



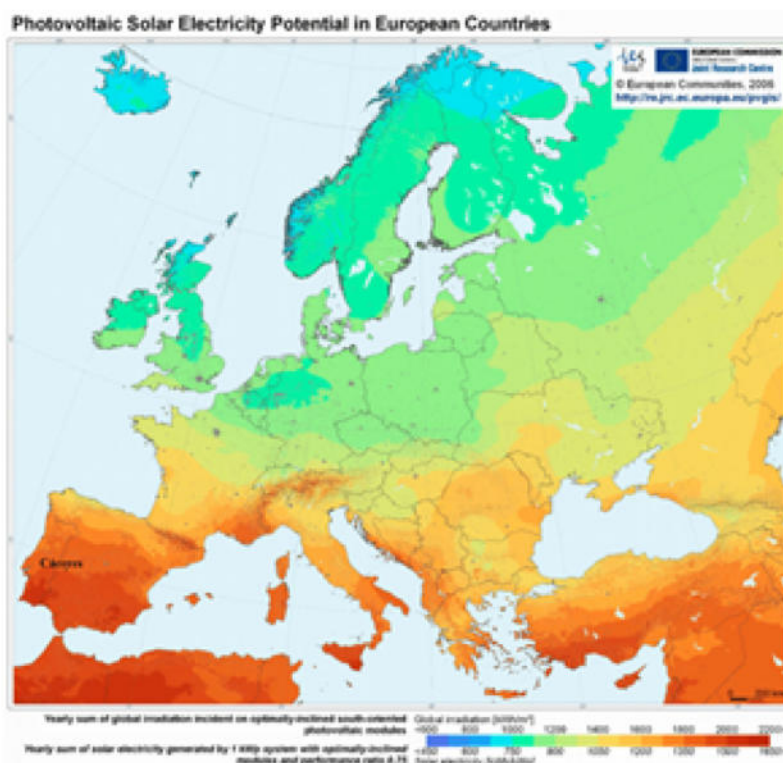
Vliv solárních panelů na architektonické ztvárnění fasád

Veronika Mastná

Solární energie obecně

O solární energii můžeme říci, že se jedná o jednu z nejdůležitějších forem energie vůbec. Slunce, jakožto střed naší planetární soustavy, je v podstatě zdrojem života na Zemi. Slunce nepředstavuje jen zdroj solární energie jako takové. Jeho energie dala za vznik většině energetickým zdrojům, které lidstvo využívá, ať už se jedná o fosilní paliva, která vznikla přeměnou odumřelých těl rostlin a živočichů před miliony let, nebo koloběh vody založený na výparu a následné kondenzaci. Dokonce i větrná energie vzniká v důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu, kde dochází ke snaze vyrovnání tlaků. Všechny tyto druhy energií jsme bez pochyby také schopni využít, ačkoli na první pohled nemusí být jasné, že jejich původ je právě ve Slunci.

Za nevýhodu lze považovat to, že i přestože je tato energie prakticky celoplošně dostupná, různorodost podmínek napříč zeměkoulí zapříčiňuje značnou rozdílnost v možnostech jejího využití. To je patrné i z následujícího obrázku, který pro ilustraci zachycuje rozdílnost ročních dávek slunečního záření napříč Evropou. Rozdíly jsou tak patrné i na poměrně malých územích, jako je Česká republika.



Vznik energie Slunce je tvořeno dvěma hlavními prvky - vodíkem (70 %) a heliem (28 %). Zbylá 2 % ostatních prvků jsou oproti těmto dvěma zanedbatelná. Všechny prvky jsou zastoupeny ve skupenství plazmy. V jeho nitru neustále dochází k tzv. termonukleární reakci (jaderné fúzi), která spočívá v přeměně několika milionů tun lehčích jader vodíku na těžší jádra hélia a uvolnění velkého množství energie (řádově až 1026 J). Energie se z nitra Slunce uvolňuje ve formě rentgenových fotonů směrem k povrchu. Ty však s rostoucí vzdáleností svou energii ztrácí a přímočarým pohybem o rychlosti 300 000 km dosáhnou zemského povrchu. Na zemský povrch pak dopadá v podobě slunečního (elektromagnetického) záření. K této přeměně dochází již několik miliard let a podle výpočtů by ještě přibližně stejnou dobu docházet mělo. Právě díky této skutečnosti můžeme Slunce z hlediska perspektivy lidstva považovat za obnovitelný energetický zdroj.

