

ENVIRONMENTÁLNE VLASTNOSTI DREVENÝCH STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ

Jozef Štefko, Martin Múčka*

Úvod

Dřevo provází člověka od nepaměti až do současné doby. Už v dávných dobách uměli naši předci si vyrobit jednoduché pracovní nástroje, které sloužily člověku při obdělávání půdy, k lovu zvěře apod. Tímto způsobem člověk poznával základní vlastnosti tohoto doposud nenahraditelného materiálu a to jeho pevnost, pružnost, tvrdost, hořlavost apod, i když člověk nevěděl tyto vlastnosti správně pojmenovat, ale věděl je správně použít. Což stačilo k tomu, aby dokázal v těžkých životních podmínkách přežít. Věděl použít přírodní zdroj – čímž dřevo je – na stavbu vlastních jednoduchých obydlí. Po celá staletí a tisíciletí provází dřevo každého z nás od narození až po odchod z tohoto světa.

K efektivnímu využití dřevní suroviny tomu není jinak ani na přelomu 20. a 21. století, jenom s tím rozdílem, že na základě poznatků z jednotlivých vědních disciplín jako jsou nauka o materiálu, pevnost, pružnost a v neposlední řadě i z disciplíny tepelně-technických vlastností materiálu s návazností na stavební tepelnou fyziku, si každý z nás uvědomuje, jaký přírodní prvek /patřící do obnovitelných zdrojů/ máme a tím více je potřeba a to v rámci z globálního pohledu se naučit s tímto nezastupitelným přírodním ekvivalentem hospodařit a patřičným způsobem správně a efektivně umět využít jeho vlastnosti, které jsou nám dány, a které není možné, žádnou technologií v rámci imitace dřeva nahradit. Dřevo, jak všichni velmi dobře víme, patří do heterogenních anizotropních materiálů, čímž dostáváme v různých směrech a řezech velmi odlišné mechanicko – fyzikální vlastnosti a není tomu jinak ani u vlastností tepelných.

Dřevo jako přírodního materiálu je využíváno ve všech oblastech a odvětvích jako jsou především nábytkářský průmysl, papírenský průmysl, automobilový průmysl, důlní průmysl a v neposlední řadě i průmysl stavební. Ve stavebním průmyslu se za komunistické éry používalo dřevo především jako na stavbu střech a dále jako tyčovina a to na podpěrné sloupky stropů, překladů, zapažování ve výkopech při zemních pracích apod. Zlom přišel po vnitropolitických změnách v roce 1989 stejně tak, jako v jiných odvětvích tomu nebylo jinak ani v dřevozpracujícím průmyslu a začalo se stále více využívat dřevo jako přírodního materiálu i při hlavní stavební výrobě/HSV/, a to jako hlavního stavebního prvku.

Musím podotknout, že v porovnání s ekonomicky vyspělými zeměmi a to nejen v rámci Evropské unie, ale i se státy jako jsou Austrálie, Nový Zéland, USA a Kanada, naše republika v této problematice zaostává, což je způsobeno podle mého názoru, především předsudky, potřebné technické neinformovanosti a konzervativním chováním některých architektů a investorů. Většina populace se domnívá, že dřevo má opodstatnění pouze v nábytkářském a papírenském průmyslu. Tato představa je velmi krátkozraká, protože nejsou dostatečně využity všechny mechanicko-fyzikální a tepelně-technické vlastnosti dřeva.

Taky mi to nedá nevzpomenout několik čísel a faktů vycházející ze stavby dřevostaveb k poměru celkové stavební výroby. Podíl dřevostaveb: Rakousko 9%, Německo a Švýcarsko asi 10% k počtu všech staveb na stavebním trhu, Velká Británie zaujímá cca 15-50 % skandinávské země cca 55-65% a zaoceánské země, jako USA, Kanada a Austrálie dosahují čísel až 80 % svého stavebního trhu - pouze z 20ti% jsou zde stavěny stavby na bázi silikátové-keramické.

