

## MANAŽERSKÉ SHRNU TÍ

---

**Kritická analýza nových materiálů a nových tvarů vhodných pro protihlukové stěny a návrhy na jejich použití v železniční a silniční dopravě.**

## IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE PROJEKTU

- **Evidenční číslo projektu**

22 905

- **Název projektu**

Kritická analýza nových materiálů a nových tvarů vhodných pro protihlukové stěny a návrhy na jejich použití v železniční a silniční dopravě.

- **Poskytovatel dotace**

Ministerstvo dopravy - nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 Praha  
Odbor MD, který je gestor projektu: Odbor infrastruktury a územního plánu  
Odborný garant: Ing. Marie Soukupová

- **Příjemce dotace**

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.  
zastoupené: Ing. Jindřichem Fričem, Ph.D., ředitelem

.....  
podpis, datum

- **Odpovědný řešitel**

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.

.....  
podpis, datum

- **Řešitelský tým**

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

- Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.
- Ing. Petra Marková
- Karel Effenberger
- Mgr. Roman Ličbinský
- Ing. Jiří Kohoutek
- Ing. Martin Lidmila, Ph.D.
- Ing. Petra Váňová
- Ing. Ondřej Bret

ČVUT

- Ing. Martin Lidmila Ph.D.
- Ing. Petra Váňová
- Ing. Ondřej Bret

AKON

- Ing. Karel Šnajdr

- **Odborní garanti projektu**

MD

- Ing. Marie Soukupová

ŘSD ČR

- Ing. Radek Kropelnický

SŽDC

- Ing. Ivo Jauris
- Mgr. Bohumír Trávníček
- Ing. Lenka Vaňková

- **Cíl projektu**

- Doplnění informací o současných trendech v oblasti protihlukových stěn.

- **Celková doba řešení**

3. 5. 2017 – 30. 11. 2017

---

- **Financování projektu**

Projekt byl financován Ministerstvem dopravy účelovou neinvestiční dotací na podporu rozvoje činnosti veřejné výzkumné instituce v resortu dopravy – Centra dopravního výzkumu, v. v. i. na základě Rozhodnutí č. 1 č. j. 21/2017-710-VV/1 a Rozhodnutí č. 2 č. j. 46/2017-710-VV/1.

Tato odborná (manažerská) zpráva představuje stručné shrnutí řešeného projektu „*Kritická analýza nových materiálů a nových tvarů vhodných pro protihlukové stěny a návrhy na jejich použití v železniční a silniční dopravě*“. Zde je uvedeno pouze závěrečné shrnutí jednotlivých pěti odborných kapitol a pěti doplňkových příloh. Podrobný popis, jednotlivé podklady i odborná zdůvodnění obsahuje nezkrácená verze zprávy, jež čítá 355 stran a kde lze k jednotlivým závěrům najít detailnější podrobnosti.

Po úvodní kapitole popisující ve stručnosti širší souvislosti s rozvojem používání protihlukových stěn (PHS) na silniční a železniční síti, následuje druhá kapitola, která je věnována analýze současného stavu k problematice protihlukových stěn. Je zaměřena na přehled materiálů, tvarů a inovací v oblasti realizace protihlukových stěn v silniční i železniční dopravě. Protihlukové stěny, byť jsou konstruovány různým způsobem a odlišnými materiály, mají různé tvary a vlastnosti, ovšem jejich základním účelem je totéž, a to redukovat hlukovou zátěž způsobenou provozem na pozemních komunikacích a na železničních tratích. Hlukem z dopravy je v současné době ve vysoké míře zatěžováno obyvatelstvo, kdy pomocí PHS existuje možnost ovlivnit šíření tohoto nežádoucího hluku mezi zdrojem a příjemcem. Ukazují se nové možnosti a trendy PHS mající své výhody i nevýhody. Technicky proveditelné jsou solární protihlukové stěny, avšak jejich nevýhodou je údržba a vysoké náklady. Další možností jsou protihlukové stěny s  $\text{TiO}_2$ , mající další pozitivní vliv na životní prostředí (ovzduší), ovšem jejich realizace je nákladnější a proto není v našich podmínkách o tuto stěnu zatím zájem. Inox či Corten PHS mají výborné materiálové vlastnosti a jsou velmi kladně vnímány lidmi, nevýhodou jsou opět vyšší náklady. Další vývoj protihlukových opatření je velice důležitý pro ochranu a zkvalitnění života obyvatel žijících podél pozemních komunikací i železničních tratí. Avšak testování nových protihlukových opatření trvá mnohdy i několik let a bývá finančně náročné. Dále lze nalézt v této kapitole informace týkající se analýzy zkušeností k problematice PHS z gumového granulátu v tramvajové dopravě, popisuje především aplikaci inovativního protihlukového prvku, vyvinutého v posledních letech pro použití u tramvajových tratí v městské zástavbě a možnosti jeho případné aplikace u železničních tratí. Prvek městské protihlukové clony je vyrobený z pojeného gumového granulátu, který se jeví jako velmi vhodný materiál pro pohltivé vrstvy protihlukových clon. Navíc se tento granulát vyrábí recyklací použitých pneumatik a jeho použití tak přispívá k opětovnému využívání zdrojů.

