

Authors' contribution/  
Wkład autorów:  
A. Study design/  
Zaplanowanie badań  
B. Data collection/  
Zebranie danych  
C. Statistical analysis/  
Analiza statystyczna  
D. Data interpretation/  
Interpretacja danych/  
E. Manuscript preparation/  
Przygotowanie tekstu  
F. Literature search/  
Opracowanie  
piśmiennictwa  
G. Funds collection/  
Pozyskanie funduszy

**MEASURING THE SOCIAL, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL  
RESILIENCE – A CASE STUDY OF THE HUNGARIAN CITIES**

**MIERZENIE ODPORNOŚCI SPOŁECZNEJ, GOSPODARCZEJ I ŚRODOWISKOWEJ  
– STUDIUM PRZYPADKU WĘGIERSKICH MIAST**

**Zoltán Nagy<sup>1(A,B,C,D,E,F)</sup>, Tekla Szép<sup>1(D,E,F)</sup>**

<sup>1</sup> Institute of World and Regional Economics, University of Miskolc, Hungary  
<sup>1</sup> Instytut Ekonomii Światowej i Regionalnej, Uniwersytet w Miskolcu, Węgry

**Citation:**

Nagy, Z., Szép, T., (2023). Measuring the social, economic, and environmental resilience – a case study of the Hungarian cities / Mierzenie odporności społecznej, gospodarczej i środowiskowej – studium przypadku węgierskich miast. *Economic and Regional Studies*, 16(2), 203-222. <https://doi.org/10.2478/ers-2023-0014>

**ORIGINAL ARTICLE**

JEL code: R10, R11, R12

Submitted:  
April 2023

Accepted:  
May 2023

Tables: 4  
Figures: 5  
References: 30

**ORYGINALNY ARTYKUŁ  
NAUKOWY**

Klasyfikacja JEL: R10, R11, R12

Zgłoszony:  
kwiecień 2023

Zaakceptowany:  
maj 2023

Tabele: 4  
Rysunki: 5  
Literatura: 30

**Guest Editor** Dr. Katalin Liptak, PhD, Faculty of Economics, University of Miskolc, Hungary

**Abstract**

**Subject and purpose of the work:** The COVID-19 and 2021-2022 energy crises shed new light on urban resilience. Cities face many more challenges and external shocks. This study aims to measure urban resilience.

**Materials and methods:** For this purpose, a composite indicator was developed, composed of three (social, economic and environmental) resilience components called the Complex Resilience Index. It is applied to study Hungarian settlements in selected years (2000, 2006, 2012, 2018). Based on the results further analysis was conducted. The spatial structure of urban resilience is studied in two ways. First, the spatial differences between cities in the four selected years was examined using the relative range index, which is the difference between the highest and lowest city values relative to the average. Second, spatial patterns were mapped using one of the most commonly used indicators of spatial autocorrelation, the so-called Local Moran I indicator. The next step is to create five clusters to highlight the differences between groups in terms of population and per capita income in the selected years and to analyse the role of resilience in changing these indicators.

**Results:** The identification of these groups provides important information for spatial planning and policy. Hungarian settlements were also ranked based on the Complex Resilience Index. The results show that urban resilience can be measured with a composite indicator (Complex Resilience Index) and that the social, economic and environmental resilience components provide further insights. In the Hungarian urban network, the most resilient elements are Budapest, some regional centres, some county capitals, the metropolitan area of Budapest, and the most developed small and medium-sized cities in the Transdanubian region.

**Conclusions:** The difference in the Complex Resilience Index between cities increases over time, and as a result, the Local Moran I clusters become narrower. The rate of change in the specific income and its relative spread has the opposite sign to resilience. As resilience increases, the average change in income and its relative spread decreases, and as a result of that, stability increases.

**Keywords:** urban resilience, spatial structure, Complex Resilience Index, composite indicator, cluster analysis

**Streszczenie**

**Przedmiot i cel pracy:** Kryzysy związane z COVID-19 oraz kryzysy energetyczne z lat 2021–2022 rzucają nowe światło na odporność miejską. Przed miastami stoi o wiele więcej wyzwań i wstrząsów zewnętrznych. Celem niniejszego badania jest zmierzenie odporności miejskiej.

**Address for correspondence/ Adres korespondencyjny:** Zoltán Nagy, PhD (ORCID: 0000-0003-1605-2553), (zoltan.nagy@uni-miskolc.hu); Tekla Szép, PhD (ORCID: 0000-0001-9985-1881), (tekla.szep@uni-miskolc.hu), Institute of World and Regional Economics, University of Miskolc, Miskolc, Főépület, 3515 Hungary; phone: +36 46 565 200

**Journal included in:** AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Journalytics; CNKI Scholar (China National Knowledge Infrastructure); CNPIEC – cnpLINKer; Dimensions; EBSCO; ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and Social Sciences); ExLibris; Google Scholar; Index Copernicus; J-Gate; JournalTOCs; KESLI-NDSL (Korean National Discovery for Science Leaders); MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education; QOAM (Quality Open Access Market); ReadCube; SCILIT; Semantic Scholar; TDNet; Ulrich's Periodicals Directory/ulrichsweb WanFang Data; WorldCat (OCLC); X-MOL

**Copyright:** © The Authors, 2023. **Publisher:** John Paul II University in Białá Podlaska, Poland.

**Materiały i metody:** W tym celu opracowano złożony wskaźnik składający się z trzech składowych odporności (społecznej, ekonomicznej i środowiskowej) zwany Złożonym Wskaźnikiem Odporności. Zastosowano go do badań osadnictwa węgierskiego w wybranych latach (2000, 2006, 2012, 2018). Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzono dalszą analizę. Strukturę przestrzenną odporności miejskiej bada się na dwa sposoby. W pierwszej kolejności zbadano przestrzenne zróżnicowanie miast w czterech wybranych latach za pomocą względnego wskaźnika rozpiętości, czyli różnicy między najwyższą a najniższą wartością dla miasta względem średniej. Następnie, wzorce przestrzenne odwzorowano za pomocą jednego z najczęściej stosowanych wskaźników autokorelacji przestrzennej, tak zwanego Lokalnego Współczynnika Morana I. Kolejnym krokiem jest utworzenie pięciu skupień, aby podkreślić różnice między grupami pod względem liczby ludności i dochodu na mieszkańca w wybranych latach oraz przeanalizować rolę odporności w zmianie tych wskaźników.

**wyniki:** Identyfikacja tych grup dostarcza ważnych informacji dla planowania i polityki przestrzennej. Węgierskie osadnictwo również sklasyfikowano na podstawie Złożonego Wskaźnika Odporności. Wyniki wskazują, że odporność miejską można mierzyć za pomocą złożonego wskaźnika (Złożonego Wskaźnika Odporności), a dalszych informacji dostarczają składowe odporności społecznej, ekonomicznej i środowiskowej. W węgierskiej sieci miejskiej najbardziej odpornymi elementami są Budapeszt, niektóre ośrodki regionalne, niektóre stolice powiatów, obszar metropolitalny Budapesztu oraz najbardziej rozwinięte małe i średnie miasta w Kraju Zadunajskim.

**Wnioski:** Różnica w Złożonym Wskaźniku Odporności między miastami zwiększa się w czasie, w wyniku czego skupienia Lokalnego Współczynnika Morana I stają się węższe. Tempo zmian dochodu jednostkowego i jego względna rozpiętość mają przeciwny znak do odporności. Wraz ze wzrostem odporności średnia zmiana dochodu i jego względna rozpiętość maleje, a w rezultacie zwiększa się stabilność.

**Słowa kluczowe:** odporność miejska, struktura przestrzenna, Złożony Wskaźnik Odporności, wskaźnik złożony, analiza skupień

## Introduction

In a globalised world economy, the role of cities and metropolitan areas has become more important. The importance of multi- and transnational corporations has increased, supranational institutions have been created, the structure of employment has changed, and cities have become the dominant centres of economic and social activity. In recent decades, the growing economic leadership of cities, the metropolitan concentration of the 'new economy' and the political, administrative, cultural and social importance of cities have become crucial (Enyedi, 2003). In these processes, cities and city networks are also evolving into highly complex and sophisticated systems where population, industry, services and consumption are concentrated. However, this concentration also increases the vulnerability and dependency of cities (Szép, Nagy, Tóth, 2021). The well-being and prosperity of urban populations can be ensured by the smooth functioning of infrastructure systems, communication networks, large utility systems and supply chains (World Bank, 2016), but at the same time, the high degree of interdependence between systems can also make cities vulnerable.

The idea of resilience was introduced to the scientific community in 1973 with the study of Canadian ecologist Holling (1973), which originally meant the recovery of an ecological system in a complex state of equilibrium after a strong external shock. In our opinion, the term resilience in a general sense "resilience equals the ability of people, communities, governments and systems to withstand the impacts of negative events and to continue to grow despite them" (cited in Pirisi, 2019). Adaptive capacity means the reactive capacity of a system to successfully adapt to an external shock (Nagy, Sebestyénné Szép,

## Wstęp

W zglobalizowanej gospodarce światowej rola miast i obszarów metropolitalnych nabiera większego znaczenia. Wzrasta znaczenie korporacji międzynarodowych i transnarodowych, powstają ponadnarodowe instytucje, zmienia się struktura zatrudnienia, a miasta stają się dominującymi ośrodkami aktywności gospodarczej i społecznej. W ostatnich dziesięcioleciach kluczowe znaczenie zyskuje rosnące przywództwo gospodarcze miast, metropolitalna koncentracja „nowej gospodarki” oraz polityczne, administracyjne, kulturowe i społeczne znaczenie miast (Enyedi, 2003). W tych procesach miasta i sieci miejskie również ewoluują w wysoce złożone i wyrafinowane systemy, w których skupia się ludność, przemysł, usługi i konsumpcja. Jednak ta koncentracja zwiększa również wrażliwość i zależność miast (Szép, Nagy, Tóth, 2021). Dobrobyt i powodzenie populacji miejskich można zapewnić dzięki sprawnemu funkcjonowaniu systemów infrastruktury, sieci komunikacyjnych, dużych systemów użyteczności publicznej i łańcuchów dostaw (Bank Światowy, 2016), ale jednocześnie wysoki stopień współzależności między systemami może również sprawiać, że miasta stają się wrażliwe.

Idea odporności została wprowadzona do środowiska naukowego w 1973 roku wraz z badaniem kanadyjskiego ekologa Hollinga (1973) i pierwotnie pojęcie to oznaczało powrót systemu ekologicznego do złożonego stanu równowagi po silnym szoku zewnętrznym. Zdaniem Autorów termin odporność w sensie ogólnym można zdefiniować w następujący sposób „odporność to zdolność ludzi, społeczności, rządów i systemów do przeciwstawienia się skutkom negatywnych wydarzeń i dalszego rozwoju” (za: Pirisi, 2019). Zdolność adaptacyjna oznacza

2016). It originates from ecology and the concept appears in many other disciplines too. Nowadays resilience-based approaches are widely used, from psychological applications to various fields of social sciences, and have also claimed a place in regional and urban studies. COVID-19 and its impacts has also brought to the surface a number of new studies and approaches, as evidenced by the creation of the Recovery and Resilience Facility in the European Union, which provides 723.8 billion EUR in loans and grants to Member States (European Commission, 2022). The concept of resilience was first introduced in the study on the vulnerability of oil-exporting countries (Nagy, Sebestyénné Szép, 2016).

