

doc. Ing. Marián FLIMEL, CSc.
FVT TUKE so sídlom v Prešove

Vibro-akustické aspekty inštalácie tepelných čerpadiel v etape projektového riešenia

Vibro-Acoustic Aspects of Heat Pumps Installation in the Phase of Designing

Recenzent
doc. Ing. Richard Nový, CSc.

Energetická úspornosť stavieb počas ich prevádzky je ich kvalitatívne významnou vlastnosťou. Táto sa zabezpečuje aj prostredníctvom optimálnej výroby tepla a teplej úžitkovej vody z obnoviteľných zdrojov, kde významnú úlohu zohrávajú i tepelné čerpadlá. Pri použití tepelných čerpadiel je potrebné zvažovať nielen ich primárny energetický význam, ale aj ich sekundárne - environmentálne účinky. Uvedený príspevok sa zaoberá potrebou riešenia produkovaného hluku a vibrácií z tepelných čerpadiel v rámci celého životného cyklu ich pôsobenia. Dôležitú úlohu zohráva práve etapa projektového riešenia (hluková štúdia a simulácia šírenia hladín hluku), ktorá často absentuje v dôsledku čoho sú zdroje tohto pridaného hluku predmetom sťažností užívateľov obytných domov. V článku sú uvedené optimálne manažérske postupy pre lokalizáciu tepelných čerpadiel a možné technické úpravy, tak aby boli dosiahnuté prípustné hodnoty hladín hluku a vibrácií v životnom prostredí.
Kľúčová slova: tepelná čerpadla, projektovanie, ochrana pred hlukom

Energetic efficiency of the building operation is its important qualitative characteristics. It can be acquired also by optimal heat and domestic hot water preparation from renewable sources, with important role of heat pumps. When using heat pumps it is necessary to consider not only their primary importance from energy point of view, but also their secondary effects on the environment. The paper deals with the necessity to cope with the noise and vibration generated by heat pumps during their whole operating life cycle. An important role has already the design stage (the noise study and simulation of noise levels spreading), which is usually absent. Consequently, the sources of the additional noise are reason of complaints from the occupants of houses. In the paper are stated the optimal management practices for placing the heat pumps and possible technical adjustments in order to achieve allowed noise and vibration levels in the living environment.

Key words: heat pumps, designing, noise protection

ÚVOD

Smernica Európskej Únie známa ako 20 - 20 - 20 [1] je zameraná aj na využívanie obnoviteľných zdrojov energií. Jedným zo zariadení na využívanie obnoviteľných zdrojov energie sú aj tepelné čerpadlá využívané na ústredné vykurovanie a ohrev teplej úžitkovej vody. Pracujú na princípe využitia inak nevyužiteľnej energie – nízko potenciálového tepla z nášho okolia (tj. z vody, vzduchu, zeme či odpadového tepla), kedy jeho prečerpaním dôjde ku zmene teploty na úroveň využiteľnú vo vykurovacom systéme. Význam aplikácie týchto technológií je nesporne v redukcii spotreby fosílnych palív, energetickom zhodnotení obnoviteľných zdrojov a znížení množstva tzv. skleníkových plynov. Na druhej strane je potrebné zaoberať sa aj negatívnymi stránkami týchto riešení a to možnými environmentálnymi dôsledkami – pôsobením hluku a vibrácií. Z tohto pohľadu je dôležité analyzovať možnosti riešenia týchto zdrojov pridaného hluku vo vzťahu k polohe chránených priestorov v budovách. Predmetom príspevku je poukázať na možné riziká zvýšenej hladiny hluku, ak sa zanedbá hodnotenie hlukových imisíí v projektovom riešení.

KONCEPCIE V ENERGETICKOM MANAŽEMENTE VO VZŤAHU K TEPELNÝM ČERPADLÁM

Tepelné čerpadlá sa používajú pri riešení zdrojov tepla pri obnove pôvodných kotolní (strojovni UK), alebo sú súčasťou nových riešení (novostavby). Zdroje tepla s tepelnými čerpadlami môžu byť riešené spolu s pôvodnými kotlami (napr. na zemný plyn) v jednom priestore, alebo sú umiestnené v samostatnej miestnosti. Uvedené miestnosti so zdrojmi na výrobu tepla môžu byť v miestnostiach v dotyku s chránenými priestorami,

