

Možnosti zakomponovania fotovoltaických modulov do fasád budov

M. Budiaková: Photovoltaics Integrated into Buildings Facades. Život. Prostr., Vol. 40, No. 3, p. 155 – 159, 2006.

In the paper, technical, integrating and architectural characteristics of photovoltaic modules are presented. The technical parameters of photovoltaic modules and their integration into the façades are described in detail. The aesthetic appearance of the photovoltaic modules offers new design opportunities for the architectural composition. Architects apply the photovoltaic modules as part of the architectural intention. The paper interprets options of architectural composition from many types of photovoltaic modules.

Priama premena slnečnej energie na elektrickú vo fotovoltaických článkoch je jednou z najperspektívnejších možností energetického zásobovania z obnoviteľných zdrojov energie. Fotovoltaické články sa čoraz viac zdokonaľujú a technický vývoj fotovoltaických modulov prispieva aj k vývoju solárnej architektúry. Nové technické možnosti umožňujú nové formy stvárnenia solárnych budov. Najznámejší architekti svojimi dielami podnietili smerovanie architektúry využívajúcej fotovoltaické moduly. Estetické a efektívne využitie slnečnej energie predstavuje novú dimenziu v kompozičnom riešení architektonického diela.

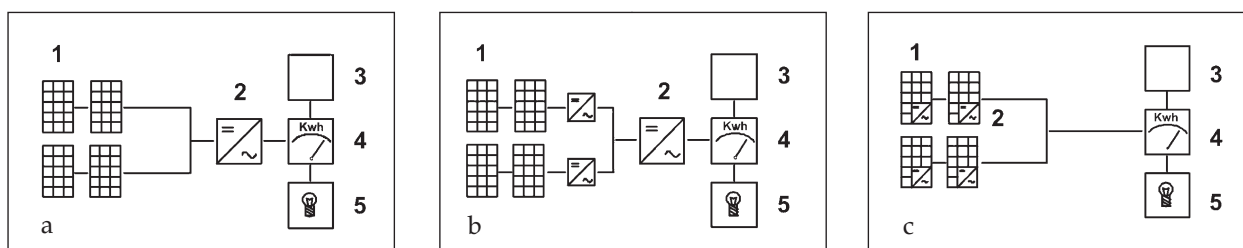
Fotovoltaické moduly sa môžu umiestniť na budovu i mimo nej. Umiestňujú sa na šikmé, ale aj ploché strechy, ale čoraz častejšie aj do fasád. Vznikajú takto čiastočné alebo úplné *fotovoltaické fasády*. Vloženie fotovoltaických modulov do obalu budovy má nasledujúce prednosti: nie je potrebná žiadna prídavná plocha, ani prídavná konštrukcia na umiestnenie, resp. upevnenie modulov a možno tiež ušetriť finančné prostriedky za nákup obkladových dielcov či povrchových materiálov fasády. Výhodnosť fotovoltaickej fasády je hlavne v jej viacúčelnosti. Pôvodné funkcie fasády (predovšetkým ochrana pred vplyvom počasia a hlukom, ako aj zateplenie) sú doplnené výrobou elektrickej energie. Tieto faktory sa znásobujú, takže výsledné pôsobenie je väčšie ako súhrn jednotlivých komponentov. Fotovoltaická fasáda sa preto nazýva aj *synergickou fasádou*.

Charakteristika fotovoltaických modulov

Základné rozmery fotovoltaických modulov sú od 500 x 500 mm do 1 600 x 2 200 mm. V poslednom období sú k dispozícii aj veľkoplošné bezrámové fotovoltaické moduly, ktoré sa dajú vyhotoviť v rôznych veľkostiach podľa individuálnych požiadaviek. Dodávajú sa s transparentným alebo s čiernym pozadím. Pri kryštalickej moduloch sa dajú viesť predné a bočné kontakty vertikálne alebo horizontálne a vzdialenosť buniek možno zvoliť od 3 do 30 mm.

Fotovoltaický systém pozostáva okrem modulov aj z elektrických čiasí. Rozlišujú sa dva základné fotovoltaické systémy: s napojením a bez napojenia na verejnú elektrickú sieť. Väčšina budov v zastavaných územiach je napojená na verejnú elektrickú sieť. Horské chaty a budovy v odľahlých oblastiach takéto napojenie nemajú. Pripojenie na sieť má niekoľko výhod. Pri nedostatku elektrického prúdu (v zimných dňoch a pri zamračenej oblohe) sa systém dozásobuje z verejnej siete, pri prebytku elektrického prúdu (v letných slnečných dňoch) odovzdáva prebytočný elektrický prúd do verejnej siete. Takýto systém umožňuje určitú flexibilitu, fotovoltaické moduly nemusia byť presne dimenzované na spotrebu budovy.

