

Skica Le Corbusiera, podľa ktorého je slnko a jeho pohyb meradlom všetkých daností v urbanizme.

The sketch of Le Corbusier, according to him the Sun and its movement influences all urban characteristics.

UDRŽATEĽNÝ URBANIZMUS:
solárna stratégia udržateľného mesta

SUSTAINABLE URBAN DESIGN:
A solar strategy for a sustainable city

Sustainable development is a key principle in the European Union. As a moral leader and pioneer in energy-efficient buildings, the EU is carrying out the first legislative steps by implementing the *Europe 2020* strategy in real life. Currently, the energy-efficient solutions for individual buildings are common knowledge; now the focus is shifting from single objects towards further, more complex systems such as urban fragments, city districts or even whole cities. By 2050, cities will accommodate about 70% of world's population – yet even at present, they are responsible for 80% of CO₂ emissions. With this in mind, it is necessary, but also convenient, to look for solutions to global environmental problems within cities.

Urban layout varies with many factors, such as local climate, topology, or cultural background, all of which need to be reflected in the new concepts of 21st-century energy-efficient urban design. On this matter, we have the opportunity to learn from the past – the streets of cities emerging under Spanish influence were often laid out for conditions of greater sunlight, known as the Spanish grid.

The present contribution presents a strategy for making cities more energy efficient by preferring local renewable energy sources while maintaining their identity and cultural heritage. Today we can reliably look for solutions *in silico*, through computer simulations. It is possible to evaluate quickly many urban variations including diverse aspects while saving considerable effort and energy.

This focus of this study is on software generation of urban structures according to the position of the sun to maximize active and passive solar energy utilisation. The given approach creates nearly zero- or even plus-energy urban volumes, which are able to supply the energy surplus to their surroundings in an energy cooperation process, including even existing developments. In addition, the energy cooperation potential between basic typologies of city fragments was analysed. Solar potential was studied with regard to the two basic principles of solar energy utilization – *active* (photovoltaic and photothermic conversion) and *passive* (transmission through building

openings). With regard to these principles, the unobstructed solar exposition of corresponding surfaces is crucial and deserves far more attention in urban planning processes.

The generation of urban structures was conducted by an algorithm written in the Rhino script Grasshopper. It is based on similar principles as the Solar Envelope of Ralph Knowles and extends them. Urban volumes are created by the following limitations defined by borders of tangential plots, the pre-set period from 20th March to 22nd September (defined through partial research and possible energy gains) and the time interval from 9 a.m. to 3 p.m.. According to Juhani Pallasmaa, the process of creation is conducted through the connection between hand and mind. Therefore this process remains within the competence of architects and town planners – the generating algorithm follows their intentions and afterwards optimises the areas to be built up. The final step is volumetric reduction from the southern direction, in order to create appropriate surfaces for solar appliances.

The analysis of 3 resulting structures in comparison with “traditional” 4- and 8-storey urban typologies was performed on a reference plot of 4 ha. The boundary conditions of proposed buildings and structural elements correspond to the passive energy standard (15 kWh/m².a), average values of hot-water energy consumption (3.5 kWh/d.dw), and average household electricity consumption (6 kWh/d.dw). One dwelling was represented by 100 m² gross floor area and was occupied by 2.5 persons. Transparent parts of buildings accounted for 30% on facades and 15% on roof surfaces. Two case studies were observed – the first one was focused solely on the use of photovoltaic energy, while the second one included an equal surface shared by photovoltaic and photothermic sources.

The results juxtapose the energy demands/consumption of the analysed urban fragments and their solar energy potential. In case of PV-only structures, the energy gained can outbalance the needs at the level of nearly zero energy standards. The “traditional” urban typologies ranked better at the 4-storey level, but were surpassed

Ing. arch.
JÁN LEGÉNY, PhD.
Ing. arch.
PETER MORGENSTEIN, PhD.
prof. Ing. arch.
ROBERT ŠPAČEK, CSc.

Ústav ekologickej a
experimentálnej architektúry
Fakulta architektúry STU
Námestie slobody 19
812 45 Bratislava
Slovensko

jan.legeny@stuba.sk
peter.morgenstein@stuba.sk
robert_spacek@stuba.sk

by the second and third generated urban structures (Generated Structure 02 and 03). The other case which utilised energy from both photovoltaic and photothermic sources showed higher energy efficiency and better outcomes. All of the structures are rated at nearly zero energy standards or higher. The greatest energy surplus urban volume according to the summarization is Generated Structure 02, even though it does not display the highest solar energy gain potential. Generated Structure 03 can shelter the most inhabitants and enables the highest solar energy gains. Traditional low-rise urban types are not far behind and have quite good energy cooperation potential as well. Savings in household electricity consumption offer a certain space for further reduction of energy demands. Changes in user behaviour can have a great impact on overall energy needs. European studies have proven that a reduction to levels below 4 kWh/d.dw is definitely feasible.

In addition to energy parameters, the volume characteristics and possible number of inhabitants need to be considered with regard to social factors, as the recommended population density is about 250 inhabitants/ha.

Generation of solar urban structures, optimization of traditional urban typology or revitalisation of entire city districts all represent possible ways of creating a system of energy-surplus urban fragments. Energy potential may be transformed into a synergy by means of an energy cooperation grid, in which historically valuable urban structures would receive needed energy from new urban developments. A persistent hurdle to renewable energy use is the financially demanding possibilities of energy storage. However, even in this field there are well-documented studies of diverse promising technologies. The concept of energy cooperation on the urban scale offers a solution for preservation of the identity and cultural heritage of cities and, at the same time, a balance and reliability of energy networks could be ensured. It is essential that energy from renewable sources is not only acquired but also is put to use within the neighbourhood or city. The implementation of the proposed concept needs to occur in the field of urban design. New energy indicators for town-planning have been defined.

The *cooperation indicator* of the urban structure (or neighbourhood, district, city quarter) is meant to be a quantifier of the negative/positive energy balance of the urban structure's contribution to the synergy within an urban frame. It expresses either the structure's capability of offering its energy surplus or its energy demands with respect to adjoining structures or city quarters. Utilisation of the available renewable sources in real time is enabled by a local smart grid. Energy cooperation indicators reflect the potential of overproduction or the deficiency of a particular urban structure type in relation to a reference plot/area (e.g. 1 ha). The indicator varies from positive to negative values, and may be related to electrical (referred to as electric cooperation indicator – ECI) or thermic (TCI) energy (or any other applicable commodity).

The *solar index* of an urban structure (or neighbourhood, district, city quarter) is defined as the ratio of the total amount of incident solar radiation on the surface of a specific urban structure during a period (of the year) to the total amount of irradiation of the corresponding plot attached to the urban structure. Using numbered values, the solar index indicates which part of the total solar radiation falling onto the given area is actually caught by the urban structure for its potential utilisation. The amount of harnessed energy depends on the observed period (specified according to the intended solar energy utilisation).

Koen Steemers states that only the compact city can be energy-efficient. Compactness allows “material savings from extent”, increasing infrastructure efficiency, lowering traffic demands or better use of soil. This paper presents ways to design denser urban areas while preserving healthy living through an optimally sunlit environment. Policies for appropriate passive and active solar energy utilisation and coordination of energy flows in urban areas must be specified and executed by municipal authorities. The chief difficulty within the given concept is, as always, user behaviour. Therefore, reduction of energy consumption relies on proper education and public demonstration of best-practice examples. These are the starting points for urban development in the 21st century.

