


Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

	Vypracoval: ING. JITKA RUŽIČKOVÁ	Kontroloval: -	
	Název přílohy: <b>Vlivy na veřejné zdraví</b>	Měřítko: -	Datum: 08/2017
		Číslo části a přílohy: J	<b>4</b>

## **PROTOKOL POSOUZENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ**

# **HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK**

- Zadání:** **HODNOCENÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK**  
**MODERNIZACE TRATI HRADEC KRÁLOVÉ - PARDUBICE -**  
**CHRUDIM, 2. STAVBA, ZDVOUKOLEJNĚNÍ OPATOVICE NAD**  
**LABEM – HRADEC KRÁLOVÉ**
- Zadavatel:** **SUDOP PRAHA a.s.**  
Olšanská 1a, 130 80 Praha 3
- Vypracoval:** **Ing. Jitka Růžičková**  
Držitelka osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na  
veřejné zdraví, pořadové číslo osvědčení 5/2014  
Krokova 31  
360 20 Karlovy Vary
- Datum zpracování:** červen - červenec 2017

## OBSAH

	strana
<b>1. Zadání</b>	3
<b>2. Informace o záměru</b>	4
<b>3. Zdravotní rizika chemických škodlivin</b>	5
<b>3.1 Charakteristika chemických škodlivin a identifikace nebezpečnosti</b>	6
3.1.1 Suspendované částice frakce PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub>	6
3.1.2 Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>	7
3.1.5 Benzen	8
3.1.6 Benzo(a)pyren	9
<b>3.2 Hodnocení expozice a charakterizace rizika</b>	10
3.2.1 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro NO <sub>2</sub>	14
3.2.2 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub>	14
3.2.5 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro benzen a BaP	15
<b>3.3 Analýza nejistot</b>	16
<b>3.4 Závěr ve vztahu ke znečištění ovzduší</b>	16
<b>4. Zdravotní rizika hluku v mimopracovním prostředí</b>	17
<b>4.1 Identifikace nebezpečnosti</b>	17
<b>4.2 Charakterizace nebezpečnosti</b>	21
<b>4.3 Hodnocení expozice</b>	24
<b>4.4 Charakterizace rizika</b>	30
<b>4.5 Analýza nejistot</b>	33
<b>4.6 Závěr k hodnocení hluku</b>	33
<b>5. Celkový závěr</b>	34
Použitá literatura	35

## 1. Zadání

Na základě objednávky zpracovatele dokumentace posouzení vlivu záměru „Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové“ na životní prostředí podle zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů, je zpracováno posouzení vlivů na veřejné zdraví resp. hodnocení zdravotních rizik hluku a chemických látek v ovzduší.

Základní metodické postupy odhadu zdravotních rizik byly zpracovány zejména Americkou agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA) a Světovou zdravotní organizací (WHO). V České republice byly základní metodické podklady pro hodnocení zdravotních rizik vydány Ministerstvem zdravotnictví a Ministerstvem životního prostředí. Předkládané hodnocení zdravotních rizik je zpracováno v souladu s výše uvedenými metodickými postupy.

Zdravotní riziko vyjadřuje pravděpodobnost změny zdravotního stavu exponovaných osob. Při hodnocení zdravotních rizik se standardně postupuje ve čtyřech následných krocích:

1. Identifikace nebezpečnosti – v tomto kroku se zjišťuje, zda je sledovaná látka, faktor nebo komplexní směs schopná vyvolat nežádoucí zdravotní účinek.
2. Charakterizace nebezpečnosti – odhad dávkové závislosti tohoto efektu, tedy jak se intenzita, frekvence nebo pravděpodobnost nežádoucích účinků mění s dávkou, což je nezbytným předpokladem pro možnost odhadu míry rizika
3. Hodnocení (odhad) expozice – to znamená, zda a do jaké míry je populace vystavena působení sledované látky nebo faktoru v daném prostředí. Na základě znalosti situace se při něm sestavuje expoziční scénář, tedy představa, jakými cestami a v jaké intenzitě a množství je konkrétní populace exponována dané látky a jaká je její dávka.
4. Charakterizace rizika – je konkrétním krokem v odhadu rizika. Znamená integraci (syntézu) poznatků získaných v předchozích krocích, včetně zvážení všech nejistot, závažnosti i slabých stránek dokumentace. Účelem je dospět, pokud to dostupné informace umožňují ke kvantitativnímu vyjádření míry konkrétního zdravotního rizika v posuzované situaci, která může sloužit jako podklad pro rozhodování o opatřeních, tedy pro řízení rizika.

Pro daný protokol bylo předloženo:

Rozptylová studie: Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové, zpracovaná SUDOP PRAHA a.s., vypracoval: Ing. Blanka Novotná

Hluková studie: Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové, zpracovaná SUDOP PRAHA a.s.,

## 2. Informace o záměru

### Popis zájmového území

Trat' je staničena od Opatovic nad Labem do Hradce Králové. Začátek kolejových úprav je v km 16,076604, konec je v km 29,6000. Rozsah kolejových úprav je cca 13,524 km.

Trat' je vedena v rovinném terénu

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

nu Polabí, prakticky v úrovni terénu nebo na mírném násypu nebo zářezu (cca okolo jednoho metru). Území podél trati je tvořeno z velké části polními plochami, je zde ale i několik obcí, které trať většinou protíná. Jedná se o obce: Opatovice nad Labem, Pohřebačka, Březhrad, Hradec Králové.

V posuzovaném úseku se jedná o zdvoukolejnění elektrizované trati, provozovanou po skončení modernizace rychlostí max. 160 km/h.

V km cca 16,9 trati Pardubice hl. n. – Liberec bude umístěna i recyklační základna pro celou stavbu. Jedná se o zpevněnou plochu nákladíště. Příjezd od silnice II/324 komunikací kolem žst.

Předpokládá se využití pro práce v žst. Opatovice n. L. - Pohřebačka a v mezistaničním úseku ve stavebních postupech 2 – 5.

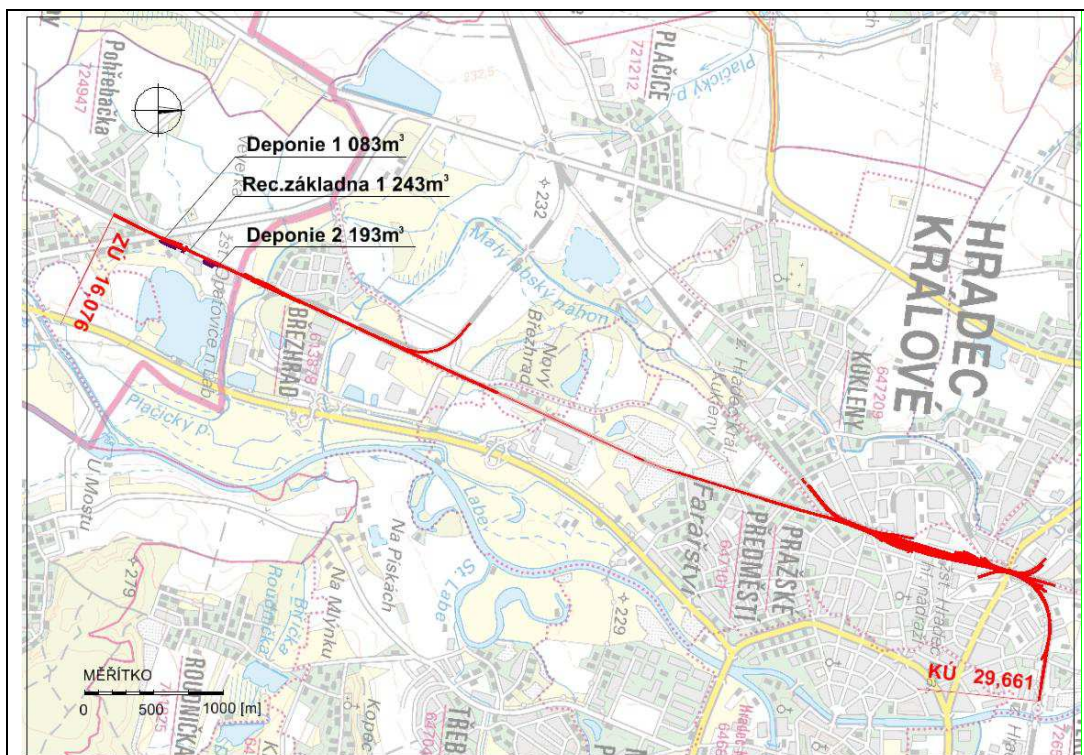
Plocha k recyklaci ZS 2 – plocha o rozloze 2 700 m<sup>2</sup> je součástí pozemku p. č. 558/1 v k. ú. Pohřebačka, na kterém vykonává vlastnické právo SŽDC s. o.

### Charakteristika lokality

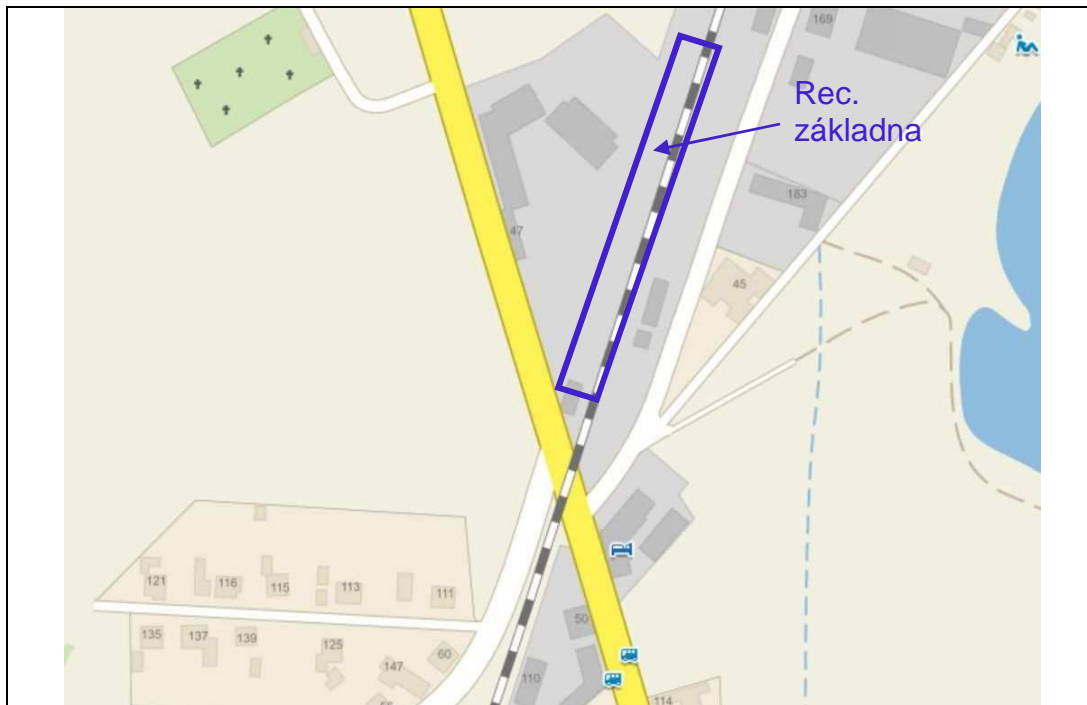
Území dotčené využitím ZS2 se nalézá v žst. Opatovice n.L

Jedná se o rovinaté území převážně se zemědělskými pozemky. V těsném sousedství recyklační základny se nalézají průmyslové plochy firem VCES a.s. (p.č. 275/1), AutoForum spol.s.r.o. (p.č. 524/1) a Agrodružstvo Klas (p.č. 369/2). Nejbližší položená obytná zástavba se nachází v obci Pohřebačka č.p. 45 (cca 80m), Penzion První liga a obytné domy čp. 111, 113, 115, 116, 121, 60, 82 (cca 300m). Viz obr.č. 1 a 2

**obr. 1: Okolí plánované stavby**



**Obr. 2: Okolí ZS 2 - recyklační základny**



*Použité zdroje informací:*

Rozptylová studie: Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové, zpracovaná SUDOP PRAHA a.s., odpovědný zástupce Ing. Blanka Novotná

Hluková studie: Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové, zpracovaná SUDOP PRAHA a.s.

### **3. Zdravotní rizika chemických škodlivin**

Prvním krokem v procesu hodnocení zdravotních rizik je sběr a vyhodnocení dat o možném poškození zdraví, které může být vyvoláno zjištěnými nebezpečnými faktory. Dostupné údaje o škodlivinách emitovaných do ovzduší a o jejich účincích na zdraví jsou převzaty z databází WHO, US EPA – IRIS apod.

Předložená rozptylová studie se zabývá posouzením emisních zátěží v přílehlém okolí recyklační základny, přístupové komunikace a určuje velikost imisního příspěvku v jejím okolí. Předkládaná rozptylová studie vyhodnocuje příspěvky k imisní zátěži související s výstavbou záměru. Povinnost zpracovat rozptylovou studii pro uvedenou stavbu souvisí s recyklací stavebních materiálů použitím recyklační linky, která je, včetně pohonné jednotky, vyjmenovaným stacionární zdrojem v příloze č. 2 zákona 201/2012Sb.

Rozptylová studie slouží k modelování přírůstku imisní zátěže a určení pravděpodobných imisních koncentrací v okolí lokality s umístěným stacionárním zdrojem (ZS 2).

Z hlediska příspěvkového znečištění vnějšího ovzduší byly v rozptylové studii provedeny výpočty pro oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>), suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, benzen (BZN) a benzo(a)pyren (BaP).

Provoz na železniční trati v úseku Opatovice n.L – Hradec Králové nebude po dokončení rekonstrukce zdrojem emisí.

### 3.1 Charakteristika chemických škodlivin a identifikace nebezpečnosti

Na základě předložené rozptylové studie byly vytipovány polutanty emitované do ovzduší, které lze v rámci posuzovaného záměru buď vzhledem ke zjištěným koncentracím anebo známým vlastnostem, považovat za významné z hlediska potenciálního ovlivnění zdravotního stavu:

- oxid dusičitý
- suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>
- benzen
- benzo(a)pyren

#### 3.1.1 Suspendované částice frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

Suspendované částice představují různorodou směs organických a anorganických částic kapalného a pevného skupenství, různé velikosti, složení a původu. Jsou definovány takto: suspendované částice jsou pevné nebo kapalné částice, které v důsledku zanedbatelné pádové rychlosti přetrvávají dlouhou dobu v atmosféře.

Částice v ovzduší představují významný faktor s mnohočetným efektem na lidské zdraví. Na rozdíl od plynných látek nemají specifické složení (velikost a složení částic je ovlivněno zdrojem, ze kterého pochází), nýbrž představují směs látek s různými účinky. Současně působí i jako vektor pro plynné škodliviny.

**Akutní účinky suspendovaných částic a změny v denních koncentracích:** Suspendované částice dráždí sliznici dýchacích cest, mohou způsobit změnu morfologie i funkce řasinkového epitelu, zvýšit produkci hlenu a snížit samočisticí schopnosti dýchacího ústrojí. Tyto změny usnadňují vznik infekce. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy, chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovému selháním. Tento vývoj je současně podmíněn a ovlivněn mnoha dalšími faktory, jako je stav imunitního systému, alergická dispozice, expozice v pracovním prostředí, kouření apod. Efekt krátkodobě zvýšených koncentrací suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> se projevuje zvýrazněním symptomů u astmatiků a zvýšením celkové nemocnosti i úmrtnosti. Citlivou skupinou jsou děti, starší osoby a osoby s chronickým onemocněním dýchacího a oběhového ústrojí.

