

MAŁGORZATA DROŹDŹ-SZCZYBURA*

THE ARCHITECTURAL EXPRESSION OF BUILDINGS REALISING THE IDEAS OF URBAN AGRICULTURE

WYRAZ ARCHITEKTONICZNY OBIEKTÓW REALIZUJĄCYCH IDEE ROLNICTWA MIEJSKIEGO

Abstract

Economic and environmental conditions, changing with unprecedented speed, entail looking for new agricultural technologies. The increasing human population makes it necessary to think of new methods of food production. Until now, several-dozen-storey vertical farms, open and closed, and intended mainly for urban areas and urban agriculture, belong mostly in the sphere of futuristic ideas. The projected structures are complexes of unprecedented architectural forms, self-sufficient in energy, making use of sustainable energy sources, recycling water and/or other materials. The question must be raised as to whether our civilisation on Earth can survive and develop in the coming decades without implementing visionary (for the time being) conceptions of food production? Agriculture in high-rise buildings is the dream of some scientists and architects around the globe and is becoming a reality.

Keywords: urban agriculture, vertical farms

Streszczenie

Ekonomiczne i środowiskowe warunki, zmieniające się z niespotykaną dotąd prędkością, pociągają za sobą poszukiwanie nowych technologii rolniczych. Rosnąca populacja ludzka zmusza do myślenia o nowych metodach produkcji żywności. Na razie otwarte i zamknięte kilku- lub kilkunastopiętrowe pionowe farmy, przeznaczone przede wszystkim dla obszarów miejskich i miejskiego rolnictwa, leżą głównie w sferze futurystycznych pomysłów. Projektowane obiekty prezentują bezprecedensowe formy architektoniczne, samowystarczalne energetycznie, wykorzystujące odnawialne źródła energii, recykling wody i/lub innych materiałów. Należy postawić pytanie: czy możliwe jest istnienie i rozwój ziemskiej cywilizacji w najbliższych dziesięcioleciach bez wdrażania wizjonerskich (na razie) koncepcji produkcji żywności? Rolnictwo w budynkach wysokościowych jest marzeniem niektórych naukowców i architektów na całym świecie i staje się rzeczywistością.

Słowa kluczowe: rolnictwo miejskie, farmy pionowe

DOI: 10.4467/2353737XCT.15.002.3747

* D.Sc. Ph.D. Arch. Małgorzata Drożdź-Szczybura, Institute of City and Regional Planning, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology.

1. Introduction

The economic and environmental conditions, which have been changing at an unprecedented pace since the end of the 20th century, in addition to the increasing number of people, have prompted the search for new methods of producing food, which in turn entails the appearance of novel production facilities. At present, in the area of futuristic designs, there are both open and closed vertical farms with several dozen storeys and situated primarily in urban areas. Concepts of urban agriculture are returning¹. They do so because the production of plants and animals has been taking place in cities since the oldest times. It would appear that the history of urban agriculture is as long as the history of cities themselves [11, p. 40]. Vast gardens and fields of arable land constituted an element of the landscapes of ancient cities. The mediaeval towns in Europe quite often conducted a typically rural economy and they were called “towns” only due to their crest and charter. At the beginning of the 19th century, allotment gardens started to appear in German cities. These were a response to the lack of food security. They constituted places of leisure and recreation in times of economic stabilisation of communities and during World Wars 1 and 2, during the economic crisis of 1930s as well as in the post-war period, they gave the inhabitants of European cities a chance to survive. Food production in American, Canadian and British city gardens during World Wars 1 and 2 provided substantial support for the military activities of these countries [7, 12]. The industrial revolution, the industrialisation of societies, and the development of the automotive industry drove accelerated urbanisation and defined the functions of settlement units and areas as well as dividing them into urban and rural. It turned out that the introduction of this smooth division fell outside the accepted criteria, particularly in view of the technological, economic, social and cultural changes in the 20th century. The scientific and technological revolution, also called the third industrial revolution, which began in the 1940s, brought about ideas to return to the concept of urban food production i.e. a combination of multiple functions for urban areas, including urban agriculture, which would be used to produce food for sale. For some social groups, however, the prime function of urban agriculture is leisure [17].

Contemporary urban agriculture is characterised by a diversity of forms in urban areas: from the urban to the architectural scale. Gardens are found near houses, on non-built-up plots, urban wasteland, in parks, near rivers, on building roofs and walls, and even as mobile ones on boats and trailers. On green roofs, plants are grown in different systems: ranging

¹ Urban agriculture is most extensively discussed and defined in American relevant literature. The Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) defines it as production and processing of food and fuel in the entire urban and suburban area in order to satisfy the needs of the customers in the city by means of intensive production methods as well as by using and reusing natural resources and municipal waste to obtain diversity of crops and farm animals. See: J. Smit, A. Ratta, J. Nasr, *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*, United Nations Development Programme (UNDP), New York 1996. On the other hand, scientists from the Council for Agriculture, Science and Technology (CAST), an international consortium with its registered office in American Ames, consider urban agriculture to be a part of a sustainable design and define it as a complex system that encompasses a broad spectrum of activities. These range from production, processing, marketing, distribution and consumption of food as well as various other forms of activity connected with recreation and leisure, economic development and restoration of the natural environment, and finally, to the creation of aesthetic surroundings. See: L. Butler, D.M. Moronek, *Urban and Agriculture Communities: Opportunities for Common Ground*, Council for Agricultural Science and Technology, Ames 2002.

from the traditional to aeroponic or hydroponic systems which reduce water consumption from 70 to 90%. The roofs used for such purposes can be found on a variety of buildings, such as university campuses (Belém-São Paulo Capital), old warehouses (Navy warehouse, Brooklyn), innovation centres (Everything Roof, Toronto), sport clubs (Shaduf, Egypt), and hotels (Hotel Fairmont the Queen Elizabeth, Montreal). Vertical farms are also appearing. These may be considered an answer to the problem of how to achieve a balance between the city with its needs and nature.

The most advanced studies and the not very numerous, but already existing urban vertical farms deal with cultivating plants. In this case, the concept of vertical agriculture is based on cultivating plants on an industrial scale in cities with complete climate control, without contaminants and pesticides and irrespective of the season. The theoretical designs of vertical livestock breeding farms, which have been appearing since the beginning of the 21st century, present buildings of a dozen or several dozen storeys whose primary principles are their non-invasiveness and the self-sustainability connected with their maintenance. Such features of urban farms of the future can be obtained by means of systems using renewable energy sources that already exist or are being developed by designers. Due to the specificity of animal breeding, the first concepts assumed that only poultry farms would accompany the plants.

2. Vertical farming and the oldest vertical farms

When considering the oldest examples, the very idea of “vertical farming” may stem from the Hanging Gardens of Babylon or terrace agriculture, which was an inseparable element of the landscape in numerous rural areas, or formed one entity with an urban area, such as in Machu Picchu. The term “vertical farming” was coined by the geologist Gilbert Ellis Bailey in 1915. In his book, *Vertical farming*, he presented his pacifist views by proposing the idea that explosives should not be used for military operations. Instead, he suggested using them to enlarge farming land by creating shell craters whose walls would serve the purpose of farming surfaces [1]. Bailey’s suggestion of using explosives in farming was indisputably absurd. However, the concepts of farming on vertical walls or in multi-level agricultural facilities were not absurd at all.

Ideas of combining living units with utility rooms or various farming functions, as well as the ideas of utility rooms being situated on various levels, existed and evolved for years in various parts of the world and were often adjusted to specific production and functional requirements.

In the 19th century, Karłowicz wrote about storied houses: “in the Czech Republic, Tyrol, Switzerland, Bosnia and Serbia. Their lower part is frequently made of stone and half of it is buried in the ground; livestock or agricultural produce is placed there; the entrance to the upper storey is located in the middle of the basement. The upper part is wooden and people live there” [19, p. 10]. In *folwarks* (manor farms) and rich farmsteads, the bricked livestock facilities were located at the lowest levels of buildings, sometimes slightly sunk below ground level, while living space or other utility rooms were situated above them and were sometimes made of a different material, most often wood.

Antonio Gaudi placed stables for carriage and saddle horses in the basements of several of the facilities he designed. They neighboured the carriage houses and are sometimes

called the prototypes of underground garages. They were situated in the basements of El Capricho in Comillas, the Güell Palace in Barcelona, and the Casa de Botines in León. Currently, after adaptation work, they perform different functions. Some multi-storey farming buildings, mainly two and three storeys high, were built in Polish lands in the 19th century. These were mainly livestock and storage facilities built on manor farms and, since the second half of the 20th century, also on State Agricultural Farms (Polish: Państwowe Gospodarstwo Rolne) [3].

In 1909, “Life” published one of the first drawings of a multi-storey facility for food production with Victorian farms situated on successive floors [6]. The print made by A. Walker was an advertisement for a high-rise building which was to be built in Manhattan, with conventional farm houses stacked on a steel skyscraper frame (Ill. 1a). Rem Koolhaas wrote that it was a vision of the skyscraper as an ideal tool to create virgin sites or private zones characteristic of typical rustic cottages but located in the middle of a metropolis [8, p. 69–70]. The germ of the idea of vertical farming is also presented by the concept of *Immeubles-Villas* by Le Corbusier from 1922, and by a theoretical design called *Highrise of Homes* by J. Wines from 1981 (Ill. 1b)) [13, p. 87–93].

