

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hluková zátěž okolí při likvidaci stavební sutě a výrobě recyklátu

Vedoucí práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor: Jan Vejvoda

2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne.....

.....

Jan Vejvoda

Poděkování

Děkuji Ing. Marii Šístkové, CSc. a za cenné rady, projevenou trpělivost a ochotu při zpracovávání bakalářské práce.

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na zátěž okolí hlukem způsobeným likvidací demoličního odpadu a výrobou recyklátu. Teoretická část se zabývá technologií recyklace demoličních odpadů a jejich využitím. Měření se zaměřují na zátěž okolí a jejich porovnání s legislativou. Pro činnosti s nadlimitními hladinami hluku se stanoví opatření pro snížení zátěže životního prostředí hlukem.

Klíčová slova

hluk, ekvivalentní hladina akustického tlaku, recyklace

Annotation

This bachelor's thesis deals with the burden of environmental noise caused by disposal of demolition waste and its recycling. The theoretical part is focused on the demolition waste recycling technology and the use of recycled products. The measurements show environmental burden, and results are compared against the legislation. For activities that produce noise above noise limits, environmental noise reduction measures are determined.

Key words

noise, equivalent sound pressure level, recycling

Obsah

1	Úvod.....	10
1.1	Cíle práce.....	10
2	Literární přehled	11
2.1	Zvuk.....	11
2.2	Hluk.....	11
2.3	Vliv hluku na člověka.....	11
2.4	Recyklace stavebního a demoličního odpadu.....	12
2.4.1	Charakteristika demoličního odpadu	13
2.4.1.1	Stavební suť	13
2.4.1.2	Stavební odpady ze stavenišť	13
2.4.1.3	Zeminy a další výkopové materiály.....	14
2.4.2	Technologický postup.....	15
2.4.2.1	Předtřídění	15
2.4.2.2	Drtiče	16
2.4.3	Využití recyklátu	19
2.4.3.1	Recyklované kamenivo.....	19
2.4.3.2	Cihelný recyklát.....	20
3	Metodika	22
3.1	Volba měřicího místa	22
3.2	Atmosférické podmínky během měření	22
3.3	Měřicí zařízení.....	22
3.3.1	Hlukoměr Brüel & Kjær 2270	22
3.3.2	Hlukoměr Voltcraft SL-400.....	23
3.3.3	Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional.....	23
3.3.4	Meteorologická stanice EMOS KL 4900	23
3.4	Postup měření	24

3.5	Umístění stanovišť	24
3.6	Použité vzorce	25
4	Naměřené hodnoty	26
4.1	Měření číslo 1	26
4.2	Měření číslo 2	27
4.3	Měření číslo 3 a 4	28
4.4	Měření číslo 5 a 6	29
4.5	Měření číslo 7	30
4.6	Měření číslo 8	31
4.7	Měření číslo 9	33
4.8	Měření číslo 10	34
4.9	Měření číslo 11	35
4.10	Měření číslo 12	36
4.11	Měření číslo 13	37
4.12	Měření číslo 14	38
5	Porovnání naměřených hodnot a diskuze	39
5.1	Vliv projíždějících vozidel	40
6	Závěr	41
7	Zdroje	43

1 Úvod

1.1 Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je provést měření hlukové zátěže okolí během prací na demolici budovy a recyklaci stavební sutě, dále stanovit okruh se zvýšenou hlučností způsobenou demoličními a recyklačními pracemi, naměřené hodnoty zpracovat a porovnat je s hygienickými limity stanovenými Vládou České Republiky. V případě nadlimitních hodnot navrhnout protihluková opatření.

2 Literární přehled

2.1 Zvuk

Zvuk je mechanické vlnění pohybující se směrem od zdroje do prostředí. Zvuk je vyvoláván kmitáním zdroje zvuku a šířením vln v elastickém prostředí. Lidské ucho je schopné zachytit frekvence vlnění od 16 Hz do 20000 Hz. Pásmo pod hranicí se nazývá infrazvuk, pásmo nad hranicí 20000 Hz se nazývá ultrazvuk.

Pro šíření hluku je důležité prostředí, ve kterém se vlny pohybují. Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách nebo pevných látkách. Protože je mechanickým vlněním, nemůže se šířit ve vakuu. [1]

2.2 Hluk

Hluk je dle ČSN 011600 jakýkoliv zvuk, který má škodlivý účinek nebo vyvolává nepříjemný nebo rušivý vjem.

2.3 Vliv hluku na člověka

Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou obecně definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, které vedou ke zhoršení jeho funkcí, ke snížení kompenzační kapacity vůči stresu nebo zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí. [2]

Negativní účinky hluku je možné s určitým zjednodušením rozdělit na orgánové účinky (specifické a nespecifické), rušení činností (spánku, řečové komunikace, osvojování řeči a čtení) a vlivy na subjektivní pocity (obtěžování). Specifické účinky se projevují poruchami činnosti sluchového analyzátoru. U nespecifických účinků dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, často se na nich podílí stresová reakce a ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí. Hluk tak může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patologického děje u chorob s multifaktoriálními příčinami. [2]

Za dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku v denní době je v současnosti považováno poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární

system a nepříznivé působení na osvojování řeči a čtení u dětí. V noční době tj. v době spánku a fyziologické regenerace jsou za dostatečně prokázané považovány změny fyziologických reakcí (kardiovaskulární aktivita, EEG zaznamenaná aktivita mozku atd.), poruchy spánku a zvýšené užívání léků na spaní (NIGHT NOISE GUIDELINES (NNGL)FOR EUROPE). [2]

Omezené důkazy jsou např. u vlivů hluku na hormonální a imunitní systém, na některé biochemické funkce, ovlivnění placenty a vývoje plodu, nebo u vlivů na mentální zdraví sociální chování a výkonnost člověka. U nočního hluku jsou omezené důkazy navíc (kromě výše uvedených) u vlivů na kardiovaskulární systém, obezitu, poruchy duševního zdraví, následné pracovní úrazy a zkrácení očekávané délky života. [2]

Působení hluku v životním prostředí je ovšem nutné posuzovat i z hlediska ztížené komunikace řeči a zejména pak z hlediska obtěžování, pocitů nespokojenosti, rozmrzelosti a nepříznivého ovlivnění pohody lidí. Zařazení těchto vlivů mezi zdravotní účinky hluku vychází z definice zdraví WHO, kdy se za zdraví nepovažuje pouze nepřítomnost choroby, nýbrž je chápáno v celém kontextu souvisejících fyzických, psychických a sociálních aspektů. [2]

2.4 Recyklace stavebního a demoličního odpadu

Lidskou činností vzniká mnoho odpadů. Jednou ze skupin jsou i odpady ze staveb a demolicí. Tyto jsou v katalogu odpadů ukryty pod číslem 17 s názvem stavební a demoliční odpady. Tato skupina zahrnuje následující položky: zdivo, keramické obklady, beton, střešní tašky, dřevo, sklo, plasty, asfaltové směsi a výrobky z dehtu, kovy (včetně jejich slitin), vytěžená zemina, kamenivo a vytěžená hlušina. Dále pak izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu. [3]

Tyto položky vznikají několika cestami. Jednak při bourání starých budov, případně při jejich rekonstrukcích, jednak při stavbách nových, při kterých se těží výkopové zeminy a kamenivo, které není možné využít přímo v místě stavby. Mnoho z těchto komodit lze použít znovu. Ušetří se tím nejen ztenčující se přírodní zdroje, ale i místo, které by bylo potřebné pro jejich skládkování.

