

dr inż. Piotr Gryspanowicz<sup>1\*)</sup>

ORCID: 0000-0003-1355-7732

dr inż. Konrad J. Waluś<sup>2)</sup>

ORCID: 0000-0001-5567-0317

# Experiences related to the renovation of street surfaces in the Płock conservation zone – mistakes, challenges and threats

## *Doświadczenia z remontu nawierzchni ulic w płockiej strefie ochrony konserwatorskiej – błędy, wyzwania i zagrożenia*

DOI: 10.15199/33.2024.10.15

**Abstract.** The article discusses experiences, including mistakes, challenges, and threats associated with road pavement renovations in conservation zones using the example of Płock. The conservation zone includes the medieval city within the city walls, including the castle and suburb, the classical city along with the Wyszogród suburb, and the Poor Clares ensemble. In Płock, as early as the 18th century, main streets were paved with fieldstone. In the 1930s, "improved pavements" began to be used by employing various types of cobblestones: locally produced, porphyry, granite, basalt, as well as trachyte. According to the author, this period should be a reference point for all roadwork conducted in the area in later years. Decisions regarding pavement renovations in the conservation zone, starting from the 1960s, predominantly involved covering valuable improved cobblestone pavements with asphalt layers, leading to numerous mistakes over the years. The use of inappropriate materials and renovation techniques resulted in a mismatch with the historic character of the surroundings, affecting historical authenticity. Restoring the proper state is currently a significant challenge.

**Keywords:** historic surfaces; conservation protection zones; surface renovations.

In the city, street surfaces play an important role, encompassing strong contextual and identity value, which is manifested in the geographical location of the city itself and in climatic factors related to geological configuration, topography, and morphology, as well as factors linked to the city's history [1, 2]. The development of road surfaces is closely tied to advancements in material technology and the evolution of motorization. From ancient times, stone materials were primarily used for road construction [3 ÷ 5]. In Płock, the main streets were paved with field stones (known as cobblestones) as early as the 18th century. However, these surfaces were not comfortable for travelers, which led to efforts in subsequent years to introduce new materials and laying technologies. The separation of roadways and sidewalks also began, with concrete slabs

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono doświadczenia, w tym błędy, wyzwania i zagrożenia, związane z remontami nawierzchni ulic w strefie ochrony konserwatorskiej na przykładzie Płocka. Obszar objęty tą strefą to miasto średniowieczne w obrębie murów miejskich łącznie z grodem i podgrodzem, miasto klasycystyczne wraz z przedmieściem wyszogrodzkim oraz zespół poreformacki. W Płocku już w XVIII wieku główne ulice były wybrukowane kamieniem polnym. W latach 30. XX wieku zaczęto stosować tzw. nawierzchnie ulepszone z kostek kamiennych własnej produkcji, porfirowych, granitowych, bazaltowych, a także trylinki. W naszej opinii to właśnie ten okres powinien być punktem odniesienia w przypadku wszelkich prac drogowych prowadzonych na tym terenie w latach późniejszych. Decyzje dotyczące remontów nawierzchni, na obszarze strefy konserwatorskiej podejmowane począwszy od lat 60. XX wieku ograniczały się jednak w przeważającej części do przykrycia warstwą asfaltową, często bardzo cennych ulepszonych nawierzchni brukowych, co w kolejnych latach doprowadziło do wielu błędów. Użycie nieodpowiednich materiałów i technik remontowych doprowadziło do niezgodności z zabytkowym charakterem otoczenia, co wpływa na nieautentyczność historyczną. Przywrócenie stanu właściwego jest obecnie dużym wyzwaniem.

**Słowa kluczowe:** nawierzchnie zabytkowe; strefy ochrony konserwatorskiej; remonty nawierzchni.

W mieście nawierzchnie ulic odgrywają ważną rolę, która obejmuje silną wartość kontekstową i tożsamościową, co przejawia się w położeniu geograficznym miasta i jego historii oraz w czynnikach klimatycznych, w konfiguracji geologicznej, topografii i morfologii [1, 2]. Rozwój nawierzchni drogowych łączy się ściśle z postępowaniem w technologii materiałów, a także rozwojem motoryzacji. Od najdawniejszych czasów do budowy dróg stosowano głównie materiał kamienny [3 ÷ 5]. W Płocku główne ulice wybrukowane były kamieniem polnym (tzw. kocie łby) już w XVIII wieku. W kolejnych latach starano się układać nawierzchnie bardziej komfortowe dla podróżujących i wprowadzono nowe materiały i technologie ich układania. Zaczęto również wyodrębniać jezdnię i chodniki, na których stosowano płyty betonowe o wymiarach np. 30 x 30 cm lub 50 x 50 cm. W latach 30. XX wieku na jezdniach układano tzw. nawierzchnie ulepszone. Do utwardzenia nawierzchni jezdni stosowano wówczas kostki kamienne własnej produkcji, jak również

<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii w Płocku

<sup>2)</sup> Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej

<sup>\*</sup>) Correspondence address: piotr.gryspanowicz@pw.edu.pl

measuring, for example, 30 x 30 cm or 50 x 50 cm being used. In the 1930s, so-called improved surfaces began to be used on roadways. At that time, locally produced stone cubes, as well as porphyry, granite, basalt cubes, and hexagonal blocks known as trylinka were employed to harden the roadway surfaces. Therefore, these surfaces should be the reference point for any roadworks carried out in conservation zones in later years [6].

In Europe, there is no uniform policy for the protection of street surfaces, which are an important compositional element of historical urban interiors. In countries such as Austria, the Czech Republic, and Germany, old surfaces made of brick or stone are protected by law and maintained in their original form. In countries like France or the United Kingdom, these surfaces are reconstructed and replaced with new materials [7]. In Poland, issues related to the protection of monuments were already regulated on the eve of regaining independence. In a decree issued by Prime Minister Józef Świerzyński on October 31, 1918, concerning the protection of artistic and cultural monuments, it was stated that immovable monuments could not be demolished, destroyed, altered, renovated, reconstructed, decorated, or supplemented without the appropriate permission from the relevant conservation authority. However, these regulations were not practically applied to improved road surfaces, which were a novelty at the time and were not subject to conservation protection. Previously used unprocessed stone surfaces (the so-called cobblestones) were not protected and were intended for demolition.