One of the earliest vertical farms raised in the 20th century may be a hydroponic tower, which no longer exists. It was erected before 1951 in Armenia [15]. Hydroponic towers were also constructed more than half a century ago at a horticultural school in Austria in Langenlois, as well as in 1964 at the Viennese International Horticultural Show [6]. In 1968–1984, a greenhouse tower designed by Othmar Ruthner from Vienna, dominated the Silesian Culture and Recreation Park in Chorzów. It was 54 m tall and its diameter equalled 11 m.

Work in the direction of developing vertical agriculture and consequently on vertical farms evidently intensified at the end of the 20th century. There were two study directions. The first direction focused on open vertical farms, as well as searching for theoretical and practical solutions, whereas the other encompassed sealed farms where agricultural production (crop cultivation, animal and fish breeding) is conducted in a “closed” environment. This division is still valid. It is proposed that both open and sealed farms should exist for solely production purposes, or that they should perform combined functions i.e. production and other, mainly scientific, office, residential and service functions. Vertical farms may also be divided based on their agricultural production. Therefore, facilities with only plant cultivation, those in which animals or poultry are reared, those whose purpose is fish breeding, or those where various kinds of production may be found can be distinguished. Another division which includes the social and production “statuses” of both vertical and all urban farms is also used. Here, we can indicate farms conducted by and for their users as well as farms that produce goods for sale. However, none of these divisions are rigid, and there are numerous variants through which vertical farms may fulfil both production and social roles.

3. Open vertical farms

The Malaysian architect Kenneth Yeang, who is one of the leading founders of ecological architecture, or “green architecture”, is also considered a precursor of contemporary open vertical farms. The plants in his bioclimatic skyscrapers are grown in natural conditions by individual users, a community, or an administrator and are intended to satisfy the needs of the residents

or users of the building. These principles allow the creation of buildings with changeable, live and living walls. We should also mention Hundertwasser's projects, in particular the Green Citadel of Magdeburg, completed in 2005. This is not yet a vertical farm, but a multi-family residential building. On its roof and directly in the façade, tree tenants "belonging" to the flats were to be planted. According to Hundertwasser's plans, the building was supposed to live by, for instance, the changes taking place inside its walls because of the growing trees. This element of the design, however, is executed to a very limited, not to say, scarce degree.

According to Yeang, a bioclimatic building should have a changeable façade, adjusted to climatic conditions. A sun exposure survey should be drawn up and included in the design. The functional programme should also be flexibly adjusted to changing environmental conditions depending on the season. The usage of ecological materials as well as natural light sources and ventilation systems are preferred [18].

Completed in 1992, the Menara Mesiniaga office building designed by Kenneth Yeang, which is the Malaysian headquarters of IBM in Subang Jaya near Kuala Lumpur, is an example of a bioclimatic open vertical farm (Ill. 2a)). The building is the result of 10 years research into bioclimatic principles for the design of medium and tall buildings by its architect. Two green gardens spiralling around the entire 15-storey tower are integrated with outer terraces and balconies. Offices occupy 10 round floors of the steel and aluminium cylinder that forms the body of the building. The uppermost floor holds a recreational swimming pool. Ducts for natural ventilation are placed in the metal structural posts. The energy consumption, typical of the buildings of similar sizes and purposes in Malaysian climatic conditions, has been reduced by using solar panels and screens as well as introducing intelligent management systems [5, 13]. The innovative structural, technological and functional solutions, which have been recognised and appreciated by numerous awards, indicate that this facility set global standards for designing open vertical farms that are to provide appropriate environment for the simultaneous presence of people and cultivation of plants.

In 1998, the design studio managed by Kenneth Yeang, called TR Hamzah & Yeang, won the competition for an ecological project in the tropics (Ill. 2b)). Since 2008, work on the erection of the winning building have been underway – a 26-storey open vertical farm, called the EDITT tower, is being built in Singapore. This high-rise building, with green walls and vegetation occupying nearly half of its usable area, will form a positive, friendly and humane landmark in a completely dehumanised district of the city. Furthermore, it will facilitate the process of air quality improvement. The tower will house lecture halls and exhibition rooms, as well as shops and restaurants. To minimise the "vertical street" effect, it is planned to construct a system of ramps reaching the sixth floor, which will link the facility with the neighbouring buildings. The flexible interior solutions will provide a system of movable vertical and horizontal partitions.

The construction of the tower will be carried out using recycled or secondary raw materials. Each of its floors will be connected to the centralised recycling system. The building will integrate the systems of collecting rainwater and reusing greywater for toilet flushing and plant irrigation. Thus, the water requirement will be satisfied by approximately 55%. Moreover, photovoltaic panels installed on the façade will provide for up to 40% of the building's energy needs. The plans also include composting and converting sewage into biogas³.

³ Office web page: <http://www.trhamzahyeang.com/project/skyscrapers/edit-tower01.html> (access: 18.06.2012).

The residential function dominates in the design of open vertical farms prepared by Gloren Anto and Sayali Athale from Pune in India, who in 2010 won an online competition for an urban concept of the Indian city of the future – HP Skyline 2020. The authors proposed a city with residential high-rise buildings which are easy to develop and which create towering platforms with modular houses. The houses are concentrated around the central shaft for installations and transport. Each modular house is a living unit topped with a garden roof. The water irrigating the gardens is purified and used by subsequent farms on lower floors. Sewage, organic wastes and others are turned into biofuel to produce energy³.

As mentioned in the introduction, due to the specificity of livestock breeding, the first concepts assumed that only poultry farms would accompany the plants. This is where the design by the Dutch studio MVRDV stands out. At the request of the Ministry of Agriculture, Environment and Fishery, in 2001, the studio designed a project for animal breeding on an open vertical farm. One of the versions of the theoretical “Pig City” project postulates the creation of 76 pig farms with several dozen storeys. It was assumed that in the entire country, 32 buildings, each 600 m high, would be erected in the vicinity of large cities, and a further 44 farms would appear near the Port of Rotterdam⁴. The design of the skyscrapers, which would house 15 million pigs, was controversial in the Netherlands itself. The design anticipated options to obtain fishmeal for pig feed made from fish bred on the farm as well as to place a slaughterhouse in the base of the building, which would be linked with the animal boxes by a lift. Each of the towers would have a central excrement tank and biogas production station, which would satisfy the farm’s energy requirements. The criticisms, among others, referred to the excessively large number of animals herded together in one place. However, the calculations performed by the designers show that the production of pork in the numbers desired in the Netherlands is not possible without implementing their idea of breeding and such a concentration of pigs. They indicate that with the use of currently applied technologies, 2/3 or 3/4 of the country’s area would have to serve the purpose of pig breeding. The “Pig City” project was just an idea that has never been executed. MVRDV, however, emphasises that its implementation is possible and relatively simple⁵.

The idea of producing crops and breed poultry in a multi-family building was taken over by the American company Mithun Architects which, in 2007, drew up a project for buildings based on the principles of the Centre for Urban Agriculture (CUA). The architects designed self-sustainable, multi-family residential facilities located in the centre of Seattle where plants would be cultivated and chickens bred. The food produced there would satisfy the needs of the residents. The internal utility system would provide energy, water and utilise sewage⁶.

³ Jury decision, project description and presentation on web page: http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/ (access: 1.09.2010).

⁴ See: „The Wall Street Journal” 7.07.2001; „Architecture” 1.08.2001; MVRDV, *KM3: Excursions on Capacities*, Actar 2005; MVRDV, www.mvrdv.nl (access: 10.06.2012).

⁵ Such an opinion is expressed both in numerous press and television interviews as well as in the publication of MVRDV, *KM3: Excursions on Capacities*, Actar 2005.

⁶ Office web page: <http://www.mithun.com>, also: *5 Urban Design Proposals for 3D City Farms: Sustainable, Ecological and Agricultural Skyscrapers*, <http://weburbanist.com> (access: 10.06.2012) and M. Mozga-Górecka, *Pionowe gospodarstwo rolne*, „Fokus”, Internet edition: <http://www.focus.pl> (access: 10.02.2009).

Also, Toronto was a further location for an urban vertical farm. This was planned in 2007 by Gordon Graff. He proposed the erection of a self-sustainable farm which would have 58–59 overground floors and 6 underground ones. They would be used for hydroponic crop cultivation and part of the building would serve as a chicken breeding farm. The food produced there would satisfy the needs of 35,000 people a year. The facility is also intended to support the city in waste management. It is planned that the biogas station installed in the high-rise would also process municipal waste. The biological wastewater filtration system is supposed to help obtain water for the plants. The system of burning waste products is integrated with the system of producing energy for the farm's purposes⁸.

The design for a vertical farm in Vancouver intended for crop production (vegetables, herbs and fruit) and for breeding more species of animals: goats and sheep as well as poultry, together with an aquaponic fish farm (*Aquaponics* – a technique of simultaneous fish breeding and crop cultivation) was prepared in 2009 by the designers from the Canadian agency Romses Architects. The design won the first award in the “Vancouver 2030 challenge” competition. The farm, called “Harvest Green Tower”, is a vertical ecological farm. Apart from solar energy, it would also make use of wind energy. It is envisaged that the system for energy production in the facility could provide energy surpluses which would subsequently be sold. The highest floors would accommodate rainwater containers with a volume that would satisfy the needs of the plants and animals. This vertical farm, with shops and restaurants on the ground floor, would also host educational facilities and enable conduct of research into plant and animal production in an open urban farm environment⁹.

