



Ján Legény
Peter Morgenstein

_solárna stratégia udržateľného mesta

_solárna stratégia udržateľného mesta

Autori:

© Ing. arch. Ján Legény, PhD.

Ing. arch. Peter Morgenstein, PhD.

Ústav ekologickej a experimentálnej architektúry

Fakulta architektúry

Slovenská technická univerzita

Nám. slobody 19

813 45 Bratislava

RECENZENTI

prof. Ing. arch. Bohumil Kováč, PhD.

Ing. arch. Jan Komrska, CSc.

Ústav urbanizmu a územného plánovania

Fakulta architektúry STU

doc. Ing. Stanislav Darula, PhD.

Ústav stavebníctva a architektúry

Slovenskej akadémie vied

GRAFICKÝ DIZAJN

© Ján Legény, Peter Morgenstein

ANGLICKÝ PREKLAD

© Ing. arch. Eva Longauerová

NEMECKÝ PREKLAD

© Ing. arch. Peter Morgenstein, PhD.



**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE**



**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ARCHITEKTÚRY**



**ÚSTAV EKOLOGICKEJ
A EXPERIMENTÁLNEJ
ARCHITEKTÚRY**

Knižná publikácia **_solárna stratégia udržateľného mesta** vychádza s podporou grantovej úlohy *Architektúra a urbanizmus 2020* – smerovanie k takmer nulovému energetickému štandardu, VEGA č. 1/0559/13.

Schválila Edičná rada Fakulty architektúry STU v Bratislave.

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave v Nakladateľstve STU. Bratislava, 2015

Všetky autorské práva sú vyhradené.

Žiadna časť tejto publikácie sa nesmie reprodukovat', ukladať do informačných systémov alebo rozširovať akýmkoľvek spôsobom bez písomného súhlasu autorov, alebo nakladateľstva.

ISBN 978-80-227-4366-2
85-216-2015

_predslov	7
_úvod	8
Vybraná terminológia_Pojem solárny urbanizmus a jeho zakotvenie do architektonického jazyka	14
1_človek a životné prostredie	16
Človek a životné prostredie_Konanie človeka, dopad na nasledujúce generácie	18
Rímsky klub_Publikácia „Limits To Growth“	23
Faktor 4 / Faktor 10_Zvyšovanie energetickej efektivity zdrojov - 'resource productivity'	26
Jestvujúce hodnotiace systémy_LEED, BREEAM, DGNB, CASBEE, SBToolCZ, iniciatíva CESBA	29
Súčasná stratégia udržateľnosti_Charty, organizácie, stratégie_Európa 2020, Energy Roadmap 2050	33
2_solárna architektúra	42
Solárna architektúra_Využívanie slnečného žiarenia pri budovaní ľudských obydľí	44
3_solárny urbanizmus	48
Solárny urbanizmus_Urbánne štruktúry koncipované na základe pohybu slnka po oblohe	50
Udržateľné mestá_Synergické fungovanie urbánnych fragmentov / Smart Grid	56
4_nástroje regulácie a navrhovania	62
Legislatíva_Právne predpisy, zákony a normy	64
Nástroje regulácie a navrhovania_Metódy aplikácie solárneho princípu do tvorby urbanizmu	66
Pravidlo „Dauerschatten“	79
Výšková zástavba_Výškové budovy v kontexte solárneho urbanizmu	80
5_energia slnečného žiarenia	82
Slnečné žiarenie_Fyzikálna podstata slnečného žiarenia, pohyb slnka a dostupné fyzikálne údaje	84
Sklon a orientácia_Nástroj na posúdenie vplyvu sklonu a orientácie voči svetovým stranám na iradiáciu referenčnej roviny	97
Ožiarenosť roviny_Intenzita slnečného žiarenia	100
Aktívne solárne technológie_Fotovoltaická a fototerická konverzia slnečného žiarenia	104
6_navrhovanie aproximáciou	110
Solárny urbanizmus navrhovaný aproximáciou_Štúdie, koncepty	112
7_kritériá a nástroje evaluácie urbánnych štruktúr	136
Podmienky vyhodnocovania_Okrajové podmienky simulačných procesov, softvérové nástroje, zber dát, výpočty	138

_obsah

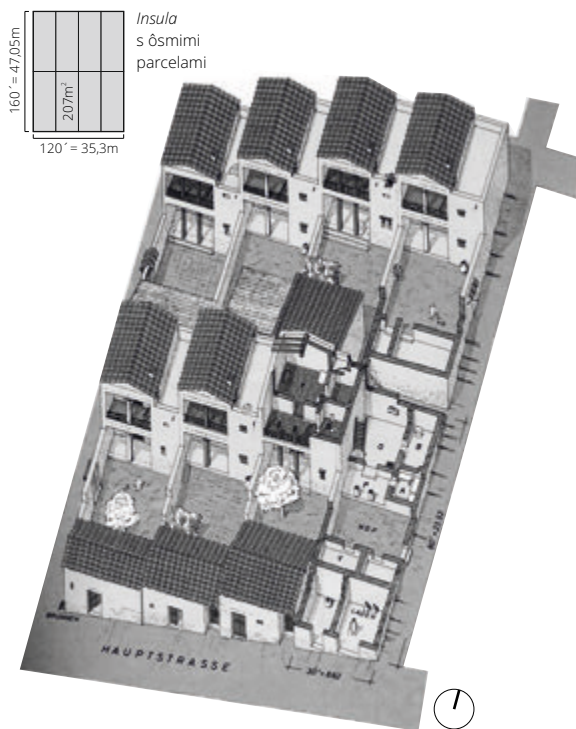
■	8_generovanie urbánnych štruktúr	146
	Generovanie energeticky efektívnych urbánnych štruktúr	148
	Príklady vygenerovaných štruktúr_Elementárne diferencie v požiadavkách	152
	Referenčná štúdia_Analýza referenčnej urbánnej štruktúry stanovenej na základe zaužívaných rozostupov v urbanistickej tvorbe	154
	Optimalizácia zástavby_Hľadanie optimálnej formy zástavby na základe jednoduchých modelov urbánnych štruktúr	156
	Prípadová štúdia 1	162
	Prípadová štúdia 2	164
	Prípadová štúdia 3	166
	Verejný priestor_Uplatnenie solárnych princípov vo verejnom priestore	169
■	9_energetická synergia urbánnych štruktúr	172
	Energetická kooperácia urbánnych štruktúr_Definovanie nových energeticky vzťahnutých urbanistických indikátorov pre uplatnenie v procese územnej regulácie	174
	Definovanie typológie_Charakteristika skúmaných urbánnych foriem a okrajové podmienky	177
	Uzatvorený blok_Príklady realizácií a ich základná charakteristika	178
	Otvorený blok_Príklady realizácií a ich základná charakteristika	189
	Riadková lineárna zástavba_Príklady realizácií a ich základná charakteristika	180
	Hrebeňová lineárna zástavba_Príklady realizácií a ich základná charakteristika	181
	Bodová zástavba_Príklady realizácií a ich základná charakteristika	182
	Vyhodnocovanie štruktúr	188
■	10_katalóg urbánnych štruktúr	194
	Uzatvorená bloková zástavba_4 NP	196
	Otvorená bloková zástavba_4 NP	198
	Lineárna riadková zástavba_4 NP	200
	Lineárna hrebeňová zástavba_4 NP	202
	Bodová klasická zástavba_4 NP	204
	Bodová šachovnicová zástavba_4 NP	206
	Uzatvorená bloková zástavba_8 NP	208
	Otvorená bloková zástavba_8 NP	210
	Lineárna riadková zástavba_8 NP	212
	Lineárna hrebeňová zástavba_8 NP	214
	Bodová klasická zástavba_8 NP	216
	Bodová šachovnicová zástavba_8 NP	218
■	11_prípadová štúdia_Ostredky, Bratislava	220
	Aplikácia výstupov výskumu_Zahustenie monofunkčnej urbánnej štruktúry na princípe solárneho urbanizmu	222
■	_záver	232
	Zhrnutie a diskusia	234
	Záver publikácie	252
■	_summary_Zusammenfassung	256
	Označenia a symboly	266
	Zdroje citácií v úvode kapitol, použitá literatúra, zdroje tabuliek a obrázkov	268

Solárny urbanizmus

Urbánne štruktúry koncipované na základe pohybu slnka po oblohe

Človek sa už od počiatku svojej existencie združuje do spoločenstiev s cieľom prežitia, či už z dôvodu získavania potravy alebo odvrátenia hroziaceho nebezpečenstva. Ako sme v predchádzajúcej kapitole opísali, slnečné žiarenie malo priamy vplyv na formovanie obydľí ľudí. Platí to aj pre skupiny stavieb – **mestá** – urbanizmus.

Túto problematiku by sme určite mohli začať antickým mestom **Priene**, ktoré bolo založené na strmých svahoch pobrežia Egejského mora okolo roku 350 pred n. l. Predstavuje určite jeden z najkrajších príkladov gréckeho mestského plánovania. Objekty sú radené za sebou na po sebe idúcich terasách, ktoré sa zdvíhajú z roviny do prudkého kopca s čisto severo-južnou orientáciou. Priene je založené na mriežkovom pláne so 6 hlavnými ulicami prebiehajúcimi z východu na západ a 15 ulicami, ktoré ich pretínajú v pravom uhle. Týmto spôsobom bolo mesto rozdelené do približne 80 blokov – *insulae*, každý s rozmerom v priemere 150 x 110 stôp (46 x 34 m). Okolo 50 *insulae* je venovaných



■ obr. 28_Priene – koncepcia zástavby (okolo 350 pred n. l.)

súkromným domom. *Insula* vyššej triedy mala štyri domy, ale väčšina z nich bola ďalej delená. Domy sa zvyčajne skladali z obdĺžnikového nádvorja obklopeného obytnými priestormi a skladmi, do objektu sa vstupovalo cez malý vestibul ústiaci na juh do ulice.

Fascinujúci, tvarovo zaujímavý, príklad je **Pueblo Bonito**, najväčší z dochovaných tzv. „Veľkých domov“ severoamerického indiánskeho kmeňa *Anasazi*. Bolo postavené na horných terasách kañonu Chaco na území dnešného Nového Mexika medzi rokmi 919 až 1080 nášho letopočtu. Osídlenie svojím zaobleným usporiadaním pripomína grécky amfiteáter. Mnohí odborníci sa domnievajú, že sa jedná o formu astronomickej hviezdárne alebo o rituálny chrám solárneho kultu. Denný a sezónny pohyb slnka tu nadobúda ďalší rozmer, nie len ako potreba na prežitie, ale aj ako dôvod na uctievanie niečoho posvätného – transcendentálneho. Objekt tvaru polmesiaca obsahoval v štyroch podlažiach 1000 miestností a viac ako 30 kruhových obradných siení „kiv“ o priemere až 20 m. V 12. storočí tieto pueblá ich obyvateľia opustili. Potom si Indiáni vybrali v stenách kañonov zatienené skalné výdute, v ktorých začali vytvárať tzv. útesové paláce. Príkladom je **Cliff Palace** (700 až 1100 n. l.) v národnom parku Mesa Verde (zo španielčiny „zelený stôl“) v Colorade, najväčšie skalné obydlie svojho druhu v Severnej Amerike z čias predkolumbovskej éry. Ochrana pred pásivnymi solárnymi ziskami počas horúcich letných dní, kedy je slnko najvyššie (ako aj pred nepriaznivými vplyvmi počasia) poskytovali veľké skalnaté previsy nad osadou. Tie akumulovali teplo a po zotmení z nich teplo zase sáralo a vytváralo požadovanú klímu. Obydlia boli orientované smerom na juh s cieľom využívania slnečnej energie v konkrétnom období v roku – najmä v zime. Slnovrat bol využívaný na pragmatické a náboženské účely. Obyvatelia Cliff Palace mali tendenciu pohybovať sa v priestore previsu vzhľadom na ročné obdobie. V letnom období prechádzali hlbšie pod previs. Naopak, v zime sa premiestňovali viac na juh, kde boli situované príjemne preslnené terasy, ktoré využívali na prácu a spoločenské aktivity. Migrácia smerom sever – juh vychádzala z pohybu tieňa, čím si obyvatelia regulovali teplotu prostredia, v ktorom sa nachádzali. Ďalšie príklady sú mesto **Olynthus** v stredomorí, či severoamerické mesto **Acoma**.

Ako sme spomínali, v stredoveku dochádza k odklonu od využívania slnečnej energie, čo súviselo aj s fortifikačnými systémami miest, ktoré obmedzovali ich rast do šírky, a tým sa vytváral tlak na čo najintenzívnejšie využívanie plôch vnútri hradiieb. Je to aj lekárska prax, ktorá mala často priamy a veľmi veľký vplyv na vývoj architektúry. Nikde to nie je badaťelnejšie než v období moderného hnutia, keď stavebné profesiie stoja v čele boja proti tuberkulóze. V celej Európe zomierajú státisíce ľudí každý rok na tzv. „Bielu nemoc“, ktorá, i keď v ústraní, decimuje viac životov, než kiahne, týfus,

šarlach a všetky ostatné ochorenia počas celej éry ľudstva. Mnoho z priekopníkov architektúry moderného hnutia sa začiatkom 20. storočia podieľa na výstavbe sanatórií na liečbu tuberkulózy. Boli oboznamovaní s liečebnými metódami svojej doby a pracovali po boku lekárov, ktorí používali slnečné žiarenie na liečbu svojich pacientov.

Le Corbusier v období svojej tvorby vyzdvihoval vedúcu pozíciu modernej architektúry pri formovaní miest budúcnosti, pričom ostro kritizoval tradičné mesto. Jeho práca v oblasti urbanizmu vrcholí publikovaním knihy *La Ville Radieuse*, teda Žiarivé (oslňujúce, svietiace) mesto v roku 1935. Architekt požaduje viditeľnosť oblohy a stromov v každom byte. ● „Projekty ako **Ideálne miliónové mesto, Ville Contemporaine** alebo **Plan Voisin** predstavujú najkontrovernejšiu časť jeho životného diela, ale v kontexte aplikácie slnečného žiarenia pri návrhu urbanistickej štruktúry predstavujú dôležitý zlom. Tradičné – aditívnym spôsobom vytvárané mesto sa v nových koncepciách rozpadá a radikálne mení na sústavu solitérnych objektov v mene moderných ideálov svetelnej hygieny obytného prostredia. Dostatočné presvetlenie všetkých bytov verus rozklad koncentrovanej mestskej štruktúry. Zánik tradičného mesta(?)“^[1] Mnoho architektov, podobne ako Le Corbusier, vyznávalo alternatívne urbanistické modely horizontálne separovaných a vertikálne predĺžených foriem. Analogickosť zmýšľania európskych a amerických autorít architektúry sa vyvíja paralelne a po druhej svetovej vojne dochádza k nárastu vplyvu európskej moderny v USA, ktorá prináša so sebou aj modernistickú teóriu urbanizmu – „*towers in the park*“ (veže v parku), aj keď v tej dobe už značne zdiskreditovanú.

Koncom 19. storočia, s vynálezom parného stroja a zostrojením automobilu, dochádza k zmene mobility obyvateľov mesta a vznikajú rôzne koncepcie miest. Už v roku 1902 **Ebenezer Howard** publikuje v *Garden Cities of To-Morrow* svoje záhradné mesto, kde by obyvatelia mali žiť v harmónii s prírodou. Ide o decentralizovanú formu osídlenia s charakterom satelitného mesta. **N. A. Miljutin** v roku 1930 kon-

cipoval svoje *pásmové mesto*, ktoré rozdelil na základné funkčné zóny/pásmo – pásmo železnice, pásmo výroby, zelené izolačné pásmo, obytné pásmo so spoločenskou funkciou, obytnou a výchovnou, pásmo rekreácie, záhradnícke pásmo. Aténska charta z roku 1933, ktorej signatárom bol aj Le Corbusier, definuje štyri funkčne diferencované zóny – bývanie, práca, rekreácia a doprava. Štvrtá funkcia spája navzájom prvé tri. Tieto koncepcie síce primárne nepočítajú s využívaním slnečnej energie, no predstavujú významnú etapu vo vývoji urbanizmu a teórie stavby miest.

Diferenciácia miest na jednotlivé zóny bola a je spôsobená skracovaním času potrebného na presun medzi nimi, ktorej výsledkom je vzrastajúca miera závislosti od fosílnych zdrojov energie. Ako sme v úvode uviedli, populácia v mestách narastá (v roku 2050 by obyvateľmi miest mali byť až dve tretiny ľudí) a na svoje fungovanie mestá spotrebujú 70 až 80 % celkovo vyrobenej energie. Dá sa teda predpokladať, že mestá sa budú s narastajúcim počtom obyvateľov rozširovať v horizontálnom smere – do šírky, čím sa budú predlžovať vzdialenosti medzi jednotlivými funkčnými zónami. Tam, kde to z priestorových možností nebude možné, mestá budú rásť do výšky a energia bude potrebná na prepravu osôb, tovarov a služieb vo vertikálnom smere. Musíme sa preto snažiť znižovať spotrebu energie miest a hľadať optimálne riešenia ich organizácie (vertikálnej, horizontálnej).

Určitá miera zníženia spotreby energie v urbanistickej mierke sa dá docíliť optimálnym orientovaním stavieb voči svetovým stranám, rozstupmi medzi objektmi a ich hmotovotvarovým riešením. Pri solárnom urbanizme tieto faktory určujú mieru využívania slnečnej energie pasívnym a aktívnym spôsobom. Urbanistická prax nám poskytuje rôzne realizácie a štúdie/vízie solárnych miest. Pri urbanizme je problematická jeho premenlivosť v čase (mení sa spôsob života, mesto sa rozrastá a pod.), preto je ťažké hodnotiť mieru ich úspešnosti, hlavne čo sa týka sociálnych a spoločenských vplyvov. Možno ale hodnotiť mieru úspor energií. **Paolo Soleri** bol inovátorom a priekopníkom v oblasti udr-



■ obr. 29_Skalné obydlia Anasazi pod previsom (asi 1100 n. l.)



■ obr. 30_Ruiny Pueblo Bonito (919 až 1080 n. l.)

žateľného urbanizmu a zakladateľ „Arcology“,⁺ zaraďuje sa medzi najznámejších utopistických plánovačov 20. storočia. Medzi jeho projekty môžeme zaradiť *Cosanti* – čiastočne podzemný komplex založený na princípoch pasívnej solárnej architektúry. Konštrukcie v horúch letných dňoch tak ostávajú chladné a naopak, počas studených nocí sálajú teplo. Jeho najznámejšie dielo je úrbánne laboratórium – *Arcosanti*, minimesto schopné podpory 5000 obyvateľov žijúcich na ploche 10 akrov. Tento projekt sa stal prototypom „arkológie“ – ako alternatíva k horizontálnemu rastu, ktorý je charakteristický pre väčšinu amerických miest a z toho prameniacich rozsiahlych predmestí. Soleri navrhol sebestačné, vertikálne vrstvené megaobjekty, ktoré kombinujú bývanie, prácu a prírodné prostredie do zahustených superorganizmov – megamiest.

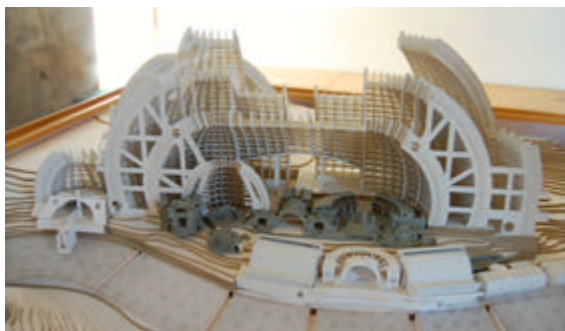
✦ Na charakteristiku tohto princípu tvorby využime slová jeho iniciátora, Paola Soleriho. **•** „V prírode, počas vývoja, sa organizmus stáva zložitejší, kompaktnejší, dochádza k miniaturizácii systému. Podobne, aj mesto by malo fungovať ako živý systém. „Arkológia“ (Arcology) – architektúra a ekológia ako jeden integrálny proces, je schopná pozitívne reagovať na mnoho problémov mestskej civilizácie, svetovej populácie, na problémy znečistenia, energie a vyčerpanie prírodných zdrojov, na nedostatok potravín a kvality života. Arkológia uznáva nevyhnutnosť radikálnej reorganizácie rozľahlej mestskej krajiny do hustých, integrovaných, trojrozmerných miest s cieľom podporiť komplexné činnosti, ktoré udržiavajú ľudskú kultúru. Mesto je nevyhnutný nástroj na vývoj ľudstva.“^[2]

V roku 1992 mesto Linz poverilo známeho rakúskeho urbanistu Rolanda Rainera vytvoriť nový územný plán zóny **Linz-Pichling** ako aj celej infraštruktúry. V prvej fáze projektu bolo postavených 630 domov. V nasledujúcej fáze bol rozsah projektu zvýšený na 1317 domov na ploche pozemku s celkovou výmerou 32 ha, určených pre asi 25 000 ľudí. Architektonicky sa na projektovaní podieľali Norman Foster, Richard Rogers, Renzo Piano a Thomas Herzog, ktorí boli priekopníkmi udržateľnej výstavby už od 70. rokov. Skupina bola nazvaná READ group (*Renewable Energy in Architecture and Design*). K hlavným parametrom udržateľnosti projektu patrí dosiahnutie maximálnej možnej hustoty, maximálnej flexibility druhov zástavby, ako aj starostlivá dopravná štúdia na podporu a uľahčenie pohybu chodcov a cyklistov s cieľom úspory spotreby fosílnych palív.

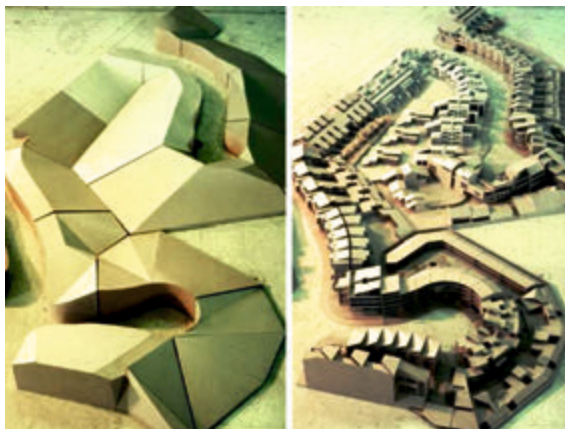
Pojem „**Solar city – slnečné mesto**“ v sebe zahŕňa aj aktívnu účasť zo strany jeho budúcich užívateľov, ktorí sa sami starajú o obhospodarovanie oblastí v okolí ich domov a niektorých verejných priestranstiev. V neposlednom rade, najväčšia inovácia v oblasti spotreby energie je jej výroba. Projekt je koncipovaný s cieľom maximalizovať pasívne solárne zisky prostredníctvom väčších odstupov budov (zabezpečujúcich prístup slnečného žiarenia aj v zimných mesiacoch) a orientáciou hlavných fasád obytných budov v smere sever – juh. Solárne kolektory na strechách budov slúžia na prípravu TÚV, energia na vykurovanie budov v nízkoenergetickom štandarde je dodávaná z diaľkového rozvodu tepla (*Fernwärme*). Počas projektovania boli pre zúčast-



■ obr. 31_LeCorbusierov Plan Voisin pre Paríž z roku (1925)



■ obr. 32_Arcosanti 5000 (Paolo Soleri)



■ obr. 33_Slnečný obal Ralpha Knowlesa a jeho architektonizácia



■ obr. 34_Solar City Linz – Pichling

nené strany stanovené limitné požiadavky na energetický štandard budov (potreba tepla na vykurovanie max. 44 kWh/m²/a) a stupeň pokrytia potreby TUV energiou zo slnka (min. 34 %), ktoré boli vo finálnom priemere značne prekročené (36 kWh/m²/a; 50 %). Dôraz bol kladený aj na elimináciu statickej i dynamickej individuálnej automobilovej dopravy v bezprostrednej blízkosti obytnej zóny.^[3]

Sprievodným výstupom projektu *Solar City Linz* je katalóg kritérií kvality udržateľného urbanistického rozvoja – *LeS! (Linz entwickelt Stadt!)*, ktorý formou tzv. *check-list* (zaškrŕavací zoznam) posudzuje mieru naplnenia požiadaviek. Hodnotenie kvality urbanistického návrhu prostredníctvom *check-listu* však nie je nič ojedinelé – napr. mnohé mestá v Nemecku majú vypracované podrobné systémy. Mesto **Essen** umožňuje touto formou, okrem iného, hodnotiť danosti územia, kvalitu urbanistického návrhu alebo kvalitu územného plánu. Na každej úrovni sleduje využitie OZE (predovšetkým slnečnej energie), energetický koncept, minimalizáciu spotreby, či možnosti budúceho napojenia zástavby na regeneratívne energetické zdroje. Otázna ostáva miera uplatnenia týchto nástrojov v rovine praxe.^[4]

Solárne sídlisko **Am Schlierberg**, Freiburg (časť *Vauban*) je významný príklad solárneho urbanizmu z Nemecka. Je charakterizované integrovaním rozsiahlych plôch fotovoltiky do strešnej konštrukcie domov. Sídlisko v energeticky pasívnom štandarde produkuje väčšie množstvo energie ako spotrebuje na svoju prevádzku. Príkladom aplikácie aktívnych solárnych systémov v urbanistickej mierke pri obnove 11-podlažných budov je **La Darnaise, Grand-Lyon** (Francúzsko), kde boli na fasády dodatočne inštalované PV-moduly a na strechy solárne kolektory. Tento príklad tiež demonštruje obmedzenosť možností pri koncipovaní solárne aktívnych plôch *ex post*.^[5]

Príklad energeticky sebestačného urbanizmu je tiež štvrť **Bo01, Västra Hamnen** v Malmö (Švédsko). Sídlisko je napo-



■ obr. 35_Solárne sídlisko Am Schlierberg, Freiburg, Nemecko

jené na lokálny zdroj tepla (tepelné čerpadlo produkujúce energiu pre okrskové vykurovanie a chladenie s medzisezónnym ukladaním tepla v prírodných infiltračných vrstvách 90 metrov pod zemou). Byty a tepelné čerpadlá v rámci okrskovej siete zásobuje elektrickou energiou veterná turbína s výkonom 2 MW. Systém dopĺňajú integrované solárne kolektory a fotovoltika.^[6]

Pre olympijské hry v roku 2000 vybuodovalo austrálske hlavné mesto Sydney olympijskú dedinu v **Newingtone**, ktorá patrí k najväčším solárnym „dedinám“ vo svetovom meradle. Od fázy urbanistického návrhu bol kladený dôraz na orientáciu a sklon striech, ako i na celkový architektonický výraz a integráciu PV. Po skončení olympijských hier boli domy rozpredané a predstavujú inšpiratívny model solárneho urbanistického rozvoja so štátnou podporou a koordináciou.

Príklady solárneho urbanizmu uplatňujúceho BIPV (*building integrated photovoltaics* – integrácia fotovoltiky do budov) sú relatívne hojne zastúpené aj v Holandsku. Solárne sídlisko **Nieuw Sloten**, Amsterdam poskytuje elektrickú energiu získanú lokálne zo strešných PV panelov rozmiestnených nerovnomerne v sídelnom útvere. Prostredníctvom nich pokrýva lokálnu spotrebu a v prípade prebytkov zásobuje najbližšie okolie. Fotovoltika na strechách budov je vo vlastníctve a správe firmy, ktorá dozerá na funkčnosť a zabezpečuje potrebnú údržbu.

Iný príklad je projekt solárneho sídliska **Nieuwland, Amersfoort**, ktorý sa zameral na širšie uplatnenie fotovoltiky. Jeho význam spočíva v definovaní rámcových požiadaviek na orientáciu, sklon a rozsah PV plôch, ktoré architekti museli záväzne pri návrhu rešpektovať.

Urbanistický projekt **Stad van de Zon**, vznikajúci na severe Holandska, reprezentuje príklad kooperácie troch obcí pri formovaní nového urbanistického celku koncipovaného s cieľom optimalizácie využívania aktívnych solárnych technológií. Príklady z Holandska sú charakterizované precíznou plánovacou fázou a včasnou spoluprácou s budúcimi správcami solárnych technológií ako aj s prevádzkovateľmi dotknutých energetických sietí, čo umožnilo pripraviť okoliťú infraštruktúru na bezproblémové integrovanie plánovaných solárnych systémov.

Podobných príkladov, ktorým sa venuje, okrem iných, aj publikácia *Solárne mestá – uplatnenie stratégie solárnych miest v podmienkach Slovenska*, je pomerne veľa. Spomeňme napríklad projekt solárneho mesta **Daegu** v Južnej Kórei, austrálske **Adelaide, Santa Monica** v USA, **Oxford** vo Veľkej Británii, či dánsku **Kodaň**. Oxford, ktorý bol v roku 2006 dejiskom druhého medzinárodného kongresu solárnych miest a je členom Medzinárodnej iniciatívy solárnych

miest (ISCi), si stanovil cieľ, podľa ktorého do roku 2010 bude 10 % všetkých domov využívať solárnu energiu. So zámerom osloviť obyvateľov, mesto zriadilo tzv. *slnecnú ulicu*, ktorá pozostávala z energeticky úsporných domov vybavených solárnymi systémami a zimnými záhradami, či solárne predmestie. V Kodani bolo realizované množstvo ukážkových projektov využívajúcich solárne technológie a energeticky úsporné riešenia pre obytné súbory (napr. Oresundská oblasť). V roku 2005 mesto zriadilo „solárnu cenu“, či *Solar Stock Exchange* (solárnu burzu), známa je kodaňská ZOO, či škola architektúry.

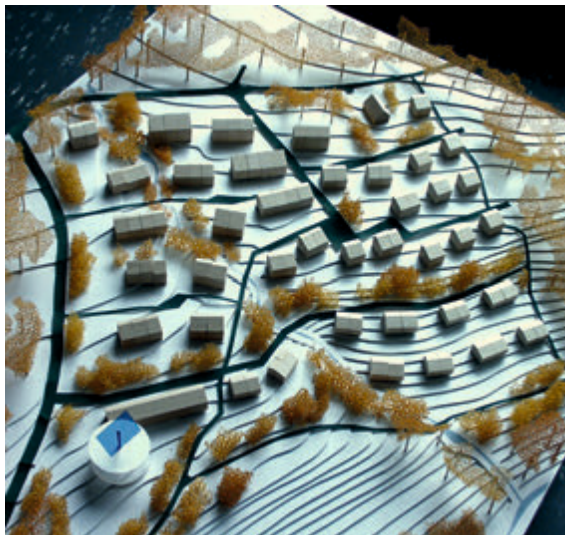
Uvedené príklady, i keď svojím rozsahom spadajú do urbanistických dimenzií, majú prevažne charakter okrajových urbánnych štvrtí s prevahou bývania v rodinných domoch, ojedinele v objektoch málopodlažnej zástavby.

Charakter intenzívne urbanizovaného územia využívajúceho obnoviteľné energetické zdroje má projekt realizovaný v metropole susedného Rakúska. V novej mestskej štvrti **Aspern – Die Seestadt Wiens**, ktorá v súčasnosti vzniká na *brownfielde* bývalého viedenského letiska, majú byť uplatnené princípy energeticky kooperatívneho fungovania jednotlivých objektov v rámci urbánneho celku. Inovátna energetická infraštruktúra má umožniť bezproblémový transfer energetických prebytkov na miesto aktuálnej spotreby. Okrem toho, tepelná energia získaná počas leta prostredníctvom solárnych kolektorov bude medzisezónne ukladaná do podlažia s cieľom pokryť väčšinu potreby tepla na vykurovanie. Ďalšiu možnosť zásobovania energiami predstavuje koncept využitia geotermálnej energie rovnako na pokrytie tepelných nárokov, ako aj na výrobu elektriny. Počas plánovacieho procesu boli využité simulačné nástroje zahŕňajúce celé sídlisko, ktoré má poskytnúť bývanie a prácu pre 20 000 obyvateľov. Hustota zástavby bola voľná s cieľom minimalizácie energetických strát a optimalizácie mikroklimy s využitím zelene, elementu vody, pozitívnych aspektov efektu tepelného ostrova a pod.¹⁷⁾

Extrémnejšie príklady udržateľných miest, ako napríklad **Masdar City**, môžeme nájsť v Spojených arabských emirátoch. Dnes patrí spomedzi projektov udržateľných miest celosvetovo k najprogresívnejším. Ambiciózne ciele zahŕňajú nulovú spotrebu energie s produkciou nulového odpadu a minimálny dopad na okolité prostredie.

Urbanistická koncepcia solárneho spoločenstva obce **Königsfeld**, je primárne podriadená orientácii objektov na juh s cieľom maximalizácie využitia solárnych ziskov. Vysoký dôraz sa kladie na participatívne navrhovanie. Veľkosť a plán zástavby zostáva variabilný, s cieľom poskytnúť investorom a obyvateľom značnú flexibilitu a individualitu. Povýšenie energetických aspektov nad mestotvorné princípy však spôsobuje, že v novom území absentujú verejné

priestranstvá a zástavba nadobúda charakter developer-ských suburbánnych zón, kde hustota zástavby nedosahuje parametre udržateľného územného rozvoja.



■ obr. 36_Solárne spoločenstvo Königsfeld



■ obr. 37_Extravagantné Palm Islands, World Island v Dubaji ako kontrapunkt k udržateľnému spôsobu života

V kontraste s týmito snahami je mesto **Dubaj**, ktoré počas posledných troch desaťročí vôbec nekládlo dôraz na udržateľnosť ako primárny cieľ svojho rozvoja. Charakterizuje ho neprirodzené tempo rastu. Výsledkom je mesto s plochou 3885 km² a budovami, ktoré si vzhľadom na náročné klimatické pásmo vyžadujú veľké množstvo energie získavané najmä z fosílnych palív. Dubaj má jednu z najväčších uhlíkových stôp na jedného obyvateľa na svete, aj keď táto stopa je čiastočne výsledkom procesov energeticky náročného odsoľovania morskej vody na pitné účely, od ktorých je mesto priamo závislé. Môžeme konštatovať, že Dubaj predstavuje model rozvoja, v ktorom sa ľudia pokúšali podmaniť si svoje okolie skôr, ako s ním koexistovať. Príkladom sú napríklad novovytvorené ostrovy *Palm Islands*, *World Island*. Dubajské „zelené“ pokusy sú charakterizované predovšetkým dôrazom na samotné stavby, skôr ako na riešenie celkového urbanistického konceptu. Pri bližšom skúmaní týchto návrhov vyplýva, že ide často o „symbolické gestá“. Extrémny príklad podobného prístupu, ako ospravedlniť extravagantný dizajn, je návrh veže (vertikálny urbanizmus) – *Rotating Tower*, ktorá sa otáča pomaly okolo svojej osi za pomoci využívania obnoviteľných zdrojov energie. Dubaj je príkladom mesta, ktoré disponuje extrémnym množstvom dopadajúcej slnečnej energie. Problém predstavuje vysoká náročnosť chladenia objektov počas takmer celého roka. Je všeobecne známe, že energia potrebná na chladenie je zhruba 3-krát väčšia ako na vykurovanie (v našich podmienkach). V Dubaji je určitá úspora energie (či už primárnej alebo tzv. sivej/zabudovanej) možná redukovaním po architektonickej a technologickej-konstruktívnej stránke megalomanských projektov. Takýto prístup zväčša býva demonštráciou sily (v tomto prípade ekonomickej) alebo pokroku, čo potvrdzuje aj história.



■ obr. 38_Model vienského sídliska Aspern
Nová mestská štvrť pre 20 000 ľudí vzniká na ploche bývalého letiska Viedne.

Udržateľnosť vo vzťahu k mestu musí byť chápaná komplexne – od zachovania kultúrnej identity, cez tvorbu verejných priestranstiev podporujúcich sociálne väzby medzi obyvateľmi až po energetické a mikroklimatické aspekty. Solárne mestá súčasnosti menia svoje adjektívum na *inteligentné* v zmysle využívania informačných technológií, inteligentných sietí a meracích systémov, energeticky kooperujúcich budov, či mestských štvrtí.

- [1] ŠPAČEK, Robert a kol.: *Solárne mestá: Uplatnenie stratégie solárnych miest v podmienkach Slovenska*. Bratislava, Vydavateľstvo STU, Fakulta architektúry 2010, s.5.
- [2] Dostupné na: <<http://arcosanti.org/Arcology>> [2014-03-22]
- [3] TREBERSPURG, Martin: *SolarCity Pichling - Das Projekt: Nachhaltige Stadtentwicklung*. Wien/New York, Springer 2008.
- [4] STADT ESSEN: *Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung*. Essen, Amt für Stadtplanung und Bauordnung 2009.
- [5] GAIDDON, Bruno, KAAAN, Henk, MUNRO, Donna: *Photovoltaics in the Urban Environment - Lessons Learnt from Large-scale Projects*. London, Earthscan 2009.
- [6] CITY OF MALMÖ: *Västra Hamnen, The Bo01-area - A city for people and the environment*. [online] 2004. Dostupné na: <http://sustainablecities.dk/files/file/vhfolder_malmostad_0308_eng.pdf> [2012-01-24]
- [7] MA 21B WIEN: *Masterplan Flugfeld Aspern: Pläne und Ergebnisbroschüre* [online]. Wien, Magistrat der Stadt Wien 2008, 129 s. Dostupné na: <<http://www.aspern-seestadt.at/resources/files/2010/7/26/1114/masterplan-flugfeld-aspern-gesamt.pdf>> [2013-06-08]

Udržateľné mestá

Synergické fungovanie urbánnych fragmentov – Smart Grid

Udržateľnosť sídelného rozvoja predstavuje komplexnú problematiku zahŕňajúcu všetky stránky súčasnej ľudskej existencie v urbánnom kontexte. Na jej riešenie je potrebné posilniť adekvátne environmentálne vzdelávanie a výchovu nových generácií (no i tých súčasných). Mestá sú nositeľmi kultúry a civilizačného pokroku. Musia reagovať na dôsledky klimatických zmien, saturovať spoločenské a etické požiadavky spôsobom, ktorý im umožní zabezpečiť kontinuitu života. Koncepčné plánovanie miest musí zahŕňať okrem sociálnych a ekonomických aspektov predovšetkým energetické a klimatické hľadiská, musí definovať potenciály efektívnosti a podporovať produkciu energie priamo v mestských štruktúrach a hľadať možnosti jej ukladania.^[1]

Udržateľnosť miest sa postupne stala celosvetový trend, častokrát s prifarbenými prívlastkami (zelený...). K základným premisám udržateľnosti v urbanistickom ponímaní patrí hustota a kompaktnosť zástavby, rozmanitosť architektúry a prostredia, zloženie obyvateľstva, ekologické formy dopravy, pešia dostupnosť, lokálne pracovné príležitosti, kontakt s prírodným prostredím, minimalizácia ekologickej stopy sídla...^[2]

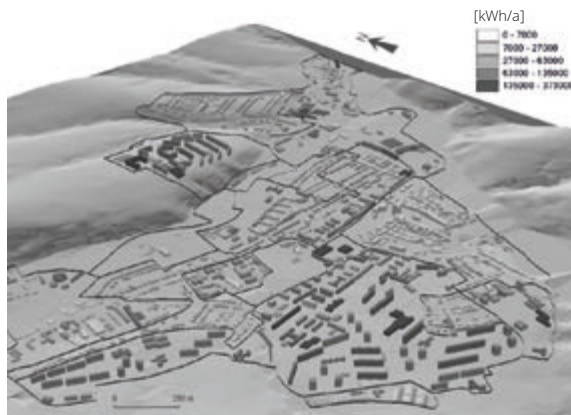
Budovy v súčasnosti v Európe počas svojho životného cyklu spotrebúvajú približne 40 % z celkového množstva spotrebovanej energie^[3], čo tiež znamená, že sú sektorom s najväčším podielom na exploatacii energetických zdrojov. Okrem toho sú zodpovedné za 36 % emisií CO₂. V mestách sa v celosvetovom meradle koncentruje viac než 50 % celkovej populácie, v rámci Európy je to takmer 73 %, pričom trend je stúpajúci. Podľa štúdie OSN, do roku 2050 bude v urbanizovaných oblastiach žiť až 70 % populácie. V súčasných rozvinutých krajinách percentuálny podiel obyvateľstva v mestách dosiahne 86 % a zároveň menej rozvinuté regióny budú čeliť nárastu mestského obyvateľstva zo 44 % (2007) na 67 % v roku 2050.^[4] Vzrastajúca hustota miest a pribúdajúci počet ich obyvateľov si vyžaduje hľadanie nových prístupov k tvorbe urbánneho prostredia. Do popredia vstupujú energetické toky v meste, ich rovnováha a predovšetkým lokalizácia energetických zdrojov v mieste spotreby – teda priamo v substancii mesta – v urbánnych štruktúrach.

