Klub ZPS vo vibroakustike, s.r.o.
V. Tvrdého 23, SK – 010 01 Žilina
Akreditované skúšobné laboratórium pre meranie hluku, vibrácií a intenzity podľa požiadaviek normy ISO/IEC 17025

SNAS
Reg. No. 366/S-288

Tel, Fax: +421/41/724 70 26 E-mail: vibroakustika@vibroakustika.sk
Mobil: 0903 307 616, 0914 108 001 web: http://www.vibroakustika.sk/



VIBROAKUSTICKÁ ŠTÚDIA S NÁVRHOM OPATRENÍ PRE STUPEŇ EIA

MODERNIZÁCIA ŽELEZNIČNÉHO UZLA BRATISLAVA – VETVA ZÁPAD

JANUÁR 2024

Protokol: A_021_2024

1. VŠEOBECNÉ ÚDAJE
Objednávateľ: REMING CONSULT, a.s. Trnavská cesta 27, 831 04 Bratislava
Predmet objednávky: Vypracovanie akreditovanej vibroakustickej štúdie „***Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva západ***“ v zmysle naplnenia zákona č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia, vyhlášky č.237/2009 Z.z., ktorou sa dopĺňa vyhláška č. 549/2007 Z. z., ustanovujúca podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí a zákona NR SR č. 312/2016 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie.
Dátum merania: 6. - 7. 7. 2020, 23.7.2020, 31.7. 2020
Meranie vykonal: Doc., RNDr. Julián Kondela, PhD., Prof. Blažej Pandula, PhD., Ing. Ján Sobota, Ing. Ján Šimo, CSc.
Protokol vypracoval: Ing. Ján Šimo, CSc., Ing., Mgr. Michal Bugala
Protokol schválil vedúci pracoviska: Žilina 26. 01. 2024 Ing. Ján Šimo, CSc.

UPOZORNENIE: Výsledky sa vzťahujú iba na predmety skúšky a protokol sa bez písomného súhlasu môže reprodukovať iba ako celok.

2. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Klub ZPS vo vibroakustike, s.r.o., je držiteľom osvedčenia o akreditácii udeleným Slovenskou národnou akreditačnou službou (SNAS) ako národným akreditačným orgánom posudzovania zhody uznávaný vládou Slovenskej republiky, čím oficiálne potvrdzuje spôsobilosť vykonávať deklarované činnosti nestranne, nezávisle a na požadovanej odbornej úrovni, uznávané v Slovenskej republike i v zahraničí. Laboratórium má zavedený systém kvality a pri výkone skúšok používa normované metódy a zúčastňuje sa pravidelne na medzilaboratórnych porovnávacích meraniach. Laboratórium zaviedlo systém manažérstva kvality v plnom rozsahu pre všetky požiadavky normy ISO/IEC 17 025:2017 a je pravidelne dohliadané špičkovými odborníkmi podľa rozsahu akreditácie. Akreditácia sa považuje za hlavný faktor dôveryhodnosti a správnosti výsledkov činnosti akreditovaného subjektu, čo je dôvod, pre ktorý má byť využitá na posudzovanie a na hodnotenie všetkých činností, od výsledkov ktorých spoločnosť očakáva vysoký stupeň správnosti a dôvery. Dielo je vyhotovené v súlade s platnými právnymi predpismi, podľa zákona č. 24/2006 Z. z., jednotnou výpočtovou metodikou CNOSSOS-EU, ktorá je stanovená Smernicou Komisie (EÚ) 2015/996 v súlade so smernicou Európskeho parlamentu a Rady 2002/49ES a technickými normami STN 73 0532, STN ISO 1996-1 a STN ISO 1996-2. Kontinuálne 24-hodinové merania existujúceho stavu podľa platnej legislatívy a technických noriem pri existujúcej zástavbe, kde sa očakáva zmena po modernizácii predmetnej železničnej trate budú slúžiť pre kvantifikáciu súčasného stavu, kontrolu a nastavenie výpočtového modelu.

Pri predikcii hlukovej záťaže bol testovaný predikčný model v zmysle metodiky CNOSSOS-EU. Nastavenie modelu (faktor terénu „G“, meteorologické podmienky pre predikciu, nastavenie reflexie a pod.), pre ktoré bola predikcia realizovaná, a jeho verifikácia vo forme meraní súčasného stavu, sú doložené v štúdii. Na vytvorenie matematického modelu použitého pri výpočte hlukovej záťaže a modelovaní šírenia zvuku od zdroja k miestu príjmu je použitý 3D model územia okolia plánovanej železničnej trate s presnosťou stanovenia terénneho modelu 1 m. Použitá metodológia výpočtu hluku na fasádach budov, ktoré treba chrániť v zmysle platnej legislatívy vychádza z variantu šírenia hluku od prevádzky železničnej trate bez protihlukových opatrení a optimalizácie návrhu protihlukových opatrení až do nájdenia optimálneho variantu.

Vibrácie a otrasy z hľadiska vplyvu na zdravie ľudí v chránených miestnostiach v budovách na miestach zdržiavania sa ľudí sa kontrolujú na základe vyhodnotenia ekvivalentného a_{weq} a maximálneho a_{wmax} váženého zrýchlenia vibrácií vo frekvenčnom rozsahu od 1 Hz do 80 Hz v troch smeroch x, y a z.

Kmitanie budov, konštrukcií a citlivosti zariadenia v budovách z hľadiska vplyvu technickej seizmicity sa hodnotí pri základoch budovy, poprípade pri konštrukcii a zariadení. Ďalšie meracie body závisia od rozmerov budovy a požiadaviek hodnotenia. Základnou fyzikálnou veličinou je efektívna v_{ef} a vrcholová v_{peak} hodnota rýchlosti kmitania vo frekvenčnom rozsahu od 1Hz do 1 kHz určená z FFT analýzy v troch smeroch x, y a z.

Meranie rýchlosti kmitania sa vykonáva v súlade s STN ISO 4866 + Amd 1 + Amd 2 Pokyny na meranie kmitania a hodnotenie jeho vplyvov na budovy, STN ISO 8569 Merania a hodnotenia vplyvov otrasu a kmitania na citlivosť zariadenia v budovách.

Vyhodnotenie efektívnej v_{ef} hodnoty rýchlosti kmitania na seizmické zaťaženie dlhšie trvajúce rázové, prípadne ustálené periodické zaťaženie pre zdokumentovanie medzných stavov sa vykoná porovnaním posudzovanej hodnoty efektívnej rýchlosti kmitania v_{ef} podľa triedy odolnosti a triedy významnosti hodnotených objektov podľa Eurokódu 8 STN EN 1998-1/NA/Z1

3. PREDIKCIA AKUSTICKÝCH POMEROV

Naplnenie zákona NR SR č.355/2007 Z.z. z 21. júna 2007 o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v zmysle Vyhlášky MZ SR č.237/2009 Z.z., ktorou sa dopĺňa Vyhláška MZ SR č.549/2007 Z.z., ustanovujúca podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií, sa kontroluje porovnaním posudzovanej hodnoty s prípustnou hodnotou. Posudzovaná hodnota v prípade predikcie hluku je predpokladaná hodnota určujúcej veličiny vrátane príslušnej neistoty.

Tab. 3.1 Prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí

Kategória územia	Opis chráneného územia alebo vonkajšieho priestoru	Ref. čas. inter.	Prípustné hodnoty (dB) [a]				
			Hluk z dopravy				Hluk z iných zdrojov $L_{Aeq,\,p}$
			Pozemná a vodná doprava [b)c)] $L_{Aeq,\,p}$	Železničné dráhy [c)] $L_{Aeq,\,p}$	Letecká doprava		
					$L_{Aeq,\,p}$	$L_{ASmax,\,p}$	
I.	Územie s osobitnou ochranou pred hlukom, napr. kúpeľné miesta, kúpeľné a liečebné areály.	deň večer noc	45 45 40	45 45 40	50 50 40	- - 60	45 45 40
II.	Priestor pred oknami obytných miestností bytových a rodinných domov, priestor pred oknami chránených miestností školských budov, zdravotníckych zariadení a iných chránených objektov, [d)] vonkajší priestor v obytnom a rekreačnom území	deň večer noc	50 50 45	50 50 45	55 55 45	- - 65	50 50 45
III.	Územie ako v kategórii II v okolí diaľnic, ciest I. a II. triedy, miestnych komunikácií s hromadnou dopravou, železničných dráh a letísk, mestské centrá.	deň večer noc	60 60 50	60 60 55	60 60 50	- - 75	50 50 45
IV.	Územie bez obytnej funkcie a bez chránených vonkajších priestorov, výrobné zóny, priemyselné parky, areály závodov.	deň večer noc	70 70 70	70 70 70	70 70 70	- - 95	70 70 70

[a]) Prípustné hodnoty platia pre suchý povrch vozovky a nezasnežený terén, ak ide o sezónne zariadenia, hluk sa hodnotí pri podmienkach, ktoré je možné pri ich prevádzke predpokladať.
[b]) Pozemná doprava je doprava na pozemných komunikáciách vrátane električkovej dopravy.
[c]) Zástavky miestnej hromadnej dopravy, autobusovej, železničnej, vodnej dopravy a stanovištia taxislužieb určené na nastupovanie a vystupovanie osôb sa hodnotia ako súčasť pozemnej a vodnej dopravy.
[d]) Prípustné hodnoty pred fasádou nebytových objektov sa uplatňujú v čase ich používania, napr. školy počas vyučovania a pod.

Na hodnotenie zložky zvuku šírenej vzduchom vo vonkajšom prostredí záujmového územia pre zámer „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“ sme použili výpočtový program CadnaA (metodika „Schall 03 “ s úpravou pre použitie v Slovenskej Republike), kalibrovaný meraním „in-situ“. Údaje potrebné pre výpočet sme zadali na základe podkladov obdržaných od zadávateľa úlohy a akustických meraní.

A) Zadanie – hluk zo železničných dráh v záujmovom území zámeru „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“ pre časový interval 12 hodín – deň (06:00 – 18:00 hod.), 4 hodiny– večer (18:00 – 22:00 hod.) a 8 hodín – noc (22:00 – 06:00 hod.).

Tab. 3.2 Uvažované výpočtové rýchlosti jednotlivých typov vlakov

Označenie kategórie vlakov	Kategórie vlakov	priem. rýchlosť v strede medzistaničného úseku [km/h]	priem. rýchlosť pred/za stanicou [km/h]
EC, R	EuroCity	95	70
RR, REX	Regionálny expres	80	60
Os	Osobný vlak	70	40
Nex	Nákladný expresný vlak	75	45
Pn	Priebežný nákladný vlak	60	40
Mn	Manipulačný nákladný vlak	50	40

Tab. 3.3 Uvažovaná priemerná dĺžka vlaku a podiel kotúčových bŕzd jednotlivých typov vlakov

Označenie kategórie vlakov	Kategórie vlakov	Priemerná dĺžka vlakov [m]	Podiel kotúčových bŕzd [%]
EC, R	EuroCity	240	100
RR, REX	Regionálny expres	300	100
Os	Osobný vlak	80	100
Nex	Nákladný expresný vlak	600	100
Pn	Priebežný nákladný vlak	650	100
Mn	Manipulačný nákladný vlak	300	100

Tab. 3.4 Uvažované intenzity dopravy pre výhľadový rok 2040 po železničných dráhach v sledovanom úseku BA hl.st. - DNV, v referenčných časových intervaloch. (Štúdia realizovateľnosti uzla BA z roku 2019)

Označenie kategórie vlakov	deň 06:00 - 18:00	večer 18:00 - 22:00	noc 22:00 - 06:00
EC, R	30	8	2
RR, REX	36	8	2
Os	44	6	4
Nex	29	13	41
Pn	6	8	3
Mn	2	0	0

Po zadaní údajov podľa Tab. 3.2, Tab. 3.3, Tab. 3.4 do výpočtového programu sme vyhodnotili akustickú situáciu v záujmovom území pre denný, večerný a nočný čas po realizácii zámeru a vyjadrili posudzovanú hodnotu iba od železničných dráh v záujmovom území zámeru „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“.