In the first years after World War II, existing surfaces, due to their deformations, were usually relaid using the same material. In a few cases, new surfaces of granite cubes were laid. The situation changed completely in the 1960s when the relaying of surfaces was practically discontinued in favor of laying asphalt layers on them [8]. In Poland, greater attention to the legal protection of original road surfaces has only recently been observed. A good example is Warsaw, where in November 2017, the city's conservator of monuments entered 61 of the 170 streets submitted for assessment into the municipal register of monuments. The surfaces of these streets were then recognized as worthy of legal protection and came under the care of the conservator. Although many old road surfaces have been irrevocably lost, a significant portion can still be saved. The fact that many valuable surfaces have been covered with asphalt layers means they can still be recovered and reused, aligning with the recent direction of revitalizing historical areas [9 ÷ 17].

### Methodology and research location

Research was conducted in the Płock conservation zone. This area is subject to special regulations aimed at protecting cultural, historical, architectural, and natural heritage for future generations. In Płock, the area covered by the zone includes the medieval city within the city walls, including the castle and the suburb, the classicist city along with the Wyszogród suburb, and the post-reformation complex. The identification of layers and the examination of their thickness were conducted on core samples with a diameter of 100 mm. The measurements were carried out using a destructive testing method with a hydraulic drill. The thickness of each layer was de-

termined by measuring the thickness of the layers of the stone cubes, granite, basalt, and cobblestones, as well as the thickness of the layers of the cobblestones. The measurements were carried out using a destructive testing method with a hydraulic drill. The thickness of each layer was determined by measuring the thickness of the layers of the stone cubes, granite, basalt, and cobblestones, as well as the thickness of the layers of the cobblestones.

W Europie nie ma jednolitej polityki ochrony nawierzchni ulic, które są ważnym elementem kompozycyjnym historycznych wnętrz miejskich. W takich krajach jak Austria, Czechy czy Niemcy stare nawierzchnie, wykonane z cegły czy kamienia podlegają ochronie prawnej i zachowywane są w niezmienionej formie. We Francji czy Wielkiej Brytanii nawierzchnie są przebudowywane i zastępowane nowymi materiałami [7]. W Polsce zagadnienia związane z ochroną zabytków uregulowano już w przededniu odzyskania niepodległości w wydanym przez premiera Józefa Świerzyńskiego dekrete Rady Regencyjnej o opiece nad zabytkami sztuki i kultury z 31 października 1918 r. Regulacji tych nie stosowano jednak w praktyce do ulepszonych nawierzchni drogowych, które były nowością w tamtych czasach i nie podlegały ochronie konserwatorskiej. Wcześniej stosowane nieobrobione nawierzchnie kamienne (tzw. kocie łby) nie podlegały ochronie i były przeznaczone do rozbiórki.

W pierwszych latach po II wojnie światowej istniejące nawierzchnie, z racji na ich deformacje, zazwyczaj przekładano, stosując ten sam materiał. W nielicznych przypadkach układano nową nawierzchnię z kostki granitowej. Sytuacja uległa całkowitej zmianie w latach 60. XX wieku, kiedy właściwie zaprzestano przekładania nawierzchni kosztem układania na nich warstw asfaltowych [8]. W Polsce ochronę prawną oryginalnych nawierzchni drogowych można obserwować dopiero od niedawna. Dobrym przykładem jest Warszawa, gdzie w listopadzie 2017 r. stołeczny konserwator zabytków wpisał do gminnej ewidencji zabytków 61 ze 170 zgłoszonych do oceny warszawskich ulic. Ich nawierzchnie zostały wtedy uznane za war- te ochrony prawnej i weszły pod opiekę konserwatora. Choć wiele starych nawierzchni drogowych utraciliśmy bezpowrotnie, wciąż dużą część da się jeszcze uratować. Fakt przykrycia wielu cennych nawierzchni warstwami asfaltowymi sprawił, że nadal można je odzyskać i ponownie wykorzystać, co wpisuje się w przyjęty w ostatnich latach kierunek rewaloryzacji obszarów zabytkowych [9 ÷ 17].

### Metoda i miejsce badań

Badania prowadzono w płockiej strefie ochrony konserwatorskiej objętej specjalnymi regulacjami mającymi na celu ochronę dziedzictwa kulturowego, historycznego, architektonicznego oraz przyrodniczego dla przyszłych pokoleń. Identyfikację warstw oraz badania ich grubości prowadzono na próbkach rdzeniowych o średnicy 100 mm metodą pomiaru niszczącego przy użyciu wiertnicy hydraulicznej. Grubość każdej warstwy określono z dokładnością do 1 mm. Badania te, pomimo punktowego charakteru, pozwoliły wyodrębnić jezdnie, w konstrukcji których nadal znajdują się stare mate-

terminated with an accuracy of 1 mm. Despite their localized nature, these studies allowed for the distinction of roadways that still contain old building materials in their construction (figure 1). Simultaneously, streets were also inventoried, the constructions of which clearly indicate their construction involved the complete removal of old surfaces [18]. The above studies, due to the inability to determine even the exact dimensions of individual cubes or the method of their laying, are not sufficient. Therefore, a survey was conducted in local archives, where project documentation for repairs, reconstructions, and street constructions was found, as well as other documents containing relevant information. Through the analysis of the retrieved documents, it was possible to diagnose errors made during these works, as well as to identify challenges and threats that may arise before future renovations.



**Fig. 1. Identified street surfaces once used in the area of the Plock conservation zone**  
*Rys. 1. Zidentyfikowane nawierzchnie ulic stosowane niegdyś na obszarze plockiej strefy ochrony konserwatorskiej*

riały budowlane (rysunek 1). Jednocześnie zinventaryzowano również ulice, których konstrukcje wskazują jednoznacznie, że zostały całkowicie usunięte stare nawierzchnie [18]. Badania te, ze względu na brak możliwości rozpoznania chociażby dokładnych wymiarów poszczególnych kostek czy też sposobu ich układania, nie są wystarczające, dlatego też przeprowadzono kwerendę w lokalnych archiwach, gdzie odnaleziono dokumentację projektowe

remontów, przebudów oraz budowy ulic, a także inne dokumenty zawierające informacje na ten temat. Dzięki przeprowadzonej analizie odnalezionych dokumentów udało się zdiagnozować błędy, jakie popełniono podczas tych prac, a także zidentyfikowano wyzwania i zagrożenia, jakie mogą pojawić się przed kolejnymi remontami.

## Research results and surface characteristics

As a result of the conducted drillings, old pavements (photo 1) were found in the construction of streets such as: 1 Maja (cobblestone with a thickness of 15 cm), Dąbrowskiego square (cobblestone and granite stone with a thickness of 10 cm), Kazimierza Wielkiego (paving with a thickness of 14 cm), Kilińskiego (paving with thicknesses of 10 cm and 20 cm), Kolegialna (cobblestone with thicknesses of 10 cm and 20 cm), Kościuszki (cobblestone with a thickness of 15 cm) (photo 2), Kwiatka (paving with a thickness of 20 cm), Misjonarska (paving – round stone with a thickness of 14 cm), Mostowa (granite and basalt cobblestone with a thickness of 12 cm), Nowowiejskiego (paving with a thickness of 12 cm), Obrońców Warszawy square – western section (paving with a thickness of 15 cm), Sienkiewicza (paving with thicknesses of 14 cm and 20 cm).

