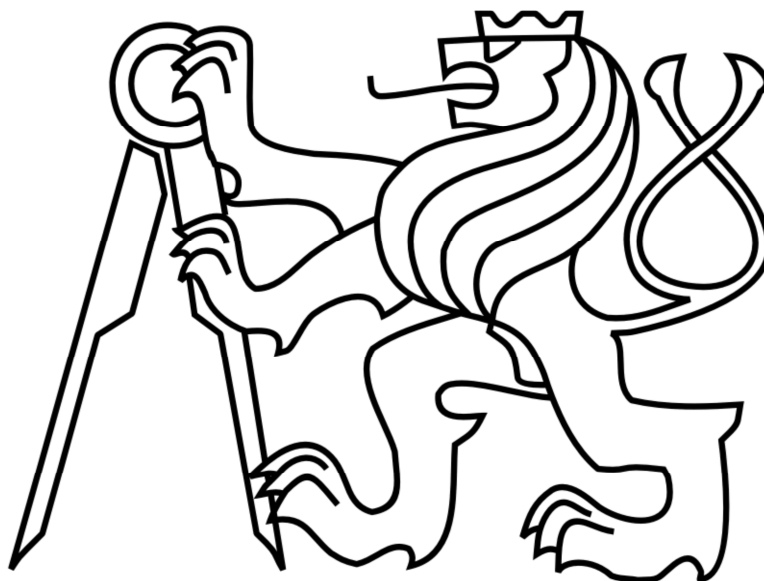


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metody snižování dopravního hluku na
pozemních komunikacích

Sabina Bůchová

2016

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Pospíchal, PhD.

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze

.....

Sabina Bůchová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Tháskova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Búchová</u>	Jméno: <u>Sabina</u>	Osobní číslo: <u>409730</u>
Zadávatel katedra: <u>K122 - Katedra technologie staveb</u>		
Studijní program: <u>SI - Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>L - Příprava, realizace a provoz staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Metody snižování dopravního hluku na pozemních komunikacích

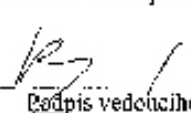
Název bakalářské práce anglicky: Reduction methods of traffic noise on roads

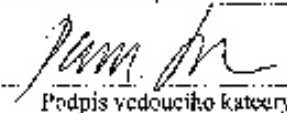
Pokyny pro vypracování:
Definice pojmů. Režerše stávajícího trhu, metody měření dopravního hluku. Vlastnosti nízkotlučného asfaltu a protihlukových stěn. Porovnání jednotlivých metod z vybraných hledisek (např. finanční, technologické, z hlediska životního prostředí)

Seznam doporučené literatury:
TÝFA L, LÁDYS L, Asfaltové vrstvy s gumoasfaltovým pojivem, ČVUT v Praze, 2013
HATSCHBACH P, VÁVRA P, Experimentální metody a měření v dopravní technice, ČVUT v Praze, 2011
STRYK J, JEDLIČKA J, MARKOVÁ P, Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže, Centrum dopravního výzkumu 2014
Ministerstvo dopravy, TKP 25 Protihlukové clony, Technické kvalitativní podmínky staveb na pozemních komunikacích
Ministerstvu dopravy, TP 148 Hrušdné asfaltové vrstvy s asfaltem modifikovaným pryžovým granulátem z pneumatik, Předběžné technické podmínky Ministerstva dopravy

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav Pospíšal, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 1.3.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016


Podpis vedoucího práce


Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použitých literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

1.3.2016 Datum převzetí zadání

Sabina Búchová Podpis studenta(ky)

Anotace

V této bakalářské práci se autor zabývá problematikou snižování hlučnosti na pozemních komunikacích. Práce objasňuje některé současné možnosti snižování dopravního hluku a jeho následné měření. Pro shrnutí této problematiky se autor zaměřil na konkrétní situaci při použití protihlukové stěny, asfaltového betonu s gumoasfaltovým pojivem a klasickým asfaltovým betonem. Jednotlivá hlediska jsou mezi sebou porovnána z pohledu technologické náročnosti, počátečních nákladů a nákladů na údržbu, efektivity snížení hlučnosti, životnosti a vlivu na životní prostředí. Výsledkem je zhodnocení nejefektivnější metody pro snížení dopravního hluku na vybrané referenční pozemní komunikaci.

Klíčová slova

hluk, gumoasfalt, protihluková stěna, měření hlučnosti

Annotation

In this bachelor's work author occupies with the problem of reduction of the volume on the road. This bachelor's work clarifies current possibilities of the reducing traffic noise and its resultant measurement. For the summary of this problem author has focused on the specific situation at the occasion of using the acoustic wall, the asphalt concrete with gummyasphalt binder and the classic asphalt concrete. Individual perspective are compared from the perspective of the technological demands, initial costs and the maintenance costs, the efficiency of reducing noise and the life cycle and influence on the environment. The result of this bachelor's work is evaluation of the most efficient method for reducing the traffic noise on the selected reference road.

Keywords

noise, asphalt concrete with gummyasphalt binder, acoustic wall, noise measurement

OBSAH

ÚVOD	8
1. DOPRAVNÍ HLUK	10
1.1. Metody měření dopravního hluku	11
1.1.1. Statistical Pass – By (SPB)	12
1.1.2. Controlled Pass – By (CPB)	13
1.1.3. Coast - By (CB)	13
1.1.4. Close – Proximity (CPX).....	13
1.1.5. On Board Sound Intensity (OBSI)	14
2. NÍZKOHLUČNÉ POVRCHY VOZOVEK	15
2.1. Základní řešení nízkohlučných povrchů.....	17
2.1.1. Vymývaný beton.....	18
2.1.2. Nátěrové technologie	19
2.1.3. Protihlukové tenké asfaltové koberce.....	20
2.1.4. Asfaltové koberce drenážní	21
2.1.5. Nízkohlučné koberce mastixové.....	24
2.1.6. Asfaltové vrstvy s gumoasfaltovým pojivem	25
3. PROTIHLUKOVÉ STĚNY	27
3.1. Charakteristika protihlukových stěn	27
3.1.1. Odrazivé protihlukové stěny	29
3.1.2. Pohltivé protihlukové stěny.....	30
3.2. Železobetonové protihlukové stěny LIADUR	31
3.3. Železobetonové protihlukové stěny SILENT	33
3.4. Kovové protihlukové stěny ROMAn	34
3.5. PVC protihlukové stěny HAMPPEP	35
4. VÝSLEDKY A POROVNÁNÍ.....	37
4.1. Porovnání z hlediska technologické náročnosti	38
4.1.1. Asfaltový beton.....	38

4.1.2.	Protihluková stěna.....	39
4.2.	Porovnání z hlediska počátečních nákladů.....	40
4.3.	Porovnání z hlediska nákladů na údržbu	42
4.3.1.	Klasický asfalt	43
4.3.2.	Nízkohlučný asfalt	43
4.3.3.	Protihluková stěna.....	43
4.4.	Porovnání z hlediska životnosti a vlivu na životní prostředí	44
4.4.1.	Klasický asfaltový beton	44
4.4.2.	Nízkohlučný asfaltový beton.....	44
4.5.	Porovnání z hlediska snížení hlučnosti.....	45
4.5.1.	Klasický asfaltový beton	45
4.5.2.	Nízkohlučný asfaltový beton.....	45
4.5.3.	Protihluková stěna.....	46
	ZÁVĚR.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	53
	SEZNAM TABULEK.....	54
	SEZNAM GRAFŮ	54

ÚVOD

V současné době je téma hluku na pozemních komunikacích a s ním související opatření pro jeho snižování velice aktuální. S touto problematikou se setkáváme především v běžném životě. Každý z nás, kdo se prochází po ulicích, nebo žije v blízkosti pozemních komunikací, určitě zaznamenal zvýšený problém hluku. Hluk působí na náš organismus po fyzické ale i po psychické stránce.

S trendem moderní doby, dopravovat se co nejvíce motorovými vozidly, jak pro osobní tak pro obchodní dopravu, roste intenzita silniční dopravy a to zejména ve velkých městech a v okolí dálnic a hlavních komunikací. S větší intenzitou a rychlostí silniční dopravy se zvyšuje hluk. Tento fakt má vliv na postupné projevy se některých zdravotních problémů, které se vyvíjejí nejen v závislosti na intenzitě hluku, ale i na době jeho trvání. V nočních hodinách se jedná především o poruchy spánku, v denní době nejvíce poruchy kardiovaskulárního systému.

Ke snížení hluku na pozemních komunikacích máme k dispozici řadu opatření. V první řadě závisí na situaci, zda se jedná o zátěž v intravilánu či extravilánu. Ne vždy lze v obou variantách použít stejné řešení. Rozhodujícím kritériem jsou hlavně prostorové možnosti. Řešením je výstavba protihlukových stěn či valů, protihlukových oken, výsadba zeleně nebo dosud u nás méně rozšířená aplikace nízkohlučných povrchů vozovek. Ve výsledku lze dosáhnout snížení hladiny hluku o 4-8 dB. Snížení hluku za pomoci zeleně je věc spíše psychická. Hluk se tím subjektivně nemění. Každá z uvedených technologií má své výhody i nevýhody, které budou zmíněny v další části této práce.

V České Republice se ochrana hluku v okolním prostředí řešila většinou budováním protihlukových stěn a valů, případně protihlukových oken. V obou případech se jedná o dost drahou variantu řešení. Protihluková okna jsou navíc spolehlivá pouze v případě stoprocentního uzavření. Je to tedy pouze dočasný problém. Menší zkušenosti a tedy méně častá je aplikace aktivní ochrany hluku, tedy omezení hluku přímo v místě jeho vzniku. Jedná se o použití nízkohlučné asfaltové vrstvy vozovky. Tato varianta je oproti první

možnosti sice méně náročná na pořizovací náklady, zato dražší na udržování a bez správné údržby ztrácí protihlukovou funkci.

V této bakalářské práci se budu zabývat možnostmi snížení hluku na pozemních komunikacích za pomoci nízkohlučného povrchu vozovky a protihlukové stěny. Tyto varianty mezi sebou porovnáám z různých hledisek (pořizovací náklady, údržba, životnost, vliv na životní prostředí, ...). Pro reálnější vyhodnocení provedu výklad na konkrétním typu a přímo na realizované stavbě. S tématem hluku na pozemních komunikacích souvisí i jeho samotné měření. V této práci budou uvedeny možnosti, jak na pozemních komunikacích hluk měřit.

1. DOPRAVNÍ HLUK

Pro pochopení problematiky hluku je důležité odlišit dva pojmy. Těmi jsou zvuk a hluk. Zvuk vzniká chvěním kapalin, těles nebo vzduchu. Hlukem pak rozumíme nechtěný zvuk, který působí na organismus člověka nepříjemně až velmi bolestivě. Posuzování vlivu hluku je proto důležité výhradně z hlediska sluchového vjemu člověka, na rozdíl od vlivu vibrací, který se posuzuje z hlediska stroje. [8]

Podle §30 ods. 2 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví se hlukem rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.