Pirisi's (2019) definition is an excellent way to capture the importance of skills and knowledge to the resilience approach: "Resilience is a social construct created by a spatially organised community linked by institutionalised and informal relationships. It is a set of skills and knowledge sustained by these relationships that enable continuous adaptation to changing social, economic, political and environmental conditions external to the community, the ability to maintain community functioning, the ability to expand and restructure one's skills and knowledge, and thus reduce community vulnerability" (Pirisi, 2019:67).

Several solutions for measuring resilience are outlined in the literature: lower levels, even at the level of individuals or households, but more generally, the urban (e.g. Dursun, 2018), regional or even national level can be considered (Szép et al, 2021). Some of the studies (e.g. Kitsos, Bishop, 2018; Bănică, Muntele, 2017) aim to measure resilience quantitatively, and in some cases (Alpek, Tésits, 2014) labour market studies play an important role in the analysis. This is because a good indicator of economic complexity is the distribution of employment by sector, which can be used to infer the exposure and dependence of a given city. In addition, there is the idea that a well-developed, resilient and innovative SME sector contributes significantly to a region's resilience to economic crises and can reduce (or even prevent) negative impacts (Kitsos, Bishop, 2018).

When measuring resilience or adaptive capacity, different authors rely on a different set of indicators. Drobnik (2017) starts from a single indicator, GDP, when examining the economic resilience of EU Member States and Central European regions. In contrast, Wang, Xiangzheng, Wong, Li, Chen (2018) include 139 indicators in their analysis. In our view, a few indicators are sufficient to determine whether the system is resilient, and researchers in this case focus primarily on impact analysis.

On 1 May 2022, there were 3,155 settlements in Hungary, of which 348 had city status. The 348 cities of the Hungarian urban network show a very

reaktywną zdolność systemu do skutecznej adaptacji do szoku zewnętrznego (Nagy, Sebestyénné Szép, 2016). Pojęcie to wywodzi się z ekologii i pojawia się także w wielu innych dyscyplinach. Obecnie podejścia oparte na odporności są stosowane szeroko, od psychologii po różne dziedziny nauk społecznych, a także zajmują ważne miejsce w badaniach regionalnych i miejskich. COVID-19 i jego skutki były również przyczyną szeregu nowych badań i podejść, o czym świadczy utworzenie w Unii Europejskiej Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności, który zapewnia państwom członkowskim pożyczki i dotacje w wysokości 723,8 miliarda EUR (Komisja Europejska, 2022). Pojęcie odporności zostało wprowadzono po raz pierwszy w badaniu wrażliwości krajów eksportujących ropę naftową (Nagy, Sebestyénné Szép, 2016).

Definicja Pirisiego (2019) jest doskonałym sposobem na uchwycenie znaczenia umiejętności i wiedzy w podejściu do odporności: „Odporność jest konstruktem społecznym tworzonym przez przestrzennie zorganizowaną społeczność połączoną zinstytucjonalizowanymi i nieformalnymi relacjami. Jest to połączenie umiejętności i wiedzy podtrzymywane przez te relacje, które umożliwia ciągłą adaptację do zmieniających się warunków społecznych, ekonomicznych, politycznych i środowiskowych zewnętrznych w stosunku do społeczności, zdolność do utrzymania funkcjonowania społeczności, zdolność do poszerzania i restrukturyzacji umiejętności i wiedzy oraz zmniejszanie w ten sposób wrażliwości społeczności” (Pirisi, 2019:67).

W literaturze przedstawiono kilka rozwiązań do pomiaru odporności: można rozpatrywać jej niższe poziomy, nawet na poziomie jednostek lub gospodarstw domowych, ale również bardziej ogólnie jej poziom miejski (np. Dursun, 2018), regionalny, a nawet krajowy (Szép i in., 2021). Niektóre badania (np. Kitsos, Bishop, 2018; Bănică, Muntele, 2017) mają na celu ilościowy pomiar odporności, a w niektórych przypadkach (Alpek, Tésits, 2014) badania rynku pracy odgrywają ważną rolę w analizie. Wynika to z faktu, że dobrym wskaźnikiem złożoności gospodarczej jest rozkład zatrudnienia według sektorów, który można wykorzystać do wnioskowania o narażeniu i zależności danego miasta. Ponadto istnieje pogląd, że dobrze rozwinięty, odporny i innowacyjny sektor MŚP znacząco przyczynia się do odporności regionu na kryzysy gospodarcze i może ograniczać negatywne skutki (lub nawet zapobiegać) (Kitsos, Bishop, 2018).

Podczas pomiaru odporności lub zdolności adaptacyjnych różni autorzy polegają na różnych zestawach wskaźników. Drobnik (2017), podczas badania odporności gospodarczej państw członkowskich UE i regionów Europy Środkowej, zaczyna od jednego wskaźnika, PKB. Z kolei Wang, Xiangzheng,

disproportionate picture, with a huge population gap after Budapest with 1.7 million inhabitants, followed by Debrecen with 199,000 inhabitants. In the country, including the capital, there are 8 cities with a population of more than 100,000 inhabitants. In terms of position in the urban hierarchy, the capital is followed by 5 regional centres (Debrecen, Szeged, Miskolc, Pécs and Győr), then 14 county centres, 38 medium-sized cities and 73 small towns. This means that in Hungary, with a population of 9.6 million, there are a total of 131 clearly urban settlements. In addition to these, there are 59 'village towns' and 158 'titular towns', i.e. towns without a real central function (Kocsis, 2021).

## Data and methodology

In this study a composite indicator is created called the Complex Resilience Index. The results are further examined applying Local Moran I and cluster analysis. In the following work the involved data and databases and the applied methodology are presented.

In developing the Complex Resilience Index, it is aimed to use indicators that meet the following requirements:

- include available data for all cities;
- analysis can be repeated in other time periods (which further narrows the range of indicators that can be used);
- provide national and international comparability.

The components used, the range of related indicators and their source are illustrated in Annex 1. The list of indicators is partly based on the work of Bănică, Muntele (2017) and partly on the indicators published in Szép et al. (2021), corrected in several places by the social progress indicator system provided by the Central Statistical Office (CSO, 2020) and TEIR (National Regional Development and Spatial Planning Information System) data. Therefore, the pillar structure of sustainability allows three main components of resilience to be identified, thus distinguishing social, economic and environmental components. According to Girard (2011), the development of the social component depends fundamentally on formal and informal social networks. "Economic resilience is the ability (capacity) of a city to generate wealth

Wong, Li, Chen (2018) uwzględniają w swojej analizie 139 wskaźników. Naszym zdaniem, aby stwierdzić, czy system jest odporny, wystarczy kilka wskaźników, a badacze w tym przypadku skupiają się przede wszystkim na analizie wpływu.

W dniu 1 maja 2022 r. na Węgrzech istniało 3155 miejscowości, z czego 348 miało status miast. 348 miast węgierskiej sieci miejskiej przedstawia bardzo nieproporcjonalny obraz, przy ogromnej populacyjnej po Budapeszcie z 1,7 miliona mieszkańców, po którym następuje Debreczyn z 199 000 mieszkańców. W kraju, łącznie ze stolicą, znajduje się 8 miast liczących ponad 100 000 mieszkańców. Pod względem pozycji w hierarchii miejskiej za stolicą plasuje się 5 ośrodków regionalnych (Debreczyn, Segedyn, Miskolc, Pecz i Jawaryn), następnie 14 ośrodków powiatowych, 38 miast średniej wielkości i 73 małe miasta. Oznacza to, że na Węgrzech, liczących 9,6 miliona mieszkańców, znajduje się łącznie 131 osiedli wyraźnie miejskich. Oprócz nich istnieje 59 „miast wiejskich” oraz 158 „miast tytularnych”, czyli miast bez rzeczywistej funkcji centralnej (Kocsis 2021).

## Dane i metodologia

W tym badaniu stworzono złożony wskaźnik zwany Złożonym Wskaźnikiem Odporności. Wyniki badano następnie przy użyciu Lokalnego Współczynnika Morana I i analizy skupień. W poniższej pracy przedstawiono dane i bazy danych oraz zastosowaną metodologię.

Przy opracowywaniu Złożonego Wskaźnika Odporności dąży się do wykorzystania wskaźników spełniających następujące wymagania:

- powinien zawierać dostępne dane dla wszystkich miast;
- analizę można powtórzyć w innych przedziałach czasowych (co dodatkowo zawęży zakres możliwych do wykorzystania wskaźników);
- powinien zapewniać porównywalność na poziomie krajowym i międzynarodowym.

Zastosowane składowe, zakres powiązanych wskaźników oraz ich źródło zilustrowano w Załączniku 1. Lista wskaźników jest częściowo oparta na pracy Bănică, Muntele (2017), a częściowo na wskaźnikach opublikowanych w Szép i in. (2021), skorygowanych w kilku miejscach przez system wskaźników postępu społecznego dostarczonych przez Główny Urząd Statystyczny (CSO, 2020) oraz dane TEIR (Krajowy System Informacji o Rozwoju Regionalnym i Planowaniu Przestrzennym). Dlatego filarowa struktura zrównoważonego rozwoju pozwala zidentyfikować trzy główne składowe odporności, rozróżniając w ten sposób składowe społeczne, ekonomiczne i środowiskowe. Według Girarda (2011) rozwój składowej społecznej zależy zasadniczo od

for its population and profit for its businesses, how and how efficiently it does so. The environmental (or ecological) component highlights the internal balance and robustness of the system, in line with the implementation of a circular or green economy. It includes reducing emissions, energy and material efficiency, sustainable waste management, increasing the role of renewable energy sources, creating green jobs and green innovation. The harmony of these three components ensures efficient value creation and, in the long term, higher well-being for urban populations" (Szép et al., 2021:718).

The Complex Resilience Index and its components have been calculated for 2000, 2006, 2012 and 2018 for all elements of the entire Hungarian urban network. This allowed the changes over time to be analysed and a comparable data set to be obtained for the analysis of energy consumption data. The reason for the choice of specific years was that several indicators of the environmental component are derived from the Corine Landcover record, which are of inescapable importance for the environmental status.

To ensure comparability of indicators with different scales and units, it was necessary to normalise the values. It has the advantage of taking into account the heterogeneity of the units within the group and preserving the metric information. In addition, this transformation significantly increases the sensitivity of the indicator to changes that occur.

