

Ing. Peter Zaťko

Autoreferát dizertačnej práce

Vplyv kontaktných zatepľovacích systémov na nepriezvučnosť stavebných konštrukcií

na získanie akademického titulu philosophiae doctor, PhD.

v doktorandskom študijnom programe : 3631 Teória a konštrukcie pozemných stavieb

v študijnom odbore : stavebníctvo

forma štúdia : externá

Bratislava 2021

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Katedre konštrukcií pozemných stavieb, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava.

Predkladateľ: Ing. Peter Zaťko

Víťazná 12
831 06 Bratislava

Školiteľ : Prof. Ing. Peter Tomašovič, PhD.

Katedra konštrukcií pozemných stavieb
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Oponenti : Prof. Ing. Jozef Zajac, DrSc.

Katedra konštrukcií pozemných stavieb
Stavebná fakulta STU v Bratislave
Radlinského 11
810 05 Bratislava

Prof. Ing. Ervin Lumnitzer

Strojnícka fakulta
Technická univerzita v Košiciach
Letná 9
042 00 Košice

Ing. Martin Hoťka, CSc.

Ružová dolina 6
821 08 Bratislava

Autoreferát bol predložený dňa : 01.07.2021

Obhajoba dizertačnej práce sa bude konať na Katedre konštrukcií pozemných stavieb, Stavebná fakulta STU , Radlinského 11, 811 05 Bratislava, resp. online formou

.....
Prof. Ing. Stanislav Unčák, PhD.
Dekan Stavebnej fakulty STU v Bratislave

Obsah

1.	Úvod.....	4
2.	Prehľad problematiky	5
3.	Tézy dizertačnej práce	6
3.1	Ciele dizertačnej práce.....	6
3.2	Metódy a metodika dizertačnej práce.....	7
4.	Teória a definície základných pojmov	8
5.	Dodatočné zatepľovanie už zateplených obvodových plášťov budov	10
6.	Experiment 1 – stanovenie dynamickej tuhosti izolačných materiálov	11
7.	Experiment 2 – laboratórne meranie zvukovej izolácie fragmentov obvodového plášťa	12
8.	Vzorka č.1 – expandovaný polystyrén hr. 160 mm - Baumit OPEN	13
9.	Vzorka č.2 - EPS hr. 160 mm.....	14
10.	Vzorka č.3 – Minerálna vlna hr. 160 mm.....	15
11.	Vzorka č.4 – Resolová pena hr. 80 mm	16
12.	Porovnanie výsledkov vykonaných laboratórnych meraní.....	17
13.	Analýza fragmentu obvodového plášťa akustickou kamerou	18
14.	Vplyv prídavných vrstiev tepelnej izolácie na vlastnosti ostatných stavebných konštrukcií	19
15.	Experiment 3 – meranie hluku vo vonkajšom prostredí.....	20
16.	Prínos pre vedu a prax.....	22
17.	Literatúra.....	24
18.	Publikačná činnosť autora.....	28

1. Úvod

Požiadavky na úsporu energií, vyskytujúce sa vo všetkých oblastiach života, sa prejavujú tiež v stavebníctve, najmä v oblasti zateplovania budov. Zvyšujúce sa požiadavky na tepelnoizolačné vlastnosti konštrukcií obvodových plášťov budov priniesli v posledných rokoch veľké množstvo druhov tepelných izolácií, ktoré sú v kombinácii s ďalšími materiálmi používané ako materiály prispievajúce ku zníženiu spotreby energií na vykurovanie. Použitie prídavných tepelnoizolačných vrstiev na stavebné konštrukcie však so sebou okrem zmeny ich tepelnoizolačných vlastností prináša aj zmeny v akustických vlastnostiach, kedy môže dôjsť k negatívnym zmenám vo frekvenčnom priebehu nepriezvučnosti. V niektorých prípadoch sa vrstva tepelnej izolácie, vďaka vzniknutým rezonančným javom, sama stáva v interiéri stavby zdrojom zvuku. Možno teda konštatovať, že aplikácia kontaktných zateplovacích systémov na vnútorné a vonkajšie stavebné konštrukcie budov má vplyv na ich fyzikálne vlastnosti a je potrebné s nimi pri navrhovaní stavieb a stavebných konštrukcií uvažovať. Prídavné vrstvy, ktoré sa na stavebné konštrukcie aplikujú, ktorých konštrukčná skladba má primárne tepelnoizolačnú funkciu, bývajú z neznalosti problematiky používané tiež ako konštrukcie, slúžiace na zlepšenie ich vzduchovej nepriezvučnosti. Výsledkom aplikácie prídavných vrstiev na stavebné konštrukcie tak mnohokrát spôsobuje zhoršenie ich akustických vlastností, ktoré sa v niektorých prípadoch neprejaví len zmenou frekvenčného priebehu nepriezvučnosti, ale aj celkovým znížením hodnoty váženej nepriezvučnosti stavebnej konštrukcie. Medzi najrozšírenejšie materiály používané pre kontaktné zateplovanie budov (External Thermal Insulation Composite System - ETICS) patria minerálne vlny, extrudované a expandované polystyrény s prímiesami grafitu alebo bez prímiesí, fenolové peny, polyuretánové peny, drevovláknité dosky, penové sklo, alebo technické konope, prípadne izolácie skladajúce sa z kombinácie vrstiev uvedených materiálov. Možný negatívny vplyv ETICS na zvukovoizolačné vlastnosti stavebných konštrukcií, najmä v prípade obvodových plášťov budov bolo poukázané už v minulosti vo viacerých štúdiách. V revidovanom dokumente ETAG 004 sú stanovené postupy stanovenia akustických vlastností ETICS, spôsob hodnotenia a predikcie nepriezvučnosti ETICS. Uvedený dokument už napríklad priamo konštatuje, že pri stanovení skladby skúšaného ETICS sa musia vziať do úvahy nasledujúce pravidlá :

- pri vyššej dynamickej tuhosti izolačného výrobku je nepriezvučnosť horšia, pri nižšej hodnote odporu proti prúdeniu vzduchu izolačným výrobkom je nepriezvučnosť horšia a pod.
- vykonanými laboratórnymi meraniami nepriezvučnosti stavebných konštrukcií s aplikáciou kontaktných zateplovacích systémov bolo zistené, že v závislosti od vlastností použitých materiálov a od materiálu základnej stavebnej konštrukcie môže dôjsť po použití prídavných vrstiev ku zlepšeniu akustických vlastností konštrukcie ako celku, avšak aj ku zníženiu hodnoty váženej nepriezvučnosti o 1 až 4 dB, v ojedinelých prípadoch i viac.

2. Prehľad problematiky

Vplyvu zatepľovacích kontaktných systémov na zvukovoizolačné vlastnosti obvodových plášťov budov sa v zahraničí venovali už dávnejšie. Od roku 2002 sa podrobnejšie tejto problematike venoval L. Weber na Fraunhofer Institut für Bauphysik v Stuttgarte, ktorý publikoval výsledky výskumu zameraného na vplyv kontaktných zatepľovacích systémov na akustické vlastnosti stavebných konštrukcií. Okrem vplyvu na vzduchovú nepriezvučnosť samotného stavebného prvku bol skúmaný tiež vplyv na pozdĺžnu nepriezvučnosť a možné riziká tzv. „presluchov“ medzi miestnosťami - prenosu zvuku kontaktným zatepľovacím systémom do iných miestností za obvodovým plášťom v budove. Podrobný výskum v tejto oblasti bol vykonaný v Nemecku A. Raboldom a S. Bacherom a L. Weberom a S. Müllerom vo Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP v roku 2015, kde bol akustickými meraniami preukázaný zásadný vplyv plošnej hmotnosti vrstiev aplikovaných na tepelnej izolácii ako aj vplyv hrúbky a dynamickej tuhosti vrstvy tepelnej izolácie na vzduchovú nepriezvučnosť stavebných konštrukcií, kde v prípade konštrukcií masívnych stien obvodových plášťov dochádza k rezonancii ETICS na princípe tzv. systému „hmota – pružina – hmota“. Pre stanovenie polohy rezonančnej frekvencie uvedeného systému boli použité viaceré výpočtové metódy, ktorých spoľahlivosť bola konfrontovaná s vykonanými laboratórnymi meraniami. Všeobecne možno konštatovať, že aplikácia ETICS na obvodový plášť budovy spôsobí zmenu hodnoty váženej nepriezvučnosti zateplenej steny vo vybranej frekvenčnej oblasti v závislosti od plošnej hmotnosti ETICS a použitého druhu a hrúbky tepelnej izolácie. Rezonancie spôsobené kmitajúcim systémom ETICS spôsobujú zníženie hodnôt nepriezvučnosti v oblasti nízkych kmitočtov, čo sa pri posudzovaní zvukovej izolácie obvodových plášťov v súlade s platnými normami nemusí prejavíť v zmene jednočíselného hodnotenia zvukovej izolácie obvodového plášťa R'_w , resp. $D_{nT,w}$, prejaví sa však zmenami hodnôt adaptačných činiteľov C a C_{tr} určených v zmysle normy a tým v subjektívnom vnímaní kvality zvukovej izolácie obvodového plášťa, resp. vo vnímaní jeho vlastnosti schopnosti znížiť hluk prenikajúci do budovy z vonkajšieho prostredia. V súčasnosti platnej STN EN 12354-1 je uvedený postup na stanovenie stupňa zlepšenia váženej vzduchovej nepriezvučnosti ΔR_w pre konštrukcie, na ktorých sa nachádzajú prídavné vrstvy tepelnej izolácie s výstužnými a povrchovými úpravami. Hodnota zlepšenia sa stanovuje podľa vypočítanej hodnoty rezonančnej frekvencie systému a podľa plošných hmotností základnej konštrukcie a výstužnej vrstvy s povrchovou úpravou. Norma tiež umožňuje predikciu hodnôt jednočíselných veličín ΔR_A a ΔR_{Atr} , ktoré zohľadňujú hodnoty adaptačných činiteľov spektra v zmysle STN ISO 717-1. V posledných rokoch sa v praxi často stretávame s negatívnym subjektívnym hodnotením zvukovej izolácie obvodových plášťov budov po realizácii ETICS, ako aj s nevyhovujúcimi hodnotami zvukovej izolácie medzi miestnosťami v budovách po neodborných zásahoch, kde boli na konštrukciu aplikované ďalšie pridané vrstvy s vyššou hodnotou dynamickej tuhosti izolácie pod vrchnou vrstvou omietky. Uvedená skutočnosť súvisí s rozdielnou hlukovou záťažou vonkajšieho prostredia, resp. s rozdielnym tvarom frekvenčného spektra zdrojov hluku, ktoré sa podieľajú na hlukovom zaťažení fasád budov, prípadne s výskytom vnútorných zdrojov hluku s netypickým tvarom frekvenčného spektra hladiny

akustického tlaku (napr. kotolne, odovzdávacie stanice tepla, strojovne VZT, tepelné čerpadlá, strojovne bazénovej technológie a pod.). Na rozdiel od legislatívy a noriem platných v SR sa napríklad vo Švajčiarsku postupuje pri posudzovaní vlastností a pri návrhu akustických vlastností obvodových plášťov budov takým spôsobom, že hodnoty adaptačných činiteľov spektra C a C_{tr} sú súčasťou výpočtových vzťahov a je potrebné s nimi uvažovať. V praxi to môže mať za následok zvýšenie požiadaviek na zvukovú izoláciu obvodového plášťa v porovnaní s podmienkami v SR aj o viac než 6 dB.