**Dlouhodobé účinky:** Na základě ročních průměrných koncentrací existuje pro tyto účinky méně podkladů. Pozorované účinky se většinou týkají snížení plicních funkcí při spirometrickém vyšetření u dětí i dospělých, výskytu symptomů chronické bronchitidy a spotřeby léků pro rozšíření průdušek při dýchacích obtížích a zkrácení očekávané délky života. Pro zdravotní účinky prašnosti vyjádřené jako PM<sub>10</sub> jsou předpokládány účinky bezprahové, s lineární závislostí vztahu dávka – účinek. Pro prašnost vyjádřenou jako PM<sub>10</sub> je v materiálech WHO uváděna závislost pro různé projevy zdravotních účinků. V současné době jsou k dispozici i výsledky novějších studií, které byly verifikovány v materiálech WHO (2006). Závěry epidemiologických studií, které byly použity pro konstrukci doporučených hodnot prašnosti WHO (2005), případně uvedených v novějším materiálu WHO zaměřeném pouze na vlivy prašnosti na exponovanou populaci (WHO, 2006), uvádějí následující vztahy mezi zvýšením prašnosti a výskytem symptomů poškození zdravotního stavu populace. Jako vstupní je použita hodnota zvýšení prašnosti o 10 µg/m<sup>3</sup> příslušné frakce PM. Výsledný efekt je vyjádřen jako změna (zvýšení) výskytu jednotlivých symptomů poškození zdraví oproti situaci

s nižší zátěží prašnosti na lokalitě (pomocí %, případně epidemiologických ukazatelů – RR, OR), případně výskytem nových případů symptomu poškození zdraví v populaci určité četnosti (většinou 100 000 obyvatel, případně určité věkové kohorty). Vztahy jsou formulovány jako lineární, neboť nebyl prokázán prahový účinek vlivu prašnosti na zdravotní stav populace.

V roce 2013 zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC), na základě nezávislé analýzy více než 1 000 studií, znečištěné venkovní ovzduší i suspendované částice jako jeho složku, do skupiny 1 mezi prokázané karcinogeny pro člověka. Tento fakt se prozatím nijak neodrazil v doporučeních pro kvantitativní hodnocení.

Ze zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí ČR v roce 2014 bylo konstatováno, že zátěž ovzduší aerosolovými částicemi v monitorovaných sídlech je významně ovlivňována meteorologickými podmínkami s vyšší četností excesů a rychlých změn počasí zahrnujících dlouhodobější suchá období vysokých teplot či krátká období intenzivních srážek. V roce 2014 nenastala významnější zimní inverzní situace.

Přetrvává významnost podílu emisí z dopravy jako majoritního zdroje znečištění ovzduší ve městech a městských aglomeracích proti emisím z dalších typů zdrojů (teplárny, výtopny a domácí vytápění). Specifickou a významně vyšší zůstává zátěž v průmyslových lokalitách na Ostravsku. Porovnání imisních charakteristik stanic umístěných v jednotlivých typech městských obytných lokalit (pozařových a zatížených různou úrovní dopravy) jednoznačně usvědčuje dopravu jako hlavní příčinu vyšší zátěže suspendovanými částicemi ve městech. Je zřejmá přímá závislost na intenzitě dopravy, kdy se emise z liniového zdroje/zdrojů přičítají k městskému pozadí ovlivňovanému lokálními malými zdroji - topeništi.

### 3.1.2 Oxid dusičitý NO<sub>2</sub>, CASRN 10102-43-9

Oxidy dusíku patří mezi nejvýznamnější klasické škodliviny v ovzduší. Hlavním zdrojem antropogenních emisí oxidů dusíku do ovzduší je spalování fosilních paliv. Ve většině případů jsou emitovány převážně ve formě oxidu dusnatého, který je ve vnějším ovzduší rychle oxidován přítomnými oxidanty na oxid dusičitý. Suma obou oxidů je označována jako NO<sub>x</sub>. Oxid dusičitý NO<sub>2</sub> je z hlediska účinků na lidské zdraví významnější a je o něm k dispozici nejvíce údajů. Z toho důvodu byl v roce 2002 způsob hodnocení změněn a v současné době se hodnotí koncentrace NO<sub>2</sub>, nikoli sumy všech oxidů. Z toho vyplývá i navazující změna v celkovém přístupu k hodnocení znečištění touto noxou. Hodnocení zdravotního rizika bude proto provedeno pro tuto látku.

Protože oxid dusičitý není příliš rozpustný ve vodě, je při inhalaci jen zčásti zadržen v horních cestách dýchacích, v převaze však proniká do dolních cest dýchacích, kde se pozvolna rozpouští a s dlouhodobou latencí může přímým toxickým působením na kapiláry plicních sklípků vyvolat edém plic. Prahovou koncentraci pachu uvádějí různí autoři mezi 200 až 410 µg/m<sup>3</sup>.

NO<sub>2</sub> patří mezi významné škodliviny ve vnitřním ovzduší budov. Mimo vnější ovzduší se zde jako zdroj emisí uplatňuje hlavně tabákový kouř a provoz plynových spotřebičů. WHO uvádí průměrné koncentrace z 2-5 denních měření v bytech v 5 evropských zemích v rozmezí 20-40 µg/m<sup>3</sup> v obývacích pokojích a 40-70 µg/m<sup>3</sup> v kuchyních s plynovým vybavením. V bytech situovaných na ulice s rušným dopravním provozem byly tyto hodnoty dvojnásobné. Při používání neodvětraných kuchyňských sporáků však mohou být tyto hodnoty ještě podstatně vyšší, průměrná několika denní koncentrace NO<sub>2</sub> může přesáhnout 200 µg/m<sup>3</sup> s maximálními hodinovými hodnotami až 2000 µg/m<sup>3</sup>.

**Akutní účinky** na lidské zdraví v podobě ovlivnění plicních funkcí a reaktivity dýchacích cest se u zdravých osob projevují až při vysoké koncentraci NO<sub>2</sub> nad 1880 µg/m<sup>3</sup>. Krátkodobá



expozice nižším koncentracím však vyvolává zdravotní odezvu u citlivých skupin populace, jako jsou pacienti s chronickou obstrukční chorobou plic a zejména astmatici, kteří uvádějí subjektivní potíže již od koncentrace  $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . U pacientů s chronickou obstrukční chorobou plic bylo zjištěno mírné snížení dýchacích funkcí po tříhodinové expozici  $\text{NO}_2$  v koncentraci  $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Některé studie naznačují, že  $\text{NO}_2$  zvyšuje bronchiální reaktivitu u citlivých osob při působení dalších bronchokonstrikčních vlivů (chlad, cvičení, alergenů v ovzduší) již při nižších úrovních krátkodobé expozice.

Při koncentraci cca  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nebyly při krátkodobé expozici v žádné studii zjištěny nepříznivé účinky ani u citlivé části populace. U krátkodobého působení koncentrace  $\text{NO}_2$ , tj. cca  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  již jsou důkazy o malém snížení dýchacích funkcí u exponovaných astmatiků, přičemž riziko vyvolání astmatické odezvy vzrůstá s přítomností alergenů v ovzduší. Vzhledem k tomu, že astmatictí pacienti, kteří se jako dobrovolníci účastnili pokusů, trpěli jen mírnou formou tohoto onemocnění, lze předpokládat, že v populaci existují jedinci s vyšší citlivostí.

**Chronické působení dlouhodobé expozice  $\text{NO}_2$**  na lidské zdraví doposud nebylo žádnou studií spolehlivě kvantifikováno. V pokusech na laboratorních zvířatech byly prokázány morfologické změny plicní tkáně podobné emfyzému při dlouhodobé expozici několika týdnů až měsíců koncentracím od  $640 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a biochemické změny od koncentrace  $380 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Koncentrace od  $940 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zvyšují u pokusných zvířat po šestiměsíční expozici vnímavost plic vůči bakteriální a virové infekci. Snížení imunity je důsledkem změn jak buněčné, tak i proti látkové složky obranného systému.

Podle nových poznatků je však obtížné oddělit působení oxidu dusičitého od účinků dalších současně působících látek, zejména aerosolu. Nejvíce jsou oxidu dusičitému vystaveni obyvatelé městských lokalit významně ovlivněných dopravou. Z hodnot zjištěných ročních průměrů z monitoringu vyplývá, že v dopravou zatížených částech pražské aglomerace lze u obyvatel očekávat snížení plicních funkcí, zvýšení výskytu respiračních onemocnění, zvýšený výskyt astmatických obtíží a alergií, a to u dětí i dospělých.

Ze zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí ČR v roce 2014 roční aritmetické průměry oxidu dusičitého na pozadových stanicích EMEP nepřekročily  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (nejvyšší hodnota byla naměřena v Košeticích, a to  $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ve městech se v závislosti na intenzitě okolní dopravy pohybovaly v rozsahu od přibližně  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na nezatížených lokalitách, přes 20 až  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u dopravně středně zatížených stanic až k  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ročního průměru v dopravně silně zatížených lokalitách. Přestože se v roce 2014 situace vlivem příznivějších rozptylových podmínek opět mírně zlepšila, lze, s dalším předpokladatelným rozvojem dopravy a souvisejících technologií, za stávajících podmínek očekávat v městech rozšíření počtu exponovaných lokalit, a to nejen v okolí komunikací.

### 3.1.3 Benzen, ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), CASRN 71-43-2

Benzen je bezbarvá kapalina, málo rozpustná ve vodě, charakteristického aromatického zápachu, která se snadno odpařuje. Je obsažen v surové ropě a ropných produktech. Hlavními zdroji uvolňování benzenu do ovzduší jsou vypařování z pohonných hmot, výfukové plyny a cigaretový kouř.

Hlavní cestou příjmu benzenu do organismu je inhalace z ovzduší, zejména v místech s intenzivnější dopravou nebo v blízkosti čerpacích stanic. Významné však mohou i koncentrace benzenu v interiérech budov, zejména v závislosti na cigaretovém kouři. V menší míře je přijímán i s potravou. Expozice z pitné vody je pro celkový příjem při běžných koncentracích zanedbatelná. Individuální výše celkového příjmu benzenu nejvíce závisí na kuřáctví.

Při inhalaci je v plicích vstřebáno asi 50 % vdechnutého benzenu. Ze zažívacího traktu je pravděpodobně absorbován kompletně. Přes kůži se absorbuje jen asi 1% aplikované dávky. Po vstřebání je distribuován v těle nezávisle na bráně vstupu, nejvyšší koncentrace metabolitů byly zjištěny v tukových tkáních. Benzen je v játrech a snad i v kostní dřeni oxidován na hlavní metabolit fenol a dihydroxyfenoly. Asi 15 % vstřebaného benzenu je v nezměněné formě vyloučeno vydechaným vzduchem. Metabolity jsou vylučovány močí.

**Akutní otrava** benzenem inhalační a dermální cestou vyvolává po počáteční stimulaci a euforii útlum centrálního nervového systému. Dochází též k podráždění kůže a sliznic. Syndromy po požití zahrnují zvracení, ztrátu koordinace až delirium, změny srdečního rytmu.

Kritickým orgánem při **chronické expozici** je kostní dřev. Účinkem metabolitů benzenu zde dochází ke vzniku různých poruch krvetvorby až pancytopenii. Pozorovány byly též imunologické změny. O fetotoxických nebo teratogenních účincích benzenu nejsou přesvědčivé zprávy. Při hodnocení rizika benzenu se hlavní pozornost věnuje karcinogenitě. Pro chronický nekarinogenní toxický účinek jsou v databázi IRIS uvedeny hodnoty pro orální referenční dávku  $RfDo = 0,004 \text{ mg/kg-den}$  ( $UF = 300$  a  $MF = 1$ ) a inhalační referenční koncentraci  $RfC = 0,03 \text{ mg/m}^3$  ( $UF = 300$  a  $MF = 1$ ).

**Benzen je prokázáný lidský karcinogen**, zařazený IARC do skupiny 1. US EPA jej též řadí do kategorie A jako známý lidský karcinogen pro všechny cesty expozice. Epidemiologické studie u profesionálně exponované populace poskytly jasné důkazy o kauzálním vztahu k akutní myeloidní leukémii a naznačují vztah i k chronické myeloidní leukémii a chronické lymfadenóze. Přesný mechanismus účinku benzenu při vyvolání leukémie není dosud znám, předpokládá se, že je to důsledek ovlivnění buněk kostní dřevě metabolity benzenu, přičemž se zde kromě genotoxického efektu patrně uplatňují i další cesty. Karcinogenita benzenu je potvrzena i nálezy z experimentů na zvířatech, u kterých benzen při inhalační i perorální expozici vyvolává řadu malignit různého typu a lokalizace. V testech na bakteriích sice benzen nevykazuje mutagenní účinek, avšak in vivo způsobuje chromosomální aberace u savčích buněk včetně lidských.

Ze zprávy Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí ČR se úroveň znečištění ovzduší benzenem v roce 2014 v měřených městských lokalitách pohybovala v rozmezí  $0,9 - 1,5 \text{ } \mu\text{g/m}^3/\text{rok}$ . Nejvyšší hodnoty jsou dlouhodobě měřeny na ostravských stanicích –  $2,6$  až  $3,1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  v roce 2014. Imisní limit nebyl v roce 2014 na žádné

stanici překročen, a to ani na průmyslem významně exponované stanici v Ostravě.

### 3.1.4 Polycyklické aromatické uhlovodíky, benzo(a)pyren (BaP)

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) představují skupinu organických látek, tvořených dvěma nebo více kondenzovanými benzenovými jádry, která mohou být různě orientována a substituována, z čehož vyplývá velká rozmanitost jejich vlastností. Vznikají při nedokonalém spalování organických látek a vzhledem k rozšířenosti jejich přírodních i antropogenních zdrojů jsou prakticky všudypřítomné. Většina PAU se dostává do životního prostředí cestou atmosféry z řady procesů spalování a pyrolýzy. V ovzduší jsou většinou vázány na pevné částice a mohou být transportovány na značné vzdálenosti. Významným zdrojem PAU pro vnitřní ovzduší v budovách je tabákový kouř.

Směs PAU tvoří řada látek, z nichž některé jsou klasifikovány jako pravděpodobné karcinogeny, které se liší významností zdravotních účinků. Odhad celkového karcinogenního potenciálu směsi PAU v ovzduší vychází z porovnání potenciálních karcinogenních účinků sledovaných látek se závažností karcinogenních účinků jednoho z nejtoxičtějších a nejlépe popsáných – benzo[a]-pyrenu. Vyjadřuje se proto jako toxický ekvivalent benzo[a]pyrenu

(TEQ BaP) a jeho výpočet je dán součtem součinů toxických ekvivalentových faktorů (TEF) stanovených US EPA a měřených koncentrací.

Za hlavní zdroj PAU pro člověka je považována potrava v důsledku tvorby PAU během její přípravy a v důsledku kontaminace plodin atmosférickým spadem. PAU jsou sice málo rozpustné ve vodě, ale vysoce lipofilní. Snadno se vstřebávají plicemi, zažívacím traktem i přes kůži. V organismu podléhají PAU komplexní metabolické přeměně za vzniku metabolitů, z nichž některé mohou iniciovat vznik nádorového bujení.

Při běžné expozici u lidí ze složek životního prostředí se doposud nepředpokládalo reálné riziko nekarcinogenních toxických účinků, avšak výsledky posledních výzkumů upozorňují na PAU obsažené v jemné frakci suspendovaných částic v ovzduší. Kritickým účinkem, kterému je věnována největší pozornost, je však **karcinogenita**, která je u BaP a několika dalších PAU dostatečně dokumentována v experimentech na zvířatech a svědčí o ní i výsledky epidemiologických studií u profesionálně exponované populace.