Tabulka 1 – Základní limity pro vnitřní hluk (uvnitř místností) [15]

Vnitřní hluk	Den (6-22 hod.)	Noc (22-6 hod.)
Základní limit	40 dB	30 dB
Pro hluk ze silniční dopravy	45 dB	35 dB
Pro hluk z hudby, zpěvu a řeči	35 dB	25 dB

Tabulka 2 - Základní limity pro venkovní hluk [15]

Venkovní hluk	Den (6-22 hod.)	Noc (22-6 hod.)
základní limit – pro hluk jiný než z dopravy	50 dB	40 dB
pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB

Pod pojmem dopravní hluk rozumíme hluk z automobilové, kolejové dopravy a z leteckého provozu. Z pohledu silniční dopravy se nejvíce zabýváme automobilovým hlukem. Ten lze rozdělit na vnitřní a vnější. Vnitřní hluk se zpravidla vyskytuje uvnitř dopravního prostředku, bývá obvykle vyvolán jízdou hnacím ústrojím vozidla nebo jízdou po vozovce. Obtěžuje obsluhu i cestující. Naopak zvuk vnější obtěžuje obyvatele v sídelních útvarech podél pozemních komunikací. Tento hluk podléhá společenským nárokům, které jsou formulovány v hygienických předpisech a normových podkladech. Stanovují maximálně přípustné hladiny vnějšího hluku z různých dopravních prostředků nebo hluk přípustný vně budov. [16] Pro osobní automobil je limit 74 dB a pro nákladní automobil 80 dB. Co se týče vnějšího prostředí, pro denní dobu je maximální přípustná hladina vnějšího prostředí 83 dB a v noční dobu se rovná 40 dB.

1.1. Metody měření dopravního hluku

Pokud chceme dokázat snížení hluku z pozemní dopravy, musíme provést spolehlivé měření. Máme mnoho způsobů jak samotné měření provést. Každá metoda je více či méně účinná. Zároveň ale žádná metoda není natolik univerzální, aby se dala použít za každé situace. Jednotlivé postupy měření jsou podrobně popsány v příslušných normách a technických předpisech.

Pro stanovení hlučnosti silničního provozu existují dvě hlavní metody. Stanovení vznikajícího hluku přímo u odvalované pneumatiky a stanovení hlučnosti vznikající průjezdem vozidla nebo proudu vozidel ve stanovené vzdálenosti od jízdního pruhu.

Používané metody měření hluku vznikající na povrchu vozovek:

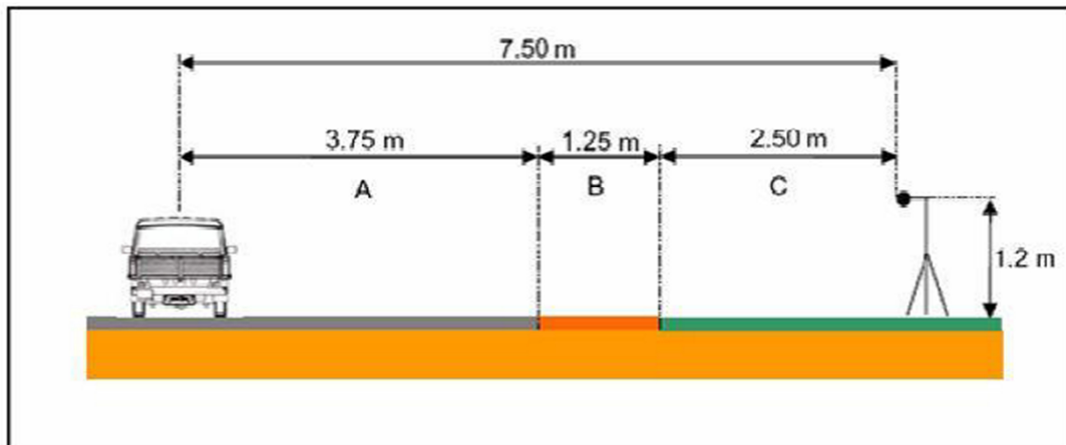
- SPB
- CPB
- CB
- CPX
- OBSI

Měření hluku při použití protihlukových stěn probíhá dle normy ČSN ISO 1996. Měření provádíme pomocí měřicí soustavy (akustický kalibrátor, zvukoměry, mikrofony). Samotné měření probíhá před a za protihlukovou stěnou. Mikrofony se upevní na stativ a umístí se před a za protihlukovou stěnu ve vzdálenosti 3 m, pokud to situace dovolí a ve výšce zhruba 3 m. Výška záleží na výšce samotné stěny. Před protihlukovou stěnou je měřicí mikrofón orientován směrem ke zdroji hluku. Po celou dobu měření jsou zvukoměry automaticky měřena a zaznamenána data, která se následně zpracují a vyhodnotí. Výsledky se porovnají s hygienickými limity maximálně přípustné hladiny akustického tlaku.

1.1.1. Statistical Pass – By (SPB)

Jedná se o statistickou metodu při průjezdu. Veškeré podrobnosti jsou specifikovány v normě ISO 11819-1. Tato metoda měří pomocí mikrofónu maximální hladiny akustického tlaku u projíždějících vozidel. Radarem zaznamenává rychlost vozidel a jejich druh. Pro osobní automobily (kategorie 1) uvažuje referenční rychlosti 50, 80 a 110 km/h a pro nákladní automobily (kategorie 2a) uvažuje referenční rychlosti 50, 70 a 85 km/h. Podle rychlosti rozeznává 3 kategorie silničních komunikací: nízká (45-64 km/h), střední (65-99 km/h) a vysoká (100 a více km/h). Naměřená data jsou následně zpracována a výsledkem je SPB index, jehož hodnota následně slouží k porovnání jednotlivých povrchů vozovek.

Dle evropských standardů je mikrofón umístěn 7,5 m od osy jízdního pruhu a 1,2 m nad povrchem vozovky (obrázek 1). Jedná se o velmi přesnou metodu, která zahrnuje vliv všech typů vozidel. Bere v úvahu nejen hluk způsobený odvalováním pneumatik, ale také absorpci hluku motoru vozovkou. [15]



Obrázek 1 - Schéma měření hluku metodou SPB [15]

1.1.2. Controlled Pass – By (CPB)

Měření u této metody spočívá v testování dvou automobilů (jeden malý, druhý velký) s vybranými pneumatikami (na každé auto dvě sady). Na vybraném úseku míjí připravený mikrofon se zapnutým motorem a jedou kontrolovanou rychlostí. Měří se maximální hladina hluku, dále se počítá průměrná hodnota pro konkrétní rychlosti. [15]

Tato metoda je používána hlavně pro srovnání jednotlivých druhů povrchů vozovek. Vzhledem k požadované kontrolované rychlosti dochází k měření na uzavřených okruzích nebo na pozemních komunikacích nižšího významu.

1.1.3. Coast - By (CB)

Tato metoda je v základu stejná jako metoda CPB. Rozdíl je pouze v tom, že měření za pomoci této metody míjí mikrofon vozidlo s vypnutým motorem. Opět se měří maximální hladina hluku, ze které se následně stanoví hladina hluku pro referenční rychlosti. Referenční rychlost pro osobní automobily je 80 km/h a pro nákladní automobily 70 km/h. [16]

1.1.4. Close – Proximity (CPX)

Jedná se o metodu malé vzdálenosti. Veškeré podrobnosti jsou specifikovány v normě ISO/CD 11819-2. Tato metoda spočívá v měření vzniklého valivého hluku mezi pneumatikou a vozovkou. Měřící zařízení je

umístěné na přívěsu taženém za automobilem, případně namontované přímo na měřicí automobilu (obrázek 2). Přívěs se požívá kvůli citlivosti měření na okolní hluk. V těsné blízkosti testované pneumatiky jsou umístěny mikrofony pro měření hluku. Nutné je použití standardizované pneumatiky.

Měření uvažuje referenční rychlosti 50, 80 a 110 km/h a pro každý dvacetimetrový úsek je zaznamenána průměrná hladina akustického tlaku.



Obrázek 2 - Souprava pro měření hluku metodou SPX [15]

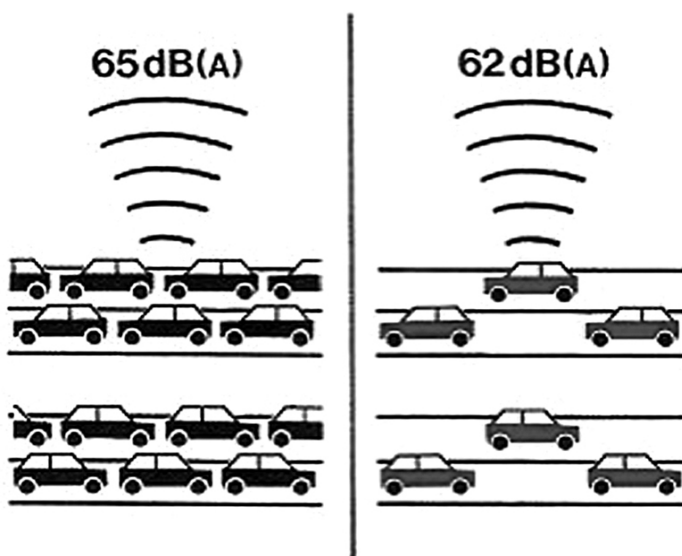
1.1.5. On Board Sound Intensity (OBSI)

Tato metoda je obdobná s metodou CPX. Rozdíl je pouze v tom, že samotné měřicí zařízení je umístěno v těsné blízkosti pneumatiky. Není citlivé na okolní hluk, proto se nemusí zakrývat krytem pro redukci aerodynamického hluku.

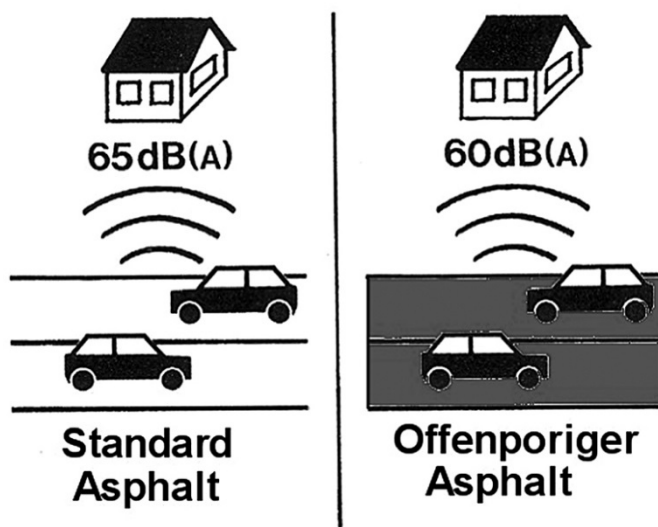
Měření můžeme používat při běžných rychlostech a při běžném dopravním zatížení. Nevýhodou je pouze pro toto zařízení omezené množství vozidel.

2. NÍZKOHLUČNÉ POVRCHY VOZOVEK

Nejúčinnější snížení hluku je v jeho místě vzniku. Asfaltové povrchy jsou schopny omezit vznik hluku při odvalování pneumatik a také částečně přispějí k pohlcování vnějšího hluku. Některé typy asfaltových vrstev jsou schopny snížit hlučnost tak, jako by byla snížena intenzita provozu na třetinu nebo naopak umožní zvýšení rychlosti vozidel o 20 km/h při zachování stejné hladiny hluku (obrázek 3). Tyto vlastnosti má na trhu několik asfaltových směsí. Zjednodušeně se dají nazvat směsí s pryžovým granulátem, nebo také gumoasfalt.