Třetí kapitola popisuje výsledky dotazníkového šetření, jehož cílem bylo zajistit základní zhodnocení možných řešení protihlukových stěn jednotlivých výrobců a z toho vyplývající přehled o možnostech, co za technologie a varianty ochrany před nadměrnou hlukovou zátěží v oblasti protihlukových stěn je možné v současnosti poptávat. V souvislosti s aktuálním zněním norem ČSN EN 14388, ČSN EN 14389-1 a ČSN EN 14389-2 byl sestaven a vypracován řešitelským týmem dotazník, týkající se analýzy materiálů protihlukových stěn. Na základě dotazníkového šetření bylo osloveno 39 firem zabývajících se výrobní činností PHS. Návratnost byla 49 vyplněných dotazníků (z důvodů různých variantních řešení) od 13 firem. Jednotlivé dotazníky vyplněné firmami jsou potom abecedně seřazeny dle firem ve čtvrté příloze závěrečné zprávy. Všechny vyplněné dotazníky jsou zpracovány pro přehlednost jednotlivých systémů do jednoho listu v MS Excel, která je pátou přílohou závěrečné zprávy. Z provedeného šetření vyplývá různorodost materiálů i vlastností těchto protihlukových systémů, které se v ČR v současnosti používají, včetně nových variantních řešení. Z dotazníkového

šetření nelze objektivně zhodnotit, který protihlukový systém je lepší či horší, záleží na konkrétních kritériích předmětného výběru, ovšem cílem a záměrem bylo poskytnout přehled o aktuální situaci na trhu. Dotazník obsahuje následující obecné informace a dle aktuální normy ČSN EN 14388 uvádí požadavky k dosažení označení CE na zařízení pro snížení hluku silničního provozu pro určené použití:

- jméno a registrovanou adresu výrobce (identifikační značku),
- materiál systému (specifikace nosné a pohltivé vrstvy),
- maximální rozměry jedné desky,
- možnosti upevnění desky/panelu,
- hmotnost desky/panelu,
- požadavky na údržbu v době životnosti,
- případná možná variantní řešení či doplnění PHS,
- jiná protihluková řešení PHS,
- suchá a redukováná mokrá tíha akustického prvku (EN 1794-1),
- odolnost proti zatížení,
  - maximální svislé zatížení, které může prvek snést (EN 1794-1),
  - maximální kolmé (90°) zatížení, které může akustický prvek snést – zatížení větrem a statické zatížení (EN 1794-1),
  - kolmé (90°) zatížení, které může akustický prvek snést – zatížení při odstraňování sněhu (EN 1794-1),
  - kolmé (90°) zatížení, které může konstrukční prvek snést – zatížení větrem, statické zatížení, vlastní tíha pro výšku clony 3 m a 4 m (EN 1794-1),
  - ohybový moment zatížení, který může konstrukční prvek snést – zatížení při odstraňování sněhu (EN 1794-1),
- zvuková pohltivost  $DL\alpha$  (EN 1793-1),
- vzduchová neprůzvučnost,
  - $DL_R$  v poli s dozvukem (EN 1793-2),
  - $DL_{Si,E}$ ,  $DL_{Si,P}$ ,  $DL_{Si,G}$  v poli bez dozvuku (EN 1793-6),
- nebezpečí padajících úlomků (EN 1794-2),
- odraz světla (EN 1794-2),
- odolnost proti požáru (EN 1794-2)
- uvolňování nebezpečných látek – arzen, rtuť (EN 1794-2),
- trvanlivost akustických vlastností (EN 14389-1),
- trvanlivost neakustických vlastností (EN 14389-2).

