

# Environmentálne hodnotenie stavebných materiálov, konštrukcií a budov

*E. Nagy: Environmental Assessment of Building Materials, Constructions and Buildings. Život. Prostr., Vol. 38, No. 4, 182 – 187, 2004.*

Building materials during their life cycle influence individual components of the environment as well as human health. Environmental optimization aims to find the most suitable solutions considering the widest scale of the components and effects. One of the most important tasks of environmental assessment is to balance the amount of energy in life cycle of the building. Assessments are applied on single construction layers, construction elements, building and its parts. The elaborated data can be used for the comparison of different solutions.

Nové požiadavky na energetickú bilanciu budov nás privádzajú k úvahám v širšom kontexte. Prostredníctvom hlavných cieľov definovaných v súvislosti s udržateľnou výstavbou, ako je znižovanie záťaže životného prostredia a tvorba kvalitného vnútorného prostredia, môžeme definovať aj úlohy optimalizácie stavebných materiálov, konštrukcií i budov samých. Nachádzame sa na počiatku skúmania vzájomne prepojených väzieb súboru environmentálnych účinkov výstavby a bývania.

## Globálne, regionálne a lokálne prejavy budovy

Každá budova istým spôsobom ovplyvňuje svoje okolie (t. j. vonkajšie i vnútorné prostredie) a jej prejavy možno sledovať na lokálnej, regionálnej alebo globálnej úrovni (tab. 1). Ovpľyňovanie okolitého prostredia môže mať rôznorodé prejavy, z tohto pohľadu môžeme hodnotiť napr. čerpanie zdrojov, znečisťovanie životného prostredia, kvalitu vnútorného prostredia, ale aj funkčný, estetický a sociálny kontext budovy. V súvislosti so sprísňovaním požiadaviek na energetickú náročnosť budov treba naďalej rozvíjať nástroje na hodnotenie environmentálnych dôsledkov stavebných rozhodnutí.

## Kategórie environmentálnych účinkov

Zjednodušene možno povedať, že čím viac energie sa spotrebuje na výrobu stavebného materiálu alebo

výrobku, tým viac škodlivých emisií sa uvoľňuje do ovzdušia, čo v konečnom dôsledku znamená zvyšovanie záťaže životného prostredia. Preto je kyslíková bilancia priemyselne vyspelých krajín negatívna (napr. v Nemecku je spotreba kyslíka z ovzdušia štvornásobne vyššia ako množstvo, ktoré vyprodukujú rastliny). Škodlivé látky vznikajú aj pri náročných a často veľmi toxických technologických procesoch, napr. pri výrobe plastov alebo spracovaní kovov.

Potenciálne environmentálne škodlivé vplyvy pri výrobe stavebných produktov sa vyjadrujú určitými kategóriami environmentálneho účinku (medzinárodne označovanými aj ako klasifikácia CML<sup>3</sup>), ktoré udávajú ekvivalentné hodnoty produkovaných škodlivín. K najzávažnejším z nich patria:

- celkové množstvo primárnej energie (PEE), resp. zviazaná hodnota primárnej energie – je súčtom energetických hodnôt všetkých neobnoviteľných energetických zdrojov použitých vo výrobnom reťazci produktu; zahŕňa energetické nároky na získanie surovín a ich prepravu, na spracovanie východiskovej suroviny, výrobu, balenie, naloženie, dopravu na stavenisko, spracovanie a montáž na stavbe,
- potenciál globálneho otepľovania (GWP) – súvisí so skleníkovým efektom, ktorý vzniká pôsobením skleníkových plynov; najzávažnejším z nich, čo do množstva, je oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>),
- potenciál poškodzovania ozónovej vrstvy (ODP) – v dôsledku katalyzačného účinku halogénov za zvláštnych klimatických podmienok; za tento jav sú v pr-

Tab. 1. Typické environmentálne účinky budovy na globálnej, regionálnej a lokálnej úrovni