Recyklace stavebního a demoličního odpadu přináší benefity nejenom ekologické, ale i ekonomické. Vyrobené stavební recykláty, kterými je nahrazováno přírodní kamenivo, je možné pořídit za zlomkovou cenu přírodního kameniva. V mnoha případech je navíc značně omezena dopravní vzdálenost, což má opět pozitivní ekonomický i ekologický efekt. [4]

2.4.1 Charakteristika demoličního odpadu

2.4.1.1 Stavební suť

Stavební suť vzniká především při demolicích starých staveb, její složení je velmi různorodé. Nejvíce jsou zastoupeny cihly ze zdiva, betony, železobetony, malty a omítky, sádry, keramické materiály, ale i asfalt, barvy, lepidla. Je proto nutná její úprava. Nejvýhodněji se jeví její roztřídění a následné využití jednotlivých složek, čímž vzniknou plnohodnotné náhrady prvotních surovin. Nejprve musí být materiál roztříděn podle druhů, následně očištěn od nežádoucích příměsí a upraven pro další využití. Betonové částice lze použít jako náhradu kameniva v méně únosných podkladových vrstvách, nebo jako příměs do betonů různé kvality blížící se běžnému betonu. Z důvodu nízké pevnosti v tlaku má omezené použití cihlová drť. Používá se do stavebních hmot, jako plnivo do cihlobetonu, využití má na zásypy cest. Jemná drť je využívána k úpravě tenisový kurtů, kde nahrazuje antuku. Stavební ocel je možné využít na nové stavbě, nebo zhodnotit v kovošrotu. Využití ostatních částí (dřevo, plasty) je velmi omezené, přesto lze recyklací hlavních částí získat výhodně druhotné suroviny. [3]

2.4.1.2 Stavební odpady ze stavenišť

Stavební odpady ze stavenišť jsou všechny zbytky, které vznikají při asanaci staveb a v nové výstavbě. Skládají se z minerálních složek, dřeva, železných a neželezných kovů, plastů, papíru, lepenky, organických zbytků, skla i zvláštních odpadů (nátěrové hmoty, organická lepidla apod.). Největší podíl tohoto odpadu (více než 50 %) tvoří inertní materiály (písek, kamenivo, zemina, zbytky betonu), další podíly (cca 33 %) spalitelné látky (dřevo, lepenka, papír), malé procento tvoří plasty. [3]

2.4.1.3 Zeminy a další výkopové materiály

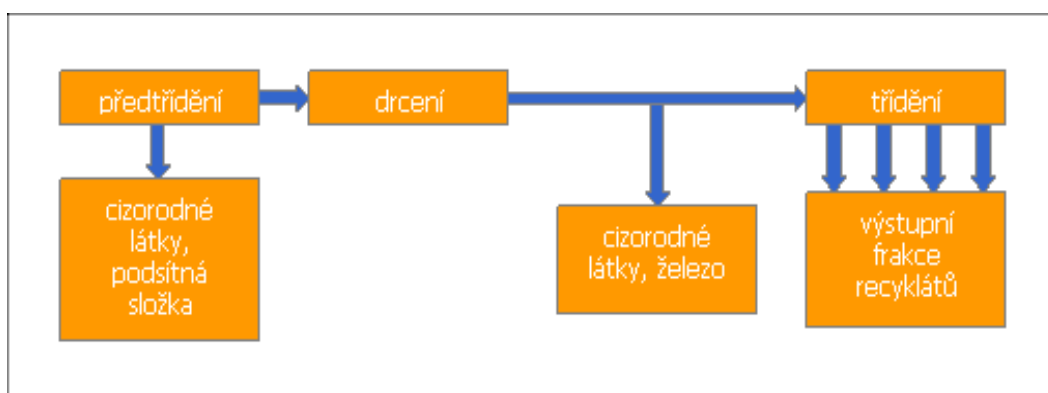
Zeminy a další výkopové materiály jsou převažující složkou stavebních materiálů. Jsou to materiály inertního charakteru, což teoreticky usnadňuje jejich další využití ve stavební činnosti, ovšem jen pro málo náročné konstrukce. Hlavní možností je využít tyto materiály přímo na místě stavby - vyrovnáním bilancí výkopů a násypů u zemních prací. Další možností v případě přebytků těchto materiálů je využít je podobně jako u materiálů ze skrývek k vytváření protihlukových valů u komunikací a terénních valů ke snižování intenzity převládajících větrů za účelem snížení energetické náročnosti přilehlých obytných objektů. [3]

2.4.2 Technologický postup

Aby byl recyklovaný materiál skutečně použitelný, musí být vyroben v určité kvalitě. Na to má podstatný vliv použitá technologie recyklace. Ta je závislá nejenom na samotné technologii, ale i na celkové organizaci práce a logistice včetně dopravy materiálu a jeho dočasném skladování a třídění. [3]

Tento postup se skládá ze tří základních procesů:

- předtřídění
- drcení
- třídění



Obrázek 1 - Blokové schéma recyklace [5]

2.4.2.1 Předtřídění

Pro získání kvalitního recyklátu je nutné již na stavbě přistoupit k separaci jednotlivých složek alespoň na následující skupiny:

- inertní minerální materiál
- kovy
- dřevo a další organické části
- nebezpečný odpad

Inertní minerální materiál je vhodné roztrždit na následující části

- cihelná stavební suť
- betonová suť
- výkopové zeminy a materiály [5]

2.4.2.2 Drtiče

- Čelist'ové
- Odrazové
- Kuželové

Čelist'ový dvouvpěrný drtič

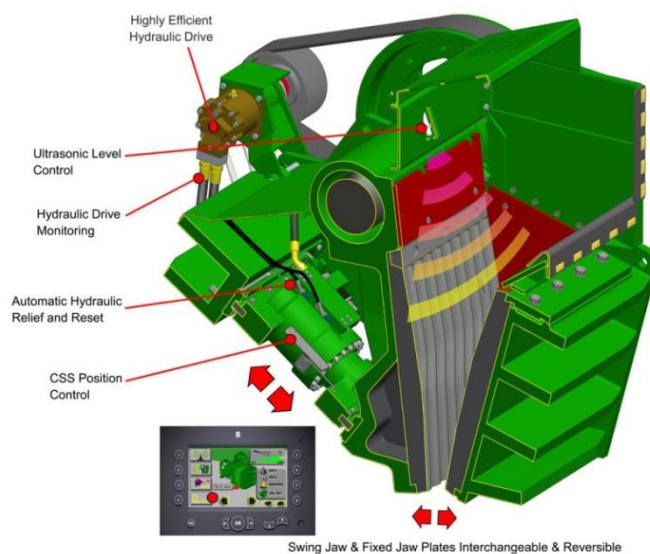
Tento drtič je založen na jednoduchém kývavém pohybu jedné čelisti proti statické pozici druhé čelisti. Osa kyvadla je umístěna na rámu drtiče, na kterém kyvadlo s pohyblivou čelistí vykonává kývavý pohyb vůči pevné čelisti spojené pevně s rámem drtiče. Kývavý pohyb kyvadla je způsoben přenosem otáčení výstředného hřídele na pohyb ojnice, která svůj pohyb přenáší přes vzpěrné desky na kyvadlo. Dvouvpěrný čelist'ový drtič slouží k prvotnímu hrubému drcení materiálů jako vstupní operátor. Nejvíce se používá na zpracování nerostů jako vápenec, žula, diabas, kazivec a k recyklaci stavebních odpadů.