One method of standardisation is the so-called z-transformation, which transforms each indicator value to a standardised value with an average of zero and a standard deviation of one. The method takes the heterogeneity within groups into consideration and conserves the metric information. The disadvantage can be that the index will be more sensible to the changes. This method is widely used when the data have different scales or units of measurement, and the aim is to compare them or to summarise different components. The method is not new in the analysis of smart cities; e.g. Giffinger, Pichler-Milanovic (2007) and Hajduk (2016) used it in their research. The method is based on the linear transformation of the values and can be computed with the following equation.

$$X = \frac{X_i - \bar{X}}{\text{standard deviation}}$$

where  $X$  means the standardised value;  $X_i$  is the indicator's value in city  $i$ ;  $\bar{X}$  is the average of the indicator among the examined settlements; and

formalnych i nieformalnych sieci społecznych. „Odporność gospodarcza to możliwość (zdolność) miasta do generowania bogactwa dla jego mieszkańców i zysków dla jego przedsiębiorstw, sposób osiągnięcia tego oraz jego skuteczność. Składowa środowiskowa (lub ekologiczna) podkreśla wewnętrzną równowagę i solidność systemu, zgodnie z wdrażaniem gospodarki o obiegu zamkniętym lub gospodarki ekologicznej. Obejmuje ona ograniczenie emisji, efektywność energetyczną i materiałową, zrównoważoną gospodarkę odpadami, zwiększenie roli odnawialnych źródeł energii, tworzenie ekologicznych miejsc pracy i ekologicznych innowacji. Harmonia tych trzech składników zapewnia wydajne tworzenie wartości i, w dłuższej perspektywie, większy dobrobyt populacji miejskich” (Szép i in., 2021:718).

Złożony Wskaźnik Odporności i jego składowe obliczono w latach 2000, 2006, 2012 i 2018 dla wszystkich elementów całej węgierskiej sieci miejskiej. Pozwoliło to na analizę zmian w czasie i uzyskanie porównywalnego zestawu danych do analizy danych dotyczących zużycia energii. Powodem wyboru konkretnych lat było to, że kilka wskaźników składowej środowiskowej pochodzi z danych programu Corine Landcover, które mają nieodzowne znaczenie dla stanu środowiska.

Aby zapewnić porównywalność wskaźników między różnymi skalami i jednostkami, konieczne było znormalizowanie wartości. Ma to taką zaletę, że uwzględnia heterogeniczność jednostek w grupie i pozwala zachować informacje metryczne. Dodatkowo przekształcenie to znacznie zwiększa wrażliwość wskaźnika na zachodzące zmiany.

Jedną z metod standaryzacji jest tak zwana transformacja z, która przekształca każdą wartość wskaźnika na wartość standaryzowaną ze średnią zerową i odchyleniem standardowym równym jeden. Metoda uwzględnia heterogeniczność w grupach i pozwala zachować informacje metryczne. Wadą może być to, że wskaźnik będzie bardziej wrażliwy na zmiany. Ta metoda jest szeroko stosowana, gdy dane mają różne skale lub jednostki miary, a celem jest ich porównanie lub podsumowanie różnych składowych. Metoda nie jest nowa w analizie inteligentnych miast; np. wykorzystali ją w swoich badaniach Giffinger, Pichler-Milanovic (2007) i Hajduk (2016). Metoda opiera się na liniowym przekształceniu wartości i można w niej używać obliczenia za pomocą następującego równania.

gdzie  $X$  oznacza wartość standaryzowaną;  $X_i$  to wartość wskaźnika w mieście  $i$ ;  $\bar{X}$  jest średnią wskaźnika wśród badanych miejscowości; a odchylenie

standard deviation is the standard deviation of the indicator among the examined settlements. The most important advantages of the method are:

- it preserves the original connection among the data, but allows it to compare and summarise data series with different units (e.g. kg, percentage, m<sup>2</sup>),
- it does not result in loss of data or distortion (Giffinger, Pichler-Milanovic, 2007).

In some cases, there was a need for modification of the data in the interpretation of components and creation of the complex index, where the given indicators have different scales. In these cases, it was calculated with the inverse value of the indicator. A good example for the different scale of data is when a smaller indicator value means the city's situation is more favourable (e.g. unemployment rate, energy use or particulate matter problem). The value of a given component (sub-category or pillar) is the sum of the standardised values of the selected indicators, while the smart index can be calculated as the arithmetic mean of the pillars' values (as is also done in Giffinger, Pichler-Milanovic, 2007; Nagy, Sebestyén Szép, 2016). So, the created maximum and minimum value can vary from (-3) to 3 points, where the positive values mean higher smart performance by the given cities.

## Results

The Complex Resilience Index calculations have basically produced the expected results, although one or two surprising results have been noted. One of these surprises is that Pécs, as a regional centre is ranked first in all four time points, thanks to good scores on the environmental resilience component. So outstanding is this data that it retains its leading position throughout the period under review, despite its weaker scores on the economic and social components. The other surprise is the underperformance of Miskolc, one of the regional centres, compared to several small and medium-sized cities. Behind Pécs, there is a significant shift in the rankings, but several cities claim a stable place in the top ranking. Some cities of the capital, Budapest and its agglomeration, e.g. Budaörs, Gödöllő, are in the top 15 in all four lists, and the small town of Balatonfüred and the regional centre Debrecen are also in this group. Veszprém and Dunaújváros are cities with county status, and the small towns of Tiszaújváros, Veresegyház and Dunakeszi also appear in 3 lists, which makes it possible to see quite stable positions in the time series results of this analysis. Of course, the listed cities may follow different paths, as Debrecen and Budapest are clearly on the rise, Budaörs, one of

standardowe to odchylenie standardowe wskaźnika wśród badanych miejscowości. Najważniejszymi zaletami metody są:

- zachowuje oryginalne powiązanie między danymi, ale pozwala porównywać i podsumowywać serie danych z różnymi jednostkami (np. kg, procent, m<sup>2</sup>),
- nie powoduje utraty danych ani zniekształceń (Giffinger, Pichler-Milanovic, 2007).

W niektórych przypadkach zaistniała potrzeba modyfikacji danych w interpretacji składowych i stworzenia złożonego wskaźnika, w którym odpowiednie wskaźniki mają różne skale. W tych przypadkach obliczono go na podstawie odwrotności wartości wskaźnika. Dobrym przykładem innej skali danych jest sytuacja, gdy mniejsza wartość wskaźnika oznacza korzystniejszą sytuację miasta (np. stopa bezrobocia, zużycie energii czy problem pyłu zawieszonego). Wartość danej składowej (podkategorii lub filaru) jest sumą standaryzowanych wartości wybranych wskaźników, natomiast wskaźnik inteligentny można obliczyć jako średnią arytmetyczną wartości filarów (tak jak to zrobili Giffinger, Pichler-Milanovic, 2007; Nagy, Sebestyén Szép, 2016). Tak więc utworzona wartość maksymalna i minimalna może wahać się od (-3) do 3 punktów, przy czym wartości dodatnie oznaczają wyższą inteligentną wydajność danych miast.

## Wyniki

Obliczenia Złożonego Wskaźnika Odporności przyniosły w zasadzie oczekiwane wyniki, chociaż odnotowano jeden lub dwa zaskakujące wyniki. Jedną z tych niespodzianek jest fakt, że Pecz, jako ośrodek regionalny, zajmuje pierwsze miejsce we wszystkich czterech punktach czasowych dzięki dobrym wynikom w zakresie odporności środowiskowej. Dane te są tak dobre, że miasto utrzymuje wiodącą pozycję przez cały analizowany okres, pomimo słabszych wyników w składowych ekonomicznych i społecznych. Inną niespodzianką są słabe wyniki Miskolca, jednego z ośrodków regionalnych, w porównaniu z kilkoma małymi i średnimi miastami. Za Peczem nastąpiła znacząca zmiana w rankingu, ale kilka miast zapewniło sobie stabilną pozycję w czołówce. Niektóre miasta niedaleko stolicy, Budapesztu i w jego aglomeracji, m.in. Budaörs, Gödöllő, znajdują się w pierwszej piętnastce na wszystkich czterech listach, a małe miasteczko Balatonfüred i regionalne centrum Debreczyn również należą do tej grupy. Veszprém i Dunaújváros są miastami na prawach powiatu, a małe miasteczko Tiszaújváros, Veresegyház i Dunakeszi pojawiają się również w 3 zestawieniach, co pozwala dostrzec dość stabilną pozycję w szeregach czasowych wyników tej analizy. Oczywiście

the agglomeration cities of the capital, remains stable in terms of positions, and Tiszaújváros, for example, is constantly losing ground.

In 2018, all the regional centres except Miskolc appear in the top 15 cities (Miskolc is ranked 39<sup>th</sup>), which may also indicate that, according to the calculations carried out using this methodology, socio-economic development, a diverse cultural image, higher education levels of residents, the presence of universities, and a higher propensity to enter into business, place the regional centres in the strongest group in terms of resilience. In addition, the cities of the Budapest agglomeration and the developed small and medium-sized towns (Balatonfüred, Balatonalmádi, Tata) perform well in this study. The eastern part of the country is also less represented in 2018, with regional centres such as Debrecen and Szeged, as well as one large city, Kecskemét, and two small towns Gödöllő and Veresegyház, accounting for only 1/3 of the top 15 places. The main gap in the list is with Miskolc, as a regional centre it is telling and thought-provoking that it ranks 71, 74, 42 and 39 in the years under review in this analysis, clearly lagging behind other regional centres and some county centres (Table 1). It is interesting to note that there are changes in the results compared to the study by Sebestyén Szép, Szendi, Nagy and Tóth (2020), probably due to the use of two new indicators, which indicates the limitations of the method and its dependence on the indicators included. Unfortunately, the range of available indicators is not complete, especially in the case of time series studies, and in this case, the multiple indicators that may be obtained from census data (sectoral distribution of employed persons) may be difficult or impossible to use. Many of the indicators are also used in the measurement of spatial development, which is obviously one of the reasons for the high degree of similarity between the results of these surveys.

wymienione miasta mogą podążać różnymi drogami, ponieważ Debreczyn i Budapeszt wyraźnie rozwijają się, Budaörs, jedno z miast aglomeracyjnych stolicy, pozostaje stabilne pod względem pozycji, a na przykład Tiszaújváros stale traci pozycję.