Využití solární energie v architektuře

Nejčastějším využitím solární energie v rámci budov je buď fotovoltaický nebo fototermický systém. Oba systémy potřebují sluneční energii a od toho se odvíjí i jejich umístění - nejlépe na střeše objektu, aby nezabíraly zbytečně pozemek. Takhle jsou solární panely obecně vnímány.

Současné technologie však pracují s mnohem architektonicky sofistikovanějšími variantami a existuje i řada architektů a designérů, kteří dávají solární energii punc uměleckého díla.

Kombinace např. fotovoltaiky a lehkého obvodového pláště zejména u větších objektů umožňuje efektivní výrobu elektřiny a zároveň dává výrazu budovy originální ráz. Na trhu jsou k běžnému dostání varianty fotovoltaických panelů s různými vzory apod.

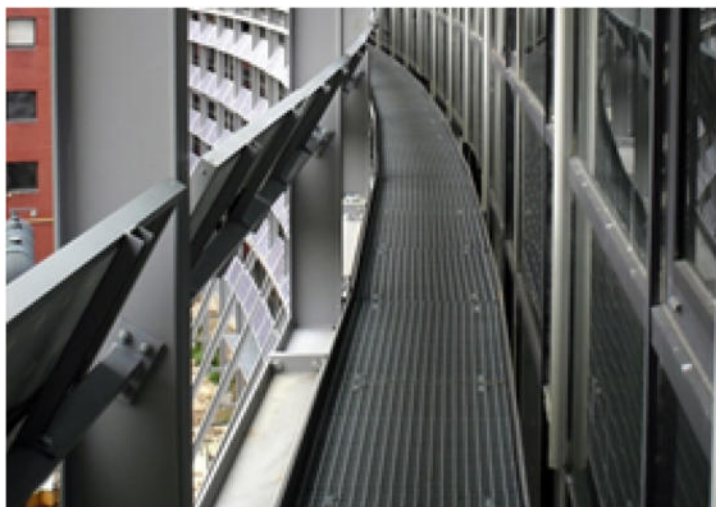
Na příkladech níže jsou představeny výběry budov, kde využívání solární energie jde ruku v ruce s estetikou a výrazem fasád. Výběr není zcela náhodný, je zde snaha o zachycení různých přístupů a měřítek, jak lze solární energii využívat.

Technická univerzita Cantabria, Santander, Španělsko

L. Berger

Technická univerzita Cantabria je jednou z nejprestižnějších technických univerzit ve Španělsku. Kampus se nachází v Santanderu na severním pobřeží Španělska. Při rozšiřování komplexu o budovu, kde se měla vyučovat elektrotechnika, IT systémy apod., byly velké požadavky na energetickou spotřebu pro nejrůznější laboratoře, dílny a učebny těchto oborů. Autoři se tedy rozhodli využít jižní orientaci jedné z fasád a na 8 podlaží umístili 432 fotovoltaických panelů, které přikotvili na ocelovou rámovou konstrukci.

Na první pohled se nejedná o žádný designérský výstřel. Prosté panely zavěšené na konstrukci. O architektonické/designérské ztvárnění tady ale nešlo. Přesto se podařilo fasádu prvoplánově nezohydit a panely vyvolávají dojem balkónů, které nikterak do očí nebijí. Dlouhé pásy naopak příjemně fasádu horizontálně člení. Nutno podotknout, že tato fotovoltaická fasáda není při příchodu k univerzitním budovám vidět, je obrácena do zeleně, jakéhosi dvorku. Jejím úkolem je sloužit a vlastně možná i trochu demonstrovat využití technických znalostí, získaných při studiu na škole, v praxi. Z tohoto hlediska nemohli autoři udělat lépe. Čistá strohost, ale funkčnost a ukázka toho, že pokročilé technologie si žádají velké množství energie, která ale nemusí být nešetná k životnímu prostředí.