Posudzovaná hodnota – z vypočítanej hodnoty zvuku vyjadrená hodnota špecifického zvuku od zámeru „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“ zväčšená o hodnotu neistoty predikcie U = (+1,8 dB), t.j. v súlade s IS-OOFF/13:

$$L_{RAeq,T} = (L_{pAeq,T} + U)$$

Po vyhodnotení výpočtu v kalibrovanom 3D modeli sme zistili prekročenie prípustných hodnôt hluku v záujmovom obytnom území zámeru „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“ (pre kategóriu územia II. a III.). Následne sme navrhli sekundárne opatrenia (Tab 3.5) a terciárne opatrenia*, ktorými sa eliminujú tieto negatívne dopady a naplnia podmienky platnej legislatívy – dodržanie prípustných hodnôt hluku vo vonkajšom priestore obytných miestností bytových a rodinných domov.

*Terciárne protihlukové opatrenia – s terciárnymi protihlukovými opatreniami (zvýšenie nepriezvučnosti obvodového plášťa budov – výmena okien so štrbinovým vetracím systémom) je nutné uvažovať v oblastiach kde sa nachádzajú obytné priestory a je potrebné presnejšie ich určiť v ďalšom stupni posudzovania. Pre presné určenie obytných jednotiek kde je nutné realizovať terciárne protihlukové opatrenia je potrebné vykonať akustické merania po realizácii stavby v predmetnej oblasti a na základe nich určiť obytné jednotky, v ktorých dochádza k prekročeniu prípustných hladín hluku.

Tab. 3.5 Vypočítané a posudzované hodnoty od hluku zo železničnej dráhy

Imisný bod	Výška bodu [m]	Vypočítaná hladina hluku iba od železničných dráh bez aplikácie protihlukových clôn $L_{p,Aeq,T}$ [dB]			Vypočítaná hladina hluku iba od železničných dráh s aplikáciou protihlukových clôn $L_{p,Aeq,T}$ [dB]			Posudzovaná hladina hluku od železničných dráh bez aplikácie protihlukových clôn $L_{R,Aeq,T}$ [dB]			Posudzovaná hladina hluku od železničných dráh s aplikáciou protihlukových clôn $L_{R,Aeq,T}$ [dB]			Prípustná hladina hluku $L_{Aeq,p}$ [dB] / kategória územia		
		deň	večer	noc	deň	večer	noc	deň	večer	noc	deň	večer	noc	deň	večer	noc
V04	1,5	53,3	55,5	55,3	45,4	47,7	47,5	55,1	57,3	57,1	47,2	49,5	49,3	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V05	4,5	50,7	52,5	52,1	40,0	42,0	41,5	52,5	54,3	53,9	41,8	43,8	43,3	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V06	4,5	58,5	59,7	59,1	51,7	53,2	52,5	60,3	61,5	60,9	53,5	55,0	54,3	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V07	13,5	43,9	45,9	45,7	40,4	42,4	42,2	45,7	47,7	47,5	42,2	44,2	44,0	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V08	31,5	44,2	44,8	43,9	42,9	43,5	42,7	46,0	46,6	45,7	44,7	45,3	44,5	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V09	34,5	35,3	36,6	35,9	34,8	36,1	35,4	37,1	38,4	37,7	36,6	37,9	37,2	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V10	4,5	52,6	54,5	54,2	45,8	47,8	47,6	54,4	56,3	56,0	47,6	49,6	49,4	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V11	4,5	54,3	55,9	55,4	47,4	49,1	48,7	56,1	57,7	57,2	49,2	50,9	50,5	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V12	4,5	49,7	51,6	51,3	44,6	46,5	46,3	51,5	53,4	53,1	46,4	48,3	48,1	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V13	13,5	46,6	48,3	47,9	41,7	43,6	43,1	48,4	50,1	49,7	43,5	45,4	44,9	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V14	1,5	60,2	61,8	61,2	52,9	54,8	54,5	62,0	63,6	63,0	54,7	56,6	56,3	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V15	4,5	54,3	55,8	55,3	43,2	45,0	44,5	56,1	57,6	57,1	45,0	46,8	46,3	60 / III.	60 / III.	55 / III.
V16	4,5	49,6	51,5	51,1	41,4	43,4	43,0	51,4	53,3	52,9	43,2	45,2	44,8	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V17	4,5	49,0	50,9	50,5	43,5	45,4	45,1	50,8	52,7	52,3	45,3	47,2	46,9	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V18	37,5	50,6	51,1	50,0	47,6	49,2	48,6	52,4	52,9	51,8	49,4	51,0	50,4	50 / II.	50 / II.	45 / II.
V19	4,5	57,4	58,8	58,2	46,0	46,4	45,5	59,2	60,6	60,0	47,8	48,2	47,3	60 / III.	60 / III.	55 / III.

Poznámka:

V zmysle vyhlášky č. 549/2007 Z.z. ak je preukázané, že jestvujúci hluk z pozemnej a koľajovej dopravy prekračujúci prípustné hodnoty podľa tabuľky č. 3.1 pre kategórie územia II a III zapríčinený postupným narastaním dopravy nie je možné obmedziť dostupnými technickými opatreniami alebo organizačnými opatreniami bez podstatného narušenia dopravného výkonu, posudzovaná hodnota pre kategóriu územia II môže prekročiť prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku z pozemnej dopravy uvedené v tabuľke č. 3.1 najviac o 5dB a pre kategórie územia III a IV najviac o 10dB.

V zmysle vyhlášky č. 549/2007 Z.z. §2 odsek zr) podstatná rekonštrukcia dopravnej stavby a súvisiacej dopravnej infraštruktúry je rekonštrukcia, v dôsledku ktorej je možné predpokladať zmenu posudzovanej hodnoty hluku v súvisiacom vonkajšom prostredí o viac ako 1 dB bez protihlukových úprav. Posudzovaná hodnota od železničnej dráhy by na základe splnenia tohto kritéria musela dodržať podmienku navýšenia existujúcej posudzovanej hodnoty o $\Delta L \leq 1$ dB čo predstavuje pri energetickom súčte hladín posudzovanú hodnotu od novej železničnej dráhy nižšiu o 6 dB oproti posudzovanej hodnote z existujúcej dráhy.

V prípade použitia jednotnej výšky PHC = 2,5m by bol účinok navrhnutých vibroakustických opatrení z pohľadu zníženia hluku a vibrácií v dotknutom okolí železničnej dráhy určený na základe meraní in situ a na základe reálnych výsledkov meraní v chránených priestoroch by boli aplikované opatrenia, ktoré by garantovali zabezpečenie ochrany verejného zdravia podľa súčasného stavu poznania a ekonomickej úrovne spoločnosti.

Tab. 3.6 Umiestnenie a charakteristiky PHC

Označenie PHC	Chránená lokalita	Umiestnenie PHC	Staničenie PHC [km]	Dĺžka PHC [m]	Výška PHC [m]	Tvar PHC	Pozn.
PHC 5	Devínska Nová Ves	vpravo	42,400 – 43,355	955	2,5*	zvislá	
PHC 6	Devínska Nová Ves	vľavo	42,490 – 42,620	130	2,5*	zvislá	
PHC 7	Devínska Nová Ves	vľavo	43,960 – 44,140	180	2,5*	zvislá	
PHC 8	Lamač	vľavo	45,875 – 46,475	600	2,0	zvislá	
PHC 9	Dúbravka	vpravo	46,120 – 46,420	300	2,0	zvislá	
PHC 10	Dúbravka	vpravo	46,670 – 47,010	340	2,5*	zvislá	
PHC 11	Lamač	vľavo	47,460 – 48,180	720	2,0	zvislá	Na hrane zárezu
PHC 12	Lamač	vľavo	48,640 – 49,200	560	2,5*	zvislá	
PHC 13	Lamač	vľavo	49,200 – 49,600	400	2,5*	zvislá	Na hrane zárezu
PHC 14	Lamač	vľavo	49,600 – 50,000	400	2,5*	zvislá	Na hrane zárezu
PHC 15	Dúbravka	vpravo	48,650 – 48,900	250	2,5*	zvislá	
PHC 16	Dúbravka	vpravo	49,030 – 49,450	420	2,5*	zvislá	
PHC 17	Dúbravka	vpravo	49,450 – 49,830	380	2,5*	zvislá	Na hrane zárezu
PHC 18	Nové Mesto	vľavo	50,150 – 51,250	1100	2,5*	zvislá	
PHC 19	Karlova Ves / Staré Mesto	vpravo	50,660 – 52,160	1500	2,5*	zvislá	
PHC 20	Staré Mesto	vpravo	52,160 – 52,710	550	2,5*	zvislá	
PHC 21	Staré Mesto	vpravo	52,710 – 53,110	400	2,5*	zvislá	Na hrane zárezu
PHC 22	Nové Mesto	vľavo	51,745 – 52,845	1110	2,5	zvislá	

*** - Nutné aplikovať prídavné zariadenie pre zníženie hodnôt zo zvukovej difrakcie zo železničnej dopravy alebo prvku s podobnými akusticko-izolačnými vlastnosťami umiestnené na vrchnú časť PHS s cieľom znížiť hluk pre chránené územia počas referenčného časového intervalu deň, večer a noc, v zmysle naplnenia Vyhlášky MZ SR č.237/2009 Z.z., ktorou sa dopĺňa Vyhláška č.549/2007 Z.z. zo 16. augusta 2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí. (viď. Kapitola 6)**

Umiestnenie PHC viď: str. 10 - 12

Poznámky:

- **Vlastné charakteristiky PHC musia mať jednočíselnú veličinu odrazu zvuku: $D_{LRI} \geq 6$ s výnimkou použitia priehľadných odrazivých PMMA panelov na mostoch s hodnotou $D_{LRI} < 1$ (EN1793-5) a jednočíselnú veličinu nepriezvučnosti pre pohltivé aj odrazivé PHC prvky $D_{LSI,E} \geq 28$ a pre PHC stĺpiky $D_{LSI,P} \geq 28$ (EN1793-6)**
- **Umiestnenie PHC treba prispôsobiť zmenám terénu pri prechode do zárezu, tzn. staničenie je orientačné. Uvedené staničenia sú určené na úrovni vstupných údajov výpočtového modelu. Pri návrhu jednotlivých objektov protihlukových stien treba postupovať v zmysle dosiahnutia plynulých prechodov a prekrytí PHC a v súlade s prílohou hlukovej mapy. Je tiež potrebné zosúladiť staničenia so súvisiacimi objektmi pri vetvách, napojeniach, prekrytoch a pod. (napr. mosty, múry, ekodukty, ORL ...) tak, aby bolo dodržané spojité bariérové krytie.**
- **Vo výpočte boli zohľadnené protihlukové clony zvislé a zalomené s 0% otvorov. Doporučujeme na základe výsledkov meraní in situ v okolí železničnej trate v obytných zónach zvážiť využitie doplnkových zariadení na navrhované PHC vo forme zvukových rezonátorov umiestnené na vrchnú hranu PHC , pri zachovaní prechodového prierezu a voľného manipulačného priestoru v zmysle predpisov ŽSR.**

Reálny účinok PHC z pohľadu zníženia hlukovej záťaže v dotknutom okolí posudzovanej železničnej trate je možné určiť len na základe meraní odrazivých vlastností PHC v mieste umiestnenia (in-situ) podľa postupu - Skúšobná metóda (Far field) určovanie odrazivosti PHC v difúznom poli a akreditované merania vloženého útlmu PHC v mieste umiestnenia (in-situ) STN ISO 10847 Akustika. Stanovenie vloženého útlmu vonkajších protihlukových bariér všetkých typov na mieste trvalého uloženia (in-situ).