Obrázek 3 - Snížení intenzity provozu přispívá ke snížení hluku [6]



Obrázek 4 - Použití klasického asfaltu a protihlukového asfaltu [6]

Snížení finančních prostředků je předpokladem pro použití asfaltových směsí se sníženou hlučností oproti výstavbě protihlukových stěn podél komunikací. Nízkohlučný asfalt je sice dražší než asfalt klasický, ale oproti tomu jsou výdaje výrazně levnější než protihluková stěna či případně zvuková izolace budov. Tuto variantu používáme nejčastěji ve frekventovaném intravilánu, kde není místo na samotnou konstrukci protihlukové stěny. Hluk vznikající na styku vozovky s pneumatikou nazýváme valivý hluk. Významný je pro nás teprve od rychlosti mezi 30 – 40 km/h. Při navrhování je nutno posoudit jednotlivé technologie především z hlediska klimatických podmínek. Tam kde se navrhuje asfaltový povrch na vysoké teploty, neznamená, že bude stejně funkční i v chladnějších regionech.

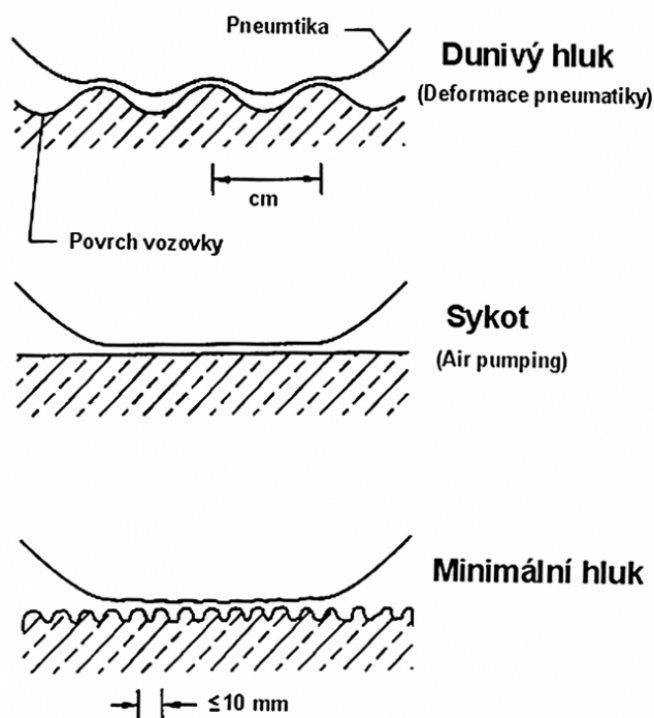
Informace z vyspělých zemí, které se zabývají touto problematikou, ukazují, že snížení hlučnosti lze u obrusných vrstev nejlépe dosáhnout vyšší mezerovitostí zhutněné asfaltové vrstvy nebo vhodnou makrotexturou povrchu vozovky. Případně kombinaci obojího. V tomto případě lze hladinu hluku snižovat o 4 – 8 dB po dobu 8 - 10 let.

Makrotextura je důležitá z hlediska složení asfaltů. Je určena křivkou zrnitosti a největším zrnem ve směsi. Má velký vliv na hlučnost vznikající mezi pneumatikou a povrchem vozovky (obrázek 5).

V současnosti máme definováno 5 tříd hlučnosti povrchu vozovky:

- velmi hlučný (referenční povrch +3 dB a více)
- hlučný (referenční povrch +1 až 2 dB)
- normální (referenční povrch)
- tichý (referenční povrch -1 a 2 dB)
- hluk snižující (referenční povrch -3 dB a více)

referenční povrch = pomyslný povrch vozovky, výchozí (průměrná) hladina akustického tlaku



Obrázek 5 - Vliv makrotextury vozovky na hlučnost vznikající mezi pneumatikou a komunikací [4]

2.1. Základní řešení nízkohlučných povrchů

Řešení, jak dosáhnout nízkohlučného asfaltového povrchu je mnoho. Zpravidla záleží na nás, pro jakou technologii se rozhodneme. Možnosti začínají na nátěrových technologiích a končí na celkové struktuře nízkohlučného asfaltu.

Mezi základní řešení považujeme:

- vymývaný beton
- nátěrové technologie
- protihlukové tenké asfaltové koberce
- asfaltové koberce drenážní
- nízkohlučné asfaltové koberce mastixové
- asfaltové vrstvy s gumoasfaltovým pojivem

2.1.1.Vymývaný beton

Betonový kryt je systém uzavřené ohrusné vrstvy bez výrazné makrotextury. Zlepšení z akustického hlediska můžeme dosáhnout vhodnou úpravou povrchové vrstvy. Oproti referenčnímu povrchu je hluk snížen o cca 3 dB.

První, se jako vhodná úprava používala hladící lišta, která urovnávala příčné zvlnění vznikající za kladečím rámem finišeru. Zvlnění se vytvářelo pomocí speciálních kartáčů či vlečenou jutou do nezatvrdlé cementobetonové směsi (obrázek 6). Tento krok přispíval k počátečnímu snížení hladiny hluku. V důsledku velkého obrusu se ale tento efekt po relativně krátké době vytrácí. Je zde také možnost udělat ekonomicky levnější variantu řešení. Ta spočívá v provedení krytu ve dvou vrstvách. Ve spodní vrstvě použijeme levnější kamenivo a do horní vrstvy důležité pro texturu se použije kamenivo dražší a kvalitnější.



Obrázek 6 - Textura povrchu vytvořená vlečenou jutou

Jako další technologie byla možnost vymývaného betonu. Tato technologie, je založena na aplikaci postřiku zpomalovače tuhnutí na čerstvý betonový kryt, který působí do hloubky cca 2 mm. Zároveň se celý povrch přikryje ochrannou fólií. Tímto způsobem, je vodě zabráněno v odpařování z čerstvého betonu. Díky tomu je zpomalena hydratace v povrchové vrstvě betonu. Zhruba po 24 – 30 hodinách od pokládky se ochranná fólie odstraní

a speciálním kartáčovacím strojem se vytvoří struktura vymývaného betonu (obrázek 7).



Obrázek 7 - Použití speciálního vymetacího kartáče [8]

2.1.2. Nátěrové technologie

Nátěrové technologie se používají především na betonové vozovky (obrázek 8). Původně, jako drenážní koberce byly vyvinuty pro použití na vzletových a asfaltových dráhách letišť. Tyto technologie byly rozvíjeny hlavně pro technické opatření zlepšující protismykové vlastnosti povrchu. Postupně tato technologie našla uplatnění i v oblasti betonových dálnic a v částečné míře se uplatňují dodnes. Principem je tenká vrstva asfaltové emulze, speciální modifikovaný asfalt či epoxidová pryskyřice s následným podrceným kamenivem vhodné frakce. Z akustického hlediska přispívá použití úzké frakce kameniva omezení vlivu oscilace pneumatik a ke snížení airpumping efektu (snížení sání vzduchu). Výhodou této technologie je, že se nemusí frézovat povrch vozovky. Nevýhodou je, že nátěr neplní drenážní funkci. Proto se mohou na povrchu tvořit kaluže a tím jsou zhoršeny jízdní vlastnosti vozidla.



Obrázek 8 - Povrchový asfaltový nátěr [22]

2.1.3. Protihlukové tenké asfaltové koberce

Tato technologie se uplatňuje u krytů s konstrukční tloušťkou do 30 mm. Hluk je snižován díky malé velikosti frakce kameniva. Pórovitost, která je tak relativně nízká je ale stále dostačující pro odvádění srážkové vody z povrchu krytu. Provádí se pokládkou klasickými finišery za horka. Z počátku bylo cílem této technologie především zlepšit protismykové vlastnosti a uzavřít rozrušený povrch vozovky při opravách. Hluk je redukován za pomoci malé velikosti frakce kameniva. Díky tomu jsou zmírněny problémy s ucpáváním krytu. Tyto kryty jsou nejvíce používány v městské zástavbě, kde se redukce hluku objevuje už od rychlosti 35 – 40 km/h.

Tenké asfaltové koberce s kamenivem frakce 0/4 nebo 0/8 s mezerovitostí maximálně do 15 % objemu, používané například v Rakousku, jsou z hlediska čáry zrnitosti podobné drenážnímu koberci. Prokázaný efekt snížení hlučnosti je zhruba o 3 - 4 dB v porovnání s běžným asfaltovými koberci (obrázek 9). [6]

Konkrétní výrobky v důsledku této technologie:

- Viaphone od společnosti EUROVIA CS, směs tloušťky 20 – 30 mm má ověřené snížení hluku o 3 dB, směs má výborné protismykové vlastnosti, hodí se především do příměstských a městských částí
- Microville od společnosti COLAS, který umožňuje snížení hluku až o 7 dB, možnost provedení jak v intravilánu tak extravilánu, tloušťka 20 - 30 mm



Obrázek 9 - Porovnání tenkého asfaltového koberce (vlevo) s drenážním kobercem (vpravo) [8]

2.1.4. Asfaltové koberce drenážní

Asfaltové koberce drenážní (PA) se definují jako vysoce mezerovitá asfaltová směs schopná odvádět srážkovou vodu a snižovat hlučnost jízdy vozidel. Je určen do obrusných vrstev silničních a dálničních vozovek. Voda jím protéká jako drenáží a po nepropustném podkladě stéká na okraj vozovky (obrázek 10). Jeho výraznou výhodou je výrazné zlepšení protismykových vlastností včetně omezení vzniku aquaplaningu.

Může mít mezerovitost 16 až 30 %. Čára zrnitosti je přerušovaná a zrna největší frakce by měly tvořit podíl až 90 % z celkového objemu, z toho 70 % zrna nejhrubší frakce. Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké požadavky na použité kamenivo především na jeho otlukovost, ohladitelnost, odolnost proti mrazu a jeho tvarový index [5]. Dalším faktorem je asfaltové pojivo. Jeho hlavním úkolem je dostatečné slepení jednotlivých zrn kameniva na omezených kontaktních ploškách. To je tak dáno proto, aby v mezerách nebylo zbytečné množství malty, tedy aby koberec plnil drenážní funkci.

Dosud prokázané skutečnosti:

- Protihlukové vlastnosti se projevují zejména od rychlosti mezi 50 – 70 km/h
- výborná drenážní funkce a snížení rizika aquaplaningu
- životnost akustické funkce cca 10 let, poté vlastnosti jako běžný asfalt
- vysoké nároky na zimní údržbu (rychlejší tvorba námrazy, velká spotřeba posypové soli)
- potřeba dbát na odvodnění vozovky (střídání teplot, riziko zamrznutí vody v pórech a následné poškození vozovky)
- komplikované provádění oprav (lokální opravy snižují drenážní funkci, při větších opravách nutno provést výměnu v celé šířce vozovky)

Asfaltové drenážní koberce se používají buď jako jednovrstvé nebo dvouvrstvé. Jednovrstvé drenážní koberce se vyskytují v České Republice většinou na zkušebních úsecích. Více časté jsou drenážní koberce dvouvrstvé, které se používají převážně v zahraničí. Tato technologie se vzhledem k nízké životnosti a vysokým nákladům na údržbu v České republice pravděpodobně nerozšíří.