W 2018 roku wszystkie ośrodki regionalne z wyjątkiem Miskolca znajdowały się w pierwszej piątce miast (Miskolc zajmował 39 miejsce), co może również wskazywać, że według obliczeń przeprowadzonych za pomocą tej metodologii rozwój społeczno-gospodarczy, zróżnicowany obraz kulturowy, poziom wykształcenia wyższego mieszkańców, obecność wyższych uczelni oraz większa skłonność do podejmowania działalności gospodarczej stawiają ośrodki regionalne w najsilniejszej grupie pod względem odporności. Ponadto dobrze wypadają w tym badaniu miasta aglomeracji Budapesztu oraz rozwinięte małe i średnie miasta (Balatonfüred, Balatonalmádi, Tata). Wschodnia część kraju była również mniej reprezentowana w 2018 roku, z ośrodkami regionalnymi, takimi jak Debreczyn i Segedyn, a także jednym dużym miastem Kecskemét i dwoma małymi miasteczkami Gödöllő i Veresegyház, które zajmowały tylko 1/3 z 15 spośród najlepszych miejsc. Główny wyłom na liście dotyczy Miskolca i ponieważ jest on ośrodkiem regionalnym, wymowny i dający do myślenia jest fakt, że zajął on 71, 74, 42 i 39 miejsce w latach objętych niniejszą analizą, wyraźnie pozostając w tyle za innymi ośrodkami regionalnymi i niektórymi ośrodkami powiatowymi (Tabela 1). Warto zauważyć, że nastąpiły zmiany w wynikach w porównaniu z badaniem Sebestyén Szép, Szendi, Nagy i Tóth (2020), prawdopodobnie za sprawą zastosowania dwóch nowych wskaźników, co wskazuje na ograniczenia metody i jej zależność od wykorzystanych wskaźników. Niestety zakres dostępnych wskaźników nie jest pełny, zwłaszcza w przypadku badań szeregowych i w tym przypadku wielość wskaźników, które można uzyskać z danych ze spisu powszechnego (rozkład pracujących według sektorów) może być trudna lub niemożliwa do wykorzystania. Wiele wskaźników wykorzystywanych jest także w pomiarach zagospodarowania przestrzennego, co jest oczywiście jedną z przyczyn wysokiego stopnia podobieństwa wyników tych badań.

**Table 1.** Top 15 cities with the highest Complex Resilience Index and their index values in the selected years (2000, 2006, 2012, 2018)**Tabela 1.** Pierwszych 15 miast o najwyższym Złożonym Wskaźniku Odporności i ich wartości wskaźnika w wybranych latach (2000, 2006, 2012, 2018)

Rank / Pozycja	2000		2006		2012		2018	
1	Pécs / Pecz	0.416	Pécs / Pecz	0.450	Pécs / Pecz	0.459	Pécs / Pecz	0.453
2	Tiszaújváros	0.398	Piliscsaba	0.409	Budaörs	0.410	Debrecen / Debreczyn	0.398
3	Százhalomb.	0.381	Budaörs	0.395	Sopron	0.398	Gödöllő	0.397
4	Herend	0.380	Budakeszi	0.394	Gödöllő	0.398	Budapest / Budapeszt	0.397
5	Budaörs	0.377	Gödöllő	0.382	Debrecen / Debreczyn	0.380	Budaörs	0.394
6	Budakeszi	0.372	Százhalomb.	0.375	Veresegyh.	0.372	B.almádi	0.383
7	B.füred	0.362	Tiszaújv.	0.375	Piliscsaba	0.372	Győr	0.360
8	Gödöllő	0.344	Veszprém	0.359	Budapest / Budapeszt	0.366	B.füred	0.357
9	Dunaújváros	0.343	Veresegyház	0.358	B.füred	0.366	Biatorbágy	0.356
10	Debrecen / Debreczyn	0.342	Szentendre	0.355	Diósd	0.363	Tata	0.354
11	Diósd	0.342	Debrecen / Debreczyn	0.354	Tiszaújv.	0.359	Dunakeszi	0.344
12	Kőszeg	0.341	Szigetszent.	0.349	B.almádi	0.352	Szeged / Segedyn	0.342
13	Veszprém	0.341	Dunakeszi	0.347	Dunaújv.	0.351	Veszprém	0.342
14	Esztergom / Ostrzyhom	0.340	Dunaújváros	0.346	Dunakeszi /	0.350	Kecskemét	0.342
15	Budapest / Budapeszt	0.335	Budapest / Budapeszt	0.346	Budakeszi	0.350	Veresegyház	0.337

Source: Own calculation.

Źródło: Obliczenia własne.

If the results of social, economic, and environmental resilience are presented on separate maps, it gives a very different picture. In this paper the Complex Resilience Index map based on 2018 data is presented. Looking at the maps for each component, the data for the social resilience component shows a much more concentrated picture than the economic data. Budapest, some cities of the metropolitan area (Gödöllő, Piliscsaba, Göd, Diósd, Veresegyház) and the regional centres stand out, followed by Veszprém, Sopron, Kecskemét, Székesfehérvár (medium and large cities), and the last places are usually occupied by small towns: Gyöngyös, Záhony, Tokaj, Letenye, Tiszacsege and Tiszakécske. This distribution is also due to the role of higher education in the regional centres and Budapest, and especially to the favourable aging index in the agglomeration cities.

The values of the economic resilience component show the expected picture in part, with the metropolitan area of Budapest (Budapest, Batorbágy, Rácalmás, Dunakeszi, Törökbálint, Szentendre, Diósd, Budakalász), the large and medium-sized cities of the central and western parts of the Transdanubian region, and occasionally the small

Przedstawienie wyników odporności społecznej, gospodarczej i środowiskowej na osobnych mapach daje zupełnie inny obraz. W artykule przedstawiono mapę Złożonych Wskaźników Odporności opartą na danych z 2018 roku. Patrząc na mapy dla każdej składowej, dane dotyczące składowej odporności społecznej pokazują znacznie bardziej skoncentrowany obraz niż dane ekonomiczne. Wyróżniają się Budapeszt, niektóre miasta obszaru metropolitalnego (Gödöllő, Piliscsaba, Göd, Diósd, Veresegyház) oraz ośrodki regionalne, następnie Veszprém, Sopron, Kecskemét, Székesfehérvár (miasta średnie i duże), a na ostatnich miejscach znajdują się zwykle małe miasta: Gyöngyös, Záhony, Tokaj, Letenye, Tiszacsege i Tiszakécske. Rozkład ten wynika również z roli szkolnictwa wyższego w ośrodkach regionalnych i w Budapeszcie, a w szczególności z korzystnego wskaźnika starzenia się w miastach aglomeracji.

Wartości składowej odporności gospodarczej odzwierciedlają częściowo oczekiwany obraz, gdzie korzystne dane wykazują obszar metropolitalny Budapesztu (Budapeszt, Batorbágy, Rácalmás, Dunakeszi, Törökbálint, Szentendre, Diósd, Budakalász), duże i średnie miasta centralnej i zachodniej części



towns (Székesfehérvár, Bábolna, Győr, Balatonlelle, Balatonalmádi, Hévíz, Tata, Szombathely, etc.) showing favourable data.

There are also some unexpected results, as the cities of Debrecen (86<sup>th</sup>), Nyíregyháza (72<sup>nd</sup>), Miskolc (126<sup>th</sup>) and Pécs (110<sup>th</sup>) in the eastern part of the country are only in the middle of the ranking, with industrial cities having a better indicator. Among them, Paks (3<sup>rd</sup>), Tiszaújváros (8<sup>th</sup>), Martfű (18<sup>th</sup>), Hatvan (28<sup>th</sup>), Rétság (33<sup>rd</sup>) and Kazincbarcika (48<sup>th</sup>) stand out from their surroundings. The worst performers are small towns in north-eastern Hungary and eastern Hungary, often peripherally located, e.g. Szendrő, Hajdúhadház, Nyírmada, Cigánd, Borsodnádásd, Battonya and Putnok, and Gyöng and Nagybajom in southern Transdanubia.

The environmental resilience component does not show the same concentration as the previous two components. Pécs, Tata, Balatonalmádi, Debrecen, Balatonfüred, Lajosmizse, Tatabánya, Badacsonytomaj, Sopron, Kecel, Kőszeg and Gárdony have high values. Of these, only Debrecen and Kecel belong to the eastern part of the country, although Kecskemét, Gödöllő, Miskolc and Szolnok also rank highly. Here it is difficult to identify a typical spatial distribution, and this is also the case for the cities with the worst scores, including Igal, Tiszaföldvár, Rakamaz, Medgyesegyháza, Mélykút, Fegyvernek, Újkígyós, Mezőkovácsháza, Csanádpalota and Balatonkenese.

The pattern of the 2018 Complex Resilience Index data is most similar to the economic component, but the example of Pécs shows that it does not depend on it. In Budapest and its metropolitan area, western and northern Transdanubia and the eastern part of the country, the cities have the best data. This is very similar to the pattern of urban development, which is confirmed by the results of several studies (Nagy 2007; Rechnitzer, Páthy, Berkes, 2014; Péntzes, Bujdosó, Dávid, Radics, Kozma, 2014; Tóth, Bujdosó, Dávid, 2010) or also by Péntzes (2022) for the Hungarian settlement network. In the latter study, the cities of the Budapest agglomeration (Budaörs, Százhalombatta, Törökbálint, Szentendre) and the Transdanubian region (Répcelak, Bábolna) are at the top of the ranking in terms of economic development, in addition to some county seats (8 out of 13 in Transdanubia), while in Eastern Hungary, Tiszaújváros, Kecskemét, Eger, Szolnok, Hatvan, Rétság appear. Beluszky, Sikos T. (2020) show that in the grouping of cities by type of dynamics, the most dynamic cities are Kecskemét, Győr, Sopron, Szombathely, Mosonmagyaróvár and Siófok, as well as the Budapest agglomeration representatives, while the dynamic cities include Debrecen, Szeged, Nyíregyháza, Szolnok, Eger, Székesfehérvár, Veszprém, Zalaegerszeg, Keszthely, Komárom, Tata,

Kraju Zadunajskiego i czasami małe miasta (Székesfehérvár, Bábolna, Győr, Balatonlelle, Balatonalmádi, Hévíz, Tata, Szombathely itp.).

Są też nieoczekiwane wyniki, ponieważ miasta Debreczyn (86 miejsc), Nyíregyháza (72 miejsce), Miskolc (126 miejsc) i Pecz (110 miejsc) we wschodniej części kraju znajdują się dopiero w środku rankingu, a miasta przemysłowe mają lepszy wskaźnik. Wśród nich ze swojego otoczenia wyróżniają się Paks (3 miejsce), Tiszaújváros (8 miejsce), Martfű (18 miejsce), Hatvan (28 miejsce), Rétság (33 miejsce) i Kazincbarcika (48 miejsce). Najgorzej wypadają małe miasta w północno-wschodnich i wschodnich Węgrzech, często położone peryferyjnie, np. Szendrő, Hajdúhadház, Nyírmada, Cigánd, Borsodnádásd, Battonya i Putnok oraz Gyöng i Nagybajom w południowej części Kraju Zadunajskiego.