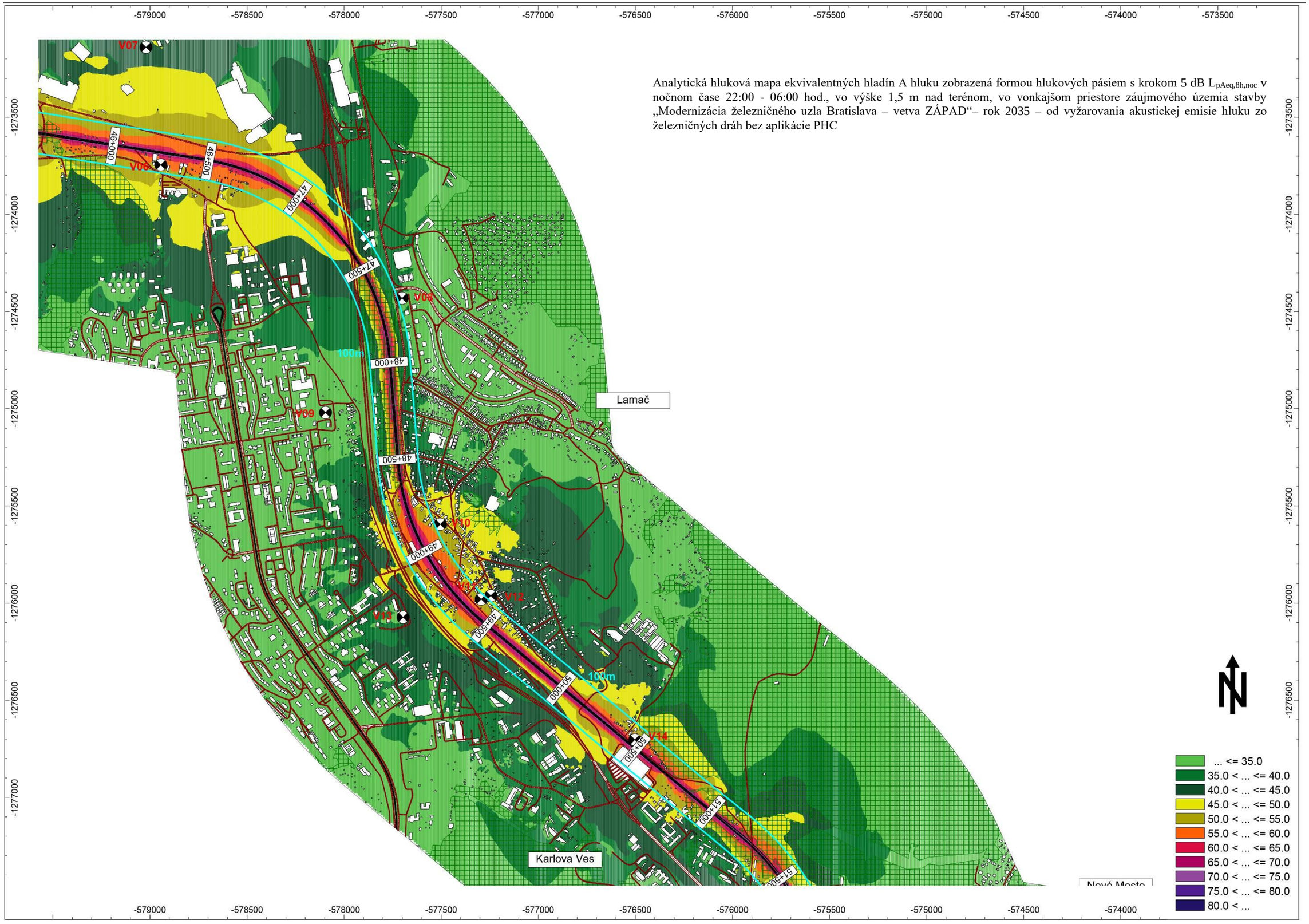
Po realizácii stavby je nutné meraním overiť reálny účinok PHC z pohľadu zníženia hlukovej záťaže v dotknutom okolí posudzovanej železničnej dráhy:

- **Hodnoty odrazu RI podľa STN EN 16272-3-2**
- **Hodnoty indexu vzduchovej nepriezvučnosti SI podľa STN EN 16272-6**
- **Akreditované merania vloženého útlmu PHC v mieste umiestnenia (in-situ) STN ISO 10847 Akustika a stanovenie vloženého útlmu vonkajších protihlukových bariér všetkých typov na mieste trvalého uloženia (in-situ).**

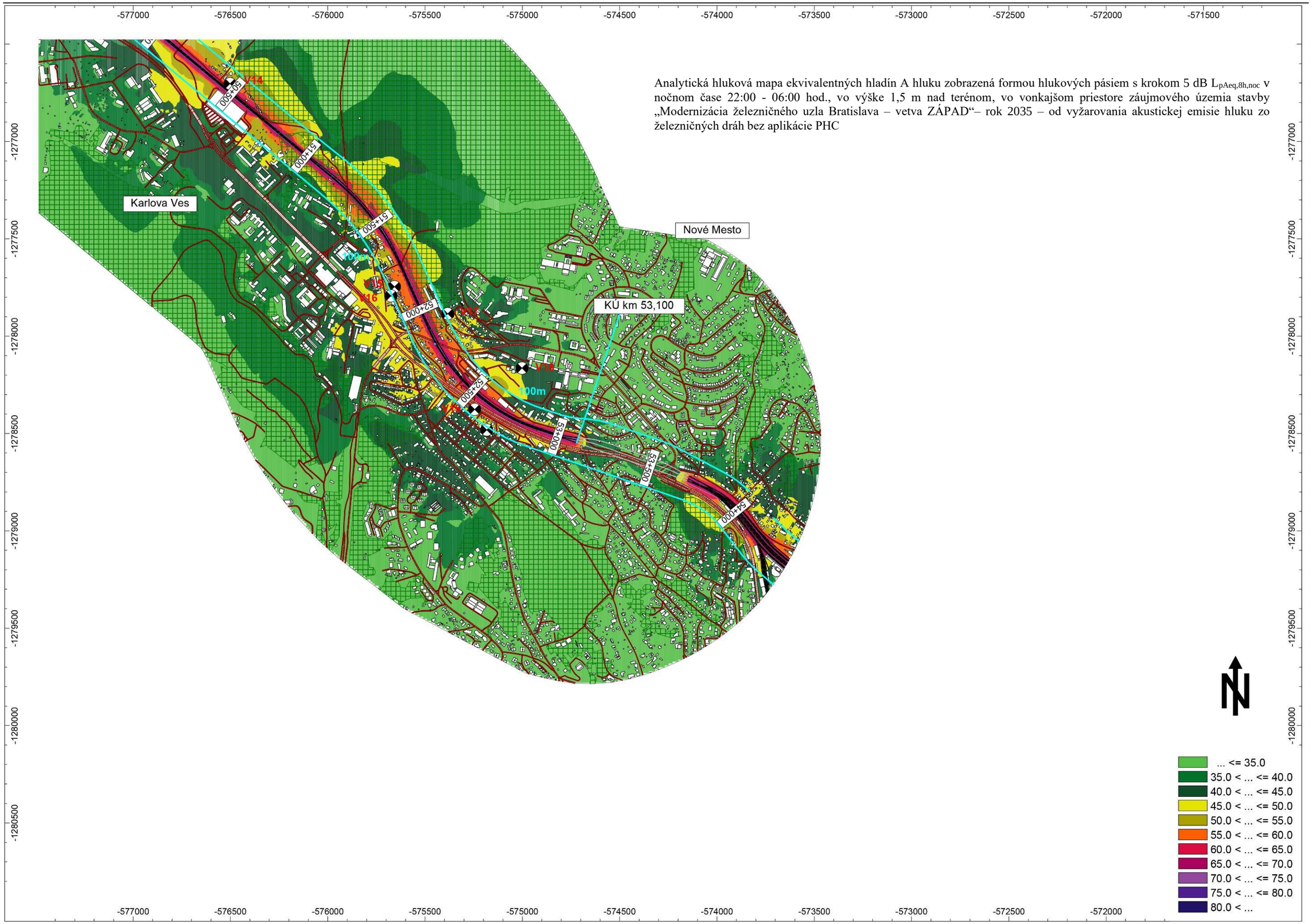
Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“ – rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh bez aplikácie PHC



Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“– rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh bez aplikácie PHC