Prejavy budovy				
Úroveň prejavu	kategória environmentálneho účinku	anglický názov	skratka	jednotky
Globálna	zviazané hodnoty energie	embodied energy	EE	MJ.kg <sup>-1</sup> , GJ.t <sup>-1</sup> , GJ.m <sup>-3</sup>
	globálne otepľovanie	global warming potential	GWP	ekv. emisie CO <sub>2</sub> v kg
	poškodzovanie ozónovej vrstvy	ozone destruction potential	ODP	ekv. emisie CFC 11 v kg
	odpadové teplo	waste heat	WH	ekv. teplo v TJ
Regionálna	acidifikácia	acidification potential	AP	ekv. emisie SO <sub>2</sub> v kg
	eutrofizácia pôdy a vôd	nutrification potential	NP	ekv. emisie PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> v kg
	fotokemická oxidácia – letný alebo zimný smog	photochemical ozone creation potential	POCP	ekv. emisie etylénu v kg
	zaťaženie kvality vôd	aquatic ecotoxicity	ECA	ekv. znečistenie m <sup>3</sup> vody
Lokálna	spotreba zdrojov (pozemky, energie, voda atď.)	recources requirements	RR	rôznorodé (m <sup>2</sup> pôdy, MJ energie, m <sup>3</sup> vody atď.)
	humánnotoxikologické zaťaženie kvality vnútorného prostredia	human toxicity, classification factors for air, water, soil	HCA, HCW, HCS	kg telesnej hmotnosti kriticky zaťaženej počas jedného dňa
	funkčné vlastnosti	/	/	ťažko kvantifikovateľné
	estetické vlastnosti	/	/	ťažko kvantifikovateľné
	sociálne a iné súvislosti	/	/	ťažko kvantifikovateľné

Zdroj: Tywoniak, 2001

vom rade zodpovedné plnofluórchlórované uhľovodíky (CFC),

- *potenciál acidifikácie (AP)* – ide najmä o vznik kyslého dažďa, ktorého hlavnou príčinou sú reakcie oxidov dusíka (NO<sub>x</sub>) a oxidu siričitého (SO<sub>2</sub>) s inými zložkami ovzdušia,
- *potenciál tvorby fotooxidantov (POCP)* – vplyvom slnečného žiarenia môžu reakčné plyny vytvárať fotooxidanty, a tým zapríčiniť letný alebo zimný smog v mestách a ich okolí, najzávažnejším produktom tejto fotochemickej reakcie je ozón,
- *potenciál eutrofizácie pôdy a vôd (NP)* – pri stanovovaní eutrofizácie sa berú do úvahy zložky obsahujúce dusík alebo fosfor (fosfáty).

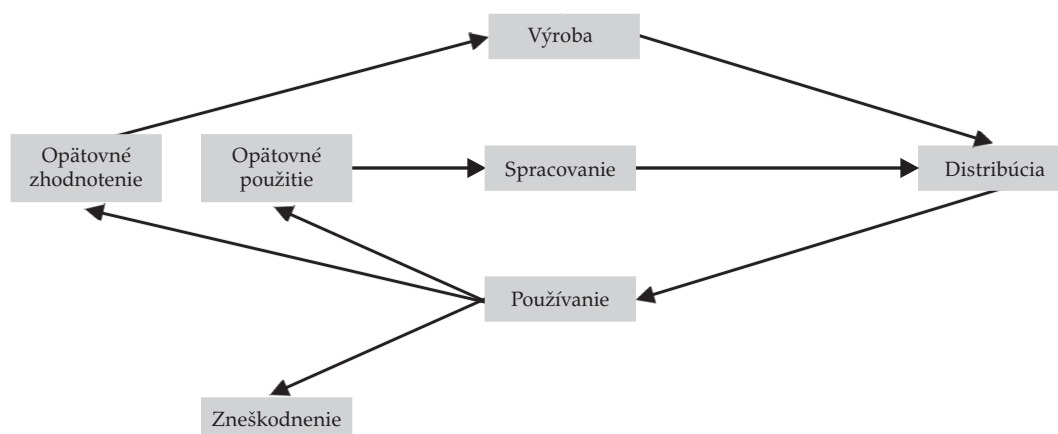
### Metódy energeticko-emisného hodnotenia budov