3. Tézy dizertačnej práce

3.1 Ciele dizertačnej práce

Cieľom dizertačnej práce je stanovenie vplyvu v SR najčastejšie používaných kontaktných zateplovacích systémov na nepriezvučnosť stavebných konštrukcií, najmä obvodových plášťov budov meraním. V procese hodnotenia výsledkov meraní zvukovej izolácie fragmentu obvodového plášťa a aplikovanými prídavnými vrstvami boli zohľadnené fyzikálne vlastnosti materiálov, ako napr. hrúbka a hodnota dynamickej tuhosti materiálov. Vlastnosti boli zisťované laboratórnymi meraniami – meraním dynamickej tuhosti viacerými metódami u nás, ako aj počas študijného pobytu v zahraničí.

Cieľom práce je taktiež príprava podkladu pre znenie návrhu poznámky do pripravovanej revízie slovenskej technickej normy, ktorá by zohľadnila negatívny účinok prídavných vrstiev všeobecne, resp. nie len po aplikácii ETICS na obvodové plášte budov, ktoré sú navrhované v území nadmerne zaťaženom hlukom z dopravy, alebo za iných špecifických podmienok (najmä v území zaťaženom hlukom s dominantnými nízkymi frekvenciami – napr. letecká doprava, železničné dráhy a pod.) a ktorá by bola použiteľná v praxi pri navrhovaní a posudzovaní zvukovoizolačných vlastností obvodových plášťov a ostatných konštrukcií.

V dizertačnej práci sú okrem meraní zvukovej izolácie častí obvodových plášťov s rôznymi ETICS v laboratórnych podmienkach a na stavbe, analyzované aj výsledky vykonaných meraní hluku z dopravy v rôznych situáciách a lokalitách, vrátane vyhodnotenia ich frekvenčných spektier hladín hluku z dopravy, v ktorých sa v súčasnej dobe objekty s ETICS nachádzajú.

V rámci spracovania práce uvádzam tiež možnosti úprav materiálovej skladby ETICS v procese tzv. „ladenia“ rezonančnej frekvencie systému hmota – pružina – hmota, ktoré by umožnili použiť systém ETICS aj na obvodových plášťoch objektov v tých oblastiach, kde by obvyklý spôsob realizácie zateplovacieho systému spôsobil výrazné, subjektívne vnímateľné zhoršenie vzduchovej nepriezvučnosti obvodového plášťa.

3.2 Metódy a metodika dizertačnej práce

Pri spracovaní dizertačnej práce boli využité nasledovné metódy :

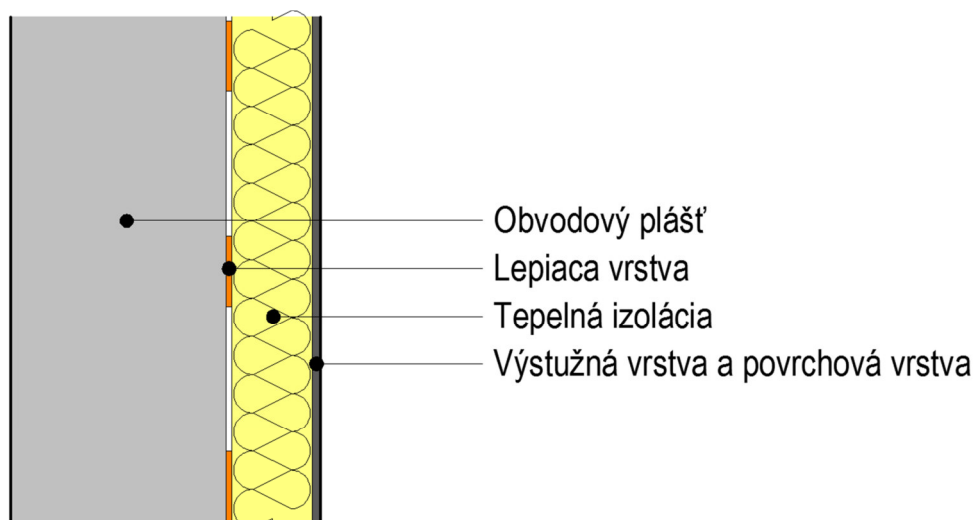
1. Laboratórne merania zvukovej izolácie časti obvodového plášťa s aplikáciou variantných riešení kontaktných zatepľovacích systémov, meranie a vyhodnotenie výsledkov meraní v zmysle metodiky uvedenej v STN EN ISO 10140-1 a STN EN ISO 717-1 so zameraním najmä na frekvenčnú oblasť rezonancie ETICS systému
2. Overenie nameraných výsledkov vzduchovej nepriezvučnosti v laboratórnych podmienkach s matematickým modelom uvedeným v norme STN EN ISO 12354-1, resp. s novými odvodenými výpočtovými postupmi
3. Merania zvukovej izolácie obvodových plášťov po aplikácii prídavných vrstiev a ETICS in situ – v podmienkach na stavbe, meranie a vyhodnotenie výsledkov podľa STN EN ISO 16283-3 a STN EN ISO 717-1 a overenie výsledkov s postupom pri prenose údajov do podmienok in situ v zmysle metodiky uvedenej v STN EN ISO 12354-1. V práci poukazujem tiež na odlišnosti podmienok realizácie ETICS na stavbách od ideálnych podmienok vytvorených pri laboratórnych meraniach, resp. pri okrajových podmienkach výpočtov, ktoré majú za následok odlišnosti vo výsledkoch laboratórnych meraní a meraní in situ.
4. Laboratórne merania dynamickej tuhosti materiálov používaných ako tepelná izolácia v ETICS systémoch, meranie v zmysle STN EN 29052-1 a meranie budičom vibrácií a rázovým kladivkom, porovnanie nameraných výsledkov, vyhodnotenie medzilaboratórnych porovnávacích meraní
5. Merania hluku z dopravy pred fasádami budov in situ – analýza výsledkov meraní hluku, porovnanie výsledkov frekvenčnej analýzy hladín A zvuku získaných v reálnych podmienkach zaťaženia fasád budov hlukom z dopravy pozemnej a z iných zdrojov hluku, porovnanie nameraných frekvenčných priebehov hladín A zvuku s normalizovaným spektrom hluku z dopravy C_{tr}

4. Teória a definície základných pojmov

Podľa definície uvedenej v STN EN 13499 je vonkajší tepelnoizolačný kontaktný systém (ETICS) priamo na stavbe zabudovaná zostava z priemyselne zhotovených výrobkov dodávaná výrobcom ETICS, ktorá obsahuje aspoň tieto komponenty, ktoré vybral výrobca systému na ním určené používanie v ETICS:

- v systéme špecifikovanú lepiacu maltu a v systéme špecifikované mechanické kotviace prvky
- v systéme špecifikovaný tepelnoizolačný materiál
- v systéme špecifikovanú výstuž/základnú vrstvu zhotovenú z jednej alebo viacerých vrstiev, z ktorých aspoň jedna vrstva obsahuje výstužnú mriežku
- v systéme špecifikovanú výstužnú mriežku
- v systéme špecifikovaný penetračný náter
- v systéme špecifikovanú konečnú povrchovú úpravu, ktorá môže zahŕňať aj dekoratívnu vrstvu

Kontaktný zatepľovací systém je vonkajším tepelnoizolačným systémom, v ktorom tepelnoizolačný materiál predstavuje jeho hlavnú vrstvu.

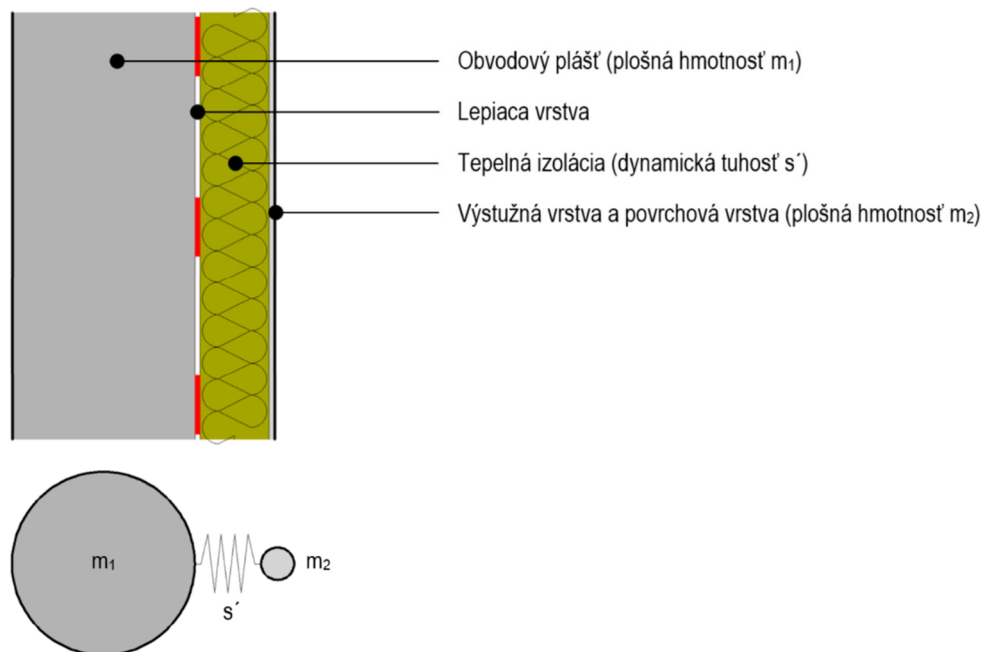


Obr. 1 Základné vrstvy kontaktného zatepľovacieho systému

Ako tepelná izolácia v ETICS býva najčastejšie používaný expandovaný polystyrén, minerálne vlny (MW), fenolové peny, polyuretánové dosky. Vrstva tepelnej izolácie je lepená na povrch stavebnej konštrukcie pomocou lepidla.

Požiadavky na vlastnosti výrobkov, skúšobné postupy a ustanovenia na štiťkovanie tepelných izolácií na báze penového polystyrénu sú uvedené v norme STN EN 13499, požiadavky na tepelné izolácie na báze minerálnej vlny v norme STN EN 13500.

Z fyzikálneho hľadiska predstavuje ETICS tzv. systém „hmota – pružina – hmota“ (vid' obr. 2), kde konštrukcia obvodového plášťa predstavuje základnú konštrukciu s plošnou hmotnosťou m_1 , pružinou je tepelnoizolačný systém o hrúbke d , definovaný aj hodnotou dynamickej tuhosti s' a hmotu s plošnou hmotnosťou m_2 predstavuje výstužná vrstva spolu s povrchovou úpravou.