tormi, mimo nich v budove v zóne iného technického vybavenia, alebo v samostatných stavebných objektoch. Vzniká teda mnoho kombinácií, kde je možné tepelné čerpadlá umiestniť pri zohľadnení podmienok na ich napojenie. Šírenie hluku a vibrácií zo zdrojov hluku v budove alebo z exteriéru do chránených priestorov (obytných miestností) môže byť vo vzťahu k užívateľom pozitívne (kde nedochádza k sťažnostiam na vibroakustickú záťaž zo zdrojov tepla) alebo negatívne. Pozitívne prístupy sú jasné z dôsledne aplikovaných známych teoretických postupov, získaných skúseností a schopnosti predvídať riziká. Opakom sú nesprávne prístupy (zľahčovanie problematiky, nedostatok skúseností napr. s novými realizáciami obnoviteľných zdrojov energií a ich pôsobením ako zdrojov hluku, snaha o lacné riešenie a pod.). Negatívne aspekty spočívajú hlavne v absencii komplexnosti a bezchybnosti niektorých etáp životného cyklu stavby pri obnove zdrojov tepla napríklad:

- v nerealizovaní hlukovej štúdie v etape prípravy (projektového riešenia) a výstavbou z takéhoto neúplného projektu,
- v chybách projektového riešenia zdrojov tepla vo väzbe na vibroakustickú záťaž v prostredí (zlé umiestnenie, zlý návrh uloženia zdroja tepla, nedostatočná zvukoizolačná a vibroizolačná ochrana),
- v nedokonalnej realizácii stavebného projektu (vynechaním niektorých vibro-akustických úprav, zmenou osadenia technológie či jej zámenu a pod.)

Pri riešení technológie zdrojov na výrobu tepla (zdrojov hluku) je možné prijať koncepcie riešenia v troch známych polohách:

1. Centralizačné tendencie – výstavba centrálnych zdrojov tepla pre obytnú zástavbu. Môžu to byť aj ich inovácie s využívaním obnoviteľných zdrojov energie. Tieto riešenia sú z hľadiska lokalizácie v urbanistickej zástavbe problémové z hľadiska imisíí hluku len pre



Obr. 1 Decentrálne, blokové zdroje na výrobu tepla – tepelné čerpadlá v podkrovi



Obr. 3 Decentrálne, zdroje na výrobu tepla – tepelné čerpadlá na plochej streche



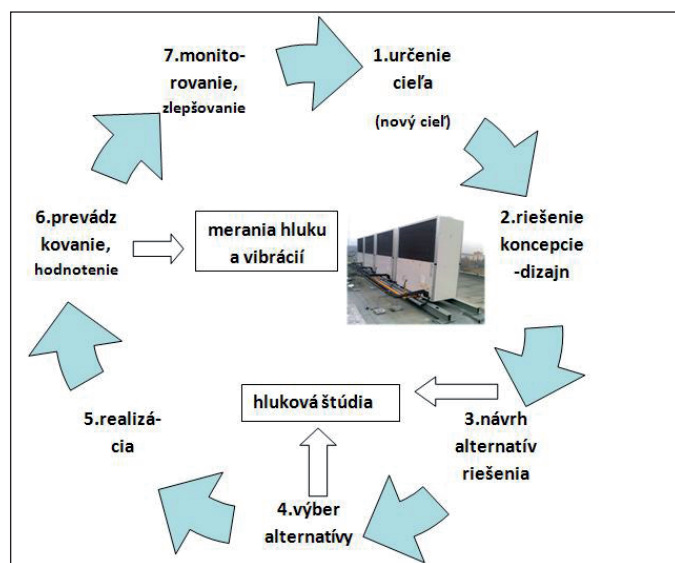
Obr. 2 Pohľad na bytový dom s tepelnými čerpadlami v podkrovi – viditeľné nasávacie a výfukové otvory na šikmej streche

blízku obytnú zástavbu, resp. aj pre vzdialenejšie najvyššie podlažia bytových domov kontaktované imisiami hluku z komínových telies. Centralizácia v zmysle zvýšenia výkonu jednej dominantnej kotolne a vytvorenie výmenníkových staníc v pôvodných centrálnych kotolniach znižuje hladiny hluku v okolí výmenníkových staníc, no môže zvyšovať hladiny hluku v okolí novej centrálnej kotolne.

2. Decentralizačné tendencie smerujú k vytváraniu nových blokových kotolní v suterénoch či podkroviach bytových domov. Tieto riešenia sú často problémové práve v bytoch, ktoré sú v kontakte s uvedenými novými zdrojmi hluku (obr. 2, obr. 3).
3. Kombinácia predchádzajúcich riešení.