Pro zajištění správné funkce tohoto typu asfaltového koberce je potřeba dodržovat několik zásadních pravidel:

- aby nedocházelo k vylamování zrn kameniva, musíme při odstraňování sněhu používat radlice s gumovými břity
- k zajištění sjízdnosti v zimním období lze použít z inertních materiálů pouze těžký nebo drcený písek, který obsahuje max. 2 % odplavitelných částic
- po zimním období je nutné koberec vystříkat tlakovou vodou (obrázek 11)
- pro správné zajištění odtoku udržovat krajnice tak, aby jejich výška nepřevyšovala povrch podkladní vrstvy
- v intravilánu je nutné věnovat pozornost správnému napojení hrany komunikace a přilehlého chodníku



Obrázek 100 – Na obrázku možno vidět drenážní (porézní) kryt a běžný (uzavřený) kryt [8]



Obrázek 111 - Správný stav drenážního koberce (vlevo) a zanesený stav drenážního koberce (vpravo) [5]

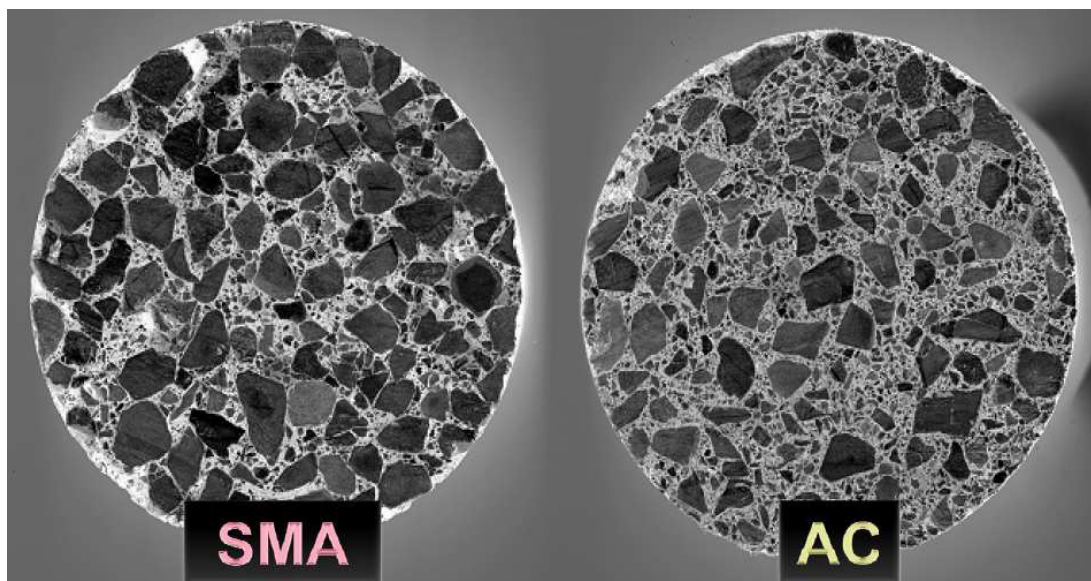
2.1.5. Nízkohlučné koberce mastixové

Tato technologie byla vyvinuta v Německu v 70. letech. Jedná se o směs, která se nevyznačuje tak vysokým útlumem hluku, jako jsou koberce drenážní, ale jsou jednodušší z hlediska provádění a celkové údržby. Tato směs je odolná hlavně proti tvorbě trvalých deformací. Používá se především do obrusných vrstev silnic, dálnic a křižovatek, které jsou vystaveny velkému zatížení. V porovnání s běžným asfaltovým betonem se jedná o typ koberců s vyšší mezerovitostí (obrázek 12). Ta se zvýší snížením podílu jemných částic (10 – 12 % objemu). Vyznačuje se přerušenou čarou zrnitosti a zastoupením převážně jedné vrstvy kameniva. Běžná mezerovitost této směsi v obrusných vrstvách je 10 - 15 %. Snížení hlučnosti oproti referenčnímu povrchu je cca o 4 dB.

Výhody v porovnání s drenážními asfaltovými koberci jsou následující:

- z hlediska provádění je směs jednodušší
- pomalý proces stárnutí
- vysoká odolnost proti tvorbě trvalých deformací
- bezproblémové provádění běžné a zimní údržby
- menší riziko zanášení mezer nečistotami
- odolnost proti tvorbě mrazových trhlin

Tento typ koberce se provádí v maximální tloušťce 25 – 30 mm. Využívají se asfaltová pojiva s velkou lepivostí, tedy především modifikovaná asfaltová pojiva s vyšším obsahem polymeru. Na odvodnění nejsou kladeny žádné speciální požadavky. Pro zajištění správné funkce je potřeba dodržovat správné a pravidelné čištění speciálním strojem.



Obrázek 12 - Na obrázku možno vidět složení mastixového betonu (vlevo) a běžného betonu (vpravo) [8]

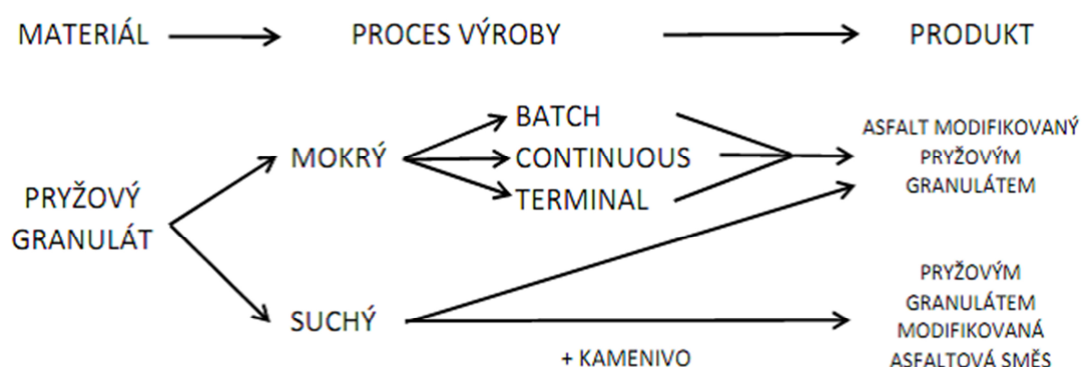
2.1.6. Asfaltové vrstvy s gumoasfaltovým pojivem

Asfaltové směsi modifikované pryžovým granulátem vyžadují menší obsah jemného a drobného kameniva a tak je možno vyrobit směsi v celé škále mezerovitosti. Jako pojivo se používá pryžový granulát z ojetých pneumatik. Granulát o zrnitosti do 1 mm se za horka vmíchá do asfaltu, kde nabobtná a vznikne viskózní pojivo, které lze použít do asfaltových směsí. Zabudování pryžového granulátu do asfaltové směsi lze provést dvěma způsoby. Suchým a mokrým procesem (obrázek 13).

- U suchého procesu je pryžový granulát vložen do míchačky společně s kamenivem. Jedná se o pryž ve formě granulí a představuje 3 – 6 % z celkové hmotnosti. Doba míchání je prodloužena a horká směs musí zůstat minimálně 1 hodinu v míchacím zařízení.
- V případě mokrého procesu se nejprve modifikuje asfaltové pojivo mletou gumou a při dosažení určitých vlastností se modifikované pojivo dávkuje do zařízení obalovny. Pojivo je ve formě prášku a představuje většinou 7 % z celkové hmotnosti.

Asfaltová směs modifikovaná pryžovým granulátem tak kladně ovlivňuje vlastnosti asfaltového koberce. Zahraniční výzkum gumoasfaltu prokázal, že

u těchto modifikovaných vrstev lze snížit tloušťku oproti běžně užívaným asfaltovým kobercům při zachování stejné životnosti. Důvodem je vyšší odolnost proti únavě, stárnutí, trvalým deformacím a trhlinám. Z doposud realizovaných studií bylo zjištěno, že náklady na údržbu a opravu vozovky jsou nižší než u běžných krytů. Výhodou je možnost opětovného použití (recyklace). Jako gumoasfalty lze použít všechny druhy asfaltových směsí. [19]



Obrázek 13 - Proces výroby asfaltu s CRmB v ČR [17]

Výhody oproti běžným vrstvám z asfaltového betonu:

- nižší tloušťka vozovky
- odolnost proti únavě, stárnutí, trvalým deformacím a trhlinám
- nižší náklady na údržbu
- opětovné použití (recyklace)

Nevýhody oproti běžným vrstvám z asfaltového betonu:

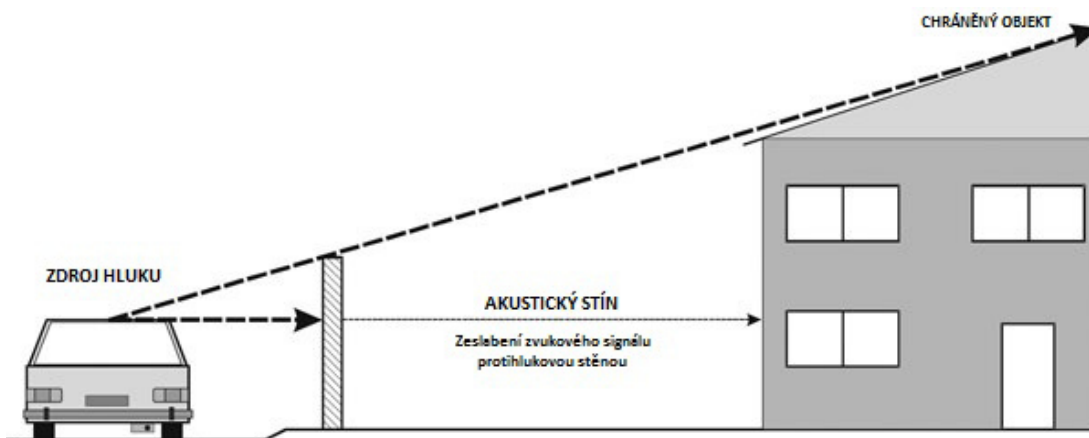
- nutné použití přídavného míchacího zařízení pro zabudování granulátu do asfaltu
- náklady na konstrukční úpravy strojů pro pokládku
- vyšší pracnost
- vyšší pořizovací náklady

3. PROTIHLUKOVÉ STĚNY

Další z možností, jak snižovat hluk na pozemních komunikacích je výstavba protihlukových stěn. Jedná se o variantu, která snižuje šíření hluku do okolí, nikoliv o omezení, které snižuje vznik hluku. Protihlukové stěny jednak snižují šíření hluku do krajiny a snižují nežádoucí působení hluku na obyvatelstvo, ale také mají negativní dopad na krajinný ráz a znehodnocují přilehlé pozemky (obrázek 14).

3.1. Charakteristika protihlukových stěn

Protihlukové stěny musí zajistit vzduchovou neprůzvučnost, zvukovou pohltivost, musí být stabilní a pevné, trvanlivé, musí odpovídat z hlediska pasivní dopravní bezpečnosti a dobře esteticky působit.



Obrázek 14 - Princip fungování protihlukových stěn [9]

Stavba protihlukových stěn se skládá ze tří částí. Ze základu, sloupku a zvukově pohltivého, případně odrazivého panelu. Používají se převážně ocelové a betonové sloupky a stěnové dílce z různých materiálů. Těmi mohou být betonové, železobetonové, z předpjatého betonu, z mezerovitěho betonu, kombinované s kovovým pláštěm z profilovaných plechů (celodřevěné, cementotřískové, z plastů, z bezpečnostního skla, atp.). Výběr materiálu závisí na požadovaných vlastnostech. [3]

Základová část je z monolitického, nebo prefabrikovaného betonu. Může být vytvořen vrtem, nebo prefabrikovanou patkou. Typ základu volíme

především na základě výšky protihlukové stěny. Mezi patkami je základový pás zhotovený buď ze železobetonu, nebo zhutněného šterku. Po celé délce pasu je samonosný soklový panel, který je uložen na patce nebo pilotě. Na soklovém panelu jsou pak uloženy jednotlivé protihlukové panely. Z důvodu odvodnění, je soklový pás obsypán šterkem. Základová spára protihlukové stěny se musí nacházet v nezámrazné hloubce. Do základových patek jsou vetknuty sloupky. Sloupek je prefabrikovaná část a svým tvarem připomíná písmeno H. Jako materiál je volena převážně ocel, případně železobeton. Ocelové sloupky je nutno chránit metalizací proti korozi.