ÚVOD

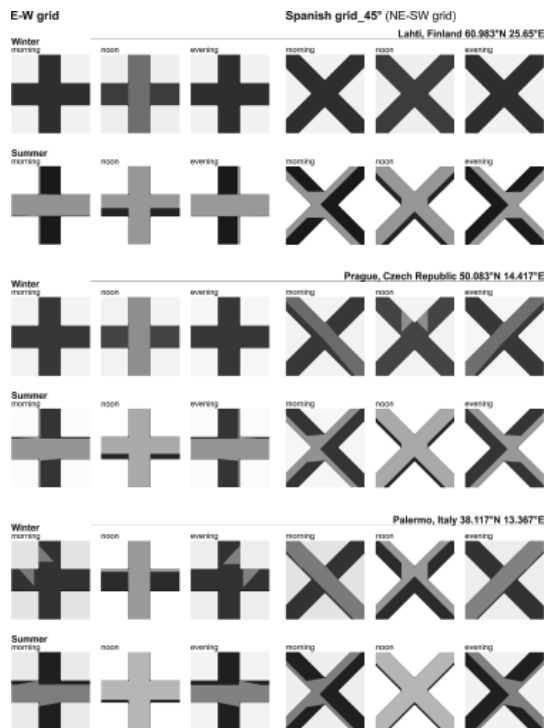
Európa smeruje vo výstavbe k udržateľnosti. Stanovené ciele (Európa 2020 ^{1/1}, Roadmap 2050 ^{2/2}) sú určite ambiciózne. Z pozície „svetového morálneho lídra“, ktorý sa v značnej miere snaží aplikovať svoje vizionárske ciele ochrany životného prostredia, Európa musí hľadať modely aplikácie nových poznatkov a technológií v praxi. Inovácie a vývoj v súčasnosti poskytujú možnosti stavať budovy nízkoenergetické, ultranízkoenergetické, pasívne, energeticky efektívne, energeticky úsporné, zdravé, ekologické, bioklimatické, nulové, plusové, v pasívnom/takmer nulovom štandarde, trojlitrové, aktívne, udržateľné, zelené, modré, inteligentné... Na úrovni stavebného objektu, architektúry však nie je možné dostatočne zareagovať na prebiehajúcu zmenu klímy a citelne redukovať energetické nároky súčasného „throw-away systému“.

Z hľadiska energetických tokov, požiadaviek na lokálnu dostupnosť obnoviteľných zdrojov, či optimalizovania energetickej spotreby a znížovania emisií sa dnes svetovým trendom stáva prechod od objektu k urbánnym celkom. Súvisí to predovšetkým s migráciou obyvateľstva – v súčasnosti žije v mestách polovica svetovej populácie a trend sťahovania ľudí do miest pokračuje tempom, keď v roku 2050 by malo v mestách žiť až 70 % ľudskej populácie. Mestá pritom prispievajú 80 % do objemu skleníkových plynov emitovaných do ovzdušia ^{3/3}. Urbánna expanzia vo svetovom meradle si bude nárokovat cennú pôdu využívanú na iné účely, akými sú produkcia obživy, lesné hospodárstvo atď.

Zníženie dosahu rastu svetovej populácie na životné prostredie si vyžaduje spojenie množstva postupov (navrhovacích, stavebných, užívateľských), zmeny myslenia človeka, jeho správania sa, ale aj úpravu legislatívy či reformu komunálnej a hospodárskej politiky jednotlivých štátov. Unifikované riešenie neexistuje. Každá lokalita je špecifická a vyžaduje si osobitý prístup. Urbanizmus miest okolia Stredozemia je charakterizovaný hustejšou zástavbou, kde úzke ulice zabezpečujú príjemnú klímu počas horúcich letných dní, severské mestá sú naproti tomu rozvolnenejšie. Slovensko je geograficky niekde uprostred ^{4/4}. Harmonická väzba medzi človekom, architektúrou (človekom vytvoreným prostredím)

a prírodou by mala byť našim primárnym cieľom. Navrhovanie stavieb na základe maximalizácie využívania prírodných činiteľov (slnko, vietor...) a prírodných daností lokality (terén, zeleň...) opísali Brown a kolektív ^{5/5} či Keppel ^{6/6}. V tejto súvislosti hovoríme o „ekologickom algoritme“ ako o spôsobe koexistencie architektúry s prostredím a využití jeho daností v prospech energetickej bilancie navrhovaného objektu/súboru stavieb.

Podobný prístup k stvárneniu a usporiadaniu sídelných štruktúr možno postrehnúť v severoamerických pueblách indiánskeho kmeňa Anasazi. Tie boli koncipované v súlade s pohybom slnka po oblohe, kde počas horúcich dní kamenný previs chránil obydlia pred priamymi slnečnými lúčmi a počas nocí a chladných dní zlepšoval lokálnu klímu v skale naakumulovaným teplom ^{7/7}. Na energetický potenciál urbanizmu má zásadný vplyv aj orientácia uličnej siete voči svetovým



Zdroj Source: spracovali autori

Vplyv orientácie na kvalitu verejných priestorov. Simulácie zatienia uličných sietí naznačujú, že V-Z orientácia vytvára diskomfortné verejné priestory: zatienené a chladné v zimnom období, oslnené a teplé v letnom období. Španielsky grid vytvára príjemnejšie prostredie: väčšiu mieru preslnenia v zimnom období a rovnomernejšie tienenie počas leta vo všetkých uliciach.

Effect of orientation on changing street qualities. Simulations of shadow patterns in streets indicate that E-W orientation of the grid generates uncomfortable public space: overshadowed and cold in winter, bright and hot in summer. The "Spanish Grid" layout offers greater comfort: more warming sun during winter and evenly distributed heat in summer.

stranám – tzv. španielsky raster – „*spanish grid*“ odklonil tradičný rímsky systém *cardo a decumanus* o 45°. Takáto pravouhlá uličná sieť je typická pre urbanizmus vznikajúci pod španielskym vplyvom – napríklad Barcelona, Los Angeles (avšak napr. Buenos Aires sa z tejto skupiny vymyká).

SOLÁRNA STRATÉGIA

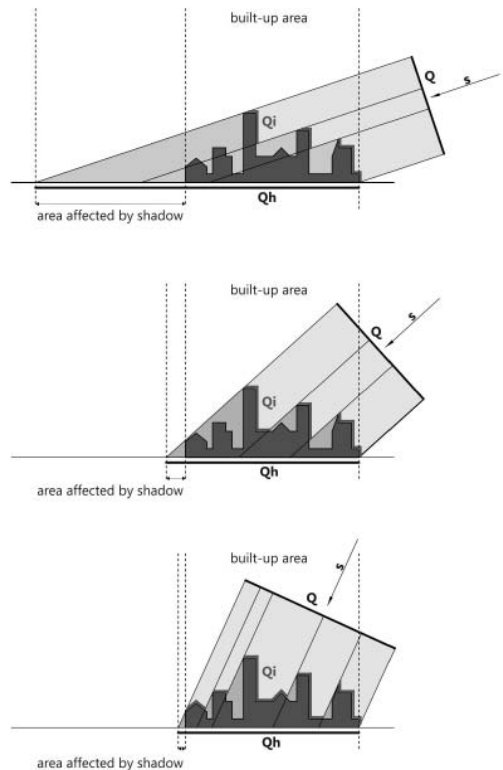
Predkladaná štúdia má ambíciu predostrieť možné smerovanie v oblasti redukcie ekologickej stopy miest v životnom prostredí. V juxtapozícii k novému rozvoju stojí snaha o zachovanie jestvujúcich stavebných štruktúr a kultúrnych hodnôt, ktoré reprezentujú. Eventuálne zhodnotenie ich zabudovanej energie v súbehu s potrebou výraznej optimalizácie ich energetickej náročnosti stavajú mestá pred úlohu hľadať možné spôsoby rozvoja a ich zahusťovania.