Składowa odporności środowiskowej nie wykazuje takiego samego skupienia jak poprzednie dwie składowe. Wysokie wartości mają Pecz, Tata, Balatonalmádi, Debreczyn, Balatonfüred, Lajosmizse, Tatabánya, Badacsonytomaj, Sopron, Kecel, Kőszeg i Gárdony. Spośród nich tylko Debreczyn i Kecel należą do wschodniej części kraju, chociaż Kecskemét, Gödöllő, Miskolc i Szolnok również zajmują wysokie pozycje. Tutaj trudno jest określić typowy rozkład przestrzenny i dotyczy to również miast z najgorszymi wynikami, w tym Igal, Tiszaföldvár, Rakamaz, Medgyesegyháza, Mélykút, Fegyvernek, Újkígyós, Mezőkovácsháza, Csanádpalota i Balatonkenese.

Schemat danych Złożonego Wskaźnika Odporności w 2018 roku jest najbardziej podobny do składowej ekonomicznej, ale przykład Peczu pokazuje, że nie jest on od niego zależny. Miasta mają najlepsze dane w Budapeszcie i jego obszarze metropolitalnym, zachodniej i północnej części Kraju Zadunajskiego oraz we wschodniej części kraju. Jest to bardzo podobne do wzorca rozwoju miast, co potwierdzają wyniki kilku badań (Nagy 2007; Rechnitzer, Páthy, Berkes, 2014; Péntzes, Bujdosó, Dávid, Radics, Kozma, 2014; Tóth, Bujdosó, Dávid, 2010) jak również badania Péntzesa (2022) dotyczące węgierskiej sieci osadniczej. W tym ostatnim badaniu miasta aglomeracji Budapesztu (Budaörs, Százhalombatta, Törökbálint, Szentendre) i Kraju Zadunajskiego (Répcelak, Bábolna) znajdują się na czele rankingu pod względem rozwoju gospodarczego, obok niektórych siedzib powiatowych (8 z 13 w Kraju Zadunajskim), podczas gdy na wschodnich Węgrzech pojawiają się Tiszaújváros, Kecskemét, Eger, Szolnok, Hatvan, Rétság. Beluszky, Sikos T. (2020) wykazali, że w przypadku grupowania miast według typu dynamiki najbardziej dynamicznymi miastami są Kecskemét, Győr, Sopron, Szombathely, Mosonmagyaróvár i Siófok oraz przedstawiciele aglomeracji Budapesztu, natomiast miasta dynamiczne obejmują Debreczyn, Segedyn, Nyíregyháza, Szolnok, Eger, Székesfehérvár, Veszprém, Zalaegerszeg, Keszthely, Komárom, Tata

etc. In addition to these, other studies can be cited on the partly similar patterns of Hungarian urban development and present resilience analyses.

itp. Oprócz tego można przytoczyć inne badania dotyczące częściowo podobnych wzorców rozwoju miast na Węgrzech i przedstawione tu analizy odporności.



**Figure 1.** Complex Resilience Index values by cities in Hungary, 2018

**Rysunek 1.** Wartości Złożonego Wskaźnika Odporności według miast na Węgrzech, 2018

Source: Own compilation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

This is due in large part to the fragmented and relatively stable nature of the Hungarian urban network, and to the phenomenon identified by several studies that there is little evidence of significant movements between the levels of development of cities and, in a strong correlation, between their positions in the hierarchy (Rechnitzer et al, 2014; Beluszky, Győri, 2004).

The top 15 cities with the highest scores in the index were shown in Table 1, with the worst scores in these rankings over 4 years for Gyöng, Elek, Battonya, Igal, Medgyesegyháza, Tiszacsege, Nagymányok, Nyírmada, Szendrő, Kenderes and Biharkeresztes. Actually, the 'usual' territorial distribution is visible, the peripheral areas of the eastern and south-eastern border of the Alföld (Elek, Battonya, Medgyesegyháza, Biharkeresztes, i.e. all small towns) and the inner areas, from the Borsodi-Mezőség to Tiszacsege, Nyírmada from the Nyírség, Kenderes from the Nagykunság, and the small towns of Tolna and Somogy counties (Gyöng, Nagymányok, Igal) from the South Transdanubia, and Szendrő from the border of the Cserehát are among the Hungarian towns with the worst scores in the Complex Resilience Index.

Based on the calculations for the four periods, the data for Miskolc do not include the full range of regional centres among the most resilient Hungarian cities, while the most developed small and medium-sized cities in the developed Transdanubian

Wynika to w dużej mierze z rozdrobnionego i stosunkowo stabilnego charakteru węgierskiej sieci miejskiej oraz ze zjawiska zidentyfikowanego w kilku badaniach, polegającego na tym, że niewiele jest dowodów na znaczące przesunięcia między poziomami rozwoju miast oraz, w silnej korelacji, między ich pozycjami w hierarchii (Rechnitzer i in., 2014; Beluszky, Győri, 2004).

15 pierwszych miast z najwyższymi wynikami pod względem wskaźnika przedstawiono w Tabeli 1, a najgorsze wyniki w tych rankingach w ciągu 4 lat uzyskały Gyöng, Elek, Battonya, Igal, Medgyesegyháza, Tiszacsege, Nagymányok, Nyírmada, Szendrő, Kenderes i Biharkeresztes. W rzeczywistości widoczny jest „zwykły” rozkład terytorialny, obszary peryferyjne wschodniej i południowo-wschodniej granicy Wielkiej Niziny Węgierskiej (Elek, Battonya, Medgyesegyháza, Biharkeresztes, czyli wszystkie małe miasta) oraz obszary wewnętrzne, od Borsodi-Mezőség do Tiszacsege, Nyírmada z Nyírség, Kenderes z Wielkiej Kumanii oraz małe miasteczka powiatów Tolna i Somogy (Gyöng, Nagymányok, Igal) z południowej części Kraju Zadunajskiego i Szendrő z granicy Cserehát należą do węgierskich miast z najgorszymi wynikami pod względem Złożonego Wskaźnika Odporności.

Oporając się na obliczeniach dla czterech okresów, dane dla Miskolca nie uwzględniają pełnego spektrum ośrodków regionalnych wśród najbardziej odpornych miast węgierskich, podczas gdy najbardziej rozwinięte małe i średnie miasta w rozwiniętej

and Budapest agglomeration have high Complex Resilience Index scores. In effect, this means that the spatial pattern of resilience is similar to the spatial pattern of development.

### Spatial structure based on resilience

Further analysis was conducted using the calculated Complex Resilience Index. The spatial structure of urban resilience was examined in two approaches, looking for spatial patterns and possible manifestations. First, spatial differences among cities in the four years studied were analysed using the relative extent index, which is the difference between the highest and lowest city scores relative to the average. In the other approach the spatial pattern were mapped using one of the most commonly used indicators of spatial autocorrelation, the Local Moran I indicator.

aglomeracji Kraju Zadunajskiego i Budapesztu mają wysoką wartość Złożonego Wskaźnika Odporności. W rezultacie oznacza to, że przestrzenny wzorzec odporności jest podobny do przestrzennego wzorca rozwoju.

### Struktura przestrzenna oparta na odporności

Dalsza analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem wyliczonego Złożonego Wskaźnika Odporności. Strukturę przestrzenną odporności miejskiej zbadano w dwóch podejściach, poszukując wzorców przestrzennych i ich możliwych przejawów. W pierwszej kolejności zbadano przestrzenne zróżnicowanie miast w czterech badanych latach za pomocą względnego wskaźnika rozpiętości, czyli różnicy między najwyższym a najniższym wynikiem dla miasta względem średniej. W drugim podejściu, wzorce przestrzenne odwzorowano za pomocą jednego z najczęściej stosowanych wskaźników autokorelacji przestrzennej, Lokalnego Współczynnika Morana I.

**Table 2.** Relative range of the Complex Resilience Index and its components in the selected years

**Tabela 2.** Rozpiętość względna Złożonego Wskaźnika Odporności i jego składowych w wybranych latach

Years / Lata	Economic component / Składowa ekonomiczna	Social component / Składowa społeczna	Environmental component / Składowa środowiskowa	Complex Resilience Index / Złożony Wskaźnik Odporności
2000	1.91	2.12	6.38	1.52
2006	1.88	2.74	7.67	1.82
2012	1.91	2.23	6.02	1.72
2018	1.99	1.76	5.03	1.77

Source: Own calculation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

The difference in the complex resilience index between cities (in relative values) – with significant fluctuations – has increased from 2000 to 2018. The increase in spatial disparity is mainly due to the economic component, as the other two components show a decrease (Table 2).

Anselin (1995) created Moran's I, one of the most widely used methods for quantifying and spatially representing spatial autocorrelation, since then the Local Moran I statistic has been applied in studying spatial differences in urban resilience. Such indicators are commonly referred to as LISA-indicators, i.e. "Local Indicators of Spatial Association". The characteristics of these indicators and the methods used to calculate them are presented in this paper.

Local Moran I statistics can be used to identify areas that are similar to or different from their neighbours. Using data series, Local Moran I results can be compared to absolute data to examine whether a high similarity is the result of a concentration of high or low values of a variable and vice versa. The

Różnica w Złożonym Wskaźniku Odporności między miastami (w wartościach względnych) – przy znacznych wahaniami – wzrosła od 2000 do 2018 roku. Wzrost zróżnicowania przestrzennego wynika głównie ze składowej ekonomicznej, ponieważ pozostałe dwie składowe wykazują spadek (Tabela 2).

Anselin (1995) stworzył Współczynnik Morana I, jedną z najczęściej używanych metod określania ilościowego i przestrzennego przedstawiania autokorelacji przestrzennej, od tego czasu Lokalna Statystyka Morana I jest stosowana do badania różnic przestrzennych w odporności miejskiej. Takie wskaźniki powszechnie określa się jako wskaźniki LISA, czyli „Lokalne Wskaźniki Asocjacji Przestrzennej”. W niniejszym artykule przedstawiono charakterystykę tych wskaźników oraz metody ich obliczania.

Lokalne Statystyki Moran I można wykorzystać do identyfikacji obszarów, które są podobne lub różnią się od swoich sąsiadów. Korzystając z serii danych, wyniki Lokalnego Współczynnika Morana I można porównać z danymi bezwzględными, aby zbadać, czy

higher the value of Local Moran I, the closer the spatial similarity. However, a negative value indicates that the spatial distribution of the variables is almost random, and the analysis can be performed taking this into account.

