

URBAN DESIGN AND SPATIAL PLANNING

**URBANISTYKA
I PLANOWANIE
PRZESTRZENNE**

PAWEŁ SZUMIGAŁA

DSc PhD Eng. Arch.

Poznań University of Life Sciences
Department of Green Areas and Landscape Architecture
e-mail: pawel.szumigala@up.poznan.pl
ORCID: orcid.org/0000-0001-8069-787X**KAROLINA SZUMIGAŁA**

M. Eng. Arch.

Poznań University of Life Sciences
Department of Green Areas and Landscape Architecture
e-mail: karolina.szumigala@gmail.com
ORCID: orcid.org/0000-0003-1935-7491

LANDSCAPE PROTECTION AROUND THE POBIEDZISKA SOLAR PARK

OCHRONA KRAJOBRAZU WOKÓŁ INWESTYCJI — PARK SŁONECZNY POBIEDZISKA

ABSTRACT

The construction of large solar parks requires dedicated landscaping methods. Solar parks — colloquially called photovoltaic farms or solar power plants — require landscape conservation measures to be implemented in the areas adjacent to these projects. This is an extremely important issue for sustainable development and the protection of cultural assets and identities, including the rural landscape. The aim of this work is to present the possibilities of landscape protection using the example of the planned solar park in the municipality of Pobiedziska in the Greater Poland Voivodeship. The studies use case studies, qualitative and quantitative analyses and *in situ* tests. The studies covered the planned investment area of 160 ha and the adjacent areas. The project proposals for landscape protection applied in this case — ‘green protection walls’ — were presented. The measures presented make it possible to preserve open-air landscapes in agricultural and rural areas from the point of view of sustainable development and the protection of cultural assets, and their formula, adapted to the landscape, can be applied to a large extent and can be dedicated to the local conditions in rural areas.

Keywords: solar power plant, landscape management, agricultural landscape, rural landscape, green screens

STRESZCZENIE

Budowa dużych parków słonecznych wywołuje potrzebę zastosowania adekwatnych metod ochrony krajobrazu. Parki słoneczne — potocznie zwane farmami fotowoltaicznymi lub elektrowniami słonecznymi — wymagają działań w zakresie ochrony krajobrazu na terenach sąsiadujących z tymi inwestycjami. Jest to niezwykle istotne zagadnienie w aspekcie zrównoważonego rozwoju oraz ochrony dóbr kultury i tożsamości, do których należy również krajobraz wiejski. Celem pracy jest zaprezentowanie sposobów ochrony krajobrazu na przykładzie projektowanego Parku Słonecznego Pobiedziska w województwie wielkopolskim. W badaniach zastosowano studium przypadku, analizę jakościową i ilościową oraz badanie *in situ*. Objęto nimi obszar planowanej inwestycji — 160 ha — oraz tereny przyległe. W artykule zaprezentowano zastosowane w tym przypadku propozycje projektowe ochrony krajobrazu — „zielone parawany”. Opisana formuła może być szeroko stosowana i adaptowana do warunków lokalnych na terenach wiejskich.

Słowa kluczowe: elektrownia słoneczna, ochrona krajobrazu, krajobraz rolniczy, krajobraz terenów wiejskich, zielone parawany

1. INTRODUCTION

The construction of large solar parks — called photovoltaic farms or solar power plants — requires landscape protection measures in adjacent areas, which is important not only for sustainable development, but also for the protection of cultural goods and identity. This text presents a case study in relation to the area in Polish, which is the Pobiedziska Solar Park (PSP). The study has a practical dimension and the example discussed has been compared with other projects of this type. The literature review identifies the main trends of research in the field of visual protection of the landscape and environmental protection in the context of the implementation of photovoltaic (FV) farms.

Literature review

The dynamic development of large-scale solar energy projects is affecting the landscape across large areas and requires new technologies (Łuczak and Gawlik, 2020; Jäger-Waldau, 2007; Moe, 2012; Montoya, Aguilera and Manzano-Agugliaro, 2014). Solar power plants convert the energy of solar radiation into usable energy: heat and/or electricity — and are among the most environmentally friendly renewable energy sources (Wiąckowski and Wiąckowska, 1999; Tryjanowski and Łuczak 2013). In Poland, we also see a significant increase in the number of solar power plants and an increase in installed power capacity (Musiakiewicz et al., 2014; Hektus and Kalbarczyk, 2015). Photovoltaic farms are mostly located in large areas in the open and rural landscape, which is not without impact on their state (Tsoutsos, Fratzeska and Gekas, 2005; Dobrzańska, Dobrzański and Kiełczewski, 2012; Armstrong et al., 2013). Landscape management in this area is therefore a part of the sustainable development and protection of cultural assets, including the rural and agricultural landscape. Due to the structural characteristics and considerable size of photovoltaic systems (Biesiada, 2015), dedicated methods and procedures for landscape protection are required.

The literature includes studies on the impact of different types of solar systems on the landscape and that develop analytical methods and site capacities for photovoltaic parks (Carullo et al., 2013). In these studies, this effect was divided into four types (Kalbarczyk, 2016): integrated, harmonic, disharmonic and dominant. The terms dominant landscape element (Walczak, 2007), integration (Coonen, 2001; Strong, 2005; Norton et al., 2011; Peng, Huang and Wu, 2011; Siebert, 2012), harmony and disharmony (Mazurski, 2012) are used to define the effects.

The proportion of environmental protection works on site and the (positive and negative) effects of photovoltaic parks on flora and fauna is high (Davis, 2020; Courage, 2021). We find numerous studies on agro-photovoltaics in which the combination of solar panels and food and livestock farming on the same land unit is discussed to maximize land use (Dupraz et al., 2011; Dinesh and Pearce, 2016; Young, 2018; Allen, 2020; Lytle et al., 2021; Simon, 2021; Haastert, 2022), floating plants that have a positive impact on the state of the water (Sfera proyecto ambiental, 2021; Kwinta, 2020), the recycling of land on sites of photovoltaic installations (Morley, 2012), and the replacement of wild plants with native species in such areas (Semeraro et al., 2022).

However, there is a lack of studies on visual landscape protection in the vicinity of solar parks and in particular in outdoor, agricultural and rural areas. In this context, publications that present two types of measures predominate: those aimed at the ‘assimilation’ of photovoltaic farms into the surrounding countryside, and those that take a different approach, namely the ‘deliberate exposure’ of photovoltaic installations in the countryside. In the latter case, we are dealing with the construction of a visual sphere in the context of a park or a solar system.

The first step in this area is the concealment of photovoltaic systems in the countryside through the use of curtains of tall and medium-height greenery — trees and shrubs, which also serve as wind barriers for the farms and will serve as a continuation of the roadside planting in urban areas (Moir Landscape Architecture, 2010; Finger, 2016; Barnett, 2021; Nordberg, Caley and Schwarzkopf, 2021; Sol Voltaics, 2022). The term used here is a peripheral landscape buffer that surrounds fences on both sides, excluding access points. The buffer zone should be at least 25 ft wide (i.e., approximately 762 cm) and planted with a variety of vegetation to provide a year-round visual buffer (Richland Township, 2021). Traffic routes are used along with intensive roadside vegetation to conceal the plant (Coffey, 2019). A method of high cover with perennial vegetation with minimal maintenance and the planning with permeable space between the rows of solar collectors was also described (Yavari et al., 2022). The construction of walls planted with trees and shrubs outside a plant (Community & Environmental Defense Services, 2022) is also used to hide large logistics facilities (Szumigała and Urbański, 2017). These studies show that a combination of dikes and embankments with fast-growing trees provides effective visual protection, provided that 8 ft (i.e., approximately 244 cm) are planted on the

embankments in close spacing and with minimal maintenance. Another method is the construction of artificial walls and fences made of materials that correspond in structure, material, shape and colour to the environment, or serve as supports for decorative, fragrant and evergreen climbing plants. The use of wasteland and uncovered sites under photovoltaic elements — particularly important in urban areas (Smith, 2018; Gawryluk, Krawczyk and Rodero, 2022) and optimization of the location of such installations in cities (Zhu et al., 2022). Indirect methods that partially reduce the exposure or weaken the effect of the glare of the solar rays from the panels by placing a series of photovoltaic modules in an easterly direction were also discussed. Particularly positive effects are obtained when we place such a photovoltaic farm on slightly undulating terrain (Moir Landscape Architecture, 2010).

The second current opts for exposing photovoltaic structures, and the panel is used as an artistic element in addition to its main function of converting

solar energy into electrical energy — a visual form. In Piteå, Sweden, Solvåg carried out a parametric project consisting of 117 double-sided solar panels mounted on wooden stands in a spiral. It is considered the country's first large-scale approach to a solar panel park that is both productive and artistic (Törnroth, Nilsson and Luciani, 2022). Solar Strand, University of Buffalo, USA — integrates social relations and public space into its programme. Instead of hiding the power generation, the Solar Strand Project is located at the gates of the campus and invites students and lecturers to take a walk through the photovoltaic field (Whiticar, 2022).

Tables 1 and 2 present methods of visual protection and building a visual zone of solar parks and presents an analysis the stages of implementation of solar parks in the conditions of Polish law in the aspect of visual protection requirements of the landscape. Table 3 provides an overview of selected examples of completed power plants in Poland and in the world in the context of their impact on the landscape.

Landscape protection methods	Measures applied	Requirements/Functions
Concealing photovoltaic panels/farms in the landscape	Planting tall and medium-height greenery (trees and shrubs) is carried out around the plant to create a so-called peripheral landscape buffer.	Plantings are situated within the boundaries of the FV site or outside the site, then a larger area or the lending of an external area for the purpose of planting with high and medium-height greenery is required.
	Planting tall and medium-height greenery (trees and shrubs) is carried out around photovoltaic installations and between panel rows.	A larger plant area is required and larger spacing between rows of panels.
	Green ecological corridors along plant fences.	The use of existing ecological corridors or the implementation of new ones is used — then a larger area or the lending of an external area for the implementation of green ecological corridors is required.
	Artificial fences around a plant are used — dedicated especially to urbanized areas (cities), they can be a decorative element, made of materials of architectural value and influence light and shadow; matched with structures, colour and material to the environment or as structures for growing climbing and ornamental greenery.	
	Earth embankments, either with or without trees and shrubs.	A larger plant area is required for the implementation of the shafts, along with significant amounts of aggregate — soil.
	Dedicated rows of photovoltaic panels in the east-west direction reduce the perception of panels in the open.	A farm is sited in slightly undulating areas to better conceal and obstruct the perception of panels in the open.
	Wastelands and unexposed places are used as plant sites.	This is particularly important in urban areas.

Landscape protection methods	Measures applied	Requirements/Functions
Highlighting photovoltaic panels/farms in the landscape	Implemented in the form of farms and engineering installations using other materials, e.g., wood or concrete.	They are an attractive visual/spatial element in the open landscape and in urbanized areas.
	Implementation in the form of a technical installation — which is part of an exhibition of technological solutions.	The panels fulfil an educational role.
	Implementation as a technical installation adapted to perform both the function of energy production and a canopy for crops, farm animals or recreational areas.	They are formed as canopies that shade pedestrian and cycling routes, rest areas and wheeled roads.
	In new proposals, panels are used as protection of roads, especially those for high-speed traffic and for shading watercourses.	They shade and protect roads against snowing and prevent watercourses from excessive evaporation and overheating (Switzerland, California).

Tab. 1. A summary of the methods of visual protection and construction of the visual landscape in the neighbourhood of solar parks. By the authors, 2022.

Stage	Work scope	Site and design requirements	Formal requirements	Impact on the landscape
1	Preliminary analysis of the project and obtaining technical information on utility grid connections, site selection	Either flat areas or those with a south incline are recommended. Profitability is achieved with a capacity of 1 MW on an area of at least 2 ha. Plant siting is allowed only on arable land of class IV and lower and on uncultivated land.	An environmental permit and consent to utility grid connections from their respective operators. An environmental permit sets out the conditions for environmental protection, but not necessarily the conditions for landscape protection.	An environmental decision sets out the conditions for environmental protection, but not necessarily the conditions for landscape protection.
2	Preparation of a photovoltaic farm design	The design must comply with the local spatial development plan (MPZP) or with a previously obtained planning permit and utility grid connection condition documents.	Obtaining a construction permit.	At this stage, there are conditions in the field of landscape protection for projects — if they have been saved in the MPZP or in a planning permit.
3	Preparation of an execution design		Approving the design with department of connections, measurements and automation of the relevant power plant.	
4	Commencement of the construction of the photovoltaic farm		It is required to notify the Distribution System Operator of the plant's readiness to be connected to the grid.	

Stage	Work scope	Site and design requirements	Formal requirements	Impact on the landscape
5	Final work and approval (JPT, 2021)		Authorization for grid connection — participation in a renewable energy auction or signature of a PPA.	
The cost of constructing a photovoltaic park with a capacity of 1 MW can range between PLN 3.5 and 3.9 million (data for December 2021).				

Tab. 2. Stages of the design and construction of a solar park. By the authors, 2022.