The international team of architects, eVolo Architecture group, with the collaboration of eVolo magazine, has been conducting competitions for designs of futuristic high-rise buildings since 2003. In 2010, the first prize was awarded to the design for a vertical farm by Lee Dongjin, Park Jinkyu and Lee Jeongwoo from South Korea. The functional programme called the “Circular Symbiosis Tower”, is based on the symbiosis of cows, poultry and pastures, as well as on the cyclically repeating periods of animal grazing and grass growth. The grass platforms that coil around the entire height of the building would be used by cattle for 30 days. Subsequently, after moving the pasture to the next level, they would be used by poultry until the grass has grown again. The ground floor of the facility would house a market as well as living and service units¹⁰.

4. Vertical hermetically sealed farms

A different direction of agricultural production in vertical farms in a hermetically sealed, strictly controlled environment has been proposed by Dickson Despommier. This

⁸ L. Alter, *Sky Farm Proposed for Downtown Toronto*, <http://www.treehugger.com/files/2007/06/skyfarm-gordon-graff.php> (access: 14.06.2007); this one: *More Detail on Gordon Graff's Skyfarm*, <http://www.treehugger.com/files/2008/07/skyfarm-gordon-graff.php> (access: 28.06.2008); D. Pham, *Gordon Graff's Skyfarm for Toronto*, <http://inhabitat.com/gordon-graffs-skyfarm-for-toronto> (access: 25.05.2009).

⁹ Office web page: <http://www.romsesarchitects.com/> (access: 6.06.2012) and B. Meinhold, *Amazing Skyscraper Farm for Vancouver*, <http://inhabitat.com/amazing-skyscraper-farm-for-vancouver/> (access: 11.05.2009).

¹⁰ Project published in the Internet edition eVolo: *Finalist 2011 Skyscraper Competition*, <http://www.eVolo.us> (access: 30.03.2011).

concept emerged in 1999 at Columbia University¹⁰. It promotes mass plant cultivation and livestock breeding in high-rise buildings using advanced greenhouse technologies such as hydroponics and aeroponics. Despommier argues that vertical farming is legitimate for environmental reasons. He claims that the cultivation of plant and animal life in skyscrapers will consume less energy and be less toxic than plant and animal life produced in natural environments in rural areas. In a hermetic environment, it would not be necessary to use insecticides and pesticides. It might also be possible to use automatic irrigation and nutrient dispensing systems as well as gas chromatographs that would indicate when to harvest [2].

The Dragonfly Vertical Farm is a project for a sealed vertical farm designed in 2009 for New York by the Belgian agency Vincent Callebaut Architectures. It is one of the most spectacular designs. With 130 floors and approximately 700 m in height, the vertical farm is self-sustainable and its form resembles the wings of a dragonfly. It also houses apartments, offices, laboratories and public areas. These facilities are placed in two wing-like towers separated by cultivation areas and linked by numerous walkways and lifts. The farm is sited on the bank of Roosevelt Island. Therefore, the design also envisages the creation of marinas and aquaculture ponds that will be functionally connected with the building¹¹. The programme created by the designers should not be considered an agricultural farm, but more likely, the countryside of the future in the middle of the city.

Despommier's theories are also reflected in the theoretical Clepsydra model – an urban vertical farm which was presented by Bruno Vigano and Florencia Costa in 2011. The authors consider it a supplementary structure that can be attached to already existing buildings or can be treated as one of the elements of designs that are being implemented. It may be attached to multi-family residential buildings, schools, hospitals, hotels or supermarkets. The designers claim that a 10-floor farm, which may serve various purposes depending on particular needs (growing edible plants, herbs, flowers or creating green leisure areas), may constitute a multi-directional tool for city development providing social and food security. The 1,500 m² building is predicted to produce the equivalent to 6 hectares of farmland, which equals 40 tonnes of tomatoes a year. The modular structural solutions make up a frame built with mechanically assembled steel rods. The transparent walls are made of ETFE, ethylene tetrafluoroethylene – a structural plastic membrane with high corrosion resistance and strength. Energy requirements are satisfied by solar panels placed on the roof and the cylindrical shape of the building enables an increase in exposure to daylight. The basic module of the farm may be repeated many times. Currently, the designers of the Clepsydra are running a campaign which would allow for the implementation of the project¹².

The first sealed vertical farm implemented in accordance with the principles of contemporary urban agriculture was commissioned in 2010. It produces plants intended for animal feed and is located in Paignton Zoo in Great Britain. Moreover, in 2012, the first

¹⁰ B. Venkataraman, *Country, the City Version: Farms in the Sky Gain Interest*, "The New York Times", 05.01.2011, http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?_r=2 (access: 21.05.2012).

¹¹ Office web page: <http://vincent.callebaut.org/> (access: 1.05.2011); also: K. Cilento, *Dragonfly Vertical Farm concept by Vincent Callebaut*, <http://www.archdaily.com/22969> (access: 23.05.2009).

¹² Description of the project inter alia web page: <http://challenge.bfi.org/> and <http://www.agri-lecture.com/> (access: 11.06.2012).

commercial vertical farm of the 21st century was erected in Singapore where 0.5 tonnes of vegetables are produced daily¹³.

In the first decade of the 21st century, preliminary work was conducted in Dubai in order to build a sealed vertical farm designed by Italian architects from the Studiomobile agency (Ill. 3a)). The stem-shaped farm, from which leaf-like greenhouses grow, would use seawater to cool, humidify, and irrigate the crops¹⁴. Among other numerous ideas for vertical plant farms in Dubai, a project called the “Oasis Tower” has been developed and is currently being implemented (Ill. 3b)). Three towers spiral around a central core. Designed by Rahul Surin, the farm is powered by wind turbines and covered with a polymer ETFE coating. Apart from its productive function, the building will also serve as a residential unit¹⁵.

Furthermore, the construction of another sealed vertical farm was commenced in January 2012 in Linköping, Sweden. This concept, for a farm called Greenhouse Plantagon, is the result of cooperation between Plantagon International AB – a company dealing with the development of new technologies used in vertical farming – and Sweco – a company that renders consulting services in engineering, environmental technology and architecture. Apart from the officials of the country and the city, the project also engages the regional energy company as well as other regional industrial companies.

A transparent tower with oblique walls, which will probably be built (Fig. 4), is intended for vegetable cultivation¹⁶. The building will utilise the excess heat and CO₂ produced by industry. The Sweco designers estimate that the produce obtained in an example Greenhouse Plantagon facility that would occupy 10,000 m² may be equivalent to the produce obtained from 100,000 m² of traditional greenhouse farming. The construction of the Greenhouse Plantagon in Linköping, which is planned to be the first in a series, is predicted to last approximately 12–16 months¹⁷.

¹³ See inter alia: D. Graham-Rowe, *Are vertical farms the future of urban food?*, <http://www.guardian.co.uk/> (access: 29.07.2010 and [<http://www.greendiary.com/entry/on-site-vertical-farm-to-feed-animals-at-paignton-zoo/>] (access: 5.06.2012).

¹⁴ Office web page: <http://www.studiomobile.org/> (access: 29.02.2009); also <http://europaconcorsi.com/authors/2144632567-studiomobile-Cristiana-Favretto-Antonio-Girardi-architetti> (access: 29.02.2009) and http://bryla.gazetadom.pl/bryla/1,85298,6400108,Wertykalna_farma_w_Dubaju.html (access: 23.03.2009).

¹⁵ B. Meinhold, *Oasis Tower is a Spiraling Vertical Farm for Dubai*, <http://inhabitat.com/the-oasis-tower-a-helical-vertical-farm-for-dubai/> (access: 3.01.2010); *Oasis Tower in Dubai*, <http://www.evolo.us/architecture/oasis-tower-in-dubai/> (access: 10.06.2011). Information is also obtained from the implementation of people staying Dubai in 2012.

¹⁶ The form and manner in which Sweco indicates one of two presented designs of the vertical farm might suggest that the final decision concerning the ultimate architectural appearance of the building has not been made yet.

¹⁷ Press Release Plantagon International AB: *The world's first Plantagon Greenhouse for Urban Agriculture breaks ground in Sweden*, <http://www.mynewsdesk.com/uk/pressroom/plantagon-international/pressrelease/view/the-world-s-first-plantagon-greenhouse-for-urbanagriculture-breaks-ground-in-sweden-731611> (access: 9.02.2012) also *SWECO's slanted Plantagon Greenhouse breaks ground in Linköping, Sweden*, http://www.worldarchitecturenews.com/index.php?fuseaction=wanappln.projectview&upload_id=18957 (access: 16.02.2012).

5. Recapitulation

Vertical farms follow the trend and principles of urban agriculture defined in the introduction. According to its advocates, this form of agriculture may constitute a remedy for a number of social problems that currently occur in large cities. Apart from satisfying nutritional needs and improving the food security of cities, the idea may also provide new jobs or contribute to the promotion of professional activity of women. Moreover, it might considerably reduce the production of waste products and prevent their removal outside the city. This might be achieved by direct conversion of waste products for the purposes of urban agriculture. It is also predicted that vertical urban farming will allow for a more effective exploitation of urban space [2, 16, 17].

The criticisms of vertical farming mainly concern profitability, lack of comparative studies, unspecified energy costs and the phenomenon of “light pollution” characteristic of “plant farms.” It is indicated that the income drawn from agricultural production may not be sufficient for rents, and the money saved on transport will not compensate for the costs of urban land [10].