Ve zprávě Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva za rok 2014 byla hodnota imisního limitu pro benzo[*a*]pyren překročena na 22 z 31 do zpracování zahrnutých stanic. Stanovená hodnota byla několikanásobně překročena především na všech stanicích v Ostravě (2,9 až 9,43ng/m<sup>3</sup>) a více než trojnásobně na stanicích v Karviné, Českém Těšíně a v Kladně Švermově. Na ostatních městských stanicích byla hodnota IL překročena maximálně o 60 %. Nejnižší hodnoty (0,6 ng/m<sup>3</sup>/rok), naměřené na městských stanicích v Brně a v Sokolově jsou srovnatelné s koncentracemi zjištěnými na pozadových stanicích. Z porovnání imisních charakteristik PAU stanic umístěných v jednotlivých typech městských lokalit vyplývá, že se jedná vždy o kombinaci vlivu dvou hlavních typů zdrojů emisí PAU (domácí topeniště a doprava), kdy se emise z liniových zdrojů sčítají s městským pozadím místně ovlivňovaným lokálně působícími malými zdroji.

### 3.2 Hodnocení expozice a charakterizace rizika

Charakterizace podmínek expozice je především kvalitativním popisem území obklopujícího hodnocený objekt (člověka, ekosystém). Zahrnuje jednak co nejuplněnější údaje o fyzikálních podmínkách, které ovlivní osud a transport nebezpečných faktorů, jednak charakteristiku populačních skupin žijících v oblasti. Informace získané v této fázi slouží jednak k identifikaci a popisu expozičních cest, jednak usměrňují vlastní kvantifikaci expozice.

Rozptylová studie se zabývá pouze fází výstavby tratě, neboť jak již bylo uvedeno, elektrifikovaná trať nebude při svém provozu zdrojem emisí znečišťujících látek do ovzduší.

**Během vlastní výstavby** byly uvažovány následující zdroje:

- Liniové zdroje - těžká nákladní vozidla obsluhující staveniště. Po zpracování šterkového lože na recyklační základně, bude upravené kamenivo dopraveno zpět na stavbu a podsítné uloženo na skládce. Návoz a odvoz materiálu na recyklační linku - ZS2, provoz bude veden po místní komunikaci směr Březhrad – Březhradská – I/37. Ve směru na úložiště podsítného po komunikaci II/324 \_E67
- Plošné zdroje - plocha recyklační základny, kde bude deponováno a tříděno šterkové lože, plocha je pojížďená stavebními stroji
- Bodové zdroje - dieselové motory zařízení určených ke zpracování kameniva.

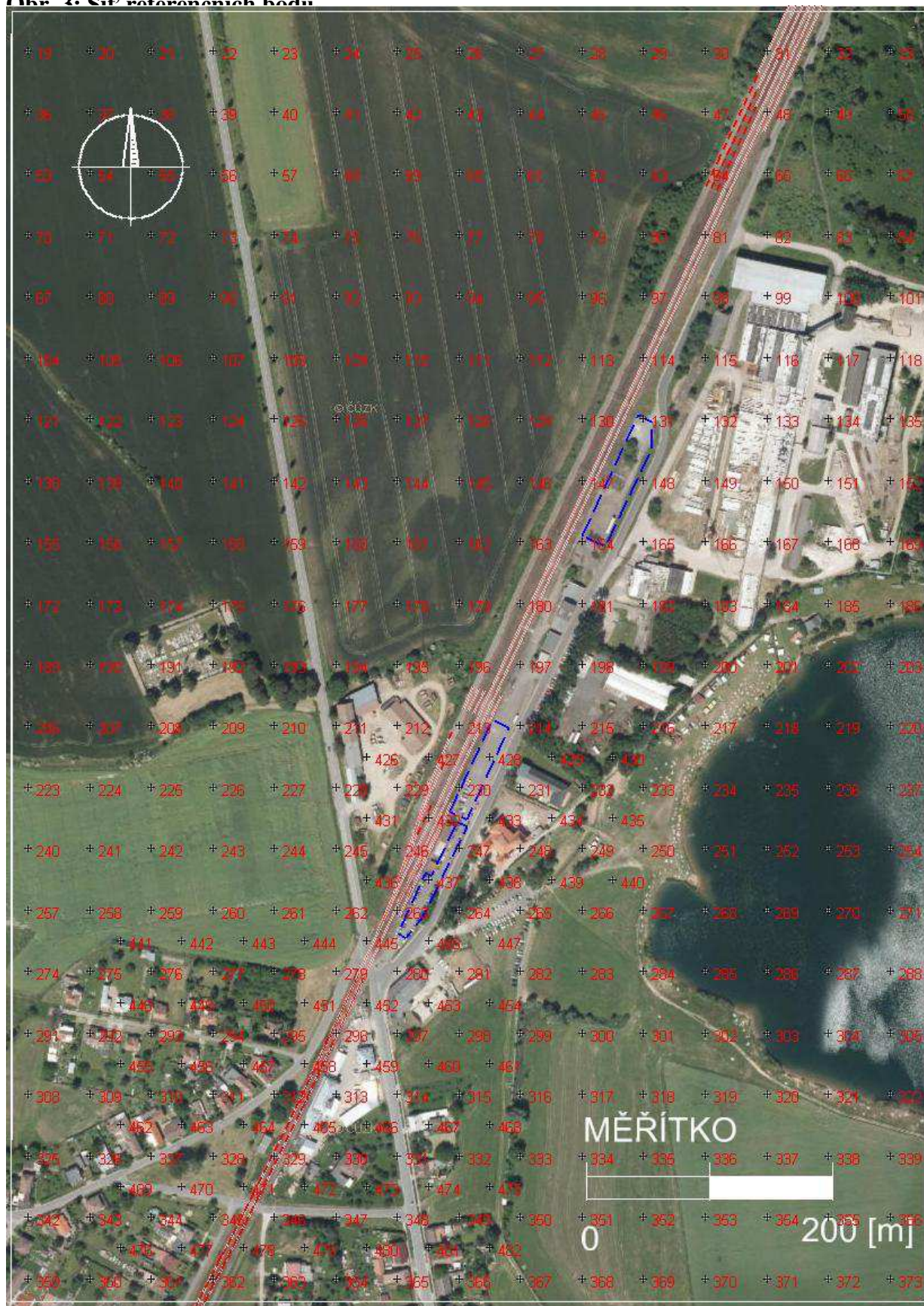
Míra znečištění ovzduší je v rozptylové studii modelována pro maximální a průměrné koncentrace znečišťujících látek. Všechny typy vypočtených koncentrací jsou pak příspěvky od plánovaného zdroje k naměřeným (odhadnutým) koncentracím, které tvoří imisní pozadí.

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Výsledkem výpočtů jsou příspěvky ke stávající imisní zátěži hodnoceného území. Pro výpočet krátkodobých i průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek a doby překročení zvolených hraničních koncentrací byl použit počítačový program SYMOS 97 verze 2006.

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Obr. 3: Síť referenčních bodů



### Referenční body

V zájmové oblasti byla vytvořena pravidelná síť RB o počtu 482 RB s krokem 100 m a výpočtovou výškou 1,5 m. Počátek sítě (levý horní okraj) byl položen do bodu o souřadnicích S-JTSK – x - 644393,1 a y - 1046388,0.

Rozměry sítě jsou 1 500 m ve směru X a 2100 m ve směru Y.

Při výpočtu nebyly použity žádné další doplňující body.

### Výchozí imisní situace

Kromě příspěvku z posuzovaných zdrojů je při hodnocení zdravotních rizik škodlivin v ovzduší nezbytné zohlednit i tzv. imisní pozadí, tedy vliv ostatních vzdálených i bližších emisních zdrojů.

V rozptylové studii bylo imisní pozadí vyhodnocováno na základě pětiletých průměrů koncentrací znečišťujících látek - OZKO od roku 2007 do 2013 ve čtverci č. 55 65 59 sítě 1 x 1 km, který pokrývá zájmovou oblast. Dále byl proveden odhad imisního pozadí pro rok 2020, který byl proveden na základě porovnání hodnot za období let 2007-2011, 2008-2012 a 2009-2013, 2010-2014.:

**Tabulka 1: Odhady škodlivin imisního pozadí v zájmovém území**

Škodlivina	2010 - 2014	2019-2020
NO <sub>2</sub> - roční průměrná koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	15,8	17,0
PM <sub>10</sub> - roční průměrná koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	25,4	26,0
PM <sub>10</sub> - 36. nejvyšší hodnoty 24hod. průměrné koncentrace v roce [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	45,2	45,5
PM <sub>2,5</sub> - roční průměrná koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	19,7	20,0
benzen - roční průměrná koncentrace [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	1,4	1,6
benzo(a)pyren - roční průměrná koncentrace [ $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	1,06	1,00

I když pro odhad imisního pozadí zájmového území byly použity nejnovější dostupné informace, je přesto tento odhad, vzhledem k výběru a reprezentativnosti situace, zatížen dosti značnou nejistotou.

Při hodnocení zdravotních rizik chemických látek se rozlišují dva typy účinků:

**1. U látek s nekarcinogenními toxickými účinky se předpokládá tzv. prahový účinek.**

Tento účinek se projevuje až po překročení kapacity fyziologických detoxikačních a reparačních obranných mechanismů v organismu. Při hodnocení rizika toxických účinků látek v ovzduší je k tomuto účelu definována referenční dávka pro inhalační příjem ( $\text{RfD}_i$ ), nebo referenční koncentrace ( $\text{RfC}$ ), které uvádějí např. toxikologické databáze U.S. EPA nebo směrnice WHO (Guideline Value) pro kvalitu ovzduší.

Charakteristika rizika pak vyplývá z porovnání expoziční dávky či koncentrace s referenční. Tento poměr se nazývá kvocient nebezpečnosti (Hazard Quotient – HQ), popřípadě při součtu kvocientů nebezpečnosti u současně se vyskytujících látek s podobným systémovým toxickým účinkem se jedná o index nebezpečnosti (Hazard Index – HI). Při kvocientu nebezpečnosti vyšším než 1 již hrozí riziko toxického účinku. Mírné překročení hodnoty 1 po kratší dobu však ještě nepředstavuje závažnou míru rizika.

Odhad potenciálního nekarcinogenního zdravotního rizika se to provádí pomocí veličiny HQ (Hazard Quotient - kvocient nebezpečnosti). Tato veličina je definována pro jednotlivou látku takto:

$$\text{HQ} = \text{ADD}_i \text{ resp. koncentrace v ovzduší} / \text{RfC resp. směrná hodnota}$$

Druhým způsobem hodnocení nekarcinogenních toxických látek je použití vztahů odvozených z epidemiologických studií, které vyhledají vztah mezi dávkou (expozicí) a účinkem u člověka. Tento přístup je používán např. u suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, kde současné znalosti neumožňují odvodit prahovou dávku či expozici a k vyjádření míry rizika se používá předpověď výskytu zdravotních účinků u exponovaných osob.

**2. U látek podezřelých z karcinogenních účinků u člověka se předpokládá tzv. bezprahový účinek.** Vychází se přitom ze současné představy o vzniku zhoubného bujení, kdy vyvolávajícím momentem může být jakýkoliv kontakt s karcinogenní látkou. Nulové riziko je tedy při nulové expozici. Nelze zde tedy stanovit ještě bezpečnou dávku a závislost dávky a účinku se vyjadřuje ukazatelem, vyjadřujícím míru karcinogenního potenciálu dané látky. Tento ukazatel se nazývá faktor směrnice rakovinového rizika (Cancer Slope Factor – CSF, nebo Cancer Potency Slope – CPS). Jedná se o horní okraj intervalu spolehlivosti směrnice vztahu mezi dávkou a účinkem, tedy vznikem nádorového onemocnění, získaný matematickou extrapolací z vysokých dávek experimentálních na nízké dávky reálné v životním prostředí. Pro zjednodušení se někdy u rizika z ovzduší může použít jednotka karcinogenního rizika (Unit Cancer Risk – UCR), která je vztažena přímo ke koncentraci karcinogenní látky v ovzduší. V případě možného karcinogenního účinku je míra rizika vyjadřovaná jako celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění (Individual Lifetime Cancer Risk – ILCR) u jedince z exponované populace, tedy teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na počet exponovaných osob. Za ještě přijatelné karcinogenní riziko je považováno celoživotní zvýšení pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění ve výši  $1 \times 10^{-6}$ , tedy jeden případ onemocnění na milion exponovaných osob, prakticky vzhledem k přesnosti odhadu však spíše v řádové úrovni  $10^{-6}$ .

### Výsledky výpočtů

V rozptylové studii byly vyhodnoceny příspěvky zdrojů v celé síti referenčních bodů pro maximální a průměrné roční příspěvky posuzovaných škodlivin.

Maximální krátkodobé (hodinové) koncentrace představují hodnotu vypočtenou za předpokladu nejhorších emisních a rozptylových podmínek. To znamená mj. předpoklad, že všechny uvažované zdroje jsou v provozu současně a dále jsou pro každé místo (referenční bod) samostatně modelovány nejhorší meteorologické podmínky (ze všech kombinací je uvažována vždy ta, která je spojena s nejvyšší koncentrací v daném bodě). Daná kombinace emisních a meteorologických podmínek nemusí během roku (či několika let) vůbec nastat. Stejně tak se ale může jednat o kombinaci, která se v daném místě vyskytne opakovaně. Vypočtené hodnoty krátkodobých maxim jsou tedy pouze teoretické, můžou, ale také nemusí v průběhu roku nastat a nelze je sčítat s pozadovými hodnotami krátkodobých maxim.

Příspěvky k průměrným ročním imisním koncentracím suspendovaných částic již respektují četnost výskytu tříd stability, směrů a rychlostí větru (viz větrná růžice v rozptylové studii) a také roční využití zdrojů. Za míru znečištění ovzduší se považuje tedy hodnota průměrné roční koncentrace látky.

V přílohách rozptylové studie jsou znázorněny grafické výstupy imisních příspěvků jednotlivých znečišťujících látek ve všech etapách výstavby během roku 2020. Z tohoto grafického znázornění vyplývá vliv stavební techniky a manipulace se stavebními materiály na čistotu ovzduší v okolí recyklační plochy, deponie a pozemní komunikace III/324.

Vzhledem k tomu, že se ve všech případech jedná o zdroje s velmi malým ročním využitím max. 620hod/rok, průměrné roční hodnoty dosahují velmi nízkých hodnot. Z dlouhodobého hlediska nebude mít realizace stavby zásadní vliv na zhoršení kvality ovzduší v dané lokalitě.

### **3.2.1 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro oxid dusičitý ve fázi výstavby**

#### **Riziko akutních toxických účinků NO<sub>2</sub>**

Z modelových hodnot v rozptylové studii vypočtených ve výpočtových bodech u nejbližší obytné zástavby vyplývá, že v období výstavby dojde k nárůstu maximálních hodinových koncentrací oxidu dusičitého.

Vypočtené nejvyšší příspěvky k maximálním hodinovým koncentracím NO<sub>2</sub> u nejbližší obytné zástavby dosáhnou pro fázi výstavby hodnot menších než 8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Maximální hodinová koncentrace oxidu dusičitého byla v roce 2016 naměřená na stanici ČHMÚ v Hradci Králové - Brněnská v hodnotě 106,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nelze předpokládat, že by nárůst maximálních hodinových koncentrací oxidu dusičitého na úrovni do 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mohl zvýšit zdravotní rizika akutních toxických účinků (reaktivitu dýchacích cest, změny plicních funkcí) obyvatel v okolí. Samotné příspěvky záměru jsou pro fázi výstavby velmi malé.

#### **Riziko chronických toxických účinků NO<sub>2</sub>**

Vzhledem k tomu, že fáze výstavby je časově velmi omezená, nelze předpokládat riziko chronických účinků, které se obvykle projevují po několikaleté expozici. Přesto je možné konstatovat, že v rozptylové studii vypočítané příspěvky k průměrným ročním koncentracím dosahující hodnot maximálně setin mikrogramů, nebudou příčinou zdravotních obtíží, které by mohly souviset s expozicí NO<sub>2</sub>.

### **3.2.2 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> ve fázi výstavby**

Pro kvantitativní hodnocení zdravotních rizik imisí suspendovaných částic vycházejí metodiky z epidemiologických studií, které používají průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>, přičemž se předpokládá, že jsou tak částečně zohledněny i jejich krátkodobé účinky.