Name/place of location	Parameters/circumstances	Impact on the landscape / landscape-enhancing activities
Examples from Poland		
Solar power plant in Janiszewo (JPT, 2021)	It is the largest solar power plant in Poland (as of September 2022). The 70 MWp farm consists of 155,554 photovoltaic modules with a capacity of 455 Wp each and covers an area of about 100 ha. Previously, the Adamów Mine for open-pit lignite mining was located here. The miners who worked here have been retrained and carry out renewable energy projects.	The landscape protection activities here mainly concern the use of post-mining land, but no visual barriers were used for the power plant site in this case.
Solar power plant in Gdańsk (Cymanowska, 2015)	The photovoltaic farm is located on the border of Gdańsk and Przejazdowo. It was built from 6292 panels with a total output of 1.636 MWp. According to initial estimates, the plant will produce around 1.5 GWh of electricity per year, which will meet the needs of about 720 average households. The investment cost was almost PLN 9.5 million and the construction work lasted two months. The panels of the power plant were installed on an area of about 2.5 ha, which is larger than the three full-size football pitches.	The special feature of this power plant is its design. The photovoltaic modules were only installed in five lanes, which considerably reduces the visual interference in the landscape when exposed from the shorter side. Longitudinal exposure requires masking measures, which are not used.
Solar power plant in Cieszanów	The power plant is a complex of five photovoltaic farms with a total output of almost 5 MWp, covering an area of about 10 ha. All of these projects are located in the Podlaskie Voivodeship, in the municipalities of Lipsk, Jedwabne, Kolno and Zambrów. Three photovoltaic parks with a total output of 2.8 MWp were commissioned in 2014 and two more were commissioned a year later. Farms placed in the open countryside — Kolno, Jedwabne, Lipsk, Zambrów and in the neighbourhood of the building areas — Cieszanów.	This power plant consists of a group of five smaller photovoltaic farms with a correspondingly lower impact on the landscape. No additional protection measures for visual landscape protection were introduced for these farms.
Solar power plant in Czernikowo ('Czernikowo', 2022)	The output of the plant is estimated at 3500 MWh, which will be sufficient to cover the needs of about 1600 households. The plant consists of almost 16,000 panels — each with an output of 240 W, covering an area of approximately 7.7 ha. The farm is located near the road to Czernikowo and in the immediate vicinity of the construction area.	Only on the side of the road there are existing trees, but they do not serve as a sufficient visual barrier. No other solutions were used for the visual protection of the landscape.

Name/place of location	Parameters/circumstances	Impact on the landscape / landscape-enhancing activities
Solar power plant in Ostrzeszów	The power plant covers an area of 3.3 ha, and the total area of the photovoltaic modules is 11,115 m ² . About 8 thousand of them were used in the plant. The output of each module is 250 kWp — 2000 MWh a year.	The farm is located on a trapezoid plan near industrial plants, which provides visibility protection on both sides. The next side has a curtain in the form of a forest complex. Only the fourth border, which is adjacent to a single-family housing area, has no visual barriers.
Solar power plant in Gubin	The power plant was built in the Lubusz Voivodeship in 2014. The capacity of the photovoltaic power plant is 1.5 MW and will cover part of the energy needs of the local wastewater treatment plant. The power plant has a rectangular layout and is located in an open agricultural landscape.	No optical protection solutions were used for the object in the landscape.
Examples from around the world		
Solar power plant in Melanesia — New Caledonia (Januszek, 2018; Kwinta, 2020)	Conergy planned to build a heart-shaped photovoltaic farm. The plant is to be built on the island of New Caledonia in the Western Pacific, Melanesia. Around 750 households are supplied with energy.	The shape is inspired by a nearby tourist attraction, a heart shape spontaneously formed by mangroves (Heart of Voh).
Solar power plant in China — Datang	Panda Power Plant is a 50 MW plant built in 2017 in Datang, China, under the auspices of the national authorities and the United Nations Development Programme for the Promotion of Renewable Energy. It is expected to increase its potential to 100 MW and provide up to 3.2 billion kWh of green energy over a period of twenty-five years. Energy production from the operation of this plant will conserve 1056 million tonnes of coal and reduce CO ₂ emissions by 2.74 million tonnes.	A picture of pandas was formed on the plan of the farm. The black elements of the pandas consist of monocrystalline silicon cells and the grey ones of thin-film cells.
Solar power plant in the USA — Florida	The 5 MW power plant was built at the Walt Disney World Resort in Orlando, Florida. In collaboration with the Reedy Creek Improvement District (RCID), Duke Energy installed 48,000 solar panels. The photovoltaic farm is located on an area of 85 km ² near Epcot. Electricity from this photovoltaic system powers the Walt Disney World Resort, the Four Seasons Resort and other hotel complexes along Hotel Plaza Boulevard.	The plates were arranged in a project on the shape of the head one of the most famous American cartoon characters: Mickey Mouse.
Solar power plant in Spain — Sanlúcar la Mayor	The Planta Solar 10 power plant in Sanlúcar la Mayor was built in 2007. This is the first photovoltaic park to be built with tower technology. It has an output of 11 MW; was built from 624 heliostats. According to the principles of its operation, solar radiation falls on the receiver in the upper part of the tower, whereupon the heat transferred in this way generates steam, and the steam turbine running on this steam supplies electricity to the generator. Two years later, in 2009, a second photovoltaic park, Planta Solar 20, was commissioned at the same location. With a capacity of 48 MW per year, it can supply up to 10,000 households.	The tower power plant forms a strong vertical accent in the landscape.

Name/place of location	Parameters/circumstances	Impact on the landscape / landscape-enhancing activities
Solar power plant in China — Huainan	The world's largest floating solar park was built in Huainan — the panels were installed on an artificial lake. The 40 MW farm was built by Sungrow Power Supply. The artificial lake on which the plant was installed was created by the flooding of areas from which coal had previously been mined.	Floating solar park (island) on an artificial reservoir.

Tab. 3. Overview of examples of solar power plants. By the authors, 2022.

An analysis of the Polish examples showed that the planned Pobiedziska Solar Park (PSP) is one of the largest solar power plants in Poland in terms of area (160 ha) and power output (150 MW) and that there is no visual landscape protection in Poland in the area of photovoltaic farms.

Looking at examples from around the world shows a different approach to the design of photovoltaic farms: they can be expressed artistically (New Caledonia, Panda Power Plant, Orlando within the Walt Disney World Resort), they can be included in the environmental conditions — mangroves (New Caledonia). Photovoltaic power plants are given a new shape — such as a tower farm (Sanlúcar la Mayor) and a floating island on an artificial lake (Huainan, China).

Objective of the work

The aim of this work is to present sample measures dedicated to landscape conservation in connection with the construction of solar parks in open and rural areas. This issue is crucial in view of increasing energy demand, sustainable development and the protection of cultural assets and identities, including the rural landscape.

Methods

An analytical method was used — a case study for a planned solar park in the context of an open and rural landscape and an in-situ study. The planned landscape elements were examined in the form of 'green screens' in connection with the project — the solar park and the surrounding countryside. Using qualitative methods, a comparative analysis was carried out at the level of the shape, composition and species composition of screens. For the development of the proposal of use of the PSP, in situ surveys were carried out in 2020 and a photographic documentation was created on this basis. Using the example of the circular road that runs through the area of the solar park Pobiedziska, a photo of the existing condition

and a visualization of the planned 'green screens' (ill. 2, 5) were presented.

Application

The studies covered the area of the planned Pobiedziska Solar Park in the Poznań County, in the municipality of Pobiedziska with an area of more than 160 ha, as well as the area adjacent to the park in a strip around the park boundaries with a width of approximately 200–500 m. Landscape-spatial aspects of the project were investigated. The intervisual relations, the view connections and the view exhibition of the planned investment in the open and rural landscape in the survey areas of Kowalskie and Pruszewiec were analysed. The economic aspects of the Pobiedziska solar park were not analysed.

2. LANDSCAPE AND SPATIAL CONDITIONS OF THE SOLAR PARK IN THE MUNICIPALITY OF POBIEDZISKA

The installation of a solar park in the municipality of Pobiedziska is planned on 13 cadastral plots, on class IV, V and VI arable land in the area of the villages: Kołata, Kołatka and Kowalskie. The planned capacity of the power plant is 150 MW. The project site has been planned in the form of several separate areas, which are separated by field roads, municipal roads, county road no. 2487P, and watercourses. The project is of a surface nature, in the form of a photovoltaic installation set on the ground. The height of the highest point of the installation oscillates between 3.5 m and approximately 5 m above ground level. The outer active surface of the photovoltaic panels is to be made of a matte coating that reduces the reflection of sunlight. The colours of the panels are planned in dark blue or black, in the perception of colours — the shade of the outer surface of the panels will change depending on the angle of incidence of sunlight. The structure supporting the panel

sets is planned in shades of grey and silver. The area of the solar park will be fenced (*Park Słoneczny Pobiedziska*, 2021).

3. IMPACT OF THE PROJECT ON THE LANDSCAPE IN TERMS OF VISUAL EXPOSURE

The planned installation, due to the significant area and height of up to 5 m above the ground, will be an element that stands out in the open agricultural landscape, especially in terms of having a different colour from the ‘green environment’, a different material and a dominant horizontal form of significant size in relation to the elements and forms occurring in the surrounding landscape. Unlike vertical installations of wind farms and power line poles, the impact of a solar park in this area on the landscape is slightly smaller. For this reason, it is easier to ‘mask’ such an installation in the field so that it has a less negative impact on the surrounding landscape. In the case of a solar park, there is another environmental aspect, namely the temporary loss of the possibility of cultivating land for the period of operation of the park, which is planned for a period of about twenty-five years. After dismantling the installation of the park, it will still be possible to cultivate crops at the site.

4. RESULTS

For the purposes of the study, an inventory of the exposure of the investment area from selected viewing places (ill. 1 and 2 A, B) was made. The research was carried out in autumn, when trees and shrubs were in a partially leafless state, which made it possible to determine with greater accuracy to what extent corrective actions should be taken in the landscape.

The research and field analysis of views in the area of the planned project showed the following:

- a) Due to the planned maximum installation height of 3.5–5.0 m above ground level and variable perspective lengths 200–1000 m and angles of visibility (exposure) of the installation in the range of up to 180° in the field, obscuring elements maintained in the scale of natural elements occurring in the park surroundings should be used.
- b) Due to the location of the project in the area of an open, agricultural landscape and
- c) countryside, concealing elements should be used in the form of natural elements that fit into the surrounding landscape.
- d) Concealing elements in the form of ‘green screens’ must reference the natural forms of the environ-

ment with their species structure, compositional structure, form and scale. They should be linear, patch and mixed systems with irregular structure and continuity as well as a species composition characteristic of the Greater Poland region or species already adapted and introduced in this area.

- e) Landscape protection activities in the field of scenic exposure to the area of the planned solar park should be focused mainly on correcting the visual exposure by obscuring the park installation in the most exposed places and in places with significant exposure sizes. This applies especially to views from rural areas and areas of public space. In this case, the public space (according to the regulations) is a county road.
- f) For landscape reasons, two actions in space are indicated: moving the location of the installation away from built-up areas to a distance of approximately 200 m and locally by a greater distance, which will reduce the perception of the installation’s elements in the landscape, and apertures — ‘green screens’ with a width of the planting belt in the screen of approx. 5–10 m, composed of various species of shrubs and locally small trees, with different habit, colour, structure of canopies and shrub forms and with different growing seasons (flowering, foliage, discoloration and loss of leaves).
- g) The most beneficial for geometrical and optical reasons of the principles of perception and the rules of obscuring the view is the location of ‘green screens’ on the outer side along the fence of the park.
- h) The distribution of plantings and the species composition of the screens should result from habitat conditions for species and varieties used in screening.
- i) The general rule of plantings in strips should be the alternating location of plants in at least two rows and variable, where possible, the width of the strip of the screen, and from the outside — visible, the screen should be composed as an irregular structure of greenery in relation to the structures of greenery occurring in this area, i.e., mid-field greenery and greenery occurring in the vicinity of streams and ditches.
- j) For screen systems along roads, forms of greenery should be irregular, obtained through the deliberate application of species variability and the composition of compositional ‘disturbances’ in the structure, by introducing into the plantings specimens of plants significantly different in form structure, e.g., crown and habit, and colour from the background, i.e., from the predominant

or homogeneous species in a given group or in a given section of the screen.

- k) The obscuration efficiency resulting from the height and compactness of the screen should be at medium and high levels to ensure at least ‘blurring’ of the essential elements of the installation and to neutralize the effect of reflection of sunlight from the photovoltaic panels towards the observer. In this case, concealment should be most effective.
- l) Local plantings in the form of small monocultures in relation to the existing forest complexes in the area and the use of creepers and evergreen plantings are acceptable solutions in this case.

On the basis of the results of analyses and guidelines from field research, a proposal of spatial development of landscape protection was prepared for the scenic exposure of the area of the Solar Park in the municipality of Pobiedziska (Szumigala, 2021) (ill. 3, 4) along with projects of sample sections of ‘green screens’. The scope of the development of screen designs included the determination of plant spacing, species composition, dedicated to local soil and habitat conditions in the investment area and exemplary visualizations of space after the use of screens (ill. 5–9).

A set of 26 plants for planting in screens was prepared, containing native species of shrubs and small trees found in the areas of Greater Poland and Poland overall, of which 8 species are dedicated especially to this type of green structures: elderberry (*Sambucus nigra* L.), the common lilac (*Syringa vulgaris*), hazel (*Corylus avellana* L.), juniper (*Juniperus communis* L.), gray willow (*Salix cinerea* L.), single-necked hawthorn (*Crataegus monogyna*), ovoid spruce (*Amelanchier ovalis*) and the common bird cherry (*Prunus padus*). The suggested density of plantings for a sample 100 m section of a screen is 65–70 pieces in two or three alternating rows. The average cost of making a 100 m section of a three-row screen is approximately PLN 3,000 according to prices from July 2021. The total length of the park fence, which requires covering with a screen, is about 7000 m.