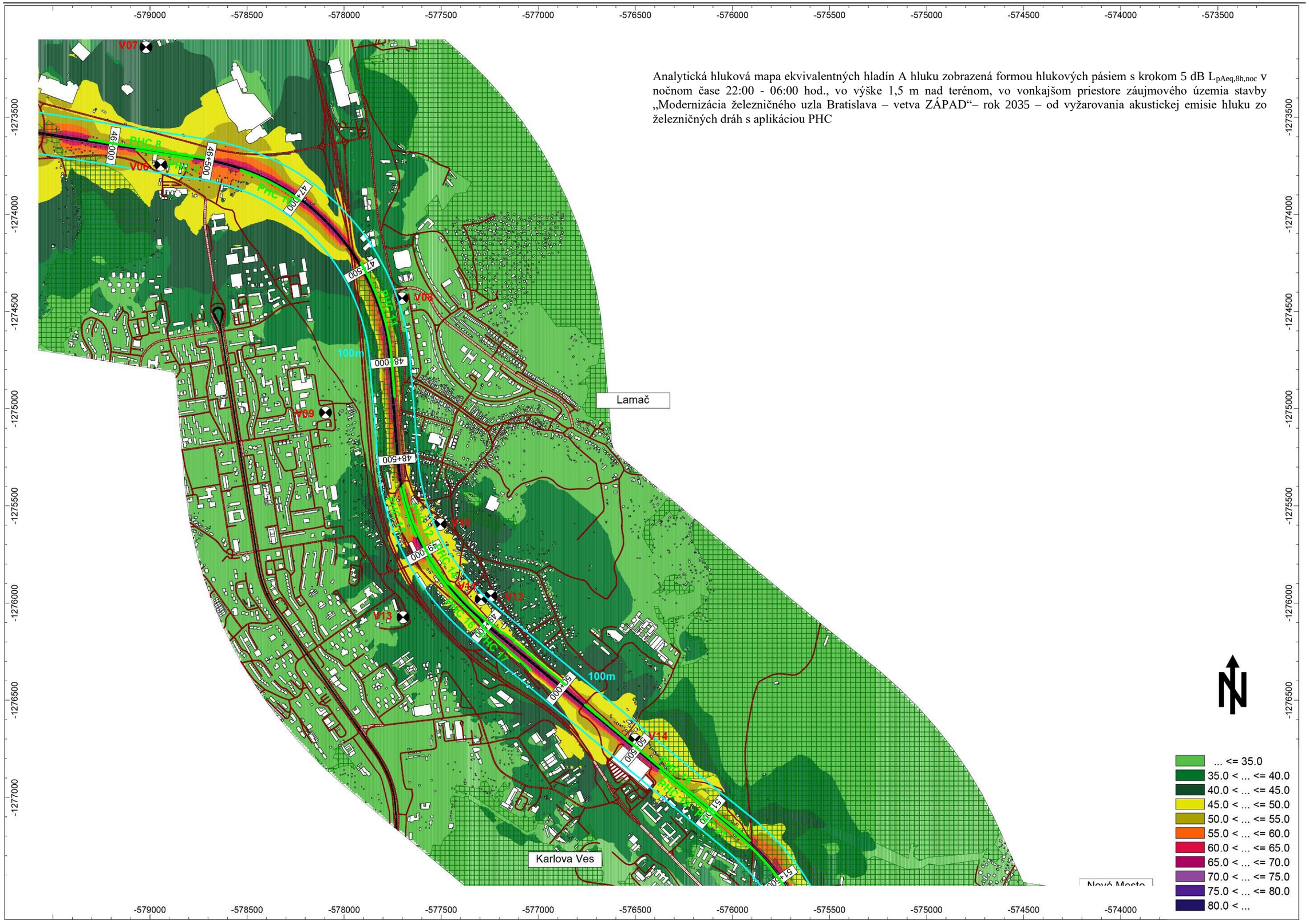


Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“– rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh bez aplikácie PHC



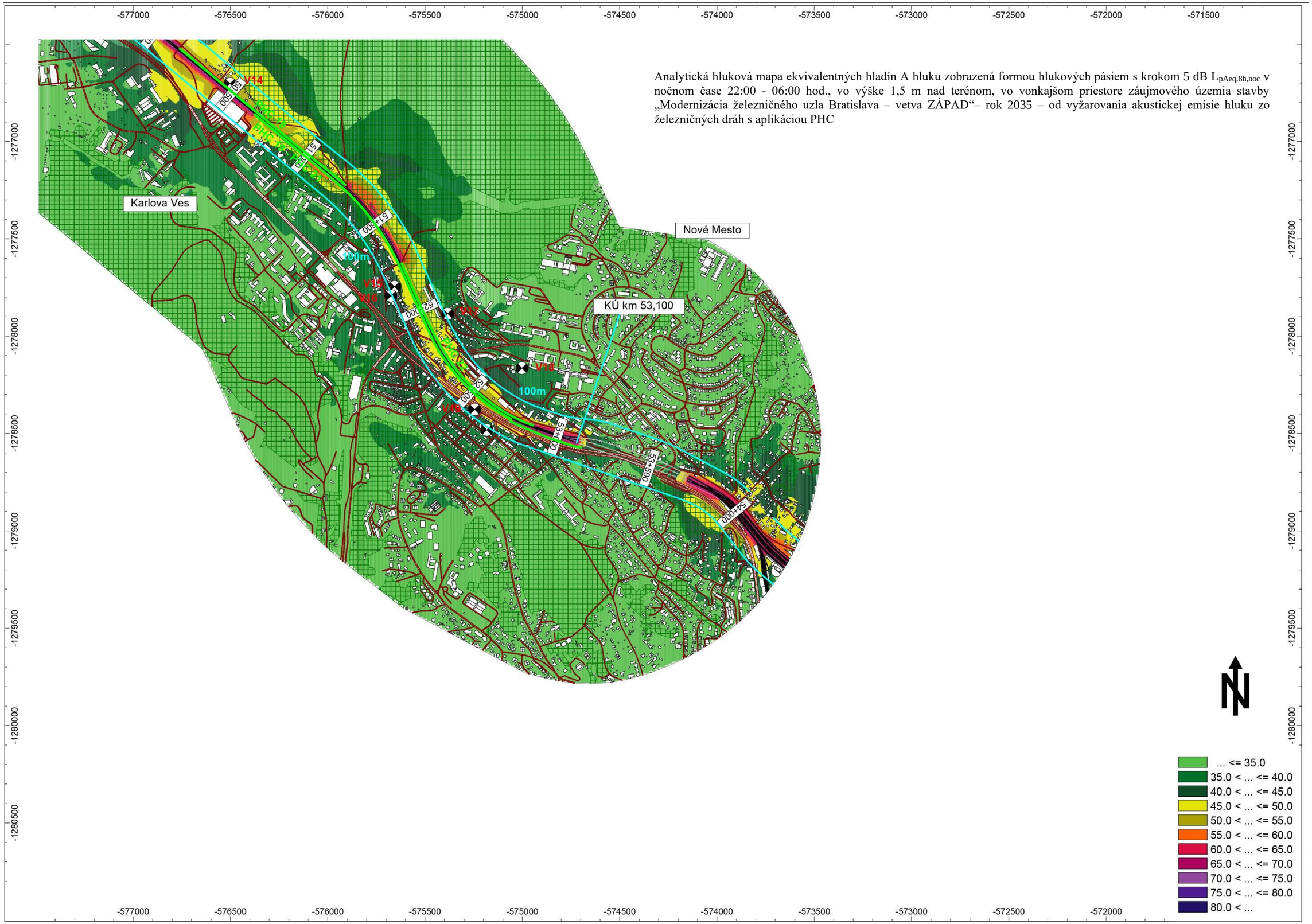
Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“– rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh s aplikáciou PHC





Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“– rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh s aplikáciou PHC

Analytická hluková mapa ekvivalentných hladín A hluku zobrazená formou hlukových pásiem s krokom 5 dB $L_{pAeq,8h,noc}$ v nočnom čase 22:00 - 06:00 hod., vo výške 1,5 m nad terénom, vo vonkajšom priestore záujmového územia stavby „Modernizácia železničného uzla Bratislava – vetva ZÁPAD“– rok 2035 – od vyžarovania akustickej emisie hluku zo železničných dráh s aplikáciou PHC



4. MERANIE HLUKU, VIBRÁCIÍ A OTRASOV „IN SITU“

4.1 Meranie hluku

4.1.1 Metóda merania

Meranie hluku bolo vykonané v zmysle naplnenia Vyhlášky MZ SR č. 237/2009 Z.z., ktorou sa dopĺňa Vyhláška č. 549/2007 Z.z. zo 16. augusta 2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí a internej smernice akreditovaného laboratória Klubu ZPS vo vibroakustike, s.r.o. IS-OOFF/01.

Metódou spojitej integrácie sme zaznamenali pomocou monitorovacej stanice celkový zvuk (úplne obklopujúci zvuk v danej situácií v danom čase, zvyčajne zvuk zložený z viacerých blízkych a vzdialených zdrojov, v zmysle STN ISO 1996-1), z ktorého sme následne s použitím časového záznamu, vizuálneho a zvukového záznamu vyjadrili špecifický zvuk z pozemnej dopravy (pomocou substrakcie hodnôt sledovanej veličiny). Pripočítaním rozšírenej neistoty merania k špecifickému zvuku sme vyjadrili posudzovanú hodnotu pre referenčný časový interval deň 06:00 h – 18:00 h (12h) a časový interval večer18:00h – 22:00 h (4h).

4.1.2 Zoznam použitého prístrojového vybavenia

Meradlá a meracie zariadenia použité na meranie, overené akreditovaným kalibračným laboratóriom v zmysle platných metrologických predpisov:

Typ meradla	Výrobca	Výr. číslo	Kalibračný certifikát	Platnosť overenia
Zvukomer SVAN 979	Svantek	45278	18638	08.01.2021
Merací mikrofón MK 221	Microtech Gefell	11000	19764	09.12.2020
Zvukomer SVAN 979	Svantek	46131	19062	19.02.2021
Merací mikrofón MK 221	Microtech Gefell	10873	19764	09.12.2020
Zvukomer SVAN 979	Svantek	46132	18639	12.12.2020
Merací mikrofón MK 221	Microtech Gefell	12819	19765	09.12.2020
Zvukomer SVAN 979	Svantek	69418	18640	06.12.2020
Merací mikrofón MK 221	Microtech Gefell	15125	19766	09.12.2020
Zvukomer SVAN 979	Svantek	69419	18641	13.12.2020
Merací mikrofón Nor 1220	Norsonic	23212	19767	09.12.2020
Zvukomer SVAN 979	Svantek	69420	18642	17.12.2020
Merací mikrofón Nor 1225	Norsonic	33213	19768	09.12.2020
Akustický kalibrátor Nor– 1251	Norsonic	32300	19769	08.12.2020
Termický anemometer T405-V1	Testo AG	41500288/110	0404/18 0405/18	31.01.2023
Vlhkomer T605-H1	Testo AG	41102100/112	2019/2984	04.07.2024

4.1.3 Neistota merania

Neistota merania U = 1,8 dB, je určená v zmysle IS-OOFF/13.

4.1.4 Prípustné hodnoty určujúcich veličín

Podľa Vyhlášky MZ SR č.549/2007 príloha k vyhláške Tab. č.1 prípustné hodnoty určujúcich veličín hluku vo vonkajšom prostredí pre hluk z dopravy: železničné dráhy

- kategória územia II.: $L_{Aeq,p,deň}$ = 50 dB, $L_{Aeq,p,večer}$ = 50 dB, $L_{Aeq,p,noc}$ = 45 dB
- kategória územia III. : $L_{Aeq,p,deň}$ = 60 dB, $L_{Aeq,p,večer}$ = 60 dB, $L_{Aeq,p,noc}$ = 55 dB
- kategória územia IV. : $L_{Aeq,p,deň}$ = 70 dB, $L_{Aeq,p,večer}$ = 70 dB, $L_{Aeq,p,noc}$ = 70 dB

4.1.5 Objektivizácia

Posudzovaná hodnota – z nameranej celkovej hodnoty zvuku vyjadrená hodnota špecifického zvuku od pozemnej dopravy zväčšená o hodnotu neistoty merania U = (+1,8 dB), t.j. v súlade s IS-OOFF/13.

$$\boldsymbol{L_{RAeq,T} = (L_{pAeq,T} + U)}$$

Podľa zákona č.355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov ***objektivizáciu*** expozície obyvateľov a ich prostredia hluku, infrazvuku a vibráciám môžu vykonávať len osoby odborne spôsobilé na činnosť podľa § 15 ods. 1 písm. a) a ktoré sú držiteľom osvedčenia o akreditácii podľa § 16 ods. 4 písm. b).