Je určen k drcení extrémně tvrdých a abrazivních materiálů. Bývá zpravidla předřazen jednovzpěrnému čelist'ovému drtiči v posloupnosti drtících operací a slouží k rozdrcení velkých kusů materiálu. [6]

Čelist'ový jednovzpěrný drtič

Tento drtič je na rozdíl od dvouvpěrného čelist'ového drtiče založen na složeném pohybu kyvadla s pohyblivou čelistí vůči pevné čelisti. Tento pohyb je realizován spojením posuvného a kývavého pohybu. Pevná čelist je pevně spojena s předním čelem rámu drtiče. Tento složený pohyb kyvadla je příčinou otáčení tzv. výstředníkového hřídele. Jednovzpěrný čelist'ový drtič je obdobně jako dvouvpěrný určen jako vstupní zdrobňovací zařízení. Zpravidla bývá díky vyššímu stupni

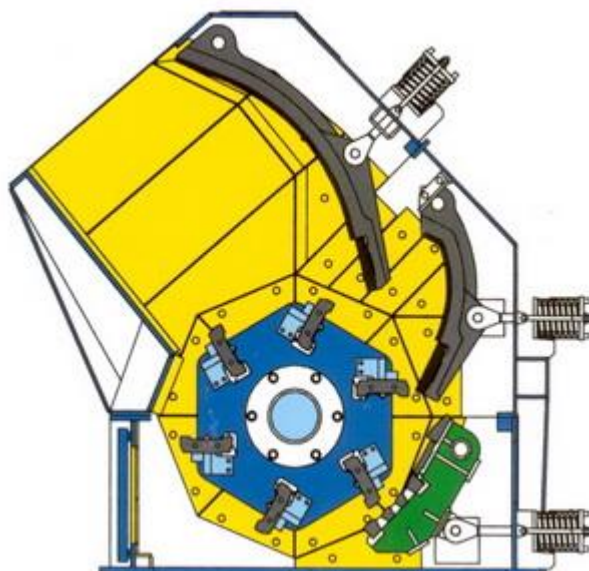
zdrobnění, menším rozměrům, lepší tvarové hodnotě a nižší hmotnosti zrn řazen za dvouvzpěrným čelist'ovým drtičem pro vylepšení výsledného produktu. [6]



Obrázek 2 - Schéma jednovzpěrného čelist'ového drtiče [7]

Odrazový drtič

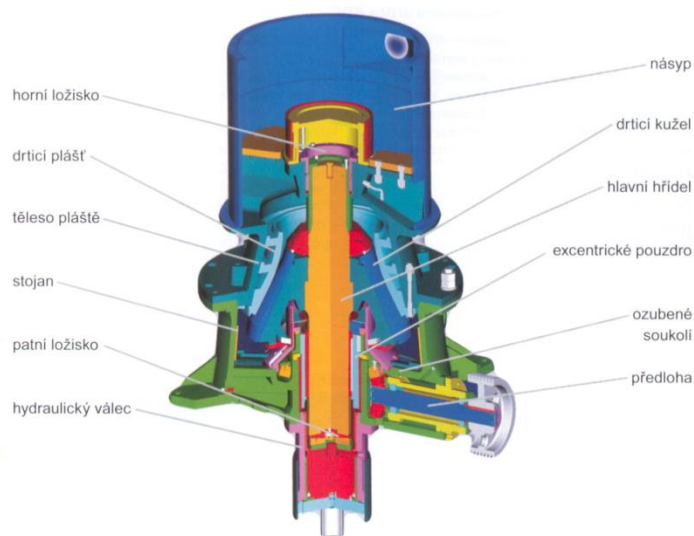
Tento drtič pracuje na principu otáčení úderových kladiv umístěných na rotoru mechanismu. Skříň kolem těchto lišt je obložena pancéřovanými, ořezuvzdornými odrazovými deskami. Drcený materiál je do tohoto mechanismu vháněn určitou počáteční rychlostí a při kontaktu s otáčejícími lištami je dále urychlován a drcen nárazem na odrazové desky. Produkt odrazových drtičů je drobnější než materiál podrcený drtičem čelist'ovým, avšak obsahuje daleko více jemných drobných částic, což může být někdy nevýhodné. Odrazové drtiče se používají především pro primární drcení velkých kusů materiálu, jako například štěrk, písek, fonolit z přírodních materiálů. Z recyklovaných materiálů se jedná o beton, armovaný beton a živičné povrchy cest. [6]



Obrázek 3 - Řez odrazovým drtičem [8]

Kuželový drtič

Kuželové drtiče dosahují daleko větší jemnosti výsledného rozdrčeného materiálu, a proto se používají pro sekundární a následné drtící operace. Slouží zejména pro zpracování velmi tvrdých, abrazivních, nelepivých přírodních nerostů o vysoké pevnosti v tlaku. Jedná se především o žulu, čedič a křemen. Výjimečně se používají k recyklaci kameniva (pouze kolejové lože). U kuželových drtičů je potřeba vyvarovat se příliš měkkým materiálům neboť se jimi drtič díky svému konstrukčnímu uspořádání snadno zanáší. [6]



Obrázek 4 – Řez kuželovým drtičem [9]

2.4.3 Využití recyklátu

2.4.3.1 Recyklované kamenivo

- Recyklovaný zásypový štěrka
- Podkladový materiál
- Kamenivo do živičných směsí
- Zdící malty
- Náhrada kameniva do vláknobetonů [10]

Vláknobetony

Vláknobeton označuje skupinu kompozitních materiálů na bázi betonu s rozptýlenými vlákny výztužných materiálů. Tato vlákna zvyšují pevnost materiálu, díky tomu je možné při zachování pevnosti nahradit přírodní kamenivo kamenivem recyklovaným. [11]

Pevnost v tlaku, v tahu, modul pružnosti a objemová hmotnost se snižuje se zvýšením procenta náhrady recyklovaným kamenivem (pro 100% RB snížení o 15-23%). Náhrada kameniva 25-30% recyklovaným betonem se na tlakové pevnosti téměř neprojeví. [11]

Z provedených zkoušek se ukázalo, že výroba tohoto vláknobetonu je technologicky nenáročná, avšak vyžaduje větší zkušenosti a vyšší pracovní kázeň. Lze ji uskutečnit s minimálními náklady co se spotřeby a skladování komponentů týče. Vlákna se zde uplatňují svou schopností přenášet tahová namáhání i po vzniku trhliny. Jsou v kompozitu zakotvena a podporují jeho soudržnost.