Energie a energetické zdroje, jejich množství, správné využití mají ve svém energetickém programu všechny národní vlády. Správné hospodaření a koncepční přístup pozitivně ovlivňuje ekonomiku země, HDP a v tom případě i na celkovou životní úroveň a dlouhodobý pozitivní a udržitelný rozvoj ekologie. Jinými slovy řečeno, abychom se měli dobře, populace bohatla, ale ne na úkor životního prostředí.

Aby stavby jako takové byly co nejmíň náročné na energii, je hledat nejen snižování měrné spotřeby energie na vytápění (zateplení, rekonstrukce apod.), ale dívat se ještě dál a komplexněji a v širších souvislostech a hledat materiály na přírodní bázi na jejichž pořízení je spotřebováno méně energie než na mat. dosud používané (pálené cihly, železobeton apod.).

Metódy environmentálneho hodnotenia

V súvislosti s environmentálnym hodnotením budov existuje niekoľko skupín problémov, ktoré sú charakterizované nasledovnými otázkami:

- Aká je kvalita užívateľského komfortu, definovaná celým radom objektívnych merateľných indikátorov, ako je: teplotný stav, vlhkosť, sálenie, prúdenie vzduchu, vizuálna a akustická pohoda, prítomnosť znečisťujúcich látok, mykotoxínov a alergénov, bezprašnosť, elektrický náboj, elektromagnetický smog, PH prostredia apod.; alebo subjektívnych faktorov: estetika prostredia, farba a textúra povrchov, bezbariérovosť, informačný systém, prítomnosť pozitívnych stresových javov (napríklad krátkodobé vyvetranie čerstvým vzduchom) apod.?
- Aká je energetická efektívnosť budovy a akú environmentálnu záťaž, vyčíslenú v množstve emisií do prostredia v prevádzkovom štádiu budova predstavuje?
- Aký zdroj energie budova spotrebuje na svoju prevádzku (neobnoviteľný, alebo obnoviteľný)?
- Akú environmentálnu záťaž predstavujú materiály, zabudované do stavby?
- Ako stopu zanechá budova v prírodnom prostredí počas celého životného cyklu, t. j. od výroby stavebných materiálov, dopravy na miesto stavby, montáže, prevádzky, údržby až po likvidáciu a prípadnú recykláciu?

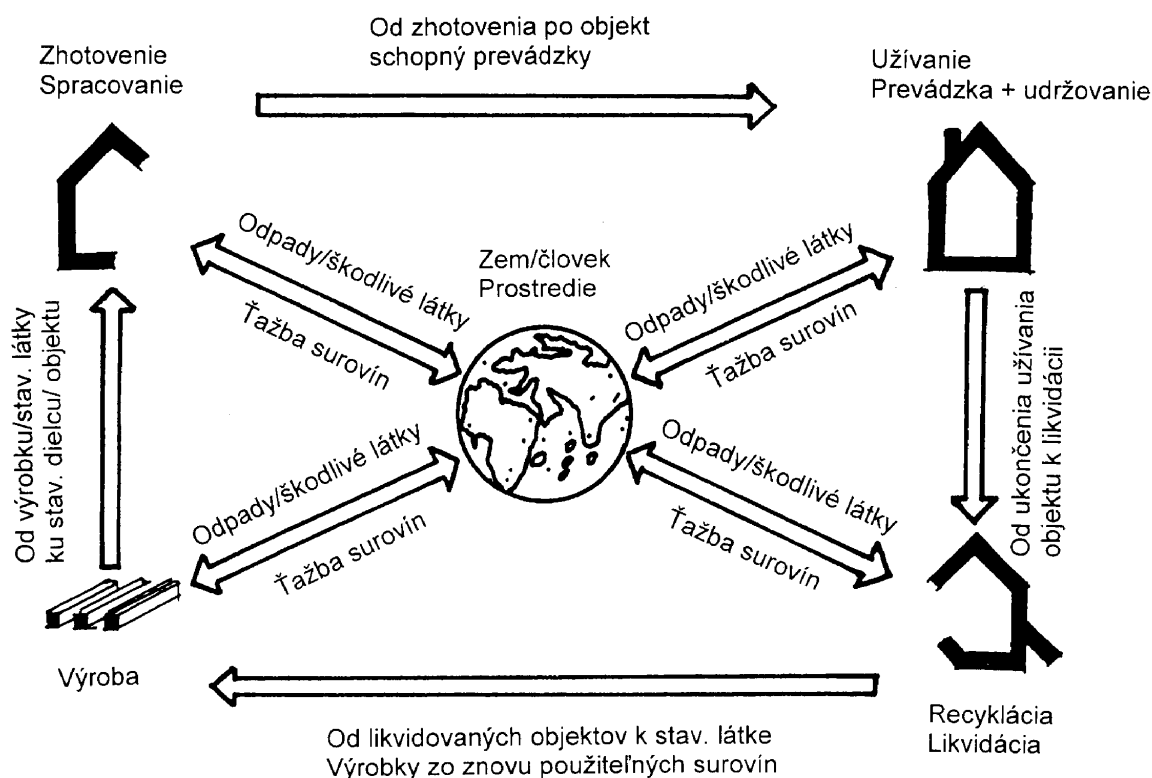
Metódy environmentálneho hodnotenia budov sa vyvíjajú už zhruba 20 rokov a na ich základe postupne vznikli výpočtové modely a softverové nástroje, ktoré sa odlišujú rozsahom a mierou hodnotenia jednotlivých faktorov. Environmentálne hodnotenie budov v súvislosti s princípmi trvalo udržateľného rozvoja predstavuje komplexný multidisciplinárny a multikriteriálny problém, pričom komplexnosť sa prejavuje vo všetkých úrovniach hodnotenia [1]. V súčasnosti sa stále vo väčšej miere presadzuje užívateľský komfort, teda okrem ekonomických a technických parametrov sa do nich zahrňujú aspekty sociálne, psychofyzické a kultúrne.