4.1.6 Výsledky merania a hodnotenie

Tab.4.1.6.1 Namerané hodnoty a zo špecifického hluku vyjadrené posudzované hodnoty – viď odsek 3.1.7 až 3.1.9 g*rafické výstupy z 24-hodinových meraní hluku.*

Merací bod	Referenčný časový interval T	Nameraný celkový zvuk $L_{pAeq,T}$ [dB]	Posudzovaná hodnota od železničnej dopravy $L_{RAeq,T}$ [dB]	Kategória územia / Prípustné hodnoty [dB]	Prekročenie PH (prípustnej hodnoty)
MH1	večer	58,7	**59,4**	II / 50	**je prekročená**
	noc	53,2	**54,2**	II / 45	**je prekročená**
	deň	59,7	**58,4**	II / 50	**je prekročená**
MH2	večer	64,8	**66,2**	III / 60	**je prekročená**
	noc	66,0	**67,1**	III / 55	**je prekročená**
	deň	67,5	**68,2**	III / 60	**je prekročená**
MH3	večer	60,6	**61,6**	II / 50	**je prekročená**
	noc	59,8	**61,1**	II / 45	**je prekročená**
	deň	60,8	**61,9**	II / 50	**je prekročená**
MH4	večer	-	-	III / 60	-
	noc	63,3	**64,5**	III / 55	**je prekročená**
	deň	-	-	III / 60	-

MH1 - ul. Agátová 33, Bratislava, vo vzdialenosti cca 180m od existujúcej železničnej trate.

MH2 - v rodinnom dome na Agátová 2652/12, Bratislava, vo vzdialenosti cca 21m od existujúcej železničnej trate.

MH3 - v rodinnom dome č.p. 4, ul. Pod Glavicou, Devínska nová Ves, Bratislava, vo vzdialenosti cca 135m od existujúcej železničnej trate.

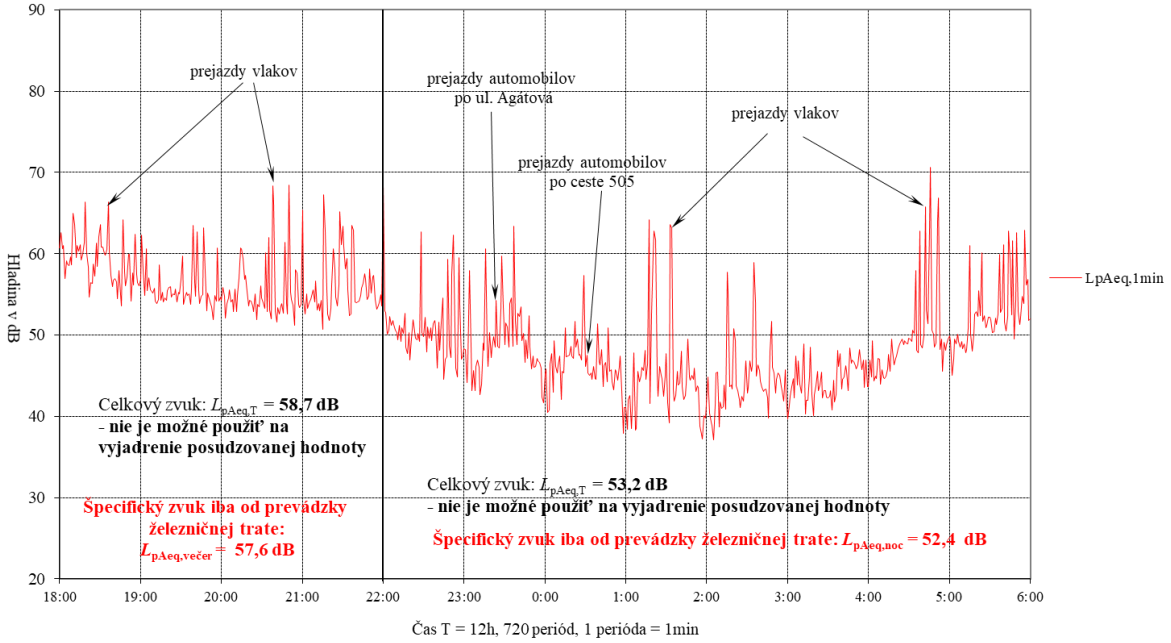
MH4 - v rodinnom dome č.p. 1, ul. na Ďumbierskej, Bratislava, vo vzdialenosti cca 33m od existujúcej železničnej trate.

4.1.7 Grafické výstupy z 24-hodinových meraní hluku

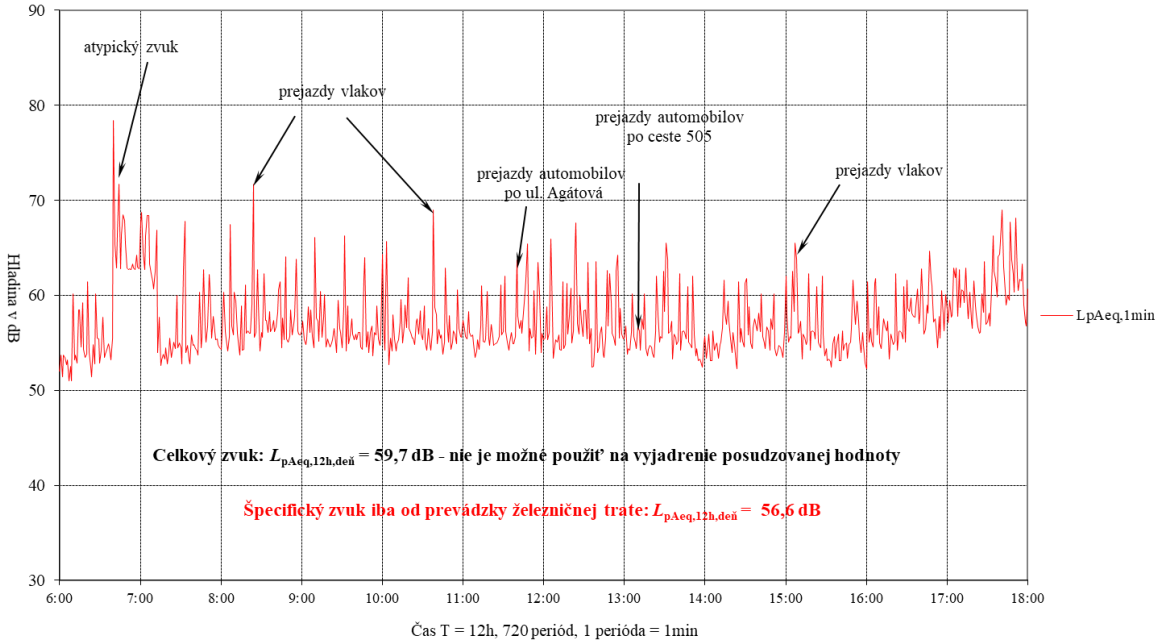
MH1 – ul. Agátová 33, Bratislava

- 2m pred oknom na 2. NP
- vo vzdialenosti cca 180m od železničnej trate
- vo vzdialenosti cca 65m od ul. Agátová
- vo vzdialenosti cca 265m od cesty 505
- GPS objektu: 48°12'05.7"S 17°01'43.6"V

Obr. 4.1.7.1 Časový priebeh ekvivalentných hladín hluku $L_{pAeq,1min}$ v čase T = 4h od 18:00 hod do 22:00 hod dňa 06.07.2020 (večerný čas) a v čase T=8h od 22:00 hod do 06:00 hod dňa 06 a 07.07.2020 (nočný čas) v meracom bode **MH1**.



Obr. 4.1.7.2 Časový priebeh ekvivalentných hladín hluku $L_{pAeq,1min}$ v čase T = 12h od 06:00 hod do 18:00 hod dňa 07.07.2020 (denný čas) v meracom bode **MH1**.



4.2 Meranie vibrácií a otrasov

4.2.1 Metóda merania

Vibrácie a otrasy z hľadiska vplyvu na zdravie ľudí sa hodnotia minimálne 24 hodín počas časového intervalu večer, noc a deň v chránených miestnostiach v budovách na miestach zdržiavania sa ľudí.

Základnou fyzikálnou veličinou je ekvivalentné a_{weq} a maximálne a_{wmax} vážené zrýchlenie vibrácií vo frekvenčnom rozsahu od 1 Hz do 80 Hz v troch smeroch x, y a z.

Meranie a vyhodnotenie zrýchlenia vibrácií sa vykonáva v zmysle naplnenia zákona NR SR č. 355/2007 Z.z. z 21. júna 2007 o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia, v zmysle Vyhlášky MZ SR č. 237/2009 Z.z., ktorou sa dopĺňa Vyhláška č. 549/2007 Z.z. zo 16. augusta 2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o prípustných hodnotách hluku, infrazvuku a vibrácií a o požiadavkách na objektivizáciu hluku, infrazvuku a vibrácií v životnom prostredí v súlade s STN ISO 2631–1:1999, pričom posudzovaná hodnota je vzťahovaná na referenčný časový interval, tento pre deň trvá od 6.00 h do 18.00h (12h), pre večer od 18.00h do 22.00h (4h) a pre noc od 22,00h do 6,00h (8h).

4.2.2 Zoznam použitého prístrojového vybavenia

Meradlá a meracie zariadenia použité na meranie, overené akreditovaným kalibračným laboratóriom v zmysle platných metrologických predpisov:

Typ meradla	Výrobca	Výr. číslo	Kalibračný certifikát	Platnosť overenia
Vibromer Svan 958 „A“	Svantek	34576	K021.9/013/20	05.03.2025
Senzor mechanického kmitania 3233A	Dytran	1039	K021.9/015/20	05.03.2025
Kalibrátor mechanického kmitania VC-11	Metra-Mess	005152	16418	24.08.2021
Termický anemometer T405-V1	Testo AG	41500288/110	0404/18 0405/18	31.01.2023
Vlhkomer T605-H1	Testo AG	41102100/112	2019/2984	04.07.2024

4.2.3 Neistota merania

Neistota merania U = 20% v zmysle IS-OOFF/14.

4.2.4 Prípustné hodnoty určujúcich veličín rýchlosti kmitania a otrasov

Podľa Eurokódu 8 STN EN 1998-1/NA/Z1 posúdenie dynamickej odozvy spôsobenej technickou seizmicitou z hľadiska I. medzného stavu netreba ďalej analyzovať, pokiaľ na referenčnom stanovisku nie je prekročená medzná hodnota efektívnej rýchlosti pre:

- triedu odolnosti objektu **B** a triedu významnosti objektou **IV**

medzná hodnota efektívnej rýchlosti kmitania $\boldsymbol{v_{ef} = 0{,}4\ mm.s^{-1}}$

Podľa Eurokódu 8 národná príloha tabuľka NB.8.3 kategorizácia dynamickej odozvy (s výnimkou odozvy na trhacie práce) dôležitého miesta konštrukcie triedy odolnosti tabuľka NB.8.2 **B** a triedy významnosti objektu tabuľka 4.3 STN EN 1998-1 **IV**

dynamický výpočet netreba pre hodnotu efektívnej rýchlosti $v_{ef} < 0{,}4\ mm.s^{-1}$

dynamický výpočet treba pre hodnotu efektívnej rýchlosti $v_{ef} \geq 1{,}6\ mm.s^{-1}$

Podľa Eurokódu 8 národná príloha tabuľka NB.8.7 orientačné závislosti stupňa poškodenia stavebných objektov vplyvom trhacích prác pre stupeň poškodenia ***0***, triedu odolnosti objektu ***A*** a druh horninového prostredia ***a***

vrcholová hodnota rýchlosti v_{peak}

f < 10 Hz	10 Hz < f < 50 Hz	f > 50 Hz
v_{peak} < 3 mm.s^{-1}	3 mm.s^{-1}< v_{peak} < 6 mm.s^{-1}	6 mm.s^{-1}< v_{peak} < 15 mm.s^{-1}

4.2.5 Objektivizácia

Posudzovaná hodnota – nameraná hodnota určujúcej veličiny zrýchlenia vibrácií rozšírená o neistotu merania *U*, ktorá je určená v súlade s metrologickou praxou.

