

ASSESSING THE IMPACTS OF ROAD NOISE IN RELATION TO RESIDENTIAL AREAS AND ECONOMIC COSTS THROUGH MODELLING

POSOUZENÍ DOPADŮ SILNIČNÍHO HLUKU VE VZTAHU K OBYDLENÉMU ÚZEMÍ A EKONOMICKÝM NÁKLADŮM POMOCÍ MODELOVÁNÍ

^{a)}Vítězslav Krivánek, ^{b)}Petra Marková, ^{c)}Blanka Hablovičová, ^{d)}Jan Machanec, ^{e)}Dana Potužníková

^{a)}CDV – Transport Research Centre, Brno, Czech Republic, vitezslav.krivaneck@cdv.cz

^{b)}CDV – Transport Research Centre, Brno, Czech Republic, petra.markova@cdv.cz

^{c)}CDV – Transport Research Centre, Brno, Czech Republic, blanka.hablovicova@cdv.cz

^{d)}CDV – Transport Research Centre, Brno, Czech Republic, jan.machanec@cdv.cz

^{e)}NRL – National Reference Laboratory for Environmental Noise at the Public Health Institute in Ostrava, Ústí nad Orlicí, Czech Republic, dana.potuznikova@zuova.cz

Abstract: This paper focuses on noise modelling and the assessment of road noise impacts in relation to residential areas and economic costs using modelling. The intention of the whole project and the authors' work is to contribute to the determination of changes in road noise levels for relevant decision-making processes with direct applicability in social sciences (regional development, sociology, demography, economics) related to health risk assessment (public health). The longevity, noise reduction levels and external cost changes of using low noise roads should therefore be appreciated. The purpose is to remove the identified disparity and to make publicly available, through a certified methodology, the data needed to assess the long-term effects of noise pollution from low-noise roads for use by regional development, thus contributing to the strategy of Directive 2002/49/EC.

Keywords: Road noise modelling, road surface, economic evaluation, low-noise pavement, CPX method

DOI:

1. INTRODUCTION

Noise is a mixture of sounds that vary in volume and frequency. An important characteristic of noise is its intensity, which is determined by the amount of acoustic energy. Noise has become one of today's major environmental problems as the overall environmental noise level continues to rise. In cities, the most significant source of excessive noise affecting large numbers of people is traffic. Transport development brings with it several negative impacts in addition to the positive ones. The negative ones include, among others, excessive noise pollution in the area around roads. It operates continuously day and night in the affected areas and affects many people. A noise map is used to assess the noise situation of the area. It is a map continuously showing the distribution of noise in the area with isophones, i.e., curves with the same noise level. The noise map therefore generally presents a description of the noise pollution in the environment, especially in the case of a larger area where noise levels vary from place to place. Its processing is not based on specific point measurements in the field, but on model calculations. Model calculations are less costly, more feasible and more useful with regard to planned investment actions, changes in transport or other

1. ÚVOD

Hluk představuje směs zvuků, které mají proměnlivou hlasitost a kmitočet. Důležitou charakteristikou hluku je jeho intenzita, která je dána množstvím akustické energie. Hluk se stal jedním ze závažných současných problémů životního prostředí, protože celková hlučnost prostředí neustále stoupá. Ve městech je nejvýznamnějším zdrojem nadměrného hluku působícího na velký počet obyvatel doprava. Rozvoj dopravy s sebou přináší vedle pozitivních i řadu negativních dopadů, ke kterým mimo jiné patří právě nadměrná hluková zátěž v okolí pozemních komunikací, jež v postižených oblastech působí bez přestání ve dne v noci a ovlivňuje velké množství lidí. K posouzení hlukové situace slouží pro danou oblast hluková mapa. Jedná se o mapu spojitě zobrazující rozložení hluku v oblasti s vyznačením izofon, tedy křivek se stejnou hlučností. Hluková mapa obecně tedy prezentuje popis hlukové zátěže v prostředí, zvláště v případě rozsáhlejšího území, kde se hladina hluku mění místo od místa. Její zpracování nevychází z konkrétních bodových měření v terénu, ale z modelových výpočtů, které jsou méně nákladné, lépe realizovatelné a využitelnější s ohledem na plánované investiční akce, změny v dopravě nebo jiná opatření, která vedou ke zlepšení stavu životního prostředí.

measures that lead to environmental improvements. Noise mapping can find wide application, e.g., in Environmental Impact Assessment (EIA); as a basis for zoning, construction or building permit proceedings, when dealing with citizens' complaints about excessive noise; in the determination of the noise burden of the population of the calculation area; in the design of noise reduction measures; in Strategic Noise Mapping (SNM) and action plans according to the EU Directive 2002/49/EC [1]. They are now also used extensively in the development of Sustainable Urban Mobility Plans. Mathematical modelling is the tool that enables this simulation of noise propagation in the field.

The introduction of a uniform international methodology CNOSSOS-EU [2] is currently a hot topic. The methodology has already been implemented in the legislation of EU Member States as binding for the 4th round of Strategic Noise Mapping. This should lead to a harmonisation of calculations across European countries. The name of the European methodology CNOSSOS-EU stands for Common NOise aSSessment methOdS. In 2008, the EU Commission began developing this methodology under the leadership of the Joint Research Centre (JRC), in which the Czech Republic also has representatives from the National Reference Laboratory (NRL) for Municipal Noise. This methodology deals with noise from road, rail and air transport, industrial activities, and the calculation of noise propagation from these sources in the environment. This methodology deals with noise from road, rail and air transport, industrial activities, calculation of noise propagation from these sources in the environment and enables the assessment of the impact of noise pollution on the population in individual buildings. The main objective of the methodology is to establish a uniform approach for noise assessment, which will be subsequently used in the regular Strategic Noise Mapping according to the above-mentioned European Directive. The Ministry of Health of the Czech Republic, as the coordinator of health protection against noise, aims to adopt the CNOSSOS methodology as a national calculation methodology. However, a prerequisite for implementation is sufficient technical information on the noise parameters of individual noise sources. For the time being, the use of average road surface noise is still considered for acoustic calculations. This is a single value obtained by averaging all noise values measured over the lifetime of the road surface. The trends and changes in noise levels of different types of road surfaces are not yet known.

By the end of 2022, the fourth round of SNM should be completed and the resulting data must be presented in accordance with Directive 2007/2/EC on the establishment of an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) [3]. EU Member States are obliged to use the already mentioned uniform calculation methodology CNOSSOS-EU (Directive 2015/996/EC [4]) for calculations within this round of the SNM. This methodology now also requires working with individual road surface types for the preparation of strategic noise maps.

In the Czech Republic, several different methodologies are currently used for modelling noise pollution from road transport. The methodology for the calculation of road traffic noise was first described in the publication Methodological guidelines for the calculation of traffic noise levels [5]. This methodology has been gradually updated [6, 7, 8], and the current one is the Calculation of noise from car traffic, update of the methodology, Manual 2018, version 2020 [9]. The calculation

Hluková mapa může najít široké uplatnění, např. při posuzování vlivů na životní prostředí (EIA), jako podklad pro územní, stavební či kolaudační řízení, při řešení stížností občanů na nadměrný hluk, stanovení hlukové zátěže obyvatelstva výpočtové oblasti, návrhy protihlukových opatření, strategické hlukové mapování a akční plány dle směrnice EU 2002/49/EC [1]. V současnosti jsou ve velké míře též využívány při tvorbě Plánů udržitelné mobility měst. Nástrojem umožňujícím tuto simulaci šíření hluku v terénu, je matematické modelování.

Aktuální je v současné době zavedení jednotné mezinárodní metodiky CNOSSOS-EU [2], která je již implementována v legislativě členských států jako závazná pro 4. kolo strategického hlukového mapování, čímž by mělo dojít ke sjednocení výpočtů napříč evropskými státy. Název evropské metodiky CNOSSOS-EU je zkratkou pro Common NOise aSSessment methOdS, v překladu „společné metody hodnocení hluku“. V roce 2008 začala tuto metodiku vytvářet Komise EU pod vedením Společného výzkumného střediska (JRC), ve kterém má také Česká republika své zástupce z NRL pro komunální hluk. Tato metodika se zabývá hlukem ze silniční, železniční i letecké dopravy, z průmyslové činnosti, výpočtem šíření hluku z těchto zdrojů v prostředí a umožňuje provádět hodnocení dopadů hlukové zátěže na obyvatelstvo v jednotlivých budovách. Jejím hlavním cílem je zavedení jednotného přístupu pro hodnocení hluku, který bude následně využíván při pravidelném Strategickém hlukovém mapování dle výše zmíněné evropské směrnice. Snahou Ministerstva zdravotnictví ČR, jako gestora ochrany zdraví před hlukem, je přijetí metodiky CNOSSOS jako národní výpočtové metodiky. Předpokladem je však dostatek technických informací o hlukových parametrech jednotlivých zdrojů hluku. Zatím se pro akustické výpočty stále uvažuje využití průměrné hodnoty, tedy jedné celoživotní hodnoty hluku povrchu daného typu vozovky, protože dosud není znám vývoj a změny hlučnosti jednotlivých typů povrchů vozovek.

Do konce roku 2022 by mělo být čtvrté kolo SHM dokončeno a výsledná data musí být prezentována v souladu se směrnicí 2007/2/EC o zřízení infrastruktury pro prostorové informace v Evropském společenství INSPIRE [3]. Členské státy EU mají povinnost v rámci tohoto kola SHM použít pro výpočty právě tuto již zmíněnou jednotnou výpočtovou metodiku CNOSSOS-EU (směrnice 2015/996/EC [4]). Tato metodika nově vyžaduje pro zpracování strategických hlukových map pracovat i s jednotlivými typy povrchů pozemních komunikací.

V ČR se v současnosti pro modelování hlukové zátěže ze silniční dopravy využívá několik různých metodik. Metodika pro výpočet hluku ze silniční dopravy byla poprvé popsána v publikaci Metodické pokyny pro výpočet hladin hluku z dopravy [5]. Tato metodika byla postupně aktualizována [6, 7, 8], v současnosti je aktuální Výpočet hluku z automobilové dopravy – aktualizace metodiky, Manuál 2018 verze 2020 [9]. Výpočetní metodou dle Směrnice EU pro hodnocení a řízení

method according to the EU Directive for the assessment and management of environmental noise is for the time being the French methodology NMPB-Routes 1996 [10], respectively NMPB-Routes 2008 [11]. It describes the detailed procedure for calculating noise levels near the roads caused by traffic. This method is used as a national calculation methodology in EU countries (e.g., France, Italy). In the Czech Republic, this methodology is legislatively anchored for the use of SNM by the Decree of the Ministry of Health No. 315/2018 Coll., which is currently being amended [12].

