VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Seizmické zatížení vlivem železniční dopravy mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava hlavní nádraží

Seismic Load Due to the Rail Traffic between Ostrava střed Station and Ostrava Main Station

Student: Tomáš Bílý
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Stolárik, Ph.D

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Bílý**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R017 Geotechnika

Téma: Seizmické zatížení vlivem železniční dopravy mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava hlavní nádraží
Seismic Load Due to the Rail Traffic between Ostrava střed Station and Ostrava Main Station

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Úvod
Rešerše
Vlastní experimentální měření
Zhodnocení výsledků z měření
Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. KALÁB, Z. *Seizmická měření v geotechnice*. Monografie. 2008, Ostrava. ISBN 978-80-2481795-5

2. SARSBY, R. *Environmental Geotechnics*. Thomas Telford Limited, 2000, London. ISBN 978-0727727527

3. TOWHATA, I. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Springer, 2008. Berlin. ISBN 978-3-540-35783-4

4. ČSN 73 0040 – Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva, Český normalizační institut, 1996, Praha.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Stolárik, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017
Datum odevzdání: 04.05.2018

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě …… …….

Podpis studenta

Prohlašuji:

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. Autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich plné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě ……..

Anotace:

Práce se zabývá stanovením a posouzením seizmického zatížení od vlakové dopravy na stavby podél železniční trati mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava hlavní nádraží. Problematika je řešena pomocí měření, která probíhaly in-situ ve sledované oblasti. Tři měření proběhly v samotných objektech, dvě v blízkosti základů nosných pilířů mostů přemosťujících tuto trať. Součástí práce je také profilové měření útlumu horninového prostředí. Na základě dat z vybraných vrtů ve sledované oblasti, poskytnutých Českou Geologickou Službou, byl vytvořen model geologického podloží sledované oblasti.

Klíčová slova:

Železniční doprava, technická seismicita, rychlost kmitání, seizmické měření

Annotation:

This bachelor theisis deals with determination and evaluation of seizmic load due to railway traffic along the track between Ostrava main station and Ostrava střed. The issue is dealt with by in-situ measurements. Three measurements were done on the lowest floors of the buildings, two were done near the bases of bridge pillars. This theisis also includes profile measurement of the decline of vibration velocity. Based on the data of boreholes, which were provided by Česká Geologická služba, a model of the geotechnical enviroment of the area was created.

Key words:

Railway traffic, technical seizmicity, vibration velocity, seizmic measurement

Obsah

1 ÚVOD 7
2 HISTORIE 8
2.1 BÁŇSKÁ DRÁHA 8
2.2 ULICE PORÁŽKOVÁ 9
3 LOKALITA V SOUČASNOSTI 10
4 CHARAKTERIZACE GEOLOGICKÉHO PODLOŽÍ OBLASTI 11
5 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ 13
5.1 ZAŘÍZENÍ BRS-32 13
5.2 ZAŘÍZENÍ Gaia 14
5.3 SENZOR ViGeo2 15
6 PRŮBĚH MĚŘENÍ 16
7 Norma ČSN 73 0040 - Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva ... 17
8 SLEDOVANÉ OBJEKTY 19
8.1 PORÁŽKOVÁ 1424/20 21
8.2 PORÁŽKOVÁ 1132/42 23
8.3 PLYNÁRNÍ 18 26
8.4 MOST NA ULICI 28. ŘÍJNA 28
8.5 MOST NA ULICI ČESKOBRATRSKÁ 30
8.6 ÚTLUM HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ VE SLEDOVANÉ LOKALITĚ 32
9 VYHODNOCENÍ 34
9.1 BRMONITOR 34
9.2 SWIP 35
9.3 VYHODNOCENÍ PORÁŽKOVÁ 1424/20 37
9.4 VYHODNOCENÍ PORÁŽKOVÁ 1132/42 38
9.5 VYHODNOCENÍ PLYNÁRNÍ 18 40
9.6 VYHODNOCENÍ 28. ŘÍJNA 41
9.7 VHODNOCENÍ ČESKOBRATRSKÁ 42
9.8 ÚTLUM HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ VE SLEDOVANÉ LOKALITĚ 43
10 ZÁVĚR 45
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ INFORMACÍ 46
12 SEZNAM OBRÁZKŮ POUŽITÝCH V TEXTU 47
13 SEZNAM GRAFŮ POUŽITÝCH V TEXTU 48
14 SEZNAM TABULEK V TEXTU 49

1 ÚVOD

Ostrava za svůj největší rozmach vděčí těžbě černého uhlí a těžkému průmyslu. Vzhledem ke geografické poloze Ostravy nebylo možné převážet vytěžené uhlí lodní přepravou, a tak bylo do hutí transportováno pomocí železnice. Jak se město postupně rozrůstalo, původní uhelná odbočka sloužící k zefektivnění přepravy uhlí se ocitla v srdci samotné Ostravy. Železniční doprava však s sebou přináší i negativní vlivy. Z důvodů převozu těžkých nákladů soupravami, které již samotné mají několik tun, vznikají silné seismické a akustické jevy. Tyto problémy spadají do oboru technické seismicity, společně s jevy vyvolanými provozem těžkých strojů, dopravními prostředky a technickými odstřely. Stanovováním a posuzováním seismických účinků na stavby se zabývá norma ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva. [1][2] [15]

Hlavní částí této bakalářské práce je terénní měření dynamické odezvy stavebních objektů podél sledované železniční trati a následné zpracování a vyhodnocení výsledků. Měření byla prováděna seismickými stanicemi BRS-32 a Gaia, a naměřené hodnoty byly vyhodnoceny pomocí softwarů BRmononitor a SWIP. Součástí práce je také modelování geologického podloží oblasti pro lepší představu o geotechnických podmínkách. Cílem práce je provést měření ve sledované lokalitě, stanovit a posoudit maximální amplitudy rychlosti.

Hlavním zdrojem informací pro tuto práci byly, kromě literatury doporučené vedoucím práce, také dokumenty poskytnuté Správou železničních dopravních cest, projektová dokumentace poskytnutá archivem stavebního úřadu pro Moravskou Ostravu a Přívoz a archivované záznamy o vrtech České geologické služby.[9] [10]

2 HISTORIE

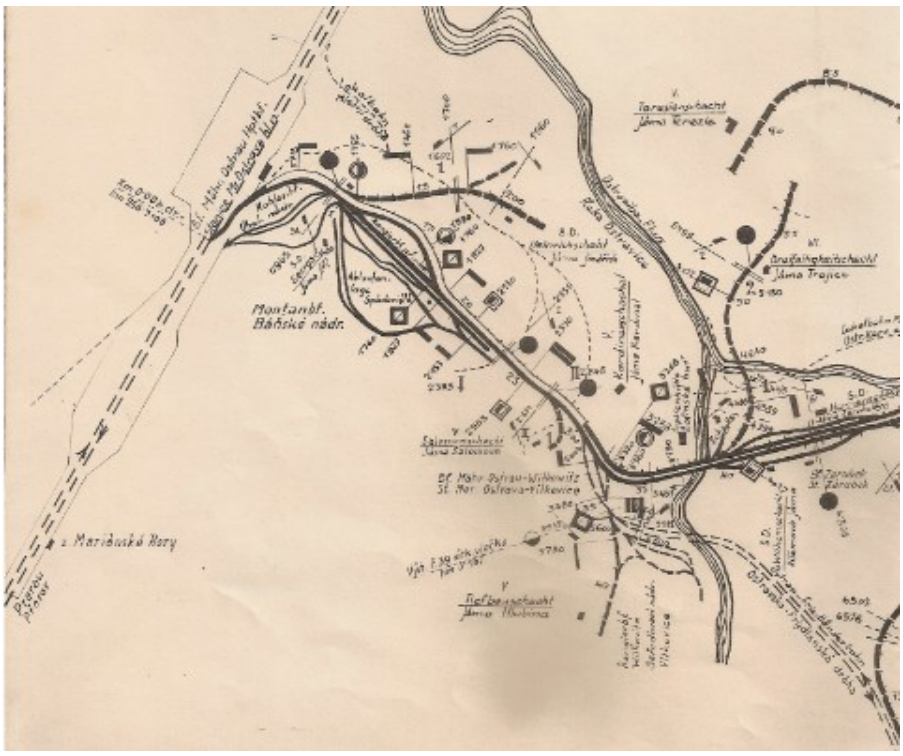
2.1 BÁŇSKÁ DRÁHA

První známky existence Ostravy pocházejí z 8. století. Do objevu uhlí roku 1763 nemělo město žádný zvláštní význam. Uhlí jako surovina zpočátku nebylo žádané, v průběhu několika desetiletí však poptávka vzrostla. Roku 1828 byly v sousední vesnici Vítkovice založeny Rudolfovy hutě, které využívaly ostravské uhlí ke zpracování železné rudy. To podnítilo obrovský rozvoj Ostravy a roku 1847, po investicích barona Rothshielda, byla do Ostravy přivedena železnice. Tehdejší železnice měla pouze jednu stanici - Ostrava, ke které bylo uhlí dopravováno pomocí koňských potahů. Jejich nevýhodou byla časová náročnost, složitá překládka a vysoké nároky na množství koňské i lidské síly (1800 koní a 1200 pracovníků).

Od počátku 50. let se začaly objevovat návrhy na přímou železniční trať k dolu Karolina, která by výrazně zefektivnila přepravu uhlí do hutí. Krátce poté začala výstavba a roku 1856 byla železniční trať s odbočkou k dolu Karolina otevřena pro koňský provoz, který byl roku 1861 vystřídán provozem parním. Roku 1871 bylo na této trati vybudováno nádraží, původně pod názvem Ostrava - Vítkovice, jež mělo za úkol zefektivnit přepravu pracovníků dolu. Nádraží bylo později přejmenováno na Ostrava střed.

Obrovský rozvoj těžby uhlí zapříčinil, že kapacita jedné koleje už pro přepravu uhlí nebyla postačující, a tak zde roku 1881 byla vybudována druhá kolej. (Obr. 1)[14][15]

22. listopadu 2007 byla na této trati zřízena další vlaková stanice s názvem Ostrava - Centrum, která se nachází mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava hlavní nádraží. Stanice byla po šesti měsících přejmenována na Ostrava-Stodolní. [16]



Obr. 1: *Mapa báňské dráhy z roku 1942[12]*

2.2 ULICE PORÁŽKOVÁ

Ulice Porážkova získala svůj název podle centrálních jatek, které zde byly postaveny roku 1881 za účelem zlepšení hygienické situace ve městě. Příčinou byla nevybudovaná kanalizace, která měla za důsledek hromadění odpadu z lokálně poraženého dobytku na ulicích. Jatky byly postaveny na konci ulice Stodolní, na místech, kde tehdy vedla pouze železnice. (Obr. 2)

S expanzí města vyrostly podél železnice další objekty, především v letech 1900-1929, kdy byla ulice ukončena vozovnou tramvají městské hromadné dopravy. Samotné jatky musely být několikrát rozšiřovány a rekonstruovány, aby dokázaly uspokojit potřeby rychle narůstajícího množství obyvatel. [13]

Obr. 2: *Historická fotografie městských jatek [13]*

3 LOKALITA V SOUČASNOSTI

V dnešní době je železnice součástí trati Ostrava - Valašské Meziříčí (Obr. 3). Po této trati projede denně přibližně 130 vlaků veřejné přepravy a až 50 vlaků nákladní přepravy.

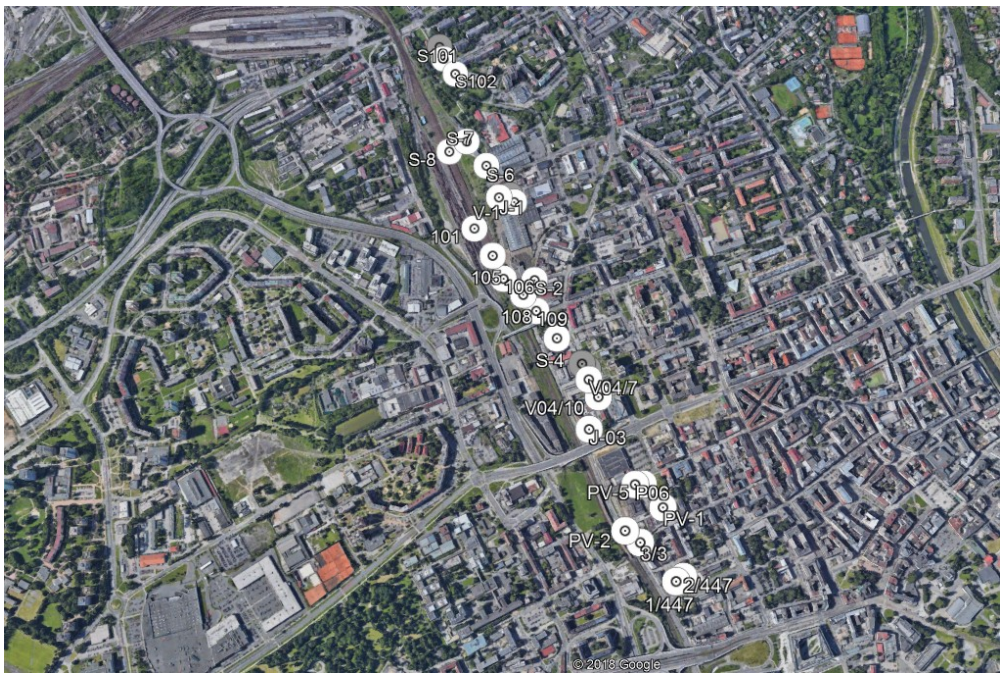
Velká část objektů podél železniční trati je původních ze začátku 20. století. Jedná se především o dvou až tří podlažní objekty využívané jako kanceláře nebo jednopodlažní objekty sloužící ke skladování. Na několika místech byla stará zástavba zbourána a nahradily ji modernější objekty. Jatky, které byly v provozu do roku 1965, se staly ostravskou kulturní památkou, avšak jejich oprava je stále ve fázi příprav.

Přes železniční trať vedou dva silniční mosty - Frýdlantské mosty a most na ulici Českobratrská, pro pěší se zde pak nachází dvě lávky.