- efektívna a vrcholová rýchlosť kmitania v referenčnom stanovisku konštrukcie budov

$$v_{R,ef} = (v_{ef} + U)$$

$$v_{R,peak} = (v_{peak} + U)$$

4.2.6 Výsledky merania a hodnotenie

Tab.4.2.6.1 Posudzované ekvivalentné a maximálne hodnoty zrýchlenia vibrácií vo vnútornom prostredí budov.

Merací bod	Referenčný časový interval T	Posudzovaná hodnota $a_{R,weq}$ [$m.s^{-}$	Posudzovaná hodnota $a_{R,wmax}$ [$m.s^{-2}$]	Prípustné hodnoty		Prekročenie PH (prípustnej hodnoty)	
				a_{weq} [$m.s^{-2}$]	a_{wmax} [$m.s^{-2}$]	a_{weq} [$m.s^{-2}$]	a_{wmax} [$m.s^{-2}$]
MV1	večer	0,00125	0,00683	0,008	0,11	nie je prekročená	nie je prekročená
	noc	0,00121	0,00869	0,005	0,05	nie je prekročená	nie je prekročená
	deň	0,00124	0,01045	0,008	0,11	nie je prekročená	nie je prekročená

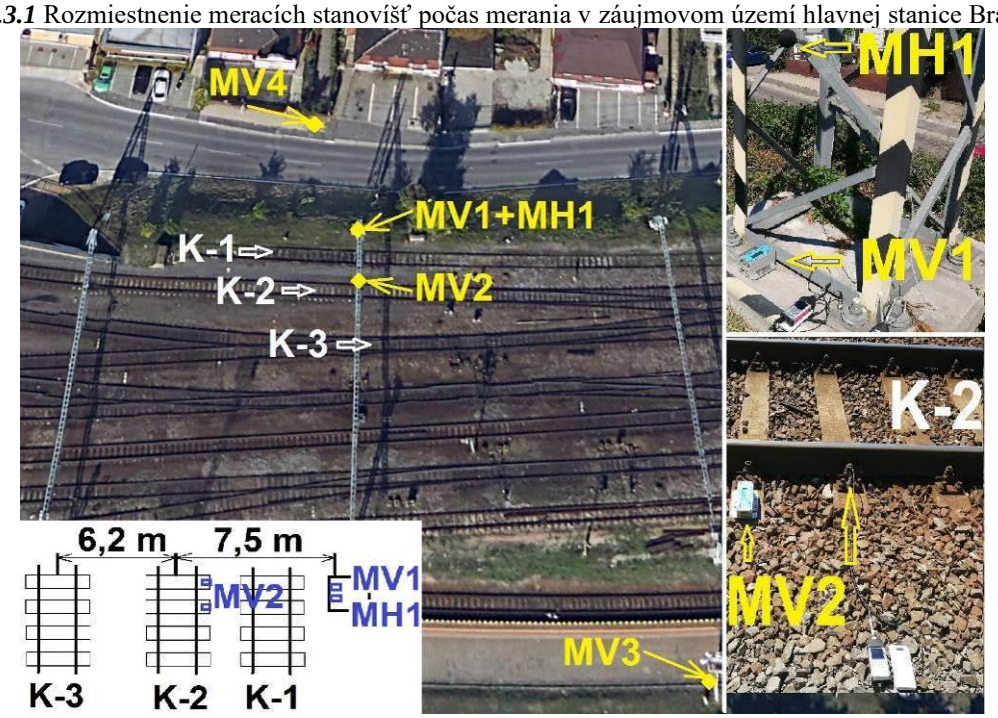
Tab.4.2.6.2 Posudzované ekvivalentné a maximálne hodnoty zrýchlenia vibrácií vo vnútornom prostredí budov.

Merací bod	Posudzovaná efektívna hodnota $\dot{v}_{R,ef}$ [mm.s^{-1}]
MV1	0,113

MV1 - v rodinnom dome na Agátová 2652/12, Bratislava, vo vzdialenosti cca 21 m od existujúcej železničnej trate

4.3 Meranie vibrácií a otrasov a hodnotenie jeho vplyvov na budovy

Obr. 4.3.1 Rozmiestnenie meracích stanovíšť počas merania v záujmovom území hlavnej stanice Bratislava



4.3.1 Výsledky merania a hodnotenie

Výsledky merania zo dňa 31.07.2020 (Bratislava Hlavná stanica)

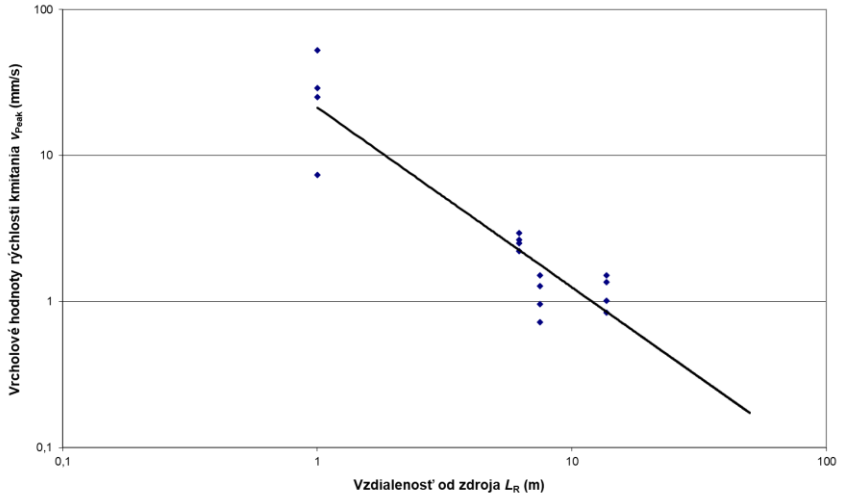
Merací bod – MV1

Prejazdy vlakov			Rýchlosť kmitania v_{Peak} [mm.s^{-1}]			Frekvencia kmitania f [Hz]		
Typ vlaku	Čas	Koľaj	X	Y	Y	X	Y	Z
OV	11:18:26	3	2,56	2,65	0,98	26	34	38
Os	11:24:09	3	2,49	2,52	2,11	28	30	42
Rušeň	11:30:06	2	3,77	3,63	7,34	21	34	22
Lok	11:30:10	2	7,57	5,23	29,1	47	93	20
Lok	11:36:59	2	7,75	5,18	25,0	49	26	53
Os	11:40:44	2	5,56	4,25	13,1	4,5	29	123
Os	11:40:52	2	13,7	9,94	52,6	6,9	29	62
Lok	12:02:26	2	7,95	3,14	18,0	7,8	26	141
OV-Reg	12:08:58	2	6,76	4,97	16,2	49	41	252

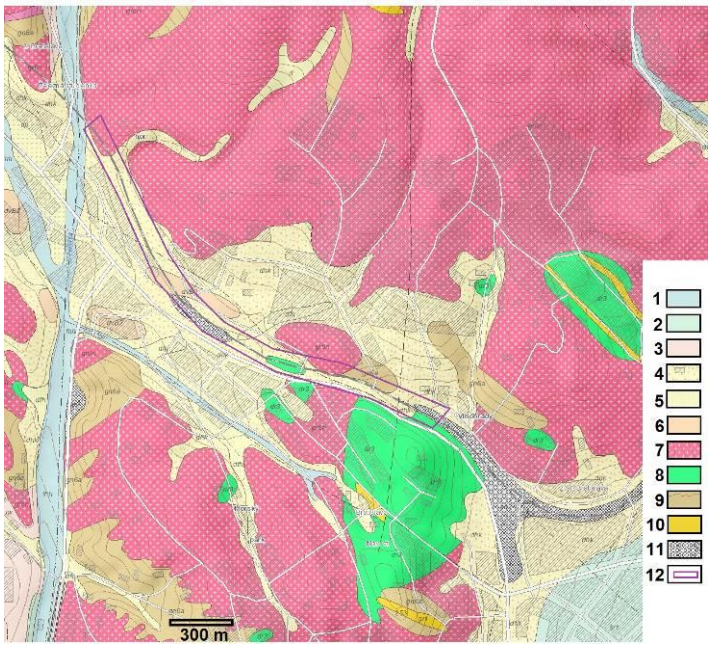
Merací bod – MV2)

Prejazdy vlakov			Rýchlosť kmitania v_{Peak} [mm.s^{-1}]			Frekvencia kmitania f [Hz]		
Typ vlaku	Čas	Koľaj	X	Y	Y	X	Y	Z
OV	11:18:11	3	0,93	0,61	0,55	22	22	23
Os	11:24:03	3	1,01	0,67	0,75	16	20	14
Rušeň	11:29:49	2	0,96	0,72	0,64	26	24	21
Lok	11:31:24	2	0,32	0,29	0,20	21	13	15
Lok	11:35:23	2	1,51	0,72	0,72	18	17	22
Os	11:40:35	2	1,28	1,04	0,84	30	34	28
Os	11:40:52	2	1,36	0,75	0,87	30	34	16
Lok	12:02:26	2	0,81	0,35	0,49	21	15	20
OV-Reg	12:07:20	2	1,36	0,52	0,64	12	12	23

Obr. 4.3.1.1 Experimentálne stanovenie zákona útlmu seizmických vĺn priamym meraním závislosti Vrcholové hodnoty rýchlosti kmitania v_{Peak} (mm/s) na redukovanej vzdialenosti L_R.



Hluk šírený podložím je hluk, vytváraný v chránených obytných miestnostiach vibrujúcimi prvkami budovy ako podlahy, steny a stropy a je vyjadrený akustickou a vibračnou veličinou. Identifikácia hluku šíreného podložím na rozdiel od hluku šíreného vzduchom vyžaduje súčasné merania hluku a vibrácií. Na základe zákona útlmu šírenia vĺn v horninovom prostredí identifikujeme potenciálne riziká pre šírenie vibrácií a otrasov vyvolaných koľajovou dopravou v záujmových územiach.



Obr. 4.3.1.2 Geologická stavba horninového podložia okolia hlavnej stanice v Bratislave (podľa ŠGÚDŠ).

KVARTÉR: 1-fluviálne, litofaciálne nečlenené hliny, piesčité hliny, hlinité piesky až štrky dolinných nív riek a potokov, 2-fluviálne piesčité štrky a štrky vyšších stredných terás, 3-eolické prachovité, sporadicky jemnopiesčité hliny – spraše, 4-deluviálne hlinito-kamenité, balvanovité až blokovité svahoviny a sutiny, 5-deluviálne hliny až piesčité hliny,*TERCIÉR*: *neogén* 6-Devínskonovoveské súvrsvie - brekcie a štrky, *PALEOZOIKUM: 7-Bratislavský masív*- drobnozrnné biotitické a muskoviticko-biotitické granodiority, 8-Modranský masív-biotiticko-amfibolické diority, 9-Pezinská skupina - svorové ruly až biotitické pararuly, 10 Bratislavský a modranský masív - žily pegmatitov a aplitov, 11- antropogénne uloženiny: navážky, násypy, skládky a haldy, 12- hodnotený úsek.

4.4 Experimentálne merania „in situ“ za účelom overenia možnosti zníženia hluku a vibrácií šírených podložím, vyvolaných koľajovými systémami

Pri šírení vĺn v horninovom prostredí sa impedančné pomery menia podľa charakteru podložia a majú premenlivý charakter. Zmena rýchlosti šírenia ohybových a priečnych vĺn v závislosti na frekvencii a vyžarovaní zložky zvuku v takomto prostredí v závislosti na vlastnostiach mechanických štruktúr neumožňuje používať pre zložku zvuku šírenú podložím alebo konštrukciou extrapoláciu výsledkov merania a výpočtu. Konzistentné údaje pre vytvorenie zákona útlmu šírenia seizmických vĺn a pre vývoj empirických modelov je nutné získať in situ.