#### **Imisní příspěvky k průměrným denním koncentracím PM<sub>10</sub>**

Krátkodobě zvýšené koncentrace suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub> se mohou projevit zvýrazněním symptomů u astmatiků a zvýšením celkové nemocnosti i úmrtnosti. Citlivou skupinou jsou děti, starší osoby a osoby s chronickým onemocněním dýchacího a oběhového ústrojí. Jako kvantitativní vztah akutní expozice a účinku udává WHO na základě vyhodnocení epidemiologických studií zvýšení celkové úmrtnosti zhruba o 0,5 % při nárůstu denní průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> o 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nad 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hodnotu 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  WHO doporučuje jako směrniceovou průměrnou 24hodinovou koncentraci, která by měla sloužit k prevenci výskytu imisních výkyvů, vedoucích k podstatnému zvýšení nemocnosti a úmrtnosti.

V rozptylové studii vypočtené maximální denní koncentrace PM<sub>10</sub> způsobené plošnými zdroji za nejnejpříznivějších povětrnostních podmínek dosahují u obytných budov hodnot 10 - 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a v prostoru ZS mohou dosahovat hodnot až 60-70  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Při vypočtených hodnotách maximálních denních koncentrací imisního příspěvku **10 – 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$**  a **36. hodnotě 45,2  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$**  může být imisní limit za nejhorších rozptylových podmínek překročen.

Nejvyšší (denní) koncentrace PM<sub>10</sub> jsou způsobeny nakládáním se stavebním materiálem (nasypávání, překládání recyklace a prašný vznos z mezideponie to znamená sekundární



znečištění ovzduší). Podíl emisí prachu ze spalovacích motorů nakladače a recyklační linky je zanedbatelný. Hlavní podíl emisí  $PM_{10}$  bude vznikat při třídění a drcení kameniva.

Z výsledků rozptylové studie tedy vyplývá, že během provádění recyklace v délce 62dní/rok mohou maximální denní koncentrace  $PM_{10}$  překročit imisní limit za špatných rozptylových podmínek. Tyto hodnoty však neposkytují informace o četnosti jejich výskytu a jsou ve skutečnosti dosaženy jen po krátkou dobu.

V rozptylové studii jsou navržena **opatření na snížení prašnosti**.

Jedná se zejména o tato opatření:

- v případě dlouhotrvajícího sucha a vyšším větru omezit stavební práce, případně zamezit šíření prachových částic do okolí zacloněním po obvodu staveniště (Ochrana ZŠ)
- v průběhu celé výstavby provádět důsledný oplach aut před výjezdem na komunikace, pravidelně čistit povrch příjezdových a odjezdových tras v blízkosti staveniště, v době déle trvajícího sucha zajistit pravidelné skrápění staveniště
- v době nepříznivých rozptylových podmínek zamezit souběhu práce stavebních mechanismů s vysokým výkonem – neprovádět demolic

Je důležité uvědomit si, že modelové hodnoty krátkodobých koncentrací představují stav, který by mohl v atmosféře nastat za souběhu nejméně příznivých podmínek (nejméně příznivá třída stability trvající beze změn alespoň jednu hodinu resp. celý den, vítr o nejméně příznivé rychlosti a vanoucí přímo na výpočtový bod). V rozptylové studii **vypočtené hodnoty krátkodobých maxim jsou pouze teoretické, můžou, ale také nemusí v průběhu roku nastat a nelze je sčítat s pozad'ovými hodnotami krátkodobých maxim**.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem lze předpokládat, že krátkodobě zvýšené koncentrace suspendovaných částic, které by se mohly projevit zvýšením symptomů u citlivější populace, nastanou zcela výjimečně.

### 3.2.3 Hodnocení expozice a charakterizace rizika pro benzen a benzo(a)pyren ve fázi výstavby

U benzenu a benzo(a)pyrenu je hodnocení zdravotního rizika založeno na kvantifikaci míry karcinogenního rizika. U karcinogenního rizika jde o pozdní účinek na základě dlouhodobé (70leté) chronické expozice, a protože výstavba záměru bude časově velmi omezená, nelze předpokládat pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění celoživotně exponovaných lidí expozicí těchto látek ve fázi výstavby.

V rozptylové studii byly přesto vypočteny příspěvky k průměrné roční koncentraci benzenu a benzo(a)pyrenu. Tyto příspěvky se pro benzen pohybovaly do  $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a pro benzo(a)pyren do  $0,003 \text{ng}/\text{m}^3$ . U příspěvků na úrovni maximálně setin mikrogramů benzenu a maximálně tisícín nanogramů benzo(a)pyrenu se nepředpokládá navýšení karcinogenního rizika ani po dlouhodobé expozici.

### 3.3 Analýza nejistot

Každé hodnocení zdravotního rizika je nevyhnutelně spojeno s určitými nejistotami, danými použitými daty, expozičními faktory, odhady chování exponované populace apod. Proto je jednou z neopomenutelných součástí hodnocení rizika i popis a analýza nejistot, které jsou s hodnocením spojeny a kterých si je zpracovatelka vědoma.

Nejistoty výstupů rozptylové studie:

Výsledky rozptylové studie jsou zatíženy nejenom nejistotou vkládaných dat do rozptylového modelu, ale i meteorologickými údaji a jejich platností v modelovaném území. V rozptylové

studii byly uvažovány bodové a plošné zdroje tedy tzv. sekundární prašnost. Nejistotou při odhadu expozice je také omezená spolehlivost vypočtených imisních koncentrací použitými rozptylovými modely, neboť v zástavbě dochází k turbulenci a změnám směru vzdušných proudů, které modely nezohledňují.

Nejistoty imisního pozadí - údaje o imisním pozadí, získané z pětiletých průměrů z let 2010 až 2014 jsou nezbytně zatíženy nejistotami při jejich stanovení. Stejně tak odhad pozadí pro rok 2020 je zatížen značnou nejistotou.

Další nejistota je v nedostatečných nebo nedostupných údajích vyplývajících z úrovně současného vědeckého poznání vztahu mezi znečištěním ovzduší a poškozením zdraví. Nejistotu přináší i použití toxikologických dat ze zahraničních epidemiologických a klinických studií (EU, USA) včetně vztahů mezi koncentrací škodlivin a nepříznivými účinky platnými pro jiné prostředí, kdy tyto vztahy přenášíme do našeho prostředí s jinými zvyklostmi. Další nejistotu přináší extrapolace toxikologických dat ze zvířete na člověka.

Nejistotou je zatížena i inhalační jednotka karcinogenního rizika pro benzen, která je odvozena ze studií na profesionálně exponované populaci a lze usuzovat, že riziko působení benzenu ve venkovním prostředí je vědomě nadhodnoceno.

Předpokládá se, že k expozici z ovzduší dochází prakticky nepřetržitě, není uvažováno, že v průběhu dne dochází k rozdílným koncentracím škodlivin, rozdílné koncentrace jsou ve venkovním a vnitřním prostředí apod. Množství vdechnutého vzduchu za jednotku času se vyznačuje značnou variabilitou dle věku, pohlaví i fyzické aktivity. V tomto hodnocení byly použity zobecňující hodnoty.

Jedna z vážných nejistot hodnocení expozice je neznalost údajů o exponované populaci.

Významnou nejistotu představuje i současná úroveň poznání účinků hodnocených vlivů na zdraví. Podle posledních zpráv WHO (25. března 2014, Ženeva) jsou rizika škodlivin v ovzduší větší, než se dříve předpokládalo a to zvláště pro srdeční onemocnění. Zdá se, že některá rizika mají větší dopad na celkové zdraví, než se dosud předpokládalo. Je kladen velký důraz na čistotu ovzduší ve vnitřním prostředí.

Přestože výzkumu nepříznivých zdravotních účinků znečištění ovzduší byla a stále je věnována velká pozornost, získané poznatky jsou stále poměrně omezené.

V hodnocení byl použit princip předběžné opatrnosti, který je velmi konzervativní a u látek s prahovým mechanismem účinku v oblasti nízkých dávek může vést k vysokému nadhodnocení skutečného rizika.

### **3.4 Závěr ve vztahu ke znečištění ovzduší**

Byl hodnocen vliv imisních koncentrací látek během výstavby plánovaného záměru „Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové“ na základě odhadu stávající situace a koncentrací uvedených v rozptylové studii. Zdrojem znečištění ovzduší bude plocha staveniště ZS2, která bude využita k recyklaci šterkového lože a to po dobu max. 53dní v roce 2019 a 62dní v roce 2020.

**Pokud budou dodržována výše uvedená opatření na snížení prašnosti, jsou změny imisní zátěže v období výstavby akceptovatelné a výstavba i vzhledem k omezené době nebude představovat významně zvýšené zdravotní riziko pro exponované obyvatelstvo.**

## **4. Zdravotní riziko hluku v mimopracovním prostředí**

### **4.1 Identifikace nebezpečnosti**

Zvuky jsou přirozenou a důležitou součástí prostředí člověka, jsou základem řeči a příjmu informací, mohou přinášet příjemné zážitky. Zvuky příliš silné, příliš časté nebo působící v nevhodné situaci a době však mohou na člověka působit nepříznivě.

Obecně se tyto zvuky, které jsou nechtěné, obtěžující nebo mají dokonce škodlivé účinky, nazývají hlukem a to bez ohledu na jejich intenzitu. Proto je nutné hluk do jisté míry považovat za bezprahově působící noxu.

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

Dlouhodobé nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví je možné s určitým zjednodušením rozdělit na:

- účinky specifické, projevující se při ekvivalentní hladině hluku nad 85 až 90 dB poruchami činnosti sluchového analyzátoru
- účinky nespecifické (mimosluchové), kdy dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu. Tyto nespecifické systémové účinky se projevují prakticky v celém rozsahu intenzit hluku, často se na nich podílí stresová reakce a ovlivnění neurohumorální a neurovegetativní regulace, biochemických reakcí, spánku, vyšších nervových funkcí, jako je učení a zapamatování, ovlivnění smyslově motorických funkcí a koordinace. V komplexní podobě se mohou manifestovat ve formě poruch emocionální rovnováhy, sociálních interakcí i ve formě nemocí, u nichž působení hluku může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patogenetického děje.

Za dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku je v současnosti považováno poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém, rušení spánku a nepříznivé ovlivnění osvojování řeči a čtení u dětí. Omezené důkazy jsou např. u vlivů na hormonální a imunitní systém, některé biochemické funkce, ovlivnění placenty a vývoje plodu, nebo u vlivů na mentální zdraví a výkonnost člověka.

Působení hluku v životním prostředí je ovšem nutné posuzovat i z hlediska ztížené komunikace řečí a zejména pak z hlediska obtěžování, pocitů nespokojenosti, rozmrzelosti a nepříznivého ovlivnění pohody lidí. V tomto smyslu vychází hodnocení zdravotních rizik hluku z definice zdraví WHO, kdy se za zdraví nepovažuje pouze nepřítomnost choroby, nýbrž je chápáno v celém kontextu souvisejících fyzických, psychických a sociálních aspektů. WHO proto vychází při doporučení limitních hodnot hluku pro místa mimopracovního pobytu lidí především ze současných poznatků o nepříznivém vlivu hluku na komunikaci řečí, pocity nepohody a rozmrzelosti a rušení spánku v nočním době.

Souhrnně lze podle zmíněného dokumentu WHO a dalších zdrojů současné poznatky o nepříznivých účincích hluku na lidské zdraví a pohodu lidí stručně charakterizovat takto:

**Poškození sluchového aparátu** je dostatečně prokázano u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny hluku a trvání let expozice. Riziko sluchového postižení však existuje i u hluku v mimopracovním prostředí při různých činnostech spojených s vyšší hlukovou zátěží. Z fyziologického hlediska jsou podstatou poškození zprvu přechodné a

posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha.

Epidemiologické studie prokázaly, že u více než 95 % exponované populace nedochází k poškození sluchového aparátu ani při celoživotní expozici hluku v životním prostředí a aktivitách ve volném čase do 24 hodinové ekvivalentní hladiny hluku  $L_{Aeq,24h} = 70$  dB. S vyšší expozicí hluku v mimopracovním prostředí se můžeme setkat jen ve velmi specifických případech např. u lidí žijících v těsné blízkosti frekventovaného letiště nebo velmi rušných komunikací.

Nelze však zcela vyloučit možnost, že by již při nižší úrovni hlukové expozice mohlo dojít k malému sluchové poškození u citlivých skupin populace, jako jsou děti, nebo osoby současně exponované i vibracím nebo ototoxickým lékům či chemikáliím. Je též známo, že zvýšená hlučnost v místě bydliště přispívá k rozvoji sluchových poruch u osob profesionálně exponovaným rizikových hladinám hluku na pracovišti. Nezanedbatelně může zvyšovat expozici hlukem, zejména u mládeže, dlouhodobý poslech velmi hlasité reprodukováné hudby doma (sluchátka), účast na diskotékách, případně koncertech populárních hudebních skupin.

**Zhoršení komunikace řečí** v důsledku zvýšené hladiny hluku má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní kapacity a pocitům nespokojenosti. Může však vést i k překrývání a maskování důležitých signálů, jako je domovní zvonek, telefon, alarm. Nejvíce citlivou skupinou jsou staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Jde tedy o podstatnou část populace.

Pro dostatečně srozumitelné vnímání složitějších zpráv a informací (cizí řeč, výuka, telefonická konverzace) by rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí vnímané řeči měl být nejméně 15 dB a to nejméně v 85 % doby. Při průměrné hlasitosti řeči 50 dB by tak nemělo hlukové pozadí v místnostech převyšovat 35 dB.

**Nepříznivé ovlivnění spánku** se prokazatelně projevuje obtížemi při usínání, probouzením, alterací délky a hloubky spánku, zejména redukcí REM fáze spánku. Může docházet ke zvýšení krevního tlaku, zrychlení srdečního pulsu, arytmiím, vasokonstrikci, změnám dýchání. V rušení spánku hlukem se setkávají jak fyziologické, tak psychologické aspekty působení hluku. Efekt narušeného spánku se projevuje i následující den např. rozmrzelostí, zhoršenou náladou, snížením výkonu, bolestmi hlavy nebo zvýšenou únavností. Objektivně bylo prokázáno i zvýšení spotřeby sedativ a léků na spaní.

Senzitivní skupinou populace jsou starší lidé, pracující na směny, lidé s funkčními a mentálními poruchami, osoby s potížemi se spaním.

K narušení spánku vede jak ustálený, tak i proměnný hluk. Objektivní příznaky narušení spánku při ustáleném hluku v interiéru se dle různých autorů začínají objevovat od ekvivalentní hladiny hluku 27 – 30 dB. Subjektivní kvalita spánku nebyla zhoršena při venkovním hluku pod ekvivalentní hladinu hluku pro noc 40 dB. Při přerušovaném hluku roste rušivost spánku s maximální hladinou hluku. I při nízké ekvivalentní hladině hluku již malý počet hlukových událostí s vyšší hladinou akustického tlaku ovlivňuje spánek. Význam zřejmě má i rozdíl mezi hladinou akustického tlaku pozadí a vlastní hlukové události a taktéž délka intervalu mezi dvěma hlukovými událostmi. Nepříznivé ovlivnění nálady následující den bylo prokázáno při hodnotách hluku během spánku vně budov již pod 60 dB a předpokládá se, že k ovlivnění dochází i z hlediska výkonnosti.

Podle doporučení WHO by noční ekvivalentní hladina hluku neměla v okolí domů přesáhnout 40 dB, přičemž se předpokládá pokles hladiny hluku o až 15 dB při přenosu venkovního hluku do místnosti zčásti otevřeným oknem. Maximální hodnoty jednotlivých hlukových událostí by pak neměly uvnitř místností přesáhnout  $L_{Amax} = 45$  dB, resp. 60 dB venku a počet těchto

událostí by během noci neměl přesáhnout 10-15 ze všech zdrojů hluku. Pro senzitivní osoby by pak tyto hodnoty hluku měly být ještě nižší. Na rušení spánku hlukem nedochází v hlučných lokalitách k adaptaci obyvatel ani po více letech.