Obr. 2 Základné vrstvy kontaktného zatepľovacieho systému
a fyzikálny princíp "hmota – pružina – hmota"

Akustické vlastnosti tohto systému sú primárne určené jeho rezonančnou frekvenciou f_0 , dynamickou tuhosťou s' vrstvy tepelnej izolácie a plošnými hmotnosťami hmotnej steny m'_1 a výstužnej vrstvy s povrchovou úpravou m'_2 . Rezanančnú frekvenciu systému je možné určiť výpočtom podľa nasledujúceho vzťahu :

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad (1)$$

kde

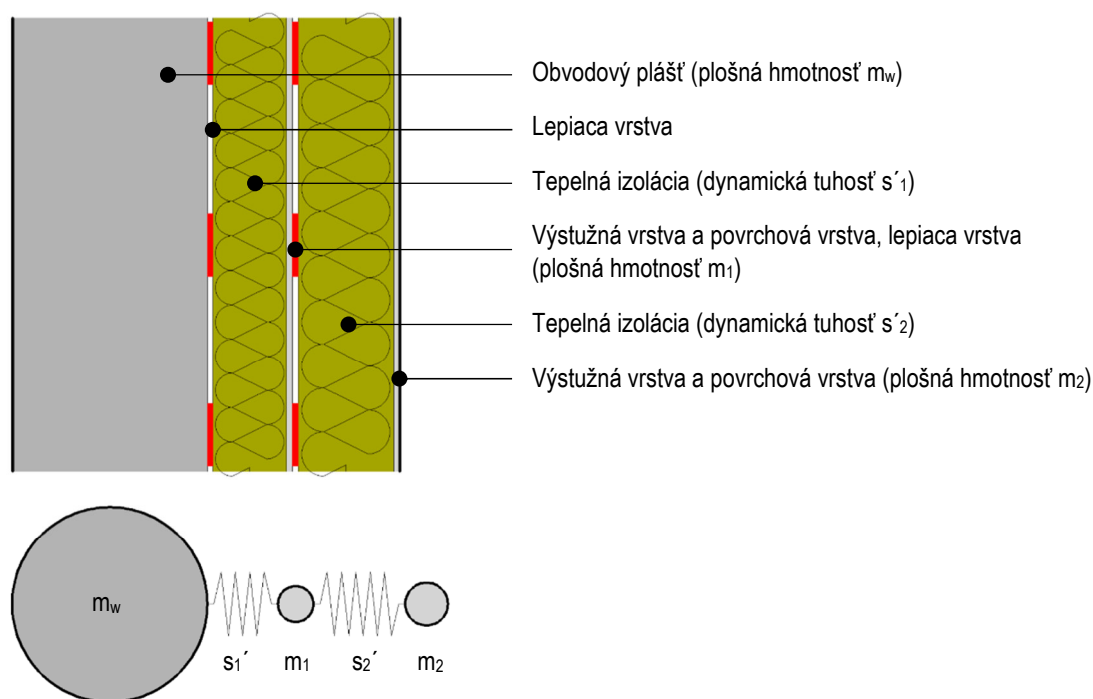
m'_1 je plošná hmotnosť steny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

m'_2 je plošná hmotnosť výstužnej a povrchovej vrstvy ETICS [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$]

s' je dynamická tuhosť tepelnej izolácie ETICS [$\text{MN} \cdot \text{m}^{-3}$]

5. Dodatočné zatepľovanie už zateplených obvodových plášťov budov

Postupné zvyšovanie nárokov na energetickú úspornosť prevádzky budov si bude v nasledujúcom období vyžadovať v niektorých prípadoch realizáciu dodatočného zateplenia už zateplených budov. V tomto prípade sa po analýze stavu jestvujúceho kontaktného systému pristúpi k jeho ďalšiemu dodatočnému mechanickému kotveniu a následnej realizácii nového kontaktného zatepľovacieho systému. Z hľadiska akustiky takto vzniknú konštrukcie, ktorých presnejšia hodnota zlepšenia, resp. zhoršenia vzduchovej nepriezvučnosti nie je doposiaľ popísaná. Doposiaľ vykonané laboratórne merania však preukazujú vznik ďalšej vlastnej frekvencie nachádzajúcej sa vyššie od základnej rezonančnej frekvencie f_0 , ktorá sa aplikáciou ďalšieho súvrstvia posúva v spektre nižšie (základná rezonančná frekvencia je približne rovná rezonančnej frekvencii systému, ak by vnútorná vrstva nebola opatrená výstužnou a povrchovou vrstvou, t.j. ako keby vrstvy izolácií boli priamo na sebe len s vonkajšou výstužnou a povrchovou vrstvou). Vlastnosti reálneho dvojitého ETICS systému však budú závislé od jeho skutočného prevedenia, spôsobu mechanického kotvenia vrstiev ako aj vlastností jednotlivých vrstiev.



Obr. 3 Základné vrstvy kontaktného zatepľovacieho systému s pridaným zateplením a jeho fyzikálny princíp

6. Experiment 1 – stanovenie dynamickej tuhosti izolačných materiálov

Dynamická tuhosť ako pomer dynamickej sily a dynamickej výchylky je jednou zo základných vlastností vrstvy tepelnej izolácie, ktoré majú vplyv na zlepšenie, resp. zhoršenie akustických vlastností stavebnej konštrukcie vplyvom aplikácie kontaktného zatepľovacieho systému. Dynamická tuhosť tepelnoizolačných materiálov sa stanovuje meraním. Podstata metódy spočíva v zisťovaní rezonančnej frekvencie mechanickej sústavy tvorenej skúšobnou vzorkou a zaťažovacím telesom. Vzorka je položená na základňu o veľkej hmotnosti a zaťažaná oceľovou doskou o rozmere 200 x 200 mm s hmotnosťou 8 kg. Budičom upevneným k uvedenej doske sa vo vertikálnom smere budia vibrácie kolmo na skúšobnú vzorku a snímačom sa meria hladina zrýchlenia. Zdanlivá dynamická tuhosť skúšobnej vzorky s'_t sa určí na základe odmeranej maximálnej hodnoty rezonančnej frekvencie sústavy podľa vzťahu :

$$s'_t = 4\pi^2 \cdot m'_t \cdot f_r^2 \quad (2)$$

kde

m'_t je celková plošná hmotnosť zaťažovacieho telesa v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

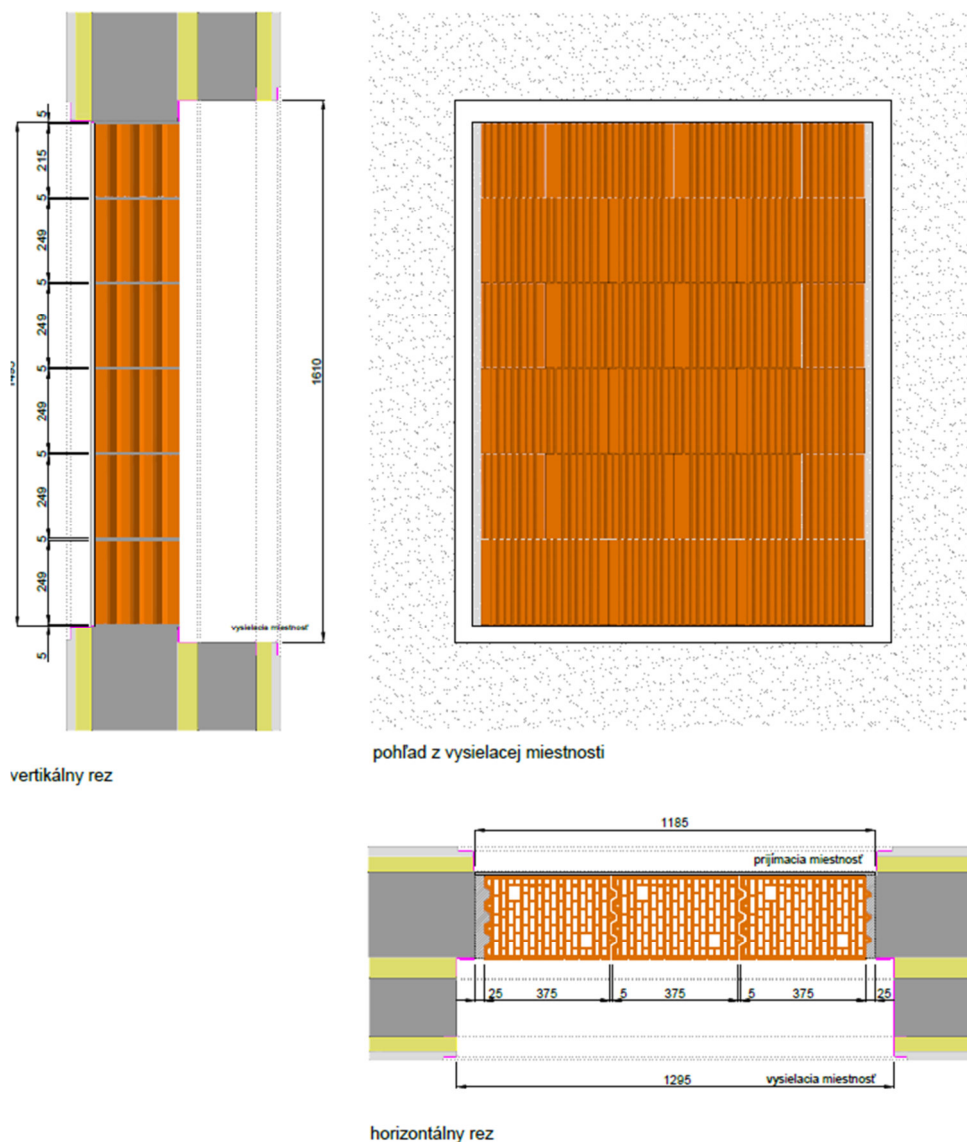
f_r je rezonančná frekvencia v Hz



Obr. 4 Pohľad na skúšanú vzorku (EPS) pod zaťažovacou doskou počas merania jej dynamickej tuhosti, systém DYPs

7. Experiment 2 – laboratórne meranie zvukovej izolácie fragmentov obvodového plášťa

V rámci dizertačnej práce boli v laboratóriách SvF STU vykonané laboratórne merania vzduchovej nepriezvučnosti časti obvodového plášťa s použitím viacerých typov tepelných izolácií. Fragment obvodového plášťa bol realizovaný v otvore s rozmerom 1200 x 1500 mm z materiálu Porotherm 25 Profi o hrúbke 250 mm. Stena bola zo strany prijímacej miestnosti opatrená vrstvou vápenno cementovej omietky o hrúbke cca 15 mm. Zo strany vysielačnej miestnosti boli postupne aplikované viaceré typy kontaktných zatepľovacích systémov s tým, že merania nepriezvučnosti boli vykonávané postupne – od nalepenia tepelnej izolácie, cez utesnenie vzorky až po finálnu vrstvu omietky s tým, že bol sledovaný vplyv postupu prác a dokončenia vzorky na nepriezvučnosť prvku.