UMIESTNENIE TEPELNÝCH ČERPADIEL V BUDOVE

Umiestnenie tepelných čerpadiel je potrebné posudzovať vo vzťahu k lokalizácii týchto zdrojov hluku v budove. Legislatívne kritériá sú viazané na limitné hodnoty hluku zo zdrojov hluku v budove, zo zdrojov z exteriéru, resp. je potrebné posúdiť hladiny hluku z exteriéru 2 m pred fasádou resp. oknami budovy. Hodnotia sa aj prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku a vibrácií vo vnútornom prostredí. Hodnotiace kritériá sú uvedené v Slovenskej republike vo Vyhláske č. 549/2007 [2] a v Českej republike v Nariadení vlády č. 272/2011 Sb. [8].



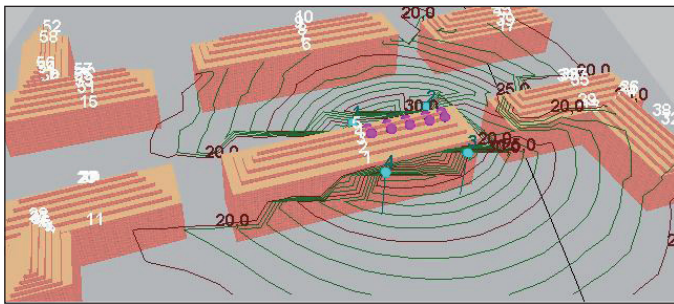
Obr. 4 Optimálna postupnosť vibro-akustického riešenia pri lokalizácii tepelných čerpadiel

Optimálna koncepcia riešenia (uvedená na obrázku 4.) v rámci zabezpečenia vibro-akustickej pohody v chránených priestoroch (bytoch, pracoviskách) vyžaduje zaoberať sa problematikou funkcie tepelných čerpadiel v rámci celého životného cyklu budovy.

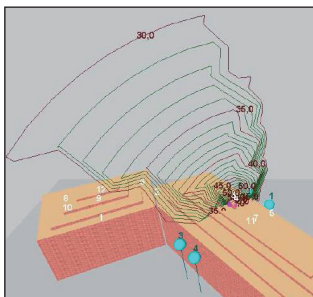
V rámci koncepcie riešenia vhodného umiestnenia tepelných čerpadiel pre obytnú budovu je potrebné spracovať viacero alternatív lokalizácie napríklad:

- a) umiestnenie v exteriéri v dotyku s budovou – napríklad pri štítovej stene bez okien (tepelné čerpadlá bez alebo so zakrytovaním),
- b) umiestnenie v exteriéri – pred budovou s oknami (tepelné čerpadlá bez alebo so zakrytovaním),
- c) umiestnenie tepelných čerpadiel vo vedľajšej budove,
- d) umiestnenie tepelných čerpadiel v budove – v suterénnych priestoroch,
- e) umiestnenie tepelných čerpadiel v budove na podlaží (technická miestnosť),
- f) umiestnenie tepelných čerpadiel v uzavretom podkrovi šikmej strechy,
- g) umiestnenie tepelných čerpadiel na plochej streche (tepelné čerpadlá bez alebo so zakrytovaním),
- h) umiestnenie tepelných čerpadiel v otvorenej časti šikmej strechy,
- i) umiestnenie na komíne,
- j) kombinácie hore uvedených riešení.

Každé uvedené priestorové riešenie má svoje prednosti i nedostatky a modelovanie izofón v exteriéri predstavuje len jedno čiastkové hodnotiace kritérium. Ďalším dôležitým posúdením je riešenie zvukovej neprie-



Obr. 5 Simulácia hladín hluku (z hlukovej štúdie) pre umiestnenie tepelných čerpadiel v podkroví - realizácia danej stavby je na obr. 1., 2.



Obr. 6 Simulácia hladín hluku z tepelného čerpadla umiestneného na komíne bytového domu

zvučnosti stropov, stien, ktoré sú v dotyku s technológiou strojovne resp. kotolne a riešenie vibro-izolačného uloženia. Posudzovanie vibrácií je často až v etape prevádzkovania, keď vznikajú sťažnosti užívateľov, resp. stavebno-konštrukčné poruchy.