The results of the research indicate the universality of the method of the visual protection of photovoltaic power plants, and these measures can be applied not only in the territory of Poland but also in other parts of the world and Europe. The proposed scope and detail of the information is specifically intended for planners, architects, landscape architects and builders at all stages of the preparation of the a conceptual proposal and technical documentation of a plant and the implementation of the landscape

management measures in its vicinity. The methodology should also provide guidance to policy makers and planners on how to implement policies and land use in the areas envisaged for the sites of solar parks and on how to prepare planning documents (SUiKZP and MPZP) for such projects.

The presented solution for visual protection of the landscape in the form of ‘green screens’ has several advantages but also disadvantages.

Advantages:

- a) One undoubted advantage of using ‘green screens’ made of native species is the possibility of obtaining an appropriate, planned and expected positive relationship between new plantings and the existing landscape.
- b) An extensive system of screens in the natural environment is also an element conducive to the formation of local microclimates, that positively affects this environment by inhibiting wind gusts, partially shading of the area, allowing water retention, creating small ecological corridors, new habitats (a source of food and shelter) for small animals and birds. It is a small-scale a system of ‘green partitions’ in the environment, which in its form and function in the field, refers to the systems of mid-field trees, successfully used in the 19th century by General Dezydery Chłapowski in Turew.

Disadvantages:

- a) The most serious disadvantage of ‘green screens’ from natural plantings of native species at this latitude is the loss of leaves during the autumn and winter seasons and the deterioration of cover during that period.
- b) Good cover effects are achieved only after a period of growth of the plants to the planned and required size, which in this case reaches the correct height (4–5 m) and compactness only after a period of about 5–6 years when typical trimming is used. If larger specimens are used for planting, the costs of implementing the screen increase significantly.

The process of obtaining a building permit for the solar park in Pobiedziska was preceded by the holding of a public consultation and the initiation of the procedure for drawing up a modification of the study of the conditions and directions of spatial development of the municipality of Pobiedziska, followed by the procedure for drawing up a local development plan for the area intended for the location of the park, in which the principles of Development and implementation of landscape protection measures for a project in the form of a solar park were included. The establishment of these records

was preceded by the implementation of the planning proposal for landscape protection in the area of the visual exhibition of the solar park in the municipality of Pobiedziska.¹

5. CONCLUSIONS

It should be noted that the solar park project in an open rural landscape lacks the planning and implementation phase of the landscaping elements, for which the authors consider a binding obligation on the part of the client.

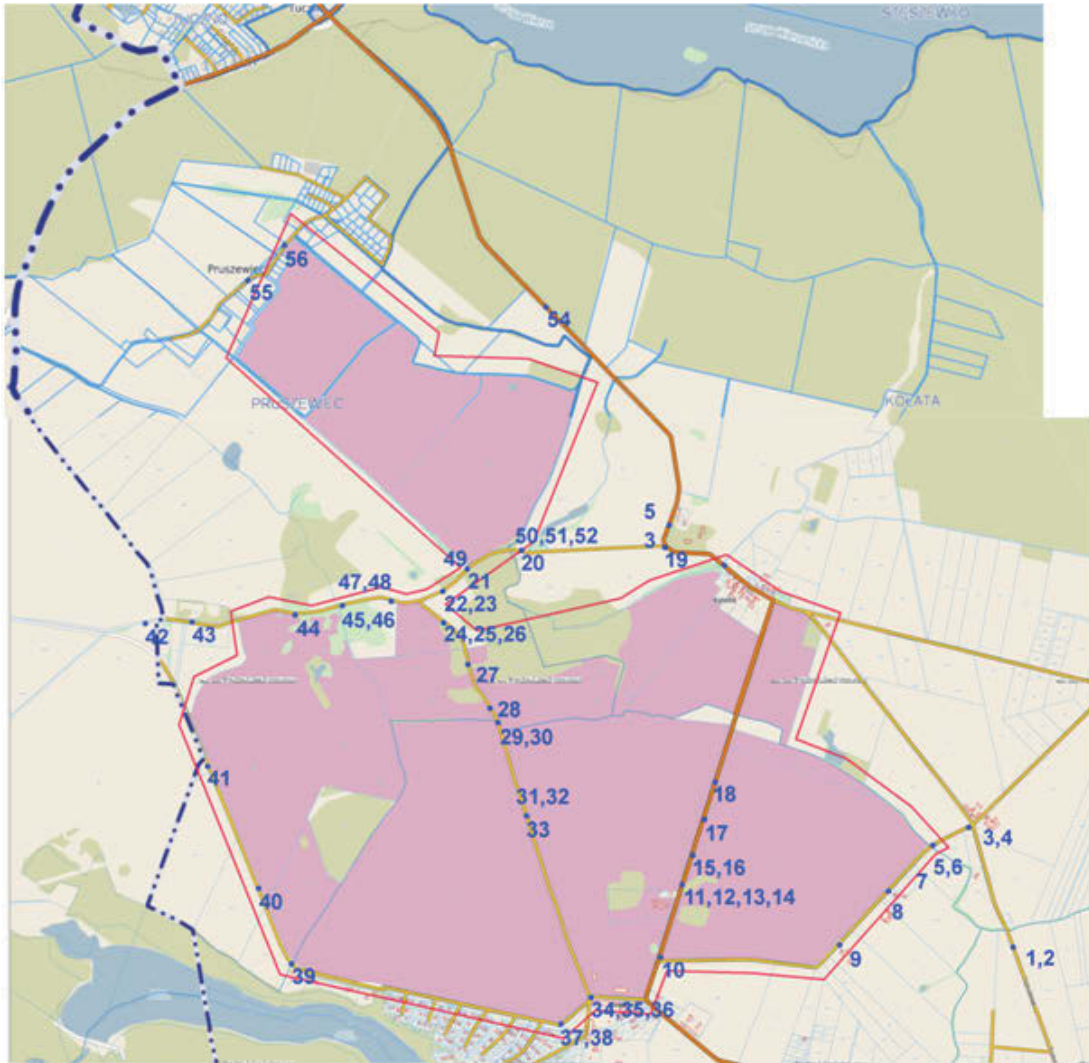
The objectives of such measures should also be reflected in local legislation, i.e., in the spatial development conditions and directions study and in the local spatial plans which are mandatory for these documents.

¹ The proposal of the spatial development of landscape conservation with the intent to visually highlight the Pobiedziska Solar Park includes a photographic documentation of the project site and its surroundings in both short and long views of the park area, a proposal of site development — the siting of ‘green screens’ in the area, identifying distances between pre-existing developed areas and photovoltaic panels, identifying areas restricted from panel placement in regards to arable soil preservation, alternative designs of 100 m long sections of ‘green screens’ for use in the field, screening soil tests for pH and humidity, execution guidelines for ‘green screens’ and a list of dedicated species for use in the ‘green screens’.

The example of the implementation of measures in the area of preparation and legal procedures for implementing the solar park in the municipality of Pobiedziska is a good example and can serve as a model for other municipalities in this area.

The above-mentioned activities of the municipality of Pobiedziska are aimed at ensuring that the needs of the inhabitants, the local government and the protection of the open and rural landscape are met. The proposals presented for landscape protection in the form of ‘green screens’ have their advantages and disadvantages.

However, the benefits of this approach in terms of landscape and environmental protection suggest that this type of landscape measures should be applied on a large scale, taking into account local conditions. The example of screens is not the only example of protective measures when investing in open landscapes. We still have possibilities to design the site in the form of earthen walls, plantations in the form of highly insulating greenery (rows, groups of trees and complexes), but these solutions were not justified in the presented case. The example of conservation measures presented is a part of the trend of sustainable development of rural and agricultural areas and due to its universal formula that corresponds well with the environment through adaptability to local conditions, it can be widely used in open, agricultural and rural landscapes.



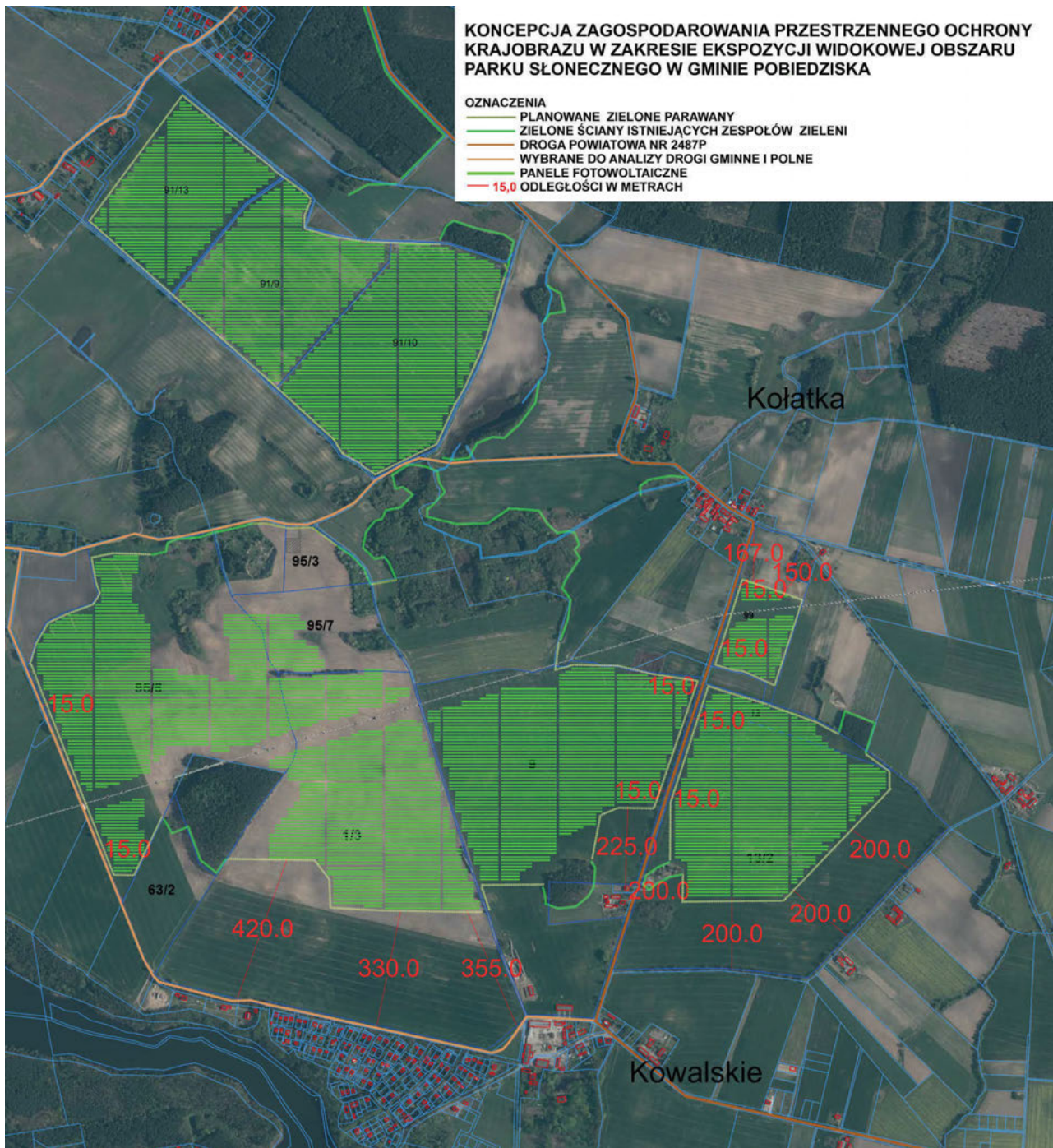
III. 1. Markings of sites, from which the exposition of the area of the planned solar park in Pobiedziska was studied. By the authors, 2021.

II. 1. Oznaczenia miejsc, z których badano ekspozycję obszaru planowanego parku słonecznego w Pobiedziskach. Opracowanie własne, 2021.



III. 2. A — exposition from site no. 14 from the county road No. 2487P; B — exposition of the park area from site no. 34 from the side of the village of Kowalskie. By the authors, 2021.

II. 2. A — ekspozycja z miejsca nr 14, z drogi powiatowej nr 2487P; B — ekspozycja obszaru parku z miejsca nr 34 od strony wsi Kowalskie. Opracowanie własne, 2021.



Ill. 3. Plan of the proposal of zoning landscape management in the area of the viewing exhibition of the Pobiedziska Solar Park with marked locations of the 'green screens' and the protection distances of the project site from the main elements of the local landscape. By the authors, 2021.