Jednou z najvýznamnejších úloh environmentálneho hodnotenia je bilancovanie množstva energie v celkovom životnom cykle budovy, pri ktorom sa berie do úvahy spôsob jej premeny a distribúcie. Najjednoduchší hodnotiaci postup sa zvyčajne aplikuje na jednotlivé konštrukčné vrstvy (napríklad na tepelnoizolačnú vrstvu), na celý konštrukčný prvok (napríklad vzhľadom na jednotkovú plochu), na budovu či jej časti (na

príklad vzhľadom na podlahovú plochu). Spracované údaje možno použiť na porovnanie rôznych variantov riešenia a výsledky takýchto základných hodnotení na úrovni budovy sa môžu stať súčasťou širšieho hodnotenia rôznorodej škály vstupných údajov. Porovnateľnými fyzikálnymi veličinami môžu byť okrem množstva energie aj celkové ekvivalentné emisie, napr. CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub>.

• *Zviazané hodnoty energií z neobnoviteľných zdrojov a ekvivalentné emisie CO<sub>2</sub>*. Zviazaná energia je súčtom hodnôt energií potrebných na získavanie surovín, ich spracovanie do podoby stavebných materiálov alebo výrobkov, prepravu až po proces výstavby. Zviazané množstvo CO<sub>2</sub> je množstvo CO<sub>2</sub> vznikajúce v dôsledku uvoľnenia zviazanej energie materiálov alebo akýchkoľvek iných ekvivalentných emisií CO<sub>2</sub> uvoľnených v dôsledku chemických alebo výrobných procesov.

Zviazaná energia môže byť vyjadrená ako primárna energia alebo konečná energia. Častejšie sa používa hodnota primárnej energie, ktorá najvhodnejším spôsobom vyjadruje mieru vyčerpania fosílnych (neobnoviteľných) energetických zdrojov. Primárna energetická hodnota stanovuje ekvivalentnú hodnotu tepelnej energie a neobsahuje hodnoty neobnoviteľnej



1. Životný cyklus stavebného materiálu

energie (ako je napr. biomasa, slnko, voda, vietor, geotermálna energia atď.), ani energie získavanej z odpadov a ľudskej energie. Hodnota primárnej energie je väčšia ako hodnota konečnej energie, pretože zahŕňa aj straty z premeny, distribúcie a uskladnenia energie.

. *Posudzovanie energetickej náročnosti budov.* Z hľadiska komplexného environmentálneho hodnotenia energetickej náročnosti budov sa neposudzujú len prevádzková energetická spotreba budovy. Kon-

krétne požadované parametre možno uviesť na príklade energetickejšieho pasívneho domu, ktoré sú najaktuálnejším vývojovým stupňom energetickejšieho úspornejšieho výstavby a ich tepelné straty sú minimalizované do takej miery, že nevyžadujú konvenčný vykurovací systém.

Energetickú spotrebu energetickejšieho pasívneho domu neurčuje len hodnota mernej potreby tepla na vykurovanie, ktorá sa pohybuje v rozpätí 5 – 15 kWh/(m<sup>2</sup>.a = kWh na 1 m<sup>2</sup> úžitkovej plochy bytu za jeden rok), resp. mernej tepelnej záťaže (do 10 W. m<sup>-2</sup>), ale aj:

- merná hodnota celkovej primárnej energie (t. j. energie z fosílnych zdrojov použitej na výrobu tepla či na potrebné výkony a energie na prepravu paliva), ktorá nesmie prevýšiť 120 kWh/(m<sup>2</sup>.a),
- merná hodnota celkovej konečnej energie (skutočne použitej energie na výrobu tepla/vykurovanie, prípravu TUV, riadené vetranie, osvetlenie, varenie a prevádzku domácich spotrebičov/vykurovací olej, plyn, elektrina, pelety a pod.), ktorá nesmie prevýšiť 42 kWh/(m<sup>2</sup>.a).