The research indicates that old pavements have been irretrievably lost on streets such as Bielska, Grodzka, Jerozolimska, Małachowskiego, Okrzei, Piekarska, Synagogałna,

## Wyniki badań i charakterystyka nawierzchni

W wyniku przeprowadzonych odwiertów, stare nawierzchnie (fotografia 1) odnaleziono w konstrukcji takich ulic, jak: 1 Maja (kostka kamienna brukowa grubości 15 cm); plac Dąbrowskiego (kostka kamienna brukowa i kostka granitowa grubości 10 cm); Kazimierza Wielkiego (bruk grubości 14 cm); Kilińskiego (bruk grubości 10 i 20 cm); Kolegialna (kostka kamienna grubości 10 i 20 cm); Kościuszki (kostka kamienna brukowa grubości 15 cm) (fotografia 2); Kwiatka (bruk grubości 20 cm); Misjonarska (bruk – kamień okrągłak grubości 14 cm); Mostowa (kostka granitowa i bazaltowa grubości 12 cm); Nowowiejskiego (bruk grubości 12 cm); plac Obrońców Warszawy – odcinek zachodni (bruk grubości 15 cm); Sienkiewicza (bruk grubości 14 i 20 cm).



**Photo 1. Spichlerna Street (now Książęcy Square)**

*Fot. 1. Ulica Spichlerna (obecnie plac Książęcy)*



**Photo 2. Roadworks on Kościuszko Street and Kiliński Avenue**

*Fot. 2. Prace drogowe na ul. Kościuszki i al. Kilińskiego*



Mostowa (kostka granitowa i bazaltowa grubości 12 cm); Nowowiejskiego (bruk grubości 12 cm); plac Obrońców Warszawy – odcinek zachodni (bruk grubości 15 cm); Sienkiewicza (bruk grubości 14 i 20 cm).

Teatralna, Tumska, and Zduńska. The only street that still retains a significant portion of its pre-war pavement is the eastern section of Obrońców Warszawy square, where hexagonal cobblestones, known as trylinka, are present (photo 3).

The conducted inquiry into archival materials established that since the 1960s, the majority of repair work in the conservation zone has been limited to covering, often very valuable improved cobblestone surfaces, with an asphalt layer. This practice has led to a series of errors in subsequent years. Between 1961 and 1965, asphalt surfaces were laid on existing cobblestones on 13 Straconych square and the streets: Małachowskiego, Bielskiej, Sienkiewicza, while the streets: Piekarska, Jerozolimska, Teatralna, Zduńska, Okrzei, and parts of Nowotki square and Narutowicza square received surfaces made of hexagonal slabs known as trylinka. Also, in the 1960s, stone slabs measuring 50 x 100 cm were laid over the pre-war cobblestone surface of Tumska, and the existing street was transformed into a pedestrian path. In 1970, basalt cobblestones were covered with an asphalt surface on Warszawska street, citing the high slipperiness of the stones as the reason for this work. In 1990, asphalt surfaces were also laid on the streets: Kazimierza Wielkiego (from Jasna to Stary Rynek square), Grodzka, Małachowskiego, and Stary Rynek square.

In 1996, an asphalt surface was laid over the existing basalt cobblestone on Mostowa street, with high slipperiness and wear cited as reasons for the covering. At the same time, the hexagonal slab surface on Okrzei street was covered with asphalt, justified by the need to strengthen the existing surface. During the renovations carried out from 1998 to 2000, granite cobblestone surfaces were constructed on Narutowicza square, Teatralna street, and Małachowskiego street (photo 4), with basalt cobblestones laid on the access road to the cathedral, and concrete cobblestones used on Piekarska street. It was argued that the previous cobblestone surfaces were damaged during underground network repairs, where sections of cobblestones

Jak wynika z badań, bezpowrotnie stare nawierzchnie utraciono natomiast na ulicach takich, jak: Bielska; Grodzka; Jerozolimska; Małachowskiego; Okrzei; Piekarska; Synagoga; Teatralna, Tumska; Zduńska. Jedyną ulicą, która do dziś ma w dużej części przedwojenną nawierzchnię, jest odcinek wschodni placu Obrońców Warszawy, gdzie znajduje się kostka sześciokątna, tzw. trylinka (fotografia 3).



**Photo 3. Trylinka (hexagonal concrete blocks) on Obrońców Warszawy Square**  
Fot. 3. Trylinka na pl. Obrońców Warszawy

Przeprowadzona kwerenda materiałów archiwalnych pozwoliła na ustalenie, że począwszy od lat 60. XX wieku na terenie strefy prace remontowe, w przeważającej części, ograniczały się do przykrycia warstwą asfaltową często bardzo cennych ulepszonych nawierzchni brukowych. W latach 1961 – 1965 na istniejących brukach ułożono nawierzchnie asfaltowe na placu 13 Straconych i ulicach: Małachowskiego; Bielskiej; Sienkiewicza, a ulice: Piekarska, Jerozolimska, Teatralna, Zduńska, Okrzei i części placów Nowotki i Narutowicza otrzymały nawierzchnię z płyt sześciokątnych, tzw.

trylinki. W latach 60. XX wieku na przedwojennej nawierzchni brukowej ul. Tumskiej również ułożono płyty kamienne 50 x 100 cm, a dotychczasową ulicę zamieniono na ciąg pieszy. W 1970 r. nawierzchnią asfaltową przykryto kostkę bazaltową na ul. Warszawskiej, a jako powód tych prac podano dużą śliskość kostek. W 1990 r. nawierzchnie asfaltowe ułożono również na ulicach: Kazimierza Wielkiego (od ul. Jasnej do placu Stary Rynek); Grodzkiej; Małachowskiego i placu Stary Rynek.