Obr. 3: *Mapa sledované oblasti z roku 2018*

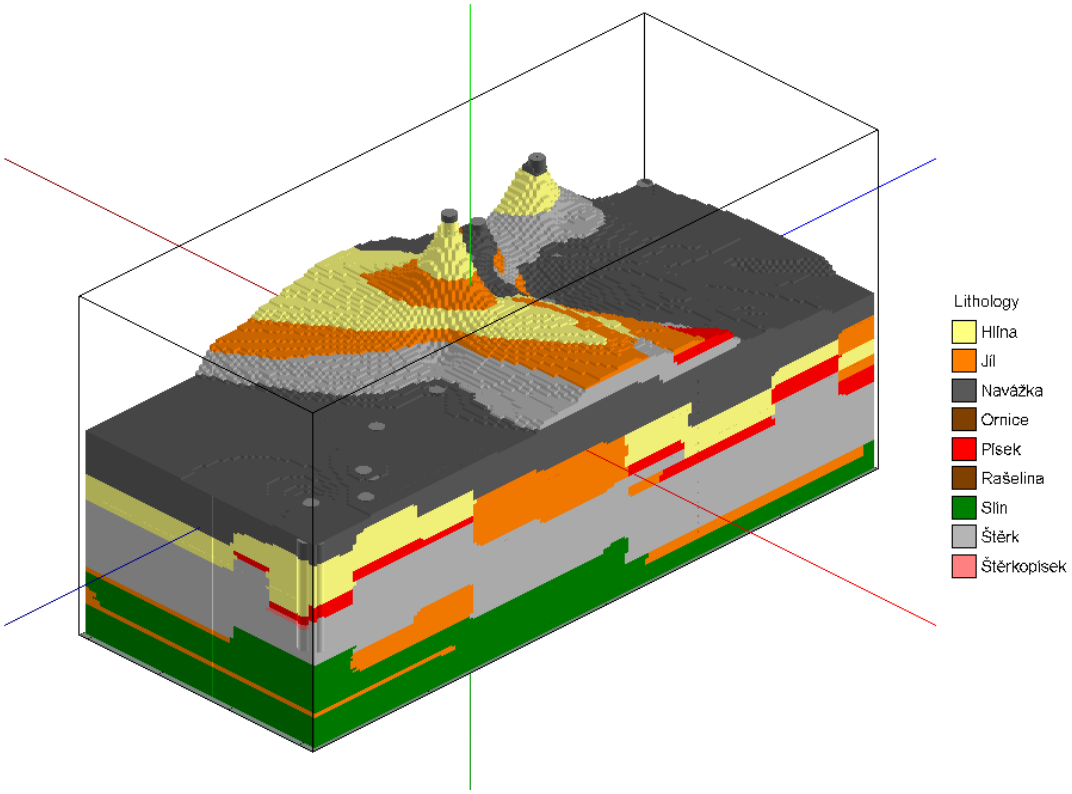
4 CHARAKTERIZACE GEOLOGICKÉHO PODLOŽÍ OBLASTI

Pro charakterizaci geologického podloží bylo v databázi Geofond České geologické služby vybráno následujících 27 vrtů (Obr. 4). Po zaslání žádosti byly poskytnuty údaje o litologii, stratigrafii a hydrogeologii každého vrtu. Hloubka vrtů se pohybovala mezi 4 a 10 metrů.

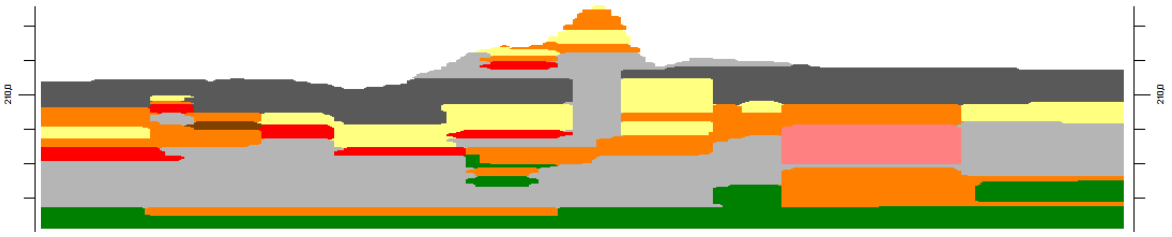


Obr. 4: *Umístění vybraných vrtů*

Pro grafické zpracování vrtů a modelování geologického prostředí bylo využito programu RockWorks 17 společnosti RockWare (Obr. 5, Obr. 6). Svrchní vrstva se skládá převážně z navážky antropogenního původu a sahá až do hloubky 2,2 metrů. Lokálně pak vystupují na povrch nižší polohy štěrku. Pod svrchní vrstvou se střídají především polohy jílů a hlín, o mocnosti kolem 2 metrů. Báze kvartéru je tvořena vrstvou štěrků mocnosti 2,5m. Poslední prozkoumanou vrstvou je svrchní vrstva neogénu v hloubce nejméně 5,6 metru, kde se nachází slín. Hladina podzemní vody se pohybuje mezi 1 a 6,8 metry.



Obr. 5: *Model geologického podloží*



Obr. 6: *Řez modelem geologického prostředí*

5 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

5.1 ZAŘÍZENÍ BRS-32

Většina měření probíhala pomocí přístroje BRS-32 vyrobený českou firmou TEDIA s.r.o. (Obr. 7). Jedná se o seismický datalogger s frekvenčním rozsahem 0,5 Hz až 80 Hz při dynamice 120 dB, závisející na instalovaném interním třísložkovém geofonu. Samotný záznamník má pak vstupní dynamický rozsah až 140dB. Interní geofony mohou být buď typu SM6 (Holandsko), s rozsahem 4,5Hz až 100 Hz, nebo typu LE3D (Německo), s rozsahem 1 Hz až 80 Hz. V případě potřeby je přístroj vybaven třemi vstupy pro připojení externích snímačů. Externí snímače jsou umístěny na boční stěně skříně dataloggeru. Jedná se o konektory typu Buccaneer řady 400 se stupněm krytí IP68. Jejich výrobcem je firma Bulgin. Přístroj je opatřen vlastním akumulátorem s výdrží až 48 hodin. Součástí přístroje je také GPS lokátor, nezbytný k lokalizaci zařízení před měřením.

Měření je zaznamenáváno na interní paměť o velikosti 32 GB, což odpovídá 4 měsícům záznamu. Data jsou ukládány v souboru formátu .bin, ve složce odpovídající datu, kdy bylo měření prováděno, a sériovému číslu přístroje. Každý soubor se záznamem obsahuje až 42 minutový úsek měření a jednotlivé soubory jsou v rámci měření chronologicky číslovány. Paměť přístroje obsahuje také několik souborů sloužících k automatické konfiguraci přístroje, software k vyhodnocování naměřených hodnot BRmonitor a Excel tabulku k podrobné analýze naměřených dat. [8]

Obr. 7: *Seizmický datalogger BRS-32*

5.2 ZAŘÍZENÍ Gaia

Gaia je autonomní tříkanálová seizmická stanice s dynamickým rozsahem 138db$_{p-p}$ a záznamem dat na Compact Flash disky, které umožňují posílání SMS zpráv (Obr. 8). Stanice je určena pro dlouhodobá i krátkodobá seismická měření. Součástí stanice je i program SeisTools2, který slouží ke konfiguraci parametrů a kontrole činnosti stanice. Stanice je vybavena celkem třemi analogovými vstupy, z čehož jsou dva vstupy typu RS 232 a jeden typu RS 422. [6] [4] [5]

Vstupy typu RS 232 slouží k připojení počítače a konfiguraci stanice. První přenáší data v reálném čase a umožňuje vylepšení firmware a připojení rozšiřujících modulů. Druhý vstup slouží k připojení GSM modemu. RS 422 vstup je využíván k připojení GPS přijímače a je oproti standartní RS 422 navíc rozšířen o signál PPS a napájení GPS. Napájení stanice je přizpůsobeno požadavkům k použití typických 12V akumulátorů, které však musí napájet nejen stanici, ale i externí snímač. Je také možné stanici napájet z externího zdroje. Výběr způsobu napájení je automatický, není jej tedy nutné manuálně nastavovat. [6]

Obr. 8: *Seizmická stanice Gaia*

5.3 SENZOR ViGeo2

ViGeo2 je aktivní, třísložkový, krátkoperiodický, rychlostní seizmometr pro terénní i staniční použití (Obr. 9). Seizmometr obsahuje tři mechanické kmitavé systémy (snímače) s vlastní frekvencí 2 Hz a frekvenčním rozsahem od 2 Hz do 200Hz. [7] [11]

Obr. 9: *Seizmometr ViGeo2*

6 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Na začátku měření je potřeba přístroj nebo senzor ustavit do vodorovné polohy a orientovat kolmo ke zdroji zatížení (Obr. 10). Po spuštění určí přístroj pomocí GPS souřadnice měření a přesný družicový čas s přesností na 1 µs. V případě, že na referenčním stanovišti není možné zajistit GPS signál, je možné přístroj nejprve lokalizovat pomocí GPS a pak teprve umístit na referenční stanoviště. Jakmile je přístroj lokalizován, časově synchronizován a ustaven na referenčním stanovišti, může být spuštěno měření. Měření trvá, dokud není manuálně ukončeno, nedojde k poklesu napětí akumulátoru nebo naplnění paměti. Naměřená data se poté přesunou do počítače pomocí USB portu, přístroj však poskytuje také možnost přenosu dat pomocí LAN sítě. Tento způsob přenosu je vhodný pro dlouhodobá měření s průběžným vyhodnocováním. [8]

Obr. 10: *Příklad ustavení měřícího zařízení*

7 Norma ČSN 73 0040 - Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva

Tato norma platí pro stanovení seizmického zatížení technickou seizmicitou a odezvy stavebních objektů bytových, občanských a objektů pro průmyslovou a zemědělskou výrobu v oblastech s výskytem technických otřesů na území ČR. Seizmickým zatížením rozumíme zatížení, způsobené lidskou činnosti, a to buď jako kinematické buzení nadzemních objektů nebo dynamické zatížení podzemních objektů. Následek tohoto zatížení je vynucené kmitání objektů.

Odezva objektů na takovéto zatížení je proměnná v čase, v závislosti na vlastnostech objektu a charakteru buzení. V případě technických otřesů vyvolaných dopravou, jsou charakter a intenzita těchto otřesů dány rychlostí pohybujícího se dopravního prostředku, povrchem dráhy a její konstrukcí, geologickými poměry prostředí, kterým se otřesy šíří, vlastnostmi základové půdy, typem základové konstrukce a hmotností objektu.

Na základě této normy byly jednotlivé objekty nejprve zatřízeny dle tabulky 1 do třídy významu objektu dle normy ČSN 73 0031. a poté podle tabulky 2 do tříd odolnosti objektu. Po zatřízení lze z tabulky 3 stanovit mezní hodnotu efektivní rychlosti v_{ef} v mm/s. [2] [3]

Třída významu objektu	Význam objektu
U	objekty s mimořádným ekonomickým, anebo společenským významem
I	objekty s velkým ekonomickým, anebo společenským významem
II	objekty se středním ekonomickým anebo společenským významem
III	objekty s omezeným ekonomickým anebo společenským významem

Tabulka 1: *Tabulka třídy významu objektů [3]*

Třída odolnosti objektu	Objekty bytové, občanské, průmyslové a zemědělské	Objekty inženýrské	Objekty podzemní	Podzemní inženýrské sítě a kabely
A	chatrné stavby, neodpovídající stavebním předpisům, zříceniny; historické budovy z neopracovaného kamene nebo cihel s klenutými překlady, průvlaky a plošnými klenbami nad místnostmi v přízemí a suterénu; kamenné a zděné pomníky a kašny; budovy s rozsáhlou plastickou výzdobou; budovy ve zvláštní památkové péči; archeologické objekty;			
B	běžné cihelné stavby, izolované nebo řadové domky s půdorysnou plochou do 200 m², nejvýše o 3 podlažích			
C	veliké budovy z cihel a tvárnic, dobře ztužené stavby panelové a montované z betonových prvků; zdivo na cementovou maltu	kamenné mosty (sochy a ozdoby) opěrné a ochranné zdi z kamene a cihel, zděné vodojemy	keramické a kamenné obklady a dlažby v podzemních objektech metra, v podchodech	potrubí osinkocementové, kameninové, kabelové spojky, Pupinovy skříně na sdělovacích kabelech
D	budovy ze skeletu ocelového nebo betonového, dřevěné a hrázděné stavby s dobrým ztužením, prostý beton	opěry mostů z opracovaného kamene, monolitické vodojemy	cihelné, kamenné a tvárnicové vyzdívky v podzemních objektech	potrubí litinové, betonové, potrubí z umělých hmot
E	železobetonové a ocelové konstrukce, výrobní a provozní objekty, železobetonová sila a zásobníky	železobetonové inženýrské stavby, ocelové stožáry	betonové monolitické konstrukce podzemních objektů; vyzdívané a monolitické štoly kruhového a vejčitého tvaru; stoky a technologické tunely z dílců a trub o průměru větším než 800 mm; podzemní železobetonové stěny, kotvení - kořeny kotev	kabely žilové a koaxiální sdělovací kabely
F			železobetonové a ocelové ostění tunelů metra a kolektorů; úkryty civilní obrany	potrubí ocelové

Tabulka 2: *Třídy odolnosti objektů[2]*

Třída odolnosti objektu	v_{ef} (1)			
	Třída významu objektu (podle ČSN 73 0031)			
	U	I	II	III
A	0,2	0,4	0,7	1,1
B	0,4	0,6	1,0	1,8
C	0,7	1,5	2,0	2,8
D	0,9	2,0	2,5	3,5
E	1,1	2,5	3,0	4,0
F	1,5	3,0	4,0	5,0