Rozvoj na poli informačných technológií nám v súčasnosti umožňuje analyzovať súbory stavieb in silico – prostredníctvom simulačných nástrojov vo virtuálnom priestore a programovanie nových počítačových nástrojov tzv. „prvého dizajnu“ – ich hmotovo-priestorového stvárnenia. Orientácia voči svetovým stranám, podiel transparentných plôch, rozostupy medzi objektmi sa stávajú základným východiskom pre zníženie energetickej potreby stavieb.

Autori príspevku ponúkajú smerovanie na základe *modelového/simulovaného znižovania energetickej potreby novonavrhovaných urbánnych*

celkov prostredníctvom softvérového generovania postaveného na zdanlivom pohybe slnka po oblohe. Solárny urbanizmus umožňuje vytváranie energeticky neutrálnych/energeticky produktívnych urbánnych celkov a ich následnú *energetickú kooperáciu*; energeticky prebytkový súbor dotuje deficitnú sídelnú štruktúru. Do kooperácie sa zapája aj existujúca zástavba prostredníctvom svojho potenciálu transformovať slnečné žiarenie na energiu. Táto synergie predstavuje formu urbánneho ekologickeho etalónu.

Využitie enormného solárneho energetického potenciálu ^{16/} závisí od integrácie dvoch solárnych princípov využitia energie slnka – *aktívneho* (aplikácia solárnych technológií – fototermitická/fotovoltaická konverzia) a *pasívneho* (energetické zisky transparentnými konštrukciami). Obidve



Znázornenie hypotetickej formy zástavby v mestskej štruktúre. Energia slnečného žiarenia (plošná hustota slnečnej energie Q) počas roka (zhora nadol: zimný slnovrat, jarná a jesenná rovnodennosť, letný slnovrat) dopadá na objekty (na rôzne naklonené roviny – plošná hustota slnečnej energie Q_i). Hodnota Q_h znázorňuje maximálnu možnú mieru plošnej hustoty slnečnej energie na pozemku bez zástavby. Táto ilustrácia má objasniť vzájomné vzťahy medzi Q , Q_i a Q_h , teda na akých plochách objektu – strešné roviny: horizontálne plochy alebo naklonené plochy, fasády objektov, možno využívať slnečné žiarenie. Hodnota ožiarenosti následne závisí od uhla dopadu slnečného žiarenia (h – výška slnka, β – uhol naklonenia roviny) a miery tienenia.

Illustration of a hypothetical building in the urban structure. Solar energy (quantity of solar irradiation in direction of solar radiation Q) during year (from top to bottom: winter solstice, spring and autumn equinox, summer solstice) incident on objects (on various inclined surfaces – quantity of solar irradiation on an inclined plane Q_i). The Q_h value represents the maximum quantity of solar irradiation on a horizontal plane without buildings. This illustration clarifies relations between the values Q , Q_i and Q_h , thus which surfaces are able to utilize solar radiation – roofs, objects facades. In turn, the irradiance value depends on the angle of incident solar radiation (h – sun altitude, β – angle of an inclined plane) and over-shading.

stratégie si vyžadujú slnečnú expozíciu, preto by sa kritickým faktorom v oblasti územného plánovania a architektonického navrhovania mala stať aj miera priameho preslnenia.

Už Walter Gropius vo svojej práci *Die Wohnformen, Flach- Mittel- oder Hochbau* (1929) poukazoval na vzťah medzi veľkosťou zastavanej plochy, podlažnosťou objektov, zvolenou dĺžkou preslnenia a počtom rezidentov v lineárnej (riadkovej) zástavbe obytných stavieb. Spomeňme niektoré súčasné spôsoby tvorby na princípe slnečného žiarenia a hodnotenia miery preslnenia: tými najjednoduchšími, ako súčasť normy platnej na našom území, sú diagramy pohybu slnka po oblohe pre dolné a horné tienenie ^{/9/}, ďalej je to slnečný obal (*solar envelope*) Ralpa Knowlesa ^{/10/}, solárna pyramída (*solar pyramid*) od Losa a Pulitzerera ^{/11/}, solárny objem (*solar volume*) Capeluta a Shaviva ^{/12/}, „hranice tienenia“ (*iso-shadow contours*) Krainera a Kristla ^{/13/}. Mohli by sme pokračovať ďalšími osobami ako Wolfgangom Höhлом či Schilerom a Uen-Fangom. Všetky tieto „konštrukčné“ metódy sú založené na rovnakej podstate presne definovaného zdanlivého pohybu slnka po oblohe, a preto výsledný solárny objem konštruovaný akokoľvek, by mal byť pre danú lokalitu a daný zvolený časový interval (pre stanovené podmienky) zhodný. Diferencie badateľné v postupe konštruovania variujú vzhľadom na rozličné lokálne geografické, legislatívne a kultúrno-spoločenské možnosti uplatniteľnosti „solárneho práva“ v praxi ^{/14/}.

Legislatívne ukotvenie práva na slnko v súvislosti s pasívnym či aktívnym využívaním solárnej energie by malo definovať prísnejšie kritériá, než ako je to v prípade súčasných normatívnych minimálnych požiadaviek na preslnenie obytných priestorov. Príkladom absolútneho bezprávia v tejto oblasti bolo Kawloon Walled City v Hongkongu.

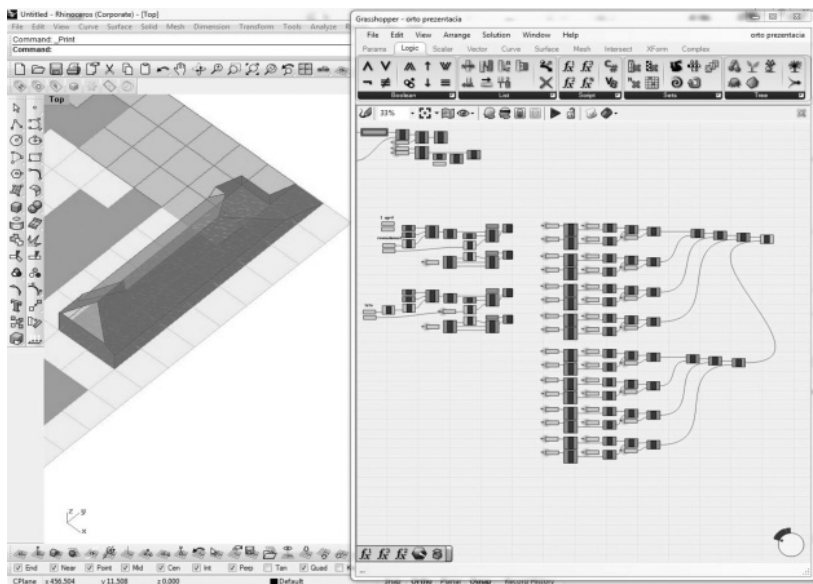
GENEROVANIE ENERGETICKY EFEKTÍVNYCH URBÁNNYCH ŠTRUKTÚR

Generovanie štruktúr prebiehalo prostredníctvom navrhnutého algoritmu ^{/15/} v Rhino scripture Grasshopper. Algoritmus je založený na podobnom princípe ako Knowlesov slnečný obal, no objekt môže tieniť vo zvolenom čase verejné priestory (ulice, námestia). Limitnou hranicou sa stáva hranica tangenciálneho pozemku