At present, the conventional belief is that current alternative methods for producing food may only encompass plant production and be solely a supplementation to already existing agricultural production. Nevertheless, the increase in population is prompting the search for new places and systems for residence as well as for obtaining, manufacturing and producing food. It is estimated that approximately 85% of the land in the world (out of circa 800 million hectares) that is suitable for cultivation of cereal and vegetables as well as for grazing livestock, is already being used¹⁸. Most demographers agree that in the next 50 years the number of people in the world will reach 9.2 billion. By then, much of the currently used soil will have become depleted, or this land will have sunk underwater or turned into desert by climatic changes [2]. Despite the fact that certain architects and scientists are still bemused at the ideas of vertical farming or listen to them in disbelief, the implementation of the above-outlined visionary concepts of skyscrapers used for food production may become essential for the further existence and development of human civilisation, particularly in view of demographic prognoses for the future. It might be crucial to create vertical farms, which Callebant, in his description of the “Dragonfly Farm,” calls living organisms forming an eatable architecture. The undervaluing the idea vertical farms and failing to notice the necessity to employ effort to design agricultural facilities capable of producing food will not stop the already started global process of turning this vision into practice.

¹⁸ W. Sztumski, *Ekologia przestrzeni*, „Problemy Ekorozwoju” 1/2011, p. 122. See also: G.C. Nelson et al., *Food Security Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options*, International Food Policy Research Institute, Washington 2010; *World Food Programme*, <http://www.wfp.org/> (access: 10.12.2010).

1. Wstęp

Zmieniające się od końca XX w., w tempie dotychczas niespotykanym, warunki gospodarcze i środowiskowe oraz wzrastająca liczba ludności wymuszają poszukiwanie nowych metod produkcji żywności, które skutkują powstawaniem nowych form obiektów produkcyjnych. Dzisiaj przeważnie w sferze futurystycznych projektów znajdują się otwarte i zamknięte kilkudziesięciokondygnacyjne farmy pionowe, które mają być sytuowane przede wszystkim w miastach. Powracają idee miejskiego rolnictwa¹. Powracają, bo produkcja roślinna i chów zwierząt odbywały się w mieście od czasów najdawniejszych. Rolnictwo w miastach wydaje się mieć historię tak długą, jak długa jest historia samych miast [11, s. 40]. Rozległe ogrody i pola uprawne stanowiły element krajobrazu miast starożytnych. Europejskie średniowieczne miasta lokacyjne nierzadko prowadziły typowo wiejską gospodarkę, a miastami były jedynie z nazwy, z tytułu posiadania herbu i przywileju. Na początku XIX w. w niemieckich miastach zaczęto zakładać ogrody działkowe jako odpowiedź na brak bezpieczeństwa żywnościowego. Stanowiąc w okresach stabilizacji ekonomicznej społeczeństw miejsca rekreacji i wypoczynku, w czasie I i II wojny światowej, w trakcie kryzysu lat 30. XX w. i w latach powojennych dały one szansę przetrwania mieszkańcom miast europejskich. Produkcja żywności prowadzona w czasie I i II wojny światowej w ogrodach miejskich Stanów Zjednoczonych, Kanady i Wielkiej Brytanii stanowiła znaczące wsparcie dla działań militarnych podejmowanych przez wymienione państwa [7, 12]. Rewolucja przemysłowa, procesy uprzemysłowienia społeczeństw, rozwój przemysłu motoryzacyjnego to m.in. również przyspieszona urbanizacja i definiowanie, a zarazem rozdzielanie funkcji jednostek osadniczych oraz obszarów na miejskie i wiejskie. Jak się okazało, jest to wprowadzanie podziału płynnego, wymykającego się przyjmowanym kryteriom, zwłaszcza w świetle zachodzących w XX w. zmian technologicznych, gospodarczych, społecznych i kulturalnych. Zapoczątkowana w latach 40. XX w. rewolucja naukowo-techniczna, zwana też trzecią rewolucją przemysłową, dała podstawy do powstania koncepcji powrotu do produkcji żywności w miastach. Spójnego łączenia wielu funkcji przestrzeni miejskich, w tym rolnictwa miejskiego realizującego funkcję produkcji żywności na sprzedaż, chociaż dla niektórych grup społecznych jego główne funkcje to rekreacja i wypoczynek [17].

¹ Rolnictwo miejskie najszerszej opisuje i definiuje amerykańska literatura przedmiotu. Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) określa je jako produkcję i przetwarzanie żywności oraz paliw na całym obszarze miejskim i podmiejskim w celu zaspokojenia zapotrzebowania konsumentów w mieście, z zastosowaniem intensywnych metod produkcji, użytkowania i ponownego wykorzystania zasobów naturalnych i odpadów komunalnych do uzyskania różnorodności roślin uprawnych i zwierząt gospodarskich. Za: J. Smit, A. Ratta, J. Nasr, *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*, United Nations Development Programme (UNDP), New York 1996. Z kolei naukowcy związani z Radą ds. Nauki i Technologii Rolnictwa (Council for Agriculture Science and Technology – CAST), międzynarodowym konsorcjum z siedzibą w amerykańskim Ames, rolnictwo miejskie wpisują w zakres projektowania zrównoważonego i definiują je jako złożony system obejmujący szerokie spektrum czynności. Od tradycyjnych działań związanych z produkcją, przetwarzaniem, marketingiem, dystrybucją i konsumpcją żywności poczynając, na wielu innych formach aktywności związanych z rekreacją i wypoczynkiem, rozwojem gospodarczym, odnową środowiska naturalnego czy kreowaniem estetyki otoczenia kończąc. Za: L. Butler, D.M. Moronek, *Urban and Agriculture Communities: Opportunities for Common Ground*, Council for Agricultural Science and Technology, Ames 2002.

Współczesne rolnictwo miejskie objawia się w różnorodności form, w jakich występuje na terenie miasta: od skali urbanistycznej po architektoniczną. Ogrody uprawne zakładane są w ogrodach przydomowych, na niezabudowanych działkach, na miejskich nieużytkach, w parkach, przy rzekach, na dachach i ścianach budynków, a nawet jako ruchome przestrzenie: łodzie i przyczepy. Na zielonych dachach uprawy prowadzone są w różnych systemach: od tradycyjnego po aeroponiczne lub hydroponiczne, które ograniczają zużycie wody od 70 do 90%. Wykorzystywane są dachy obiektów o różnorodnych funkcjach, np. kampus uniwersytecki (Belém-São Paulo Capital), stare magazyny (Navy warehouse, Brooklyn), centra innowacji (Everything Roof, Toronto), kluby sportowe (Shaduf, Egipt) czy hotele (Hotel Fairmont the Queen Elizabeth, Montreal). Powstają farmy wertykalne, które można uznać za odpowiedź na problem osiągnięcia równowagi pomiędzy miastem i jego potrzebami a naturą.

Najdalej posunięte badania i istniejące już nieliczne realizacje dotyczą pionowych farm miejskich prowadzących produkcję roślinną. Koncepcja pionowego rolnictwa opiera się tutaj na idei uprawy roślin na skalę przemysłową w miastach, przy pełnej kontroli klimatu, braku zanieczyszczeń i pestycydów, niezależnie od pór roku. Powstające od początków XXI w. teoretyczne projekty farm pionowych, w których prowadzony jest chów zwierząt, przedstawiają zlokalizowane w miastach kilkunasto- i kilkudziesięciopiętrowe budowle, w których jako podstawowe założenie przyjmuje się ich bezinwazyjność oraz samowystarczalność bytową i energetyczną. Takie cechy miejskich farm przyszłości mają zostać osiągnięte m.in. za pomocą już istniejących lub opracowanych przez projektantów systemów wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Ze względu na specyfikę technologii chowu zwierząt w koncepcyjnych opracowaniach początkowo przyjmowano towarzyszenie produkcji roślinnej wyłącznie chowu drobiu.

2. Pionowe rolnictwo i najstarsze farmy pionowe

Sięgając do najstarszych przykładów, sam zamysł „pionowego rolnictwa” można wywodzić z wiszących ogrodów Semiramidy czy też tarasowych upraw, które stanowiły nieodłączny element krajobrazu wielu obszarów wiejskich lub, jak w Machu Picchu, tworzyły jeden organizm ze strukturą miejską. Określenie „pionowe rolnictwo” ukuł geolog Gilbert Ellis Bailey w 1915 r. W książce *Vertical farming* dał wyraz swoim pacyfistycznym poglądom proponując zastosowanie materiałów wybuchowych nie do prowadzenia działań wojennych, a do powiększania posiadanego przez rolników areалу poprzez tworzenie lejów powybuchowych i wykorzystywanie powierzchni powstałych ścian na uprawy [1]. Propozycja Baileya użycia materiałów wybuchowych w rolnictwie była bezsprzecznie absurdalna, ale już nie były absurdem koncepcje prowadzenia upraw na pionowych ścianach czy też w wielopoziomowych produkcyjnych obiektach rolniczych.

Rozwiązania z pomieszczeniami mieszkalnymi i gospodarczymi lub różnymi rolniczymi funkcjami i pomieszczeniami gospodarczymi sytuowanymi na różnych poziomach występowały i przez lata ewoluowały w różnych częściach świata, nierzadko dostosowywane do specyficznych wymagań produkcyjnych i funkcjonalnych.