Skúsenosti z praxe poukazujú na to, že často v etape projektu nie je riešená hluková štúdia, ktorá by aplikácie tepelných čerpadiel dokumentovala [3]. Hluková štúdia sa

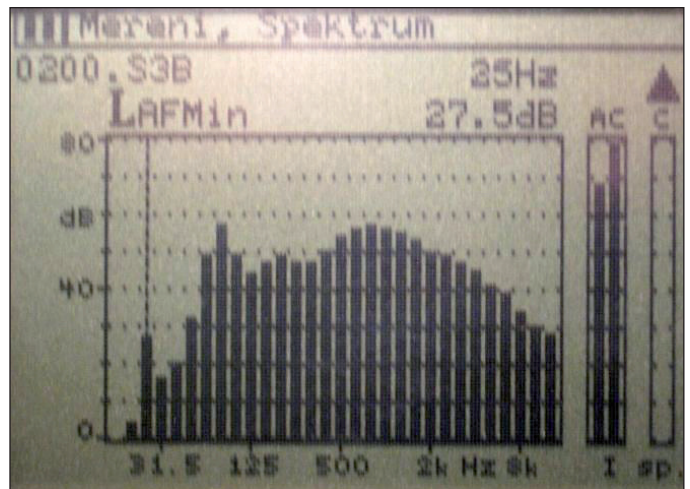
musí spracovať pri akejkoľvek zmene riešenia, napr. ak je rozdiel medzi projektom na územné konanie a realizačným projektom, aby bola potvrdená správnosť riešenia a zachovaná požadovaná vibro-akustická kvalita vo vnútornom prostredí budov. Konkrétny príklad nevhodného umiestnenia tepelných čerpadiel je na obr. 7, kde boli zdokumentované vysoké hladiny akustického tlaku pri činnosti tepelných čerpadiel nielen v exteriéri, ale aj v interiéri, kde boli aj zvýšené hodnoty vibrácií. Kontrolné meranie hladiny hluku je uvedené na obr. 8. Uvedené riešenie bolo nakoniec prepracované tak ako je to evidentné z obr. 3.

V rámci pasívnej ochrany pred hlukom a vibráciami z tepelných čerpadiel v budove alebo pri budove je vhodné zaoberať sa nasledujúcimi technickými riešeniami pri priestorovom riešení uvedenými v tabuľke 1. Aktívna ochrana spočíva v regulovaní výkonu, regulovaní jednotlivých kusov čerpadiel (zapínanie, vypínanie), či ich časovej expozície.

Kombináciou uvedených riešení je možnosť dospieť k optimálnemu riešeniu vo vzťahu k potrebnej vibro-akustickej ochrane vnútorného prostredia.



Obr. 7 Sústredené osadenie štyroch tepelných čerpadiel na plochej streche bytového domu



Obr. 8 Tretinooktávové spektrum hluku pri prevádzke nechránených troch kusov vonkajších jednotiek AISIN GHP na zemný plyn model AXGP710D1-NW o výkone 80 kW – merané na streche vo výške 1 m, 1 m pred jednotkami -výrazné tónové zložky hluku na frekvenciách 25 a 80 Hz. Výsledná hodnota s korekciou na tónovú zložku hluku $L_{Aeq} = 75,6$ dB.

Tab. 1 Variabilita v priestorovom riešení tepelných čerpadiel

Riešenie	Alternatívy	Možná vibro-akustická ochrana
umiestnenie v priestore*	v interiéri: na podlažiach budovy, v podkroví, na plochej streche v exteriéri: vedľa budovy min. 4 varianty	zvýšenie pohltivosti priestoru strojovne, zvýšenie vzduchovej nepriezvučnosti deliacich konštrukcií, riešenie prestupov konštrukciami kapotáž – zásteny,
smer lokalizácie vo vzťahu k chráneným priestorom budovy	v dotyku s chráneným priestorom mimo dotyku s chráneným priestorom**	zvýšenie pohltivosti priestoru kotolne, zvýšenie vzduchovej nepriezvučnosti deliacich konštrukcií, prestupy...
lokalizácia k okoliu	možnosť ochrany inou hmotou (akustický tieň) otvorený priestor	podľa potreby požiadaviek z hlukovej štúdie riešenie protihlukových zásten, kapotáže...
možnosti zoskupovania	umiestnenie viacerých kusov do jednej skupiny rozdelenie a dislokovanie do menších celkov	riešenie protihlukových zásten, kapotáže.. riešenie protihlukových zásten, kapotáže...
orientácia nasávacích a výfukových otvorov *** – smerové charakteristiky zdroja hluku	smerom ku chráneným priestorom odvrátenie od chránených priestorov (akustický tieň)	potreba zásten podľa potreby požiadaviek z hlukovej štúdie
detaily uloženia	uloženie jednotky na základ a prestupy konštrukciami	vibro-izolácie na báze hmotnostného alebo tlmiaceho materiálu resp. ich kombinácia
ekonomia riešenia	optimalizované dĺžky potrubných systémov, rozvodov k tepelným čerpadlám a ku kotolni – strojovni, posudzovanie nákladov alternatívnych riešení	