The obtained noise propagation maps represent the primary input for further use and processing. Our work on acoustic calculations of noise propagation in the area uses the knowledge of changes in road noise in individual years. The obtained results and their subsequent processing can then be used in decision-making processes. These have then direct applicability and interconnectedness in social sciences (territorial development – sociology, demography, economics) in relation to health risk assessment (population health). The intention is to assess the long-term, noise reduction rate and external cost change of using pavements with noise reducing characteristics (low-noise (Czech abbreviation is NH) pavements). Within the results presented in this paper, the calculations were performed in SoundPLAN 8.1 software using the French NMPB methodology of 2008 [11].

2. MODELLING AND CALCULATIONS

2.1 Noise modelling and noise map types

A noise map is a graphical representation of the acoustic situation in the outdoor environment of a given area. In order to produce a noise map, the following input data requirements must be met. The road network layer that defines the line source of noise. Information is also needed on the width layout of the roads, i.e., number of lanes, width of the road, width of the dividing strip, one-way traffic, bridge structures etc. This layer must contain attributes indicating the average number of cars and trucks that pass through the monitored section in a given time interval and their average speeds, or an attribute to distinguish different types of road surface (e.g., asphalt pavement, cobblestones). The digital ground model (DGM) determines the elevation ratios in the model. The layer can be obtained directly by interpolation from contour lines or elevation points. The layer of the built-up area together with an attribute indicating the number of floors, the height of the building and the DGM is used to quantify the amount of attenuation caused by the obstacle. The building layer may contain an attribute for the number of inhabitants or dwellings, which is then used to evaluate the number of inhabitants affected by noise in each decibel band. The area of interest definition is a user-defined polygon that defines the area for which noise levels will be calculated. Noise barriers or berms also have a significant impact on noise propagation. These data are often kept in road passports, but it is almost always necessary to complete and check these data. In the Czech Republic, noise barriers are not registered in any unified publicly accessible database and are therefore added to noise models based on field surveys. The input for the noise calculation is the annual average daily traffic volume (AADT), which can be obtained by conducting short-term traffic counts using conversion coefficients to characterize annual, weekly, and daily variations in

hluku ovlivňujícího životní prostředí je prozatím francouzská metodika NMPB-Routes 1996 [10], respektive NMPB-Routes 2008 [11], která popisuje detailní postup výpočtu hladiny hluku, které jsou v blízkosti komunikací způsobeny dopravou. Tato metoda je jako národní výpočtová metodika používána ve státech EU (např. Francie, Itálie). V ČR je tato metodika legislativně zakotvena pro použití SHM vyhláškou MZ č. 315/2018 Sb., která je v současné době novelizována [12].

Získané mapové podklady šíření hluku v území představují primární vstupní podklad pro další použití a zpracování. V rámci naší odborné práce o akustických výpočtech šíření hluku v území jsou využity poznatky o změnách hlučnosti vozovek v jednotlivých rocích. Získané výsledky a jejich následné zpracování pak mohou být využity v rozhodovacích procesech. Ty mají následně přímou uplatnitelnost a provázanost ve společenských vědách (rozvoj území – sociologie, demografie, ekonomie) ve vztahu k hodnocení zdravotních rizik (zdraví obyvatelstva). Záměrem je ocenit dlouhodobost, míru snížení hlukové zátěže a změnu externích nákladů při využití vozovek s obrusnými vrstvami se sníženou hlučností (nízkohlučných (NH) vozovek). V rámci výsledků prezentovaných v tomto článku byly výpočty realizovány v softwaru SoundPLAN 8.1 francouzskou metodikou NMPB z roku 2008 [11].

2. MODELOVÁNÍ A VÝPOČTY

2.1 Hlukové modelování a typy hlukových map

Aby vznikla hluková mapa, což je grafické zobrazení akustické situace ve venkovním prostředí daného území, musí být splněny požadavky na vstupní datové podklady, a ty jsou následující. Vrstva silniční sítě, která definuje liniový zdroj hluku. Nutné jsou rovněž informace o šířkovém uspořádání komunikací, tj. počet jízdních pruhů, šířka komunikace, šířka dělicího pásu, jednosměrný provoz, mostní objekty atd. Tato vrstva musí obsahovat atributy udávající průměrný počet osobních a nákladních automobilů, které projedou sledovaným úsekem v daném časovém intervalu a jejich průměrné rychlosti, případně atribut, kterým odlišíme rozdílné druhy povrchu silnice (např. asphalt, dlažba). Digitální model terénu (DMT či DGM v anglickém jazyce) určuje výškové poměry v modelu. Vrstvu je možno získat přímo interpolací z vrstevnic či výškových bodů. Vrstva zástavby spolu s atributem udávajícím počet pater, výšku budovy a s DMT slouží k vyčíslení velikosti útlumu způsobeného překážkou. Vrstva budov může obsahovat atribut počtu obyvatel či obydlí, které následně slouží k vyhodnocování počtu obyvatelstva zasažených hlukem v jednotlivých decibellových pásmech. Vymezení oblasti zájmu je uživatelem definovaný polygon, který vymezuje oblast, pro kterou budou hladiny hluku počítány. Výrazný vliv na šíření hluku mají též protihlukové stěny či valy. Tato data jsou často vedena v pasportech komunikací, ale téměř vždy je nutné doplnění a kontrola těchto dat. V ČR nejsou protihlukové stěny evidovány v žádné jednotné veřejně přístupné databázi, a proto jsou do hlukových modelů doplňovány na základě terénních průzkumů. Vstupním údajem pro výpočet hluku je roční průměr denních intenzit dopravy (RPDI), který lze z hodnot získaných provedením krátkodobého speciálního sčítání dopravy získat pomocí přepočtových koeficientů charakterizujících roční, týdenní a denní variace intenzity dopravy. Tyto přepočtové koeficienty jsou určeny zvláště pro jednotlivé kategorie vozi-

traffic volume. These conversion coefficients are determined separately for each vehicle category and the character of the traffic on the road (road category, road class, share of recreational traffic). The results of national Road Traffic Census (RTC) intensities are also used as input data for modeling. The values of the conversion coefficients together with the instructions for their use are given in TP 189 Determination of traffic intensities on roads in the current version [13]. Noise mapping is the process of creating a graphical presentation from measured or calculated data about the existing noise situation in a given location. The values of noise indicators used in noise mapping are compared with defined limit values (for SNM) or hygiene limits (for noise studies). These indicators give information on when these limit values are exceeded. Fig. 1 shows an example of the project structuring option in SoundPLAN software.



Fig.1: Basic project structuring options in SoundPLAN [14]

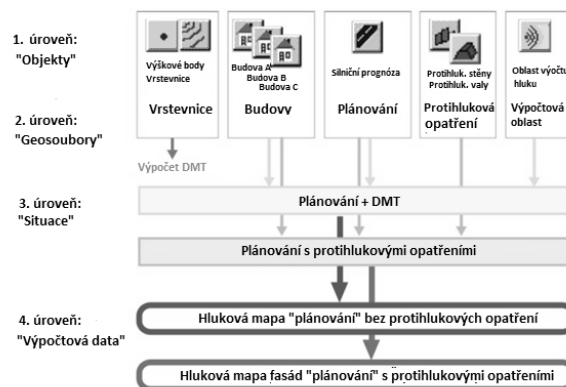
Noise maps can also be thought of as maps where areas affected by noise are indicated by a color scale. Since there is no universal type of noise map that handles all the necessary information, noise maps can be subdivided as follows:

- Emission noise map, this type of noise map is based on traffic noise measurements at a reference distance of 7.5 m from the road axis. The result is a color graphical representation of the road at a basic resolution of 5 dB according to the noise load on the road.
- The banded area noise map is used when an area is affected by noise.
- The differential noise map can be used to present the noise situation, e.g., before and after the implementation of noise abatement measures.
- Point noise map, which defines calculation points in front of the façades of individual buildings where the acoustic situation is monitored [15].

2.2 Calculation of economic costs of asphalt pavements in the Czech Republic

The acoustic calculations are also influenced by the technical parameters of the roads in terms of noise. The data obtained from the modelling of noise propagation in the area, including the detailed effects on the population, can be used in the economic assessment of the noise burden and in the comparison of conventional and low-noise asphalt mixtures. According to many years of experience of experts, it can be said that the service life of the entire road construction in

del a charakter provozu na komunikaci (kategorie komunikace, třída komunikace, podíl rekreační dopravy). Jako vstupní údaje se pro modelování používají také výsledky intenzit celostátního sčítání dopravy (CSD). Hodnoty přepočtových koeficientů spolu s návodem na jejich použití jsou uvedeny v TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích [13]. Hlukové mapování je procesem vytváření grafické prezentace z naměřených, resp. vypočtených údajů o stávající hlukové situaci v dané lokalitě. Při hlukovém mapování se používají hlukové ukazatele, jejichž hodnoty jsou srovnávány s definovanými mezními hodnotami (pro SHM) nebo hygienickými limity (pro hlukové studie) a informují nás o překročení těchto limitních hodnot. Obr. 1 znázorňuje příklad možnosti strukturování projektu v softwaru SoundPLAN.



Obr.1: Základní možnosti strukturování projektu v SoundPLANu [14]

Hlukové mapy si můžeme také představit jako mapy, kde jsou barevnou škálou vyznačeny oblasti zasažené hlukem. Je-li neexistuje univerzální typ hlukových map, které by zpracovávaly všechny potřebné informace, lze dělit hlukové mapy následně:

- Emisní hluková mapa, tento typ hlukové mapy je vytvořen na základě měření dopravního hluku v referenční vzdálenosti 7,5 m od osy komunikace, kdy výsledkem je barevná grafická prezentace komunikace v závislosti na zatížení komunikace hlukem v základním rozlišení 5 dB.
- Pásmová plošná hluková mapa, která se využívá při plošném zasažení území hlukem.
- Rozdílová hluková mapa, která může sloužit pro prezentaci hlukové situace např. před a po realizaci protihlukového opatření.
- Bodová hluková mapa, kde jsou definovány výpočtové body před fasádami jednotlivých objektů, ve kterých je sledována akustická situace [15].