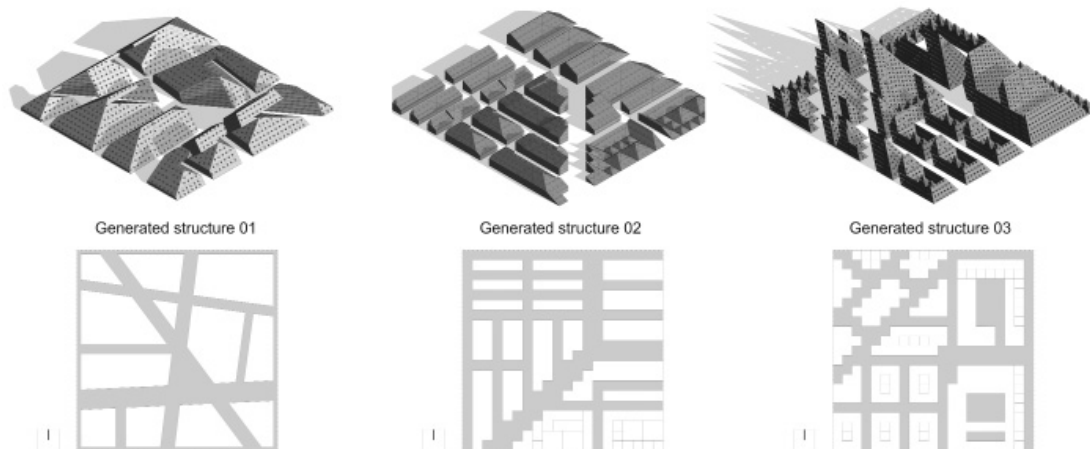
určeného na zastavanie. Základom programu je určenie intervalu užívateľom, v ktorom si objekty vzájomne netienia – deň v roku a hodinový interval. Parciálnym výskumom a poznatkami možných energetických ziskov počas zimného obdobia bol tento interval stanovený pre obdobie od 20. marca do 22. septembra a hodinový interval 9:00 – 15:00. Všeobecne platí, že v zimnom období je slnko pomerne nízko, čo sa nepriaznivo premieta na rozostupy objektov a pri zachovaní miery insolácie objekty nadobúdajú malé stavebné objemy, čo koliduje so zámerom zhrubovať zástavbu mesta. Hodinový interval vychádza z miery efektivity získavania energie v závislosti od maximalizácie objemu, ktorá nadobúda najväčšie hodnoty od 10:00 do 14:00 vo zvolenom rozmedzí v roku. Stanovený hodinový interval pre generovanie (9:00 – 15:00) vychádza z malého 6 % zníženia hodnôt a snahy o zvýšenie insolácie vnútorných priestorov (orientovaných najmä na západných a východných stranách objektu) či lepšieho preslnenia verejných priestorov.

Juhani Pallasmaa hovorí, že *tvorivý proces sa uskutočňuje prostredníctvom spojenia ruky a mysle* ^{/16/}. Vstupným parametrom pre generovanie sa

Zobrazenie virtuálneho pracovného rozhrania navrhnutého generovacieho algoritmu
Illustration of the virtual interface of the proposed generative algorithm



Zdroj Source: spracovali autori



Vygenerované urbánne štruktúry na základe stanovenej koncepcie zástavby a podmienok pre mieru preslnenia

Generated urban structures based on set built-up areas and set conditions for insolation

Zdroj Source: spracovali autori

preto stáva zvolená koncepcia zástavby – uličnej siete a priestorov na zastavanie v DWG formáte, lebo architekt/urbanista pri svojom návrhu zohľadňuje množstvo faktorov; vzájomné väzby v meste – doprava, pešie ťahy, priehľady, koncepcia verejných priestranstiev – námestie, promenáda, uličný profil... Tvorivý vstup ostáva v rukách architekta.

Pri zadaní plochy na zastavanie, program vygeneruje objemy pre hraničné hodnoty intervalu v smere dopadajúcich slnečných lúčov a výsledný stavebný objem sa rovná ich prieniku. Solárny princíp konštruovania je doplnený „redukciou“ stavebného objemu so získaním naklonenej južne orientovanej plochy na využívanie PV systémov. Jej sklon je variabilný a je zadávaný užívateľom programu.

ANALÝZA ENERGETICKEJ POTREBY URBÁNNYCH ŠTRUKTÚR

Pre vyhodnocovanie vygenerovaných zostáv urbánnych fragmentov a rôznych, v súčasnosti bežne zaužívaných, typov zástavby z pohľadu energetickej potreby bol zvolený simulačný program Autodesk Revit Energy Analysis. Analýza prebiehala na referenčnej ploche 200 x 200 m (4 ha) a vychádzala z predpokladu pasívneho energetickeho štandardu posudzovaných objektov ^{/17/}, (15 kWh/m.a, teda v prepočte približne 4 kWh na domácnosť (byť) a deň). Na prípravu teplej vody pre priemernú domácnosť




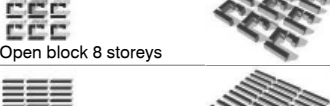







bolo uvažované s energeticou potrebou 3,5 kWh denne ^{/18/}. Elektrická spotreba vychádzala zo súčasného slovenského priemeru 6 kWh/byť a deň ^{/19/}. Výskum kalkuloval s hodnotou 2,5 človeka na domácnosť, reprezentovanú 100 m² hrubej podlahovej plochy v rámci skúmaného objektu. Podiel transparentných plôch na fasádach bol stanovený na úroveň 30 % a v strešných rovinách na 15 %.

Za daných okrajových podmienok bol sledovaný energetický potenciál a energetická spotreba základných urbanistických typológií v porovnaní s generovanými štruktúrami pre dva prípady aktívneho využívania slnečného žiarenia. V prvom bola sledovaná urbánna konfigurácia len s fotovoltaickým systémom, v druhom bola zastúpená fotovoltika a fototermika ^{/20/} v pomere 1 : 1.

Komparácia štruktúr prebiehala aj na úrovni hustoty obyvateľov, ktorej zvýšenie, so zabezpečením požadovanej miery insolácie, predstavuje jeden zo spôsobov redukcie dopadu potrieb človeka na životné prostredie. Základné urbanistické indikátory skúmaných typov zástavby sú zachytené v tabuľke.

VÝSLEDKY

Prezentované výsledky poukazujú na vplyv hmotovo-priestorovej skladby objektov na celkovú energetickú potrebu a na ich aktívny „solárny“ potenciál. Z danej výskumnej konfigurácie vyplýva,

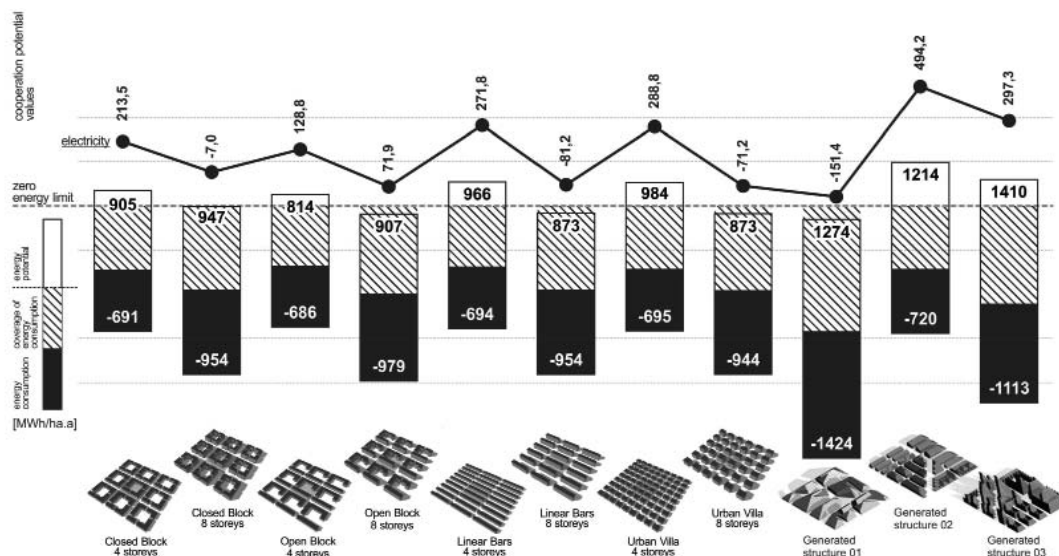
Type of urban structure	Built-up area ratio	Floor area ratio	Number of dwellings/ha	Number of inhabitants/ha
 <p>Closed block 4 storeys</p>	0,35	1,39	139,2	348
 <p>Closed block 8 storeys</p>	0,24	1,92	192,0	480
 <p>Open block 4 storeys</p>	0,35	1,38	138,0	345
 <p>Open block 8 storeys</p>	0,24	1,92	191,7	479
 <p>Linear bars 4 storeys</p>	0,35	1,40	139,8	350
 <p>Linear bars 8 storeys</p>	0,24	1,92	191,8	480
 <p>Urban villa 4 storeys</p>	0,35	1,40	139,9	350
 <p>Urban villa 8 storeys</p>	0,24	1,90	190,4	476
 <p>Generated structure 01</p>	0,61	2,86	286,7	717
 <p>Generated structure 02</p>	0,51	1,44	144,9	362
 <p>Generated structure 03</p>	0,60	2,24	224,4	561