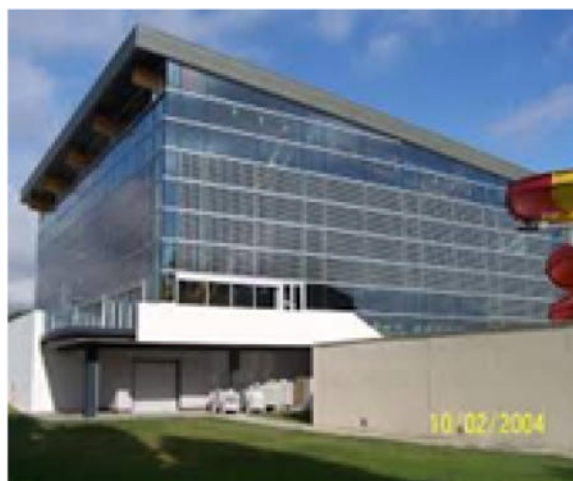
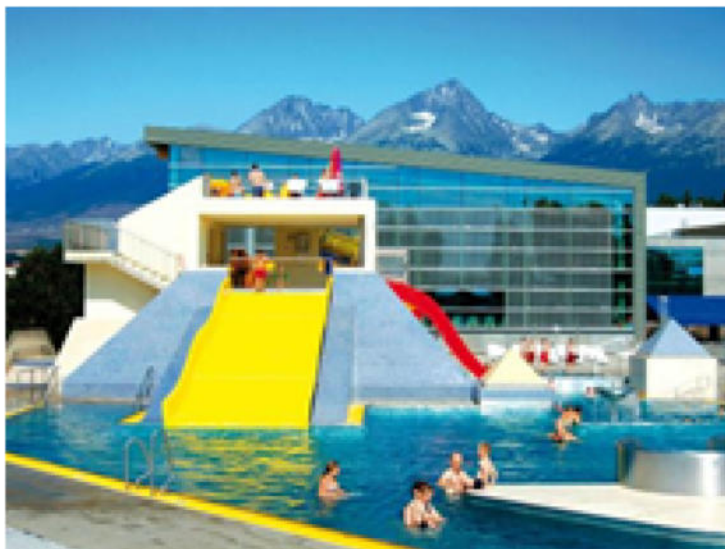


Aquacity Poprad

P. Kučera, F. Rubaš, Archstudio s.r.o. Brno, 2008

Aquacity Poprad je slovenský aquapark, který využívá přírodní podzemního jezera v hloubce 1,5-2,5 km pod zemským povrchem, které je při navrtání zdrojem termální vody, a tím je i významným alternativním zdrojem tepla. Jeho majitelé se rozhodli povýšit prosté získávání tepla z termálního zdroje pomocí výměníků na komplexní využití alternativních zdrojů. Tato filosofie se promítla i do odvážného technického a konstrukčního řešení nových objektů a do výběru vysoce kvalitních materiálů pro tyto stavby. Součástí architektury se zde stávají fotovoltaické články v prosklených stěnách a vakuové trubicové solární kolektory, běžné je používání trojskla a dvojskel s vnitřní fólií Heat-mirror.

V tomto případě je solární systém poměrně vkusně zakomponován do prosklené fasády, jejíž je součástí, a může působit celkově jako „jen“ výtvarný nefunkční prvek. Rozhodně budovu jako takovou neruší, ale je s ní ve vzájemné symbióze. Jediná věc, která může estetickému dojmu lehce vadit, je narušení řad panelů a tedy vzniklé mezery, které však budou mít s největší pravděpodobností určité technické opodstatnění. Stejně tak nepoužití panelů do plné výše fasády. Drobný rastr panelů je z dálky téměř neviditelný a splývá v jeden celek, lehce se šedavým odstínem barvy odlišující od spíše modravého tónu skla. Při bližším kontaktu s budovou však opakující se rastr tvoří zajímavý efekt, který fasádu opticky rozděluje na malé kousíčky. Ubírá tak však na její jednotlosti.