Poznámky:

* umiestnenie aj z hľadiska prístupu k primárnemu médiu druhy: voda – voda, zem – voda, vzduch – voda, atď.

** kladné vnímanie z hľadiska psychiky (senzibility) užívateľov,

*** orientáciu jednotky obmedzuje často pôvodná konštrukcia a jej statické vlastnosti.

RIZIKÁ SÚVISIACE S PRENOSOM VIBRO-AKUSTICKEJ ZÁŤAŽE DO CHRÁNENÝCH PRIESTOROV BUDOVY

Pri riešení osadenia tepelných čerpadiel v budove alebo pri nej z hľadiska posudzovania hluku a vibrácií je riešiteľ vystavený mnohým problémom, s ktorými sa musí vysporiadať. Riziká vytvárajú:

- nedostatočné údaje o zdrojoch hluku – tepelných čerpadlách, často bez udania hladín akustického výkonu, resp. tretinooktávového spektra hluku od výrobcov resp. skúšobní, čo môže spôsobiť inú predikciu hluku v hlukovej štúdiu, ako je skutočnosť,
- nesúlad medzi deklarovanými hodnotami výrobcov tepelných čerpadiel a meraniami in situ,
- neúplné charakteristiky stavebných materiálov (prvkov) pre výpočty vibro-izolácie resp. pre výpočty vzduchovej nepriezvučnosti deliacich konštrukcií,
- zámery materiálov a riešení pri realizácii oproti projektu,
- zmeny okrajových podmienok, resp. prevádzkovania voči vstupným predpokladom,
- senzibilita užívateľov na pridaný hluk, často súvisiaca aj s nesúhlasom realizovaného technického riešenia tepelných čerpadiel a podobne.

ZÁVER

Správna lokalizácia tepelných čerpadiel vo vzťahu k stavebnému objektu je dôležitým faktorom zabezpečenia vibro-akustickej pohody vo vnútornom prostredí. Pri riešení osadenia je dôležitý komplexný prístup uvedený na obr. 4 podporovaný spracovaním hlukovej štúdie a následnými meraniami hluku a vibrácií in situ.

Skúsenosti z praxe poukazujú na to, že najčastejšími príčinami sťažností užívateľov a chýb projektantov (investorov) sú [5,6]:

A. Nedostatočná osvetová a legislatívna činnosť:

- potrebné je oboznámenie užívateľov so zámerom riešenia nových zdrojov, významom a prínosom takejto realizácie,
- zabezpečiť súhlas dotknutých užívateľov, hlavne tých, ktorí budú v susedstve s kotolňou alebo iným zdrojom hluku. Nespoliehať sa na súhlas nadpolovičnej väčšiny obyvateľov, ktorí môžu tých, ktorí budú v kontakte s kotolňou prehlasovať a dať tak súhlas s realizáciou,
- nerealizovať projekt bez platného stavebného povolenia a vypracovanou hlukovou štúdiou.

B. Určenie správnej lokalizácie zdrojov na výrobu tepla z hľadiska minimalizácie vibro-akustickej záťaž, pričom sú vhodné nasledovné zásady:

- umiestňovať zdroje hluku do spoločných priestorov, nie nad resp. pod byty užívateľov, ak je to možné (napr. na strechu nad schodiská),
- rozdeliť rovnaké zdroje hluku do menších celkov a viacerých chránených polôh,
- neorientovať otvorené plochy (výfuky, vetracie otvory) smerom k oknám užívateľov,
- zvyšovať nepriezvučnosť deliacich konštrukcií,
- znižovať prenos hluku a vibrácií pri akustických mostoch,
- vyšovať stupne vibroizolácie (min. 2 stupne vibroizolácie) [7].