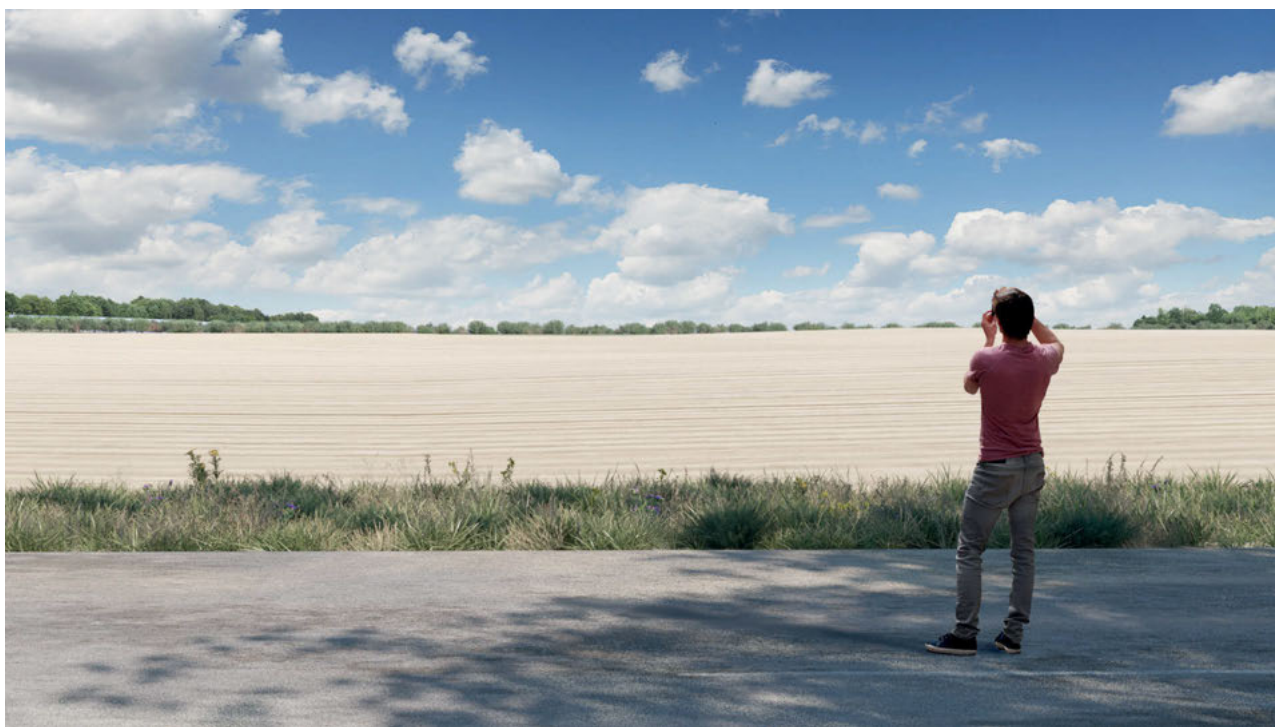
Il. 3. Plansza koncepcji zagospodarowania przestrzennego ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej obszaru Parku Słonecznego Pobiedziska z oznaczonymi lokalizacjami „zielonych parawanów” oraz odległościami ochronnymi obszaru inwestycji od istotnych elementów krajobrazu lokalnego. Opracowanie własne, 2021.



III. 4. Visualization of the area of the solar park in the municipality of Pobiedziska from a bird's eye view from the side of Kowalskie.

II. 4. Wizualizacja obszaru parku słonecznego w gminie Pobiedziska z lotu ptaka od strony miejscowości Kowalskie.

Source/źródło: (Szumigała, 2021).



III. 5. Visualization of the exposition of the Solar Park in the field after using a 'green screen' — view from the road from the side of the village of Kowalskie.

II. 5. Wizualizacja ekspozycji parku słonecznego w terenie po zastosowaniu „zielonego parawanu” — widok z drogi od strony wsi Kowalskie.

Source/źródło: (Szumigała, 2021).



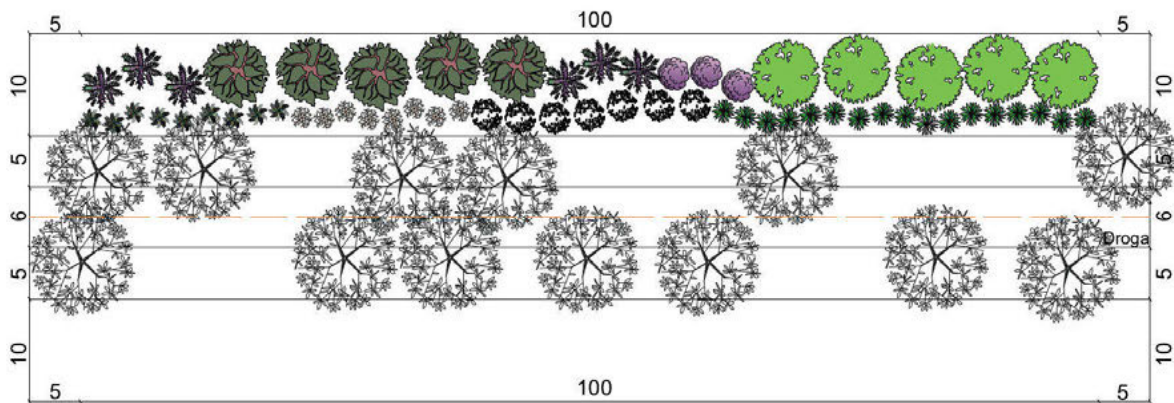
Ill. 6. Visualization no. 1 of a road with two-sided 'green screens', By the authors, 2021.

Il. 6. Wizualizacja nr 1 drogi z obustronnymi „zielonymi parawanami”. Opracowanie własne, 2021.



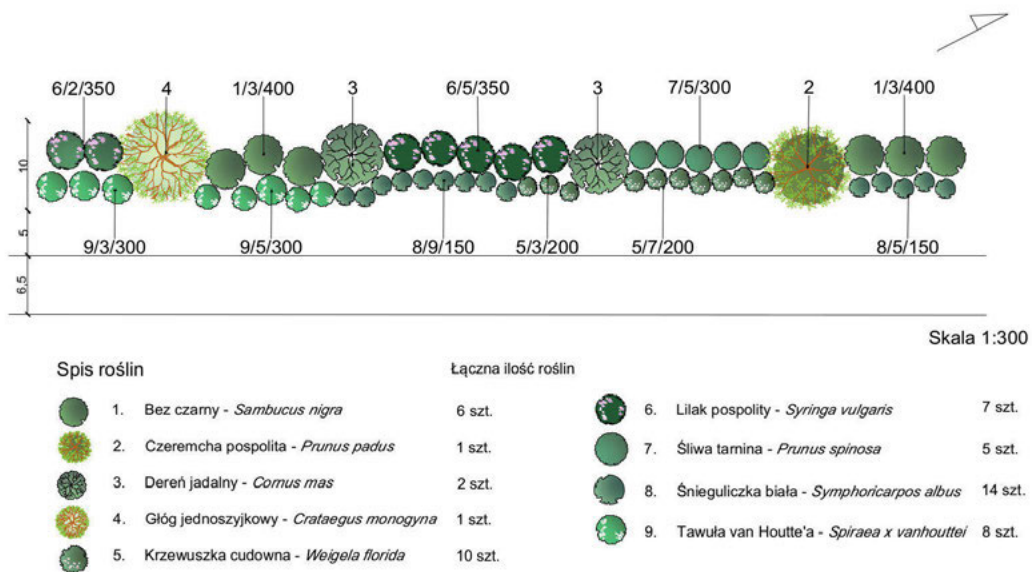
Ill. 7. Visualization no. 2 of a road with two-sided 'green screens'. By the authors, 2021.

Il. 7. Wizualizacja nr 2 drogi z obustronnymi „zielonymi parawanami”. Opracowanie własne, 2021.



Ill. 8. Design of plantings in a screen along a road on a section of 100 m — one-sided screen. By the authors, 2021.

Il. 8. Projekt nasadzeń w parawanie wzdłuż drogi na odcinku 100 m — parawan jednostronny. Opracowanie własne, 2021.



Ill. 8. Design of plantings in a screen along a road on a section of 100 m — one-sided screen. By the authors, 2021.

Il. 8. Projekt nasadzeń w parawanie wzdłuż drogi na odcinku 100 m — parawan jednostronny. Opracowanie własne, 2021.

1. WPROWADZENIE

Budowa dużych parków słonecznych —zwanych farmami fotowoltaicznymi lub elektrowniami słonecznymi — wymaga działań związanych z ochroną krajobrazu na sąsiadujących z nimi terenach, co jest istotne nie tylko w kontekście zrównoważonego rozwoju, ale również ochrony dóbr kultury i tożsamości. Niniejszy tekst prezentuje studium przypadku na terenie Polski, jakim jest Park Słoneczny Pobiedziska (PSP). Opracowanie ma wymiar praktyczny, a opisany przykład zestawiono z innymi tego typu realizacjami. W przeglądzie literatury wskazano główne nurty badań w zakresie ochrony wizualnej krajobrazu i ochrony środowiska w kontekście realizacji farm fotowoltaicznych (FV).

Przegląd literatury

Dynamiczny rozwój inwestycji w zakresie pozyskiwania energii ze słońca na dużą skalę wiąże z się z ingerencją w krajobraz na znacznych obszarach oraz wymaga rozwijania nowych technologii (Łuczak i Gawlik, 2020; Jäger-Waldau, 2007; Moe, 2012; Montoya, Aguilera i Manzano-Aguilero, 2014). Elektrownie słoneczne to zespoły urządzeń przekształcających energię promieniowania słonecznego na energię użytkową — ciepłą lub/i elektryczną — które zaliczane są do najbardziej przyjaznych środowisku odnawialnych źródeł energii (Wiackowski i Wiackowska, 1999; Tryjanowski i Łuczak, 2013). W Polsce obserwujemy znaczny wzrost liczby elektrowni słonecznych oraz przyrost zainstalowanej mocy (Musiałkiewicz i in., 2014; Hektus i Kalbarczyk, 2015). Farmy fotowoltaiczne lokalizowane są w większości przypadków na znacznych obszarach w krajobrazie otwartym i wiejskim, co nie pozostaje obojętne dla ich stanu (Tsoutsos, Fratzeskaki i Gekas, 2005; Dobrzańska, Dobrzański i Kiełczewski, 2012; Armstrong i in., 2013). Ochrona krajobrazu w tym zakresie wpisuje się w nurt zrównoważonego rozwoju i ochrony dóbr kultury, którymi są m.in. krajobraz wiejski i rolniczy. Ze względu na specyfikę konstrukcji i znaczne rozmiary powierzchniowe instalacji fotowoltaicznych (Biesiada, 2015) wymagane jest zastosowanie odpowiednio dobranych metod i sposobów ochrony krajobrazu.

W literaturze przedmiotu znajdujemy prace dotyczące wpływu różnych typów instalacji solarnej na krajobraz, przygotowane w celu opracowania metod analizy i doboru lokalizacji parków fotowoltaicznych (np. Carullo i in., 2013). W jednym z tych badań (Kalbarczyk, 2016) dokonano podziału takiego oddziaływania na cztery typy: zin-

tegrowane, harmonijne, dysharmonijne i dominujące. W różnych definicjach typów oddziaływania odwoływano się do pojęcia dominanty krajobrazowej (Walczak, 2007), zintegrowania (Coonen, 2001; Strong, 2005; Norton i in., 2011; Peng, Huang i Wu, 2011; Siebert, 2012), harmonii i dysharmonii (Mazurski, 2012).

Znaczną część literatury stanowią prace na temat ochrony środowiska w strefie lokalizacji, a także oddziaływania (pozytywnego i negatywnego) farm fotowoltaicznych na faunę i florę (Davis, 2020; Courage, 2021). Liczne opracowania dotyczą agrofotowoltaiki — omawiane są w nich połączenia paneli słonecznych oraz upraw żywności i hodowli na tej samej jednostce gruntowej, stosowane w celu maksymalizacji wykorzystania gruntów (Dupraz i in., 2011; Dinesh i Pearce, 2016; Young, 2018; Allen, 2020; Lytle i in., 2021; Simon, 2021; Haastert, 2022). Zauważa się korzyści płynące z zakładania elektrowni słonecznych: pozytywny wpływ budowy farm pływających na kondycję zbiorników wodnych (Sfera projecto ambiental, 2021; Kwinta, 2020), recykling gruntów (Morley, 2012) oraz wymianę roślinności ruderalnej na gatunki autochtoniczne na terenach FV (Semeraro i in., 2022).

Odczuwalny jest jednak niedostatek opracowań dotyczących ochrony wizualnej krajobrazu w sąsiedztwie parków słonecznych, a szczególnie lokalizowanych na terenach krajobrazu otwartego, rolniczego i wiejskiego. W tym zakresie przeważają publikacje omawiające dwa rodzaje działań: po pierwsze, mające na celu „ukrywanie” farm fotowoltaicznych w otaczającym je krajobrazie, po drugie, stawiające na „świadomą ekspozycję” instalacji fotowoltaicznych w krajobrazie. W tym drugim przypadku należy mówić raczej o budowaniu sfery wizualnej w kontekście parku lub instalacji słonecznej.