Photovoltaic Pavilion, Potsdam, Německo

ortner+ortner baukunst, 2011

V kampusu univerzity aplikovaných věd v německé Postupimi se nachází objekt, který by se dal označit s trochou nadsázky za památník fotovoltaiky. Na vybudování fotovoltaického pavilonu se podíleli i přímo studenti aplikovaných věd, kteří se zaměřují na solární energii. Betonový šedo-černý pavilon slouží k prezentacím, brainstormingům, ale i kultuře v univerzitním kampusu. 35 m dlouhý pavilon tvoří železobetonová kostra s podlahou a stropem, po celém obvodu jsou pak rozmístěny téměř 4 m vysoké a přibližně 1 m široké solární panely. Jsou zavěšeny na ocelových rámech, díky čemuž je možné s nimi částečně manipulovat.

Cílem tohoto projektu byla práce s fotovoltaickými panely jakožto hlavním motivem. Úkolem je bylo předvést i jako designový prvek, který bude demonstrovat propojení vědy, techniky a estetiky. Kombinace lesklých černých panelů a šedého betonu vypadá opravdu efektně, zvláště, když se při pohledu z určitého úhlu může zdát, že panely samy nesou tíhu stropní desky. Ve skutečnosti ji ale roznášejí sloupky, které jsou umístěny za panely (uvnitř pavilonu). Zvenku vypadá pavilon elegantně, v lesklých černých plochách pak lze zachycovat nejrůznější obrazy, které budou stejně tak dynamické, jako ruch vně. Uvnitř pavilon působí díky oranžovým zadním plochám panelů až nad očekávání útulným dojmem. Celkově se jedná o velmi zdařilý projekt a vysoce cením i nápad „studenti sobě“.



Green Dot Leadership Animo Highschool, Inglewood, USA

Brooks+Scarpa Architects, 2013

Střední škola Green Dot Leadership Animo Highschool se nachází v Inglewoodu ve státu Kalifornie, USA. Jak už i její název napovídá, jejím krédem je využívat obnovitelné zdroje energie v co největší míře. Její jižní fasádu tvoří 650 solárních panelů, které zajišťují až 75% množství energie, kterou škola spotřebuje. Celá budova působí poněkud megalomansky.

Fotovoltaika na téhle budově není v žádném případě skrývána, naopak. Panely mají být vidět v celé své velikosti a svém množství. Barevně sice obrovská plocha nepůsobí nikterak rušivě, ale obrovská jednoduitost vedle údivu může působit až lehce strašidelně. Tvůrci návrhu se toho nebáli. Když má být škola „zeleně“ smýšlející, tak ať je to vidět. Monumentalita se zde uplatňuje jak ve hmotě, tak na fasádě. Její využití slunečního záření je však až neuvěřitelné. V jiném městě či zemi by ale asi škola působila mnohem více rozporuplně než právě v Kalifornii, nehledě na zmiňovaný maximálně využitý potenciál jižní fasády. Přesto si myslím, že z estetického hlediska se dá se solárními prvky pracovat více sofistikovanějším způsobem.



Solar Ark, Gif, Japonsko

Sanyo Electric Co., 2002

Solar Ark je asi nejmonumentálnější solární elektrárna na světě. Nachází se v Japonsku, ve městě Gif a postavila ji elektroniku vyrábějící firma Sanyo. Stavba je dlouhá 315 m a široká 14 m. Stojí na přibližně 3 000 metrech čtverečných a je tvořena z 5 000 fotovoltaických článků. Za rok vyrobí energii pro přibližně 100 lidí. Budova sestává pouze z konstrukce, která drží fotovoltaické panely. Uvnitř je potom muzeum solární energie Solar Lab.