4.4.1 Betónové podvaly s podpodvalovými podložkami hrúbky 7 mm.

Hlavné údaje	
Statická plošná tuhosť	C_{stat} = 0,300 N/mm³ (DIN 45673-1) C_{stat} = 0,360 N/mm³ (EN 16730 TC 3) C_{stat} = 0,380 N/mm³ (EN 16730 TC 4)
Hlavné oblasti použitia	TC 3: hlavné železničné trate, vysokorýchlostné trate TC 4: zmiešaná ťažká nákladná doprava



Tab.4.4.1.1 Prevádzkové overenie betónových podvalov SB 8P s podpodvalovými podložkami hr. 7 mm, koľaj č. 2, v úseku ŽST Vrútky – ŽST Varín v km 324,415 – 324,565 počas prejazdu NV rýchlosťou v = 80km/h.

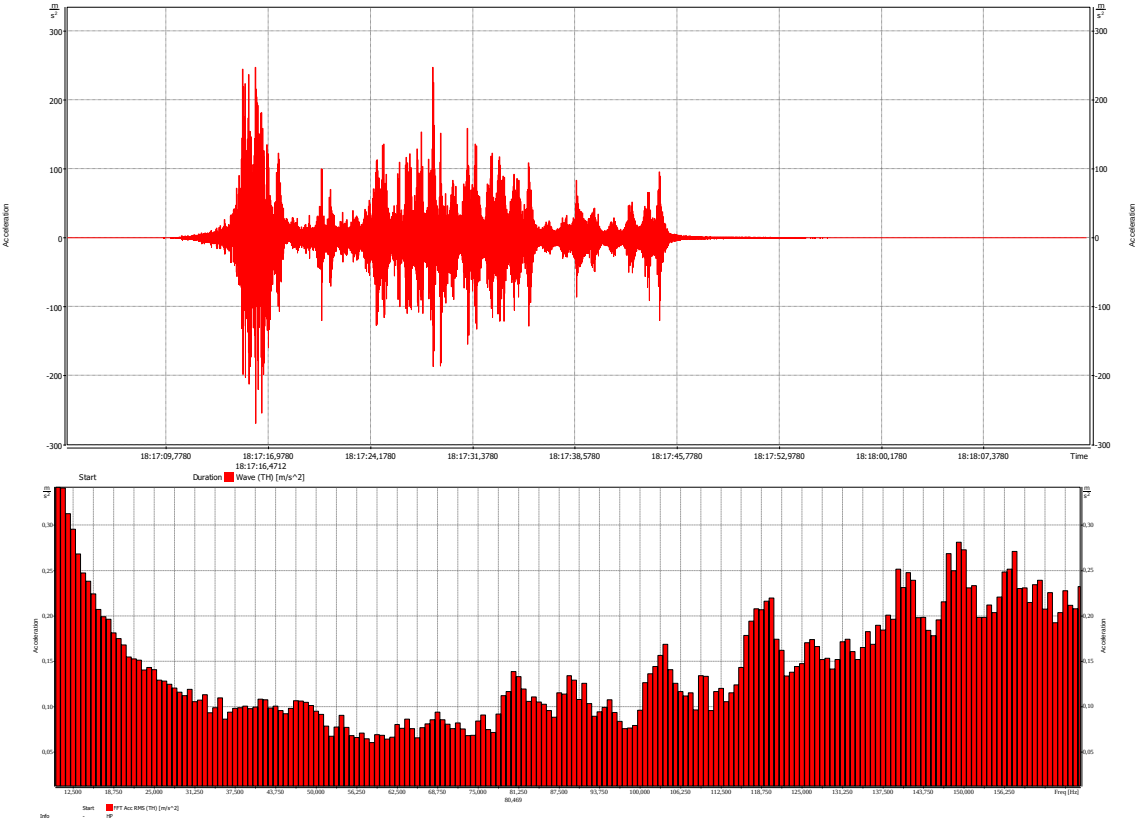
Porovnanie veličín vibrácií počas prejazdu T_{ef} = 60s NV rýchlosťou 80km/h	Rýchlosť $v_{ef,T}$ [m/s]	Zrýchlenie $a_{ef,T}$ [m/s^2]
Bez podpodvalových podložiek v km 324,615	0,12	14,8
S podpodvalovými podložkami v km 324,490	0,04	9,0



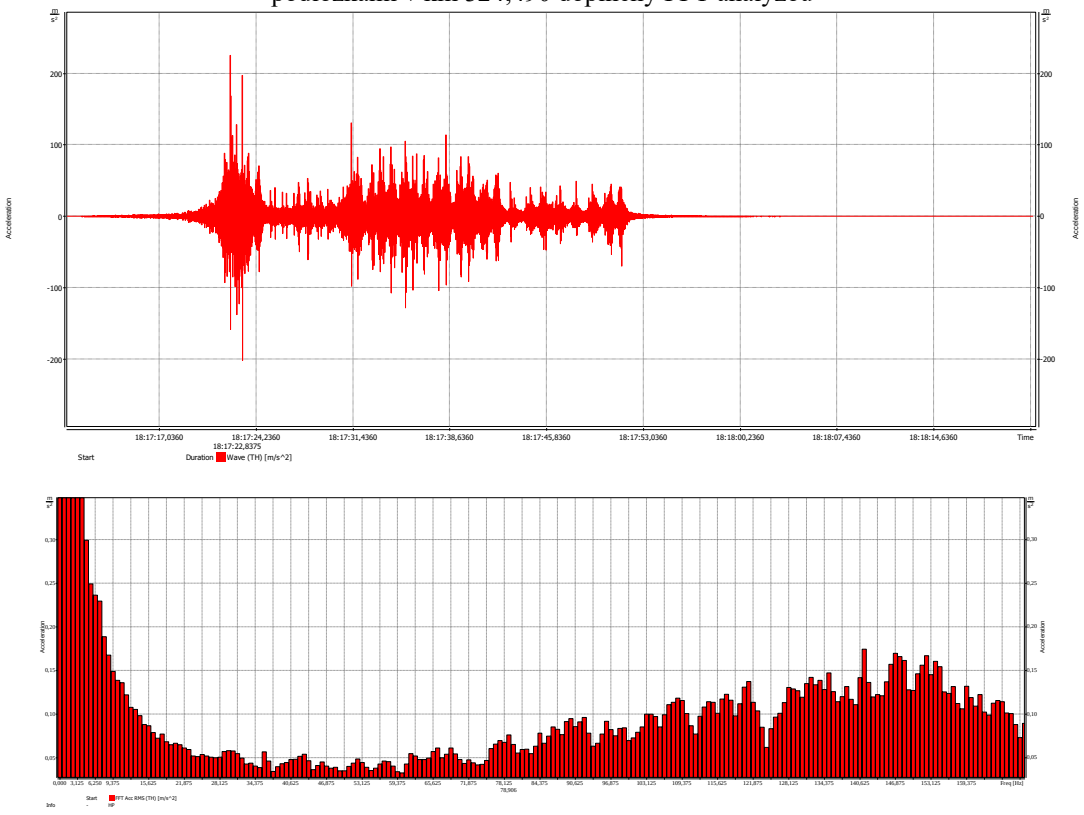
Obr. 4.4.1.1 Meracie stanovištia na traťovom úseku koľaji č. 2, v úseku ŽST Vrútky – ŽST Varín.



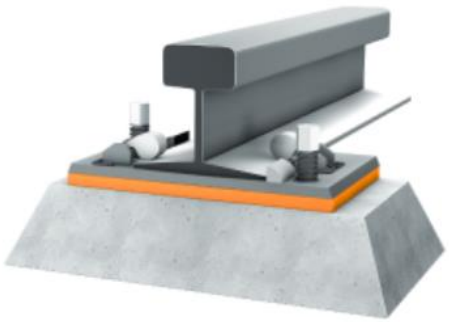
Obr. 4.4.1.2 Časový priebeh vlnenia počas prejazdu NV rýchlosťou *v* = 80km/h bez podpodvalových podložiek v km 324,615 doplnený FFT analýzou



Obr. 4.4.1.3 Časový priebeh vlnenia počas prejazdu NV rýchlosťou *v* = 80km/h s podpodvalovými podložkami v km 324,490 doplnený FFT analýzou



4.4.2 Podkladnicové podložky, Bratislava-Červený most hrúbky 10 a 15 mm.



Trať: Devínska Nová Ves – Štúrovo (Červený most)
Dĺžka mosta: 215,53 m
Tvar koľajnice: R 65
Podkladnice: R4 resp. R4M
Zaťaženie: 22,5 t
Podkladnicové podložky: Sylodyn NF 1 760 ks
s hrúbkou 15 mm

Porovnanie veličín vibrácií počas prejazdu rušňa rýchlosťou 90km/h	Efektívne zrýchlenie $a_{ef,T}$ [m/s^2]	Maximálne zrýchlenie $a_{max,T}$ [m/s^2]
Bod MV1 Polyetylén hr. 2mm	1,429	8,222
Bod MV 2 Podkladnicové podložky hr.10mm	1,303	6,761





4.4.3 Prenosová funkcia H (f)

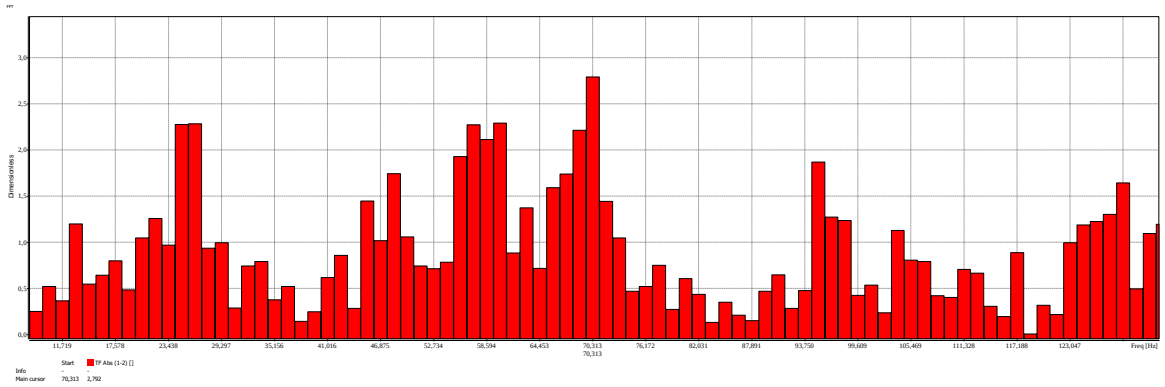
Prevádzková modálna analýza sa vykonáva meraním za skutočných prevádzkových podmienok „in situ“. Nemerajú sa vstupné budiace sily ale iba vibračné odozvy počas prejazdov vlakov. Použitím tejto metódy získame platný nenormovaný modálny model meraného signálu. OMA (Operational Modal Analysis) Teóriu modálnej analýzy popísal Prof. David Ewins „MODAL ANALYSIS-THEORY, PRACTISE AND APPLICATION“

Prenosová funkcia medzi meracími bodmi MV1-MV2

$$H(f)=\frac{B(f)}{A(f)}$$

$B(f)$ výstupná frekvenčná odozva
$A(f)$ vstupná frekvenčná odozva

Pri simultálnej dvojkanálovej analýze signálov nie sú sledované samotné signály ale vlastnosti fyzikálneho systému zodpovedného za ich rozdiely. FFT analýza prezentuje prenosovú funkciu medzi úsekom bez aplikácie podkladnicovej podložky merací bod MV1 a úsekom s aplikáciou podkladnicovej podložky.
4.4.3.1 Prenosová funkcia počas prejazdu rušňa smer Bratislava rýchlosťou v = 90 km/h úsekom s polyetylénom hr. 2 mm bod MV1 a s podkladnicovými podložkami hr. 10 mm bod MV2, v úseku v km 51,3



5. DOPORUČENIA PRE STAVBU ŽELEZNIČNÉHO SPODKU

Minimalizácia šírenia hluku a vibrácií podložím, ktorý je vyvolaný koľajovými systémami zaistí zdravé životné a pracovné podmienky pri hodnotení expozície ľudí v obytných priestoroch v záujmovom území v okolí modernizovanej železničnej trate.