2.2 Výpočet ekonomických nákladů asfaltových obrusných vrstev v ČR

Akustické výpočty jsou z hlediska hlučnosti ovlivněny i technickými parametry vozovek. Údaje získané z modelování šíření hluku v území, podrobné dopady na obyvatelstvo nevyjímaje, lze využít při ekonomickém hodnocení hlukové zátěže a porovnání běžných a nízkohlučných obrusných směsí. Dle mnohaletých zkušeností odborníků lze říci, že životnost celé konstrukce vozovky je v ČR 25 let. Oproti tomu životnost obrusných vrstev je nižší. Životnost běžných obrusných vrstev

the Czech Republic is 25 years. In contrast, the service life of the pavement (abrasive layer) is lower. The service life of conventional pavements is around 12 years, and the service life of low-noise pavements is approximately 8 years. The service life of the entire pavement structure was set at 24 years for the purpose of the calculation. The conventional pavement should be laid twice (two cycles) and the NH surface three times (three cycles) in this time.

All cost values obtained by the procedures below have to be converted into a price in the survey year, using the values from the real GDP trend listed on the website of the Czech Statistical Office. For maximum simplicity, the calculations are performed over the entire lifetime for one year only (the increase would be the same percentage for all years anyway, so this simplification is possible). The calculations presented in this paper are made for the year 2021, when the latest update of the Branch Classifier of Building Structures and Works (Czech abbreviation is OTSKP) [16] was approved. The branch provides prices for various actions on transportation construction projects.

As already mentioned in a published article in the journal *Akustika* [17], the costs associated with the construction of the pavement layer (construction costs), which include paving, horizontal road markings (HRM) or milling, must be included in the overall economic assessment. Other costs are the health and social costs incurred on behalf of inhabitants who are adversely affected by traffic noise (externality costs). The basic input data for the calculation of externalities is the calculation of noise in the monitored area (noise maps). The economic comparison also includes maintenance, which only includes special cleaning of low-noise pavements, as this is the only item that differentiates maintenance of conventional and NH surfaces. To these costs introduced earlier [17], two more parameters related to the surface replacement itself were subsequently added. Specifically, the traffic-engineering measures (e.g., traffic signs or lights, Czech abbreviation is DIO) used to designate roadway work and the costs for delays (congestion) that may occur during resurfacing.

The placement of the temporary (portable) DIO is carried out according to TP 66 [18]. Sample schemes for marking workplaces in the municipality, outside the municipality and motorways and roads for motor vehicles are provided. The prices for each DIO method are listed in the OTSKP. Delays occur most often in two ways. In the case of four- and six-lane roads, the replacement of the surface occurs mainly on a lane-by-lane basis; therefore, delays due to the traffic reduction to the fewer lanes are expected. For calculation purposes, only one lane was chosen to be closed at a time. According to the Operating Directive 8/14 ŘSD (Road and Motorway Directorate) [19], in such cases the delay up to the traffic intensity of 42,000 vehicles per day for four lanes or 75,000 vehicles per day for six lanes is almost negligible. Reconstruction of the road surface is usually carried out on two-lane roads by closing one lane by means of traffic shuttles controlled by traffic lights. Traffic volume varies throughout the day and the use of TP 189 [13] was chosen to determine the number of vehicles during specific hours. These daily variation values were then averaged as follows: 1st and 2nd class motorways were aggregated under motorways; 1st class roads with status E (international) and I (state) were aggregated under 1st class roads; 2nd and 3rd class roads, local and purpose roads were aggregated under other roads. The calculation of the loss time is then mainly governed by TP 81 [20] and TP 188 [21]. The calculation of the monetary

se pohybuje okolo 12 let a životnost obrusných vrstev se sníženou hlučností je přibližně 8 let. Životnost celé konstrukce vozovky byla pro potřeby výpočtu stanovena na 24 let. Běžný povrch je třeba za tuto dobu položit 2x (dva cykly), NH povrch pak 3x (tři cykly).

Všechny hodnoty nákladů, získaných postupy uvedenými níže, je nakonec třeba převést na cenu ve zjišťovaném roce, a to pomocí hodnot z reálného vývoje HDP uvedeného na stránkách Českého statistického úřadu. Pro co nejvyšší zjednodušení jsou výpočty prováděny po celou dobu životnosti jen pro jeden rok (navýšení by stejně bylo u všech let procentuálně stejné, proto je toto zjednodušení možné). Výpočty uváděné v tomto příspěvku jsou provedeny pro rok 2021, kdy byla schválena zatím poslední aktualizace Oborového třídníku stavebních konstrukcí a prací (OTSKP) [16], který uvádí ceny různých akcí na dopravních stavbách.

Jak již bylo uvedeno v publikovaném článku v časopise *Akustika* [17], do celkového ekonomického hodnocení je potřeba započítat náklady spojené se stavbou obrusné vrstvy (stavební náklady), kam se počítá pokládka, vodorovné dopravní značení (VDZ) či frézování. Dalšími náklady jsou pak zdravotní a sociální náklady vynaložené za obyvatele, kteří jsou negativně ovlivněni hlukem z dopravy (náklady za externality). Základním vstupním údajem pro výpočet externalit je výpočet hluku ve sledovaném území (hlukové mapy). Součástí ekonomického porovnání je dále údržba, do které je započítáno pouze speciální čištění nízkohlučných vozovek, protože pouze touto položkou se údržby běžných a NH povrchů liší. K těmto nákladům představeným dříve [17] byly následně přidány další dva parametry týkající se samotné výměny povrchu. Konkrétně dopravně-inženýrské opatření (DIO) použité při označení práce na pozemních komunikacích a náklady za zpoždění (kongesce), ke kterým během výměny povrchu může dojít.

Umísťování dočasného (přenosného) DIO se provádí podle TP 66 [18]. Jsou zde uvedena vzorová schémata pro označování pracovních míst v obci, mimo obec a na dálnicích a silnicích pro motorová vozidla. Ceny za jednotlivé způsoby DIO jsou uvedeny v OTSKP. Ke zpoždění dochází nejčastěji dvěma způsoby. U čtyř- a šestipruhových komunikací dochází k výměně povrchu převážně po jednotlivých pruzích, proto se u nich počítá se zpožděním vlivem sjíždění do menšího počtu pruhů. Pro potřeby výpočtu bylo zvoleno uzavření vždy pouze jednoho pruhu. Dle Provozní směrnice 8/14 ŘSD [19] je v takových případech zpoždění až do intenzity dopravy 42 000 voz/den u čtyřpruhových, resp. 75 000 voz/den u šestipruhových téměř zanedbatelné. U dvoupruhových silnic probíhá rekonstrukce povrchu silnice nejčastěji uzavřením jednoho pruhu pomocí kyvadlové dopravy řízené světelnou signalizací, tj. semaforem. Intenzita dopravy se v průběhu dne liší a pro stanovení počtu vozidel v konkrétních hodinách bylo zvoleno použití TP 189 [13]. Tyto hodnoty denních variací pak byly zprůměrovány následujícím způsobem: dálnice I. a II. třídy byly sjednoceny pod dálnice; silnice I. tříd se statusem E a I byly sjednoceny pod silnice I. třídy; silnice II. a III. tříd, místní a účelové komunikace byly sjednoceny pod silnice ostatní. Výpočet ztrátového času se pak řídí především TP 81 [20] a TP 188 [21]. Výpočet peněžního ocenění ze zpoždění je prováděn podle české metodiky z roku 2013 [22], která uvádí ocenění času pro osobní i ná-

valuation of delay is performed according to the Czech methodology from 2013 [22], which provides time valuation for both passenger and freight transport. The traffic volume and ratio of trucks on the subject section of road can be determined from a National Traffic Census. In the case of freight transport, it is then necessary to consider the load that normally moves on the designated road (number of ton-hours). The average weights for all trucks (light, medium, heavy, trailer combinations) were determined by analyzing the payload weight of all valid data from the Czech Vehicle Register [23]. This method of calculation is quite demanding and therefore it is possible to proceed to a simplified determination of the cost of delay. It is only necessary to determine the average time that the vehicle will be delayed if it passes through the reconstructed section. This time indication can be easily converted into a monetary valuation according to the methodology mentioned above.

3. MODEL SITUATION FOR ECONOMIC CALCULATION

To compare the most common typical conditions, three situations were evaluated – an urban canyon, a city bypass, and a road through built-up area. The noise on the façade of the protected layer of the built-up area within the acoustic models created is always around 60 dB at night. (Corresponds to the highest hygienic limit valid in the Czech Republic, which is set with correction for the old noise load.) The first model case is an urban canyon, where the actual residential built-up area with 692 inhabitants is in proximity on both sides of the road. It is a realistic section of a two-lane road type S 7.5 with a length of 351 m with a traffic intensity of 14,000 vehicles per day (10% of which is freight traffic) and a vehicle velocity of 50 km/h. The second model case is a real example of a city bypass of a municipality using a four-lane motorway type D 27.5. There are 9,986 inhabitants in the area. The length of the section is 3,215 m with a traffic volume of 36,800 vehicles per day (freight traffic is again 10% of this) and a simulated velocity of 110 km/h. The third and last model case is road through built-up area, where the real section of the four-lane local road MS 18.5/13.5 passes through the area with 5,030 inhabitants. The length of the section is 1,373 m, the traffic intensity is 28,000 vehicles per day (freight traffic is again 10%) with a vehicle velocity of 50 km/h. For all model situations, two types of asphalt pavement were simulated over the service life of the pavement structure, i.e., 24 years. One replacement is assumed over this period for a 40 mm thick SMA 11S surface (conventional); this is two cycles of twelve years. Two surface replacements in 24 years are required for the SMA 8 NH (low-noise) 30 mm thick surface; this is three cycles of eight years. The initial condition is not counted as a surface replacement, therefore the number of expected required replacements is one less than the number of cycles. The DIO of the urban canyon is calculated according to scheme B/6 in TP 66 [18], that of the city bypass according to scheme D/3 and that of the road through built-up area according to scheme B/9.

Tab.1 shows the construction costs, maintenance costs and externalities of the three model situations described above for the two selected asphalt surfaces. The values in the table are rounded to the nearest thousand and do not include the cost of delays caused by surface reconstruction.

kladní dopravu. Intenzitu dopravy a poměr nákladních vozidel na předmětném úseku komunikace lze stanovit z celostátního sčítání dopravy. U nákladní dopravy je pak třeba počítat s nákladem, který se po určené komunikaci běžně pohybuje (počet tunohodin). Průměrné hmotnosti pro všechna nákladní vozidla (lehká, střední, těžká, návěsové soupravy) byla stanovena na základě rozboru užitečné hmotnosti všech validních dat z registru vozidel ČR [23]. Tento způsob výpočtu je značně náročný, a proto lze přistoupit ke zjednodušujícímu určení nákladů za zpoždění. Je třeba si pouze stanovit průměrnou dobu, po kterou se vozidlo zdrží, pokud bude projíždět předmětným úsekem. Tento časový údaj lze snadno převést na peněžní ocenění dle zmiňované metodiky.