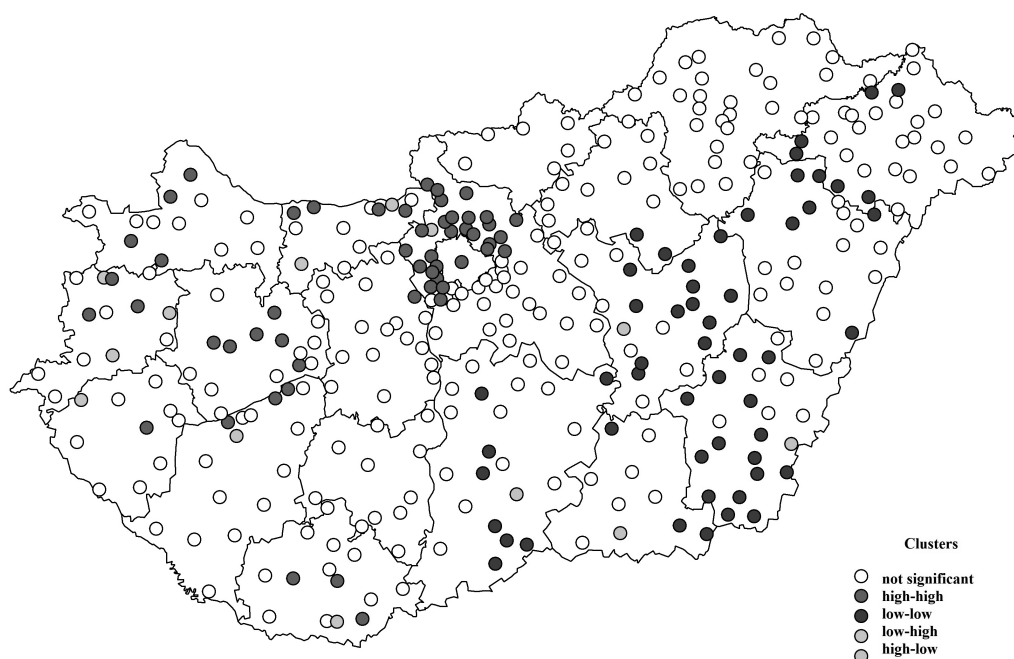
In the present study the spatial representation of the resilience of 346 cities has been analysed using Local Moran I. With respect to neighbourhood relationships, the 4 nearest cities in the skyline were considered. For the clustering, a 95% significance level was considered as a guideline and the calculations were performed using GeoDa software. The calculations were performed for all four years under study, but since the trends are the same, only the results of the calculations using data from the two extreme dates are presented here.

The analyses show that the group of cities with the highest complex resilience index, the High-High cluster, still comprised the majority of the Budapest metropolitan area in 2000, joined by the cities of the northern part of the Transdanubian region. Only Pécs and its surroundings still show a favourable situation. In contrast, most of the cities in Békés and Jász-Nagykun-Szolnok counties, as well as other parts of the eastern part of the country, belong to the worst-off Low-Low cluster (Figure 2).

wysokie podobieństwo jest wynikiem skupienia wysokich lub niskich wartości zmiennej i odwrotnie. Im wyższa wartość Lokalnego Współczynnika Morana I, tym większe podobieństwo przestrzenne. Jednak wartość ujemna wskazuje, że rozkład przestrzenny zmiennych jest prawie losowy i analizę można prowadzić uwzględniając to.

W niniejszym opracowaniu przestrzenna reprezentacja odporności 346 miast została przeanalizowana przy użyciu Lokalnego Współczynnika Morana I. W odniesieniu do relacji sąsiedzkich brano pod uwagę 4 najbliższe miasta. W przypadku analizy skupień jako wytyczną przyjęto 95% poziom istotności, a obliczenia przeprowadzono za pomocą oprogramowania GeoDa. Obliczenia przeprowadzono dla wszystkich czterech badanych lat, ale ponieważ tendencje są takie same, przedstawiono tu tylko wyniki obliczeń z wykorzystaniem danych z dwóch skrajnych dat.

Z analiz wynika, że grupa miast o najwyższym złożonym wskaźniku odporności, skupienie Wysoki-Wysoki, w 2000 roku nadal obejmowała większość obszaru metropolitalnego Budapesztu, do której dołączyły miasta północnej części Kraju Zadunajskiego. Tylko Pecz i jego okolice nadal wykazują korzystną sytuację. Z kolei większość miast w powiatach Békés i Jász-Nagykun-Szolnok, a także w innych częściach wschodniej części kraju, należy do najgorzej wypadających skupień Niski-Niski (Rysunek 2).



**Figure 2.** Local Moran I clusters of cities in Hungary according to the Complex Resilience Index, 2000

**Rysunek 2.** Skupienia Lokalnego Współczynnika Morana I miast na Węgrzech według Złożonego Współczynnika Odporności 2000

Source: Own compilation base on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

In 2018, however, the gap between cities in terms of resilience and its components is widening, leading to a significant narrowing of clusters. The number of cities belonging to both the High-High and the Low-Low clusters has decreased, even if the basic spatial pattern has not changed significantly (Figure 3). In both years studied, it can be observed that the cities in the north-eastern, northern and western parts of the Budapest agglomeration belong to the High-High cluster, while the cities in the south-eastern part of the agglomeration, towards the Great Plain, are part of the non-significant cluster. This picture may also reflect differences in the development of cities in the agglomeration.

The changes in cluster classifications suggest that the difference in Complex Resilience Index between cities increases over time and consequently the Local Moran I clusters decrease.

Jednak w 2018 r. różnica między miastami pod względem odporności i jej składowych pogłębiła się, co doprowadziło do znacznego zawężenia skupień. Zmniejszyła się liczba miast należących zarówno do skupień Wysoki-Wysoki, jak i Niski-Niski, mimo że podstawowy układ przestrzenny nie zmienił się istotnie (Rysunek 3). W obu badanych latach można zaobserwować, że miasta w północno-wschodniej, północnej i zachodniej części aglomeracji Budapesztu należą do skupienia Wysoki-Wysoki, natomiast miasta w południowo-wschodniej części aglomeracji, w kierunku Wielkiej Niziny, należą do skupienia nieistotnego. Obraz ten może również odzwierciedlać różnice w rozwoju miast w aglomeracji.

Zmiany w klasyfikacjach skupień sugerują, że różnica w Złożonym Wskaźniku Odporności pomiędzy miastami zwiększa się w czasie, a w konsekwencji skupienia Lokalnego Współczynnika Morana I zmniejszają się.



**Figure 3.** Local Moran I clusters of cities in Hungary according to the Complex Resilience Index, 2018

**Rysunek 3.** Skupienia Lokalnego Współczynnika Morana I miast na Węgrzech według Złożonego Współczynnika Odporności 2018

Source: Own compilation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

The spread of the index resulting from the calculations is divided into 5 equal parts. These 5 groups were used to further investigate the resilience of the municipalities, and the groups are shown in Figure 4.

The first group includes the cities with the worst resilience. The cities belonging to this group are predominantly in Eastern Hungary, often in border areas (e.g. Szendrő, Csenger, Biharkeresztes, Elek, Battonya, Medgyesegyháza, etc.) and small towns in the southern part of Transdanubia (Gyönk,

Rozpiętość współczynnika wynikającą z obliczeń dzieli się na 5 równych części. Te 5 grup wykorzystano do dalszego badania odporności gmin, a grupy przedstawiono na Rysunku 4.

Pierwsza grupa obejmuje miasta o najgorszej odporności. Miasta należące do tej grupy znajdują się głównie we wschodnich Węgrzech, często na terenach przygranicznych (np. Szendrő, Csenger, Biharkeresztes, Elek, Battonya, Medgyesegyháza, itp.), są to również małe miasteczka w południowej części Kraju Zadunajskiego (Gyönk, Nagymányok,

Nagymányok, Igal, Lengyeltóti, Kadarkút, etc.). The second group, i.e. the second fifth, is also mainly located in the eastern part of the country and on the periphery of Transdanubia, and is made up of small towns (Encs, Putnok, Sajószentpéter, Edelény, Vásárosnamény, Nyírlugos, Vámospércs, Kistelek, Szabadszállás, Kunszentmiklós, Szentlőrinc, Csurgó, Pécsvárad, etc.), and the second fifth is made up of towns in the eastern part of the country and on the periphery of Transdanubia. The third fifth, i.e. the third group of cities, are spread throughout the country, although the role of the Transdanubian region is somewhat more important (Alsózsolca, Felsőzsolca, Fehérgyarmat, Makó, Csongrád, Harkány, Siklós, Villány, Bóly, Sárbogárd, Sümeg, etc.). The fourth group is mainly located in the Transdanubian region and the Budapest agglomeration (Pécel, Maglód, Gyál, Ócsa, Szob, Komárom, Kőszeg, Szentgotthárd, etc.). The best-off municipalities include most of the municipalities in Budapest and its agglomeration (Szentendre, Dunakeszi, Budaörs, Érd, Törökbálint, etc.), as well as most of the county capitals and dynamic cities (Miskolc, Debrecen, Szeged, Pécs, Győr, Kecskemét, Székesfehérvár, Eger, Szekszárd, Veszprém, Szombathely, etc.), but also one or two industrial cities (Tiszaújváros, Paks, Kazincbarcika, etc.), as well as the developed towns on Lake Balaton (Keszthely, Balatonfüred, Siófok, Balatonlelle, Balatonalmádi, etc.). These data show the west-east development slope that is evident in several Central and Eastern European countries (Bąk, 2023).

Igal, Lengyeltóti, Kadarkút itp.). Druga grupa, czyli druga piąta, również zlokalizowana jest głównie we wschodniej części kraju i na obrzeżach Kraju Zadunajskiego i obejmuje małe miasteczka (Encs, Putnok, Sajószentpéter, Edelény, Vásárosnamény, Nyírlugos, Vámospércs, Kistelek, Szabadszállás, Kunszentmiklós, Szentlőrinc, Csurgó, Pécsvárad, itp.). Trzecia piąta, czyli trzecia grupa miast, jest rozproszona po całym kraju, choć nieco ważniejsza jest tu rola Kraju Zadunajskiego (Alsózsolca, Felsőzsolca, Fehérgyarmat, Makó, Csongrád, Harkány, Siklós, Villány, Bóly, Sárbogárd, Sümeg, itp.). Czwarta grupa zlokalizowana jest głównie w Kraju Zadunajskim i aglomeracji Budapesztu (Pécel, Maglód, Gyál, Ócsa, Szob, Komárom, Kőszeg, Szentgotthárd, itp.). Do najlepiej sytuowanych gmin należy większość gmin Budapesztu i jego aglomeracji (Szentendre, Dunakeszi, Budaörs, Érd, Törökbálint, itp.), a także większość stolic powiatów i dynamicznych miast (Miskolc, Debreczyn, Segedyn, Pecz, Győr, Kecskemét, Székesfehérvár, Eger, Szekszárd, Veszprém, Szombathely itp.), ale też jedno lub dwa miasta przemysłowe (Tiszaújváros, Paks, Kazincbarcika itp.), jak również rozwinięte miasta nad Balatonem (Keszthely, Balatonfüred, Siófok, Balatonlelle, Balatonalmádi itp.). Dane te pokazują spadek rozwoju z zachodu na wschód, które jest widoczne w kilku krajach Europy Środkowo-Wschodniej (Bąk, 2023).