W XIX wieku Karłowicz pisał o domach piętrowych „w Czechach, Tyrolu, Szwajcaryi, Bosni i Serbii. Dół ich jest murowany, często z kamienia; wchodzi on do połowy w ziemię; mieszczą się w nim albo bydłeta, albo też plody rolnicze; nierzadko wchód do górnego piętra

bywa ze środka piwnicy; góra jest drewniana, mieszkają w niej ludzie” [19, s. 10]. W folwarkach i bogatych zagrodach czynszowych stosowano rozwiązania, w których murowane pomieszczenia inwentarskie zlokalizowane były na najniższym, czasami zagłębionym, poziomie budynku, a nad nim znajdowały się, niekiedy wykonane z innego materiału, najczęściej drewna, izby mieszkalne lub inne pomieszczenia gospodarcze.

Antonio Gaudi stajnie koni wyjazdowych i wierzchowych umieścił w piwnicach kilku zaprojektowanych obiektów. Sąsiadujące z powozowniami i nazywane niekiedy pierwowzorami podziemnych garaży, znajdowały się one w podziemiach El Capricho w Comillas, barcelońskiego Pałacu Güell, Casa de Botines w León. Obecnie, po przeprowadzonych pracach adaptacyjnych, pełnią inne funkcje. Nieliczne wielokondygnacyjne, głównie dwu- i trzykondygnacyjne, rolnicze budynki gospodarcze wznoszono na ziemiach polskich już w XIX w. Były to przede wszystkim obiekty inwentarsko-składowe stawiane w folwarkach, a od drugiej połowy XX w. typowe budynki inwentarskie i inwentarsko-składowe w Państwowych Gospodarstwach Rolnych [3].

W 1909 roku w magazynie „Life” został opublikowany jeden z pierwszych rysunków wielokondygnacyjnego obiektu, w którym produkowana jest żywność, z wiktoriańskimi farmami usytuowanymi na kolejnych piętrach [6]. Rycina autorstwa A. Walkera reklamowała projekt wieżowca, który miał być wzniesiony na Manhattanie, z tradycyjnymi zagrodami umieszczonymi na stalowym ruszcie (il. 1a)). Rem Koolhaas pisze, że jest to wizja wieżowca jako idealnego urządzenia do tworzenia dziewiczych miejsc, prywatnych stref charakterystycznych dla wiejskiej farmy, zlokalizowanych na terenie metropolii [8, s. 69–70]. Załączki idei farm pionowych to zarówno koncepcja *Immeubles-Villas* Le Corbusiera z 1922 r., jak i teoretyczny projekt *Highrise of Homes* Jamesa Winesa z 1981 r. (il. 1b)) [13, s. 87–93].

Za jedną z najwcześniej wzniesionych XX-wiecznych farm pionowych można uważać, nieistniejącą już, hydroponiczną wieżę zbudowaną przed 1951 r. w Armenii [15]. Hydroponiczne wieże skonstruowano również ponad pół wieku temu w szkole ogrodniczej w austriackim Langenlois i w 1964 r. na Międzynarodowej Wystawie Ogrodnictwa w Wiedniu [6]. Na terenie Wojewódzkiego Parku Kultury i Wypoczynku w Chorzowie w latach 1968–1984 wznosiła się, zaprojektowana przez wiedeńczyka Othmara Ruthnera, szklarnia wieżowa o wysokości ok. 54 m i średnicy 11 m.

Prace nad kierunkami rozwoju rolnictwa pionowego, a zatem i rozwiązaniami farm pionowych wyraźnie nabrały rozpędu pod koniec XX w., przebiegając dwutorowo. Jeden kierunek badań, rozwiązań teoretycznych i realizacji skupił się na otwartych farmach pionowych, drugi objął farmy zamknięte, w których produkcja rolna (uprawa roślin, chów zwierząt, hodowla ryb) prowadzona jest w „zamkniętym” środowisku. Taki podział utrzymuje się nadal, przy czym zarówno w farmach otwartych, jak i zamkniętych proponuje się realizację tylko funkcji produkcyjnej lub łączenie jej z innymi – przede wszystkim badawczą, biurową, mieszkalną i usługową. Można również wymienić różne typy farm pionowych, biorąc pod uwagę realizowany przez nie kierunek produkcji rolniczej. Chodzi tutaj o obiekty, w których prowadzona jest wyłącznie uprawa roślin, takie gdzie ma miejsce chów zwierząt lub drobiu, farmy ukierunkowane na hodowlę ryb lub takie, gdzie równocześnie występują różne rodzaje produkcji. Stosowany jest również podział farm pionowych, i w ogóle wszystkich miejskich, który uwzględnia ich „status” społeczno-produkcyjny. Wyróżnia się wówczas gospodarstwa prowadzone przez i dla ich użytkowników oraz gospodarstwa produkujące na zbyt. Żaden z podziałów nie jest sztywny i istnieją liczne warianty spełniania przez farmy pionowe zarówno funkcji produkcyjnych, jak i społecznych.

3. Otwarte farmy pionowe

Za prekursora współczesnych otwartych farm pionowych należy uznać pochodzącego z Malezji architekta Kennetha Yeanga, jednego z czołowych twórców architektury ekologicznej, nurtu tzw. zielonej architektury. Rośliny w projektach jego bioklimatycznych wieżowców wzrastają w naturalnych warunkach, uprawiane przez indywidualnych użytkowników, wspólnotę lub zarządcę na potrzeby mieszkańców lub użytkowników wieżowca. Przyjęcie takich założeń pozwala na powstawanie budynków o zmiennych, żywych i żyjących elewacjach. Nie można w tym miejscu nie przywołać realizacji Hundertwassera, a zwłaszcza, oddanej do użytku w 2005 r., Zielonej Cytadeli w Magdeburgu. W tej wprawdzie jeszcze nie pionowej farmie, tylko wielorodzinnym budynku mieszkalnym, na dachu i bezpośrednio w elewacji posadzone miały być tzw. drzewa lokatorów „należące” do mieszkań. Według założeń Hundertwassera dom miał żyć, m.in. poprzez zmiany, jakie będą zachodzić w elewacji w miarę wzrostu drzew. Ten element projektu jest realizowany w bardzo ograniczonym, wręcz szczątkowym zakresie.

Według Yeanga bioklimatyczny budynek powinien mieć zmienną elewację, dostosowaną do warunków klimatycznych. Należy sporządzać i uwzględniać w projektowaniu studium nasłonecznienia. Program funkcjonalny powinna cechować elastyczność dopasowana do zmienności warunków środowiskowych zależnych od pór roku. W miarę możliwości należy wykorzystywać ekologiczne materiały oraz naturalne źródła światła oraz systemy wentylacji [18].

Oddany do użytku w 1992 r. biurowiec Menara Mesiniaga, zaprojektowana przez Kennetha Yeanga malezyjska siedziba IBM w Subang Jaya w pobliżu Kuala Lumpur, stanowi przykład bioklimatycznej otwartej farmy pionowej (il. 2a)). Realizacja stanowi efekt dziesięcioletnich badań jej autora nad bioklimatycznymi zasadami projektowania budynków średnich i wysokich. Całą 15-kondygnacyjną fasadę wieżowca oplatają dwie zielone spirale ogrodów przenikających budynek, zintegrowane z zewnętrznymi tarasami i balkonami. Powierzchnie biurowe zajmują 10 okrągłych pięter stalowo-aluminiowego walca tworzącego bryłę obiektu. Na ostatniej kondygnacji usytuowano rekreacyjny basen. Kanały wentylacji grawitacyjnej umieszczone zostały w metalowych słupach konstrukcyjnych. Zużycie energii, typowe dla budynków o podobnej funkcji i kubaturze w malezyjskich warunkach klimatycznych, zmniejszono m.in. poprzez użycie paneli i ekranów słonecznych oraz wprowadzenie inteligentnych systemów zarządzania [5, 13]. Zastosowane w Menara Mesiniaga nowatorskie rozwiązania konstrukcyjne, technologiczne i funkcjonalne, zresztą zauważone i docenione, o czym świadczą liczne nagrody, pozwalają uznać, że to ten obiekt od momentu powstania wyznaczył światowe standardy w dziedzinie projektowania otwartych farm pionowych, które mają zapewniać odpowiednie warunki środowiskowe dla równoczesnego pobytu ludzi i uprawy roślin.

Kierowane przez Kennetha Yeanga biuro projektowe TR Hamzah & Yeang wygrało w 1998 r. konkurs na ekologiczną realizację w tropikach (il. 2b)). Od 2008 roku trwają prace związane z wzniesieniem w Singapurze nagrodzonego obiektu, 26-piętrowej otwartej farmy pionowej, wieży EDITT (*Ecological Design in The Tropics*). Budynek o zielonych elewacjach i zielenią zajmującą niemal połowę jego powierzchni użytkowej ma stanowić dodatnią, przyjazną i ludzką dominantę w obecnie całkowicie zdehumanizowanym punkcie miasta. Będzie on ponadto wspomagać proces poprawy jakości powietrza. Wieża ma mieścić m.in. sale wykładowe i wystawowe oraz pomieszczenia handlowe i gastronomiczne.

Minimalizację efektu „pionowej ulicy” planuje się uzyskać poprzez system komunikacyjno-usługowych ramp, sięgających szóstej kondygnacji i łączących budynki z sąsiednimi obiektami. Elastyczne rozwiązanie wewnątrz ma zapewnić system mobilnych przegród pionowych i poziomych.