Výhody či nevýhody protihlukových stěn nejvíce souvisí s materiálem použitým na jejich výrobu. V současné době je stále nejčastěji používaným materiálem protihlukových stěn beton. Co se týče hmotnosti, patří mezi nejtěžší materiály. Přesun na místo výstavby je nákladné a vyžaduje pomoc těžké techniky, při dopravě i při nakládání a skládání nákladu je třeba využití jeřábu. Také časová náročnost na výstavbu systému je velká. Výhodou těžkých betonových zdí je jejich životnost, odolnost proti ohni a vandalům. Stěny z recyklovaných plastů jsou vhodný způsob, jak využít recyklované plastové materiály a získat tak kvalitní akustické parametry s ohledem na životní prostředí. Výhodou je nízká hmotnost, plast umožňuje snadnou manipulaci při přepravě i montáži. Nevýhodou plastových stěn je jejich chování při různých klimatických podmínkách. Plasty se mohou působením slunečního záření prohýbat či jinak deformovat. Hliníkové systémy se používají zejména kvůli nízké hmotnosti na místech, kde statika nedovoluje použití betonových protihlukových stěn.

Je s nimi jednodušší manipulace při přepravě i montáži. S nižší hmotností je však spojené riziko krádeže hliníkových částí. Z toho důvodu musí být panel doplňkově zajištěn. U dřevěných stěn a u konstrukcí na bázi dřeva a cementu vyniká přirozený vzhled. Avšak nezbytné je jejich hloubkové ošetření ekologicky nezávadnými prostředky proti houbám a dřevokaznému hmyzu. Co se týče životnosti, závisí na úpravě a druhu dřeva a je omezená, nedostatečnou údržbou. Dále mají nízkou odolnost vůči požáru. Tyto systémy lze kombinovat s betonovými nosnými stěnami a betonovými sloupky, čímž se dosáhne zvýšení celkové životnosti a odolnosti. Výhodou transparentních materiálů je neomezený volný výhled do krajiny. Sklo je odolné vůči agresivnímu prostředí (posypové soli), UV záření a teplotním rozdílům. Nekoroduje ani nestárne, jeho mechanické vlastnosti, průhlednost i průsvitnost zůstanou zachovány po celou dobu životnosti. Oproti plexisklu či polykarbonátu je odolnější vůči poškrábání. Nevýhodou je křehkost. Polykarbonát je materiál mající dobrou transparentnost a odolnost vůči klimatickým podmínkám, má vysokou míru tepelné roztažnosti (nutné zanechat dilatační spáry, díky nimž mohou polykarbonátové desky pracovat). Nutná je povrchová UV ochrana. Výhodou stěn z polymethylmetakrylátu (PMMA, označován také jako akrylátové sklo, akrylát či polyakrylát) patří vysoká mechanická odolnost i rezistence vůči klimatickým podmínkám. Tyto transparentní materiály musí vykazovat také odolnost vůči chemickým odstraňovačům graffiti sprejů a je nezbytné provést opatření proti nárazu plectva do bariéry, která je v souladu s TP 104. Jsou zmíněny i další možné alternativy – případná variantní řešení např. systému Faseton (malý, velký oblouk, nástavec). V poslední době také stoupá oblíbenost mobilních protihlukových stěn. Výhoda tohoto systému spočívá především v možnosti stavět tuto stěnu bez stavebního povolení, co nejbližší zdroji hluku a možné je její vystavení přes inženýrské sítě. Dalšími výhodami je odstranění této stěny bez vícenákladů s možností použití v jiné lokalitě, lze ji využít pro dočasné změny v dopravě, oplocení staveniště či ověření předpokladů návrhu protihlukových opatření. Popsány jsou i možnosti montáže protihlukových deflektorů, které omezují ohyb („přetékání“) akustické energie, a tím zvyšují účinnost protihlukových stěn. Jsou vhodné zejména v místech, kde není možné postavit vyšší protihlukovou stěnu.

Z výsledků měření u pozemních komunikací z první části čtvrté kapitoly, lze jednoznačně konstatovat, že z hlediska reálně naměřeného rozdílu v  $L_{Aeq}$  bezprostředně před a za PHS je dosahováno snížení úrovně hluku přes 20 dB při výšce bariéry 4 m od země bez ohledu na použitý materiál PHS a jeho stáří za předpokladu, že PHS nevykazuje poškození (zničená vnitřní minerální výplň, vylámané desky či díry v nich aj.). Rozdíly v úrovních hluku získané sérií provedených měření jsou dány různou výškou PHS a vlastní situací za PHS (pole – tichá oblast vs. další komunikace, zástavba aj. – rušná oblast s dalšími zdroji hluku) a hlavně vlastním stavem PHS, kdy mnohé starší PHS vykazují v terénu lepší dosažené útlumové vlastnosti za PHS, než novější realizace, což je dáno konstrukčními chybami (nedostatečné zasypání PHS, odvodňovací otvory skrz PHS nad úroveň země, velké odvodňovací škvíry vedoucí za PHS aj.). Podrobnosti k jednotlivým měřením vybraných PHS ze strany ŘSD na silniční síti lze nalézt v první příloze.