**Figure 4.** Classification of Hungarian cities in Hungary by Complex Resilience Index, 2018

**Rysunek 4.** Klasyfikacja węgierskich miast na Węgrzech na podstawie Złożonego Wskaźnika Odporności, 2018

Source: Own compilation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

The situation of cities in terms of resilience was analysed by income per inhabitant. This indicator at the municipal level plays a similar role, with certain restrictions, to that of the specific GDP at the county or regional level, which is one of the most important indicators of development. The analysis shows a positive relationship between per capita income and resilience. As the per capita income increases, so does resilience, with the time series moving virtually in tandem. Obviously, this situation depends on the education, skills and knowledge that enhance resilience and that strengthen adaptability in the knowledge society. The greater resilience of large cities is also due to the diversity of economic players in terms of size and sector (see Table 3). At least in Hungarian municipal and urban terms, because it is not clear whether this statement is meaningful on a scale of several million or tens of millions, mainly because of the environmental component. At the same time, the greater presence of local businesses with local ties, the existence of local markets and the possibility of networking could provide an opportunity to develop resilience.

Sytuację miast pod względem odporności przeanalizowano pod kątem dochodu na mieszkańca. Wskaźnik ten na poziomie gminy pełni podobną rolę, z pewnymi ograniczeniami, jak PKB jednostkowy na poziomie powiatu czy regionu, który jest jednym z najważniejszych wskaźników rozwoju. Analiza wykazała pozytywny związek między dochodem na mieszkańca a odpornością. Wraz ze wzrostem dochodu na mieszkańca rośnie również odporność, a szeregi czasowe zmieniają się praktycznie w tandemie. Oczywiście sytuacja ta zależy od wykształcenia, umiejętności i wiedzy, które wzmacniają odporność i zdolności adaptacyjne w społeczeństwie opartym na wiedzy. Większa odporność dużych miast wynika również ze zróżnicowania podmiotów gospodarczych pod względem wielkości i sektora (patrz Tabela 3). Dzieje się tak przynajmniej w węgierskim ujęciu gminy i miasta, bo nie jest jasne, czy to stwierdzenie ma znaczenie w skali kilku czy kilkudziesięciu milionów, głównie ze względu na składową środowiskową. Jednocześnie większa obecność lokalnych przedsiębiorstw z powiązaniem lokalnymi, istnienie rynków lokalnych i możliwość tworzenia sieci kontaktów może stanowić okazję do rozwoju odporności.

**Table 3.** Geometric mean of the change of the income per capita in the Complex Resilience Index clusters (previous year=100%)

**Tabela 3.** Średnia geometryczna zmiany dochodu na głowę w skupieniach Złożonego Wskaźnika Odporności (rok poprzedni=100%)

Group / Grupa	Total period	2007-2011	2007-2016
Group 1 / Grupa 1	1.088	1.023	1.065
Group 2 / Grupa 2	1.086	1.023	1.060
Group 3 / Grupa 3	1.081	1.018	1.056
Group 4 / Grupa 4	1.078	1.015	1.052
Group 5 / Grupa 5	1.067	1.006	1.040
National average / Średnia krajowa	1.072	1.010	1.046

Source: Own calculation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

It was considered important to analyse the extent to which the income per capita data series shows stability or variability in terms of resilience. Both the overall time series and the recovery from the 2008 global economic crisis were examined by analysing the average change in the 2007-2011 and 2007-2016 time series relative to the previous year (chain ratio). In selecting the time series, the aim was to analyse the 5-year and 10-year periods starting the year before the onset of the crisis (Table 3).

Za istotne uznano przeanalizowanie, w jakim stopniu seria danych o dochodzie na mieszkańca wykazuje stabilność lub zmienność pod względem odporności. Zarówno ogólne szeregi czasowe, jak i ożywienie po światowym kryzysie gospodarczym z 2008 r. zbadano, analizując średnią zmianę szeregów czasowych w latach 2007-2011 i 2007-2016 w stosunku do roku poprzedniego (wskaźnik łańcuchowy). Przy wyborze szeregów czasowych kierowano się analizą okresów 5-letnich i 10-letnich rozpoczynających się w roku poprzedzającym wystąpienie kryzysu (Tabela 3).

**Table 4.** Relative range of the income per capita in the Complex Resilience Index clusters (previous year=100)**Tabela 4.** Względna rozpiętość dochodu na mieszkańca w skupieniach Złożonego Wskaźnika Odporności (poprzedni rok=100)

Group / Grupa	Total period	2007-2011	2007-2016
Group 1 / Grupa 1	1.567	0.113	0.508
Group 2 / Grupa 2	1.515	0.098	0.461
Group 3 / Grupa 3	1.446	0.076	0.424
Group 4 / Grupa 4	1.373	0.068	0.388
Group 5 / Grupa 5	1.198	0.062	0.288
National average / Średnia krajowa	1.278	0.066	0.336

Source: Own calculation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

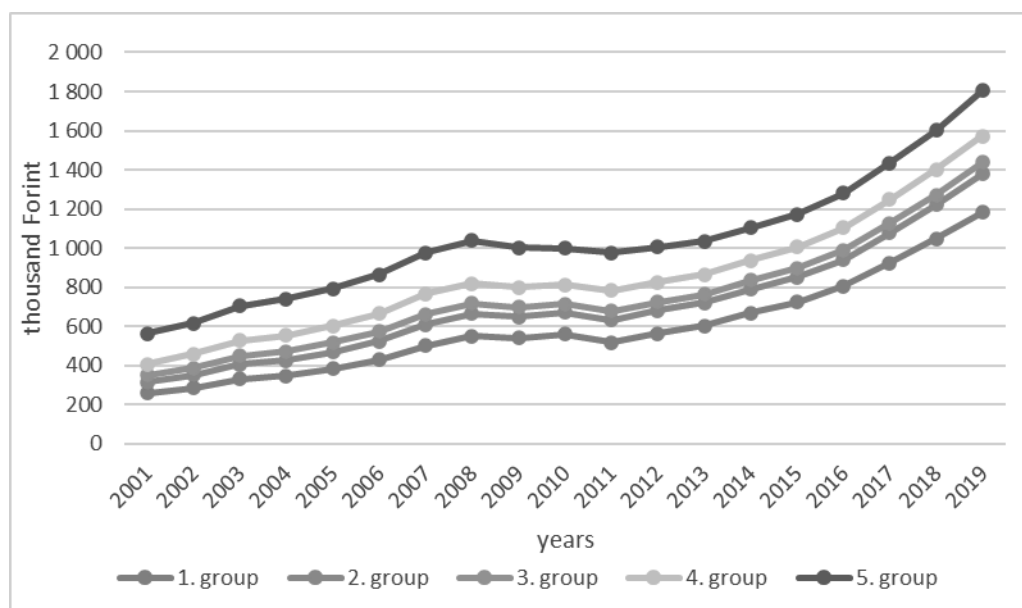
Źródło: Obliczenia własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

In another approach, the relative size of the data series was calculated for each group, i.e. the difference between the maximum and minimum of each period divided by the corresponding mean.

These calculations (Tables 3 and 4, Figure 5) show that the rate of change in specific income and its relative dispersion have the opposite indication to resilience, i.e. as resilience increases, the average change in income and its relative dispersion decrease, i.e. stability increases. This shows resilience to shocks is clearly justified.

W innym podejściu obliczono względną wielkość serii danych dla każdej grupy, tj. różnicę między maksimum i minimum każdego okresu podzieloną przez odpowiednią średnią.

Obliczenia te (Tabele 3 i 4, Rysunek 5) pokazują, że tempo zmian dochodu jednostkowego i jego względne rozproszenie mają przeciwny znak do odporności, tj. wraz ze wzrostem odporności maleje średnia zmiana dochodu i jego względne rozproszenie, czyli zwiększa się stabilność. To pokazuje, że odporność na wstrząsy jest wyraźnie uzasadniona.

**Figure 5.** Income per capita of the Hungarian cities by the Complex Resilience Index clusters, 2001-2019**Rysunek 5.** Dochód na mieszkańca miast węgierskich według skupień Złożonego Wskaźnika Odporności, 2001-2019

Source: Own compilation based on CSO, TEIR, NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych CSO, TEIR I KRAJOWEJ ADMINISTRACJI PODATKOWEJ I CELNEJ.

## Conclusions

In this study, a complex resilience indicator was calculated using the Hungarian urban population as an example. The evolution of income and population size was studied in terms of resilience. Using a spatial

## Wnioski

W tym badaniu złożony wskaźnik odporności obliczono na przykładzie węgierskiej populacji miejskiej. Ewolucję dochodów i wielkości populacji zbadano pod kątem odporności. Korzystając z metody informacji przestrzennej, węgierskie miasta podzielono na pięć



information method, Hungarian cities were classified into five groups according to the complex resilience and its components. The identification of these groups can provide important information for spatial planning and policy. Based on the results of these studies, it can be said that:

- Municipal resilience can be measured using a complex indicator based on three components, the social, the economic and the environmental resilience components, the Complex Resilience Index.
- In the Hungarian urban network, the most resilient elements are Budapest, some regional centres, some county capitals and the Budapest agglomeration, and the most developed small and medium-sized cities in the Transdanubian region.
- The variation in the Complex Resilience Index across cities increases over time, and as a result, Local Moran I clusters become tighter.
- The rate of change in specific income and its relative dispersion has the opposite sign to resilience, i.e. as resilience increases, the average change in income and its relative dispersion decreases, i.e. stability increases.
- Increasing resilience is not necessarily a desirable goal for a city. It should also be prepared to anticipate and deal with potential shocks that may not materialise.

Therefore, it is believed that the solution may be to develop new business models that can increase stakeholder participation (through effective collaboration between the private, public and civil society sectors). The goal may not be to create a resilient city, but rather to 'educate' resilient citizens and build resilient communities. Building and sustaining collaborations can only be achieved over the long term, but it should be pursued. Building resilient communities is certainly a forward-looking activity and an activity for the future of a city. It is suggested that this can be achieved through networking solutions, fostering networks and involving civil society organisations and urban citizens as much as possible.

The presented methodology and results may serve as a basis for international comparisons too. The composite indicator can be developed further through expanding the applied data. For larger cities (capital cities, global cities, etc.) more data are available, especially for one year. The analysis of multiple years has boundaries.

grup według złożonej odporności i jej składowych. Identyfikacja tych grup dostarcza ważnych informacji dla planowania i polityki przestrzennej. Na podstawie wyników tych badań można stwierdzić, że:

- Odporność gmin można mierzyć za pomocą złożonego wskaźnika opartego na trzech elementach: odporności społecznej, ekonomicznej i środowiskowej, czyli Złożonego Wskaźnika Odporności.
- W węgierskiej sieci miejskiej najbardziej odpornymi elementami są Budapeszt, niektóre ośrodki regionalne, niektóre stolice powiatów i obszar metropolitalny Budapesztu oraz najbardziej rozwinięte małe i średnie miasta w Kraju Zadunajskim.
- Zmienność Złożonego Wskaźnika Odporności między miastami zwiększa się w czasie, w wyniku czego skupienia Lokalnego Współczynnika Morana I stają się ściślejsze.
- Tempo zmian dochodu jednostkowego i jego względne rozproszenie ma przeciwny znak do odporności, tj. wraz ze wzrostem odporności średnia zmiana dochodu i jego względne rozproszenie maleje, czyli stabilność rośnie.
- Zwiększenie odporności niekoniecznie jest pożądanym celem miasta. Powinno ono być również przygotowane na przewidywanie potencjalnych wstrząsów, które mogą nigdy nie nastąpić i radzenie sobie z nimi.