Zdroj Source: spracovali autori

Prehľad posudzovaných
 urbánnych štruktúr a
 ich charakteristických
 urbanistických ukazovateľov
 Evaluation of urban
 structures and related
 town-planning indicators

Porovnanie energetického a kooperačného potenciálu sledovaných urbanistických typológií z hľadiska aktívnych solárnych ziskov a potreby energie. Lomená čiara nad grafmi zachytáva číselné hodnoty kooperačných indikátorov za celoročné obdobie.

Comparison of energy and cooperation potential of examined urban typologies according to active solar gains and energy demands. The broken line above shows the values of annual cooperation indicators.



Zdroj Source: spracovali autori

že väčšina skúmaných urbánnych fragmentov dokáže v priebehu typického roka dosiahnuť pozitívnu energetickú bilanciu. Analyzované klasické formy zástavby (Uzavretý blok [Closed block], Otvorený blok [Open block], Riadky [Linear bars], Mestská vila [Urban villa]) sa v prípade osempodlažných variácií pohybujú mierne nad hranicou nulovej (externej) potreby energie, spadajúc tak do benevolentnejšej definície takmer nulového energetického štandardu. Naproti tomu štvorpodlažné štruktúry narábajú s väčšou či menšou rezervou s energetickými prebytkami. Generované formy urbánnej zástavby sa vyznačujú vyšším solárnym potenciálom, ktorý v dvoch z trojice prípadov pomerne výrazne prevyšuje ich energetické nároky.

Požiadavku na lokálnu dostupnosť tepla v prípade takmer nulového energetického štandardu možno splniť pripojením objektov na diaľkovú rozvodnú sieť tepla (čiastočne) zásobovanú odpadovým/procesným teplom. (Z Rakúska sú známe rozvody tzv. Fernwärme a Fernkälte.) Zdrojom energie tak môže byť aj ekologická spalovňa odpadov, pričom, extrémne povedané, v tomto prípade obnoviteľným energetickým zdrojom je odpad. Pokiaľ teda urbánny model, zabezpečujúci z energie dopadajúceho slnečného žiarenia

výlučne elektrinu, spĺňa požiadavku lokálnej dostupnosti tepla, možno ho označiť za energeticky takmer nulový.

Aktívny solárny potenciál posudzovaných urbanistických situácií zvyšuje diverzifikácia zdrojov. Druhou prípadovou štúdiou bola konfigurácia rovnakých štruktúr pri pokrytí solárne aktívnych plôch 50 % podielom fotovoltaiky a fototermiky. V porovnaní s predchádzajúcim prípadom možno vyťažiť z vyššieho stupňa účinnosti vykazovaného technológiou fototermickej energetickej konverzie, ale najmä možnosťou takmer bezprostredného využitia termickej zložky slnečného žiarenia. Z obrázku (vpravo), zachytávajúci potenciál urbánnych fragmentov, je zrejmé, že v danom prípade sú všetky posudzované typy urbanistickej zástavby charakterizované v sumáre roka pozitívnou energetickou bilanciou. Platí to rovnako vo sfére elektrickej, ako aj tepelnej energie. Podobne ako v predošlom porovnaní dosahujú hustejšie formy zástavby (lineárna a bodová) pri nižšej podlažnosti výrazné energetické prebytky z aktívnych solárnych systémov. Spomedzi štruktúr, formovaných generatívnymi procesmi, výraznejšie vystupuje prvá (Generated structure 01), ktorej energetická bilancia zodpovedá definícii vyváženého – takmer

nulového štandardu. Druhý (Generated structure 02) a tretí model (Generated structure 03) zaznamenal pozitívnu energetickú bilanciu. Plusová bilancia je kľúčovým východiskom pre koncept energetickej kooperácie opísaný nižšie.

Štruktúry generované na solárnom princípe spĺňajú energetické štandardy plusovej/takmer nulovej/pasívnej/trojlitrovej urbánnej zostavy. Hlavným diferenciacným parametrom štruktúr bol počet obyvateľov na referenčnú plochu – tradičná štvorpodlažná zástavba (350 obyv./ha), osempodlažná zástavba (475 obyv./ha), generované štruktúry (prvá 717 obyv./ha; druhá 362 obyv./ha; tretia 561 obyv./ha). Korelácia medzi celkovou potrebou energie a počtom obyvateľov poukazuje na prínos solárneho urbanizmu v problematike tvorby udržateľných miest ^[21].

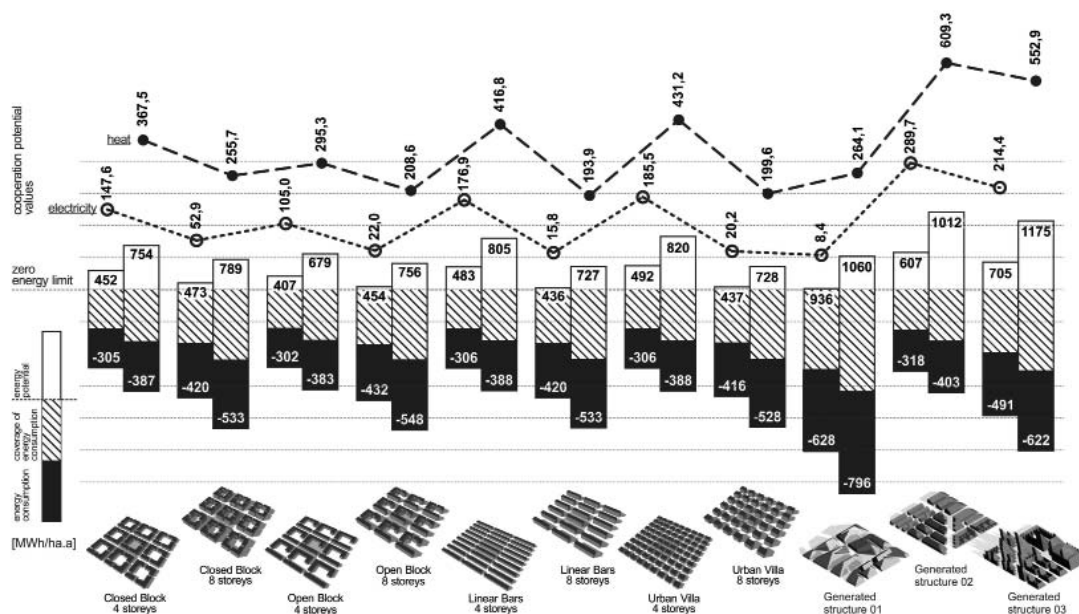
Juxtapozícia hlavných energetických potrieb rezidenčných objektov poukazuje na potenciál úspor v sektore elektrickej energie. Súčasnú spotrebu elektriny priemernej domácnosti oscilujúcu okolo 6 kWh/d.byť možno úspornými spotrebičmi a najmä uvedomelým užívateľským správaním bez väčších problémov znížiť približne na 4 kWh/d.

byť. Niektoré štúdie dokazujú realnosť ešte nižšej priemernej dennej spotreby ^[22].