W 1996 r. nawierzchnię asfaltową ułożono na istniejącej nawierzchni z kostki bazaltowej na ul. Mostowej, a jako powód jej przykrycia ponownie podano dużą śliskość oraz skoleinowanie. W tym samym czasie nawierzchnią asfaltową przykryto nawierzchnię z płyt sześciokątnych na ul. Okrzei, co argumentowano potrzebą wzmocnienia istniejącej nawierzchni. W ramach remontów prowadzonych w latach 1998–2000 wykonano nawierzchnie z kostki granitowej na placu Narutowicza, ul. Teatralnej i ul. Małachowskiego (fotografia 4), z kostki bazaltowej na dojeździe do katedry, a także z kostki betonowej na ul. Piekarskiej. Jak argumentowano, dotychczasowe nawierzchnie z kostki kamiennej zostały zniszczone



**Photo 4. Małachowskiego Street before (a) and after reconstruction (b)**  
Fot. 4. Ul. Małachowskiego przed (a) i po przebudowie (b)

were replaced with hexagonal concrete blocks. Consequently, the entire surface was classified as rubble for removal. During this period, there was a growing tendency to abandon the construction of sidewalks made of 50 x 50 cm concrete slabs, which had been introduced in the city at the turn of the 19th and 20th centuries. Instead, concrete blocks of various dimensions began to be used. In 2008, the reconstruction of Zduńska street was carried out, during which all structural layers were removed. In their place, granite cobblestones were used. At the beginning of the 21st century, Tumaska street underwent reconstruction. Despite a good understanding of the existing pavement as outlined in the documentation, no efforts were made to recover the old cobblestone pavement. The project only anticipated the complete dismantling of the existing structural layers and replacing them with new granite slabs. The pre-war cobblestones, which turned out to be in very good condition, were taken by the contractor, leading to a significant scandal that required police involvement. In 2013, Kazimierza Wielkiego street was reconstructed between Stary Rynek square and Okrzei street, replacing the asphalt surface laid on the old cobblestones with granite cobblestones (photo 5). In 2023, work was completed on the reconstruction of Kościuszki street, where the roadway featured hand-hammered cobblestones measuring 15 x 30 cm. At the same time, granite slabs measuring 50 x 50 cm were used on the sidewalks.

The use of inappropriate materials and repair techniques over the years has led to discrepancies between the street surfaces and the historic character of the surroundings, impacting historical authenticity. This issue stems from a lack of interest from conservation authorities regarding the subject. Existing documents indicate that the only condition found in permits issued by the Provincial Conservator of Monuments in the 1990s was that if archaeological artifacts were discovered, earthworks must be immediately halted and the archaeological conservator notified. It is also challenging to find appropriate regulations and attention to old pavements in permits for work related to the construction or renovation of underground networks. Consequently, these works irretrievably damaged and removed fragments of old pavements, most often replacing them with hexagonal concrete blocks known as trylinka. In many cases, despite having knowledge of the presence of old

w wyniku remontu sieci podziemnych, podczas których fragmentarycznie nawierzchnię z kostki kamiennej zamieniano betonowymi kostkami sześciokątnymi. W konsekwencji całość nawierzchni zakwalifikowano jako gruz do usunięcia. W tym okresie coraz częściej odstępowano od budowy chodników o nawierzchni z płyt betonowych 50 x 50 cm, których stosowanie w mieście zaczęto na przełomie XIX i XX wieku. W ich miejsce zaczęto stosować kostkę betonową o różnych wymiarach. W 2008 r. przeprowadzono przebudowę ul. Zduńskiej, w ramach której usunięto jednak wszystkie warstwy konstrukcyjne i zastosowano nawierzchnię z kostki granitowej. Na początku XXI wieku przeprowadzono przebudowę ul. Tumskiej. Pomimo dobrego rozeznania związanego z istniejącą nawierzchnią zawartą w dokumentacji nie zadbano o odzyskanie starej nawierzchni brukowej. Projekt przewidywał jedynie pełne rozebranie istniejących warstw konstrukcyjnych i zamienienie ich nowymi płytami granitowymi. Przedwojenna kostka kamienna, która, jak się okazało, była w bardzo dobrym stanie, została zabrana przez wykonawcę robót, co wywołało ogromny skandal, a sprawą zajęła się policja. W 2013 r. na ul. Kazimierza Wielkiego, pomiędzy placem Stary Rynek a ul. Okrzei, wykonano przebudowę nawierzchni, zastępując nawierzchnię asfaltową ułożoną na starym bruku na kostkę granitową (fotografia 5). W 2023 r. zakończono natomiast prace związane z przebudową ulicy Kościuszki, gdzie na jezdni zastosowano kostkę kamienną młotkowaną o wymiarach 15 x 30 cm, a na chodnikach zastosowano płyty granitowe o wymiarach 50 x 50 cm.

Użycie nieodpowiednich materiałów i technik remontowych stosowanych na przestrzeni lat doprowadziło do niezgodności nawierzchni ulic z zabytkowym charakterem otoczenia, co wpływa na nieautentyczność historyczną. Wynika to z małego zainteresowania omawianym zagadnieniem przez służby konserwatora. Z zachowanych dokumentów wynika, że jedynym warunkiem, jaki znajdujemy w zezwoleniach na prowadzenie prac Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków jeszcze w latach 90. XX wieku, był zapis, że w przypadku stwierdzenia występowania zabytków archeologicznych należy niezwłocznie przerwać prace ziemne i powiadomić konserwatora. Trudno również szukać odpowiednich zapisów i dbałości o stare nawierzchnie w decyzjach zezwalających na prowadzenie prac związanych z budową lub remontami sieci podziemnych [19, 20]. W konsekwencji tych prac bezpowrotnie uszkażano i usuwano fragmenty starych na-



Photo 5. Kazimierza Wielkiego Street before (a) and after reconstruction (b)

Fot. 5. Ul. Kazimierza Wielkiego przed (a) i po przebudowie (b)

cobblestones within the street construction layers, conservation authorities have remained indifferent, not instructing investors to assess the suitability for reuse of this material. To this day, no historical inquiry has been conducted to determine the most suitable pavement for specific sections of streets (figure 2). The result has been an inappropriate selection of materials and laying techniques.

Restoring the proper state is currently a significant challenge, and roadworks require a precise technological approach that considers both modern standards and the need to protect cultural heritage. According to Article 22, Paragraph 4 of the Act of July 23, 2003, on the Protection of Monuments and Care for Monuments: the mayor (or city president) maintains a municipal register of monuments, which includes immovable monuments: buildings, urban layouts, and architectural complexes. Unfortunately, to date, none of the streets in Płock have been included in the municipal register of monuments. Inclusion in the

register could help preserve existing surfaces as a part of the heritage. A significant challenge is also ensuring that old pavements meet current standards. As is known, the quality of pavements significantly impacts the overall satisfaction of pedestrians, particularly regarding individuals with disabilities. The quality of pedestrian surfaces must be evaluated based on specific indicators that combine aesthetic requirements with user comfort and road safety requirements. Notably, the restoration of old cobblestone pavements is also affected by the dynamic interactions of vehicles with the ground and nearby buildings and their residents. Vehicle traffic generates vibrations that transfer through the ground, with the intensity of these vibrations depending on vehicle speed, load, surface type, and ground conditions. Repeated dynamic loads can cause ground settlement, potentially leading to surface deformation and ruts. Additionally, vibrations generated by vehicle movement can transmit to building foundations, causing them to shake. The intensity of vibrations is influenced by the distance from the road, the characteristics of the building, and the type of soil. Prolonged dynamic interactions can result in wall cracks or foundation settling. Repeated vibrations can weaken building materials, leading to deterioration and potential failures. Moreover, the vibrations and noise generated by vehicle traffic can significantly reduce the quality of life for residents. Thus, implementing remedial measures is crucial.