Tato schopnost ukazuje na výhodu využití tohoto vláknobetonu do deformačního prostředí zemních konstrukcí a hrází. Využitím recyklátů se vytvoří v betonu pórovitá a mezerovitá struktura, je-li vystavena namáhání, umožňuje posun především hrubších zrn recyklátu, aniž by byla narušena soudržnost vláken s těmito zrny. Pórovitá struktura umožňuje pronikání vody, což v případech aplikací vláknobetonu např. desek ztužujících násypy nebo hráze, je podmínkou. Pórovitá struktura též neumožňuje užití ocelových vláken z důvodu koroze. Od vysoké

pórovitosti se odvíjí i nižší objemová hmotnost při porovnání s běžnými hutnými vláknobetony.

Jedna ze studií Vodičky a kol. se zabývá využitím vláknobetonu s plnou náhradou kameniva recyklátem jako ztužujících vrstev v zemních tělesech. Konkrétně například zvýšením odolnosti zemní hráze při povodních (přelitím vodou) vložením ztužujících vrstev z vláknobetonů. V laboratořích byl vytvořen model pro simulaci. Byl řešen příklad vyztužení svahu v porovnání svahu bez vyztužení. Na základě výpočtů byl zaznamenán pozitivní vliv vložených desek. Podobně by tyto vláknobetonové desky mohly najít uplatnění při řešení zemních náspů. [12]

2.4.3.2 Cihelný recyklát

Cihelný recyklát je nejvíce používán jako zásypový materiál. Zvýšení kvalit zpracování a čistoty recyklátu však tento materiál pozvedají na vyšší úroveň a je předmětem zkoumání jejich využití v různých aplikacích. [12]

Zásypový materiál

Cihelný recyklát se stále nejčastěji používá jako zásypový materiál pro podkladní vrstvy cest, vozovek, komunikací, vyrovnávání povrchů a další terénní úpravy. Uplatnění nachází také při úpravách v zahradní architektuře. [12]

Antuka

Antuka se vyrábí rozemletím zlomků nebo celých výrobků z pálené hlíny na definovanou zrnitost. Materiálem jsou zlomky cihel a především pak pálených střešních tašek. Výrobu provází zvýšená kontrola kvality materiálu. Kladen je zde důraz na čistotu materiálu, jakožto i na jeho složení a vlastnosti.

Používá se především k výstavbě a údržbě povrchů tenisových kurtů a dalších sportovišť. Hrubší materiál se také používá pro úpravu cest, hrobů, jako vylehčující materiál substrátů pro kaktusy, podestýlky pro domácí zvířata, apod. Antuka se vyrábí v různých frakcích, nejčastěji jako jemná (0-1 mm), střední (0-2 mm), hrubá (0-3 mm) a drť (nad 3 mm). [12]

Beton s cihelným recyklátem

Zvažuje se jeho využití především v nekonstrukčních betonech: betonové dlažby a bloky, prvky zahradní architektury, obkladové prvky, apod. Na vlastnosti výsledného betonu (pevnost, trvanlivost, apod.) má obecně vliv obsah cementu, použití mokrého/suchého kameniva, pevnost a kvalita cihelné drti nahrazující klasické kamenivo. S vyšším podílem cihelné drti jako náhrady přírodního kameniva se snižuje objemová hmotnost betonu. Pevnost v tlaku a pevnost v tahu klesá se zvyšujícím se podílem cihelné drti. Nasákavost se výrazně zvyšuje se zvyšujícím se podílem cihelné drti. Použití příměsí (popílků, mikrosiliky) jemných podílů do betonu s cihelnou drtí má příznivý vliv na růst pevností, snížení nasákavosti. [12]

Přídavek do cementu

V dnešní době jsou již běžnými příměsemi a částečnými náhradami cementu (především portlandského) v maltách a betonech například vysokoteplotní popílků, mikrosilika nebo přírodní a umělé pucolány. Vyznačují se pucolánovou schopností a mohou zlepšovat některé vlastnosti, kterých se s použitím cementu jako pojiva samotného nedosáhne, např. zpracovatelnost, pevnost, trvanlivost. Tyto příměsi se vyznačují vysokou jemností a obsahem látek (především amorfního charakteru), které jsou schopny za určitých podmínek reagovat s $\text{Ca}(\text{OH})_2$ za vzniku hydratačních produktů, které jsou podobné produktům při hydrataci portlandského cementu. Výroba cementu se v posledních letech podílí na produkci škodlivých emisí do ovzduší celosvětově asi 7 % ročně. Použití pomletého cihelného odpadního střepe s pucolánovými vlastnostmi pro výrobu pucolánových cementů by tak mohlo být jedním z řešení v problému úspory energie a ekonomických nákladů, zpracování a minimalizace odpadů, úspor přírodních zdrojů a podpory ekologické rovnováhy. [12]

Náhrada písku v maltách

Použitím cihelného plniva do malt se očekává zejména zvýšení tlakové pevnosti, kdy tento materiál bude mít takový měrný povrch, že bude v maltě působit jako mikroplnivo a též díky pucolánovému efektu, který zapříčiňuje některé složky v cihelném odpadu (amorfní křemičito-hlinité fáze). Zvýší se kompaktnost a sníží se propustnost této malty. [12]

3 Metodika

3.1 Volba měřicího místa

Měření probíhalo v blízkém okolí bouraného pavilonu G Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity. Stanoviště měření byla zvolena s ohledem na sousedící zástavbu, silnici a učební prostory university. Měření probíhala ve dnech 11. 4. 2012 a 17. 4. 2012. Jednotlivá stanoviště jsou zakreslena do přiložené mapy (obrázek číslo 6).

3.2 Atmosférické podmínky během měření

11. 4. 2012

Tabulka 1 – Atmosférické podmínky 11. 4. 2012

Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost W [%]	Atmosférický tlak p [hPa]	Rychlost větru v [m*s ⁻¹]
17,2	36	943	bezvětrí

17. 4. 2012

Tabulka 2 – Atmosférické podmínky 17. 4. 2012

Teplota vzduchu t [°C]	Relativní vlhkost W [%]	Atmosférický tlak p [hPa]	Rychlost větru v [m*s ⁻¹]
15,5	25	959	bezvětrí

3.3 Měřicí zařízení

3.3.1 Hlukoměr Brüel & Kjær 2270

Dvoukanálový přístroj třídy 1 umožňuje měření od 16,6 do 140dB při frekvenčním rozsahu 4.2 Hz-22.4 kHz. Je vybaven dotykovým displejem, vestavěným softwarem BZ-7222 pro ukládání a analýzu měřeného hluku. Naměřená a analyzovaná data je možné prohlížet přímo na displeji. Přístroj je též vybaven rozhraním USB a LAN pro komunikaci s počítačem. Data jsou ukládána do

vestavěné paměti, nebo na paměťové SD, případně CF karty. Napájen je lithium-iontovým akumulátorem.