Druhá část čtvrté kapitoly se zabývá ověřením akustické stálosti NPHC po necelých 4 letech od její výstavby v Tetčicích u Brna. Toto ověření bylo provedeno na základě přímého měření v terénu v totožných dvou měřících bodech, ve kterých Katedra železničních staveb, ČVUT v Praze již měření před a po výstavbě NPHC v minulých letech provedla. Dílčím cílem bylo i ověření možného pronikání emisí hluku volným prostorem, vytvořeným odsazením nízké protihlukové clony v místě světelného návěstidla, kdy v rámci projektu bylo provedeno přímé měření hluku v místě překryvu NPHC, včetně

posouzení s úsekem s kontinuálně vedenou NPHC. Na základě dlouhodobého ověřování nízké protihlukové clony BRENS® BARRIER v Tetčicích lze tento prvek protihlukové ochrany považovat za velmi dobře účinný a to i po 4 letech od výstavby. Rozdíl mezi naměřenými hodnotami před výstavbou a po výstavbě NPHC činil na straně s NPHC 7,2 dB, rozdíl mezi naměřenými hodnotami před výstavbou a 4 roky od výstavby NPHC činí na straně s NPHC 5,0 dB. Na základě srovnání vyhodnocených dat došlo v měřícím bodě MB2 v průběhu 3,5 let ke zhoršení akustické situace o 2,2 dB. S největší pravděpodobností lze zhoršení akustické situace z větší části přisuzovat opotřebení trati v časovém úseku 3,5 let. V měřícím bodě MB1 - na straně bez NPHC byl mezi hodnotou expozice zvuku  $L_{AE}$  změřenou po výstavbě NPHC a hodnotou měřenou po 4 letech od výstavby NPHC zjištěn nárůst 1 dB za časový úsek 3,5 roku. Měření na straně bez NPHC může teoreticky zobrazovat právě míru opotřebení železniční trati, také však může být hladina expozice zvuku ovlivněná technickým stavem projíždějících vozidel. Vyhodnocením dat v místě přesahu a v místě kontinuálně vedené clony bylo zjištěno, že v tomto konkrétním případě nemá přesah NPHC vliv na akustickou situaci v měřícím bodě, ze kterého je díky odsazení NPHC v místě světelného návěstidla přímo vidět na projíždějící vlakovou soupravu. Při posouzení hodnot expozice zvuku  $L_{AE}$  v porovnávaných měřících bodech byla zjištěna totožná hodnota expozice zvuku  $L_{AE}$  skrz všechny hodnocené průjezdy. Další podrobnosti k měření na železniční trati u Tetčic obsahuje druhá příloha závěrečné zprávy.

V poslední páté kapitole pomocí matematického modelování šíření hluku ze železniční dopravy, provedeného podle Nizozemské metodiky RMR část SRM II (akustické parametry zdrojů hluku ze železniční dopravy) a normy ČSN ISO 9613-2 (výpočet šíření hluku) ve výpočtovém programu společnosti Brüel & Kjær Predictor-LimA Software Suite Typ 7810, byly stanoveny útlumy hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] pro tři charakteristické příčné řezy železniční tratě (trať na náspech, v rovině a v zářezu), šest typů protihlukových stěn, sedm umístění protihlukových stěn a čtyři kombinace akustických vlastností protihlukových stěn. Z výstupů výpočtů hodnocených modelů hlukových situací byly sestaveny přehledové tabulky porovnávající útlumy hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] v síti celkem padesáti výpočtových bodů s výškami 1,6 m, 4,6 m, 7,6 m, 10,6 m a 13,6 m nad okolním terénem vzdálených 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m a 100 m od osy železniční tratě.

Z výstupů výpočtů vyplývají následující zjednodušené závěry. Nízká protihluková clona, stejně jako nízká blízká protihluková stěna, je vhodná pro ochranu nízkých staveb před hlukem ze železniční dopravy u železničních tratí vedených na náspech a v rovině. Nízká protihluková stěna situovaná v ose železniční tratě je vhodná buď jako doplněk nízké protihlukové clony či nízké blízké protihlukové stěny, nebo jako technické opatření snižující hluk v okolí tratě situované v zářezu o cca 2 dB. Standardní protihluková stěna situovaná u železniční trati (ve vzdálenosti cca 3,5 m od osy nejbližší koleje) dosahuje hodnot útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] až 18 dB v závislosti na její výšce a akustických vlastnostech jejího povrchu. Třída zvukové pohltivosti povrchu protihlukové stěny ovlivňuje dosaženou úroveň útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] o cca 1 dB na třídu (počínaje třídou A1 – odrazivá stěna a dále A2 – pohltivá stěna a A3 – vysoce pohltivá stěna). To znamená, že protihluková stěna s povrchem v třídě A2 dosáhne o cca 1 dB vyšší hodnoty útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] než protihluková stěna s povrchem v třídě A1 (atd.). Protihlukové stěny s kombinovaným povrchem dosahují u nižších protihlukových stěn vyšších hodnot útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] než protihlukové stěny s povrchem v třídě A1. U vyšších stěn s kombinovaným povrchem je útlum hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] prakticky shodný jako