Dnes už je známych niekoľko desiatok metód, pričom niektoré sú na úrovni pomocných nástrojov pre projektoantov a niektoré sa postupne zapracovávajú do legislatívy na národných alebo nadnárodných úrovniach. Podľa úrovne zamerania ich možno rozdeliť [12]:

- modely zamerané na hodnotenie environmentálnych parametrov materiálov a konštrukčných prvkov (napr. ENVEST, BEES, OI3_{KON}),
- modely zamerané na posudzovanie výrobných procesov (napr. GEMIS)
- modely vychádzajúce z komplexného hodnotenia budov z hľadiska vnútorného prostredia ale i z hľadiska vplyvu budovy na trvalú udržateľnosť vonkajšieho prostredia (napr. LEED, BREEAM, Green Globes, EcoProfile, CASBEE, HK-BEAM, NABERS)

V súvislosti s environmentálnym hodnotením sa najviac pertraktovaná Metóda LCA (Life Cycle Assessment - Metóda posudzovania životného cyklu). Všeobecne sa používa na určenie negatívnych dopadov ľubovoľného systému na životné prostredie.

Metóda LCA je popísaná prostredníctvom súboru medzinárodných noriem (ISO 14040– 49). Podstatou metódy je určenie materiálových a energetických tokov smerom dovnútra a smerom von zo systému. Hlavnou prednosťou tejto metódy je práve systémový pohľad, pričom celý systém je sledovaný od začiatku zaťažovania životného prostredia (ťažba surovín, výroba stavebných materiálov a výrobkov), v priebehu užívania (prevádzka budov), až po likvidáciu (recyklácia). V celom procese je taktiež sledovaná spotreba palív a energie.



Obr. 1: Diagram životného cyklu budovy v interakcii s environmentálnym systémom

Súčasťou metódy LCA je posúdenie negatívnych vplyvov na životné prostredie, ako napríklad spotreba neobnoviteľných zdrojov energie, a s tým súvisiaca produkcia emisií CO₂. Na základe metódy LCA boli vyvinuté viaceré výpočtové modely a softverové nástroje na hodnotenie a porovnávanie stavebných materiálov, konštrukcií, technických zariadení i budovy ako celku. (EcoEffect vo Švédsku, ENVEST vo Veľkej Británii alebo ATHENA v Kanade) [11]. Metóda LCA vyžadujú pomerne veľké množstvo vstupných údajov, ktoré je nutné priebežne aktualizovať.

