

URBAN DESIGN

URBANISTYKA

JAROSŁAW PIESIK

MSc Eng. Arch.

University of Zielona Góra

Institute of Architecture and Urban Planning

e-mail: j.piesik@aiu.uz.zgora.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8430-7012>

INCREASING GREEN AREAS IN A HIGHLY URBANIZED AREA USING EXISTING BUILDINGS' ROOFS ON THE EXAMPLE OF A PART OF THE ŚRÓDMIEŚCIE-CENTRUM DISTRICT IN SZCZECIN

ZWIĘKSZENIE TERENÓW ZIELENI W OBSZARZE SILNIE ZURBANIZOWANYM
PRZY WYKORZYSTANIU DACHÓW ISTNIEJĄCYCH BUDYNKÓW
NA PRZYKŁADZIE ZABUDOWY FRAGMENTU DZIELNICY
ŚRÓDMIEŚCIE-CENTRUM W SZCZECINIE

ABSTRACT

The shortage of green spaces in densely built-up city centres contributes to the deterioration of public health and sanitary conditions, while also reducing the potential for water retention — an issue that frequently results in local flooding during periods of heavy rainfall. In line with the objectives of the European Green Deal, which aims by 2050 to restore biodiversity in degraded urban areas, lower greenhouse gas emissions, and enhance resilience to climate change (*The European Green Deal...*, 2024), addressing the lack of biologically vital surfaces in highly urbanized environments remains a major challenge.

In such areas, the availability of traditional green infrastructure — such as parks or public squares — is limited. However, rooftops represent an alternative space that can be adapted for vegetation and ecological functions.

This study examines a densely urbanized section of a district in the city of Szczecin to assess the potential for rooftop greening on existing buildings. The findings indicate that rooftops account for 41.27% of the total analysed area, with 83.45% of that rooftop surface suitable for the installation of green roofs.

Keywords: green roofs, biologically vital area, highly urbanized areas, downtown development

STRESZCZENIE

Niedostatek terenów zieleni w centrach miast o wysokim wskaźniku intensywności zabudowy przekłada się na pogorszenie warunków sanitarnych i zdrowotnych jego mieszkańców, a także wpływa na zmniejszenie potencjału retencji wód, co często prowadzi do lokalnych podtopień w porach deszczowych. Zgodnie z wytycznymi Europejskiego Zielonego Ładu, szczególnie w większych aglomeracjach, do 2050 roku planuje się między innymi przywrócić różnorodności biologicznej na terenach zdegradowanych, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych oraz wzmocnienie odporności i redukcji podatności na zmianę klimatu (*The European Green Deal...*, 2024).

Realizacja tych postulatów jest znacznie utrudniona w silnie zurbanizowanych obszarach miast, gdzie na ogół brakuje terenów biologicznie czynnych i wolnych terenów do przyrodniczego zagospodarowania.



W przestrzeni miast, oprócz tradycyjnych terenów zielonych w postaci parków czy skwerów, istnieje także dodatkowa przestrzeń na dachach budynków, którą można udostępnić pod nasadzenia roślinnością i przeznaczyć pod powierzchnię biologicznie czynną.

W niniejszym artykule poddano analizie silnie zurbanizowany fragment dzielnicy Szczecina pod względem potencjalnej przestrzeni możliwej pod nasadzenia roślinnością na dachach istniejących budynków. Z przeprowadzonych badań wynika, że na badanym obszarze powierzchnia ta zajmuje 41,27% analizowanego terenu, z czego 83,45% powierzchni dachów stanowi potencjalne podłoże pod zielone dachy.

Słowa kluczowe: dachy zielone, przestrzeń biologicznie czynna, obszary silnie zurbanizowane

1. INTRODUCTION

Since the beginning of the 20th century, there has been a steady decline in green areas, especially in larger agglomerations. The reasons for the decline of green spaces in cities include the rapid growth in urban transport, global warming and greenhouse gas emissions, and the decreasing use of residential land by residents (Cooling, 2020).

The latest satellite data indicate that urban green space continues to decline worldwide. Urban green space has declined by as much as 75% in 344 urban areas across 62 countries (Husqvarna Group, 2024).

The immediate living space and landscape where humans live are constantly undergoing a process of degradation.

Excessive urbanization and the constantly shrinking area of green areas cause a number of negative phenomena, such as a reduction in the surface of ground retention and infiltration, which results in temporary flooding during rainy periods (Mądry et al., 2011) or the formation of MWC.

According to World Health Organization (WHO) standards, the minimum area of green space in a modern city should be 50 m² per resident (Doe et al., 2025).

In 2022, the area of green space in Polish cities, which includes residential green areas, green areas, and parks for walking and recreation, was 52,100 ha, which translates to 23.2 m² per resident, representing approximately 2% of the total city area (GUS, 2023). Many Polish cities have been experiencing a decline in green space since 2005, as seen in cities such as Opole, Kielce, Bydgoszcz, and Lublin (Kozycz, 2023).

When looking for free areas in urban environments for greenery planting, we can also take into account the roof space of existing buildings, where flora can also grow.

Green roofs, along with systems for supplying water to vegetation, appeared in ancient Egypt and Babylon as early as the 4th century BC (Majdecki, 2008) and are still used today. Using building surfaces as a substructure for green roofs is particularly justified in highly urbanized areas where green

space is scarce. The aim of this article is to demonstrate that in the selected section of Szczecin's city centre, there is potential, free roof area suitable for greenery planting, which could increase the biologically vital area of the analysed area by up to several dozen percent.

1.1. Characteristics of green roofs

Green roofs and walls have a number of properties, including: they remove air pollutants (O₃, SO₂, NO₂) and reduce the amount of dust and particulate matter in the air by capturing them and settling on leaves (Cervantes-Nájera et al., 2024), they act as soundproofing agents (reducing urban noise), they are responsible for cooling the environment and reducing temperature differences (Tan, 2023). Depending on the substrate layer and plant species used, they contribute to increased water retention, ranging on average from 40% to 60% depending on the intensity of total rainfall (Mihalakakou et al., 2023).

The term 'green roof' refers to an open, vegetated surface that is physically separated from the natural ground level by a building or other engineered structure (Kania et al., 2013).

In a conventional green roof system, the following layers are installed above the roof covering (which comprises the structural roof layer/flat roof, vapour barrier, thermal insulation, and waterproofing membrane):

- a drainage layer,
- a non-woven fabric that prevents fine particles from the substrate from clogging the drainage system,
- a substrate layer, i.e., a specially designed growing medium for green roofs, characterized by appropriate properties such as pH reaction, nutrient content, and water retention capacity,
- and the vegetation layer.

Green roofs are generally classified into two categories based on their cultivation method: extensive and intensive systems.

An extensive green roof primarily serves an ecological function and, depending on the design system adopted, may also be accessible. This type of roof employs plant species that require minimal

maintenance and have shallow root systems, such as mosses and succulents. The substrate depth for extensive green roofs typically ranges from 3 cm to 20 cm, with a weight starting at approximately 40 kg/m² (excluding the weight of the roof's finishing layers). Due to the relatively low substrate mass, the load impact on the structural system of the roof is minimal.

An intensive green roof, on the other hand, functions as a usable landscape element, typically accessible year-round. It accommodates a wider range of vegetation, including shrubs, trees, and even water features such as ponds. This type of system requires substantially more maintenance and structural capacity. The substrate depth can vary from 15 cm to 150 cm, and the weight may range from 300 kg/m² to as much as 1500 kg/m². The vegetation used in intensive systems often includes deep-rooted species such as shrubs and trees.

Due to the degree of structural inclination, green roofs are typically categorized as follows: flat green roofs (with a slope of up to 10 degrees), sloping green roofs (with a slope between 10 and 25°), and steep green roofs (with a slope exceeding 25°) (Drozd, 2015).

Therefore, the angle of roof inclination is a critical design consideration in the implementation of green roof systems. Modern system technologies currently available on the market allow for the construction of green roofs with slopes ranging from 0° to 45° (Susan and Scholz-Barth, 2009).

In practice, roofs with inclinations between 5° and 45° are generally considered sloping green roofs. For roofs with a slope greater than 12°, a site-specific design approach is required, as challenges arise in ensuring water retention and preventing substrate and vegetation slippage. The design and installation of specialist technical solutions for such slopes — particularly at complex junctions in multi-slope roof systems — are considerably more complex and costly compared to flat roof installations (Kožuchowski, 2015).

The optimal slope angle for vegetation establishment on green roofs — whether extensive or intensive — is generally considered to be between 1° and 5°. For slopes exceeding 12°, green roofs can be installed using anti-slip mats and other protective systems, including anti-slip elements positioned in the roof gutter zones, ridgeline speed bumps, steel mesh, or pre-formed materials designed to stabilise the substrate.

In cases where the roof slope is less than 2% and an extensive green roof is planned, it is necessary to install a drainage layer of increased thickness to

ensure proper water discharge and prevent waterlogging (Pawłowicz, 2019).

When adapting existing buildings for the installation of green roofs, the structural system typically involves either timber constructions — often comprising roofing felt or trapezoidal sheet metal laid over boarding — or, in the case of flat roofs, reinforced concrete slabs, which are particularly common in large-panel buildings constructed between the 1970s and 1990s, as well as in larger public and commercial buildings.

A significant constraint in retrofitting older buildings with green roofs is the load-bearing capacity of the existing structural system. The structural components of a green roof must be designed to accommodate service loads, which may range between 1.3 and 12 kN/m² (Błaszczyszki, 2014).

For timber structures, the total self-weight of the roof typically ranges from 2 to 3 kN/m². The addition of an extensive green roof layer — with a minimal substrate — introduces an additional load of approximately 1.8 kN/m². In the case of a conventional roof truss with rafters spaced approximately 90 cm apart (using continuous rafters with a cross-section of 12 × 20 cm), the load from an extensive green roof system may be transferred effectively. However, under such structural constraints, only extensive green roof systems are feasible (Ratajczak, 2011).

In contrast, flat roofs constructed from reinforced concrete may accommodate intensive green roof systems. Nonetheless, each project must be assessed individually. In every case, it is essential to conduct structural analysis and static calculations to determine the load-bearing capacity of the roof. These calculations are critical for selecting an appropriate green roof system and for verifying the structure's capacity to safely support the additional weight associated with green roof installation.

1.2. Examples of formal and legal solutions supporting green roof technologies in European countries

There are many examples of formal and legal frameworks supporting blue-green infrastructure initiatives worldwide. In Canada, all buildings with an area > 2000 m² are required to have green roofs covering 20 to 60% of their roof area. In Japan, owners of public facilities with an area > 250 m² and private buildings with an area > 1000 m² are required to provide 20% of their roof area for green roofs (Saqib et al., 2024).

The legislation of EU countries is heading towards increasing the share of green areas on flat roofs of buildings. In France, a resolution was

adopted according to which each newly designed public utility building with a service function will be equipped with greenery or photovoltaic cells. Similar activities are being carried out in individual cities such as Berlin and Chicago. In Denmark, a green roof program was created in the city of Copenhagen, which has been implemented since 2010 and which assumes that all new designed facilities and existing modernized buildings with a flat roof will be planted with plants. In Germany, on the other hand, property owners who live in a building with a green roof can count on tax relief (Wolański, 2015).