3. MODELOVÉ SITUACE PRO EKONOMICKÝ VÝPOČET

Pro srovnání nejčastějších typických stavů byly hodnoceny tři situace – uliční kaňon, obchvat obce a průtah hlavní komunikace obcí. Hluk na fasádě chráněné zástavby v rámci vytvořených akustických modelů se vždy pohybuje v noční době v úrovni cca 60 dB. (Odpovídá nejvyššímu hygienickému limitu platnému v ČR, který je stanoven s korekcí na starou hlukovou zátěž.) Prvním modelovým případem je pozemní komunikace v obci s uličním kaňonem, kdy se vlastní obytná zástavba s 692 obyvateli nachází v těsné blízkosti po obou stranách silnice. Jedná se o reálný úsek dvoupruhové komunikace typu S 7,5 o délce 351 m s intenzitou dopravy 14 000 vozidel denně (nákladní doprava je z toho 10 %) a s rychlostí vozidel 50 km/h. Druhým modelovým případem je reálný příklad obchvatu obce pomocí čtyřpruhové komunikace typu D 27,5. Ve veškeré zástavbě v oblasti se nalézá 9 986 obyvatel. Délka úseku je 3 215 m s intenzitou dopravy 36 800 vozidel denně (nákladní doprava je z toho opět 10 %) a simulovaná rychlost činí 110 km/h. Třetím a posledním modelovým případem je průtah obcí, kdy reálný úsek čtyřpruhové pozemní komunikace MS 18,5/13,5 prochází oblastí obce s 5 030 obyvateli. Délka úseku je 1 373 m, intenzita dopravy je 28 000 vozidel denně (nákladní doprava je opět 10 %) s rychlostí vozidel 50 km/h. U všech modelových situací byly simulovány dva typy asfaltové obrusné vrstvy v průběhu životnosti konstrukce vozovky, tj. 24 let. U povrchu se směsí SMA 11S tloušťky 40 mm (běžný povrch) je počítáno s jednou výměnou za tuto dobu; jedná se o dva cykly po dvanácti letech. Dvě výměny povrchu během 24 let jsou potřeba u obrusné vrstvy se sníženou hlukovostí SMA 8 NH (nízkohlučný povrch) tloušťky 30 mm; jde o tři cykly po osmi letech. Počáteční stav se nepočítá jako výměna povrchu, proto je počet předpokládaných potřebných výměn o jednu menší než počet cyklů. DIO uličního kaňonu je počítáno podle schématu B/6 v TP 66 [18], obchvatu obce pak dle schématu D/3 a průtahu podle schématu B/9.

V Tab. 1 jsou uvedeny stavební náklady, náklady za údržbu a externality tří výše popsaných modelových situací pro dva zvolené asfaltové povrchy. Hodnoty v tabulce jsou zaokrouhlené na tisíce a nezahrnují náklady za zpoždění při rekonstrukci povrchu.

Costs for:	urban canyon [CZK]		city bypass [CZK]		road through built-up area [CZK]	
	SMA 11S	SMA 8 NH	SMA 11S	SMA 8 NH	SMA 11S	SMA 8 NH
Pavement	1,455,000	1,928,000	45,463,000	61,526,000	10,613,000	14,318,000
Construction costs	1,168,000	1,568,000	37,860,000	50,800,000	8,787,000	11,791,000
laying	45,000	67,000	822,000	1,233,000	216,000	324,000
HRM	203,000	293,000	6,571,000	9,493,000	1,525,000	2,203,000
milling	39,000	77,000	210,000	419,000	85,000	169,000
DiO	0	389,000	0	12,600,000	0	2,924,000
Maintenance	13,430,000	11,833,000	119,802,000	80,313,000	185,159,000	147,501,000
Externalities	6,423,000	5,767,000	76,772,000	56,674,000	86,362,000	69,972,000
L_{den}	6,656,000	5,821,000	42,971,000	23,620,000	96,648,000	76,259,000
L_n	351,000	245,000	59,000	19,000	2,149,000	1,270,000
$L_{Aeq,16h}$	14,885,000	14,150,000	165,265,000	154,439,000	195,772,000	164,743,000
Total						

Tab. 1: Comparison of the economic costs of two types of asphalt pavement for three model situations over the service life of the road construction (24 years)

The basis for the calculation of externalities are noise maps, which are produced according to the procedure described in Chapter 2. Fig. 2 shows the legend with the noise load bands at a scale of 5 dB during the day that are used in the noise maps shown in Figs. 3 to 5. The figures always show, on the left, the noise map of the subject area for the best possible noise situation, i.e., for the SMA 8 NH surface after laying; on the right, on the contrary, the noise situation of the SMA 11S surface at the end of its service life, i.e., in the twelfth year. Figs. 3–5 show the maps for $L_{Aeq,16h}$, i.e., the noise situation during the daytime. The number of affected inhabitants in the individual noise bands can be determined from the noise maps and the annual noise externality can be calculated on this basis.

Fig. 2: Legend and color scale for noise maps. $L_{Aeq,16h}$

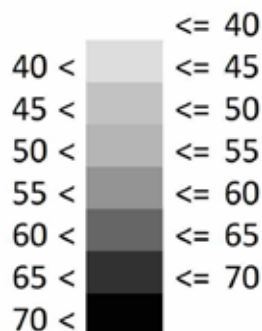
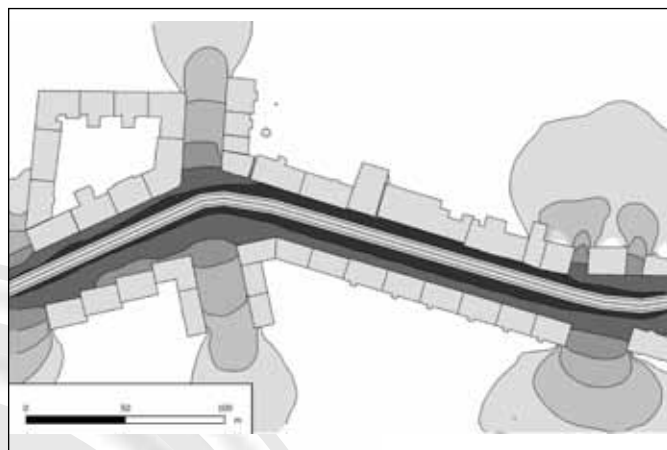


Fig. 3: Daytime noise maps of the modeled urban canyon area,

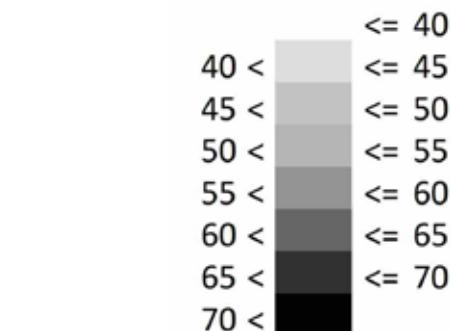


situation for SMA 8 NH after installation on the left, for SMA 11S at end of life on the right.

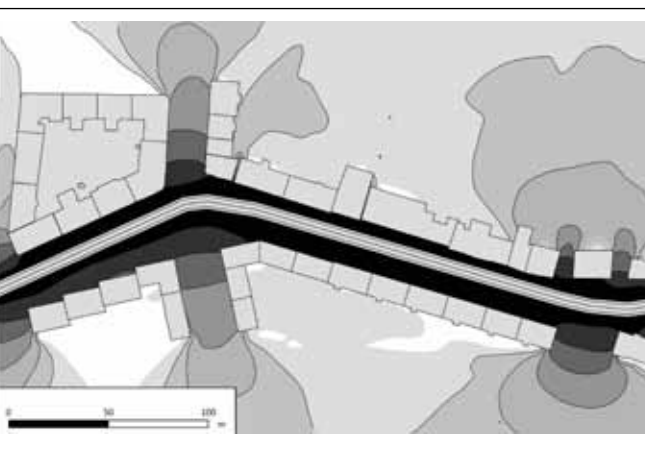
Náklady pro:	uliční kaňon [Kč]		obchvat obce [Kč]		průtah obcí [Kč]	
Povrch	SMA 11S	SMA 8 NH	SMA 11S	SMA 8 NH	SMA 11S	SMA 8 NH
Stavební náklady	1 455 000	1 928 000	45 463 000	61 526 000	10 613 000	14 318 000
pokládka	1 168 000	1 568 000	37 860 000	50 800 000	8 787 000	11 791 000
VDZ	45 000	67 000	822 000	1 233 000	216 000	324 000
frézování	203 000	293 000	6 571 000	9 493 000	1 525 000	2 203 000
DiO	39 000	77 000	210 000	419 000	85 000	169 000
Údržba	0	389 000	0	12 600 000	0	2 924 000
Externality	13 430 000	11 833 000	119 802 000	80 313 000	185 159 000	147 501 000
L_{den}	6 423 000	5 767 000	76 772 000	56 674 000	86 362 000	69 972 000
L_n	6 656 000	5 821 000	42 971 000	23 620 000	96 648 000	76 259 000
$L_{Aeq,16h}$	351 000	245 000	59 000	19 000	2 149 000	1 270 000
Celkem	14 885 000	14 150 000	165 265 000	154 439 000	195 772 000	164 743 000

Tab. 1: Porovnání ekonomických nákladů dvou typů asfaltových vrstev u tří modelových situací za dobu životnosti konstrukce vozovky (24 let)

Základem pro výpočet externalit jsou hlukové mapy, které se vytvářejí postupem uvedeným v kapitole 2. Na Obr. 2 je zakreslena legenda s pásmy hlukové zátěže ve škále po 5 dB během dne, které jsou použity v hlukových mapách zobrazených na Obr. 3 až 5. Na obrázcích je vždy vlevo zobrazena hluková mapa předmětného území pro nejlepší možnou hlukovou situaci, tj. pro povrch SMA 8 NH po pokládce; vpravo naopak hluková situace povrchu SMA 11S na konci své životnosti, tj. ve dvanáctém roce. Na Obr. 3–5 jsou zobrazeny mapy pro ukazatel $L_{Aeq,16h}$, tj. hluková situace v denní době. Z hlukových map lze určit počet zasažených obyvatel v jednotlivých hlukových pásmech a na základě toho je možné vypočítat roční externality z hlukové zátěže.



Obr. 2: Legenda a barevná škála k hlukovým mapám, $L_{Aeq,16h}$



Obr. 3: Denní hlukové mapy modelovaného území uličního kaňonu, vlevo situace pro SMA 8 NH po pokládce, vpravo pro SMA 11S na konci životnosti.

