

STRUCTURE-BORNE NOISE FROM WATER SUPPLY INSTALLATION

STRUKTURÁLNÍ HLUK Z PROVOZU VODOVODNÍCH INSTALACÍ

David Svoboda^{1,*}, Petra Berková¹, Karel Čupr¹

¹Ústav pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VUT v Brně, Brno, Czech Republic

*david.svoboda6@vutbr.cz

Abstract: This study investigates the transmission of structure-borne noise generated by water supply installations, with a particular focus on faucets. Laboratory experiments were conducted to evaluate the effects of various pipe fixing methods, wall elbow supports, and faucet types on noise levels. The measurements revealed that PPR clamps and rubber-lined clamps transmit varying degrees of noise depending on hydraulic shocks and water flow rates. Free-hanging pipes consistently demonstrated a significant noise reduction of up to 11.0 dB. The impact of wall elbow support and its attachment to the partition wall also proved critical, with complete removal reducing noise by up to 15.4 dB. The findings emphasize the role of minor construction details in noise transmission and suggest practical strategies to mitigate noise from plumbing systems, particularly in new residential buildings where irregular layouts exacerbate the issue. These results offer valuable insights for improving acoustic standards and minimizing noise complaints in modern housing developments.

Keywords: acoustics, structure-borne noise, water supply, plumbing, pipe fixing, faucet, wall elbow

1. INTRODUCTION

Noise from the operation of building services, such as sanitary installations, heating or ventilation, is a frequent cause of complaints not only from users of residential buildings, but also from accommodation facilities or inpatient areas of hospitals [1], [2], [3]. Although protection against noise from these facilities is enshrined in Czech legislation and standards [4], [5], this phenomenon is often overlooked.

Noise from water supply systems can be considered particularly complicated. If appropriate design and implementation principles are not used for these systems [6], additional elimination is usually very difficult due to its complex origin and propagation [7], [8], [9].

The noise propagates in combination through the air directly into the surrounding space, the water column and the mass of the pipe. Additionally, the incorporation of the pipe into the surrounding structures results in structural propagation – whether the pipe is routed in wall grooves or fixed to the structure with clamps [10].

1. ÚVOD

Hluk z provozu technických zařízení budov, jako jsou sanitární instalace, vytápění či větrání, bývá frekventovaným důvodem stížností nejen u uživatelů obytných budov, ale také ubytovacích zařízení či lůžkových částí nemocnic [1], [2], [3]. Přestože je ochrana před hlukem z těchto zařízení zakotvena v české legislativě a normových standardech [4], [5], je tento fenomén často přehlížen.

Zvláště komplikovaný lze pak považovat hluk z vodovodních instalací. Pokud není užito vhodných principů návrhu a provádění těchto instalací [6], bývá dodatečná eliminace zpravidla, vzhledem k jeho komplexnímu vzniku a šíření [7], [8], [9], velmi náročná.

Hluk se kombinovaně šíří vzduchem přímo do okolního prostoru, dále vodním sloupcem a hmotou potrubí. Zabudováním potrubí do okolních konstrukcí pak navíc dochází ke strukturálnímu šíření – ať už je potrubí vedeno v drážkách stěn, či upevněno na konstrukci pomocí příchytů [10].

Last but not least, the end fittings – connection valves, toilet flush tanks and faucets – are also sources of noise from plumbing installations. Noise is emitted by water flowing and falling into baths, washbasins, etc., during the use of faucets. However, the opening and closing of the faucets also generates hydraulic shocks that propagate back into the pipes and thus contribute significantly to the generation of structure-borne noise [10].

Noise from the operation of water installations has been investigated in several studies in the past [10], [11], [12], [13]. The work [14] directly addresses the structure-borne noise transmission from hydronic installations in laboratory conditions and in a real building, while the work [15] investigates the specific processes that excite structure-borne noise in faucets.

Based on the noise measurements in practice, it can be concluded that the way the faucet is mounted itself has a significant influence on the transmission of structure-borne noise. This can also be influenced, for example, by the material used to mount wall elbows, or by the use of dowels, screws, etc. In the example of the measurements in the apartment building (Fig. 1), complex adjustments can be observed to prevent the propagation of structure-borne noise from the faucet, which exceeded the permissible level.



Fig. 1: Example of measurement of water installations in a residential building – original condition (left), condition after acoustic modifications (right)

The aim of the ongoing research, based on an assessment of the current state of knowledge, is to determine the significance of the

V neposlední řadě jsou zdroji hluku z vodovodních instalací i koncové prvky zařizovacích předmětů – přípojovací ventily, nádržky WC splachovačů a vodovodní baterie. Hluk je při užívání baterií emitován vytékající a dopadající vodou do van, umyvadel apod. Při otevírání a uzavírání baterií dochází však ještě k hydraulickým rázům, které se šíří zpětně do potrubí a významně tak přispívají ke vzniku strukturálního hluku [10].

Hluk z provozu vodovodních instalací byl v minulosti sledován v několika studiích [10], [11], [12], [13]. Práce [14] se přímo zabývá přenosem strukturálního hluku z vodovodních instalací v laboratorních podmínkách a v reálné budově, v práci [15] jsou pak zkoumány konkrétní procesy budící strukturální hluk ve vodovodních bateriích.

Na základě měření hluku v praxi lze konstatovat, že významný vliv na přenos strukturálního hluku má i samotný způsob uchycení vodovodní baterie. Ten lze ovlivnit i např. materiálem podkladu pro uchycení nástěnných kolen, případně použitím hmoždinek, šroubů apod. Na ukázce z měření v bytovém domě (Obr. 1) lze pozorovat složité úpravy pro zamezení šíření strukturálního hluku z vodovodní baterie, který překračoval přípustnou úroveň.



Obr. 1: Ukázka měření vodovodních instalací v bytovém domě – původní stav (vlevo), stav po akustických úpravách (vpravo)

Cílem probíhajícího výzkumu, na základě zhodnocení stávajícího stavu poznání, je zjištění významnosti vlivů podílejících se na

effects involved in the transmission of structure-borne noise from the operation of water installations, in particular water faucets. Influences such as the method of pipe fixing, the use of the installation support under the faucet and its attachment to the subdivision structure were investigated.

přenosu strukturálního hluku z provozu vodovodních instalací, zejména pak vodovodních baterií. Byly zkoumány vlivy jako způsob uchycení potrubí, užití instalačního podkladu pod baterii a jeho přichycení do dělicí konstrukce.

2. METHODOLOGY

2.1. Premises and measurement system

The laboratory measurement rooms for the investigation of the effects involved in the propagation of structure-borne noise from water supply installations were chosen in the basement of the Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology. The transmitting room with dimensions of $3.170\text{ m} \times 1.360\text{ m} \times 3.050\text{ m}$ ($L \times W \times H$), see Fig. 2, is separated from the reception room measuring $3.200\text{ m} \times 3.080\text{ m} \times 3.050\text{ m}$ ($L \times W \times H$) by a double-sided plastered ceramic block partition 140 mm thick. The expected weighted apparent sound reduction index of the partition structure $R'w$ is 40 dB. The surrounding adjacent vertical structures are made of solid ceramic bricks.