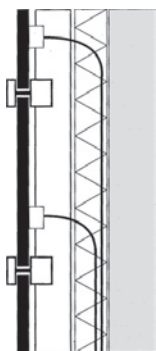
Základným prvkom fotovoltaického systému, okrem fotovoltaických modulov, je menič napätia v prípade pripojenia do siete (neplatí pri autonómnych systémoch). Voľba spôsobu zapojenia meniča napätia má vplyv na pripojenie fotovoltaických mo-



1. Možnosti umiestnenia meničov napätia: a – centrálna poloha meniča napätia, b – paralelné zapojenie meničov napätia, c – meniče napätia integrované do modulov; 1 – fotovoltaický modul, 2 – menič napätia, 3 – prípojka na sieť, 4 – meranie elektrického prúdu, 5 – elektrický spotrebič

dulov. Čím viac meničov napätia je napojených, tým viac samostatných jednotiek môže vzniknúť. Veľký počet samostatných jednotiek má význam pri čiastočnom zatienení fotovoltaických modulov. Zatienenie môže spôsobiť vyčnievajúca časť fasády, prekážka mimo budovy atď. V krajnom prípade má každý fotovoltaický modul vlastný menič napätia, a tak v prípade zatienenia nie sú ovplyvnené ostatné moduly. S väčším počtom meničov napätia rastú aj investičné náklady a treba rátať s plochou na ich umiestnenie. Existujú tri základné možnosti umiestnenia meničov napätia:

1. centrálna poloha meniča napätia (obr. 1a), 2. paralelné zapojenie meničov napätia (obr. 1b), 3. meniče napätia integrované do modulov (obr. 1c).



Integrácia fotovoltaických modulov do fasád

Rozlišujú sa tri základné typy fasád s integráciou fotovoltaických modulov: studená, studeno-teplá a teplá.

- **Studená fasáda** (obr. 2) je závesná a všetky časti má vybudované bez termického delenia. Nevzniká žiadne spojenie s izolačnou oblasťou budovy. Pri tomto type fasády sa využívajú tepelne izolované plochy stavby s ochranou pred vplyvmi počasia. Takáto fasáda pozostáva spravidla z jedného bezpečnostného skla, namiesto ktorého možno použiť fotovoltaický modul.

- **Studenoteplá fasáda**, v ktorej sa striedajú studené a teplé oblasti. Teplé oblasti sa dosahujú pomocou izolač-

2. Detail studenej fasády s elektrickým pripojením

ných materiálov a termicky delených profilov. Studené oblasti (napr. parapety) sú tepelne izolované plochy budovy s ochranou pred počasím zo skla alebo fotovoltaických prvkov.

- **Teplá fasáda** (obr. 3) má okrem statickej aj izolačnú funkciu a slúži aj na ochranu pred počasím a hlukom. Použité elementy pozostávajú z izolačných panelov, izolačných skiel alebo fotovoltaických modulov v spojení s izolačným sklom.

Členenie integrácie fotovoltaických modulov do troch základných typov fasád vzniklo na základe výskumnej spolupráce s Technickou univerzitou v Mníchove.

Pri integrácii fotovoltaických modulov do fasády je dôležité zabezpečiť ich vhodné vetranie, ktoré zabráni prehrievaniu, a teda poklesu ich výkonu v lete.

Možnosti zakomponovania fotovoltaických modulov do fasád

Na maximálne využitie slnečného žiarenia sú optimálne nezatienené fotovoltaické plochy orientované medzi juhovýchodom a juhozápadom. V každom prípade sa musí zabrániť tieneniu fasády prvkami vlastnej budovy (cloneniu konštrukčnými časťami fasády, napr. stĺpmi, priečkami a oknami) alebo inými budovami, prípadne stromami.