Pierwszy nurt działań w tym zakresie prezentuje stanowisko **ukrywania** — **zasłaniania** instalacji fotowoltaicznych w krajobrazie poprzez stosowanie zasłon z zieleni wysokiej i średniowysokiej — drzew i dużych krzewów. Mają one stanowić zarazem zasłony wiatrowe dla farm i kontynuację nasadzeń ekranowych wzdłuż ulic na terenach miast (Moir Landscape Architecture, 2010; Finger, 2016; Barnett, 2021; Nordberg, Caley i Schwarzkopf, 2021; Sol Voltaics, 2022). Pojawia się w tym kontekście pojęcie obwodowego bufora krajobrazowego, który otacza FV wewnątrz lub na zewnątrz ogrodzenia z wyłączeniem punktów dostępu. Strefa buforowa powinna mieć nie mniej niż 25 stóp szerokości (tj. ok. 7,62 m) i być obsadzona różnorodną roślinnością, aby zapewnić całoroczny bufor wizualny (Richland Township, 2021). W celu maskowania

FV wykorzystuje się także trasy komunikacyjne wraz z intensywną roślinnością przydrożną (Coffey, 2019). Opisywana jest też metoda wysokiego pokrycia roślinnością wieloletnią przy minimalnej konserwacji oraz projektowanie z przepuszczalną przestrzenią między rzędami paneli słonecznych (Yavari i in., 2022). Innym sposobem jest budowanie wałów ziemnych obsadzonych drzewami i krzewami w strefie zewnętrznej FV (Community & Environmental Defense Services, 2022), stosowane również do ukrywania dużych obiektów logistycznych (Szumigala i Urbański, 2017). Badania te wykazują, że kombinacja wałów (nasypów ziemnych) z szybko rosnącymi drzewami zapewnia efektywną zasłonę paneli przed wrokiem pod warunkiem, że zastosuje się sadzenie na nasypach drzew zimozielonych o wysokości 8 stóp (tj. ok. 2,44 m) w gęstym rozstawie i przy wymaganej minimalnej konserwacji. Kolejną metodą jest realizacja sztucznych ścian i ogrodzeń z materiałów korespondujących swoją strukturą, materiałem, formą i barwą z otoczeniem lub stanowiących podpory dla roślin pnących ozdobnych, pachnących i zimozielonych. Na terenach zurbanizowanych szczególnie istotne jest z kolei wykorzystywanie pod FV nieużytków i miejsc nieekspozowanych (Smith, 2018; Gawryluk, Krawczyk i Rodero, 2022) oraz optymalizacja lokalizacji (Zhu i in., 2022). Omawiane są ponadto metody pośrednie, mające na celu częściowe zmniejszenie ekspozycji lub osłabienie efektu odbłasku promieni słonecznych od paneli poprzez ułożenie szeregu paneli fotowoltaicznych na kierunku wschód–zachód; szczególnie pozytywne efekty otrzymuje się, gdy FV znajdują się na terenie lekko pofalowanym (Moir Landscape Architecture, 2010).

Drugi nurt działań prezentuje stanowisko **ekspozycji** struktur fotowoltaicznych, a panel oprócz swojej podstawowej funkcji, jaką jest zamiana energii słonecznej na elektryczną, użyty jest jako element artystyczny — forma plastyczna. W szwedzkim mieście Piteå zrealizowano parametryczny projekt Solvåg składający się ze 117 dwustronnych paneli słonecznych na drewnianych stojakach ułożonych w spiralę. Jest on uważany za pierwsze w kraju wielkoskalowe podejście do stworzenia parku paneli słonecznych, który jest zarówno funkcjonalny, jak i artystyczny (Törnrotha Nilsson i Luciani, 2022). Innym przykładem jest projekt Solar Strand stworzony na University of Buffalo w USA. Włącza on relacje społecznościowe i przestrzeń publiczną do swojego programu — zamiast ukrywać produkcję energii, zlokalizowano go u bram kampusu, zapraszając studentów i wykładowców na spacer po polu fotowoltaicznym (Whiticar, 2022).

W tabelach 1 i 2 zestawiono metody ochrony wizualnej i budowania strefy wizualnej parków słonecznych oraz przeanalizowano etapy realizacji parków słonecznych w warunkach prawa polskiego w aspekcie wymogów ochrony wizualnej krajobrazu. W tabeli 3 zamieszczono przegląd wybranych przykładów zrealizowanych elektrowni w Polsce i na świecie w kontekście ich wpływu na krajobraz.

Z analizy przykładów z Polski wynika, że planowany Park Słoneczny Pobiedziska należy do większych pod względem powierzchni (160 ha) i planowanej mocy (150 MW) elektrowni słonecznych w kraju. Zwraca również uwagę fakt, że w Polsce nie stosuje się ochrony wizualnej krajobrazu w rejonie farm fotowoltaicznych.

Metody ochrony krajobrazu	Zastosowane środki	Wymagania/funkcje
Ukrywanie paneli/farm fotowoltaicznych w krajobrazie	Nasadzenia zieleni wysokiej i średniowysokiej (drzewa i krzewy) realizowane są dokoła obszaru FV i tworzą tzw. obwodowy bufor krajobrazowy.	Nasadzenia sytuowane są w granicach terenu FV lub poza terenem — wówczas wymagany jest większy obszar lub użyczenie obszaru zewnętrznego na potrzeby obsadzenia zielenią wysoką i średniowysoką.
	Nasadzenia zieleni wysokiej i średniowysokiej (drzewa i krzewy) realizowane są dookoła FV i pomiędzy rzędami paneli.	Wymagany jest większy obszar FV i większe odstępy pomiędzy rzędami paneli.
	Zielone korytarze ekologiczne występujące wzdłuż ogrodzeń FV	Wykorzystuje się istniejące korytarze ekologiczne lub realizuje nowe — wymagany jest wówczas większy obszar lub użyczenie obszaru zewnętrznego na potrzeby realizacji zielonych korytarzy ekologicznych.

Metody ochrony krajobrazu	Zastosowane środki	Wymagania/funkcje
Ukrywanie paneli/farm fotowoltaicznych w krajobrazie	Ogrodzenia sztuczne obszaru FV — odpowiednie szczególnie dla obszarów zurbanizowanych (miast). Mogą być elementem ozdobnym: wykonanym z materiałów o walorach architektonicznych, światłocieniowych, dopasowanym strukturami, barwą i materiałem do otoczenia lub stanowiącym podporę do upraw zieleni pnącej i ozdobnej.	
	Wały/nasypy ziemne, obsadzone drzewami i krzewami lub nieobsadzone	Wymagany jest większy obszar FV do realizacji wałów i znaczne ilości kruszywa — gruntu.
	Usytuowanie rzędów paneli fotowoltaicznych na kierunku wschód–zachód, wpływające na zmniejszenie percepcji paneli w terenie	Lepsze efekty maskowania i zmniejszenie percepcji paneli w terenie uzyskuje się poprzez usytuowanie farmy na terenach lekko pofałdowanych.
	Wykorzystywanie nieużytków i miejsc nieeksploatowanych do lokalizacji FV	Jest to szczególnie istotne na terenach zurbanizowanych.
Ekspozowanie paneli/farm fotowoltaicznych w krajobrazie	Farmy i instalacje inżynierskie z wykorzystaniem innych materiałów, np. drewna, betonu.	Stanowią atrakcyjny element plastyczny/przestrzenny w krajobrazie otwartym i zurbanizowanym.
	Instalacje techniczne stanowiące element ekspozycji rozwiązań technologicznych	Pełnią funkcję edukacyjną.
	Instalacje techniczne przystosowane do pełnienia jednocześnie funkcji produkcji energii i zacienienia dla agroupraw, hodowli lub terenów rekreacyjnych	Formowane są jako przekrycia zacieńające np. ciągi spacerowo-rowerowe, miejsca wypoczynku i drogi kołowe.
	Panele FV stosowane jako ochrona ciągów komunikacyjnych kołowych, szczególnie szybkiego ruchu, i do zacieniania cieków wodnych	Pełnią funkcje zacieńania, zabezpieczenia przed zaśniewaniem ciągów komunikacyjnych oraz przed nadmiernym parowaniem i nagrzewaniem cieków wodnych (Szwajcaria, Kalifornia).

Tab. 1. Zestawienie metod ochrony wizualnej i budowania sfery wizualnej krajobrazu w sąsiedztwie parków słonecznych. Opracowanie własne, 2022.

Etap	Zakres prac	Wymagania lokalizacyjne i projektowe	Wymagania formalne	Wpływ na krajobraz / działania prokrajobrazowe
I	Analiza wstępna projektu i uzyskanie warunków przyłączenia do sieci oraz wybór odpowiedniej działki	Wskazany teren płaski lub pochylony w kierunku południowym. Warunkiem opłacalności jest budowa FV o mocy 1 MW na terenie o powierzchni min. 2 ha. Dopuszczalna jest lokalizacja FV jedynie na ziemi ornej klasy IV i niższej oraz na nieużytkach rolnych.	Uzyskanie decyzji środowiskowej oraz zgody na przyłączenia od operatora systemu dystrybucyjnego	Decyzja środowiskowa określa warunki ochrony środowiska, ale nie konieczne warunki ochrony krajobrazu.
II	Sporządzenie projektu farmy fotowoltaicznej	Projekt musi być zgodny z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego (MPZP) albo wcześniej z uzyskanymi warunkami zabudowy oraz warunkami przyłączeniowymi.	Uzyskanie pozwolenia na budowę	Na tym etapie występują uwarunkowania w zakresie ochrony krajobrazu dla inwestycji — jeżeli zapisane zostały w MPZP lub w decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu.
III	Sporządzenie projektu wykonawczego		Uzyskanie uzgodnienia z wydziałem przyłączeń, pomiarów oraz automatyki właściwego zakładu energetycznego	
IV	Przystąpienie do budowy farmy fotowoltaicznej — realizacja inwestycji w terenie		Zgłoszenie operatorowi systemu dystrybucyjnego gotowości do przyłączenia farmy fotowoltaicznej do sieci	
V	Przystąpienie do prac końcowych i uzyskanie pozwolenia na przyłączenie do sieci zewnętrznej (JPT, 2022)		Pozwolenie na podłączenie do sieci elektroenergetycznej — udział w aukcji OZE lub podpisanie umowy PPA	
Koszty budowy farmy fotowoltaicznej o mocy 1 MW mogą wynieść ok. 3,5–3,9 mln zł (dane na grudzień 2021).				

Tab. 2. Etapy realizacji parku słonecznego. Opracowanie własne, 2022.

Nazwa/miejsce lokalizacji	Parametry/uwarunkowania	Wpływ na krajobraz / działania prokrajobrazowe
Przykłady z Polski		
Elektrownia słoneczna w Janiszewie (Redakcja Turek24, 2022)	Jest największą elektrownią słoneczną w Polsce (stan na wrzesień 2022). Farma o mocy 70 MWp składa się ze 155 554 modułów fotowoltaicznych o mocy 455 Wp każdy i zajmuje teren ok. 100 ha. Wcześniej zlokalizowana była tu odkrywkowa Kopalnia Węgla Brunatnego „Adamów”. Górnicy, którzy tu pracowali, zostali przekwalifikowani i realizują projekty związane z energią odnawialną.	Działania w zakresie ochrony krajobrazu dotyczą tu głównie wykorzystania terenu pogórniczego, lecz nie zastosowano w tym przypadku osłon wizualnych dla terenu elektrowni.
Elektrownia słoneczna w Gdańsku (Cymanowska, 2015)	Farma fotowoltaiczna usytuowana jest na granicy Gdańska i Przejazdowa. Zbudowana została z 6292 paneli o łącznej mocy 1,636 MWp. Według wstępnych szacunków instalacja będzie produkować ok. 1,5 GWh energii rocznie, co pozwoli zaspokoić zapotrzebowanie ok. 720 przeciętnych gospodarstw domowych. Koszt inwestycji wyniósł blisko 9,5 mln zł, a prace budowlano-montażowe trwały dwa miesiące. Panele elektrowni ułożone zostały na powierzchni ok. 2,5 ha, czyli większej niż zajmują trzy pełnowymiarowe boiska piłkarskie.	Specyfiką tej elektrowni jest jej rozplanowanie. Panele fotowoltaiczne zostały tu ułożone tylko w pięciu pasach, co w przypadku ekspozycji od strony krótszego boku zmniejsza znacznie wizualną ingerencję w krajobraz. Natomiast ekspozycja od strony dłuższego boku wymaga działań maskujących, ale ich nie zastosowano.
Elektrownia słoneczna w Cieszanowie	Elektrownia to kompleks pięciu farm fotowoltaicznych o łącznej mocy blisko 5 MWp, które zajmują powierzchnię ok. 10 ha. Wszystkie inwestycje zlokalizowane są na terenie województwa podlaskiego, w gminach Lipsk, Jedwabne, Kolno i Zambrów. Trzy farmy fotowoltaiczne o łącznej mocy 2,8 MWp zostały uruchomione w roku 2014, pozostałe dwie rok później. Farmy usytuowano w krajobrazie otwartym rolniczym (Kolno, Jedwabne, Lipsk, Zambrów) oraz w sąsiedztwie terenów zabudowy (Cieszanów).	W przypadku tej elektrowni występuje zespół pięciu obszarów mniejszych FV, których oddziaływanie na krajobraz jest przez to proporcjonalnie mniejsze. Nie zastosowano żadnych dodatkowych rozwiązań dla ochrony wizualnej krajobrazu wokół terenów tych farm.
Elektrownia słoneczna w Czernikowie (‘Czernikowo’, 2022)	Moc farmy jest szacowana na poziomie 3500 MWh, co wystarczy na pokrycie zapotrzebowania ok. 1 600 gospodarstw domowych. Instalacja składa się z blisko 16 tys. paneli — każdy o mocy 240 W — które zajmują powierzchnię ok. 7,7 ha. Farma położona jest w sąsiedztwie drogi do Czernikowa oraz w bezpośrednim sąsiedztwie terenów zabudowy.	Jedynie od strony drogi występują istniejące zadrzewienia przydrożne, ale nie spełniają one funkcji zasłony wizualnej w stopniu wystarczającym. Nie zastosowano tu innych rozwiązań dla ochrony wizualnej krajobrazu.
Elektrownia słoneczna w Ostrzeszowie	Elektrownia zajmuje powierzchnię 3,3 ha, a łączna powierzchnia modułów fotowoltaicznych wynosi 11 115 m ² . W instalacji wykorzystano ich ok. 8 tys. Moc każdego z modułów wynosi 250 kWp — rocznie daje to 2000 MWh.	Farmę zlokalizowano na planie trapezu w sąsiedztwie zakładów przemysłowych, co zapewnia od strony dwóch boków osłonę wizualną. Kolejny bok ma zasłonę w postaci kompleksu leśnego. Jedynie czwarta granica sąsiadująca z obszarem zabudowy jednorodzinnej nie posiada żadnej zasłony wizualnej.