**Ovlivnění kardiovaskulárního systému a psychofyziologické účinky hluku** byly dle WHO prokázány v řadě epidemiologických a klinických studií u populace (včetně dětí) žijící v hlučných oblastech kolem letišť, průmyslových závodů nebo hlučných komunikací.

Vliv na kardiovaskulární systém byl prokázán v řadě epidemiologických studií u populace žijící

v okolí hlučných komunikací, průmyslových závodů, letišť. Akutní hluková expozice aktivuje autonomní a hormonální systém, což může vést k přechodným změnám krevního tlaku, hormonů

(adrenalinu, noradrenalinu, kortizonu), zvýšení srdeční frekvence, změně hladiny hořčíku v krvi, kdy při dlouhodobém působení hlukové expozice se u citlivých jedinců může projevit zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění a to hypertenze a ischemické choroby srdeční (ISCH) včetně infarktu myokardu (IM). Ve směrnici pro hluk WHO z roku 1999 se uvádí, že ve většině případů výsledky epidemiologických studií naznačují zvýšení rizika kardiovaskulárních účinků při dlouhodobém působení hluku ve venkovním prostředí ze silniční a letecké dopravy při expozici  $L_{Aeq,24hod}$  v rozmezí 65 – 70 dB. Asociace je silnější pro ischemickou chorobu srdeční než pro hypertenzi (vysoký krevní tlak). Nepříznivé účinky hluku jsou závislé na orientaci oken jednotlivých pokojů a také na otevřených či neotevřených oknech. WHO ve směrnici pro noční hluk z roku 2009 uvádí, že epidemiologické studie naznačují vztah mezi chronickou hlukovou expozicí dopravním hlukem a nepříznivými kardiovaskulárními účinky zejména ischemickou chorobou srdeční včetně IM.

Této úrovni relativního rizika odpovídají i výsledky statistického vyhodnocení výsledků Systému monitorování zdravotního stavu obyvatel ve vztahu k životnímu prostředí v ČR, jehož subsystém 3 je věnován hodnocení úrovně hlukové zátěže dopravnímu hluku ve městech a účinkům této hlukové expozice na zdravotní stav obyvatel. Vyplývá z nich, že lidé žijící minimálně 5 let v lokalitách s noční ekvivalentní hladinou hluku vyšší než 62 dB mají i po zohlednění možných interferujících faktorů 1,2 x vyšší šanci (odds ratio) onemocnět hypertenzí a 1,4 x vyšší šanci onemocnět infarktem myokardu. Statisticky významný vztah se projevil mezi výskytem hypertenze a hlučností v místě bydliště a to od  $L_{Aeq}$  45 dB v noci.

Epidemiologický výzkum hluku však málokdy rozlišuje mezi expozicí hlukem ve dne a v noci nebo mezi expozicí v obývacím pokoji a ložnici. WHO v případě kardiovaskulárních účinků vychází ze studií Babische a uvádí, že od hladin nad 60 dB v době denní při dlouhodobé expozici hluku ze silniční dopravy se zvyšuje riziko infarktu myokardu. V materiálu Evropské agentury přes životní prostředí z roku 2010 je uveden vztah pro výpočet IM v případě hluku ze silniční dopravy:  $OR = 1,629657 - 0,000613 * (L_{day,16h})^2 + 0,000007357 * (L_{day,16h})^3$ , který vychází z pěti studií (Babisch, 2008). Pro  $L_{Aeq,16h} \leq 60$  dB je považováno relativní riziko rovno 1.

Nejnovější epidemiologické studie však naznačují, že noční hluková expozice může být relevantnější pro výskyt nepříznivých kardiovaskulárních účinků než denní hluková expozice.

Epidemiologické studie zaměřené na chronickou dlouhodobou hlukovou expozici ze silniční, železniční a letecké dopravy ukázaly na vztah mezi touto hlukovou expozicí a zvýšeným krevním

tlakem a užívání léků na hypertenzi, ischemickou chorobou srdeční včetně infarktu myokardu, cévních mozkových příhod a demence.

Podle zprávy uveřejněné v roce 2014 v European Heart Journal bylo z kohortových studií zjištěno, že zvýšení rizika kardiovaskulárních onemocnění začíná již v pásmu mezi 55 a 60 dB pro hladiny hluku  $L_{dn}$  (denní a noční doba). Uvádí se, že zvýšení expozice hluku ze silniční

dopravy v obytných čtvrtích, resp. hladina hluku  $L_{den}$  (Day-evening-night level = ekvivalentní hladina akustického tlaku za 24 hodin se zvýšením večerní hladiny akustického tlaku o 5 dB a noční hladiny o 10 dB) zvýšená o 10 dB zvyšuje riziko mozkové mrtvice u osob starších 64,5 let (incidence OR = 1,27). Z výše uvedeného vyplývá, že expozice hluku ze silniční dopravy v pásmu mezi 55 a 60 dB může, pro velkou část populace, přispívat ke zhoršení kardiovaskulárních onemocnění.

Při interpretaci těchto závěrů je nezbytné mít na paměti, že hluk je s ohledem na individuální rozdíly v citlivosti v podstatě bezprahová noxa. U citlivých podskupin a jednotlivců je proto nutné nepříznivé účinky předpokládat i při hladinách venkovního hluku významně nižších, nežli jsou úrovně expozice hodnocené z hlediska statistické významnosti pro celou populaci. Obecně se přijímá, že hluk může mít určující vliv na zdraví, jestliže  $L_{Aeq,16 h} > 60$  dB. Jako riziková skupina jsou označováni muži středního věku.

Pozorování mnoha účinků hlukové expozice, jako jsou již zmíněné změny v hladině stresových hormonů, vliv na funkci imunitního systému a následně zvýšená frekvence infekcí, nebo snížená porodní váha novorozenců u matek exponovaných vysoké hladině hluku v době těhotenství, nejsou natolik průkazná a konzistentní, aby mohla sloužit k hodnocení zdravotních účinků hluku.

**Vztah hlukové expozice a projevů poruch duševního zdraví:** Výsledky studií zaměřených na vztah hlukové expozice a projevů poruch duševního zdraví také nejsou jednoznačné. Nepředpokládá se, že by hluk mohl být přímou příčinou duševních nemocí, ale patrně se může podílet na zhoršení jejich symptomů nebo urychlit rozvoj latentních duševních poruch. Vztah mezi pocity obtěžování hlukem, individuální citlivostí vůči působení hluku a nemocností na duševní choroby je komplexní a dosud nepřilíš objasněný. Zvýšená citlivost vůči rušivým účinkům hluku může být indikátorem subklinické duševní poruchy. Za indikátor latentních duševních poruch nebo onemocnění u populace exponované hluku je považována potřeba sedativ a prášků na spaní.

**Nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem** bylo zatím sledováno převážně v laboratorních podmínkách u dobrovolníků. Zvláště citlivá na působení zvýšené hlučnosti je tvůrčí duševní práce a plnění úkolů spojených s nároky na paměť, soustředěnou a trvalou pozornost a komplikované analýzy. Rušivý účinek hluku je významný zejména při činnostech náročných na pracovní paměť, kdy je třeba udržovat část informací v krátkodobé paměti, jako jsou matematické operace a čtení. Ve školách v okolí letišť byla u dětí chronicky exponovaných leteckému hluku při ekvivalentní hladině hluku nad 70 dB měřené vně školy pozorována snížená schopnost motivace, nižší výkonnost při poznávacích úlohách a deficit v osvojení čtení a jazyka.

**Obtěžování hlukem** je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Uplatňuje se zde jak emoční složka vnímání, tak složka poznávací při rušení hlukem při různých činnostech. Vyvolává celou řadu negativních emočních stavů, mezi které patří pocity rozmrzelosti, nespokojenosti a špatné nálady, deprese, obavy, pocity beznaděje nebo vyčerpání. U každého člověka existuje určitý stupeň citlivosti, respektive tolerance k rušivému účinku hluku, jako významně osobnostně fixovaná vlastnost. V normální populaci je 10-20 % vysoce senzitivních osob, stejně jako velmi tolerantních, zatímco u zbylých 60-80 % populace víceméně platí kontinuální závislost míry obtěžování na intenzitě hlukové zátěže. Při působení hluku zde však kromě senzitivity a fyzikálních vlastností hluku velmi záleží i na řadě dalších neakustických faktorů sociální, psychologické nebo ekonomické povahy. To vede k různým výsledkům studií, které prokazují u stejných hladin hluku různého původu rozdílný efekt u exponované populace a naopak rozdílné výsledky při stejných zdrojích i hladinách hluku na různých lokalitách v

různých zemích. Obecně např. u obyvatel rodinných domů nastává srovnatelný stupeň obtěžování až při hladinách o cca 10 i více dB vyšších, oproti obyvatelům bytových domů. Významnou úlohu zde hraje vztah ke zdroji hluku, pocit do jaké míry jej člověk může ovlivňovat nebo zda pro něj má nějaký ekonomický význam. Menší rozmrzelost působí hluk, u nějž je předem známo, že bude trvat jen po určité vymezenou dobu. Příznivě působí i nabídnuté východisko, např. nabídka možnosti přestěhovat se v případě nutnosti po dobu provádění nejhlučnějších stavebních operací do hotelu.

Závislost je i mezi nepříznivým prožíváním hluku a délkou pobytu v hlučném prostředí. Rozmrzelost může vzniknout po víceleté latenci a s délkou konfliktní situace se prohlubuje a fixuje. Kromě toho však může být významně ovlivněna zdravotním stavem. Kromě negativních emocí je možné obtěžování hlukem hodnotit i podle nepřímých projevů, jako je zavírání oken, nepoužívání balkónů, stěhování, stížnosti a petice. Obecně se ovšem odhaduje, že na stížnostech a peticích se účastní pouze 5-10 % obyvatel skutečně hlukově exponovaných.

Vysoké hladiny hluku vedou i k nepříznivým projevům v sociálním chování, mohou u predisponovaných jedinců zvyšovat agresivitu a redukují přátelské chování a ochotu k pomoci. Svoji úlohu zde hraje i zhoršená verbální komunikace, výsledky studií ukazují, že je více snížena ochota ke slovní pomoci, než k pomoci fyzické.

Dle doporučení WHO je během dne jen málo lidí vážně obtěžováno při svých aktivitách ekvivalentní hladinou hluku pod 55 dB, nebo mírně obtěžováno při  $L_{Aeq}$  pod 50 dB. Tam, kde je to možné, zejména při novém rozvoji území, by proto měla být limitující hladina hluku nižší, přičemž během večera a noci by hladina hluku měla být o 5 – 10 dB nižší, nežli ve dne.

*Vztah mezi hlučností z dopravy ve městech a ukazateli zdravotního stavu u obyvatel ČR* je obsáhle sledován v rámci Systému monitorování zdravotního stavu obyvatel ve vztahu k životnímu prostředí. Výsledky potvrzují úzkou závislost ukazatelů, jako je počet osob obtěžovaných venkovním hlukem, procento osob se špatným spánkem a obtížným usínáním nebo osob užívajících denně sedativa, zejména na noční ekvivalentní hladině hluku. Opakovaně zde byla ověřena i statisticky významná závislost mezi noční  $L_{Aeq}$  a celkovou nemocností na civilizační choroby, přičemž bylo zjištěno, že zvýšená hluková expozice se na nemocnosti podílí asi z 10 %. Zpracované grafy v závěrečných zprávách projektu umožňují předpovědět zvýšení procenta takto postižených osob v dané lokalitě v závislosti na zvýšení hlučnosti.

#### 4.2 Charakterizace nebezpečnosti

Z materiálu WHO (**Guidelines for Community Noise, 1999**) obecně vyplývá závěr, že v obydlích je kritickým účinkem hluku rušení spánku, obtěžování a zhoršená komunikace řečí. Denní ekvivalentní hladina hluku by neměla přesáhnout hodnotu 55 dB  $L_{Aeq}$ , měřeno 1 m před fasádou. V tomto dokumentu WHO jsou dále pro denní hluk uvedeny směrnice hodnoty pro specifická prostředí, jako jsou školy, školky, interiér obytných místností, nemocnice atd. s uvedením hraničních účinků, které vedly ke stanovení směrnice hodnot.

Vlivy nočního hluku na lidské zdraví jsou shrnuty v materiálu WHO **Night Noise Guidelines for Europe** z října 2009. Na tento materiál lze pohlížet jako na rozšíření i jako na novelu výše jmenovaného dokumentu WHO (**Guidelines for Community Noise**).

Doporučení pro ochranu zdraví vychází z důkazů podaných epidemiologickými a experimentálními studiemi.

Doporučení WHO je, že ekvivalentní hladina akustického tlaku A by neměla přesáhnout 40 dB. Tam kde je to v krátkém čase technicky nemožné, mohou odpovědné orgány dočasně povolit

noční hladinu hluku do 55 dB s tím, že naplánovaná opatření ke snížení hluku povedou v dohledné době k cílové hodnotě 40 dB.

Při obecné kvalitativní charakterizaci zdravotních účinků hluku je možné orientačně vycházet z prahových hodnot hlukové expozice z venkovního prostoru pro ty nepříznivé účinky hluku, které se dnes považují za dostatečně prokázané. Tyto hodnoty vycházejí z výsledků epidemiologických studií i výše uvedených doporučení WHO a je možné je vztáhnout k větší části populace s průměrnou citlivostí vůči účinkům hluku. S ohledem na individuální rozdíly v citlivosti je tedy třeba předpokládat možnost těchto účinků u citlivější části populace i při hladinách hluku nižších.

**Tabulka 3: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže – denní doba**

Nepříznivý účinek	dB						
	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70+
Sluchové postižení*							
Zhoršené osvojení řeči a čtení u dětí							
Ischemická choroba srdeční							
Zhoršená komunikace řečí							
Pocit silného obtěžování							
Pocit mírného obtěžování							

\* přímá expozice hluku v interiéru

**Tabulka 4: Prokázané nepříznivé účinky hlukové zátěže – noc**

Nepříznivý účinek	dB					
	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60+
Psychické poruchy*						
Hypertenze a infarkt myokardu *						
Vnímaná horší kvalita spánku						
Zvýšené užívání sedativ						
Pocit obtěžování hlukem						

\*omezená váha důkazů

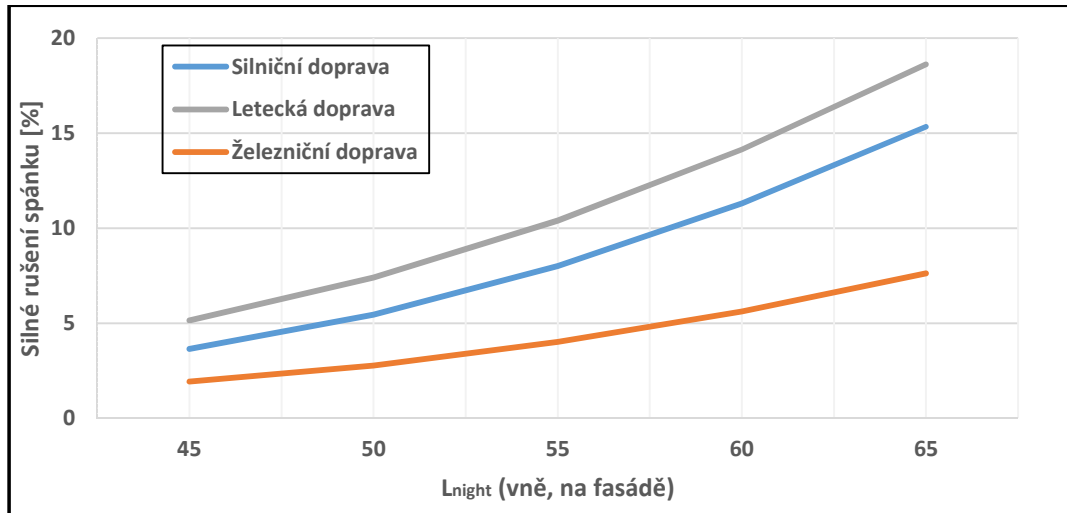
Studii sledujících vztah mezi hlukovou expozicí a vyvolanými reakcemi exponovaných lidí ve vztahu k pocitům obtěžování bylo již provedeno mnoho. Uskutečnila se též řada pokusů dospět meta-analýzou jejich výsledků k odvození kvantitativního vztahu mezi expozicí a účinkem:

Miedema a Oudshoorn publikovali v roce 2001 model obtěžování hlukem, který vychází z analýzy výsledků většího počtu terénních studií, provedených v Evropě, Austrálii, Japonsku a Severní Americe, a odstraňuje některé nedostatky předchozích prací. Uvádí vztah mezi hlukovou expozicí v  $L_{dn}$  (day-night level - ekvivalentní hladina akustického tlaku A za 24 hodin se zvýšením noční hladiny akustického tlaku o 10 dB) anebo  $L_{dvn}$  (day-evening-night level - ekvivalentní hladina akustického tlaku A za 24 hodin se zvýšením večerní hladiny akustického tlaku o 5 dB a noční hladiny o 10 dB) v rozmezí 45 – 75 dB a procentem obyvatel, u kterých lze očekávat pocity obtěžování (ve třech stupních škály intenzity obtěžování), a to zvláště pro hluk z letecké, silniční a železniční dopravy. Hlavním účelem těchto vztahů je možnost predikce počtu obtěžovaných osob v závislosti na intenzitě hlukové expozice u běžné průměrně citlivé populace a v současné době jsou doporučeny pro hodnocení obtěžování obyvatel hlukem v zemích EU.