Obr. 5 Spôsob realizácie časti obvodového plášťa v meracom otvore

8. Vzorka č.1 – expandovaný polystyrén hr. 160 mm - Baumit OPEN

Obr. 6 Postup realizácie kontaktného zatepl'ovacieho systému s izoláciou EPS
Baumit Open hr. 160 mm

9. Vzorka č.2 - EPS hr. 160 mm

Obr. 7 Postup realizácie kontaktného zatepl'ovacieho systému s izoláciou EPS Baunit hr. 160 mm

10. Vzorka č.3 – Minerálna vlna hr. 160 mm



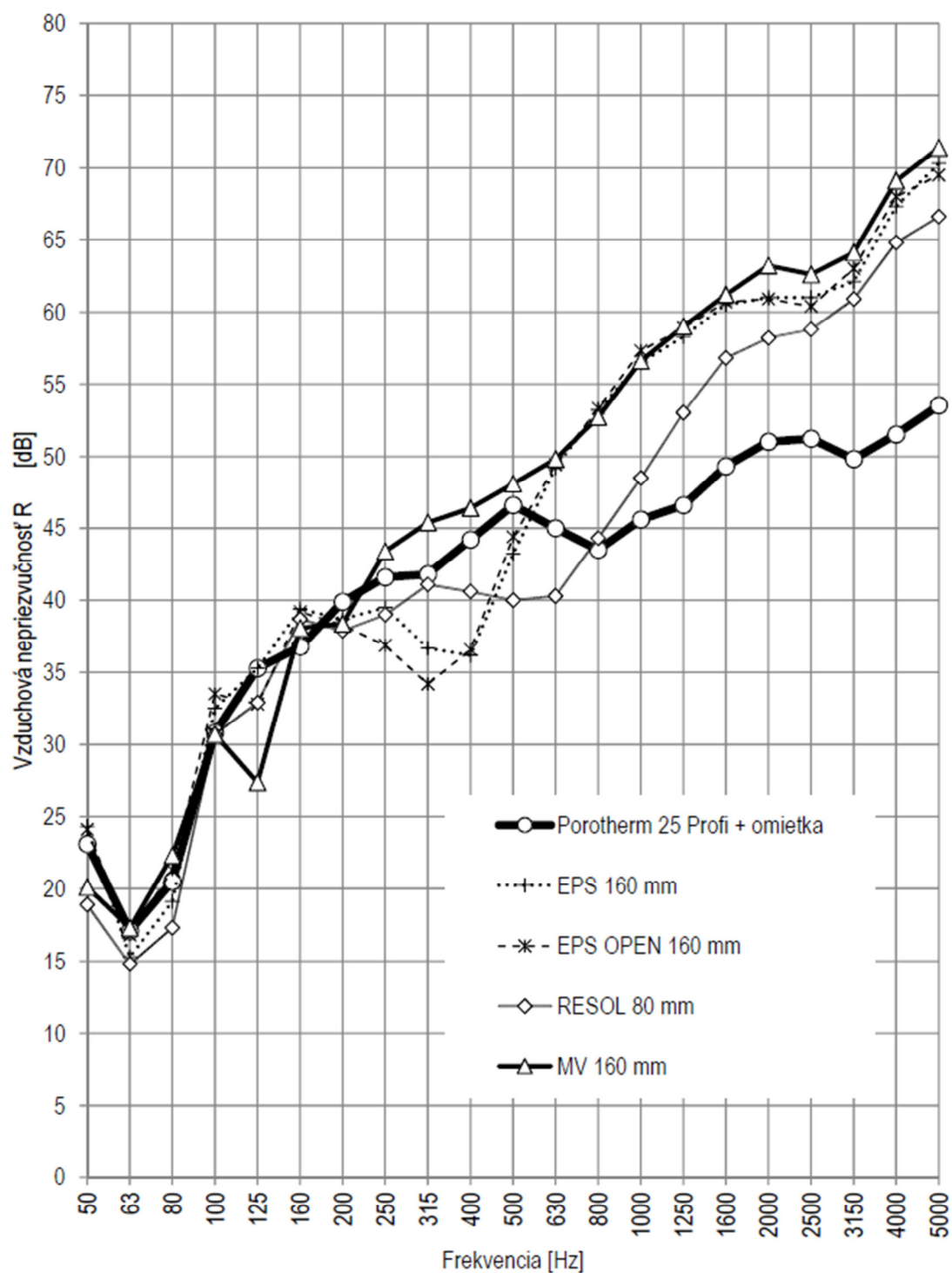
Obr. 8 Postup realizácie kontaktného zateplňovacieho systému s izoláciou MV hr. 160 mm

11. Vzorka č.4 – Resolová pena hr. 80 mm



Obr. 9 Postup realizácie kontaktného zatepľovacieho systému s izoláciou Resol hr. 80 mm

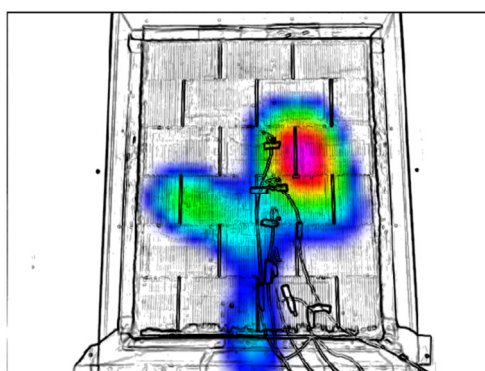
12. Porovnanie výsledkov vykonaných laboratórnych meraní



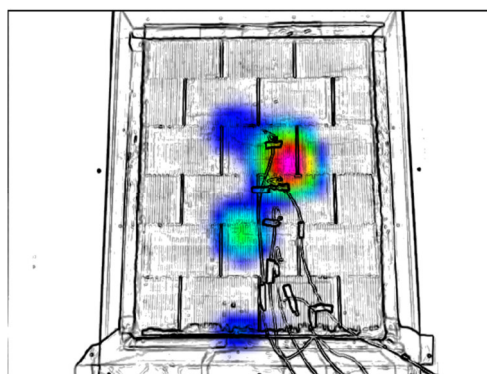
Obr. 10 Namerané frekvenčné priebehy vzduchovej nepriezvučnosti vzoriek obvodového plášťa so štyrmi druhmi kontaktných zateplovacích systémov

13. Analýza fragmentu obvodového plášťa akustickou kamerou

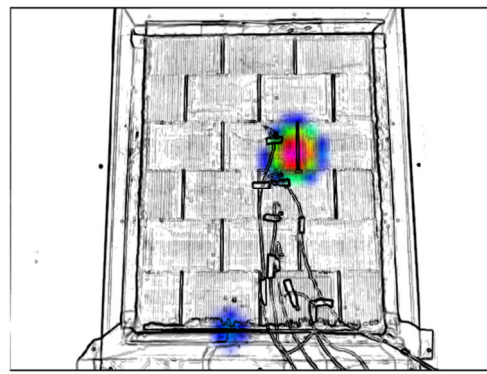
Pred vlastnými meraniami nepriezvučnosti vzorky obvodového plášťa s aplikovanými kontaktnými zatepľovacími systémami bolo vykonané štandardné meranie nepriezvučnosti vzorky s vyhodnotením výsledkov meraní, ako aj identifikácia prípadných akustických mostov a ich následná lokalizácia pomocou akustickej kamery. Meraním pomocou akustickej kamery bolo preukázané, že vzhľadom na vlastnosti zvukového poľa v prijímacej miestnosti, ktoré bolo (podľa očakávania) difúzne, týmto spôsobom vizualizácie hodnôt hladín akustického tlaku nie je možné identifikovať defekty vo vyhotovenej vzorke, s výnimkou oblasti vyšších frekvencií. Meraním bolo identifikovaných niekoľko netesností medzi tehľami, ktoré sa prejavilo pri meraní v hornej oblasti zvukoizolačného spektra, nad frekvenciou so strednou hodnotou 2500 Hz (obr. 53 – 60), čo možno považovať za defekt, neovplyvňujúci merané hodnoty.



Obr.11 Pohľad na vzorku, tretinooktávové frekvenčné pásmo so strednou frekvenciou 3150 Hz



Obr.12 Pohľad na vzorku, tretinooktávové frekvenčné pásmo so strednou frekvenciou 4000 Hz



Obr.13 Pohľad na vzorku, tretinooktávové frekvenčné pásmo so strednou frekvenciou 5000 Hz

14. Vplyv prídavných vrstiev tepelnej izolácie na vlastnosti ostatných stavebných konštrukcií

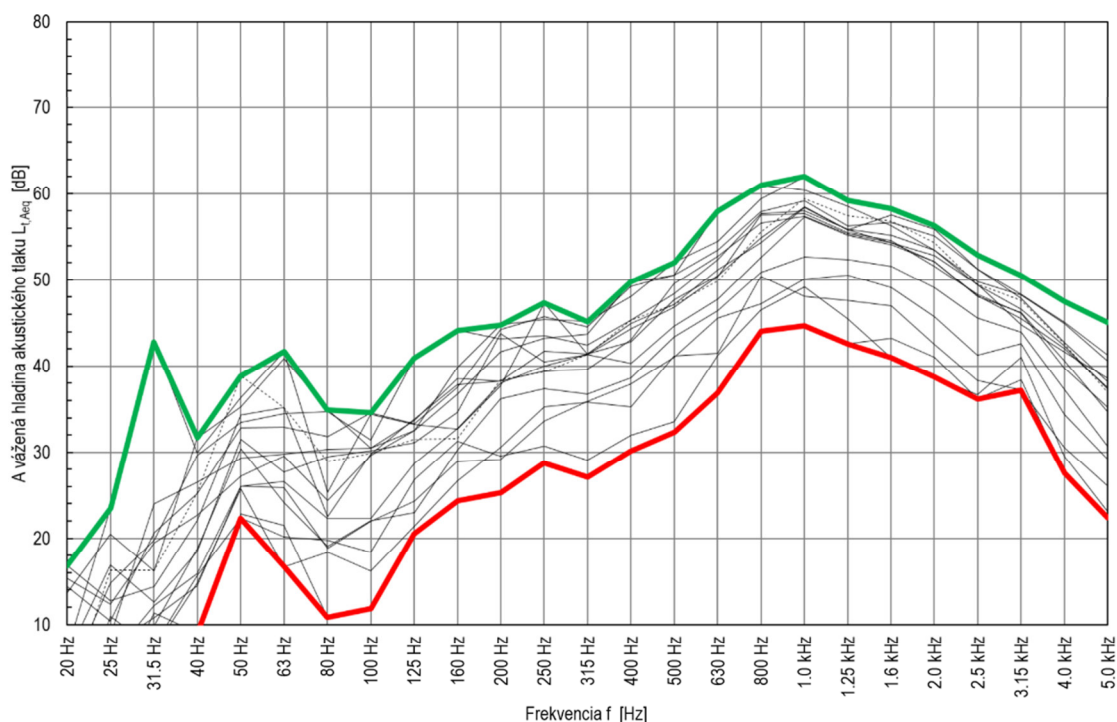
Kontaktné zatepľovacie systémy nie sú v praxi používané len ako opatrenia na zlepšenie tepelnoizolačných vlastností obvodových plášťov, ale aj ako úpravy vnútorných konštrukcií (napr. steny a stropy obytných miestností v kontakte s nevykurovanými vnútornými priestormi, technické miestnosti v budovách), avšak aj ako konštrukcie, ktorých účelom je zlepšenie zvukovoizolačných vlastností konštrukcie. Častokrát však nevhodná voľba tepelnej izolácie s povrchovou úpravou svojou rezonanciou spôsobí zníženie hodnoty váženej stavebnej nepriezvučnosti a subjektívne zhoršenie podmienok na bývanie. Jedným z príkladov môže byť aplikácia tepelnej izolácie EPS 140 s omietkou na strop garáže pod obytnými miestnosťami v bytovom dome v Bratislave (Kramáre), kde bola meraním stanovená hodnota váženej nepriezvučnosti $R'_w(C;C_{tr}) = 54(-2;-4)$ dB a poloha rezonančnej frekvencie ETICS $f_0 \approx 507$ Hz. Uvedená hodnota zvukovej izolácie R'_w je nižšia, než normou požadovaná hodnota platná pre konštrukciu oddeľujúcu garáže od obytných miestností v bytových domoch. Zlepšenie hodnoty váženej nepriezvučnosti konštrukcie bolo bez demontáže ETICS v tomto prípade možné dosiahnuť „preladením“ rezonančnej frekvencie ETICS zmenou plošnej hmotnosti povrchovej úpravy. Zvýšenie plošnej hmotnosti bolo dosiahnuté celoplošným nalepením vrstvy izolácie v tvare lamiel na báze minerálnej vlny. Stavebník vykonal aj pokus o zmenu akustických vlastností pridaných vrstiev aj rozrezaním pridaných vrstiev na menšie časti.