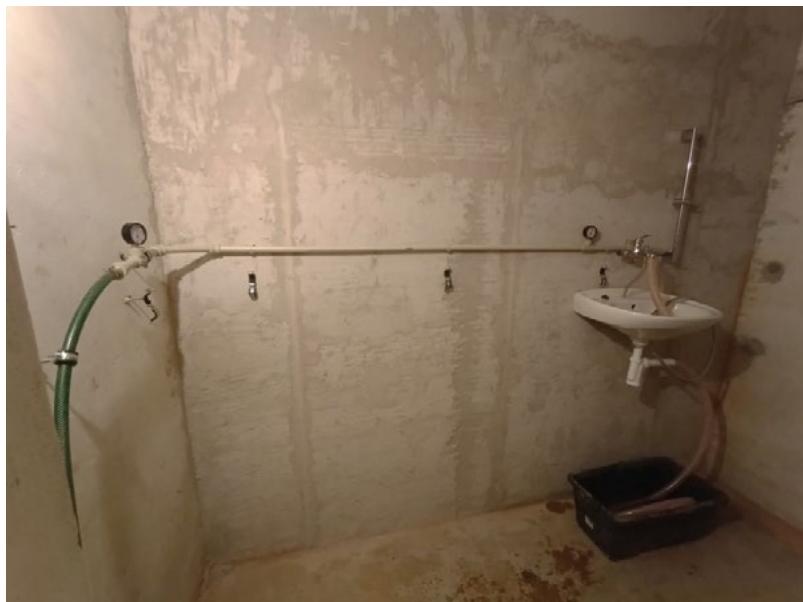


Fig. 2: Transmitting room with measured system

2. METHODOLOGIE

2.1. Prostory a soustava pro měření

Laboratorní měřicí prostory pro zkoumání vlivů podílejících se na šíření strukturálního hluku z vodovodních instalací byly zvoleny v suterénu Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně. Vysílací místnost o rozměrech $3,170\text{ m} \times 1,360\text{ m} \times 3,050\text{ m}$ ($d \times š \times v$), viz Obr. 2, je od přijímací místnosti o rozměrech $3,200\text{ m} \times 3,080\text{ m} \times 3,050\text{ m}$ ($d \times š \times v$) oddělena oboustranně omítnutou zděnou příčkou z keramických bloků tl. 140 mm. Očekávaná stavební vzduchová neprůzvučnost dělicí konstrukce $R'w$ je 40 dB. Okolní navazující svislé konstrukce jsou z cihel plných pálených.



Obr. 2: Vysílací místnost s měřenou soustavou

Due to the large number of influences contributing to the overall noise from water installations, such as pipe material, pipe dimension,

Vzhledem k velkému množství vlivů podílejících se na celkovém hluku z vodovodních instalací, jako je materiál potrubí, dimenze

type and class of faucet, water line pressure, etc., uniform default conditions for these parameters were set for laboratory measurements.

Water is brought into the transmitting room from the remote outlet valve by a plastic hose, which is then connected to the investigated PPR 25x3.5 mm (PN16) plastic welded pipe running along the dividing wall. This material is the most used in practice and, for example, has a lower noise level compared to metal pipes [16]. A PPR wall elbow is installed on the pipe for fixing the faucet and two pressure gauges for reference purposes. The water pressure in the pipe ranged from 3.7 bar to 3.9 bar during the measurement. The piping is terminated within the transmitting room with a plug. A ceramic basin is fixed on the wall below the wall elbow.

potrubí, typ a třída vodovodní baterie, tlak vodovodu apod., byly pro laboratorní měření nastaveny jednotné výchozí podmínky těchto parametrů.

Voda je do vysílací místnosti ze vzdáleného výtokového ventilu přivedena pomocí plastové hadice, která je následně napojena na zkoumané plastové svařované potrubí PPR 25x3,5 mm (PN16) vedené podél dělicí stěny. Tento materiál je v praxi používán nejběžněji a např. oproti kovovým potrubím vyniká nižší hlučností [16]. Na potrubí je instalováno PPR nástěnné koleno pro upevnění výtokové armatury a dva manometry pro referenční účely. Hodnota tlaku vody v potrubí se během měření pohybovala v rozmezí 3,7 baru až 3,9 baru. Potrubí je v rámci vysílací místnosti ukončeno záslepkou. Pod nástěnným kolenem je na stěně upevněno keramické umyvadlo.

2.2. Measurement variables

The monitored variables that are expected to contribute significantly to the structure-borne noise transmission are the pipe fixing method, the wall elbow fixing method and the operating mode of the fitting. Therefore, noise measurements were made using a combination of the following settings of the measured system:

Pipe fixing (see *Fig. 3*):

- PPR clamps anchored with screws into the dividing wall,
- rubber lined clamps anchored with screws into the dividing wall,
- free hanging pipe using rubber strips without contact with the dividing wall.

Wall elbow fixing (see *Fig. 4*):

- through the wooden support with screws into the dividing wall,
- through the wooden support without screws,
- without wooden support and contact with the dividing wall.

Fitting (see *Fig. 5*):

- free outlet without fitting,
- common wall-mounted lever mixer faucet – outlet from the faucet into the basin,
- common wall-mounted lever mixer faucet – outlet from the shower head into the basin.

2.2. Proměnné parametry měření

Sledovanými proměnnými, u nichž se předpokládá významný příspěvek k přenosu strukturního hluku, je způsob upevnění potrubí, způsob zafixování nástěnného kolena a provozovaný režim armatury. Proto bylo provedeno měření hluku kombinací následujících nastavení měřené soustavy:

Upevnění potrubí (viz *Obr. 3*):

- PPR příchytka kotvené vruty do dělicí stěny;
- objímky s gumovou vložkou kotvené vruty do dělicí stěny;
- volně zavěšené potrubí pomocí pryžových pásků bez kontaktu s dělicí stěnou.

Zafixování nástěnného kolena (viz *Obr. 4*):

- přes dřevěný podklad s vruty do dělicí stěny;
- přes dřevěný podklad bez vrutů;
- bez dřevěného podkladu a kontaktu s dělicí stěnou.

Armatura (viz *Obr. 5*):

- volný výtok bez armatury;
- běžná nástěnná páková směšovací baterie – výtok z baterie do umyvadla;
- běžná nástěnná páková směšovací baterie – výtok ze sprchové hlavice do umyvadla.

Free outlet was allowed through the remote valve when it was opened to 100% and 50%. The mixing tap was always opened to 100% in the cold-water position, i.e. full flow.

For free outlet without a fitting, a discharge hose was attached to the wall elbow leading to the water container to reduce the noise of gurgling water.

To reduce the noise of the water falling into the basin from the faucet, a spout was used, routed along the edge of the basin. The outlet from the basin is routed through a siphon and hose to the water container below.

Volný výtok byl umožněn přes vzdálený ventil, a to při jeho otevření na 100 % a 50 %. Směšovací baterie byla vždy otevřena na 100 % v poloze na studenou vodu, tedy plný průtok.

Pro volný výtok bez armatury byla na nástěnném kolenu připevněna výtoková hadice vedoucí do nádoby s vodou tak, aby se omezil hluk bublající vody.

Pro omezení hluku dopadající vody do umyvadla z baterie bylo použito nátrubku svedeného po hraně umyvadla. Výtok z umyvadla sveden přes sifon a hadici do nádoby s vodou pod ním.



Fig. 3: Methods of pipe fixing – PPR clamps (left), rubber lined clamps (centre), free hanging pipe (right).

Obr. 3: Způsoby upevnění potrubí – PPR příchytky (vlevo), objímky s gumovou vložkou (uprostřed), volně zavěšené potrubí (vpravo).

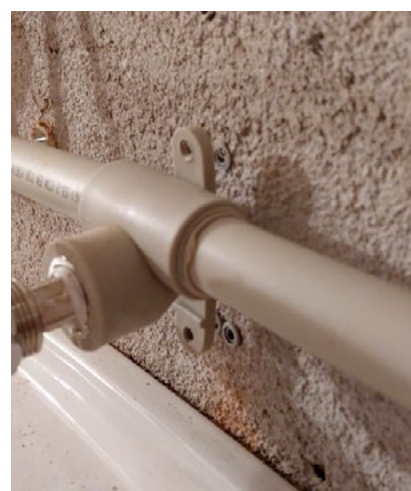
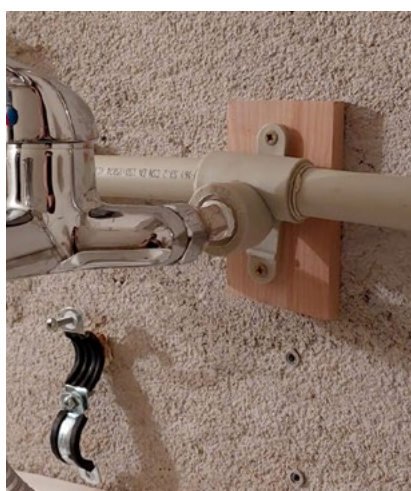


Fig. 4: Methods of the wall elbow fixing – wooden support with screws (left), wooden support without screws (centre), without fixing the wall elbow (right).