Tab.1: Přejhled nejznámějších hodnotících systému budov

země	nástroj	popis	charakteristika
Dánsko	BEAT	LCA	Hodnocení toku energií
Kanada	Athena		Hodnocení environmentálního vlivu staveb během životního cyklu.
Finsko	Promise		Hodnocení lidského zdraví, přírodní zdroje, ekologické důsledky. Environmentální management

Drevo – trvaloudržateľný a obnoviteľný zdroj surovín

Snaha o trvaloudržateľný rozvoj vnáša do spoločnosti určité znepokojenie, keďže vedie k snahe o znižovanie spotreby. Spotreba je na druhej strane kľúčovým poháňadlom ekonomiky, pretože ekonomický rast požaduje narastanie spotreby. Pre funkciu demokratických systémov to spravidla prináša značné ťažkosti. Spotreba je problémom vtedy, ak spotrebujeme konečné, nie trvalo udržateľné zdroje [1].

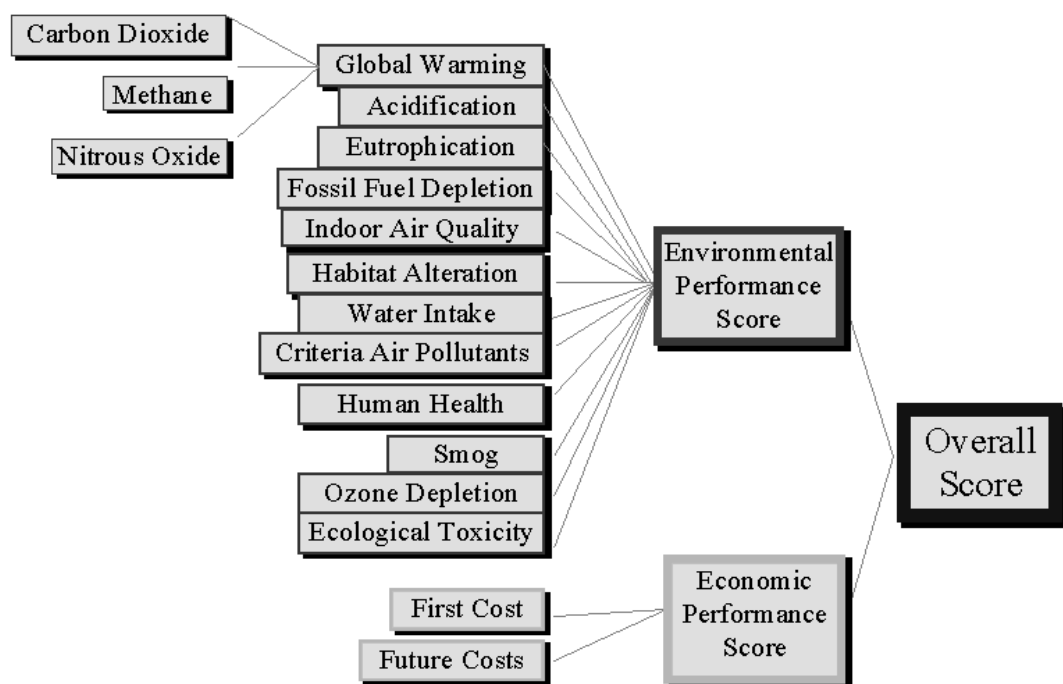
Energia je jeden z našich najväčších zdrojov, ktoré potrebujeme. Z trvalo udržateľných zdrojov energie je najdôležitejšie a najdostupnejšie slnko. Pre získanie a uchovávanie slnečnej energie je z environmentálne priateľských alternatív najvýhodnejšia fotosyntéza a rast stromov.

Na začiatku 21. storočia sa ukazuje naliehavá potreba prehodnotiť využitie prírodných surovínových zdrojov, ku ktorým patrí aj drevo. Podľa údajov FAO je celková spotreba guľatiny vo svete 3,4 mld. m³/rok. Ročný prírastok drevnej suroviny v lese sa odhaduje na 11 mld. m³, pričom zhruba dve tretiny lesa sú hospodársky využiteľné. Pri hodnotení materiálových báz sa stále viac presadzuje komplexný prístup zahrňujúci okrem iného disponibilnosť, fyzikálne, mechanické, technologické, vlastnosti, širšie chápané požiadavky tvorby a vplyvu na životné prostredie na rôznych úrovniach, ekonomické aspekty, ale aj v súčasnosti aktuálna energetická náročnosť. Drevo sa v rôznych formách využíva hlavne ako stavebný materiál.