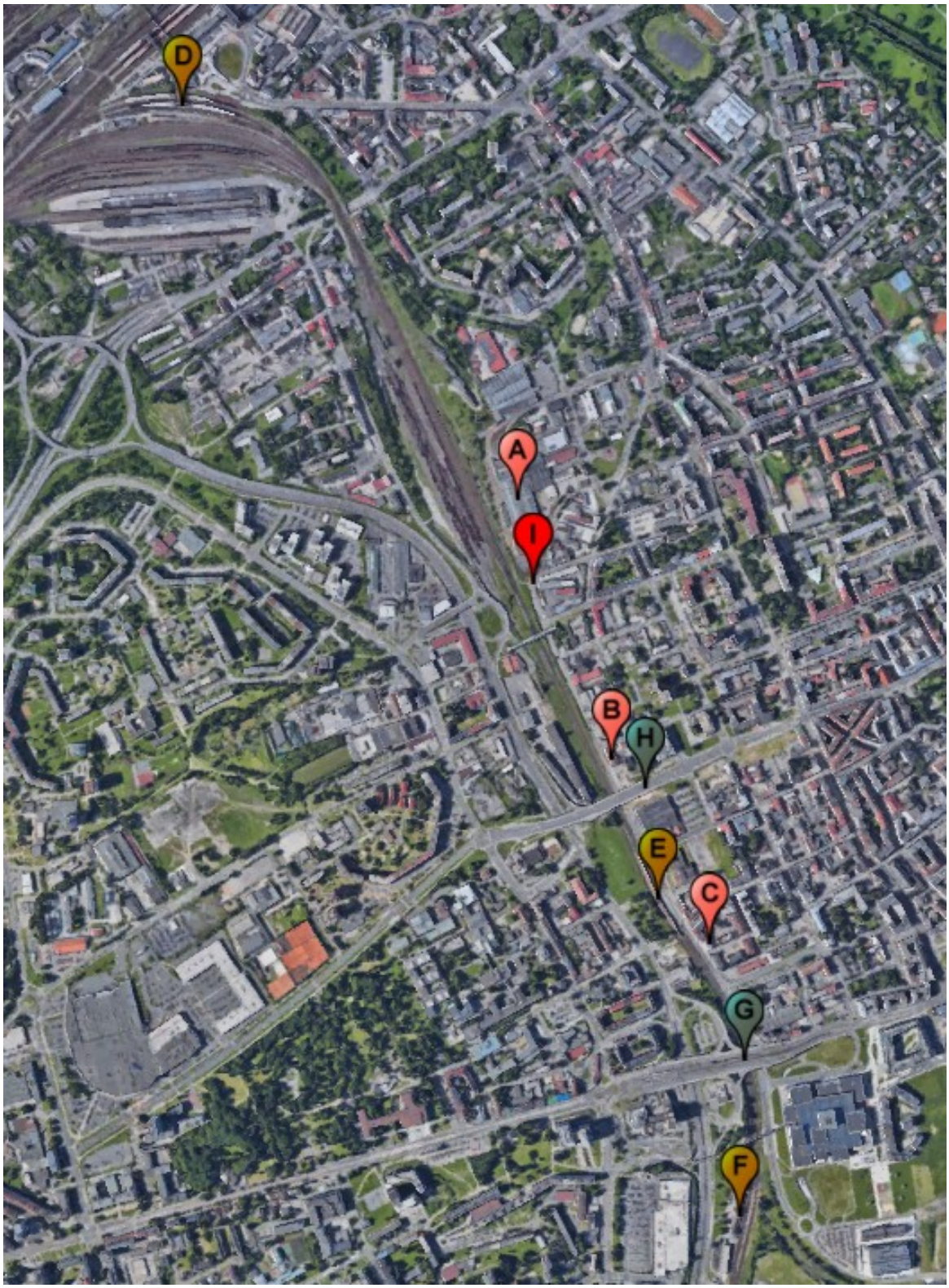
Tabulka 3: *Mezní hodnoty efektivní rychlosti v_{ef} v mm/s[2]*

8 SLEDOVANÉ OBJEKTY

Na začátku řešení seizmického zatížení oblasti bylo nutné vytipovat vhodné referenční objekty (Obr. 11). Důraz byl kladen především na objekty nacházející se v bezprostřední blízkosti trati. Při výběru bylo také zohledňováno stáří objektu. Po vybrání vhodných objektů byli kontaktováni jejich majitelé s žádostí o souhlas se vstupem a provedením měření. Přístup byl povolen dohromady do tří objektů, v ostatních případech se majitele nepodařilo kontaktovat nebo nám přístup nebyl umožněn. První série měření probíhala ve třech vybraných objektech na referenčních stanovištích dle normy ČSN 73 0040 Na základě písemné žádosti byl poskytnut přístup do Archivu stavebního úřadu pro Moravskou Ostravu a Přívoz. Zde byla prozkoumána původní projektová dokumentace, která zde byla uložena. U některých objektů se však dokumentace nedochovala nebo ji nebylo možné poskytnout.

Druhá série měření byla provedena na základech pilířů mostů přemosťující železniční trať. Vybrány byly dva mosty, první na ulici 28. října a druhý na ulici Českobratrská. Pro přístup na vhodná místa k provedení měření nebylo potřeba žádat o povolení.

Jako poslední bylo provedeno profilové měření za účelem stanovení útlumu prostředí sledované lokality.

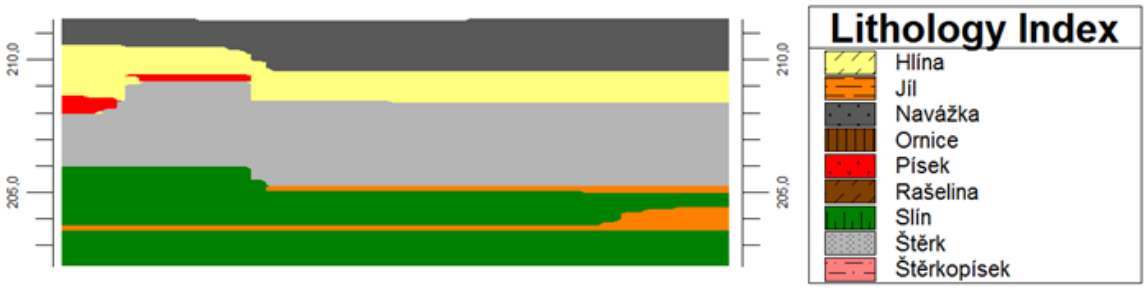


Obr. 11: *Mapa sledované oblasti s vyznačeným umístěním referenčních a měřících stanovišť a železničních stanic: A - Objekt Plynární 18, B - Objekt Porážková 1132/42, C - Objekt Porážková 1424/20, D - Ostrava hlavní nádraží, E - Ostrava-Stodolní, F - Ostrava střed*

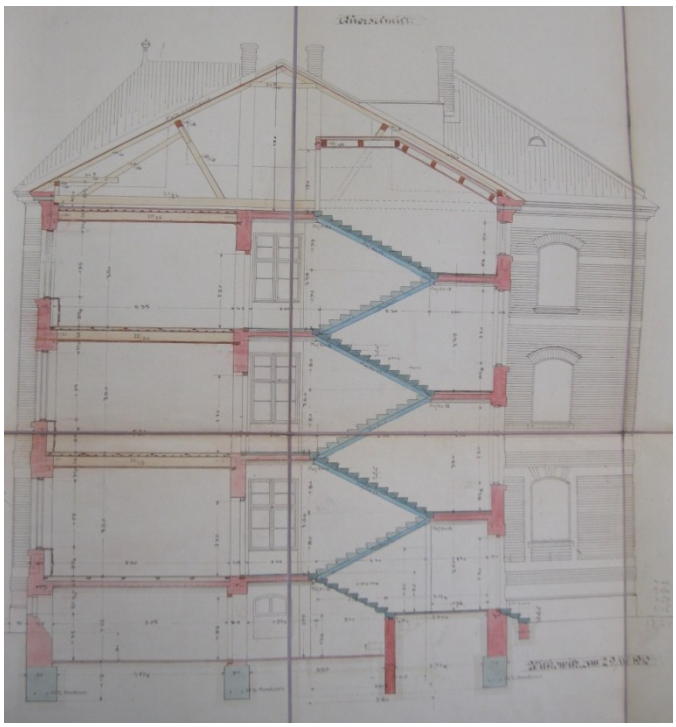
8.1 PORÁŽKOVÁ 1424/20

Obr. 12: *Pohled na objekt Porážková 1424/20*

Objekt se nachází na adrese Porážková 1424/20 (Obr. 12), mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava hlavní nádraží. Jedná se o dvoupatrový cihlový podsklepený objekt. Z projektové dokumentace, kterou poskytnul Archiv stavebního úřadu pro Moravskou Ostravu a Přívoz bylo dále zjištěno, že budova byla založena roku 1910 na základových pásech v hloubce 2 metrů (Obr. 14). Základová půda je tvořena především navážkou a jíly (Obr. 13). Hladina podzemní vody se nachází v hloubce 3 metry pod povrchem, jedná se tedy o suchý objekt**.** Původně byl postavený jako bytový dům, avšak roku 1997 tehdejší majitel oznámil změnu účelu užívání budovy na kancelářské účely. Během své životnosti byl mnohokrát rekonstruován, největší rekonstrukce proběhla roku 1964.

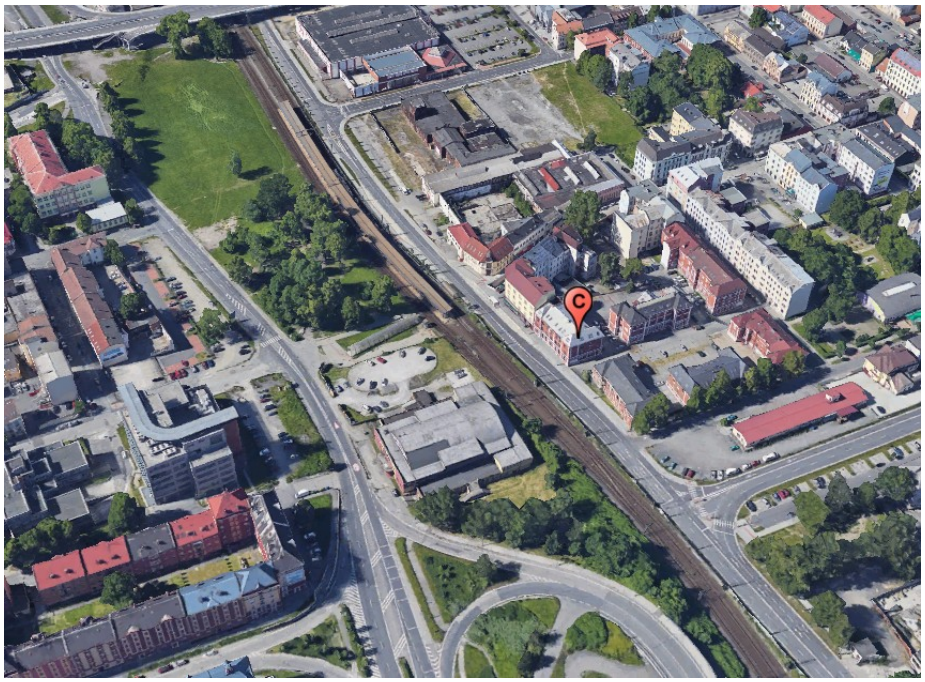


Obr. 13: *Řez modelem v okolí sledovaného objektu*



Obr. 14: *Výkres řezu objektem*

Od trati je objekt vzdálen 18 metrů. Ve vzdálenosti 62 metrů od objektu se nachází železniční stanice Ostrava-Stodolní (Obr. 15).



Obr. 15: *Lokalizace objektu vůči železniční trati*

Třída odolnosti objektu: B

Třída významu objektu: II

Mezní hodnota efektivní rychlosti: 1,0 mm/s

Měření začalo 22. 3. 2018 v 8:23 a ukončeno bylo 23. 3. 2018 v 8:21. Měření bylo prováděno seismickým dataloggerem BRS-32, který byl umístěn v suterénu budovy u západní obvodové stěny objektu (Obr. 16).

Obr. 16: *Referenční stanoviště*

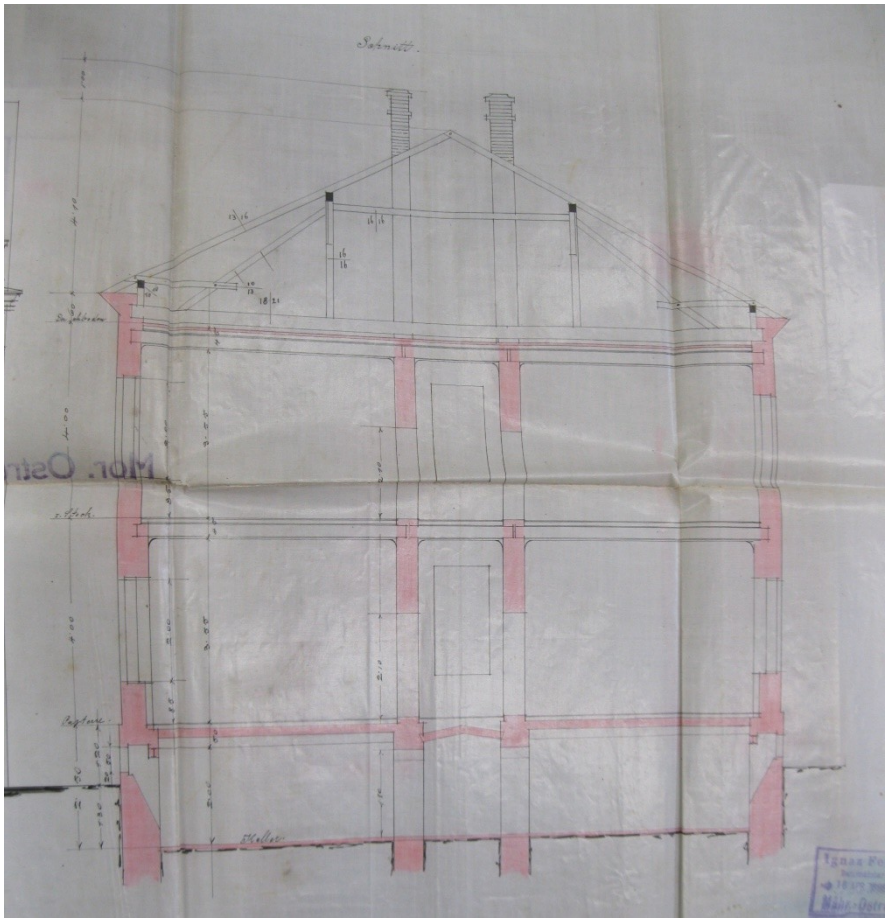
8.2 PORÁŽKOVÁ 1132/42

Obr. 17: *Pohled na objekt Porážková 1132/42*

Objekt se nachází na adrese Porážková 1132/42 (Obr. 17), mezi stanicemi Ostrava hlavní nádraží a Ostrava-Stodolní. Objekt byl podle původní dokumentace postaven