Vízia integrálneho energetického fungovania urbánnych fragmentov miest nie je tak vzdialená dnešnej realite. Urbanistické zóny či mestské štvrte, v ktorých je rozhodujúca

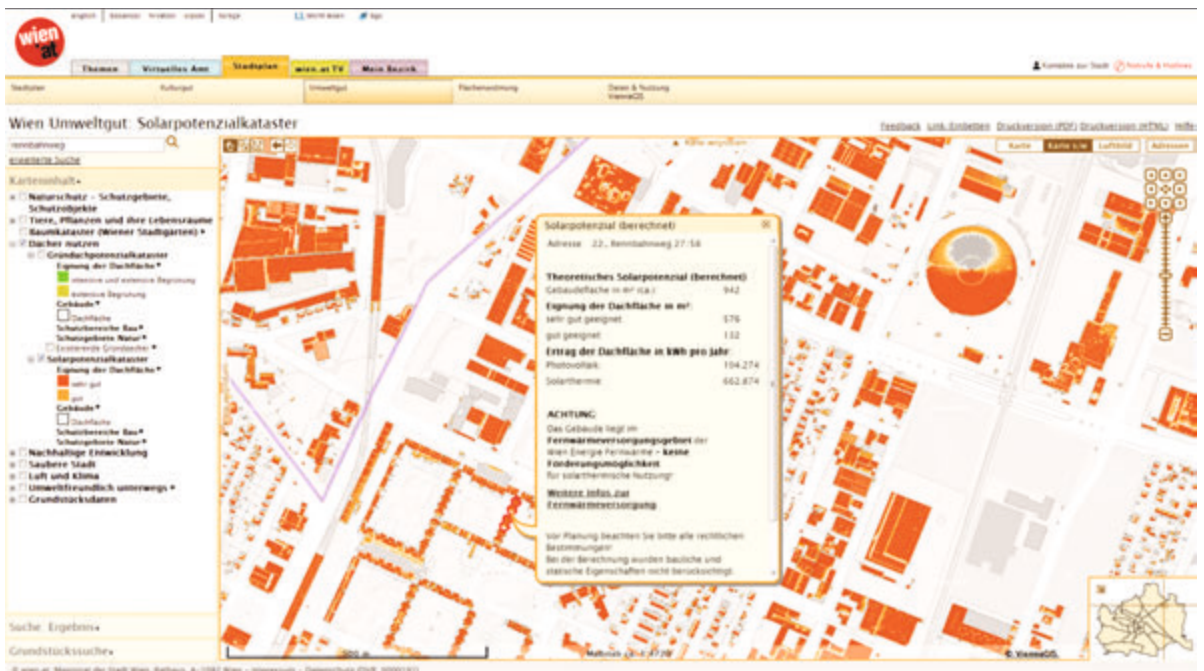
komplexná energetická efektívnosť celku, sa postupne dostávajú nielen do programu mnohých medzinárodných konferencií, ale aj do strategických dokumentov Európskej únie. **Energetická kooperácia** mestských štvrtí predstavuje jednu z možných odpovedí na udržateľné fungovanie mesta pri zachovaní jeho kultúrnej identity. Nové alebo obnovené časti miest, s vyšším potenciálom získavania energie z obnoviteľných zdrojov, môžu dotovať energeticky menej produktívne alebo staršie – pamiatkovo chránené historické zóny.

Mestá s inteligentnou urbanistickou víziou majú vypracované verejne dostupné **solárne katastre** (Viedeň, Berlín, New York, Ženeva...). Takéto *on-line* dokumenty *zobrazujú solárny fotovoltický a/alebo termický potenciál určitých území mesta, či priamo konkrétnych budov (striech)*. Poskytujú tak obyvateľom, developerom a investorom orientačný odhad možných solárnych ziskov, a tým podnecujú k využívaniu obnoviteľných energetických zdrojov. Na území Slovenska sa podobnou problematikou zaoberá práca Hofierku a Kaňuka.^[5] Prostredníctvom modelovej simulácie monitoruje potenciál mesta Bardejov z hľadiska výroby elektriny prostredníctvom fotovoltiky. Výskum dospel k záveru, že Bardejov by bol, pri využití fotovoltiky na dostupných plochách striech budov, schopný pokryť približne 2/3 zo svojej celkovej celoročnej spotreby elektriny. Potvrdzuje reálnosť pokrytia energetických potrieb mesta priamo v urbánnom priestore a tiež možnosť autonómneho kooperatívneho fungovania urbánnych štruktúr. Predpokladom na zvyšovanie miery pokrytia energetického dopytu je znižovanie množstva spotrebúvanej elektrickej energie týmito štruktúrami.

Zameranie sa na získavanie energie z obnoviteľných zdrojov priamo v mieste spotreby alebo v blízkom okolí a transformácia budov zo spotrebiteľov energie na producentov, so sebou nutne prinesie zmeny vo výraze mesta a azda i novú estetickú paradigmu. Je potrebné sa na tieto zmeny



■ obr. 39_Fotovoltický potenciál urbánnych štruktúr Bardejova



■ obr. 40_on-line solárny kataster Viedne s informatívnymi údajmi energetického potenciálu pre jednotlivé budovy
 Základné údaje: adresa; teoretický solárny potenciál; plocha strechy podľa vhodnosti umiestnenia solárnych technológií (veľmi vhodná, vhodná, nevhodná); energetický výnos systémov v kWh/a (fotovoltaika, solárna termika); doplnkové informácie a odporúčania podľa lokality

z architektonického hľadiska pripraviť. Je však nevyhnutné paralelne hľadať riešenia aj v súvislosti s kultúrnou udržateľnosťou a identitou miest. Kultúra stavieb je dôležitý kvalitatívny faktor lokality.⁶⁹ Z hľadiska nájdenia správnej rovnováhy medzi hustotou, otvorenosťou a funkčnou náplňou, ale rovnako i medzi mestom a jeho okolím, je potrebné skúmať možnosti územného plánovania a definovať účinné nástroje na rozvoj urbánnych celkov vo vedomí, že pre komplexnú efektívnosť a udržateľnosť miest nie sú rozhodujúce jednotlivé stavby, ale predovšetkým urbanistické celky, ktoré sú nimi tvorené.

Z technického hľadiska je v súčasnosti za najslabší článok systému označované uskladňovanie získanej energie (najmä elektrickej). Teoretickej i praktické možnosti bojujú s nízkou mierou efektívnosti a rýchlou degradáciou uskladňovanej energie. Dosaiaľ najrozšírenejší model uskladňovania elektrickej energie z OZE je založený na odvádzaní získaných energetických prebytkov do jestvujúcej elektrickej siete, kde ostávajú zdanlivo uložené. Keď energetický dopyt v objekte prekročí aktuálne možnosti energetického zásobovania z obnoviteľných zdrojov (napr. noc, zamračený deň), odoberá ju z verejnej elektrickej siete (väčšinou ide o predaj a nákup elektriny cez obojsmerný elektromer; časťto vzniká vplyvom dotácií značný rozdiel v cene). Takýto systém síce z hľadiska jedného objektu môže pôsobiť logicky a najmä efektívne, pretože do siete uložená energia napohľad nedegraduje, nie je to však celkom tak. Energia z foto-

voltiky, vložená do siete, je pochopiteľne nárazová a pri väčšom množstve spôsobuje výkyvy, na ktoré musí reagovať prevádzkovateľ siete. Takto sa obnoviteľná energia dostane do siete, má však za následok degradáciu už z iného zdroja vyprodukovanej elektriny a deformáciu trhu.

Memorandum, ktoré vzišlo z berlínskej konferencie *Städtische Energien – Zukunftsaufgaben der Städte*,⁷¹ prináša komplexný a rozhodný názor na udržateľnosť miest. Okrem mnohých ďalších aspektov vyzdvihuje, ako jednu zo štyroch veľkých úloh miest v budúcnosti, technologickú obnovu ich technickej infraštruktúry. Žiada vytvorenie kooperatívne fungujúcich inteligentných energetických sietí – *Smart Grid/ Smart Infrastructure*.⁺

+ **Inteligentná sieť** (IS, alebo *smart grid*) znamená „zdokonalenú energetickú sieť, ku ktorej je pridaná obojsmerná digitálna komunikácia medzi dodávateľom a spotrebiteľom, inteligentné meranie, monitoring a riadiace systémy.“ Jej základný predpoklad sú správne a komplexné dáta z meraní (z inteligentného meracieho systému).

Inteligentný merací systém (IMS, alebo *smart metering*) znamená „elektronický systém, ktorý je schopný merať spotrebu a pridávať k tomu viac informácií než konvenčné meradlo (napr. meranie ďalších výkonových a kvalitatívnych parametrov elektriny) a ktorý je schopný vysielat a prijímat dáta z využitím niektorej formy elektronickej komunikácie.“¹⁸¹

Zásobovanie vodou a odvodnenie, zásobovanie energiou a teplom, doprava a mobilita sa postupne musia stať decentralizovane spravovanými, ale zároveň prepojenými (zosieťovanými) systémami. Tak umožnia „viacnásobné“ využívanie získanej energie a sú závažnejšie aj pre obyvateľov.

Prebytky energie jedného užívateľa sa stávajú energetickými zdrojmi pre iného.¹⁰¹ Vybudovanie lokálnych obnoviteľných zdrojov energie s rôznou mierou granulácie v danom území dokáže zabezpečiť rozmanitosť energetických zdrojov a ich stabilnejšiu konfiguráciu. Moderné technológie umožňujú optimalizáciu tokov a prepojenie (zosieťovanie) jednotlivých energetických systémov. Inteligentné riadiace systémy môžu rozhodovať o aktuálnom využívaní získavanej energie a prioritovať procesy podľa ich energetickej náročnosti a priebežných energetických ziskov. Koncepty nabíjania batérií elektromobilov počas dňa a spätné využívanie energie z nich v noci pre napájanie (rodinných) domov sa postupne dostávajú ako bežný produkt na svetové trhy. Cieľom je narábať so získanou energiou v reálnom čase a s čo najvyššou mierou efektívnosti.

Na základe formulovaných európskych stratégií by lokálne relatívne nezávislé energeticko-informačné siete mali predstavovať základné kompozičné jednotky, ktoré zabezpečia využívanie lokálnych energetických zdrojov priamo v mieste spotreby. Možnosť koordinovať medzisieťové energetické toky v širšom kontexte bude garantovať potrebnú stabilitu a pružnosť systému.

Aktuálnosť témy v úrovni urbánneho spolupôsobenia pri získavaní a narábaní s energiou z obnoviteľných zdrojov potvrdzujú nezávislé paralelne prebiehajúce projekty väčšieho, či menšieho rozsahu v Rakúsku: *Aspern – Die Seestadt Wiens*, či *Energy City Graz-Reininghaus*, ale i vedeckovýskumné projekty, prípadové štúdie a realizácie – *G. W. Reinberg: Sídliisko Eschweiler*; *F. Lichtblau: München-Sendling*. Na projektoch kooperujú univerzity, mestá, orgány miestnej samosprávy a odborníci z oblastí energetiky, urbanizmu, architektúry, sociológie. Zaoceánsky príklad energetickej kooperácie na urbanistickej úrovni i keď v rámci jedného rozsiahleho areálu, je inovátny projekt *Apple Campus*, Cupertino, USA.

Modelový príklad lokálneho energetického manažmentu predstavuje spolková krajina Salzburgsko. Zvolené demonštratívne lokality pre aplikáciu systémov usmerňujúcich energetické toky z OZE na základe aktuálneho dopytu a stavu v sieti sa sústreďujú na energetický manažment rôznych úrovní – od regionálnej s integráciou rôznych druhov OZE, až po lokálnu nízkonapäťovú sieť (*Smart low voltage grid*).¹¹⁰ Lokálny smart grid obce Köstendorf, ktorý integruje informačnú, komunikačnú sieť s energetickou a dopravnou infraštruktúrou, je zaujímavý pre koncipovanie urbanistického rozvoja formou energeticky kooperujúcich urbánnych štruktúr.

Problematickou oblasťou ostávajú legislatívne rámce pre možnosti synergického využívania energie z obnoviteľných zdrojov v urbánnej dimenzii. S energiou môžu obchodovať



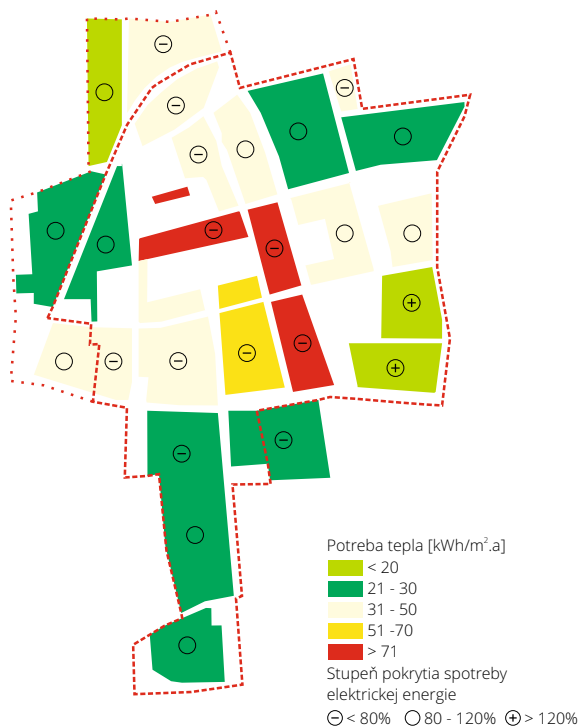
■ obr. 41 „Smart House of the Future“

Inteligentný príbytok od Nissanu NSH-2012 dokazuje možnosti energetickej kooperácie medzi budovou a automobilom, ktorý v prípade potreby spätné zásobuje dom.



■ obr. 42_Cupertino, CA, USA - Campus spoločnosti Apple

Strešné roviny sú v maximálnej miere využité na umiestnenie fotovoltaiky, zásobujúcej kampus elektrinou. Projekt: Foster + Partners.

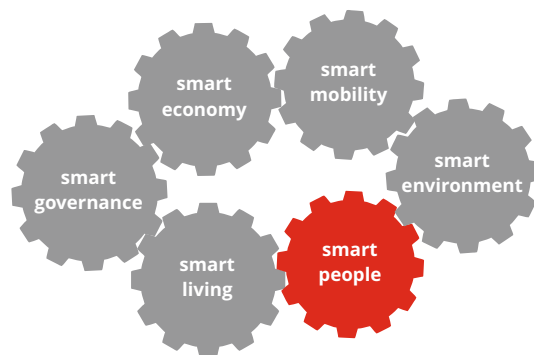


■ obr. 43_Energetický koncept mestskej štvrte Graz Reininghaus
Hustota potreby tepla (Wärmebedarfsdichte) na vykurovanie a potenciálny stupeň pokrytia vlastných potrieb prostredníctvom PV na úrovni mestskej štvrte.

iba licencované spoločnosti (autorizovaní dodávatelia energie). Ak napríklad existuje bytový dom, kde vlastníci bytov vlastnia aj príslušnú fotovoltiku, nemôžu prebytočnú energiu predat priamo, napr. susedovi s vyššou spotrebou.⁺ Táto zdanlivá komplikácia však zabezpečuje mieru odbornosti a nadhľad potrebný na spravovanie obojsmerných energetických tokov na úrovni mestských štvrtí, resp. sídla.

⁺ Možnosť uplatnenia princípu energetickej kooperácie možno v súčasnosti riešiť iba na vyššej úrovni, keď získaná (prebytočná) energia je predaná energetickému dodávateľovi, ktorý ju spätne dodáva podľa dopytu. Situáciu možno riešiť tak, že solárny systém prevádzkuje a spravuje (napr. formou nájomnej zmluvy, alebo na základe inej dohody) priamo dodávateľ energie, v mnohých prípadoch zároveň správca verejnej energetickej siete.

Implementáciu konceptu spravovaných energetických tokov medzi urbánymi štruktúrami novej zástavby a ich okolím uplatňuje novovznikajúci urbánny celok *Graz-Reininghaus*. Projekt s rozlohou 110 ha, rozdelený predbežne na 20 etáp, zahŕňa komplexnú analýzu energetických tokov v rámci mesta vrátane definovania potenciálov a možností ich začlenenia do jestvujúceho systému. Projekt charakterizuje optimalizovaná urbanistická hustota, typologická a funkčná rôznorodosť, lokalizácia v rámci stabilizovaného územia na ploche bývalého pivovaru (*brownfield*) i pešia dostupnosť historického centra. Koncom roku 2013 bola do prevádzky uvedená prvá etapa, zahŕňajúca 12 bytových

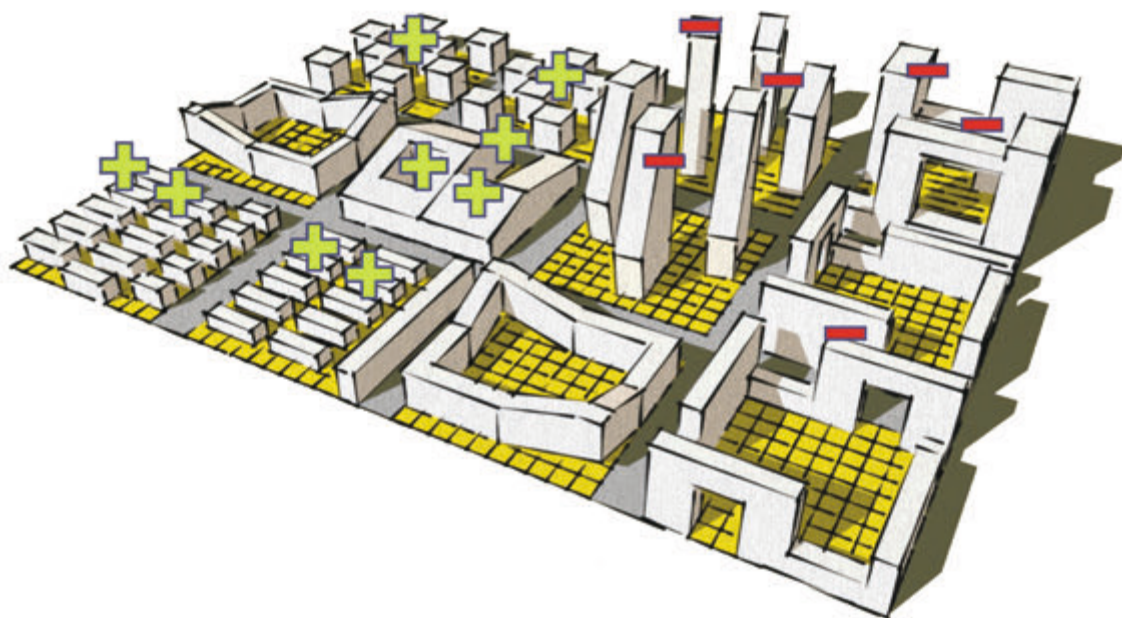


■ obr. 44_Model Smart City
Smart City je mesto, ktoré dokáže na vynikajúcej úrovni zladit' 6 charakteristík postavených na inteligentnej kombinácii aktivít a vkladov uvedomelých, nezávislých a rozhodujúcich obyvateľov mesta.

domov a polyfunkčný objekt s predajňami a kancelárskymi priestormi. Solárne zisky z PV a ST sú rovnomerne získavané a distribuované medzi jednotlivé elementy urbánnej štruktúry.^[11] Skĺbením možností manažmentu energetických tokov a urbánnej substance, dimenzovanej na daný energetický systém prostredníctvom vopred definovaných rámcových požiadaviek na energetické nároky a zisky urbánnych štruktúr, možno zrealizovať koncept stabilnej a rozmanitej energetickej (takmer) nezávislej/(takmer) nulovej mestskej štvrte. Elektromobilita, zásobovaná „čistou“ energiou z obnoviteľných zdrojov, tvorí samozrejmu súčasť.

Vývoj miest je nasmerovaný ku konceptom **Smart-City**, keď sa všetky mestotvorné komponenty integrálne prepájajú za účelom inteligentne fungujúceho celku. Smart City sa neobmedzuje na rôzne aplikácie uľahčujúce pohyb a orientáciu v meste, ale zahŕňa predovšetkým efektívne fungovanie dopravy, komunikáciu s jeho obyvateľmi a ich participáciu na rozvoji mesta. Nato slúži predovšetkým dobre fungujúci webový portál mesta s interaktívnymi mapami (napríklad o stavebnom dianí v meste, či kataster solárneho potenciálu území/budov). Dôležité je narábanie s energiami, prírodnými zdrojmi, odpadové hospodárstvo, redukcia emisií, ale i roviná kultúry, identita a nespočetné množstvo iných aspektov vplyvajúcich na celkovú kvalitu urbánneho života. Základom všetkého musí byť dobre fungujúci administratívny aparát mesta a inteligentná vízia, presahujúca niekoľko volebných období. K najvýznamnejším európskym „smart“ mestám sa v súčasnosti radia najmä škandinávske mestá Kodaň, Helsinki, Štokholm, ale i Viedeň alebo Amsterdam.

Zdá sa, že architektúra a urbanizmus dospeli do fázy nutného prerodu. Musia nie len reagovať na komplexné požiadavky súčasnosti, ale najmä anticipovať potreby blízkej i vzdialenejšej budúcnosti, aby sa nestali nepotrebným bremenom budúcich generácií. V menej dynamickom priestore Slovenskej republiky je nevýhoda mierne oneskorenej reakcie trhu zároveň výhodou, pretože (pokiaľ sa správne vyu-



■ obr. 45_Model energetickej kooperácie na urbánnej úrovni

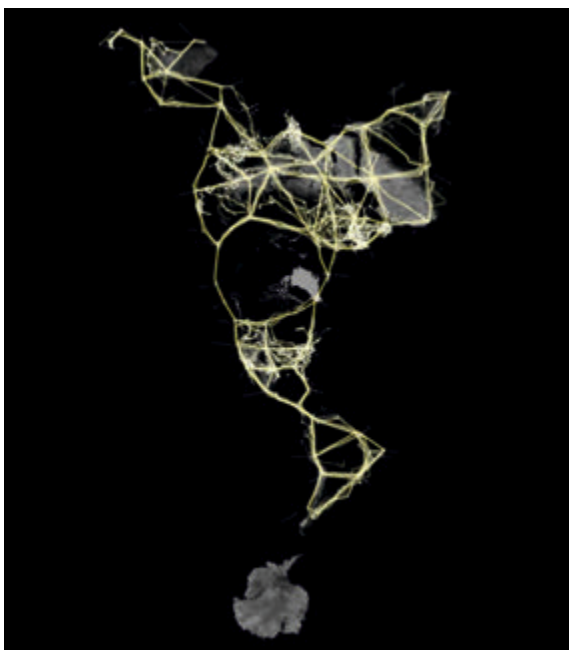
Základom kooperácie je energetická súčinnosť, pri ktorej objekty s vyšším solárnym potenciálom poskytujú svoje prebytky objektom s nižším potenciálom s ohľadom na vzájomnú prospešnosť.

žije), umožňuje kvalitnejšiu prípravu pred zavedením konkrétnych opatrení. Z nasmerovania väčšiny uvedených publikácií a výskumných projektov je zrejme, že v súčasnosti sa v odborných kruhoch začína nazerať na mesto – zhluk urbánnych celkov, tvorených rôznymi typologickými druhmi urbánnych štruktúr, ako na sústavu s veľkým potenciálom zberu a využívania solárnej energie – **energeticky aktívny urbanizmus**. Mnohé štúdie naznačujú, že slnečné žiarenie a jeho charakteristika bude ovplyvňovať budovy nie len z hľadiska hygienických predpisov, ale predovšetkým z pohľadu využívania aktívnych solárnych systémov, integrovaných do urbánnej (architektonickej) substance. Z toho dôvodu je potrebné, aby na výskum v tejto oblasti nadviazali aj urbanisti a zástupcovia v mestských orgánoch a požadovali postupné presadzovanie územného rozvoja v duchu solárneho urbanizmu a implementáciu nových územnoplánovacích nástrojov a prístupov. Nato bude potrebné pripraviť nové metodické postupy a do praxe zaviesť **urbanistické ukazovatele zamerané na energetické aspekty územného rozvoja**.

Mesto, ktoré skutočne funguje ako živý organizmus, bude potrebné ešte intenzívnejšie prepojiť v zmysle obojsmerných energetických tokov. Vytvorenie smart-gridov umožní detailné monitorovanie a manažment dátových a energetických transakcií od úrovne najmenších okrskov až po nadmestskú úroveň. Kumulácia týchto opatrení nemá smerovať iba k obligátnemu naplneniu cieľov vytyčených Európskou úniou, ale má zabezpečiť zvyšovanie kvality života oby-

vateľov miest a dôstojné prežitie a rozvíjanie kultúrnych hodnôt.

Energetická udržateľnosť musí byť férová – rovnaké príležitosti na využívanie energie by mali mať aj ekonomicky menej rozvinuté krajiny. Túto myšlienku podporuje nakoniec aj fakt, že rozvojové krajiny majú veľký potenciál rozvíjať svoje hospodárstvo prostredníctvom obnoviteľných energetických zdrojov – počnúc solárnym energetickým potenciálom rovníkovej Afriky až po geotermálnu energiu Indonézie. Problém z hľadiska chudobnejších krajín je práve finančná nedostupnosť technológií potrebných na jeho využitie. Krajiny s technológiami využívajúcimi obnoviteľné zdroje musia poskytnúť svoje skúsenosti a podporu rozvojovým krajinám aj vo vlastnom záujme. ● „Z historického hľadiska svetová spotreba energie nikdy nebola rozložená spravodlivo. Bohaté krajiny vystavali svoju ekonomiku na dostupných lacných fosílnych palivách a naďalej spotrebúvajú veľkú väčšinu globálnych zásob energie. S miznúcimi zásobami fosílnych palív, zvyšok sveta nebude môcť týmito zdrojmi poháňať svoju vlastnú vývoj. Nadôvažok, vplyvom tohto nerovného vývoja, chudobnejšie krajiny budú zmenami klímy, spôsobenými predovšetkým spotrebou fosílnych zdrojov bohatšími krajinami, trpieť najväčšmi.“^[12] V spolupráci s odborníkmi sa problematikou nerovnomerného rozloženia energetických zdrojov zaoberala aj výskumná skupina AMO (súčasť OMA) v publikácii *The Energy report*.^[13] Predstavený koncept globálnej energetickej siete je založený na intenzívnom využívaní obnoviteľných zdrojov. Možný je iba pri spolupráci mnohých krajín,



■ obr. 46_ Umelecké stvárnenie konceptu svetovej energetickej siete so zahrnutím obnoviteľných zdrojov energie

vrátane rozvojových. Takýmto spôsobom by všetci mohli ťažiť zo vzájomnej kooperácie – bohatšie krajiny by získali prístup k stabilnejším obnoviteľným zdrojom a chudobnejším by prospela z hľadiska rozvoja hospodárstva.

V predchádzajúcich kapitolách sme sa snažili súhrnne priblížiť problematiku globálneho otepľovania, príčiny čo k danému stavu vedú a naznačiť možné riešenia ako tento stav zmeniť. Z uvedeného vyplýva, že komplexnosť tohto problému závisí od množstva faktorov, ktoré sa navzájom ovplyvňujú. Zmena v spôsobe myslenia a správania sa užívateľov stavieb, legislatívnych orgánov ako aj architektov a urbanistov v procese navrhovania, je nevyhnutnou podmienkou pre stavbu objektov s minimálnym dopadom na životné prostredie a pre smerovanie k udržateľnému spôsobu života. Aj keď ● „ciele a záujmy ekológov sú iné ako ciele a záujmy ekonómov; ciele a záujmy globalistov iné ako nacionalistov; ciele a záujmy chudobných iné ako bohatých; ciele a záujmy intelektuálov iné ako politikov; ciele a záujmy vedcov iné ako umelcov...“^[14] no na ekologických ideáloch prírody, života a zdravia by sa ľudstvo azda zjednotiť mohlo! Potrebnú motiváciu môžeme hľadať v podobe „ekologickej“ etiky alebo cez prizmu finančných úspor počas životného cyklu stavieb.

V urbanistickej mierke možno dosahovať relevantné výsledky a spravovať rôznorodosť a komplexnú kvalitu sídelných útvarov. Jedine na tejto úrovni možno sa paralelne venovať i aspektu každodennej ľudskej mobility a vyhnúť sa tak para-

doxom, ktoré nezriedka prináša individuálna nízkoenergetická výstavba v odľahlých polohách. Objekty s minimálnou potrebou energie totiž zďaleka nevyvážia neprimerane vysokú spotrebu spôsobovanú neefektívnou individuálnou dopravou (napr. pri každodennom cestovaní automobilom za zamestnaním). Implementácia energetických parametrov a indikátorov využívania energie do plánovacieho a regulačného procesu výstavby miest je z hľadiska optimalizácie nevyhnutným krokom k predpokladom efektívneho kooperatívneho narábania s energiou v urbánnom priestore.

- [1]BMVBS: *Städtische Energien - Zukunftsaufgaben der Städte*. Berlin, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012.
- [2]RUMMING, Karin, [ed.]: *Hannover Kronsberg Handbuch: Planning and Realisation*. Hannover, Landeshauptstadt Hannover 2004.
- [3]Smernica 2010/31/EÚ: SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EÚ z 19. mája 2010 o energetickej hospodárnosti budov (prepracované znenie). Štrasburg, 2010.
- [4]UNITED NATIONS: *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. New York, United Nations 2008.
- [5]HOFIERKA, Jaroslav, KAŇUK, Ján: Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. In: *Renewable Energy*. 2009, 34, s.
- [6]EURÓPSKA KOMISIA: *Oznámenie komisie: EURÓPA 2020: Stratégia na zabezpečenie inteligentného, udržateľného a inkluzívneho rastu*. Brusel 2010. Dostupné na: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:N:SK:PDF>> [2013-08-02]
- [7]BMVBS: *Städtische Energien - Zukunftsaufgaben der Städte*. Berlin, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012.
- [8]ročenka elektrotechniky a energetiky - SLOVAK ENERGY ANNUAL 2013. REPUBLIC s.r.o, Bratislava 2013, s. 121. [on-line] Dostupné na: <http://ročenka.sk/domains/ročenka/UserFiles/ročenky/SEA_2013_CD_komplet_03.pdf> [2014-04-03]
- [9]BMVBS: *Städtische Energien - Zukunftsaufgaben der Städte*. Berlin, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung 2012.
- [10]Salzburg AG: *Energie intelligent vernetzen - Smart Grids: Modellregion Salzburg*. [online]. Salzburg, Salzburg AG 2012. Dostupné na: <<http://www.salzburg-ag.at/?elD=download&uid=297>> [2013-05-21]
- [11]RAINER, Ernst: *Urbane Energieversorgung in Graz Reininghaus - Planung mit offenen Systemgrenzen*. Haus der Zukunft. [online] 2013. Dostupné na: <<http://www.hausderzukunft.at/results.html/id7199?active>> [2013-08-13]
- [12]SINGER, Stephan, [ed.]: *The Energy Report: 100% Renewable Energy by 2050*. Gland, WWF International 2011. 256s.
- [13]Ibid.
- [14]VIŠŇOVSKÝ, Emil: *Človek by mal žiť v záhrade: Eseje o kultúre, živote a filozofii*. Bratislava, Kaligram 2010, 238 s.

Legislatíva

Právne predpisy, zákony a normy

Stanovenie noriem je v prvom rade kultúrnym aktom. Aj mesto a život v ňom dokážeme „čítať“ na základe zákonov platných na jeho území. Pravidlá spájajú fyzickú a sociálnu substanciu mesta, prepájajú kvalitu s kvantitou a latentné charakteristiky s cieľmi sebaurčenia. Stávajú sa tvoričnými nástrojmi, zabezpečujú vyváženú formu kontroly medzi slobodou a doktrínou.

Súčasťou histórie spoločenského spoluzitia sú zákony, pravidlá a normy vo vzťahu k dostupnosti priameho slnečného žiarenia, ktoré sa rozvinuli najmä počas obdobia Rímskej ríše. ● „V starom Ríme sa starostlivosť o verejné zdravie považovala za jednu z prioritných funkcií štátu. Právne garancie v tomto smere sa nachádzajú v rímskom právnom systéme v časti Jus urbanorum praediorum. Právo na slnečné žiarenie, svetlo a nezatienny pozemok bolo formulované v 6 zákonoch, z ktorých 3 garantovali právo stavať a ďalšie 3 slúžili na ochranu proti nevhodnému stavaniu z hľadiska neprimeranej výšky stavby, zamedzenia dostupnosti priameho slnečného žiarenia, denného svetla a zníženia výhľadu.“^[1] V 6. storočí nášho letopočtu boli „slnečné miestnosti“ populárne do takej miery, že **Justiniánsky kódex** – *Codex Justinianus Leges Duodecim Tabularum* hovoril o „**práve na Slnko**“ s cieľom zabezpečiť prístup každého jednotlivca k slnečnému žiareniu. Neskôr sa vyvinuli rôzne právne predpisy týkajúce sa práva na využitie Slnka, ako napríklad: *De architectura libri decem* – rímske právo, anglické právo – *Doctrine of Ancient Light*, či americké *Doctrine of Prior Appropriation*.^[2]

V Anglicku bola v roku 1696 zavedená „**Window Tax**“ – okenná daň a počas jej platnosti dochádza k minimalizovaniu preslnenia vnútorných priestorov, nakoľko sa zamurovávajú existujúce okenné otvory a nové budovy boli navrhované s minimálnymi perforáciami s cieľom vyhnúť sa poplatkom. Táto epocha s neadekvátne veľkými okennými otvormi sa končí rušením dane v roku 1851.†

† Bryson dodáva: ● „Ludia daň nemali radi a nazývali ju „daň za vzduch a svetlo“, čím mysleli, že mnohé služobníctvo či chudobnejší ľudia sú odkázaní žiť v uzavretých temných komorách.“ Približuje nám aj druhú daň, zavedenú v roku 1746, ktorá sa nezakladala na počte okien, ale na váhe skla v nich, ktoré vtedy bolo drahý a nedostatkový tovar. Daň zrušili roku 1945, čo Bryson považuje za jeden z dvoch hlavných impulzov na postavenie ikonickej stavby – Krištáľového paláca. Ten druhý bol zrýchlenie výroby ťahaním skla. „Práve keď Paxton potreboval viac skla, ako kto kedy chcel pred ním, cena klesla o viac ako polovicu. Spolu s technologickými zmenami a zrýchlením výroby, umožnili tieto súhry existenciu Krištáľového paláca.“^[3]

Jeden z najznámejších zákonov, zaoberajúcich sa prístupom slnečného žiarenia k plochám okien – **Law of Ancient Lights**, pochádza z Veľkej Británie z roku 1663. Podľa tohto zákona, ak prístup (slnečného) svetla k nehnuteľnosti bol

skutočne budovou využívaný neprerušene od nepamäti, ostáva toto právo absolútne nedotknuteľné. Okolité budovy podľa tohto zákona nesmú byť postavené tak, aby obmedzili prístup slnečného žiarenia na konštrukcie, ktorými hodaná budova využíva. Interpretácii tohto zákona a posudzovaniu miery tienenia okien chránenej budovy sa venovala už kniha *On Ancient Lights*.^[4] Po úprave zákona tzv. **Prescription Act** z roku 1832 sa zmenilo obdobie „od nepamäti“ na obdobie 20 rokov a v roku 1959 vychádza zákon doplnený pod názvom **Rights of Light Act**.^[5]†

† Originálne anglické znenie zákona ● „When the access and use of light to and for any dwelling house, workshop, or other building shall have been actually enjoyed therewith for the full period of twenty years without interruption, the right thereto shall be deemed absolute and indefeasible, any local usage or custom to the contrary notwithstanding, unless it shall appear that the same was enjoyed by some consent or agreement expressly made or given for that purpose by deed or writing.“^[6]

V súčasnosti sa legislatíva zaoberá prístupom slnka do bytov predovšetkým zo zdravotného a hygienického hľadiska. Denné osvetlenie v obytných budovách je ošetrované kritériom maximálneho ekvivalentného uhla tienenia, ktorý sa môže pohybovať v rozsahu 25° až 42° (uhol 25° je stanovený pre školské učebne a podobné priestory; uhol 30° je horný limit ekvivalentného tienenia okien miestností s dlhodobým pobytom ľudí; 36° hustejšia zástavba; 42° v historických centrách miest).^[7] Pre našu zemepisnú šírku (45 až 50°) odporúča Paul Littlefair na zabezpečenie možností využívania slnečného žiarenia uplatňovať kritický uhol tienenia 30°.^[8] Slovenské požiadavky na minimálne kritériá prístupu priameho slnečného žiarenia do obytných miestností definuje *STN 73 4301* pojmom preslnenie.†

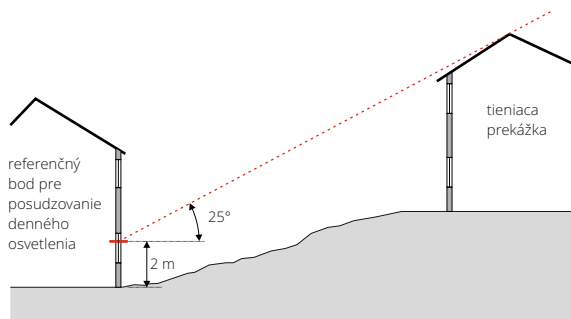
† ● „Všetky byty sa musia navrhovať tak, aby boli preslnené. Byt je preslnený vtedy, ak súčet podlahových plôch jeho preslnených obytných miestností sa rovná najmenej 1/3 obytnej plochy bytu. Do súčtu plôch z jednej strany preslnených miestností, ani do súčtu plôch všetkých obytných plôch bytu sa na tento cieľ nezapočítavajú časti plôch obytných miestností ležiace za hranicou hĺbky miestnosti, ktorá sa rovná 2,3-násobku jej svetlej výšky. Obytná miestnosť je dostatočne preslnená, ak:

- *pádorysný uhol slnečných lúčov v rovinou vnútorného zasklenia zvislého osvetľovacieho otvoru je najmenej 25°, resp. uhol vymedzený slnečnými lúčmi a kolmicou na rovinu iného ako zvislého zasklenia je menší ako 70°;*
- *priame slnečné žiarenie vniká do miestnosti osvetľovacím otvorom alebo otvormi, ktorých celková plocha vypočítaná zo skladobných rozmerov je najmenej desatina podlahovej plochy miestnosti, najmenší skladobný rozmer osvetľovacieho otvoru musí byť aspoň 900 mm s výnimkou strešných okien so sklonom väčším ako 15° od zvislice, v tom prípade musí byť aspoň 750 mm;*
- *priame slnečné žiarenie dopadá na bod v rovine vnútorného zasklenia vo výške 300 mm nad stredom spodnej hrany osvetľovacieho otvoru, ale najmenej 1200 mm nad úrovňou podlahy miestnosti;*
- *čas preslnenia (pri zanedbaní oblačnosti) je od 1. marca do 13. októbra najmenej 1,5 hodiny denne pri výške slnka nad horizontom väčšej ako 5°. V bytoch, ktoré majú dve a viac obytných miestností má byť 3-hodinové preslnenie aspoň jednej obytnej miestnosti. Ak je pred obytňou miestnosťou alebo nad ňou čiastočne alebo úplne otvorený tieniaci priestor (napr. balkón, loggia), stačí dodržať požadovaný čas pre kritický deň 1. marca.*

V historických častiach sídelných útvarov v osobitne odôvodnených prípadoch (stavebné úpravy, výstavba v prielukách) musí byť čas preslnenia bytov aspoň 1 hodina.^[9]

■ tab. 06_Odporúčané ekvivalentné uhly tienenia (Littlefair)

ZEMEPISNÁ ŠÍRKA [°]	KRITICKÉ UHLY TIENENIA PREKÁŽKOU [°]
do 40	40
40 - 45	35
45 - 50	30
50 - 55	25
55 - 60	22
60 a viac	20



■ obr. 47_Ekvivalentný uhol tienenia (Littlefair)
Kritérium denného osvetlenia predstavuje 25° ekvivalentný uhol tienenia prekážkou, posudzovaný vzhľadom na referenčný bod vo výške 2 m nad terénom.