Dlatego uważa się, że rozwiązaniem może być opracowanie nowych modeli biznesowych, które mogą zwiększyć udział interesariuszy (poprzez skuteczną współpracę między sektorem prywatnym, publicznym i społeczeństwa obywatelskiego). Celem może być nie stworzenie odpornego miasta, ale raczej „edukacja” odpornych obywateli i budowanie odpornych społeczności. Budowanie i podtrzymywanie współpracy można osiągnąć tylko w perspektywie długoterminowej i do tego należy dążyć. Budowanie odpornych społeczności jest z pewnością działaniem przyszłościowym i działaniem na rzecz przyszłości miasta. Sugeruje się, że można to osiągnąć poprzez rozwiązania sieciowe, wspieranie sieci oraz możliwie największe zaangażowanie organizacji społeczeństwa obywatelskiego i mieszkańców miast.

Przedstawiona metodologia i wyniki mogą służyć również jako podstawa do porównań międzynarodowych. Złożony wskaźnik można dalej rozwijać poprzez rozszerzanie zastosowanych danych. W przypadku większych miast (stolic, metropolii globalnych itp.) dostępnych jest więcej danych, zwłaszcza za jeden rok. Analiza wielu lat ma granice.

**Annex 1.** Indicators of the social, economic and environmental resilience components in the selected year (2000, 2006, 2012, 2018)

**Załącznik 1.** Wskaźniki składowych odporności społecznej, gospodarczej i środowiskowej w wybranym roku (2000, 2006, 2012, 2018)

<b>Social resilience component / Społeczna składowa odporności</b>		
<b>Indicator (2000, 2006, 2012, 2018) / Wskaźnik (2000, 2006, 2012, 2018)</b>	<b>Impact on resilience (+/-) / Wpływ na odporność (+/-)</b>	<b>Source / Źródło</b>
Ageing index <sup>1</sup> Wskaźnik starzenia się <sup>1</sup>	-	CSO
Number of students in higher education by place of education as a share of total population (student/1000 inhabitants) / Liczba studentów szkół wyższych według miejsca kształcenia jako odsetek ludności ogółem (student/1000 mieszkańców)	+	CSO
GP and paediatrician attendances and visits per thousand people / Liczba wizyt u lekarzy rodzinnych i pediatrów na tysiąc osób	-	CSO
Internet subscriptions per thousand inhabitants / Abonamenty internetowe na tysiąc mieszkańców	+	TEIR, CSO
Number of people with a public health insurance card per thousand inhabitants / Liczba osób posiadających kartę publicznego ubezpieczenia zdrowotnego na tysiąc mieszkańców	-	CSO
<b>Economic resilience component / Ekonomiczna składowa odporności</b>		
<b>Indicator / Wskaźnik</b>	<b>Impact on resilience (+/-) / Wpływ na odporność (+/-)</b>	<b>Source / Źródło</b>
Personal income taxable income per taxpayer, (1000 HUF) / Dochód od osób fizycznych podlegający opodatkowaniu na podatnika (1000 HUF)	+	NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION/CSO / KRAJOWA ADMINISTRACJA PODATKOWA I CELNA
Estimated employment rate (Percentage of taxpayers in the population) (%) / Szacowany wskaźnik zatrudnienia (Odsetek podatników w populacji) (%)	+	NATIONAL TAX AND CUSTOMS ADMINISTRATION/CSO / KRAJOWA ADMINISTRACJA PODATKOWA I CELNA
Number of dwellings built per thousand inhabitants (%) / Liczba wybudowanych mieszkań na tysiąc mieszkańców (%)	+	CSO
Municipal taxes as a share of municipal revenues (%) / Podatki komunalne jako udział w dochodach gmin (%)	+	CSO
Business density Number of active enterprises per thousand inhabitants / Gęstość biznesu Liczba aktywnych przedsiębiorstw na tysiąc mieszkańców	+	CSO
<b>Environmental resilience component / Środowiskowa składowa odporności</b>		
<b>Indicator / Wskaźnik</b>	<b>Impact on resilience (+/-) / Wpływ na odporność (+/-)</b>	<b>Source / Źródło</b>
Forest area per thousand inhabitants (ha) / Powierzchnia lasów na tysiąc mieszkańców (ha)	+	Corine, TEIR
Municipal structure rate (%) / Wskaźnik struktury miejskiej (%)	-	Corine, TEIR
Percentage of public space regularly cleaned (%) / Odsetek regularnie sprzątej przestrzeni publicznej (%)	+	CSO
Share of protected areas (%) / Udział obszarów chronionych (%)	+	CSO

Source: Own compilation.

Źródło: Opracowanie własne.

1 The ageing index expresses the ratio of the elderly population (aged 65-X) to the child population (aged 0-14).  
Wskaźnik starzenia się wyraża stosunek populacji osób starszych (w wieku 65-X) do populacji dzieci (w wieku 0-14 lat).

**References:**

1. Alpek, B. L., Tésits, R. (2014). A munkaerő–piaci szenzitivitás Új módszer a magyarországi munkaerőpiac területi, térszerkezeti kérdéseinek feltárásában. *Területi Statisztika*, 54(4), pp. 333-359. (in Hungarian).
2. Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association–LISA. *Geographical Analysis*, 27(2) pp. 93-115.
3. Bąk, D. I. (2023). Regional discrepancies in the level of knowledge-based economy in Poland /Zróżnicowania regionalne gospodarki opartej na wiedzy w Polsce. *Economic and Regional Studies*, 16(1), pp. 1-17.
4. Banica, A., Muntele, I. (2017). Urban transitions and resilience of Eastern European Union cities. *Eastern Journal of European Studies*, 8(2), pp. 45-69.
5. Beluszky, P., Győri, R. (2004). Fel is út, le is út...Városaink településhierarchiában elfoglalt pozícióinak változásai a 20. században. *Tér és Társadalom*, 18(1), pp. 1-41. (in Hungarian).
6. Beluszky, P., Sikos, T. T. (2020). *Városi szerepkör, városi rang*. Dialóg Campus, Budapest, 286 p. (in Hungarian).
7. CSO (2020). Társadalmi haladás mutatószámrendszere. Downloaded from: <http://www.CSO.hu/thm/index.html>
8. Drobnik, A. (2017). Economic resilience and hybridization of development – A case of the Central European Regions. *Regional Statistics*, 7(1), pp. 43-62.
9. Dursun, D. (2018). The concept of resilience: a critical evaluation of Erzurum. Iğdir University. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 8(3), pp. 295-304.
10. Enyedi, Gy. (2003). *Városi világ – városfejlődés a globalizáció korában* Pécsi Tudományegyetem, Pécs. 26 p. (in Hungarian).
11. European Commission 2022. Helyreállítási és Rezilienciaépítési Eszköz. Downloaded from: [https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/recovery-and-resilience-facility\\_hu](https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/recovery-and-resilience-facility_hu) (in Hungarian).
12. Giffinger, R., Pichler-Milanovic, N. (2007). Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities, Vienna University of Technology, University of Ljubljana and Delft University of Technology. Downloaded from: [http://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
13. Girard, L. F. (2011). Multidimensional evaluation processes to manage creative, resilient and sustainable city. *Aestimum*. 59, pp. 123-139.
14. Hajduk, S. (2016). Selected Aspects of Measuring Performance of Smart Cities in Spatial Management; 9th International Scientific Conference „Business and Management 2016” Vilnius, Conference paper.
15. Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (1), pp. 1-23.
16. Kitsos, A., Bishop, P. (2018). Economic resilience in Great Britain: the crisis impact and its determining factors for local authority districts. *The Annals of Regional Science*, 60, pp. 329-347.
17. Kocsis, K. (2021). *Magyarország Nemzeti Atlasza | 3. kötet, Társadalom*. Budapest: CSFK Földrajztudományi Intézet. Downloaded from: <https://www.nemzetiatlasz.hu/MNA/3.html>. (in Hungarian).
18. Nagy, Z. (2007): *Miskolc város pozícióinak változásai a magyar városhálózatban a 19. század végétől napjainkig*. Debrecen, Magyarország. Debreceni Egyetem 244 p. (in Hungarian).
19. Nagy, Z., Sebestyén Szép, T. (2016). Losers of the Falling Oil Prices: Changes in Oil Vulnerability in the Oil Exporting Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 6(4), pp. 738-752.
20. National tax and customs administration (2022). Downloaded from: <https://nav.gov.hu/en>
21. Péntes, J., Bujdosó, Z. Dávid, L., Radics, Z., Kozma, G. (2014). “Differing development paths of spatial income inequalities after the political transition by the example of Hungary and its regions,” *Economy of region*, 1(1), pp. 73-84.
22. Péntes, J. (2022). A hazai periférikus települések csoportosítása társadalmi-gazdasági jellemzőik alapján. *Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek*, 19(1), pp. 20–32. (in Hungarian).
23. Pirisi, G. (2019). A reziliencia lehetséges értelmezése a településföldrajzi kutatásokban. *Tér és Társadalom*, 33(2), pp. 62-81. (in Hungarian).
24. Rechnitzer, J., Páthy, Á., Berkes J. (2014). A magyar városhálózat stabilitása és változása *Tér és Társadalom*, 28(2), pp. 105-127. (in Hungarian).
25. Sebestyén Szép, T., Szendi, D., Nagy, Z., Tóth, G. (2020). Gazdasági reziliencia és városhálózat belüli centralitás közötti összefüggések vizsgálata. *Területi Statisztika*, 60(3), pp. 352-369. (in Hungarian).
26. Szép T., Nagy Z., Tóth G. (2021): Lehet az alkalmazkodóképesség vonzó? A rugalmas ellenálló képesség szerepe a magyar városok példáján. *Statisztikai Szemle*, 99(8), pp. 709-730. (in Hungarian).
27. TEIR (2022), National Regional Development and Spatial Planning Information System). Downloaded from: <https://www.oeny.hu/oeny/teir/#/>

28. Tóth, G., Bujdosó, Z., Dávid, L. (2010). "A hazai folyók által érintett települések társadalmi- gazdasági vizsgálata," *Földrajzi Közlemények*, 134(2), pp. 189-202. (in Hungarian).
29. Wang, Z., Xiangzheng, X., Wong, C., Li, Z., Chen, J. (2018). Learning urban resilience from a social-economic-ecological system perspective: A case study of Beijing from 1978 to 2015. *Journal of Cleaner Production*, 183, pp. 343-357.
30. World Bank (2016). *Investing in urban resilience*. Protecting and promoting development in a changing world. Downloaded from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/739421477305141142/pdf/>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.