Drevo je energeticky efektívne a priateľské pri jeho využívaní. Drevo je všestranné a použiteľné – pre viac ako 100 000 rozdielnych výrobkov. Ak sa nedávno minulé trendy nahrádzania masívneho dreva zdajú byť odvrátené, nie je to len v súvislosti s energetickou krízou, ale tiež z dôvodu zmeny ekologického povedomia. Naopak badať snahu o nahradenie konkrétnych výrobkov z kovu a plastu výrobkami z masívneho dreva všade, kde je to možné. Hlavne v posledných niekoľkých dekádach, narástol podiel substitútov dreva. Pravdepodobne každý z 100,000 rozdielnych výrobkov z dreva by mohol byť nahradený kovem, betónom umelou hmotou alebo keramickým výrobkom. Tak ako všetky substitúty dreva požadujú viacej energie a zahrňujú procesy výroby, ktoré viacej znečisťujú životné prostredie, tak by vyššie využívanie dreva mohlo zabezpečiť zníženie spotreby energie ako aj znečistenia ovzdušia. Drevo by mohlo ideálne nahradiť oceľ, betón v mnohých ľahkých konštrukciách, malých mostoch, stĺpoch, interiérových prvkoch apod.

Pre konkrétne porovnania metodikou komplexného hodnotenia, založenou na LCA, sme použili program na hodnotenie správania sa budov z hľadiska ekológie a ekonómie počas ich celkovej životnosti pod názvom BEES®, vyvinutý na National Institute of Standards and Technology (USA). Kritériá, ktoré sú zahrnuté v programe a ktoré vedú k stanoveniu ekologicko-ekonomického skóre budovy sú na obr. 2.

Uvedeným programom sme simulovali rôzne materiálové bazy a stavebné systémy pre referenčné objekty (5 charakteristických katalógových rodinných domov: bungalow, dvojpodlažný rodinný dom s obytným podkrovím, trojpodlažný rodinný dom s obytným podkrovím, dvojpodlažný rodinný dom s plochou strechou, dvojpodlažný dom v radovej zástavbe). V prospech drevostavieb vo všetkých prípadoch vychádzalo výrazné skóre (pre pochopenie konkrétnych číselných porovnaní by bolo nutné vysvetliť celú metodiku BEES, analýza výsledkov bude publikovaná v pripravovanej monografii). Podľa publikovaných výsledkov drevené konštrukcie obdobne vykazujú výrazne lepšie hodnotenie aj podľa iných metodík, založených na LCA.



Obr. 2 Kritériá pre stanovenie ekologicko-ekonomického skóre v programe BEES

Tab. 2: Emise uhlíku a jeho oxidů vznikajících při výrobě staveb. materiálů

Materiál	Hustota (kg/m ³)	Uvolněný C		Vázaný C (kg/m ³)	Čistá emise (kg/m ³)
		(kg/t)	(kg/m ³)		
Chráněné dřevo	500	71	36	250	-214
Lamelové lepené dřevo	500	164	82	250	-168
Ocel	7600	1070	8132	0	8132
železobeton	2400	76	182	0	182
Hliník	2500	2530	6325	0	6325

Průměrně dorůstá v Evropě 1m³ dřeva na obyv. za rok, tzn., že za každých 80 let vyroste na tříčlennou rodinu asi 240m³. V průměru 140 m³ znamená 1 rodinný dům s kvalitní izolací. Je potřeba vzpomenout, že na stavbu RD na bázi dřeva s užitnou plochou cca 100 m² je potřeba přibližně 100-150 m³ kulatiny, což známe, že je průměrná spotřeba řeziva 40-60m³ (záleží od typu a druhu dřevostavby). Při experimentálních studiích bylo zjištěno, že 1m³ váže za dobu růstu asi 250 kg CO₂, což znamená, že na objem použitého RD při dané výměře užitné plochy dřevo naváže 25-38 tuny CO₂. Jelikož dřevo jako materiál má zápornou bilanci, což znamená, že dřevo vlivem fotosyntézy naváže více CO₂ z atmosféry, než se vlivem těžby a zpracováním zpět do atmosféry vrátí. To znamená, že při průměrné délce životnosti stavby 100 let se jedná o nezanedbatelné množství, čímž je vázán uhlík z atmosféry a zmenšují se negativní dopady globálních klimatických změn.