Na využívanie pasívnych energetických ziskov v zimnom období však minimálne normové kritériá nie sú dostačujúce, na zabezpečenie prístupu slnečnej radiácie ku kolektorovým plochám solárnych systémov nie sú kritériá stanovené vôbec. Právo na slnko, ako právo na prístup k priamemu slnečnému žiareniu, je potrebné vnímať nie len z hľadiska hygienických aspektov, ale aj z pohľadu energetiky. S integráciou obnoviteľných zdrojov energie do zastavaného územia, predovšetkým s plnohodnotným pasívnym a aktívnym využívaním energie solárneho žiarenia, súvisí požiadavka na neobmedzený prístup slnečných lúčov ku kolektorom (transparentné plochy fasád, aktívne plochy solárnych systémov etc.). V urbanizovanom území predstavuje vzájomné tienenie budovami, či inými pevnými prekážkami, výrazné obmedzenia a v prenesenom zmysle aj energetické straty oproti maximálnej možnej vyťažiteľnosti daného systému. V niektorých severoamerických štátoch sa spravidla

● „zabezpečuje dostupnosť priameho slnečného žiarenia medzi 9.00 až 15.00 hodinou pravého slnečného času a to tak, aby na solárne zariadenie mohlo dopadať najmenej 90 % z toho množstva, ktoré by v príslušnej lokalite dopadalo v tomto čase na úplne netienené zariadenie.“^[10]

Z prostredia Kalifornie, USA je známy **Solar Rights Act**, či **Solar Shade Control Act** (1979), ktorý sa vzťahuje priamo na využívanie aktívnych a pasívnych solárnych systémov. Podľa zákona nesmú byť dodatočne zatienené nainštalované solárne systémy ani konštrukcie na pasívne získavanie energie na viac než 10 % v čase od 10.00 do 14.00. Kalifornský občiansky zákonník zaručuje definovanie solárnych

vecných bremien pre prípady zabezpečenia riadneho prístupu slnečného žiarenia tým subjektom, ktoré používajú solárne pasívne a/alebo aktívne energetické systémy.^[11] Z hľadiska solárneho územného plánovania je zaujímavý nemecký stavebný zákon, definujúci obsah územného plánu (§ 9 (1) Nr. 23 b, 24 BauGB). Na jeho základe možno definovať územia, v ktorých sa pri výstavbe vyžadujú určité opatrenia na získavanie, využívanie, alebo ukladanie energie z obnoviteľných zdrojov – napríklad možno definovať vyhotovenie strechy a fasády s určitým podielom solárne aktívnych plôch, uplatnenie solárnych systémov a pod. Je prípustné definovať územia, v ktorých je nutné dodržanie určitých stavebných opatrení, napr. zvýšené energetické štandardy, dodržanie kritérií pre pasívne domy a pod. Možno tiež vyžadovať vyhotovenie stavebnej prípravy na pripojenie k lokálnym alebo regionálnym energetickým sieťam. Vynútiteľnosť jednotlivých opatrení ostáva otázná.^[12]

Legislatíva týkajúca sa prístupu slnečného žiarenia do budov v jednotlivých európskych krajinách veľmi rôzni. Dokazuje to práca *Daylighting Standardisation in Northern Europe*,^[13] ktorá sa zaoberá odlišnosťami svetlotechnických legislatívnych požiadaviek krajín severnej Európy. Nie len, že rôzne krajiny používajú rôzne prísne kritériá, ale aj metódika posudzovania splnenia požiadaviek pre obytný priestor sa často líši. Je to pochopiteľné najmä z hľadiska rôznych geografických daností, ale svoj vplyv zohráva aj historický vývoj. Eventuálne zjednotenie kritérií na celoeurópskej úrovni sa javí ako relatívne komplikované.

- [1] HRAŠKA, Jozef: *Slnko a denné svetlo v urbanizme a architektúre. Prax vo vybraných krajinách sveta – prehľad predpisov a spôsob ich uplatňovania*. Bratislava, 2011. [online]. Dostupné na: <<http://www.iur.sk/download.pl?hash=04KKtulvxB8kpZYxrmNW8owJkWsBsJWO&ID=71>> [2014-07-04]
- [2] MACHÁČOVÁ, K., KEPPL, J., KRAJCSOVICS, L.: *Slnečný obal*. In: *Pasívne domy 2011*. Brno, Centrum pasívneho domu 2011, s. 105–115.
- [3] BRYSON, Bill: *Dům, domov, domácnost, dějiny architektury*. Praha: Hodkovičky, Praha 2013, s. 24.
- [4] KERR, Robert: *On Ancient Lights and the Evidence of Surveyors Thereon*. London, John Murray 1865.
- [5] Rights of Light Act. *An Act to amend the law relating to rights of light, and for purposes connected therewith*. London, Her Majesty's Stationery Office 1959.
- [6] Prescription Act 1832. 1832 c. 71 (Regnal. 2 and 3 Will. 4), Section 3. Dostupné na: <<http://www.legislation.gov.uk/ukpga/Will4/2-3/71/section/3>> [2014-07-04]
- [7] STN 73 0580-1, 2. *Denné osvetlenie budov*.
- [8] LITTLEFAIR, Paul: Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment. In: *Solar Energy*, Vol. 70, No. 3, 2001. s.77–187.
- [9] STN 73 4301 *Budovy na bývanie*.
- [10] HRAŠKA, Jozef: *Slnko a denné svetlo v urbanizme a architektúre. Prax vo vybraných krajinách sveta – prehľad predpisov a spôsob ich uplatňovania*. Bratislava, 2011. [online].
- [11] NEWICK, Kurt, BLACK, Andy: *California's Solar Access Laws*. [online]. Dostupné na: <https://www.chulavistaca.gov/City_Services/Development_Services/Planning_Building/SustainabilityCenter/PDF/California%20Solar%20Access%20Laws.pdf> [2014-12-22].
- [12] Stadt Essen: *Leitfaden für eine energetisch optimierte Stadtplanung*. Essen, Amt für Stadtplanung und Bauordnung 2009.
- [13] TIMMUS, Prit: *Daylighting Standardisation in Northern Europe*. London, University College London 2007. [záverečná práca].

Nástroje regulácie a navrhovania

Metódy aplikácie solárneho princípu do tvorby urbanizmu

Tvorbu urbanizmu (rozvrhnutie objektov a definovanie ich vzájomných vzťahov v špecifickej lokalite) determinujú viaceré aspekty. Kvalitné a zdravé prostredie pre život, ako základný východiskový bod by malo byť, okrem iného, reprezentované správne zvolenou „ľudskou mierkou“ s dobrou orientáciou v priestore, kvalitným preslnením interiérov objektov a verejných priestranstiev, ale aj ich estetickým zvládnutím, nakoľko takéto prostredie stimuluje psychiku a správanie sa obyvateľstva.

Historicky prvotnými charakteristickými atribútmi mesta sa stávajú: ohraničenie/vymedzenie priestoru, prostredníctvom mestských hradieb, v ktorých – *intra muros* sa odohrával spoločenský život; ten bol riadený silou zákona platného na jeho teritóriu, ktoré ustanovilo a prijalo spoločenstvo ľudí a ktorý určoval vzťahy medzi jednotlivcami a ich postavenie vzhľadom k obci – vzniká *politické teleso*.

Postupný vývoj spoločnosti si prirodzene vynútil zavádzanie nových zákonov, regulácií a reštrikcií v oblasti stavby miest a tvorby urbanizmu, implikujúcich problematiku stratifikácie „okupovaného“ priestoru. Regulácia výstavby miest a spôsobu zastavania pozemkov osciluje v závislosti od potrieb danej mestskej spoločnosti, či sily politického vplyvu. Spomeňme príklad **Barcelony** a jej „*the Eixample*“ (katalánsky výraz pre rozšírenie – *’extension*), ktorý vypracoval Ildefonso Cerdá (1815 až 1876). Singularita tejto regulácie si okrem iného kládla za cieľ zlepšenie dopravy, cirkulácie vzduchu, preslnenia, či vizuálnej otvorenosti priestoru prostredníctvom oktagonálnych blokov. Eventuálne mesto **Brazília** (orig. *Brasília*) postavené *ex nihilo* – doslova z ničoho. Gnómičský charakter tohto konceptu je potvrdený aj zapísaním do zoznamu Svetového dedičstva UNESCO (1987) ako jediného mesta postaveného v 20. storočí.

Najvyhrotenejší príklad regulácie (ako formy hyperregulácie), aj z pohľadu slnečného žiarenia, predstavuje azda **New York**. Základy urbanistickej štruktúry tohto mesta, takej akú ju poznáme dnes, siahajú do roku 1811, keď Simeon deWitt, Gouverneur Morris a John Rutheford predkladajú svoj návrh, ktorým narysovali mesto v dimenziách 13 x 156 blokov ohraničených 12 triedami (*avenues*) prebiehajúcimi zo severu na juh a 155 ulicami (*streets*) smerujúcich z východu na západ. Vzniká **Manhattanská mriežka** – „*apoteóza roštu*“.

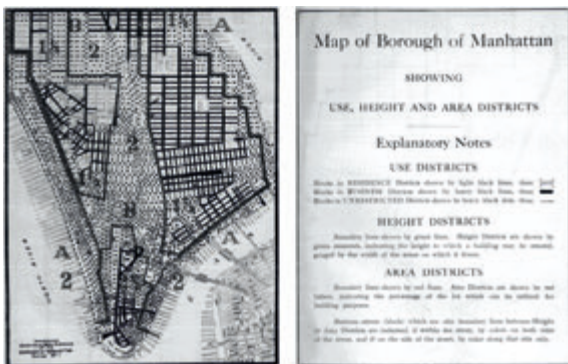
Kardinálna zmena vo výstavbe, ako aj v celkovom výraze mesta (v menšej miere aj iných miest na svete), nastáva v druhej polovici 19. storočia s príchodom oceľovej rámovej konštrukcie a zavedením rentabilného/uplatniteľného výťahu do praxe. Nastupuje architektúra bezprecedentných foriem a výšok ako priestorové vytiahnutie – „extrudovanie“ pôdorysnej plochy pozemkov značných rozmerov.

Fragmentácia priestoru manhattanskou mriežkou „sa má spojiť niekde pod oblakmi“. Po počiatočných experimentoch s výškovou zástavbou, keď stavby pripomínali veže, označuje Rem Koolhaas za prvý mrakodrap šesťdesiat poschodovú budovu *Woolworth Building* (1913, architekt Cass Gilbert), a ako poznamenaná: ● „*Monument 20. storočia je Automonument a jeho najčistejším výrazom je mrakodrap.*“¹¹ Často ako výsledok multiplikácie typického podlažia, mrakodrap so sebou prináša doposiaľ pre mesto neznáme dôsledky.

Ulice pod budovami strádať svetlo, čerstvý vzduch, nezvládajú nápor chodcov a dopravných prostriedkov spojených s nárastom a kumuláciou ľudí v nových objektoch. Spoločenský odpor proti výškovej výstavbe narastá až so vznikom **Equitable Building** (1915), štyridsaťdva podlažnej budovy dovedy nevídaných rozmerov kompaktného tvaru, ktorá vrhala tieň o ploche 7 akrov. Tento mrakodrap na *Lower Broadway* bol koncipovaný s cieľom maximálne využiť drahý pozemok a predstavoval v tej dobe najväčší objekt na svete, čo sa týka celkovej podlažnej plochy. Developeri/maximalisti začínajú hrať prím.

Strach z nehostinného, „neludského“ prostredia a absencie slnečných lúčov pod mrakodrapmi vyústil v roku 1916 neobvykle, do stavebnej normy – **Zónového zákona** pod názvom **Zoning Law**. Namiesto regulácie prostredníctvom presne determinovanej výšky budovy dochádza k rozdeľeniu Manhattanu na tri pásma A, B, C (*height districts*) a k vytváraniu „**zoning envelopes**“ – hmotovo-priestorových štádií maximálneho možného objemu pre daný pozemok. Je tu zjavná istá paralela s metódou slnečného obalu (*solar envelope*) Ralpa Knowlesa. Zónový zákon nastavil limity na stavbu v rámci blokov, no determinuje aj funkčné využitie parcely, jej zastavanosť, ako aj hmotové rozloženie/stvárnenie objektu. Zóny vedľa seba majú definované rôzne využitie (bývanie, obchod, prípadne presne nestanovená funkcia), v dôsledku čoho má územné plánovanie v praxi za následok vytváranie rozdielov vo formách a funkciách mesta.

Hlavným činiteľom pri vytváraní originálnych „hmotovo-architektonických obálok“ špecifických vďaka stupňovitému /odskakovanému tvaru (*Set-back Buildings*) sa stáva šírka ulice. Najrozšírenejším pomerom pre *setback* – odskok bola hodnota 1½, následne 2, 2½. Výsledkom bolo, že pri hodnote 1½ a šírke ulice 100 stôp (*feet*), musela budova po 150

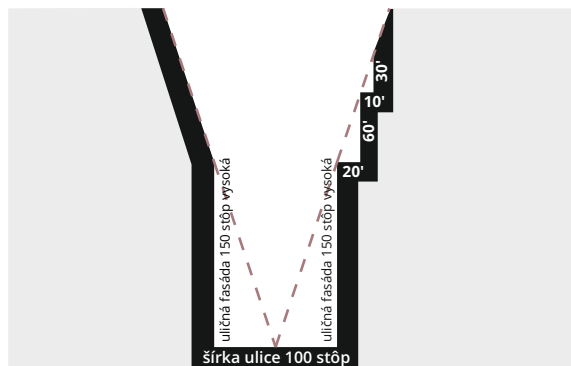


■ obr. 48_Zoning Law 1916 – „územný plán“

Zónový zákon z roku 1916 rozdeľuje pôdorys Manhattanu do okrskov (*districts A, B, C*) s pevne definovanými hranicami. Objemové pravidlá sa uplatňujú na každej parcele v rámci zóny. Zákon stanovuje funkčné využitie parcely, jej zastavanosť, ako aj hmotové rozloženie/stvárnenie objektu. Zóny vedľa seba majú definované rôzne využitie (bývanie, obchod, nestanovené – pozri *Explanatory notes* vpravo), v dôsledku čoho má územné plánovanie v praxi za následok vytváranie rozdielov vo formách a funkciách mesta. Homogenita manhattanskej mriežky je pevne „vytesaná“ do polostrova a formilzovaná heterogénne usporiadanými okrskami.

stopách výšky odskočiť/ustúpiť (*set-back*) za priamku vychádzajúcu zo stredy ulice pod stanoveným uhlom (obr. vpravo hore).

Pri dosiahnutí 25 % svojej pôdorysnej plochy mohla potom hmota objektu pokračovať neobmedzene do akejkoľvek výšky. Tú limitovali len technologické a konštrukčné možnosti danej doby. Cieľom uskakovania hmoty bolo za zabezpečenie penetrácie snečných lúčov do dolného organizmu mesta a prísun čerstvého vzduchu, čo zabezpečoval samostatný zákon – **Air Right**. Takýto zákon bol zakotvený už v stredovekom Rímskom práve a vystihuje ho latinská for-

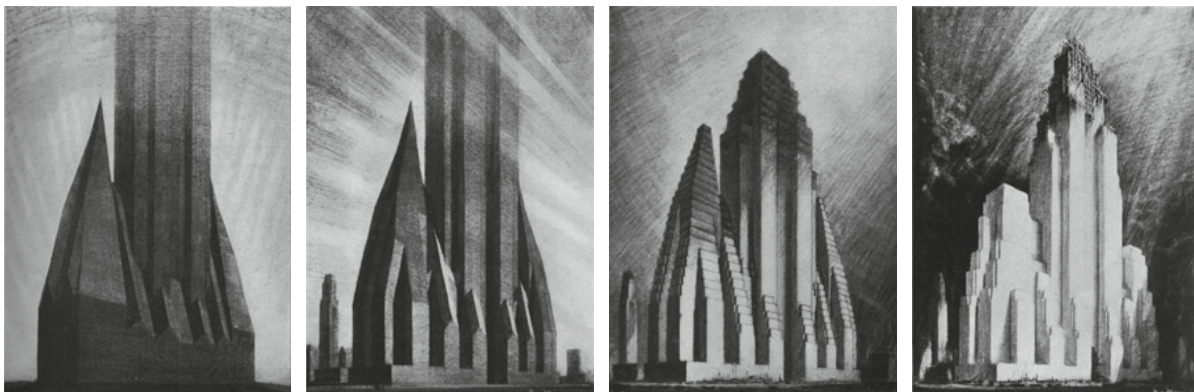


■ obr. 49_Grafické znázornenie určenia „setbacks“ pre typický uhol 1½ – Times District

Línia myšlenej naklonenej roviny pre stanovené uskakovanie fasády podľa Zónového zákona z roku 1916 vychádza zo stredy ulice (*street*) alebo triedy (*avenue*) a definuje výšku fasády na uličnej čiare pozemku. Objekt nemôže presahovať nad rámec tejto „obálky“, jedinou výnimkou je veža bez výškového obmedzenia na ploche najviac 25% celkovej plochy pozemku.

mulácia: *Cuius est solum, eius est usque ad caelum et ad inferos* (Každý kto vlastní pôdu, je jeho od nebies až po peкло), ktorej autorstvo sa pripisuje Accursiusovi z obdobia 13. storočia.

Jednotnosť prístupu spôsobená Zónovým zákonom, aj napriek rozličnému hmotovo-architektonickému obalu každej parcely, prispieva *a priori* k unifikovanému výrazu jednotlivých výškových objektov na najbližších štyridsať rokoch, ktorý symbolizuje americké slovné spojenie *wedding cake*. Objemný základ s odskokmi a štíhlou vežou týčiacou sa nahor – takto vyzeral model mrakodrapu na Manhattane po roku



■ obr. 50_„Evolution of the Set-back Building“ podľa Hugh Ferriss (zľava doprava)

1: Obálka, ako je definovaná zákonom z roku 1916. Zvolený mestský blok o rozmere 200 x 800 feet (60,96 x 243,84 m). Počet a umiestnenie (ale nie objem) vikierov, takisto tvar a pozícia (ale nie pôdorysná plocha) veže, sú volené dizajnérom/architektom. V prípade tohto obrázku je jednoducho znázornená maximálna objemová hmota objektu vyplývajúca z právnych špecifikácií Zónového zákona. **2:** Akceptovanie hmoty a jej transformovanie – architekt modifikuje vzhľad hlavne tak, aby prepúšťala denné svetlo. **3:** Modifikovaná obálka na priamočiare/ortogonálne formy; vzhľad po nahradení šikmých rovín ortogonálnymi, ktoré budú poskytovať tradičnejšie vnútorné priestory, setbacks – odsokly sa vyskytujú na každom druhom poschodí; pokus o obmedzenie novej „nekonečnej“ výšky veže. **4:** Hmota upravená podľa možnosti ocelevej konštrukcie; vzhľad potom, čo boli v súlade s možnosťami ocelevej konštrukcie upravené setbacks – odsokly a orezané vrcholy na najvyšších podlažiach, ktoré už obsahujú účelný priestor. Hmota je teraz pripravená pre architektonickú artikuláciu.

1916. Zaujímavosťou je, že mesto New York City, navrhnuté na základe regulácie z roku 1916, by mohlo obývať až 55 miliónov ľudí, čo ďaleko prekračuje jeho reálne možnosti.^[2]

Hmotovú normatívnosť Zónového zákona analyzuje a presadzuje najmä architekt Hugh Ferriss prostredníctvom svojich ilustrácií z roku 1922, ktoré publikoval v roku 1929 vo svojej knihe *The Metropolis of Tomorrow* (Metropola zajtrajška). Najznámejšími sú *The Four Stages* (Štyri štádiá) alebo *Evolution of the Set-back Building* (Zrod uskakovanej budovy).

● „Je to dokonalý automatický pilot“, konštatuje Rem Koolhaas.^[3] Cieľ regulácie, okrem spomínaného lepšieho presnenia ulíc, bolo stabilizovať majetkové hodnoty (najmä kvalitu obytných priestorov), zmierniť zápchy v uliciach (znížením koncentrácie ľudí na jednotku plochy), zvýšenie bezpečnosti v budovách, na uliciach, ale aj zlepšenie hygienických pomerov v meste a v interiéroch budov.

Ako všetko, aj zónový zákon mal svoje negatíva a rýchlo sa našli odporcovia tejto regulácie, ktorých tlak vyvrcholil v polovici dvadsiateho storočia. Ludwig Hilberseimer konštatuje: ● „Opakovanie blokov vyústilo do prílišnej uniformity. Každá prírodná/prírodná vec bola absolútne vylúčená: žiadny strom alebo trávnatá plocha nerozbýjala túto jednotvárnosť (...) Výsledkom bola nekropola, sterilná krajina asfaltu a cementu, neľudská v každom aspekte.“^[4]

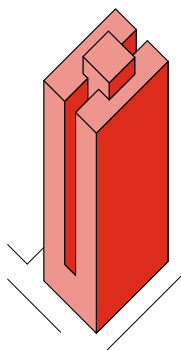
Mesto New York reprezentuje špecifický príklad regulácie výstavby a aplikáciu princípu využívania slnečného žiarenia v organizme mesta. Výšková zástavba, typická pre toto mesto, vychádza z priestorových limitov ostrova Manhattan.

V súčasnosti, aj v dôsledku sťahovania obyvateľov do miest, je diskutovaná téma rozvoj mestských sídel. Rozvoľnosť a s tým spojená otázka infraštruktúry boli témy diskutované aj na medzinárodnej konferencii z 18. apríla 2012, ktorú usporiadal *Inštitút urbánneho rozvoja* v spolupráci s bratislavským magistrátom. Rozloha Bratislavy – 380 km² je len o 30 km² menšia ako je rozloha Viedne, ktorá má však trojnásobne väčší počet obyvateľov. Jedno z riešení je rozvoj v horizontálnej rovine, no na úkor prírodnej krajiny, či naopak zahusťovanie a s tým úzko spätá výstavba do výšky. To druhé je laickou, ako aj určitou časťou odbornej verejnosti odmietaná. Príklad Manhattanu, aj keď predstavuje určitý extrém, môže ako fungujúci koncept byť inšpiratívny.

Zoning Law, ako jednoduchý geometrický model zabezpečenia prísunu slnečného žiarenia do dolnej štruktúry mesta, sa odzrkadľuje aj v energetickej bilancii stavieb. Na jednej strane je to zlepšenie presnenia interiérov stavieb v dôsledku členitejšieho plášťa budovy, na druhej strane sa plocha tepelno-výmenného obalu stavby zväčšuje, a tým sa zvyšujú energetické straty. Z toho vyplýva, že zlepšenie hygienických pomerov sa premieta do zvýšenej spotreby ener-

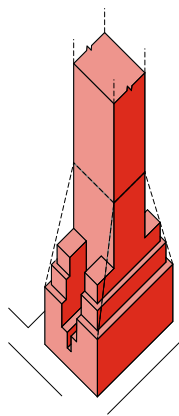
Energetická generácia I.

Architektonická hmota charakteristická pre obdobie pred rokom 1916 (Equitable Building – 1915)



Energetická generácia II.

Typická hmota pre obdobie po roku 1916 – „wedding cake“

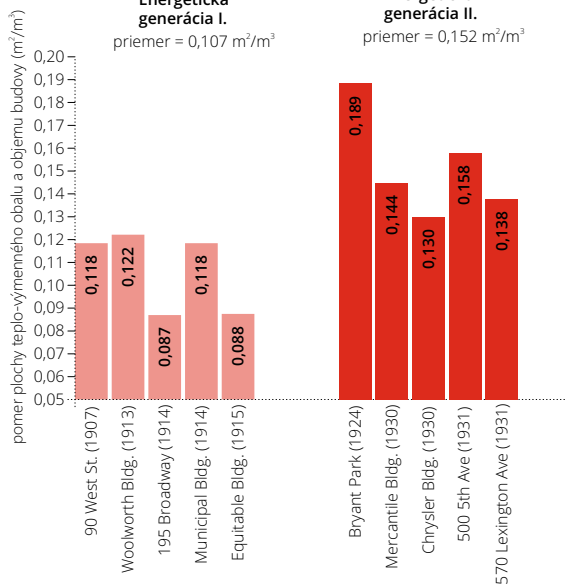


Energetická generácia I.

priemer = 0,107 m²/m³

Energetická generácia II.

priemer = 0,152 m²/m³



Budovy pred zavedením zónovej regulácie do praxe

Vyznačujú sa kompaktným tvarom, väčším obostavaným objemom v pomere k tepelno-výmennému obalu, kompaktnosť má za následok nižšie tepelné zisky/straty.

Budovy po zavedení zónovej regulácie_Zoning Law

Charakterizuje ich štíhly tvar, malý obostavaný objem vo vzťahu k tepelno-výmennému obalu a z toho vyplývajúce vyššie tepelné zisky/straty. Na druhej strane, vzhľadom na ich členitosť dochádza k lepšiemu presneniu interiérov.

■ obr. 51_Dopad zónovej regulácie z roku 1916 (Zoning Law) na hmotovo-tvarové riešenie objektov na Manhattane – New York
Členitejší povrch budovy ovplyvňuje jej energetickú bilanciu – zväčšuje sa plocha plášťa – narastá faktor tvaru.



■ obr. 52_Architektonická štúdiá od ateliéru OMA (OMA, Office for Metropolitan Architecture) Rema Koolhaasa na 23 East 22nd Street ako reminiscencia na Zónový zákon z roku 1916 a jeho dôsledky – „Set-back Buildings“. Vyrastá z 33 stôp (10,06 m) širokého pozemku a postupne sa vysojuje do konzoly, ktorá v najvzdialenejšom bode presahuje 30 stôp (9,14 m) nad okolitú zástavbu. Objekt s 24 podlažiami dosahuje výšku 355 stôp (108,20 m) a jasne dominuje Flatiron Districtu s prevažujúcou 10 až 12 poschodovou obytnou zástavbou. „Je to typická budova New Yorku, len postavená na hlavu“, tvrdí Jason Long, architekt newyorskej pobočky ateliéru OMA. Zámerom uskakovania objektu je zabezpečenie prísunu slnečného žiarenia na terasu susedného objektu a nebráni chodcom vo výhľade na blízku budovu One Madison Park.

gie na vykurovanie/chladienie, ktorá sa v súčasnosti do značnej miery vyrába z fosílnych palív. Preto je dôležité zvoliť optimálne riešenie už pri počiatočnom navrhovaní objektu, ktoré zabezpečí obidve požiadavky – preslnenie a optimálnu energetickú bilanciu stavby. Významnú úlohu zohrávajú architekti a stavební inžinieri, ktorých pozícia sa vzhľadom na sprísňujúcu sa legislatívu bude len upevňovať. V súčasnosti poznáme množstvo simulačných programov a princípov, ako analyzovať mieru preslnenia a „správanie“ sa budovy v priebehu roka z pohľadu energetických ziskov a strát. Už Gropius vo svojej práci *Die Wohnformen: Flach- Mittel- oder Hochbau* (1929) poukazoval na vzťah medzi veľkosťou zastavenej plochy, podlažnosťou objektov, zvolenou dĺžkou preslnenia a počtom rezidentov v lineárnej (riadkovej) zástavbe obytných stavieb. Na jeho poznatky neskôr nadviazali mnohí odborníci v danej oblasti.

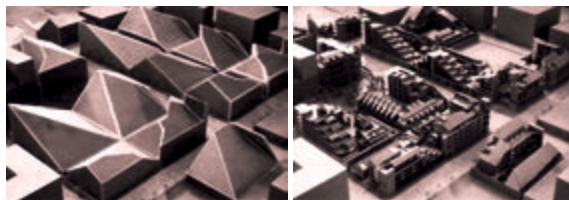
Spomeňme niektoré spôsoby hodnotenia a overovania – tie najjednoduchšie, ktoré sú súčasťou normy platnej na našom území, sú diagramy pohybu slnka po oblohe pre dolné a horné tienenie;^[5] slnečný obal (*solar envelope*) Ralpa Knowlesa;^[6] solárna pyramída (*solar pyramid*) od Losa a Pulitzera;^[7] solárny objem (*solar volume*) Capeluta a Shaviva;^[8] hranice tienenia“ (*iso-shadows contours*) Krainera a Kristla;^[9] Mohli by sme pokračovať ďalšími osobami ako Wolfgang Höhl, či Schiler a Uen-Fang. Všetky tieto „konštrukčné“ metódy sú založené na rovnakej podstate nemenného 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 sú badateľné v postupe konštruovania a variujú vzhľadom na rozličné možnosti uplatniteľnosti „solárneho práva“ v praxi.

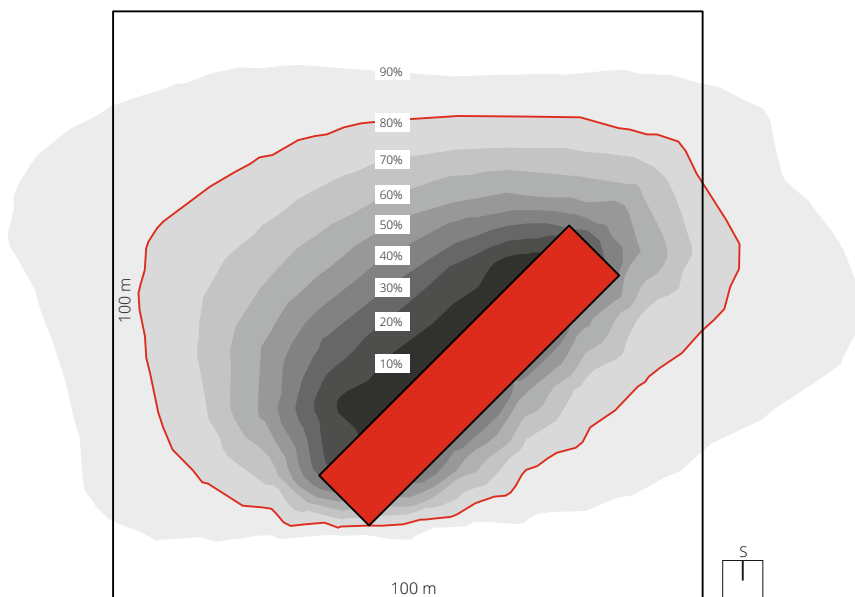
Jeden z najznámejších odborníkov v oblasti tvarovania ako architektonických objektov, tak aj urbánnych štruktúr z hľadiska pohybu slnka po oblohe je Ralph Knowles. Už v publikácii *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth* z roku 1974 skúmal spôsoby, akými môžu byť navrhované budovy, sídelné útvary, ale aj celé regióny tak, aby ťažili z prírodných cyklov – a to predovšetkým z denného a sezónneho pohybu slnka po oblohe. Skúmal možnosti minimalizácie vstupov energie s cieľom zachovania potrebnej teploty vnútorného prostredia a ďalších jeho parametrov na žiaducej stabilnej úrovni.

Významná je jeho metóda slnečného obalu. Slnečný obal ako ● „priestorový regulatív vymedzujúci maximálny stavebný objem na riešenom území, ktorý netieni okolie vo zvolenom časovom rozpätí,“^[10] je podmienený priestorom a časom. Priestorové údaje sú: zemepisná šírka lokality, veľkosť a tvar pozemku, nad ktorým sa slnečný obal konštruuje, sklon pozemku – svahovitost terénu (geomorfológia) a orientácia pozemku voči svetovým stranám. Medzi časové údaje patrí zvolený časový interval požadovaného preslnenia. Ten vyplýva z legislatívy alebo z požadovaného energetického scenára, ktorý je podmienený charakteristikou okolia (typom zástavby, jej funkčným využitím). Slnečný obal zabezpečuje prístup slnečného žiarenia k objektom v okolí daného posudzovaného miesta. Konštruuje sa prostredníctvom solárnej geometrie (azimut a výška slnka v danom čase) a má za následok obmedzenie veľkosti objektu na mieste výstavby, čím sa zabráni neprijateľnej miere tienenia nad hranicu susedného pozemku. Tieto hranice autor nazýva „*shadow fences*.“ Podľa Knowlesa: ● „slnečný obal poskytuje riešenie na rozvoj s nižšou mierou dopadu na okolie a otvára možnosti novej estetiky v architektúre a urbanizme.“^[11]

● „Základnou myšlienkou metódy slnečného obalu je poskytnúť architektom nomogram (grafické zobrazenie funkcie), ktorý im pomôže v rannom štádiu návrhu stavby definovať správny objem, tvar, umiestnenie a orientáciu stavby. Nomogram je založený na objektívnych kritériách pre danú lokalitu a zohľadňuje solárne právo alebo požadovaný solárny program. Tra-



■ obr. 53_Slnečné obaly na tzv. španielsky raster ulíc v Los Angeles, USA a výsledná architektonická hmota (autor Ralph Knowles)



■ obr. 54_Príklad ročných „iso-shadow contours“ pre budovu 12 m širokú a 60 m dlhú na pozemku s rozmermi 100 x 100 m

dične zaužívané projekčné metódy sú metódami posteriori (vyhodnocovacími). Naopak, metóda slnečného obalu je metódou apriori (generatívnu). Táto metóda dáva architektom odpoveď na otázku, ako začať, ako správne zvoliť koncepciu návrhu.“^[12]

Slnečný obal predchádza samotnému tvorivému procesu a navrhovaný objekt nesmie presiahnuť stanovený maximálny objem.⁺

+ Samotnú konštrukciu slnečného obalu bližšie nekonkretizujeme z dôvodu, že táto metóda je zaradená do vyučovacích osnov na FA STU, kde sa jej na Ústave ekologickej a experimentálnej architektúry venujú Kepl a Macháčová. Na túto tému bola vypracovaná dizertačná práca: MACHÁČOVÁ, K.: *Príspevok solárnej architektúry k efektívnosti bývania*. [Dizertačná práca]. Bratislava, FA STU 2011. 141 s.

Druhý príklad, ako možno postupovať a navrhovať rozloženie objektov na území z pohľadu slnečného žiarenia, nám predkladajú Kristl a Krainer z univerzity v Ljubljane. Ich tzv. „iso-shadow“ metóda pracuje s množstvom dopadajúceho slnečného žiarenia na horizontálnu plochu. ● „Iso-shadows“ (plochy s rovnakou hodnotou dopadajúceho slnečného žiarenia) „sú kvantifikované ako pomer dopadajúceho slnečného žiarenia na budovy alebo zemský povrch k slnečnému žiareniu dopadajúcemu na rovnakú nezatienujú plochu zemského povrchu vo zvolenom časovom úseku (deň, mesiac, rok).“^[13] Hraniče vymedzujúce tieto plochy nazývajú „iso-shadow contours“. Podľa množstva žiarenia sú rozdelené v krokoch po 10 %, od nula po sto percent (obr. hore). Vo svojej odbornej štúdiu analyzovali možnosti orientácie objektov s dĺžkou 60 m, šírkami 12, 24 a 36 metrov s variáciami ich výšok 6 m (dve podlažia), 12 m (štyri podlažia) a 18 m (šesť podlaží).