**Fig. 2. Current street surfaces in the Płock conservation zone (as of 2023)**  
Rys. 2. Obecne nawierzchnie ulic na obszarze płockiej strefy ochrony konserwatorskiej (stan na 2023 r.)

wierzchni, wbudowując w ich miejsce najczęściej betonową kostkę sześciokątną, tzw. trylinkę. W wielu przypadkach służby konserwatora, pomimo powziętej wiedzy na temat występowania w warstwach konstrukcyjnych ulic np. starego bruku, podchodziły do tych informacji obojętnie, nie nakazując inwestorowi sprawdzenia przydatności do ponownego wykorzystania tego materiału. Do dziś nie prowadzi się również żadnej kwerendy historycznej pozwalającej na ustalenie najbardziej odpowiedniej nawierzchni dla danych odcinków ulic (rysunek 2). Efektem tego jest nieodpowiedni dobór materiałów i technik ich układania.

Przywrócenie stanu właściwego to obecnie duże wyzwanie, ponieważ prace drogowe wymagają precyzyjnego podejścia technologicznego, uwzględniającego zarówno nowoczesne standardy, jak i potrzebę ochrony dziedzictwa kulturowego. Zgodnie z art. 22 ust. 4 ustawy z 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, wójt (burmistrz, prezydent miasta) prowadzi gminną ewidencję zabytków, w której ujęte są zabytki nieruchome – budynki, układy urbanistyczne, zespoły budowlane. Niestety do dziś żadna z płockich ulic nie została ujęta w gminnej ewidencji zabytków. Wpis do rejestru

mogłoby pomóc zachować istniejące nawierzchnie, jako element dziedzictwa. Ogromnym wyzwaniem jest również spełnienie obecnych standardów przez stare nawierzchnie [21]. Jak wiadomo, ich jakość wpływa na ogólną satysfakcję pieszych, ze szczególnym uwzględnieniem osób z niepełnosprawnościami [22 – 25]. Jakość nawierzchni dla pieszych musi być oceniana zgodnie z wieloma konkretnymi wskaźnikami, które łączą wymagania estetyczne z komfortem użytkowania i bezpieczeństwem ruchu drogowego [26 – 30]. W przypadku odtwarzania starych nawierzchni z bruków kamiennych nie bez znaczenia jest również zjawisko dynamicznych oddziaływań pojazdów na podłoże gruntowe oraz okoliczne budynki i ich mieszkańców [31 – 34]. Ruch pojazdów generuje wibracje, które przenoszą się przez podłoże gruntowe, a intensywność tych wibracji zależy od prędkości pojazdu, obciążenia, rodzaju nawierzchni oraz warunków gruntowych. Powtarzające się obciążenia dynamiczne mogą powodować m.in. osiadanie gruntu, co w konsekwencji prowadzi do deformacji nawierzchni drogowej i powstawania kolein. Wibracje generowane przez ruch pojazdów mogą ponadto przenosić się na fundamenty budynków, powodując ich drgania. Intensywność drgań zależy m.in. od odległości od drogi, charakterystyki budynku czy też rodzaju gruntu. Długotrwałe oddziaływania dynamiczne mogą prowadzić do pęknięcia ścian czy osiadania fundamentów. Powtarzające się wibracje powodują zmęczenie materiałów budowlanych, co prowadzi do ich osłabienia i potencjalnych awarii. Wibracje i hałas generowane przez ruch pojazdów mogą ponadto obniżać komfort życia mieszkańców, dlatego niezwykle istotne jest wdrażanie środków zaradczych.

Vibration transfer can be reduced by employing vibration-damping materials or installing special anti-vibration mats. Since cobblestone surfaces consist of individual elements with irregular side surfaces that interact with each other, an important parameter is their strength against horizontal stresses, mainly caused by vehicle braking, turning, and acceleration. Equally important is studying the slip resistance of these surfaces. A significant challenge is designing the appropriate type of joints in natural stone pavements. Joints are one of the most crucial parts of the surface, performing various functions: stabilizing elements, transferring and dispersing loads, controlling water runoff, and contributing to aesthetics. On the other hand, road infrastructure design must promote active mobility (walking, cycling), limit car use, and allocate public street space fairly and equally for all.

## Summary

The experiences related to street surface renovations in the Płock conservation area allow for diagnosing errors, threats, and challenges faced by both conservation services and road managers.

Common errors include:

- use of inappropriate materials or renovation techniques, which may affect historical authenticity;
- lack of collaboration with conservation experts, leading to improper approaches to renovations and unsuitable decisions regarding the preservation of cultural heritage. Before commencing work, it is essential to conduct a thorough analysis, taking into account both historical and contemporary aspects, and to collaborate with experts and the local community;
- lack of specialized knowledge, which can result in mistakes affecting the authenticity of the historic environment;
- lack of appropriate archaeological research, which may lead to the loss of significant archaeological finds;
- lack of public consultations, which may cause resistance from the local community;
- violation of conservation regulations;
- use of environmentally unfriendly materials or chemicals, which may lead to environmental pollution in the conservation area.

Threats that often become challenges during street surface renovations in conservation areas may include:

- complicated permitting procedures – conducting work in a conservation area can be associated with lengthy and complex procedures for obtaining necessary permits;
- consultations with experts – collaboration with conservation experts, engineers, and architectural historians is essential for effective project implementation;
- lack of historical documentation – incomplete or inaccurate historical documentation can hinder proper understanding of the surface structure and necessary renovation work;

Przenoszenie drgań można zredukować m.in. przez stosowanie materiałów tłumiących wibracje czy też instalację specjalnych mat antywibracyjnych. W związku z tym, że nawierzchnie z kostki kamiennej składają się z pojedynczych elementów o nieregularnych powierzchniach bocznych, które oddziałują na siebie, ważnym parametrem jest ich wytrzymałość na naprężenia poziome, spowodowane głównie hamowaniem, skręcaniem i przyspieszaniem pojazdów [35]. Niezwykle ważnym aspektem jest również badanie odporności na poślizg tych nawierzchni [36, 37]. Ogromnym wyzwaniem jest projektowanie odpowiedniego rodzaju spoin w nawierzchniach z kamienia naturalnego. Spoiny stanowią jedną z najważniejszych części nawierzchni, spełniając wiele zadań: stabilizują elementy; przenoszą i rozpraszają obciążenia, kontrolują odpływ wody i mają wpływ na estetykę [38]. Z drugiej strony projektowanie infrastruktury drogowej musi promować aktywną mobilność (chodzenie, jazdę na rowerze), ograniczać korzystanie z samochodów oraz dzielić przestrzeń publiczną ulic w sposób sprawiedliwy i równy dla wszystkich [39].