Účinnost protihlukové stěny závisí na konstrukčních prvcích, materiálu, efektivní výšce, délce a umístění stěny v terénu.

Musíme brát ale i v úvahu trvanlivost konstrukce a odolnost proti poškození a mimo jiné i krádeži. Pokud uvažujeme i barevné řešení, závisí na architektonické studii. Podél protihlukových stěn jsou vysazovány popínavé keře, ale pouze v místech, kde jsou pro to vhodné podmínky a kde nebude rušen provoz a údržba.

Rozsah a parametry těchto stěn, včetně protihlukových panelů vyplývají ze statických výpočtů a vše musí být stanoveno v projektové dokumentaci. Z hlediska hluku se v praxi používají dva druhy protihlukových stěn:

- odrazivé (snížení hladiny hluku o méně než 4 dB)
- pohltivé (snížení hladiny hluku o 4 – 8 dB)

Podle norem ČSN EN 1793-1 a ČSN EN 1793-2 jsou hlavními akustickými ukazateli protihlukového zařízení vzduchová neprůzvučnost a zvuková pohltivost.

- **vzduchová neprůzvučnost** je akustický pojem vyjadřující snížení hladiny akustického tlaku procházejícího zvuku [20]

Tabulka 3 - Kategorie vzduchové neprůzvučnosti u protihlukových stěn [9]

Kategorie	DL _R (dB)
B0	neurčeno
B1	< 15
B2	15 - 24
B3	> 24

- **zvuková pohltivost** vyjadřuje množství akustické energie, která se přemění na jiný druh energie [20]

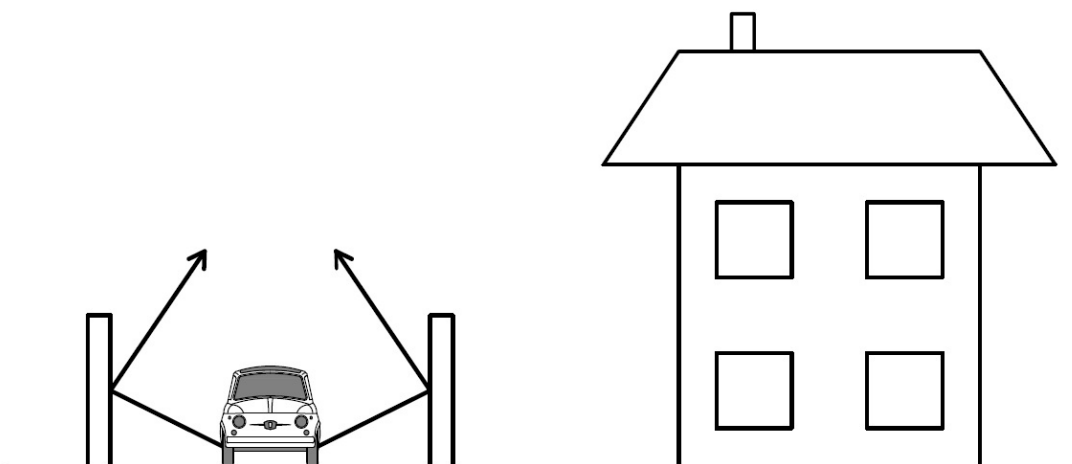
Tabulka 4 - Kategorie zvukové pohltivosti u protihlukových stěn [9]

Kategorie	DL _a (dB)
A0	neurčeno
A1	< 4
A2	4 - 7
A3	8 - 11
A4	> 11

Z akustického hlediska jsou předešlé dvě tabulky brány jako hlavní parametry při výběru protihlukové stěny.

3.1.1. Odrazivé protihlukové stěny

U tohoto typu stěny dochází k odrazu hluku a k jeho dalšímu šíření do prostoru (obrázek 15). Odražený hluk je hluk vycházející z imaginárního zdroje, umístěného ve stejné vzdálenosti od stěny jako zdroj, ale na opačné straně komunikace. I když se imaginární zdroj nachází dál od příjemce jako skutečný zdroj, je třeba s ním počítat a ověřit potřebu stínění imaginárního zdroje hluku. U vysokých vozidel vznikají odrazy hluku mezi objekty vozidel a



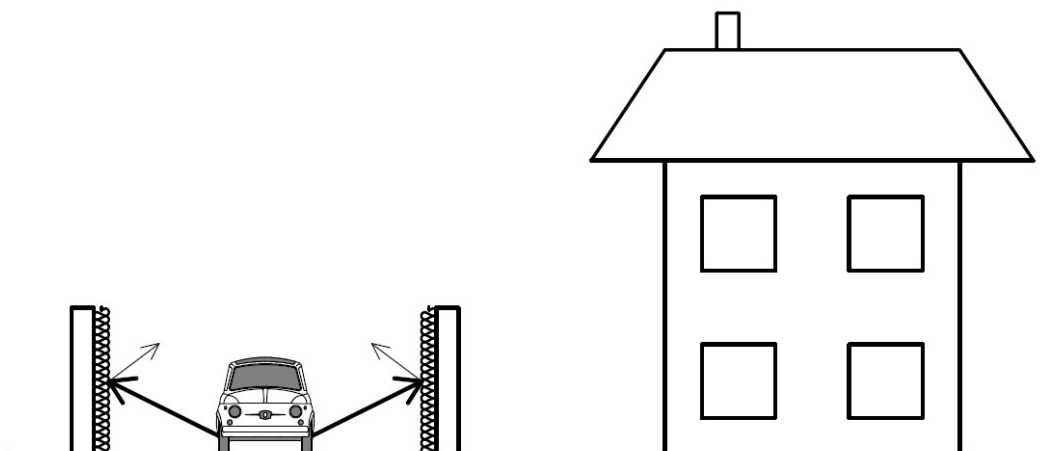
souběžnou stěnou, přičemž je mohou redukovat akustické vlastnosti stěny.
[14]

Obrázek 15 - Princip fungování odrazivých protihlukových stěn

3.1.2. Pohltivé protihlukové stěny

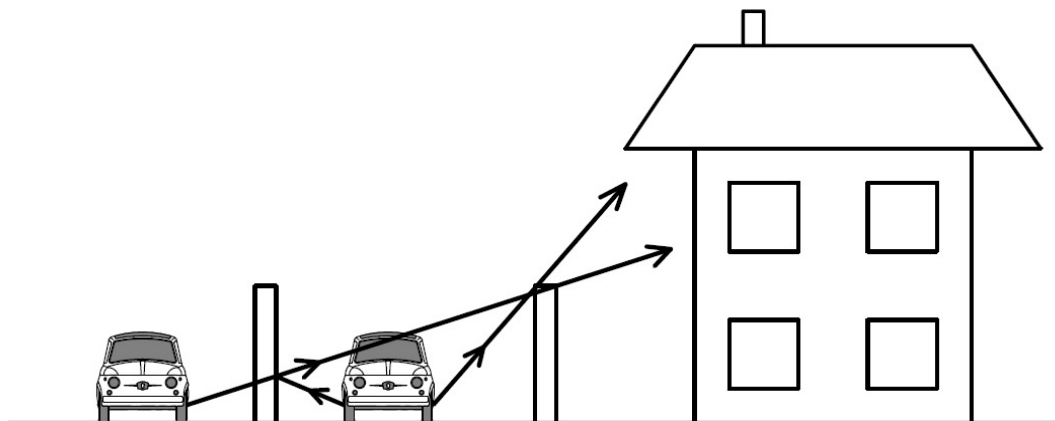
U pohltivých protihlukových stěn tvoří vnější vrstvu materiál s vysokým činitelem zvukové pohltivosti (obrázek 16). U stavebních materiálů závisí hodnota zvukové pohltivosti především na jejich pórovitosti, protože v pórech materiálu dochází k pohlcování akustické energie.

Při návrhu materiálu, je největší důraz kladen na to, aby měl daný materiál co největší možné množství pórů. Také platí, čím je větší aktivní plocha protihlukových stěn, tím je vyšší absorpce hluku.



Obrázek 16 - Princip fungování pohltivých protihlukových stěn

Pokud navrhujeme oboustranné protihlukové stěny, je důležité, aby byla zajištěna vysoká pohltivost těchto stěn, jinak dochází k odrazu zvukových vln šikmo nahoru a tedy nad protihlukovou stěnu na protější straně silnice (obrázek 17).



Obrázek 17 - Princip fungování oboustranných protihlukových stěn

Nejčastěji u nás používané a preferované typy protihlukových stěn dle materiálů a výrobce:

- železobetonové protihlukové stěny (LIADUR)
- železobetonové protihlukové stěny SILENT (ŽPSV)
- kovové protihlukové panely ROMAn
- PVC protihlukové stěny HAMPPEP

3.2. Železobetonové protihlukové stěny LIADUR

Železobetonové protihlukové stěny LIADUR se řadí z hlediska zvukové pohltivosti do kategorie A2 až A4, a z hlediska vzduchové neprůzvučnosti do kategorie B3. Kromě snížení hladiny hluku přináší i významné snížení znečištění ovzduší způsobené výfukovými plyny díky technologii TX Active (princip fotokatalytického rozkladu). Skládají se ze stěnového panelu, sloupku a základu (obrázek 18).

Pro zakládání se obvykle využívají 3 způsoby. Zakládání pomocí vrtaných pilot, kotvení vrtané do betonové konstrukce, nebo betonové prefabrikované patky.

Stěnové panely jsou řešeny jako dvouvrstvé. Skládají se z neprůzvučné desky, která zároveň plní statickou funkci a z absorpční vrstvy z profilovaného, mezerovitého Liaporbetonu. Obě vrstvy jsou spojeny metodou „čerstvý na čerstvý“ a tvoří monolitický celek. Povrch a barevné provedení je řešeno vždy na přání zákazníka. [10]

Výhody protihlukových stěn LIADUR:

- vysoká životnost až 50 let
- rozměry jednoho pole až 6 m (ušetření nákladů na zakládání)
- recyklovatelný materiál
- vysoká zvuková neprůzvučnost (až $DL_R > 45$ dB)
- snadná montáž (bez použití spojovacího materiálu)
- bezúdržbový provoz



Obrázek 18 - Protihluková stěna LIADUR [10]

3.3. Železobetonové protihlukové stěny SILENT

Základním nosným prvkem protihlukové stěny SILENT jsou ocelové nebo železobetonové sloupky, které přenášejí zatížení do základové konstrukce (železobetonové piloty nebo prefabrikované patky). Dále se skládají ze sloupů a soklů. Z hlediska zvukové pohltivosti se řadí do kategorie A2 a z hlediska vzduchové neprůzvučnosti do kategorie B3 (obrázek 19). [11]

Stěnové protihlukové panely SILENT jsou sendvičové panelové prefabrikáty. Pohltivou vrstvou protihlukového panelu tvoří 50 mm tlustá deska s vlnkami 80 mm vysokými a s osovým rozpětím 100 mm, nebo deska s kazetovým vzorem. Je vyrobena z mezerovitěho drobnozrnného betonu. Lze je vyrábět jako oboustranně pohltivé. Desky je možné podbarvit a opatřit nástřikem proti „sprejerům“. [11]



Obrázek 19 - Protihluková stěna SILENT [11]

3.4. Kovové protihlukové stěny ROMAn

Kovové protihlukové panely patří do kategorie zvukové pohltivosti A4 a vzduchové neprůzvučnosti B3 (obrázek 20).