Nyní je potřeba trochu statistiky:

V ČR meziroční přírůstek.....18 mil m³
 Meziroční spotřeba.....15 mil m³
 Každý rok se zvětší zásoba cca.....o 3 mil m³
 Rok 1930 zásoby307 mil m³
 Rok 2003 zásoby.....605 mil m³

Z výše uvedeného je patrné, že je vázáno z atmosféry CO₂ ročně asi 750 000 t/rok
Zásoba dřeva v lesích ČR je přibližně 617 mil m³ a meziroční přírůstek je 7,8 m³/ha (6. místo v Evropě).

Při posuzování energetické a environmentální náročnosti budov je potřebné vycházet a to jednak:

- 1/ EN výrobní (spotřeba energie na těžbu resp. výrobu materiálu, dopravu apod.
- 2/ Provozní EN spojená s provozem budovy (vytápění, využití solárních zisků, obnovitelných zdrojů – tepelná čerpadla, solární kolektory apod.)
 - 65% na vytápění a větrání
 - 17% teplá voda
 - 6% vaření
 - spotřebiče/TV. Pračky apod 12%
- 3/ EN spojená s likvidační stavby, poločas rozpadu materiálů apod.

Tab.3: EN některých stavebních materiálů

Materiál	Spotřeba energie při výrobě 1 t materiálu (MJ)	Celková spotřeba energie na 1 t zabudovaného materiálu (MJ)	Index vztažený na dřevo
Jehličnaté řezivo	626	637	1
Pálená cihla	3218	2149	3
Cement	2592	2754	4
Beton	3024	3773	6
Ocel	13932	15001	24
Hliník	78624	80028	126

Snahou projektantů je navrhovat a projektovat takové stavby, aby nebyly energeticky náročné popř. s rekuperací tepla a tomuto velmi přispívají konstrukční řešení dřevostaveb

Tab. 4: Porovnání technických parametrů silikátových staveb a staveb na bázi dřeva

Porovnávací kritéria	Silikátová stavba	Dřevostavba
Půdorysný rozměr	96,76 m ²	95,35m ²
Tl. stěn	40 cm	28 cm
U-obv. pláště	0,53 W/m ² K	0,22 W/m ² K
Roční spotřeba tepla	13 500 kWh	8700 kWh
Hmotnost stav. mat.	115 t	17 t
Sp. Energie na výrobu	253 760 kWh	120 080 kWh
Ekvivalent CO ₂	23,7 CO ₂ ekv	9,1 CO ₂ ekv

Na EN má vliv tvar a charakteristika budovy – a tím i na měrnou spotřebu tepla dle ČSN 73 0540-2 vztahující se na m² užité plochy.

Súčasná legislatíva v hodnotení environmentálnych vlastností

Smernica o energetickej náročnosti budov má za cieľ podporovať energetickú hospodárnosť budov v štátoch EU. V SR Hlavným obsahom zákona č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov je rozpracovanie štyroch základných opatrení Smernice o energetickej náročnosti budov do podmienok slovenského práva. Zákon vstúpil do platnosti od 1. januára 2006, ale jeho účinnosť je stanovená od 1. januára 2008. Konkrétnym dopadom je energetické štítkovanie budov. Obdobná situácia je aj v ČR.