## Podsumowanie

Doświadczenia związane z remontami nawierzchni ulic w płockiej strefie ochrony konserwatorskiej pozwalają na zdiagnozowanie błędów, zagrożenia, ale i wyzwań, jakie stoją zarówno przed służbami konserwatorskimi, jak i zarządcami dróg. Do najczęściej spotykanych błędów należy zaliczyć:

- stosowanie nieodpowiednich materiałów lub technik remontowych, co może mieć wpływ na autentyczność historyczną;
  - brak współpracy z ekspertami ds. konserwacji, co może prowadzić do niewłaściwego podejścia do remontów i nieodpowiednich decyzji dotyczących zachowania dziedzictwa kulturowego. Przed przystąpieniem do prac istotne jest przeprowadzenie dokładnej analizy, uwzględniającej zarówno aspekty historyczne, jak i współczesne, a także współpracę z ekspertami i społecznością lokalną;
  - brak specjalistycznej wiedzy, co może prowadzić do popełnienia błędów, które wpływają na autentyczność zabytkowego otoczenia;
  - brak odpowiednich badań archeologicznych, co może doprowadzić do utraty ważnych znalezisk archeologicznych;
  - brak konsultacji społecznych może spowodować opór lokalnej społeczności;
  - naruszenie przepisów konserwatorskich;
  - używanie nieprzyjaznych dla środowiska materiałów lub substancji chemicznych prowadzących do zanieczyszczenia środowiska w strefie ochrony konserwatorskiej;
- Zagrożenia, które często stają się wyzwaniami podczas remontów nawierzchni ulic w strefach ochrony konserwatorskiej, mogą obejmować:
- skomplikowane procedury zezwoleń – przeprowadzenie prac w obszarze ochrony konserwatorskiej może wiązać się z długotrwałymi i skomplikowanymi procedurami uzyskiwania niezbędnych zezwoleń;
  - konsultacje z ekspertami – współpraca z ekspertami ds. konserwacji zabytków, inżynierami i historykami architektury jest niezbędna do skutecznego przeprowadzenia projektu;

- financial costs – work in conservation areas is often costly due to the need for high-quality materials and specialized labor;

- resistance from the local community – residents and businesses may oppose renovation work, especially if it involves disruptions to daily activities;

- education and community engagement – lack of understanding and community engagement can hinder project implementation; thus, it is important to educate the local community about the goals and benefits of renovations;

- complicated work logistics – limited spaces, narrow streets, and accessibility difficulties can complicate renovation work, requiring careful logistical planning;

- impact on the functionality of the location – the need to preserve historic character may limit the ability to adapt surfaces to modern functionality standards, posing a challenge for planners and designers;

- durability of new materials – the selection of modern materials must consider their durability and ability to withstand long-term use;

- impact on traffic – renovation work can disrupt normal traffic flow, requiring a flexible approach and planning of alternative routes;

- modern environmental challenges – contemporary standards related to environmental protection, such as emission reduction or recycling materials, can pose additional challenges during renovations in conservation areas;

- conservation monitoring – regular monitoring of the technical condition of surfaces and historic elements enables early detection of problems and the need for corrective actions;

- atmospheric threats – extreme weather conditions, such as heavy rainfall, can affect the durability of surfaces and necessitate additional protective measures;

- technological innovations – the introduction of new technologies into surface renovations may require specialized attention to maintain a balance between modernity and heritage preservation;

- time pressure – project timelines may create pressure to shorten maintenance processes, which may affect the quality of work;

- modern conservation materials – in the case of the availability of modern conservation materials, understanding their application and impact on long-term heritage protection is crucial;

- Flexible planning – adapting plans to potential changes and surprises during renovation work may be key to successfully completing the project;

- quality control – systematic quality control of completed work is crucial to ensure compliance with project assumptions and conservation standards;

- adaptation to changing conditions – variable atmospheric, economic, or social conditions may require adjustments to renovation plans during project implementation;

- long-term maintenance plan – developing a maintenance plan for street surfaces after renovation, including regular

- brak dokumentacji historycznej – niekompletna lub nieprecyzyjna dokumentacja historyczna może sprawić trudności w prawidłowym zrozumieniu struktury nawierzchni i koniecznych prac renowacyjnych;

- koszty finansowe – prace w strefach ochrony konserwatorskiej są często kosztowne ze względu na konieczność stosowania materiałów bardzo dobrej jakości i specjalistycznej pracy;

- opór społeczności lokalnej – mieszkańcy i przedsiębiorcy mogą być przeciwni pracom remontowym, szczególnie jeśli są z nimi związane utrudnienia w codziennym funkcjonowaniu;

- edukacja i zaangażowanie społeczne – brak zrozumienia i zaangażowania społecznego może utrudnić realizację projektu, dlatego istotne jest edukowanie społeczności lokalnej na temat celów i korzyści z remontów;

- skomplikowana logistyka prac – ograniczone przestrzenie, wąskie ulice i trudności w dostępie mogą utrudniać przeprowadzenie prac remontowych, co wymaga starannego planowania logistyki;

- wpływ na funkcjonalność miejsca – konieczność zachowania zabytkowego charakteru może ograniczać możliwości dostosowania nawierzchni do współczesnych standardów funkcjonalności, co stanowi wyzwanie dla planistów i projektantów;

- trwałość nowych materiałów – wybór nowoczesnych materiałów musi uwzględniać ich trwałość i zdolność do utrzymania się w długoterminowej perspektywie;

- wpływ na ruch drogowy – prace remontowe mogą zakłócać normalny przepływ ruchu drogowego, co wymaga elastycznego podejścia i planowania alternatywnych tras;

- nowoczesne wyzwania środowiskowe – nowoczesne standardy związane z ochroną środowiska, takie jak ograniczenie emisji czy recykling materiałów, mogą stanowić dodatkowe wyzwanie podczas remontów w obszarach konserwatorskich;

- monitorowanie konserwatorskie – regularne monitorowanie stanu technicznego nawierzchni i zabytkowych elementów umożliwia wczesne wykrywanie problemów i działania naprawcze;

- zagrożenia atmosferyczne – ekstremalne warunki atmosferyczne, takie jak intensywne opady deszczu, mogą wpływać na trwałość nawierzchni i konieczność dodatkowych działań zabezpieczających;