In Poland, regulations are also used to support the creation of green roofs. In Wrocław, the City Council passed a resolution according to which discounts in property tax were adopted for residential premises in buildings in which green roofs or vertical gardens with green roofs and vertical gardens are created. In the case of the creation of a green roof, the adopted regulations provide for tax exemptions from 25% to 100% of residential areas, depending on the number of storeys in the building and the area of the roof area (Bąk and Królikowska, 2013). In June 2023, Poznań adopted a resolution on the principles and procedure for granting a specific-purpose subsidy for tasks aimed at creating external vertical gardens and green roofs in the city, the purpose of which is to provide a subsidy for the creation of vertical gardens and green roofs on residential and utility buildings. According to the resolution, the roof of the garden must be adapted to the load-bearing capacity of the building and the angle of inclination of the roof slopes cannot exceed 30°. In addition, the minimum area that must be occupied by greenery is 10 m² and the substrate layer should be 8 cm for an extensive garden and 30 cm for an intensive garden.

The amount of the subsidy for the creation of an external green roof is 100%. The upper limit of funding is PLN 25,000 (Poznań City Council, 2023).

In turn, in Warsaw, green roofs are an element of the Warsaw Green Standard for buildings, which was developed by KAPE. The proposed solutions refer to for public buildings (both new and existing ones that require modernization) and in the case of residential buildings, they apply to municipal buildings and TBS (Miasto Stołeczne Warszawa, 2024).

The standards primarily consist of meeting the following conditions:

- *Construction of a green roof with an area of no less than 20% of the roof area (or terraces, if the building does not have roofs). The exception is*

a situation in which the entire roof is intended for RES installations.

- The minimum thickness of the substrate for a green roof must be at least 20 cm.

Solutions regarding the application of appropriate standards and reliefs in relation to green roofs have been introduced by other cities, including: Katowice (in 2021, a resolution was introduced exempting from taxes), Kalisz (from 2022, the tax exemption applies to residential buildings), Częstochowa (from 2022, partial tax exemption for people who green the walls or roofs of their buildings), Opole, Dąbrowa Górnicza and Bielsko-Biała (Wolański and Wolańska, 2022).

1.3. Biologically vital surface in relation to green roofs

Green roofs may also be classified as biologically vital areas. Since 2009, the term biologically vital area has been defined in Polish construction law as: *an area with an earthen surface arranged in a manner that ensures natural vegetation, as well as 50% of the surface of terraces and flat roofs with such a surface and other surfaces enabling natural plant growth, with an area of not less than 10 m², and surface waters within that area* (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury, 2023).

However, Polish legal regulations do not precisely specify the minimum substrate depth required to support *natural plant vegetation* or which extensive green roof systems can be formally recognized as biologically vital areas under this definition. In contrast, some European construction regulations provide more concrete criteria, often stipulating a substrate thickness of at least 8–10 cm, depending on the national context.

Although Polish construction law lacks detailed provisions regarding biologically vital areas and the specific conditions for supporting natural vegetation on roofs, there are professional interpretations that attempt to fill this gap. According to the position of the Expert Team with the Council of the Lesser Poland District Chamber of Architects of the Republic of Poland, extensive green roofs — featuring vegetation such as grasses, sedum, and other shallow-rooted species — may be recognized as biologically vital areas, provided they are constructed with a substrate layer of no less than 10 cm, which is considered sufficient to sustain natural vegetation (Małopolska Okręgowa Izba Architektów, 2021).

Nonetheless, in cases of legal ambiguity or dispute, judicial decisions should be treated as the final authority on the interpretation of biologically vital surfaces.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Research area

The study area was designated as a part of the city centre of Szczecin. According to Alasdair Rae's report (theguardian.com, accessed 22.03.24), which compared the population density of the strict city centres (defined as the most populated selected square kilometres) of thirty-nine European cities, Szczecin ranked third with a density of 32,752 people/km², surpassed only by Barcelona (53,119 people/km²) and Paris (52,218 people/km²). This high population density is characteristic exclusively of the city centre, whereas the average population density of Szczecin as a whole is 1,337 people/km² (szczecin.stat.gov.pl/szczecin, accessed 27.01.24).

For detailed analysis, a fragment of the 'Śródmieście-Centrum' housing estate in Szczecin was selected, covering a total area of 160,698 m² and comprising five residential blocks. From an urban planning perspective, the area represents a downtown spatial structure dating from the 19th and early 20th centuries, characterized by compact, high-density tenements.

The residential function (multi-family housing) accounts for 95% of the entire 'Śródmieście' district, while buildings exceeding five storeys constitute only 5.4% of all structures in the estate. Due to the high development intensity and extensive transportation infrastructure, green areas comprise merely 5% of the district's total area. Vegetation is predominantly found as lawns and tall greenery within courtyards of tenement houses and front gardens. The district faces significant environmental challenges, including exposure to the urban heat island effect, unfavourable sanitary conditions, limited greenery, and dense building arrangements within residential blocks (Studium Uwarunkowań, 2022).

2.2. Characteristics of roofs in the analysed area

Most buildings in the study area date back to the 19th and early 20th centuries and feature wooden structural systems. These are constructed as purlin-tie frameworks with evenly spaced trusses. Depending on the roof structure and span, additional reinforcement is provided by braces and ties. The roof finishing layers consist of roofing felt on boarding, sheet metal, or ceramic roof tiles.

There are also post-2000 buildings, constructed as infills within the open spaces of the blocks formed after the destruction of the Second World War. The roofs of these newer buildings are constructed using reinforced concrete.

The following roof types occur in the analysed area:

- Lean-to roof (Photo no. 2) — single-pitched with an angle of inclination ranging from 3° to 15°; due to fire regulations, the gable wall often extends at least 30 cm above the roof surface.
- Mansard roof (Photo no. 3) — a broken roof consisting of two parts: an upper section with an inclination angle of 3° to 7° and a steep lower section with an angle between 65° and 75°.
- Gable roof (Photo no. 1) — with an inclination angle ranging from 7° to 65°.
- Flat roof — defined as a roof with an inclination angle up to 2°.

2.3. Restrictions resulting from the provisions of the local development plan

In the analysed part of the 'Śródmieście-Centrum' district, the local spatial development plan 'Centrum – Plac Odrodzenia 3' in Szczecin, effective as of 28 January 2020, is in force (Plan miejscowy, 2020).

The provisions of this plan establish a conservation protection zone encompassing the entire area of the historic spatial structure, distinguished by its artistic, historical, and scientific value due to the high degree of preservation of the historically shaped urban fabric and historic buildings.

Specific regulations apply to buildings of historic significance that are entered in the register of monuments, including the preservation and conservation of historic architecture, the maintenance of fundamental height dimensions, roof shape and type of roof covering, as well as the composition and architectural details of the facade.

For buildings of historic value not listed in the register of monuments, the existing architectural composition of the building must be preserved, including basic height dimensions, roof form, and the composition and architectural detailing of the façade, along with the form of window, door, and gate joinery visible from public roads.

Consequently, any alterations to the structure, form, or finishing of the roof sections visible from main communication routes and elevations are likely to be subject to scrutiny and possibly rejected by the conservator (Ill. 1, 2). Only those roof parts concealed from pedestrian view — most commonly flat and lean-to roofs — may be modified (Ill. 3).

2.4. Assumptions and research methods adopted

The analyses were conducted based on visual inspections and field measurements, complemented by cartographic materials and archival documents from the State Archives in Szczecin. Graphic maps and orthophotomaps (www.geoportal.gov.pl) were utilized, alongside aerial photographs, images, and videos

presenting the structure of the city centre district from a bird's-eye perspective (www.google.pl/intl/pl/earth).

An analysis was performed concerning the roof slope, type of roof covering, and roof structure for 121 buildings grouped into five blocks (Ill. 1, 2).

For roofs suitable for adaptation with greenery systems, the following criteria were adopted:

- Roof slope angle between 2° and 12°, reflecting the technical and economic feasibility of green roof installation (a slope that does not require additional measures to prevent substrate subsidence).
- Load-bearing capacity of the ceiling (roof truss) sufficient to support the additional weight of the substrate and vegetation.
- Roof finished with roofing felt, in accordance with the requirements of the local spatial development plan (conservation protection zone of the historic spatial structure).
- The area of single-storey temporary structures, such as garages or utility buildings, was excluded from consideration.
- Additional roof elements, including chimneys or technical installations, were not included in the calculation of the roof area.

3. RESULTS

3.1. Roof analysis

3.2. Discussion of the results

In the selected study area, the following types of roofs occur: shed roofs, gable roofs, flat roofs, and mansard roofs:

Types of roofs

- Shed roof — 30 roofs with a pitch ranging from 3° to 7° (24.80% of all roofs).
- Gable roof — 5 roofs with an angle of inclination between 3° and 55° (4.13% of all roofs).
- Flat roof — 2 roofs with an angle of inclination of approximately 1° (1.65% of all roofs).
- Mansard roof — 84 roofs with angles of inclination ranging from 3° to 7°, 45° to 55°, and 56° to 75° (69.42% of all roofs).

Roofs construction

- 119 building roofs constructed of lightweight wooden structures (98.35%).
- 2 roofs constructed as reinforced concrete flat roofs with a massive structure (1.65%).

Type of roofing

- Roofing felt, applied to roofs with slopes up to 7°, constitutes 83.45% of all roof coverings, including flat and sloping roofs.

- Ceramic roof tiles and sheet metal, used for roofs with slopes greater than 45°, account for 16.55% of roof coverings, primarily on steep roofs.

Analysis

The installation of an intensive green roof system is potentially feasible on roofs no. 98 and 114, which feature reinforced concrete ceilings and flat roofs with a slope of approximately 1° (flat roof).

Suggestion

On some mansard roofs with pitches of 45°, 65°, 75°, and 80° (specifically roofs no. 1, 4–13, 20, 23–32, 40, 42, 45–47, 51–57, 62–64, 68, 69, 72, 74–78, 87–94, 96, 97, 101, 103–109, 111, 112, 115), the installation of vegetation will not be possible. This limitation results from the excessive roof slope and the fact that these roof sections are pediments visible from the street, covered with roof tiles and copper sheets, and thus not approved by the conservator.

Conversely, for other roofs, the installation of greenery in extensive cultivation systems is feasible where the roof slope ranges from 3° to 7° — specifically roofs no. 1–97 (excluding 51A), 99–113, and 115–120 (pitched roofs). Such slope angles do not require additional measures to prevent the plant layer from sliding.

The conducted research indicates that within the analysed area, there exists potential roof space suitable for plant installation. The total area of the study site is 160,698 m² (100%). The cumulative roof area within this area is 66,328 m² (41.27%), of which 55,351 m² (34.44%) can potentially be designated for the implementation of greenery, accounting for 83.45% of the total roof area.