Z porovnania výsledkov existujúcich energetickejšieho pasívnych domov v zahraničí a štandardných domov postavených podľa súčasných stavebných zákonov vyplýva, že okrem úspor prevádzkovej energie (ca o 80 %) sú v prvom prípade evidentné aj energetické úspory energie primárnej (57 %) i konečnej (52 %).

### Environmentálna optimalizácia na úrovni stavebných materiálov

Stavebné materiály počas ich životného cyklu ovplyvňujú jednotlivé zložky životného prostredia a ľudské zdravie veľmi rozdielnou mierou. Environmentálna optimalizácia znamená najširšie najvhodnejšie riešenia pri zohľadnení čo najširšej škály týchto zlo-

Tab. 2. Príklad zoznamu stavebných materiálov s environmentálnym hodnotením

Tepelná izolácia obvodovej steny v styku s terénom	
Doska z extrudovaného polystyrénu XPS	--
Doska z expandovaného polystyrénu EPS	o
Doska z penového skla	+
Doska z XPS penená CO <sub>2</sub>	o
Vonkajšia omietka (mimo oblasti sokla)	
Umeloživičná omietka s obsahom rozpúšťadla	--
Umeloživičná omietka disperzná	-
Cementová omietka	o
Vápenná omietka	++
Vápenno-cementová omietka	+
Silikátová omietka	+

++ odporúčané riešenie, + vhodné riešenie s nepatrnými environmentálnymi nedostatkami, o riešenie s environmentálnymi nedostatkami, príp. kompromisná alternatíva, - riešenie s výraznými environmentálnymi nedostatkami, existuje environmentálne vhodnejšia alternatíva, -- environmentálne celkom nevhodné riešenie

žiek a účinkov. Pritom by sa mali brať do úvahy environmentálne vplyvy stavebných materiálov počas hlavných fáz ich životného cyklu (t. j. výroba, používanie, odstránenie, zhodnotenie a zneškodnenie). Pri celkovom posudzovaní vlastností stavebných materiálov a výrobkov sa zohľadňujú všetky aspekty tvoriace ich environmentálnu bilanciu ako výsledok tzv. analýzy životného cyklu (obr. 1).

Rozhodovanie o druhu použitých stavebných materiálov na výstavbu budovy by sa malo opierať o vedecké poznatky, konečné rozhodnutie však závisí od kritérií zvolených investormi a projektantmi. Pri environmentálnej optimalizácii sa odporúča riadiť týmito zásadami:

- uprednostniť obnoviteľné suroviny,
- uprednostniť stavebné materiály z recyklovaných materiálov,
- uprednostniť regionálne produkty,
- uprednostniť materiály vyrobené s minimálnou náročnosťou,
- uprednostniť produkty s dlhou životnosťou,
- uprednostniť materiály s bezproblémovou recyklovateľnosťou,
- vyhýbať sa produktom s obsahom látok s negatívnymi účinkami na ľudské zdravie a životné prostredie,
- vyhýbať sa produktom, z ktorých sa počas montáže alebo používania uvoľňujú škodlivé látky,
- vyhýbať sa materiálom, ktoré sa musia zneškodniť ako nebezpečný odpad.

Najvhodnejšie je porovnať environmentálne účinky stavebných materiálov podľa jednotlivých kategórií, napr. podľa celkového množstva primárnej energie, potenciálu globálneho otepľovania alebo potenciálu acidifikácie. Napríklad potenciál globálneho otepľovania tepelnoizolačných dosiek (napr. z extrudovaného polystyrénu XPS alebo polyuretánu PUR) nadúvaných neplnohalogénovanými chlórfluórovanými uhlíkovými (HCFC) je šesť až dvadsaťnásobne vyšší v porovnaní s doskami nadúvanými CO<sub>2</sub>.