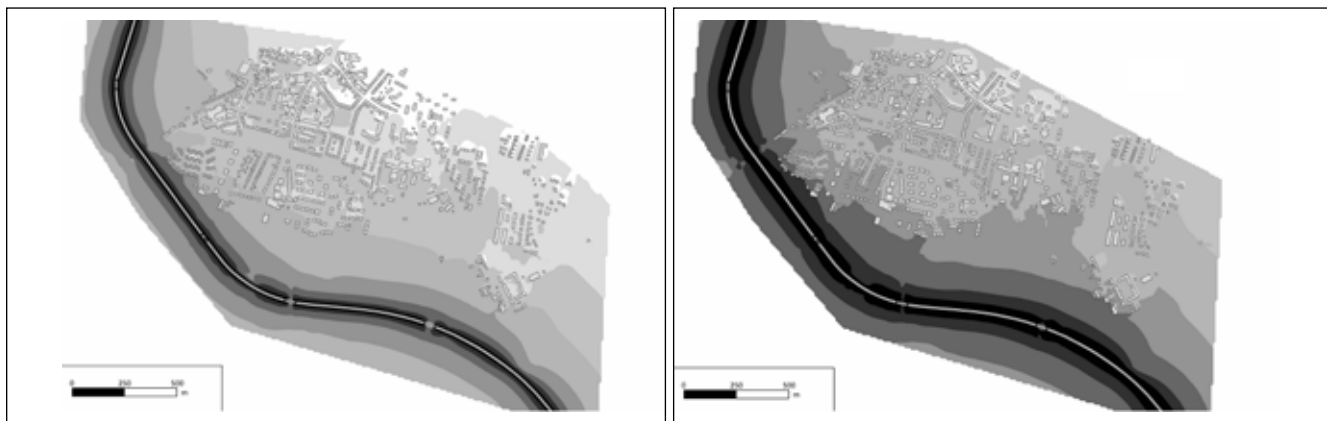
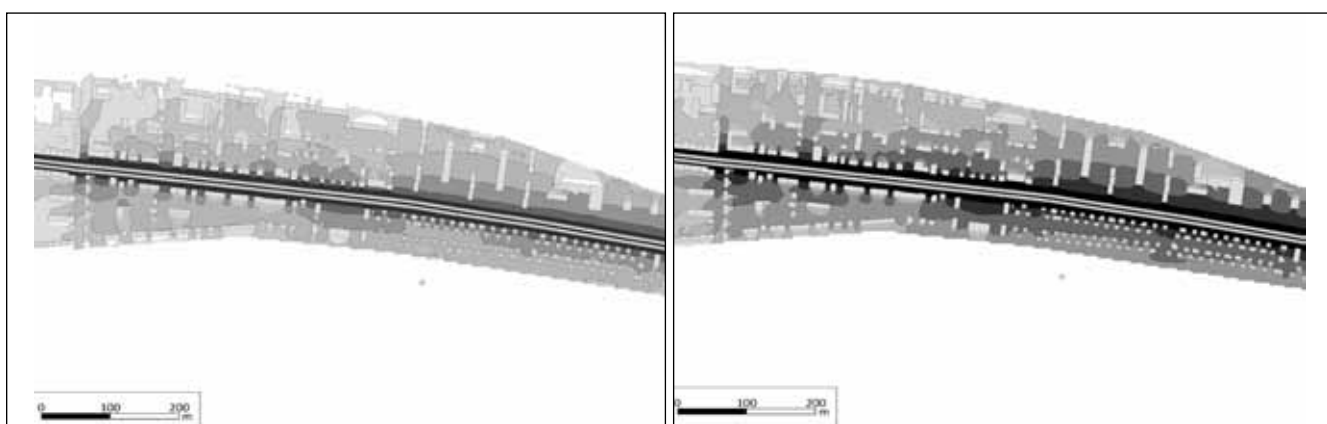


Fig. 4: Daytime noise maps of the modeled city bypass, situation for SMA 8 NH after installation on the left, for SMA 11S at end of life on the right.

Obr. 4: Denní hlukové mapy modelovaného území obchvatu obce, vlevo situace pro SMA 8 NH po pokládce, vpravo pro SMA 11S na konci životnosti.



Obr. 5: Denní hlukové mapy modelovaného území průtahu obcí, vlevo situace pro SMA 8 NH po pokládce, vpravo pro SMA 11S na konci životnosti.

Fig. 5: Daytime noise maps of the modeled road through built-up area, situation for SMA 8 NH after installation on the left, for SMA 11S at end of life on the right.

4. DISCUSSION OF ECONOMIC IMPACTS IN RELATION TO INHABITED AREAS

A large variety of software is currently used for noise calculations, e.g., CadnaA, LimA, Mithra, SoundPLAN, etc. Common features of all these programs are the combination of environmental noise propagation calculations with map and schematic editing tools. Noise modelling for all assessed areas was performed on the 3D model of the area of interest created in SoundPLAN software. It is an international acoustic software that has a modular structure, allowing for efficient modelling and calculation of the noise load. The setting of the initial conditions of the calculation and the correctness of the input data are crucial for the correctness of the prediction of the calculations. It is also important to mention that the noise map created based on the modelling can show noise conditions not only for the existing, but also for the non-existing, planned future urban traffic situation, which we took advantage of in the modelling. This offers the possibility to optimize the situation leading to the avoidance of violations of the hygienic noise limits, which are regulated by Government Regulation No. 272/2011 Sb. [24].

4. DISKUZE EKONOMICKÝCH DOPADŮ VE VZTAHU K OBYDLENÉMU ÚZEMÍ

Pro výpočty hluku se v současné době používá velké množství nejrozličnějších softwarů, např. CadnaA, LimA, Mithra, SoundPLAN aj. Běžnými funkcemi všech těchto programů je spojení výpočtů šíření hluku v prostředí s nástroji pro editaci map a schémat. Modelování hlukové zátěže pro všechna hodnocená území byla provedena na vytvořeném 3D modelu zájmového území v softwaru SoundPLAN. Jedná se o mezinárodní akustický software, který má modulární strukturu, umožňuje efektivní modelování a počítání míry hlukové zátěže. Zásadní význam pro správnost predikce výpočtů má nastavení počátečních podmínek výpočtu a správnost vstupních podkladů. Je také důležité zmínit, že hluková mapa vytvořená na základě modelování může zobrazovat hlukové poměry nejen pro stávající, ale i pro neexistující, plánovanou budoucí urbanistickou dopravní situaci, čehož jsme v rámci modelování využili. Tím se nabízí možnost optimalizace situace vedoucí k zamezení porušování hygienických limitů hluku, které jsou upraveny Nařízením vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací [24].

The outputs of the modelling are noise maps, which are the building blocks for calculating the cost of negative noise impacts on the population, otherwise known as externalities. The Czech methodology from 2012 [25] was chosen to calculate the financial valuation of externalities. According to the methodology, economic costs are calculated based on three parameters. The first is noise annoyance, where the whole population is affected and is determined based on a noise indicator L_{den} (all-day impacts). The second parameter is the increased risk of myocardial infarction determined for the whole population, which according to the methodology [25] is calculated from the daily time $L_{Aeq,16h}$. The third parameter is sleep disturbance (L_n), which in the methodology [25] is reduced to a calculation for the working population in terms of economic impact. Tab. 1 shows the individual cost items over the 24 years; this is, of course, the sum of the costs in each year. This is the zero year (after laying) to the last year of the service life of the pavement (eighth for the conventional surface, twelfth for the NH surface). Thirteen values were calculated for the SMA 11S surface and nine values for SMA 8 NH. Averaging provides a better orientation over the 24-year cycle. The economic cost for externalities of year 1 was obtained by averaging the values of years zero and one, year 2 was obtained by averaging the externalities for years one and two, and so on (see [17]). The annual cost of externalities incurred after laying and at the

Model situations	Externalities of surface SMA 11S [CZK]		Externalities of surface SMA 8 NH [CZK]	
	After laying (year 0)	End of service life (year 12)	After laying (year 0)	End of service life (year 8)
urban canyon	236,000	289,000	202,000	270,000
city bypass	2,135,000	3,873,000	1,084,000	3,336,000
road through built-up area	2,953,000	4,045,000	2,099,000	3,607,000

end of service life, rounded to the nearest thousand, is shown in Tab. 2.

Tab. 2: Annual externality costs for the model situations for both surfaces after laying and at the end of service life.

The externality results show a clear trend of a gradual increase in cost with increasing pavement age, as demonstrated in a previous paper [17]. However, this Czech methodology should be updated, as the World Health Organization [26] already states that the risk of hypertension (and myocardial infarction) should be calculated by the all-day bother indicator L_{den} . Alternatively, a European study [27] could be used, but it values the L_{den} indicator financially above 50 dB, distinguishes monetary valuation between annoyance and health, and uses a different weighting factor for each vehicle. It is therefore rather less appropriate in the specific environment of the Czech Republic.

All calculations are indicative only and should be treated with a degree of detachment. It is always best to make specific calculations for each situation (especially for construction costs, not excluding congestion). Furthermore, it should be considered that the presented construction cost results show situations where the initial state of the solution was chosen to be the construction of a new road, or possibly a new surface that has just been constructed. Thus, no costs for DIO, milling or potential delays are calculated. Thus, the construction costs at the outset only include paving, HRM and maintenance for the low-noise surface SMA 8 NH.

Tab. 1 shows that laying and health impacts represent the highest costs. The impact of delays, which has not yet been included in economic terms, is another very important factor. To determine the appropriate method for calculating conges-

Výstupem modelací jsou hlukové mapy, které jsou základním stavebním kamenem pro výpočet nákladů dopadů negativních vlivů hluku na obyvatelstvo jinak známým jako externality. Pro výpočet finančního ocenění externalit byla zvolena česká metodika z roku 2012 [25]. Podle ní se ekonomické náklady počítají na základě tří parametrů. Prvním je obtěžování hlukem, kdy je ovlivněna celá populace a je určena na základě hlukového indikátoru L_{den} (celodenní dopady). Druhým parametrem je zvýšené riziko infarktu myokardu stanoveném na celou populaci, které se dle metodiky [25] počítá z denní doby $L_{Aeq,16h}$. Třetím parametrem je rušení spánku (L_n), jež v metodice [25] z hlediska ekonomických dopadů je redukováno na výpočet u pracující populace. Tab. 1 udává jednotlivé položky nákladů za 24 let, jedná se samozřejmě o součet nákladů v jednotlivých letech. Jedná se o nultý rok (po pokládce) až poslední rok životnosti obrusné vrstvy (osmý u běžné vrstvy, dvanáctý u NH povrchu). Pro povrch SMA 11S bylo vypočítáno třináct hodnot, pro SMA 8 NH pak hodnot devět. Lepší orientaci ve 24letém cyklu pak zajišťuje průměrování. Ekonomické náklady za externality roku 1 byly získány zprůměrováním hodnot let nula a jedna, roku 2 byly získány zprůměrováním externalit za první a druhý rok a tak dále (viz [17]). Roční náklady za externality po pokládce na konci životnosti jsou, zao-krouhleny na tisíce, uvedeny v Tab. 2.