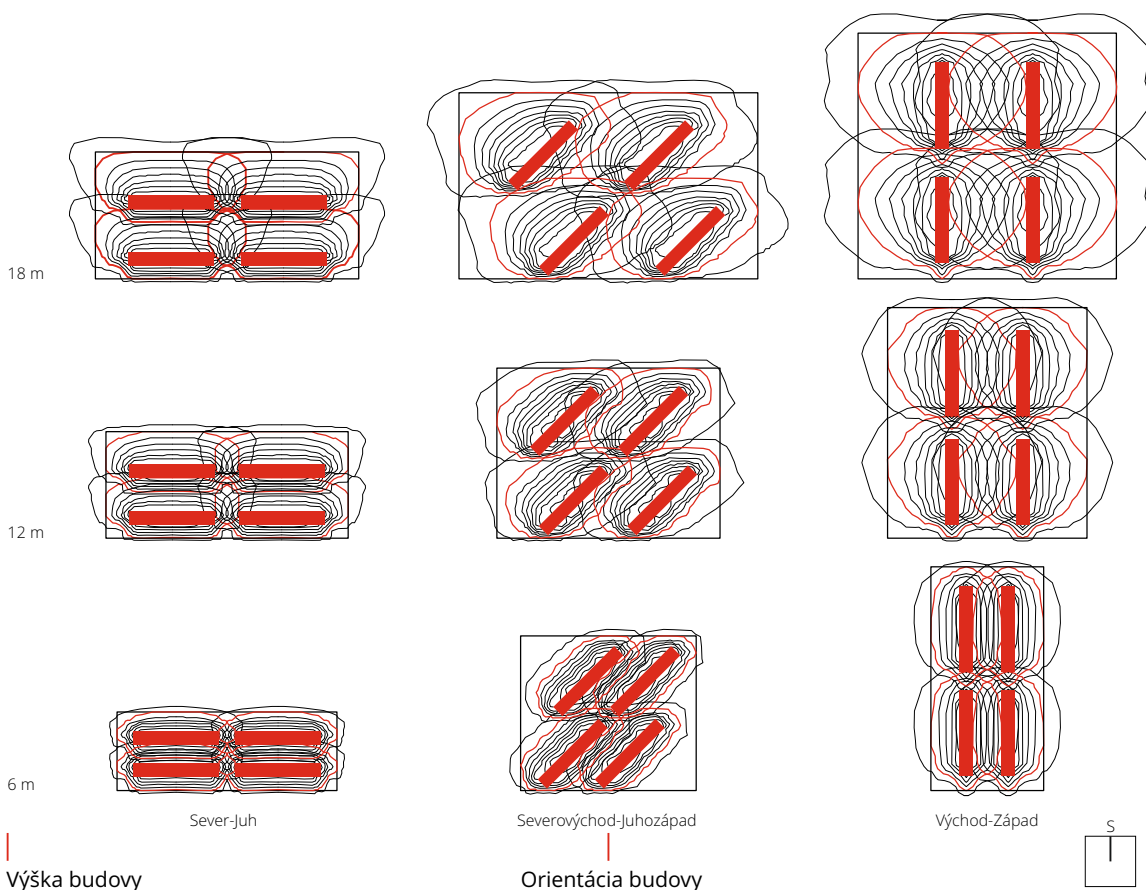
Autori poznamenávajú, že redukcia energetickej spotreby v zimnom období je možná dvoma spôsobmi: znížením tepelných strát a zvýšením energetických pasívnych solárnych ziskov prostredníctvom insolácie. Redukcia tepelných strát môže byť dosiahnutá zväčšením traktu (šírky budovy) a zmenšením plochy tepelno – výmenného plášťa stavby. Zvýšenie pasívnych solárnych ziskov sa dosahuje optimálnou orientáciou voči svetovým stranám a mierou presklenia. Dôležitá je hlavne poloha objektov voči sebe a miera vzájomného tienenia. Štúdia sa zameriava na analýzu lokalizácie štyroch identických objektov na pozemku. Ich vzájomná pozícia vychádza zo stanoveného referenčného rámca – 80 % „iso-shadow contours“. Táto hodnota bola stanovená na základe predchádzajúcich simulácií; **porovnanie 90 % a 80 % „iso-shadow contours“ preukázalo, že pri 90% hodnote potrebná plocha pozemku bola o 30 % až 40 % väčšia ako pri 80 % „iso-shadow contours“, zatiaľ čo doba preslneňia sa predĺžila len o 10 %.**

Z pohľadu uplatniteľnosti v praxi, autori zvolili stanovenie ortogonálneho tvaru pozemku, ktorého plocha je v priemere o 35 % väčšia ako plocha vymedzená hraničnými polohami 80 % „iso-shadow contours“. Z výskumu okrem iného vyplýva, že pri nízkych objektoch (výška 6 m) je vhodná orientácia objektov S-J, keď sa dosahuje nízka miera zastavanosti a vysoká hustota obyvateľov. S narastajúcou výškou klesá vplyv orientácie. Pri objektoch vysokých 12 m, vzhľadom na ich šírku, je opäť optimálna orientácia S-J. Pri vyšších objektoch (výška 18 m) orientovaných S-J bola plocha pozemku približne o 35 % menšia ako pri orientácii SV-JZ a V-Z.

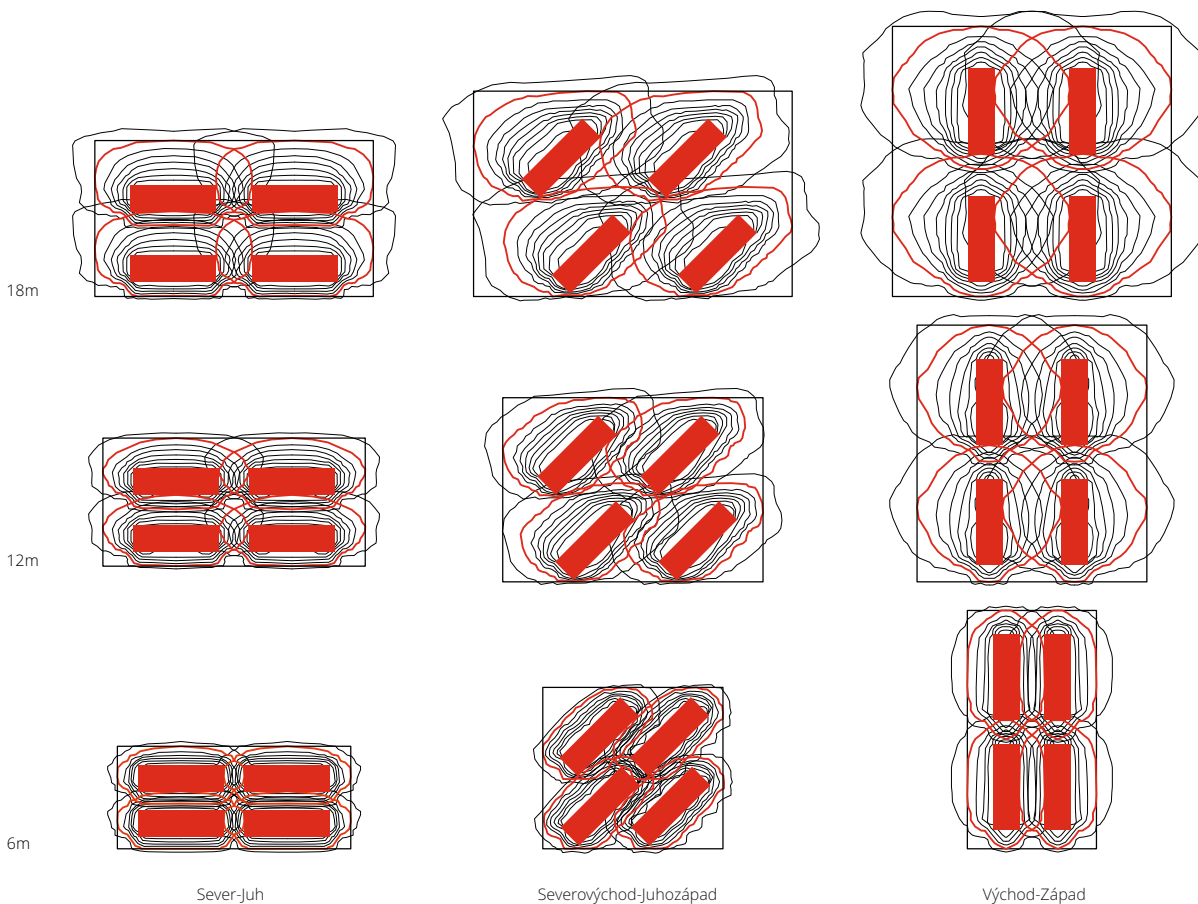
Týmto spôsobom možno rozmiestňovať dopredu určené stavebné objekty s definovanými požiadavkami preslnenia. Rôznymi orientáciami a zvolenými parametrami je možné vytvárať otvorenejšie alebo uzatvorenejšie urbánne priestory s rôznymi mikroklimatickými podmienkami na tom istom pozemku. Ako vidíme z uvedených príkladov, významným posunom v danej oblasti je dostupnosť počítačových softvérov, ktoré ako istú nadstavbu k modelovaniu architektonických hmôt pridávajú možnosti simulácie preslnenia a energetickej bilancie stavby. Na druhej strane, Kristl a Krainer si vytvorili vlastný počítačový program „Sence“.

Všetky spomínané metódy sú zamerané na znižovanie potrebnej plochy pre zastavanosť so zachovaním požadovanej insolácie, ako hlavného atribútu udržateľnej výstavby a rozvoja miest. Ich presadzovanie v architektonickej a urbanistickej praxi by sa malo stať základným cieľom a do budúcnosti by sa tieto princípy mali implementovať do legislatívy (pri schvaľovaní výstavby by stavebný úrad mal vyžadovať štúdiu optimálnej lokalizácie stavby na pozemku – mini-

malizovanie odstupových vzdialeností, a to hlavne z pohľadu následného rozvoja územia). Sú to práve regulačné mechanizmy, ktoré sú na jednej strane vnímané ako prekážky sťažujúce tvorivý proces, na strane druhej, mesto musí byť regulované, aby si zachovalo svoj mestský charakter a zabránilo sa jeho „vegetatívne“ rastu. Príkladom môže byť **Urban sprawl** (nem. *Zersiedelung*). Takéto rozlievanie sa mesta je charakterizované živelným, extenzívnym rozvojom obytných a komerčných objektov mimo kompaktnej zástavby mesta. Na záver môžeme konštatovať, že **regulácia ako podrobovanie sa určitému poriadku, uvádzanie do žiadaneho stavu, usmerňovanie** (význam podľa Slovníka slovenského jazyka, Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied 1959 – 1968) je z hľadiska výstavby a tvorby prostredia pre človeka **vysoko organizovaná a precízne plánovaná séria právnych predpisov smerujúca k určitému cieľu, ako prostriedok na zlepšenie podmienok pre život, riešenie určitých problémov a ich možných sprievodných javov charakteristických pre spoločnosť.**



■ obr. 55_Ročné „iso-shadows contours“ budov širokých 12 m a dlhých 60 m (ich výška aj orientácia voči svetovým stranám sa mení) Červené hranice vyznačujú miesta s 80% solárnou iradiáciou a svojimi hraničnými polohami definujú minimálnu plochu pozemku s ortogonálnym tvarom.



Výška budovy

Orientácia budovy

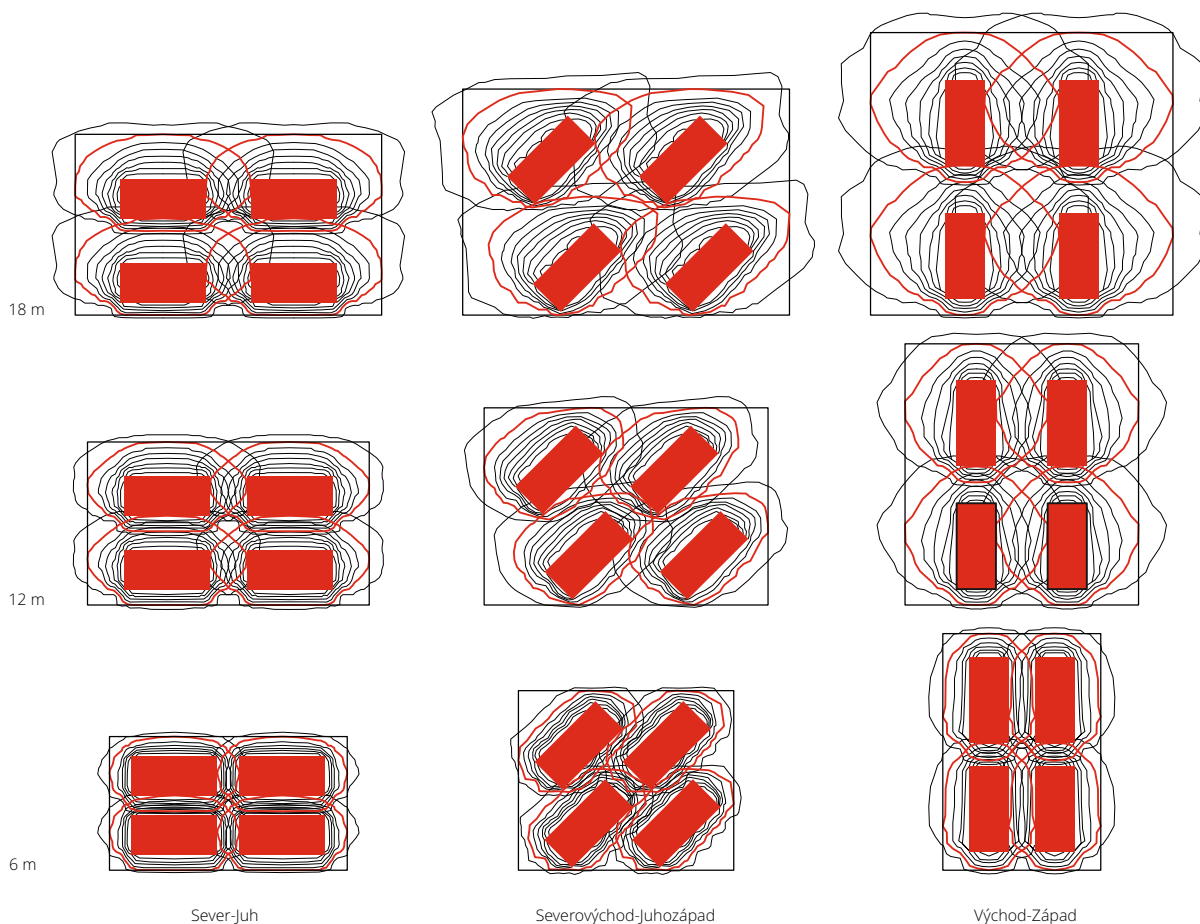


■ obr. 56_Ročné „iso-shadows contours“ pre budovy široké 24 m a dlhé 60 m (ich výška ako aj orientácia voči svetovým stranám sa mení) Červené hranice vyznačujú miesta s 80 % solárnu iradiáciou a svojimi hraničnými polohami definujú minimálnu plochu pozemku s ortogonálnym tvarom.

■ tab. 07_Deväť základných typov objektov s orientáciou sever - juh a ich parametre

Autori štúdie uvádzajú, že počet obyvateľov je len teoretický, v praxi sa podľa prieskumov hustota viac ako 250 obyvateľov na referenčnú obytnú plochu neodporúča.

Typ objektu	Dĺžka/šírka (m)	Výška (m)	Podlažná plocha (m ²)	Celková podlažná plocha (m ²)	Počet obyvateľov v objekte
1	60 / 12	6	720	1 440	58
2	60 / 12	12	720	2 880	115
3	60 / 12	18	720	4 320	173
4	60 / 24	6	1 440	2 880	111
5	60 / 24	12	1 440	5 760	220
6	60 / 24	18	1 440	8 640	332
7	60 / 36	6	2 160	4 320	166
8	60 / 36	12	2 160	8 640	332
9	60 / 36	18	2 160	12 960	498



Výška budovy

Orientácia budovy

■ obr. 57_Ročné „iso-shadows contours“ pre budovy široké 36 m a dlhé 60 m (ich výška aj orientácia voči svetovým stranám sa mení)
Červené hranice vyznačujú miesta s 80 % solárnou iradiáciou a svojimi hraničnými polohami definujú minimálnu plochu pozemku s ortogonálnym tvarom.

■ tab. 08_Plocha ortogonálneho pozemku (m²) potrebná pre lokalizovanie štyroch budov pri 80 % „iso-shadow contours“

Orientácia objektov	Minimálna plocha pozemku (m ²) podľa typu objektu (na základe 9 základných typov objektov z tabuľky na protiľahlej strane)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sever-Juh	10 200	20 000	27 300	16 200	25 500	34 500	20 900	30 800	42 500
Východ-Západ	13 600	22 400	32 300	17 000	27 200	38 000	21 600	32 400	46 200
Juhových.-Severozáp.	13 000	20 400	29 900	16 500	26 000	39 000	21 600	34 500	46 400

Natíska sa otázka, či nie je vhodné zaviesť isté regulačné mechanizmy aj do sektoru spotreby fosílnych palív, či energie získavanej z obnoviteľných zdrojov. Regulácia predstavuje jeden z množstva aspektov na dosiahnutie cieľa, aj keď nie vždy sú doceňované jej dôsledky najmä v budúcom vývoji mesta.^[14]

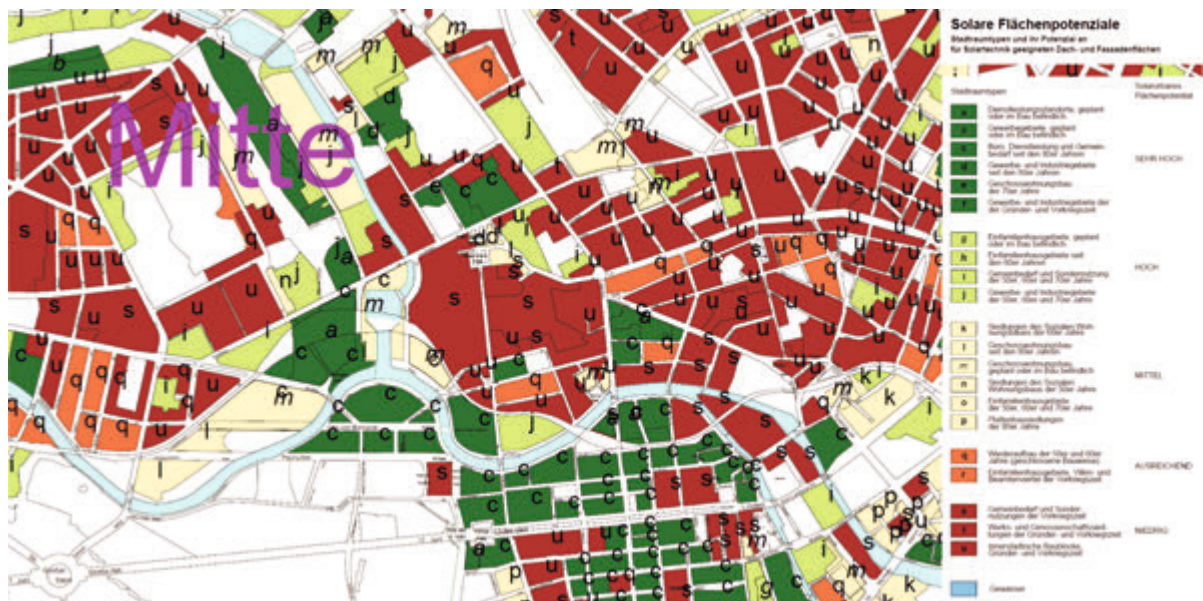
Pre rozvoj miest v duchu solárneho urbanizmu je potrebné definovať ukazovatele usmerňujúce rozvoj solárne aktívnych plôch v štruktúre novej zástavby, resp. pri obnove existujúceho urbánneho fondu. Nato je najvhodnejšie stanoviť záväzné indikátory, rešpektované architektmi aj investormi podobného charakteru, ako napr. *index podlažnej plochy* či *koefficient zastavanosti*.

Pri energetickej certifikácii budov je uplatňovaný ukazovateľ *faktor tvaru* a jeho mnohé variácie (autori publikácie sa ním zaoberali v článku *Mýtus faktora tvaru*).^[15] Faktor tvaru však zďaleka neposkytuje presah do roviny urbanizmu a aj pri posudzovaní jednotlivých stavieb (najmä v súvislosti s uplatnením OZE) je jeho výpovedná hodnota v konečnom dôsledku malá, resp. žiadna. V súčasnosti u nás nepoznáme ukazovatele, ktoré by záväzne predpisovali mieru uplatnenia aktívnych solárnych systémov v štruktúre mesta. V bibliografických a elektronických prameňoch možno stretnúť sa s viacerými pokusmi definovať ukazovatele „solárnej kvality“ budov alebo urbanistických štruktúr.

Treberspurg v publikácii *Neues Bauen mit der Sonne*^[16] odkazuje na ukazovateľ *Entwurfsgütezahl*, definovaný W. Pokornym.^[17] Tento jednoduchý číselný ukazovateľ slúži na po-

súdenie stavebného telesa vzhľadom k pasívnemu využitiu solárnej energie a je vyjadrený ako **podiel plochy priemetu všetkých solárne aktívnych plôch** (všetky plochy slúžiace na prijímanie slnečného žiarenia – okná, zasklené steny, zberače či kolektory) **na pomyselnú exaktne južne orientovanú rovinu a plochy celkového povrchu obálky posudzovaného objektu**. Ide teda o ukazovateľ, ktorý sa nevzťahuje priamo na energetickú stránku návrhu, ale opiera sa o rozsah a predpokladaný charakter posudzovaných plôch. Výsledná hodnota (pomer plôch) je bezrozmerným číslom, ktoré vychádza z premisy, že optimálnou orientáciou pre budovy v pasívnom energetickom štandarde je exaktne južná orientácia (zvislá rovina, ktorej normála smeruje južne). Takýto ukazovateľ, i keď jeho konštrukcia vychádza zo všeobecne platných zásad solárnej architektúry, nie je dostatočne výpovedný a jeho uplatnenie v urbanistickom kontexte by viedlo k preferovaniu štruktúr s južnou orientáciou hlavnej fasády. Urbanizmu takéhoto druhu by chýbali v súčasnosti požadované priestorové kvality a rozmanitosť.

Dagmar Everding vo svojej práci *Solarer Städtebau: vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild*^[18] definovala urbanistický ukazovateľ hodnotiaci typologické druhy, resp. štruktúry na základe ich solárne aktívovaných plôch – tzv. **Solare Gütezahl** (obr. dole). Tento ukazovateľ je, podobne ako vyššie spomínaný *Entwurfsgütezahl* bezrozmernou hodnotou vyjadrujúcou **podiel sumáru solárne aktívnych plôch (aktívne prvky: slnečné kolektory a fotovoltika) k užítkovej ploche príslušnej stavby**. *Solare Gütezahl* môže byť vyjadrený alternatívne k zastavanej ploche príslušného územia. Možno ho vzťahovať rovnako na plochu strešnej roviny ako



■ obr. 58_Solárny plošný potenciál mesta Berlín s označením typu zástavby a farebným vyznačením solárneho potenciálu územia
Na opísanie solárneho potenciálu jednotlivých typov urbánnych štruktúr definovala Dr. Dagmar Everding ukazovateľ *Solare Gütezahl*.

aj na plochu fasády. Autorka sa zasaďuje o presadenie tohto hodnotiaceho ukazovateľa do praktickej roviny urbanistickej regulácie a plánovania podobným spôsobom, ako sú bežne využívané iné urbanistické ukazovatele.

Softvérové nástroje, výslovne zamerané na komplexnú energetickú analýzu (resp. návrh) urbanistických celkov, v súčasnosti nie sú veľmi rozšírené. Do určitej miery ich dokážu suplovať softvérové programy primárne určené na ekologickú a energetickú analýzu individuálnych stavebných objektov (Autodesk Ecotect), resp. rôzne súčasti BIM softvérov (Building Information Modeling) ako ArchiCAD, Revit a pod.

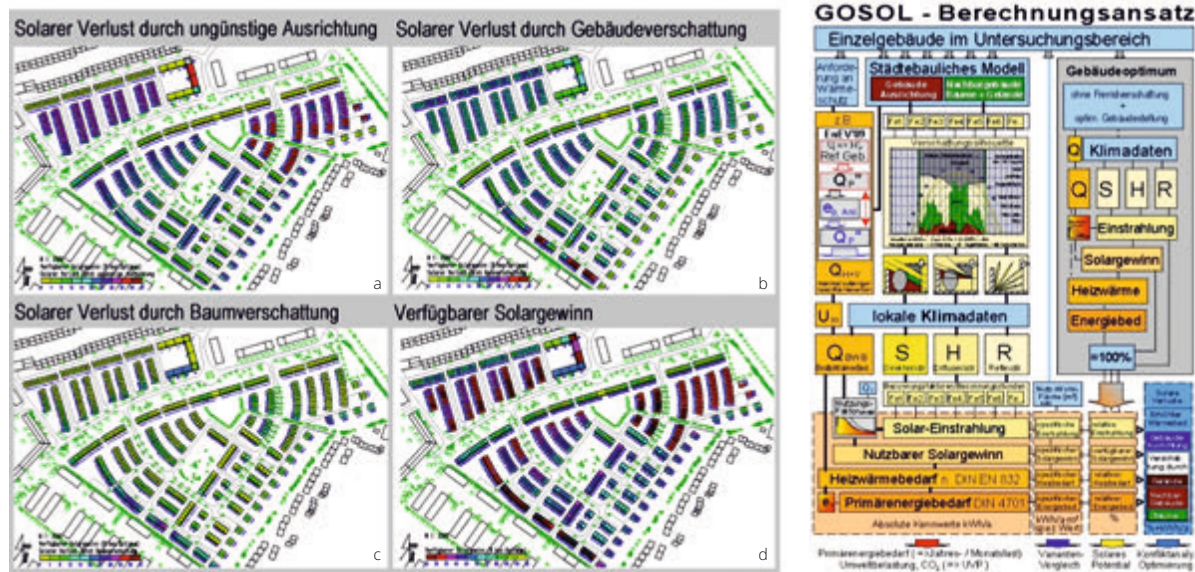
Nekomerčným dojmom pôsobiaci softvér GOSOL je podľa dostupných údajov ojedinelý a relatívne komplexný program zameraný na solárne a energetické simulácie pre dimenziu urbanizmu. Prostredníctvom uvedeného programu možno vyhodnotiť a optimalizovať urbanistické návrhy z hľadiska energetickej náročnosti jednotlivých elementov a celku na základe trojdimenzionálneho modelu. Program zohľadňuje tiež vplyv vegetácie (vrátane sezónnej opadavosti lístia), topografie a vzájomného tienenia budov. Kalkuluje s energetickými stratami budov, s aktívnymi a pasívnymi solárnymi ziskami. Na základe výpočtov softvér poskytuje solárnu a energetickú certifikáciu posudzovaných území, solárnu kvalitu návrhu a poukazuje na potenciálne problematrické miesta. Výstupom je široká paleta energetických a urbanistických ukazovateľov, ktorá je doplnená ich grafickým vyjadrením aplikovaným na dané územie. GOSOL bol vo svojej elementárnej podobe vyvinutý v Nemecku už v roku 1988, odkedy je kontinuálne vylepšovaný a rozširovaný

o ďalšie sledované parametre. Šíriteľ a súčasne i tvorca softvéru je Peter Goretzki.^[19]

Na intenzívne nastúpenie na cestu udržateľného urbanizmu je nevyhnutné zabezpečiť kvalitné a zároveň jednoduché softvérové nástroje, ktoré by umožňovali optimalizáciu energetických a ekologických aspektov urbanistického návrhu paralelne s tvorbou hmotovo-priestorovej a funkčnoprevádzkovej kompozície – na spôsob BIM softvérov, no v urbanistickej dimenzii.

V súčasnej projekčnej praxi sa zvyčajne oddeľuje forma od „metabolizmu“ s cieľom zjednodušiť predbežný návrh vývoja. Do úvahy sa berie zvyčajne až pri stanovovaní jej energetickej bilancie. Napriek tomu, že forma a „metabolizmus“ sú závislé od rôznych premenných, sú neoddeliteľne prepojené. ● „Ak budúca energetická bilancia stavby nie je braná do úvahy pri stanovovaní formy, môžu byť náklady potrebné na získanie tepelnej rovnováhy omnoho vyššie.“^[20]

Vo vzťahu k mestám poznamenajme, že diferencie urbanistických štruktúr jednotlivých miest sú badateľné hlavne vzhľadom na ich zemepisnú šírku. Významnú úlohu v rozložení mestských štruktúr v priestore zohráva ich historický vývoj ako aj vplyv kultúry, zvyky, návyky a mentalita národov, či riešenie a preferencia určitého typu dopravy. Uličný profil (jednosmerná/obojsmerná doprava, integrácia električkovej trate, počet cestných pruhov...) markantne ovplyvňuje aj okolitý typ zástavby a jej výšku. Začlenenie zelene do mesta zasa ovplyvňuje insoláciu objektov a významne prispieva k regulácii mikroklimy mestského prostredia.



■ obr. 59_GOSOL – softvér určený na určovanie urbánneho solárneho potenciálu, ktorý vypracoval Peter Goretzki. Vľavo je zobrazený výstup analýzy územia (a – solárne straty dôsledkom nevhodnej orientácie; b – solárne straty dôsledkom zatienia budovami; c – solárne straty dôsledkom tienenia stromami; d – dostupný solárny zisk). Vpravo je naznačená schéma vstupov, analýz a výstupov tohto programu.

Urbanizmus miest okolia stredozemia je charakterizovaný úzkymi uličkami zabezpečujúcimi príjemnú klímu počas horúcich letných dní. Táto urbanistická forma sa odrazila na typickej forme dopravy (bicykle, skútre). Severské mestá sú naproti tomu rozvoľnenejšie. Slovensko je klimaticky niekde uprostred.

Harmonická väzba medzi človekom – architektúrou (predstavujúcou vytvorené prostredie) – **prírodou determinuje optimálnu cestu.** Základné princípy tohto spôsobu navrhovania stavieb – na základe maximalizácie využívania prírodných činiteľov (slnko, vietor) a prírodných daností lokality (terén, zeleň, ...) opísal Brown (a kol.) v publikácii s názvom *Inside Out: Design Procedures for Passive Environmental Technologies*.^[21] Hovoríme o „**ekologickom algoritme**“, ako o spôsobe koexistencie s prostredím a využití jeho daností v prospech navrhovaného objektu. Predkladáme základné aspekty ekologického algoritmu ako postupu navrhovania v závislosti od miery riešenia.

V mierke lokality využíva navrhovaný objekt striedanie ročných období s cieľom vyhnúť sa najteplejším časovým úsekom počas dňa. Uplatňuje sa využívanie veterných prekážok (zeleň, umelé prekážky) na ochranu budov v zimnom období bez ich zatienenia, či rastlej zelene na tienenie objektu proti prehrievaniu počas horúcich období, a to najmä na východných a západných fasádach budov. Využívanie predochladzovania vzduchu tým, že vietor prechádza cez vlhký porast, cez zatienené plochy alebo cez vodné plochy lokalizované v okolí objektu, zabezpečuje sa tak prísun čerstvého vzduchu do interiéru stavby. Návrh by mal rešpektovať a využívať prúdenie vetra – vzduch je neustále v pohybe, zväčša v jednom smere (smer prevládajúcich vetrov) a prúdi z miest s vysokým tlakom do miest s nízkym tlakom, teplý vzduch stúpa, zatiaľ čo chladný vzduch klesá.

Osadenie objektov, ktoré sa uskutočňuje v mierke urbanizmu, by malo eliminovať prenikanie zimných vetrov do slnečných exteriérových priestranstiev (terasa, záhrada, výstup do exteriéru počas zimy). Nádvoriam, ktoré sú otvorené v noci počas leta, je potrebné poskytnúť možnosť letného chladenia prostredníctvom prirodzeného prevetrávania. Budovy je potrebné navrhovať tak, aby nebránili susedným pozemkom prístupu k slnečnému žiareniu (na vykurovanie a/alebo preslnenie) – tento prístup vystihuje už spomínané označenie „*právo na slnko*“.

V architektonickej mierke by zóny s väčšími vnútornými energetickými ziskami (teplo emitované el. zariadeniami, telesné teplo užívateľov...) mali byť situované na chladnejšie strany budovy. Priestory, ktoré znesú väčšie výkyvy teplôt, majú byť využívané ako ochranné pásma pre ostatné časti budovy (lokalizovanie na chladnejších, náveterých stranách objektu...). Cieľom by malo byť poskytnutie alternatív-

nych „chladných“ miest pre aktivity v najteplejších časoch dňa alebo počas najteplejších období (tienená terasa...). Využívanie otvorov na prirodzené vetranie, z čoho vyplýva udržanie priestranstiev medzi objektmi bez prekážok pre samovoľné prúdenie vzduchu (pričné prevetrávanie). Podľa Ralphi Knowlesa je veľmi užitočné vytvoriť analógiu medzi tým, ako organizmy a budovy reagujú na ich okolité tepelné prostredie.^[22] Na jeho slová reaguje Thomson, keď hovorí:

● *„Organizmy reagujú tromi spôsobmi – migráciou, telesným povrchom a svojím metabolizmom. Keď migrujú, prechádzajú z prostredia, ktoré je príliš studené alebo príliš horúce, do prostredia, ktoré im vyhovuje. Tento presun sa môže odohrávať sezónne alebo v priebehu jednotlivých dní. Pomer povrchu kože zvieratá k telesnému objemu určuje jeho schopnosť odovzdávať prebytočné telesné teplo do prostredia. Typický príklad je slonie ucho a jeho veľká transmitujúca plocha, ktorá maximalizuje telesný povrch a zvyšuje tak schopnosť slona rýchlejšie regulovať telesnú teplotu. Metabolizmus sa vzťahuje na vnútorné chemické premeny energie jedla na teplo. Zvieratá s vysokou tepelnou stratou musia konzumovať veľké množstvo jedla potrebného na výrobu tepla na vyrovnanie ich tepelných strát.“*^[23] Tieto tri formy odozvy na vonkajšie prostredie majú svoje analógie v budovách. Migrácia v našom životnom prostredí sa berie ako samozrejmosť, podobne ako migrácia v prírodnom prostredí. Obyvatelia sa môžu pohybovať z jednej lokality do druhej, v rámci budovy, ale aj stavby môžu byť presunuté do inej teplotnej oblasti.

Stavebná forma – ktorá môže zahŕňať veľkosť, tvar, orientáciu, proporcie, objem, otvorenie, artikuláciu – môže byť transformovaná v závislosti od klimatických podmienok. Iglu ako kompaktná forma (guľový segment ako príklad najmenšieho obostavaného priestoru voči povrchu stavby) znižuje mieru tepelných strát objektu. „Metabolizmom“, teda palivami, ktoré tvoria trvalú súčasť stavby, sa snažíme zachovať tepelnú rovnováhu. Čím viac tepla produkujú ľudia, osvetlenie a zariadenia, ktoré sú súčasťou objektu, tým väčšia je potrebná miera chladenia.

Na energetický potenciál urbanizmu má zásadný vplyv aj orientácia uličnej siete voči svetovým 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 – napr. Barcelona, Los Angeles. Napríklad Buenos Aires sa z tejto skupiny vymyká.

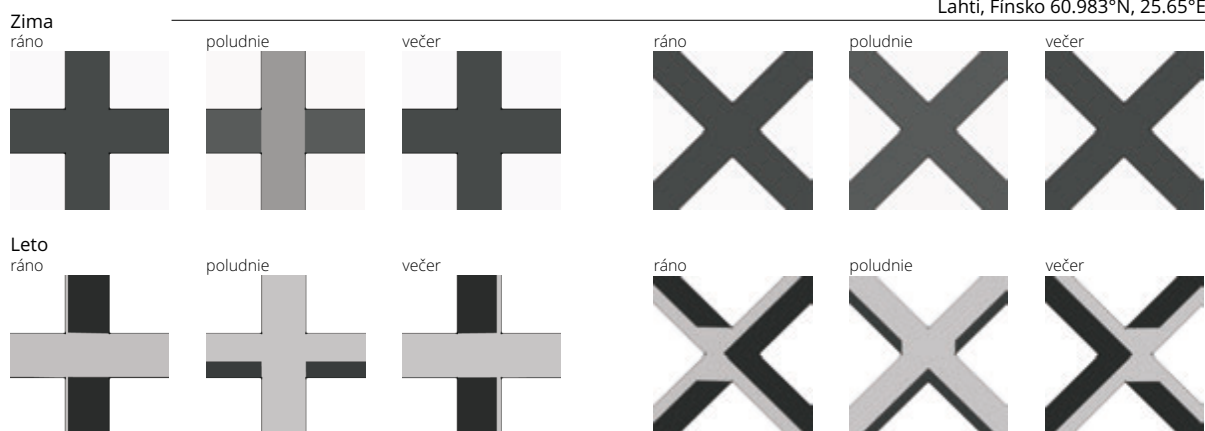
Redukciu nákladov pri užívaní stavby ako aj celých urbánnych štruktúr možno dosiahnuť ekologickým algoritmom ako ideálnym spôsobom koexistencie človeka a prírody. Ak vyčerpáme všetky možnosti, ktoré nám poskytuje príroda, aj prostredníctvom fyzikálnych zákonov, nastupuje „inteligencia“ človeka a výtobytky modernej doby, ktoré pomáhajú eliminovať dôsledky jeho činnosti vo vzťahu k nej.

Uličná sieť orientovaná v smere V-Z, S-J

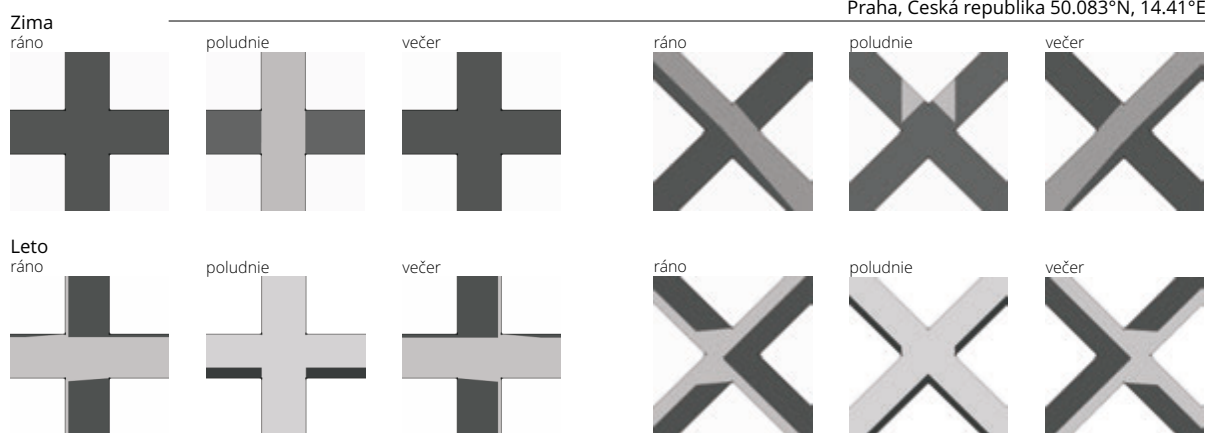
Uličná sieť orientovaná v smere SV-JZ

(tzv. španielsky grid – uhol 45°)

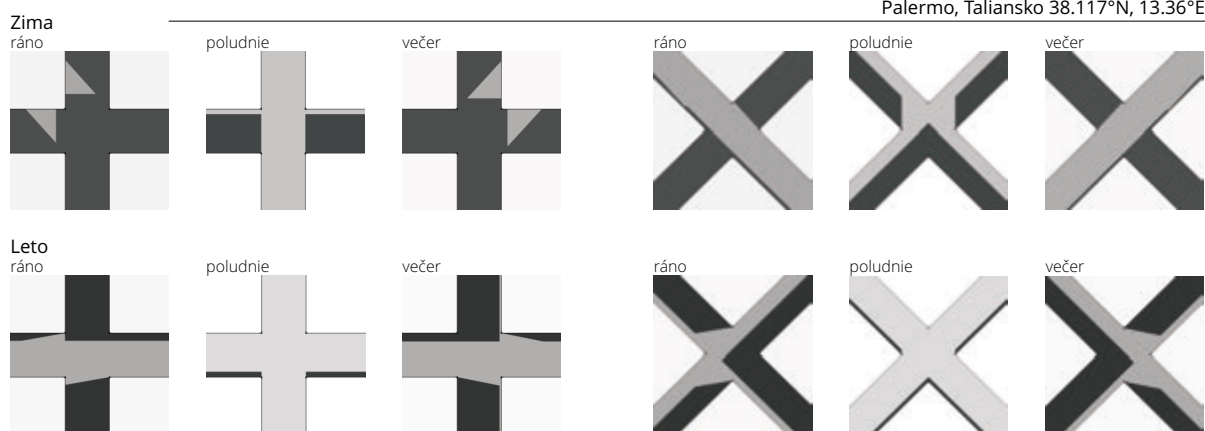
Lahti, Fínsko 60.983°N, 25.65°E



Praha, Česká republika 50.083°N, 14.41°E



Palermo, Taliansko 38.117°N, 13.36°E



■ obr. 60_Vplyv orientácie na kvalitu verejných priestorov v európskych lokalitách s rôznou zemepisnou šírkou

Simulácie zatiene uličných sietí naznačujú, že V-Z orientácia vytvára diskomfortné verejné priestory: zatiené a chladné v zimnom období, oslnené a teplé v letnom období. Španielsky raster vytvára príjemnejšie prostredie: charakteristická je väčšia miera preslnenia v zimnom období a rovnomernejšie tienenie počas leta vo všetkých uliciach.