### Zdravotné účinky stavebných materiálov

Porovnanie podľa kategórie environmentálneho účinku môže pokryť len časť environmentálneho hodnotenia stavebného materiálu. Na zistenie možného zdravotného zaťaženia pri montáži alebo používaní stavebného materiálu sú potrebné dodatočné informácie, ktoré možno získať z nasledujúcich zdrojov:

- zoznamov stavebných produktov s environmentálnym hodnotením (tab. 2),
- environmentálnej deklarácie výrobcu, resp. potvrdenia údajov nezávislou inštitúciou,
- hygienického certifikátu o uvoľňovaní škodlivých látok,

**Tab. 3. Porovnanie environmentálnych účinkov referenčných konštrukčných druhov obvodovej steny**

Stavebno-fyzikálne vlastnosti	Konštrukcia	
	K1	K2
Súčiniteľ prechodu tepla U (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,31	0,3
Index vzduchovej nepriezvučnosti R × w (dB)	56	55
Požiarne odolnosť (min.)	90	90
Kondenzát/vyschnutie (kg/(m <sup>2</sup> .a))	0/3,15	0,94/3,35
Akumulačne účinná hmota vo vnútri (kg.m <sup>-2</sup> )	85	85
<b>Kategórie environmentálneho účinku</b>		
Celková hrúbka (cm)	47	38
Biotické zdroje (kg.m <sup>-2</sup> )	22	0
Abiotické zdroje (kg.m <sup>-2</sup> )	215	240
Celkové množstvo primárnej energie (MJ.m <sup>-2</sup> )	700	850
Potenciál globálneho otepľovania (kg CO <sub>2</sub> - ekv.m <sup>-2</sup> )	-3,2	44
Potenciál acidifikácie (kg SO <sub>2</sub> - ekv.m <sup>-2</sup> )	152	164
Náročnosť montáže	-	o
Poveternostná ochrana	+	o
Náročnosť údržby	+	o
Odstrániteľnosť	+	-
Zhodnotiteľnosť vybraného materiálu	o	-

Zdroj: Ökoinform, 2003

K1 - zavesená fasáda, K2 - kontaktný zatepľovací systém. Hodnotenie: + pozitívne; o priemerné; - negatívne.

- ekologickej značky vydanéj autorizovanou inštitúciou.

### Environmentálna optimalizácia na úrovni stavebných konštrukcií

Ku kritériám na úrovni optimalizácie stavebných materiálov v štádiu navrhovania stavebných konštrukcií pribúda kritérium spracovania stavebných materiálov a ich odstrániteľnosť po doslúžení. Ako hlavná zásada platí: Uprednostňovať jednoduché konštrukcie s nízkou materiálovou diverzitou. Pri výbere možných alternatív sa posudzujú funkčne ekvivalentné konštrukcie, napr. v prípade vonkajších stavebných prvkov by mali byť zhodné hodnoty súčiniteľa prechodu tepla U; splnenie statických, akustických a požiarnebezpečnostných požiadaviek by malo byť samozrejmosťou.

Posúdenie vlastností konštrukcie môžeme demonštrovať na príklade prevzatom z Rakúskeho ekologicke-





Drevo je veľmi perspektívny stavebný materiál aj z hľadiska koncepcie udržateľného rozvoja. Rámová stavba rodinného dreveného domu.

Foto: autor

kého katalógu stavebných prvkov. Posúdenie sa týka dvoch referenčných konštrukčných druhov obvodovej steny:

- K1 – *zavesená fasáda*: drevený obklad 2 cm, latovanie 3 cm, kontralatovanie, vetrová zábrana 4 cm, minerálna vlna medzi latovaním 12 cm, pórovitá dierovaná tehla 25 cm, vápenná omietka 1 cm.
- K2 – *kontaktný zatepľovací systém*: silikátová omietka armovaná 2 cm, minerálna vlna 10 cm, pórovitá dierovaná tehla 25 cm; vápenná omietka 1 cm.