Obr. 4: Způsoby zafixování nástěnného kolena – dřevěný podklad s vruty (vlevo), dřevěný podklad bez vrutů (uprostřed), bez uchycení nástěnného kolene (vpravo).

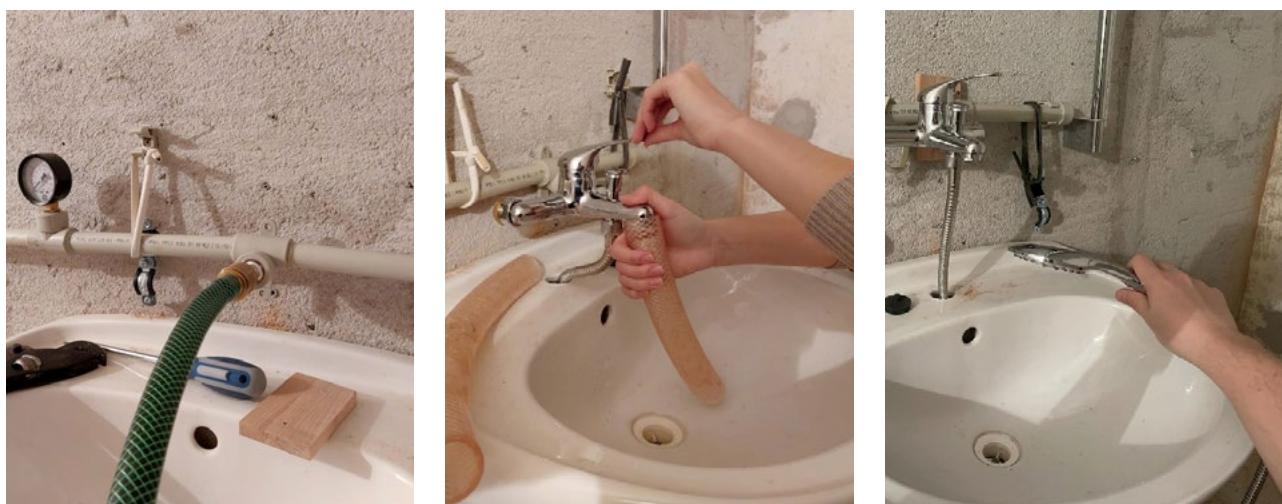


Fig. 5: Fittings – free outlet without fittings (left), outlet from the faucet (centre), outlet from the shower (right).

Obr. 5: Armatury – volný výtok bez armatury (vlevo), výtok z baterie (uprostřed), výtok ze sprchy (vpravo).

2.3. Method of measurement and evaluation

The measurement and evaluation of noise from the operation of water supply installations for the combinations of the above parameters was carried out in accordance with the international standards for noise measurement and evaluation ČSN ISO 1996-1:2017 [17], ČSN ISO 1996-2:2018 [18] and ČSN EN ISO 16032 [19], which specifies the conditions for measuring noise from technical equipment in buildings. At least 11 work cycles were performed in each combination, including opening the faucet, letting the water run, and closing the faucet.

The monitored noise indicator in each cycle is the maximum sound pressure level $A_{LA,max}$ in the reception room. The resulting values of $A_{LA,max}$ is determined as the average value of all working cycles, which is corrected for residual background noise K . To these is then added the expanded measurement uncertainty U .

The monitored value represents the total amount of noise from the water supply system in operation, i.e. the sum of airborne and structure-borne noise. Given the selected variable parameters, which only minimally affect the transmission of the airborne component, differences in the structural component can be determined by comparing the measured values.

2.3. Způsob měření a vyhodnocení

Měření a vyhodnocení hluku z provozu vodovodních instalací pro kombinace uvedených parametrů bylo provedeno v souladu s mezinárodními normami pro měření a hodnocení hluku ČSN ISO 1996-1:2017 [17], ČSN ISO 1996-2:2018 [18] a ČSN EN ISO 16032 [19], která stanovuje podmínky pro měření hluku z technických zařízení budov. V každé kombinaci bylo provedeno minimálně 11 pracovních cyklů zahrnující otevření baterie, výtok vody a uzavření baterie.

Sledovaným ukazatelem hluku v každém cyklu je maximální hladina akustického tlaku $A_{LA,max}$ v přijímací místnosti. Výsledná hodnota $A_{LA,max}$ je stanovena jako střední hodnota ze všech pracovních cyklů, jež je korigována na zbytkový hluk pozadí K . K ní je pak navíc připočtena rozšířená nejistota měření U .

Sledovaná hodnota představuje celkovou sumu hluku z provozované vodovodní instalace, tzn. součet vzduchem šířeného a strukturálně šířeného hluku. Vzhledem ke zvoleným proměnným parametrům, které pouze minimálně ovlivňují přenos vzduchem šířené složky, lze porovnáním naměřených hodnot určit rozdíly ve strukturální složce.

K měření bylo užito zvukoměru s frekvenčním analyzátozem a časovým záznamem Brüel & Kjær 2250 a předpolarizovaného 1/2" mikrofonu Brüel & Kjær 4189, jež odpovídají třídě

For the measurements, a Brüel & Kjær 2250 sound level meter with frequency analyser and time recording and a Brüel & Kjær 4189 pre-polarised 1/2" microphone were used, which correspond to accuracy class 1 according to EN 61672-1. After familiarizing with the acoustic field of the reception room, a critical microphone position was selected at a height of 1.5 m above the floor, see diagram in Fig. 6.

přesnosti 1 dle ČSN EN 61672-1. Po seznámení se s akustickým polem přijímací místnosti byla zvolena kritická poloha mikrofону ve výšce 1,5 m nad podlahou, viz nákres Obr. 6.

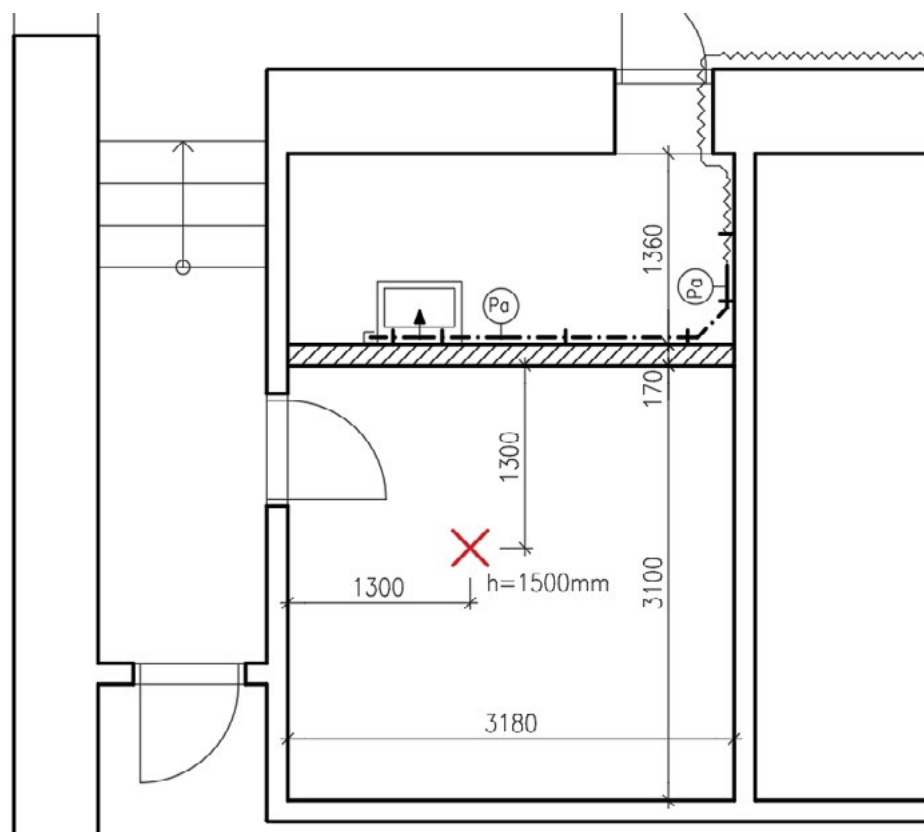


Fig. 6: Measurement diagram

Obr. 6: Schéma měření.