Tohle je bezesporu monumentální stavba, která má ukázat moc fotovoltaických panelů. Je to jasná dominanta v celém okolí. Přes její obrovské rozměry má poměrně elegantní tvar, působí vzdušně, přesto bytelně. Asi není jiná stavba na světě, kterou by tvořilo větší procento solárních panelů. Ty byly brány jako konstrukční prvek a udávají vzhled budovy, kterou nelze přehlédnout ani z velké dálky. Jednotlivá plocha panelů celkové monumentalitě ještě přidává.



Neu Blauhaus, Hochschule Niederrhein, Mönchengladbach, Německo

Kadawittfeldarchitektur, 2015

Budova centra Neu-Blauhaus je součástí německého vysokoškolského kampusu Hochschule Niederrhein v Mönchengladbachu. Slouží jako knihovna, studovna, zázemí pro administrativu a start-upy, a také jako „energetická laboratoř Innovatorium for pupils and students“. Budova stojí jako solitér a její půdorys tvoří neobvyklý pětistěn. Čím však na první pohled zaujme, je neobvyklá fasáda tvořená fotovoltaickými panely, která souzní s konceptem celé budovy, která vyhovuje standardům pasivního domu.

Objekt tvoří příjemně kompaktní hmota, která využívá svého většího obvodu - a tedy většího povrchu fasády - nejen k umístění poměrně velkého množství fotovoltaických panelů, ale také k rozehrání zajímavé hry v „prolamování“ vertikálních pásů, které tvoří na střídačku panel a prosklená plocha. Při přímém pohledu na fasádu se jednotlivé části liší především svojí transparentností, při pohledu alespoň částečně z boku už si lze ale všimnout i pravidelného rytmu prolamování v prostoru. Dobře funguje i odraz okolí na lesklých plochách. Panely využívají částečného naklopení ke své co nejvýhodnější orientaci ke slunci. Fotovoltaické panely tady tvoří nedílnou součást celkového vzhledu budovy a fungují i jako architektonický prvek, který pasuje do celé koncepce budovy.



Grundriss 2.00



Mateřská škola Marburg, Německo

Opus Architekten, 2014

Moderní mateřská škola, která vsadila na neobvyklý tvar i materiály, se nachází ve středozápadní části Německa, severně od Frankfurtu nad Mohanem. Fasáda budovy vypadá, jako by byla poskládaná z papíru. Zaujímá tak velkou plochu vzhledem k celkové hmotě. Využívá tak však vhodnou orientaci pro skleněné panely s integrovanými fotovoltaickými články. Mateřská škola má dvě podlaží, z toho část se nachází ve svahu. Jejím interiéru pak dominují dřevo společně s bílou a zelenou barvou, který tak nenápadně navazuje na venkovní zahradu, z níž je možno do interiéru z různých částí zahrady vidět.

Jak už bylo řečeno, fotovoltaika zde byla použita na druhém podlaží, které tvoří „sklady“ fasády. Jeden sklad tedy tvoří hladká skleněná část s fotovoltaikou, která zachycuje sluneční záření, a druhou část tvoří klasické okno. Celý objekt pak působí kvůli tvaru lehce divoce, ale leklost a odrazivost materiálů dává školce moderní a elegantní vzhled. Panely tak tvoří nedílnou součást fasády. Jistá divokost ale myslím, že u školky vůbec nevadí, ba naopak. Možná však objekt může působit až moc futuristickým dojmem. Prim zde opravdu hraje v první řadě celková hmota, materiály jí pak dávají punc noblesy.



Ewe and Bursagas Headquarters, Bursa, Turecko

Togo Architects, 2013

Bursagaz je velká turecká korporátní společnost obchodující se zemním plynem. Zabývá se ale také udržitelným rozvojem. Sídlí ve čtvrtém největším městě Turecka Bursa v originální budově, poskládané z několika kubických tvarů, kterým navíc v prostoru dominuje předsazená fasáda tvořená mozaikou z fotovoltaického skla o velikosti jednotlivých dílců 500 x 700 mm a 20 % světelnou propustností. Mimo fasádu jsou fotovoltaické panely umístěny ve velkém množství i na střeše budovy.