It should also be noted that not all potential roof areas identified in the analysis may be suitable for adaptation with greenery due to the parameters and condition of the existing roof trusses, which may not always be capable of bearing the additional loads associated with the planned green roof.

In the entire Śródmieście district, the proportion of green areas relative to the total district area is 5% (Studium Uwarunkowań, 2022). Assuming this ratio applies proportionally to the analysed portion of the district, this corresponds to approximately 8,035 m². Following the implementation of greenery on the roofs of buildings, the share of green areas relative to the current area in the analysed section of the city would increase nearly sevenfold. The potential increase in green area coverage in relation to the entire analysed area could reach as much as 34.44%.

Tab. 1. Characteristic features of the roofs analysed.

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
BLOCK NO. 1						
1	mansard roof	3°, 7°, 45°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	548 m ²	364 m ²
2	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	519 m ²	–
3	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	611 m ²	–
4	mansard roof	2°, 7°, 45°	bituminous waterproofing	light	589 m ²	34 m ²
5	mansard roof	7°, 45°	bituminous waterproofing	light	344 m ²	17 m ²
6	mansard roof	7°, 45°	bituminous waterproofing, ceramic tile, sheet metal	light	610 m ²	96 m ²
7	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing	light	417 m ²	73 m ²
8	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile, sheet metal	light	561 m ²	170 m ²
9	mansard roof	7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	418 m ²	110 m ²
10	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	511 m ²	301 m ²
11	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	588 m ²	22 m ²
12	mansard roof	3°, 7°, 45°	bituminous waterproofing	light	729 m ²	–
13	mansard roof	7°, 45°	bituminous waterproofing	light	344 m ²	17 m ²
				sum	6789 m²	1204 m²
BLOCK NO. 2						
14	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	836 m ²	35 m ²
15	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	295 m ²	–
16	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	430 m ²	21 m ²

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
17	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	595 m ²	22 m ²
18	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	586 m ²	22 m ²
19	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	576 m ²	33 m ²
20	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	367 m ²	34 m ²
21	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	270 m ²	–
22	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	268 m ²	–
23	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing v	light	285 m ²	62 m ²
24	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	277 m ²	74 m ²
25	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	226 m ²	64 m ²
26	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	761 m ²	192 m ²
27	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	172 m ²	276 m ²
28	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	151 m ²	211 m ²
29	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	152 m ²	212 m ²
30	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	397 m ²	245 m ²
31	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	175 m ²	22 m ²
32	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	783 m ²	600 m ²

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
33	shed roof	7°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	605 m ²	110 m ²
34	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	345 m ²	–
35	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	305 m ²	–
36	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	292 m ²	–
37		3°	bituminous waterproofing	light	288 m ²	–
38	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	1022 m ²	–
39	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	622 m ²	–
40	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	196 m ²	55 m ²
41	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	224 m ²	–
42	dormer, shed roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	189 m ²	57 m ²
43	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	239 m ²	–
44	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	307 m ²	–
				sum	12,236 m²	2,347 m²
BLOCK NO. 3						
45	mansard roof	7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	708 m ²	322 m ²
46	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	502 m ²	54 m ²
47	mansard roof	3°, 7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	674 m ²	182 m ²
48	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	880 m ²	–

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
49	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	751 m ²	–
50	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	467 m ²	–
51	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	313.51 m ²	1331 m ²
51A	gable roof	55°, 65°	ceramic tile	light	–	104.17 m ²
52	mansard roof	3°, 7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	672 m ²	82 m ²
53	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	695 m ²	120 m ²
54	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	515 m ²	170 m ²
55	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	451 m ²	375 m ²
56	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile, sheet metal	light	525 m ²	230 m ²
57	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	542 m ²	150 m ²
58	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	996 m ²	–
59	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	725 m ²	–
60	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	752 m ²	–
61	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	548 m ²	–
				sum	10,592 m²	3,016 m²
BLOCK NO. 4						
62	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	1,030 m ²	542 m ²
63	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	206 m ²	133 m ²

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
64	mansard roof	7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	542 m ²	176 m ²
65	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	711 m ²	–
66	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	646 m ²	–
67	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	605 m ²	–
68	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing ceramic tile	light	497 m ²	276 m ²
69	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	524 m ²	120 m ²
70	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	552 m ²	–
71	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	572 m ²	–
72	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	221 m ²	150 m ²
73	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	235 m ²	–
74	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	242 m ²	64 m ²
75	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	374 m ²	111 m ²
76	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	215 m ²	70 m ²
77	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	276 m ²	45 m ²
78	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing	light	395 m ²	–
79	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	836 m ²	–

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
80	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	470 m ²	–
81	shed roof	3°,	bituminous waterproofing	light	275 m ²	–
82	gable roof	3°	bituminous waterproofing	light	235 m ²	–
83	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	280 m ²	–
84	gable roof	3°	bituminous waterproofing	light	237 m ²	–
85	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	1012 m ²	–
				sum	11,188 m²	1,687 m²
BLOCK NO. 5						
86	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	762 m ²	–
87	mansard roof	7°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	427 m ²	176 m ²
88	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	529 m ²	128 m ²
89	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	851 m ²	191 m ²
				light		
90	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	211 m ²	97 m ²
91	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing	light	172 m ²	96 m ²
92	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing	light	245 m ²	61 m ²
93	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	904 m ²	242 m ²
94	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	907 m ²	116 m ²

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
95	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	505 m ²	–
96	mansard roof	3°, 45°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	182 m ²	225 m ²
97	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	506 m ²	311 m ²
98	flat roof	1°	bituminous waterproofing	heavy reinforced concrete	1,114 m ²	–
99	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	251 m ²	–
100	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	300 m ²	–
101	mansard roof	7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	642 m ²	105 m ²
102	mansard roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	500 m ²	–
103	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	237 m ²	48 m ²
104	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	233 m ²	48 m ²
105	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	233 m ²	50 m ²
106	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	232 m ²	62 m ²
107	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	227 m ²	62 m ²
108	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	145 m ²	150 m ²
109	mansard roof	3°, 75°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	188 m ²	66 m ²

Item no.	Roof type	Slope angle	Roof cover type	Type of construction	Roof surface meeting the criteria	Roof area not meeting the criteria
110	gable roof	3°, 7°	bituminous waterproofing	light	337 m ²	–
111	mansard roof	3°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	145 m ²	150 m ²
112	mansard roof	3°, 80°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	188 m ²	66 m ²
113	gable roof	7°	bituminous waterproofing	light	221 m ²	–
114	flat roof	1°	bituminous waterproofing	heavy reinforced concrete	574 m ²	–
115	mansard roof	3°, 7°, 65°	bituminous waterproofing, ceramic tile	light	714 m ²	273 m ²
116	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	266 m ²	–
117	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	224 m ²	–
118	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	532 m ²	–
119	shed roof	3°	bituminous waterproofing	light	535 m ²	–
120	shed roof	7°	bituminous waterproofing	light	307 m ²	–
				sum	14,546 m²	2,723 m²
				sum all	55,351 m²	10,977 m²

Source: own elaboration.

4. DISCUSSION

In accordance with the objectives of the European Green Deal, European countries are striving to reduce air pollution and restore the ecological balance of degraded areas by 2050. This goal is particularly critical in city centres characterized by high development density and a limited amount of green space per capita. Given the scarcity of green areas in highly urbanized zones and the restricted opportunities for new plantings — due to the dense urban fabric and infrastructure — the designation of new biologically

vital areas on building roofs emerges as both feasible and necessary.

The research conducted on a fragment of the ‘Śródmieście-Centrum’ district in Szczecin demonstrated that the majority of roofs within the analysed area can potentially be adapted for greening. Out of 121 buildings examined, only one failed to meet the established criteria. As detailed in this study, adapting a roof for green infrastructure requires appropriate structural conditions, roof pitch, and compliance with local planning regulations, which are typical for city centres across major European cities.

In the analysed area, the roof structures of most buildings are constructed from wood; of the 191 buildings surveyed, only two possess heavy reinforced concrete roofs. This implies that in most cases, only extensive green roof systems can be adapted. The dead load capacity of the roof structure for the majority of buildings (lightweight roofs) ranges between 2–3 kN/m². The safest system for extensive cultivation on wooden structures is the use of unrolled sedum mats, featuring succulent vegetation with shallow root systems and low maintenance requirements. Such systems typically involve a substrate layer approximately 3 cm thick and exert a load starting from 40 kg/m², which is comparable to the average weight of ceramic roof tiles.

It should be emphasized that the structural condition of each roof must be individually assessed, and static calculations performed to verify the load-bearing capacity for green roof systems. A different scenario applies to extensive roofs with substrate layers of 8–10 cm thickness, which allow for more diverse vegetation with more extensive root systems, contributing to rainwater retention. In these cases, the saturated substrate load ranges between 120–250 kg/m², depending on vegetation type and irrigation system. Such loads can only be supported if the existing wooden roof truss is reinforced, for example, by thickening the trusses and stabilizing the wall plates. However, the feasibility of these reinforcements is limited, as many attics suitable for strengthening have already been converted into residential spaces and are covered. Nevertheless, there remain numerous unused attics or loft spaces where such modifications could be implemented.

The use of intensive green roof systems — characterized by loads starting from 300 kg/m² — is generally not feasible in the studied area. Only two buildings (out of 191) constructed after 2000, as infill developments within the housing blocks, feature reinforced concrete flat roofs that could potentially support intensive green roof systems.

Another factor influencing the potential for roof greening is the roof pitch angle. As noted, slopes exceeding 15° pose technical and economic challenges due to increased risks of substrate washout and vegetation sliding. Roof greening is generally not applied at slopes exceeding 45°, except in exceptional cases. Within the analysed area, mansard roofs predominate (69.42%), consisting of two roof sections with differing inclinations: one section with a low pitch (up to 7°) suitable for greening, and the other with a steep slope (>45°) where green roofing is not feasible, although modified living wall technologies may be considered.

Lastly, the potential for roof greening is further constrained by the local spatial development plan ‘Centrum – Plac Odrodzenia 3’, which enforces strict regulations concerning roof composition, form, and finishing materials. A conservation protection zone encompassing the historic spatial structure has been established across the entire area, mandating preservation of all building façades and limiting interventions affecting visible roof elements.

5. CONCLUSIONS

The research has demonstrated that highly urbanized areas possess significant potential in terms of roof surfaces that can be adapted and utilized as biologically vital areas.

It appears that the majority of Polish and European cities share similar characteristics, including high development intensity, limited green space per capita, and roof structures typical of 19th-century buildings. Furthermore, most city centres are governed by local spatial development plans that protect the urban fabric and architectural heritage.

Consequently, the analysis presented herein may have broader applicability, and the proposed revitalization strategies — specifically the introduction of greenery on rooftops — could be implemented on a larger scale across numerous Polish and European cities.



Fig. 1. Perception of the roof from the level of a passer-by. Gable roof. Source: original photo.