■ obr.61_Urbanistická štruktúra mesta Barcelona

Na dôslednej šachovnicovej osnove Cerdà uplatnil veľké, na nárožiach otvorené bloky s vnútornou zeleňou, premyslené systavy občianskej vybavenosti, logické členenie a na vtedajšiu dobu moderné riešenie komunikačnej siete. Bloky boli vpísané do štvorca o strane 113 m, pričom mali mať z dopravných dôvodov odrezané nárožia. Zastavané mali byť len po dvoch protifaľných stranách, budovy v nich mali pokrývať o niečo viac ako 4000 m² a 8000 m² malo ostať vyhradené pre zeleň. V skutočnosti sa bloky zastavovali po celom obvode a zostal len veľký dvor. Návrhu bola vyčítaná aj nadmerná šírka ulíc (20 m) a hlavných komunikácií (60 až 80 m).^[24]



■ obr.62_Uličný raster centrálnej časti mesta Los Angeles (USA)

V Los Angeles, ktoré vyrástlo zo španielskej misijnej osady (1781) sa stretáva systém ulíc centrálneho mesta v španielskom rastro s jeffersonovým severojužným rástom, typický pre USA. Los Angeles (3,5 mil. obyvateľov; aglomerácia 9 mil.; konurbácia 15 mil.; 2. najväčšie v USA) je charakteristickým trendom 60. rokov 20. storočia v Amerike, keď viac ľudí začína žiť na predmestiach ako v centrách miest. Najviac preňho platí aforistické označenie „sto predmestí hladajúcich mesto“. Len aglomerácia Los Angeles a San Diego sa spoločne blížili k 20 miliónom, čo predstavuje 60 % všetkých obyvateľov Kalifornie. Za nimi sa do predmestí sťahujú služby a pracovné príležitosti, pričom v dôsledku nízkych hustôt zastavovania je 90 % z nich odkázaných len na automobil.^[24]

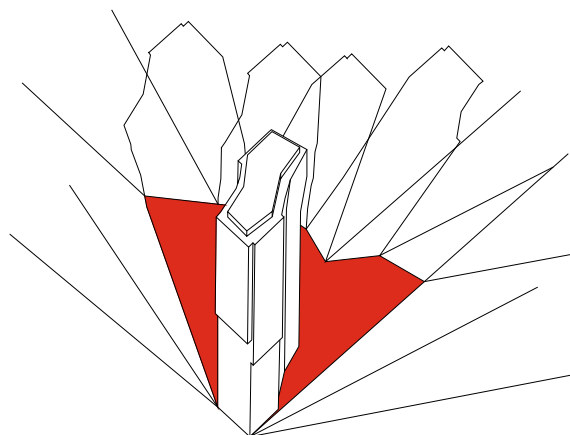
- [1] KOOLHAAS, Rem: *Třeštící New York / Retroaktivní manifest pro Manhattan*. Praha, Arbor Vitae 2006, s.77.
- [2] LANTON, Andrew: *Floorspace Area Ratio – Making it Work Better*. [online]. Dostupné na: <<http://andrewlinton.wordpress.com/2011/07/11/floorspace-area-ratio-making-it-work-better/>> [2013-04-27]
- [3] KOOLHAAS, Rem: *Třeštící New York / Retroaktivní manifest pro Manhattan*. Praha, Arbor Vitae 2006, s.87.
- [4] POMMER, R., SPAETH, D. A., HARRINGTON, K.: *In the Shadow of Mies: Ludwig Hilberseimer - Architect, Educator and Urban Planner*. Rizzoli International Publications 1988.
- [5] STN 73 4301 *Budovy na bývanie*.
- [6] KNOWLES, Ralph L.: *Sun Rhythm Form*. Massachusetts Institute of Technology, 1981. Pozri tiež: KNOWLES, Ralph L.: *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth*. Cambridge, Ma, The MIT Press 1974.
- [7] LOS, S., PULITZER, N.: *L'Architettura del Regionalismo*. Provincia Autonoma del Trento 1985.
- [8] CAPELUTO, I.G., SHAVIV, E.: On the use of 'solar volume' for determining the urban fabric. In: *Solar Energy*, Volume 70, Issue 3, 2001, s. 275–280.
- [9] KRISTL, Ž., KRAINER, A.: Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using iso-shadow method. In: *Solar Energy*, Volume 70, Issue 1, 2001, s. 23–34.
- [10] KNOWLES, Ralph L.: *Sun Rhythm Form*. Massachusetts Institute of Technology 1981.
- [11] KNOWLES, Ralph L.: *The solar envelope. Time-Saver Standards for Urban Design*. 1995. [online]. Dostupné na: <www.digitalengineeringlibrary.com> [2013-04-27]
- [12] MACHÁČOVÁ, Klára, KEPPL, Julián, KRAJCSOVICS, Lorant: *Slnčný obal. In: Pasívni domy 2011*. Centrum pasívneho domu, Brno 2011, s.106.
- [13] KRISTL, Ž., KRAINER, A.: Energy evaluation of urban structure and dimensioning of building site using iso-shadow method. In: *Solar Energy*, Volume 70, Issue 1, 2001, s. 23–34.
- [14] O pozitívnych aj negatívnych dopadoch regulačných mechanizmov. pozri: LEGÉNY, Ján: *Doktrína regulácie*. In: *ALFA: Architektonické listy FA STU* 2013, roč.18, č.1. s. 26-35.
- [15] LEGÉNY, Ján, MORGENSTEIN, Peter: *Mýtus faktora tvaru*. In: *Eurostav: recenzovaný odborný časopis z oblasti stavebníctva a architektúry*, roč.. 17, č. 9. s. 18-22.
- [16] TREBERSPURG, Martin: *Neues Bauen mit der Sonne*. Wien : Springer – Verlag, 1994. s. s. 65-69.
- [17] POKORNY, W.: *Die Entwurfsgütezahl von Solarhäusern*. Energie 80. 1982.3.
- [18] EVERDING, Dagmar: *Solarer Städtebau: vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild*. Stuttgart, W. Kohlhammer Verlag 2007.
- [19] GORETZKI, Peter: *GOSOL – das solar+energetische Städtebausimulationsprogramm*. [online]. 2012. Dostupné na: <<http://home.arcor.de/gosol/gosol.htm>> [2013-06-22]
- [20] BROWN, G.Z., HAGLUND, Bruce, LOVELAND, Joel, REYNOLDS, John S., UBBELOHDE, M. Susan: *Inside Out: Design Procedures for Passive Environmental Technologies*. John Wiley&Sons, inc. Canada 1992.
- [21] BROWN, G.Z., HAGLUND, Bruce, LOVELAND, Joel, REYNOLDS, John S., UBBELOHDE, M. Susan: *Inside Out: Design Procedures for Passive Environmental Technologies*. John Wiley&Sons, inc. Canada 1992
- [22] KNOWLES, Ralph L.: *Energy and Form: An Ecological Approach to Urban Growth*. Cambridge, Ma, The MIT Press 1974.
- [23] THOMPSON, D´Arcy Wentworth: *On Growth and Form*. Vol. 1. Cambridge, England: The University Press, 1952.
- [24] HRŮZA, Jiří: *Svět měst*. Praha, Academia 2014, 712 s.

Pravidlo „Dauerschatten“

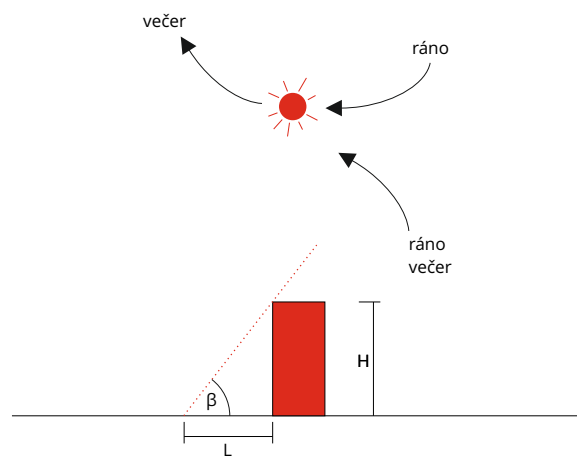
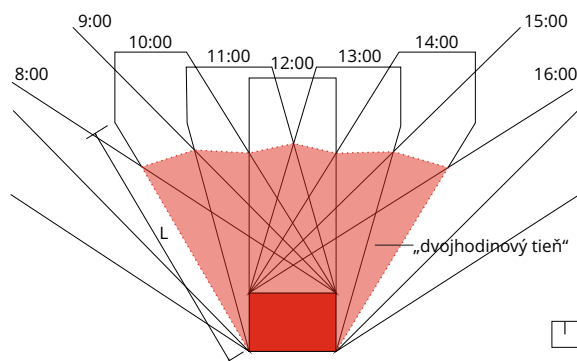
Princíp „trvajúceho tieňa“ – *Dauerschatten von Gebäuden* (*Kantonalen Planungs- und Baugesetz*) je súčasťou vykonávacích štandardov stavebného zákona a kantónového plánovania v meste Zürich v Švajčiarsku. Zabezpečuje, aby susedná budova nemohla byť podstatne znevýhodnená, prevažne zatienením výškovou budovou, obzvlášť keď ide o obytný objekt alebo o objekt začlenený v obytnej zóne. Vo Švajčiarsku sa za výškovú budovu považuje objekt vyšší ako 25 m. Na porovnanie, v Londýne je to viac ako 50 m; v Nemecku len 22 m – pozri napr. stavebný zákon „*Landesbauordnung Nordrheinwestfalen*“.

„Významná miera zatienenia“ je pre toto pravidlo definovaná ako zatienenie stavebnej plochy susedného objektu prostredníctvom „dvojhodinového“ a „trojhodinového“ tieňa. Dvojhodinový tieň sa určuje v zimnom období pre stredný zimný deň – 8. 2./3. 11. v roku v časovom intervale od 8.00 do 16.00 pravého slnečného času a trvá viac ako dve hodiny. Trojhodinový tieň sa konštruuje pre stredný letný deň – 1. 5./12. 8. v roku v časovom intervale od 6.00 do 18.00. Novostavba je potom prípustná, ak spĺňa obidve stanovené požiadavky miery tienenia susedných stavieb (maximálneho dvojhodinového zatienenia v zime a trojhodinového zatienenia v lete).

Uplatňovanie tohto pravidla pre novostavby a predovšetkým na rezidenčné stavby so sebou prináša miešanie viacerých druhov funkcií (menej náročných na preslnenie) – kancelárie, služby, obchody, parkovacie plochy... Umožňuje tak realizovať „sociálny sen“ o funkčne zmiešaných mestských štvrtiach. V už zastavanej oblasti (v závislosti na hustote zástavby) reguluje toto pravidlo novú výstavbu/nadstavbu. V prípade rozvojových území umožňuje tomu, kto začína výstavbu ako prvý, stavať do neobmedzenej výšky. Ďalší stavebníci sa už navzájom ovplyvňujú a platí pre nich spomínané pravidlo trvajúceho tieňa.



■ obr. 63_Vyznačenie dvojhodinového tieňa objektu Swiss Prime Tower, Zürich, Švajčiarsko



■ obr. 64_Konštrukcia zatienenia (pôdorys, rez) – pri konštruovaní nakreslíme hranice tieňov pre jednotlivé hodiny. Hranicu výsledného „dvojhodinového tieňa“ dostávame spojením priekrov priamok pre hodiny 8.00/10.00; 9.00/11.00; 10.00/12.00;...

Generovanie energeticky efektívnych urbánnych štruktúr

Výskum v oblasti generovania urbánnych štruktúr je pomerne známy. Na ilustráciu spomeňme Hillera a Hansona,^[1] Battyho,^[2] Ericksona,^[3] Koeniga,^[4] či Watanabeho^[5] a mnohých ďalších. Problematika „generovania“ urbánnych štruktúr na solárnom princípe je v súčasnosti založená prevažne na tradičných manuálnych konštrukčných metódach (napr. Knowlesov slnečný obal), častokrát prostredníctvom virtuálneho rozhrania. Empirický spôsob navrhovania podrobený simuláciám sa vytráca a na scénu nastupujú sofistikované počítačové technológie.^{[6],[7]} Dnes už štandardne tvoria integrálnu súčasť navrhovacieho procesu. Známe sú predovšetkým práce, ktoré analyzujú solárny potenciál existujúcich urbánnych štruktúr.^{[8],[9]} Generovanie prostredníctvom skriptovania taktiež nachádza svoje uplatnenie pri tvorbe a koncipovaní priestorov pre človeka – architektúry a urbanizmu.⁺

+ Skriptovaním nazývame vytváranie krátkych programov, ktoré sú vytvorené v textovej podobe. Sú spúšťané pomocou interpreta a dokážu zautomatizovať často vykonávané operácie.^[10] V našom prípade sme sa zaoberali skriptovaním v Rhino-scripte *Grasshopper*.

Počítač a jeho jazyk so sebou prináša zrýchlenie tvorivého procesu a implementáciu množstva požiadaviek zadávaných užívateľom. Malo by však vždy ísť o užitočnú symbiózu potenciálu počítačových výpočtov a citu architekta, nie o najvyšší princíp tvorby. Treba mať na pamäti, že adresát je vždy človek – živá bytosť so špecifickými nárokmi. Patrik Schumacher nazval túto novú vlnu skriptovania v architektúre ako nový štýl – **parametricizmus**. Vo svojom manifeste hovorí: ● „Tento rozvoj bol podporovaný vývojom nástrojov a skriptov parametrického navrhovania, ktoré umožňujú presnú formuláciu a uskutočnenie spleťných korelácií medzi elementmi a subsystémami. [...] Parametricizmus môže existovať iba ako sofistikované parametrické techniky ako skriptovanie, (v Mel-scripte alebo Rhino-scripte) a parametrické modelovanie (s nástrojmi ako Generative Components alebo DP) sa stávajú prenikavou realitou. Dnes je nemožné súťažiť so súčasnou avantgardnou scénou bez zvládnutia týchto techník.“^[11]

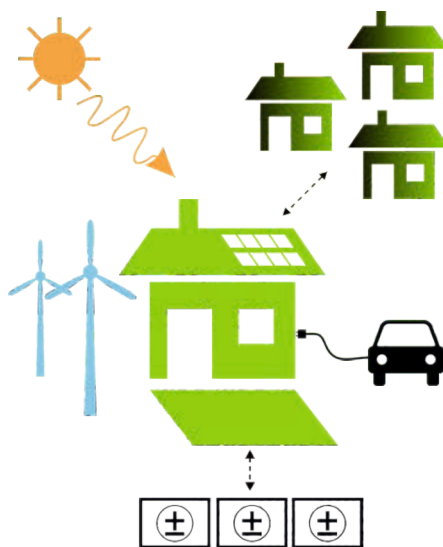
O veku digitálnej architektúry, ktorý nastupuje sa vyjadril aj Liu Yu-Tung na konferencii Feidad Award 2007 slovami:

● „Digitálna architektúra bude nový vek, ak bude mať dosah na celú šírku architektúry, ale aj na hodnotový systém (čo je

dobré) a bude tvoriť novú estetiku (čo je pekné). Časovo ide o viac ako o 30 rokov.“^[12]

Generovanie posúva hranice v možnostiach uplatniteľnosti solarizácie urbánnych štruktúr už v prvých fázach projektu. Zámerom bolo vytvorenie **počítačového „nomogramu“** (Ralph Knowles sa tak vyjadruje o jeho slnečnom obale) pre architektov a urbanistov, či „**dokonalého automatického pilota**“ (slová Rema Koolhaasa o Zoning Law v jeho knihe *Delirious New York*). Parciálnym cieľom publikácie je prezentovať navrhnutý algoritmus, ktorý proces navrhovania automatizuje. Počítačové technológie umožňujú hľadanie „**solárne normatívneho urbanistického ideálu**“. Toto konštatovanie sa môže javiť ako zavádzajúce a pomerne striktné z pohľadu urbanistickej tvorby. Na vysvetlenie – mnohé veľké zásahy do urbánnych štruktúr (*Zoning Law v New Yorku, Haussmannova renovácia Paríža, Cerdova Barcelona*), či nové koncepcie (*Costova Brazília, SolarCity Linz-Pichling*), sa zákonite nevyvíjajú z istej formy autoritatívneho a doktrinárskeho prístupu. Slovo ideál odzrkadľuje niečo optimálne. V tomto prípade urbánnu štruktúru optimálne využívajúcu solárnu energiu na pokrytie svojich energetických potrieb.

Solárne urbánne štruktúry navrhnuté ako „**solárne generátory**“ majú byť schopné produkovať viac energie ako potrebujú na svoje fungovanie. Zopakujme si tvrdenie Williama J. Mitchella: ● „Súčasný trend sa uberá smerom k vysoko decentralizovaným sieťam s veľkým počtom relatívne malých dodávateľov – jeden z nich môžu byť prípadne aj budovy, ktoré majú občas prebytky energie z vlastných solárnych alebo veter-
ných generátorov a dodávajú ju do siete.“^[13]



■ obr. 156_Zobrazenie energetického kooperatívneho konceptu pri nadprodukcii energie vyrobenej z obnoviteľných zdrojov

Energia vyrobená na mieste sa využíva pre elektromobilitu, dotovanie energeticky deficitných urbánnych štruktúr, prípadne sa uskladňuje na ďalšie použitie.

V prípade potvrdenia tejto teórie sa otvárajú nové možnosti, ktoré by vo veľkej miere, ako si dovoľíme tvrdiť, viedli k rapidnému zníženiu emisií skleníkových plynov emitovaných do ovzdušia, k zmierneniu zmeny globálnej klímy a ktoré by výrazne posunuli vpred problematiku udržateľnej výstavby. Ich energetický „nadbytok“ (ako oxymoron súčasnosti) by mohol byť redistribuovaný v rámci lokálnych energetických sietí a zabezpečovať prevádzku energeticky deficitných urbánnych štruktúr - už opisovaný princíp **energetickej kooperácie**.

Využitie energie slnka ako princípu determinujúceho proces generovania objemov ● „[...] otvára možnosti novej estetiky v architektúre a urbanizme.“^[14] Je možné v tejto súvislosti hovoriť o termíne „eco-aesthetic“,^[15] teda o špecifickej estetickéj paradigme, charakteristickej pre udržateľnú – solárnu architektúru a urbanizmus?

V súvislosti s predchádzajúcimi prezentovanými prognózami nárastu počtu obyvateľstva a predpokladanými trendmi sťahovania ľudí do miest, výskum analyzuje aj predpoklad, že tvarovaním objektov možno zvýšiť zastavanosť územia, a tak zvýšiť koncentráciu obyvateľstva na referenčnú plochu. Princíp zahusťovania území vedie k optimalizácii využívania plochy určenej na zastavanie a zmierňuje sa tak horizontálne rozširovanie mestského sídla.

Pri každom skriptovaní, výskume ale aj samotnej tvorbe architektúry a urbanizmu je potrebné poznať a definovať vstupné parametre, podmienky, pri ktorých bude proces prebiehať. Komplexnosť problematiky urbanizmu sa na prvý pohľad môže javiť v súvislosti so skriptovaním ako nezlúčiteľná s počítačovými softvérm. Navrhnutý skript/algoritmus v tomto ohľade pomáha predovšetkým definovaním maximálnych možných stavebných objemov v súvislosti s využívaním slnečného žiarenia (pri vopred stanovených pod-



■ obr. 157_Green Dot Animo Leadership High School
Južnú fasádu školy v Inglewood, USA, od architektov Brooks&Scarpa pokrýva 650 fotovoltických panelov, zabezpečujúcich 75 % energie potrebnej na jej prevádzku.

mienkach). Dochádza tak k eliminácii dodatočného posudzovania miery vzájomného tienenia objektov v rámci urbánnej štruktúry tradičnými (trigonometrickými) rýsovacími metódami. Komplexná problematika tvorby urbanizmu prenáša do procesu ich generovania množstvo vstupných faktorov. Prezentovaný princíp tvarovania objemov, ako základný vstup pre pochopenie problematiky, je rozširovaný a aplikovaný na skupinu objektov. Požiadavka na vzájomné netienenie si objektov však musí byť vždy splnená. Pri tvorbe generovacieho algoritmu bolo potrebné stanoviť vstupný parameter, na základe ktorého bude samotný proces spustený. Ním sa stáva **koncepcia zástavby** (urbanistický návrh).

Juhani Pallasmaa hovorí, že tvorivý proces sa uskutočňuje prostredníctvom spojenia ruky a mysle. ● „Spojenie ruky, oka a mysle je v kresbe prirodzené a plynulé.“^[16] Architekt/urbanista pri svojom návrhu zohľadňuje množstvo faktorov; vzájomné väzby v urbánnej štruktúre – doprava, pešie ťahy, priehľady, koncepcia verejných priestranstiev – námestie, promenáda, uličný profil... Dodáva: ● „V priebehu kreslenia nie je vyzretý dizajnér alebo architekt zameraný na linky kresby, ale skôr si predstavuje predmet samotný. Počas navrhovania drží v mysli predmet v ruke alebo len tak v priestore. Pri procese navrhovania architekt zaujíma samotnú štruktúru, ktorú predstavujú linky kresby. Výsledkom mentálneho prenosu z reality kresby alebo modelu do materiálnej skutočnosti projektu nie sú obrazy len vizuálne stvárnenia, ale tvorí ich plne dotyková a viacmyslová skutočnosť predstavivosti. Architekt sa voľne pohybuje predstavovanou štruktúrou, bez ohľadu na to, aká je veľká a zložitá. Ako keby prechádzal budovou, dotýkal sa jej vonkajších plôch a pociťoval ich povrchovú štruktúru. Toto je dôvernosť, ktorú je istotne ťažké, pokiaľ nie úplne nemožné, nasimulovať pomocou počítačového programu.“^[17]

V úvode generovacieho procesu je potrebné stanoviť urbanistické rozvrhnutie uličných sietí – stanovenie plôch pre zastavanie ako počiatočný „impulz“. Napriek možným námietkam, že nejde o „plnohodnotné“ generovanie, aj vzhľadom na slová Pallasmaa, považujeme zvolený prístup za adekvátny. Potvrďuje to aj práca Koeniga.^[18] Proces generovania tak nezačína v „nulovom bode“, ktorý je prakticky nemožné docieľiť a zároveň tento spôsob ponecháva pri urbanistickej tvorbe určitú voľnosť a kreativitu architektovi s cieľom vytvárať udržateľné priestory určené pre človeka.

Hlavný algoritmus, vytvorený v Rhino scripte Grasshopper, je založený na podobnom princípe ako Knowlesov slnečný obal, s tou zmenou, že objekt môže tieniť vo zvolenom čase verejné priestory (ulice, námestia). Limitnou hranicou sa stáva až hranica ďalšieho pozemku určeného na zastavanie, čo sa javí ako lepšie riešenie pre uplatnenie v praxi. Základ algoritmu je stanovenie intervalu, v ktorom si objekty vzájomne netienia – deň v roku a hodinový interval. Pri zadaní plochy na zastavanie, program vygeneruje objemy pre hra-

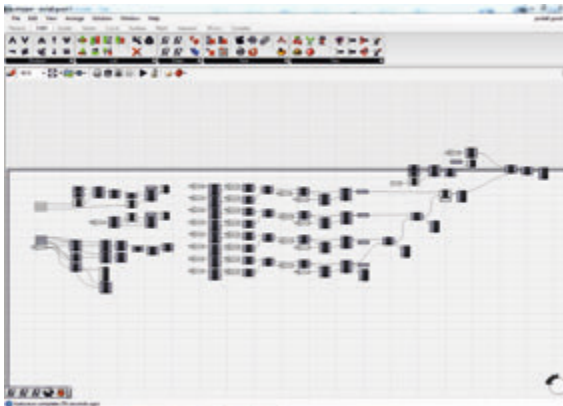
ničné hodnoty intervalu v smere dopadajúcich slnečných lúčov a výsledný stavebný objem sa rovná prieniku týchto dvoch hmôt. Na presnejšie určenie objemu možno generovať objemy pre všetky hodiny v časovom intervale s ich nasledujúcim prienikom. Tento solárny princíp je doplnený o „redukciu“ stavebného objemu o naklonenú, južne orientovanú plochu na využívanie PV systémov, ktorej sklon je variabilný a je zadávaný užívateľom. Vstupným parametrom, ako bolo uvedené, je importovanie zvolenej koncepcie zástavby – uličnej siete a priestorov pre zastavanie vo formáte DWG. Pre zjednodušené overovanie koncepcií bol vytvorený algoritmus, ktorý využíva ortogonálny raster. Užívateľ si vyberá plochy z rastra a prisudzuje im funkčné využitie (verejný priestor, plocha pre zastavanie).

Okrem hlavného generovacieho algoritmu bol navrhnutý aj sekundárny algoritmus geocentrického myšlienového pohybu slnka po oblohe, ktorý slúži ako dôležitá pomôcka na určovanie výšky slnka, azimutu, ako aj ožiarenosti horizontálnej plochy v rôznych časoch pre rôzne svetové lokality.

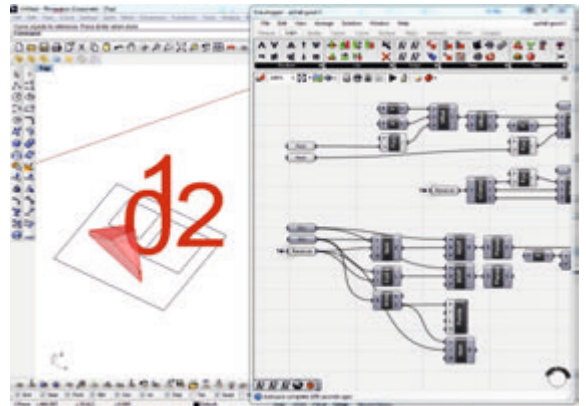
Optimalizácia zástavby, prezentovaná na ďalších stranách, bola analyzovaná prostredníctvom samostatného algoritmu. Bol použitý rovnaký princíp tvarovania objektov, na akom je založený hlavný algoritmus, umožňujúci zmeny plôch pozemkov a percentuálnej miery ich zastavanosti. Algoritmus ďalej vyhodnocuje obostavaný objem stavebných hmôt, ich počet na referenčnej ploche a počet obyvateľov v štruktúre.

Na využívanie navrhnutých algoritmov je potrebné mať nainštalované softvéry Rhinoceros a Grasshopper. Ich používanie nie je komplikované, no riešenie väčších území si vyžaduje vyšší počítačový výkon. Spôsob vyhodnocovania energetickej bilancie urbánnych štruktúr miestami komplikuje nekompatibilita softvérových nástrojov rôznych výrobcov.

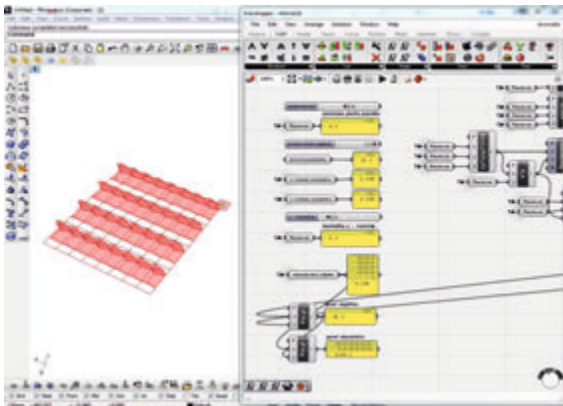
- [1]BATTY, M., LONLGEY, P.: *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*. London, Academy Press 1994.
- [2]ERICKSON, P., HEALY, N., LAMB, C., VOON, W. L.: The use of Cellular Automata to explore bottom up architectonics rules. In: ROSSIGNAC, F.: *Eurographict '96*. Blackwell Publishers 1996.
- [3]KOENIG, Reinhard: *Generating urban structures: A method for urban planning supported by multi-agent systems and cellular automata*. Weimar, Bauhaus Universtät Weimar 2011, 28 s.
- [4]WATANABE, M. S.: *Induction Design: A Method for Evolutionary Design*. Basel, Birkhäuser 2002.
- [5]HILLER, B., HANSON, J.: *The social logic space*. Cambridge, University Press 2003.
- [6]MORELLO, Eugenio, RATTI, Carlo: *SunScapes: extending the 'solar envelopes' concept through 'iso-solar surfaces'*. PLEA2005 - The 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Beirut, Lebanon, 13-16 November 2005.
- [7]CAPULETO, I., YEZIORO, A., SHAVIV, G. E.: Climatic aspects in urban design – a case study. In: *Building and Environment*, 38 (2003), s. 827-835.
- [8]ABAREEN, Yosef Rafeq: Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. In: *Journal of Planning Education and Research*. September 2006, Vol. 26, No. 1, s. 38-52.
- [9]PEDERSEN, Poul Baek: *Sustainable Compact City*. København, Arkitektens Forlag 2009.
- [10]Skriptovanie [online] Dostupné na: <http://www.spsepn.edu.sk/skola/pk_info/studium/ucebtext/cvic_ele/eps/cvic_eps/skriptovanie.htm> [2014-26-06]
- [11]SCHUMACHER, Patrik: *Parametricism as Style - Parametricist Manifesto*. [online]. London, 2008. Presented and discussed at Dark Side Club1, 11th Architecture Biennale, Venice 2008. Dostupné na: <<http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism%20as%20Style.htm>> [2014-26-06]
- [12]Liu Yu-Tung: *The Philosophy of Digital Architecture. The Feidad Award*. [online]. Graduate Institute of Architecture, NCTU, Taiwan, 2009. Dostupné na: <<http://architettura.it/extended/20060513/>> [2014-26-06]
- [13]MITCHELL, William J.: *e-topia: život ve městě trochu jinak*. Praha, Zlatý řez 2004, s.147.
- [14]KNOWLES, Ralph L.: *The solar envelope. Time-Sever standards for urban design*. Digital Engeneering Library, McGrawHill 1995. [online] Dostupné na: <www.digitalengineeringlibrary.com> [2012-06-20]
- [15]DRING, Alison, SCHWAAG, Daniel: Prosolve. In: BOLCHOVER, Joshua, SOLOMON, Jonathan D. (eds.): *Sustain and Develop*. 306090 Books, Volume 13, New York, 2009, s.50-56.
- [16]PALLASMAA, Juhani: *Myslicí ruka: Existenciální a ztělesněná moudrost v architektuře*. Zlín, ARCHA, 2012. s.59.
- [17]Ibid.
- [18]KOENIG, Reinhard: *Generating urban structures: A method for urban planning supported by multi-agent systems and cellular automata*. Weimar, Bauhaus Universtät Weimar 2011, 28 s.
- „The generative process starts with the two-dimensional organisation of streets followed by the parceling of the remaining areas.“



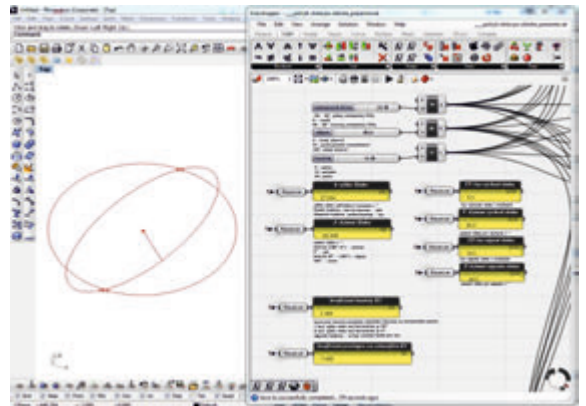
a



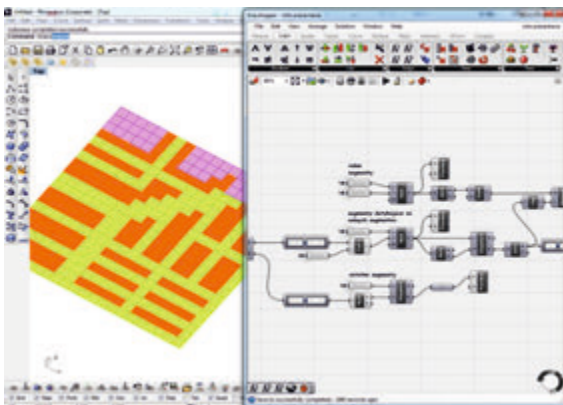
b



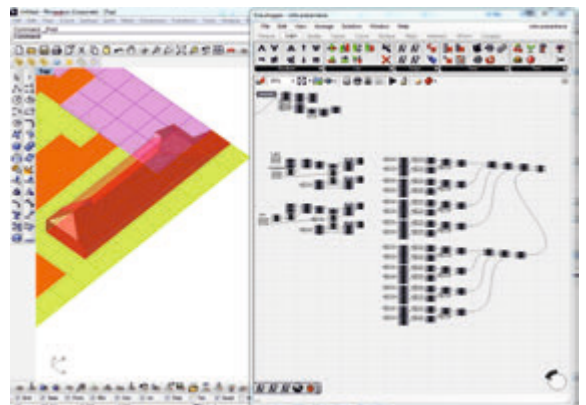
c



d



e



f

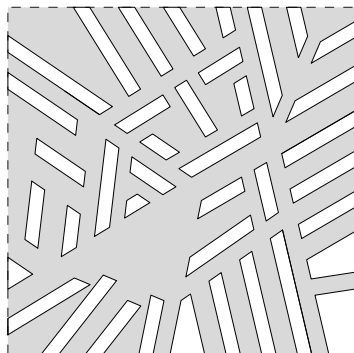
■ obr. 158_Zobrazenie virtuálneho pracovného rozhrania generovacích algoritmov

a_celkové zobrazenie skriptu hlavného generacieho algoritmu; b_zobrazenie vygenerovaného objemu pre stanovený časový interval počas určeného dňa; c_generovací algoritmus, v ktorom bola analyzovaná optimalizácia zástavby vo vzťahu k referenčnej ploche; d_sekundárny algoritmus geocentrického myšlienkeho pohybu slnka po oblohe; e_algoritmus využívajúci ortogonálny raster; f_vygenerovaný objem

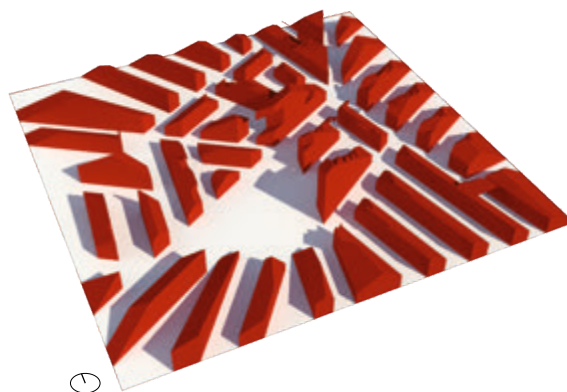
Príklady vygenerovaných štruktúr

Elementárne diferencie v požiadavkách

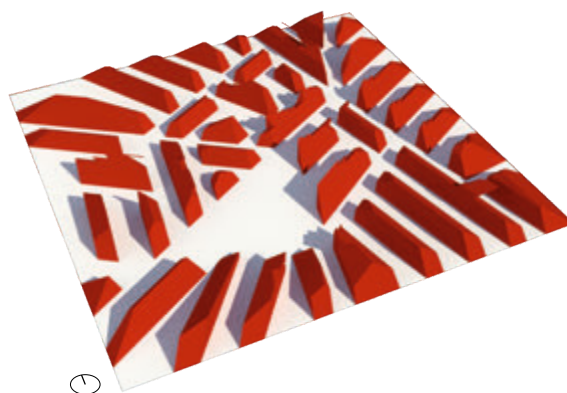
Cieľom je prezentovať čo najväčšie množstvo variácií orientácie objektov voči svetovým stranám, objemov ako aj pôdorysných schém a tiež dopad generovacieho algoritmu na ich hmotovo-priestorové stvárnenie za stanovených okrajových podmienok (v období 20. 3. až 22. 9. pre hodiny od 9.00 do 15.00). Predložené koncepty znázorňujú variovanie zadávaných požiadaviek – základné vygenerované objemy, ich redukcia z južnej strany rovinou pod uhlom 37° pre inštalovanie PV systémov a s posunutou referenčnou rovinou na úroveň napr. 2 metre nad terénom (pri súčasných zaužívaných výpočtoch denného osvetlenia; 3 m napr. pri bytových domoch (Ostredky, Ružinov), kde sú obytné podlažia zdvihnuté oproti úrovni terénu o pol podlažia a pod.). Tento parameter je variabilný a zadávaný užívateľom.