Budova společnosti Bursagaz rozhodně dominuje svému okolí. Nejen rozměry a výškou, ale i netradičním pojetím fasády. Segmenty fotovoltaického skla na předsazené ocelové konstrukci zdánlivě nebudí dojem strohé účelnosti, ale jsou pojednány jako výtvarný prvek - mozaika skládající se z částí pevných jen částečně průsvitných a částí naprosto transparentních. Na fasádu bylo použito celkem 315 dílců. Zajímavý je i efekt částečného odrazu okolí na fasádě objektu a jeho roztříštění. Na této budově je vidět, že když se s fotovoltaickými prvky dobře zachází, můžou se dokonale adaptovat na klasickou konstrukci budovy a může s nimi být nakládáno po výtvarné stránce úplně stejně jako s jiným, ale na druhou stranu nefunkčním materiálem.

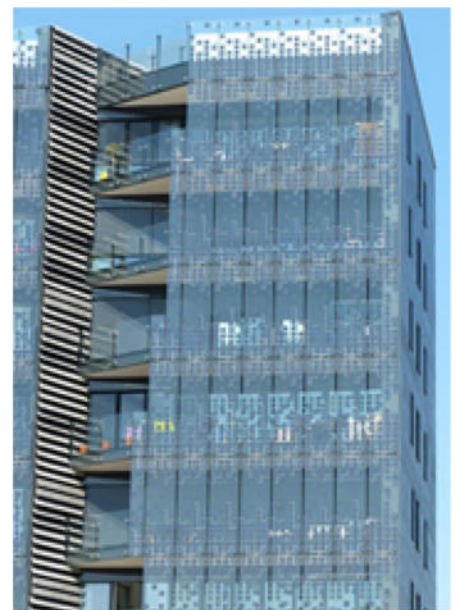
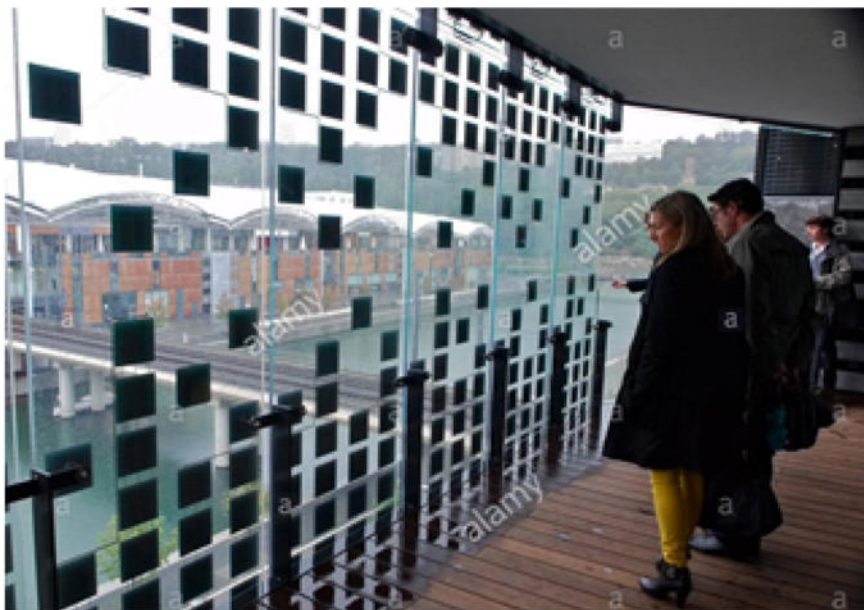


The Hikari Project, Lyon, Francie

Kengo Kuma, 2015

Hikari je soubor tří budov ve francouzském městě Lyon, jehož autorem je Japonský architekt Kengo Kuma. Budovy jsou součástí většího celku s názvem Lyon Smart Community. V budovách se nachází kanceláře, byty a obchody. Fasáda s fotovoltaickými články je předností prostřední z budov. Hikari je prvním aktivním domem ve Francii, tzn. vyprodukuje více energie, než spotřebuje.