Il. 1. Postrzeżenie dachu z poziomu przechodnia. Dach dwuspadowy. Fot. J. Piesik.



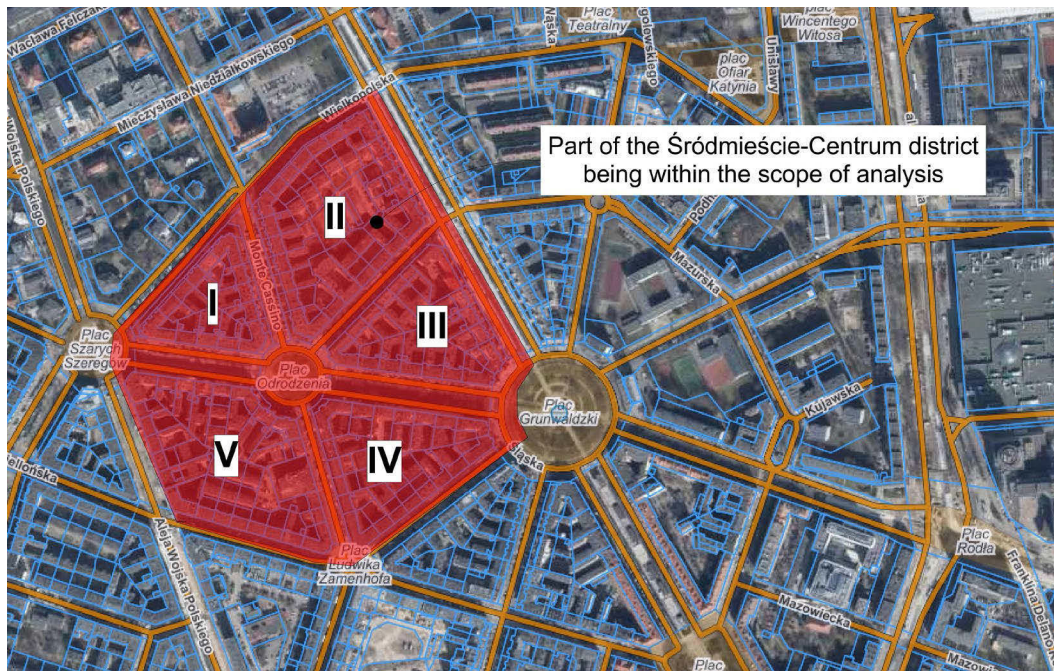
Fig. 2. Perceiving the roof from the level of passerby. Mansard roof. Source: original photo.

Il. 2. Postrzeżenie dachu z poziomu przechodnia. Dach mansardowy. Fot. J. Piesik.



Fig. 3. Perceiving the roof from the level of passerby. Shed roof. Source: original photo.

Il. 3. Postrzeżenie dachu z poziomu przechodnia. Dach pulpitowy. Fot. J. Piesik.



Drawing 1. Scope of research. A fragment of the 'Śródmieście-Centrum' district accepted for analysis. Source: original work.
 II. 4. Zakres badań. Fragment dzielnicy Śródmieście-Centrum przyjęty do analizy. Źródło: opracowanie własne.



Drawing 2. Analysis of roofs in terms of the type and angle of inclination of roof slopes in individual blocks. Source: original work.
 II. 5. Analiza dachów pod względem rodzaju i kąta nachylenia połaci dachowych w poszczególnych kwartałach. Źródło: opracowanie własne.

1. WSTĘP

Od początku XX wieku obserwuje się regularny spadek obszarów zieleni, szczególnie w większych aglomeracjach. Do głównych przyczyn zanikania terenów zieleni w miastach należą: nagły i skokowy wzrost populacji miejskiej, globalne ocieplenie spowodowane emisją gazów cieplarnianych oraz malejący stosunek gruntów własności publicznej do prywatnej (Colding, 2020).

Najnowsze dane satelitarne wskazują, że na świecie wciąż zmniejsza się powierzchnia terenów zielonych w miastach. Odnotowano spadek powierzchni miejskich terenów zielonych (344 aglomeracje z 62 krajów) aż w przypadku 75% badanych miast (Husqvarna Group, 2024).

Przestrzeń życiowa człowieka oraz krajobraz ciągle ulegają procesowi degradacji. Nadmierna urbanizacja i wciąż kurcząca się powierzchnia terenów zielonych powodują szereg negatywnych zjawisk, takich jak zmniejszenie powierzchni retencji gruntowej i infiltracji, czego skutkiem są czasowe podtopienia w okresach deszczowych (Mądry, Słysz, 2011) czy tworzenie się miejskich wysp ciepła.

Zgodne ze standardami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), minimalna powierzchnia terenów zieleni w nowoczesnym mieście powinna wynosić 50 m² na jednego mieszkańca (Doe et al., 2025).

W 2022 roku liczba terenów zieleni w polskich miastach, do której zaliczono tereny zieleni osiedlowej, zieleńców i parków spacerowo-wypoczynkowych, wynosiła 52,1 tys. ha, co w przeliczeniu na mieszkańca daje wartość 23,2 m², co stanowi około 2% ogólnej powierzchni miast (GUS, 2023). W wielu miastach od 2005 obserwuje się zmniejszenie terenów zieleni. To zjawisko dotyczy między innymi Opola, Kielc, Bydgoszczy czy Lublina (Kozycz, 2023).

Poszukując wolnych obszarów w zurbanizowanym środowisku pod nasadzenia zielenią, należy wziąć pod uwagę także przestrzeń dachową istniejących budynków, gdzie także może rosnąć flora.

Zielone zadania wraz z systemem doprowadzającym wodę do roślinności pojawiały się w starożytnym Egipcie i Babilonie już w okolicach IV wieku p.n.e. (Majdecki, 2008) i są wykorzystywane także obecnie. Wykorzystanie połączeń budynków jako podbudowy pod zielone dachy jest szczególnie uzasadnione na obszarach silnie zurbanizowanych, gdzie istnieje niedostatek terenów zielonych. Celem niniejszego artykułu jest wykazanie, że na wybranym do analizy fragmencie centrum Szczecina, istnieje potencjalny, wolny obszar dachów możliwy

pod nasadzenia zielenią, który może zwiększyć powierzchnię biologicznie czynną analizowanego obszaru nawet o kilkadziesiąt procent.

1.1. Charakterystyka zielonych dachów

Zielone dachy i ściany mają szereg właściwości, wśród których wymienić można: usuwanie zanieczyszczeń powietrza (O₃, SO₂, NO₂), zmniejszanie ilości pyłu i cząstek stałych unoszących się w powietrzu poprzez wychwytywanie ich i osadzanie się na liściach (Cervantes-Nájera et al., 2024), wygłuszenie (ograniczanie hałasu miejskiego), schładzanie otoczenia i zmniejszenie różnicy temperatur (Tan, 2023). Dzięki zastosowaniu odpowiedniej warstwy substratu i gatunków roślin przyczyniają się do zwiększenia retencji wód, wahającej się średnio od 40% do 60%, w zależności od intensywności całkowitych opadów (Mihalakakou et al., 2023).

Pod pojęciem zielonego dachu rozumie się otwartą, porośniętą roślinnością powierzchnię, oddzieloną od powierzchni gruntu poprzez budowlę bądź inną konstrukcję inżynierską (Kania et al., 2013).

Na pokryciu dachowym (w skład którego wchodzi: warstwa konstrukcyjna stopu/stropodachu, paroizolacja, termoizolacja i hydroizolacja) w systemie klasycznym układa się następujące warstwy systemu dachu zielonego:

- warstwa drenażowa;
- włóknina, która zabezpiecza drenaż przed dostaniem się do niego podłoża;
- podłoże, czyli stosowny substrat dla dachów zielonych, charakteryzujący się odpowiednimi właściwościami, takimi jak odczyn, zawartość substancji odżywczych czy zdolność magazynowania wody;
- roślinność.

Zielone dachy, ze względu na sposób uprawy, można podzielić na: ogrody ekstensywne i intensywne.

Ogrody w uprawie ekstensywnej spełniają przede wszystkim funkcję przyrodniczą. W zależności od przyjętego systemu mogą być także przeznaczone do użytkowania. W ogrodach ekstensywnych stosuje się gatunki wymagające minimalnej pielęgnacji oraz niewielkiej przestrzeni do rozwoju korzeni (na przykład mchy i sukulenty). Grubość ekstensywnych zielonych dachów (miąższość substratu) waha się od 3 cm do 20 cm, a ich waga rozpoczyna się od 40 kg/m² (należy do niej jeszcze doliczyć ciężar warstw wykończeniowych dachu). Niewielka masa substratu w znikomym stopniu wpływa na konstrukcję dachu. Roślinność charakteryzuje się płytkim systemem korzeniowym.

Ogród w uprawie intensywnej stanowi element użytkowy, który eksploatowany jest zazwyczaj cało-

rocznie, pozwala na wykorzystanie drzew i krzewów, a nawet wykonanie oczka wodnego, lecz wymaga o wiele więcej pracy i pielęgnacji. Głębokość podłoża sięga od 15 do 150 cm, natomiast waga może się wahać od 300 do 1500 kg/m². Roślinność składa się często dodatkowo z krzewów i drzew.

Ze względu na stopień nachylenia konstrukcji dachy dzielimy na: płaskie dachy zielone (nachylenie do 10 stopni), skośne dachy zielone (nachylenie pomiędzy 10 a 25 stopni) i strome dachy zielone (nachylenie powyżej 25 stopni) (Drozd, 2015).

Ważnym zatem aspektem przy projektowaniu dachu zielonego jest kąt nachylenia połaci dachowej. Obecnie na rynku są dostępne systemowe technologie, które pozwalają na realizację zielonego dachu przy spadku od 0 do 45 stopni (Susan, Scholz-Barth, 2009).

Dachy zielone uznajemy za spadziste już w przedziale od 5 do 45 stopni, przy większym spadku (powyżej 12 stopni) wymagany jest indywidualny projekt, ponieważ problemem staje się spiętrzenie wody oraz osuwanie podłoża i roślin z nim związanych. Kosztowne staje się także wykonywanie specjalistycznych rozwiązań technicznych pod instalację zielonego dachu, szczególnie na stykach dachów wielopołaciowych, które są bardziej skomplikowane i kosztowne niż w przypadku dachów płaskich (Kozuchowski, 2015).

Optymalny kąt nachylenia pod nasadzenia roślinnością wynosi od 1 do 5 stopni (zarówno dla dachu w uprawie ekstensywnej, jak i intensywnej). Zielone dachy o większym spadku (powyżej 12 stopni) mogą być instalowane przy użyciu mat antypoślizgowych i innych systemów zabezpieczeń, takich jak elementy przeciwslizgowe mocowane w strefie rynny dachowej, progi zwalniające rozłożone przy kalenicy czy stalowe siatki bądź inne materiały. Warstwa drenażowa o zwiększonej grubości jest konieczna w celu odprowadzania wody w przypadku zieleni uprawy ekstensywnej na dachu o pochyleniu mniejszym niż 2% (Pawłowicz, 2019).

