozwoju. Są to jednak tereny, na które należy zwrócić szczególną uwagę, ponieważ ich ochrona zapewni rezerwę terenową dla miasta, umożliwi skuteczne planowanie przestrzenne i spowolni zjawisko zabudowywania terenów zieleni.

6. Weryfikacja poprawności modelu

W końcowej fazie badań zweryfikowano działanie modelu. Zbadano obszar południowego odcinka I linii metra wykorzystując dane dla Warszawy z lat 1992 i 2002. Implementując wcześniej opisany model dla danych na rok 1992

zblizono się maksymalnie do warunków panujących obecnie – było to dwa lata przed oddaniem pierwszego odcinka metra Kabaty–Politechnika. Bazę danych o użytkowaniu na rok 1992 pozyskano z opracowania P. Królewskiego (2010), którą dostosowano do klasyfikacji CLC poziomu 4. Pozyskane dane były jednak znacznie mniej dokładne niż te opracowane dla II linii metra. Również bazy danych o miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego (Uchwała Rady m. st. Warszawy nr XXXV/199/92, 1992) dla tego okresu nie uzyskały tego samego stopnia dokładności ze względu na skalę planu miejscowego oraz mało precyzyjne zapisy⁸. Wykonano również bazę obszarów potencjalnego rozwoju i bazę dostępności transportowej.

W przypadku weryfikacji modelu obszar analizy wynosił ok 1 400 ha. Zmiany w użytkowaniu terenu objęły obszar 162 ha. W wyniku przeprowadzenia symulacji wyodrębniono obszary o prognozowanym rozwoju o łącznej powierzchni 166 ha. Rys. 7 przedstawia obszary faktycznych zmian oraz prognozowanych zmian według modelu wraz z podziałem na klasy wag. Ich część wspólna wynosiła ok 120 ha, przy czym 111 ha wskazuje taki sam kierunek rozwoju. Taki wynik daje zgodność modelu na poziomie ok. 70%.



Rys. 7. Obszary potencjalnego rozwoju wraz z wagami oraz faktycznymi zmianami użytkowania terenu w latach 1992–2002 na analizowanym fragmencie pierwszej linii metra

Źródło: opracowanie własne

⁸ Baza danych powstała w oparciu o Miejskowy Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego m. st. Warszawy z 1992 r., który był opracowaniem średnioskalowym.

Taki stopień zgodności modelu ze stanem w roku 2002 może wynikać z mniejszej dokładności opracowań planistycznych z roku 1992, poziomu dokładności bazy danych użytkowania terenu czy dziesięcioletniego horyzontu czasowego. Dla porównania dokładność modelu łańcuchowego Markowa przy prognozowaniu zmian użytkowania w Daqing City (Tang i in. 2007) w Chinach oscyluje w granicach 82% (prognozowanie w latach 1979–1990–2000), a model MOLAND zastosowany dla obszaru metropolitalnego Dublina (Shahumyan i in. 2009) w latach 2000–2006 osiągnął dokładność ok. 62%. Należy przy tym zauważyć, że narzędzia te działają w skali całego miasta, a nie wycinka jego fragmentu. Nie badają też, jak jeden konkretny czynnik może wpłynąć na zmianę tkanki miejskiej.

7. Podsumowanie i wnioski

Zastosowany model wskazał obszary najbardziej predysponowane do rozwoju wzdłuż drugiej linii metra w Warszawie. Horyzont czasowy tych zmian będzie różny, zależny od kolejnych etapów budowy metra. Wyniki analizy mogą służyć władzom miasta, wskazując obszary, które szczególnie należy objąć ochroną – np. przed zabudową czy też wręcz przeciwnie, które obszary miasto może uzbroić i sprzedać z zyskiem inwestorom. Model może być również wykorzystany do wyznaczania terenów, które w pierwszej kolejności miasto powinno objąć miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego, aby uniknąć niekontrolowanego rozwoju zabudowy. Przy jednoczesnym usunięciu z analizy bazy danych o miejscowych planach i uzupełnieniu bazy o dane dotyczące uwarunkowań społecznych, ekonomicznych, bądź demograficznych, można uzyskać informacje niezbędne do podjęcia decyzji, które obszary powinny być objęte miejscowymi planami. Prezentowany model ma liczne zastosowania i umożliwia szerokie analizy, które mogą w znaczącym stopniu usprawnić proces planowania i podejmowania decyzji z zakresu planowania przestrzennego.