Obrázek 5 - Hlukoměr Brüel & Kjær 2270 [13]

3.3.2 Hlukoměr Voltcraft SL-400

Hlukoměr třídy 2 umožňuje měření od 30 do 130 dB při frekvenčním rozsahu 31,5 – 8000 Hz. Přístroj je vybaven datalogerem pro ukládání dat. Pro spojení s počítačem je vybaven USB portem. Napájen je 9V baterií nebo síťovým adaptérem.

3.3.3 Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional

Tento přístroj pro bezkontaktní měření vzdálenosti je vybaven laserovým zářičem třídy II, umožňuje měření vzdáleností od 0,5 do 50 m. Napájen je čtyřmi bateriemi LR03. Udávaná přesnost dle výrobce je +/- 1,5 mm.

3.3.4 Meteorologická stanice EMOS KL 4900

Meteorologická stanice je vybavena základní stanicí, bezdrátovým čidlem pro měření teploty a vlhkosti vzduchu a bezdrátovým snímačem rychlosti a směru větru. Měřicí rozsah venkovní teploty a vlhkosti vzduchu je -20°C až +70°C, respektive 20 – 95% relativní vlhkosti. Deklarovaná přesnost dosahuje +/- 7%, přesnost měření teploty +/- 1°C.

3.4 Postup měření

Měření na každém stanovišti probíhalo ve výšce 1,5 m po dobu 240 sekund s intervalem měření 1 sekundy.

Vlastní měření začalo stisknutím spouštěcího tlačítka. U přístroje Brüel a Kjaer 2270 bylo možno průběh měření přerušit s následným pokračováním do stejného souboru. Tohoto bylo využíváno při průjezdu automobilů mezi měřenými stroji a hlukoměrem, který byl umístěn u obytných budov umístěných za silnicí.

Naměřené hodnoty byly následně přeneseny do počítače, kde byly zpracovány. Zpracování proběhlo pomocí softwaru MS Excel 2010, kde byla vypočítána ekvivalentní hladina akustického tlaku, respektive minimální a maximální hodnoty daného měřicího bodu. U druhého měřicího přístroje výpočet ekvivalentní hladiny nebyl nutný, jelikož přístroj statistická data vypočítává automaticky.

3.5 Umístění stanovišť



Obrázek 6 – Umístění stanovišť [zdroj: mapy.cz]

3.6 Použité vzorce

$$L_{AeqT} = 10 \times \log\left(\frac{1}{T} \times \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{AEi}}{10}}\right) \quad (1)$$

Kde: ... L_{AeqT} ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]

..... T časový úsek [s]

..... L_{AEi} i-tá hladina [dB] [15]

4 Naměřené hodnoty

4.1 Měření číslo 1

Stanoviště pro první měření bylo umístěno u zástěny podél silnice. Zástěna a měřicí přístroje byly vzdáleny od silnice 15 m u prvního měření. Vlastní zdroj hluku byl vzdálen 30 m. Zdrojem hluku v tomto případě bylo rozdrůžování a nakládání sutě na odvozní zařízení. Nakládání bylo prováděno rýpadlem JCB JS 210 LC, odvoz zajišťoval nákladní automobil Tatra T815 6x6.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku činila 65,60 dB. Maximální hladina akustického tlaku dosahovala 83,00 dB, minimální byla 52,50 dB.

Hodnoty byly ovlivněny projíždějícími vozidly.

Během prací bylo narušeno okolí hlukem převyšujícím hygienický limit 50 dB [15]. V místě měření nebylo užito žádných protihlukových opatření. Navrhují proto aplikaci tlumící textilie na oplocení staveniště.



Obrázek 7 - Nakládání demoličního odpadu [zdroj: autor]

4.2 Měření číslo 2

Druhé stanoviště bylo umístěno ve vzdálenosti 39 m od silnice, tímto byl částečně eliminován hluk dopravy. Oplocení i měřicí přístroj byly od zdroje hluku vzdáleny 26 m. Zdrojem hluku bylo jako při prvním měření nakládání demoličního odpadu a jeho odvoz výše uvedenými stroji.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku dosahovala 60,80 dB. Minimální hladina akustického tlaku činila 49,60 dB, maximální hladiny byla 76,70 dB.

Opatření pro snížení hluku jsou potřebná i na tomto místě. Navrhuji obdobné opatření jako v předchozím případě.



Obrázek 8 - Nakládání demoličního odpadu [zdroj: autor]

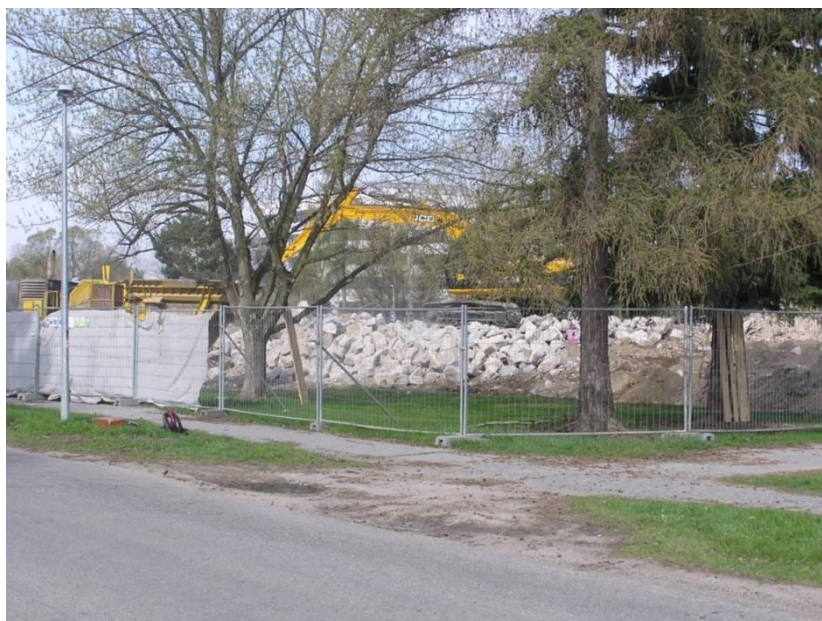
4.3 Měření číslo 3 a 4

Tato měření byla prováděna na stejném místě. Tento bod byl volen s ohledem na blízkost obytné zástavby. Mezi měřicím bodem a zdrojem hluku vede silnice Na Sádkách. Vzdálenost od primárního zdroje hluku činila 51 m. Při měření číslo 4 bylo pozastaveno nahrávání, pokud projížděla vozidla po silnici mezi zdrojem hluku a měřicím zařízením. Zdrojem hluku bylo při tomto měření vytváření deponie rozdružených betonových bloků pomocí rýpadla JCB JS 210 LC.

Minimální hladina akustického tlaku činila 54,80 dB při běžném provozu, respektive 56,80 při měření bez projíždějících vozidel. Maximem bylo 80,20; respektive 65,70 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku činila během měření s projíždějícími vozidly 65,70 dB, popřípadě 59,60 dB při měření, kdy bylo měření pozastavováno.

Měření na tomto místě bylo též měřeno pomocí hlukoměru Voltcraft SL-400. Minimální hladina činila 49,90dB, maximální výše dosahovala 78 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovná 65,80 dB.