Fotovoltaika na fasádě u budovy Hikari není plnoplošná, jako u většiny ostatních případů, ale skládá se z menších čtvercových segmentů implementovaných ve skle a je rozdrobená po celé prosklené části fasády. Z větší dálky nelze téměř vůbec identifikovat, co se na/ve skle nachází a efekt se trochu ztrácí, z bližší vzdálenosti však tvoří velmi hravý a příjemný obraz jak do budovy, tak z budovy ven. Drobný motiv, jako je zde, působí jemně a nenásilně. Pozitivní je také rozčlenění prosklených ploch fasády na čtyři menší části, objekt působí velmi přirozeně i vzhledem k jeho velikosti.



Science Pyramid, Denver, Colorado, USA

Burkett Design, 2014

Neobvykle tvarovaný objekt přírodovědného centra se nachází v botanické zahradě ve městě Denver v Coloradu. Jeho design byl odvozen od fungování a pohybů zemských desek, jejich kolizí a následným formováním nad zemským povrchem. Hmotu má dvě hlavní části, prostřední prosklená část vytváří symbolickou puklinu. Uvnitř se nachází interaktivní expozice týkající se ekosystémů, obnovitelných zdrojů energie a další. Objekt vyrůstá jako solitér mezi stromy a rostlinami a je obklopený částečně i vodní plochou.

Celá tato stavba je jakýmsi malým experimentem, do jakých tvarových extrémů lze z konstrukčního hlediska zajít a do jaké míry lze naplnit původní dosti abstraktní koncept dynamiky zemských desek. Zajímavá práce zde byla však provedena i s menšími detaily, konkrétně fotovoltaickými panely, které jsou rozmístěny po povrchu pyramid. Mají velmi neobvyklý šestiúhelníkový tvar, připodobňující povrch k pláštům včel, a dokonale tak zapadají do mozaiky dalších mnoha šestiúhelníků, které tvoří fasádu budovy. Panely byly vyrobeny na míru přesně pro tenhle účel. Jistě se nejednalo o levnou záležitost, ale celá tato budova je spíše demonstrací možností stavebních a dalších technologií. Panely využívají k optimálnímu zachycení slunečního záření sklonu jednotlivých částí objektu. Opticky narušují jednotlost povrchu díky svému tmavšímu odstínu a díky nerovnoměrnému rozmístění působí příhodně organicky a vhodně doplňují koncept centra věda-příroda.



Endesa Pavilion, Barcelona, Španělsko

IAAC, R. Rubio, M. Guerrero, 2011

Endesa Pavilion v hlavním městě Španělska je přinejmenším velmi pozoruhodný projekt, spadající do kategorie experimentální tvorby. Pavilon pracuje a adaptuje se na okolní prostředí jako téměř živá bytost. Za pomoci hi-tech dokáže reagovat na množství slunečního záření, teplotu, či povětrnostní podmínky a podle potřeby dokáže některé svoje části otevírat a zavírat.

Fotovoltaické panely jsou na jednotlivých pohyblivých částech domu prostě umístěny. Jejich počet závisí na tvaru a velikosti sklápějících se dílců, jinak nejsou dále řešeny. Celý tento pavilon je tak moc nezvyklý, že umístění fotovoltaických panelů na něm nikoho nepřekvapí, jejich umístění je vlastně naprosto logické.



Solar dynamic facade

House of Natural Resources, Zurich, Švýcarsko

kolektiv autorů při polytechnice ETH Zurich, 2010

Jiný, experimentální typ solární fasády, která se díky řadě senzorů dokáže sladit s vnitřním i vnějším prostředím a adekvátně na ně zareagovat, se nachází na budově „House of Natural Resources“ ve vysokoškolském kampusu ve švýcarském Curychu. Objekt sám slouží studentům a vědeckým pracovníkům k testování nejrozumnějších technologií.

Tato fasáda je vzhledově přitažlivá zejména kvůli možnosti pohybu a působí tak značně futuristicky. Může se nastavovat slunci nebo naopak stínit. Tvoří zvláštní prostorovou strukturu sestavenou z jednotlivě ukotvených čtvercových fotovoltaických panelů pootočených o 45 stupňů. Tato struktura dává části budovy, kde je umístěna, úplně jiný charakter, než mají ostatní části. Celek tak vytváří nepospolitý výraz. Jedná se ale o budovu, která celá sama je experimentem, což je třeba brát v úvahu a zaměřovat se proto především na fungování použitých systémů, než na celkovou estetiku.