W przypadku adaptacji istniejących budynków pod zielone dachy najczęściej mamy do czynienia z konstrukcją drewnianą (dachy papowe lub z blachy trapezowej na deskowaniu) bądź — w przypadku stropodachów — ze stropami żelbetowymi, co szczególnie spotykane jest w budownictwie wielkopłytowym (obiekty z lat 70. 80. i 90.) oraz w większych obiektach publicznych i komercyjnych. Nośność istniejącej konstrukcji starego budynku często stanowi ograniczenie dla wykonania zielonego dachu. Elementy konstrukcji podłoża zielonego dachu oblicza się ze względu na wartość użytkowych obciążeń, które mogą oscylować w zakresie od 1,3 do 12 KN/m² (Błaszczński, 2014).

W przypadku drewnianych konstrukcji zazwyczaj łączne obciążenie ciężarem własnym dachu mieści się w przedziale 2–3 KN/m². Dodatkowe obciążenie dachu warstwą dachu zielonego w systemie ekstensywnym przy minimalnej warstwie substratu wynosi dodatkowe 1,8 KN. Przy tradycyjnej więźbie dachowej w rozstawie około 90 cm (krokiew ciągła o przekroju 12 × 20 cm) ciężar zielonego dachu winien być przeniesiony przez konstrukcję. Przy tego typu konstrukcji istnieje jedynie możliwość instalacji zielonego dachu w systemie ekstensywnym (Ratajczak, 2011).

W przypadku stropodachów w konstrukcji żelbetowej istnieje możliwość instalacji systemu intensywnego, lecz każdy obiekt należy traktować indywidualnie i w każdym przypadku konieczne jest dokonanie wyliczeń statycznych, które pomocne będą przy doborze określonego systemu dachu zielonego i potwierdzą możliwości konstrukcji względem przeniesienia dodatkowego ciężaru związanego z instalacją zieleni.

1.2. Przykładowe rozwiązania formalno-prawne wspierające technologie zielonych dachów w krajach europejskich

Na świecie istnieje wiele przykładów rozwiązań formalno-prawnych wspierających inicjatywy instalacji infrastruktury błękitno-zielonej. W Kanadzie we wszystkich budynkach o powierzchni powyżej 2000 m² wymagane jest, aby zielone dachy pokrywały od 20 do 60% całej powierzchni dachu. W Japonii właściciele obiektów publicznych o powierzchni powyżej 250 m², a także budynków prywatnych o powierzchni powyżej 1000 m² są zobligowani do zapewnienia 20% powierzchni dachu na instalację zieleni (Saqib et al., 2024).

Ustawodawstwo krajów unijnych zmierza w kierunku zwiększenia udziału zielonych terenów na płaskich dachach budynków. We Francji przyjęto uchwałę, według której każdy nowoprojektowany budynek użyteczności publicznej o funkcji usługowej będzie wyposażony w zieleni lub ogniwa fotowoltaiczne. Podobne działania prowadzone są w poszczególnych miastach, takich jak Berlin czy Chicago. W Kopenhadze powstał program zielonych dachów, realizowany od 2010 roku, który zakłada, że wszystkie nowoprojektowane obiekty i istniejące modernizowane budynki z dachem płaskim będą obsadzone roślinami. W Niemczech właściciele posesji, którzy mieszkają w budynku z zielonym dachem, mogą liczyć na ulgi podatkowe (Wolański, 2015).

W Polsce także stosuje się regulacje sprzyjające powstawaniu zielonych dachów. Rada Miej-

ska Wrocławia podjęła uchwałę, zgodnie z którą przyjęto zniżki w podatku od nieruchomości dla lokali mieszkalnych w budynkach, w których zostaną utworzone dachy zielone. Przyjęte przepisy przewidują zwolnienia z podatku od 25% do 100% powierzchni mieszkalnych, w zależności od liczby kondygnacji w budynku i powierzchni terenu dachu (Bąk, Królikowska, 2016). W Poznaniu w czerwcu 2023 roku przyjęto Uchwałę w sprawie zasad i trybu udzielania dotacji celowej na zadania służące tworzeniu zewnętrznych ogrodów wertykalnych i zielonych dachów na terenie Poznania, której celem jest dotowanie inicjatyw tworzenia ogrodów wertykalnych i zielonych dachów na budynkach mieszkalnych i gospodarczych. Zgodnie z Uchwałą dach ogrodu musi być dostosowany do możliwości obciążeniowych obiektu, a kąt nachylenia połaci dachowych nie może przekraczać 30 stopni. Ponadto minimalna powierzchnia, którą powinna zajmować zieleń, to 10 m², a warstwa substratu winna wynosić 8 cm dla ogrodu ekstensywnego i 30 cm dla ogrodu intensywnego. Wysokość dotacji na stworzenie zewnętrznego zielonego dachu wynosi 100%, a górny limit dofinansowania wynosi 25 000 zł (Uchwała w sprawie zasad..., 2023). W Warszawie dachy zielone stanowią element Warszawskiego Zielonego Standardu budynku, który został opracowany przez KAPE. Zaproponowane rozwiązania odnoszą się do obiektów publicznych (zarówno nowych, jaki i istniejących, które podlegają modernizacji), a w przypadku budynków mieszkalnych dotyczą obiektów komunalnych i TBS (Zarządzenie nr 1520/2024..., 2024).

Standardy polegają przede wszystkim na spełnieniu pewnych warunków:

- Wykonaniu zielonego dachu o powierzchni nie mniejszej niż 20% powierzchni dachów (lub tarasów, jeśli budynek nie posiada dachów). Wyjątek stanowi sytuacja, w której cały dach jest przeznaczony na instalacje OZE;
- minimalna miąższość substratu dla dachu zielonego musi wynosić minimum 20 cm.

Rozwiązania dotyczące stosowania odpowiednich standardów i ulg w odniesieniu do zielonych dachów wprowadziły jeszcze inne miasta, między innymi Katowice (w 2021 roku wprowadzono uchwałę zwalniającą z podatków), Kalisz (od 2022 roku zwolnienie z podatków dotyczy budynków mieszkalnych), Częstochowa (od 2022 roku częściowe zwolnienie z podatków dla osób, które zazieleniają ściany bądź dachy swoich budynków), Opole, Dąbrowa Górnicza czy Bielsko-Biała (Wolański, Wolańska, 2022).

1.3. Powierzchnia biologicznie czynna w odniesieniu do zielonych dachów

Dachy zielone mogą spełniać także funkcję terenów biologicznie czynnych. Od 24 września 2023 roku teren biologicznie czynny zdefiniowany jest w art. 2, pkt 28 jako *teren zapewniający naturalną vegetację roślin i retencję wód opadowych i roztopowych, teren pokryty ciekami lub zbiornikami wodnymi, z wyłączeniem basenów rekreacyjnych i przemysłowych, a także 50% powierzchni tarasów i stropodachów oraz innych powierzchni zapewniających naturalną vegetację roślin, o powierzchni nie mniejszej niż 10 m²* (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury, 2023).

W polskim prawie nie jest do końca sprecyzowane, jaka musi być minimalna miąższość substratu, która zapewnia *naturalną vegetację roślin* i które rozwiązania dotyczące dachów ekstensywnych mogą być stosowane, by uznać je za tereny biologicznie czynne. W europejskich rozporządzeniach budowlanych możemy odnaleźć takie zapisy, które ściśle określają warstwę substratu na poziomie minimum 8–10 cm w zależności od kraju. W Polsce nie istnieją konkretne zapisy prawa budowlanego odnośnie do terenów biologicznie czynnych oraz naturalnej vegetacji roślin, istnieją natomiast pewne interpretacje. Zgodnie ze stanowiskiem Zespołu Rzecznawców przy Radzie Małopolskiej Okręgowej Izby Architektów RP za tereny biologicznie czynne uznaje się zieleń w systemie ekstensywnym, którą tworzą między innymi trawa, rozchodniki lub inne rośliny o płytkim systemie korzeniowym, możliwe do uprawy przy zastosowaniu minimum 10 cm warstwy zapewniającej naturalną vegetację (Opinia nr ZR 189..., 2021). W kwestiach spornych należy jednak kierować się orzecznictwem sądowym.

2. METODOLOGIA

2.1. Obszar badań

Jako obszar badań wyznaczono fragment centrum Szczecina. Zgodnie z zestawieniem Alasdaira Rae (2018), w którym porównano gęstość zaludnienia ścisłego centrum (pod względem najbardziej zaludnionego i wyselekcjonowanego kilometra kwadratowego obszaru śródmieścia) trzydziestu dziewięciu europejskich miast, Szczecin zajął trzecie miejsce z liczbą 32 752 os./km², ustępując jedynie Barcelonie (53 119 os./km²) i Paryżowi (52 218 os./km²). Wysoki wskaźnik zaludnienia jest charakterystyczny jedynie dla centrum miasta, gdyż średnio w Szczecinie mieszka 1337 os./km² (Dane o województwie zachodniopomorskim, 2023).

Do ścisłej analizy przyjęto fragment dzielnicy osiedla Śródmieście-Centrum w Szczecinie o łącz-

nej powierzchni terenu 160 698 m², na terenie której znajduje się 5 kwartałów mieszkalnych (Il. 4). Pod względem urbanistycznym jest to śródmiejska struktura przestrzenna z XIX i początku XX wieku w formie zwartej zabudowy kamienicznej o wysokiej intensywności.

Funkcja mieszkalna w całej dzielnicy Śródmieście-Centrum (mieszkalnictwo wielorodzinne) stanowi 95%, a udział budynków wyższych niż 5 kondygnacji w stosunku do liczby ogólnej budynków w osiedlu wynosi 5,4%. Ze względu na wysoką intensywność zabudowy i rozwiniętą komunikację tereny zieleni stanowią tu jedynie 5% powierzchni całej dzielnicy. Zieleni najczęściej występuje w postaci trawników i roślinności wysokiej zlokalizowanej wewnątrz zabudowy, na dziedzińcach kamienic oraz w formie przedogródków. Dzielnica zmaga się z problemami środowiskowymi. Badane osiedle jest w zasięgu miejskiej wyspy ciepła, panują tu niekorzystne warunki sanitarne oraz niedobór zieleni, a także gęsta zabudowa wewnątrz kwartałów (Studium uwarunkowań, 2022).

2.2. Charakterystyka dachów występujących na analizowanym terenie

Na analizowanym terenie większość budynków pochodzi z XIX i początku XX wieku. Jest to głównie zabudowa wykonana w konstrukcji drewnianej. Układy konstrukcyjne wykonane są jako ustroje płatwiowo-kleszczowe z równomiernie rozmieszczonymi wiązarami. W zależności od konstrukcji i rozpiętości dachu dodatkowo wzmocniane są zastrzałami oraz kleszczami. Warstwę wykończeniową dachów stanowi papa na deskowaniu, blacha bądź dachówka ceramiczna.

Stwierdzono także występowanie budynków wzniesionych po 2000 roku w postaci plomb wkomponowanych w wolną przestrzeń kwartałów powstałą w wyniku zniszczeń po II wojnie światowej. Dachy nowych obiektów wykonane są w konstrukcji żelbetowej.