Nazwa/miejsce lokalizacji	Parametry/uwarunkowania	Wpływ na krajobraz / działania prokrajobrazowe
Elektrownia słoneczna w Gubinie	Elektrownia została wybudowana w 2014 roku w województwie lubuskim. Jej moc wynosi 1,5 MW i pokryje ona część zapotrzebowania na energię lokalnej oczyszczalni ścieków. Elektrownia ma rzut prostokąta i została zlokalizowana w krajobrazie otwartym, rolniczym.	Nie zastosowano żadnych rozwiązań ochrony wizualnej obiektu w krajobrazie.
Przykłady ze świata		
Elektrownia słoneczna w Melanezji — Nowa Kaledonia	Firma Conergy zaplanowała budowę farmy fotowoltaicznej w kształcie serca. Instalacja powstać ma w Nowej Kaledonii, na wyspie w zachodniej części Oceanu Spokojnego, w Melanezji. Dzięki niej zasilanych będzie ok. 750 gospodarstw domowych.	Jej kształt inspirowany jest znajdującą się niedaleko atrakcją turystyczną, kształtem serca utworzonym naturalnie przez namorzyny (Heart of Voh).
Elektrownia słoneczna w Chinach — Datang	Panda Power Plant to 50-megawatowa instalacja powstała w chińskiej miejscowości Datang w 2017 roku, pod egidą władz krajowych oraz Programu Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju w celu promocji odnawialnych źródeł energii. Ma zwiększyć swój potencjał do 100 MW, oferując wtedy do 3,2 mld kWh zielonej energii w ciągu 25 lat. Produkcja energii w ramach eksploatacji tej farmy pozwoli zachować 1,056 mld ton węgla i zmniejszyć emisję CO ₂ o 2,74 mln ton.	Na rzucie farmy ukształtowano obraz pandy. Czarne elementy zostały wykonane z monokrystalicznych ogniw krzemowych, a szare — z ogniw cienkowarstwowych.
Elektrownia słoneczna w USA — Floryda	Elektrownia o mocy 5 MW powstała w obrębie Walt Disney World Resort w Orlando na Florydzie. Firma Duke Energy we współpracy z Reedy Creek Improvement District (RCID — podmiotem zarządzającym parkiem rozrywki Disneya) zainstalowała 48 tys. paneli słonecznych. Farma fotowoltaiczna zajmuje powierzchnię 85 km ² , niedaleko Epcot. Energia elektryczna pochodząca z tej instalacji fotowoltaicznej zasila Walt Disney World Resort, Four Seasons Resort i inne obiekty hotelowe wzdłuż Hotel Plaza Boulevard.	Panele ułożono tak, by w rzucie tworzyły kształt głowy jednej z najbardziej rozpoznawalnej postaci z amerykańskich filmów animowanych — Myszki Miki.
Elektrownia słoneczna w Hiszpanii — Sanlúcar la Mayor	Elektrownia Planta Solar 10 w Sanlúcar la Mayor została zbudowana w 2007 roku. Jest to pierwszy park fotowoltaiczny zbudowany w technologii wieżowej. Ma moc 11 MW; zbudowano go z 624 heliostatów. Zgodnie z zasadami działania takiego obiektu promieniowanie słoneczne pada na zbiornik w górnej części wieży, po czym przekazywane w ten sposób ciepło wytwarza parę, a turbina parowa dostarcza energię elektryczną do generatora. Dwa lata później, w 2009 roku, w tym samym miejscu oddano do użytku drugi park fotowoltaiczny, Planta Solar 20, o mocy 48 MW rocznie, który może zaopatrywać do 10 tys. gospodarstw domowych.	Elektrownia wieżowa stanowi silny wertykalny akcent w krajobrazie.

Nazwa/miejsce lokalizacji	Parametry/uwarunkowania	Wpływ na krajobraz / działania prokrajobrazowe
Elektrownia słoneczna w Chinach — Huainan	Największy na świecie pływający park słoneczny został zbudowany w Huainan — panele umieszczono na sztucznym jeziorze. Farma o mocy 40 MW została zbudowana przez Sungrow Power Supply. Jezioro, na którym zainstalowano elektrownię, powstało w wyniku zalewania obszarów, z których wcześniej wydobywano węgiel.	Jest to pływający park słoneczny (wyspa) na sztucznym zbiorniku.

Tab. 3. Przegląd przykładów elektrowni słonecznych. Opracowanie własne, 2022.

Analiza przykładów ze świata wskazuje na inne podejście do projektowania farm fotowoltaicznych: FV mogą mieć wyraz artystyczny (Nowa Kaledonia, Panda Power Plant w Chinach, Orlando w obrębie Walt Disney World Resort w USA), mogą wpisywać się w uwarunkowania środowiskowe (jak w nawiązującej do niezwykłych form namorzynowych FV w Nowej Kaledonii) bądź otrzymywać nowe kształty — tak jest w przypadku farmy wieżowej w Sanlúcar la Mayor oraz pływającej wyspy na sztucznym jeziorze pokopalnianym w Huainan.

Cel pracy

Celem pracy jest prezentacja przykładowych działań zmierzających do ochrony krajobrazu w kontekście realizacji parków słonecznych na terenach otwartych i wiejskich. Zagadnienie to jest niezwykle istotne w aspekcie rosnących potrzeb energetycznych i zrównoważonego rozwoju oraz ochrony dóbr kultury i tożsamości, którym jest również krajobraz wiejski.

Metody

Zastosowano metodę analizy — studium przypadku projektowanego parku słonecznego w kontekście krajobrazu otwartego i wiejskiego — oraz badania *in situ*. Analizie poddano projektowane elementy krajobrazu w postaci „zielonych parawanów” w relacji z inwestycją, czyli parkiem słonecznym, i otaczającym ją krajobrazem. Za pomocą metod jakościowych przeprowadzono analizę porównawczą na poziomie formy, kompozycji i składu gatunkowego przykładowych parawanów. Na potrzeby sporządzenia koncepcji zagospodarowania PSP przeprowadzono w roku 2020 badania inwentaryzacyjne *in situ* i na tej podstawie przygotowano dokumentację fotograficzną. Na przykładzie drogi powiatowej przebiegającej przez obszar Parku Solarnego Pobiedziska przedstawiono fotografię stanu istniejącego i wizualizację planowanej realizacji „zielonych parawanów” (il. 2 i 5).

Zakres

Badaniami został objęty obszar projektowanego Parku Słonecznego Pobiedziska w powiecie poznańskim w gminie Pobiedziska o powierzchni ponad 160 ha oraz tereny sąsiadujące z granicami parku w pasie o szerokości ok. 200–500 m. Badaniami objęto aspekty krajobrazowo-przestrzenne inwestycji. Analizie poddano wzajemne relacje widokowe, powiązania widokowe oraz ekspozycję widokową planowanej inwestycji w krajobrazie otwartym i wiejskim w obrębach ewidencyjnych Kowalskie i Pruszewiec. Nie analizowano aspektów ekonomicznych Parku Słonecznego Pobiedziska.

2. UWARUNKOWANIA KRAJOBRAZOWO-PRZESTRZENNE PARKU SŁONECZNEGO POBIEDZISKA

Realizacja instalacji parku słonecznego w gminie Pobiedziska planowana jest na 13 działkach ewidencyjnych, na gruntach ornych klasy IV, V i VI w rejonie wsi: Kołata, Kołatka, Kowalskie. Planowana moc elektrowni to 150 MW. Teren inwestycji zaplanowany został w postaci kilku oddzielnych obszarów, które rozdzielone są drogami polnymi, gminnymi, drogą powiatową nr 2487P i ciekami wodnymi. Inwestycja ma charakter powierzchniowy, w postaci instalacji fotowoltaicznej ustawionej na gruncie. Wysokość najwyższego punktu instalacji oscyluje w granicach 3,50 — ok. 5,00 m n.p.t. Zewnętrzna aktywna powierzchnia paneli fotowoltaicznych ma być wykonana z matowej powłoki zmniejszającej odbicia promieni słonecznych. Jeśli chodzi o kolorystykę, panele mają być ciemnoniebieskie lub czarne, a w odbiorze barw odcień ich powierzchni zewnętrznej będzie ulegał zmianie w zależności od kierunku padania promieni słonecznych. Konstrukcja podpierająca zestawy paneli planowana jest w odcieniach kolorów szarego i srebrnego. Obszar parku słonecznego będzie ogrodzony (*Park Słoneczny Pobiedziska*, 2021).

3. ODDZIAŁYWANIE INWESTYCJI NA KRAJOBRAZ W ZAKRESIE EKSPOZYCJI WIZUALNEJ

Planowana instalacja ze względu na znaczny obszar i wysokość do 5,00 m nad gruntem stanowić będzie element wyróżniający się w krajobrazie otwartym, rolniczym, szczególnie w zakresie odmiennej barwy od „zielonego otoczenia”, nietypowego materiału oraz dominującej horyzontalnej formy znacznych rozmiarów w stosunku do elementów i form występujących w otaczającym krajobrazie. W porównaniu do wertykalnych instalacji elektrowni wiatrowych i słupów linii elektroenergetycznych oddziaływanie parku słonecznego na krajobraz jest w tym zakresie mniej znaczące. Z tego powodu łatwiej jest taką instalację „zamaskować” w terenie, aby w mniejszym stopniu oddziaływała negatywnie na otaczający ją krajobraz. W przypadku parku słonecznego występuje jeszcze jeden aspekt środowiskowy, a mianowicie czasowa utrata możliwości uprawy gruntów przez okres eksploatacji parku, który planowany jest na ok. 25 lat. Po demontażu instalacji parku na gruntach może być nadal prowadzona gospodarka rolna.

4. WYNIKI

Dla potrzeb opracowania wykonano inwentaryzację ekspozycji terenu PSP z wybranych miejsc widokowych (il. 1 i 2 A, B). Badania przeprowadzono w okresie jesiennym, gdy drzewa i krzewy były częściowo bezlistne. Stanowiło to ułatwienie i umożliwiło określenie z większą dokładnością, w jakim zakresie należy podjąć w krajobrazie działania korygujące.

Z przeprowadzonych badań i analizy terenowej widoków na obszarze planowanej inwestycji wynikają następujące wnioski:

- a) Ze względu na planowaną maksymalną wysokość instalacji wynoszącą 3,5–5,0 m n.p.t., zmienne długości perspektywy wynoszące 200–1000 m oraz kąty widoczności (ekspozycji) instalacji w zakresie do 180° w terenie, należy zastosować elementy przesłaniające utrzymane w skali elementów naturalnych występujących w otoczeniu parku.
- b) Ze względu na lokalizację inwestycji na obszarze krajobrazu otwartego, rolniczego i wiejskiego, należy zastosować elementy przesłaniające utrzymane w charakterze elementów naturalnych, wpisujące się w otaczający krajobraz.
- c) Elementy przesłaniające w postaci „zielonych parawanów” muszą nawiązywać swoją strukturą gatunkową i kompozycyjną, formą oraz skalą do form naturalnych otoczenia. Powinny to być

układy liniowe, wyspowe i mieszane o nieregularnej strukturze i ciągłości oraz składzie gatunkowym charakterystycznym dla regionu Wielkopolski lub gatunków już zaadaptowanych i introdukowanych na tym obszarze.

- d) Działania dotyczące ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej na teren planowanego parku słonecznego powinny być skoncentrowane w głównej mierze na działaniach korygujących ekspozycję widokową poprzez przesłanianie instalacji parku w miejscach najbardziej eksponowanych oraz w miejscach o znacznych rozmiarach ekspozycji. Dotyczy to szczególnie widoków z terenów zabudowy wiejskiej oraz obszarów przestrzeni publicznej. W tym przypadku przestrzenią publiczną (zgodnie z przepisami) jest droga powiatowa.
- e) Ze względów krajobrazowych wskazane są dwa działania w przestrzeni: po pierwsze, odsunięcie instalacji od terenów zabudowań na odległość ok. 200 m i (lokalnie) większą, co spowoduje zmniejszenie percepcji elementów instalacji w krajobrazie, oraz, po drugie, wprowadzenie przesłon — „zielonych parawanów” o szerokości pasa nasadzeń wynoszącej ok. 5–10 m, złożonych z różnych gatunków krzewów i lokalnie małych drzew, o zróżnicowanych pokroju, barwie, strukturze koron i form krzewiastych oraz o różnych okresach wegetacji (kwitnienia, ulistnienia, przebarwiania i utraty liści).
- f) Najkorzystniejsze ze względu na geometrię, optyczne zasady percepcji i zasady zasłaniania widoku jest sytuowanie „zielonych parawanów” po zewnętrznej stronie wzdłuż ogrodzenia parku.
- g) Rozmieszczenie nasadzeń oraz skład gatunkowy parawanów powinny wynikać z uwarunkowań siedliskowych zastosowanych gatunków i odmian.
- h) Generalną zasadą nasadzeń w pasach powinno być naprzemienne usytuowanie roślin w co najmniej dwóch rzędach oraz zmienna, tam gdzie jest to możliwe, szerokość parawanu; od strony zewnętrznej — widocznej — parawan powinien być komponowany jako nieregularna struktura zieleni nawiązująca do struktur zieleni występującej na tym terenie, tj. zieleni śródpolnej oraz rosnącej w sąsiedztwie strumieni i rowów.
- i) Dla układów parawanowych wzdłuż dróg zasadą powinna być nieregularność nasadzanych form zieleni. Może być ona uzyskiwana za sprawą świadomego zastosowania zmienności gatunkowej oraz projektowania „zaburzeń” kompozycyjnych w strukturze poprzez

wprowadzanie do nasadzeń egzemplarzy roślin znacznie różniących się strukturą formy (np. koroną i pokrojem) oraz kolorem od tła, czyli od przeważających lub jednorodnych gatunków w danej grupie lub w danym odcinku parawanu.