Do wzniesienia wieży przewiduje się użycie surowców wtórnych oraz materiałów pochodzących z recyklingu. Podczas jej użytkowania każda kondygnacja ma być włączona do scentralizowanego systemu recyklingu. System gromadzenia wody deszczowej i wykorzystania szarej wody ma pozwolić na zapewnienie ok. 55% zapotrzebowania na wodę do splukiwania toalet i podlewania roślin. Zainstalowane na elewacji panele fotowoltaiczne dostarczą do 40% potrzebnej energii. Przewiduje się również kompostowanie ścieków oraz wykorzystanie ich do produkcji biogazu².

Funkcja mieszkalna dominuje w projekcie otwartych wertykalnych farm opracowanym przez Glorę Anto i Sayali Athale z Pune w Indiach, który zwyciężył w 2010 r. w konkursie online na opracowanie koncepcji urbanistycznej indyjskiego miasta przyszłości – HP Skyline 2020. Autorzy zaproponowali miasto z łatwymi do rozbudowy mieszkalnymi wieżowcami, które tworzą piętrzące się platformy z mieszkalnymi modułami. Moduły koncentrują się wokół centralnego szybu komunikacyjno-instalacyjnego. Każdy moduł to mieszkanie z ogrodem na dachu. Woda zasilająca ogrody jest oczyszczana i wykorzystywana przez kolejne gospodarstwa z niższych pięter. Ścieki, odpady organiczne oraz inne mają stanowić biopaliwo do wytwarzania energii³.

Jak już zaznaczono na wstępie, ze względu na specyfikę technologii chowu zwierząt w większości koncepcyjnych opracowań początkowo przyjmowano towarzyszenie produkcji roślinnej wyłącznie chowu drobiu. Na tym tle wyróżnia się projekt holenderskiej pracowni MVRDV, która na zlecenie holenderskiego Ministerstwa Rolnictwa, Środowiska i Rybołówstwa opracowała w 2001 r. koncepcję skoncentrowanego chowu zwierząt w otwartej fermie pionowej. Jedną z wersji teoretycznego projektu „Pig City” postuluje budowę 76 farm dla trzody chlewnej liczących kilkadziesiąt kondygnacji. Przyjęto, że na terenie całego kraju w pobliżu dużych miast rozmieszczone byłyby 32 budynki o wysokości ponad 600 m, a 44 zlokalizowane w porcie w Rotterdamie⁴. Wzbudzający duże kontrowersje w samej Holandii projekt wieżowców, w których miało się zmieścić w sumie 15 milionów świń, zakładał m.in. uzyskiwanie mączki rybnej na paszę z hodowanych na farmie ryb oraz umieszczenie w cokole budynków rzeźni połączonej windą z boksami zwierząt. Każda z wież miała posiadać centralny zbiornik odchodów i wytwórnię biogazu zaspokajającego energetyczne zapotrzebowanie farmy. Krytyczne opinie odnosiły się głównie do zbyt dużej koncentracji zwierząt w jednym miejscu. Z kolei obliczenia dokonane przez projektantów dowodzą, że nie można uzyskać zakładanej w Holandii produkcji mięsa wieprzowego bez proponowanej przez nich technologii chowu i koncentracji trzody. Wykazują oni przykładowo, że stosowane obecnie technologie wymagałyby przeznaczenia od 2/3 do 3/4 powierzchni kraju na chów trzody.

² Strona biura: <http://www.trhamzahyeang.com/project/skyscrapers/edit-tower01.html> (dostęp: 18.06.2012).

³ Decyzja sądu konkursowego i opis oraz prezentacja projektu na stronie: http://www.bustler.net/index.php/article/winners_announced_in_hp_skyline_2020_online_competition/ (dostęp: 1.09.2010).

⁴ Zob. „The Wall Street Journal” 7.07.2001; „Architecture” 1.08.2001; MVRDV, *KM3: Excursions on Capacities*, Actar 2005; MVRDV, www.mvrdv.nl (dostęp: 10.06.2012).

Projekt „Pig City” był tylko koncepcją i nigdy nie został zrealizowany, ale MVRDV podkreśla, że jego realizacja jest możliwa, a wdrożenie stosunkowo proste⁵.

Program prowadzenia produkcji roślinnej połączonej z chowem drobiu w budynku wielorodzinnym przyjęła amerykańska firma Mithun Architects, która w 2007 r. opracowała koncepcje obiektów realizujących założenia idei Centrów Rolnictwa Miejskiego (*Centre for Urban Agriculture* – CUA). Zaprojektowane zostały samowystarczalne wielorodzinne budynki mieszkalne zlokalizowane w centrum Seattle, w których uprawiano by rośliny oraz hodowano kurczaki. Wyprodukowana na miejscu żywność zaspokajałaby część potrzeb mieszkańców. Zakładany wewnętrzny system instalacji bytowych dostarczałby m.in. prąd, wodę i utylizował ścieki⁶.

Lokalizację w centrum Toronto dla miejskiej farmy pionowej przewidywał w 2007 r. Gordon Graff. Autor proponuje wzniesienie samowystarczalnej farmy, w której 58–59 nadziemnych kondygnacji i 6 podziemnych wykorzystanych jest do prowadzenia hydroponicznej uprawy roślin, a część budowli przeznaczona jest na chów kurcząt. Wyprodukowana żywność może zaspokoić potrzeby 35 000 osób rocznie. Obiekt ma wspomagać miasto w gospodarce odpadami. Zakłada się, że zainstalowana w nim wytwórnia biogazu będzie również przetwarzać odpady komunalne. Zastosowany system biologicznej filtracji wody z wytwarzanych ścieków ma pozwalać na uzyskanie wody dla upraw. System spalania odpadów jest w projekcie zintegrowany z systemem wytwarzania prądu na potrzeby farmy⁷.

Koncepcję pionowej farmy w Vancouver dla produkcji roślin (warzyw, ziół i owoców) i chowu już większej liczby gatunków zwierząt: kóz i owiec oraz drobiu wraz z aquaponiczną hodowlą ryb (aquaponika – technika jednoczesnej hodowli ryb i uprawy roślin) opracowali w 2009 r. projektanci z kanadyjskiego biura Romses Architects. Projekt zdobył główną nagrodę w konkursie „Vancouver 2030 challenge”. Farma nazwana „Harvest Green Tower” uważana jest za pionowe gospodarstwo ekologiczne. Oprócz energii słonecznej ma również wykorzystywać energię wiatru. Zakłada się, że opracowany system wytwarzania w obiekcie prądu może zapewnić powstawanie nadwyżek, które będą sprzedawane. Na najwyższych kondygnacjach przewidziano zainstalowanie zbiorników wody deszczowej o pojemności zaspokajającej zapotrzebowanie roślin i zwierząt. Pionowe gospodarstwo ze zlokalizowanymi na parterze pomieszczeniami handlowymi i gastronomicznymi ma także odgrywać rolę edukacyjną oraz służyć prowadzeniu badań nad produkcją roślinną i zwierzęcą w środowisku otwartej farmy miejskiej⁸.

⁵ Opinia ta wyrażana jest zarówno w licznych wywiadach prasowych oraz telewizyjnych, jak i w publikacji MVRDV, *KM3: Excursions on Capacities*, Actar 2005.

⁶ Strona biura: <http://www.mithun.com>, także: 5 Urban Design Proposals for 3D City Farms: Sustainable, Ecological and Agricultural Skyscrapers, <http://weburbanist.com> (dostęp: 10.06.2012) oraz M. Mozga-Górecka, *Pionowe gospodarstwo rolne*, „Fokus”, <http://www.focus.pl> (dostęp: 10.02.2009).

⁷ L. Alter, *Sky Farm Proposed for Downtown Toronto*, <http://www.treehugger.com/files/2007/06/skyfarm-gordon-graff.php> (dostęp: 14.06.2007); tenże, *More Detail on Gordon Graff's Skyfarm*, <http://www.treehugger.com/files/2008/07/skyfarm-gordon-graff.php> (dostęp: 28.07.2008); D. Pham, *Gordon Graff's Skyfarm for Toronto*, <http://inhabitat.com/gordon-graffs-skyfarm-for-toronto> (dostęp: 25.05.2009).

⁸ Strona biura: <http://www.romsesarchitects.com/> (dostęp: 6.06.2012) oraz B. Meinhold, *Amazing Skyscraper Farm for Vancouver*, <http://inhabitat.com/amazing-skyscraper-farm-for-vancouver/> (dostęp: 11.05.2009).

Międzynarodowy zespół architektów tworzących grupę eVolo Architecture od 2003 r. organizuje, przy współudziale magazynu „eVolo”, konkursy na projekty wieżowców przyszłości. W edycji 2010 pierwszą nagrodę zdobył projekt pionowej farmy autorstwa Lee Dongjin, Park Jinkyu i Lee Jeongwoo z Korei Południowej. Program funkcjonalny „Circular Symbioza Tower” autorzy opierają na symbiozie krów, drobiu i pastwisk oraz na cyklicznie powtarzających się okresach wypasu zwierząt i wzrostu traw. Spiralnie ciągnące się przez całą wysokość obiektu platformy pastwisk mają być przez 30 dni użytkowana przez bydło, następnie – po przemieszczeniu się pastwiska na kolejny poziom, ma być ono, aż do kolejnego przyrostu trawy, przeznaczone dla drobiu. Na parterze obiektu przewidziano targowisko oraz pomieszczenia mieszkalne i usługowe⁹.

4. Farmy pionowe o zamkniętym środowisku produkcyjnym

Nowy kierunek realizacji produkcji rolnej w farmach pionowych w zamkniętym, ściśle kontrolowanym środowisku propagują badania i publikacje Dicksona Despommiera. Jego koncepcja farm wertykalnych powstała w 1999 r. na Uniwersytecie Columbia¹⁰. Promuje ona masową uprawę roślin i zwierząt do celów handlowych w wieżowcach z wykorzystaniem zaawansowanej technologii cieplarnianych, takich jak hydroponika i aquaponika. Despommier argumentuje, że pionowe rolnictwo jest uzasadnione ze względów ekologicznych. Twierdzi, że uprawa roślin i chów zwierząt w wieżowcach będą zużywać mniej energii i będą mniej toksyczne niż produkcja rolnicza prowadzona w naturalnym środowisku obszarów wiejskich. W środowisku kontrolowanym wyeliminowane zostanie zapotrzebowanie na środki owadobójcze i pestycydy. Można zastosować m.in. automatyczne systemy nawadniania i dozowania substancji odżywczych oraz chromatografy gazowe, które będą informować o czasie zbioru roślin [2].

Za jeden z bardziej spektakularnych projektów zamkniętej farmy pionowej można uważać projekt Dragonfly Vertical Farm opracowany w 2009 r. dla Nowego Jorku przez belgijskie biuro Vincent Callebaut Architectures. Licząca ok. 130 kondygnacji, wysoka na ok. 700 m, samowystarczalna energetycznie i bytowo pionowa farma, o formie wzorowanej na skrzydłach ważki, mieści również mieszkania, biura, laboratoria i przestrzenie publiczne. Umieszczone w dwu wieżach-skrzydłach, rozdzielone terenami upraw roślinnych, połączone są licznymi ciągami pieszymi i windami. Przewidywana lokalizacja farmy na brzegu Roosevelt Island wpłynęła na zaprojektowanie związanych funkcjonalnie z budynkiem przystani oraz stawów przeznaczonych do hodowli akwakultur¹¹. Przyjęty przez projektantów program farmy można uznać nie za gospodarstwo rolne, ale wieś przyszłości w mieście.

⁹ Projekt opublikowany w internetowym wydaniu „eVolo”: *Finalist 2011 Skyscraper Competition*, <http://www.eVolo.us> (dostęp: 30.03.2011).

¹⁰ B. Venkataraman, *Country, the City Version: Farms in the Sky Gain Interest*, „The New York Times”, 5.01.2011, http://www.nytimes.com/2008/07/15/science/15farm.html?_r=2 (dostęp: 21.05.2012).

¹¹ Strona biura: <http://vincent.callebaut.org/> (dostęp: 1.05.2011); także: K. Cilento, *Dragonfly Vertical Farm concept by Vincent Callebaut*, <http://www.archdaily.com/22969> (dostęp: 23.05.2009).

Teorie formułowane przez Despommiera odzwierciedla teoretyczny model Klepsydry – miejskiej farmy pionowej, który w 2011 r. zaprezentowali Bruno Vigano i Florencia Costa. Pomysłodawcy zakładają możliwość dobudowywania obiektu do istniejących budynków lub traktowania go jako jeden z elementów nowo powstających realizacji. Może on być łączony z domami wielorodzinnymi, szkołami, szpitalami, hotelami i supermarketami. Projektanci uważają, że 10-piętrowa farma służąca, zależnie od potrzeb, do uprawy roślin jadalnych, ziół lub kwiatów albo tworzenia zielonych terenów rekreacyjnych może stanowić wielokierunkowe narzędzie rozwoju miast zapewniające bezpieczeństwo żywnościowe i społeczne. Budynek zajmujący 1500 m² ma produkować tyle ile 6-hektarowe gospodarstwo rolne, co daje np. 40 ton pomidorów rocznie. Modułowe rozwiązanie konstrukcyjne tworzą ramy ze stalowych prętów łączonych mechanicznie, a przezroczyste ściany wykonane są z ETFE, tetrafluoroetyleny etylenu, tworzywa sztucznego o dużej wytrzymałości i odporności na korozję. Zapotrzebowanie energetyczne spełniają zainstalowane na dachu panele słoneczne. Cylindryczny kształt obiektu pozwala na zwiększenie dostępu światła dziennego. Podstawowy moduł farmy może być wielokrotnie powtarzany. Autorzy koncepcji Klepsydry prowadzą kampanię, która pozwoliłaby na realizację tego projektu.

Pierwsza zamknięta pionowa farma zrealizowana zgodnie z zasadami współczesnego miejskiego rolnictwa została oddana do użytku w 2010 r. Produkuje ona rośliny przeznaczone na pasze dla zwierząt i znajduje się w Ogrodzie Zoologicznym w Paignton (Wielka Brytania). W 2012 roku wzniesiono w Singapurze pierwszą w XXI w. komercyjną farmę pionową, w której produkuje się 0,5 tony warzyw dziennie.

W pierwszym dziesięcioleciu (2009 r.) XXI w. prowadzone były wstępne prace nad realizacją zamkniętej pionowej farmy w Dubaju, zaprojektowanej przez włoskich projektantów z biura Studiobile (il. 3a)). Farma w kształcie łodygi, z której wyrastają liście-szklarnie, do chłodzenia, nawilżania i nawadniania upraw miała wykorzystywać morską wodę. Oprócz innych licznych koncepcji farm pionowych prowadzących produkcję roślinną dla Dubaju opracowano również prawie równoległy projekt „Oasis Tower”, który jest obecnie realizowany (il. 3b)). Trzy wieże spiralnie oplatają w nim centralny rdzeń. Zasilana przez turbiny wiatrowe, zaprojektowana przez Rahula Surina farma pokryta jest polimerową powłoką z ETFE. Oprócz funkcji produkcyjnej ma ona również pełnić funkcję mieszkalną.

Budowę zamkniętej farmy pionowej rozpoczęto w lutym 2012 r. w szwedzkim Linköping. Koncepcje farmy nazwanej Greenhouse Plantagon stanowią rezultat współpracy pomiędzy Plantagon International AB, firmą zajmującą się rozwojem technologii znajdujących zastosowanie w farmach pionowych, oraz Sweco, firmą świadczącą usługi w zakresie doradztwa technicznego, technologii środowiskowej oraz architektury. Oprócz władz kraju i miasta w realizację w Linköping zaangażowane są także regionalna spółka energetyczna oraz inne miejscowe zakłady przemysłowe.

Przejrzysta wieża o skośnych ścianach, która najprawdopodobniej będzie realizowana (il. 4), przeznaczona jest do uprawy warzyw. Ma wykorzystywać nadwyżki ciepła oraz CO₂ wytwarzane przez przemysł. Projektanci ze Sweco szacują, że wysokość produkcji uzyskiwanej w przykładowym obiekcie typu Greenhouse Plantagon, który będzie zajmować 10 000 m², może odpowiadać produkcji uzyskiwanej z 100 000 m² tradycyjnych upraw szklarniowych. Przewiduje się, że budowa Greenhouse Plantagon w Linköping, który planowany jest jako pierwszy z serii kolejnych obiektów, zajmie około 12–16 miesięcy.

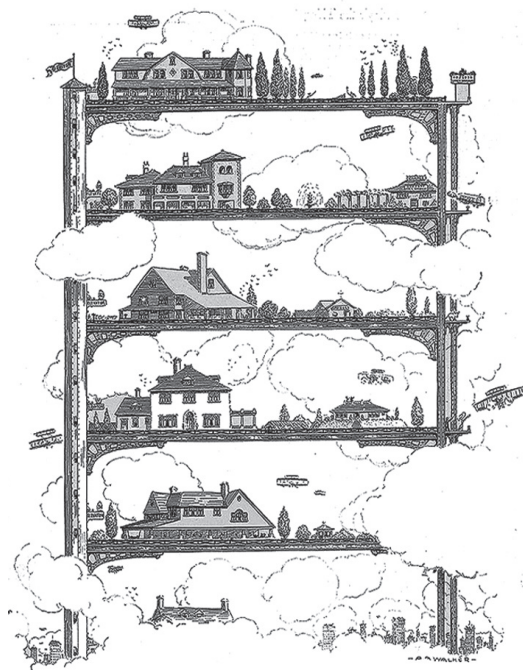
5. Podsumowanie

Farmy pionowe wpisują się w nurt idei i założeń zdefiniowanego we wprowadzeniu rolnictwa miejskiego. Rolnictwa, które według jego zwolenników może stanowić remedium na część problemów społecznych występujących we współczesnym wielkim mieście. Poza zaspokojeniem potrzeb żywieniowych i zwiększeniem bezpieczeństwa żywnościowego miasta tworzy nowe miejsca pracy w miejscu zamieszkania, może przyczynić się do aktywizacji zawodowej kobiet, ograniczyć w znaczącym stopniu produkcję i konieczność wywożenia odpadów poza miasto poprzez ich bezpośrednie przetwarzanie na potrzeby miejskiego rolnictwa. Prognozuje się również, że pionowe rolnictwo miejskie pozwoli na bardziej efektywne wykorzystanie terenów miejskich [2, 16, 17].