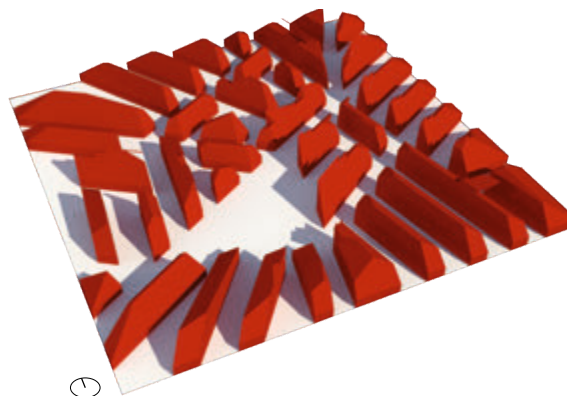
■ obr. 159_Koncepcia zástavby ako vstupný podklad na generovanie urbánnej štruktúry



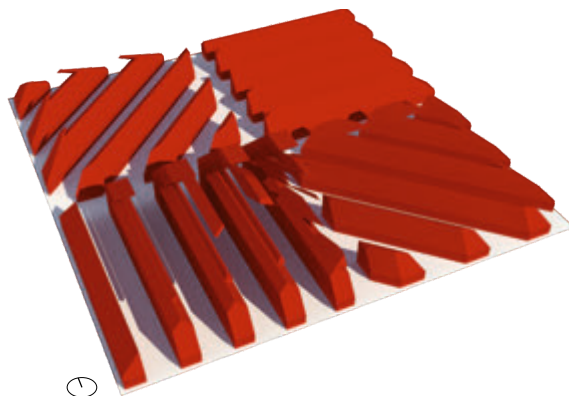
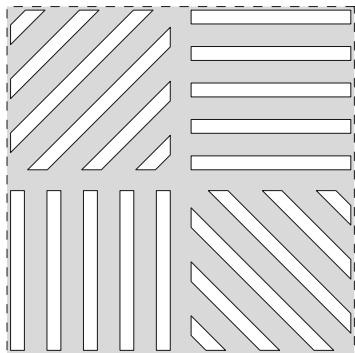
■ obr. 160_Vygenerovaná štruktúra podľa stanovených podmienok preslnenia



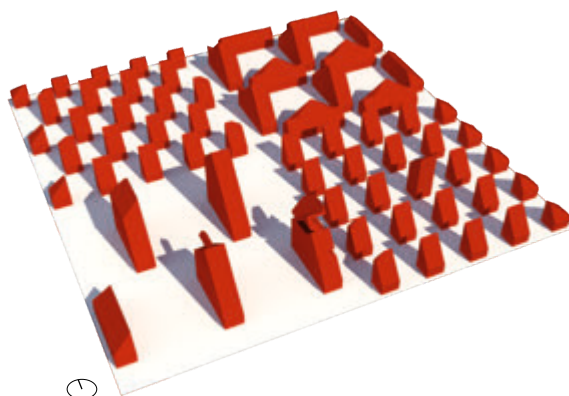
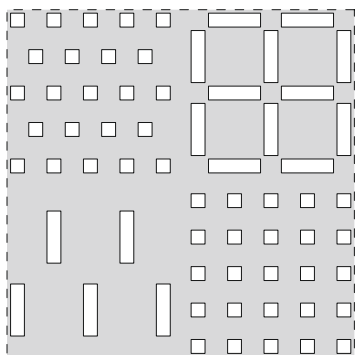
■ obr. 161_Vygenerovaná štruktúra s redukovanými objemami (južne orientované plochy pod uhlom 37° na inštalovanie PV systémov)



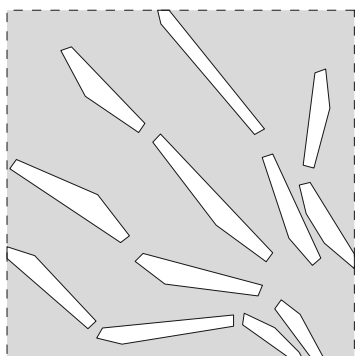
■ obr. 162_Vygenerovaná štruktúra s redukovanými objemami (južne orientované plochy pod uhlom 37° na inštalovanie PV systémov) a zdvihnutou referenčnou rovinou



■ obr. 163_Příklad vstupnej koncepcie zástavby (vľavo) a vygenerovaná štruktúra s redukovanými objemami (vpravo) (južne orientované plochy pod uhlom 37° na inštalovanie PV systémov) a zodvihnutou referenčnou rovinou



■ obr. 164_Příklad vstupnej koncepcie zástavby (vľavo) a vygenerovaná štruktúra s redukovanými objemami (vpravo) (južne orientované plochy pod uhlom 37° na inštalovanie PV systémov) a zodvihnutou referenčnou rovinou

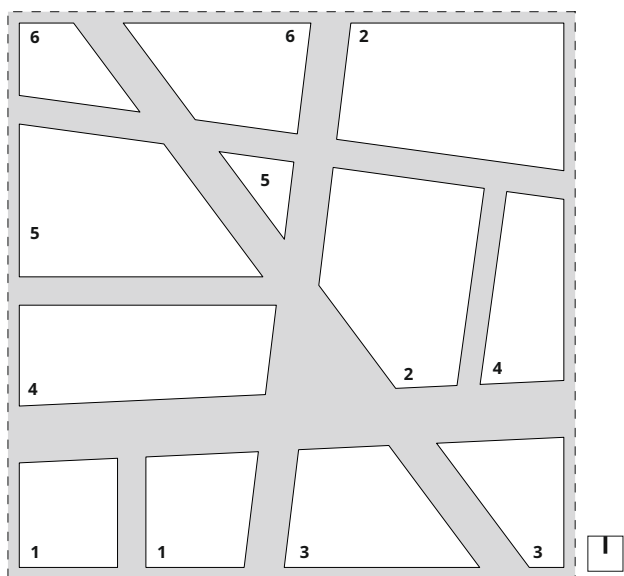


■ obr. 165_Příklad vstupnej koncepcie zástavby (vľavo) a vygenerovaná štruktúra s redukovanými objemami (vpravo) (južne orientované plochy pod uhlom 37° na inštalovanie PV systémov) a zodvihnutou referenčnou rovinou

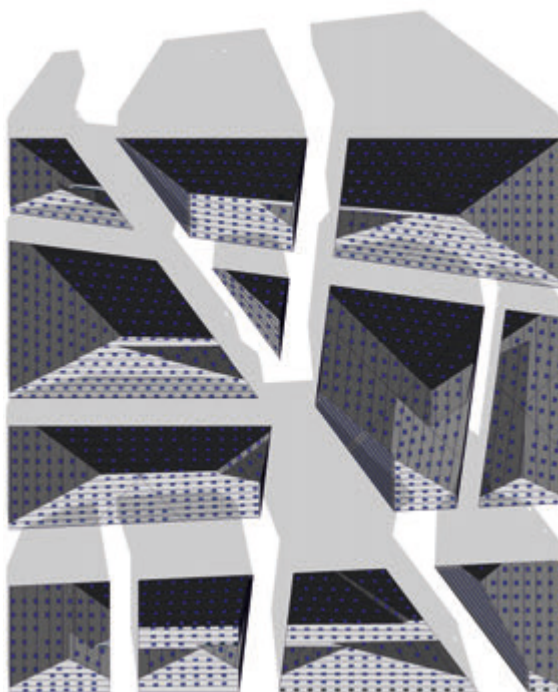
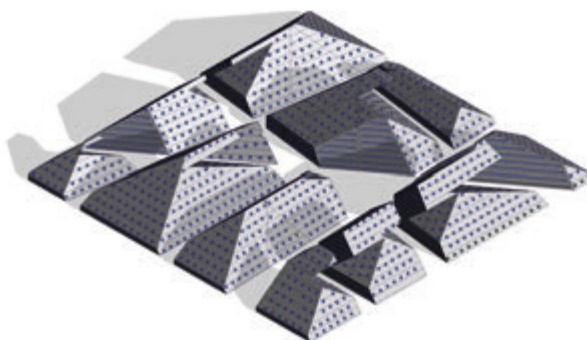
Prípadová štúdia 1

Výsledky navrhnutého algoritmu a analýza energetickej bilancie bola uskutočnená na troch prípadových štúdiách, ktoré sa svojou koncepciou snažia pokryť základné typy urbánnych štruktúr.

Prvá prípadová štúdia je charakterizovaná ako kompaktná, bloková zástavba, ktorej vstupný parameter – koncepcia uličnej siete a definovanie priestorov na zastavanie je prezentovaný na dolnom obrázku. Rozmery celkovej plochy určenej pre navrhovanú štruktúru sú podobné, ako pri referenčnej štruktúre, stanovené na 200 x 200 m. Autorom voľne zadaná koncepcia urbanizmu bola ďalej importovaná do vytvoreného algoritmu. Hraničné intervaly pre mieru preslpenia štruktúry zostali totožné s predchádzajúcou referenčnou štúdiou a stanovenými okrajovými podmienkami – medzné hodinové hodnoty počas zvolených dní v roku: interval 9.00 až 15.00 pre jarnú a jesennú rovnodennosť (kri-



■ obr. 174_Vstupná koncepcia voľných a zastavateľných plôch
Rozvrhnutie urbánneho priestoru ako východiskový parameter pre generovací proces vychádza z kompaktnej blokovej zástavby. V 2. prípadovej štúdií bola zachovaná kompaktnosť blokov (bez stanovených vnútroblokov, delenia na menšie stavebné jednotky) so zámerom preskúmať takýto spôsob zástavby. Z hľadiska tvarovania pozemkov a orientovania uličnej siete, koncepcia pripomína rastlý vývoj urbánneho priestoru. Vzhľadom na relatívne veľké dimenzie takto vznikajúcich objektov sa predpokladá ich funkčné využitie ako výrobné areály, nákupné centrá, či administratívny/vedecko-výskumný park, školský campus... Dimenzie objektov dovoľujú uvažovať s parciálnym umiestnením obytnej funkcie v solárne exponovaných polohách (čísla znázorňujú číslo skupiny objektov, pre ktorú bola kalkulovaná energetická bilancia).



■ obr. 175_Priestorové zobrazenie a ortogonálny pohľad zhora na vygenerovanú urbánu štruktúru
Perforácie exteriérového plášťa vychádzajú zo stanovených podmienok: 30 % podiel na fasádach, 15 % podiel v strešných rovinách. Štruktúra je zobrazená pri najväčšej miere tienenia v deň zimného slnovratu.

■ tab. 30_Porovnanie ročnej energetickej bilancie vygenerovaných skupín objektov urbánnej štruktúry

Zmena hodnôt ročnej energetickej spotreby objektov na jednotku plochy pri predpokladanom znížení priemernej elektrickej spotreby domácnosti zo 6 kWh za deň na 4 kWh denne a pri započítaní energetických ziskov z PV systémov do zníženia spotreby energie budov (predpokladaná účinnosť systémov 15 % resp. 21 %).

Skupina objektov	Celková energetická spotreba v závislosti od dennej elektrickej spotreby domácnosti		Celková energetická spotreba objektu po zarátaní ziskov z PV systémov v závislosti od účinnosti PV a od elektrickej spotreby domácnosti			
	Priem. spotreba dom. 6 kWh/d/dw	Priem. spotreba dom. 4 kWh/d/dw	Priem. spotreba dom. 6 kWh/d/dw		Priem. spotreba dom. 4 kWh/d/dw	
			15% účinnosť PV	21% účinnosť PV	15% účinnosť PV	21% účinnosť PV
Skupina 01	124 kWh/m ² /rok	93 kWh/m ² /rok	76,4 kWh/m ² /rok	57,3 kWh/m ² /rok	45,4 kWh/m ² /rok	26,3 kWh/m ² /rok
Skupina 02	123 kWh/m ² /rok	93 kWh/m ² /rok	87 kWh/m ² /rok	72,8 kWh/m ² /rok	57,1 kWh/m ² /rok	42,8 kWh/m ² /rok
Skupina 03	123 kWh/m ² /rok	93 kWh/m ² /rok	74 kWh/m ² /rok	54 kWh/m ² /rok	44 kWh/m ² /rok	24,5 kWh/m ² /rok
Skupina 04	122 kWh/m ² /rok	92,5 kWh/m ² /rok	70 kWh/m ² /rok	49 kWh/m ² /rok	45,5 kWh/m ² /rok	19,7 kWh/m ² /rok
Skupina 05	123 kWh/m ² /rok	92,7 kWh/m ² /rok	80 kWh/m ² /rok	64 kWh/m ² /rok	50 kWh/m ² /rok	33,7 kWh/m ² /rok
Skupina 06	123 kWh/m ² /rok	92,5 kWh/m ² /rok	71 kWh/m ² /rok	50,6 kWh/m ² /rok	40,8 kWh/m ² /rok	20 kWh/m ² /rok

■ tab. 31_Porovnanie vygenerovaných skupín objektov z hľadiska celkovej potreby energie pre urbánnu štruktúru

Energetický potenciál predloženého scenára spočíva v priemernej spotrebe elektrickej energie v domácnosti, stanovenej na 4 kWh/d/dw a na energetickom dotovaní urbánnej štruktúry lokálne vyrobenou elektrickou energiou z inštalovaných fotovoltaických systémov s účinnosťou 21 %. Z tabuľky vyplýva, že urbánna štruktúra spotrebúje viac energie, ako dokáže vyrobiť. Jej výsledná energetická bilancia je 30,7 kWh/m²/rok. Hustota osídlenia dosahuje 717 obyvateľa/ha, čo predstavuje takmer dvojnásobok sociológmi odporúčanej hodnoty. Predpokladáme, že architektonizáciou objektov by sa táto hodnota výrazne znížila.

Skupina objektov	Podlažná plocha [m ²]	Počet obyvateľov	Celková potreba energie pri elektrickej spotrebe 4 kWh/d/dw	Celkový potenciál inštal. PV systémov s 21% účinnosťou
Skupina 01	14 799	370	1 376 307 kWh/rok	986 294 kWh/rok
Skupina 02	35 713	893	3 321 309 kWh/rok	1 793 204 kWh/rok
Skupina 03	18 019	450	1 675 767 kWh/rok	1 233 028 kWh/rok
Skupina 04	18 549	464	1 715 782 kWh/rok	1 350 637 kWh/rok
Skupina 05	17 562	439	1 627 997 kWh/rok	1 035 514 kWh/rok
Skupina 06	10 047	251	929 347 kWh/rok	727 738 kWh/rok
Spolu	114 689	2 867	10 646 509 kWh/rok	7 126 415 kWh/rok

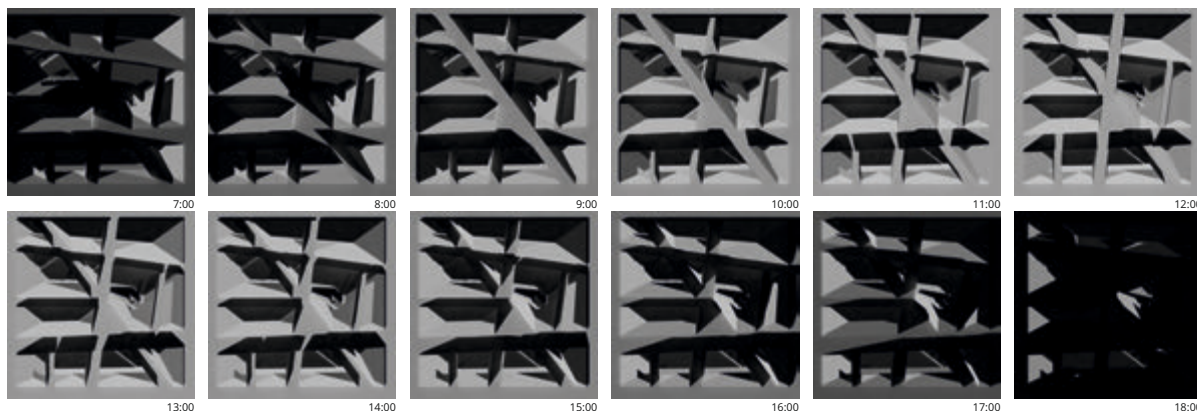
Výsledná celková spotreba energie urbánnej štruktúry [kWh/m²/rok]

30,7

térium zamedzenia vzájomného tienenia objektmi v časovom rozmedzí od 20. marca do 22. septembra). Pre prípadov štúdiu bolo vymedzené záujmové územie v tvare štvorca s výmerou 4 ha, teda 200 x 200 m. Z energetickej simulácie vyplýva, že energetický potenciál PV systémov inštalovaných na strešných rovinách je nižší ako energia potrebná na prevádzku urbánnej štruktúry. Celková spotreba 30,7 kWh/m²/rok ju zaraďuje do skupiny tzv. ultranízkoenergetických, samozrejme pri dodržaní stanovených podmienok (21 % účinnosť PV systémov a znížená priemerná spo-

treba elektrickej energie v domácnosti na úroveň 4 kWh/deň).

Možno predpokladať, že architektonizáciou stanovených „maximálnych možných stavebných objemov“ sa zmení celková energetická bilancia ako aj energetický potenciál štruktúry. Tieto varianty by bolo potrebné individuálne skúmať a optimalizovať. Predpokladáme, že v rámci procesu architektonizácie možno tiež zlepšiť mieru insolácie interiérov, čím sa zníži podlažná plocha a aj spotrebovaná energia.



■ obr. 176_Simulácia preslnenia navrhovanej štruktúry pre 20. marec v časovom intervale 7.00 – 18.00

Objekty sú navrhnuté tak, aby si vzájomne netienili v stanovenom časovom intervale 9.00 až 15.00. Tienenie verejných priestorov bolo dovolené.

Energetická kooperácia urbánnych štruktúr

Definovanie nových energeticky vztiahnutých urbanistických indikátorov na uplatnenie v procese územnej regulácie

Bádanie na poli architektúry sa takmer zákonite uskutočňuje v spojitosti s presahom do inej vednej disciplíny. Výsledky výskumu tu však, na rozdiel od iných vied, nebývajú uspokojivé, kým nie je zrejma eventualita ich architektonickej aplikácie. Tam, kde pre iný výskum „postačí“ na vyvolanie úžasu číselná hodnota alebo prebehnutie reakcie, indukčný výskum v architektúre potrebuje vnímať kontext uplatniteľnosti ako určitý oporný bod. V publikácii preto považujeme za potrebné, okrem zozbierania dát, ich evaluácie a interpretácie, ponúknuť presah do možností ich praktického uplatnenia v kontexte energeticky efektívneho urbanizmu.

Heterogénnosť zástavby v urbanizovanom území je vo svojej podstate zaujímavá nie len z pohľadu možnej estetiky priestorov, ale aj z hľadiska energetického. Upriamením pozornosti na kľúčovú dimenziu urbanizmu, v ktorej sa snúbi stará výstavba s novou, formuje sa typologická a funkčná rozmanitosť a energetickú deficitnosť niektorých urbánnych elementov je možné vyvažovať potenciálom energetickej nadprodukcie iných, chceme prispieť k posunu vývoja udržateľnej tvorby miest. V urbanistickom zábere tiež možno efektívnejšie stanoviť limitné požiadavky na energetické parametre výstavby a zamerať sa na dosahovanie cieľov, vytýčených EÚ, prostredníctvom takmer nulovej energetickej bilancie mestských štvrtí. V urbanistickej rovine sa tiež formuje kultúrna identita mesta, ktorá je z hľadiska udržateľnosti nemenej podstatná ako energetická efektívnosť.

Cieľom, prezentovaným na nasledujúcich stranách, je preskúmanie potenciálu využívania solárnej energie zaužívanými typologickými druhmi obytných urbánnych štruktúr, fungujúcich vo vzájomnej energetickej kooperácii v prospech urbanistického celku. Typológie sú v podmienkach Bratislavy posudzované z hľadiska možnosti dosahovať vyrovnanú energetickú bilanciu medzi vlastnou produkciou a spotrebou, prípadne vytvárať prebytky, ktoré by bolo možné poskytnúť okolitým štruktúram. Kooperatívne princípy umožňujú dosiahnuť pri organizovaní územia väčšiu mieru rozmanitosti a vyššiu kvalitu pobytových priestorov. Tento koncept umožní, že nebude nevyhnutné sústrediť sa pri všet-

kých urbanistických štruktúrach na maximalizáciu energetických ziskov prostredníctvom aktívnych solárnych systémov, pretože smerodajnou bude sumárna efektívnosť (vyváženosť) celku. ⁺ Problematiku a potenciál prepojenia jestvujúcich a novovznikajúcich štruktúr je potrebné vnímať v kontexte princípov generovania efektívnych urbánnych oblastí, vytvárajúcich lokálne energetické prebytky. Takýmto urbanistickým vstupom je možné oživiť územie nielen kompozične, ale aj z hľadiska tokov energie. Jestvujúce urbánne štruktúry je potrebné, spolu s novovznikajúcimi, aktívne zapojiť do energeticky kooperujúcich zonálnych celkov.

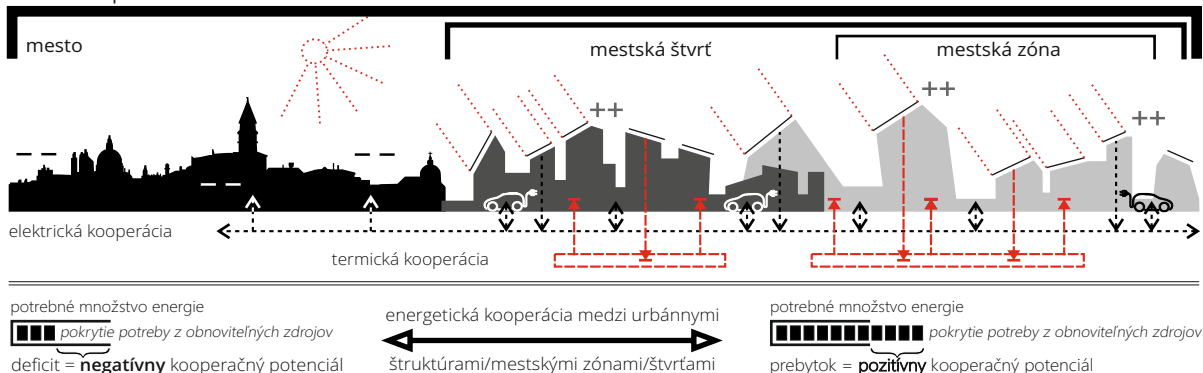
⁺ Sledovanie energetického potenciálu urbánnych štruktúr je potrebné prepojiť s ukazovateľmi urbanistickej ekonomie – posudzovať podľažné plochy, resp. počet obyvateľov vo vzťahu k sledovanému modelovému územiu. V podobnom duchu (množstvo spotrebovanej energie za dané časové obdobie/m²) je bežne posudzovaná energetická náročnosť jednotlivých stavebných objektov.

Z hľadiska optimalizácie energetickej bilancie územia by bolo vhodné, už vo fáze urbánneho návrhu, disponovať určitou mierou usmerňujúcich poznatkov, pretože vo fáze riešenia samotných architektonických objektov je v zásade zlepšenie energetického potenciálu neprimerane náročné, prípadne až nemožné. Preto považujeme za potrebné definovať urbanistické ukazovatele, ktoré by v rámci komplexného systému energetických tokov poskytli možnosť jednoduchej charakteristiky jednotlivých elementov urbánneho celku.

Zavedenie nových ukazovateľov energetického kooperačného potenciálu urbánnych štruktúr nutne predpokladá energetickú aktiváciu urbánnych štruktúr z hľadiska využívania solárnej energie. Parciálny cieľ je etablovať tiež urbanistický ukazovateľ, ktorý by charakterizoval urbánne štruktúry z hľadiska efektívnosti zachytávania dopadajúceho solárneho žiarenia a umožňoval by tak objektívne porovnanie ich solárneho potenciálu. Význam nových indikátorov nemá spočívať v nahradení tých súčasných, majú mať predovšetkým doplnkovú funkciu. Ich uplatnenie musí podliehať kultúrne- a historickému kontextu daného územia a pred eventuálnym uvedením do praxe musia byť podrobne preverené dostatočným množstvom štúdií, ktoré potvrdia alebo vyvrátia ich schopnosť usmerňovať územný rozvoj v intenciaciach zvyšovania energetickej efektívnosti a dosahovania príravných aktívnych solárnych ziskov v rámci urbánneho celku.

Indikátor umožňujúci vyjadriť potenciál urbanistickej štruktúry alebo určitého územia energeticky kooperovať so svojím okolím prostredníctvom lokálnej inteligentnej energetickej siete možno v územnoplánovacích procesoch využiť rovnako pre elektrickú ako aj pre termickú energiu. Intenciou zavedenia takéhoto verzatilného urbanistického indikátora je vnesenie aspektu aktívneho získavania a narábania s regeneratívnou energiou do dimenzie urbanistickej tvorby. Predpokladom na jeho uplatnenie je práve decentralizácia

úroveň kooperácie



■ obr. 192_Schématické znázornenie princípov energetickej kooperácie medzi urbánnymi fragmentmi mesta

Kooperačný indikátor je definovaný ako kvantifikátor negatívnej alebo pozitívnej energetickej bilancie urbánnej štruktúry v rámci synergického urbánneho rámca. Deklaruje jej energetické prebytky, resp. energetické nároky, vo vzťahu k okolitým štruktúram alebo mestským štvrtiam, za účelom efektívneho využívania aktuálne dostupnej energie z obnoviteľných zdrojov.

energetických zdrojov/producentov prostredníctvom ich integrácie do hmotovo priestorovej substancie urbánnej skladby. Urbanistický indikátor tohto typu bol v našej práci nazvaný *kooperačný indikátor*.

Kooperačný indikátor urbánnej štruktúry sme definovali ako **kvantifikátor negatívnej alebo pozitívnej energetickej bilancie danej štruktúry v rámci synergického urbánneho rámca – teda schopnosti urbánnej štruktúry poskytnúť svoje energetické prebytky, resp. definovať svoje energetické nároky vo vzťahu k okolitým štruktúram alebo mestským štvrtiam, za účelom efektívneho využívania aktuálne dostupnej energie z obnoviteľných zdrojov**. Indikátor je možné využiť v súvislosti s manažovaním obojsmerných energetických tokov na lokálnej (resp. regionálnej) úrovni, čím anticipuje koncept inteligentných energetických sietí *smart-grid* (stratégia *Európa 2020*).

Úloha kooperačného indikátora je číselné vyjadrenie potenciálu energetickej nadprodukcie, resp. deficitnosti určitého typu zástavby, (spravidla pre referenčnú plochu/pozemok veľkosti 1 ha), za určité časové obdobie. Z energetického hľadiska môže byť zameraný na vyjadrenie potenciálu elektrickej alebo termickej energie, (prípadne inej sledovanej komodity, resp. média, ktorými sa však naša práca bližšie nezaobrá).

Kooperačný indikátor urbánnej štruktúry je určovaný výpočtom alebo simuláciou pre danú lokalitu na základe aktívnych energetických ziskov z obnoviteľných zdrojov (PV, ST) 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 je možné hodnotu kooperačného indikátora stanoviť ako energetický ukazovateľ, udávaný v [kWh/d/ha] alebo ako jednotkový ukazovateľ, udávaný

v počte cieľových jednotiek (domácností/bytových jednotiek a pod.) [dw/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 charakteru však budú mať zrejme skôr lokálne uplatnenie a z dôvodu ich značnej premenlivosti pravdepodobne nebudú v tejto podobe adekvátne uplatniteľné v konštrukcii urbanistickej skladby širšej ako urbanistickej zóny.

Pre účely nášho výskumu bol kooperačný indikátor jednotlivých urbánnych štruktúr určovaný prepočtom, na základe simulácií iradiácie povrchu urbánnych štruktúr v lokalite Bratislava, ako priemerná denná hodnota počas troch simulačných období (zimné/prechodné/letné). Na základe ziskov z PV systémov a elektrickej spotreby urbánnej štruktúry bol určovaný elektrický kooperačný indikátor [EKI]. Na základe energetických ziskov zo solárnych kolektorov, pasívnych energetických ziskov, teplotných výpočtov potreby tepla na vykurovanie a potreby tepla na prípravu teplej vody bol kalkulovaný termický kooperačný indikátor [TKI]. Oba indikátory boli vyjadrované paralelne dvoma spôsobmi – ako *energetické* kooperačné indikátory, v skrátenej forme uvádzané ako [eEKI; eTKI] v [kWh/d/ha], a ako *jednotkové* (unitárne) kooperačné indikátory, skrátené [uEKI; uTKI] v [dw/d/ha].

Ďalší indikátor, umožňujúci vyjadrenie potenciálu urbánnych štruktúr zachytávať dopadajúce slnečné žiarenie je *solárny index*. Má umožňovať jednoduché vzájomné porovnanie solárneho potenciálu rôznych typov urbanistickej zástavby pri dodržaní určitých okrajových kritérií. Ťažisková oblasť aplikácie tohto ukazovateľa má spočívať v tvorbe regulatívov s dôrazom na tvorbu energetickej efektívneho urbanizmu.

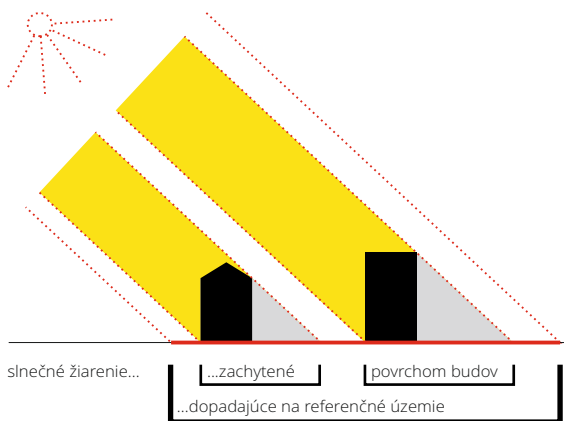
Inšpiratívny vstup pre úvahy o solárnom indexe stavebných objemov poskytli vyššie spomínané solárne katastrofe viacerých európskych miest, opisujúce potenciál energetických ziskov pri využití strešnej roviny alebo častí fasád aktívnymi solárnymi technológiami. V takejto forme zobrazenia nadobúda štruktúra mesta novú dimenziu. Jeho mierku, jeho kompozičnú, funkčnú a typologickú skladbu možno vnímať iným spôsobom. V energeticky podmienenom pohľade na štruktúru mesta vystupujú do popredia jednotlivé typy urbánnych štruktúr ako obrazotvorné elementy s variujúcim potenciálom využitia dostupného slnečného žiarenia. Reguláciou *solárneho indexu* v určitých častiach územia možno nepriamo ovplyvňovať i tvorbu obrazu mesta. Definuje však len predpoklad získavania a využívania energie slnka a nutne nevyžaduje uplatnenie aktívnych solárnych technológií. Solárny index tak môže byť využitý ako medzistupeň, zabezpečujúci predbežný potenciál pre budúce aktívne energetické zisky v urbánnej skladbe.

Solárny index urbánnej štruktúry (zóny/celku/mestskej štvrte), definujeme ako **pomer celkového množstva slnečnej radiácie dopadajúcej počas stanoveného obdobia na povrch predmetnej urbánnej štruktúry, voči celkovému množstvu slnečnej radiácie, dopadajúcej na povrch referenčnej plochy pozemku, prislúchajúcej k danej urbánnej štruktúre. Prostredníctvom číselnej hodnoty tak vyjadruje, akú veľkú časť slnečného žiarenia, dopadajúceho na dané územie, je urbánna štruktúra schopná zachytiť a potenciálne zužitkovať.**

Zatiaľ čo solárna iradiácia referenčného pozemku ostáva nemenná, konfiguráciou objemov štruktúry, ich orientáciou voči svetovým stranám, regulovaním hustoty zástavby, tvarovaním hmôt atď. je možné ovplyvniť množstvo slnečnej energie, ktorú urbánna štruktúra dokáže povrchom zachytiť. Množstvo dopadajúcej energie bude závislé od posudzovaného obdobia, ktoré by malo byť stanovené zmysluplne vzhľadom na zámer využívania solárnej energie. Výpočet zahŕňa redukciu ziskov z dôvodu tienenia okolitými štruktúrami a pochopiteľne i mieru vlastného tienenia.⁺

+ Určitá forma solárnej regulácie mestskej zástavby môže byť založená na solárnom indexe jednotlivých urbánnych elementov/celkov. So stanovením hraničných hodnôt solárneho indexu urbánnych štruktúr musia nutne súvisieť limitné požiadavky na reguláciu hustoty zástavby a odstupové vzdialenosti, aby sa predišlo eventuálnej kontraproduktívnosti tohto konceptu. Solárny index je zákonite tým vyšší, čím väčší je rozsah „zberných plôch“, čo by v určitých prípadoch pri nesprávnej aplikácii mohlo mať za následok znížené hodnoty iradiácie okolitých štruktúr.

Na definovanie solárneho indexu je podstatným referenčným obdobím. V práci určíme solárny index pre jednotlivé obdobia charakteristickej skladby roka – zima/prechodné obdobie/leto. Táto podrobnosť vyplýva z potreby detailnejšieho preskúmania charakteristík solárneho indexu sledovaných urbánnych štruktúr počas spomenutých období.



■ obr. 193_Schématické znázornenie solárneho indexu

Je daný pomerom slnečnej radiácie, dopadajúcej počas určitého obdobia na povrch urbánnej štruktúry, voči celkovému množstvu slnečného žiarenia teoreticky dopadajúceho na povrch plochy pozemku.

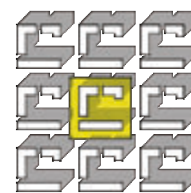
Solárny index ako podiel iradiácie urbánnej štruktúry a iradiácie prislúchajúceho územia je vyjadrený bezrozmerným číslom, spravidla menším ako 1. Hodnota vyššia ako 1 by znamenala, že štruktúra dokáže zachytiť viac solárnej radiácie, než dopadá na prislúchajúce územie. V zásade je takáto situácia možná, ale skôr neštandardná.

V našej práci je solárny index skúmaných typologických druhov urbánnych štruktúr vzťahovaný k referenčným plochám o veľkosti 1 ha z dôvodu lepšej možnosti ich vzájomnej komparácie. Pre regulatívne uplatnenie ukazovateľa solárny index v územnom plánovaní je však možné rámec predmetného územia definovať v širšom rozsahu za účelom umožnenia väčšej kompozičnej rozmanitosti.

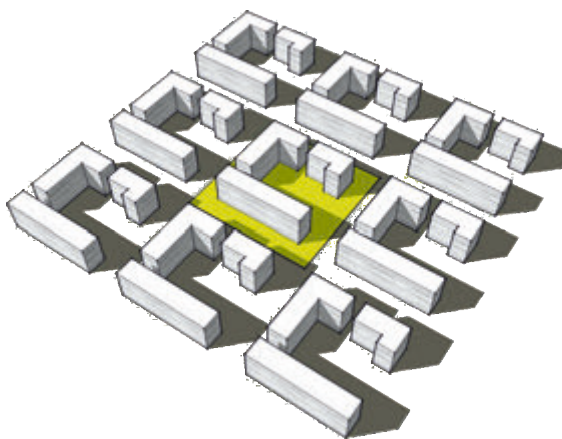
Potenciál vyššie spomenutých energeticky viazaných urbanistických ukazovateľov spočíva v zavedení aspektu generovania energie a aktívneho manažmentu energetických tokov do dimenzie územného plánovania. Majú poukázať na možnosti vytvárania lokálnych inteligentných energetických sietí a zdôrazniť príležitosť eliminovania energetických požiadaviek deficitných (súborov) budov z obnoviteľných zdrojov prostredníctvom energetickej kooperácie v rámci mestskej štvrte. Už vo fáze plánovania urbánnych celkov sa tak bude dať nahrubo sledovať, kontrolovať a reagovať na energetický potenciál, resp. energetickú bilanciáciu budúceho návrhu. Takýto postup je dôležitý a príznačný pre výstavbu s ambíciou vysokej energetickej efektívnosti. V úzkej súvislosti s lokálnym využívaním OZE stojí tiež „čisté“ zásobovanie elektromobility. Koncept vytvárania tzv. smart gridov, rovnako ako ciele znižovania energetickej spotreby, zvyšovania efektívnosti a intenzívnejšieho využívania obnoviteľných zdrojov, zapadajú do vytýčených cieľov stratégie *Európa 2020*.

Otvorená bloková zástavba_8 NP

(Open Block_8 storeys)



Tvar pozemku	100 x 100 m
Plocha územia	1,000 ha
Obostavaný objem	57 504 m ³
Plocha strešnej roviny	2 396 m ²
Plocha fasádnych rovín	10 272 m ²
Podlažnosť	8
Index zastavanej plochy	0,24
Index podlažnej plochy	1,92
Počet bytov/ha	191,7
Odstupová vzdialenosť fasád	30 - 44 m
Hĺbka traktu	14 m

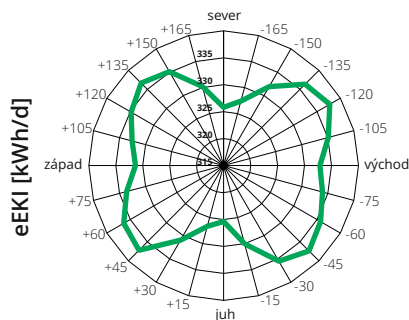
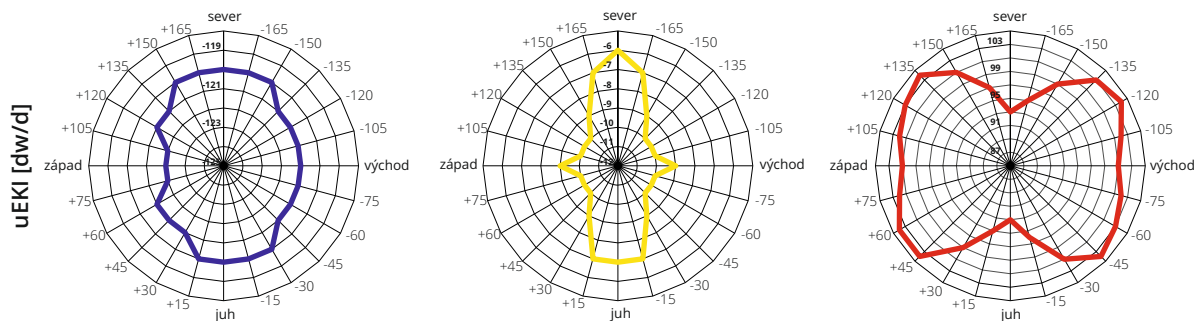


EKI – Elektrický kooperačný indikátor

Elektrický kooperačný indikátor je do veľkej miery ovplyvnený zmenou orientácie. V zime výrazne dominuje S a J orientácia, pričom v lete práve táto orientácia je nevýhodná.

Elektrický kooperačný indikátor je v grafoch vyjadrený variantne: **uEKI** – jednotkový elektrický kooperačný indikátor a **eEKI** – energetický elektrický kooperačný indikátor.

— celoročný priemer — leto — prechodné obdobie — zima

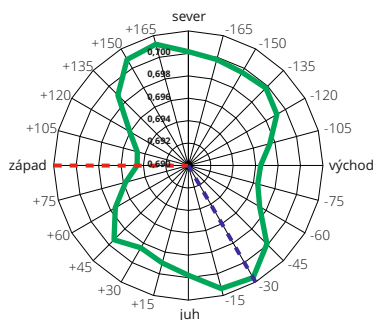


■ tab. 55_Priemerný denný uEKI urbánnej štruktúry v závislosti od zmeny priemernej spotreby elektrickej energie domácnosti

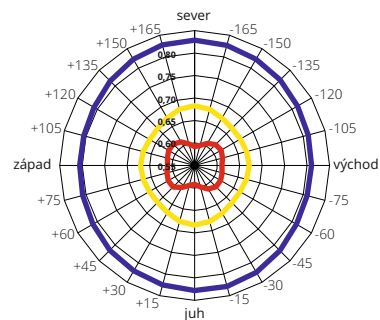
Rozdiel vo výsledných hodnotách výpočtu kooperačných indikátorov, ktorý vzniká zmenou východiskových parametrov – teda znížením priemernej dennej spotreby domácnosti zo 6 kWh na 4 kWh.

		6 kWh/d.dw (priemerná spotreba elektrickej energie domácnosti na SVK)																						
		4 kWh/d.dw (znížená priemerná spotreba elektrickej energie domácnosti na SVK)																						
	S	-165	-150	-135	-120	-105	V	-75	-60	-45	-30	-15	J	+15	+30	+45	+60	+75	Z	+105	+120	+135	+150	+165
	-10	-10	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-9	-10	-10	-9	-8	-8	-9	-9	-9	-8	-8	-8	-9
	81	81	83	84	84	83	83	83	83	84	84	82	81	81	82	84	84	83	82	82	83	84	83	82

Solárny index



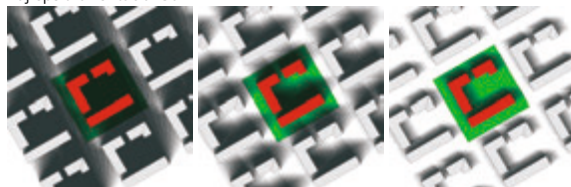
- celoročný priemer
- leto
- prechodné obdobie
- zima
- - solárny index najlepšia orientácia: 0,702 (-30°)
- - solárny index najhoršia orientácia: 0,695 (západ)



Tienenie

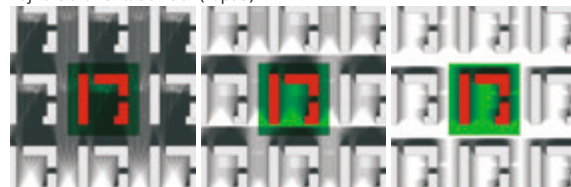
Rozsah tienenia vytváraný štruktúrou medzi 10.00 a 14.00 pre 21. december/marec/jún, zobrazený pre najviac a najmenej výhodnú orientáciu na základe solárneho indexu.

najlepšia orientácia -30°



zima | prechodné obdobie | leto

najhoršia orientácia +90° (západ)

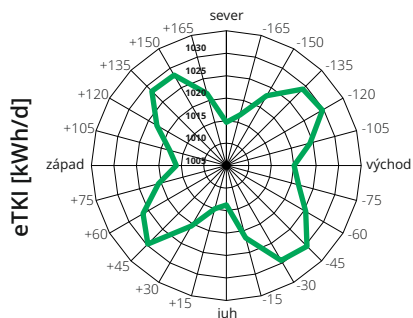
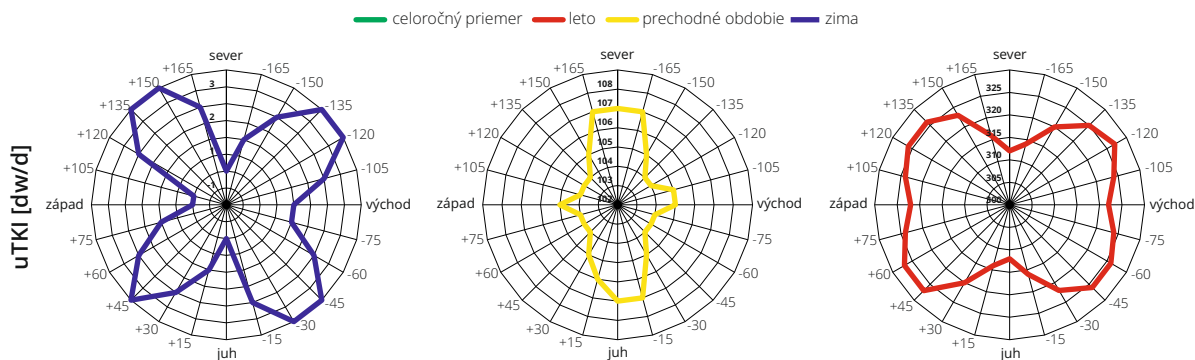


zima | prechodné obdobie | leto

TKI – Termický kooperačný indikátor

Pre jednotlivé simulačné obdobia sa z hľadiska TKI výhodnosť orientácie rôzni. Výsledkom je, že orientácia, dosahujúca v celoročnom priemere najvyšší kooperačný potenciál, sa nachádza v polohách medzi +150° a +135°, resp. -45° a -30°.