Protihlukový panel je z hliníku, zinkové ocele, nerezce či Cortenu (pětinásobně odolnější ocel). Vnitřní část je vyplněna minerální vatou s anti-prachovou vrstvou či polyesterem. Jednotlivé panely jsou stavebnicového typu. Zapadají do sebe díky dvojité perodrážce. Maximální délka je 6 m a výška 0,5 m. Jsou vhodné pro sloupy HEA a HEB. Vyrábí se ve velké škále barev a dekoru. Vnitřní izolaci tvoří vlna či polyester. Vyrábí se jako jednostranně či oboustranně pohltivé. [12]

Výhody kovových protihlukových stěn:

- recyklovatelný materiál
- nízká váha, snadná manipulace
- vysoká životnost
- stálost materiálu



Obrázek 20 - Protihluková stěna z hliníkových panelů ROMAn [12]

3.5. PVC protihlukové stěny HAMPPEP

PVC protihlukové stěny HAMPPEP které vyrábí firma Mateiciuc patří do kategorie zvukové pohltivosti A3 a vzduchové neprůzvučnosti B3 (obrázek 21).

Protihlukové stěny tvoří soustava uzamykatelných vodorovných extrudovaných lamel z tvrdého PVC. Jsou vyrobeny ze samozhášivého, tvrdého PVC a drtě z plastových oken. Vnitřní část je vyplněna minerální vatou. Základní nosný systém tvoří prvek o délce do 6 m a výšce 12,5 cm. Jednotlivé lamely se ukládají do železobetonových nebo kovových sloupků tvaru U nebo H a skládají se na sebe. Takto je tvořen protihlukový systém. Na horní plochu se může upevnit hlukový absorbér HAM. Díky tomu se sníží efektivní výška stěny a tím i náklady na protihluková opatření. Barevné provedení je v celé škále barev RAL.

Výhody PVC protihlukových stěn:

- variabilita v rozměrech a barevném provedení
- snadná výměna poškozených dílů
- recyklovatelnost
- vysoká chemická odolnost



Obrázek 21 - PVC protihluková stěna HAMPPEP [13]

4. VÝSLEDKY A POROVNÁNÍ

V následující části této bakalářské práce porovnáám použití dvou uvedených metod používaných při snižování hluku na pozemních komunikacích. Pro zajímavost přidám příklad i klasické asfaltové vozovky. Jejich charakteristiku provedu na reálné stavbě. Jedná se o silně zatíženou silnici I. třídy. Délka úseku je 1 000 m. Dopravní zatížení komunikace v daném úseku je podle měření intenzity dopravy z roku 2010 19 691 těžkých nákladních vozidel za 24 hodin.

Zabývat se budu hlavně technologickou náročností, počátečními náklady, náklady na údržbu, životností a vlivem na životní prostředí a efektivitou snížení hlučnosti.

Konkrétní použití uvedených technologií:

- **klasický asfaltový beton**

Úsek 1 000 m realizovaný v šířce komunikace 8,2 m. Jedná se o použití klasického asfaltového betonu v obrusné i ložní vrstvě.

návrh:

- obrusná vrstva z SMA 8 LA CRmB tl. 30 mm
- spojovací postřik mod. asfaltem 0,6 kg/m²
- ložní vrstva z ACL 22S PMB tl. 80 mm
- spojovací postřik mod. asfaltem 0,4 kg/m²

- **nízkohlučný asfaltový beton**

Nízkohlučný asfalt realizovaný na úseku 1 000 m v šířce 8,2 m. Jedná se o nízkohlučný mastixový koberec SMA 8 LA s gumoasfaltovým pojivem v obrusné i ložné vrstvě.

návrh:

- obrušná vrstva z SMA 8 LA CRmB tl. 30 mm
- spojovací postřík mod. asfaltem 0,6 kg/m²
- ložní vrstva z ACL 22 S CRmB tl. 80 mm
- spojovací postřík mod. asfaltem 0,4 kg/m²

- **protihluková stěna**

Jedná se o železobetonovou prefabrikovanou protihlukovou stěnu v délce 1 000 m po obou stranách komunikace od výrobce LIADUR. Stěna se skládá z železobetonových vrtaných pilot, železobetonových prefabrikovaných sloupků ve tvaru H a železobetonových prefabrikovaných panelů. Sloupky jsou od sebe vzdáleny 6 m a mají výšku 3,0 m.

4.1. Porovnání z hlediska technologické náročnosti

Porovnáním z hlediska technologické náročnosti rozumíme porovnání postupu a náročnosti výstavby. Pro tuto kapitolu budeme mezi sebou porovnávat realizaci asfaltového betonu a protihlukové stěny. Jednotlivé druhy betonů jsou povětšinou stejně technologicky náročné a není mezi nimi tedy žádný rozdíl.

4.1.1. Asfaltový beton

Samotná pokládka asfaltového betonu na připravenou rovinu není nijak složitá. Požitý materiál musí mít požadované vlastnosti a parametry a musí splňovat kontrolní zkoušky jak v obalovně, tak i na stavbě. Velký důraz je kladen i na jednotlivé složky, které obsahuje. Na připravenou očištěnou rovinu se nanese asfaltový spojovací postřík. Postřík musí být rovnoměrný a musí splňovat uvedené požadavky v TKP. Následná pokládka asfaltového betonu probíhá za pomoci finišeru. Teplota pokládání nesmí klesnout pod

hodnoty uvedené v ČSN 73 6121 tabulka 6, které jsou 100 – 175 °C. Jako poslední probíhá hutnění obvykle lehkými válci.

4.1.2. Protihluková stěna

Při výstavbě protihlukových stěn je zapotřebí těžké a speciální mechanizace (hydraulické vrtací zařízení, jeřáb). Jako první se ve vytyčených místech vyvrtají piloty, do kterých se následně vloží dovezená výztuž (armokoše) a ty se následně zalijí první částí betonové směsi 700 mm pod horní úroveň hlavy piloty. Betonová směs musí splňovat vlastnosti stanovené normou. Po vytvrdnutí probíhá osazování samotné protihlukové stěny. Na základovou spáru piloty se osadí železobetonové prefabrikované sloupky tvaru H, které se následně zalijí druhou částí betonové směsi. Sloupky musí být upevněny přesně, jinak by byl problém s usazování jednotlivých prefabrikovaných panelů. Po vyztžení betonu probíhá osazování prefabrikovaných panelů. Jednotlivé panely se ukotví ke sloupům šroubovými spoji.

Z obou porovnávaných metod má jednodušší provádění asfaltový beton. V porovnání nemá tak přísné požadavky na přesnost jako protihluková stěna. Samozřejmě se musí dbát na kvalitu provedení a následné vlastnosti, přesnost není ale tak striktní. Kromě finišeru není potřebná žádná velká mechanizace. Pokládka probíhá rychle a spolehlivě. Proto jako technologicky méně náročný postup vychází realizace nízkohlučného asfaltového betonu.

V následující tabulce (tabulka 5) provedu zobrazení technologické náročnosti z různých hledisek.

Tabulka 5 - Srovnání technologické náročnosti

Popis	Dostupnost materiálu	Doprava materiálu	Potřeba mechanizace	Rychlost výstavby
Nízkohlučný asfaltový beton	*	*	**	*
Protihluková stěna	*	*	***	*

* méně náročné

** průměrně náročné

*** vysoce náročné

4.2. Porovnání z hlediska počátečních nákladů

Toto porovnání je zaměřeno na počáteční náklady. Pro každou technologii je vytvořena kalkulace pro následné porovnání (viz. tabulka 6, 7, 8)

Tabulka 6 - Rozpočet klasického asfaltového betonu

č.	Popis	MJ	množství	Cena jednotková	Cena celkem
1	spojovací postřik mod. asfaltem 0,4 kg/m ²	m ²	8200	14,14	115 948,00
2	spojovací postřik mod. asfaltem 0,6 kg/m ²	m ²	8200	11,88	97 416,00
3	asfaltový beton tř. I mod. ACL 22S PMB tl. 80 mm	m ²	8200	260,00	2 132 000,00
4	asfaltový beton mod. ACO 11S tl. 30 mm	m ²	8200	143,00	1 172 600,00
CELKEM					3 517 964,00

Tabulka 7 - Rozpočet nízkohlučného asfaltu

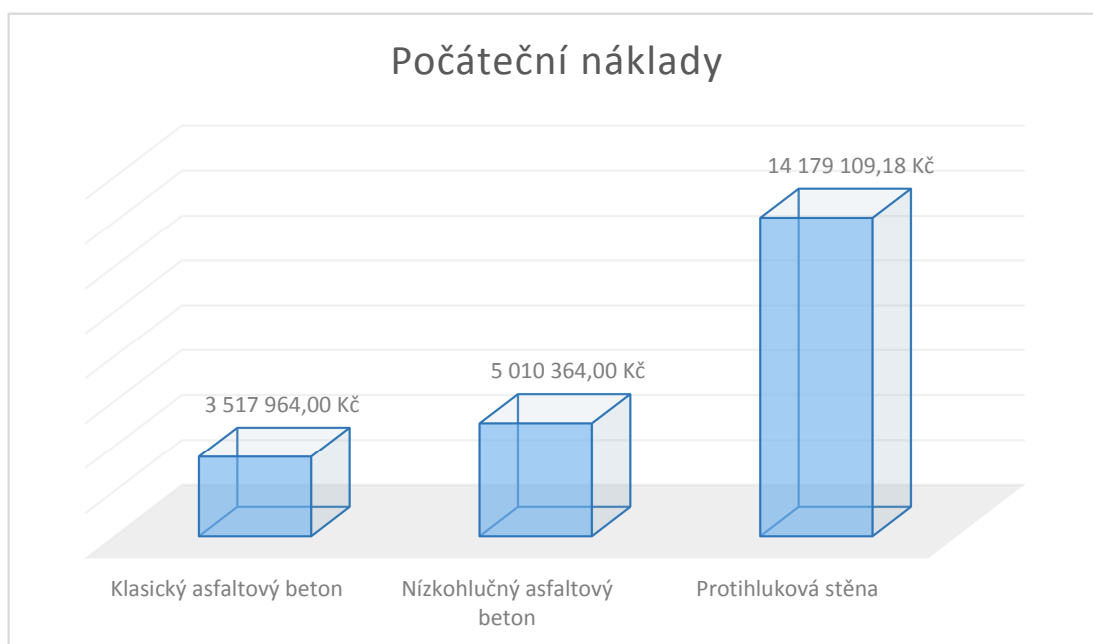
č.	Popis	MJ	Množství	Cena jednotková	Cena celkem
1	spojovací postřík mod. asfaltem 0,4 kg/m ²	m ²	8200	14,14	115 948,00
2	spojovací postřík mod. asfaltem 0,6 kg/m ²	m ²	8200	11,88	97 416,00
3	asfaltový beton tř. I mod. ACL 22 CRmB tl. 80 mm	m ²	8200	380,00	3 116 000,00
4	asfaltový koberec mastixový SMA 8 LA CRmB tl. 30 mm	m ²	8200	205,00	1 681 000,00
CELKEM					5 010 364,00

Tabulka 8 - Rozpočet protihlukové stěny

č.	Popis	MJ	Množství	Cena jednotková	Cena celkem
1	piloty ze železobetonu C25/30	m ³	321,18	2 830,00	908 947,18
2	piloty ze železobetonu C20/37	m ³	48,18	3 303,00	159 129,99
3	výztuž pilot z oceli 10505	t	47,98	24 300,00	1 165 986,90
4	vrty pro piloty do 700 mm	m	835,00	980,00	818 300,00
5	sloupky protihlukových stěn ze železobetonových dílců	m ³	70,84	20 860,00	69 825,00
6	protihlukové panely ze železobetonových dílců do C30/37	m ²	5 122,55	1 870,00	9 579 168,50
CELKEM					14 179 109,18

Tabulka 9 - Porovnání počátečních nákladů

Technologie	Počáteční náklady
Klasický asfaltový beton	3 517 964,00,- Kč
Nízkohlučný asfaltový beton	5 010 364,00,- Kč
Protihluková stěna	14 179 109,18,- Kč



Graf 1 - Zhodnocení počátečních nákladů

Jako nejvýhodnější z hlediska počátečních nákladů vychází klasický asfaltový beton. Je to ale pouze výchozí stanovisko, z hlediska hluku nemá žádný význam. Proto ze zbylých dvou variant vychází cenově výhodnější nízkohlučný asfaltový beton (graf 1).