Obr. 14 Pohľady na rozrezanú plochu ETICS a stav pred úpravou a po úprave skladby zateplenia
BD Bratislava Kramáre

15. Experiment 3 – meranie hluku vo vonkajšom prostredí

Pre stanovenie typických A-vážených frekvenčných spektier zvuku zo zdrojov hluku vo vonkajšom prostredí, ktorými môžu byť zaťažené obvodové plášte budov v reálnej situácii, bol vykonaný rozsiahly súbor meraní hluku, z ktorého je možné porovnaním spektier hodinových ekvivalentných hladín A zvuku dokumentovať okrem zmien dynamiky hluku počas jednotlivých referenčných časových intervalov deň, večer a noc, aj zmeny vo frekvenčnej skladbe hluku. V mnohých prípadoch musia fasády budov odolávať veľkej dynamike zmien v hodinových ekvivalentných hladinách A zvuku počas dňa, ako aj zmenám v spektrálnom zložení hluku v závislosti od druhu dopravy, resp. typu zdrojov hluku v dotknutom vonkajšom prostredí. Uvedenej problematike sa v minulosti venoval napr. J. Davy [35], ktorý v tejto súvislosti upozornil na rozdiely v neistotách výsledkov laboratórnych a in situ meraniach, poukázal na významné rozdiely v typických frekvenčných spektrách hluku z elektrických a naftových lokomotív, železničnej dopravy, automobilovej dopravy, leteckého hluku, ako aj na potrebu používania adaptačných činiteľov spektra C a C_{tr} pri hodnotení zvukovej izolácie obvodových plášťov budov. Fasády obytných budov najmä v zastavanej oblasti môžu byť v priebehu dňa zaťažované hlukom s veľkou dynamikou, ako aj s meniacim sa tvarom frekvenčného spektra. Na nasledujúcich obrázkoch sú uvedené vybrané frekvenčné spektrá hladín A zvuku z dopravy, dokumentujúce možné zmeny tvaru spektra v závislosti od druhu zdroja hluku.



Obr. 15 Frekvenčné spektrá A – vážených ekvivalentných hladín akustického tlaku $L_{t,Aeq}$, horná a dolná hranica nameraných hodnôt (zelená a červená krivka), výsledky merania hluku v meracom mieste v **Mlynskej doline** (kontinuálne 16 hodinové meranie hluku)

Dokumentované priebehy upravených (normalizovaných) frekvenčných spektier ekvivalentných hladín A zvuku z dopravy, získaných priamym meraním hluku, potvrdzujú skutočnosť, že pri hodnotení hlukovej záťaže vonkajšieho prostredia je okrem celkových ekvivalentných hladín A zvuku pre jednotlivé frekvenčné časové intervaly, stanovené platnou legislatívou, potrebné sledovať tiež tvar ich frekvenčného spektra. V niektorých prípadoch dochádza k situáciám, kedy sa tvar spektra značne odlišuje od typického normalizovaného spektra hluku z dopravy C_{tr} a ani v prípade uplatnenia hodnoty adaptačného činiteľa C_{tr} pri návrhu hodnôt zvukovej izolácie obvodového plášťa budovy, návrh požadovanej hodnoty zvukovej izolácie obvodového plášťa nemusí byť správny. Jedná sa najmä o tie situácie, kedy je stavba situovaná v blízkosti železničnej trate, diaľnice, alebo priemyselných zdrojov hluku s technológiou vyznačujúcou sa vyššími hodnotami hladín akustického tlaku len v určitej časti spektra. Odkazy na vyššiu neistotu stanovenia hodnoty adaptačného činiteľa spektra pri určovaní vzduchovej nepriezvučnosti stavebných prvkov v prípade prítomnosti hluku z iných zdrojov, akými sú napríklad letecký hluk, resp. hluk z priemyslu, alebo z dopravy s vyšším podielom nákladnej dopravy je možné nájsť v už publikovanej literatúre.

Z uvedeného vyplýva, že v prípade aplikácie ETICS na obvodové plášte budov je potrebné najprv stanoviť výpočtom hodnotu rezonančnej frekvencie prídavných vrstiev a hodnotu zhoršenia váženej nepriezvučnosti. O vypočítanú hodnotu očakávaného zhoršenia váženej nepriezvučnosti stavebnej konštrukcie s prídavnými vrstvami je potrebné zlepšiť celkový návrh skladby obvodového plášťa. V prípade ak sa posudzovaná, alebo navrhovaná stavba nachádza v mieste s hlukovým zaťažením obsahujúcim dominantné frekvencie vo frekvenčnej oblasti rezonančnej frekvencie prídavných vrstiev, je potrebné pri návrhu zohľadniť aj túto skutočnosť.

V dizertačnej práci je tiež poukázané na existenciu ďalších konštrukcií, vyžadujúcich si rovnaký prístup, ako napríklad prídavné vrstvy na stropných konštrukciách nevykurovaných priestorov, prídavné vrstvy na stenách oddeľujúcich spoločné priestory od obytných miestností, prídavné vrstvy na špaletách konštrukcií výplní otvorov, či vrstiev realizovaných za účelom zlepšenia zvukovoizolačných vlastností stavebnej konštrukcie. Vo všetkých týchto prípadoch je nevyhnutné poznať frekvenčné spektrum hluku ako aj rezonančnú frekvenciu prídavných vrstiev.

16. Prínos pre vedu a prax

Vykonanými laboratórnymi meraniami bola preukázaná platnosť výpočtových vzťahov v STN EN ISO 12354-1 a ich dostatočná presnosť pre použitie pri navrhovaní budov v praxi, porovnaním výsledkov výpočtov s presnejším postupom. Meraniami vykonanými v laboratórnych podmienkach na fragmente obvodového plášťa s najčastejšie používanými druhmi tepelnej izolácie bol potvrdený vplyv prídavných vrstiev na nepriezvučnosť konštrukcie a vznik systému hmota – pružina – hmota, ako aj vplyv polohy, resp. hodnoty rezonančnej frekvencie na výslednú nepriezvučnosť stavebnej konštrukcie. Počas realizácie jednotlivých vzoriek ETICS v laboratóriu bola tiež preukázaná potreba existencie technologických postupov pre aplikáciu ETICS a ich dodržiavania pre zabezpečenie opakovateľnosti a reprodukovateľnosti meraní, ako aj predvídateľnosti vplyvu použitého ETICS na stavebnú konštrukciu a jej akustické vlastnosti.

Pri spracovaní dizertačnej práce a počas vykonávania meraní nepriezvučnosti stavebných konštrukcií na stavbách bolo zistené, že za prídavné vrstvy, ktoré ovplyvňujú vzduchovú nepriezvučnosť stavebnej konštrukcie, musia byť považované nielen kontaktné zateplňovacie systémy obvodových plášťov budov, ale aj napr. systémy zateplenia stropov nad nevykurovanými priestormi, stien vedľa nevykurovaných priestorov, dodatočné vrstvy izolácií s povrchovou úpravou pridávané na špalety konštrukcií výplní otvorov - okien, dverí a fasád. Ich prítomnosť na stavebnom prvku, spĺňajúca podmienku vzniku systému hmota – pružina – hmota môže mať vplyv na subjektívne vnímanie hluku prenikajúceho do chránenej miestnosti, ako aj na objektívne, meraním zistené hodnoty ich vzduchovej nepriezvučnosti.

Meraniami hluku z dopravy a analýzou ich frekvenčných spektier bolo zistené, že typický tvar spektra C_{tr} nemusí byť platný pre všetky druhy hlukovej záťaže z dopravy v praxi a je potrebné mu pri návrhu zvukovej izolácie medzi miestnosťami ako pri obvodových plášťoch budov, venovať zvýšenú pozornosť. V dizertačnej práci je navrhnutý postup stanovenia požadovanej hodnoty zvukovej izolácie pre tieto prípady.

Počas spracovania práce bolo tiež preukázané, že hodnotu rezonančnej frekvencie prídavných vrstiev je možné ovplyvniť správnym návrhom skladby jednotlivých vrstiev, prípadne zmeniť polohu rezonančnej frekvencie vo frekvenčnom spektre. Týmto spôsobom je možné dosiahnuť zmenu jednočíselného hodnotenia váženej nepriezvučnosti stavebnej konštrukcie, prípadne prídavnými dynamickými absorbérmi v skladbe ETICS v určitej frekvenčnej oblasti znížiť hladinu akustického výkonu vyžarovaného povrchom ETICS a tým zlepšiť jeho akustické vlastnosti.