Fotovoltaické moduly môžu mať rôznu farbu: čiernu pri monokryštalickom materiáli, modrú pri polykryštalickom a červeno-hnedú pri amorfnom materiáli. Oproti kryštalickému kremíku výhodou tenkých filmov (amorfný kremík, CdTe, CIS) je lepšia odolnosť voči prehrievaniu, a tým možnosť vhodnejšieho architektonického zakomponovania



3. Detail teplej fasády s elektrickým pripojením



4. Administratívna budova v St. Gallene

vďaka tvárnosti a modularite. Aj sama farebnosť modulov môže výrazne prispieť k architektonickému vzhľadu fasády.

Fotovoltaické moduly možno umiestniť v rôznych častiach fasády, napr. na mieste parapetu (obr. 4), ďalšou možnosťou je oblasť atiky. Kombináciu oboch spôsobov použili na budove v Biel-Bözingene (obr. 5). Na tejto budove bola vytvorená zaujímavá symetrická kompozícia z fotovoltaických modulov. Zabránilo sa tak vzniku jednotvárnej kompozície. Pri presklených schodištiach je výhodné aplikovať synergickú fasádu s transparentnými fotovoltaickými modulmi, aby sa zabezpečilo aj prirodzené osvetlenie schodišťového priestoru. Takáto synergická fasáda sa nachádza na budove bavorského ministerstva životného prostredia v Mníchove (obr. 6). Štítová stena je celá pokrytá fotovoltaickými modulmi a zvýraznená zaujímavým odtieňom fialovej farby. Fotovoltaické moduly sa môžu umiestniť aj na veľkých dominantných súvislých stenách v priečelí, ako napríklad na výškovej budove nemeckých železníc vo Freiburgu (obr. 7). Týmto spôsobom možno dosiahnuť želané zvýraznenie. Symetrické geometrické členenie fasády na menšie plochy a ich vystriedanie fotovoltaickými plochami je ďalšia kompozičná možnosť fasády (obr. 8). Štítová stena orientovaná do hlavnej ulice je kompozične dotvorená symetrickým geometrickým uložením fotovoltaických modulov. Takýmto umiestnením modulov získala fasáda nekonvenčný vzhľad.

Aj pasívne solárne prvky – zimné záhrady – sa často dotvárajú fotovoltaickými modulmi. Napríklad obytný dom so zimnou záhradou v Berne slnečnú energiu využíva aj aktívne (obr. 9). Z menších seg-

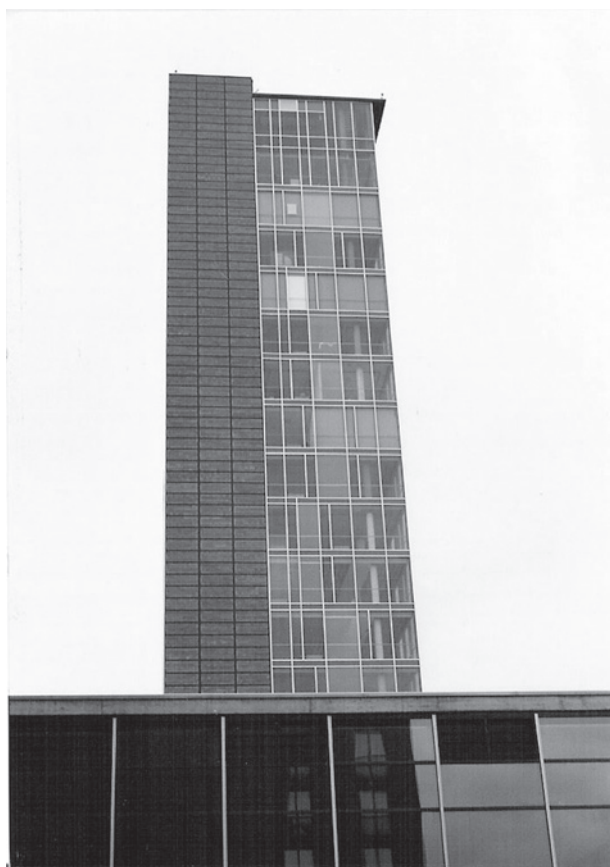


5. Budova v Biel-Bözingene

6. Bavorské ministerstvo životného prostredia v Mníchove



mentov fotovoltaických modulov možno vytvoriť mierne obúk, ale aj veľké zakrivené plochy, napr. cylindrické, možno pokryť fotovoltaickými modulmi. Vý-