Modelované situace	Externality povrchu SMA 11S [Kč]		Externality povrchu SMA 8 NH [Kč]	
	Po pokládce (rok 0)	Konec životnosti (rok 12)	Po pokládce (rok 0)	Konec životnosti (rok 8)
Uliční kaňon	236 000	289 000	202 000	270 000
Obchvat obce	2 135 000	3 873 000	1 084 000	3 336 000
Průtah obcí	2 953 000	4 045 000	2 099 000	3 607 000

Tab. 2: Roční náklady za externality modelových situací pro oba povrchy po pokládce a na konci životnosti.

Výsledky externalit ukazují jasný trend postupného růstu nákladů s přibývajícím stářím povrchu vozovky, což bylo demonstrováno v předcházejícím příspěvku [17]. Tuto českou metodiku by však bylo vhodné aktualizovat, protože Světová zdravotnická organizace [26] již udává, že riziko hypertenze (a infarktu myokardu) by mělo být počítáno indikátorem celodenního obtěžování L_{den} . Případně by se mohla použít evropská studie [27], která ovšem finančně oceňuje indikátor L_{den} vyšší než 50 dB, rozlišuje ocenění za obtěžování a za zdraví a pro každé vozidlo je třeba použít jiný váhový faktor. V konkrétním prostředí ČR je proto spíše méně vhodná.

Veškeré výpočty jsou pouze orientační a je třeba k nim přistupovat mírně s nadhledem. Pro každou řešenou situaci je nejvhodnější vždy provést konkrétní výpočty daného řešení (především pro stavební náklady, kongesce nevymáhá). Dále je třeba brát v úvahu, že prezentované výsledky stavebních nákladů zobrazují situace, kdy byla za počáteční stav řešení zvolena výstavba nové vozovky či případně zrovna vybudovaný nový povrch. Tedy že nejsou počítány náklady za DIO, frézování ani případné zpoždění. Stavební náklady tak v počátku počítají jen s pokládkou, VDZ a údržbou u nízkohlučného povrchu SMA 8 NH.

Z tab. 1 vyplývá, že nejvyšší náklady představuje vlastní pokládka a vliv na zdraví. Dalším velmi významným faktorem, který doposud nebyl zahrnut po stránce ekonomické, je vliv zpoždění. Pro určení vhodné metody výpočtu nákladů za kon-

tion costs, a choice was made between the European study from 2019 [27] and the Czech methodology from 2013 [23]. The European study includes data from EU Member States (28 at the time). The average costs of each country (including the Czech Republic) are presented, as well as the EU average calculated from them. The concessions here include the cost of the delay itself and social costs. However, they are calculated per distance, specifically in euros or euro cents per vkm, i.e., vehicle kilometer, which expresses the movement of 1 vehicle over 1 kilometer. Alternatively, they are calculated per ton-kilometer (expressing the transport of 1 ton of freight over 1 kilometer) or per passenger-kilometer (expressing the transport of 1 person over 1 kilometer). In contrast, the Czech methodology gives congestion costs directly in Czech crowns per hour. The Czech methodology was chosen for the sake of the greatest possible simplification and generalization. However, it can also be recommended to update this methodology.

Tab. 3 shows the calculations for the model situations without and with congestions. The second column shows the cost difference without congestion over the 24-year lifetime of the road structure. For all three situations, the use of a low-noise surface versus a conventional surface is financially more favorable by a given amount. The equalization of the costs of these two surfaces will occur when the simulated areas are occupied by the number of inhabitants shown in the third column. At that point it will not matter which surface is used. If the population in this specific area is less than this number, then it will be more economically viable to apply SMA 11S asphalt mixture. The financial amounts for delays per day of resurfacing are recorded on the right-hand side of Tab. 3. The table describes the results for congestion by method and by time. For the method, the choice is between congestion caused by the traffic reduction to the fewer lanes or the use of traffic lights. There should not be any economic losses in reducing the number of lanes on four-lane roads, according to the Operating Directive 8/14. In these cases, it would still be economically more advantageous to use the low-noise surface SMA 8 NH for the simulated sections. In the urban canyon case, financial costs for delay would have been incurred when using traffic lights. Calculating a surface replacement of ten days, reducing the velocity to 40 km/h when "passing through the construction" and a cycle duration (between green signals in the same direction) of 270 seconds (during the day it does not change), the economic loss would be 720,000 CZK. In this case, the cost of the SMA 11S surface would be 15,605,000 CZK and the cost of the SMA 8 NH surface would be 15,590,000 CZK. The difference would thus be negligible, only 15,000 CZK over 24 years.

Model situation	Without congestions		With congestions		
	Difference in costs [CZK]	Equalization of costs in the number of inhabitants	According to the method [CZK/day] *	5 min/day	10 min/day
urban canyon	735,000	374	72,000	279,000	558,000
city bypass	10,826,000	7,258	0	854,000	1,708,000
road through built-up area	31,029,000	885	0	558,000	1,116,000

* four-lane road by lane reduction, two-lane road by traffic lights

Tab. 3: Comparison of costs without congestions and including congestions.

If the cost of delay is calculated by considering that each vehicle is delayed for 5 minutes, then the results would be as follows. The cost for a ten-day reconstruction would be

gesce bylo voleno mezi evropskou studií z roku 2019 [27] a českou metodikou z roku 2013 [23]. Evropská studie zahrnuje data z členských států EU (v té době 28). Jsou zde uvedeny průměrné náklady jednotlivých států (včetně ČR) a také z nich vypočtený průměr pro EU. Kongesce zde zahrnují náklady na samotné zpoždění a sociální náklady. Jsou však počítané na vzdálenost, konkrétně v eurech či eurocentech na vkm, tj. vozový kilometr, který vyjadřuje přemístění 1 vozidla na vzdálenost 1 kilometr. Případně jsou rozpočítané na tuno-kilometr (vyjadřuje přepravu nákladu o hmotnosti 1 tuny na vzdálenost 1 kilometr) či osobokilometr (vyjadřuje přepravu 1 osoby na vzdálenost 1 kilometru). Česká metodika oproti tomu udává náklady za kongesce přímo v korunách českých za hodinu. Pro co možná největší zjednodušení a zobecnění byla proto zvolena česká metodika. Ovšem lze doporučit také tuto metodiku aktualizovat.

Tab. 3 zobrazuje výpočty pro modelové situace bez kongescí i s kongescemi. Druhý sloupec uvádí rozdíl nákladů bez kongescí za 24 let životnosti konstrukce vozovky. Použití nízkohlučného povrchu vůči běžnému povrchu je u všech třech situací finančně výhodnější o dané sumy. K vyrovnání nákladů, kdy bude jedno, který povrch se použije, dojde při obydlení simulovaných oblastí počtem obyvatel uvedeným ve třetím sloupci. Pokud se bude v této konkrétní oblasti nacházet méně než tento počet obyvatel, pak bude ekonomicky výhodnější provést pokládku asfaltové směsi SMA 11S. V pravé části Tab. 3 jsou zaznamenány finanční částky pro jeden den výměny povrchu. Tabulka popisuje výsledky pro kongesce dle způsobu a dle času. U způsobu se volí mezi kongescemi vzniklými sjížděním do menšího počtu pruhů nebo použitím světelné signalizace. Při sjíždění do menšího počtu pruhů u čtyřpruhových komunikací by dle směrnice ŘSD nemělo docházet k žádným ekonomickým ztrátám. V těchto případech by pak bylo na simulované úseky stále ekonomicky výhodnější použití nízkohlučného povrchu SMA 8 NH. U případu uličního kaňonu při použití semaforů už by finanční náklady za zpoždění vznikly. Při počítání výměny povrchu deset dní, snížení rychlosti na 40 km/h při „projíždění stavbou“ a délce cyklu (mezi zelenými signály ve stejném směru) 270 sekund (během dne se nemění), by ekonomická ztráta byla 720 000 Kč. V takovém případě by náklady za povrch SMA 11S činily 15 605 000 Kč a pro povrch SMA 8 NH by výsledná suma byla 15 590 000 Kč, rozdíl by tak byl zanedbatelný, jen 15 000 Kč během 24 let.

Modelová situace	Bez kongescí		Kongesce		
	Rozdíl nákladů [Kč]	Vyrovnání nákladů při počtu obyvatel	Dle způsobu [Kč/den] *	Dle času [Kč]	
				5 min/den	10 min/den
Uliční kaňon	735 000	374	72 000	279 000	558 000
Obchvat obce	10 826 000	7 258	0	854 000	1 708 000
Průtah obcí	31 029 000	885	0	558 000	1 116 000

* čtyřpruhová komunikace sjížděním, dvoupruhová komunikace semaforem

Tab. 3: Porovnání nákladů bez kongescí a se zahrnutím kongescí.

Pokud by se náklady za zpoždění počítaly úvahou, že každé vozidlo se zdrží 5 minut, pak by čísla vypadala následovně. Při zdržení každého vozidla 5 minut v případě uličního kaňo-

17,675,000 CZK for SMA 11S and 19,730,000 CZK for SMA 8 NH within a delay of 5 minutes per vehicle in the case of the urban canyon. In this case, the calculation showed that 1,582 residents would need to occupy the modelled section to overcome the benefit of the low-noise surface. With each vehicle delayed for 10 minutes, at least 2,791 residents would already have to live in the area for NH to be beneficial, as the SMA 11S mixture is already beneficial by 4,845,000 CZK over 24 years. For the city bypass, with a vehicle delay of 5 minutes (for a reconstruction lasting ten days), it would be cheaper by 2,286,000 CZK over the lifetime of the road structure to use SMA 8 NH, which is more advantageous when the area is occupied by more than 9,421 inhabitants. The benefit of the NH surface would already be lost by increasing the delay of each vehicle to 10 minutes, and the conventional pavement SMA 11S would be economically more acceptable over the service life of the pavement structure by 6,254,000 CZK for up to 11,584 inhabitants in the section. A ten-day reconstruction of the road through built-up area with a delay of 5 minutes for each vehicle would mean that the SMA 8 NH surface is economically more favorable by 25,449,000 CZK over 24 years than the SMA 11S surface with more than 1,631 inhabitants in the area. If the delay increased to 10 minutes for each vehicle, then the NH benefit would be reduced, but it would still be preferable (over 2,375 inhabitants) to use the SMA 8 NH surface in this area by 19,879,000 CZK.