Na vyjadrenie energetickej náročnosti (hospodárnosti) budovy sú podľa aktuálnych noriem zavedené indikátory: dodaná energia, primárna energia, CO₂ emisie a celková cena energií. Najčastejšie sa ako kritérium hodnotenia používa dodaná energia a primárna energia. Ako doplnenie hodnotenia sa udávajú emisie oxidu uhličitého. Takáto situácia je vo väčšine krajín EÚ kde majú skúsenosti s energetickými hodnoteniami budov. Je to spôsobené tým, že emisné faktory, ktoré sa použijú na určenie emisií sa menia v jednotlivých krajinách, môžu sa líšiť dokonca aj pre kategórie budov, lebo sa menia aj podmienky dodávky energie (typ kotla, výkon kotla). To poukazuje na úskalia pri energeticko-ekologickom hodnotení budov pomocou emisií oxidu uhličitého.

V rámci normalizácie na celosvetovej úrovni pracuje technická komisia *ISO/TC 59 Building Construction*, pod ktorou je zaradená subkomisia *SC 17 Sustainability in building construction* (Trvalá udržateľnosť stavby budov). V roku 2006 bola založená na európskej úrovni technická komisia *CEN/TC 350 Sustainability of construction works*. Jej vznik bol priamo podporený Európskou komisiou, ktorá udelila mandát M 350 na tvorbu európskych noriem, ktoré by stanovili pravidlá na hodnotenie budov nielen z hľadiska udržateľnosti a vplyvu na životné prostredie, ale aj z pohľadu vlastností vplyvujúcich na zdravie a komfort a na vlastnosti ovplyvňujúce náklady životného cyklu budov. V pracovnom pláne sa schválili tri pracovné položky WI (working items). WI 350004 *Trvalá udržateľnosť výstavby – Environmentálne deklarácie výrobkov – Pravidlá pre kategórie výrobkov* bude vydaná ako technická správa a popíše zdroje a metodiku, ktorá sa má použiť pri príprave generických údajov na environmentálne vyhlásenia výrobkov. Metodika má spĺňať požiadavky *ISO 14044: 2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*, WI 350002 *Trvalá udržateľnosť výstavby – Posudzovanie environmentálnych vlastností budov – Výpočtové metódy* bude použiteľná pre všetky budovy a uvedie metodiku na posudzovanie environmentálnych vlastností budov. Toto posúdenie je založené na výsledkoch posúdenia životného cyklu (LCA Life Cycle Assessment) pre každý environmentálny aspekt počas životného cyklu budovy v rámci integrovaného posúdenia. Stanoví výpočtové metódy na kľúčové indikátory definované v rámcovej norme podľa typu budovy a rôznych stupňov životného cyklu budovy. Účelová skupina (Task Group) už pripravila prvé znenie WI 350001 *Trvalá udržateľnosť výstavby – Princípy posudzovania budov*. (11)

Aktuálne trendy v trvalo udržateľných drevených stavebných konštrukciách

Budúci vývoj moderných trvalo udržateľných drevených stavebných konštrukcií bude nasledovať jednak líniu dôsledného uplatnenia natívneho dreva a prírodných materiálov, jednak líniu uplatnenia ekonomickejších či sofistikovanejších konštrukcií a materiálov s vyššou pridanou hodnotou v nízkoenergetických superizolovaných budov na báze dreva.

Línia uplatnenia natívneho dreva a prírodných materiálov

Výsledkom snahy o zastúpenie čo najväčšieho (ekonomicky zdôvodniteľného) objemu dreva v konštrukcii sú masívne skeletové alebo zrubové konštrukčné systémy. V ekonomickej alternatíve sa presadzujú aspoň ľahké drevené rámové konštrukcie s izolačnou výplňou na báze prírodných materiálov, napr. slamy, drvenej vlny, mäkkých drevovláknitých dosák apod.

Použitie masívnych konštrukcií je limitované vysokou cenou, danou buď vysokým podielom manuálnej práce pri tradičných zrubových stavbách (avšak prírode najpriateľskejších), alebo ekonomickou náročnosťou lepeného lamelového dreva pri modernejších spôsoboch výstavby. V ekologicky uvedomelých a ekonomicky silných krajinách ako napr. Švédsko, Nórsko, Švajčiarsko či Rakúsko napriek tomu dopyt po týchto stavbách zaznamenal enormný nárast.

Línia uplatnenia moderných, sofistikovaných prvkov, konštrukcií a technológií

Je podmienená výskumom a vývojom moderných kompozitných materiálov, technológií a konštrukcií.