- innowacje technologiczne – wprowadzenie nowych technologii do remontów nawierzchni może wymagać uwagi specjalistycznej, aby utrzymać równowagę między nowoczesnością a zachowaniem dziedzictwa;

- presja czasowa – wymagania dotyczące czasu realizacji projektu mogą stwarzać presję na skrócenie procesów konserwacyjnych, co z kolei może wpływać na jakość prac;

- nowoczesne materiały konserwatorskie – w przypadku dostępności nowoczesnych materiałów konserwatorskich ważne jest zrozumienie ich zastosowania i wpływu na długoterminową ochronę zabytków;

- elastyczne planowanie – dostosowanie planów do ewentualnych zmian i nieprzewidzianych sytuacji podczas prac remontowych może być kluczowe do skutecznego zakończenia projektu;



maintenance, is important for the lasting preservation of historic character;

- preventive measures – early identification of potential problems and taking preventive actions to avoid more serious complications during renovations;

- consideration of cultural diversity – respecting and considering the cultural diversity of the local community in the renovation process, which may include traditional techniques and patterns;

- use of traditional techniques – employing traditional building techniques and materials may be preferred to ensure compliance with the historical context;

- scientific research – collaboration with scientific institutions to conduct research on the application of new technologies or conservation materials;

- tourism promotion – after completing renovations, promoting historic streets as tourist attractions is important, as this can bring economic benefits to the local community.

Analyzing the experiences related to street renovations in the Płock conservation area also allows for identifying recommendations that should be considered in such work:

- all roadworks in the conservation area should be preceded by a thorough inventory and technical documentation that serves as a basis for obtaining permission to occupy the roadway;

- project documentation covering the construction or renovation of underground networks should specify precise agreements on the reconstruction of road surfaces;

- it is advisable for road managers to conduct a comprehensive inventory of historic or heritage infrastructure, including both road and sidewalk surfaces, as well as elements such as streetlights, hydrants, and other street furniture.

*Photo.: P. Gryspanowicz*

*Received: 17.06.2024*

*Revised: 19.08.2024*

*Published: 22.10.2024*

- kontrola jakości – systematyczna kontrola jakości wykonanych prac jest kluczowa, aby zapewnić zgodność z założeniami projektowymi i standardami konserwatorskimi;

- adaptacja do zmieniających się warunków – zmienne warunki atmosferyczne, ekonomiczne lub społeczne mogą wymagać dostosowania planów remontu w trakcie realizacji projektu;

- długoterminowy plan utrzymania – opracowanie planu utrzymania nawierzchni ulic po remoncie, włączając w to regularne konserwacje, jest ważne do trwałego zachowania zabytkowego charakteru;

- działania prewencyjne – wczesne identyfikowanie potencjalnych problemów i podejmowanie działań prewencyjnych, aby uniknąć poważniejszych komplikacji w trakcie remontów;

- uwzględnienie różnorodności kulturowej – respektowanie i uwzględnienie różnorodności kulturowej społeczności lokalnej w procesie remontu, co może obejmować tradycyjne techniki i wzory;

- korzystanie z tradycyjnych technik budowlanych i materiałów może być preferowane, aby zachować zgodność z historycznym kontekstem;

- badania naukowe – współpraca z instytucjami naukowymi w celu przeprowadzenia badań nad zastosowaniem nowych technologii czy materiałów konserwatorskich;

- promocja turystyczna – po zakończeniu remontu istotne jest promowanie zabytkowych ulic jako atrakcji turystycznej, co może przynieść korzyści ekonomiczne dla lokalnej społeczności.

Analizując doświadczenia związane z remontami ulic w płockiej strefie konserwatorskiej, można również wskazać zalecenia, które powinny być uwzględniane przy tego rodzaju pracach, takie jak:

- wszelkie prace drogowe w strefie ochrony konserwatorskiej powinny być poprzedzone dokładną inwentaryzacją i dokumentacją techniczną będącą podstawą do uzyskania zgody na zajęcie pasa drogowego;

- w dokumentacji projektowej obejmującej budowę lub remont sieci podziemnych powinno znajdować się precyzyjne uzgodnienie prac odtworzeniowych nawierzchni drogowych;

- wskazany jest, aby zarządcy dróg dokonali całościowej inwentaryzacji zabytkowej lub historyzującej infrastruktury drogowej, zarówno nawierzchni jezdni i chodników, jak i takich elementów, jak latarnie, hydranty, czy inne elementy wyposażenia ulic.

*Fot.: P. Gryspanowicz*

*Artykuł wpłynął do redakcji: 17.06.2024 r.*

*Otrzymał poprawiony po recenzjach: 19.08.2024 r.*

*Opublikowano: 22.10.2024 r.*

## Literature

[1] Petrucci E. Methodologies for the conservation of the roadsurfaces as a tool for the historic center enhancement, Conference: Diagnosis for the Conservation and Valorization of Cultural Heritage. Atti del Quarto Convegno Internazionale, 2013, DOI: 10.13140/2.1.4992.1282.

[2] Cazzani A., Boriani M. The role of historic roads to preserve and valorize the landscape, Cycling & Walking for Regional Development. 2021, DOI: 10.1007/978-3-030-44003-9\_8.

[3] Grzybowska W. Materiały kamienne do nawierzchni w obszarach zabytkowych, w świetle zharmonizowanych wymagań europejskich, Czasopismo Techniczne. Budownictwo. 2009, R. 106, z. 2-B, s. 119-129.

[4] Hodor K. Rozwiązania nawierzchni przy zabytkowych zespołach sakralnych, Czasopismo Techniczne. Budownictwo, 2011, R. 108, z. 2-A/1, s. 83 – 89.

[5] Rajchel J. Tradycyjne bruki w krajobrazie Krakowa, Geologia/Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie. 2009; 35/1, s. 41 – 55.

[6] Grochowska-Iwańska K., Gryspanowicz P. Dzieje drogownictwa w Płocku (XIX-XXI wiek), Płock 2020.

[7] Wróblewski S. Posadzka urbanistyczna w historycznych wnętrzach urbanistycznych – problemy ochrony, współczesne rozwiązania, Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy, 2018/4/29, s. 123-142.

[8] Gryspanowicz P. Techniczno-prawne uwarunkowania rewitalizacji ulic starego miasta w Płocku, Płock 2022.

[9] Gryspanowicz P., Gasik-Kowalska N., Rymsza B. Inwestycje drogowe w Płocku zgodnie z zasadami gospodarki cyrkularnej, Inżynieria i Budownictwo. 2024; 1-2: 14 – 18.