The following is stated in the Methodological Guideline for the Measurement and Evaluation of Noise in the Non-work Environment published in the Bulletin of the Ministry of Health of the Czech Republic 14-2023 [20]: „Noise from the use of technological equipment of a building, such as plumbing pipes including fittings, fixed or built into the building, is assessed as noise from the normal use of the dwelling. The nominal value of the hygiene noise limit may be used for its assessment, but any exceedance of these values in the protected internal space of the same building is a construction defect.

It follows from the above that noise from the normal use of the dwelling includes the noise

V Metodickém návodu pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí zveřejněném ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví České republiky 14-2023 [20], je uvedeno následující: „Hluk z užívání technologických zařízení stavby jako jsou instalační potrubí včetně armatur, pevně spojených nebo zabudovaných ve stavbě, se posuzuje jako hluk z běžného užívání bytu. K jeho posouzení lze použít nominální hodnotu hygienického limitu hluku, avšak případné překročení těchto hodnot v chráněném vnitřním prostoru téže stavby je stavební závadou.

Z výše uvedeného vyplývá, že hlukem z běžného užívání bytu je i hluk dopadající vody napouštěné do nebo vypouštěné z umyvadel,

of water entering or leaving sinks, baths and other fittings (e.g. flushing toilets) and the noise arising from their use."

Noise from the operation of sanitary installations is therefore not considered a stationary noise source and is not directly subject to the hygiene limits specified in Government Regulation No. 272/2011 Coll., as amended [4]. However, in the binding standard ČSN 73 0532 [5], which specifies the requirements for acoustic properties of building structures and products, the maximum permissible sound pressure levels $A_{LA,max}$ in living rooms caused by the operation of technical equipment, including sanitary installations, are set.

However, the measured values have not been assessed in the context of experimental measurements and the determination of the significance of the variable parameters.

3. RESULTS

The maximum sound pressure levels $A_{LA,max}$ of the free outlet from the wall elbow without fitting (via a connected hose), the outlet from the wall mixer faucet into the basin via the spout and the outlet from the shower head into the basin were measured. This refers to the total noise from the water supply system in operation, including noise transmitted structurally and through the air.

The runs in each variable parameter setting were approximately similar. The pipe fitting selected for display was a PPR fitting, free discharge at 100% flow, wall elbow fitted through a wooden base using screws into the dividing wall.

The characteristic time courses of the maximum sound pressure level $A_{LA,max}$ are shown in Graph 1.

The pressure in the water pipe varied between (3.7–3.8) bar during the measurements.

van a dalších zařizovacích předmětů (např. splachování WC) a hluk vznikající při jejich používání."

Hluk z provozu sanitárních instalací, tudíž není považován za stacionární zdroj hluku a přímo se na něj nevztahují hygienické limity uvedené v Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., ve znění pozdějších předpisů [4]. Nicméně, v závazné normě ČSN 73 0532 [5], která určuje požadavky na akustické vlastnosti stavebních konstrukcí a výrobků, jsou stanoveny maximální přípustné hladiny akustického tlaku $A_{LA,max}$ v obytných místnostech způsobené činnostmi technických zařízení, vč. sanitárních instalací.

Avšak v rámci experimentálních měření a zjišťování významnosti proměnných parametrů nebyly naměřené hodnoty posuzovány.

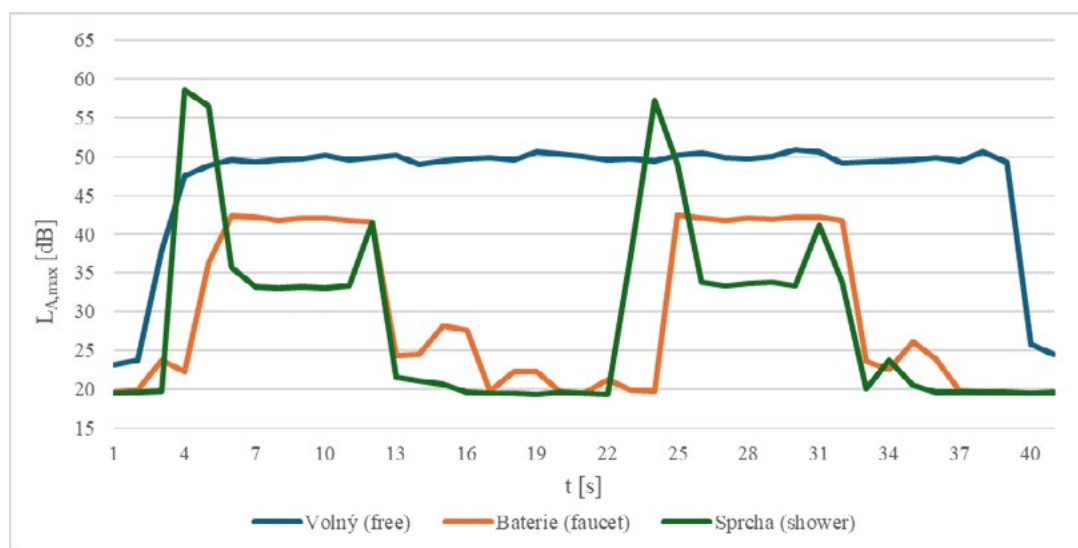
3. VÝSLEDKY

V rámci výzkumu byly měřeny maximální hladiny akustického tlaku $A_{LA,max}$ volného výtoku z nástěnného kolene bez armatury (přes napojenou hadici), dále výtoku z nástěnné směšovací baterie do umyvadla přes nátrubek a výtoku ze sprchové hlavice do umyvadla. Jedná se o celkový hluk z provozované vodovodní instalace zahrnující hluk šířený strukturálně i vzduchem.

Průběhy v jednotlivých nastavení proměnných parametrů byly přibližně podobné. Pro zobrazení bylo vybráno uchycení potrubí pomocí PPR příchytek, volný výtok při 100% průtoku, nástěnné koleno uchyceno přes dřevěný podklad pomocí vrutů do dělicí stěny.

Charakteristické časové průběhy maximální hladiny akustického tlaku $A_{LA,max}$ zobrazeny v Graf 1.

Tlak ve vodovodním potrubí se během měření pohyboval mezi (3,7–3,8) bar.



Graph 1: Characteristic time courses of maximum sound pressure levels $L_{A,max}$

Graf 1: Charakteristické průběhy maximálních hladin akustického tlaku $L_{A,max}$

The free outlet was almost steady, but the sound pressure level was very high. In the case of the faucet to basin discharge, there were only minor shocks when the faucet was suddenly opened, and the subsequent flow was steady. The minor fluctuations after the closing the faucet were due to the noise of the siphon at the basin outlet. For the shower head, there was a large hydraulic shock initially when the shower head was switched on, the subsequent flow was quieter than the faucet discharge, then the shock occurred again when the faucet was closed, and the shower automatically switched off.

The values of the maximum sound pressure level $L_{A,max}$ for the free outlet without fitting are given in Table 1, see Graph 2 for a graphical representation.