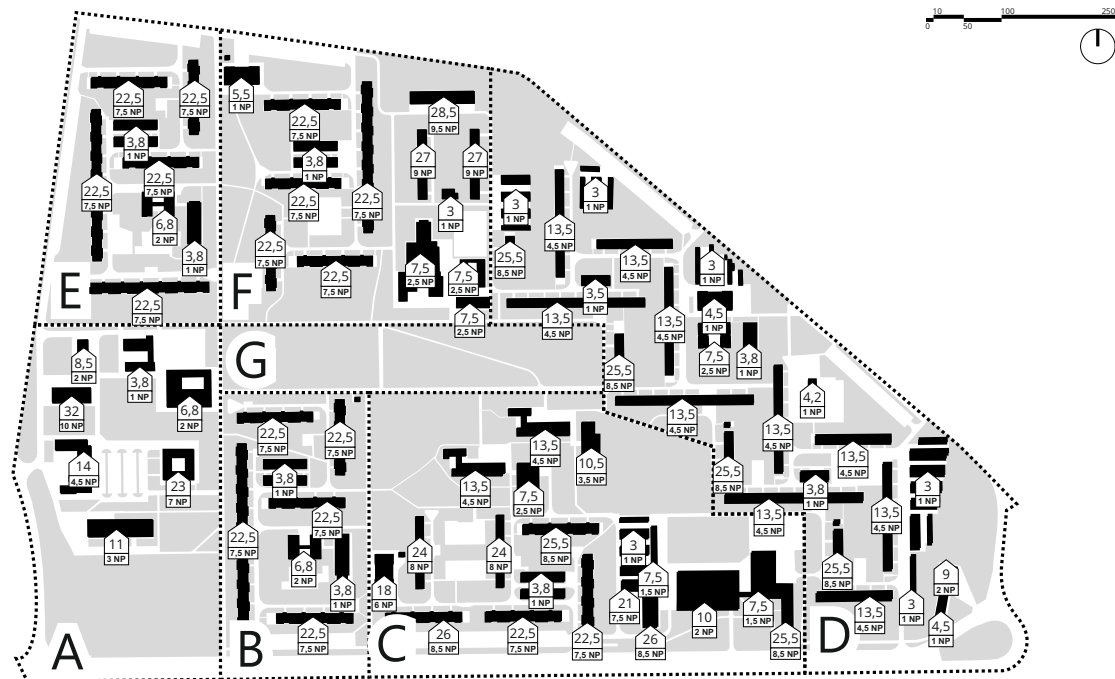
Termický kooperačný indikátor je v grafoch vyjadrený variantne: uTKI – jednotkový termický kooperačný indikátor a eTKI – energetický termický kooperačný indikátor.



■ tab. 56. Priemerný denný uTKI (jednotkový termický kooperačný indikátor) urbánnej štruktúry v závislosti od súčiniteľa prechodu tepla

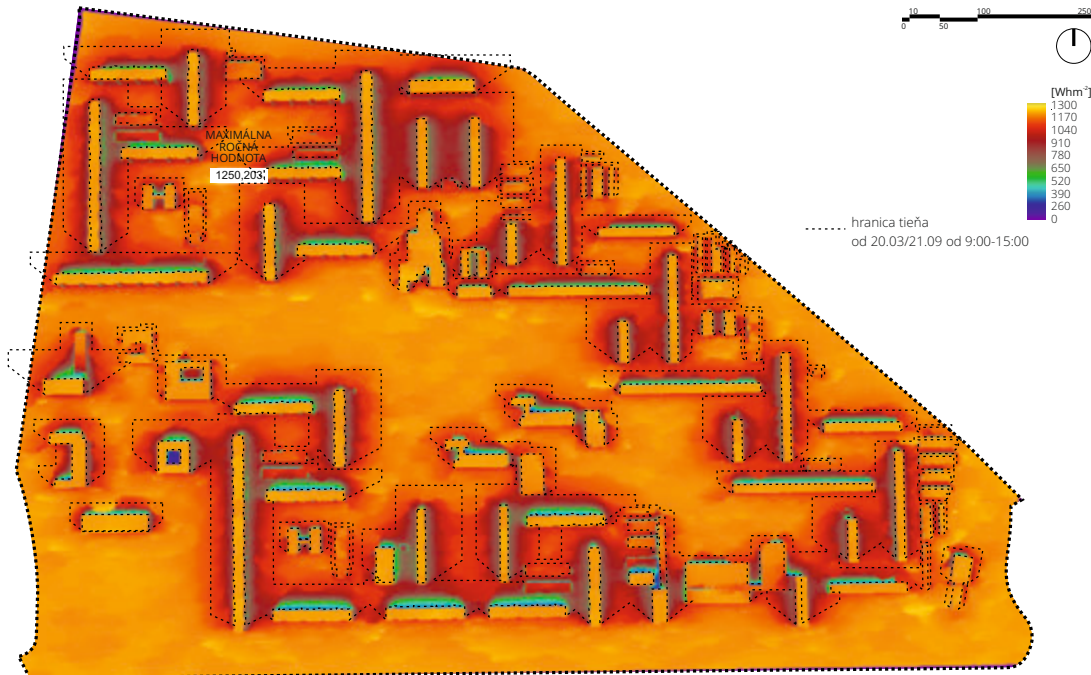
Rozdiel vo výsledných hodnotách výpočtu kooperačných indikátorov, ktorý vznikajúci znížením súčiniteľov prechodu tepla v súlade s minimálnymi priebežnými požiadavkami EU od roku 2013, 2016, 2021.

		2020			2016			2013			minimálne požiadavky na hodnoty súčiniteľa prechodu tepla pre roky														
		S	-165	-150	-135	-120	-105	V	-75	60	-45	-30	-15	J	+15	+30	+45	+60	+75	Z	+05	+20	+35	+50	+65
uTKI	108	108	111	112	113	111	111	111	111	112	113	112	109	108	108	110	113	112	111	110	111	112	112	112	109
eTKI	141	142	144	145	146	145	144	144	145	146	145	143	141	142	144	146	146	144	144	144	145	146	145	143	
eTKI	164	164	166	168	168	167	166	167	168	168	167	165	163	164	166	169	168	167	166	167	168	168	167	165	



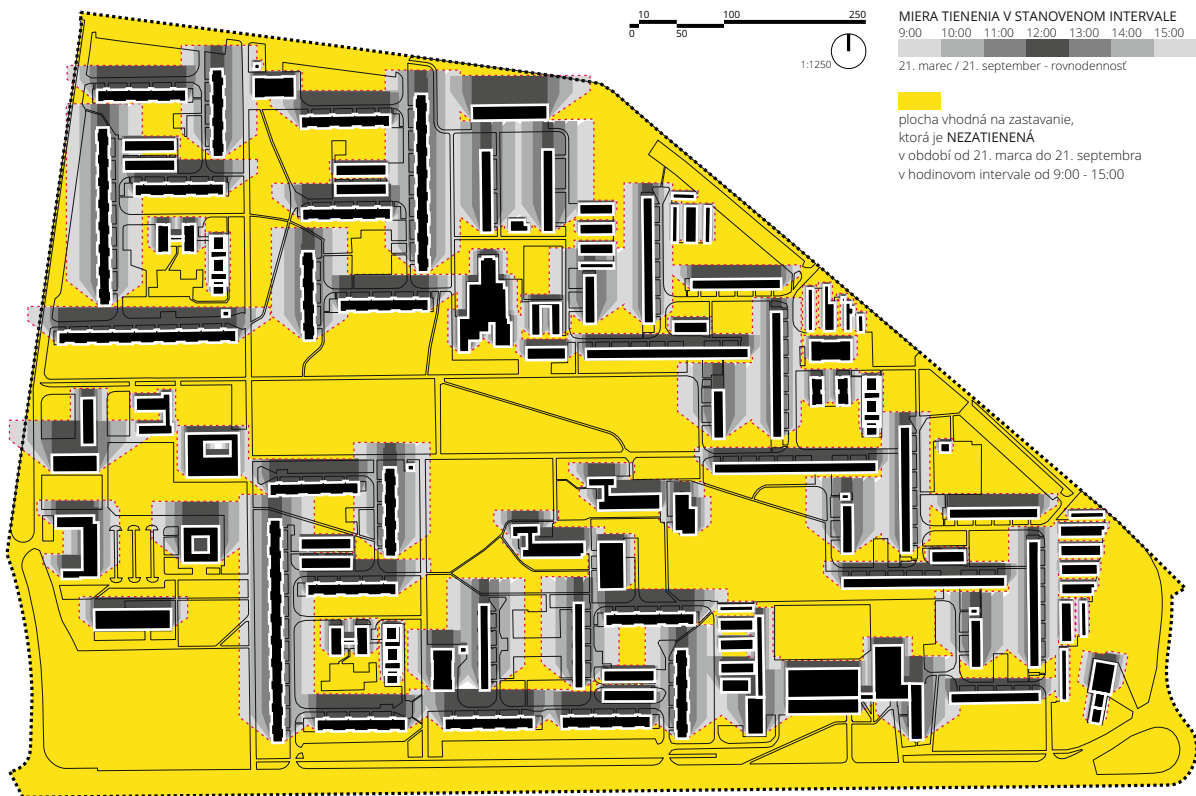
■ obr. 219_Hmotovo-priestorová analýza územia_údaje v rámkoch vyjadrujú výšku objektov v metroch / podlažnosť

Na obrázku je znázornené členenie riešenej lokality na sedem sektorov (A, B, C, D, E, F). V lokalite A sú lokalizované administratívne, školské a výrobné objekty. Časti B, E, F sú si funkčne veľmi podobné. Jedná sa o objekty bývania s otvorenými vnútroblokmi a s doplnkovými funkciami (škôlky, nižšia vybavenosť). V sektore C sú okrem bývania sústredené aj školy s ihriskami, v juhovýchodnom cípe je administratívny objekt a supermarket. Časť D s bytovými budovami je doplnená o jednopodlažné garáže. Sektor G dnes tvorí park, ktorý ostáva v štádiu zachovaný.



■ obr. 220_Simulácia ročnej horizontálnej iradiácie existujúceho stavu riešenej lokality

Čiarkovanou čiarou je vyznačená hranica tienenia zemského povrchu objektmi počas rovnodennosti. Prekryv názorne zobrazuje opodstatnenosť zvoleného obdobia, v ktorom si objekty nemôžu vzájomne tieniť. Tak ako bolo opísané v predchádzajúcich kapitolách, interval od 20. marca do 21. septembra (9.00 až 15.00) sa stáva východiskom pre generovanie urbánnych štruktúr v riešenom území.



■ obr. 221_Zobrazenie miery tienenia objektov počas rovnodennosti v časovom intervale od 9.00 do 15.00 s vyznačením plochy, ktorá je na základe stanovených podmienok pre insoláciu a uskutočnených simulácií vhodná na zastavanie (vyznačená žltou farbou)

Zástavba je charakterizovaná množstvom medziláhlych plôch, s vysokou insoláciou. Rozsah tienenia existujúcimi stavbami v území bol na základe predošlého overovania posudzovaný pre rovnodennosť a 6-hodinový časový interval od 9.00 do 15.00. Tým boli vymedzené potenciálne zastaviteľné plochy.

V prvotných fázach prípadovej štúdie bola analyzovaná spotreba tepla existujúcej zástavby z dostupných zdrojov (cen-

trálny dodávateľ tepla v území). Výskum narábal so priemernými hodnotami potreby tepla pre jednotlivé objekty podľa meranej spotreby tepla za roky 2009 až 2013. Údaje o spotrebe elektrickej energie nebolo možné v prípade neverejných budov získať, preto sa v týchto prípadoch uvažovalo s priemernými hodnotami na základe ekvivalentných objektov. Väčšina z existujúcich bytových domov prešla v nedávnej minulosti rekonštrukciou, ktorá zahŕňala aj ich termickú sanáciu pridaním dodatočnej tepelnej izolácie na ob-

■ tab. 65_Urbanistické ukazovatele existujúcej zástavby riešeného územia podľa jednotlivých sektorov

Sektor	Plocha [ha]	Zastavaná plocha [ha]	IZP	IPP	Počet bytov v sektore	Počet obyvateľov /ha
A	10,645	0,949	0,09	0,35	-	-
B	6,539	1,045	0,16	0,93	740	283
C	16,780	2,394	0,14	0,60	698	104
D	19,953	2,928	0,15	0,52	1 090	137
E	7,757	1,214	0,16	0,86	784	253
F	11,503	1,680	0,15	0,85	978	213
G	4,577	-	-	-	-	-
Spolu	77,754	10,210	0,13	0,60	4 290	138



■ obr. 222_Vyznačenie priemernej ročnej spotreby elektrickej a tepelnej energie pre jednotlivé objekty na základe dostupných údajov
Spotrebu elektrickej energie v bytových domoch v území nebolo možné získať, preto bola odhadnutá na základe priemernej spotreby slovenských domácností a počtu bytových jednotiek.

vodovú konštrukciu, prípadne hydrostatickým vyregulovaním vykurovacieho systému. Zníženie energetickej bilancie (nákladov na vykurovanie) niektorých objektov bolo zo získaných údajov spotreby tepla badateľné, aj preto boli výpočty založené na priemere posledných troch rokov.

Teoretický solárny potenciál urbánnych štruktúr bol získaný simuláciami solárnej iradiácie ich povrchov počas roka a je vyjadrený solárnym indexom. Výsledky simulácií zamerané

na využitie helioenergetických systémov sa spolu s energeticou náročnosťou jednotlivých sektorov premietli do priemernej denných hodnôt energetickeho kooperačného indikátora. Uvažované solárne aktívne plochy vo forme fotovoltaiky pokrývali v prípade existujúcej zástavby 45 % strešných plôch panelových domov. Účinnosť fotovoltaickej konverzie bola stanovená na 15 % (v súčasnosti bežná účinnosť PV systémov). Na výpočet termického kooperačného indikátora urbánnych štruktúr sa uvažovalo s 15 % podie-

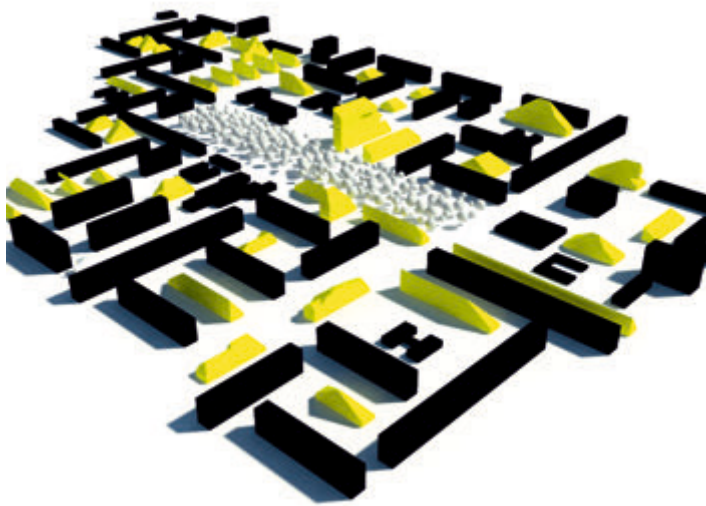
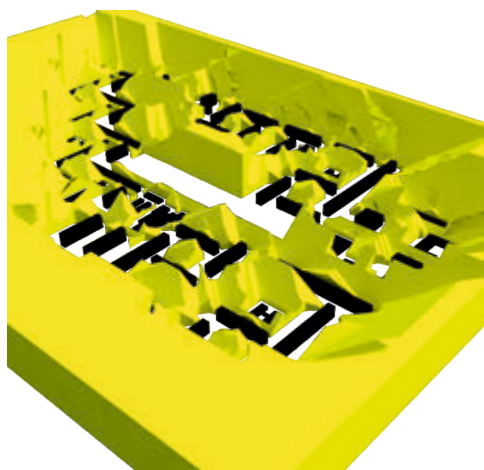
■ tab. 66_Urbanistické ukazovatele riešeného územia po navrhovanom zvýšení hustoty zástavby podľa jednotlivých sektorov

Sektor	Plocha [ha]	Zastavaná plocha [ha]	IZP	IPP	Počet bytov v sektore	Počet obyvateľov /ha
A	10,645	1,285	0,12	0,45	102	24
B	6,539	1,359	0,21	1,13	869	332
C	16,780	3,427	0,20	0,86	1 129	168
D	19,953	3,599	0,18	0,61	1 272	159
E	7,757	1,646	0,21	1,03	914	295
F	11,503	2,323	0,20	1,03	1 188	258
G	4,577	-	-	-	-	-
Spolu	77,754	13,638	0,18	0,75	5 474	176



■ obr. 223_Celková situácia so začlenením navrhovanej zástavby

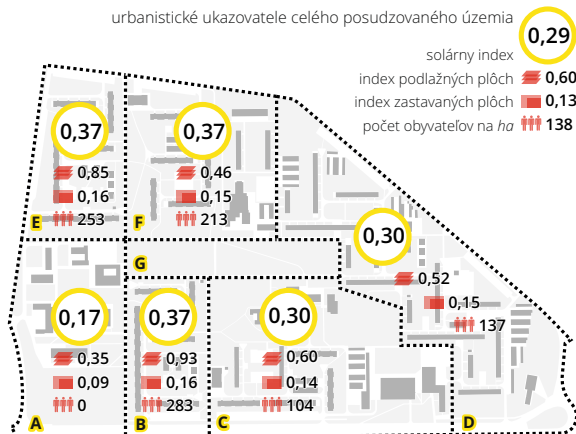
Navrhnuté rozmiestnenie nových objektov v existujúcej štruktúre vychádzalo z predchádzajúcej analýzy priestorov vhodných na zástavbu. Hmoty novonavrhaných štruktúr bola navrhnutá tak, aby nespôsobovala zatienenie existujúcej zástavby. Pre potreby prípadovej štúdie sa počítalo s odstránením niektorých existujúcich stavieb – predovšetkým menej hodnotnej jednopodlažnej zástavby a garáží. Rozmiestnenie a pôdorysný tvar doplnených objektov kompozične vychádza z existujúcej zástavby v riešenej lokalite. Park v centrálnej časti ostáva zachovaný.



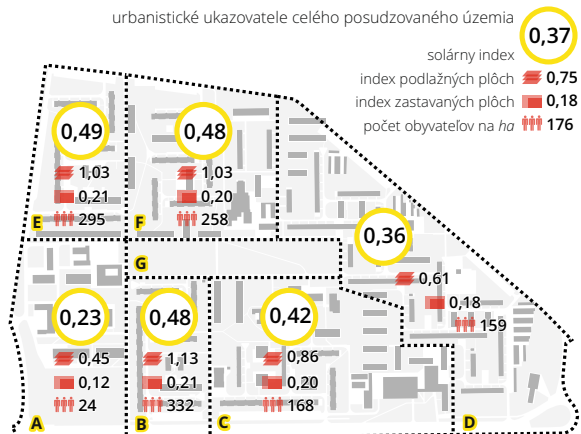
■ obr. 224_Uplatnenie princípov generatívneho navrhovania urbánnych štruktúr v zastavanom území

Po vyčlenení nezastaviteľných plôch (zelené plochy, plochy odstupov od obytných domov 10 m) nasledovalo vymedzenie objemov, ktoré nie sú zatienené od úrovne prvého nadzemného podlažia. Finálnym krokom bolo vygenerovanie stavebných objemov v zmysle solárneho urbanistického konceptu dopĺňajúceho existujúci sídelný útvar. Objemy nových štruktúr netienia existujúcim v období od rovnodennosti do letného slnovratu v intervale od 9.00 do 15.00 hodiny.

Pôvodná zástavba Ostredkov



Štruktúra zástavby po doplnení navrhovaných štruktúr

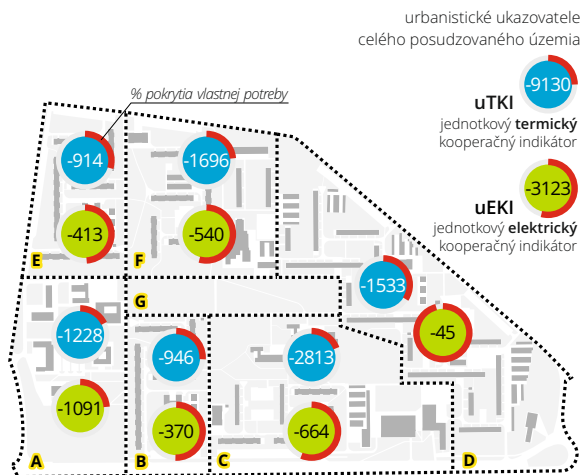


obr. 225_Solárny index Ostredkov podľa jednotlivých sektorov pri súčasnej zástavbe a po doplnení generovanými štruktúrami

Solárny index bol vypočítaný pre súčasnú aj navrhovanú konfiguráciu zástavby na základe simulácií solárnej iradiácie pre celoročné obdobie. Údaje v jednotlivých sektoroch dopĺňajú tiež zaužívané urbanistické ukazovatele – index podlažných plôch, index zastavaných plôch, počet obyvateľov na hektár. Nezastavaný sektor G je zohľadnený v rámci ukazovateľov pre celkové územie.

lom solárnych kolektorov na strechách a 30 % na južne orientovaných fasádach objektov (bezokenné štítové steny). Celková účinnosť ST systému bola stanovená na 25 %, potreba tepla recipientných objektov bola 7,5 kWh/d/dw. Do výpočtu elektrického kooperačného indikátora vstupovali údaje o priemernej spotrebe elektrickej energie v podmienkach Slovenska 6 kWh/d/dw. Fotovoltický solárny potenciál urbánnych štruktúr bol alternatívne vyjadrený z hľadiska novej kooperácie s elektromobilitou. Rátalo sa s dojazdom 20 km denne (pohyb elektromobilu v rámci mesta – za mestnania, nákup etc.) Spotreba priemerného elektromobilu dosahuje 17 kWh/100 km. Ukazovateľ vyjadruje, koľko elektromobilov v rámci daného sektora možno za takto stanovených podmienok zásobiť potrebným množstvom elektriny.

Základným determinantom generovania nových urbánnych štruktúr bol stanovený interval, v ktorom si objekty nesmú



obr. 226_Jednotkový termický a elektrický kooperačný indikátor pôvodnej zástavby

tab. 67_Energetické urbanistické ukazovatele riešeného územia s pôvodnou zástavbou podľa jednotlivých sektorov

Potreba tepla v pôvodnej zástavbe vychádzala zo získaných reálne nameraných hodnôt a spotreba elektriny na domácnosť bola určená na 6 kWh/dw/d. Účinnosť ST systémov bola stanovená na 25 % a PV systémov na úroveň 15 %. Spotreba elektromobilu predstavovala 17 kWh/100 km.

Sektor	Spotreba tepla [kWh/d]	Potenciál výroby tepla pomocou ST [kWh/d]	eTKI	uTKI	[%]	Spotreba elektriny [kWh/d]	Potenciál výroby elektriny cez PV [kWh/d]	eEKI	uEKI	[%]	Kooperácia štruktúr s E-mobilitou*
A	11 216	2 007	- 9 209	- 1 228	18%	8 617	2 070	- 6 547	- 1 091	24%	609
B	9 593	2 495	- 7 097	- 946	26%	4 481	2 261	- 2 219	- 370	50%	665
C	26 132	5 033	- 21 100	- 2 813	19%	9 106	5 123	- 3 983	- 664	56%	1 507
D	17 430	5 936	- 11 494	- 1 533	34%	6 681	6 408	- 272	- 45	96%	1 885
E	9 757	2 902	- 6 855	- 914	30%	4 859	2 382	- 2 477	- 413	49%	701
F	16 690	3 968	- 12 722	- 1 696	24%	7 084	3 846	- 3 238	- 540	54%	1 131

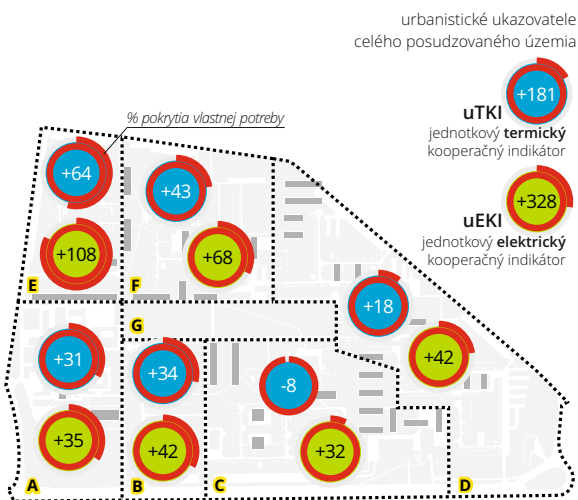
* počet elektromobilov, ktoré je denne urbánna štruktúra schopná energeticky dotovať z PV systémov pri uvažovanom dennom dojazde 20 km

■ tab. 68_Energetické urbanistické ukazovatele riešeného územia len pre novonavrhovanú zástavbu podľa jednotlivých sektorov

Potreba tepla novonavrhovanej zástavby predpokladala dosiahnutie pasívneho energetického štandardu (15 kWh/m²/a) a spotreba elektriny na domácnosť bola určená na 6 kWh/dw/d. Účinnosť ST systémov bola stanovená na 25 % a PV systémov na úroveň 15 %. Spotreba elektromobilu predstavovala 17 kWh/100 km.

Sektor	Spotreba tepla [kWh/d]	Potenciál výroby tepla pomocou ST [kWh/d]	eTKI	uTKI	[%]	Spotreba elektriny [kWh/d]	Potenciál výroby elektriny cez PV [kWh/d]	eEKI	uEKI	[%]	Kooperácia štruktúr s E-mobilitou*
A	694	925	231	31	133%	613	823	210	35	134%	242
B	873	1 126	253	34	129%	772	1 024	252	42	133%	302
C	2 927	2 866	- 60	- 8	98%	2 587	2 782	194	32	108%	818
D	1 237	1 370	132	18	111%	1 094	1 345	251	42	123%	396
E	881	1 358	477	64	154%	779	1 425	646	108	183%	419
F	1 422	1 748	325	43	123%	1 257	1 668	410	68	133%	491

* počet elektromobilov, ktoré je schopná denne urbánna štruktúra energeticky dotovať z PV systémov pri uvažovanom dennom dojazde 20 km



■ obr. 227_Jednotkový termický a elektrický kooperačný indikátor len novonavrhovanej zástavby

vzájomne tieniť. Ten vychádzal z predošlých dosiahnutých výsledkov – od 20. marca do 21. septembra (jarná a jesenná rovnodennosť) počas intervalu od 9.00 do 15.00. Cieľové priestory na umiestňovanie novonavrhovaných objektov boli predovšetkým vnútrobloky bytových domov, ktoré vytvárajú svojím usporiadaním polouzavreté priestranstvá (otvorený blok). Pre účely výskumu (generovania) sa predpokladalo s asanáciou existujúcich (často nevyužívaných) jednopodlažných nebytových objektov, nachádzajúcich sa v riešených vnútroblokoch a plošne rozsiahlych individuálnych garáží, predovšetkým v sektoroch C a D. Rozmiestnenie a pôdorysný tvar doplnených objektov kompozične vychádza z existujúcej zástavby v riešenej lokalite. Park v centrálnej časti ostáva zachovaný.

Pre definovanie energetickej náročnosti a potenciálov novonavrhovaných objektov bola potreba tepla na kúrenie stanovená na úrovni pasívneho domu (15 kWh/m²/a) a potreba

ba energie na prípravu teplej vody 3,5 kWh/d/dw. Pri novonavrhovanej zástavbe sa rátalo s integrovaním PV systémov do južne orientovaných fasád pri ich plošnom pokrytí 45 %. Sklon týchto fasád bol optimalizovaný už pri procese generovania (rovina 36°). Na východných a západných stranách pokrývala fotovoltaika 30 % fasádnych plôch. Rozsah plôch solárnych kolektorov na južnej, východnej a západnej fasáde bol hypoteticky stanovený na 25 %. Na základe konštrukčnej výšky podlažia 3 m a využiteľnosti stavebného objemu 75 % bol vypočítaný počet bytov (na jeden byt pripadalo 2,5 obyvateľa, pričom bytová jednotka vrátane prislúchajúcich plôch spoločných priestorov bola stanovená na 100 m²).

Z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že existujúca zástavba v lokalite Ostredky je v súčasnosti i pri teoretickej inštalácii aktívnych solárnych systémov energeticky deficitná – stále závislá od dodávky energie z externých zdrojov. Čistá produkcia elektrickej energie z PV pokrýva 54 % vlastnej spotreby elektrickej energie v území, resp. vo vzťahu k elektromobilite dostačuje napríklad na zásobenie 6498 elektromobilov. Na celkovo 4290 bytov to predstavuje približne 1,5 auta na domácnosť. Uvažované fototermitické systémy by za daných podmienok dokázali saturovať asi štvrtinu potreby tepla na vykurovanie a ohrev TUV. Solárny index celého posudzovaného územia s existujúcou zástavbou je 0,29, index podlažných plôch 0,60, index zastavaných plôch 0,13 a počet obyvateľov na hektár 138.

Novonavrhovaná zástavba s objektmi generovanými na solárnom princípe mala za cieľ dosiahnuť energetický štandard budovy s takmer nulovou potrebou energie. Pri dnes už bežne dostupných stavebno-technických riešeniach pasívneho domu by fotovoltaika v definovanom rozsahu pokrývala 128 % a fototermitika 117 %. Stáva sa tak energeticky nadproduktívna (v priebehu roka vyrobí viac energie, ako je potrebné na zabezpečenie jej prevádzky) s potenciálom zapojenia sa do konceptu vzájomnej energetickej kooperácie.

■ tab. 69_Energetické urbanistické ukazovatele riešeného územia pri navrhovanom zvýšení hustoty zástavby podľa jednotlivých sektorov
Potreba tepla v pôvodnej zástavbe vychádzala zo získaných reálne nameraných hodnôt v novonavrhovanej zástavbe predpokladala dosiahnutie pasívneho energetického štandardu (15 kWh/m²/a) a spotreba elektriny na domácnosť bola určená na 6 kWh/dw/d. Účinnosť ST systémov bola stanovená na 25 % a PV systémov na úroveň 15 %. Spotreba elektromobilu predstavovala 17 kWh/100 km.

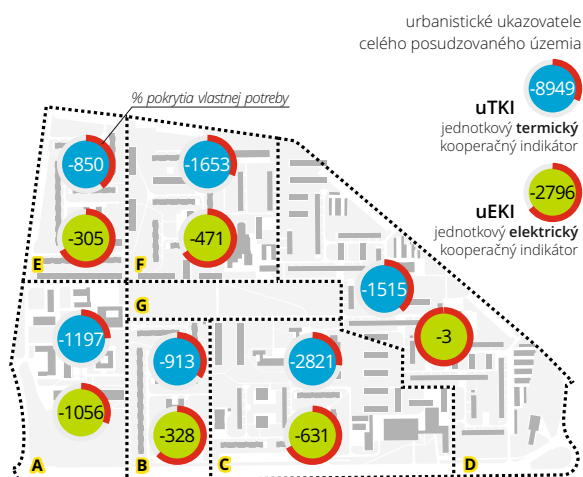
Sektor	Spotreba tepla [kWh/d]	Potenciál výroby tepla pomocou ST [kWh/d]	eTKI	uTKI	[%]	Spotreba elektriny [kWh/d]	Potenciál výroby elektriny cez PV [kWh/d]	eEKI	uEKI	[%]	Kooperácia štruktúr s E-mobilitou*
A	11 910	2 933	- 8 977	- 1 197	25%	9 231	2 894	- 6 637	- 1 056	31%	851
B	10 466	3 622	- 6 844	- 913	35%	5 253	3 286	- 1 967	- 328	63%	967
C	29 060	7 900	- 21 160	- 2 821	27%	11 694	7 906	- 3 788	- 631	68%	2 325
D	18 668	7 306	- 11 362	- 1 515	39%	7 776	7 755	- 21	- 3	100%	2 281
E	10 639	4 261	- 6 378	- 850	40%	5 639	3 807	- 1 831	- 305	68%	1 120
F	18 113	5 717	- 12 396	- 1 653	32%	8 343	5 515	- 2 828	- 471	66%	1 622

* počet elektromobilov, ktoré je schopná denne urbánna štruktúra energeticky dotovať z PV systémov pri uvažovanom dennom dojazde 20 km

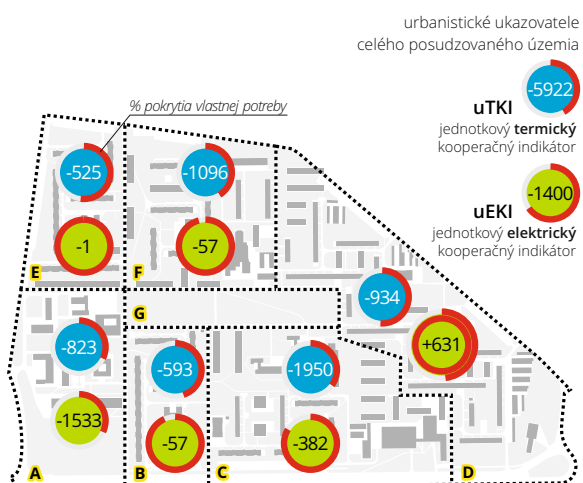
V prípade výlučného zásobovania elektromobilov možno zásobiť elektrinou 2668 elektromobilov. Na celkovo 1184 bytov to predstavuje približne 2,25 auta na domácnosť.

Integrovaním dvoch predchádzajúcich štruktúr dochádza k zahusteniu zástavby so zachovaním požiadaviek na insoláciu. Solárny index takejto novej štruktúry je 0,37, index podlažných plôch sa zvyšuje na úroveň 0,75, index zastavaných plôch na 0,18 a celkový počet obyvateľov na hektár je 176, čo predstavuje približne 30 % nárast oproti existujúcemu stavu. Fotovoltaika je schopná pokryť 65 % elektrickej spotreby v území a fototermika 32 % potreby tepla. V prepočte na celkový potenciálny počet elektromobilov to znamená 9166 vozidiel.

Analýza výslednej zahustenej štruktúry prebiehala aj pre optimálne okrajové podmienky, keď bolo uvažované so znížením spotreby elektrickej energie na hodnotu 4 kWh/d/dw a potreby tepla existujúcej zástavby o 25 %. V takomto prípade celkový jednotkový elektrický kooperačný indikátor v území je -1400 dw, čiže pokrytie vlastnej potreby na 85 %. Jednotkový termický kooperačný indikátor dosahuje pre celé územie hodnotu -5922 dw, čo znamená pokrytie potreby tepla na 42 %. Územie by ani pri takto stanovených parametroch nedokázalo fungovať ako energeticky takmer nulové. Alternatívne, redukcia potreby tepla o 40 % komplexnou energetickou obnovou existujúcich budov, zvýšením účinnosti fototermického systému na 50 %, fotovoltaiky na 21 % a zachovaním spotreby elektrickej energie v domácnosti 4 kWh/d/dw sa prejavili vo vytvorení synergického energeticky pozitívneho urbánneho celku. K zvýšeniu vyťažiteľnosti energie zo solárneho termického systému môže prispieť celoročné odovzdávanie prebytkového tepla do existujúcej infraštruktúry CZT (potrebná by bola legislatívno-právna úprava). Výsledný jednotkový elektrický kooperačný indikátor je +809 dw a jednotkový termický kooperačný indikátor je +127 dw. Fotovoltaika zabezpečuje 109 % a fototermika 102 % celkových energetických potrieb v území.



■ obr. 228_Jednotkový termický a elektrický kooperačný indikátor pri navrhovanom zvýšení hustoty zástavby



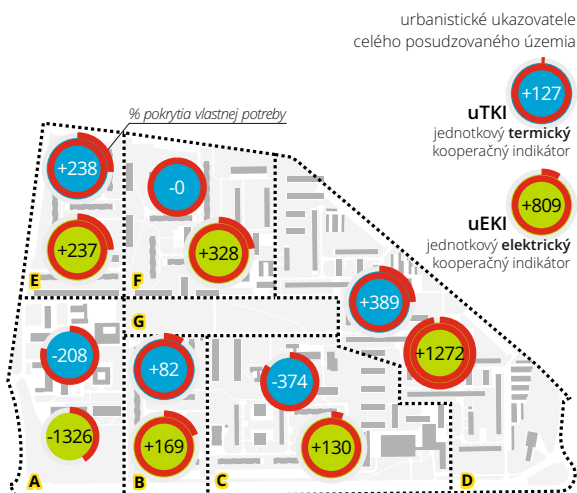
■ obr. 229_Jednotkový termický a elektrický kooperačný indikátor pri znížení potreby tepla existujúcich štruktúr o 25 % a redukcii spotreby elektriny na 4 kWh/d/dw

■ tab. 70_Energetické urbanistické ukazovatele riešeného územia pri navrhovanom zvýšení hustoty zástavby podľa jednotlivých sektorov a pri teoretickom znížení spotreby a zvýšení účinnosti helioenergetických systémov.

Potreba tepla v pôvodnej zástavbe vychádzala z jej hypotetického zníženia o 40 % oproti súčasnej reálne nameranej (komplexná energetická obnova), v novonavrhovanej zástavbe predpokladala dosiahnutie pasívneho energetického štandardu (15 kWh/m²/a) a spotreba elektriny na domácnosť bola určená na 4 kWh/dw/d. Účinnosť ST systémov bola stanovená na 50 % a PV systémov na úroveň 21 %. Spotreba elektromobilu predstavovala 17 kWh/100 km.