Potvrzují známou zkušenost, že letecký hluk má výraznější obtěžující účinek nežli hluk ze silniční dopravy a hluk ze silniční dopravy má výraznější účinek nežli hluk z dopravy železniční.

V následujícím grafu je znázorněn rušivý účinek z jednotlivých druhů dopravy. Vyplývá z něho, že při expozici stejným hlukem v noční době  $L_{Aeq,8h}$  je nejméně rušivým hluk ze železniční dopravy a naopak hluk z letecké dopravy je nejrušivější.



Vztahy pro obtěžování hlukem jsou odvozeny pro tři úrovně obtěžování vztažené k teoretické 100 stupňové škále intenzity obtěžování. Hlavním účelem těchto vztahů je možnost predikce počtu obtěžovaných osob v závislosti na intenzitě hlukové expozice u běžné průměrně citlivé populace a v současné době jsou doporučeny pro hodnocení obtěžování obyvatel hlukem v zemích EU.

Pocity obtěžování lze očekávat ve třech stupních:

LA = (Little Annoyed), první stupeň obtěžování, který zahrnuje všechny osoby přinejmenším „mírně obtěžovaných“, tj. zahrnuje všechny obtěžované osoby ze všech tří stupňů

A = (Annoyed), druhý stupeň obtěžování, který zahrnuje osoby alespoň „středně obtěžované“, tj. zahrnuje všechny středně a vysoce obtěžované osoby

HA = (Highly Annoyed), třetí stupeň, který zahrnuje osoby s výraznými pocity obtěžování, tj. pouze osoby obtěžované vysoce

Pro obtěžování hlukem **ze železniční dopravy** platí vztahy:

$$\%LA = -3,343 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 32)^3 + 4,918 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 32)^2 + 0,175 (L_{dn} - 32)$$

$$\%A = 4,552 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 37)^3 + 9,400 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 37)^2 + 0,212 (L_{dn} - 37)$$

$$\%HA = 7,158 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 42)^3 - 7,774 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 42)^2 + 0,163 (L_{dn} - 42)$$

Stejně jako u vztahů pro obtěžování hlukem jsou pro **rušení hlukem ve spánku** odvozeny tři stupně rušivého účinku vztažené k teoretické 100 stupňové škále intenzity rušivého účinku:

LSD (Lowly Sleep Disturbed) od 28. stupně škály (tedy přinejmenším „mírně rušení“),

SD (Sleep Disturbed) pro rušení od 50. stupně škály intenzity a

HSD (Highly Sleep Disturbed) pro vysoký stupeň rušení od 72. bodu stostupňové škály intenzity rušení.

Vztahy pro subjektivní rušení spánku jsou odvozené pro expozici vyjádřenou v  $L_{night}$  v rozmezí 40 – 70 dB. ( $L_{night}$  - dlouhodobá ekvivalentní hladina akustického tlaku A v časovém úseku 8

hodin v noci na nejvíce exponované fasádě domu). Vycházejí ze statistického zpracování obsáhlé databáze výsledků z 12terénních studií z různých zemí a představují vztahy mezi noční hlukovou expozicí z letecké, automobilové a železniční dopravy a procentem osob udávajících při dotazníkovém šetření zhoršenou kvalitu spánku pro tři úrovně intenzity rušení spánku. Vyjadřují závislost udávaného rušení spánku na hlukové expozici bez vlivu jiných faktorů.

Pro rušení spánku hlukem **ze železniční dopravy** platí následující vztahy:

$$\begin{aligned}\%LSD &= 4,7 - 0,31 * L_{\text{night}} + 0,01125 * (L_{\text{night}})^2 \\ \%SD &= 12,5 - 0,66 * L_{\text{night}} + 0,01121 * (L_{\text{night}})^2 \\ \%HSD &= 11,3 - 0,55 * L_{\text{night}} + 0,00759 * (L_{\text{night}})^2\end{aligned}$$

**Hygienické limity** hodnot hluku ve chráněném venkovním prostoru jsou určeny nařízením vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.

### 4.3 Hodnocení expozice

Hodnocení zdravotních rizik posuzuje nejenom změny expozice hluku, ale především počty exponovaných obyvatel, resp. zdravotní dopady na obyvatele žijící v posuzovaném území. Pro tato posouzení jsou používány jiné hlukové ukazatele, než jsou ukazatele pro porovnání s hygienickými limity.

Výchozím podkladem pro hodnocení expozice hluku a následně ke kvantitativnímu a kvalitativnímu odhadu míry zdravotního rizika je znalost hlukové zátěže v posuzované lokalitě. Hluková studie se zabývá přehledovým posouzením **výhledové akustické situace** v přílehlém okolí této trati po dokončení jejího zdvoukolejnění a předkládá možnosti řešení snížení hlukového zatížení přílehlé obytné zástavby, území pro výstavbu, sport a rekreaci dle platné územně plánovací dokumentace.

Trať je staničena od Opatovic nad Labem do Hradce Králové. Začátek kolejových úprav je v km 16,076604, konec je v km 29,6000. Rozsah kolejových úprav je cca 13,524 km.

Trať je vedena v rovinném terénu Polabí, prakticky v úrovni terénu nebo na mírném násypu nebo zářezu (cca okolo jednoho metru). Území podél trati je tvořeno z velké části polními plochami, je zde ale i několik obcí, které trať většinou protíná. Jedná se o obce: Opatovice nad Labem, Pohřebačka, Březhrad, Hradec Králové.

#### Výpočtové body

Výpočet byl proveden pomocí programového vybavení SoundPlan HighPerf 6.4 firmy Braunstein+Berndt GmbH. Pro výpočet akustického tlaku pro železnici byla použita norma Schall 03.

Výpočetní síť referenčních bodů je v akustické studii počítána s krokem 20 m v ose x a y. Výsledkem jsou **hlukové mapy** jednotlivých výpočtových území s průběhem izofon. Součástí výpočtu jsou i **výsledné tabulky** hodnot ekvivalentních hladin hluku v jednotlivých bodech výpočtu, jejichž poloha je zanesena v hlukových mapách. Jsou vykresleny hlukové mapy **v denní a noční době**, a to jednak bez protihlukových stěn, jednak s protihlukovými stěnami. Hodnoty pro denní i noční dobu jsou také uvedeny v tabulkách s výpočtovými body.

Do výpočtů v akustické studii nebylo možno zahrnout např. brždění vlakových souprav, posunování vagónů a manipulace v žel. stanicích, hlučnost staničních rozhlasových zařízení, používání výstražných hlukových signálů apod.

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Studie dále nepočítá se zatížením obytných objektů hlukem z dalších zdrojů, a to jak stacionárních, tak mobilních (především silniční dopravy).

Výpočtové bod jsou umístěny u nejbližších obytných objektů a také u obytných objektů, kde je podle výpočtu hlukové zatížení blízké hygienickým limitům.

**Tabulka 5: – identifikace výpočtových bodů**

Číslo bodu	Číslo parcely	Číslo popisné	Katastrální území	Způsob využití
P14	126	111	Pohřebačka	Objekt bydlení
P15	58	50	Pohřebačka	Objekt bydlení
P16	106	82	Pohřebačka	Objekt bydlení
P17	66/1	50	Pohřebačka	Stavba pro dopravu
P18	138	110	Pohřebačka	Objekt bydlení (sklady)
B17	131	93	Březhrad	Rodinný dům
B18	112	115	Březhrad	Rodinný dům
B19	22/3	183	Březhrad	Rodinný dům
B20	269/1	185	Březhrad	Bytový dům
Nb21	755	-	Plačice	Objekt pro rod. rekreaci
Nb22	679/3	-	Plačice	Objekt pro rod. rekreaci
NB23	157	36	Březhrad	Rodinný dům
NB24	309	194	Březhrad	Rodinný dům
HK25	3889	Č.e.43	Pražské Předměstí	Objekt pro rod. rekreaci
HK26	3861	Č.e.60	Pražské Předměstí	Objekt pro rod. rekreaci
HK27	3157	Č.e.34	Pražské Předměstí	Objekt pro rod. rekreaci
HK28	3173	Č.e.167	Pražské Předměstí	Objekt pro rod. rekreaci
HK29	1319	752	Pražské Předměstí	Rodinný dům
HK30	1738	1039	Pražské Předměstí	Rodinný dům
HK31	564	289	Pražské Předměstí	Rodinný dům
HK32	4034	1674	Pražské Předměstí	Stavba pro admin.
HK33	347	269	Plotiště nad Labem	Stavba pro admin.
HK34	1733	77	Pražské Předměstí	Rod. dům, Bezručova ul.
HK35	1720	638	Kukleny	Rodinný dům, Kudrnova
HK36	702	343	Pražské Předměstí	Rodinný dům, Honkova
HK37	836	244	Plácky	Rodinný dům
HK38	618	273	Kukleny	Rodinný dům, Honkova
HK39	827	Bez č.p.	Plácky	Občanská vybavenost
HK40	734/2	258	Plácky	Rod. dům, U Fotochemy
HK41	1846	1137	Pražské Předměstí	Rodinný dům,
HK42	943	511	Pražské Předměstí	Rodinný dům, Kuklenská
DD 34	587	55	Plačice	Objekt k bydlení
M1	270/1	186	Březhrad	Bytový dům
M2	22/3	183	Březhrad	Rodinný dům
M3	847	427	Pražské Předměstí	Rod. dům, Družstevní
M4	1453	814	Pražské Předměstí	Rod. dům, B. Němcové

## Výsledky výpočtů

V tabulce 6 jsou uvedeny modelové hodnoty ve výpočtových bodech. Tyto hodnoty jsou počítány 2 m před fasádou, nezahrnují již odraz hluku od fasády. Hodnoty jsou uvedeny pro výhledový stav v denní a noční době a tam, kde jsou překračovány hygienické limity hluku, jsou v hlukové studii navrženy protihlukové stěny. Jedná se o PHS v prostorech výpočtových bodů:

B17 – Březhrad čp. 93

B18 – Březhrad čp. 115

HK37 – Plácky čp. 244

P12 až P14 – Pohřebačka čp. 100, 111

**Tabulka 6: Ekvivalentní hladiny hluku  $L_{Aeq,T}$  – výhled a výhled s navrženými PHS**

Výpočtový bod	Podlaží	Výhledová ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ [dB]		Ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ s PHS		limit den/noc
		$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	
B17	1. Floor	54,1	52,5			60/55
	2. Floor	55,4	53,8			60/55
B18	1. Floor	59,4	57,9	49,2	47,0	60/55
	2. Floor	60,0	58,5	53,4	51,1	60/55
B19	1. Floor	55,4	53,9	47,9	45,7	55/50
	2. Floor	55,4	53,9	48,6	46,4	55/50
B20	1. Floor	50,9	49,4	43,8	41,6	55/50
	2. Floor	52,2	50,7	44,0	42,5	55/50
	3. Floor	52,4	50,9	45,1	42,9	55/50
	4. Floor	52,7	51,1	46,0	43,8	55/50
	5. Floor	52,7	51,1	46,5	44,3	55/50
DD34	1. Floor	62,8	61,1	62,9	61,1	60/55
HK25	1. Floor	59,9	57,7			60/60
	2. Floor	60,3	58,1			60/60
HK26	1. Floor	57,7	55,5			60/60
	2. Floor	58,8	56,6			60/60
HK27	1. Floor	56,5	54,3			60/60
	2. Floor	58,0	55,8			60/60
HK28	1. Floor	51,6	49,4			60/60
	2. Floor	52,5	50,2			60/60
HK29	1. Floor	54,5	52,3			60/55
	2. Floor	56,1	53,9			60/55
HK30	1. Floor	54,3	52,1			60/55
	2. Floor	55,7	53,5			60/55
HK31	1. Floor	55,3	53,2	50,7	48,7	60/55
	2. Floor	56,9	54,8	52,5	50,6	60/55
HK32	1. Floor	45,5	47,0			55/50
	2. Floor	46,1	47,3			55/50

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Výpočtový bod	Podlaží	Výhledová ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ [dB]		Ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ S PHS		limit den/noc
		$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	
HK33	1. Floor	45,0	42,6			60/55
	2. Floor	46,3	43,7			60/55
HK34	1. Floor	54,5	52,3			60/55
	2. Floor	56,0	53,8			60/55
HK35	1. Floor	53,7	52,1			60/60
HK35	2. Floor	55,5	53,9			60/60
HK36	1. Floor	49,1	47,4			55/50
	2. Floor	49,7	48,1			55/50
HK37	1. Floor	55,8	58,1	47,1	49,5	60/55
	2. Floor	55,5	57,9	50,7	53,1	60/55
HK38	1. Floor	47,0	49,4			60/55
	2. Floor	48,3	50,7			60/55
HK39	1. Floor	51,8	54,2			60/55
HK40	1. Floor	46,4	48,8			60/55
	2. Floor	47,6	50,0			60/55
HK41	1. Floor	54,8	52,6			60/55
	2. Floor	56,7	54,5			60/55
HK42	1. Floor	53,8	51,6			60/55
	2. Floor	55,2	53,0			60/55
M1	1. Floor	51,1	49,5			60/55
	2. Floor	51,6	50,1			60/55
	3. Floor	51,8	50,3			60/55
	4. Floor	52,1	50,5			60/55
M3	1. Floor	55,3	53,1	49,4	47,2	60/55
	2. Floor	57,1	54,9	51,1	48,8	60/55
M4	1. Floor	55,0	52,8			60/55
	2. Floor	56,6	54,4			60/55
NB21	1. Floor	54,7	52,5			60/60
NB22	1. Floor	50,9	48,7			60/60
NB23	1. Floor	48,9	46,7			60/55
NB24	1. Floor	49,4	47,2			60/55
P14	1. Floor	55,1	53,5	49,3	47,7	60/55
	2. Floor	56,3	54,8	50,9	49,3	60/55
P15	1. Floor	57,3	55,7	50,2	48,6	60/55
	2. Floor	58,0	56,4	53,3	51,8	60/55
P16	1. Floor	53,3	51,7			60/55
	2. Floor	54,3	52,8			60/55
P17	1. Floor	61,2	59,7			60/55
P17	2. Floor	61,2	59,6			60/55
P18	1. Floor	64,4	62,9			60/55

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Výpočtový bod	Podlaží	Výhledová ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ [dB]		Ekvivalentní hladina $L_{Aeq}$ s PHS		limit den/noc
		$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	$L_{Aeq,16h}$	$L_{Aeq,8h}$	
P18	3. Floor	63,9	62,4			60/55
P18	4. Floor	63,2	61,6			60/55

Vysvětlivky:

	<i>šedě podbarvené – budova určená k demolici</i>
	<i>stavby pro rodinnou rekreaci</i>
	<i>hodnoty, překračující, nebo se těsně přibližující hygienickému limitu</i>

### Drážní domky a výpravní budovy

**Objekt na parcele 66/1, č.p. 53.** Jedná se o objekt pro dopravu (výpravní budova). V objektu jsou 3 byty, vzhledem k způsobu využití objektu nejsou z hlukového hlediska řešeny, vyhoví pro starou hlukovou zátěž (působnost KHS Pardubice).