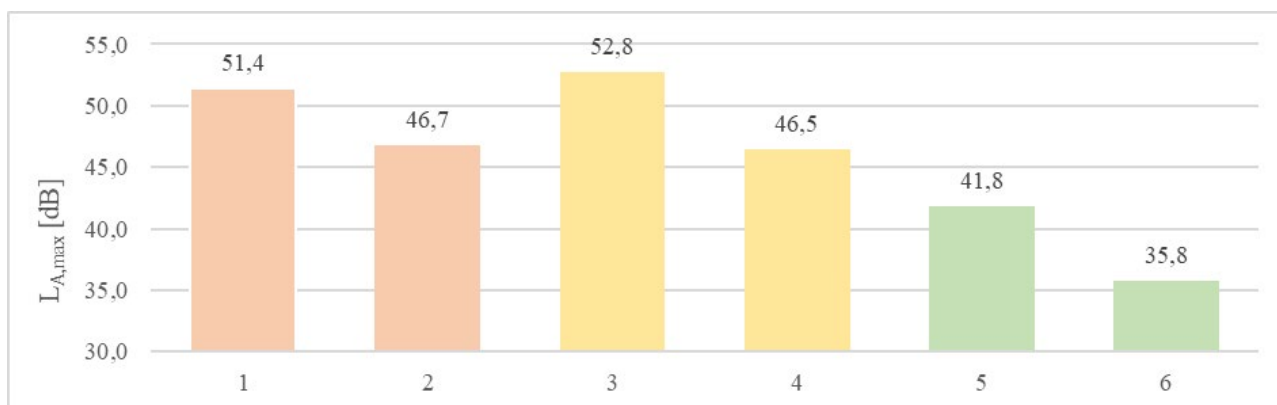
U volného výtoku byl průběh takřka ustálený, ale hladina akustického tlaku velmi vysoká. V případě výtoku z baterie do umyvadla docházelo pouze k drobným rázům při náhlém otevření baterie, následný proud byl ustálený. Drobné fluktuace po uzavření baterie byly způsobeny hlukem sifonu při výtoku z umyvadla. U sprchové hlavice docházelo na začátku při jejím přepnutí k velkým hydraulickým rázům, následný průběh byl tišší než u výtoku z baterie, poté opět nastával ráz při uzavření baterie a automatickému přepnutí sprchy.

Hodnoty maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ pro volný výtok bez armatury jsou uvedeny v Tab. 1, grafické znázornění viz Graf 2.

(Num.) Označení	(Pipe fixing) Uchycení potrubí	(Flow) Průtok	$L_{A,max}$ [dB]
1	(PPR clamps)	100 %	51,4
2	PPR příchytky	50 %	46,7
3	(rubber lined clamps)	100 %	52,8
4	objímky s gumovou vložkou	50 %	46,5
5	(free hanging pipe)	100 %	41,8
6	volně zavěšené	50 %	35,8

Table 1: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – free outlet

Tab. 1: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – volný výtok



Graph 1: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – free outlet

Graf 2: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – volný výtok

From the measured data, it can be observed that the highest noise values were achieved at 100% flow rate by the pipe attached with rubber lined clamps. Compared to the PPR clamps, the difference was 1.4 dB higher. This may be due to a combination of over tightening of the clamps and high pressure in the pipe causing the shock. The difference between the free hanging pipe and the anchored pipe ranges from 9.6 dB to 11.0 dB.

Due to the assumption of very high sound pressure levels at full unregulated water flow, even 50% flow was measured. Here, the PPR clamps were slightly noisier, by 0.2 dB. The difference between the free-hanging pipe and the anchored pipe ranges from 10.7 dB to 10.9 dB.

Furthermore, the measured data shows that when the flow rate is halved, the sound pressure level drops by about 6 dB.

The values of the maximum sound pressure level $L_{A,max}$ for the faucet outlet to the sink are given in Table 2, see Graph 3 for a graphical representation.

Z naměřených dat lze pozorovat, že nejvyšších hodnot hluku dosahovalo při 100% průtoku potrubí připevněné objímkami s gumovou vložkou. V porovnání s PPR příchytkami byl rozdíl o 1,4 dB větší. To může být zapříčiněno kombinací nadměrného dotažení objímek a vysokého tlaku v potrubí vyvolávající ráz. Rozdíl mezi volně zavěšeným potrubím a kotveným potrubím se pohybuje v rozmezí 9,6 dB až 11,0 dB.

Kvůli předpokladu velmi vysoké hladiny akustického tlaku při plném neregulovaném průtoku vody byl měřen i 50% průtok. Zde byly nepatrně hlučnější PPR příchytka, a to o 0,2 dB. Rozdíl mezi volně zavěšeným potrubím a kotveným potrubím se pohybuje v rozmezí 10,7 dB až 10,9 dB.

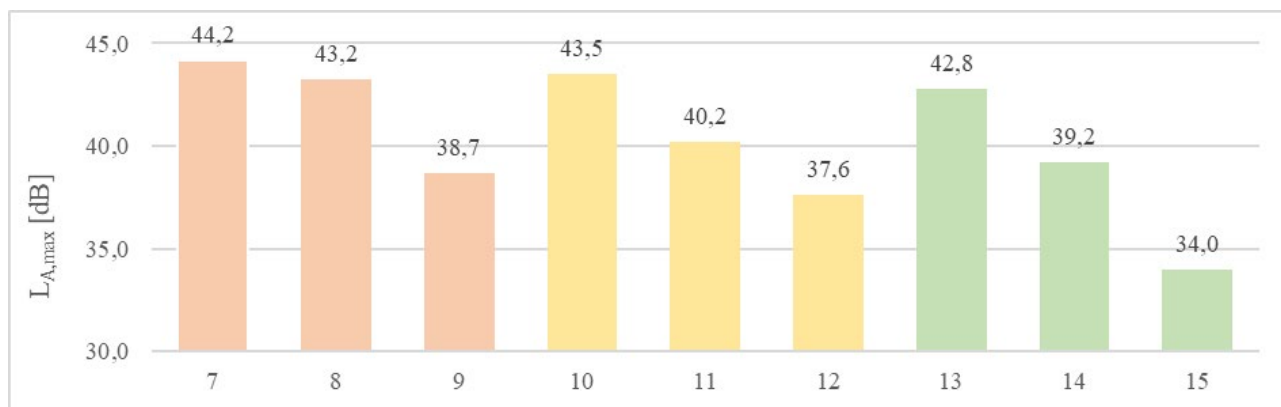
Dále z naměřených dat vyplývá, že při snížení průtoku na polovinu, klesne hladina akustického tlaku o cca 6 dB.

Hodnoty maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ pro výtok z baterie do umyvadla jsou uvedeny v Tab. 2, grafické znázornění viz Graf 3.

(Num.) Označení	(Pipe fixing) Uchycení potrubí	(Wall elbow fixing)Uchycení nástěnného kolena	$L_{A,max}$ [dB]
7	(PPR clamps) PPR příchytky	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	44,2
8		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	43,2
9		(without fixing) bez uchycení	38,7
10	(rubber lined clamps) objímky s gumovou vložkou	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	43,5
11		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	40,2
12		(without fixing) bez uchycení	37,6
13	(free hanging pipe) volně zavěšené	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	42,8
14		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	39,2
15		(without fixing) bez uchycení	34,0

Table 2: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – outlet from the faucet to the basin

Tab. 2: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – výtok z baterie do umyvadla



Graph 3: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – outlet from the faucet to the basin

Graf 3: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – výtok z baterie do umyvadla

In the case of the faucet outlet, the PPR clamps obviously transmit structure-borne noise to the greatest extent. Compared to rubber lined clamps, the differences are 0.7 dB to 3.0 dB. This contrasts with the values at 100% free

V případě výtoku z baterie PPR příchytky zjevně přenáší strukturální hluk v největší míře. V porovnání s objímkami s gumovou vložkou jsou rozdíly 0,7 dB až 3,0 dB. To je v rozporu s hodnotami při volném 100% průtoku, což

flow, which may be due to the smaller hydraulic shocks audible during the measurement. When comparing the PPR clamps and free hanging pipe, the differences are more noticeable, 1.4 dB to 4.7 dB.

It is clear from the measurement results that the method of attachment of the wall elbow also has a large effect on the transmission of structure-borne noise. The wooden support anchored by screws into the partition wall transmits the most structure-borne noise. The noise level is 1,0 dB to 3,6 dB lower after the screws are removed and 5,5 dB to 8,8 dB lower after the support is completely removed.