V súvislosti s lokálnym využívaním obnoviteľných zdrojov energie je podstatnou energetická skladba vyplývajúca z konkrétnych nárokov funkčnej a priestorovej náplne urbánnych fragmentov. Predložená štúdia obytných budov vykazuje pri východiskových parametroch z hľadiska energetickej formy relatívne nevyvážený pomer s prevahou potreby elektrickej energie. Znížením spotreby elektrickej energie pripadajúcej na jednu domácnosť na 4 kWh/d.byť pomer jednotlivých foriem energie z hľadiska nárokov korešponduje približne s rámcovým technologickým potenciálom aktívnych solárnych systémov. Správna

Separovaná tepelná a elektrická energetická bilancia urbánnych štruktúr pri pomernom zastúpení solárne aktívnych plôch fotovoltaika : fototermika 50 : 50. Stĺpce znázorňujú energetickú potrebu a energetický potenciál jednotlivých foriem zástavby (vľavo elektrická energia, vpravo tepelná energia). Porovnanie kooperačného potenciálu štruktúr je vyjadrené lomenými čiarami.

Energy performance of urban structures divided into electrical and thermal components achieved with 50:50 share of photovoltaic and photothermic energy. The bars show energy demand and potential of given urban structures (the left side is electric, the right side thermal energy). Comparison of the cooperation potential is depicted by the diagram lines.



Zdroj Source: spracovali autori

Kowloon Walled City (Hongkong) asanované v roku 1993. Prístup denného svetla do bytov nezohrával pri zástavbe tohto neregulovaného územia žiadnu úlohu. Vznikli tak obytné priestory bez práva na slnko.

Kowloon Walled City (Hongkong), demolished in 1993. The access of daylight to the apartments played no role in building up the plot. Living spaces were created without any rights to sunlight.



Foto Photo: Ian Lambot. Dostupné na: <<http://99percentinvisible.org/episode/episode-66-kowloon-walled-city/>> [online: 2013-12-04]

kalibrácia pomeru foriem energie pri využívaní (obnoviteľných) zdrojov je fundamentom pre koncepty na hranici takmer nulového energetického štandardu. Platí to rovnako v dimenziách architektonického objektu, ako aj urbánneho celku.

Pretrvávajúcou bariérou intenzívnejšiemu uplatňovaniu v čase kolísavo alebo obmedzene dostupných obnoviteľných zdrojov je problematika skladovania získanej energie. Výskum v tejto oblasti priniesol za obdobie posledných rokov výrazný posun prezentovaný na verejných podujatiach a dokumentovaný online archívmi ^[23].

ENERGETICKÁ KOOPERATÍVNOSŤ URBÁNNYCH ŠTRUKTÚR

Generovanie solárneho urbanizmu, optimalizácia zaužívaných urbanistických typologických druhov či revitalizácia existujúcich oblastí mesta predstavujú možný bod prieniku ku koncipovaniu

energeticky nadproduktívnych urbánnych súborov. Energetický potenciál jednotlivých stavebných elementov urbánneho prostredia možno transformovať do synergického pôsobenia v energeticky kooperatívnom koncepte.

Poznamenajme, že energetická kooperácia nie je bezprecedentná. V prírode možno pozorovať podobné prirodzene fungujúce koncepty. Vzájomná výmena živín, ako formy transformovanej solárnej energie, funguje napríklad u lišajníka ako symbiotická väzba medzi hubou a riasou/sinicou ^[24].

V ľudskom podaní spadá koncept energetickej kooperácie do sféry *high-tech*. Koordinácia energetických tokov, v spojitosti s pomerne spoľahlivou meteorologickou predikciou, v súčasnosti prebieha prostredníctvom počítačových systémov. Pre aplikáciu konceptu energetickej kooperácie je nevyhnutné predbežne stanoviť obojsmerné

energetické toky v území (produkcia – spotreba), lebo bez jasného definovania súvislostí a konkretizácie zámeru využívania získanej energie takýto prístup stráca zmysel.

V spojitosti s využívaním solárnej energie a pre potreby kvantifikácie energetických tokov v území mesta boli zavedené energeticky viazané urbanistické ukazovatele – *kooperačný indikátor a solárny index* ^[25]. Ich potenciálne nasadenie do procesov územného plánovania a regulácie by znamenalo významný krok k plošnému posudzovaniu energetickej náročnosti, a teda rozhodné nasmerovanie k cieľom stratégie Európa 2020. Nevyhnutnosťou je takisto vytváranie lokálnych/regionálnych „*smart-grid-ov*“, inteligentných energetických sietí, ktoré by sa mali v budúcnosti stať elementárnymi jednotkami európskej siete ^[26].

KOOPERAČNÝ INDIKÁTOR

Kooperačný indikátor urbánnej štruktúry bol definovaný ako kvantifikátor negatívnej alebo pozitívnej energetickej bilancie štruktúry v rámci synergetického urbánneho rámca – teda schopnosti

urbánneho fragmentu poskytnúť svoje energetické prebytky, respektíve definovať svoje energetické nároky vo vzťahu k okolitým štruktúram alebo mestským štvrtiam, s cieľom efektívne využívať aktuálne dostupnú energiu z obnoviteľných zdrojov.

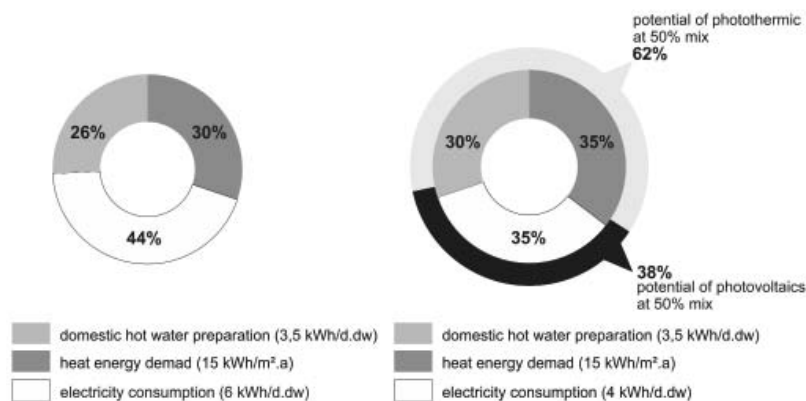
Ulohou kooperačného indikátora je číselné vyjadrenie *potenciálu energetickej nadprodukcie respektíve deficitnosti určitého typu objektových skladieb, spravidla pre referenčnú plochu (referenčný pozemok) veľkosti 1 ha, za určité časové obdobie*. Z energetickeho hľadiska môže byť zameraný na vyjadrenie potenciálu elektrickej alebo termickej energie. Jeho hodnota je určovaná pomocou výpočtu alebo simulácie pre danú lokalitu na základe aktívnych energetických ziskov z obnoviteľných zdrojov (fotovoltaická a fototerická konverzia) a energetických nárokov na prevádzku. V určitých špecifických prípadoch môže ísť o energetické prebytky vo význame odpadového tepla z produkcie či iných procesov.

Z hľadiska spracovania údajov možno hodnotu kooperačného indikátora stanoviť ako energetický ukazovateľ udávaný v [kWh/d.ha] alebo ako jednotkový ukazovateľ udávaný v počte cieľových



Paríž – Kowloon súčasnosti; súbor budov bol postavený v druhej polovici 19. storočia počas Haussmannovej prestavby Paríža s cieľom ubytovať 10 000 robotníkov. Nadmerná hustota zástavby neumožňuje optimálne využívanie solárnej energie ani potrebné preslnenie interiérov.