Construction costs are only counted in the economic comparison a few times over the service life of the entire road construction. Laying and HRM are counted twice for the SMA 11S surface, milling and DIO only once. Extra one needs to be added to each activity for the SMA 8 NH surface. The service life of the SMA 11S surface is approximately 12 years and that of SMA 8 NH is only 8 years. With a pavement structure life of 24 years, this amounts to two cycles for the normal surface and three cycles for the low-noise surface. Maintenance costs are only reflected in the NH surface and are greatly influenced by the area of the road section in question. The most significant economic cost is externalities, which often make up most total costs; 84–90% for an urban canyon without congestions, 52–73% for the city bypass, and 90–95% for the road through built-up area. The lower of the values reflect the share when using SMA 8 NH and the higher for SMA 11S. The value of externalities depends on the number of inhabitants and the noise level affecting them. A smaller number of inhabitants affected by high noise may be more costly than a larger number of inhabitants affected by lower noise. In general, however, the more residents in an area are bothered by road traffic noise, the higher the externality costs will be. Externalities are the costs of exposure to road noise on the population of an area over a whole year. The NH surface is preferable precisely because of its public health benefit, if the cost of delay is not included. However, accounting of congestion can completely erase the economic benefit of the low-noise surface externalities. In this case it also depends heavily on how the cost of delay is calculated.

5. CONCLUSION

Extensive acoustic model calculations were based on the assessment of the change in noise in the area due to road surface degradation (evaluation of the annual change) for three typical conditions (urban canyon, city bypass and road through

nu by náklady za desetidenní rekonstrukci byly 17 675 000 Kč u směsi SMA 11S a 19 730 000 Kč u SMA 8 NH. Výpočtem bylo v tomto případě prokázáno, že pro převážení benefitu nízkohlučného povrchu by modelovaný úsek muselo obývat 1 582 obyvatel. Při zdržení každého vozidla 10 minut už by mělo pro výhodnost NH v oblasti bydlet alespoň 2 791 obyvatel, protože směs SMA 11S je již výhodnější o 4 845 000 Kč za 24 let. U obchvatu by při zpoždění vozidel 5 minut (při rekonstrukci trvající deset dní) bylo levnější o 2 286 000 Kč za životnost konstrukce vozovky použít směs SMA 8 NH, která je výhodnější při obydlení oblasti více jak 9 421 obyvateli. Navýšením zpoždění každého vozidla na 10 minut by se již benefit NH povrchu ztratil a běžná směs SMA 11S by za životnost konstrukce vozovky byla ekonomicky přijatelnější o 6 254 000 Kč, a to až do 11 584 obyvatel v úseku. Zdržení 5 minut každého vozidla by při desetidenní rekonstrukci povrchu průtahu obce by znamenalo, že je směs SMA 8 NH od 1 631 obyvatel v oblasti ekonomicky příznivější o 25 449 000 Kč za 24 let než směs SMA 11S. Pokud by zdržení narostlo na 10 minut pro každé vozidlo, pak by se benefit NH snížil, stále by však bylo vhodnější o 19 879 000 Kč použít v této oblasti (a to nad 2 375 obyvatel) směs SMA 8 NH.

Stavební náklady se do ekonomického porovnání počítají pouze několikrát za životnost konstrukce vozovky. U povrchu z SMA 11S se započítávají dvakrát pokládka a VZ a jednou frézování a DIO, pro povrch SMA 8 NH se ke všemu přičte jedna činnost navíc. Životnost obrusné vrstvy z SMA 11S je totiž přibližně 12 let a z SMA 8 NH jen 8 let, kdy to při životnosti konstrukce vozovky 24 let činí dva cykly pro běžný povrch a tři cykly pro povrch NH. Náklady za údržbu se projeví pouze u NH povrchu a jsou značně ovlivněny plochou řešeného úseku komunikace. Nejvýznamnějším ekonomickým nákladem jsou externality, které často tvoří většinový podíl celkových nákladů; u uličního kaňonu bez kongescí 84–90%, obchvatu 52–73% a průtahu 90–95%, kdy nižší z hodnot vyjadřuje podíl při použití SMA 8 NH a vyšší pro SMA 11S. Výše externalit závisí na počtu obyvatel a hladině hluku, která je ovlivňuje. Menší počet obyvatel ovlivňovaných vysokým hlukem může být nákladnější než vyšší počet obyvatel obtěžovaných nižším hlukem. Obecně však lze konstatovat, že čím více obyvatel je v oblasti obtěžováno hlukem ze silniční dopravy, tím budou náklady za externality vyšší. Externality jsou náklady působení silničního hluku na počet obyvatel v oblasti za celý rok. Pokud nebudeme do výpočtu započítávat náklady za zpoždění vlivem výměny povrchu, pak je výhodnější použít NH povrch právě z důvodu jeho benefitu na zdraví obyvatel. Započítání kongescí však může ekonomicky zcela smazat přínos na externalitách nízkohlučného povrchu. Zde však také značně závisí na způsobu výpočtu nákladů na zpoždění.

5. ZÁVĚR

Na základě rozsáhlých výpočtů akustických modelů, které byly založeny na hodnocení změny hlučnosti v území vlivem degradace povrchu vozovky (vyhodnocení každoroční změny) pro tři typické stavy (uliční kaňon, obchvat obce a průtah obcí)

built-up area) on different types of roads (motorways, 2nd class road and local road). These calculations were then applied to the economic evaluation. The economic evaluation is carried out over the entire expected service life of the road (24 years). This includes construction costs, special maintenance, and intangible costs, but converted into a monetary valuation, namely the impact on the health of exposed persons and the impact of delays. According to the modelling and calculations, the total economic cost of the asphalt pavement is mostly influenced by the number of inhabitants and congestion, which also depends on the chosen method of calculation. Including congestion in the economic evaluation can reduce or completely erase the benefit of externality costs for NH surfaces, which without congestion often account for the majority of total costs. However, it must be remembered that the cost to human health is calculated in years, whereas the cost of delay due to reconstruction is calculated in days. The advantage of a low-noise surface in the economic comparison over the entire considered service life of the road (24 years) may be eliminated if, for example, the reconstruction of a road surface with high traffic volume is extended by "only" one week, because congestion costs will increase when congestion occurs.

Various situations under different conditions were shown in the paper. It should be noted that the total cost of asphalt mixtures for pavement layers must always be calculated on a situation-specific basis. This unequivocal recommendation is consistent with the conclusions that correspond with the expert opinion of the "road construction community", which were summarized in the findings of the Asphalt Pavements 2021 conference [28].

na různých typech komunikací (dálnice, silnice II. třídy a místní komunikace) byla následně provedena aplikace těchto výsledků, a to pro ekonomické hodnocení. Ekonomické hodnocení je provedeno za celé předpokládané období životnosti vozovky (24 let). Jsou sem zahrnuty stavební náklady, speciální údržba i náklady nehmotné, ovšem převedené na peněžní ocenění, a to vliv na zdraví exponovaných osob a vliv zpoždění. Celkové ekonomické náklady na asfaltovou obrušnou vrstvu jsou podle provedených modelací a výpočtů nejvíce ovlivněny počtem obyvatel a kongescemi, u kterých navíc záleží na zvoleném způsobu jejich výpočtu. Započítání kongescí do ekonomického hodnocení může zmenšit či zcela vymazat benefit nákladů za externality u NH povrchů, které bez kongescí činí často většinový podíl na celkových nákladech. Je nutné si ovšem uvědomit, že náklady na lidské zdraví se počítají na roky, kdežto náklady na zpoždění vlivem rekonstrukce se počítají na dny. Výhodnost nízkohlučného povrchu v rámci ekonomického porovnání za celé uvažované období životnosti vozovky (24 let) může být zcela eliminována, pokud dojde např. k prodloužení rekonstrukce povrchu vozovky s velkou intenzitou dopravy „jen“ o týden, protože při tvorbě kolon narostou náklady za kongesci.

Byť v rámci článku byly ukázány rozdílné situace za různých podmínek, je nutné upozornit, že celkové náklady na asfaltové směsi obrušných vrstev musí být vždy počítány na konkrétní situaci. Toto jednoznačné doporučení je v souladu se závěry, které korespondují s odborným názorem „stavařské silniční obce“ a které byly shrnuty v rámci poznatků z konference Asfaltové vozovky 2021 [28].

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is financed from the state budget by the Technology Agency of the Czech Republic and the Ministry of Transport of Czech Republic under the ÉTA Programme, project TL02000258 Urban planning using low-noise roads.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl na základě aktivit finančně podpořených Technologickou agenturou ČR v rámci programu ÉTA – projekt č. TL02000258 „Rozvoj území s využitím nízkohlučných vozovek“.

REFERENCES

- [1] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Off J Eur Communities L 189, 12–25, 2002 July 18.
- [2] Kephalopoulos, S., Paviotti M., Anfoso-Lédée F. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). Publications Office of the European Union, 2012. ISBN 978-92-79-25281-5.
- [3] Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Off J Eur Communities L 108, 1–14, 2007 April 25.
- [4] Commission directive (EU) 2015/996 of 19 May 2015 establishing common noise assessment methods according to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council. Off J Eur Communities L 168, 1–823, 2015 July 1.
- [5] Liberko, M. Methodological guidelines for the calculation of traffic noise levels (only in Czech as Metodické pokyny pro výpočet hladin hluku z dopravy). Brno: Research Institute of Construction and Architecture, 1991. ISBN 80-85124-07-6.
- [6] Liberko, M. Amendment to the methodology for calculating road traffic noise (only in Czech as Novela metodiky pro výpočet hluku silniční dopravy). edice Planeta 12(2), 4–32, 2005. Available from: [https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/162EEEE3C-FF004B8C125703000193684/\\$file/hluk.pdf](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/162EEEE3C-FF004B8C125703000193684/$file/hluk.pdf).
- [7] Liberko, M., Ládyš L. Calculation of noise from car traffic, Manual 2011 (only in Czech as Výpočet hluku z automobilové dopravy, Manuál 2011). Prague, 2011, pp. 79. Available from: <https://www.hlukplus.cz/manual/Metodika2011.pdf>.
- [8] Bartošová, I., Baštová M., Blahník P., Ládyš M., Liberko M., Matoušek A., Purtova A., Puš D. Calculation of noise from car traffic, update of the methodology, Manual 2018 (only in Czech as Výpočet hluku z automobilové dopravy, aktualizace metodiky, Manuál 2018), approved by the Central Commission of the Ministry of Transport on 5 February 2019, marked 90/2019-910-UPR/3, pp. 100. Available from: https://www.mdcr.cz/getattachment/dokumenty/strategie/hluk/manual-2018/manual_2018_v1-3.pdf.aspx.