The largest difference was achieved between the pipe attachment using PPR clamps with wooden support with screws and the free-hanging pipe without wall elbow attachment, 10.2 dB.

The values of the maximum sound pressure level $L_{A,max}$ for the outlet from the shower head to the basin are given in Table 3, see Graph 4 for a graphical representation.

může být zapříčiněno menšími hydraulickými rázy slyšitelnými během měření. Při porovnání uchycení PPR příchýtkami a volného zavěšení jsou rozdíly znatelnější, 1,4 dB až 4,7 dB.

Z výsledků měření je patrné, že i způsob uchycení nástěnného kolene má velký vliv na přenos strukturálního hluku. Nejvíce přenáší strukturální hluk dřevěný podklad kotvený vruty do dělicí stěny. Po odmontování vrutů je úroveň hluku o 1,0 dB až 3,6 dB nižší, po kompletním odmontování podkladu pak o 5,5 dB až 8,8 dB.

Největšího rozdílu bylo dosaženo mezi uchycením potrubí pomocí PPR příchýtek s dřevěným podkladem s vruty a volně zavěšeným potrubím bez uchycení nástěnného kolene, 10,2 dB.

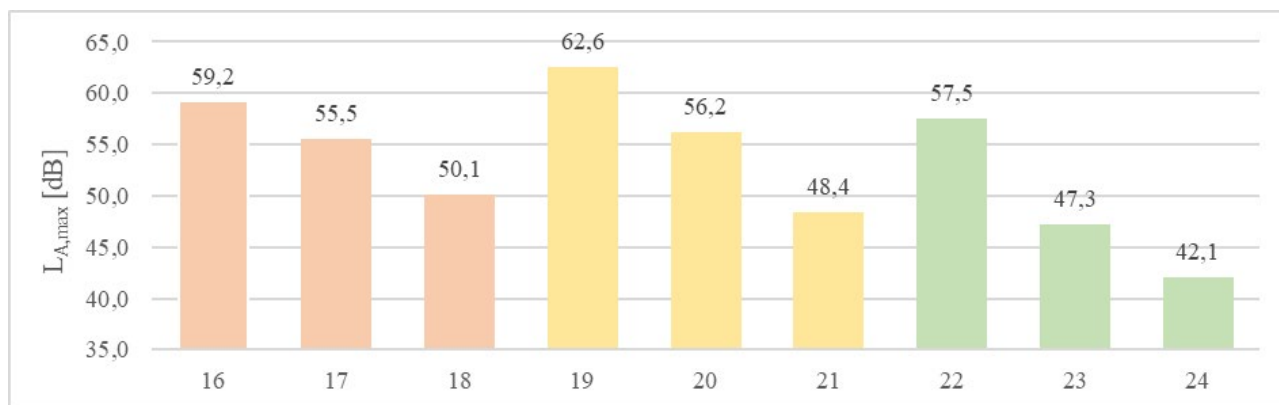
Hodnoty maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ pro výtok ze sprchové hlavice do umyvadla jsou uvedeny v Tab. 3, grafické znázornění viz *Graf 4*.

(Num.) Označení	(Pipe fixing) Uchycení potrubí	(Wall elbow fixing)Uchycení nástěnného kolena	$L_{A,max}$ [dB]
16	(PPR clamps) PPR příchýtky	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	44,2
17		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	43,2
18		(without fixing) bez uchycení	38,7
19	(rubber lined clamps) objímky s gumovou vložkou	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	43,5
20		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	40,2
21		(without fixing) bez uchycení	37,6

Table 3: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – outlet from the shower to the basin

Tab. 3: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – výtok ze sprchy do umyvadla

(Num.) Označení	(Pipe fixing) Uchycení potrubí	(Wall elbow fixing)Uchycení nástěnného kolena	$L_{A,max}$ [dB]
22	(free hanging pipe) volně zavěšené	(wooden support with screws) dřevěný podklad s vruty	42,8
23		(wooden support without screws) dřevěný podklad bez vrutů	39,2
24		(without fixing) bez uchycení	34,0



Graph 4: Maximum sound pressure levels $L_{A,max}$ – outlet from the shower to the basin

Graf 4: Maximální hladiny akustického tlaku $L_{A,max}$ – výtok ze sprchy do umyvadla

In the case of the shower head outlet, the rubber lined clamps are the most significant contributors to the transmission of structural noise. This is again probably due to a combination of over-tightened clamps and large hydraulic shocks when switching the tap to the shower head. The difference between these and the PPR clamps is 0.7 dB to 3.4 dB. Between the clamps and the free-hanging pipe, the differences are more dramatic, 5.1 dB to 8.9 dB.

V případě výtoku ze sprchové hlavice se nejvýznamněji na přenosu strukturálního hluku podílejí objímky s gumovými vložkami. To je pravděpodobně opět zapříčiněno kombinací příliš utažených objímek a velkých hydraulických rázů při přepnutí baterie na sprchovou hlavici. Rozdíl mezi nimi a PPR příchýtkami je 0,7 dB až 3,4 dB. Mezi objímkami a volně zavěšeným potrubím jsou rozdíly dramatictější, 5,1 dB až 8,9 dB.

Like the faucet outlet, the wood support anchored by screws into the partition wall transmits the most structure-borne noise. The support without screws shows noise values 3.7 dB to 10.2 dB lower, and 9.1 dB to 15.4 dB lower when the support is completely removed.

Obdobně jako u výtoku z baterie nejvíce přenáší strukturální hluk dřevěný podklad kotvený vruty do dělicí stěny. Podklad bez vrutů vykazuje hodnoty hluku o 3,7 dB až 10,2 dB nižší, po kompletním odmontování podkladu pak o 9,1 dB až 15,4 dB.

The largest difference was achieved between pipe attachment using rubber lined clamps with wooden support with screws and free-hanging pipe without wall elbow attachment, 20.5 dB. Such large differences are most likely due to the significant pressure surges when switching from faucet to showerhead.

Největšího rozdílu bylo dosaženo mezi uchycením potrubí pomocí objímek s gumovou vložkou s dřevěným podkladem s vruty a volně zavěšeným potrubím bez uchycení nástěnného kolene, 20,5 dB. Takto velké rozdíly jsou zapříčiněny nejspíše výraznými tlakovými rázy při přepínání baterie na sprchovou hlavici.

4. DISCUSSION

As mentioned above, the level of noise from the operation of water supply installations is usually caused by a combination of many factors such as the pipe material, pipe dimension, water line pressure, the material of the dividing wall, the weighted sound reduction index of the dividing wall, the way the pipe is built or fixed into the dividing wall, or the type and class of fittings or fixtures. The present research did not look at all of these variables, but only at those that are expected to have the greatest influence on structure-borne noise transmission – i.e. the method of fixing the pipe to the dividing wall, the method of fixing the wall elbow and the fitting operated in addition to this.

The method of attachment of the pipe was chosen to be PPR clamps, rubber lined clamps or free hanging, always on the face of the separating masonry structure, because of the ease of reconfiguring the system during measurement. Therefore, the results obtained cannot be applied, for example, in the case of the pipe being embedded in a masonry groove, which would be another standard procedure for pipe fitting in solid walls. Here, the structural noise does not propagate through the individual anchorage points into the dividing wall, but linearly along the length of the pipe. However, similar results can be expected in the case of drywalls where these anchorages are used.

It should be noted that for bolted clamps it is likely to depend on the size of the clamp and its tightness relative to the pipe. It can be assumed that by increasing its dimension or tightening the bolts more loosely, the transmission of structural noise will be reduced.

Another factor related to the pipe fitting that could be investigated in a follow-up structural noise study is, for example, the effect of the spacing of the individual attachment points or the type of bolts or dowels used.