• **Porovnanie referenčných konštrukcií z environmentálneho hľadiska:**

- *Zavesená fasáda* – po doslúžení ju možno relatívne ľahko rozložiť na jednotlivé komponenty, pretože tepelnoizolačný materiál nie je lepený; z materiálovej rôznorodosti však vyplýva množstvo spôsobov zneškodňovania. Oddeliteľné súčasti: tepelnoizolačný materiál, vetrová zábrana, latovanie, obklad. Neoddeliteľné súčasti: tehla. Materiálové zhodnotenie: dobré, pretože materiál nie je znečistený.
- *Kontaktný zatepľovací systém*. Pevne spojená zmiešaná konštrukcia je ťažko rozložiteľná. Ťažko oddeliteľné súčasti: murivo/ tepelnoizolačný materiál. Neoddeliteľné súčasti (vzhľadom na čistú druhovosť materiálov): tehla/ malta/ omietka/ tepelnoizolačné zvyšky. Materiálové zhodnotenie: obmedzené – len rozdrvené murivo možno použiť ako náhradu štrku.

• **Celkové environmentálne posúdenie:**

Ako vyplýva aj z tab. 3, pri rovnakých stavebno-fyzikálnych vlastnostiach preukazuje zavesená fasáda v porovnaní s kontaktným zatepľovacím systémom v takmer všetkých parametroch lepšie výsledky, okrem celkovej hrúbky steny a náročnosti montáže v dôsledku potreby otvorov na prívod a odvod vzduchu a montáže latovania.

**Environmentálna optimalizácia na úrovni budovy**

Po výbere environmentálne vhodných stavebných materiálov a konštrukcií je ďalším krokom environmentálna optimalizácia celej budovy. Na tejto úrovni je rozhodujúcim kritériom celková spotreba zdrojov a zaťaženie životného prostredia v dôsledku zásobovania budovy energiami. Energeticky pasívny štandard budovy ako najperspektívnejší spôsob výstavby

by má výnimočnú kvalitu v zmysle energetickej efektívnosti, nie však z hľadiska stavebnej technológie. Spotreba zdrojov na výstavbu energeticky pasívneho domu (ďalej EPD) a na jeho prevádzku počas predpokladaných 100 rokov užívania sú približne rovnaké. Na porovnanie možno uviesť, že prevádzková energetická náročnosť dnes bežnej budovy počas celej jej životnosti tvorí približne päť- až šesťnásobok investičnej energetickej náročnosti, t. j. nákladov na jej výstavbu. Hoci zvýšenie spotreby zdrojov na výstavbu EPD oproti bežnému domu dosahuje maximálne 3 %, tieto zvýšené nároky sa v krátkom čase kompenzujú v dôsledku desaťnásobne nižších prevádzkových nárokov.

• **Porovnanie rôznych konštrukčných systémov z environmentálneho hľadiska.** Prezentované porovnanie sa týka referenčného štvorpodlažného EPD so štyrmi bytmi s celkovou obytňou plochou 427,5 m<sup>2</sup>, ktorého výstavba je uvažovaná v troch alternatívnych stavebných technológiách:

- *štandardný masívny konštrukčný systém* z bežných stavebných materiálov: železobetónové steny s kontaktným zateplením z penového polystyrénu EPS, železobetónové stropy,
- *kombinovaný konštrukčný systém* s čiastočným podielom obnoviteľných surovín: železobetónový skelet s obvodovými stenami z ľahkých dielcov na báze dreva s celulózovou tepelnoizolačnou vrstvou, železobetónové stropy,

- *ľahký konštrukčný systém s takmer 100 % podielom obnoviteľných surovín: drevená hrazdená konštrukcia s ľanovou tepelnoizolačnou vrstvou, stropy z vrstveného dreva.*