- j) Skuteczność zasłaniania wynikająca z wysokości i zwartości parawanu powinna być na poziomie średnim i wysokim, aby zapewnić co najmniej „zamazanie” istotnych elementów instalacji oraz zneutralizować efekt odbicia promieni słonecznych od paneli fotowoltaicznych w kierunku obserwatora. W tym drugim przypadku zasłanianie powinno być najbardziej skuteczne.
- k) Dopuszczalnym rozwiązaniem w omawianym przypadku są lokalne nasadzenia w postaci małych monokultur w nawiązaniu do istniejących na tym obszarze kompleksów leśnych oraz zastosowanie pnączy i nasadzeń zimozielonych.

Na podstawie wyników analiz i wytycznych z badań terenowych przygotowano koncepcję zagospodarowania przestrzennego ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej obszaru parku słonecznego w gminie Pobiedziska (Szumigała, 2021) (il. 3, 4) oraz projekty przykładowych odcinków „zielonych parawanów”. W zakres opracowania projektów parawanów wchodziło ustalenie rozstawu roślin i składu gatunkowego przystosowanych do lokalnych warunków glebowych i siedliskowych w rejonie inwestycji, a także przykładowe wizualizacje przestrzeni po zastosowaniu parawanów (il. 5–9). Przygotowany został zestaw 26 roślin do nasadzeń w parawanach zawierający gatunki rodzime krzewów i małych drzew występujące na obszarach Wielkopolski i całego kraju, z czego osiem gatunków uznano za szczególnie odpowiednie do tego rodzaju struktur zieleni. Są to: bez czarna (*Sambucus nigra* L.), lilak pospolity (*Syringa vulgaris*), leszczyna pospolita (*Corylus avellana* L.), jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.), wierzb szara (*Salix cinerea* L.), głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna*), świdośliwa jajowata (*Amelanchier ovalis*) i czerechca zwyczajna (*Prunus padus* L.). Sugerowana gęstość nasadzeń dla przykładowego 100-metrowego odcinka parawanu wynosi 65–70 sztuk w dwóch lub trzech naprzemiennych szeregach. Średni koszt wykonania 100 m parawanu trzyczęściowego to ok. 3000 zł według cen z lipca 2021 roku. Sumaryczna długość ogrodzenia parku, która wymaga osłonięcia parawanem, wynosi ok. 7000 m.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na uniwersalność metody ochrony wizualnej FV, a działania te mogą znaleźć zastosowanie zarówno na terenie Polski, jak i w innych częściach Europy

i świata. Proponowane zakres i szczegółowość wskazań są szczególnie przydatne dla projektantów, architektów, architektów krajobrazu oraz inwestorów na wszystkich etapach przygotowania koncepcji zagospodarowania i dokumentacji technicznej FV oraz realizacji działań ochrony krajobrazu w sąsiedztwie FV. Opisane ustalenia i metody powinny być również wskazaniem dla decydentów i służb planistycznych w zakresie prowadzenia polityki i gospodarki przestrzennej na obszarach przewidzianych pod lokalizację parków słonecznych oraz przy sporządzaniu dokumentów planistycznych (SUiKZP oraz MPZP) dla tych inwestycji.

Prezentowane rozwiązanie problemu ochrony wizualnej krajobrazu w postaci „zielonych parawanów” ma kilka zalet, ale również wady:

Zalety:

- a) Niewątpliwą zaletą zastosowania „zielonych parawanów” wykonanych z rodzimych gatunków jest możliwość uzyskania odpowiedniej, planowanej i oczekiwanej pozytywnej relacji nowych nasadzeń z istniejącym krajobrazem.
- b) Rozbudowany system parawanów w środowisku naturalnym jest elementem sprzyjającym również powstawaniu lokalnych mikroklimatów, wpływających pozytywnie na to środowisko poprzez wyhamowywanie podmuchów wiatru, częściowe zacienianie obszaru, małą retencję wody, wytworzenie małych korytarzy ekologicznych, powstawanie nowych siedlisk dla drobnej zwierzyny i ptaków (źródło pożywienia i schronienia). Jest to w mniejszej skali system „zielonych przegród” w środowisku, który w swej formie i funkcji, jaką pełni w terenie, nawiązuje do układów śródpolnych zadrzewień stosowanych z powodzeniem w XIX wieku przez generała Dezyderego Chłapowskiego w wielkopolskiej Turwi.

Wady:

- a) Najpoważniejszą wadą „zielonych parawanów” wykonanych z naturalnych nasadzeń z gatunków rodzimych — lokalnych na tej szerokości geograficznej — jest utrata liści w sezonie jesienno-zimowym i pogorszenie efektu zasłaniania w tym okresie.
- b) Uzyskanie dobrych efektów zasłaniania następuje dopiero po okresie wzrostu roślin w parawanie do planowanych i wymaganych rozmiarów, czyli do uzyskania odpowiedniej wysokości (4–5 m) i zwartości, co w tym przypadku zajmuje ok. 5–6 lat przy zastosowaniu typowych sadzonek. Przy zastosowaniu większych egzemplarzy do nasadzeń wzrasta natomiast znacznie koszt realizacji parawanu.

Proces uzyskania pozwolenia na budowę w przypadku Parku Słonecznego Pobiedziska poprzedzony został przeprowadzeniem konsultacji społecznych oraz rozpoczęciem procedury sporządzenia zmiany studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Pobiedziska, a następnie procedury sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla obszaru przewidzianego na lokalizację parku. W dokumentach tych ujęte zostaną zasady opracowania i realizacji działań ochronnych krajobrazu dotyczące inwestycji w postaci parku słonecznego. Ustalenie tych zapisów zostało poprzedzone przygotowaniem koncepcji zagospodarowania przestrzennego ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej obszaru PSP¹.

5. PODSUMOWANIE

Należy stwierdzić, że w przebiegu realizacji inwestycji w postaci parku słonecznego w krajobrazie otwartym, wiejskim brakuje etapu projektowania i realizacji elementów ochrony krajobrazu, który zdaniem autorów powinien być obligatoryjny dla inwestora. Założenia takich działań powinny również znaleźć odzwierciedlenie w prawie lokalnym, tj. w treści studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz w zapisach miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, jako obowiązkowe elementy tych dokumentów. Prowadzenie działań w zakresie przygotowania i prawnego umocowania inwestycji parku słonecznego w gminie Pobiedziska jest pozytywnym przykładem i może stanowić wzór dla innych gmin. Prezentowane wyżej działania tej gminy prowadzą do zabezpieczenia interesów mieszkańców, samorządu gminnego oraz do zadbania o tak istotny aspekt jak wymagania ochrony krajobrazu otwartego i wiejskiego pod kątem zrównoważonego rozwoju i ochrony dóbr kultury.

Opisane propozycje ochrony krajobrazu w postaci „zielonych parawanów” mają swoje

zalety i wady. Jednakże przewaga korzyści płynących z tego rozwiązania dla ochrony krajobrazu i środowiska skłania do stwierdzenia, że tego typu działania powinny być stosowane na szeroką skalę z uwzględnieniem warunków lokalnych. „Zielone parawany” nie są jedynym przykładem działań ochronnych w przypadku inwestycji w krajobrazie otwartym. Mamy jeszcze do dyspozycji takie możliwości jak kształtowanie terenu w postaci wałów ziemnych oraz nasadzenia w postaci zieleni izolacyjnej wysokiej (szeregi, grupy i kompleksy drzew), ale te rozwiązania w omawianym przypadku nie miały uzasadnienia.

Prezentowany przykład działań ochronnych wpisuje się w nurt zrównoważonego rozwoju terenów wiejskich i rolniczych oraz — ze względu na swoją uniwersalną formułę dobrze korespondującą ze środowiskiem poprzez możliwości adaptacyjne do warunków lokalnych — może być stosowany powszechnie w krajobrazie otwartym.

REFERENCES

Published works

- Armstrong, A. et al. (2013), ‘Wind Farm and Solar Park Effects on Plant-Soil Carbon Cycling: Uncertain Impacts of Changes in Ground-Level Microclimate’, *Global Change Biology*, 20(6), pp. 1699–1706. Available at: <https://doi.org/10.1111/gcb.12437> (accessed: 12.08.2022).
- Carullo, L. et al. (2013), ‘Evaluating the Landscape Capacity of Protected Rural Areas to Host Photovoltaic Parks in Sicily’, *Natural Resources*, 4(7), pp. 460–472. Available at: [dx.doi.org/10.4236/nr.2013.47057](https://doi.org/10.4236/nr.2013.47057) (accessed: 30.07.2022).
- Coonen, S. (2001), ‘Building Integrated Photovoltaics’, [in:] *ORNL Solar Summit*, 24.10.2001. Available at: <https://www.scribd.com/document/481404183/ORNL-Coonen-pdf> (accessed: 12.08.2022).
- Davis, A.F. (2020), *Considerations for Future Utility Scale Solar Farm Developments*, [Lexington]: University of Kentucky, College of Agriculture, Food and Environment. Available at: https://agecon.ca.uky.edu/files/considerations_for_future_utility_scale_solar_farm_developments_aec_staff_paper_498_davis_sept2020.pdf (accessed: 30.07.2022).
- Dinesh, H. and Pearce, J. (2016), ‘The Potential of Agrivoltaic Systems’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 299–308. Available at: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02113575/file/The_potential_of_agrivoltaic_systems.pdf, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024> (accessed: 15.08.2022).
- Dobrzańska, B.M., Dobrzański, G. and Kiełczewski, D. (2012), *Ochrona środowiska przyrodniczego*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Dupraz, C. et al. (2011), ‘Combining Solar Photovoltaic Panels and Food Crops for Optimising Land Use: To-

¹ Koncepcja zagospodarowania przestrzennego ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej obszaru PSP zawiera: inwentaryzację fotograficzną obszaru planowanego parku słonecznego oraz jego otoczenia w długich i krótkich widokach na obszar parku; koncepcję zagospodarowania — usytuowania w terenie „zielonych parawanów”; wskazania odległości lokalizacji paneli fotowoltaicznych od obszarów zabudowy; wskazania obszarów wyłączonych z możliwości lokalizacji paneli fotowoltaicznych ze względu na ochronę gleb rolniczych; projekty wariantowe 100-metrowych odcinków „zielonych parawanów” do zastosowania w terenie; przesiewowe wyniki badań gruntu w zakresie odczynu pH i wilgotności; wskazania realizacyjne dla „zielonych parawanów”; wykaz gatunków wyznaczonych do nasadzeń w „zielonych parawanach”.