The method of attachment of the wall elbow proved to be very significant. Again, however, it depends on the specific situation; in the case of installation in a groove, the results cannot be applied, if only because of the principle of implementation. However, the material of the bolts, dowels and the support under

4. DISKUSE

Jak již bylo zmíněno výše, míra hluku z provozu vodovodních instalací bývá způsobena kombinací mnoha faktorů jako je materiál potrubí, dimenze potrubí, tlak vodovodu, materiál dělicí stěny, vzduchová neprůzvučnost dělicí stěny, způsob zabudování či uchycení potrubí do dělicí stěny nebo druh a třída zařízení či armatury. V rámci předloženého výzkumu nebyly sledovány všechny tyto proměnné, ale pouze ty, u kterých se předpokládá největší vliv na přenos strukturálního hluku – tedy způsob uchycení potrubí do dělicí stěny, způsob uchycení nástěnného kolene a k tomu provozovaná armatura.

Byl zvolen způsob uchycení potrubí pomocí PPR příchytěk, objímek s gumovou vložkou nebo volného zavěšení, vždy na lici dělicí zděné konstrukce, a to z důvodu snadné rekonfigurace soustavy během měření. Dosažené výsledky proto nelze aplikovat např. v případě zaomítání či zasádování potrubí do drážky zdiva, což by byl další standardní postup pro osazení potrubí v případě masivních stěn. Zde se strukturální hluk nešíří přes jednotlivé body kotvení do dělicí konstrukce, ale liniově po délce potrubí. Lze však očekávat obdobné výsledky v případě stěn montovaných, kde se těchto kotvicích prvků využívá.

Nutno podotknout, že u šroubových objímek pravděpodobně záleží na dimenzi objímky a jejím dotažení vůči potrubí. Lze předpokládat, že zvětšením její dimenze či volnějším přitažením šroubů se omezí přenos strukturálního hluku.

Dalším faktorem související s uchycením potrubí, který by se v navazujícím výzkumu strukturálního hluku mohl sledovat, je např. vliv vzdálenosti jednotlivých bodů uchycení nebo druh použitých šroubů či hmoždinek.

Způsob uchycení nástěnného kolene se ukázal být velmi významný. Opět však záleží na konkrétní situaci, v případě instalace do drážky nelze výsledky, už jen z principu provádění, aplikovat. Lze ovšem polemizovat nad materiálem šroubů, hmoždinek a samotného podkladu pod nástěnné koleno, přes který se zjevně strukturální hluk přenáší i bez přímého zakotvení.

Podklad je přitom důležitý, protože drží baterii zafixovanou a brání tak jejímu uvolnění

the wall elbow itself can be questioned, as the structure-borne noise is obviously transmitted through it even without direct anchorage.

The support is important because it holds the faucet in place and prevents it from coming loose from repeated handling. Consequently, it prevents, for example, the surrounding tiles from cracking. It is highly questionable whether a material is available that would provide sufficient rigidity of the support while transmitting structure-borne noise as little as possible. For example, the possibility of complex structures using additive technologies is suggested, but this is a matter for further research.

5. CONCLUSION

The subject of this paper was to investigate the significance of the effects involved in the transmission of structural noise from the operation of water installations, in particular water faucets.

The variables investigated included the method of attachment of the PPR piping system, using PPR clamps, rubber lined clamps and free hanging pipe without contact with the dividing wall. The effect of the use of a wooden support under the installation wall elbow for the faucet and its attachment to the partition was also investigated. Noise generating processes included free outlet from the wall elbow without fittings, outlet from the wall mounted faucet and outlet from the shower head.

The following conclusions can be drawn from the results of the work:

- PPR clamps contribute more to structure-borne noise transmission than rubber lined clamps in the absence of large hydraulic shocks (faucet outlet),
- rubber lined clamps contribute to the transmission of structure-borne noise more than PPR clamps in the event of large hydraulic shocks (free outlet under high pressure, shower faucet outlet),
- in the case of rubber lined clamps and high hydraulic shocks, the noise can probably be reduced by increasing the clamp dimension or tightening the clamp bolts less,

z opakované manipulace s baterií. V návaznosti na to pak předchází např. případnému praskání okolního obkladu. Je velmi diskutabilní, zdali je k dispozici materiál, který by zajistil dostatečnou tuhost podkladu a zároveň v co nejmenší míře přenášel strukturální hluk. Nabízí se např. možnost komplexních struktur pomocí aditivních technologií, což je ovšem otázkou navazujícího výzkumu.

5. ZÁVĚR

Předmětem této práce byl výzkum významnosti vlivů podílejících se na přenosu strukturálního hluku z provozu vodovodních instalací, zejména pak vodovodních baterií.

Mezi zkoumané proměnné měřící soustavy z PPR potrubí byl zařazen způsob jeho uchycení, a to pomocí PPR příchytěk, objímek s gumovou vložkou a volného zavěšení potrubí bez kontaktu s dělicí stěnou. Dále byl sledován vliv užití dřevěného podkladu pod instalační nástěnné koleno pro baterii a jeho přichycení do dělicí konstrukce. Procesy generující hluk zahrnovaly volný výtok z nástěnného kolena bez armatury, výtok z nástěnné baterie a výtok ze sprchové hlavice.

Z výsledků práce lze vyvodit následující závěry:

- PPR příchytky se podílí na přenosu strukturálního hluku více než objímky s gumovou vložkou v případě absence velkých hydraulických rázů (výtok z baterie);
- objímky s gumovou vložkou se podílí na přenosu strukturálního hluku více než PPR příchytky v případě výskytu velkých hydraulických rázů (volný výtok za vysokého tlaku, výtok ze sprchové baterie);
- v případě užití objímek s gumovou vložkou a velkých hydraulických rázů, lze hluk pravděpodobně snížit zvětšením dimenze objímky nebo menším utažením šroubů objímky;
- při snížení průtoku na 50 % klesne hladina akustického tlaku o cca 6,0 dB;
- snížení hluku volným zavěšením potrubí se pohybuje v rozmezí 1,4 dB až 11 dB, v závislosti na způsobu uchycení podkladu nástěnného kolene a typu výtoku;
- snížení hluku odmontováním vrutů kotvících poklad a nástěnné koleno do dělicí stěny je v rozmezí 1,0 dB až 10,2 dB,

- when the flow rate is reduced to 50%, the sound pressure level drops by approx. 6.0 dB,
- noise reduction by free hanging of the pipe ranges from 1.4 dB to 11 dB, depending on the way the wall elbow support is attached and the type of outlet,
- the noise reduction by removing the screws anchoring the support and wall elbow to the dividing wall is between 1.0 dB and 10.2 dB, depending on the pipe fixing method and the type of outlet,
- the noise reduction by removing the entire wall elbow support (elbow without wall contact) is between 5.5 dB and 15.4 dB, depending on the pipe fixing method and the type of outlet,
- the maximum difference in operation of the wall-mounted faucet (basin) was achieved between the pipe fixing with PPR clamps with wooden support with screws and the free-hanging pipe without wall elbow fixing – 10.2 dB,
- the maximum difference in shower-head operation was achieved between pipe fixing using rubber-lined clamps with a wooden support with screws and free-hanging pipe without wall elbow fixing – 20.5 dB.

The objectives of the research were met. The results show that even seemingly insignificant elements can contribute significantly to the propagation of structural noise from water supply installations. This may be crucial for ensuring noise limits from these installations, especially in new residential buildings. In these, due to the irregular layout of the flats, this phenomenon occurs very often and is often the cause of costly complaints.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper has been made possible thanks to the financial support of the project FAST-S-24-8620 "Digital Fabrication in Civil Engineering Using 3D Printing Technology and Digital Twins".

I would also like to thank Ing. Pavel Berka, Ph.D., for insights from practical noise measurements.

v závislosti na způsobu uchycení potrubí a typu výtoku;

- snížení hluku odmontováním celého pokladu nástěnného kolena (koleno bez kontaktu se stěnou) je v rozmezí 5,5 dB až 15,4 dB, v závislosti na způsobu uchycení potrubí a typu výtoku;
- maximálního rozdílu při provozu nástěnné baterie (umyvadla) bylo dosaženo mezi uchycením potrubí pomocí PPR příchytek s dřevěným podkladem s vruty a volně zavěšeným potrubím bez uchycení nástěnného kolene – 10,2 dB;
- maximálního rozdílu při provozu sprchové hlavice bylo dosaženo mezi uchycením potrubí pomocí objímek s gumovou vložkou s dřevěným podkladem s vruty a volně zavěšeným potrubím bez uchycení nástěnného kolene – 20,5 dB.