Pre stavebnú a projekčnú prax možno formulovať nasledovné závery :

- v prípade použitia tepelnej izolácie na báze EPS, resp. všeobecne v prípade použitia materiálov s vysokými hodnotami dynamickej tuhosti môže aplikáciou ETICS dôjsť k výraznému zhoršeniu hodnoty váženej nepriezvučnosti obvodového plášťa
- použitím tepelnej izolácie na báze minerálnej vlny, resp. použitím materiálu s nízkou hodnotou dynamickej tuhosti často nedochádza k zhoršeniu akustických vlastností stavebnej konštrukcie vplyvom prídavných vrstiev, v praxi bolo preukázané zlepšenie vlastností o cca 2 dB
- hodnota zhoršenia váženej nepriezvučnosti stavebnej konštrukcie vplyvom prídavných vrstiev je závislá od hodnoty rezonančnej frekvencie systému hmota – pružina – hmota, je preto potrebné ju stanovovať samostatne pre každý prípad skladby prídavných vrstiev
- pridaním ETICS na stavebnú konštrukciu, resp. všeobecne pridaním prídavných vrstiev môže dôjsť aj k subjektívne vnímateľnej zmene akustických vlastností stavebnej konštrukcie, v závislosti od polohy rezonančnej frekvencie systému hmota – pružina - hmota
- zmenou počtu a rozmiestnenia mechanických kotiev ETICS sa mení hodnota zlepšenia (resp. zhoršenia) váženej nepriezvučnosti ΔR_w , aj v závislosti od polohy rezonančnej frekvencie
- v bežných podmienkach zástavby s obvyklou hlukovou záťažou spôsobovanou cestnou dopravou, aplikácia ETICS nespôsobí žiadne výraznejšie zmeny v hladinách akustického tlaku za obvodovým plášťom – v interiéri budov
- v nepriaznivých podmienkach (napr. zástavba v blízkosti letísk, železníc, električkových tratí, prípadne priemyselných závodov, ktoré generujú hluk s dominantnými nízkymi frekvenciami) môže v prípade použitia tepelnej izolácie na báze EPS, resp. v prípade použitia materiálov s vysokými hodnotami dynamickej tuhosti aplikáciou ETICS dôjsť k veľmi výraznému zhoršeniu váženej nepriezvučnosti obvodového plášťa, ktoré bude subjektívne vnímané ako neakceptovateľné
- konštrukciám prídavných vrstiev je v praxi potrebné venovať pozornosť aj na miestach, ako sú napr. dodatočné vrstvy izolácie na špaletách konštrukcií výplní otvorov, pri izolácii konštrukcií nad, alebo vedľa nevykurovaných priestorov, prípadne pri navrhovaní predsadených konštrukcií určených na zlepšenie hodnoty zvukovej izolácie medzi miestnosťami
- pri realizácii kontaktných systémov zateplení obvodových plášťov je potrebné rešpektovať pokyny výrobcu, ktorý pre daný systém deklaruje hodnotu zlepšenia (alebo zhoršenia) váženej nepriezvučnosti konštrukcie. Pri odchýlke od predpísaného postupu (plocha spojenia izolácie, počet mechanických kotiev, umiestnenie kotiev, orientácia vlákien) je vhodné výpočtom stanoviť predpokladaný vplyv navrhovaného systému na nepriezvučnosť konštrukcie

17. Literatúra

Evropská organizace pro technické schvalování (EOTA), Řídící pokyn pro evropská technická schválení, ETAG 004 - Vnější kontaktní tepelně izolační systémy (ETICS) s omítkou (vydání 2000, revize srpen 2011, revize únor 2013)

Zaťko,P., Urbán,D., Tomašovic,P., Rychtáriková,M. : Acoustic Performance of the External Thermal Composite Insulation Systems Influence in Slovakia - Proceedings of the Fortschritte der Akustik–DAGA, 2016

Aktualizácia Stratégie obnovy fondu bytových a nebytových budov v Slovenskej republike, UV SR, apríl 2017, <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/22013/1>

STN 73 0532, Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Požiadavky. 2013, SUTN

Weber, L.: Effect of ETICS on the flanking transmission of outer walls., in DAGA 2004: Strasburg. p. 475-476.

Nurzynski, J.: The effect of additional thermal lining on the acoustic performance of a wall. Euronoise, July 2008, Paris.

Guigou-Carter,C., Foret,R., Wetta,R., Ducruet,P., Villot, M.: Comparison of measured and predicted sound insulation for a thermal retrofitted building. InterNoise 2010, Lisbon, Portugal

Fišarová,Z., Kalousek,L.: Srovnání akustických vlastností obvodových plášťů budov po aplikaci ETICS na základě laboratorních měření. Akustika, Volume 22, September 2014

Rabold,A., Bacher,S.: Wärmedämmverbundsysteme und Außendämmungen aus nachwachsenden Rohstoffen zum Einsatz in der Altbauusanierung – Prognose und Optimierung der schalltechnischen Eigenschaften. 2014, Stuttgart. : Fraunhofer IRB Verlag, 2014, ISBN 978-3-8167-9238-3

Weber,L., S.M.: Schallschutz bei Wärmedämm-Verbundsystemen. 2015, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, ISBN 978-3-8167-9497-4.

Neusser, M., Roozen, N.B., Müllner,H., Hinterseer,S.: Messung des Einflusses von Dübeln zur Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen auf das Luftschalldämmmaß von Außenwänden in Massivbauweise, Daga 2019, Rostock

STN EN ISO 12354-1 Stavebná akustika. Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebných prvkov. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť medzi miestnosťami, 2018 SUTN

Urbán,D., Zaťko,P., Roozen, N.B., Muellner, H., Glorieux, Ch.: Influence of the dynamic stiffness of external thermal insulation on the sound insulation of walls. Euronoise 2018, Crete

STN EN ISO 717-1, Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť. 2013 SUTN.

Zaťko, P.: Kontaktné zateplňovacie systémy a ich vplyv na akustické vlastnosti stavebných konštrukcií. Fyzikálne faktory prostredia, 2014: p. 21 – 24.

Kocsis, L.: Sound Reduction Effects of Plastered Rock Wool Slab Facade Thermal Insulation Systems (I). Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi - Construction & Architecture Section, 2014. Vol. 64 Issue 1: p. 137-145.

Kocsis, L.: Sound Reduction Effects of Plastered Rock Wool Slab Facade Thermal Insulation Systems (II). Bulletin of the Polytechnic Institute of Iasi - Construction & Architecture Section, 2014. Vol. 64 Issue 2: p. 103-111.

STN EN 12354-3. Stavebná akustika. Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebných prvkov. Časť 3: Vzduchová nepriezvučnosť proti vonkajšiemu zvuku, 2017 SUTN

Rychtáriková, M., Chmelík, V., Roozen, N.B., Urbán, D., Garcia, Glorieux, CH.: Perceived Loudness of Neighbour Sounds Heard Through Heavy and Light-Weight Walls with Equal $R_w + C_{50-5000}$. Acta Acustica United With Acustica, 2016. Vol. 102 p. 58 – 66.

SIA 181:2006 Bauwesen. Schallschutz im Hochbau. Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, 2006 Zurich

STN 73 2901 Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS), 2015 SUTN

STN EN 13499 Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo. Vonkajšie kontaktné zatepľovacie systémy (ETICS) na báze expandovaného (penového) polystyrénu. Špecifikácia. 2004 SUTN

STN EN 13500 Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo. Vonkajšie kontaktné zatepľovacie systémy (ETICS) na báze minerálnej vlny. Špecifikácia. 2004 SUTN

Baumit. Zatepľovacie systémy (ETICS). Technologický predpis. Technické detaily.

Technické podklady ISOVER. www.isover.sk

Technické podklady KINGSPAN. www.kingspan.com

Schalldämmung von Ziegelwänden mit WDVS. Sto Ges.m.b.H., OO.-Sbg. Zieglerverband

Vyhláška MZ SR č. 549/2007 Z.z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí v znení neskorších zmien a doplnkov

Nariadenie vlády SR č. 115/2006 Z.z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku v znení neskorších zmien a doplnkov

STN EN 29052-1 Akustika. Stanovenie dynamickej tuhosti. Časť 1: Materiály pre izoláciu plávajúcich podláh v bytových objektoch

STN EN 29053 Akustika. Materiály používané v akustike. Určenie odporu pri toku vzduchu

DYPS 3: Prüfsystem für dynamische Steifigkeit nach EN 29052-1.

http://www.schallmessung.com/dyps3/dyps3_shaker_1_oh/

Urbán,D., Zaťko,P., Roozen,N.B., Muellner,H., Glorieux,C.: Interlaboratory Dynamic Stiffness Measurement of Expanded Polystyrene. In ATF 2017: Book of proceedings from 5th International conference on Building Physics an applied technology in Architecture and Building Structures, 14.- 16. September 2017, Zagreb, Croatia

Súbor meraní nepriezvučnosti vzoriek obvodového plášťa s ETICS v akustických komorách SvF STU vykonaný v roku 2016 a 2017. Ing. Peter Zaťko, Ing. Dušan Dlhý, PhD.

Davy, J.: Insulating buildings against transportation noise, in Acoustics 2004 : transportation noise and vibration : the new millennium : proceedings of the Annual Conference of the Australian Acoustical Society, Gold Coast, Australia, 3-5 November 2004.

Urbán,D., Zaťko,P., Roozen,N.B., Muellner,H., Glorieux,C.: On the uncertainty of dynamic stiffness measurements. In DAGA 2018 München, p. 1411 – 1414..

Baumit. Zatepľovacie systémy (ETICS). Technologický predpis. Technické detaily.

TP CZB 01-2014 Technická pravidla cechu pro zateplování budov ČR, O.S., Zdvojení ETICS (Podmínky a způsoby řešení), Cech pro zateplování budov ČR, o.s., 2014

Baumit. Zatepľovacie systémy (ETICS). Technologický predpis. Technické detaily.

Masovic,D., Miskinis,K., Oguc,M., Scamoni,F., Scrosati,Ch.: Analysis of façade sound insulation field measurements – Comparison of different performance descriptors and influence of low frequencies extension. Inter Noise 2013, Innsbruck, Austria

Foret,R., Guigou-Carter, C., Villot,M.: Effect of thermal insulation systems on acoustic performances of ancient building construction systems. Inter Noise 2010, Lisbon, Portugal

Miskinis,K., Dikavicius, V.: Acoustic and thermal properties of building envelope with ETICS. 23rd International Congress on sound & Vibration, Athens, 2016

Roozen, N. B., Labelle, L., Rychtáriková, M., & Glorieux, C.: Determining radiated sound power of building structures by means of Laser Doppler vibrometry. , *Journal of Sound and Vibration*, 346, 81-99, (2015)

Dlhý,D., Tomašovič,P.: Effects of the Sound Insulation of the Outer Structure on the Price. Applied Mechanics and Materials, Vol. 820, 2016

Dlhý,D., Tomašovič,P., Petrák,P., Zaťko,P. The Effect of a Front Frame on the Increase in Sound Insulation of an Acoustically Simple Wall - Results of On-Site Measurements, Applied Mechanics and Materials, Vol. 820, 2016

Tomašovič,P., Dlhý,D., Rychtáriková,M., Gašparovičová,V.: Akustika budov - priestorová akustika (Acoustics of buildings - Room acoustics), STU Bratislava, Bratislava, 2010

Petošić, A., Franček P., Štrbac, M., Zaťko,P., Urbán,D., Szabó,D. Measurement uncertainty in the field of environmental noise and building acoustic measurements: experience from interlaboratory comparisons. The 8th Congress of the Alps Adria Acoustics Association – Conference Proceedings, Zagreb 2018