C. Technicko-prevádzkové riešenie:

- voliť nízko hlučné zdroje na výrobu tepla,
- realizovať akustické úpravy na zdroji i prenosovej ceste,
- prevádzkovať hlučné zdroje mimo nočných hodín.

Realizácia zdrojov na výrobu tepla v bytových domoch je citlivá téma a prináša so sebou dosť komplikácií. V snahe vyvarovať sa im je potrebný komplexný interdisciplinárny prístup k riešeniu danej problematiky s aktívnym vkladom špecialistu – akustika.

Kontakt na autora: marian.flimel@tuke.sk

Použité zdroje:

- [1] Smernica Európskeho parlamentu a rady 2012/27/EÚ z 25. októbra 2012 o energetickej efektívnosti, ktorou sa menia a dopĺňajú smernice 2009/125/ES a 2010/30/EÚ a ktorou sa zrušujú smernice 2004/8/ES a 2006/32/ES
- [2] Vyhláška č. 549/2007 Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 16. augusta 2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí
- [3] FLIMEL, M. Komerčné zákazky.
- [4] ŽIARAN, S. Obťažujúci nízkofrekvenčný hluk v obytných priestoroch budov. In: *Zborník z konferencie Vnútna klíma budov – Environmentálne a energetické hodnotenie budov*. Tatranská Lomnica 2011. ISBN 9789-80-89216-44-4.
- [5] FLIMEL, M. Problematika lokalizácie vybraných zariadení využívajúcich obnoviteľné zdroje energie z hľadiska vibro-akustickej pohody v budovách. In: *Vnútna klíma budov 2012*. ISBN 9789-80-89216-52-9.
- [6] FLIMEL, M. Vibro - akustické aspekty obnovy zdrojov tepla v obytnej zástavbe. In: *18.international acoustic conference*. Kočovce 2013, s. 57-60. ISBN 978-80-227-3946-7.
- [7] VOJTKO, I., MATHIA, R., GREGOVÁ, L. Measurement vibrations. *Avtomatizacija virobničkih procesiv u mašinobuduvanni ta priladobuduvanni*. No. 41 (2007), p. 63-66. ISSN 0320-6947
- [8] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. ■

Poznámka redakce: článek neprošel jazykovou úpravou.

Stavební veletrhy Brno 2014

Ve dnech 23. až 26. 4. 2014 se konaly pod patronací ministerstva průmyslu a obchodu na brněnském výstavišti již tradiční Stavební veletrhy Brno 2014. Letos se konaly společně akce IBF – Mezinárodní stavební veletrh a DSB – Dřevo a stavby Brno, Envibrno, Mobitex – nábytek a interiérový design, Urbis Invest, Urbis Technologie, Stavební Centrum Eden 3000 a Stavební a outdoorové centrum Nový Tuzex.

Přes snahu organizátorů dát možnost k prezentaci mnoha firmám nelze nepostřehnout, že zájem o vystavování klesá. Letos se veletrh, prezentovaný jako mezinárodní, vešel do dvou pavilonů, které rozhodně nebyly přeplněny: F – převážně nábytek, dekorační a zařízení předměty a P – převážně stavební materiály, poradenská centra (i stánek STP) a prezentace jednotlivých měst a regionů ČR a na několik venkovních ploch.

Oceněné exponáty - Zlatá medaile IBF 2014:

Tepelné čerpadlo ACOND TČ 35 EVI

Kategorie: Úspory energií

Výrobce: ACOND a.s.



Zehnder Vitalo.

Nová generace koupelových radiátorů

Kategorie: Design

Výrobce: Zehnder Group Czech Republic s.r.o.



HELUZ IZOSTAT DUO

Kategorie: Energeticky úsporné stavení

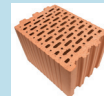
Výrobce: HELUZ cihlářský průmysl v.o.s.



Cihla pro akusticky dělicí stěny Porotherm 25 AKU Z

Kategorie: Volná kategorie

Výrobce: Wienerberger cihlářský průmysl, a. s.



Pravidelně se účastníme jako odborní konzultanti ve Stavebním poradenském středisku ČKAIT. Zájem o konzultace z řad stavebníků neklesá, letos se zájemci ptali zejména, jak skloubit výhody programů Nová zelená úsporám a Radonový program. Šetří nejen vystavovatelé, o úspory se snaží i stavebníci.

Stavební veletrhy skončily, přejeme jim do budoucna lepší časy, blahopřejeme autorům oceněných exponátů a s vystavovateli se sejdem zase napřesrok. (Laj)