Závěr

Na uvedených příkladech je patrné, že využití solárních systémů přímo na fasádě budovy může mít mnoho podob. Nejdůležitějším kritériem avšak pořád zůstává zeměpisná poloha objektu a jeho orientace ke světovým stranám, teprve které určí, v jaké míře je efektivní solární energii využívat.

Pracovat s panely se dá v jejich plných velikostech, ale čím menší je stavba, na kterou jsou umísťovány, tím větší riziko je, že výsledný vzhled fasády panely radikálně naruší, až zohyzdí. Ve větších měřítkách fungují panely jako jednoduché plochy, které působí na jednu straně elegantně díky svému lesklému povrchu, na druhou stranu někdy mohou vzbuzovat pocit větší monumentality, než jakou stavba snese.

Fotovoltaické panely mohou mít různé rozměry, podoby a tvary. Na příkladech je vidět, že poměrně dobře funguje roztříštění panelů do menších celků, a to buď tvarem hmoty domů, samostatných předsazených fasád, které fungují samy o sobě a jejich ztvárnění je na uvážení architekta/designéra, použitím rastrovaných panelů, nebo samotných panelů o malých velikostech tvořících větší celky.

Samostatnou kapitolou jsou také experimentální projekty, které pracují s dalšími systémy, které propojují člověka, hi-tech a zároveň vnitřní a vnější prostředí budov. A je na nás, jak tahle kapitola bude pokračovat dál.

Zdroje

1. <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/76890/F3-BP-2018-Jablonska-Sarka-Vyuziti_solarni_energie_v_podminkach_CR.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
2. <https://www.researchgate.net/figure/PV-solar-electricity-potential-in-Europe-Source-http-rejrceceuropaeu-pvgis_fig1_3245417884>
3. <<https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/fotovoltaika/ziskavanie-energie-z-fasady-ako-sucast-tzb>>
4. <<https://docplayer.cz/40224652-Vitajte-v-aquacity-poprad.html>>
5. <<http://www.earch.cz/cs/kombinace-alternativnich-zdroju-energie-v-aquacity-poprad>>
6. <<https://www.louisberger.com/our-work/project/photovoltaic-building-facade-university-cantabria-spain>>
7. <<https://www.wsp.com/en-RO/projects/photovoltaic-building-facade-for-university-of-cantabria>>
8. <<https://www.archdaily.com/779991/new-blauhaus-kadawittfeldarchitektur>>
9. <<https://www.archdaily.com/788371/denver-botanic-gardens-science-pyramid-burketttdesign/574824ffe58ece3d400002ea-denver-botanic-gardens-science-pyramid-burketttdesign-image>>
10. <<https://www.kadvacorp.com/design/nursery-design-ideas-folding-facade/>>
11. <<https://www.archdaily.com/340616/green-dot-animo-leadership-high-school-brooks-scarpa-architects>>
12. <<https://www.onyx solar.com/bursagaz-headquarters>>
13. <<https://iaac.net/project/endesa-pavilion/>>
14. <<https://archello.com/project/hikari-building-lyon>>
15. structurae.net/en/structures/hikari/media
16. <<https://aasarchitecture.com/2013/01/photovoltaic-pavilion-by-ortner-ortner-baukunst.html/>>
17. <<https://inhabitat.com/solar-ark-worlds-most-stunning-solar-building/>>
18. <<http://www.designmag.cz/architektura/644-nejstyrovejsi-solarni-elektrarna-stoji-v-japonsku.html>>
19. <<https://www.sccer-fee bd.ch/adaptive-solar-facade-solar-tracking-on-the-building-envelope/>>

Tato práce byla zpracována v letním semestru AR 2019/2020 na Fakultě architektury ČVUT v Praze v ateliéru Schleger-Kirovová.