Z hľadiska minimalizácie technickej seizmicity vyvolanej koľajovými systémami sa hodnotí mohutnosť kmitania budov, konštrukcií poprípade pri citlivých konštrukciách a zariadeniach umiestnených v budovách.

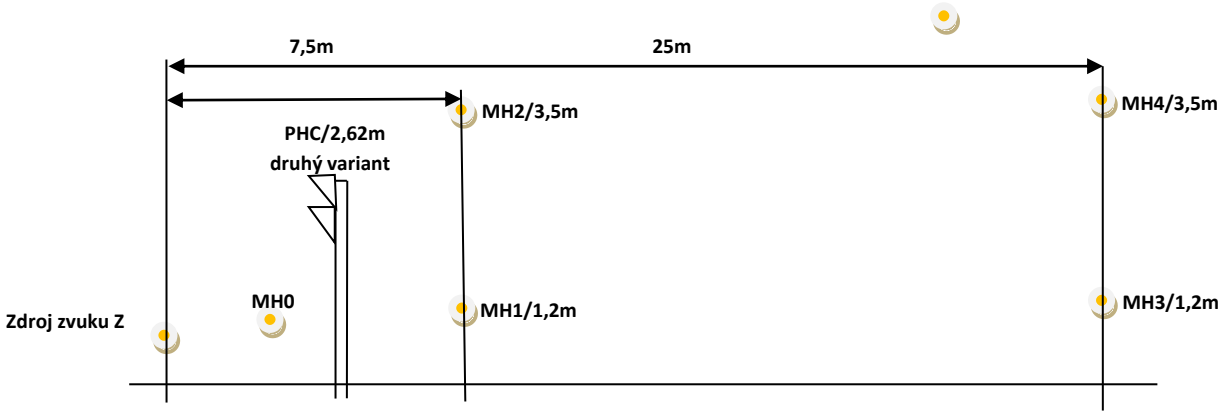
Na základe vyhodnotených meraní in situ v záujmovom území predpokladáme nepriaznivý dopad vibrácií a otrasov od prejazdov vlakových súprav pre stavby v ochrannom pásme dráhy ktoré podliehajú zákonu č. 513/2009 Z.z. o dráhach §3 a §5 V prípade zníženia dynamickej odozvy spôsobenej prevádzkou železničnej dráhy v chránených objektoch navrhujeme zvážiť aplikovanie pružných prvkov zabudovaných v železničnom spodku a to:

- Použitie podvalov s podpodvalovými podložkami ktoré garantujú zníženie prenosu vibrácií podložím pri frekvencii tretinooktávového pásma $f_{t,63Hz}$ cca o 25%.
- Použitie antivibračných rohoží ktoré garantujú útlm zníženie prenosu vibrácií podložím pri frekvencii tretinooktávového pásma $f_{t,63Hz}$ cca o 75%.

6. EXPERIMENTÁLNE MERANIA „IN SITU“ ZA ÚČELOM OVERENIA MOŽNOSTI ZNÍŽENIA HLUKU ŠÍRENÉHO VZDUCHOM, VYVOLANÝCH KOĽAJOVÝMI SYSTÉMAMI

V obci Nosice km 158,759 sme dňa 04.03.2021 pre dve varianty skladby protihlukovej steny vykonali meranie hluku, na základe ktorého sme určili účinok zmeny skladby protihlukovej steny v úseku železničnej trate pred mostovým objektom. Cieľom vykonaných meraní v štyroch stanovištiach bolo vyjadriť dosiahnuté zníženie hladín zvuku v okolí železničnej trate pri výmene dvoch vrchných elementov SE01 jedným elementom Delta a jedným elementom Delta Top.





Obr. 7.1 Rozmiestnenie meracích stanovíšť MH0 až MH4.



Hliníková PHC variant s dvoma prvkami delta celkom hore nad sebou je efektívne opatrenie z hľadiska útlmu hluku (oproti PHC bez delt). V súčasnosti sú hliníkové protihlukové elementy Delta a Delta Top najúčinnejší prostriedok dostupný na trhu na zníženie hluku pri uvažovanej výške protihlukovej steny 2,62m.

7. VYSVETLIVKY, DEFINÍCIE A SOFTVÉROVÉ PROSTRIEDKY PRE VÝPOČTOVÉ POSTUPY

IMMI 2020 Premium licencia 899251457-0 inštalované moduly CNOSSOS-EU

Cadna A verzia 4.4 inštalované moduly BMP XL, USB L42965 a L42966, 32 a 64 bitová verzia so zapracovanými metódami pre výpočet hluku NMPB Routes 96, ISO 9613-2, Schall 03 pre podmienky Slovenskej republiky, v zmysle 99. odborného usmernenia ÚVZ SR.

RD – rodinný dom, **BD** – bytový dom, **č.p.** – číslo popisné, **NP** – nadzemné podlažie

Analytická hluková mapa prezentuje 3D, kalibrovaný model záujmového územia vo forme hlukových pásiem, izočiar a pod., vypočítanú existujúcu alebo prognózovanú akustickú situáciu vo vonkajšom prostredí pre zložku hluku šíreného vzduchom, vzhľadom k definovanej kategórii zdrojov akustickej energie vo vonkajšom prostredí súvisiacich s činnosťou posudzovaného zámeru. Z dôvodu existencie denných, večerných a nočných limitov prípustných hladín hluku $L_{pAeq,p,12h}$, $L_{pAeq,p,4h}$ a $L_{pAeq,p,8h}$ vo vonkajšom prostredí v zmysle platnej legislatívy prezentujeme analytickú hlukovú mapu ekvivalentných hladín akustického tlaku A, pre časový interval 8hod-nočný čas (22:00–06:00), ktorá má v tomto prípade najväčšiu výpovednú hodnotu.

Posudzovaná hodnota je hodnota, ktorá sa porovnáva s prípustnou hodnotou. Je to nameraná hodnota alebo z nameranej hodnoty odvodená hodnota určujúcej veličiny zväčšená o hodnotu neistoty merania, v prípade predikcie hluku je to predpokladaná hodnota určujúcej veličiny a stanovená vzhľadom na referenčný časový interval. V značke veličiny sa uvádza index R, napríklad $L_{R,Aeq,n}$.

Referenčný časový interval je časový interval, na ktorý sa vzťahuje posudzovaná alebo prípustná hodnota. Referenčný časový interval pre deň je od 6:00 h do 18:00 h (12 h), pre večer od 18:00 h do 22:00 h (4 h) a pre noc od 22:00 h do 6.00 h (8 h).

Vibrácie, mechanické kmitanie je pohyb mechanickej sústavy alebo jej časti, pri ktorom veličina opisujúca jej pohyb alebo polohu je striedavo väčšia a menšia ako určitá rovnovážna alebo vzťažná hodnota tejto veličiny.

Otras je náhla jednorazová alebo opakovaná zmena veličiny opisujúcej vibrácie.

Vibrácie pôsobiace na celé telo sú vibrácie, ktoré sa v budovách prenášajú na stojacu, sediacu alebo ležiacu osobu cez kontaktný povrch a predstavujú riziko pre zdravie človeka alebo pôsobia rušivo.

Ekvivalentné vážené zrýchlenie vibrácií - a_{weq} [$m.s^{-2}$]
je ekvivalentné zrýchlenie vibrácií získané použitím frekvenčnej váhovej funkcie na časovú funkciu zrýchlenia vibrácií.
Index v značke sa môže doplniť smerom hodnotenia a integračným časovým intervalom, napríklad $a_{weq,z,8h,noc}$ ekvivalentné vážené zrýchlenie vibrácií pre smer hodnotenia v smere osi „z“ bázicentrickej súradnicovej sústavy počas referenčného časového intervalu pre noc od 22.00 h do 6.00 h (8 h).

Maximálne vážené zrýchlenie vibrácií a_{wmax} [$m.s^{-2}$**]** je najvyššia hodnota váženého zrýchlenie vibrácií v sledovanom časovom intervale a v danom mieste s použitím časovej váhovej funkcie S.

Index v značke sa môže doplniť smerom hodnotenia a integračným časovým intervalom, napríklad $a_{wmax,z,8h,noc}$ maximálne vážené zrýchlenie vibrácií pre smer hodnotenia v smere osi „z“ bázicentrickej súradnicovej sústavy počas referenčného časového intervalu pre noc od 22.00 h do 6.00 h (8 h).

Maximálna hodnota rýchlosti kmitania – maximálna hodnota funkcie rýchlosti kmitania, keď následkom ľubovoľnej malej zmeny je pokles hodnoty funkcie.

Snímač rýchlosti – snímač transformujúci vstupnú rýchlosť na výstup (obyčajne elektrický), ktorý je úmerný vstupnej rýchlosti.

Seizmické zaťaženie – pohyb základovej pôdy vyvolaný prírodnou alebo ľudskou činnosťou: pôsobí buď ako kinematické budenie nadzemných konštrukcií, alebo ako priame dynamické zaťaženie podzemných konštrukcií a horninového prostredia.

Technická seizmicita – charakteristika seizmických otrasov vyvolaných umelými zdrojmi kmitania (dopravou, priemyselnou činnosťou, trhacími prácami, pulzáciou vodného prúdu a pod.) Odozva objektov na seizmické zaťaženie je v čase premenná v závislosti na charakteru budenia a na vlastnostiach objektu.

Vrcholová hodnota rýchlosti vibrácií $v_{peak,z,T}$ [mm.s^{-1}] je vrcholová hodnota rýchlosti vibrácií pri použití funkcie Peak.

Index v značke sa môže doplniť smerom hodnotenia v smere osi „z“ bázicentrickej súradnicovej sústavy a časovým intervalom vyhodnotenia.

Posudzovaná hodnota zrýchlenia a rýchlosti vibrácií a_R, v_R – nameraná hodnota určujúcej veličiny zrýchlenia a rýchlosti vibrácií rozšírená o neistotu merania U, ktorá je určená v súlade s metrologickou praxou.

Frekvenčné spektrum – funkcia znázorňujúca závislosť budenia alebo odozvy na frekvencii.

FFT analýza – rýchla Fourierova transformácia (Fast Fourier Transform) slúži na prevod signálov z časovej oblasti do oblasti frekvenčnej.

FFT band – šírka frekvenčného pásma použitého pri FFT analýze.

***