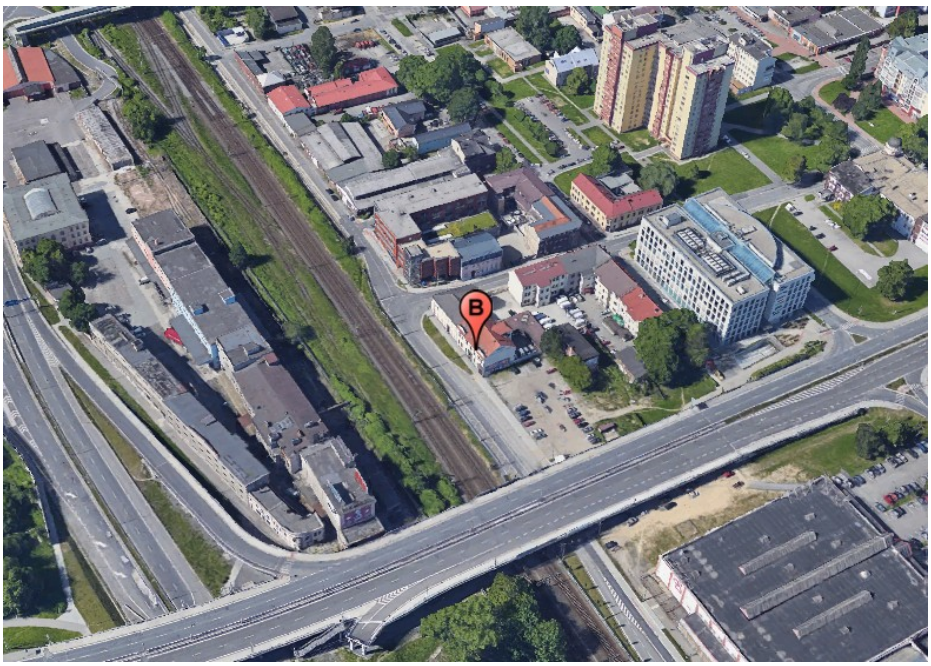
Ignazem Felixem roku 1899. Jedná se o jednopatrový podsklepený cihlový objekt, založený na základových pásech v hloubce 2 metrů (Obr. 19). Základová půda je tvořena navážkou a jílem (Obr. 18). Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 3,5 metrů, jedná se tedy o suchý objekt. Původně byl používán k bydlení, od roku 1997 je však používán převážně pro kancelářské účely.

Obr. 18: *Řez modelem podloží v okolí sledovaného objektu*



Obr. 19:*Výkres řezu objektem*

Vzdálenost objektu od železniční trati je 20 metrů a od nejbližší železniční stanice 300 metrů (Obr. 20).



Obr. 20: *Lokalizace objektu vůči železniční trati*

Třída odolnosti objektu: B

Třída významu objektu: II

Mezní hodnota efektivní rychlosti: 1,0 mm/s

Měření začalo 19. 3. 2018 v 9:36 a ukončeno bylo 20. 3. 2018 v 7:00. Měření bylo prováděno seismickým dataloggerem BRS-32, který byl umístěn v suterénu budovy u západní obvodové stěny objektu (Obr. 21).

Obr. 21:*Referenční stanoviště*

8.3 PLYNÁRNÍ 18

Obr. 22: *Pohled na objekt Plynární 18*

Objekt se nachází na adrese Plynární 18, mezi stanicemi Ostrava hlavní nádraží a Ostrava-Stodolní (Obr. 22). Postaven byl roku 1929 jako první vozovna pro tramvaje městské hromadné dopravy města Ostravy. K tomuto účelu slouží dodnes. Jedná se o nepodsklepený objekt. Bohužel původní dokumentace objektu se nedochovala, proto nebylo možné zjistit další konstrukční parametry. Základová půda je tvořena jíly a štěrky (Obr. 23).

Obr. 23: *Řez modelem podloží v okolí sledovaného objektu*

Objekt je od trati vzdálen 30 metrů a nejbližší stanice se nachází ve vzdálenosti 1km (Obr. 24).

Obr. 24: *Lokalizace objektu vůči železniční trati*

Třída odolnosti objektu: D

Třída významu objektu: I

Mezní hodnota efektivní rychlosti: 2,0 mm/s

Měření začalo 16. 3. 2018 v 8:44 a ukončeno bylo 19. 3. 2018 v 9:10. Měření bylo prováděno seismickým dataloggerem BRS-32, který byl umístěn na nejnižším podloží u západní obvodové stěny objektu (Obr. 25).

Obr. 25: *Referenční stanoviště*

8.4 MOST NA ULICI 28. ŘÍJNA

Prvním sledovaným mostem je most na ulici 28. října, také známý jako Frýdlantské mosty, který leží mezi stanicemi Ostrava střed a Ostrava-Stodolní. Jeho stavba začala roku 1977 a do plného provozu byl uveden roku 1985. Jedná se o železobetonový prefabrikovaný most, určený pro silniční a tramvajovou dopravu. Celková délka jeho konstrukce včetně násypů tvoří 487 m a šířka 55m. Geologické podloží je tvořeno navážkou a jílem (Obr. 27).

Měření začalo 13. 4. 2018 v 10:40 a ukončeno bylo 13. 4. 2018 v 11:40. Vzdálenost referenčního stanoviště od trati byla 3,21 m (Obr. 26, Obr. 28).

Obr. 26: *Lokalizace objektu vůči železniční trati*

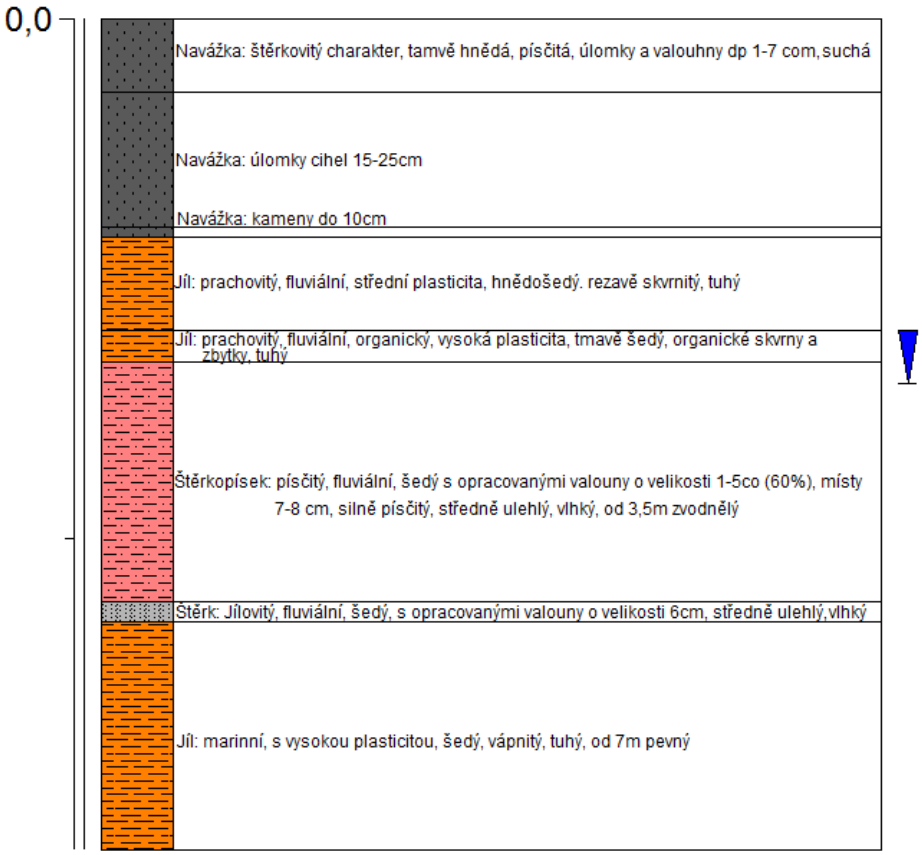
Obr. 27: *Složení referenčního vrtu*

Obr. 28: *Měřící stanoviště*

8.5 MOST NA ULICI ČESKOBRATRSKÁ

Most se nachází na ulici Českobratrská mezi stanicemi Ostrava-Stodolní a Ostrava hlavní nádraží. První stavební práce začaly v roce 2006 a roku 2008 byl most dokončen a uveden do provozu. Jedná se o železobetonový prefabrikovaný most, určený pro silniční dopravu. Délka konstrukce mostu včetně násypů je 330m a šířka 25m (Obr. 29). Geologické podloží je tvořeno navážkou a jílem (Obr. 30). Měření bylo provedeno 13. 4. 2018 mezi 12:21 a 13:52.

Obr. 29: *Lokalizace objektu vůči železniční trati*

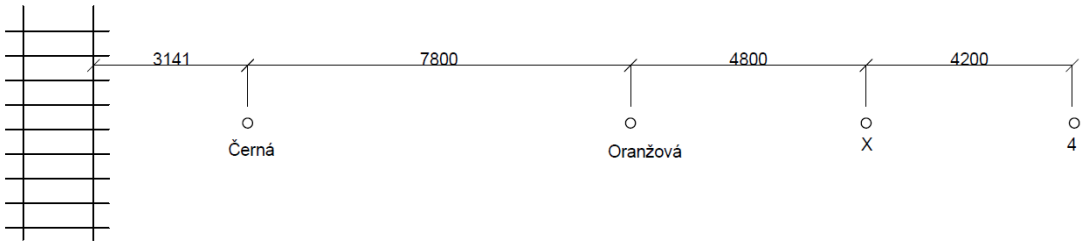


Obr. 30: *Složení referenčního vrtu*

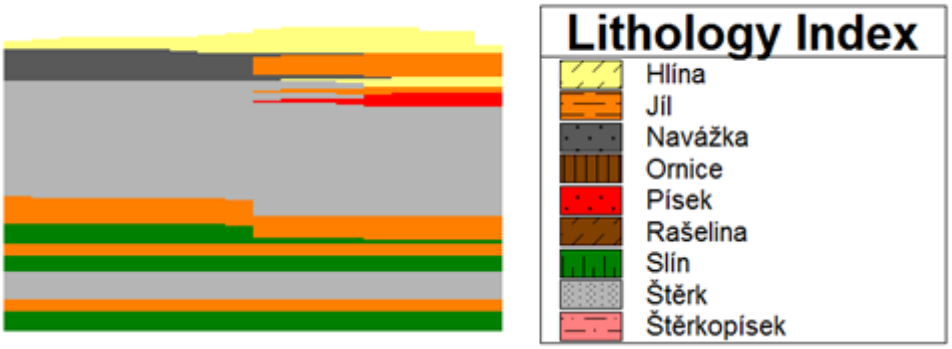
Obr. 31: *Měřící stanoviště*

8.6 ÚTLUM HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ VE SLEDOVANÉ LOKALITĚ

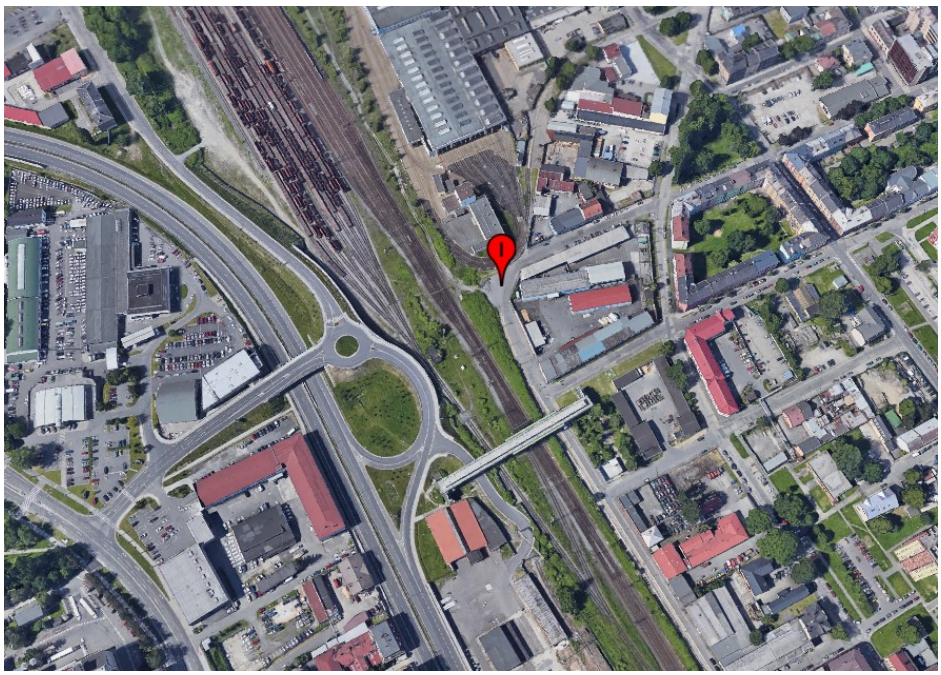
Dne 25. 4. 2018 od 10:15 do 12:04 proběhlo profilové měření ve sledované lokalitě (Obr. 34). Měření bylo provedeno čtyřmi měřícími zařízeními: dvěma zařízeními typu BRS-32 (černá a oranžová) a dvěma stanicemi Gaia s externími snímači ViGeo (X,4) (Obr. 35). Tyto senzory byly umístěny dle schématu na obrázku číslo 32. Profil geologického podloží je uveden na obrázku 33. Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 2,9 m.