Hlukový limit byl překročen i v blízkosti obytné zástavby. Jako dostačující opatření pro snížení hlukové zátěže okolí se jeví plst' ze skelného vlákna snižující hladinu propouštěné hlučnosti o 18 dB.



Obrázek 9 - Vytváření deponie betonových bloků [zdroj: autor]

4.4 Měření číslo 5 a 6

Měření číslo 5 a 6 probíhalo před obytným domem Na Sádkách 19. Toto místo bylo zvoleno jako reprezentant první měřitelné obydlené budovy. Zdrojem hluku z pracoviště bylo drcení stavebního odpadu čelistovým strojem Hartl PC 1265 J. Vzdálenost budovy a hlukoměrů od pracoviště dosahovala 54 m. Obdobně jako při měření 3 a 4 bylo jednak prováděno měření souvislé (měření číslo 5) i s využitím pozastavení pokud projížděla vozidla (měření číslo 6).

Během měření číslo 5 byly naměřeny tyto hodnoty: minimální hladina akustického tlaku 43,50 dB; maximální dosahovala 74,80 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku činila 60,20 dB.

Při měření číslo 6 byl eliminován vliv projíždějících vozidel, přesto byla minimální hladina akustického tlaku změřena vyšší, a to 44,70 dB. Maximální výše dosahovala 70,30 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovná 52,90.

Přestože protihluková opatření již byla učiněna, ekvivalentní hladina akustického tlaku po eliminaci vozidel byla stále vysoká. Problematická se jeví malá výška oplocení s tlumícím materiálem, které dosahuje pouze 1,80 m. Toto nepokrývá výšku potřebnou k odstínění zdrojů hluku vyskytujících se na stavbě, která dosahuje až 3,50 m.



Obrázek 10 - Drcení demoličního odpadu [zdroj: autor]

4.5 Měření číslo 7

Toto měření probíhalo na stejné pozici jako měření číslo 2. V tomto případě byl však zdrojem hluku výše popsáný čelistový drtič Hartl. Měřicí přístroj byl umístěn u oplocení vzdáleného od drtiče 10 m.

Podle výrobce drtiče dosahuje maximální hladina akustického tlaku hodnoty 85 dB. Naměřené minimální, respektive maximální hodnoty dosahovaly 56,80 dB a 96,7 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku činila 75,70 dB.

Hluk za hranicí pracoviště přesahoval hygienický limit o 15,70 dB. Navzdory tomuto nebylo učiněno žádné opatření pro snížení hlukové zátěže okolí. Navrhují použití zástěny se skelnou plstí do výšky 3 m s ohledem na výšku pracovních orgánů drtiče.



Obrázek 11 - Drcení demoličního odpadu [zdroj: autor]

4.6 Měření číslo 8

Během měření číslo 8 byla zjišťována hladina akustického tlaku během nakládání a odvozu horniny vytěžené z prostoru staveniště. Nakládání dopravního zařízení Scania Rh20 6x6 ve spojení s dvouosým přívěsem probíhalo pomocí rýpadla Catterpillar 318 CL. Nejbližší budovou byl pavilon H Jihočeské univerzity s výukovou místností. Vzdálenost budovy od zdroje hluku dosahovala 22 m.

Naměřená minimální hladina akustického tlaku činila 58 dB. Maximální hladina akustického tlaku dosahovala při průjezdu stroje 83 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku během těchto operací se rovnala 65,80 dB.

Z důvodu překročení limitu hluku v tomto i dalším měření v blízkosti pavilonu H navrhuji použití mobilní protihlukové stěny.



Obrázek 12 - Nakládání recyklátu [zdroj: autor]



Obrázek 13 - Odvoz recyklátu [zdroj: autor]

4.7 Měření číslo 9

Deváté měření probíhalo v těsné blízkosti pavilonu H Jihočeské univerzity. Zdrojem hluku vzdáleným 12,7 m bylo rýpadlo JCB JS 210 LC při manipulaci s betonovými bloky a kamenivem, které byly ukládány do násypky drtiče Hartl PC 1265 J.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovnala 72,20 dB. Minimální hladina akustického tlaku činila 70,60 dB. Maximální hladina dosahovala 88,10 dB.



Obrázek 14 - Nakládání demoličního odpadu do drtiče [zdroj: autor]

4.8 Měření číslo 10

Desáté měření probíhalo na stejném místě jako měření deváté. Zdrojem hluku byl v tomto případě výše uvedený drtič.

Hodnoty akustického tlaku byly vysoké. Nejnižší hladina akustického tlaku dosahovala 80,70 dB, maximum ve výši 96,60 dB už při delší expozici způsobuje poruchy sluchu. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovnala 89,90 dB.

Hygienický limit v měření 9 a 10 byl výrazně překročen, přesto nebylo oplocení opatřeno ani izolační textilií. Pro snížení velmi vysokých hladin akustického tlaku navrhuji použít u osmého měření zmíněné protihluková zástěny. Mobilní provedení vhodné k ohraničení staveb zajišťuje snížení hlučnosti o více než 30 dB. [16]



Obrázek 15 - Drcení demoličního odpadu [zdroj: autor]

4.9 Měření číslo 11

Jedenácté měření probíhalo na kraji pavilonu H odvráceném od výběhu pro koně. Během tohoto měření probíhalo posouvání drtiče na pásovém podvozku, toto byl nejbližší zdroj hluku. Současně byly rozduřovány bloky bourané budovy za pomoci hydraulických nůžek Caterpillar MP15 a hydraulického kladiva.

Naměřené hladiny akustického tlaku se pohybovali od minimálních 76,50 dB do maximálních 92,40 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku je rovna 82,70 dB.

Hlučnost těchto operací hygienický limit přesáhla pouze špičkově do výše 92,40 dB. Dle mého názoru s ohledem na ekvivalentní hladinu akustického tlaku bych navrhoval použití protihlukové stěny. Lokalita měření je v blízkosti měření předcházejícího, při kterém byly hodnoty nadlimitní.



Obrázek 16 - Drcení demoličního odpadu [zdroj: autor]

4.10 Měření číslo 12

Toto měření probíhalo v místě nejbližší obytné zástavby, umístění stejné jako při měření 5 a 6, od drtiče. Současně probíhaly práce hydraulickým kladivem a přeskupování demoličního odpadu pomocí rýpadla. Během měření byl odstraněn vliv automobilů projíždějících po silnici pozastavováním měření. Vzdálenost drtiče a prací hydraulickým kladivem dosahovala 64,50 m, respektive 72 m.

Maximální hladina akustického tlaku ve výši 78,40 dB nepřesahovala hlučnost projíždějících vozidel. Minimální hladina akustického tlaku naměřená během těchto operací činila 59,30 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovná 67,50 dB.



Obrázek 17 - Měření hlučnosti drcení u obytné zástavby [zdroj: autor]

4.11 Měření číslo 13

Toto měření probíhalo v místě třetího měření, tedy na odlehlém rohu od strojů podél silnice. Během tohoto měření byl v činnosti drtič stavebního odpadu a pracovalo se hydraulickým kladivem. Zároveň probíhalo přeskupování stavebního odpadu pomocí rýpadel. Během měření nebyla zaznamenávána projíždějící vozidla.