Urbán,D., Roozen,B., Niemczanowski,A., Muellner,H., Zaťko,P.: Measuring the sound insulation of an external thermal insulation composite system (ETICS) by means of vibrometry. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol.141. No. 5, Pt.2 of 2, May 2017.p.3595. 2017

Roozen,B., Urbán,D., Zaťko,P. Piana,E.A., Glorieux,C.: Variation of the mass-spring-mass resonance frequency of ETICS cladding systems in practice. 27th International Congress on Sound and Vibration, 12 – 16 July 2020, Prague

Urbán, D., Roozen, Nicolaas Benradrus., Jiříček.O.: The influence of thermal insulation selection on a facade sound insulation property – theoretical case study. Internoise 2019, June 16 – 16, Madrid

Allgemeine bauaufsichtige Zulassung / Allgemeine Bauartgenehmigung, Nummer Z-33.46-1327 zo dňa 29.5.2018, Brillux GmbH & Co. KG, Deutsches Institut fuer Bautechnik. Zulassungstelle fuer Bauprodukte und Bauarten Beutechnisches Pruefamt, Berlin

STN EN 14351-1+A2 Okná a dvere. Norma na výrobky, funkčné charakteristiky. Časť 1: Okná a vonkajšie dvere

STN EN ISO 10140-2 Akustika. Laboratórne meranie zvukovoizolačných vlastností stavebných konštrukcií. Časť 2: Meranie vzduchovej nepriezvučnosti

STN EN ISO 717-1 Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť

Roozen,B., Urbán,D., Piana,E., Glorieux,C.: On the use of dynamic vibration absorbers to counteract the loss of sound insulation due to mass-spring-mass resonance effects in external thermal insulation composite systems. Applied Acoustics 178 (2021) 107999.

Churchill C, Bednar T, Müllner H, Neusser M, Hinterseer S, Renovation and innovation using thermal insulation lining systems - Acoustic performance, Building and Environment (2021)

Neusser,M., Roozen,M.,B., Müllner,H., Hinterseer,S.: Messung des Einflusses von Dübeln zur Befestigung von Wärmedämmverbundsystemen auf das Luftschalldämmmaß von Außenwänden in Massivbauweise. DAGA 2019, Rostock

18. Publikačná činnosť autora

Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch

URBÁN, Daniel - ROOZEN, Nicolaas Bernardus - ZAŤKO, Peter - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - TOMAŠOVIČ, Peter - GLORIEUX, Christ. Assessment of sound insulation of naturally ventilated double skin facades. In *Building and Environment*. Vol. 110, (2016), s. 148-160. ISSN 0360-1323 (2016: 4.053 - IF, Q1 - JCR Best Q, 1.998 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: CC: 000388052500014; SCOPUS ; DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.10.004.

URBÁN, Daniel - ROOZEN, Nicolaas Bernardus - MUELLNER, Herbert - ZAŤKO, Peter - NIEMCZANOWSKI, Alexander - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - GLORIEUX, Christ. Vibrometry assessment of the external thermal composite insulation systems influence on the façade airborne sound insulation. In *Applied Sciences* [elektronický dokument]. Vol. 8, iss. 5 (2018), online, s. 703-720. ISSN 2076-3417 (2018: 2.217 - IF, Q2 - JCR Best Q, 0.379 - SJR, Q1 - SJR Best Q). V databáze: CC: 000437326800050; SCOPUS: 2-s2.0-85047068290 ; DOI: 10.3390/app8050703.

Vedecké práce v ostatných zahraničných časopisoch

RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - ZAŤKO, Peter - VERMEIR, Gerrit. Example of the acoustical assessment of the large shopping centre. In *Akustika*. Vol. 10, říjen (2008), s.12-17. ISSN 1801-9064 (2008: 0.000 - SJR).

Vedecké práce v ostatných domácich časopisoch

ZAŤKO, Peter, KAMENICKÝ, Milan. Kostolné zvony ako kultúrna pamiatka a zdroj hluku vo vonkajšom prostredí. In : *Fyzikálne faktory prostredia*, máj 2013, s. 10-19. ISSN 1338-3922

DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZRNEKOVÁ, Júlia - ZAŤKO, Peter. Garážové brány verus hluk v chránených priestoroch bytov. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 4, Mimoriadne číslo (2014), s. 9-12. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - TOMAŠOVIČ, Peter. Nepriezvučnosť dvojitej transparentnej fasády - výsledky experimentálneho merania. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 5, č. 1, mimoriadne číslo - jún (2015), s. 7-10. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter - PETRÁK, Peter. Opatrenia pre zvýšenie zvukovej izolácie medzi miestnosťami v budovách. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 5, č. 1, mimoriadne číslo - jún (2015), s. 11-14. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter - URBÁN, Daniel. Analýza zatepľovacích systémov a nepriezvučnosť obvodových konštrukcií budov. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 6, č. 1 (2016), s. 12-15. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter - TOMAŠOVIČ, Peter - PETRÁK, Peter. Hluk výťahov v dispozícii budov - výsledky merania. In *Fyzikálne faktory prostredia*. Roč. 6, č. 2 (2016), s. 22-25. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter. Hluk v interiéri obytných budov - schody a schodiskové priestory. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 6, č. 1, mimoriadne číslo - jún (2016), s. 17-20. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter - PETRÁK, Peter. Šírenie hluku zo schodiskových priestorov v bytových domoch - výsledky vybraných meraní. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 6, č. 1, mimoriadne číslo - jún (2016), s. 25-28. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter. Porovnanie rôznych spôsobov merania vzduchovej nepriezvučnosti deliacich konštrukcií podľa STN ISO 16283-1. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 7, č. 1, mimoriadne číslo - jún 2017 (2017), s. 12-15. ISSN 1338-3922.

DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter. Vplyv pohltivosti priestoru na meranie vzduchovej nepriezvučnosti deliacich konštrukcií. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 7, č. 1, mimoriadne číslo - jún 2017 (2017), s. 16-19. ISSN 1338-3922.

URBÁN, Daniel - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter. Akustické meranie dvojitej transparentnej fasády na budove stavebnej fakulty v Bratislave. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 3, Mimoriadne číslo (2013), s.52-55. ISSN 1338-3922.

ZAŤKO, Peter. Kontaktné zateplňovacie systémy a ich vplyv na akustické vlastnosti stavebných konštrukcií. Kočovce 2014, In : Fyzikálne faktory prostredia, 2014, s.21 – 24. ISSN 1338-3922

ZRNEKOVÁ, Júlia - ZAŤKO, Peter - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - GARCIA, David Pelgrin. Akustická pohltivosť panelov stanovená z meraní v dozvukovej miestnosti a učebni. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 5, č. 1, mimoriadne číslo - jún (2015), s. 80-83. ISSN 1338-3922.

ZRNEKOVÁ, Júlia - ZAŤKO, Peter - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika. Vplyv členitého dreveného obkladu na pohltivosť akustických obkladov. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 5, č. 3, mimoriadne číslo - december (2015), s. 51-54. ISSN 1338-3922.

KAMENICKÝ, Milan - ROJKO, Eduard - ZAŤKO, Peter - BENČOVÁ, Beata. Vplyv modernizácie elektrického trate na jej akustické parametre. Fyzikálne faktory prostredia 1/2020, ročník X., ISSN 1338-3992

ZAŤKO, Peter. Ťažké plávajúce podlahy a subjektívne vnímanie ich akustických vlastností. Fyzikálne faktory prostredia 2/2020, ročník X., ISSN 1338-3992

Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach Web of Science alebo SCOPUS

RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - ZAŤKO, Peter - URBÁN, Daniel - CHMELÍK, Vojtech. Building facade as a potential aeroacoustic noise source. In Akustika. Vol. 31, March (2019), s. 19-26. ISSN 1801-9064 (2019: 0.214 - SJR, Q3 - SJR Best Q). V databáze: WOS: 000460341500003 ; SCOPUS: 2-s2.0-85072805681.

Vedecké práce v zahraničných recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách

DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - PETRÁK, Peter - ZAŤKO, Peter. The Effect of a Front Frame on the Increase in Sound Insulation of an Acoustically Simple Wall - Results of On-Site Measurements. In Applied Mechanics and Materials : Advanced Architectural Design and Construction. Vol. 820, (2016), s. 460-465. ISSN 1660-9336 (2016: 0.116 - SJR, Q4 - SJR Best Q).

Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách

TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - URBÁN, Daniel. Nepriezvučnosť obvodových konštrukcií budov verus vplyv zatepľovacích systémov. In Noise and vibration in practice : peer-reviewed scientific proceedings. 1. vyd. Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2016, S. 125-128. ISBN 978-80-227-4563-5.

TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan. Metodika výskumu zatepľovacích systémov z hľadiska stavebnej akustiky. In Nové trendy akustického spektra = New trends of acoustic spectrum : vedecký recenzovaný zborník = peer-reviewed proceedings. 1. vyd. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2016, S. 153-157. ISBN 978-80-228-2860-4.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter. Acoustics of double transparent facades, Faculty of Civil Engineering Bratislava. In Nové trendy akustického spektra : Vedecký recenzovaný zborník. 1.vyd. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2013, s.163-168. ISBN 978-80-228-2531-3.

URBÁN, Daniel - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - ROOZEN, Bert - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - GLORIEUX, Christ. Medzipriestor dvojité transparentných fasád, stojaté vlnenie. In Nové trendy akustického spektra = New trends of acoustic spectrum : vedecký recenzovaný zborník = peer-reviewed proceedings. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2014, S. 181-185. ISBN 978-80-228-2647-1.

Abstrakty vedeckých prác v zahraničných karentovaných časopisoch

URBÁN, Daniel - ROOZEN, Bert - ZAŤKO, Peter - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - TOMAŠOVIČ, Peter - GLORIEUX, Christ. Acoustics of naturally ventilated double transparent facades. In The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 141, iss. 5 (2017), s. 3478. ISSN 0001-4966 (2017: 1.605 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.695 - SJR, Q1 - SJR Best Q).

URBÁN, Daniel - ROOZEN, Bert - NIEMCZANOWSKI, Alexander - MUELLNER, Herbert - ZAŤKO, Peter. Measuring the sound insulation of an external thermal insulation composite system (ETICS) by means of vibrometry. In The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 141, iss. 5 (2017), s. 3595. ISSN 0001-4966 (2017: 1.605 - IF, Q3 - JCR Best Q, 0.695 - SJR, Q1 - SJR Best Q).

Publikované pozvané príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

ZRNEKOVÁ, Júlia - ZAŤKO, Peter - GARCIA, David Pelgrin - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika. Effective sound absorption of acoustic panels in a diffuse and non-diffuse sound field. In EuroNoise 2015 [elektronický zdroj] : proceedings of the 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Maastricht, Netherlands, 1. - 3. 6. 2015. [s.l.] : European Acoustics Association, 2015, USB kľúč, s. 1467-1470. ISSN 2226-5147. V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-85080867455.