Na analizowanym terenie występują następujące rodzaje dachów:

- pulpitowy (Il. 2) — jednospadowy, o kącie nachylenia od 3 do 15 stopni, ze względu na przepisy pożarowe ściana szczytowa często wystaje ponad dach na wysokość minimum 30 cm;
- mansardowy (Il. 3) — łamany, połąć składa się z dwóch części: górnej, o kącie nachylenia od 3 do 7 stopni oraz stromej, o kącie nachylenia do 65 do 75 stopni;
- dwuspadowy (Il. 1) — o kącie nachylenia od 7 do 65 stopni;
- dach płaski w postaci stropodachu o kącie nachylenia do 2 stopni.

2.3. Ograniczenia wynikające z zapisów miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego

W analizowanej części dzielnicy Śródmieście-Centrum obowiązuje plan miejscowy zagospodarowania przestrzennego Centrum-Plac Odrodzenia 3 w Szczecinie z dnia 28 stycznia 2020 roku (Uchwała Nr XIV/488/20..., 2020).

Zapisy planu wprowadzają na całym terenie strefę ochrony konserwatorskiej historycznej struktury przestrzennej, wyróżniającej się wartością artystyczną, historyczną i naukową, ze względu na wysoki stopień zachowania historycznie ukształtowanej struktury urbanistycznej oraz historycznej zabudowy.

Dla budynków o wartościach zabytkowych, wpisanych do rejestru zabytków, obowiązują przepisy odrębne, w tym zachowanie i konserwacja historycznej architektury, zasadniczych gabarytów wysokościowych bryły wraz z formą i rodzajem pokrycia dachu, kompozycji i detalu architektonicznego elewacji.

Dla budynków o wartościach zabytkowych, nie wpisanych do rejestru zabytków, obowiązuje utrzymanie istniejącej kompozycji architektonicznej obiektu (w tym zasadniczych gabarytów wysokościowych, formy dachu oraz kompozycji i detalu architektonicznego elewacji wraz z formą stolarki okiennej, drzwiowej i bramnej od strony dróg publicznych).

Oznacza to, iż wszelkie zmiany w strukturze, formie i wykończeniu części dachu widocznej od strony głównych ciągów komunikacyjnych oraz elewacji prawdopodobnie zostaną zakwestionowane przez konserwatora (Il. 1 i 2). Modyfikacji mogą podlegać jedynie te części dachu, które ukryte są przed wzrokiem przechodnia, czyli najczęściej dachy płaskie i pulpitowe budynków (Il. 3).

2.4. Przyjęte założenia i metody badawcze

Wykonano analizy dachów istniejących budynków. Analiz dokonano na podstawie oględzin i pomiarów w terenie oraz materiałów kartograficznych, a także materiałów Archiwum Państwowego w Szczecinie. Wykorzystano mapę zasadniczą oraz ortofotomapy (www.geoportal.gov.pl), a także ujęcia i zdjęcia lotnicze oraz filmy ukazujące strukturę dzielnicy z lotu ptaka (www.google.pl/intl/pl/earth, <https://szczecinzdrona.tv>).

Przeprowadzono analizę nachylenia dachów, rodzaju pokrycia dachowego oraz konstrukcji dachu obejmującą 121 budynków zgrupowanych w 5 kwartałach (Il. 4).

Dla tych dachów, których adaptacja pod systemy zieleni byłaby możliwa, przyjęto następujące kryteria (Tabela 1):

- kąt nachylenia połaci dachowej od 2 do 12 stopni, ze względu na możliwości techniczne i ekonomiczne instalacji zielonych dachów (kąt nachylenia dachu, który nie wymaga wykonania dodatkowych zabezpieczeń przed osuwaniem substratu);
- nośność stropu (więźby dachowej) umożliwiająca przeniesienie dodatkowego ciężaru substratu i roślinności;
- dach wykończony papą, ze względu na wymagania miejscowego planu (strefa ochrony historycznej struktury przestrzennej).

Należy zaznaczyć, że powierzchnia jednokondygnacyjnych budynków tymczasowych w postaci garaży bądź budynków gospodarczych nie została wzięta pod uwagę. Elementy dodatkowe dachów w postaci kominów czy urządzeń technicznych nie były uwzględniane przy obliczaniu powierzchni dachów.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Analiza dachów

3.2. Omówienie wyników

Występowanie na badanym obszarze dachów pulpitowych, dwuspadowych, płaskich i mansardowych przedstawia się następująco:

- dach pulpitowy — 30 dachów pulpitowych o spadku dachu od 3 i 7 stopni, co stanowi 24,80% wszystkich dachów;
- dach dwuspadowy — 5 dachów dwuspadowych o kącie nachylenia 3 i 55 stopni, co stanowi 4,13% wszystkich dachów;
- dach płaski — 2 dachy o kącie nachylenia 1 stopień, co stanowi 1,65% wszystkich dachów;
- dach mansardowy — 84 dachy mansardowe o kącie nachylenia 3 i 7 stopni, 45 i 55 stopni, 56 i 75 stopni, co stanowi 69,42% wszystkich dachów.

Konstrukcja dachów:

- 119 dachów budynków wykonanych w konstrukcji drewnianej lekkiej (98,35%);
- 2 dachy budynków w postaci stropodachów żelbetowych w masywnej konsytuacji (1,65%).

Rodzaj pokrycia dachowego:

- papa stosowana dla dachów o kącie nachylenia do 7 stopni stanowi 83,45% wszystkich pokryć dachowych — dach płaski i dach skośny;
- dachówka ceramiczna i blacha stosowana dla dachów o kącie nachylenia powyżej 45 stopni stanowi 16,55% wszystkich pokryć dachowych — dachy strome.

Z wykonanej analizy wynika, że potencjalnie instalacja systemu intensywnego możliwa będzie na

dachach nr 98 i 114, które posiadają strop żelbetowy, a dach wykonany jest w postaci stropodachu o jednostopniowym nachyleniu (dach płaski).

Konkluzja:

Na części dachów mansardowych, których spadek wynosi odpowiednio: 45, 65, 75 i 80 stopni — dach stromy (dachy nr 1,4–13, 20, 23–32, 40, 42, 45–47, 51–57, 62–64, 68, 69, 72, 74–78, 87–94, 96, 97, 101, 103–109, 111, 112) nie będą możliwe do wykonania nasadzenia roślinne. Spowodowane jest to zbyt wysokim kątem nachylenia dachu oraz faktem, iż omawiane części dachu stanowią frontony widoczne od strony ulic, które pokryte są dachówką i blachą miedzianą (brak akceptacji ze strony konserwatora).

W przypadku pozostałych dachów możliwa będzie instalacja zieleni w uprawie ekstensywnej, gdzie spadki nachylenia dachu wahać się będą od 3 do 7 stopni — dach skośny (dachy nr 1–97, z wyłączeniem 51A, 99–113, 115–120). Tego typu nachylenie nie będzie wymagało wykonania dodatkowych zabezpieczeń chroniących warstwę rośliną przed osuwaniem.

Wykonane badania wykazały, że na analizowanym obszarze istnieje potencjalna przestrzeń dachów budynków możliwa do przeznaczenia pod nasadzenia roślinnością. Powierzchnia terenu poddanego analizie wynosi 160 698 m² (100%). Ogólna powierzchnia dachów na analizowanym obszarze to 66 328 m² (41,27%), z czego potencjalnie pod implementację zielenią można przeznaczyć 55 351 m² (34,44%), co stanowi 83,45% powierzchni wszystkich dachów.

Należy jednocześnie zaznaczyć, że być może nie wszystkie potencjalne obszary analizowanych połaci dachów będą mogły być wykorzystane pod adaptację zielenią, ze względu na parametry i stan istniejącej więźby dachowej, która nie zawsze przystosowana jest do przeniesienia dodatkowych obciążeń związanych z projektowanym dachem zielonym.

Na terenie całej dzielnicy Śródmieście-Centrum powierzchnia zieleni w stosunku do obszaru dzielnicy wynosi 5% (Studium uwarunkowań, 2022). Przyjmując proporcjonalnie tę wartość do analizowanego fragmentu dzielnicy, przekłada się to na wartość około 8035 m². Po wprowadzeniu zieleni na dachach budynków udział terenów zielonych w stosunku do istniejącego obszaru na analizowanym fragmencie miasta zwiększy się niemal siedmiokrotnie. Przyrost terenów zielonych w stosunku do całości analizowanego terenu może wynieść potencjalnie aż 34,44%.

Tab. 1. Charakterystyczne cechy dachów poddanych analizie.

Lp.	Rodzaj dachu	Kąt nachylenia połaci	Rodzaj pokrycia dachu	Rodzaj konstrukcji	Powierzchnia dachu spełniająca kryteria	Powierzchnia dachu nie spełniająca kryteriów
KWARTAŁ NR 1						
1	mansardowy	3°, 7°, 45°	papa, dachówka	lekka	548 m ²	364 m ²
2	pulpitowy	3°	papa	lekka	519 m ²	–
3	pulpitowy	3°	papa	lekka	611 m ²	–
4	mansardowy	2°, 7°, 45°	papa	lekka	589 m ²	34 m ²
5	mansardowy	7°, 45°	papa	lekka	344 m ²	17 m ²
6	mansardowy	7°, 45°	papa, dachówka, blacha	lekka	610 m ²	96 m ²
7	mansardowy	7°, 65°	papa	lekka,	417 m ²	73 m ²
8	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka, blacha	lekka	561 m ²	170 m ²
9	mansardowy	7°, 75°	papa, dachówka	lekka	418 m ²	110 m ²
10	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka	lekka	511 m ²	301 m ²
11	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka	lekka	588 m ²	22 m ²
12	mansardowy	3°, 7°, 45°	papa	lekka	729 m ²	–
13	mansardowy	7°, 45°	papa	lekka	344 m ²	17 m ²
				RAZEM	6789 m²	1204 m²
KWARTAŁ NR 2						
14	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	836 m ²	35 m ²
15	pulpitowy	3°	papa	lekka	295 m ²	–
16	pulpitowy	3°	papa	lekka	430 m ²	21 m ²
17	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	595 m ²	22 m ²
18	pulpitowy	3°	papa	lekka	586 m ²	22 m ²
19	pulpitowy	3°	papa	lekka	576 m ²	33 m ²
20	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka	lekka	367 m ²	34 m ²
21	pulpitowy	3°	papa	lekka	270 m ²	–
22	pulpitowy	3°	papa	lekka	268 m ²	–