Hluková zátěž okolí dosahovala proměnlivých hodnot, a to od minimálních 47,40 dB do 92,20 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku během tohoto měření činila 67 dB.

Maximální hladina hluku dosahovala vysokých hodnot, přestože zdroje hluku byly vzdáleny 68 m. Navrhoval bych proto použití oplocení vybavené pohltivým materiálem.



Obrázek 18 - Měření hlučnosti drcení a přeskupování demoličního odpadu u obytné zástavby

[zdroj: autor]

4.12 Měření číslo 14

Pro znázornění oblasti narušené hlukem od demoličních a recyklačních strojů bylo zvoleno místo s ohraničením stavby nejvzdálenějším od strojového vybavení. Vzdálenost od zdrojů největší zátěže, tj. hydraulické kladivo a drtič stavebního odpadu činila 78 m. Operace prováděné během tohoto měření zahrnovaly drcení a rozdrůžování suti a její překládka.

Maximální naměřené hodnoty dosahovaly 72,2 dB. Ekvivalentní hladina akustického tlaku se rovná 58 dB. Minimální hodnota během prací dosahovala 50,50 dB.

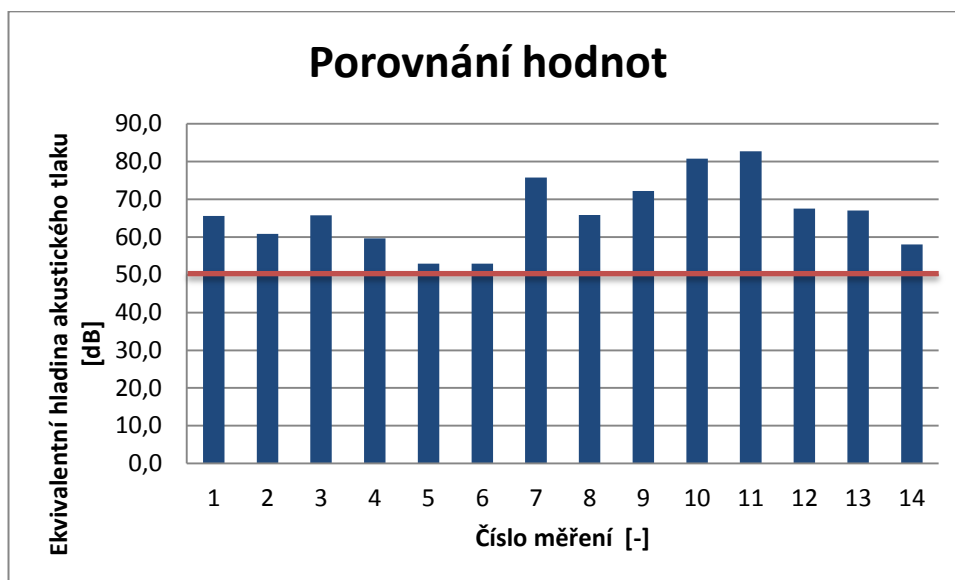
Limity pro pracovní prostředí překročeny nebyly, ale okolí pracoviště bylo hlukem zatíženo i v této vzdálenosti.



Obrázek 19 - Nejvzdálenější ohraničení [zdroj: autor]

5 Porovnání naměřených hodnot a diskuze

Naměřené hodnoty byly zaneseny do grafu a graficky porovnány. Do grafu byla zanesena přímka vyznačující hygienický limit hluku.



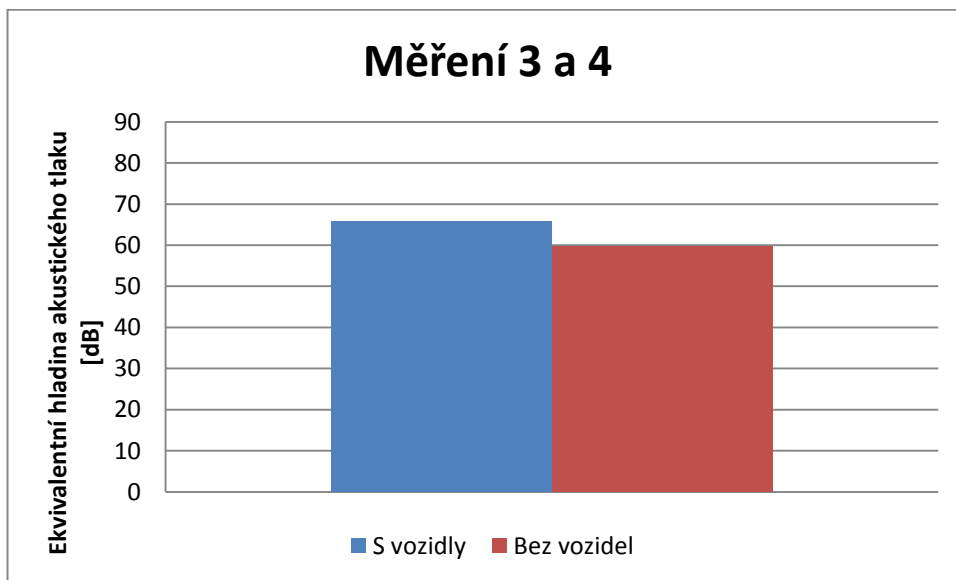
Obrázek 20 - Porovnání hluku při pracovních operacích [zdroj: autor]

Práce na demolici a recyklaci probíhaly v pracovní dny od 8:30 do 17:00 hod. Pro tento časový úsek dne je hygienický limit hluku pro chráněný vnější prostor okolí stanoven ve výši 50 dB. Tento limit byl výrazně překračován. Nejhluchnější operací bylo drcení stavebního odpadu pomocí semimobilního odrazového drtiče. Během tohoto procesu byl hygienický limit překročen o více než 32,70 dB.

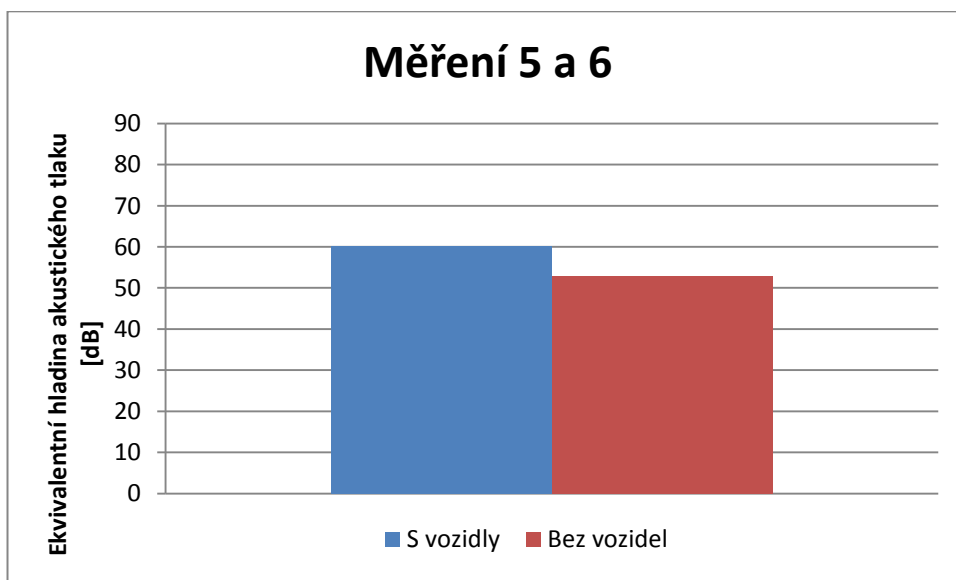
Během pracovní přestávky strojů byl měřen hluk pozadí. Během měření 11. 4. 2012 činila ekvivalentní hladina akustického tlaku pozadí 51,90 dB. Pro měření uskutečněná 17. 4. 2012 činilo pozadí 49,90 dB. Hluková zátěž způsobená likvidací stavební sutě překračovala hlučnost pozadí až o 23,80 dB během prvního den měření a až o 40 dB během měření prováděných druhý den.