- wards New Agrivoltaic Schemes', *Renewable Energy*, 36, pp. 2725–2732. Available at: https://www.academia.edu/26151692/Combining_solar_photovoltaic_panels_and_food_crops_for_optimising_land_use_Towards_new_agrivoltaic_schemes (accessed: 30.07.2022).
- Gawryluk, D., Krawczyk, D.A. and Rodero, A. (2022), 'Photovoltaic Panels and Solar Collectors in Cityscape of Białystok (Poland) and Cordoba (Spain)', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1006, 012011. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1006/1/012011/pdf>, DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1006/1/012011> (accessed: 30.07.2022).
- Hektus, P. and Kalbarczyk, E. (2015), 'Zróżnicowanie przestrzenne rozwoju inwestycji z zakresu energetyki odnawialnej w Polsce w kontekście potencjalnego oddziaływania na krajobraz', *Architektura Krajobrazu*, 3, pp. 62–71.
- Jäger-Waldau, A. (2007), 'Photovoltaics and Renewable Energies in Europe', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), pp. 1414–1437. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.11.001> (accessed: 12.08.2022).
- Kalbarczyk, E. (2016), 'Impact of Solar Power Facilities on Landscape'. *Architektura Krajobrazu*, 2, pp. 30–39. Available at: <https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-c95931d3-c4d3-46cf-a074-b64f110418df> (accessed: 25.04.2022).
- Lytle, W. et al. (2021), 'Conceptual Design and Rationale for a New Agrivoltaics Concept: Pasture-Raised Rabbits and Solar Farming', *Journal of Cleaner Production*, 282, 124476. Available at: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1760365>, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124476> (accessed: 15.08.2022).
- Łuczak, A. and Gawlik, A. (2020), *Analiza wpływu na krajobraz planowanego parku solarnej mocy do 60 MW [...] gmina Wągrowiec, powiat wągrowiecki, województwo wielkopolskie*, Poznań: Enina. Available at: https://bip-v1-files.idcom-jst.pl/sites/47096/wiadomosci/557443/files/zalacznik_3_analiza_krajobrazowa_bartodzieje.pdf (accessed: 25.04.2022).
- Mazurski, K.R. (2012), 'Pojęcie krajobrazu i jego ocena', [in:] idem (ed.), *Mijające krajobrazy Polski — Dolny Śląsk. Krajobraz dolnośląski kalejdoskopem jest...*, Kraków: Proksenia, pp. 11–18.
- Moe, E. (2012), 'Vested Interests, Energy Efficiency and Renewables in Japan', *Energy Policy*, 40, pp. 260–273. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.070> (accessed: 12.08.2022).
- Moir Landscape Architecture (2010), 'Visual Impact', [in:] *Capital Solar Farm: Preliminary Environmental Assessment: Appendix F: Visual Impact Assessment*, Bega: NGH Environmental, pp. 35–44. Available at: https://majorprojects.planningportal.nsw.gov.au/pr-web/PRRestService/mp/01/getContent?AttachRef=M-P10_0121%2120190523T041728.366%20GMT (accessed: 09.08.2022).
- Montoya, F.G., Aguilera, M.J. and Manzano-Agugliaro, F. (2014), 'Renewable Energy Production in Spain: A Review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, pp. 509–531. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.091> (accessed: 12.08.2022).
- Morley, D. (2012), 'Recycling Land for Solar Energy Development', *Planning for Solar Energy Briefing Papers*, Chicago: American Planning Association, pp. 57–65. Available at: https://planning-org-uploaded-media.s3.amazonaws.com/legacy_resources/research/solar/briefingpapers/pdf/solarpaperscompendium.pdf (accessed: 11.08.2022).
- Musiałkiewicz, Ł. et al. (2014), *Raport o rynku energii elektrycznej i gazu ziemnego w Polsce w 2014 r.*, Warszawa: RWE Polska and Mediapolis.
- Nordberg, E.J., Caley, M.J. and Schwarzkopf, L. (2021), 'Designing Solar Farms for Synergistic Commercial and Conservation Outcomes', *Solar Energy*, 228(7), pp. 586–593. Available at: https://www.researchgate.net/publication/355130166_Designing_solar_farms_for_synergistic_commercial_and_conservation_outcomes, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.09.090> (accessed: 12.08.2022).
- Norton, B. et al. (2011), 'Enhancing the Performance of Building Integrated Photovoltaics', *Solar Energy*, 85(8), pp. 1629–1664. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.10.004> (accessed: 12.08.2022).
- Peng, Ch., Huang, Y. and Wu, Z. (2011), 'Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) in Architectural Design in China', *Energy and Buildings*, 43(12), pp. 3592–3598. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.09.032> (accessed: 12.08.2022).
- Romov, E. and Teschner, N. (2022), 'A Place under the Sun: Planning, Landscape and Participation in a Case of a Solar Powerplant in the Israeli Desert', *Sustainability*, 14(13), 7666. Available at: <https://doi.org/10.3390/su14137666> (accessed: 12.04.2022).
- Semeraro, T. et al. (2022), 'An Innovative Approach to Combine Solar Photovoltaic Gardens with Agricultural Production and Exosystem Services', *Ecosystem Services*, 56, 101450. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041622000468>, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101450> (accessed: 11.08.2022).
- Siebert, B. (2012), 'Building Integrated Photovoltaics', [in:] *18th Congress of IABSE: Seoul, 2012: Innovative Infrastructures — Toward Human Urbanism: Report*, Zurich: IABSE, pp. 1065–1072.
- Strong, S. (2005), *Building Integrated Photovoltaics: A White Paper on Its Principles and Applications*, [n.p.]: Solar Design Associates. Available at: <https://www.solar-design.com/library/pdf/Building-Integrated-Photovoltaics-Steven-Strong-2005.pdf> (accessed: 12.08.2022).
- Szumigała, P. and Urbański, P. (2017), 'Bazy logistyczne — kłopotliwy użytkownik w krajobrazie otwartym stref podmiejskich', *Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych PAN Oddział w Lublinie*, XIII(2), pp. 38–44. Available at: <https://doi.org/10.35784/teka.1699> (accessed: 12.08.2022).
- Törnroth, S., Nilsson, Å.W. and Luciani, A. (2022), 'Design Thinking for the Everyday Aestheticization of Urban Renewable Energy', *Design Studies*, 79, 101096. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X22000163>, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2022.101096> (accessed: 12.08.2022).

- Tryjanowski, P. and Łuczak, A. (2013), 'Wpływ elektrowni słonecznych na środowisko przyrodnicze', *Czysta Energia*, 137(1), pp. 21–24.
- Tsoutsos, T., Fratzeskaki, N. and Gekas, V. (2005), 'Environmental Impacts from the Solar Energy Technologies', *Energy Policy*, 33(3), pp. 289–296. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00241-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6) (accessed: 12.08.2022).
- Yavari, R. et al. (2022), 'Minimizing Environmental Impacts of Solar Farms: A Review of Current Science on Landscape Hydrology and Guidance on Stormwater Management', *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2, 032002. Available at: <https://iopsience.iop.org/article/10.1088/2634-4505/ac76dd/pdf>, DOI: <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac76dd> (accessed: 10.08.2022).
- Walczak, M. (2007), 'Analiza krajobrazowa w planach ochrony parków krajobrazowych', *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 30, pp. 61–72.
- Whiticar, M. (2022), 'Energy Landscapes. Small-Scale Solutions for Comprehensive Communities', *University of British Columbia Graduate Research*, 598. Available at: <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/graduate-research/42591/items/1.0413793>, DOI: <https://dx.doi.org/10.14288/1.0413793> (accessed: 13.04.2022).
- Wiąckowski, S.K. and Wiąckowska, I. (1999), *Globalne zagrożenia środowiska*, Kielce: WSP.
- Zhu, R. et al. (2022), 'Optimization of Photovoltaic Provision in a Three-Dimensional City Using Real-Time Electricity Demand', *Applied Energy*, 316, 119042. Available at: https://senseable.mit.edu/papers/pdf/20220328_Zhuetal_OptimizationPhotovoltaic_AppliedEnergy.pdf, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119042> (accessed: 15.08.2022).
- Online sources**
- Abramowicz, K. (2021), 'Budowa farmy fotowoltaicznej. Budowa farmy fotowoltaicznej krok po kroku', *Energetyka Plus*, 10.2021. Available at: <https://www.energetyka-plus/budowa-farmy-fotowoltaicznej-budowa-farmy-fotowoltaicznej-krok-po-kroku/> (accessed: 10.03.2022).
- Allen, M. (2020), 'Tinted Solar Panels Allow Plants to Grow Efficiently on "Agrivoltaic" Farms', *Physics World*, 03.09.2022. Available at: <https://physicsworld.com/a/tinted-solar-panels-allow-plants-to-grow-efficiently-on-agrivoltaic-farms/> (accessed: 10.08.2022).
- Barnett, Ch. (2021), '50-Acre Solar Farm Could be Built in Hallow near Worcester', *Worcester News*, 13.10.2021. Available at: <https://www.worcesternews.co.uk/news/19644703.50-acre-solar-farm-built-hallow-near-worcester/> (accessed: 10.08.2022).
- Coffey, D. (2019), 'Planning for Utility-Scale Solar Energy Facilities', *American Planning Association*, 09/10.2019. Available at: <https://www.planning.org/pas/memo/2019/sep/> (accessed: 10.08.2022).
- Community & Environmental Defense Services (2022), 'Getting the Benefits of Solar Farms Without Harming Nearby Residents or the Environment', *CEDS*. Available at: <https://ceds.org/solar/> (accessed: 10.08.2022).
- Courage, H.K. (2021), 'Solar Farms are Often Bad for Biodiversity — But They Don't Have to Be', *Vox*, 18.08.2021. Available at: <https://www.vox.com/2021/8/18/22556193/solar-energy-biodiversity-birds-pollinator-land> (accessed: 29.07.2022).
- Cymanowska, A. (2015), 'Gdańsk/Przejazdowo: Produkcja farmy fotowoltaicznej większa niż szacowano', *Nasze Miasto: Pruszcz Gdański*, 27.09.2015. Available at: <https://pruszczgdanski.naszemiasto.pl/gdanskprzejazdowoprodukcja-farmy-fotowoltaicznej-wieksza-ar/c3-3522111> (accessed: 12.03.2022).
- 'Czernikowo' (2022), *Energa Wytwarzanie*. Available at: <https://energa-wytwarzanie.pl/obiekty/farmy-fotowoltaiczne/19957/Czernikowo> (accessed: 01.10.2022).
- Finger, A. (2016), 'Duke Energy Launches New Solar Facility at Walt Disney World Resort', *Duke Energy: News Center*, 12.04.2016. Available at: <https://news.duke-energy.com/releases/releases-20160412> (accessed: 30.07.2022).
- Haastert, M. (2022), 'Double Harvest for a Sustainable Future: New Ideas for Tomorrow's Agriculture', *Agrosolar Europe*. Available at: <https://www.agrosolareurope.de/en/> (accessed: 29.07.2022).
- Januszek, M. (2018), 'Najciekawsze farmy fotowoltaiczne w Polsce i na świecie', *Inżynieria.com*, 30.03.2018. Available at: https://inzynieria.com/energetyka/odnawialne_zrodla_energii/wiadomosci/51867,najciekawsze-farmy-fotowoltaiczne-w-polsce-i-na-swiecie (accessed: 19.04.2022).
- JPT (2021), 'Największa elektrownia słoneczna w Polsce już działa', *TVP 3 Poznań*, 29.10.2021. Available at: <https://poznan.tvp.pl/56648359/najwieksza-elektrowniasloneczna-w-polsce-juz-dziala> (accessed: 15.04.2022).
- Kwinta, W. (2020), 'Pływające farmy wiatrowe: nadchodzi przełom!', *Inżynieria.com*, 04.09.2020. Available at: https://inzynieria.com/energetyka/odnawialne_zrodla_energii/artykuly/59343,plywajace-farmy-wiatrowe-nadchodzi-przelom (accessed: 12.04.2022).
- Park Słoneczny Pobiedziska* (2022). Available at: <http://www.parkslonecznypobiedziska.pl/> (accessed: 11.04.2020).
- Redakcja Gramwzielone.pl (2022), 'Nowe prawo ma przyspieszyć wydawanie pozwoleń dla OZE', *Gramwzielone.pl*, 11.05.2022. Available at: <https://gramwzielone.pl/trendy/107876/nowe-prawo-ma-przyspieszyc-wydawanie-pozwolen-dla-oze> (accessed: 10.04.2022).
- Redakcja Turek24 (2022), 'Największa elektrownia słoneczna w Polsce już działa i produkuje prąd', *Turek 24*, 28.10.2021. Available at: <https://turek24.com.pl/najwieksza-elektrownia-sloneczna-w-polsce-juz-dziala-i-produkuje-prad/> (accessed: 10.04.2022).
- Richland Township (2021), *Proposed Draft Solar Power Ordinance: Section 1604. Solar Farm*. Available at: <https://secure.munetrix.com/uploads/attachments/solar-farms-ordinance-2021aug05-5642-1630014203-1803.pdf> (accessed: 11.08.2022).
- Sfera proyecto ambiental (2021), 'Las granjas solares flotantes podrían proteger los lagos del cambio climático', *Sfera proyecto ambiental*, 30.03.2021. Available at: <https://sferaproyectoambiental.org/2021/03/30/las>

-granjas-solares-flotantes-podrian-protoger-los-lagos-del-cambio-climatico/ (accessed: 12.08.2022).

Simon, M. (2021), 'Growing Crops under Solar Panels? Now There's a Bright Idea', *Wired*, 14.10.2021. Available at: <https://www.wired.com/story/growing-crops-under-solar-panels-now-theres-a-bright-idea/> (accessed: 13.04.2022).

Smith, O. (2018), 'The Dark Side of the Sun: Avoiding Conflict over Solar Energy's Land and Water Demands', *New Security Beat*, 02.10.2018. Available at: <https://www.newsecuritybeat.org/2018/10/dark-side-sun-avoiding-conflict-solar-energys-land-water-demands/> (accessed: 12.08.2022).

Sol Voltaics (2022), 'How to Hide Solar Panels', *Sol Voltaics*. Available at: <https://solvoltaics.com/how-to-hide-solar-panels/> (accessed: 12.05.2022).

Young, Ch. (2018), 'Here's how Solar Developers Can Maximize Solar's Positive Impact on the Environment', *Solstice: Solar for Every American*, 11.01.2018. Available at: <https://blog.solstice.us/solstice-blog/how-solar-developers-solar-positive-impact-environment/> (accessed: 15.08.2022).

Unpublished works

Biesiada, A. (2015), *Warunki lokalizacji elektrowni słonecznych w Polsce i na świecie*, master's thesis, Archiwum Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu.

Szumigała, P.P. (2021), *Koncepcja zagospodarowania przestrzennego ochrony krajobrazu w zakresie ekspozycji widokowej obszaru Parku słonecznego w gminie Pobiedziska*, Archiwum Moko-Capital w Warszawie.