Lp.	Rodzaj dachu	Kąt nachylenia połaci	Rodzaj pokrycia dachu	Rodzaj konstrukcji	Powierzchnia dachu spełniająca kryteria	Powierzchnia dachu nie spełniająca kryteriów
23	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	285 m ²	62 m ²
24	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	277 m ²	74 m ²
25	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	226 m ²	64 m ²
26	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	761 m ²	192 m ²
27	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	172 m ²	276 m ²
28	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	151 m ²	211m ²
29	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	152 m ²	212m ²
30	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	397 m ²	245 m ²
31	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	175 m ²	22 m ²
32	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka	lekka	783 m ²	600 m ²
33	pulpitowy	7°	papa, dachówka	lekka	605 m ²	110 m ²
34	pulpitowy	3°	papa	lekka	345 m ²	–
35	pulpitowy	3°	papa	lekka	305 m ²	–
36	pulpitowy	3°	papa	lekka	292 m ²	–
37	pulpitowy	3°	papa	lekka	288 m ²	–
38	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	1022 m ²	–
39	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	622 m ²	–
40	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	196 m ²	55 m ²
41	pulpitowy	3°	papa	lekka	224 m ²	–
42	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	189 m ²	57 m ²
43	pulpitowy	3°	papa	lekka	239 m ²	–
44	pulpitowy	3°	papa	lekka	307 m ²	–
				RAZEM	12 236 m²	2347 m²
KWARTAŁ NR 3						
45	mansardowy	7°, 75°	papa, dachówka	lekka	708 m ²	322 m ²
46	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	502 m ²	54 m ²
47	mansardowy	3°, 7°, 75°	papa, dachówka	lekka	674 m ²	182 m ²
48	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	880 m ²	–

Lp.	Rodzaj dachu	Kąt nachylenia połaci	Rodzaj pokrycia dachu	Rodzaj konstrukcji	Powierzchnia dachu spełniająca kryteria	Powierzchnia dachu nie spełniająca kryteriów
49	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	751 m ²	–
50	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	467 m ²	–
51	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	313,51 m ²	1331 m ²
51A	dwuspadowy	55°, 65°	dachówka	lekka	–	104,17 m ²
52	mansardowy	3°, 7°, 75°	papa, dachówka	lekka	672 m ²	82 m ²
53	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	695 m ²	120 m ²
54	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	515 m ²	170 m ²
55	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	451 m ²	375 m ²
56	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka, blacha	lekka	525 m ²	230 m ²
57	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	542 m ²	150 m ²
58	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	996 m ²	–
59	mansardowy	3°, 7°	Papa	lekka	725 m ²	–
60	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	752 m ²	–
61	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	548 m ²	–
				RAZEM	10 592 m²	3016 m²
KWARTAŁ NR 4						
62	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	1030 m ²	542 m ²
63	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	206 m ²	133 m ²
64	mansardowy	7°, 75°	papa, dachówka	lekka	542 m ²	176 m ²
65	pulpitowy	7°	papa	lekka	711 m ²	–
66	pulpitowy	7°	papa	lekka	646 m ²	–
67	pulpitowy	7°	papa	lekka	605 m ²	–
68	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	497 m ²	276 m ²
69	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	524 m ²	120 m ²
70	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	552 m ²	–
71	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	572 m ²	–
72	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	221 m ²	150 m ²

Lp.	Rodzaj dachu	Kąt nachylenia połaci	Rodzaj pokrycia dachu	Rodzaj konstrukcji	Powierzchnia dachu spełniająca kryteria	Powierzchnia dachu nie spełniająca kryteriów
73	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	235 m ²	–
74	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	242 m ²	64 m ²
75	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	374 m ²	111 m ²
76	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	215 m ²	70 m ²
77	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	276 m ²	45 m ²
78	mansardowy	3°, 75°	papa	lekka	395 m ²	–
79	pulpitowy	3°	papa	lekka	836 m ²	–
80	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	470 m ²	–
81	pulpitowy	3°	papa	lekka	275 m ²	–
82	dwuspadowy	3°	papa	lekka	235 m ²	–
83	pulpitowy	3°	papa	lekka	280 m ²	–
84	dwuspadowy	3°	papa	lekka	237 m ²	–
85	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	1012 m ²	–
				RAZEM	11 188 m²	1687 m²
KWARTAŁ NR 5						
86	pulpitowy	3°	papa	lekka	762 m ²	–
87	mansardowy	7°, 75°	papa, dachówka	lekka	427 m ²	176 m ²
88	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	529 m ²	128 m ²
89	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	851 m ²	191 m ²
90	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	211 m ²	97 m ²
91	mansardowy	3°, 75°	papa	lekka	172 m ²	96 m ²
92	mansardowy	3°, 75°	papa	lekka	245 m ²	61 m ²
93	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	904 m ²	242 m ²
94	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	907 m ²	116 m ²
95	pulpitowy	3°	papa	lekka	505 m ²	–
96	mansardowy	3°, 45°, 65°	papa, dachówka	lekka	182 m ²	225 m ²
97	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	506 m ²	311 m ²

Lp.	Rodzaj dachu	Kąt nachylenia połaci	Rodzaj pokrycia dachu	Rodzaj konstrukcji	Powierzchnia dachu spełniająca kryteria	Powierzchnia dachu nie spełniająca kryteriów
98	płaski	1°	papa	ciężka, żelbetowa	1114 m ²	–
99	pulpitowy	7°	papa	lekka	251 m ²	–
100	pulpitowy	7°	papa	lekka	300 m ²	–
101	mansardowy	7°, 65°	papa, dachówka	lekka	642 m ²	105 m ²
102	mansardowy	3°, 7°	papa	lekka	500 m ²	–
103	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	237 m ²	48 m ²
104	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	233 m ²	48 m ²
105	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	233 m ²	50 m ²
106	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	232 m ²	62 m ²
107	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	227 m ²	62 m ²
108	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	145 m ²	150 m ²
109	mansardowy	3°, 75°	papa, dachówka	lekka	188 m ²	66 m ²
110	dwuspadowy	3°, 7°	papa	lekka	337 m ²	–
111	mansardowy	3°, 65°	papa, dachówka	lekka	145 m ²	150 m ²
112	mansardowy	3°, 80°	papa, dachówka	lekka	188 m ²	66 m ²
113	dwuspadowy	7°	papa	lekka	221 m ²	–
114	płaski	1°	papa	ciężka, żelbetowa	574 m ²	–
115	mansardowy	3°, 7°, 65°	papa, dachówka	lekka	714 m ²	273 m ²
116	pulpitowy	3°	papa	lekka	266 m ²	–
117	pulpitowy	3°	papa	lekka	224 m ²	–
118	pulpitowy	3°	papa	lekka	532 m ²	–
119	pulpitowy	3°	papa	lekka	535 m ²	–
120	pulpitowy	7°	papa	lekka	307 m ²	–
				RAZEM	14 546 m²	2723 m²
				OGÓLEM	55 351 m²	10 977 m²

Źródło: opracowanie własne.

4. DYSKUSJA

Zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu (*The European Green Deal...*, 2024), kraje europejskie do 2050 zamierzają zredukować zanieczyszczenie powietrza i przywrócić równowagę ekologiczną obszarów zdegradowanych. Jest to szczególnie ważne w centrach miast, gdzie występuje wysoki wskaźnik zabudowy oraz niewielka ilość zieleni w przeliczeniu na mieszkańca. W przestrzeni silnie zurbanizowanej brakuje terenów zielonych, brak także możliwości nowych nasadzeń, co ograniczane jest przez silnie rozbudowany układ zabudowy i komunikacji. Wydzielenie nowych terenów biologicznie czynnych na dachach budynków staje się więc nie tylko możliwe, ale wręcz konieczne.

Przeprowadzone badania wykazały, że większość dachów budynków fragmentu dzielnicy poddanej analizie jest możliwa do zazielenienia. Na 121 obiektów tylko jeden z nich nie spełniał założonych kryteriów. Jak opisano w artykule, aby możliwa była adaptacja dachu pod zieloną infrastrukturę, musi on posiadać odpowiednią konstrukcję i kąt nachylenia. Powinien także spełniać zapisy planów miejscowych, które obejmują centra wszystkich większych miast europejskich.

Na analizowanym fragmencie miasta konstrukcja dachów większości budynków jest drewniana — na 191 budynków tylko 2 wykonane są w konstrukcji ciężkiej żelbetowej. Oznacza to, że w większości przypadków możliwa jest adaptacja powierzchni dachów budynków jedynie pod system dachu z roślinnością ekstensywną. Łączne obciążenie ciężarem własnym dachu większości analizowanych budynków mieści się (przy dachu lekkim) w przedziale 2–3 KN/m². Najbezpieczniejszym systemem dachu w uprawie ekstensywnej, który można zastosować na konstrukcji drewnianej, jest system rozwijanych mat rozchodnikowych z roślinnością sukulentową o płytkim systemie korzeniowym i niewielkich wymaganiach środowiskowych oraz pielęgnacyjnych, którego warstwa substratu wynosi około 3 cm, a waga rozpoczyna się od 40 kg/m² (średni ciężar obciążenia dachówką ceramiczną). Każdorazowo należy jednak poddać weryfikacji istniejący stan konstrukcji dachu i wykonać obliczenia statyczne potwierdzające możliwość przeniesienia obciążenia z systemów zielonego dachu.

Z inną sytuacją mamy do czynienia w przypadku dachu ekstensywnego z warstwą substratu miąższości gr. 8–10 cm, pozwalającym na zastosowanie bardziej zróżnicowanej roślinności z rozbudowanym systemem korzennym, który odpowiada także za retencję wód opadowych. W tym przypadku sam

ciężar substratu nasyconego wodą waha się w przedziale 120–250 kg/m² — w zależności od rodzaju roślinności i rodzaju systemu nawadniającego. Przeniesienie takiego obciążenia możliwe jest jedynie w przypadku wzmocnienia istniejącej drewnianej więźby dachowej, na przykład poprzez dodatkowe zagęszczenie wiązarów i stabilizację murłat. Należy wziąć pod uwagę, że tego typu działania nie zawsze są możliwe do realizacji, gdyż część poddaszy, których dachy mogłyby być wzmocnione, została już poddana adaptacji na lokale mieszkalne, a konstrukcja została zakryta. Istnieje jednak wiele poddaszy nieużytkowych, wykorzystywanych jako strychy przez mieszkańców, gdzie tego typu rozwiązania są możliwe do realizacji.

W większości przypadków nie ma możliwości zastosowania zielonych dachów w systemie intensywnym, których waga rozpoczyna się od 300 kg/m². Na analizowanym terenie znajdują się jedynie 2 obiekty (spośród 191), które zostały wybudowane po 2000 roku jako plomby uzupełniające zabudowę kwartałów, gdzie dach został wykonany w systemie stropodachu żelbetowego i możliwe jest wykonanie dachu w systemie intensywnym na częściach stropodachu.