4.3. Porovnání z hlediska nákladů na údržbu

Porovnání vybrané technologie z hlediska nákladů na údržbu není z hlediska času a náročnosti vyčísleno na zcela přesnou částku, ale jsou pouze teoreticky zahrnuty případné náklady na údržbu a případné opravy.

4.3.1. Klasický asfalt

Tato metoda je vzhledem k údržbě náročná. Jednak se jedná o náklady na běžné čištění vozovky, aby se asfaltový povrch nezanášel, ale také se jedná o náklady spojené s opravami, které jsou nutné vzhledem ke vzniklým trhlinám, výtlukům a nerovnostem (tabulka 10). Čištění klasického asfaltu probíhá 1x ročně a případné výspravy nedostatků 1x za 3 roky.

Tabulka 10 - Náklady na opravu u klasického asfaltu

Popis	Cena
čištění strojem Kč/nájezd	14 400,- Kč
oprava trhlin, výtluků	305 000,- Kč

4.3.2. Nízkohlučný asfalt

Nutné časté čištění vozovky tlakovou vodou speciální strojem (každé 2 měsíce) pro zajištění drenážní a protihlukové funkce (tabulka 11).

Tabulka 11 - Náklady na opravu u protihlukového asfaltu

Popis	Cena
pořízení čistícího stroje	2 600 000,- Kč
čištění strojem Kč/nájezd	7 600,- Kč

4.3.3. Protihluková stěna

Vzhledem ke specifickým vlastnostem a struktuře mezerovité absorpční vrstvy tvořené kamenivem Liapor se nemohou na stěnách Liadur plně projevit škodlivé vlivy vlhkosti a působení chemických rozmrazovacích prostředků. Současně volné pronikání srážkové vlhkosti do mezer mezi zrny umožňuje efekt samočištění povrchu absorpční vrstvy. Z tohoto důvodu

nemusí být systém protihlukových stěn Liadur shora zakryt a je tedy plně bezúdržbový. [10] Tato varianta je šetrná k životnímu prostředí.

Zhodnocení celkových nákladů na údržbu je pouze orientační. Nejhůře vzhledem k častým opravám vychází klasický asfaltový beton. Avšak jedná se pouze o výchozí variantu. Proto je na tom nízkohlučný asfaltový beton v porovnání s protihlukovou stěnou hůře. Protihluková stěna vzhledem k nulovým údržbovým nákladům vychází jednoznačně nejlépe.

4.4. Porovnání z hlediska životnosti a vlivu na životní prostředí

Asfaltový beton, stejně tak jako protihluková stěna mají svou životnost. Životnost konstrukcí je časově limitována a časem se opotřebuje, ztratí své vlastnosti a společně s tím i použitelnost. V dnešní době je většina materiálů recyklovatelných a proto příznivých pro životní prostředí.

4.4.1. Klasický asfaltový beton

Při použití běžného asfaltového povrchu se životnost uvažuje 5 - 8 let při běžném používání a správné údržbě. Následně není asfalt nepoužitelný, pouze se snižují jeho vlastnosti. Záruka uváděná výrobcem je 5 let. Nabízí se i možnost opětovného použití (recyklace).

4.4.2. Nízkohlučný asfaltový beton

U tohoto povrchu je při správné údržbě zajištěna delší životnost oproti klasickému asfaltovému betonu. Záruční lhůta stanovená výrobcem je maximálně 5 let. Životnost se udává se 3 - 5 let. Následně není asfalt nepoužitelný, pouze se snižují jeho protihlukové vlastnosti. I zde je možnost opětovného použití (recyklace).

4.4.3. Protihluková stěna

V tomto případě protihlukové železobetonové stěny se uvažuje maximální životnost 50 let. Avšak záruční doba od výrobce je poskytována pouze na 60 měsíců (5 let). Tato metoda je vhodná pro ochranu životního prostředí. Jednak snižuje hlukovou zátěž způsobenou silniční dopravou, ale také se významně podílí i na snižování znečištěného životního prostředí. Možná je i recyklace stěnových panelů.

Z hlediska nejdelší životnosti vychází nejlépe jako protihlukové opatření použití protihlukové stěny. Pro protihlukovou stěnu uvádí výrobce životnost až 50 let, což je v porovnání se zbylými technologiemi prokazatelně nejvíce. Co se týče životního prostředí, recyklovatelné a tedy znovu použitelné jsou všechny porovnávané technologie, avšak protihluková stěna má kladný vliv i na snižování znečištěného životního prostředí.

4.5. Porovnání z hlediska snížení hlučnosti

V této části proběhne porovnání z hlediska snížení hlučnosti. O kolik je hlučnost snížena oproti referenčnímu povrchu. Měření bylo provedeno před a po zrealizování uvedených technologií.

4.5.1. Klasický asfaltový beton

Tato metoda nevede ke snížení hlučnosti. Bereme ji tedy jako výchozí hodnotu při snižování hluku.

4.5.2. Nízkohlučný asfaltový beton

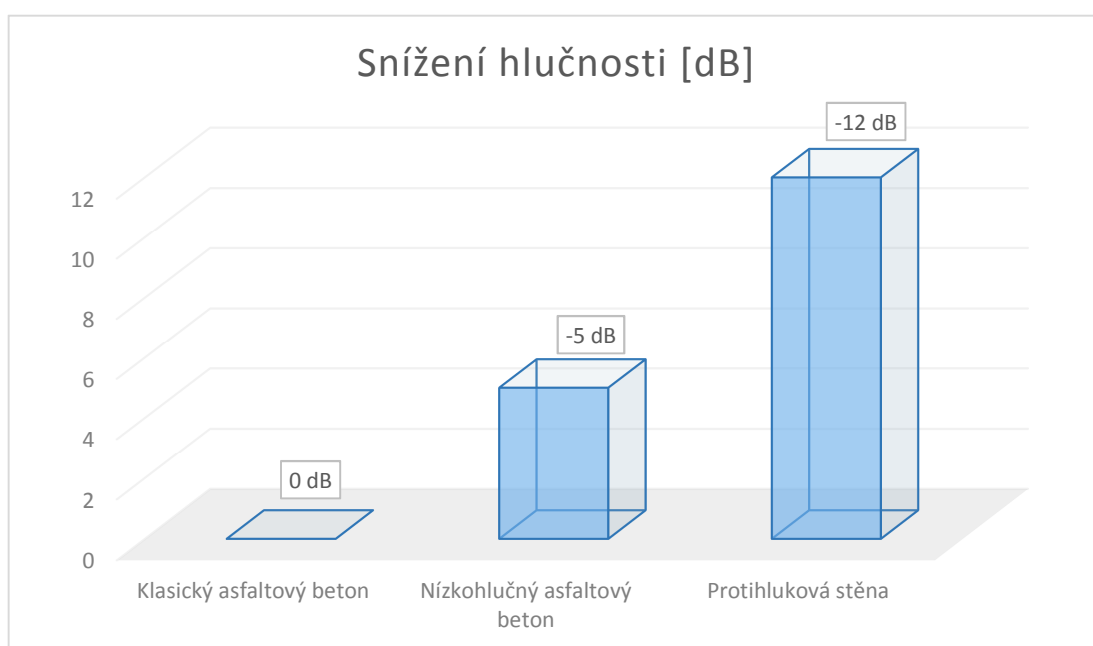
Dle provedených měření metodou SPB byla hlučnost oproti povrchu s klasickým asfaltovým povrchem snížena o 5 dB.

4.5.3. Protihluková stěna

Provedené měření hlučnosti u protihlukové stěny ukázalo snížení hlučnosti o 12 dB (tabulka 12).

Tabulka 12 - Porovnání snížení hlučnosti

Technologie	Snížení hlučnosti
Klasický asfaltový beton	x
Nízkohlučný asfaltový beton	- 5 dB
Protihluková stěna	- 12 dB

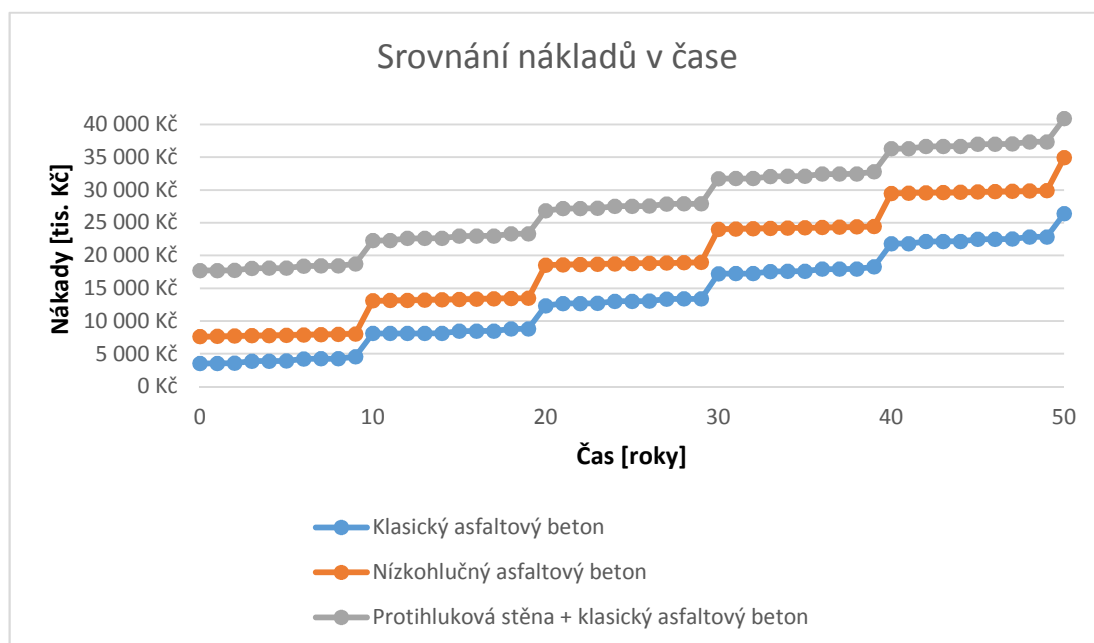


Graf 2 - Porovnání snížení hlučnosti

Z hlediska snížení hlučnosti daných technologií má oproti referenčnímu povrchu nejvyšší hlukový útlum protihluková stěna, která udává z měření snížení hlučnosti až o 12 dB (graf 2).