V materiáloch je línia uplatnená v moderných technológiách výroby veľkoplošných platní alebo stavebných prvkov: OSB (vynikajúce mechanické a technologické vlastnosti); MDF a HDF (vynikajúce difúzne a izolačné vlastnosti, dobré mechanické vlastnosti); Parallam a Starwood (Vysoká homogenita, vynikajúce mechanické vlastnosti); zložené prierezy: I - nosníky, skriňové nosníky (úsporné prierezy s vynikajúcimi mechanickými vlastnosťami); krížom lepené celostenové bloky; stenové či stropné priestorové prefabrikované tvarovky.

Záver

Drevené stavebné konštrukcie sú svojimi výhodnými vlastnosťami (nízka tepelná vodivosť dreva, malý pomer objemovej hmotnosti i samotného objemu nosnej konštrukcie k únosnosti) predurčené práve na konštrukčné systémy superizolovaných budov v nízkoenergetickom štandarde alebo štandarde energeticky pasívnych budov. Ide pritom o „poctivé“ konštrukcie – treba pripomenúť, že pri silikátovej báze majú statici značné výhrady k znižovaniu hrúbky nosnej konštrukcie v prospech tepelnej izolácie a zároveň k nahradzovaniu klasických nosných stavebných hmôt ľahčenými tvarovkami. Aj polemiky okolo akumulčných vlastností obvodových stien (nie však akumulčného jadra budovy alebo ochrany proti slnečnému žiareniu v lete) pri moderných superizolovaných budovách strácajú význam. Drevené stavby ponúkajú pre tento typ výstavby najekonomickejšiu alternatívu.

Zdrojová literatúra:

1. Sutton, W. R. J.: Wood – The most sustainable raw material, UNFF New Zeland 2003
2. Štatistická ročenka svetovej energie (www.bp.com)
3. Buchanan, A.H.: Concrete, Steel or Timber: An Environmental Choice. Wood Design Focus 4 : 5-8. (2003)
4. Eyerer P., Reinhardt H. W., Kreissig J., Kümmel J., Betz M., Baitz M., Hutter V., Saur K., Schoech H. 2000: Ökologische Bilanzierung von Baustoffen, Wege zu einer ganzheitlichen Bilanzierung. BAU PRAXIS Birkhaeuser
5. Forintek Canada Corporation 1991: Building Materials in the Context of Sustainable Development – An Analytical Framework, Forintek Canada Corporation and Wayne B. Trusty & Associates Limited
6. Scharai-Rad M., Welling J. 1999: Biomass for Greenhouse Gas Emission Reduction - Sawn Timber and Wood Based Products as Building Materials, Arbeitsbericht, Bundesforschungsanstalt für Forst – und Holzwirtschaft Hamburg – Germany
7. Pavlíková, M.: Hodnocení kvality bytového fondu v kontextu udržitelného rozvoje. In: Zborník z 2. medzinárodnej Vyšehradskej inžinierskej konferencie: Obnova užívateľských a energetických vlastností budov, SKSI, Topolčianky, 2006, s. 58-61, ISSN 1336-6327.
8. Šenitková, I., Vilčeková, S.: Systémy environmentálneho hodnotenia a klasifikácie budov. In: Zb. z 16. konferencie: Vnútna klíma budov 2005 „Environmentálne aspekty tvorby interiérového prostredia budov“, Vysoké Tatry, 2005, s. 95 – 100, ISBN 80-89216-05-6.
9. Internetový portál: www.drevoprozivot.cz
10. Hájek, P.: Metodika pro komplexní hodnocení kvality budov v rámci životního cyklu, ČVUT v Praze, 2007
11. Tölgyessyová, H.: Aktivity európskeho výboru pre normalizáciu CEN v oblasti tvorby noriem súvisiacich s hodnotením budov. In.: zborník z konferencie Budova a prostredie, Bratislava 2006.
12. Vilčeková, S. – Burdová, E.: Environmentálne hodnotenie budov v priebehu ich životného cyklu In.: zborník z konferencie Budova a prostredie, Bratislava 2006.