**Bývalý drážní domek v k.ú. Plačice č. parcely 587, č.p. 55** - výpočtový bod DD34 v km cca 18,47 je tento objekt navržen k demolici.

**Další bývalý drážní domek v km cca 20,580 vlevo trati v k.ú. Pražské předměstí pod. č.p. 117 na parcele 239,** který je dnes soukromého vlastníka bude také z prostorových důvodů demolován.

**Bývalý drážní domek u trati na Týniště nad Orlicí cca v km 29,35 je navržen k ochraně protihlukovou stěnou.** Jelikož i tento objekt má okna k trati, je třeba dbát na dodržení požadovaného osvětlení a oslunění a pravděpodobně vrchní část protihlukové stěny zhotovit z průhledného materiálu.

U dalších objektů v těsné blízkosti trati jsou navrhovány protihlukové stěny. Pokud by nebylo možné protihlukovou stěnu umístit, je nutné změnit funkci využití objektů.

Obdobně se v hlukové studii doporučuje využít byty ve výpravních budovách k jiným než bytovým účelům (například pro technologie).

### Porovnání zatížení na jednotlivých tratích

V hlukové studii je uvedeno projektantem provedené porovnání zatížení na jednotlivých tratích ve vzdálenosti 25 m od trati pro jednotlivé úseky tratí pro rok 2000, 2016 a pro výhledový stav. **Výpočet prokázal, že ve výhledu zůstane hlukové zatížení téměř stejné, jako bylo v roce 2000, případně nižší. V žádném z bodů nedojde k navýšení hlukové zátěže.**

Dále bylo v akustické studii provedeno porovnání hlukového zatížení v jednotlivých referenčních bodech pro roky 2000, 2016 a pro výhledový stav v denní a noční době z provozu. Z výpočtů v akustické studii vyplývá, že v roce 2016 i ve výhledu **dojde proti roku 2000 k poklesu hlukového zatížení ve všech úsecích trati.**

### Hodnocení zdravotních rizik

Hodnocení zdravotních rizik posuzuje nejenom změny expozice hluku, ale především počty exponovaných obyvatel, resp. zdravotní dopady na obyvatele žijící v posuzovaném území. Pro tato posouzení jsou používány jiné hlukové ukazatele, než jsou ukazatele pro porovnání s hygienickými limity.

Prahové hladiny hluku považované v současné době za dostatečně prokázané v závislosti na různých zdrojích hluku jsou stručně shrnuty v následujícím přehledu:

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Silniční a železniční doprava: rušení spánku:	$L_n > 40$ dB
	obtěžování: $L_{dvn} > 45$ dB, ( $> 42$ dB dle EEA)
	kardiovaskulární onemocnění: $L_{Aeq,16h} > 60$ dB, resp. $L_{dvn} > 55$ dB
Letecká doprava: rušení spánku:	$L_n > 40$ dB
	obtěžování: $L_{dvn} > 45$ dB
	kardiovaskulární onemocnění: $L_{Aeq,16h} > 60$ dB, resp. $L_{dvn} > 55$ dB
Stacionární zdroje hluku: rušení spánku:	není definováno
	obtěžování: $L_{dvn} > 35$ dB

### Hluk ze železniční dopravy

Zdravotní rizika byla hodnocena pro obyvatele částí sídel nacházejících se nejbližší k záměru, pro něž byly v hlukové studii vypočteny hladiny hluku:

- **Březhrad** – 21 rodinných domů (21 bytů) výpočtové body B17, B18 a B19 a 4 bytové domy (96 bytů) výpočtový bod B20
- **Nový Březhrad** – 6 rodinných domů (6 bytů) výpočtové body NB23 a NB24
- **Plačice** – objekty pro rekreaci výpočtové body Nb21 a Nb22
- **Pražské Předměstí** – objekty pro rekreaci výpočtové body HK25, HK26, HK27 a HK28
- **Pražské Předměstí** – 42 rodinných domů (53 bytů) výpočtové body HK29 – HK36 a 8 domů (9 bytů) výpočtové body HK41 a HK42
- **Plácky** – 3 bytové domy (17 bytů) výpočtový bod HK40 a 1 dům (1byt) výpočtový bod HK37
- **Kukleny** – 15 rodinných domů (15 bytů) výpočtový bod HK38 a 20 rodinných domů (20 bytů) výpočtový bod HK35
- **Pohřebačka** – 7 rodinných domů (8 bytů) v pásmu výpočtového bodu P14, 1 obytný dům (3 byty) výpočtový bod P15, 1 obytný dům (1 byt) výpočtový bod P16 a 1 obytný dům (3 byty) výpočtový bod P17

Počty domů byly zjišťovány z mapových podkladů a počty bytů v domech z katastru nemovitostí.

Vzhledem k neznalosti přesného počtu obyvatel jednotlivých domů resp. bytů jsou přiřazeny počty obyvatel podle statistického klíče: RD/byt 3 osoby

Z konzervativních důvodů, s vědomím nadhodnocení rizika, je použita pro odhad obtěžovaných a rušených osob nejvyšší vypočtená ekvivalentní hladina hluku ve výpočtovém bodě (patře).

**Tabulka 7: Odhad procent osob obtěžovaných a rušených hlukem ze železnice**

Sídla	VB	Počet objektů/bytů		Obtěžování hlukem			Rušení spánku hlukem		
				%LA	%A	%HA	%LSD	%SD	%HSD
Březhrad	B17 – B19	21/21	2016	38-49	17-24	<b>5-9</b>	22-26	10-13	<b>4-5</b>
			výhled	36-47	16-23	<b>5-8</b>	21-25	9-12	<b>4-5</b>
Březhrad	B20	4/96	2016	38	17	<b>5</b>	22	10	<b>4</b>
			výhled	31	12	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>
Březhrad	M1	1/24	2016	30	11	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>
			výhled	30	11	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>

Hodnocení zdravotních rizik  
Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim,  
2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové

Nový Březhrad	NB23-NB24	6/6	2016	25-29	9-11	<b>2-3</b>	16-17	7-8	<b>2-3</b>
			výhled	23	8	<b>2</b>	15	6	<b>2</b>
Plačice	NB21-NB22	rekreace	2016	37	16	<b>5</b>	-	-	-
			výhled	26-34	10-14	<b>2-4</b>	-	-	-
Pražské Předměstí	HK25-HK28	rekreace	2016	32-49	13-25	<b>4-9</b>	-	-	-
			výhled	29-46	11-23	<b>3-8</b>	-	-	-
Pražské Předměstí	HK29-HK30 HK32-HK36	41/51	2016	39-40	17-18	<b>5-6</b>	22	10	<b>4</b>
			výhled	18-37	6-16	<b>1-5</b>	13-21	5-9	<b>2-4</b>
Pražské Předměstí	HK31	1/2	2016	34	14	<b>4</b>	19	9	<b>3</b>
			výhled	39	17	<b>5</b>	21	10	<b>4</b>
Pražské Předměstí	HK41-HK42	8/9	2016	38-41	16-19	<b>5-6</b>	21-23	10-11	<b>4</b>
			výhled	35-38	15-17	<b>4-5</b>	20-21	9-10	<b>3-4</b>
Pražské Předměstí	M3, M4	2/2	2016	29-41	11-18	<b>3-6</b>	18-22	8-11	<b>3-4</b>
			výhled	38-39	17	<b>5</b>	21-22	10	<b>4</b>
Plácky	HK40	3/17	2016	28	11	<b>3</b>	17	8	<b>3</b>
			výhled	27	10	<b>3</b>	17	8	<b>3</b>
Plácky	HK37	1/1	2016	45	22	<b>8</b>	25	12	<b>5</b>
			výhled	44	21	<b>7</b>	24	12	<b>5</b>
Kukleny	HK35	20/20	2016	43	20	<b>7</b>	23	11	<b>4</b>
			výhled	37	16	<b>5</b>	21	9	<b>4</b>
Kukleny	HK38	15/15	2016	30	12	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>
			výhled	29	11	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>
Pohřebačka	P14	7/8	2016	40	18	<b>6</b>	22	11	<b>4</b>
			výhled	39	17	<b>5</b>	21	10	<b>4</b>
Pohřebačka	P15	1/3	2016	42	19	<b>6</b>	23	11	<b>4</b>
			výhled	42	19	<b>6</b>	23	11	<b>4</b>
Pohřebačka	P16	1/1	2016	44	21	<b>7</b>	24	12	<b>5</b>
			výhled	34	14	<b>4</b>	20	9	<b>3</b>
Pohřebačka	P17	1/3	2016	52	27	<b>10</b>	27	14	<b>6</b>
			výhled	50	25	<b>9</b>	26	13	<b>5</b>

**Tabulka 8: Odhad procent osob obtěžovaných a rušených hlukem ze železnice po realizaci navržených protihlukových opatření**

Sídla	VB	Počet objektů/bytů	Obtěžování hlukem			Rušení spánku hlukem		
			%LA	%A	%HA	%LSD	%SD	%HSD
Pohřebačka	P14	7/8	27	10	<b>3</b>	17	7	<b>3</b>
Pohřebačka	P15	1/3	32	13	<b>4</b>	19	8	<b>3</b>
Březhrad	B18 – B20	25/114	18 - 31	6 - 12	<b>1 - 3</b>	13 - 18	5 - 8	<b>2 - 3</b>
Plácky	HK37	1/1	34	14	<b>4</b>	20	9	<b>3</b>
Pražské předměstí	HK31	1/2	30	12	<b>3</b>	18	8	<b>3</b>
Pražské Předměstí	M3	1/1	27	10	<b>2</b>	16	7	<b>3</b>



**Vysvětlivky:**

<b>3</b>	<b>procento</b> obyvatel výrazně obtěžovaných nebo rušených hlukem ve spánku
----------	--

%LA = (Little Annoyed), osoby „mírně obtěžované“, zahrnuje všechny obtěžované osoby ze všech tří stupňů

%A = (Annoyed), osoby alespoň „středně obtěžované“, zahrnuje všechny středně a vysoce obtěžované osoby

%HA = (Highly Annoyed) osoby s výraznými pocity obtěžování, pouze osoby obtěžované vysoce

%LSD = (Lowly Sleep Disturbed), osoby přinejmenším „mírně rušené ve spánku“, zahrnuje všechny rušené osoby ze všech tří stupňů

%SD = (Sleep Disturbed), osoby alespoň „středně rušené ve spánku“, zahrnuje všechny středně a silně rušené osoby

%HSD = (Highly Sleep Disturbed), osoby s výraznými subjektivními pocity rušení spánku, pouze osoby rušené silně

Hluk ze sdělovacích prostředků a z výstavby není z hlediska zdravotních rizik hodnocen, protože se jedná o krátkodobou expozici hluku, pro jejíž zhodnocení nejsou zatím k dispozici dostatečné odborné podklady. Přesto je třeba, aby byla, během výstavby, dodržována doporučení z odborné studie.

**Křížení silničních komunikací**

V akustické studii je i hlukové posouzení křížení se silničními komunikacemi.

- **Pražská třída**

Součástí stavby je i rekonstrukce mostního objektu přes Pražskou třídu v km 27,554. Po rekonstrukci mostního objektu zůstane provoz na této komunikaci beze změny.

**Rekonstrukcí mostního objektu nedojde ke zhoršení akustické situace a tím ani ke změně zdravotních rizik vyplývajících z této akustické situace pro stávající obyvatele dotčeného území.**

Dominantním zdrojem hluku je zde silniční doprava.

- **Ulice Honkova a Prokopa Holého**

Stávající železniční přejezd v km 21,613 zůstane zachován, bude rekonstruován, vedle bude vybudován nový podchod pro pěší.

**Vzhledem k tomu, že rekonstrukcí přejezdu nedojde ke zhoršení akustické situace nedojde ani ke změně zdravotních rizik u stávajících obyvatel v okolí.**

- **Kuklenská - Poděbradova**

V této lokalitě dojde k vybudování nového podchodu pro pěší.

- **Přeložka silnice III. třídy č. 3324 v Pohřebačce**

V km 16,4 bude součástí stavby přeložka silniční komunikace v Pohřebačce. Přeložka je vedena mimo obytnou zástavbu, nejbližší obytný objekt stojí na parcele 126 v k.ú. Pohřebačka, č.p. 111. U tohoto objektu se hluková situace nemění, komunikace zde zůstane ve stejné vzdálenosti, jako je nyní. Nemění se ani rozsah dopravy na dané komunikaci. Proto zde nebylo v akustické studii provedeno hlukové posouzení.

V akustické studii je doporučení, aby zde bylo provedeno měření hluku před realizací stavby a následně také po realizaci stavby.

Vzhledem k nemožnosti ochrany stávajících okolních objektů před hlukem protihlukovými stěnami **doporučuje se využít vhodných dopravních opatření ke snížení počtu vozidel v řešeném území a tím i snížení hlukové zátěže.**

#### 4.4 Charakterizace rizika

Výchozím podkladem ke kvantitativnímu a kvalitativnímu odhadu míry zdravotního rizika hluku je obecně znalost hlukové zátěže získaná měřením nebo modelovým výpočtem vztažená ke konkrétnímu počtu exponovaných osob.

##### Charakterizace rizika expozice v denní době a noční době

**Pro zhodnocení rizika expozice v denní době** se posuzuje situace v zájmové lokalitě z hlediska „procenta/počtu pravděpodobně obtěžovaných obyvatel“ na základě hodnot  $L_{dvn}$ . Ukazatel obtěžovaných obyvatel je sice v současné době považován za pomocný ukazatel, jelikož jde o účinek hluku na kvalitu života a psychickou pohodu, přesto byl v této expertíze hodnocen.

**Pro hodnocení rizika v noční době** se posuzuje situace v zájmové lokalitě z hlediska „procenta/počtu pravděpodobně rušených obyvatel hlukem ve spánku“ na základě hlukového deskriptoru  $L_n$  resp.  $L_{Aeq,8h}$ .

Z konzervativních důvodů byly použity pro hodnocení obtěžování a rušení spánku hlukem nejvyšší vypočtené hladiny hluku v chráněném venkovním prostoru staveb v jednotlivých částech sídel.

##### **1. Březhrad – stavby pro bydlení v okolí výpočtových bodů B17, B18 a B19 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 63**

- Provedeným odhadem je možné očekávat stejně jako v současné době tak **po realizaci záměru u 5 až 10 % obyvatel (3 až 6 osob) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 až 5 % obyvatel (2 až 3 osoby) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**

##### **2. Březhrad – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu B20 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 288**

- Provedeným odhadem je možné očekávat v současné době **u 5 % obyvatel (14 osob z 288) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel (11 osob) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- Provedeným odhadem je možné očekávat **po realizaci záměru u 3 % obyvatel (8 - 9 osob z 288) pocity obtěžování hlukem ze železnice a stejně tak u 3 % obyvatel (8 - 9 osob) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**

Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel v Březhradě významně sníží, pocity obtěžování by mohly mít 2 osoby a pocity rušení ve spánku také 2 osoby.