Kolejnym czynnikiem wpływającym na możliwość zazielenienia dachów jest kąt nachylenia. Jak zostało już wcześniej wykazane, po przekroczeniu 15 stopni instalacja dachu zielonego staje się coraz bardziej kłopotliwa i mniej ekonomiczna, gdyż istnieje ryzyko wypłukiwania substratu wodą i osuwania się roślinności. Po przekroczeniu 45 stopni w ogóle nie stosuje się zazielenienia dachów. W przypadku analizowanego terenu większość budynków ma dachy typu mansardowego (69,42%). Oznacza to, że dach jest łamany i składa się z dwóch osobnych dachów o różnym kącie nachylenia, z których jeden jest połącią o niewielkim kącie nachylenia (do 7 stopni), odpowiednim pod adaptację zielenią, drugi natomiast ma wysoki spadek — powyżej 45 stopni, gdzie nie jest możliwe wykonanie zielonego dachu (alternatywnie można wykorzystać zmodyfikowaną technologię dla żyjących ścian).

Na możliwość zazielenienia dachów analizowanego obszaru wpływ ma także objęcie tego terenu miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego Centrum-Plac Odrodzenia 3 (Uchwała Nr XIV/488/20..., 2020), który nakłada rygorystyczne podejście na temat kompozycji, form dachów i materiału wykończeniowego. Na całym terenie ustalono strefę ochrony konserwatorskiej historycznej struktury przestrzennej. Ochronie konserwatorskiej podlegają wszystkie frontony budynków. Każda ingerencja dotycząca zmiany

parametrów kubaturowych, kolorystyki bądź zmiany struktury materiałowej jest przeprowadzana w porozumieniu z konserwatorem zabytków. Oznacza to, że dachy frontonów widoczne z poziomu człowieka od strony ciągów komunikacyjnych i oficyn najczęściej nie mogą zmienić swej pierwotnej struktury i zostać pokryte zielenią.

Należy też rozważyć powiększenie terenów zieleni z punktu widzenia ekologii. Stworzenie dodatkowych terenów zielonych w mieście jest szczególnie ważne w kontekście przeciwdziałania negatywnym skutkom zmian klimatu, w szczególności miejskiej wyspy ciepła (Klimowicz, 2020). Szacuje się, że zwiększenie pokrycia zielenią o 10% w obszarach miejskich może obniżyć temperaturę nawet o 1–2 stopnie Celsjusza (U.S. Environmental Protection Agency). W przypadku analizowanego terenu potencjalny przyrost o 34,44% powierzchni biologicznie czynnych może mieć wpływ na obniżenie temperatury i złagodzenie negatywnych skutków występowania miejskiej wyspy ciepła.

Wzrost terenów zieleni stanowić będzie także element korytarzy ekologicznych umożliwiających łączenie obszarów siedlisk, a także migrację roślin i zwierząt, co przyczyni się do wzrostu bioróżnorodności w mieście (Zaręba, Próchnicka, 2015).

5. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że w przestrzeni silnie zurbanizowanej istnieje duży potencjał dachów, które można zaadaptować i wykorzystać pod tereny biologicznie czynne.

Można wysunąć wniosek, że większość centrów polskich i europejskich miast ma podobną strukturę, charakteryzującą się wysokim wskaźnikiem intensywności zabudowy, niewielką liczbą terenów zielonych w przeliczeniu na mieszkańca oraz konstrukcją dachów wspólną dla dziewiętnastowiecznej zabudowy. Na terenie większości centrów miast obowiązują plany miejscowe chroniące strukturę przestrzenną zabudowy. Przeprowadzone badania wskazują, że zaproponowane w artykule rozwiązania rewitalizacyjne, polegające na wprowadzaniu zieleni w przestrzeń dachów, mogą być stosowane w wielu miastach polskich i europejskich na szerszą skalę.

REFERENCES

Bąk, J., Królikowska, J. (2016), 'Zielone dachy w Polsce jako element zielono-błękitnej infrastruktury' [in:] *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, Inżynieria na Rzecz Ochrony Środowiska*, Dymaczewski, Z. et al. (eds.), Poznań: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski, pp. 19–31.

- Błaszczyński, T. (2014), *Dachy. Podstawy projektowania i wykonawstwa*, Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Cervantes-Nájera, A.L. et al. (2024), 'Green Roof Systems within the Framework of a Circular Economy: A Scoping Review', *Recycling*, 9(4), 69. Available at: <https://doi.org/10.3390/recycling9040069> (accessed: 12.04.2024).
- Colding, J., Gren, Å., Barthel, S. (2020), 'The incremental demise of urban green spaces', *Land*, 9(5), 162. Available at: <https://doi.org/10.3390/land9050162> (accessed: 15.10.2025).
- Dane o województwie zachodniopomorskim (2023). Available at: <https://szczecin.stat.gov.pl/szczecin> (accessed: 5.01.2024).
- Doe, B. et al. (2025), 'Understanding the gnawing threat of encroachment of urban green spaces in Ghana's growing urban fabric', *Discover Cities*, 2(1), 26. Available at: <https://doi.org/10.1007/s44327-025-00071-5> (accessed: 15.10.2025).
- Drozd, W. (2015), 'Dachy zielone rozwiązaniem dla obiektów budowlanych', *Przegląd budowlany*, 4, pp. 14–21. Available at: <https://przegladbudowlany.pl> (accessed: 21.03.2024).
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii, <https://www.geoport.gov.pl/> (accessed: 20.03.2024).
- Główny Urząd Statystyczny (2023), *Analizy statyczne*, Warszawa.
- Google Earth, <https://www.google.pl/intl/pl/earth> (accessed: 20.03.2024).
- hig.diva-portal.org+10MDPI+10stockholmresilience.org.
- Kania, A. et al. (2013), *Zasady projektowania i wykonania zielonych dachów i żyjących ścian. Poradnik dla gmin, Kraków: Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”*, pp. 15–16, 101–106.
- Klimowicz, J. (2020), 'Problem przegrzewania miast XXI wieku (MWC) a zieleń miejska' / 'The problem of the overheating of twenty-first century cities (UHI) versus greenery', *Środowisko mieszkaniowe*, 32, pp. 50–57. Available at: <http://dx.doi.org/10.4467/25438700SM.20.026.12890> (accessed: 15.10.2025).
- Kozycz, Z. (2023), 'Rozwój trendu green city w polskich miastach' / 'Development of the Green City Trend in Polish Cities', *Debiuty Studenckie*, pp. 59–71. Available at: <https://doi.org/10.15611/2023.85.5.05> (accessed: 15.10.2025).
- Kożuchowski, P. (2015), 'Osuwanie się podłoża i roślinności na dachu zielonym', *Inżynier budownictwa*. Available at: <https://inzynierbudownictwa.pl/osuwanie-sie-podloza-i-roslinnosci-na-dachu-zielonym> (accessed: 24.04.2024).
- Majdecki, L. (2008), *Historia ogrodów. Od Starożytności po Barok*, 3rd edition, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Mądry, T., Słysz, K. (2011), 'Powierzchnie biologicznie czynne w planowaniu przestrzennym miast', *Problemy Rozwoju Miast*, 3–4.
- Mihalakakou, G. et al. (2023), 'Green roofs as a nature-based solution for improving urban sustainability: Progress and perspectives', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 180. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113306> (accessed: 20.2024).

- Opinia nr ZR 189 Zespołu Rzecznawców przy Radzie Małopolskiej Okręgowej Izby Architektów RP (2021). Available at: <https://www.mpoia.pl/index.php/dzialalnosc/zespol-rzecznawcow?view=article&id=1778&catid=39> (accessed: 12.05.2024).
- Pawłowicz, J. (2019), 'Green roofs as a friendly solution for the environment and people in urban areas', *Construction of Optimized Energy Potential*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.17512/bozpe.2019.2.11> (accessed: 3.01.2024).
- Polska Telewizja Internetowa, <https://szczecinzdrona.tv-polska.eu/film/400168-dzielnice-szczecina-z-drona-centrum> (accessed: 10.03.2024).
- Rae, A. (2018), *Europe's most densely populated square kilometres – mapped*. Available at: <https://www.theguardian.com/cities/gallery/2018/mar/22/most-densely-populated-square-kilometres-europe-mapped> (accessed: 22.03.2024).
- Ratajczak, E. (2011), 'Dach zielony spadzisty', *Dachy Materiały, Konstrukcje, Technologie*. Available at: <https://dachy.info.pl/technika/dach-zielony-spadzisty> (accessed: 15.10.2025).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury (2023), Ustawa o planowaniu przestrzennym.
- Saqib, A., Khan, M.S.U., Rana, I.A. (2024), 'Bridging nature and urbanity through green roof resilience framework (GRF): A thematic review', *Nature Based Solutions*, 6, 100182. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100182> (accessed: 15.10.2025).
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Szczecin. Tom III – karty osiedli i jednostki planistyczne (2022). Available at: https://bip.um.szczecin.pl/UMSzczecinFiles/file/S_C_Centrum.pdf (accessed: 5.01.2024).
- Tan, T. et al. (2023), 'Carbon dioxide reduction from green roofs: A comprehensive review of processes, factors, and quantitative methods', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182, 113412. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113412> (accessed: 15.10.2025).
- The European Green Deal. A growth strategy that protect the climate* (2024). Available at: <https://ec.europa.eu/stories/european-green-deal> (accessed: 15.10.2025).
- Uchwała Nr XIV/488/20 Rady Miasta Szczecin z dnia 28 stycznia 2020 r. w sprawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego „Centrum-Plac Odrodzenia 3” w Szczecinie (2020). Available at: https://e-dziennik.szczecin.uw.gov.pl/WDU_Z/2020/1267/akt.pdf (accessed: 22.03.2024).
- Uchwała w sprawie zasad i trybu udzielania dotacji celowej na zadania służące tworzeniu zewnętrznych ogrodów wertykalnych i zielonych dachów na terenie Poznania (2023). Available at: <https://bip.poznan.pl/bip/uchwaly/uchwala-nr-c-1967-viii-2024-z-dnia-2024-04-16,93548/> (accessed: 17.10.2025).
- Urban Green Space Report 2024* (2024). Available at: <https://www.husqvarnagroup.com/sites/husqvarna/files/pr/202411115494-2.pdf> (accessed: 15.10.2025).
- U.S. Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov> (accessed: 1.07.2025).
- Weiler, S.K., Scholz-Barth, K. (2009), *Greene Roof Systems*, 2nd edition, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Wolański, P. (2015), 'Dachy zielone i ich wpływ na jakość życia mieszkańców miast', *Materiały Budowlane*, 6. Available at: <https://doi.org/10.15199/33.2015.06.06> (accessed: 5.05.2024).
- Wolański, P. Wolańska, K. (2022), 'Samorządowe wsparcie powstawania dachów zielonych', *Nowoczesne hale*, 3, pp. 34–37.
- Zaręba, A., Próchnicka, P. (2015), 'Korytarze ekologiczne a prawo i polityka ekologiczna. Korytarz ekologiczny Doliny Odry jako podstawowy element systemu przyrodniczego Wrocławia', *Gospodarka w praktyce i teorii*, (40), pp. 93–109. Available at: <https://doi.org/10.18778/1429-3730.40.06> (accessed: 17.10.2025).
- Zarządzenie nr 1520/2024 Prezydenta Miasta Stołecznego Warszawy z 9 września 2024 r. w sprawie wprowadzenia Warszawskiego Standardu Zielonego Budynku (2024).