Obr. 32: *Schéma rozmístění seizmických senzorů*



Obr. 33: *Řez podložím sledovaného profilu*



Obr. 34: *Lokalizace měřícího stanoviště vůči železniční trati*

Obr. 35: *Měřící stanoviště*

9 VYHODNOCENÍ

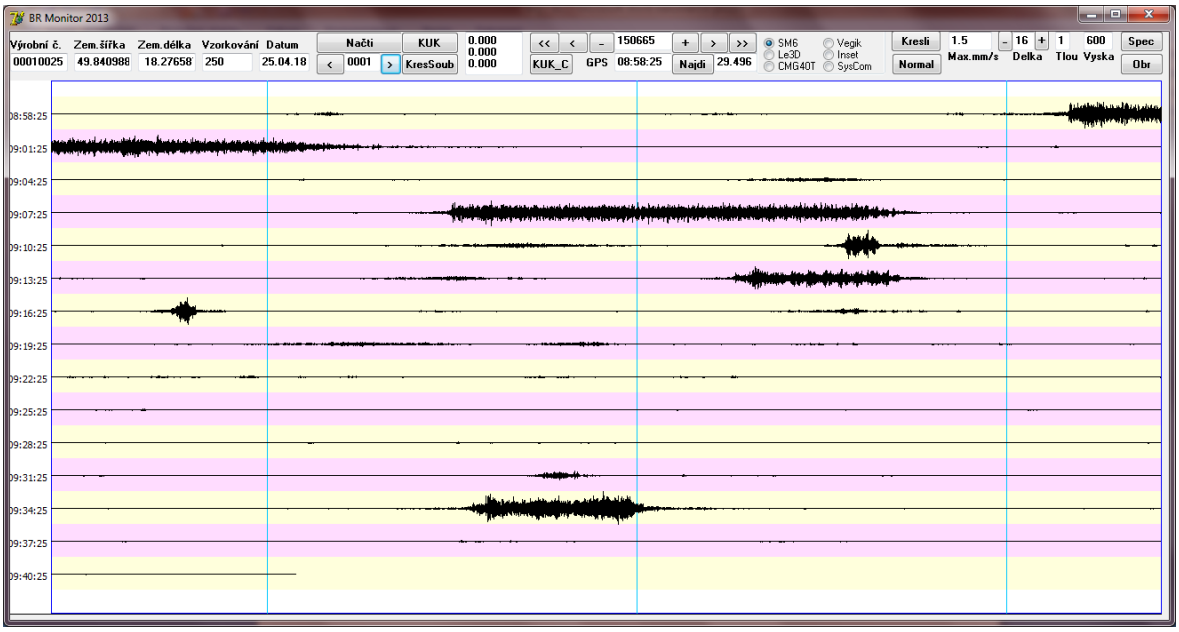
Na základě žádosti Správa železničních dopravních cest poskytla Sešitový jízdní řád pro nákladní dopravu a Sešitový jízdní řád pro osobní dopravu. Na základě těchto dokumentů byly zpětně dohledány časy jednotlivých průjezdů vlaků a k nim určeny korespondující hodnoty maximální amplitudy. Z každého typu soupravy poté bylo vybráno 10 referenčních případů průjezdů vlaků, které generovaly na konstrukci nejvyšší dynamické účinky ve vybraném časovém intervalu 12 hodin.

K vyhodnocení měření bylo využito progamů BRmonitor a SWIP. Jedná se o software poskytovaný výrobcem příslušné seismické stanice.

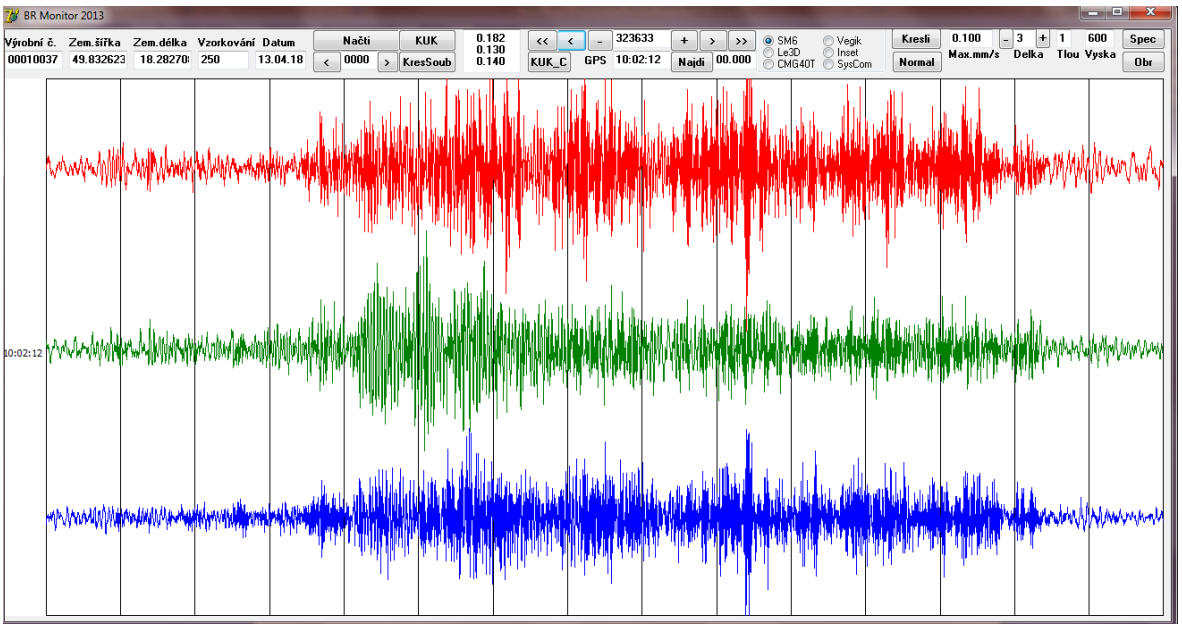
9.1 BRMONITOR

Software BRmonitor byl využit k vyhodnocení hodnot naměřených stanicemi BRS-32. Jednalo se o měření v objektech Porážková 1424/20 , Porážková 1132/42, Plynární 18, dále měření u pilířů mostů na ulici 28. října a Českobratrská a dvě stanice byly také použity při profilovém měření.

Po načtení vybraného záznamu měření program vykreslí amplitudy rychlosti kmitání složeného z kmitání ve směru vertikálním (Z), horizontálním radiálním (N) a horizontálním transverziálním (E) (Obr. 36). Je-li potřeba tyto hodnoty rozložit do jednotlivých složek (Obr. 37), je zapotřebí nejprve určit přesný čas. Program poté vykreslí 5 sekund záznamu a stanoví maximální hodnoty amplitudy v jednotlivých směrech ve vybraném časovém úseku. Tento rozsah může být dále zvětšován s krokem 5 sekund.



Obr. 36: *Seizmický záznam v softwaru BRmonitor*



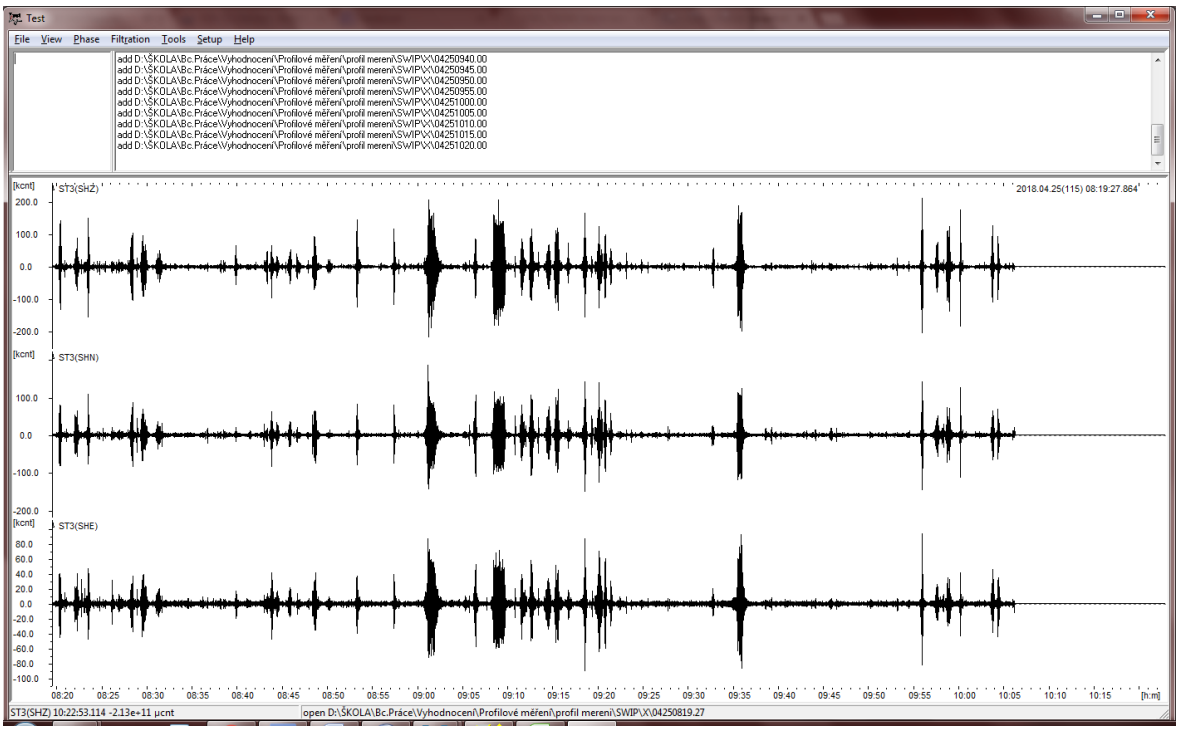
Obr. 37: *Detail záznamu průjezdu vlaku v čase 12:02 v softwaru BRmonitor*

9.2 SWIP

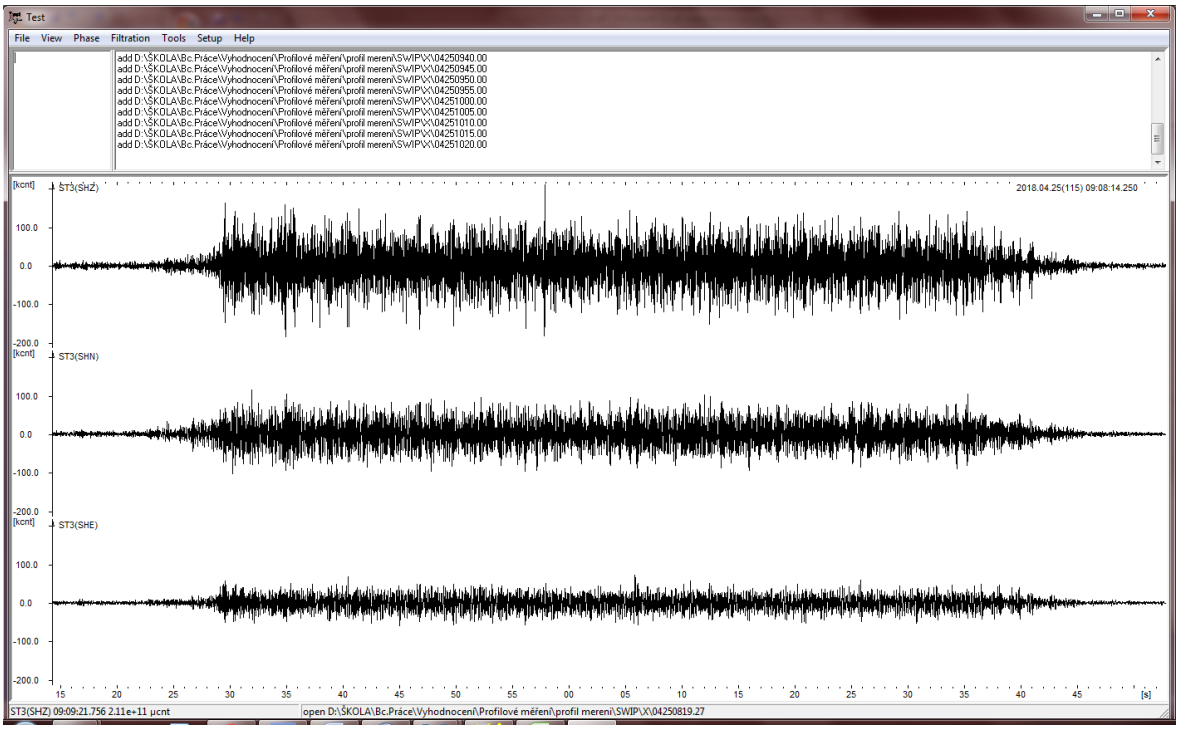
Program SWIP slouží k vyhodnocování hodnot naměřených pomocí seizmických stanic Gaia. Dvě tyto stanice byly využity při profilovém měření ve sledované lokalitě.

Na rozdíl od softwaru BRmonitor, SWIP zobrazuje naměřené hodnoty pouze rozložené do tří směrů (Obr. 38, Obr. 39). Software neumožňuje automatické odečítání maximálních hodnot, jednotlivé hodnoty je potřeba odečítat ze záznamu manuálně. Naměřené hodnoty jsou vykreslovány v countech [cnt], je proto potřeba hodnoty ještě přepočítat pomocí následujícího vzorce:

$$1\mu cnt = 2{,}987.10^{-12}\,[mm/s] \qquad (1)$$



Obr. 38: *Seizmický záznam v programu SWIP*

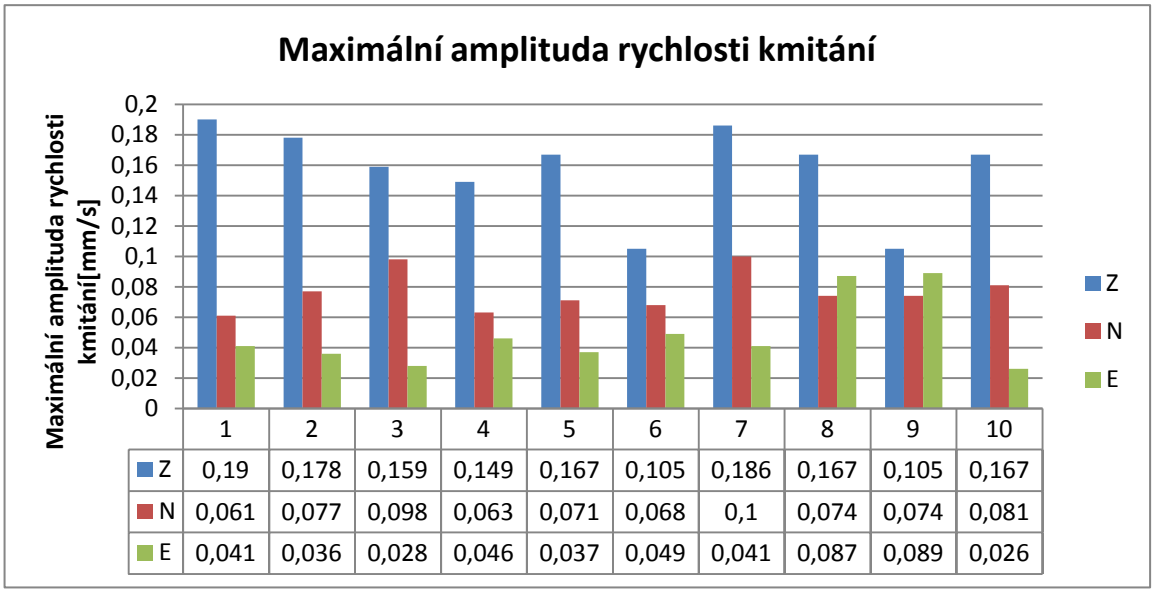


Obr. 39: *Detail průjezdu vlaku v čase 12:02 v programu SWIP*

9.3 VYHODNOCENÍ PORÁŽKOVÁ 1424/20

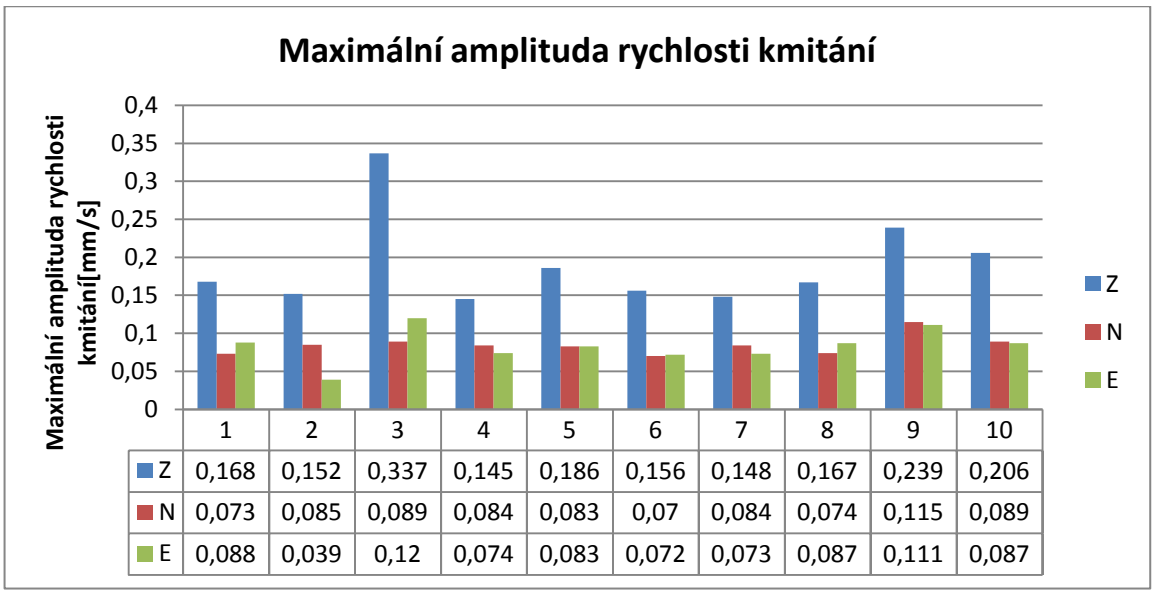
čas průjezdu	Z[mm/s]	N[mm/s]	E[mm/s]	Typ vlaku
15:15	0,168	0,073	0,088	Nákladní
15:27	0,19	0,061	0,041	Osobní
15:31	0,152	0,085	0,039	Nákladní
15:34	0,178	0,077	0,036	Osobní
17:21	0,159	0,098	0,028	Osobní
17:38	0,149	0,063	0,046	Osobní
17:48	0,167	0,071	0,037	Osobní
18:52	0,337	0,089	0,12	Nákladní
19:24	0,145	0,084	0,074	Nákladní
20:18	0,186	0,083	0,083	Nákladní
20:25	0,156	0,07	0,072	Nákladní
20:30	0,105	0,068	0,049	Osobní
20:39	0,148	0,084	0,073	Nákladní
21:22	0,186	0,1	0,041	Osobní
23:58	0,167	0,074	0,087	Osobní
23:58	0,167	0,074	0,087	Nákladní
0:33	0,239	0,115	0,111	Nákladní
0:41	0,206	0,089	0,087	Nákladní
1:47	0,105	0,074	0,089	Osobní
4:04	0,167	0,081	0,026	Osobní

Tabulka 4 : *Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Porážková 1424/20*



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,19	0,178	0,159	0,149	0,167	0,105	0,186	0,167	0,105	0,167
N	0,061	0,077	0,098	0,063	0,071	0,068	0,1	0,074	0,074	0,081
E	0,041	0,036	0,028	0,046	0,037	0,049	0,041	0,087	0,089	0,026

Graf 1: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy*



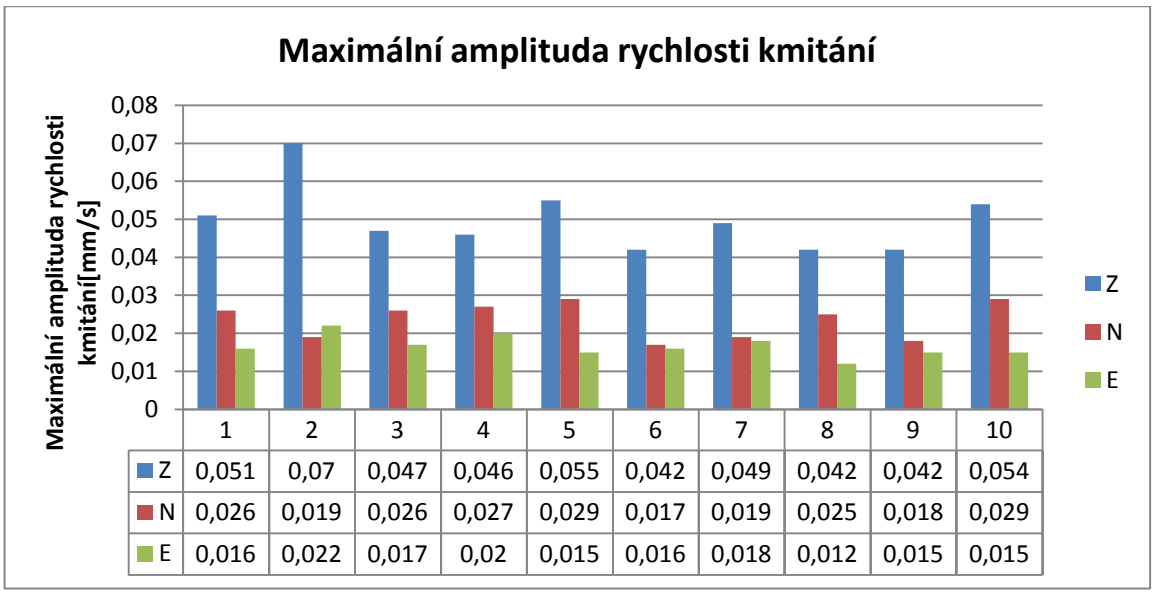
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,168	0,152	0,337	0,145	0,186	0,156	0,148	0,167	0,239	0,206
N	0,073	0,085	0,089	0,084	0,083	0,07	0,084	0,074	0,115	0,089
E	0,088	0,039	0,12	0,074	0,083	0,072	0,073	0,087	0,111	0,087

Graf 2: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy*

9.4 VYHODNOCENÍ PORÁŽKOVÁ 1132/42

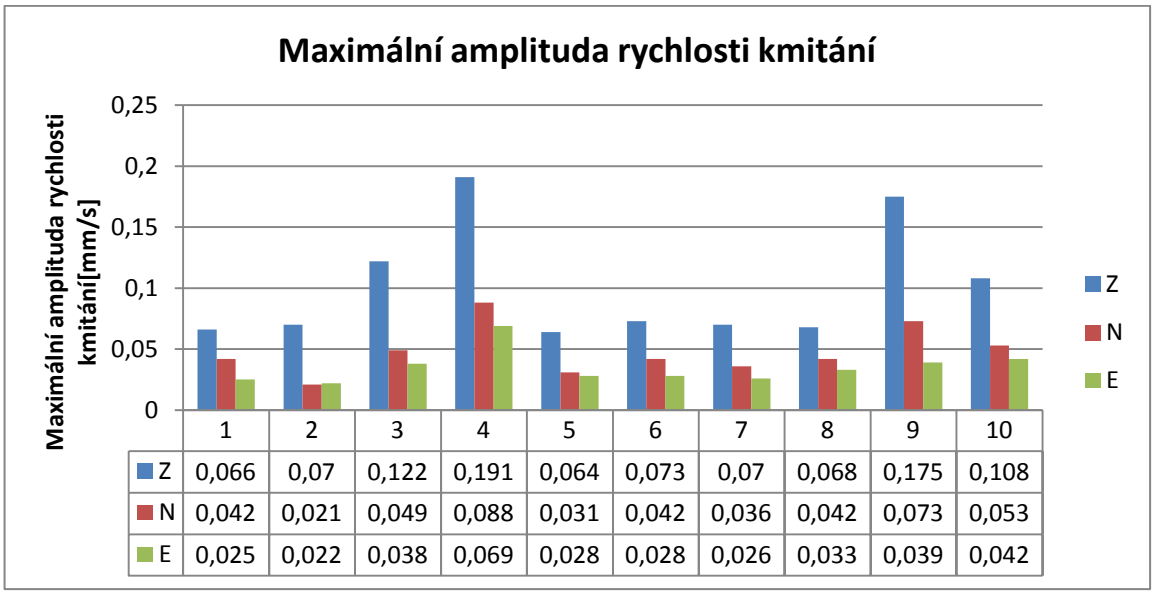
Čas průjezdu	Z[mm/s]	N[mm/s]	E[mm/s]	Typ vlaku
15:00	0,051	0,026	0,016	Osobní
15:13	0,066	0,042	0,025	Nákladní
15:31	0,047	0,026	0,017	Osobní
15:54	0,07	0,019	0,022	Osobní
15:54	0,07	0,021	0,022	Nákladní
16:00	0,046	0,027	0,02	Osobní
16:21	0,042	0,017	0,016	Osobní
16:25	0,055	0,029	0,015	Osobní
18:18	0,049	0,019	0,018	Osobní
19:03	0,122	0,049	0,038	Nákladní
19:15	0,191	0,088	0,069	Nákladní
19:19	0,064	0,031	0,028	Nákladní
20:32	0,042	0,018	0,015	Osobní
20:34	0,042	0,025	0,012	Osobní
21:07	0,054	0,029	0,015	Osobní
21:19	0,073	0,042	0,028	Nákladní
23:14	0,07	0,036	0,026	Nákladní
23:49	0,068	0,042	0,033	Nákladní
2:18	0,175	0,073	0,039	Nákladní
2:39	0,108	0,053	0,042	Nákladní

Tabulka 5: *Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Porážková 1132/42*



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,051	0,07	0,047	0,046	0,055	0,042	0,049	0,042	0,042	0,054
N	0,026	0,019	0,026	0,027	0,029	0,017	0,019	0,025	0,018	0,029
E	0,016	0,022	0,017	0,02	0,015	0,016	0,018	0,012	0,015	0,015

Graf 3: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy*



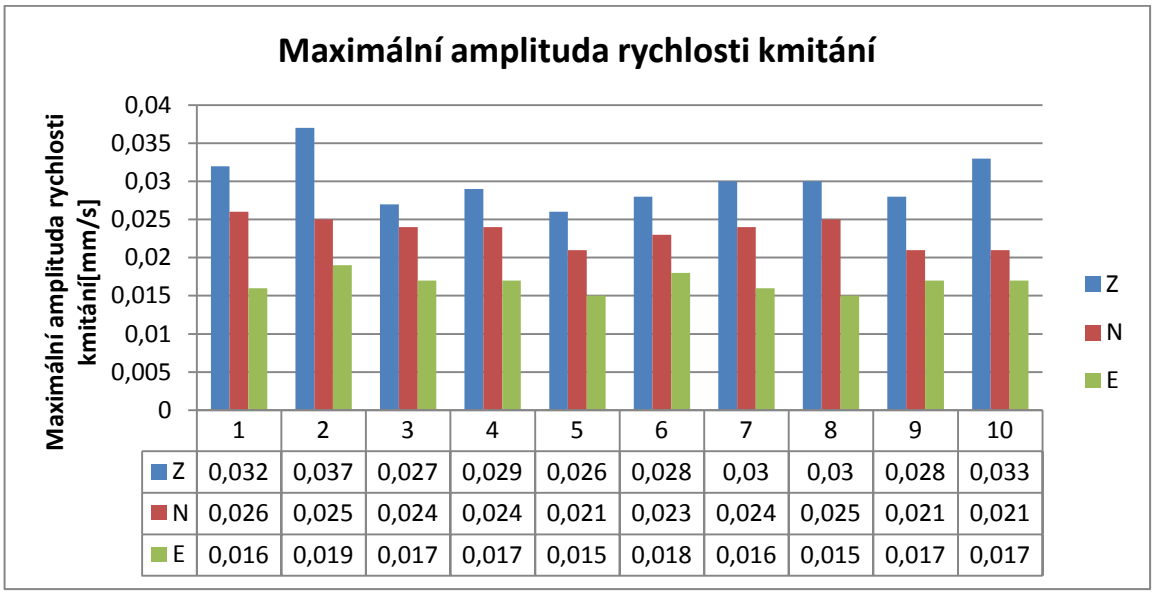
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,066	0,07	0,122	0,191	0,064	0,073	0,07	0,068	0,175	0,108
N	0,042	0,021	0,049	0,088	0,031	0,042	0,036	0,042	0,073	0,053
E	0,025	0,022	0,038	0,069	0,028	0,028	0,026	0,033	0,039	0,042