7. Budova nemeckých železníc vo Freiburgu



8. Budova v Zürichu

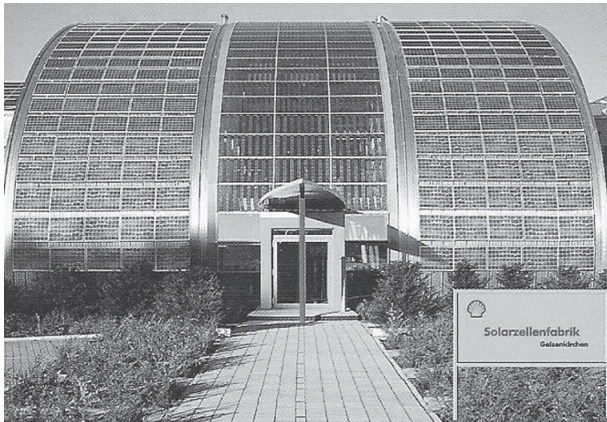
9. Obytný dom so zimnou záhradou v Berne



robná hala v Gelsenkirchene má architektonicky zvýraznenú zakrivenú fasádu, ktorá je dotvorená fotovoltaickými modulmi (obr. 10). Veľmi často bývajú slnečné clony nad pásom okien vytvorené z fo-

tovoltických modulov. Takto komponované slnečné clony dodávajú fasáde výrazné horizontálne členenie. Fotovoltaické moduly sa umiestňujú aj na netradičných stavbách, napríklad sakrálnych, kde je citlivé estetické zakomponovanie obzvlášť dôležité. Častým riešením je dodatočné umiestnenie fotovoltaických modulov pri rekonštrukcii fasády.

Na Solárnom centre vo Freiburgu vznikla umiestnením fotovoltaických modulov vo fasáde (obr. 11) úplne hladká monoliticky pôsobiaca sklená plocha. Integráciou fotovoltaických modulov do sklenej plochy sa vytvoril nový typ fasády, ktorá vyrába elektrický prúd, ale vzhľadovo pôsobí ako sklená jednotka. Účelne a vhodne sú skombinované v zasklenej ploche okenné otvory a fotovoltaické moduly, ktoré sa vzhľadovo čiastočne odlišujú. Fotovoltaické moduly sú umiestnené aj na streche a pokrývajú plochu 73 m², kým vo fasáde 78 m². Fotovoltaické moduly zložené z monokryštálových buniek zabezpečujú 60 % celoročnej spotreby elektrického prúdu v budove.



10. Výrobná hala v Gelsenkirchene

Zaujímavým príkladom je aj administratívna budova v Troisdorfe (obr. 12), kde sú fotovoltaické moduly na zvýraznenej časti v harmonickej kompozícii s modulmi na mieste parapetu a atiky.

* * *

Fotovoltaické fasádne moduly sa technicky zdokonaľujú. Tri základné typy fasád, do ktorých ich možno začleniť, ponúkajú širokú možnosť aplikácie. Fasádne moduly vyrábajú síce menej elektrickej energie ako strešné, ale predstavujú progresívny prvok v architektonickej kompozícii.

Fotovoltaické moduly ovplyvňujú kompozičné riešenie priečelia budovy a vo výraznej miere sa podieľajú na modelovaní architektonického návrhu. Nové konštrukčné vyhotovenia fotovoltaických modulov pri vhodnom zakomponovaní do priečelia nepôsobia cudzorodo a nevhodne, naopak, môžu sa stať zaujímavým, dominantným, symetrickým či asymetrickým geometrickým prvkom, prípadne iným prvkom vo fasáde. Zakomponovanie fotovoltaických modulov má dôležitú funkciu pri riešení architektonickej i energetickej koncepcie budovy.

Práca vznikla s podporou grantovej agentúry VEGA, grantového projektu č. 1/2642/05

Literatúra

Budiaková, M. a kol.: Možnosti aplikácie fotovoltaických prvkov. *Stavebnícka ročenka 2002*. Bratislava : Jaga Group SR, 2002. s. 253 – 260.

Budiaková, M.: *Energeticky úsporné budovy*. Bratislava : A-Projekt, 2003, 200 s.



11. Solárne centrum vo Freiburgu

12. Administratívna budova v Troisdorfe



Budiaková, M.: Architectural Composition of Photovoltaic Facade. In: *International Conference – Solar Renewable Energy News – Research and Applications*. Florence, Italy, 2005, p. 143 – 148.

Foto: archív autorky

Doc. Ing. Mária Budiaková, PhD., Ústav architektúry I Fakulty architektúry STU, Nám. slobody 19, 812 45 Bratislava, budiakova@centrum.sk