- [10] Gryszpanowicz P, Gasik-Kowalska N, Kacprzak M, Rymśza B. Inwestycje drogowe prowadzone na zasadach gospodarki w obiegu zamkniętym oraz ich wpływ na finansowanie remontów i bieżącego utrzymania dróg, *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*. 2023. DOI: 10.7409/RABDIM.023.026.
- [11] Juszczyk A. Rewaloryzacja historycznej nawierzchni placu w Krośnie Odzańskim, *Builder*. 2021. DOI: 10.5604/01.3001.0015.1745.
- [12] Sikorska ME, Sobierajska I. Problemy rewitalizacji placu miejskiego w Węgrowie, *Mazowsze Studia Regionalne*. 2016. DOI: 10.21858/msr.19.02.
- [13] Spuziak W. Wybrane nawierzchnie drogowe dawnego Wrocławia, *Drogoznictwo*. 2010; 11: 383 – 389.
- [14] Kozinska B, Makowska B. Zabytkowe nawierzchnie ulic w Szczecinie. *Ochrona Zabytków*. 2006; 1: 52 – 72.
- [15] Munir M, Jabeen A. Historic urban squares as traffic islands: a case of Regal Chowk, Mall Road Lahore, Pakistan, *Journal of Development and Social Sciences*. 2022. DOI: 10.47205/jdss.2022(3-IV)27
- [16] Fan J, Zheng B, Tang Q, Liu N. The changsha historic urban area: a study on the Changing accessibility of the road network. *Applied Sciences*. 2022. DOI: 10.3390/app12062796.
- [17] Xiao Y. Adaptation and sustainability: the protection and renovation of historic districts and heritage buildings. *Design for Resilient Communities*. 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-36640-6\_5.
- [18] Gryszpanowicz P, Gasik-Kowalska N, Waluś KJ. Comparative analysis of the quality of execution of road surfaces on newly built, reconstructed and renovated roads in the city Płock area (Poland). *Scientific Reports*. 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-55707-0.
- [19] Gryszpanowicz P, Gasik-Kowalska N. Awarie infrastruktury podziemnej i ich wpływ na ograniczenia w ruchu drogowym oraz konsekwencje dla społeczeństwa – dobre praktyki na przykładzie miasta Płocka, *Inżynieria i Budownictwo*. 2024; nr 1-2: 8 – 13.
- [20] Kacprzak M, Gryszpanowicz P. Awarie sieci podziemnych i ich wpływ na stan nawierzchni ulic na przykładzie infrastruktury miejskiej w Płocku, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*. 2023. DOI: 10.15199/17.2023.11.2.
- [21] Gryszpanowicz P, Rymśza B. Nawierzchnie drogowe w obszarach zabytkowych przyjazne osobom ze szczególnymi potrzebami w świetle nowych regulacji prawnych, *Inżynieria i Budownictwo*. 2024; nr 1-2: 1 – 25.
- [22] Wojnowska-Heciak M, Heciak J, Kłak A. Concrete paving slabs for comfort of movement of mobility-impaired pedestrians – a survey. *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)* 2022. DOI: 10.3390/ijerph19063183.
- [23] Kesik OA, Demirci A, Karaburun A. Analysis of pavements for disabled pedestrians in metropolitan cities. Lambert Academic Publishing. 2012, ISBN: 978-3-8465-8888-8
- [24] Bekci B, Sipahi M. Investigation of spatial accessibility on the scale of pedestrian areas, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2023. DOI: 10.17341/gazimmfd.812513.
- [25] Jahromi MN, Samani NN, Mostafavi MA, Argany M. A new approach for accessibility assessment of side walks for wheel chair users considering the side walk-traffic, *Web and Wireless Geographical Information Systems*. 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-34612-5\_5
- [26] Garilli E, Autelitano F, Freddi F, Giuliani F. Urban pedestrian stone pavements: measuring functional and safety requirements, *International Journal of Pavement Engineering*. 2021. DOI: 10.1080/10298436.2021.1975195.
- [27] Rodrigues A, Silva HMRD, Pereira da Fonseca F, Ramos R. AR, The effect of sidewalk paving materials in the comfort and safety of walking: a case study in Braga, Portugal. Conference: 23rd European Colloquium of Theoretical and Quantitative Geography, 2023.
- [28] Abou-Senna H, Radwan E, Mohamed A. Investigating the correlation between side walks and pedestrian safety. *Accident Analysis & Prevention*. 2022. DOI: 10.1016/j.aap.2021.106548.
- [29] KangJun-Mo, LeeGun-Rock, A barrier-free design assessment of side-walks for improving pedestrian infrastructure. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*. 2009, 29 (1D).
- [30] Wang Z, Sun H, Li J. Research on architectural color and visual comfort in historical and scape areas. *Buildings*. 2023. DOI: 10.3390/buildings13041004.
- [31] Korzeb J, Różowicz J. Analiza wpływu oddziaływań dynamicznych na budynki i ludzi w nich przebywających w strefie oddziaływania środków transportu. *Logistyka*. 2010; 4.
- [32] Nader M. Oddziaływania dynamiczne wybranych środków transportu na budynki i ludzi, na przykładzie badań węzła komunikacyjnego, *Proceeding of International Scientific Conference „Transport of the 21st century”*, 18–21.09.2007.
- [33] Czech K. Wpływ stanu technicznego nawierzchni drogowej na propagację powierzchniowych drgań komunikacyjnych do otoczenia. *Transport Miejski i Regionalny*. 2013; nr 7: 26 – 33.
- [34] Major M, Minda I. Drgania i oddziaływania dynamiczne na budynki i budowle. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo*. 2016. DOI: 10.17512/znb.2016.1.22.
- [35] Garilli E, Autelitano F, Giuliani F. Simplified parametric model for analyzing the behavior of stone pavements subjected to horizontal traffic loads. *Transportation Research Procedia*. 2023. DOI: 10.1016/j.trpro.2023.02.230.
- [36] Waluś KJ, Gryszpanowicz P, Rymśza B. Ocena odporności na poślizg zabytkowych nawierzchni chodników. *Materiały Budowlane*. 2023. DOI: 10.15199/33.2023.04.03.
- [37] Gryszpanowicz P, Sobik-Szołtysek J, Grabowski P, Janiszewski P, Kacprzak M. Chemical modifications of old natural stone pavements surface for safety reuse – Risk mitigation. *Construction and Building Materials*. 2024. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.134300.
- [38] Autelitano F, Garilli E, Giuliani F. Criteria for the selection and design of joints for street pavements in natural stone. *Construction and Building Materials*. 2020. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119722.
- [39] Katsavounidou G. Basic principles for human-centered design of urbanstreets. *The City at Human Scale*, 2023.