LITERATURA

- Andrzejewski M., 2011, *Od Londynu do Warszawy: zarys dziejów metra*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Arozarena A., Villa G., Valcárcel N., 2006, *New Concept On Land Cover/Land Use Information System In Spain. Design And Production*, Cartographic Production Department, National Geographic Institute.
- Beim M., 2007, *Modelowanie procesu suburbanizacji w aglomeracji poznańskiej z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych i automatów komórkowych*, rozprawa doktorska napisana w Zakładzie Ekonometrii Przestrzennej, Instytut Geografii

- Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań.
- Bielecka E., Ciołkosz A., 2005, *Pokrycie terenu w Polsce. Bazy danych CORINE Land Cover*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Bossard M., Feranec J., Otahel J., 2000, „*CORINE land cover technical guide: Addendum 2000*”.
- Brennan M., Twumasi B.O., 2008, *Does MOLAND work as a tool for the assessment and/or as a predictor of the distribution of urban biodiversity in Dublin city?*, Ireland: University College Dublin, Urban Institute.
- Grzybek M., 2006, *Historia budowy metra w Warszawie*, praca magisterska wykonana w Instytucie Socjologii UW, Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Kozłowski R. (red.), 2012, *Znaczenie i skutki budowy wybranych elementów infrastruktury nowoczesnego transportu kolejowego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Królewski P., 2010, *Analiza zmian pokrycia terenu dla dzielnic: Mokotów, Ursynów, Wilanów, Śródmieście w latach 1992–2002 na podstawie zdjęć satelitarnych SPOT*, praca magisterska wykonana na Politechnice Warszawskiej, Politechnika Warszawska, Warszawa.
- Markiewicz M., 2012, *Analiza możliwości rozwoju obszarów położonych wzdłuż drugiej linii metra warszawskiego*, praca magisterska wykonana na Politechnice Warszawskiej, Politechnika Warszawska, Warszawa.
- Miejska Pracownia Planowania Przestrzennego i Strategii Rozwoju, 2006, *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta stołecznego Warszawy*, Warszawa.
- Miejska Pracownia Planowania Przestrzennego i Strategii Rozwoju, 2006, *Opracowanie ekofizjograficzne dla studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta stołecznego Warszawy*, Warszawa.
- Miejska Pracownia Planowania Przestrzennego i Strategii Rozwoju, 2006, *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta stołecznego Warszawy*, Warszawa.
- Pátiková A., Kemper G., Lavallo C., 2000, *Monitoring Urban Dynamics for Bratislava in 1949–1997*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B7, Amsterdam.
- Rossmann J. (red.), 1962, *Studia i projekty metra w Warszawie 1928–1958*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- Shahumyan H., White R., Twumasi B.O., Convery S., Williams B., Critchley M., Carty J., Walsh C., Brennan M., 2009, *The MOLAND Model Calibration and Validation for the Greater Dublin Region*, University College Dublin, Urban Institute Ireland, Dublin.
- Tang J., Wang L., Yao Z., 2007, *Spatio-temporal urban landscape change analysis using the Markov chain model and a modified genetic algorithm*, International Journal of Remote Sensing.
- Uchwała Rady m. st. Warszawy nr XXXV/199/92 z dnia 28 września 1992 r., *Miejscowy Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego m. st. Warszawy*, Warszawa.
- Walczak R., Krupa A., 1975, *Założenia techniczno-ekonomiczne budowy I linii metra w Warszawie*, Warszawa.

Strony internetowe

<http://moland.jrc.it/index.htm>.

<http://www.riks.nl/projects/MOLAND>.

<http://www.geoportal.gov.pl>.

<http://www.metro2.ztm.waw.pl>.

<http://metro.waw.pl/dziennik-budowy-ii-linia-odcinek-centralny.html>.

<http://metro.civ.pl>.

POSSIBLE DEVELOPMENT ANALYSIS OF THE AREAS LOCATED ALONG THE SECOND METRO LINE IN WARSAW

The aim of this study was to analyze the development of areas located along the second metro line in Warsaw using the modified MOLAND model. The area of analysis was set at a distance of 500 meters from the subway line. Four databases were used as an input: current use of the land, map-based transport accessibility, site plans and potential development areas databases.

The results show that areas located within the existing plan, situated not more than 500 meters from the metro station and designated as an area of development will develop the fastest. The slowest, will change areas located further than 750 meters from the station and without an abiding site plan. Fastest-growing terrains are bested mostly in small and built-up areas. The most extensive changes take place in areas currently partially or generally undeveloped, but without proper infrastructure development they are likely to slow down. This model could be used especially for spatial planning by city authorities.

Key words: *geospatial analysis, metro, urban development, land use change*

Mgr inż. Marzena Markiewicz
Zakład Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP
Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska

Mgr inż. Agnieszka Kardaś
Katedra Gospodarki Przestrzennej i Nauk o Środowisku Przyrodniczym
Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska