

Prezentacje/Presentations

Gra przestrzenna w kształtowaniu struktury mieszkaniowej

Formation of housing structure using spatial game

*Autor:/Author: mgr inż. arch. Tomasz Broma**

Praca dyplomowa/Diploma project

Promotor:/Tutor: dr inż. arch. Ada Kwiatkowska

Nagrody:/Awards:

- *I nagroda w konkursie Young Talent Architecture Award 2016¹/Young Talent Architecture Award 2016¹*
- *Finał konkursu European Architectural Medals for the Best Diploma Projects 2016/European Architectural Medals for the Best Diploma Projects 2016 final*
- *Nominacja do Dorocznej Nagrody SARP im. Zbyszka Zawistowskiego/Nomination for the Diploma of the Year 2017 competition – Doroczna Nagroda SARP im. Zbyszka Zawistowskiego*
- *Finał konkursu AZ Awards 2017 w kategorii A+ /Student Award/AZ Awards 2017, final of A+ Student Award category*

Prezentowany projekt to eksperymentalna struktura mieszkaniowa wypełniająca jeden z kwartałów na powstającym osiedlu Nowe Żerniki we Wrocławiu (il. 1). Jego idea oparta została na filozofii *slow-life*, architekturze *low-tech* oraz koncepcji przestrzeni atawistycznej. Zasadniczym elementem struktury jest wertykalna

The presented project is an experimental housing structure filling one of the quarters originating in the residential estate of Nowe Żerniki in Wrocław (Fig. 1). Its idea was based on slow-life philosophy, low-tech architecture and the concept of atavistic space. An essential element of the structure is the vertical village – residential space, which is entirely devoted to inhabitants, so that they can construct their houses on their own and decide,

* Wydział Architektury Politechniki Wrocławskiej/Faculty of Architecture, Wrocław University of Science and Technology.

¹ *Young Talent Architecture Award* (YTAA) to nagroda ustanowiona w 2016 r. przez Fundację Miesa van der Rohe oraz Unię Europejską w ramach programu Kreatywna Europa. Nagroda przyznawana jest co dwa lata trzem najlepszym projektom dyplomowym wykonanym na europejskich uczelniach wyższych. Na pierwszą edycję konkursu wpłynęło 211 projektów, które wcześniej zostały wyselekcjonowane przez ponad 100 uczelni wyższych. W 2016 r. jednym z trzech zwycięskich projektów był dyplom *S'lowtecture: struktura mieszkaniowa*. Ceremonia wręczenia nagrody odbyła się podczas debaty *Shaping European Cities* w ramach 15. Międzynarodowej Wystawy Architektury – *La Biennale di Venezia*.

¹ *Young Talent Architecture Award* (YTAA) is an award established in 2016 by the Mies van der Rohe Foundation and the European Union under the Creative Europe program. The prize is awarded every two years to three best graduation projects made at European universities. The first edition of the competition received 211 projects that have been selected by more than 100 universities. In 2016, one of the three winning projects was a diploma *S'lowtecture: housing structure*. The award ceremony took place during the debate *Shaping European Cities* within The 15th International Architecture Exhibition – *La Biennale di Venezia*.



Il. 1. Wizualizacja struktury mieszkaniowej (autor: T. Broma)

Fig. 1. Housing structure visualization (by T. Broma)

wioska – przestrzeń mieszkaniowa, która w całości została oddana mieszkańcom, by ci samodzielnie mogli wznosić swoje domostwa i decydować między innymi o ich wielkości, estetyce, koszcie, sposobie i tempie budowy. W tym celu udostępnione zostały im proste technologie budowlane z materiałów z odzysku bądź tanich i łatwo dostępnych materiałów naturalnych, które przygotowywane są w wielofunkcyjnej hali z parkiem maszynowym w partenze struktury². Relacje pomiędzy jednostkami mieszkaniowymi reguluje opracowana na potrzeby projektu *Parcelacja kubaturowa*. Jest ona rodzajem gry przestrzennej – algorytmem, który pozwala na generowanie wariantowych układów jednostek mieszkaniowych oraz ich odpowiednie osadzenie w strukturze. Niniejszy artykuł stanowi szczegółowy opis *Parcelacji kubaturowej* – jej genezy, idei, funkcji i sposobu działania.

Gra w życie – John Conway

Zastosowana w projekcie gra przestrzenna powstała w oparciu o automat komórkowy *Gra w życie*. Automaty komórkowe to matematyczne modele, które składają się z dwuwymiarowej siatki oraz wyznaczonych przez nią

² Hala pełni także funkcję centrum aktywności społecznej dla mieszkańców struktury.

among other things, about their size, aesthetics, cost, manner and pace of construction. For this purpose, residents were provided with simple building technologies from recycled materials or cheap and readily available natural materials which can be prepared in a multi-purpose hall with a machine park on the ground floor of the structure². Relations between housing units are regulated by *Cubic parceling* developed for the needs of the project. It is a kind of spatial game – algorithm that allows us to generate variant housing unit arrangements and their appropriate placement in the structure. This article provides a detailed description of *Cubic parceling* – its origins, idea, features and way of working.

Game of life – John Conway

The spatial game used in the project was based on a cellular automaton *Game of life*. Cellular automata are mathematical models comprised from a two-dimensional net and delimited by it areas called cells. Each cell can be in one exact state. The number of states is not limited but it must be finite. The cellular automaton, created in this way undergoes cyclical transformations during which

² The hall also acts as a center of social activity for the inhabitants of the structure.

pól, nazywanych komórkami. Każda komórka może znaleźć się w jednym z kilku stanów, których może być dowolnie dużo, jednak ich liczba musi być skończona. Zbudowany w ten sposób automat komórkowy poddawany jest cyklicznym przekształceniom, podczas których zmieniają się stany poszczególnych komórek. Stan komórki po przekształceniu zależy wyłącznie od stanu, w jakim znajdowały się otaczające ją komórki (tzw. sąsiedztwo) przed przekształceniem. Podczas przekształcenia stany wszystkich komórek zmieniają się jednocześnie zgodnie z zasadami przyjętymi dla konkretnego automatu komórkowego [1].

W 1970 r. brytyjski matematyk John Conway opracował automat komórkowy o nazwie *Gra w życie* (ang. *Game of life*). Składa się on ze zbioru prostych zasad, które pozwalają na generowanie skomplikowanych struktur oraz ich ewolucję w kolejnych cyklach przekształceń. Plansza *Gry* to nieskończona płaszczyzna ortogonalnej siatki, a wszystkie znajdujące się na niej komórki muszą być w jednym z dwóch dozwolonych stanów – komórka żywa bądź martwa. Pierwotny stan komórek określa gracz poprzez założenie, które z nich są żywe. Wygenerowana w ten sposób struktura jest następnie przekształcana w kolejnych cyklach, a stan komórki w następnej generacji jest wynikiem stanu jej sąsiedztwa w generacji poprzedniej. Na sąsiedztwo każdej komórki składa się osiem przylegających do niej komórek – po cztery prostopadłe oraz po przekątnej [2]. Przekształcenia odbywają się na podstawie następujących zasad:

- Narodziny. Komórka, która jest martwa w generacji x , staje się żywa w generacji $x+1$, jeżeli dokładnie trzy komórki z jej sąsiedztwa w generacji x były żywe.
- Śmierć z powodu zatłoczenia. Komórka, która jest żywa w generacji x i ma jednego lub mniej sąsiadów w tej generacji, staje się martwa w generacji $x+1$.
- Śmierć z powodu samotności. Komórka, która jest żywa w generacji x i ma czterech lub więcej sąsiadów w tej generacji, staje się martwa w generacji $x+1$.
- Przetrvanie. Komórka, która jest żywa w generacji x , przetrwa żywa do generacji $x+1$ tylko wtedy, gdy w generacji x będzie miała dwóch lub trzech sąsiadów [3].

Oprócz regulowania przemian w chaotycznych strukturach zasady *Gry w życie* generują wiele konfiguracji charakteryzujących się złożonym zachowaniem. Są wśród nich struktury stale żywe, jak na przykład Kostki (cztery przylegające do siebie komórki żywe), które pozostają niezmiennie w kolejnych cyklach. Oscylatory to struktury zmienne okresowo, które po określonej liczbie przemian wracają do swojej pierwotnej konfiguracji. Istnieją także struktury poruszające się w zorganizowany sposób po polu gry. Nazywane są Statkami kosmicznymi, a najpopularniejszy z nich to Szybowiec – konfiguracja składająca się z pięciu żywych komórek. Inną grupą struktur są Działa, a wśród nich Wyrzutnia szybowców – konfiguracja zbudowana z 26 żywych komórek, która generuje nieskończoną wiązkę rytmicznie poruszających się Szybowców [3].

Wspomniane konfiguracje, ich kombinacje oraz przypadkowe układy komórek przypominają zaawansowane kolonie żywych organizmów, które rodzą się, replikują, roz-

states of particular cells change. The state of a single cell after the transformation depends entirely on the state in which surrounding cells (so-called neighborhood) were before conversion. During the transformation the states of all cells are changing simultaneously according to the rules for a particular cellular automaton [1].

In 1970, the British mathematician John Conway developed a cellular automaton called the *Game of Life*. It consists of a set of simple rules that allow generating complex structures and their evolution in subsequent cycles of transformation. The game board is an infinite plane of an orthogonal net. All the cells located on it must be in one of the two permitted states – living or dead cell. The initial states of all cells are determined by the player by establishing which of them are alive. Generated structure is then converted in subsequent cycles. State of a cell in the next generation is determined by the state of its neighborhood in the previous generation. Neighborhood of each cell consist of eight adjoining cells – four parallel and four diagonal [2]. Transformations take place on the basis of the following principles:

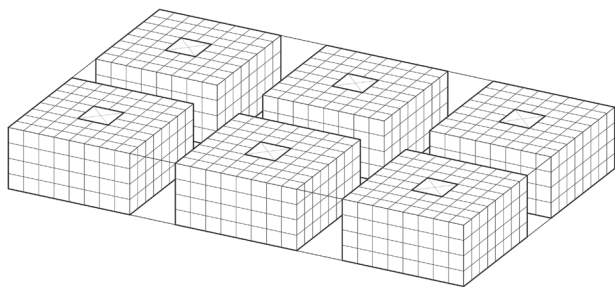
- Birth. A cell that is dead in the generation x , becomes alive in generation $x+1$ if exactly three cells from its neighborhood in generation x were alive.
- Death by overcrowding. A cell which is alive in the generation x and has one or fewer neighbors in this generation becomes dead in the generation $x+1$.
- Death by exposure. A cell which is alive in the generation x and has four or more neighbors in this generation becomes dead in the generation $x+1$.
- Survival. A cell that is alive in the generation x survives alive in the generation $x+1$ only if in the generation x it will have two or three neighbors [3].

In addition to the regulation of changes in the chaotic structures, rules of the *Game of life* generate multiple configurations characterized by a complex behavior. Among them there are structures constantly alive such as Blocks (four adjoining living cells), which remain unchanged in subsequent cycles. Oscillators are periodically variable structures that after a certain number of changes come back to their original configuration. There are also structures moving in an orderly manner on the game board. They are called Spaceships, and the most common is Glider – configuration consisting of five living cells. Another group of structures are Guns with Glider Gun among them – configuration built of 26 living cells which generates an infinite beam of rhythmically moving Gliders [3].

These configurations, their combinations and random cell systems resemble an advanced colony of living organisms that are born, replicate, grow, move and die. Subjected to further transformation cycles they evolve spontaneously into unpredictable structures often self-organizing into specialized systems. However, they are driven by simple rules based on the analysis of the nearest neighborhood.

The spatial game – rules of the Cubic parcellation

The primary objective of the presented project was to hand over fragments of space of the urban block (parcels) to the inhabitants, so that within them, they could decide



Il. 2. Schemat podziału struktury mieszkaniowej na plansze oraz podział plansz na komórki parcelacyjne (autor: T. Broma)

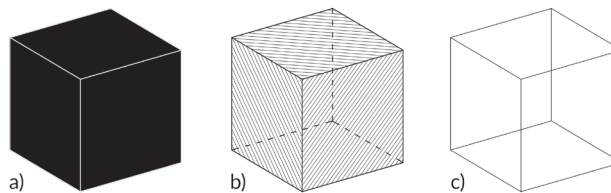
Fig. 2. Diagram representing the division of a housing structure into boards and division of the boards into parcellation cells (by T. Broma)

rastają, poruszają i umierają. Poddawane kolejnym cyklom przekształceń samoistnie ewoluują w nieprzewidywalne struktury, często samoorganizując się w wyspecjalizowane układy. Kierują nimi jednak proste zasady oparte na analizie najbliższego sąsiedztwa.

Gra przestrzenna – zasady Parcelacji kubaturowej

Nadrzędnym celem prezentowanego projektu była chęć oddania mieszkańcom fragmentów przestrzeni bloku urbanistycznego (parceli), tak by w ich obrębie sami decydowali o swoich jednostkach mieszkaniowych – między innymi o ich układzie, wielkości, tempie wznoszenia, materiale budowlanym. Jednak ze względu na wertykalny charakter struktury mieszkaniowej³ klasyczna parcelacja na płaszczyźnie z zasadami określającymi dopuszczalne wzajemne odległości okazała się niewystarczająca. Wymusiło to konieczność opracowania zestawu reguł samoorganizujących strukturę, które warunkowałyby racjonalne wykorzystanie dostępnej przestrzeni, gwarantowały zachowanie odpowiednich odległości między domami oraz ich prawidłowe doświetlenie, zapewniały dostęp do komunikacji i instalacji, a także zapobiegały powstawaniu blokad i konfliktów. Zasady te zawarte zostały w stworzonej na potrzeby projektu *Parcelacji kubaturowej* – opierającej się na analizie najbliższego sąsiedztwa grze przestrzennej, która zainspirowana została automatem komórkowym Johna Conwaya.

Plansza do gry to wykrojony ze struktury mieszkaniowej fragment przestrzeni o podstawie 24×24 m i wysokości 12 m, podzielony trójwymiarową siatką⁴ (il. 2). Za podstawowy i niepodzielny moduł siatki przyjęto sześcienną komórkę o boku długości 3 m, która jednocześnie stanowi jednostkę miary parceli⁵. Środek planszy wypełnia rdzeń, w którym znajduje się trzon techniczny z komunikacją pionową oraz instalacjami. Pozostałe komórki otaczające rdzeń pełnią zróżnicowane funkcje w ramach jednego z trzech odmiennych stanów, przypisanego każ-



Il. 3. Trzy stany komórek parcelacyjnych: a) komórka zabudowana, b) komórka ogrodowa, c) komórka pusta (autor: T. Broma)

Fig. 3. Three states of the parcellation cells: a) built-up cell, b) garden cell, c) empty cell (by T. Broma)

about their housing units – including arrangement, size, pace of construction and building material. However, due to the vertical nature of the residential structure³ classical plane parcellation with rules governing acceptable mutual distances proved to be insufficient. It forced the need to develop a set of rules self-organizing the structure and conditioning rational use of the available space, guarantee the preservation of the respective distances between the houses and their proper lighting, provide access to communication and services, as well as prevent the formation of blockages and conflicts. These principles have been included in the *Cubic parcellation* – space game based on the analysis of the nearest neighborhood, which was inspired by John Conway's cellular automaton.

The game board is a fragment of space cut out from the housing structure. It is a cuboid on a square base measuring 24×24 m and 12 m high, which was divided by the three-dimensional net⁴ (Fig. 2). The fundamental and indivisible net unit is a cubic cell with a side length of 3 m, which at the same time is a unit of lot measurement⁵. The center of the board is filled by the technical core with a vertical communication and services. Other cells that surround the core perform different functions under one of the three different states assigned to each cell during the *Cubic parcellation* process. According to the game rules cells can be built-up, empty or garden cells (Fig. 3). Built-up cells serve a living function⁶, garden cells complete housing units and the empty ones are an open space providing spaces between houses, within which the overall communication, neighborhood space and semi-private garden entrances to the houses were designed. A single parcel consists of built-up and garden cells. Empty cells are a semi-private space.

Cells in various states affect each other and the relationships between them are regulated by the following rules (Fig. 4):

1. Each built-up cell is surrounded by eight empty cells that forms its closest neighborhood (in the front and back, from both sides and diagonally).
2. Empty cells surrounding a built-up cell can be replaced by a garden cell.

³ Część struktury o funkcji mieszkaniowej ma wysokość 12 m.

⁴ Prezentowana struktura urbanistyczna składa się z sześciu plansz.

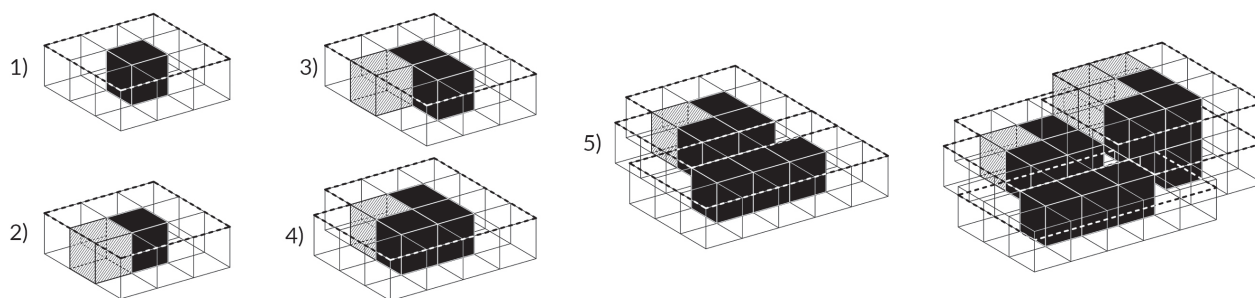
⁵ Każda parcelka stanowi wielokrotność komórki.

³ Part of the structure performing housing function has a height of 12 m.

⁴ Presented urban structure consists of six boards.

⁵ Each parcel is a multiple of a cell.

⁶ Each built-up cell is a module of housing unit.



Il. 4. Zasady *Parcelacji kubaturowej* (autor: T. Broma)

Fig. 4. *Cubic parcellation rules* (by T. Broma)

dej komórce podczas procesu *Parcelacji kubaturowej*. Zgodnie z zasadami gry komórki mogą być zabudowane, puste lub ogrodowe (il. 3). Komórki zabudowane pełnią funkcję mieszkaniową⁶, komórki ogrodowe dopełniają jednostki mieszkaniowe, a komórki puste są otwartą przestrzenią zapewniającą przerwy między domami – w ich obrębie zaprojektowano komunikację ogólną, przestrzenie sąsiedzkie lub półprywatne ogródki wejściowe do domów. Na pojedynczą parcelę składają się komórki zabudowane oraz ogrodowe. Komórki puste stanowią przestrzeń półprywatną.

Komórki w poszczególnych stanach wpływają na siebie wzajemnie, a relacje między nimi regulują następujące zasady (il. 4):

1. Każda komórka zabudowana otoczona jest w swoim najbliższym sąsiedztwie w płaszczyźnie poziomej ośmioma komórkami pustymi (z przodu i tyłu, z lewej i prawej strony oraz po przekątnych).

2. Komórki puste otaczające komórkę zabudowaną mogą zostać zastąpione komórkami ogrodowymi.

3. Puste komórki mogą także być zastąpione komórkami zabudowanymi, ale wyłącznie wchodzącymi w skład tej samej jednostki mieszkaniowej i wykonanymi z tego samego materiału. Połączenie komórek zabudowanych powoduje zsumowanie ich sąsiedztwa.

4. Komórki zabudowane uzupełnione o komórki ogrodowe muszą tworzyć pełny prostopadłościan.

5. Przerwa między komórkami zabudowanymi wchodzącymi w skład dwóch różnych jednostek mieszkaniowych musi wynosić co najmniej jedną komórkę pustą.

Wymienione reguły samoorganizują przestrzennie całą strukturę i zapobiegają powstawaniu blokad. Zapewniają także dostęp do komunikacji oraz instalacji wszystkim jednostkom mieszkaniowym. Dodatkowo wykluczone zostało bezpośrednie stykanie się dwóch niezależnych jednostek mieszkaniowych, co pozwala uniknąć problematycznych pod względem technologicznym połączeń wynikających z różnorodnych metod budowlanych.

Jednak ze względu na racjonalne wykorzystanie przestrzeni zostały wprowadzone dodatkowe zasady, które ograniczają maksymalną liczbę komórek składających się

3. Empty cells surrounding a built-up cell can also be replaced by another built-up cell but it must be made of the same building material and it must be a part of the same house. This process causes summation of both cells' neighborhood.

4. Group of built-up cells and garden cells must form a complete cuboid.

5. Between two different housing units there must be at least one empty cell.

These rules spatially self-assemble the entire structure and prevent it from the formation of blockages. They also provide access to the communication and services for all the housing units. In addition, direct contact between the two independent housing units is excluded which allows us to avoid problematic, in terms of technology, connections resulting from a variety of construction methods.

In order to ensure proper floor area ratio some additional rules were added to the algorithm. They limit the maximum number of cells making up one housing unit and determine the proportion of the occupied space. Analogous to the flat parceling, where the aim is to create an even and quadrangular parcel, that allows to avoid the formation of difficult to manage plots, in the *Cubic parcellation* there was implemented a rule that requires all built-up and garden cells to form a complete cuboid. In addition, at least half of all the cells forming a housing unit have to be built-up cells and their maximum number cannot be higher than nine. The number of cells that form a housing unit affects the maximum number of inhabitants:

- 1 inhabitant – 2 built-up cells,
- 1–2 inhabitants – 3 built-up cells,
- 2 inhabitants – 4 built-up cells,
- 2–3 inhabitants – 5 built-up cells,
- 3 inhabitants – 6 built-up cells,
- 3–4 inhabitants – 7 built-up cells,
- 4 inhabitants – 8–9 built-up cells.

These rules exclude cutting off fragments of the board that cannot be used in the future. They also guarantee optimal building density and the number of residents indispensable to form social relationships building a neighborhood unit.

The final factor affecting the *Cubic parcellation* is a map of light that is developed individually for each

⁶ Każda komórka zabudowana stanowi moduł jednostki mieszkaniowej.

na jedną jednostkę mieszkaniową oraz określają proporcję zajmowanych przez nie przestrzeni. Analogicznie do parcelacji płaskiej, gdzie dąży się do tworzenia równomiernych i czworobocznych parcel, co pozwala uniknąć powstawania trudnych do zagospodarowania działek, w *Parcelacji kubaturowej* wprowadzono regułę, że wszystkie komórki zabudowane uzupełnione o komórki ogrodowe muszą tworzyć pełny prostopadłościan. Ponadto komórki zabudowane muszą stanowić więcej niż połowę wszystkich komórek w parceli, a ich liczba nie może przekraczać dziewięciu. Ze względu na liczbę komórek zabudowanych w parceli jednostki mieszkaniowe mogą być zamieszkałe przez:

- 1 osobę – 2 komórki zabudowane,
- 1–2 osób – 3 komórki zabudowane,
- 2 osoby – 4 komórki zabudowane,
- 2–3 osób – 5 komórek zabudowanych,
- 3 osoby – 6 komórek zabudowanych,
- 3–4 osób – 7 komórek zabudowanych,
- 4 osoby – 8–9 komórek zabudowanych.

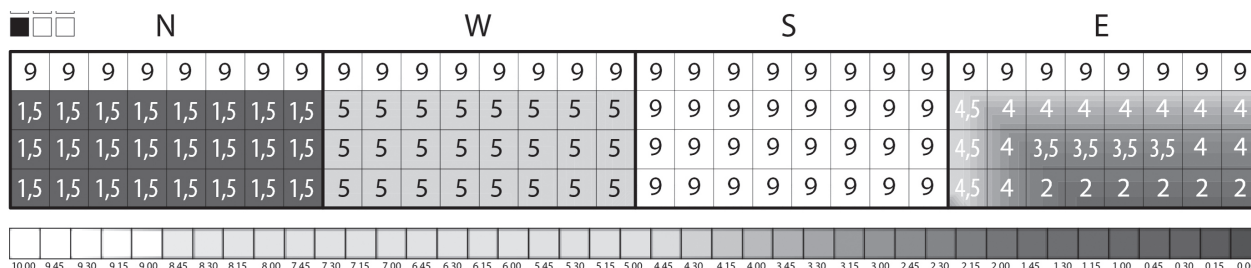
Powyższe zasady wykluczają odcinanie niedających się w przyszłości wykorzystać fragmentów planszy. Gwarantują także optymalną gęstość zabudowy i liczbę miesz-

board in the structure. It is a graphical representation of light exposure time and it shows the number of hours of direct sunlight illuminating cells located in the outer part of the board (Fig. 5). The map is used for final verification in the process of locating housing units on the board. If too little sunlight reaches the housing unit, it needs an adjustment either of its geometry or position on the board. If it is impossible to obtain adequate lighting, the entire housing unit should be moved to a different board in the structure. All the position changes take place in accordance with the previously described rules of the *Cubic parcellation*.

Cubic parcellation simulation

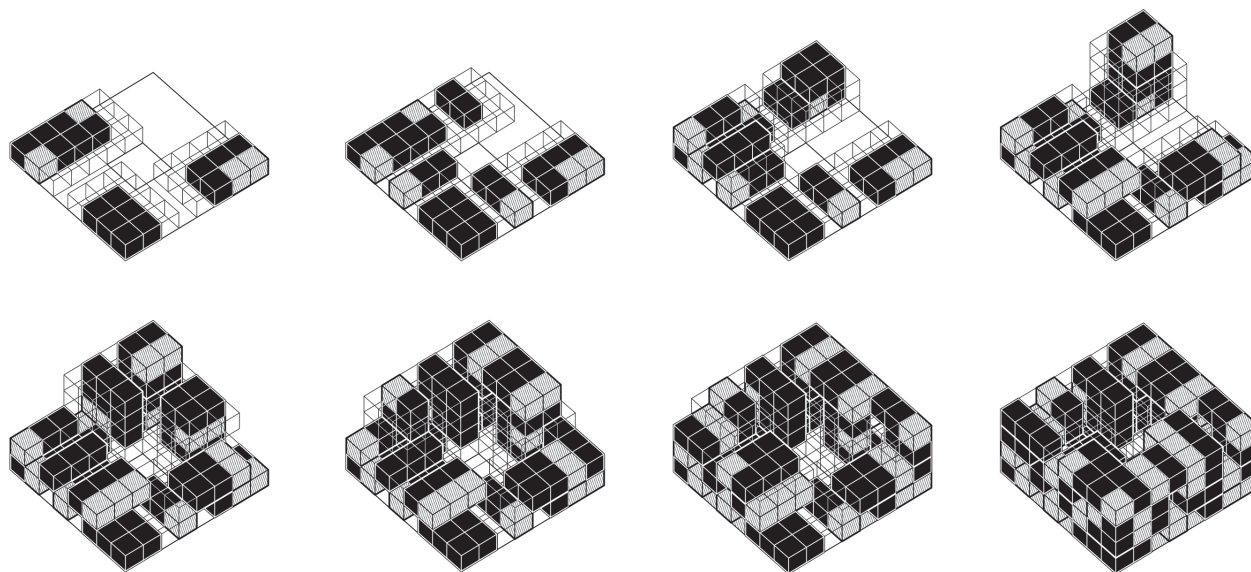
Considering all the principles of *Cubic parcellation*, the process of designing new housing units is carried out in the following stages:

1. Clarification of the needs and requirements related to the number of inhabitants, size of the housing unit, its eventual staging and arrangement.
2. Choosing the size of a parcel and the housing unit plan in accordance with the formulated needs.



II. 5. Fragment mapy światła (autor: T. Broma)

Fig. 5. Part of a map of light (by T. Broma)



II. 6. Wybrane etapy symulacji *Parcelacji kubaturowej* (autor: T. Broma)

Fig. 6. Selected stages of the *Cubic parcellation* (by T. Broma)

kańców niezbędną do zawiązania relacji społecznych budujących jednostkę sąsiedzką.

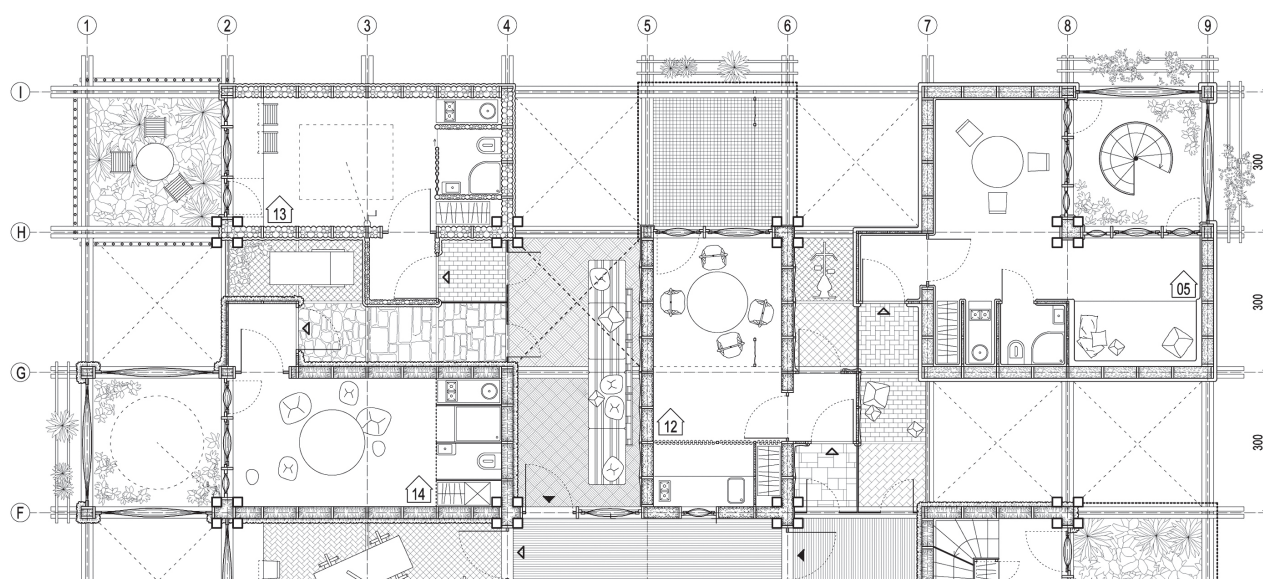
Ostatnim elementem wpływającym na *Parcelację kubaturową* jest opracowana indywidualnie dla każdej planszy w strukturze mapa światła. Jest ona graficzną reprezentacją czasu nasłonecznienia i przedstawia liczbę godzin bezpośredniego oświetlenia światłem słonecznym komórek leżących w zewnętrznej części planszy (il. 5). Mapa służy do ostatecznej weryfikacji usytuowania jednostek mieszka-

3. Placing the selected parcel with the housing unit on the board following the parceling rules.

4. Checking the embedded housing unit in terms of sunlight illumination according to the light map.

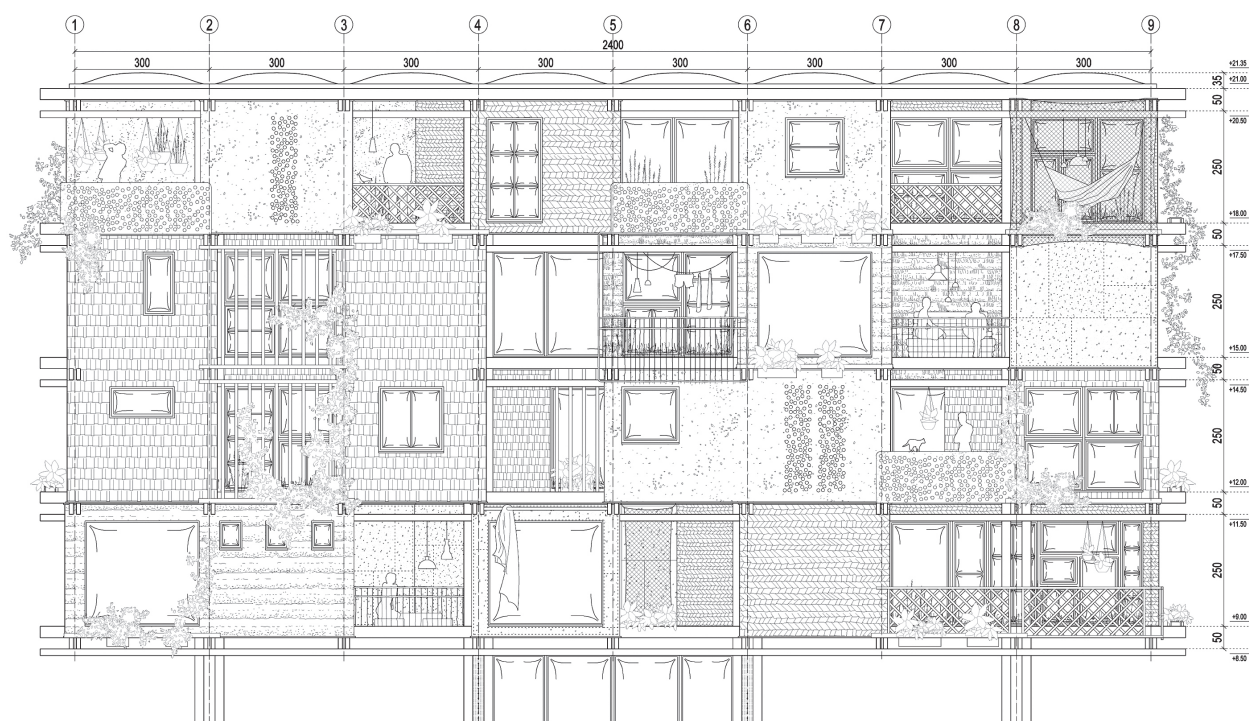
5. Possible adjustments.

On the basis of the *Cubic parcellation* a simulation was carried out of the neighborhood unit formation within the area of the board. As a result there were designed 26 different housing units for 56 inhabitants. Selected phases of



Il. 7. Fragment rzutu struktury mieszkaniowej opracowany na podstawie symulacji (autor: T. Broma)

Fig. 7. Part of a housing structure plan based on a simulation (by T. Broma)



Il. 8. Fragment przekroju struktury mieszkaniowej opracowany na podstawie symulacji (autor: T. Broma)

Fig. 8. Part of the housing structure section based on a simulation (by T. Broma)



Il. 9. Wizualizacje wnętrz wybranych jednostek mieszkaniowych (autor: T. Broma)

Fig. 9. Interior visualizations of the selected housing units (by T. Broma)

niowych na planszy. Jeżeli do jednostki mieszkaniowej dociera zbyt mała ilość światła, konieczna jest korekta jej geometrii lub położenia na planszy. Jeśli nie jest możliwe uzyskanie odpowiedniego oświetlenia, cała jednostka mieszkaniowa powinna zostać przeniesiona na inną planszę w strukturze. Wszelkie zmiany położenia odbywają się zgodnie z wcześniej opisanymi regułami *Parcelacji kubaturowej*.

Symulacja Parcelacji kubaturowej

Biorąc pod uwagę wszystkie zasady *Parcelacji kubaturowej*, proces projektowania nowych jednostek mieszkaniowych odbywa się w następujących etapach:

1. Sprecyzowanie potrzeb i wymagań związanych z liczbą mieszkańców, wielkością jednostki mieszkaniowej, jej ewentualnym etapowaniem oraz układem.
2. Wybór wielkości parceli oraz układu jednostki mieszkaniowej zgodnie ze sformułowanymi potrzebami.
3. Osadzenie wybranej działki wraz z jednostką mieszkaniową na planszy zgodnie z regułami parcelacyjnymi.
4. Sprawdzenie osadzonej jednostki mieszkaniowej pod względem doświetlenia światłem słonecznym zgodnie z mapą światła.
5. Ewentualne korekty.

Na podstawie *Parcelacji kubaturowej* przeprowadzona została symulacja procesu kształtowania się jednostki sąsiedzkiej w obrębie jednej z plansz. W jej wyniku zaprojektowano 26 zróżnicowanych jednostek przeznaczonych dla 56 mieszkańców. Wybrane fazy symulacji zostały przedstawione na ilustracji 6. Ilustracje: 7 i 8 to fragmenty rzutów oraz przekrojów rozwiązanych w oparciu o symulację, a wizualizacje (il. 9) przedstawiają wnętrza wybranych jednostek mieszkaniowych.

the simulation are shown in Figure 6. Figures 7 and 8 are parts of plans and sections designed on the basis of a simulation, visualizations (Fig. 9) show the interiors of the selected housing units.

Summary

The housing structure generated using *Cubic parcellation* grows over time by multiplication of the parcellation cells gradually overgrowing the construction frame and filling the available space. It is sensitive to the changes occurring in it and constantly reacts. It adapts to the needs of the users and on their basis, optimizes positioning and plan of the new housing units, while not degrading the already existing ones.

Cubic parceling rules allow generating more than 600 individual types of housing units. Such a large number of options multiplied further by the diverse range of materials and orientation choice ensures the uniqueness of each household, and also whole neighborhood units emerging within one board. Therefore, the structure is flexible and allows building typologically various housing units. Owing to this it becomes available for inhabitants with diverse needs and at different stages of life. It also allows to adjust the housing unit to individual requirements, financial resources, way and pace of life. At the same time the algorithm of the game is self-organizing the structure and provides all housing units access to the public communication, services and sunlight. It also regulates the density and way of building ensuring a rational use of available space. Therefore, the *Cubic parcellation* is an attempt to create an algorithm managing the housing structure in an automated way, which aims to eliminate

Podsumowanie

Struktura mieszkaniowa generowana przy użyciu *Parcelacji kubaturowej* rozwija się w czasie poprzez namnażanie komórek parcelacyjnych, stopniowo obrastających szkielet konstrukcyjny i wypełniających dostępną przestrzeń. Jest wrażliwa na zachodzące w niej zmiany i stale na nie reaguje. Dopasowuje się do potrzeb użytkowników i na ich podstawie optymalizuje usytuowanie oraz układ nowych jednostek mieszkaniowych, nie degradując jednocześnie jednostek już istniejących.

Reguły *Parcelacji kubaturowej* pozwalają na wygenerowanie ponad 600 indywidualnych typów jednostek mieszkaniowych. Tak znaczna liczba wariantów przemnożona dodatkowo przez zróżnicowane materiały oraz wybór orientacji zapewnia niepowtarzalność każdego domostwa, a także całych powstających w obrębie jednej planszy jednostek sąsiedzkich. Struktura jest zatem elastyczna i pozwala na budowę różnorodnych typologicznie jednostek mieszkaniowych. Otwiera się dzięki temu na mieszkańców o zróżnicowanych potrzebach i na różnych etapach życia. Pozwala także dopasować jednostkę mieszkaniową do indywidualnych wymagań, możliwości finansowych, sposobu oraz tempa życia mieszkańców. Jednocześnie algorytm gry samoorganizuje strukturę i zapewnia wszystkim jednostkom mieszkaniowym dostęp do komunikacji, instalacji oraz światła słonecznego. Reguluje także gęstość i sposób zabudowy, gwarantując racjonalne wykorzystanie dostępnej przestrzeni. *Parcelacja kubaturowa* jest zatem próbą stworzenia algorytmu zarządzającego strukturą mieszkaniową w sposób zautomatyzowany, który ma na celu eliminację blokad, konfliktów oraz innych niekorzystnych zjawisk przestrzennych. Jednocześnie jego zadaniem jest pozostawienie mieszkańcom jak największej niezależności przy budowie własnych jednostek mieszkaniowych.

blockages, conflicts and other unfavorable spatial phenomena. At the same time its task is to leave to the inhabitants as much independence as it is possible while building their own housing units.

Translated by
Tomasz Broma

Bibliografia/References

- [1] Wolfram S., *Statistical mechanics of cellular automata*, „Reviews of Modern Physics” 1983, Vol. 55, No. 3, 600–644.
- [2] Gardner M., *Mathematical Games. The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game „life”*, „Scientific American” 1970, No. 223, 120–123.
- [3] Berlekamp E., Conway J., Guy R., *Winning Ways for Your Mathematical Plays*, t. 4, A K Peters, Wellesley 2004.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano grę przestrzenną o nazwie *Parcelacja kubaturowa*, która została opracowana na potrzeby projektu dyplomowego *S'lowtecture: struktura mieszkaniowa*. Gra jest algorytmem, który pozwala na generowanie wariantowych układów jednostek mieszkaniowych oraz ich osadzenie w bloku urbanistycznym. Jej zasady samoorganizują przestrzennie strukturę, gwarantują dostęp jednostek mieszkaniowych do niezbędnej infrastruktury, a mieszkańcom zapewniają możliwość indywidualizacji domostwa i jego elastycznego dopasowania do aktualnych potrzeb. *Parcelacja kubaturowa* jest próbą stworzenia algorytmu zarządzającego strukturą mieszkaniową, który ma na celu eliminację blokad, konfliktów i innych niekorzystnych zjawisk przestrzennych. Jednocześnie jego zadaniem jest pozostawienie mieszkańcom jak największej niezależności w tworzeniu jednostek mieszkaniowych. Artykuł stanowi szczegółowy opis zasad *Parcelacji kubaturowej* oraz symulacji przeprowadzonej na fragmencie struktury mieszkaniowej.

Słowa kluczowe: gra, parcelacja, samoorganizacja, struktura, habitat

Abstract

The article presents a spatial game called *Cubic parcellation*, which was created for the diploma project *S'lowtecture: housing structure*. The game is an algorithm that allows generating variant housing structures plans and their placement in the urban block. Its rules spatially self-assemble the

structure, guarantee housing units access to the necessary infrastructure and residents the opportunity to individualize their houses and its flexibility to adapt to current needs. *Cubic parcellation* is an attempt to create an algorithm that will be managing the housing structure, which aims to eliminate blockages, conflicts and other negative spatial phenomena. At the same time its task is to leave to the inhabitants as much independence as it is possible while creating housing units. The article is a detailed description of the *Cubic parcellation* rules and the simulation carried out on a piece of a housing structure.

Key words: game, parcellation, self-assembly, structure, habitat