Cíle výzkumu byly naplněny. Z výsledků vyplývá, že i na první pohled zanedbatelné prvky mohou významným způsobem přispívat k šíření strukturálního hluku z provozu vodovodních instalací. To může být klíčové pro zajištění hlukových limitů z těchto instalací zejména pak v novostavbách bytových domů. V těch se díky nepravidelnému dispozičnímu uspořádání bytů tento jev vyskytuje velmi často a bývá i příčinou nákladných reklamací.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl vytvořen díky finanční podpoře projektu FAST-S-24-8620 "Digitální fabrikace v pozemním stavitelství s využitím technologie 3D tisku a digitálních dvojčat".

Dále děkuji Ing. Pavlu Berkovi, Ph.D., za poznatky z praktických měření hluku.

REFERENCES

- [1] Tichá kanalizace nebo tichá pračka? Do čeho se vyplatí investovat, abyste si zajistili tichou domácnost. ESTAV.cz – stavebnictví a architektura [online]. Praha: Topinfo, 2022, 15. 4. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/10703.ticha-kanalizace-nebo-ticha-pracka>
- [2] PARK, Sang Hee, Pyoung Jik LEE a Byung Kwon LEE. Levels and sources of neighbour noise in heavyweight residential buildings in Korea. *Applied Acoustics*. 2017, 120, 148-157. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/j.apacoust.2017.01.012
- [3] KRAUS, Michal a Ingrid JUHÁSOVÁ ŠENITKOV. Indoor Noise Loading in Residential Prefabricated Buildings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017, 245. ISSN 1757-8981. Dostupné z: doi:10.1088/1757-899X/245/8/082028
- [4] ČR. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. vzpp: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 196/2022. Praha: Parlament České republiky, Poslanecká sněmovna, 2022, ročník 2022, 433/2022 Sb.
- [5] ČSN 73 0532. Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních konstrukcí a výrobků – Požadavky. Kat. č. 511127. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2020.
- [6] Akustický průvodce projektanta [online]. Revize 1.1. Praha: Greif-akustika, 2013 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://greif.cz/wp-content/uploads/2020/07/ITS073-01_Akusticky_pruvodce_projektanta.pdf.
- [7] FUCHS, H.V. Generation and control of noise in water supply installations: Part 1. *Applied Acoustics* [online]. 1983, 16(5), 325-346 [cit. 2023-02-10]. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/0003-682X(83)90025-7
- [8] FUCHS, H.F. Generation and control of noise in water supply installations. Part 2: Sound source mechanisms. *Applied Acoustics* [online]. 1993, 38(1), 59-85 [cit. 2023-02-10]. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/0003-682X(93)90041-4
- [9] FUCHS, H.V. Generation and control of noise in water supply installations Part 3: Rating and abating procedures. *Applied Acoustics* [online]. 1993, 39(3), 165-190 [cit. 2023-02-10]. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/0003-682X(93)90002-N
- [10] ROMEU, J., S. JIMÉNEZ a R. CAPDEVILA. Noise emitted by water supply installations. *Applied Acoustics*. 2004, 65(4), 401-419. ISSN 0003682X. Dostupné z: doi:10.1016/j.apacoust.2003.10.001
- [11] DEMIREL, Füsün. Noise caused by the usage of water piping in apartment building structures. *Online. Building and Environment*. 2006, roč. 41, č. 4, s. 512-519. ISSN 03601323. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.03.003>. [cit. 2025-01-25].
- [12] KOMÍŇKOVÁ, K.; ČUPR, K.; HLAVSA, P. HLUK SANITÁRNÍCH ZAŘÍZENÍ A JEHO VLIV NA VNITŘNÍ KLIMA. In *Juniorstav 2013 - Sborník Anotací (uvnitř CD s plným zněním příspěvků)*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2013. s. 79-79. ISBN: 978-80-214-4669-4.
- [13] PREK, M. The impact of geometrical parameters on hydrodynamic noise generation. *Online. Applied Acoustics*. 2000, roč. 60, č. 3, s. 343-351. ISSN 0003682X. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(99\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(99)00040-7). [cit. 2025-01-25].

- [14] SCHECK, J.; DÄUBLE, L. a ZEITLER, B. Freshwater pipes as structure-borne sound sources: laboratory measurement and prediction. Online. In: Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association Forum Acusticum 2023. Turin, Italy: European Acoustics Association, 2024, s. 5801-5808. ISBN 978-88-88942-67-4. Dostupné z: <https://doi.org/10.61782/fa.2023.1139>. [cit. 2025-01-25].
- [15] ALBER, T.H.; GIBBS, B.M. a FISCHER, H.M. Characterisation of valves as sound sources: Structure-borne sound. Online. Applied Acoustics. 2009, roč. 70, č. 5, s. 661-673. ISSN 0003682X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.08.002>. [cit. 2025-01-25].
- [16] KOPUBKOVÁ, Ilona. Materiály pro vnitřní vodovody se zatím v praxi příliš nemění. Online. TZB-info. 2014. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/materialy-voda-kanalizace/11879-materialy-pro-vnitri-vodovody-se-zatim-v-praxi-prilis-nemeni>. [cit. 2025-01-25].
- [17] ČSN ISO 1996-1, Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. Kat. č. 501459. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [18] ČSN ISO 1996-2, Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 2: Určování hladin akustického tlaku. Kat. č. 505464. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [19] ČSN EN ISO 16032. Akustika -- Měření hladiny akustického tlaku technických zařízení v budovách – Technická metoda. Kat. č. 72476. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [20] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. In: Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 14/2023. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2023, 14/2023.



DAVID SVOBODA

Ing. David Svoboda, absolvent magisterského studia na Fakultě stavební VUT v Brně. Student doktorského studia na Ústavu pozemního stavitelství, disertační práce zaměřena na eliminaci hluku z provozu technických zařízení budov. Asistent v akreditované akustické laboratoři BP Akustika, č. 1475 – měření hluku v pracovním a mimopracovním prostředí, měření neprůzvučností a doby dozvuku, zpracovávání akustických posudků a studií.



PETRA BERKOVÁ

Ing. Petra Berková, Ph.D., absolventka magisterského a doktorského studia na Fakultě stavební VUT v Brně. Disertační práce zaměřena na predikci zvukoizolačních vlastností dělicích stavebních konstrukcí. Akademický pracovník Ústavu pozemního stavitelství, zaměření na akustiku a světelnou techniku. Manažer kvality a zkušební technik v akreditované akustické laboratoři BP akustika, č. 1475.



KAREL ČUPR

Ing. Karel Čupr, CSc., absolvent FAST VUT v Brně, kde působil do r.2024. Kromě let 1987 až 2013, kdy byl akademickým pracovníkem ústavu TZB a v letech 1998–2000 zastával funkci vedoucího tohoto ústavu, působil na Ústavu pozemního stavitelství. V letech 2000–2003 byl proděkanem Fakulty stavební VUT v Brně.

Profesně se věnuje především problematice stavební fyziky a zdravotně technických zařízení budov. Během své pedagogické a vědecké činnosti pravidelně publikoval v odborné literatuře a aktivně vystupoval na vědeckých konferencích. Je autorem několika vysokoškolských skript, řešitelem a spoluřešitelem výzkumných projektů, znaleckých a odborných posudků a přes 250 realizovaných profesních projektů. V současné době se zaměřuje především na zpracování znaleckých a odborných světlotechnických posudků.

V roce 2013 byl jmenován soudním znalcem v oboru stavebnictví, odvětví stavby obytné a stavby průmyslové, specializace technika prostředí, a odvětví stavební různá, specializace stavební fyzika. Od roku 1995 je autorizovaným inženýrem pro obor Technika prostředí staveb a od roku 1997 je členem zkušební komise ČKAIT pro Techniku prostředí staveb.