Graf 4: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy*

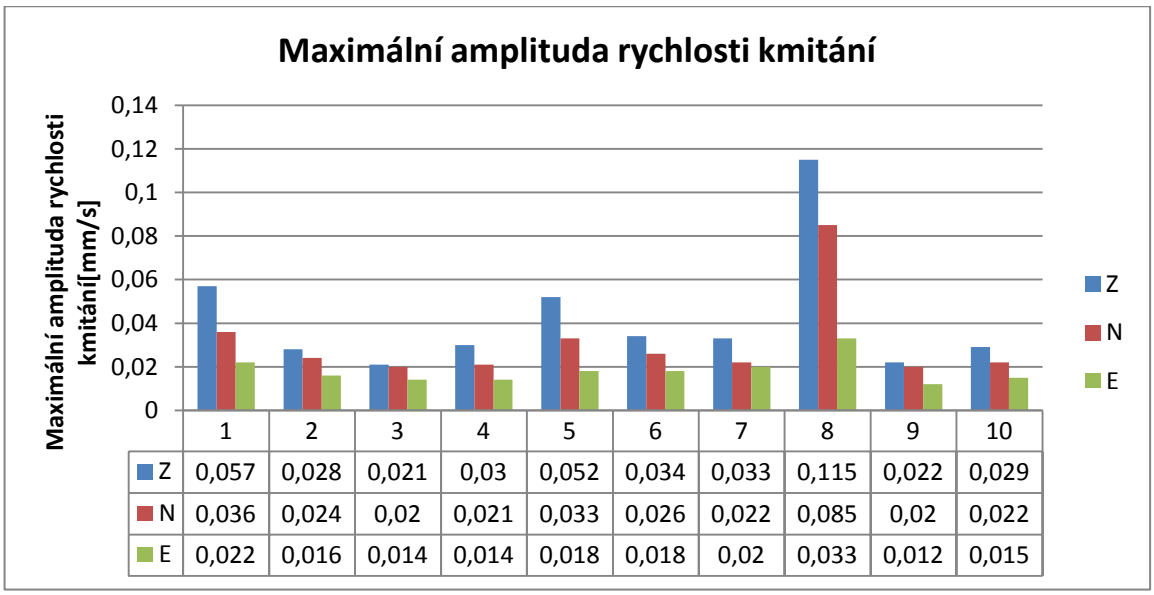
9.5 VYHODNOCENÍ PLYNÁRNÍ 18

Čas průjezdu	Z[mm/s]	N[mm/s]	E[mm/s]	Typ vlaku
15:04	0,032	0,026	0,016	Osobní
15:24	0,037	0,025	0,019	Osobní
15:40	0,057	0,036	0,022	Nákladní
15:52	0,027	0,024	0,017	Osobní
16:08	0,029	0,024	0,017	Osobní
16:44	0,026	0,021	0,015	Osobní
17:04	0,028	0,023	0,018	Osobní
17:19	0,028	0,024	0,016	Nákladní
17:53	0,03	0,024	0,016	Osobní
18:17	0,021	0,02	0,014	Nákladní
18:30	0,03	0,021	0,014	Nákladní
18:38	0,052	0,033	0,018	Nákladní
18:51	0,034	0,026	0,018	Nákladní
18:54	0,03	0,025	0,015	Osobní
19:53	0,028	0,021	0,017	Osobní
21:44	0,033	0,021	0,017	Osobní
21:44	0,033	0,022	0,02	Nákladní
22:11	0,115	0,085	0,033	Nákladní
0:40	0,022	0,02	0,012	Nákladní
2:01	0,029	0,022	0,015	Nákladní

Tabulka 6: *Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Plynární 18*



Graf 5: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy*



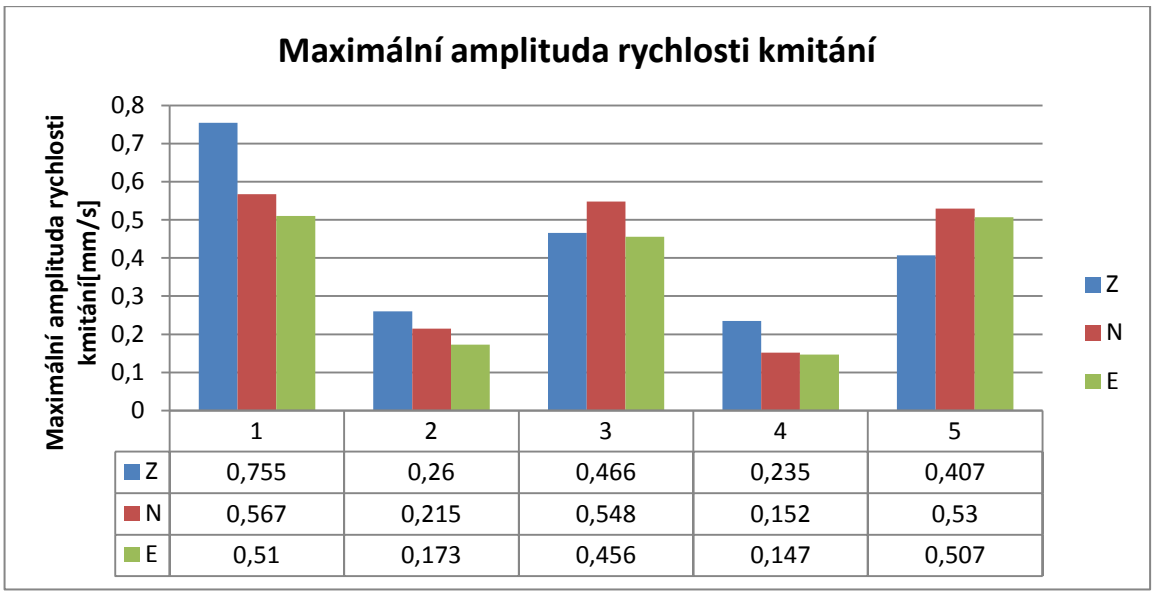
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,057	0,028	0,021	0,03	0,052	0,034	0,033	0,115	0,022	0,029
N	0,036	0,024	0,02	0,021	0,033	0,026	0,022	0,085	0,02	0,022
E	0,022	0,016	0,014	0,014	0,018	0,018	0,02	0,033	0,012	0,015

Graf 6: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy*

9.6 VYHODNOCENÍ 28. ŘÍJNA

Čas průjezdu	Z[mm/s]	N[mm/s]	E[mm/s]	Typ vlaku
11:58	0,755	0,567	0,51	Osobní
12:10	0,26	0,215	0,173	Osobní
12:15	0,466	0,548	0,456	Osobní
12:24	0,235	0,152	0,147	Osobní
12:25	0,407	0,53	0,507	Osobní

Tabulka 7: *Tabulka vybraných naměřených hodnot u pilíře mostu na ulici 28. října*



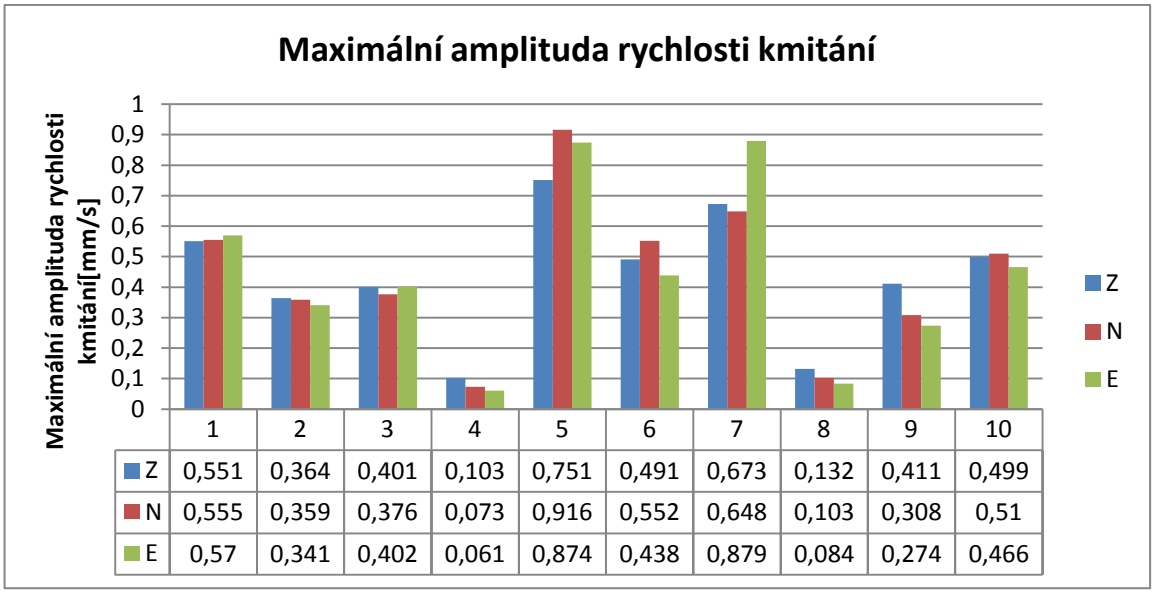
	1	2	3	4	5
Z	0,755	0,26	0,466	0,235	0,407
N	0,567	0,215	0,548	0,152	0,53
E	0,51	0,173	0,456	0,147	0,507

Graf 7: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků*

9.7 VHODNOCENÍ ČESKOBRATRSKÁ

Čas průjezdu	Z[mm/s]	N[mm/s]	E[mm/s]	Typ vlaku
13:22	0,551	0,555	0,57	Osobní
13:34	0,364	0,359	0,341	Osobní
13:44	0,401	0,376	0,402	Osobní
13:54	0,103	0,073	0,061	Osobní
14:05	0,751	0,916	0,874	Osobní
14:08	0,491	0,552	0,438	Nákladní
14:22	0,673	0,648	0,879	Osobní
14:24	0,132	0,103	0,084	Osobní
14:36	0,411	0,308	0,274	Osobní
14:52	0,499	0,51	0,466	Osobní

Tabulka 8: *Tabulka vybraných naměřených hodnot u pilíře mostu na ulici Českobratrská*



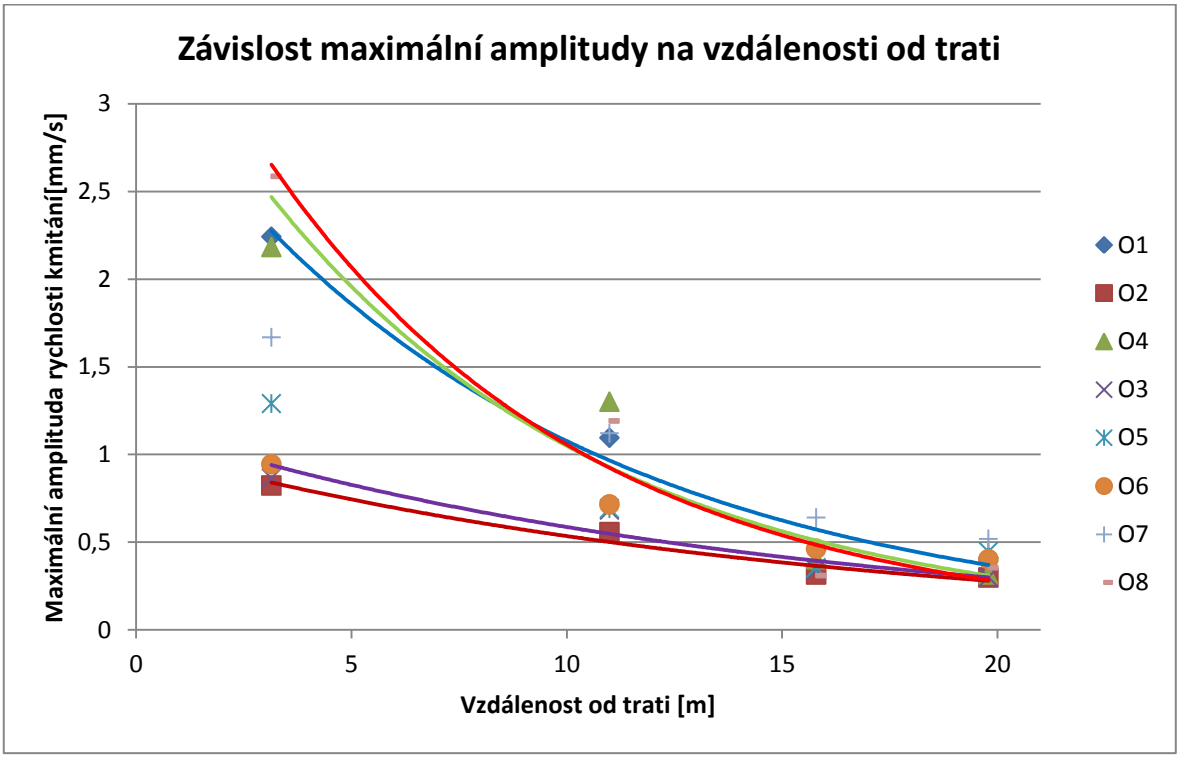
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z	0,551	0,364	0,401	0,103	0,751	0,491	0,673	0,132	0,411	0,499
N	0,555	0,359	0,376	0,073	0,916	0,552	0,648	0,103	0,308	0,51
E	0,57	0,341	0,402	0,061	0,874	0,438	0,879	0,084	0,274	0,466

Graf 8: *Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků*

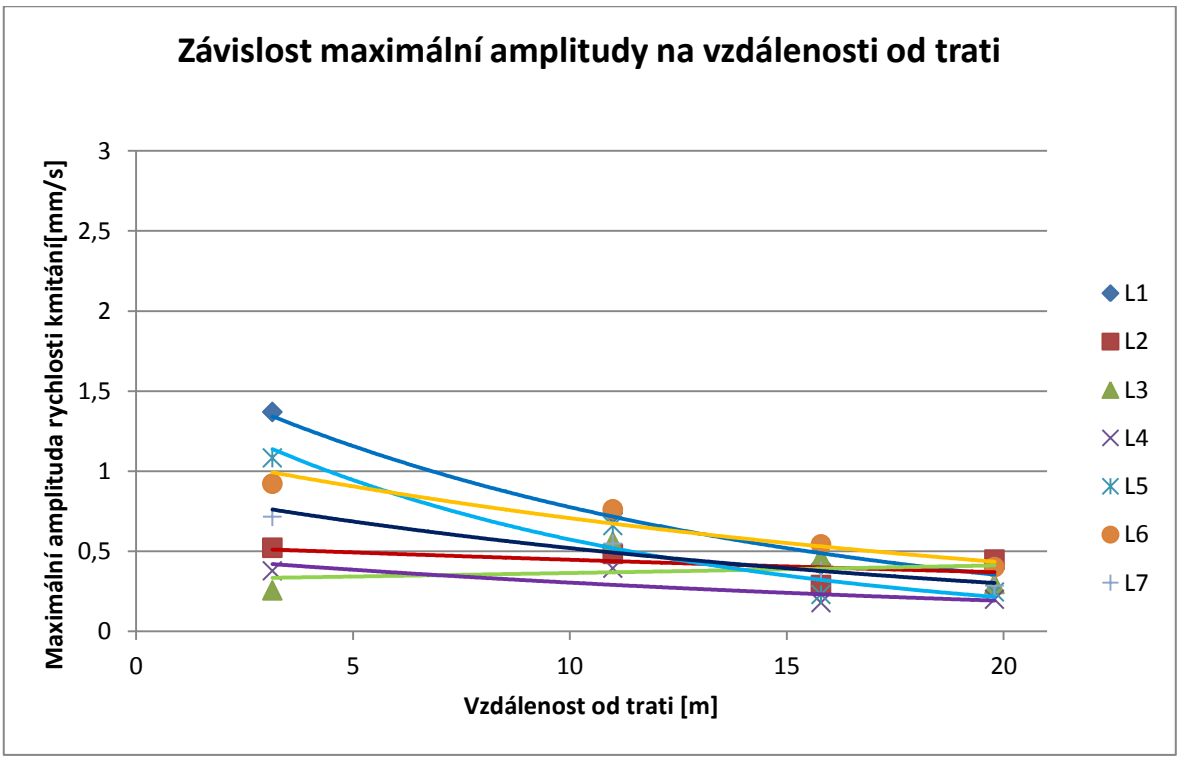
9.8 ÚTLUM HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ VE SLEDOVANÉ LOKALITĚ