Sektor	Spotreba tepla [kWh/d]	Potenciál výroby tepla pomocou ST [kWh/d]	eTKI	uTKI	[%]	Spotreba elektriny [kWh/d]	Potenciál výroby elektriny cez PV [kWh/d]	eEKI	uEKI	[%]	Kooperácia štruktúr s E-mobilitou*
A	7 423	5 866	- 1 557	- 208	79%	9 027	3 722	- 5 304	- 1 326	41%	- 1 560
B	6 629	7 245	616	82	109%	3 516	4 191	675	169	119%	198
C	18 606	15 800	- 2 807	- 374	85%	9 436	9 956	520	130	106%	153
D	11 696	14 612	2 917	389	125%	5 231	10 318	5 087	1 272	197%	1 496
E	6 735	8 522	1 786	238	127%	3 811	4 760	949	237	125%	279
F	11 436	11 434	- 3	0	100%	5 743	7 054	1 310	328	123%	385
Spolu	62 529	63 481	+952	+127	102%	36 764	40 000	+3 236	+809	109%	952

* počet elektromobilov, ktoré je urbánna štruktúra denne schopná energeticky dotovať z PV systémov pri uvažovanom dennom dojazde 20 km



■ obr. 230_Jednotkový termický a elektrický kooperačný indikátor pri znížení potreby tepla existujúcich štruktúr o 40 % a spotreby elektriny na 4 kWh/d/dw, pri zvýšení účinnosti fototermitického systému na 50 %, fotovoltiky na 21 %

Problematika simulácie energetickej bilancie stavieb a urbánnych celkov predstavuje komplexnú úlohu, ktorá závisí od množstva vstupných determinantov. V predloženej štúdii bolo kalkulované s priemernou dennou solárnou iradiáciou počas celého roka. Dostupnosť slnečného žiarenia sa v priebehu roka mení, čo sa prejavuje kolísavými energetickými ziskami. Spotreba jednotlivých objektov variuje aj v závislosti od odberových špičiek a ďalších faktorov. Je potrebné si uvedomiť, že všetky tieto aspekty sa v realite premietajú do kooperačného potenciálu a výsledného konceptu.

The Sun – the basis of all life – is a huge source of energy that determines our existence and the lives of everything around us. Its energy is permanently being transformed into other forms, such as wind energy, river and ocean energy and biomass. Above all, the Sun is a source of energy without a negative effect on the environment and subsequently on the lives of living organisms. Basically also the fossil fuels, that have been enabling the development of civilization for centuries, are an ancient product of photosynthesis. Not only are their reserves limited, but they are also polluting the environment – during the burning of fossil fuels, greenhouse gases are emitted into the atmosphere. At present, the largest producers of fossil fuels are the transport and building industries (mostly concentrated in cities). A significant reduction of greenhouse gases can only be achieved by a transition to renewable sources of energy, including solar energy. It is solar energy which is the central theme of this monograph. In just one hour, the Earth receives more energy from the Sun than humanity consumes in one whole year.

The basic argumentative platform of the research results presented in this monograph consists of predictions, studies and concepts of the sustainable development and protection of the environment. *The Club of Rome's* – at that time, controversial– publication: *The Limits to Growth* (1972) is a possible example. Contemporary predictions are slightly different from those presented in 1972, but the conclusions are very similar. In short, it is necessary to manage power sources more wisely, because one day their supplies will dry up as the population grows non-linearly, almost exponentially, merely accelerating their exhaustion. *Ernst Ulrich von Weizsäcker* has introduced the concept of Factor Four as one of the possible solutions – increasing resource productivity, i.e. minimising the input of natural resources through economic development and living standard improvement. Factor Four suggests doubling the outcomes and using half the resources. *Friedrich Schmidt-Bleek* has defined *The Factor Ten – being ten times as productive with half the resources*. He has developed an *MIPS Concept (Materialintensität pro Service)* that calculates or estimates how many kilograms or tons of a material need to be moved somewhere on Earth for each of the services defined. Currently, the term *Life Cycle Assessment (LCA)* is commonly used to assess the whole life cycle of a material and energy sources. *William J. Mitchell's E-topia publication: "Urban Life, Jim – but Not as We Know It" (2004)* describes five principles of building "e-topias: lean, green cities that work smarter, not harder." The monograph also presents the main charters, organisations and current strategies of sustainability to support the actual themes. Many of these were signed by the Slovak Republic and, as a member of the European Union, Slovakia was obligated to fulfil the set commitments of *Europe 2020* or *Roadmap 2050*. Today, most attention is paid to: (i) reducing greenhouse gas emissions by at least 20% – or 30% in the case of favourable conditions – compared to 1990 levels; (ii) raising the share of energy consumption produced from renewable resources to 20%; (iii) a 20% improvement in energy efficiency. Energy security and energy dependence of the EU member states are being discussed as well. In this area, Slovakia is very vulnerable due to its dependence on foreign supplies of fossil fuels.

Building design maximising the use of natural resources (sun, wind,...) and natural conditions of the site (terrain, greenery,...) have already been described by Brown and co. and Keppl. '*Ecological algorithm*' could be seen as a means of coexistence between architecture and the environment and as a method for the utilisation of natural conditions to improve the energy balance of a designed building/group of buildings.

Today, the use of new innovations enables us to greatly reduce a building's impact on the environment – the primary energy, the energy for the building operations and for its demolition. Smart technologies enable us to build energy-plus buildings that produce more energy than they use. However, it is not possible to respond to climate change sufficiently to notably reduce the energy demand of the current 'throw-away system' at the architectural level. A shift towards the town-planning level is the next important step to take. Relevant examples from history (the cities of *Priene*, *Pueblo Bonito*, *Mesa Verde*) demonstrate the importance of the Sun and its move-

ment during the year in the formation of human dwellings and settlements. In the past, especially in times of crisis (the lack of firewood in ancient Greece, the end of the Second World War), mankind turned its "face towards the Sun" as a source of energy. History repeats itself. Today the human race is facing the challenges of the future and trying to find new sustainable energy models to satisfy its needs, development and survival. Perhaps the Maori saying "Turn your face to the Sun and the shadows fall behind you" will become up-to-date once again.

A city also has the great potential of reducing the energy requirements in connection with population migration – by the year 2050, 70% of the global population should be living in cities. Nevertheless, as much as 80% of the greenhouse gases emitted into the atmosphere are produced by cities. Professor Špaček says: "The concentration of human activities – be it trade, production, safety, education, etc. – has followed the increase of their efficiency. As a unifying principle (using Mumford's term 'urban implosion') the city has naturally diversified over time. The efficiency of a city has gradually surpassed its own boundaries while repeatedly seeking new approaches. The contemporary city collides with the barriers of its own sustainability." Nowadays, an energy-efficient city is often seen as a *contradictio in adjecto* (oxymoron). This monograph is intended to support with arguments the city as an organism with a vast potential of energy efficiency. To reduce the impact of population growth on the environment, a number of methods (design, construction, user) need to be combined. Not only people's way of thinking and behaviour need to be changed, but also legislation, the local and economic policies of states need to be reformed.

The authors of the monograph are following the current trends in sustainable urban planning. They are looking into the possibility of the implementation of solar energy usage in the urban dimensions of the entire city, or its part (quarter, group of buildings, fragment) in the context of sustainability, even the cultural one. *Software generation, based on the invariable Sun's movement across the sky, enables us to model and simulate the reduction of the energy requirements of newly designed urban patterns.* Accordingly, solar urban planning enables us to create zero-energy / energy-plus urban patterns and their energy cooperation; the pattern with a surplus subsidises the loss-making urban pattern. The existing housing is also engaged in this collaboration by its potential to convert sunlight into energy. *This synergy is a form of urban ecological etalon.* The use of the enormous energy potential of solar radiation depends on the application of two principles – active (using solar technologies – photothermal / photovoltaic solar conversion) and passive (energy gains through transparent structures). Both of these require solar exposure. Direct insolation should therefore become crucial in urban planning and architectural design.

The authors have calculated and studied two possible strategies of energy-efficient solar urban planning in the climatic conditions of the Slovak capital city of Bratislava. The first strategy – designing the form and the shape of buildings and entire urban patterns – is based on the assumption of access to sunlight without obstruction. The historically known concept of "The Right to the Sun" can be seen in various modifications: the Justinian Code (*Codex Justinianus Leges Duodecim Tabularum*), Roman Law – *De architectura libridecem*, English Law – the *Doctrine of Ancient Light*, and American Law – the *Doctrine of Prior Appropriation*.

Many authorities occupy themselves with its application, many 'construction tools' have been created – *solar envelope* by Ralph Knowles, *solar pyramid* by Los and Pulitzer, *solar volume* by Capeluto and Shaviv, *iso-shadow contours* by Kristl and Krainer. Others dealing with these issues are Wolfgang Höhl, Schiller and Uen-Fang.

Currently, we are able to analyse groups of buildings *in silico* thanks to information technology – using simulations in virtual space and programming new computer tools, known as 'early concept design tools'. Building orientation, the proportion of a transparent area and the distance between buildings have become the starting point for the lowering of energy requirements of buildings and urban structures. The authors of the monograph introduce a generative algorithm (*Rhino Script Grasshopper*) based on the Sun's invariable movement across the sky.

The algorithm generates objects that do not shadow each other in the selected time – excluding public spaces (streets, squares) – with a tangential site to be built up as a limit. The program user specifies the day and hour interval when buildings do not shadow each other. Taking into account the partial research and the knowledge of possible energy gains during the winter season, the interval was set to a period between 20 March and 22 September and an interval between 9 a.m. and 3 p.m. Generally, the Sun is relatively low in the sky during the winter season, which adversely affects the distance between buildings. In order to preserve sufficient insolation, buildings acquire small volumes which collide with the intention of densifying the built-up area of a city. The hour interval results from the energy capture efficiency, highest between 10 a.m. and 2 p.m., determined by the volume maximisation. The specified hour interval to generate (9 a.m. – 3 p.m.) results from a small 6% decrease in values and from an effort to increase the insolation of interior space (mainly West and East parts of the building) and public space. The input parameter for generating is the building plan – street pattern, site to be built up – in DWG format, as an architect/town-planner must regard numerous inputs when designing (connections within the city – transport, pedestrian lines, vistas, public spaces concept – squares, promenades, street profile, ...). The creative power still remains in the architect's hands. With the area to be built up entered, the program generates the volumes corresponding to the extreme values of the interval in the direction of the rays of sunlight. Their intersection is the total volume of a building. The solar construction principle is completed by a 'reduction' of the building volume, getting a South-oriented slant plane for PV systems with a variable pitch entered by program users. The monograph contains various case studies compared with conventional housing schemes (terrace housing, row housing, point-block housing) with an energy balance simulated by the usual software (*Autodesk Energy Analysis*, *Autodesk Ecotect*) and exactly defined boundary conditions (the energy consumption of an average Slovak household, the proportion of a transparent area, the PV system efficiency, the building equipment, the glazing used,...).

The second strategy is closely connected with the previous one which has proved it to be possible, following the solar access to generate energy-plus urban patterns, or by renovation of the old ones and using solar energy transformation, to produce a surplus in the electricity network of a city. It is possible to transform the energy potential of the urban environmental elements into a synergism within an energy-cooperative concept. The present study clarifies several aspects of the energy activation of urban patterns and describes their energy potential with respect to the power generation from renewable sources of energy. For this purpose, a basic urban planning typology, created by analysis and deduction, was defined in the research. The typology was put through several software simulations in the locality conditions of Bratislava. According to results, a register of the basic types of residential urban patterns with their energy characteristics and solar potential was created. The concept of energy cooperation is part of a high-tech sphere for man. The energy flow coordination, in connection with rather reliable weather forecasts, is being done by computer systems today. For the energy cooperation concept to be applied, it is necessary to pre-define the bi-directional energy flows in the area (production – consumption), because, without well-defined relations and specification of the produced energy use, an approach like this wanes. In connection with solar energy use and for the quantification of energy flows in the urban area, energy-bound urban indices – cooperation indicator and solar index – were established. Their potential usage in the process of urban planning and regulation would be a big step towards the consideration of the state of energy demand of whole areas and accordingly of Europe 2020. Optimisation of population density – densification in the case of most of the bigger Slovak cities – is a parallel strategy in striving for effective urban planning. It is necessary to build local / regional '*smart grids*', intelligent energy grids that should become the basic units of the European super grid in the future.

The *cooperation indicator* (*ECI / TCI*) of urban pattern was defined as a quantifier of negative or positive energy balance of the pattern within a synergic urban area – i.e. the ability of an urban fragment to provide its energy surpluses, or define its energy demands in relation to the surrounding urban patterns or quarters, in order to use the currently available energy from renew-

able sources effectively. The cooperation indicator numerically expresses the potential of energy overproduction or deficit of a particular type of urban structure for a reference area 1 ha in size in a certain period of time. From the energy point of view, it can express the potential of electrical or thermal energy. Its value for a certain locality can be calculated or assessed by a simulation following the active energy gains from the renewable sources (photovoltaic and photothermal solar conversion) and energy demands for operation of the locality. In certain specific cases, this can mean the energy surpluses of waste heat. The cooperation indicator can be expressed either in kWh/d.ha (energy) or dw/d.ha (dwellings – dwelling units, etc.). If necessary, the number of dwellings can be replaced by useful area, built-up area, or urban structure. However, these units can only be used locally and can not be applied in urban patterns bigger than urban zone because of their changeability.

The *solar index (SI)* (of a fragment/zone/unit/quarter) is defined as the ratio of the total solar radiation fallen on the surface of an urban pattern in a certain period of time, to the total solar radiation fallen on the surface of a reference area. By means of a numerical value, the solar index expresses how much of the solar radiation fallen on the area the urban pattern is able to collect and potentially use. Whereas the insolation of the reference area is constant, the total solar energy that the buildings are able to collect can be changed by the building's orientation, the way buildings are arranged, or by regulation of residential density. The amount of collected energy depends on the season, which should be chosen according to the method of solar energy usage. In the calculation of the solar index, it is necessary to take into consideration the lowering of energy gains caused by shading.

The presented urban indicators bound to urban fragments' energy potential need to be tested. The case study of the quarter of Ostredky – Ružinov in the Slovak capital of Bratislava is an example of their application. Substitution of the existing reliable indicators that regulate the spatial and area parameters of urban development is not the goal. The main object was to make the omnipresent immaterial component of the environment (energy) visible, in order to collect it and use it efficiently directly within the city.

Koen Steemers stated that *only compact city = energy-efficient city*. The compactness enables us to achieve '*material savings*' through savings in infrastructure (increasing its efficiency / decreasing the losses), lowering the demands on passenger transport and using land more wisely. The presented solar strategy of a sustainable city represents a method of densifying urban patterns, while preserving a healthy living space thanks to optimisation with regard to solar radiation.

However, the user and his behaviour pose a huge risk to the concept of energy efficiency. Lowering the consumption of the electrical energy of households requires raising public awareness on the use of energy-saving devices and investing in science and research focused on increasing the efficiency of solar systems applicable in practice (including energy storage possibilities) and on pilot projects.

Urban patterns designed as '*solar energy generators*' need an access to direct solar radiation. State authorities should define the boundary parameters of the generation and use of energy from renewable sources in urban areas, thereby ensuring the necessary coordination of area. The use of usual town-planning tools with new cooperation indicators or other relevant indices may be one of the possibilities. The concept of energy cooperation of urban patterns, the concept of synergetic effect of particular buildings in energy generation and energy use thanks to an intelligent distribution network, the concept of coordination of real energy flows, and the concept of regulation of area by urban indicators – these all may become the main features of urban development in the 21st Century.

Die Sonne ist die Lebensgrundlage. Sie ist die mächtige Energiequelle, die unsere Existenz und alles Leben um uns herum bedingt. Ständig wird sie in andere Energieformen transformiert und wird als Kraft des Windes, der Flüsse und Ozeane oder als Energie der Biomasse verkörpert. Vor allem ist aber Sonnenenergie eine Energiequelle, die keine negativen Einwirkungen auf die Umwelt und auf Lebewesen aufweist. Auch fossile Brennstoffe, die über Jahrhunderte die Entwicklung unserer Zivilisation ermöglichen, sind grundsätzlich ein uraltes Ergebnis der Photosynthese. Diese Vorräte sind jedoch begrenzt, und außerdem sind sie die Hauptquelle der Umweltverschmutzung. Bei Verbrennung von fossilen Energieträgern werden Treibhausgase in die Atmosphäre ausgestoßen. Zu Hauptemittenten zählen heute Verkehr und Bauwesen (beide sind hauptsächlich in der Stadt konzentriert). Eine signifikante Reduktion kann einzig durch den Übergang zu erneuerbaren Energiequellen erzielt werden – zu solchen gehört auch die Sonnenenergie. Halten wir fest, dass in nur etwa einer Stunde so viel Sonnenenergie die Erde erreicht, wie die Menschheit in einem ganzen Jahr verbraucht.

Die grundlegende Argumentationsplattform präsentierter Forschungsergebnisse bilden Prädiktionen, Forschungen und Konzepte der nachhaltigen Entwicklung und des Umweltschutzes. Erwähnen wir zum Beispiel den *Club of Rome* und seine, zur damaligen Zeit, umstrittene Publikation *Limits to Growth* (Die Grenzen des Wachstums) aus dem Jahr 1972. Heutige Prognosen weichen von den damals präsentierten leicht ab, jedoch die Schlussfolgerungen sind sehr ähnlich: Kurz gesagt: mit den Energiequellen muss bewusster und verantwortungsvoller umgegangen werden, da sie einmal erschöpft sein werden; gleichzeitig wächst die Population nicht linear, sondern fast exponentiell, was die Ressourcenschöpfung nur beschleunigt. Ernst Ulrich von Weizsäcker stellt als eine mögliche Lösung das Konzept „Faktor Vier“ – Steigerung der Ressourcenproduktivität, also die Minimierung der Eingangsquellen im Einklang mit der Entwicklung der Wirtschaft und Lebensqualität, vor. Faktor Vier bezeichnet doppelten Wohlstand bei halbiertem Naturverbrauch. Fridrich Schmidt-Bleek definiert den Faktor 10 (ein Fünftel der Kosten bei doppeltem Profit). Er entwickelt den Begriff MIPS – Materialintensität pro Serviceinheit, der es erlaubt, für ein beliebiges Produkt oder eine beliebige Dienstleistung den notwendigen gesamten Natureinsatz zu bestimmen (ausgewiesen in Kilogramm). Der heutzutage frequentierte Begriff Life-Cycle-Assessment (LCA) – die Bewertung des ganzheitlichen Lebenszyklus von Material- und Energieressourcen – stellt eine gewisse Parallele zu MIPS dar. William J. Mitchell beschreibt in seiner Publikation *e-topia: Urban Life, Jim—But Not As We Know It* fünf Punkte zur Erstellung von e-topie – schlanke, grüne Städte, deren Betrieb nicht schwerfällig ist, sondern intelligent. Die Publikation stellt zur Unterstützung der Themendringlich-

keit auch die wichtigsten Charten, Organisationen und gegenwärtige Nachhaltigkeitsstrategien vor. Die Slowakische Republik steht hierbei gar nicht abseits und ist als ein vollständiges EU-Mitglied gebunden, die gesetzten Ziele zu erfüllen – zum Beispiel Europa 2020 oder Roadmap 2050. Zu den meist erwähnten Bestrebungen gehören:

- (i) Reduktion von Treibhausgasemissionen um zumindest 20% (bzw. um 30% im Falle günstiger Bedingungen);
- (ii) Anstieg des Anteils von erneuerbaren Quellen im Gesamtenergieverbrauch auf 20%;
- (iii) Steigerung der Energieeffizienz um 20%. Daneben wird immer häufiger die energetische Sicherheit und die Energieabhängigkeit der EU-Länder diskutiert. Die Slowakei gilt in diesem Zusammenhang als gefährdet, da das Land auf Zufuhr von ausländischen Energiequellen angewiesen ist.

Das Entwerfen von Bauten, welche auf maximaler Nutzung von Naturelementen (Sonne, Wind...) und auf natürlichen Gegebenheiten des Ortes (Gelände, Vegetation) beruhen, haben Brown oder auch Keppl beschrieben. In diesem Zusammenhang wird vom „ökologischen Algorithmus“ als von der Art des Zusammenlebens der Architektur und der Umwelt gesprochen, wobei die Nutzung der natürlichen Gegebenheiten der Energiebilanz des Objektes/Ensembles zugunsten fällt. Die Integrierung von Innovationen in das architektonische Konzept ermöglicht uns heute in der Ebene des Bauobjekts eine maßgebende Reduktion seiner Umweltauswirkungen – wobei die eingebaute Energie, die Betriebs- und Rückbauenergie gemeint wird. Durch Nutzung von modernen intelligenten Technologien ist es sogar möglich, Plusenergiegebäude zu errichten, die aus ihrem Umfeld mehr Energie gewinnen können, als sie für die Sicherstellung ihres Betriebs verbrauchen. Auf der Ebene einzelner Bauobjekte (auf der architektonischen Ebene) ist es jedoch nicht möglich, ausreichend auf die Ursachen des verlaufenden Klimawandels zu reagieren und zugleich die notwendige Reduktion der energetischen Anforderungen des heutigen „Wegwerfsystems“ zu erzielen. In diesen Fragen ist daher ein Schritt in die städtebauliche Ebene von großer Bedeutung.

Historische Beispiele wie die Städte Priene, Pueblo Bonito, Mesa Verde und andere beweisen die markante Auswirkung der Sonne und des Sonnenverlaufs im Jahr auf die Gestaltung von menschlichen Siedlungen. In der Vergangenheit, besonders zu schwierigen Zeiten von Krisen (Mangel an Brennholz im antiken Griechenland; Ende des zweiten Weltkriegs) wendet der Mensch immer wieder sein „Gesicht“ zur Sonne, als zu einer verlässlichen Energiequelle. Die Vergangenheit wiederholt sich. Die Menschheit steht vor künftigen Herausforderungen und sucht neue nachhaltige Modelle zur Sicherstellung seiner Bedürfnisse, seiner Entwicklung und seines Überlebens. In diesem

Zusammenhang wird das alte Sprichwort der Maori möglicherweise wieder aktuell: „Wende dein Gesicht der Sonne zu, dann fallen die Schatten hinter dich!“

Die Stadt birgt großes Potenzial der Energieeinsparung, unter anderem auch aus dem Grund, dass immer mehr Leute ins urbane Umfeld ziehen. Bis 2050 sollten ungefähr 70% der Weltbevölkerung in Städten leben. Dabei sind heutzutage die Städte für 80% des globalen Treibhausgasausstoßes verantwortlich. Professor Špaček schreibt: „Die Konzentration von menschlichen Aktivitäten verfolgte eine Steigerung der Effizienz, egal ob im Handel, Produktion, Sicherheit oder Bildung, usw. Als das einheitliche Prinzip (wir erlauben uns den Begriff von Mumford zu nutzen: „urban implosion“) galt die natürliche kulturelle Diversifizierung der Stadt. Ihre Effizienz wuchs immer wieder über ihre Grenzen hinaus und erforschte dabei neue Auswege. Die heutige Stadt stößt auf die Hürde eigener Nachhaltigkeit.“ Die energetisch effiziente Stadt wird heutzutage oft als *contradictio in adjecto* – also ein Widerspruch in sich selber – empfunden. Das Ziel der vorliegenden Monografie ist es, die Stadt als ein Organismus mit einem hohen Potenzial der energetischen Effizienz mit Argumenten zu unterstützen. Das Abmildern von Auswirkungen des Erdbevölkerungswachstums auf die Umwelt verlangt eine Zusammenwirkung vieler Vorgehensweisen (beim Entwerfen, Bauen, Nutzen), eine Bewusstseinswende, Änderungen in menschlicher Handlung, in der Legislative, oder eine Reform der Kommunal- und Wirtschaftspolitik einzelner Länder.

Autoren der Monografie führen heutige globale Tendenzen im Bereich des nachhaltigen Städtebaus weiter. Im Kontext der Nachhaltigkeit – auch der kulturellen – erforschen sie Möglichkeiten zur Implementierung der Sonnenenergienutzung in urbaner Dimension der ganzen Stadt oder seiner Fragmente – Stadtquartier, Bezirk, Gebäudeensemble. Es werden zwei Strategien erörtert: anhand der modellierten/simulierten Energiebedarfsreduzierung von neuer städtebaulichen Entwicklung mittels softwarebasierter Generierung anhand der Sonnenbewegung über den Himmel. Solarer Städtebau ermöglicht die Entwicklung von energetisch neutralen oder energetisch produktiven städtebaulichen Einheiten und deren Zusammenschließung in energetischer Kooperation; die überproduktive Struktur unterstützt mit Energiezuschuss die unterproduktive. Zum kooperativen Netz tragen auch bestehende Stadtteile mit ihrem eigenen Potenzial bei, die Solarstrahlung (z.B. mittels dachinstallierter Systeme) in ferner nutzbare Energie umzuwandeln. Diese Synergie stellt eine Form vom städtebaulichen ökologischen Etalon dar. Die Verwertung des enormen Potenzials der Solarstrahlung hängt von der Integration zweierlei Solarnutzungsprinzipien ab – des aktiven (Verwendung von Solartechnologien – fotothermische/fotovoltaische Konversion) und des passiven (Energiegewinn

durch transparente Bauteile). Da beide Prinzipien solare Exposition verlangen, sollte der kritische Faktor in der Stadtplanung und im architektonischen Entwerfen das Ausmaß von direkter Sonneneinstrahlung werden.

Die Autoren haben zwei mögliche Strategien des solaren, energetisch effektiven Städtebaus für klimatische Bedingungen der Hauptstadt der Slowakei – Bratislava – ausgearbeitet und erforscht. Die erste Strategie, ausgerichtet auf Volumetrie und Form einzelner Gebäude und ganzer städtebaulicher Strukturen, basiert auf der Voraussetzung von ungehindertem Zufluss der Sonnenstrahlung. Das Konzept des „*Recht auf Sonne*“ ist historisch bekannt. Seine Formen sind in verschiedenen Modifikationen ablesbar – der Justinianische Kodex (*Codex Justinianus Leges Duodecim Tabularum*) beabsichtigte durch das Recht auf Sonne das Ziel, dass jeder Mensch Zugang zur Sonnenstrahlung haben soll; das römische Recht – *De architectura libri decem*, das englische Recht – *Doctrine of Ancient Light*, oder das amerikanische Recht – *Doctrine of Prior Appropriation*. Mit seiner Anwendung befassten sich verschiedene Autoritäten, und es entstehen diverse „Konstruktionswerkzeuge“ – solarer Umschlag (*solar envelope*) von Ralph Knowles, Solar-Pyramide (*solar pyramid*) von Los und Pulitzer, Solarvolumen (*solar volume*) von Capelut und Shaviv, „Verschattungsgrenzen“ (*iso-shadow contours*) von Kristl und Krainer. Wir könnten mit Wolfgang Höhl, Schiler oder Uen-Fag fortfahren.

Informationstechnologien erlauben uns heute, Gebäudeensembles *in silico* zu analysieren – mittels Simulationsinstrumenten des sogenannten „ersten Designs“ – deren raumvolumetrischer Gestaltung. Ausrichtung gegen Welt-Himmelsrichtungen, Anteil von transparenten Flächen an der Gebäudehülle, Abstände zwischen Objekten, usw.) werden zu grundlegenden Ausgangspunkten zur Reduzierung des Energieverbrauchs bei einzelnen Bauten sowie bei städtebaulichen Strukturen.

Die Autoren präsentieren den generativen Algorithmus, (Rhino-Script Grasshopper), aufgebaut auf der gleichbleibenden Sonnenbahn im Jahresverlauf. Der Algorithmus generiert städtebauliche Volumen, die sich gegenseitig in festgelegter Zeitperiode nicht verschatten, wobei von dieser Anforderung die Verschattung öffentlicher Räume (Straßen, Plätze) ausgenommen ist. Die limitierende Grenze bildet der Umriss des tangierten Baugrundes. Die Instrumentenbasis stellt den vom Nutzer bestimmten Intervall – die Jahrestage und die Tagesstunden, zwischen denen gegenseitige Verschattung ausgeschlossen ist. Durch partielle Erforschungen und Erkenntnisse der möglichen Energiegewinne während der Winterperiode wurde dieses Intervall für die Dauer vom 20. März bis zum 22. September gesetzt, von 09 bis 15 Uhr. Allgemein gilt, dass die Sonne in der Winter-

periode verhältnismäßig tief steht, was sich negativ auf die Gebäudeabstände auswirkt, und dadurch mit der Intention der Stadtverdichtung zusammenstößt. Das definierte Stundenintervall reflektiert die Effizienz der Energiegewinne im Verhältnis zur Volumenmaximierung, die in dem gewählten Zeitrahmen ihre Höchstwerte zwischen 10 und 14 Uhr erreicht. Das in dem Generieralgorithmus eingesetzte Intervall geht von einer kleinen, 6-prozentigen Volumenreduzierung aus und bestrebt die Erhöhung der Innenraumsolation (die hauptsächlich auf den Ost- und Westfassaden situiert sind), beziehungsweise der Sonnendurchflutung von öffentlichen Räumen.

Die Ausgangsposition für den Generierungsprozess stellt die Bebauungskonzeption dar – das Straßennetz, also die Freiflächen und die verbauten Flächen, festgelegt im DWG-Format. Die Entscheidungen trifft der Architekt/Stadtplaner, der in seinem Entwurf eine Menge von Faktoren berücksichtigt – die räumlichen Beziehungen in der Stadt, Verkehr, Fußwege, Durch- und Fernblicke, Konzeption der öffentlichen Räume, Straßenprofil, usw. Somit bleibt der Entwurfsprozess in Händen des Architekten. Bei der Festlegung der Verbauungsflächen generiert das Tool Volumen für die Intervallgrenzwerte in der Richtung der einfallenden Sonnenstrahlen. Die endgültige Volumenform entsteht durch ihre Überlappung. Das solare Konstruktionsprinzip ist durch eine „Reduzierung“ des Bauvolumens mittels geneigter südorientierter Ebene zur Nutzung von PV-Systemen ergänzt, deren variable Neigung vom Nutzer bestimmt wird. Die Publikation präsentiert mehrere Fallstudien im Vergleich mit klassischen Bebauungsweisen (Zeilen-, Block-, Punktbebauung mit unterschiedlicher Geschossanzahl). Die Energiebilanz wurde mittels gängiger Software (Autodesk Energy Analysis; Autodesk Ecotect) bei exakt festgelegten Randbedingungen simuliert (Stromverbrauch des slowakischen Durchschnittshaushalts; Anteil transparenter Flächen, Verglasungscharakteristik, Wirkungsgrad von PV-Systemen, TGA, usw.).

Die zweite Strategie, die eng mit der ersten verbunden ist, bestätigte die Möglichkeit, anhand von Solarprinzipien energetisch überproduktive städtebauliche Strukturen zu generieren oder durch Sanierung der alten Strukturen und Sonnenenergiekonversion Energieüberschüsse im städtischen Netz zu erreichen. Es ist möglich, das energetische Potenzial einzelner (auch bestehender) urbaner Elemente in eine synergetische Wirkung im Rahmen des energetischen Kooperationskonzepts zu transformieren. Die vorgelegte Forschung erklärt mehrere Aspekte energetischer Aktivierung von städtebaulichen Strukturen und charakterisiert ihr energetisches Potenzial aus der Sicht der Nutzung von regenerativen Energiequellen. Für die Forschung ist zu diesem Zweck die städtebauliche Basistypologie definiert worden, methodisch zusammengesetzt durch Analyse und Ab-

strahierung. Diese Typologie wurde mittels Softwaresimulationen in den lokalen klimatischen Bedingungen von Bratislava bewertet. Aus den Ergebnissen wurde ein Katalog zusammengestellt, der die energetische Charakteristik und das Solarpotenzial von städtischen Residenzstrukturen vorstellt.

In der menschlichen Welt fällt das Konzept der energetischen Kooperation in die *High-tech*-Sphäre. Eine computergesteuerte Koordinierung der Energieflüsse ist heute mittels relativ verlässlicher meteorologischer Prädiktion erreichbar. Für die Applikation des Konzepts ist die vorläufige Definierung von bidirektionalen Energieflüssen im Gebiet (Produktion – Verbrauch) unerlässlich, denn wo klare Zusammenhänge und eine Konkretisierung der Absichten zur Energienutzung fehlen, verliert ein solcher Zugang seinen Sinn. Im Zusammenhang mit der Sonnenenergienutzung und zur Quantifizierung von Energieflüssen im Stadtgebiet wurden energetisch gebundene, städtebauliche Indikatoren eingeführt – der *Kooperationsindikator* und der *Solare Index*. Die Einsetzung dieser Kennwerte in die Raumplanungsprozesse würde einen entscheidenden Schritt zur flächendeckenden Bewertung der Energiebilanz bedeuten und somit auch eine eindeutige Ausrichtung auf die Ziele der Strategie *Europa 2020*.

Eine parallel verlaufende Bestrebung der effizienten Stadtentwicklung ist die Optimierung der Einwohnerdichte – im Falle größerer Städte der Slowakei bedeutet es in der Regel Nachverdichtung. Unumgänglich ist auch die Bildung lokaler/regionaler „Smart-Grids“, intelligenter Netze, die in der Zukunft zu elementaren Einheiten eines europäischen Supernetzes werden.

Der *Kooperationsindikator* der städtebaulichen Struktur wurde definiert als ein Quantifikator einer negativen oder positiven Energiebilanz der Struktur im Rahmen einer städtebaulichen Synergie; also die Fähigkeit des städtebaulichen Fragments, seine Energieüberschüsse bereitzustellen bzw. seine Energieanforderungen im Bezug zu umliegenden Strukturen oder Stadtteilen zu definieren, mit dem Ziel einer effektiven Nutzung der aktuell vorhandenen Energie aus erneuerbaren Ressourcen. Die Aufgabe des Kooperationsindikators besteht in der numerischen Darstellung des Überproduktionspotenzials bzw. des Defizits einer gewissen städtebaulichen Zusammensetzung. In der Regel wird sie zu einer bestimmten Referenzfläche von 1 ha (Referenzgrundstück) und zu einer definierten Zeitperiode bezogen. Aus der energetischen Sicht kann der Kooperationsindikator auf die Darstellung der elektrischen oder thermischen Energie ausgerichtet sein. Der Wert ist mittels einer Berechnung oder standortgebundenen Simulation aufgrund von aktiven und passiven Energiegewinnen aus erneuerbaren Quellen (durch fotovoltaische und fotother-

mische Konversion) und energetischen Betriebsanforderungen gegeben. In bestimmten spezifischen Fällen kann es sich hierbei um energetische Überschüsse in Form von prozeduraler Abwärme oder von ähnlichen sekundären Quellen handeln.

Aus Sicht der Datenverarbeitung ist es möglich, den Wert des Kooperationsindikators in energetischer Darstellung (in kWh/d/ha) oder in unitärer Weise, als Zahl der Zieleinheiten (Anzahl der Wohnungen – Wohneinheiten, o.ä.) [dw/d/ha] anzugeben. Alternativ könnte man den Kooperationsindikator zur Nutzfläche des Gebäudes, zur bebauten Fläche, eventuell zur Entität der gegebenen Struktur beziehen. Diese Alternativdefinitionen haben viel mehr lokale Einsatzmöglichkeiten, und aufgrund deren Spezifität kann man sie in dieser Form nicht adäquat in einer städtebaulichen Konstruktion einsetzen, die breiter ist als das Gebäudeensemble.

Der städtebauliche Indikator *Solarer Index* (eines Fragments/Ensembles/Stadtteils/einer städtebaulichen Struktur) wurde als das Verhältnis zwischen der Summe der solaren Radiation, die in einer definierten Periode auf die Oberfläche der städtebaulichen Struktur fällt, und der Summe der auf die Referenzfläche (Grundstück) einfallenden Solarstrahlung definiert. Anhand numerischer Werte zeigt dieser Indikator, welcher Anteil der auf ein gegebenes Gebiet fallenden Solarstrahlung von der Struktur aufgefangen und potenziell verwertet werden kann. Während die Sonneneinstrahlung eines Referenzgrundstücks gleich bleibt, kann durch Konfiguration der Bauvolumen, deren Ausrichtung, Modifizierung der Bebauungsdichte die Menge der an den Gebäudehüllen aufgefangenen Sonnenenergie beeinflusst werden. Die Menge der einfallenden Energie hängt von der betrachteten Periode ab – diese sollte im Hinblick auf die beabsichtigte Nutzung des Solarpotentials gewählt werden. Zur Kalkulation des Solarindexes ist es notwendig, die Reduzierung der Solargewinne aufgrund der Verschattung seitens benachbarter Strukturen einzubringen.

Die vorgestellten städtebaulichen Indikatoren mit direktem Bezug zum energetischen Potential der Fragmente der Stadt müssen weiter in einer praktischen Ebene verifiziert werden. Beispielgebend für eine Applikation kann die vorgelegte Fallstudie von dem Stadtviertel Ružinov – Ostredky, in Bratislava/Slowakei sein. Das Ziel hierbei ist es nicht, die jetzigen verlässlichen Indikatoren zu ersetzen, die die Raum- und Flächenparameter der städtebaulichen Entwicklung regulieren. In erster Linie geht es um das Visualisieren des überall vorhandenen, immateriellen Bestandteils unseres Umfelds – der Energie – mit der Absicht ihrer Schöpfung und deutlich effizienter Nutzung direkt in der Substanz der Stadt.

Koen Steemers vermerkt, dass nur eine *kompakte Stadt eine energetisch effiziente Stadt ist*. Die Kompaktheit erlaubt „materielle Einsparungen der Ausbreitung“ zu erreichen – durch Einsparungen in den Infrastrukturnetzen (Steigerung des Wirkungsgrades/Minderung der Verluste) den Verkehrsbedarf zu reduzieren und den Erdboden vernünftiger zu nutzen. Die vorliegende solare Strategie einer nachhaltigen Stadt stellt eine Art der städtischen Nachverdichtung dar, die gleichzeitig einen gesunden Lebensraum durch seine Optimierung im Sinne der Sonneneinstrahlung sicherstellt.

Ein großes Risiko des Konzepts der Energieeffizienz stellen der Nutzer und sein Verhalten dar. Die Reduktion des durchschnittlichen elektrischen Energieverbrauchs erfordert Aufklärung in der Nutzung von Energie ersparenden Geräten sowie Investitionen in die Wissenschaft und Forschung. Die Ausrichtung soll auf eine Steigerung des Wirkungsgrades von praktisch einsetzbaren Solarenergiesystemen (incl. der Energiespeicherungsmöglichkeiten) und auf Ausführung von beispielhaften Pilotprojekten abzielen.

Städtebauliche Strukturen, die als „solare energetische Generatoren“ konzipiert sind, erfordern prinzipiell den Zugang zur Sonnenstrahlung. Die Randbedingungen und Parameter zur Schöpfung und Nutzung von erneuerbaren Energiequellen in urbanisierter Landschaft sollten von Behörden der Stadtverwaltung und Stadtentwicklung definiert und nötige Koordinierung der Gebiete sichergestellt werden. Eine der Möglichkeiten wäre die Verwendung von klassischen stadtplanerischen Instrumenten, erweitert um neue Kooperationsindikatoren bzw. um andere energetisch relevante Kennwerte. Konzepte energetischer Kooperation von städtebaulichen Strukturen, synergetische Wirkung von architektonischen Ensembles durch Energieförderung und Verbrauch dank eines intelligenten Distributionsnetzes, Echtzeitkoordinierung von Energieflüssen und eine Rahmenregulierung von städtischen Gebieten mittels energiebezogener, städtebaulicher Indikatoren stellen mögliche Ausgangspunkte dar, die die Stadtentwicklung des 21. Jahrhunderts charakterisieren sollen.