u protihlukové stěny s povrchem v třídě A1. U protihlukových stěn situovaných ve větší vzdálenosti od tratě (například na koruně zářezu železniční tratě) ztrácí akustické vlastnosti povrchu stěny vliv na dosaženou úroveň útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB]. Lomené protihlukové stěny dosahují podle výsledků výpočtů nejvyšší úrovně útlumu hluku vlivem bariéry  $A_{bar}$  [dB] (až cca 20 dB) a to i pro případ že mají povrch ve třídě A1. U tohoto typu protihlukové stěny navíc odpadá problém s mnohočetným odrazem hluku od paralelních konstrukcí protihlukových stěn či paralelní orientaci boku železničního vozidla vůči přilehlé protihlukové stěně. Protihlukové stěny situované u vysokorychlostní železniční tratě musí mít vyšší výšku než stěny u standardních tratí (u vysokorychlostních souprav se objevují nové zdroje hluku situované v oblasti jejich střechy). Tyto protihlukové stěny navíc musí zvládnout cyklické dynamické zatížení tlakovou vlnou při průjezdu vysokorychlostního vlaku kolem nich. Podrobnosti k jednotlivým výpočtům a jejich výsledkům, jsou i součástí třetí přílohy.

Řešený projekt se během půl roku svého trvání zaměřil na komplexní problematiku k tématu materiálů a tvarů protihlukových stěn v návaznosti na nedávnou aktualizaci TP 104 (Protihlukové clony na pozemních komunikacích). Doprava v České republice, obdobně jako i v jiných vyspělých státech, představuje významný antropogenní jev ovlivňující kvalitu životního prostředí a život člověka, a to jak z pozitivního, tak i negativního úhlu pohledu. Dlouhodobé působení hlukové zátěže může totiž u exponované populace způsobovat závažná civilizační onemocnění a má dopad na domácí i na volně žijící živočichy. Zmíněný nepříznivý trend si již vynutil strategická i operativní řešení v legislativní oblasti. Ve strategické oblasti je to přijetí *Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy 2002/49/EC o hodnocení a řízení environmentálního hluku* a její následná transpozice do legislativ členských států EU, v operativní oblasti je to v České republice především zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění a na něj navazující prováděcí předpisy. Strategickým cílem směrnice END (Environmental Noise Directive, směrnice 2002/49/EC) je snížit v EU do roku 2020 počet obyvatel zasažených hlukem  $L_{dvn}$  (hlukový ukazatel pro celodenní obtěžování hlukem) nad 65 dB o 20 %. Jedním z možných řešení je instalace protihlukových clon. Protihlukové stěny zabraňují šíření hluku do krajiny a snižují tak nežádoucí působení hluku na obyvatelstvo. Jelikož je toto pasivní opatření účinné, je znatelný trend v instalaci protihlukových stěn při provádění modernizací stávajících tratí či pozemních komunikací. Tato instalace patří mezi jednu z nejčastějších forem realizace ochrany obyvatelstva před nadměrnou hlukovou zátěží z dopravy, proto řešení problematiky protihlukových stěn navazuje na širokou oblast strategických dokumentů státu: *Koncepce výzkumu, vývoje a inovací v rezortu dopravy do roku 2030* (Priorita č. 1 „Udržitelná doprava“, Priorita č. 4 „Ekonomická doprava“), *Státní politika životního prostředí České republiky 2012-2020*, *Doprava šetrnější k životnímu prostředí* (The Greening Transport Package), *Dopravní politika ČR pro léta 2014 – 2020 s výhledem do roku 2050*, *Akční plán rozvoje inteligentních dopravních systémů (ITS) v ČR do roku 2020 (s výhledem do roku 2050)* a taktéž na celoevropské úrovni již zmíněná *Evropská směrnice 2002/49/EC – o omezení nadměrné hlukové zátěže z dopravy*, na jejímž základě jsou pravidelně (v pětiletých monitorovacích cyklech) vytvářeny strategické hlukové mapy a akční plány ke snížení hluku z dopravy.