V předchozích částech proběhlo porovnání vybraných metod z různých hledisek. Jako nejvýhodnější se z hlediska času a technologie ukázal nízkohlučný asfaltový beton. Nejsou s ním spojené žádné problémy jak na dostupnost materiálu, tak na dopravu materiálu na místo určení. Z hlediska času není taktéž žádný problém. Realizace nemá žádná rizika a pokládka asfaltu je v celku rychlá.

Jako další významné hledisko jsou náklady. Pro vyhodnocení celkových nákladů jsem provedla názornou ukázkou na průběžné výdaje v čase. Uvažovány jsou počáteční náklady a následně náklady na údržbu a případné opravy. Nejvýhodněji vyhází taktéž nízkohlučný asfaltový beton (graf 3).



Graf 3 - Vyhodnocení cenově nejvýhodnějšího protihlukového řešení v čase

Další hledisko, které nás zajímalo, bylo zhodnocení životnosti a vlivu na životní prostředí. Životnost jako taková je brána s ohledem na vystavenou záruku od výrobce, který uvádí u obou variant maximálně 5 let. Recyklovatelnost je možná taktéž u obou variant.

Poslední významné hledisko je hodnota snížení hlučnosti. V tomto porovnání vyšla daleko lépe protihluková stěna, která uvádí snížení hlučnosti až o 12 dB.

ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem utřídila a zhodnotila informace týkající se protihlukového řešení na pozemních komunikacích používaného v České Republice. Objasnila jsem pojmy zvuk a hluk. Byly shrnuty metody, kterými v dnešní době můžeme měřit hluk na pozemních komunikacích. Dále jsem se zaměřila na konkrétní použití protihlukových stěn a nízkohlučných asfaltových vrstev. Jednotlivé technologie byly představeny, popsány a zhodnoceny. Byly popsány jejich výhody a nevýhody a možnosti použití.

V poslední části byly dvě konkrétní metody představeny na reálné stavbě. Jednalo se o asfaltový beton s gumoasfaltovým pojivem a o protihlukovou stěnu. Ve srovnání byl pro zajímavost přidán i klasický asfaltový beton. Hlediska byla mezi sebou porovnána z pohledu technologické náročnosti, počátečních nákladů a nákladů na údržbu, efektivity snížení hlučnosti a životnosti a vlivu na životní prostředí.

Z pohledu technologické náročnosti vyšel lépe asfaltový beton. Nebyly kladeny žádné velké požadavky na přesnost. Zároveň ale musí být splněna požadovaná kvalita provedení. Kromě finišeru pro pokládku asfaltových vrstev není potřeba žádná speciální těžká mechanizace. Pokládka probíhá rychle a spolehlivě.

Z finančního hlediska jsem se zaměřila na počáteční náklady a na náklady spojené s údržbou a opravami. Protihluková stěna má sice nulové náklady na údržbu, za to počáteční náklady jsou vysoké. Je nutné také uvažovat pořizovací náklady na klasickou asfaltovou vozovku a s ní spojené náklady na údržbu. Během padesáti let by se celkové náklady vyšplhaly až na 40,87 mil. Kč. Stěna by byla ale z hlediska zvukové izolace ve velice špatném stavu. Nízkohlučný asfaltový beton má počáteční náklady 5 010 364 Kč. Je nutné pořízení čistícího stroje v hodnotě 2,6 mil. Kč a roční náklady na údržbu jsou 45 tisíc Kč. Pokud budeme uvažovat každých deset let rekonstrukci celé vozovky, dostaneme se za 50 let na cenu 34,94 mil. Kč. To je stále o 6 milionů méně a s tím, že máme opět novou vozovku a protihlukové vlastnosti jsou tedy obnoveny.

Z pohledu vlivu na životní prostředí má více kladů protihluková stěna. Nejen že je recyklovatelná, ale má kladný vliv i na snižování znečištěného životního prostředí. Výrobce uvádí životnost až 50 let.

Ze samotného hlediska efektivity snížení hlučnosti se jako více účinná projevila protihluková stěna. Ta ukazuje snížení hlučnosti až o 12 dB, což je v porovnání s nízkohlučným asfaltovým betonem daleko více.

Závěrem bych shrnula, že v porovnání z různých hledisek vychází jako přijatelnější řešení použití nízkohlučného asfaltu před protihlukovou stěnou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [5] HÝZL, Petr; ADAMEC, Vladimír. *Snižování dopravního hluku pomocí hutněných asfaltových vrstev*. ACTA ENVIRONMENTALICA UNIVERSITATIS COMENIANAE (Bratislava) 2012, ISSN 1335-0285
- [18] LUTONSKÝ, F. *Problematika výroby a pokládky asfaltových směsí: bakalářská práce*. Brno, 2010. VUT Brno. Fakulta stavební. Ústav pozemních komunikací. VUT v Brně, FAST, 2010
- [1] KŘIVÁNEK, Vítězslav, Josef STRYK, Jiří JEDLIČKA, Petra MARKOVÁ, Marek TÖGEL a Libor ŠPIČKA. *Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže*. Vydání první. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014, 55 stran. ISBN 9788086502823.
- [15] KŘIVÁNEK, Vítězslav. *Problematika hlučnosti povrchů vozovek*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2010.
- [7] KUDRNA, Jan, O. DAŠEK, J. KACHTÍK a K. URBANEC. *Asfaltové vrstvy s gumoasfaltovým pojivem*. Stavitel. Praha: Economia a.s., 2012, 2012(11), 2.
- [4] VYSLOUŽILOVÁ, Daniela. *Možnosti zmírnění negativních vlivů dopravy*. Ústí nad Labem, 2015, 28 stran
- [8] URBANISTICKÉ STŘEDISKO OSTRAVA, S.R.O. *SNIŽOVÁNÍ HLUKU Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY*. Dostupné také z: http://www1.uso.cz/public/SKV02/DAZP/08_SNI%C5%BDOV%C3%81N%C3%8D_HLUKU_Z_AUT._DOPRAVY_2/8_PPT_SNI%C5%BDOV%C3%81N%C3%8D_HLUKU_Z_AUT_DOPRAVY_2.pdf
- [2] *TP 148 Hutněné asfaltové vrstvy s asfaltem modifikovaným pryžovým granulátem z pneumatik*, Předběžné technické podmínky Ministerstva dopravy, 2009, 22 stran
- [3] TKP 25 Protihlukové clony, *Technické kvalitativní podmínky staveb na pozemních komunikacích Ministerstva dopravy*, 2009, 22 stran
- [20] Přednášky z předmětu KET/AK Akustika, Garant a přednášející Ing. Oldřich Tureček, Ph.D.: LS 2011/2012, ZČU Plzeň.

SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [19] DAŠEK, Ondřej a Jan KUDRNA. Využití gumoasfaltového pojiva do obrusných vrstev vozovek [online]. In: . 2007 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=277>
- [16] GOTTVALDOVÁ, Jana. In: *Silnice - železnice: Automobilový hluk* [online]. 2011 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>
- [9] HELA, Rudolf. *Přehled vlastností pohltivých protihlukových stěn na českém trhu* [online]. 25.5.2010 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/prehled-vlastnosti-pohltivych-protihlukovych-sten-na-ceskem-trhu_N3475
- [21] JEDLIČKA, Jiří. Protihlukové stěny. In: Centrum dopravního výzkumu [online]. 2010 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/seminar-skanska-protihlukove-steny/>
- [14] MATONOKOVÁ, Lucia a Alexander KROKKER. Zásady navrhovania protihlukových stien. ASB [online]. Bratislava [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.asb.sk/stavebnictvo/konstrukcie-a-prvky/priecky/zasady-navrhovania-protihlukovych-stien>
- [6] VALENTIN, Jan a Petr Mondschein. Snižování hluku možnými úpravami obrusné vrstvy vozovky. *SILNICE – ŽELEZNICE*. [online]. 7.12.2010 [cit. 2016-02-27]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky/>
- [17] VALENTIN, Jan. Nízkoteplotní asfaltové směsi, nízkohlučné asfaltové směsi, využití CRMB: Konference asfaltové vozovky 2013. České Budějovice, 2013.
- [13] Stavebnictví a interiér: *Stavebnicový systém MAT* [online]. VONDRÁKOVÁ, Hana. 07/2011. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/pdf/3897.pdf>
- [10] Liadur: Protihlukové stěny Liadur [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: www.liadur.cz

[12] ROMAn s.r.o.: Protihluková opatření a odhlučnění [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.romansro.cz/>

[22] *Silnice.cz* [online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.silnice.com/cinnost/male-stavby/natery-komunikaci/1>

[11] ŽPSV a.s. - OHL GROUP [online]. [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.zpsv.cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Schéma měření hluku metodou SPB	13
Obrázek 2 - Souprava pro měření hluku metodou SPX	14
Obrázek 3 - Snížení intenzity provozu přispívá ke snížení hluku	15
Obrázek 4 - Použití klasického asfaltu a protihlukového asfaltu	15
Obrázek 5 - Vliv makrotextury vozovky na hlučnost vznikající mezi pneumatikou a komunikací	17
Obrázek 6 - Textura povrchu vytvořená vlečenou jutou	18
Obrázek 7 - Použití speciálního vymetacího kartáče	19
Obrázek 8 - Povrchový asfaltový nátěr	20
Obrázek 9 - Porovnání tenkého asfaltového koberce (vlevo) s drenážním kobercem (vpravo)	21
Obrázek 10 – Na obrázku možno vidět drenážní (porézní) kryt a běžný (uzavřený) kryt	23
Obrázek 11 - Správný stav drenážního koberce (vlevo) a zanesený stav drenážního koberce (vpravo)	23
Obrázek 12 - Na obrázku možno vidět složení mastixového betonu (vlevo) a běžného betonu (vpravo)	25
Obrázek 13 - Proces výroby asfaltu s CRmB v ČR	26
Obrázek 14 - Princip fungování protihlukových stěn	27
Obrázek 15 - Princip fungování odrazivých protihlukových stěn	30
Obrázek 16 - Princip fungování pohltivých protihlukových stěn	30
Obrázek 17 - Princip fungování oboustranných protihlukových stěn	31
Obrázek 18 - Protihluková stěna LIADUR	32
Obrázek 19 - Protihluková stěna SILENT	33

Obrázek 20 - Protihluková stěna z hliníkových panelů ROMAn	34
Obrázek 21 - PVC protihluková stěna HAMPPEP	36

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Základní limity pro vnitřní hluk (uvnitř místností)	10
Tabulka 2 - Základní limity pro venkovní hluk	10
Tabulka 3 - Kategorie vzduchové neprůzvučnosti u protihlukových stěn	29
Tabulka 4 - Kategorie zvukové pohltivosti u protihlukových stěn	29
Tabulka 5 - Srovnání technologické náročnosti	40
Tabulka 6 - Rozpočet klasického asfaltového betonu	40
Tabulka 7 - Rozpočet nízkohlučného asfaltu	41
Tabulka 8 - Rozpočet protihlukové stěny	41
Tabulka 9 - Porovnání počátečních nákladů	42
Tabulka 10 - Náklady na opravu u klasického asfaltu	43
Tabulka 11 - Náklady na opravu u protihlukového asfaltu	43
Tabulka 12 - Porovnání snížení hlučnosti	46

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Zhodnocení počátečních nákladů	42
Graf 2 - Porovnání snížení hlučnosti	46
Graf 3 - Vyhodnocení cenově nejlepšího protihlukového řešení v čase	47