##### **3. Pražské Předměstí – stavby pro bydlení mezi výpočtovými body HK29 až HK30 a HK32 až HK36 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 153**

- Provedeným odhadem je možné očekávat v současné době **u 5 - 6 % obyvatel (8 osob ze 153) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel (6 osob) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- Provedeným odhadem je možné očekávat **po realizaci záměru u 1 - 5 % obyvatel (2 až 8 osob ze 153) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 2 - 4 % obyvatel (3 - 6 osob) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**

##### **4. Plácky – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu HK40 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 51**

- Provedeným odhadem je možné očekávat stejně jako v současné době, tak **po realizaci záměru u 3 % obyvatel (cca 1 osoba z 51) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 3 % obyvatel (cca 1 osoba) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- 5. Kukleny – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu HK35 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 60**
- Provedeným odhadem je možné očekávat **v současné době u 7 % obyvatel (cca 4 osoby) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel (cca 2 osoby) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
  - Provedeným odhadem je možné očekávat **po realizaci záměru u 5 % obyvatel (cca 3 osoby) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel (cca 2 osoby) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- 6. Kukleny – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu HK38 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 45**
- Provedeným odhadem je možné očekávat jak v současné době, tak **po realizaci záměru u 3 % obyvatel (cca 1 osoby ze 45) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 3 % obyvatel (cca 1 osoba) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**

V ostatních částech sídel se jedná o ojedinělé stavby anebo o stavby určené k rekreaci. Vzhledem k malému počtu obyvatel v těchto částech obcí nemusí odhady nepříznivých účinků hluku platit, neboť odhady byly odvozeny pro obtěžování vyvolané dlouhodobou hlukovou expozicí a byly zprůměrnovány na celou populaci. Pro obyvatele hodnocených několika domů může být obtěžující a rušivý účinek hluku významně modifikován jak individuální vnímavostí konkrétních osob vůči hluku, tak jejich osobním vztahem ke zdrojům hluku, konkrétní orientací oken hlavních pobytových místností a dalšími faktory a významně se lišit od vypočtených údajů.

Jedná se o následující území obcí:

- 7. Nový Březhrad - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 18 – území kolem výpočtových bodů NB23 a NB24**
- Provedeným odhadem je možné očekávat stejně jako v současné době tak **po realizaci záměru u 2 % osob (< 1 osoba z 18) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 2 % osob (< 1 osoba z 18) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- 8. Pražské Předměstí – objekt se 2 byty výpočtový bod HK31**
- Provedeným odhadem je možné očekávat **v současné době u 4 % obyvatel pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 3 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
  - Provedeným odhadem je možné očekávat **po realizaci záměru u 5 % obyvatel pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.**
- Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel sníží, pocity obtěžování by mohly mít 3 % obyvatel a pocity rušení ve spánku také 3 % obyvatel (< 1 osoba).
- 9. Pražské Předměstí – rodinný dům s 1 bytem výpočtový bod M3**

- Provedeným odhadem je možné očekávat v současné době i po realizaci záměru u 3 až 6 % obyvatel pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.

Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel významně sníží, pocity obtěžování by mohly mít 2 % obyvatel a pocity rušení ve spánku 3 % obyvatel.

**10. Pražské Předměstí – stavby pro bydlení mezi výpočtovými body HK41 až HK42 - odhad počtu obyvatel v zájmovém území 27**

- Provedeným odhadem je možné očekávat v současné době i po realizaci záměru u 4 - 6 % obyvatel (< 1 osoba z 27) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 3 - 4 % obyvatel (< 1 osoba) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.

**11. Plácky – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu HK37 – jedná se o ojedinělou stavbu**

- Provedeným odhadem by bylo možné očekávat po realizaci záměru u 7 % obyvatel pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 5 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.

Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel významně sníží, pocity obtěžování by mohlo mít 4 % osob a pocity rušení ve spánku 3 % osob.

**12. Pohřebačka – stavby pro bydlení v okolí výpočtového bodu P14 – odhad počtu obyvatel v zájmovém území 24**

- Provedeným odhadem by bylo možné očekávat jak v současné době, tak po realizaci záměru u 5 - 6 % obyvatel (cca 1 osoba z 24) pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel (cca 1 osoba) výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.

Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel významně sníží, pocity obtěžování by mohlo mít 3 % obyvatel (< 1 osoba z 24) a pocity rušení ve spánku 3 % obyvatel (< 1 osoba z 24).

**13. Pohřebačka – ojedinělý objekt se 3 byty výpočtový bod P15**

- Provedeným odhadem by bylo možné očekávat v současné době i po realizaci záměru u 6 % obyvatel pocity obtěžování hlukem ze železnice a u 4 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku.

Vybudováním protihlukové stěny se procento obtěžovaných obyvatel sníží, pocity obtěžování by mohlo mít 4 % obyvatel a pocity rušení ve spánku 3 % obyvatel.

Zde opět platí, že vzhledem k velmi malému počtu obyvatel (1 stavba pro bydlení) nemusí odhad nepříznivých účinků platit.

Podle doporučení WHO je během dne jen málo lidí vážně obtěžováno při svých aktivitách ekvivalentní hladinou hluku pod 55 dB anebo mírně obtěžováno při hladinách hluku pod 50 dB. Přesto je třeba počítat s tím, že účinek hluku je do jisté míry bezprahový a pro citlivou část populace se obtěžující efekt může projevit i při úrovni expozice pod prahovými hodnotami obtěžujících účinků hluku pro průměrně citlivou populaci.

## **4.5 Analýza nejistot**

Každé hodnocení zdravotního rizika je nevyhnutelně spojeno s určitými nejistotami, danými použitými daty, expozičními faktory, odhady chování populace apod. I když bylo toto posouzení provedeno standardními postupy na základě současných znalostí a odborných

doporučení uznávaných institucí, je nutné upozornit na skutečnost, že se jedná o zjednodušený model velmi složitého, komplexního děje ovlivněného mnoha proměnnými.

Při hodnocení působení hluku na lidské zdraví si obecně musíme být vědomi nejistot, kterými je tento proces zatížen. V podstatě jsou dvojí. Jedny jsou dány neschopností fyzikálních parametrů hluku, které máme k dispozici, jednoduše popsat fyziologickou závažnost, tedy nebezpečnost hlukové události a druhé vyplývají ze skutečnosti, že účinek hluku je variabilní nejen intraindividuálně, ale i situačně, sociálně, emocionálně a historicky. V praxi se proto nezdá setkáváme se situacemi, kdy lidé postižení hlukem v konkrétních podmínkách nepotvrzují platnost stanovených limitů, neboť z exponované populace se vydělují skupiny osob velmi citlivých a naopak velmi rezistentních, které stojí jakoby mimo kvantitativní závislosti. Za různých okolností představují tyto atypické reakce 5–20 % celého souboru.

K těmto nejistotám se řadí i nejistoty demografických údajů. Odhady počtu obyvatel pro části obcí z mapových podkladů a statistických údajů jsou zatíženy značnou nejistotou. Procentuální vyjádření vlastně lépe vystihuje rozsah účinků než přesný počet osob, který se v čase nutně mění.

Použití nejvyšší vypočtené hladiny hluku pro patro ve výpočtovém bodě bylo provedeno z konzervativních důvodů a s vědomím nadhodnocení rizika. Z hlediska zvýšené citlivosti některých populačních skupin vůči nepříznivým zdravotním účinkům hluku bylo např. prokázáno, že lidé starší, nemocní a lidé s potížemi se spaním jsou zvýšeně citliví vůči narušení spánku hlukem. U lidí s narušeným spánkem v důsledku hluku je vyšší riziko ICHS a negativního účinku na psycho-sociální pohodu. Se zvýšeným rizikem výrazného obtěžování hlukem je nutné počítat u lidí senzitivních, lidí majících obavy z určitého zdroje hluku a lidí, kteří cítí, že nad danou hlukovou situací nemají možnost kontroly.

Hodnocení hlukové expozice, použití expozičního scénáře, výstupů a vztahů epidemiologických studií bylo vždy provedeno na straně bezpečnosti.

#### **4.6 Závěr k hodnocení hluku**

Na základě vyhodnocení předložených podkladů z akustické studie, s ohledem na výše uvedené skutečnosti a po uvážení všech výše uvedených nejistot, lze konstatovat následující závěry:

**Hodnocení zdravotního rizika hluku bylo provedeno na základě modelových výpočtů akustické studie a bylo zaměřeno na obyvatele nejvíce exponované obytné zástavby obcí situované nejbližší podél posuzované trati Hradec Králové – Pardubice - Chrudim.**

**U drážních domků, které jsou v těsné blízkosti trati, jsou navrženy protihlukové stěny. Modelové hodnoty po vybudování protihlukových stěn nepřekračují hygienické limity pro chráněné venkovní prostory staveb.**

Je třeba znovu zdůraznit, že vztahy expozice a účinku, které byly odvozeny pro obtěžování vyvolané dlouhodobou hlukovou expozicí a zprůměrnovány na celou populaci, nemusí platit pro jednotlivce nebo malé soubory exponovaných osob, jako je tomu v daném případě u obyvatel hodnocených nejbližších domů, kde může být obtěžující a rušivý účinek hluku významně modifikován jak individuální vnímavostí konkrétních osob vůči hluku, tak jejich osobním vztahem ke zdrojům hluku, konkrétní orientací oken hlavních pobytových místností a dalšími faktory a významně se může lišit od vypočtených údajů.

**Na základě vyhodnocení hlukové expozice obyvatel je možné konstatovat, že realizací záměru Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové a po realizaci navržených protihlukových stěn, nelze očekávat v hodnocených částech obcí Březhrad, Nový**

**Březhrad, Pražské Předměstí, Plácky, Kukleny a Pohřebačka zvýšení zdravotních rizik u obyvatel hodnoceného území.**

Na základě odhadu míry zdravotního rizika hluku je možné očekávat u 2 – 4 % obyvatel v zájmového území významné pocity obtěžování hlukem a u 2 – 3 % obyvatel výrazné pocity rušení hlukem ve spánku. S ohledem na nejistoty při hodnocení negativních účinků hluku jsou odhadovaná procenta obtěžovaných obyvatel téměř zanedbatelná.

Lze předpokládat, že ve skutečnosti bude počet obtěžovaných a rušených obyvatel hlukem z posuzované železnice menší, protože hodnocení zdravotních rizik bylo provedeno z nejvyšších vypočítaných hladin hluku v jednotlivých patrech budov a vztaženo na všechny obyvatele těchto území.

Rekonstrukce objektů u křížení se silničními komunikacemi nepovede ke zhoršení akustické situace v okolí a tím ani ke zvýšení zdravotního rizika pro stávající obyvatele dotčených území.

## **5. Celkový závěr:**

Na základě vyhodnocení výstupů rozptylové a akustické studie lze i přes všechny uvedené nejistoty konstatovat:

**Za předpokladu dodržování opatření při výstavbě záměru, která jsou uvedena v rozptylové studii, jsou změny imisní zátěže v období výstavby akceptovatelné a výstavba i vzhledem k omezené době nebude představovat významně zvýšené zdravotní riziko pro exponované obyvatele.**

Na základě vyhodnocení hlukové expozice obyvatel je možné konstatovat, že realizací záměru Modernizace trati Hradec Králové - Pardubice - Chrudim, 2. stavba, zdvoukolejnění Opatovice nad Labem – Hradec Králové a po realizaci navržených protihlukových stěn, lze očekávat v hodnocených částech obcí Březhrad, Nový Březhrad, Pražské Předměstí, Plácky, Kukleny a Pohřebačka 2 – 4 % obyvatel obtěžovaných hlukem a 2 – 3 % obyvatel rušených hlukem ve spánku. S ohledem na vysoké nejistoty při hodnocení negativních účinků hluku a nízké počty obyvatel je procento resp. počet osob v rámci posouzení nejistot zanedbatelný.

Výpočet provedený pro porovnání výhledu s rokem 2000 a 2016 prokázal, že ve výhledu zůstane hlukové zatížení prakticky stejné, jako bylo v roce 2000, takže záměrem se počet obtěžovaných obyvatel a obyvatel rušených ve spánku prakticky nezmění.

## Použitá literatura

1. Manuál prevence v lékařské praxi, VIII. Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ Praha 2000
2. K.Bláha, M.Cikrt: Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ Praha 1996
3. J.Volf: Metodiky hodnocení zdravotních rizik v hygienické službě, Ostrava 2002
4. WHO: Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě, MŽP ČR 1996
5. WHO: Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution, WHO Regional Office for Europe, 2006
6. IARC: Monographs Database on Carcinogenic Risks to Humans
7. Database IRIS, 2003
8. Database ATSDR – Toxicological Profiles
9. US EPA. “ Risk and Exposure Assessment to Support the Review of the NO<sub>2</sub> Primary National Ambient Air Quality Standard, U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, 2008
10. SZÚ Praha Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí – subsystém 1 „Monitoring zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí – odborná zpráva za rok 2014, SZÚ Praha
11. SZÚ Praha – Odhad zdravotních rizik ze znečištění ovzduší – Česká republika - rok 2013
12. ČHMÚ: Tabelární přehled „Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika“, 2014 – internetový zdroj
13. WHO: Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005
14. WHO : Air Quality Guidelines for Europe, second edition, Copenhagen, 2000
15. Aunan, K: Exposoure-respons e Functions for Health Effect of Air Pollutants Based on Epidemiological Findings, Report 1995:8, University of Oslo, Center for International Climate and Enviromental Research
16. Hurley F et al.: Methodology for the cost-benefit analysis for CAFE. Volume 2: Heath Impact Assessment, European Commision 2005
17. European Commision, Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection: European Union Risk Assessment Report, Benzene, 2008.
18. Hedley AJ et al. (2002). Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet*, 360:1646–1652.
19. California EPA, Office of Enviromental Health Hazard Assessment. “ Air Toxics Hot Spots Program, Risk Assessment Guidelines, Part II Technical Support Document for Available Cancer Potency Factors, May 2005
20. ExternE: Externalities of Energy, Metodology 2005 Update, European Commission, Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems, European Communities, 2005
21. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project (Recommendations for concentration – response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide), WHO Regional Office for Europe, 2013
22. WHO Media Centre, New Releasses, 2014, Geneva
23. Havránek J. a kol.: Hluk a zdraví, Avicenum Praha, 1990
24. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
25. Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb, Praha 2010
26. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Praha 2001

27. Miedema, HME, Vos H: Noise annoyance from stationary sources: Relationships with exposure metric day–evening–night (DENL) and their confidence intervals, *J. Acoust. Soc. Am.* 116(1), July 2004
28. Report „The „Genlyd“ Noise Annoyance Model“, Dose – Response Relationships Modelled by Logistic Functions, Delta AV 1102/07, 20.March 2007
29. Guidelines for Community Noise, WHO Geneva 1999
30. WHO: Night Noise Guidelines for Europe, 2009
31. Autorizační návod AN 15/04, verze 3 SZÚ Praha 2012
32. Babisch,W.: Transportation noise and cardiovascular risk: Updated Review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health* 2006,
33. Jarup L., Babisch W., Houthuijs D., Pershagen G., Katsouyanni K., Cadum E., et al.: Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study, *Environ. Health Perspectives*, 2008
34. SZÚ Praha Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí – subsystém 3 „Zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku – odborná zpráva za rok 2014, SZÚ Praha
35. Metodický pokyn odboru ekologických rizik a monitoringu MŽP ČR k hodnocení rizik č.j. 1138/OER/94
36. European Environment Agency: Good practice guide on noise exposure and potential health effects, 2010
37. Münzel T., Gori T., Babisch W. Basner M.: Cardiovascular effects of environmental noise exposure, *European Heart Journal*, 2014

Poznámka: Protokol nesmí být bez písemného souhlasu zpracovatele reprodukován jinak než celý.