Publikované pozvané príspevky na domácich vedeckých konferenciách

URBÁN, Daniel - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter. Influence of double transparent facades on acoustic comfort at the workplace. In Advanced Materials Research : EnviBUILD Buildings and Environment 2013. International Conference, Bratislava, SR, 17. 10. 2013. Vol. 899, (2014), s. 495-498. ISSN 1022-6680 (2014: 0.140 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: SCOPUS: 2-s2.0-84896100109 ; DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.899.495.

Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách

DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter. Meranie hluku z prevádzky garážových brán – podklad pre návrh akustických úprav. In MABD 2017 [elektronický zdroj] : book of selected peer-reviewed papers from International Conference Modern Aspects of Building Design. June 16-18, 2017, Mutěnice, Czech Republic. 1. vyd. Brno : Brno University of Technology, 2017, CD-ROM, s. 71-74. ISBN 978-80-214-5566-5.

PETOŠIĆ, Antonio - FRANČEK, Petar - ŠTRBAC, Mario - ZAŤKO, Peter - URBÁN, Daniel - SZABÓ, Daniel. Measurement uncertainty in the field of environmental noise and building acoustic measurements: experience from interlaboratory comparisons. In The 8th Congress of the Alps Adria Acoustics Association [elektronický zdroj] : conference proceedings. 20-21 September, 2018, Zagreb, Croatia. 1. vyd. Zagreb : Hrvatsko akustičko društvo, 2018, USB kľúč, s. 118-133. ISBN 978-953-95097-2-7.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter - ROOZEN, Bert - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - GLORIEUX, Christ. Standing waves in the cavity of double transparent facades. In Forum Acusticum [elektronický zdroj] : 7th Forum Acusticum. Krakow, Poland, 7-12 September 2014. [s.l.] : European Acoustics Association, 2014, CD-ROM, [5] p. ISSN 2221-3767.

URBÁN, Daniel - TOMAŠOVIČ, Peter - DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter - CHMELÍK, Vojtech - ROOZEN, Nicolaas Bernardus. Acoustics of Double Transparent Facades. Selected Acoustic Measurements. In ATF 2014 [elektronický zdroj] : e-book of reviewed papers. 3rd Conference on Building Physics and Applied Technology in Architecture and Building Structures, Vienna, Austria, 6. - 7. 5. 2014. 1. vyd. Viedeň : TGM - Federal Institute of Technology, 2014, CD-ROM, s. 34-40. ISBN 978-3-200-03644-4.

URBÁN, Daniel - ZRNEKOVÁ, Júlia - ZAŤKO, Peter - MAYWALD, Carl - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika. Acoustic Comfort in Atria Covered by Novel Structural Skins. In Procedia Engineering [elektronický zdroj] : International Symposium on "Novel structural skins: Improving sustainability and efficiency through new structural textile materials and designs". Newcastle, United Kingdom, 26 - 28 October 2016. Vol. 155, (2016), online, s. 361-368. ISSN 1877-7058 (2016: 0.286 - SJR). V databáze: SCOPUS ; DOI: 10.1016/j.proeng.2016.08.039.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - ROOZEN, Nicolaas Bernardus - MUELLNER, Herbert - GLORIEUX, Christ. Interlaboratory dynamic stiffness measurement of expanded polystyrene. In ATF 2017 [elektronický zdroj] : book of proceedings from 5th International Conference on Building Physics and Applied Technology in Architecture and Building Structures. 14-16 September 2017, Zagreb, Croatia. 1. vyd. Zagreb : The University of Zagreb, 2017, USB kľúč, s. 258-263. ISBN 978-953-184-229-7.

Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

KAMENICKÝ, Milan - ZAŤKO, Peter - PETRÁK, Peter. Nové možnosti identifikácie zdrojov hluku z priemyslu. In Hluk a kmitanie v praxi : Zborník referátov z 11.medzinárodného akustického seminára./Kočovce,1.-2.6.2006 = Noise and vibration in practice. Bratislava : STU v Bratislave Sjf, 2006, s.135-138. ISBN 80-227-2425-4.

TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter. Komentár k návrhu revízie STN 730532. Návrh a pripomienky. In Noise and vibration in practice = Hluk a kmitanie v praxi : Proceedings of the 16th international acoustic

conference. - Kočovce, Slovensko, 30-31.5. 2011. Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2011, s.107-110. ISBN 978-80-227-3512-4.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter. Influence of double transparent facades for acoustic comfort at the workplace - measurement. In enviBUILD Buildings and environment 2013 [elektronický zdroj] : zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, 17. október 2013, Bratislava. 1.vyd. Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2013, s.CD-ROM, p.480-483. ISBN 978-80-227-4070-8.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - DLHÝ, Dušan - TOMAŠOVIČ, Peter. Comparison measuring methods of sound insulation of double transparent facade. NBS Bratislava. In Advanced Materials Research : Advanced Building Construction and Materials 2013. International Conference. Kočovce, Slovakia, 26. - 27. 9. 2013. Vol. 855, (2014), s. 241-244. ISSN 1022-6680 (2014: 0.140 - SJR, Q4 - SJR Best Q). V databáze: WOS: 000337004000054 ; SCOPUS: 2-s2.0-84891586056 ; DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.855.241.

ZAŤKO, Peter - PETRÁK, Peter - KAMENICKÝ, Milan. Lokalizácia akustických mostov v stropných konštrukciách. In Noise and Vibration in Practice. Hluk a kmitanie v praxi : Proceedings. Zborník referátov. Bratislava : STU v Bratislave SjF, 2002, s. 109-114. ISBN 80-227-1713-4.

Odborné práce v ostatných domácich časopisoch

TOMAŠOVIČ, Peter - ZAŤKO, Peter. Komentár k požiadavkám na hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií podľa STN 73 0532:2013. In Fyzikálne faktory prostredia. Roč. 3, č. 1 (2013), s. 52-56. ISSN 1338-3922.

BREZINA Pavol - ŠUTKOVÁ, L. - ZAŤKO, Peter. The Acoustical Qualities of Baumhorn's Synagogues in Slovakia, ARCHITEKTURA & URBANIZMUS, 51,3-4, 210-218, 2017, "INST CONSTRUCTION & ARCHITECTURE, SLOVAK DUBRAVSKA CESTA 9, BRATISLAVA 45"

ZAŤKO, Peter - Akustika administratívnych budov. Eurostav 4/2021, Nakladatelství FORUM s.r.o. ISSN 1335-1240

Odborné práce v zahraničných zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

ROOZEN, Nicolaas Bernardus - LABELLE, Ludovic - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika - GLORIEUX, Christ - URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - MUELLNER, Herbert. Radiated sound power estimates of building elements by means of laser Doppler vibrometry. In EuroRegio 2016 [elektronický zdroj] : proceedings. Porto, Portugal, June 11-15 2016. 1. vyd. Lisboa : Sociedade Portuguesa de Acústica (SPA), 2016, CD-ROM, [11] s. ISSN 2340-7441. ISBN 978-84-87985-27-0.

ROOZEN, Nicolaas Bernardus - ZAŤKO, Peter - URBÁN, Daniel - NIEMCZANOWSKI, Alexander - MUELLNER, Herbert. An Experimental Study into The Airborne Sound Transmission Through a Partition Wall in Buildings Via Structural Transmission Of Window Profiles: A Case Study. In Euronoise 2018 [elektronický zdroj] : conference proceedings. May 27-31, Heraklion - Crete, Greece. 1. vyd. Madrid : European Acoustics Association, 2018, USB kľúč, s. 653-658. ISSN 2226-5147.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - ROOZEN, Nicolaas Bernardus - MUELLNER, Herbert - GLORIEUX, Christ. On the uncertainty of dynamic stiffness measurements. In DAGA 2018. Fortschritte der Akustik [elektronický zdroj] : 44. Deutsche Jahrestagung für Akustik. 19.-22. März 2018 in München. 1. vyd. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik, 2018, USB kľúč, s. 1411-1414. ISBN 978-3-939296-13-3.

URBÁN, Daniel - ZAŤKO, Peter - ROOZEN, Nicolaas Bernardus - MUELLNER, Herbert - GLORIEUX, Christ. Influence of the Dynamic Stiffness of External Thermal Insulation on the Sound Insulation of Walls. In Euronoise 2018 [elektronický zdroj] : conference proceedings. May 27-31, Heraklion - Crete, Greece. 1. vyd. Madrid : European Acoustics Association, 2018, USB kľúč, s. 1521-1524. ISSN 2226-5147.

ZAŤKO, Peter - URBÁN, Daniel - TOMAŠOVIČ, Peter - RYCHTÁRIKOVÁ, Monika. Acoustic Performance of the External Thermal Composite Insulation Systems Influence in Slovakia. In DAGA 2016. Fortschritte der Akustik [elektronický zdroj] : 42. Jahrestagung für Akustik. Aachen, Germany, 14. - 17. März 2016. 1. vyd. Berlin : Deutsche Gesellschaft für Akustik, 2016, CD-ROM, s. 1358-1361. ISBN 978-3-939296-10-2.

Odborné práce v domácich zborníkoch (konferenčných aj nekonferenčných)

URBÁN, Daniel - TOMAŠOVIČ, Peter - DLHÝ, Dušan - ZAŤKO, Peter. Medzipriestor dvojítych transparentných fasád (DTF) ako akustický prvok. In Poruchy a obnova obalových konštrukcií budov : zborník z konferencie s medzinárodnou účasťou. Podbanské, SR, 2. - 4. 4. 2014. 1. vyd. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2014, S. 151-156. ISBN 978-80-553-1678-9.

Normy

STN 73 0532. Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Požiadavky. Bratislava : SÚTN, 2013. 32 s.

Nezaradené

KAMENICKÝ, Milan - ZAŤKO, Peter - ŠIMO, Ján. Stanovenie hlukovej záťaže spôsobovanej dopravou po cestných komunikáciách : Technické podmienky, účinnosť od 01.03.2013. Bratislava : Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2012. 21 s. Dostupné na internete: <http://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tp2013/tp_03_2013.pdf>.

KAMENICKÝ, Milan – ZAŤKO, Peter. Rozborová úloha (RÚ) – HLUK. Slovenská správa ciest, Miletičova 9, 826 11 Bratislava, 2013

RYBÁR, Peter – ZAŤKO, Peter – KAMENICKÝ, Milan – DLHÝ, Dušan. Technicko-kvalitatívne podmienky, (TKP) časť 29 – protihlukové clony. Slovenská správa ciest, Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2010.

KAMENICKÝ, Milan – ZAŤKO, Peter – RYBÁR, Peter. Technické podmienky – návrh a posúdenie protihlukových opatrení pre cestné komunikácie (TP 15/2011) Slovenská správa ciest, 2011

KAMENICKÝ, Milan – ZAŤKO, Peter. Technické podmienky – použitie, kvalita a systém hodnotenia protihlukových stien (TP 14/2011). Slovenská správa ciest, 2011