Označení jevu	Černý	Oranžový	X	4	Typ přepravy	Čas průjezdu
O1	2,242	1,095	0,461	0,411	Osobní	10:23
O2	0,823	0,557	0,315	0,298	Osobní	10:28
O4	0,865	0,683	0,342	0,3	Osobní	10:57
O3	2,183	1,301	0,402	0,315	Osobní	10:53
O5	1,29	0,691	0,354	0,446	Osobní	11:12
O6	0,944	0,715	0,462	0,402	Osobní	11:56
O7	1,668	1,121	0,64	0,518	Osobní	11:15
O8	2,586	1,191	0,309	0,354	Osobní	12:04
N1	1,195	1,129	0,616	0,619	Nákladní	11:01
N2	1,16	0,974	0,616	0,553	Nákladní	11:10
N3	1,419	0,967	0,598	0,583	Nákladní	11:35
L1	1,371	0,739	0,417	0,393	Lokomotiva	10:29
L2	0,523	0,485	0,29	0,449	Lokomotiva	11:17
L3	0,257	0,561	0,464	0,297	Lokomotiva	11:32
L4	0,379	0,395	0,18	0,201	Lokomotiva	11:57
L5	1,084	0,661	0,231	0,247	Lokomotiva	11:59
L6	0,923	0,763	0,544	0,402	Lokomotiva	12:00
L7	0,717	0,549	0,378	0,286	Lokomotiva	12:03

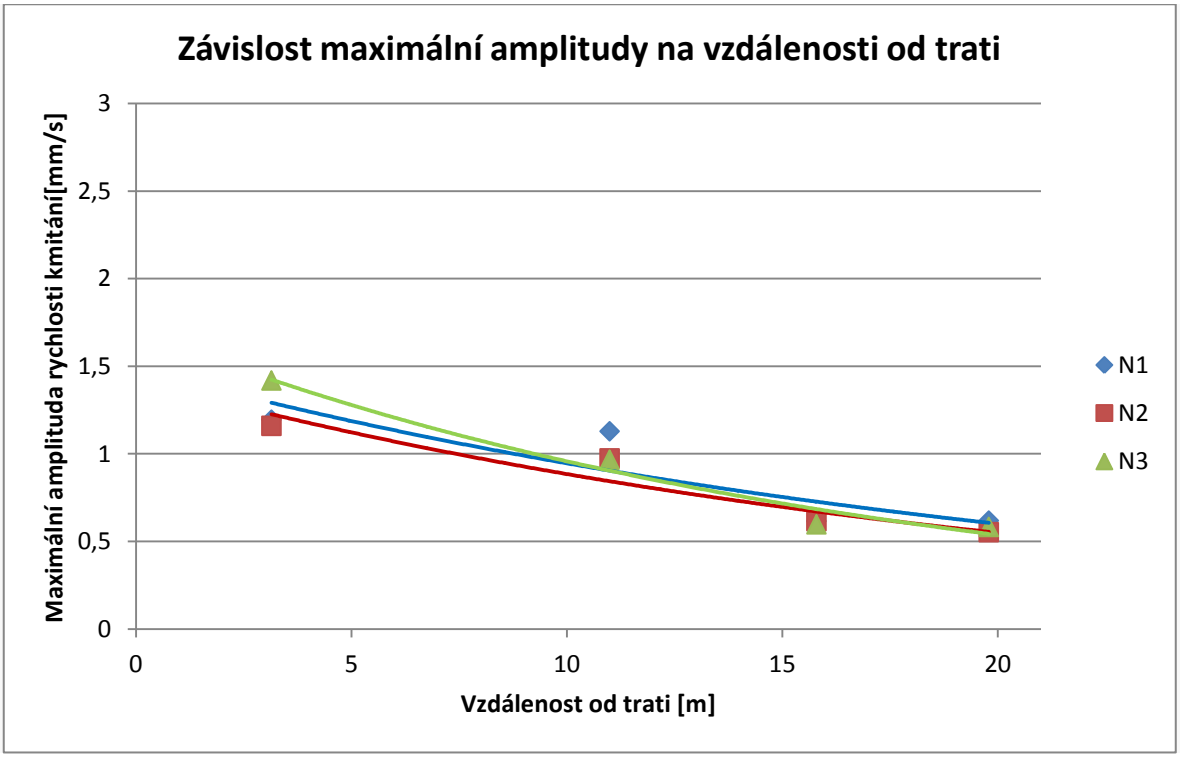
Tabulka 9: *Tabulka vybraných naměřených hodnot při profilovém měření*



Graf 9: *Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného vlaky osobní přepravy na vzdálenosti od trati*



Graf 10: *Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného lokomotivami na vzdálenosti od trati*



Graf 11: *Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného vlaky nákladní přepravy na vzdálenosti od trati*

10 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá dynamickou odezvou objektů na seizmické zatížení vyvolané železniční dopravou podél trati mezi stanicemi Ostrava hlavní nádraží a Ostrava střed. Cílem práce bylo provést několik měření v dané lokalitě a následně naměřené hodnoty vyhodnotit na základě maximálních amplitud rychlosti kmitání. K měření byly vybrány 3 soukromé objekty a 2 mosty. Součástí práce bylo také profilové měření útlumu horninového prostředí.

Měření v objektech byla vyhodnocována v časovém intervalu 12 hodin, měření u pilířů mostů a profilové měření bylo vždy vyhodnocováno v celém svém trvání. V rámci práce ve všech vyhodnocovaných časových úsecích bylo zaznamenáno dohromady 127 průjezdů vlaků osobní přepravy a 44 průjezdů vlaků přepravy nákladní. Pro přesnější informace byla prozkoumána projektová dokumentace některých objektů. Dále pomocí počítačové modelace na základě geologických vrtů byly získány bližší informace o geologickém podloží.

Veškeré vlaky projíždějící touto lokalitou se pohybují přibližně stejnou rychlostí. Díky tomu bylo možné porovnávat výsledky měření i přes neznalost rychlosti pohybu jednotlivých souprav. Dalším faktorem ovlivňujícím naměřené hodnoty byla skutečná hmotnost soupravy. Tuto hodnotu však nebylo možné určit ani dohledat.

Obecně nákladní vlaky vyvolaly výrazně vyšší amplitudu rychlosti kmitání než vlaky osobní, což bylo způsobeno výrazně vyšší hmotností plně naložených vlakových souprav, oproti soupravám osobní přepravy. Jediná měření, u kterých byla nejvyšší amplituda vyvolána průjezdem osobního vlaku, byla terénní měření u pilířů mostů. Tato měření měla délku pouze 1 a 1,5 hod a v tomto časovém úseku sledovanou lokalitou žádný plně naložený nákladní vlak neprojel.

Limitní hodnota kmitání nebyla u žádného ze sledovaných objektů překročena. Maximální naměřená amplituda měla hodnotu 0,337 mm/s ve vertikálním směru a limitní amplituda byla pro příslušný objekt 1 mm/s. Maximální využitá kapacita limitní rychlosti kmitání byla tedy 33,7%.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ INFORMACÍ

[1] KALÁB, Z. *Seizmická měření v geotechnice.* Ostrava: Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80- 2481795-5.

[2] Český normalizační institut. *ČSN 73 0040 - Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva.* Praha, 1996.

[3] Český normalizační institut. *ČSN 73 0031 - Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. Základní ustanovení pro výpočet*. Praha, 1988.

[4] ŘEHÁK, J. *Seizmická odezva tramvajové dopravy v zastavěné oblasti.* Ostrava: Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2014.

[5] KIČMER L. *Seizmická odezva významných objektů v oblasti města Ostravy vlivem tramvajové dopravy.* Ostrava: Vysoká škola báňská - technická univerzita Ostrava, 2016

[6] *Uživatelská příručka seismické měřící aparatury Gaia2T*. Vistec, 2006.

[7] *Uživatelská příručka seizmického senzoru ViGeo2.* Vistec, 2006.

[8] *Uživatelská příručka seismického dataloggeru BRS-32*. Tedia spol. s.r.o., 2013

[9] *Sešitový jízdní řád 301 nákladní*, Správa železničních dopravních cest, 2018

[10] *Sešitový jízdní řád 301 osobní*, Správa železničních dopravních cest, 2018

[11] Seizmická měření. *Geotechnici.* [Online] Dostupné z URL: http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/Monitoring_cviceni7_seismika.pdf.

[12] Technické památky, *Báňské nádraží* [online] Dostupné z URL: http://podzemi.solvayovylomy.cz/techpam/banska/banska.htm

[13] Městská jatka, Ostrava *Stavby v MS kraji* [online] Dostupné z URL: http://www.msstavby.cz/projekty/jatka/

[14] Báňská dráha, *Wikipedia* [online] Dostupné z URL: https://cs.wikipedia.org/wiki/Báňská_dráha

[15] Uhelné dráhy v Ostravsko-Karvinském revíru, *SPZ* [online] Dostupné z URL: http://spz.logout.cz/trate/bdr.html

[16] Ostrava-Stodolní, *Wikipedia* [online] Dostupné z URL: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ostrava-Stodoln%C3%AD

12 SEZNAM OBRÁZKŮ POUŽITÝCH V TEXTU

Obr. 1: Mapa báňské dráhy z roku 1942[12] 9
Obr. 2: Historická fotografie městských jatek [13] 9
Obr. 3: Mapa sledované oblasti z roku 2018 10
Obr. 4: Umístění vybraných vrtů 11
Obr. 5: Model geologického podloží 12
Obr. 6: Řez modelem geologického prostředí 12
Obr. 7: Seizmický datalogger BRS-32 13
Obr. 8: Seizmická stanice Gaia 14
Obr. 9: Seizmometr ViGeo2 15
Obr. 10: Příklad ustavení měřícího zařízení 16
Obr. 11: Mapa sledované oblasti s vyznačeným umístěním referenčních a měřících stanovišť a železničních stanic 20
Obr. 12: Pohled na objekt Porážková 1424/20 21
Obr. 13: Řez modelem v okolí sledovaného objektu 21
Obr. 14: Výkres řezu objektem 22
Obr. 15: Lokalizace objektu vůči železniční trati 22
Obr. 16: Referenční stanoviště 23
Obr. 17: Pohled na objekt Porážková 1132/42 23
Obr. 18: Řez modelem podloží v okolí sledovaného objektu 24
Obr. 19:Výkres řezu objektem 24
Obr. 20: Lokalizace objektu vůči železniční trati 25
Obr. 21:Referenční stanoviště 25
Obr. 22: Pohled na objekt Plynární 18 26
Obr. 23: Řez modelem podloží v okolí sledovaného objektu 26
Obr. 24: Lokalizace objektu vůči železniční trati 27
Obr. 25: Referenční stanoviště 27
Obr. 26: Lokalizace objektu vůči železniční trati 28
Obr. 27: Složení referenčního vrtu 29
Obr. 28: Měřící stanoviště 29
Obr. 29: Lokalizace objektu vůči železniční trati 30
Obr. 30: Složení referenčního vrtu 31
Obr. 31: Měřící stanoviště 31
Obr. 32: Schéma rozmístění seizmických senzorů 32
Obr. 33: Řez podložím sledovaného profilu 32
Obr. 34: Lokalizace měřícího stanoviště vůči železniční trati 33
Obr. 35: Měřící stanoviště 33
Obr. 36: Seizmický záznam v softwaru BRmonitor 34
Obr. 37: Detail záznamu průjezdu vlaku v čase 12:02 v softwaru BRmonitor 35
Obr. 38: Seizmický záznam v programu SWIP 36
Obr. 39: Detail průjezdu vlaku v čase 12:02 v programu SWIP 36

13 SEZNAM GRAFŮ POUŽITÝCH V TEXTU

Graf 1: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy 37
Graf 2: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy 38
Graf 3: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy 39
Graf 4: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy 39
Graf 5: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků osobní přepravy 40
Graf 6: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků nákladní přepravy 41
Graf 7: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků 41
Graf 8: Maximální amplitudy rychlostí kmitání vyvolaného průjezdy vlaků 42
Graf 9: Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného vlaky osobní přepravy na vzdálenosti od trati 43
Graf 10: Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného lokomotivami na vzdálenosti od trati..... 44
Graf 11: Závislost maximální amplitudy rychlosti kmitání vyvolaného vlaky nákladní přepravy na vzdálenosti od trati 44

14 SEZNAM TABULEK V TEXTU

Tabulka 1: Tabulka třídy významu objektů [3] 17
Tabulka 2: Třídy odolnosti objektů[2] 18
Tabulka 3: Mezní hodnoty efektivní rychlosti v_{ef} v mm/s[2] 18
Tabulka 4 : Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Porážková 1424/20 37
Tabulka 5: Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Porážková 1132/42 38
Tabulka 6: Tabulka vybraných naměřených hodnot v objektu Plynární 18 40
Tabulka 7: Tabulka vybraných naměřených hodnot u pilíře mostu na ulici 28. října 41
Tabulka 8: Tabulka vybraných naměřených hodnot u pilíře mostu na ulici Českobratrská 42
Tabulka 9: Tabulka vybraných naměřených hodnot při profilovém měření 43