5.1 Vliv projíždějících vozidel

Měření prováděná za silnicí byla prováděna s projíždějícími vozidly (běžný silniční provoz, převážně osobní automobily) i bez nich. Následující graf vykresluje zátěž okolí demoličními a recyklačními pracemi a vliv dopravy na celkovou zátěž okolí během měření.



Obrázek 21 - Vliv projíždějících vozidel na 3 a 4 stanovišti [zdroj: autor]



Obrázek 22 - Vliv projíždějících vozidel na 5 a 6 stanovišti [zdroj: autor]

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést měření hlukové zátěže okolí při demolici stavebního objektu a recyklaci stavebního odpadu. Součástí práce bylo určení okruhu s narušeným životním prostředím a volba účinných protihlukových opatření. Naměřené hodnoty byly analyzovány a porovnány s hygienickými limity hluku.

Z naměřených hodnot hluku a vypočítaných hladin akustického hluku jsem zjistil, že během prací byly hlukové limity pro vnější prostor při všech pracích nadlimitní. Zdrojem největší hlukové zátěže byl drtič demoličního odpadu během výroby recyklátu. Protihluková opatření na staveništi byla nedostatečná, na některých místech chyběla úplně. Pro příslušná místa a zdroje hluku byla navržena opatření pro snížení hlukové zátěže okolí uvedená vždy u popisu měřicího místa. Navržená protihluková opatření se jeví dostatečná pro operace spojené s přemísťováním materiálu a úpravou prostoru staveniště. S ohledem na blízkost obytné zástavby a areál Jihočeské univerzity je obtížné zajistit taková opatření, aby hluk způsobený recyklací nepřevyšoval stanovené limity. Pro omezení hlukové zátěže způsobené drcením demoličního odpadu se nabízí možnost drcení na stacionárním pracovišti mimo zastavěné území. Využití tohoto způsobu však zvyšuje náklady na recyklaci, protože je nutné demoliční materiál odvázet v blocích, a tím s nižším objemovým využitím dopravních souprav. Zároveň dochází ke zvýšení zátěže okolí přepravou jednak při odvážení demoličního odpadu na recyklační linku, případně při využití recyklátu v místě demolice i dovážením recyklátu. Snížení hlukové zátěže obytné zástavby a výukových prostor Jihočeské univerzity by pomohlo přesunutí drtiče do místa na staveništi nejvzdálenějšího zástavbě. Při měření uskutečněném na tomto místě dosahovala ekvivalentní hladina akustického tlaku 58 dB, naproti tomu při měření před obytnou zástavbou a budovou Jihočeské univerzity dosahovala ekvivalentní hladina akustického tlaku 67,50 dB respektive 89,90 dB. Maximální hodnoty dosahovaly 72,20 dB v nejvzdálenějším místě a 92,40 dB před zástavbou.

Limity povolené hladiny hluku byly překročeny při všech měřeních. Nebyly dodrženy nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Firma provádějící demolici objektu a recyklaci odpadu by měla věnovat více pozornosti této otázce tak, aby povolené hladiny hluku nebyly překročeny, a tím nemohly škodlivě působit na obyvatelstvo. Také orgány provádějící kontrolu

nevěnovaly dostatečnou pozornost této ochraně před nepříznivými účinky působení hluku, o čemž svědčí hodnoty hladin hluku v obytné zástavbě. Bylo by vhodné v tomto případě zvážit finanční postihy firmy, které by vedly důslednějším opatřením v ochraně proti hluku při dalších realizacích.

Dostatečné ochraně před hlukem je potřeba se věnovat zodpovědně, aby nebylo narušeno fyzické ani duševní zdraví občanů v blízkosti staveb a jiných provozů.

7 Zdroje

- [1] BERNARD, Michal a Pavel DOUCHA. Právní ochrana před hlukem. Praha: Linde, 2008, 199 s. ISBN 978-807-2017-362.
- [2] HURTLEY, Charlotte. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Europe, c2009, xviii, 162 p. ISBN 92-890-4173-0.
- [3] Stavební odpady. *TRÍDĚNÍ ODPADU.cz* [online]. 2011 [cit. 2013-02-08]. Dostupné z: http://trideniodpadu.cz/trideniodpadu.cz/Stavebni_odpady.html
- [4] BOHÁČ, Vlastimil. Proč recyklovat stavební odpady. [online]. 2010 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-48609590-proc-recyklovat-stavebni-odpady>
- [5] ARSM: Podstata recyklace. *Asociace pro rozvoj recyklace stavebních materiálů v České republice* [online]. 2009 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z: <http://www.arsm.cz/podstata.php>
- [6] *MOBILNÍ ZAŘÍZENÍ PRO DRCENÍ KAMENIVA A RECYKLÁTŮ ZE STAVEBNÍCH ODPADŮ*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [7] McCloskey International Ltd. *Products - J50 Jaw Crusher* [online]. 2011 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.mccloskeyinternational.com/crushers-j50-jaw-crusher.php>
- [8] Primární odrazové drtiče ODH. *PSP Engineering a.s.* [online]. 2012 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www2.pspeng.cz/primarni-odrazove-drtice-odh>
- [9] Kuželové drtiče KDC. *PSP Engineering a.s.* [online]. 2012 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www2.pspeng.cz/kuzelove-drtice-kdc>
- [10] *Recycling 2011: Možnosti a perspektivy recyklace stavebních odpadů jako zdroje plnohodnotných surovin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2011. ISBN 978-80-214-4253-5.
- [11] KOHOUTOVÁ, Alena. Vláknobetony - blýská se na lepší časy. *Beton*. 2012, č. 2.
- [12] *Blog.cihlovyrecyklat.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z: <http://www.blog.cihlovyrecyklat.cz/>

- [13] Type 2270. *Brüel & Kjær* [online]. 2012 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z:
<http://www.bksv.com/products/handheld-instruments/sound-level-meters/sound-level-meters/type-2270.aspx>
- [14] SMETANA, Ctirad. *Hluk a vibrace. Měření a hodnocení*. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 1998, 188 s. ISBN 80-901-9362-5.
- [15] Nařízení vlády: o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
In: 272/2011. 2011.
- [16] *MOBILNÍ PROTIHLUKOVÁ STĚNA - MC VELOX Praha, sro.* 2012.