Paris – the Kowloon of today. The group of housing blocks was built in the second half of the 19th century during Baron Haussmann's transformations of Paris to accommodate 10,000 workers. Excessive density of the built-up area does not allow optimal utilisation of solar energy, nor the needed insolation of rooms.



Zdroj Source: spracovali autori

Pomerné rozdelenie foriem energie podľa potreby priemernej domácnosti (pred znížením a po znížení spotreby elektriny) a porovnanie energetického potenciálu fototermiky a fotovoltiky pri ich plošnom pomere 50 : 50.

Division of energy forms according to average household energy demands (before and after electricity consumption reduction) and comparison of photothermic and photovoltaic potential on surface in ratio 50:50.

jednotiek (domácností – bytových jednotiek a pod.) [byt/d.ha]. V alternatívnom vyjadrení by bolo možné kooperačný indikátor vzťahovať k úžitkovej podlažnej ploche, k zastavanej ploche, prípadne k entite samotnej štruktúry. Definície tohto alternatívneho rázu majú skôr lokálne uplatnenie a z dôvodu ich značnej premenlivosti ich nemožno v tejto podobe adekvátne nasadiť v konštrukcii urbanistickej skladby širšej, ako je urbanistická zóna.

SOLÁRNY INDEX

Urbanistický ukazovateľ solárny index (fragmentu/zóny/celku/mestskej štvrte) je definovaný ako pomer celkového množstva slnečnej radiácie dopadajúcej počas stanoveného obdobia na povrch urbánnej štruktúry a celkového množstva slnečnej radiácie dopadajúcej na povrch referenčnej plochy pozemku. Prostredníctvom číselnej hodnoty tento ukazovateľ vyjadruje, akú veľkú časť slnečného žiarenia dopadajúceho na dané územie je urbánna štruktúra schopná zachytiť a potenciálne zužitkovať. Zatiaľ čo solárna ožiarenosť referenčného pozemku sa nemení, konfiguráciou stavebných objemov, ich orientáciou voči svetovým stranám, regulovaním hustoty zástavby možno ovplyvniť množstvo slnečnej energie, ktorú objekty dokážu povrchom zachytiť. Množstvo dopadajúcej energie je závislé od posudzovaného obdobia, ktoré by malo byť stanovené vzhľadom na zámer

využívania solárnej energie. Vo výpočte solárneho indexu posudzovaných štruktúr je nevyhnutné zahrnúť zníženie ziskov z dôvodu tienenia okolím.

Predstavené urbanistické ukazovatele s priamou väzbou na energetický potenciál fragmentov mesta je potrebné ďalej overovať v praktickej rovine. Cieľom nie je nahradiť jestvujúce spoľahlivé indikátory regulujúce priestorové a plošné parametre urbánneho rozvoja, ale zviditeľniť všadeprítomnú nehmotnú zložku prostredia (energiu) s cieľom získavať ju a efektívnejšie využívať priamo v substancii mesta.

ZÁVER

Koen Steemers poznamenáva, že len *kompaktné mesto = energeticky efektívne mesto* ¹²⁷. Kompaktnosť umožňuje dosiahnuť „materiálne úspory z rozsahu“ prostredníctvom úspor v infraštruktúrnych sieťach (zvýšiť ich účinnosť/znížiť straty), znížiť nároky na dopravu osôb a uvážlivejšie využívať pôdu. Predložená solárna stratégia udržateľného mesta predstavuje spôsob zahusťovania urbánnych štruktúr pri zachovaní zdravého životného priestoru prostredníctvom optimalizácie z pohľadu slnečného žiarenia.

Veľké riziko konceptu však predstavuje užívateľ a jeho správanie. Znižovanie priemernej spotreby elektrickej energie domácností si vyžaduje šírenie osvety vo využívaní energeticky efektívnych zariadení, ako aj investovanie do vedy a výskumu so zameraním na zvyšovanie účinnosti solárnych systémov uplatniteľných v praxi (vrátane možností uskladňovania energie) a na realizáciu pilotných projektov.

Urbánne štruktúry koncipované ako „solárne energetické generátory“ si primárne vyžadujú prístup k priamemu slnečnému žiareniu. Okrajové parametre získavania a využívania energie z obnoviteľných zdrojov v urbanizovanom území by mal definovať príslušný orgán územnej správy/rozvoja, a tak zabezpečiť potrebnú koordináciu územia. Jednou z možností by bolo využitie zaužívaných územnoplánovacích nástrojov doplnených o nové indikátory kooperácie, respektíve iné energeticky relevantné ukazovatele. Koncepty energeticky kooperácie urbánnych štruktúr, synergického pôsobenia jednotlivých objektov pri získavaní a spotrebe energie vďaka inteligentnej distribučnej sieti, koordinácia reálnych energetických tokov

a rámcová regulácia územia energetickými urbanistickými indikátormi predstavujú možné východiská pre charakterizáciu mestského rozvoja 21. storočia.

Spracované v rámci grantovej úlohy *Architektúra a urbanizmus 2020 – smerovanie k takmer nulovému energetickému štandardu*, VEGA č. 1/0559/13.

NOTES POZNÁMKY

- 1 V rámci cieľa 20-20-20 (známeho aj ako: Zmena klímy a energetická udržateľnosť) sú stanovené nasledujúce tri body: 1) zníženie emisií skleníkových plynov o minimálne 20 % v porovnaní s úrovňami z roku 1990 alebo až o 30 % v prípade priaznivých podmienok; 2) zvýšenie podielu obnoviteľných zdrojov energie na konečnej spotrebe energie o 20 %; 3) zvýšenie energetickej účinnosti o 20 %. Európska únia definuje požiadavky na energetickú hospodárnosť nových a obnovovaných budov, pričom vyžaduje, aby "od 31. decembra 2020 všetky nové budovy boli budovami s takmer nulovou spotrebou energie a po 31. decembri 2018 boli nové budovy, v ktorých sídli a ktoré vlastní verejné orgány, budovami s takmer nulovou spotrebou energie". (Zdroj: Európska komisia. Oznámenie komisie: EURÓPA 2020 : Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu. Brusel 2010. Dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:SK:PDF>. [online: 2013-02-08])
- 2 Európska komisia vydala dokument s názvom Energy Roadmap 2050 (Plán postupu v energetike do roku 2050), ktorý predostiera plány EÚ redukovat' emisie skleníkových plynov do roku 2050 (v porovnaní s rokom 1990) o 80 – 95 %. Cieľom je prechod na tzv. „lowcarbon“ ekonomiku, zlepšenie technológií pre uskladnenie energie, dokončenie infraštruktúry „supersietí“ EÚ spájajúce sever, juh, východ a západ, pričom cieľom je dosiahnuť limit zvýšenia teploty max. o 2° C. (Zdroj: Oznámenie komisie európskemu parlamentu, rade, európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a výboru regiónov: Plán postupu v energetike do roku 2050. Dostupné na: <http://www.eur-lex.europa.eu>. [online: 2013-03-31])
- 3 BOSE, K. Ranjan: Energy Efficient Cities. Assessment Tools and Benchmarking Practices. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington 2010. 228 s.
- 4 Z pohľadu pasívnych solárnych ziskov väčšina odbornej literatúry odporúča južnú orientáciu objektu s

maximálnym odchýlením 20 – 30° (Pozri napr.: LITTLEFAIR, Paul: Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 2, 1998, s. 303 – 326). Na základe výskumu, Paul Littlefair odporúča z hľadiska miery preslnenia objektu, čo zákonite ovplyvňuje aj jeho energetické zisky, max. výšku tieniaceho objektu determinovanú výškou slnka 2 metre nad povrchom pod uhlom 25° (Pozri napr.: LITTLEFAIR, Paul.: Daylight, Sunlight And Solar Gain In The Urban Environment. In: Solar Energy 70, 2001, 3, s. 177– 185). V južných krajinách, ako je Cyprus (Nikózia), Grécko (Atény), Portugalsko (Lisabon) výška slnka pod hranicu 25° neklesá v priebehu celého roka. V severskom Nórsku (Oslo) je to napríklad od 9. marca do 4. októbra. V Bratislave výška slnka prekračuje hodnotu 25° v intervale od 5. februára do 7. novembra.