Vo všetkých troch variantoch sa uvažovalo s osvedčenými konštrukciami s rovnakými hodnotami tepelnej ochrany a vzduchotesnosti. Pre bilančné výpočty náročnosti výstavby a prevádzky referenčnej budovy sa zvolili dve profilové kategórie environmentálneho účinku: celkové množstvo primárnej energie z neobnoviteľných zdrojov ako miera spotreby zdrojov a potenciál globálneho otepľovania ako miera klimatickej škodlivosti. Obe preukazujú pri všetkých troch konštrukčných systémoch rovnaké výsledky: výstavba budovy v štandardnom masívnom konštrukčnom systéme je spojená s podstatne väčšou spotrebou zdrojov ako zvyšné dve technológie. Potenciál úspor pri použití obnoviteľných surovín by v súčasnosti činil približne 30 %. Stavanie budov z obnoviteľných surovín by teda výrazne prispelo k odbremeneniu záťaže životného prostredia. Energeticky pasívny dom z obnoviteľných surovín má okrem toho veľkú výhodu v tom, že jeho potenciál globálneho otepľovania je prakticky nulový: skleníkové emisie spôsobené výrobnými procesmi sú kompenzované viazaním uhlíka v obnoviteľných stavebných materiáloch.

• *Porovnanie so zohľadnením celkového životného cyklu budov.* Z výsledkov výpočtov vrátane prevádzky (ako prevádzkové zaťaženie sa uvažuje len vykurovanie) vyplýva: v prípade celkového množstva primárnej energie činí rozdiel medzi jednotlivými variantmi približne 30 %, v kategórii potenciál globálneho otepľovania je rozdiel ešte výraznejší. Napríklad pri ľahkom konštrukčnom systéme z obnoviteľných surovín s plynovým vykurovaním je len polovičný v porovnaní s masívnym systémom.

Zreteľne sa prejavuje výber druhu vykurovacieho systému: pri použití vykurovania kusovým drevom určuje zaťaženie životného prostredia celkovým množstvom primárnej energie a potenciálom globálneho otepľovania takmer výlučne len výstavba budovy. Nemožno však prehliadnuť fakt, že pri iných druhoch zaťaženia životného prostredia, ako napr. potenciálom acidifikácie, by zaťaženie prostredníctvom vykurovania prevažovalo aj v prípade vykurovania kusovým drevom.



Výstavba energeticky pasívneho domu s nosnou drevenou konštrukciou a opláštením z moderných doskových prvkov na báze dreva.

Foto: autor

Optimalizáciu výberu stavebných materiálov, stavebných konštrukcií, ako aj výstavby a prevádzky budov z hľadiska ich účinkov na životné prostredie dnes možno uskutočniť na základe údajov z výsledkov dlhoročných výskumov a porovnávacích štúdií. Environmentálne dôsledky navrhovaných riešení treba stanoviť už počas procesu navrhovania, pokiaľ možno v ranom štádiu prác. Naznačené postupy environmentálneho hodnotenia by sa mali stať súčasťou komplexnejších metód hodnotenia výstavby a prevádzky budov.

#### Literatúra

- Krapmeier, H., Drössler, E.: CEPHEUS – Wohnkomfort ohne Heizung. Springer Verlag Wien, New York, 2001.
- Nagy, E.: Nízkoenergetický ekologický dom. Jaga group Bratislava, 2002.
- Ökologische Baustoffoptimierung. Themenfolder 2. Ökoinform, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Wien, 2003.
- Passivhaus aus nachwachsenden Rohstoffen. Themenfolder 3. Ökoinform. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Wien, 2003.
- Tywoniak, J.: Low Energy Buildings in Environmental Context. In: Sustainable Building & Solar Energy. Conference Proceedings. Brno, 2001.

**Ing. arch. Eugen Nagy, Nábřežie mládeže 81, 949 01 Nitra, [eugennagy@hotmail.com](mailto:eugennagy@hotmail.com), [eugen.nagy@post.sk](mailto:eugen.nagy@post.sk)**