Krytyka farm pionowych dotyczy przede wszystkim ich opłacalności ekonomicznej, braku opracowań porównawczych, niesprecyzowanych kosztów zużycia energii oraz występowania zjawiska tzw. zanieczyszczenia światłem charakterystycznego dla „farm roślinnych”. Wykazuje się, że przychody z produkcji rolniczej mogą nie wystarczyć na czynsze, a kwoty zaoszczędzone na transporcie nie zrekompensują cen miejskich gruntów [10].

Obecnie powszechnie uważa się, że alternatywne metody produkcji żywności mogą obejmować głównie produkcję roślinną i stanowić wyłącznie uzupełnienie istniejących metod produkcji rolnej. Jednakże wzrost liczby ludności wymusza poszukiwanie nowych miejsc i systemów zamieszkiwania oraz uzyskiwania, wytwarzania i produkcji żywności. Według szacunków z powierzchni nadających się pod uprawy zbóż i warzyw oraz do wypasu zwierząt hodowlanych, która wynosi około 800 milionów hektarów, wykorzystuje się w świecie już około 85%. Większość demografów twierdzi, że w ciągu najbliższych 50 lat liczba ludności na świecie wzrośnie do co najmniej 9,2 miliarda. Ponadto do tego czasu wiele z rolniczo użytkowanych obecnie terenów wyjałowuje lub na skutek zmian klimatycznych znajdzie się pod wodą albo zamieni w pustynię [2]. W świetle tych prognoz, mimo że nadal przez część architektów i naukowców zagadnienie projektowania farm pionowych przyjmowane jest z niedowierzaniem czy wręcz szyderczym rozbawieniem, do dalszego istnienia i rozwoju ziemskiej cywilizacji może stać się konieczne wdrażanie zarysowanych, często wizjonerskich, koncepcji obiektów architektonicznych służących produkcji żywności: farm pionowych, które w opisie swojej „Dragonfly Farm” Callebant nazywa żywymi organizmami tworzącymi jadalną architekturę. Umniejszanie wartości idei wznoszenia farm pionowych i niedostrzeganie konieczności podejmowania prac projektowych dotyczących takich rolniczych obiektów produkcyjnych nie powstrzyma, już zachodzącego, światowego procesu przeistaczania się wizji w praktykę.

a)



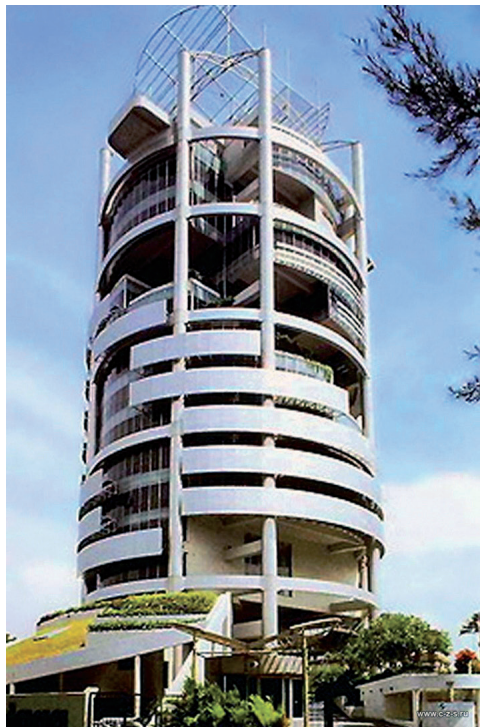
b)



III. 1. Early high-rise – vertical farm vision: a) conception high-rise in Manhattan, drawing A. Walker, 1909 (source: <http://prettyobscure.tumblr.com/post/21279227071/the-skyscraper-as-utopian-device-for-the>), b) theoretical project Highrise of Homes, J. Wines, 1981 (source: <http://bouncingballball.blogspot.com/2011/09/james-wines-drawings.html>)

II. 1. Wczesne wizje wieżowców – farm pionowych: a) koncepcja wieżowca na Manhattanie, rys. A. Walker, 1909 r. (źródło: <http://prettyobscure.tumblr.com/post/21279227071/the-skyscraper-as-utopian-device-for-the>), b) teoretyczny projekt Highrise of Homes, J. Wines, 1981 r. (źródło: <http://bouncingballball.blogspot.com/2011/09/james-wines-drawings.html>)

a)



b)



III. 2. Open vertical farms designed in the Kenneth Yeang project office: a) Menara Mesiniaga, IBM headquarters in Subang Jaya near Kuala Lumpur, Malaysia, opened in 1992 (source: http://www.c-z-s.ru/photos_conf.php?parent=100&photo=9), b) EDITT Tower, Singapore, conceptual design 2008 (source: <http://architecture-now2.blogspot.com/2008/11/editt-tower-singapore.html>)

II. 2. Otwarte farmy pionowe zaprojektowane w biurze projektowym Kennetha Yeanga: a) biurowiec Menara Mesiniaga oddany do użytku w 1992 r., siedziba IBM w Subang Jaya, Malezja (źródło: http://www.c-z-s.ru/photos_conf.php?parent=100&photo=9), b) koncepcja EDITT Tower dla Singapuru, 2008 r. (źródło: <http://architecture-now2.blogspot.com/2008/11/editt-tower-singapore.html>)

a)



b)



III. 3. Vertical hermetically sealed farms for Dubai: a) first concept, project by: C. Favretto i A. Girardi, Studiobile, 2009 (source: © studiobile Cristiana Favretto Antonio Girardi architetti), b) Oasis Tower, object probably to be built in Dubai, project by: Rahul Surin, 2009 (source: <http://inhabitat.com/the-oasis-tower-a-helical-vertical-farm-for-dubai/>)

II. 3. Zamknięte farmy pionowe dla Dubaju: a) obiekt pierwotnie przewidziany do realizacji, proj. C. Favretto i A. Girardi, Studiobile, 2009 r. (źródło: © studiobile Cristiana Favretto Antonio Girardi architetti), b) Oasis Tower, obiekt prawdopodobnie realizowany, proj. Rahul Surin, 2009 r. (źródło: <http://inhabitat.com/the-oasis-tower-a-helical-vertical-farm-for-dubai/>)



III. 4. Conceptions – the Greenhouse Plantagon, a hermetically sealed vertical farm in Linköping, project by: Sweco and Plantagon International AB, 2012 (source: <http://www.arch2o.com/plantscraper-international-centre-for-urban-agriculture-plantagon sweden/#.T95VdbWNOSo>)

II. 4. Koncepcje Greenhouse Plantagon, zamkniętej farmy pionowej przewidzianej do wzniesienia w Linköping, proj. Sweco i Plantagon International AB, 2012 r. (źródło: <http://www.arch2o.com/plantscraper-international-centre-for-urban-agriculture-plantagon sweden/#.T95VdbWNOSo>)

- [1] Bailey G.E., *Vertical Farming*, E.I. du Pont de Nemours Powder co., Wilmington 1915.
- [2] Despommier D., *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*, St. Martin's Press 2010.
- [3] Drożdż-Szczybura M., *O wyrazie architektonicznym budynków inwentarskich. Od kralalu do farmy pionowej*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011.
- [4] Butler L., Moronek D.M., *Urban and Agriculture Communities: Opportunities for Common Ground*, Council for Agricultural Science and Technology, Ames 2002.
- [5] Hart S., *Ecoarchitecture: The Work of Ken Yeang*, John Wiley & Sons Ltd., London 2011.
- [6] Hix J., *The Glass House*, MIT Press, Cambridge 1974.
- [7] Katsch G., Walz J.B., *Deutschlands Kleingärtner in drei Jahrhunderten*, Herausgegeben vom Bundesverband Deutscher Gartenfreunde, e.V., Lipsk 2011.
- [8] Koolhaas R., *Delirious New York. A Retroactive Manifesto for Manhattan*, Oxford University Press, New York 1978.
- [9] MVRDV, *KM3: Excursions on Capacities*, Actar 2005.
- [10] Nordahl D., *Public Produce: The New Urban Agriculture*, Island Press, Washington 2009.
- [11] Palej A., *Farmy miejskie – przedsięwzięcia wspomagające strategię zrównoważonego rozwoju miast*, „Czasopismo Techniczne”, z. 6-A/2010, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2010, 39–44.
- [12] Pawlikowska-Piechotka A., *Tradycja ogrodów działkowych w Polsce*, Novae Res, Gdynia 2010.
- [13] Powell R., *Rethinking the Skyscraper: The Complete Architecture of Ken Yeang*, Whitney Library of Design, New York 1999.
- [14] Ruby I., Ruby A., *The rediscovery of the ground in contemporary architecture*, Gustavo Gili, 2006.
- [15] Sholto J.D., *Hydroponics: The Bengal system: with notes on other methods of soilless cultivation*, Oxford University Press (wyd. 40), 1970.
- [16] Smit J., Ratta A., Nasr J., *Urban Agriculture: Food, Jobs, and Sustainable Cities*, United Nations Development Programme (UNDP), New York 1996.
- [17] Viljoen A. et al., *Continuous Productive Urban Landscapes*, Architectural Press, Burlington, MA 2005.
- [18] Yeang K., *The Skyscraper Bioclimatically Considered: A Design Primer*, Academy Group Ltd., London 1996.
- [19] J. Karłowicz, *Chata polska. Studyjum lingwistyczno-archeologiczne. Odbitka z Pamiętnika Fizjograficznego*, Tom IV za rok 1884, Warszawa 1884.