- 5 BROWN, G. Z. – HAGLUND, Bruce – LOVELAND, Joel – REYNOLDS, John S. – UBBELOHDE, M. Susan: InsideOut: Design Procedures for Passive Environmental Technologies. John Wiley & Sons, inc. Canada 1992.
- 6 KEPPL, Julián: Ekologicky viazaná tvorba – Kontexty architektúry a ekológie. Bratislava, vydavateľstvo STU 2001.
- 7 KNOWLES, Ralph: Energy and Form – An Ecological Approach to Urban Growth. Cambridge: The MIT Press, 1980.
- 8 Fyzik Steven Chu, riaditeľ Lawrence Berkeley National Laboratory, konštatuje, že solárne erupcie na povrchu Slnka produkujú za jednu hodinu 4,3 x 1020 joulov energie, čo predstavuje zabezpečenie energetických potrieb celého ľudstva na rok, teda asi 4,1 x 1 020 joulov. (Zdroj: BIELLO, David: Solar Power Lightens Up with Thin-Film Technology. Dostupné na: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=solar-powerlightens-up-with-thin-film-cells>. [online: 2013-05-05])
- 9 Slovenská technická norma STN 73 4301 Budovy na bývanie z júna 2005.

- ¹⁰ KNOWLES, Ralph L.: Sun Rhythm Form. Massachusetts Institute of Technology, 1981.; KNOWLES, Ralph L.: Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth. Cambridge, Ma: The MIT Press, 1974.
- ¹¹ LOS, Sergio – PULITZER, Natasha: L'Architettura del Regionalismo. Provincia Autonoma del Trento, 1985.
- ¹² CAPELUTO, I. G. – SHAVIV, E.: On the use of 'solar volume' for determining the urban fabric. In: Solar Energy 70, 2001, 3, s. 275 – 280.
- ¹³ KRISTL, Živa – KRAINER, Aleš: Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using iso-shadow method. In: Solar Energy 70, 2001, 1, s. 23 – 34.
- ¹⁴ V 6. storočí nášho letopočtu Justiniánsky kódex – Codex Justinianus Leges Duodecim Tabularum hovoril o „práve na Slnko“, s cieľom zabezpečiť prístup každého jednotlivca k slnečnému žiareniu. Neskôr sa vyvinuli ďalšie právne predpisy: rímske právo – De architectura libri decem, anglické právo – Doctrine of Ancient Light, americké právo – Doctrine of Prior Appropriation.
- ¹⁵ LEGÉNY, Ján: Typológia solárneho urbanizmu. Generovanie urbánnych štruktúr. [Dizertačná práca.] Bratislava, Fakulta architektúry STU 2013. 176 s.
- ¹⁶ PALLASMAA, Juhani: Myslící ruka: Existenciální a ztělesněná moudrost v architektuře. Zlín, ARCHA 2012, s. 59.
- ¹⁷ Ako okrajové podmienky na spracovanie štúdie boli predpokladané materiálovo-konštrukčné charakteristiky spĺňajúce jednoznačne definované parametre pasívneho energetického štandardu. Z výpočtového hľadiska bolo kalkulované so spotrebou vykurovacej energie 15 kWh/m².a hrubej podlahovej plochy.
- ¹⁸ BEDNAR, Thomas – RICCABONA, Christof: Baukonstruktionslehre 4 : Bauphysik. Wien, MANZ Verlag Schulbuch, 2008. 254 s.
- ¹⁹ Podľa prieskumov z roku 2011 vykonaných v členských štátoch Európskej únie sa priemerná spotreba elektrickej energie (na osvetlenie a elektrické zariadenia) v domácnosti na Slovensku pohybuje na úrovni 2219 kWh/rok, čo predstavuje 6,079 kWh/deň. (Zdroj: Odyssee: Energy Efficiency Indicators in Europe. Dostupné na: <http://www.odyssee-indicators.org/online-indicators/>. [online: 2013-11-25]) Podľa Euractivu sme mali medzi rokmi 2005 – 2010 ako len jedna zo šiestich krajín EÚ pokles v spotrebe elektriny v domácnostiach s hodnotou – 7,2 %. (Zdroj: Euractiv. Dostupné na: <http://www.euractiv.com/energy-efficiency/households-electricity-consumpti-news-516650>. [online: 2013-05-14]) Podľa prieskumu Európskej environmentálnej agentúry sa ukázalo, že až 20 % energie, ktorú dnes spotrebujeme, by sa dalo ušetriť len zmenou správania užívateľa, ktoré ovplyvňujú viaceré faktory, ako je technologický rozvoj, všeobecná ekonomická situácia, vek, sociálne normy, systémy presvedčenia, kultúrne rysy i marketingové stratégie. (Zdroj: Európska agentúra pre životné prostredie. Dostupné na: <http://www.euractiv.sk/energetika/analiza/dosiahnutie-energetickej-efektivnosti-zmenou-spravania-co-to-obnasa-020945>. [online: 2013-05-14]) Významným faktorom pre úspory elektrickej energie môže byť využívanie LED žiaroviek v osvetlení objektov, ktoré predstavuje 20 % z celkovej spotreby energie v domácnostiach (možné dosiahnutie 75 – 85 % úspor), ako aj využívanie energeticky efektívnych elektrospotrebičov (energetické štítky s triedami A+, A++, A+++), ktoré predstavujú 14 % podiel na celkovej spotrebe energií v domácnostiach.
- ²⁰ Bolo uvažované so systémovou účinnosťou fotovoltaiky 0,15 a so systémovou účinnosťou fototermiky 0,25.
- ²¹ Zo sociologického hľadiska je odporúčaná hustota osídlenia 250 obyv./ha. Extrémny príklad určite predstavuje Kowloon Walled City (Hongkong), kde na ploche necelých 2,7 ha žilo koncom osemdesiatych rokov 50 000 ľudí. Zvýšená hustota obyvateľov pri generovaných štruktúrach na rozdiel od spomínaného príkladu rešpektuje hygienické požiadavky na priame preslnenie vnútorných priestorov.
- ²² PETERSDORFF-CAMPEN, Winand von: Energieautarker Fertigbau : Ein Haus versorgt sich selbst. In: Frankfurter Allgemeine. Dostupné na: <http://www.faz>.

net/aktuell/finanzen/meine-finanzen/energieautarker-fertigbau-ein-haus-versorgt-sich-selbst-11480518.html. [online: 2011-10-02].

23 Napríklad portál Zeroemissioncities.at sprístupňuje širokej verejnosti archív príspevkov troch ročníkov vienského podujatia Zero Emission Cities, ktorý je v príslušnom rozsahu venovaný aj téme technológie uskladňovania energie z obnoviteľných zdrojov. Dostupné na: <http://www.zeroemissioncities.at/archiv/>. [online: 2013-12-02].

24 Fotobiont poskytuje organické látky, ktoré vyrobil fotosyntézou, huba anorganické látky: vodu, vhodné prostredie pre rast a výmenu plynov.

25 MORGENSTEIN, Peter: Typológia solárneho urbanizmu – Energetická kooperatívnosť urbánnych štruktúr. [Dizertačná práca.] Bratislava, Slovenská technická univerzita 2013.

26 Európska komisia. Oznámenie komisie : EURÓPA 2020 : Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu. Brusel 2010. Dostupné na: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:SK:PDF>. [online: 2013-02-08].

27 STEEMERS, Koen: Architecture and Energy: Occupants and implications for design. The Martin Centre for Architectural & Urban Studies, Department of Architecture, University of Cambridge