- [9] Bartošová, L.; Baštová, M.; Blahník, P.; Ládyš, M.; Liberko, M.; Matoušek, A.; Purtova, A.; Puš, D. Calculation of noise from car traffic, update of the methodology, Manual 2018, version 2020 (only in Czech as Výpočet hluku z automobilové dopravy, aktualizace metodiky, Manuál 2018, verze 2020), the update has been accepted by the Ministry of Health on 30 November 2020, Ref. MZDR 201516/2019-14/OVZ, pp. 95. Available from: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Hluk/Manual-2018/Zmeny-v-Manualu-2018/Manual_2018_aktual_2020.pdf.aspx.
- [10] NMPB-Routes 96 – Bruit des Infrastructures Routières, méthode de calcul incluant les effets météorologiques, Ed.: Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme/CERTU/SETRA/LCPC/CSTB, Janvier 1997 (ISBN 2-11-089201-3).
- [11] NMPB-Routes-2008 – Methodological guide, Road noise prediction, volume 2: NMPB 2008 – Noise propagation computation including meteorological effects, Ed.: SETRA (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements), April 2009 (Référence: LRS 2008-76-069).
- [12] Decree no. 315/2018 Sb. ze dne 17. prosince 2018 o strategickém hlukovém mapování. In: Sbírka zákonů České republiky. 2018, částka 155, s. 5315–5323.
- [13] MARTOLOS, J., BARTOŠ L. Technical Specification 189: Determination of traffic intensities on roads (only in Czech as Technické podmínky 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích), approved by the Ministry of Transport, Ref. 179/2018-120-TN/1 on 22 November 2018 with effect from 1 December 2018, pp. 70. Available from: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_189_2018_final.pdf.
- [14] SoundPLAN User's Manual 8.0, SoundPLAN GmbH / SoundPLAN International LLC Stand: April 2018, pp. 779.
- [15] LÁDYŠ, L. Noise maps in the Czech Republic. Paper presented at seminar "Inner city burden by individual car traffic – citizens' involvement in solving this problem", Prague, Czech Republic (only in Czech as Hlukové mapy v ČR. In: Zatížení vnitřního města individuální automobilovou dopravou – zapojení občanů do řešení této problematiky: Sborník ze semináře který se konal 19. a 20. května 2005 v Praze). [Online] 2005 [cit. 2022-03-03]. Available from: <http://sospraha.cz/doprava/seminar05/>.
- [16] Branch Classifier of Building Structures and Works. (only in Czech as Oborový třídění stavebních konstrukcí a prací) The State Fund for Transport Infrastructure, 2021. Available from: <https://www.sfdi.cz/pravidla-metodiky-a-ceniky/cenove-databaze/>.
- [17] KŘIVÁNEK, V., MARKOVÁ P., HABLOVIČOVÁ B., BÍZA, P., POTUŽNÍKOVÁ, D. An economic comparison of the ordinary and low-noise wearing course during the lifetime of roadway. Akustika 36, 2–15, 2020. DOI: 10.36336/AKUSTIKA2020363.
- [18] TUČKA, P. Technical Specification 66: Principles for the marking of workplaces on roads (only in Czech as Technické podmínky 66 Zásady pro označování pracovních míst na pozemních komunikacích), approved by the Ministry of Transport, Ref. 21/2015-120-TN/1 on 12 March 2015 with effect from 1 April 2015, pp. 156. Available from: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_66.pdf.
- [19] Operating Directive 8/14: Estimation of the formation and development of congestion at workplaces on directionally divided roads. Internal document (only in Czech as Provozní směrnice 8/14: Odhad vzniku a vývoje kolon při pracovních místech na směrově rozdělených komunikacích). Prague: Road and Motorway Directorate of the Czech Republic, 2014.
- [20] MARTOLOS, J. Technical Specification 81: Design of traffic lights for traffic control on roads (only in Czech as Technické podmínky 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích), approved by the Ministry of Transport, Ref. 122/2015-120-TN/2 on 21 October 2015 with effect from 15 December 2015, pp. 174. Available from: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_81.pdf.
- [21] BARTOŠ, L., martolos, j., richtr, a., kolečko, p. Technical Specification 188: Assessing the capacity of junctions and road sections (only in Czech as Technické podmínky 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací), approved by the Ministry of Transport, Ref. 127/2018-120-TN/1 on 5 September 2018 with effect from 15 September 2018, pp. 152. Available from: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_188_2018.pdf.
- [22] Máca, V., Melichar J. Methodology for quantifying transport externalities (only in Czech as Metodika kvantifikace externalit z dopravy). Charles University in Prague – Environment Centre, 2013. Available from: https://www.tacr.cz/dokums_raw/metodiky/TB010MD017_metodika.pdf.
- [23] Central register of vehicles (only in Czech as Centrální registr vozidel). Ministry of Transport. [Online] Available from: <https://www.mdcr.cz/Statistiky/Silnicni-doprava/Centralni-registr-vozidel>.
- [24] Government Regulation no. 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: Sbírka zákonů České republiky. 2011, částka 97, s. 3338–3351.
- [25] máca, v., urban j., melichar j., Křivánek v. Methodology for the valuation of traffic noise (only in Czech as Metodika oceňování hluku z dopravy). Charles University in Prague – Environment Centre, 2012. Available from: https://www.czpu.cuni.cz/czp/images/stories/Vystupy/TranExt/metodika_hluk.pdf.
- [26] World Health Organization. Environmental Noise Guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, pp. 181. ISBN 978-92-890-5356-3. Available from: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf.
- [27] van essen, h., van wijngaarden, l., schroten a., sutter d., bieler c., maffii s., Brambilla m., Fiorello d., fermi f., parolin r., el beyrou k. Handbook on the external costs of transport, version 2019. Delft, CE Delft, 2019, pp. 287. ISBN 978-92-79-96917-1. Available from: <http://tdie.eu/wp-content/uploads/2019/07/internalisation-handbook-isbn-978-92-79-96917-1.pdf>.
- [28] MONDSCHNEIN, P. Summary of findings from the Asphalt Pavements Conference 2021 (only in Czech as Shrnutí poznatků z konference Asfaltové vozovky 2021), Praha: PRAGOPROJEKT, 2021, s. 1–4. ISBN 978-80-906809-6-8. Available from: <https://www.asfaltove-vozovky.cz/av2021/data/prezentace/22.pdf>.



Ing. Vitezslav Krivanek, Ph.D., 1981, is a graduate of Brno University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication. In his post graduate study in 2005 – 2008 he participated in research projects of FRVŠ, GAČR, NBÚ, MPO ČR, NPV II. In 2002 - 2011 he cooperated with a leisure activity centre Junior – DDM in Brno, where he participated in educational and preventive activities concerning free time of children and the youth in the Department of Science and Technology for Everybody. Since 2008 he has been working in Transport Research Centre (CDV) as a researcher in the field of transport environmental aspects. Recently he has cooperated in CDV in R&D projects: "Quantification of external costs of transport in the Czech Republic, Virtual education in transport, Education of youth to sustainable transport, Critical analysis of new materials and new shapes suitable for noise barriers, Tools for Analysis and Assessment of Environmental Impacts of Road Surface Noise, Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure". Furthermore, he produces noise studies, expertise in noise from transport, he is a member of an accredited laboratory No. 1506 for measuring traffic noise, and a member in an international work group CEN TC 227 WG5. Since 2019 he is a guarantor of a project "Urban planning using low-noise roads".



Ing. Petra Markova, graduate of Mendel Agriculture and Forestry University in Brno, has been working in Transport Research Centre (CDV) since 2005. Her main activity in the field of transport and the environment is focused on the environmental acoustics. Her work includes assessing acoustic situations around roads, assessing acoustic situations with the use of measurements and numeric modelling with the use of a software system SoundPLAN, and subsequent assessing transport noise impact on population. She is currently involved in a project "Critical analysis of new materials and new shapes suitable for noise barriers and proposals for their use in rail and road transport", "Analysis and monitoring of road surface noise changes" and "Urban planning using low-noise roads". In the field of transport noise she also participates in "Sustainable Urban Mobility Plans".



Ing. Blanka Hablovicova, graduate of the University of Pardubice and since 2018 has been working in Transport Research Centre (CDV). She deals with traffic noise from the environmental point of view which includes noise generated around roads. She collaborates in projects "Critical analysis of new materials and new shapes suitable for noise barriers and proposals for their use in rail and road transport" and "Analysis and monitoring of road surface noise changes". She also participates in the (SUMP) of towns and cities in the Czech and Slovak Republic. She also contributes (since 2019) in a TAČR research project "Urban planning using low-noise roads".



Ing. Jan Machanec, graduated of a bachelor's degree in 2018 and a master's degree in 2021 at Mendel University in Brno. His thesis was focused on the kinematic of braking forces on hybrid and electric vehicles. He has been working in Transport Research Centre (CDV) since 2021 and he focuses on environmental acoustics. Mainly he deals with measuring by method CPX all around the Czech Republic. He collaborates on projects for the Technology Agency of the Czech Republic as CK02000121 and TL02000258, a project funded by the Ministry of Transport and on the new methodology CNOSSOS-EU.



Ing. Dana Potužníková, Ph.D., graduated at University of Agriculture Prague, Faculty of Agronomy, Department of Animal Production, in 1986. She completed her postgraduate studies in 2018 defending her dissertation on the possibility of evaluating low-frequency noise in doctoral program of Hygiene, Preventive Medicine at the Medical Faculty in Hradec Kralove, Charles University in Prague. 1993 - 2003: Head of Department of General and Environmental Hygiene in District Public Health Authority of Usti nad Orlici, member of NRL for environmental noise, 2003 - 2009: Head of analysis dpt., member of NRL for environmental noise in Public Health Institute of Pardubice, 2010 - present: Department of environmental factors and member of NRL for environmental noise in Public Health Institute of Ostrava. Author or co-author of papers published in Czech reviewed journals and journals with impact factor, contributions at international and national conferences, documents for the legislative process in the field of health protection against noise and methodological activities for the Ministry of Health CR. Participates in project "Action Plans of the Pardubice Region 2019" and Strategic noise maps CR according to Directive No. 2002/49/EC for Ministry of Health CR. She is a lecturer for IPVZ Brno, co-organization of seminars, courses and consultation days of NRL for environmental noise. She is author 100 authorized reports Health Risk Assessment of noise exposure.