ATELIER EKOLOGICKÝCH MODELŮ s.r.o.

ÚZEMNÍ STUDIE UMÍSTĚNÍ DOPRAVNÍHO TERMINÁLU VRT BRNO – VÍDEŇSKÁ

VYHODNOCENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

Prosinec 2023

Územní studie umístění dopravního terminálu VRT Brno – Vídeňská

Vyhodnocení vlivů na veřejné zdraví

ZADAL: **knesl kynčl architekti s.r.o.**
Šumavská 416/15
602 00 Brno

ZPRACOVAL: **ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.**
Roztylská 1860/1
148 00 Praha 4
e-mail: atem@atem.cz
tel.: 241 494 425

VYPRACOVAL: **Mgr. Robert Polák**
držitel osvědčení odborné způsobilosti pro oblast posuzování vlivů na veřejné zdraví MZd, poř. č. osvědčení 10/2019

SPOLUPRÁCE: Mgr. Jan Karel

Prosinec 2023

O B S A H

Ú V O D 4

1. METODIKA HODNOCENÍ 5

2. PODKLADY PRO HODNOCENÍ EXPOZICE 6

3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZMĚNY 6

4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL 8

4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek 8
4.1.1. Suspendované částice 8
4.1.2. Oxid dusičitý 11
4.1.3. Benzen 13
4.1.4. Oxid uhelnatý 13
4.1.5. Benzo[a]pyren 14
4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika 14
4.2.1. Suspendované částice 16
4.2.2. Oxid dusičitý 20
4.2.3. Benzen 22
4.2.4. Oxid uhelnatý 24
4.2.5. Benzo[a]pyren 24

5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL 27

5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek 27
5.2. Vyhodnocení expozice 31
5.3. Charakterizace rizika 32

6. NEJISTOTY V HODNOCENÍ 35

Z Á V Ě R 36

POUŽITÉ PODKLADY A LITERATURA 38

Ú V O D

Cílem předložené studie je posoudit vliv realizace terminálu Brno–Vídeňská z hlediska vlivů na zdraví obyvatel žijících v dotčené lokalitě. V souladu s podkladovými studiemi je provedeno vyhodnocení pro výhledové období roku 2035, a to pro dvě varianty umístění dopravního terminálu (varianta A, varianta B).

Při posuzování možných vlivů na zdraví dotčené populace je nutno brát v úvahu obecně všechny faktory, které mohou mít dopad na lidské zdraví. Hodnocený záměr nebude významným zdrojem elektromagnetického záření. V souvislosti s ním se nepředpokládá kontaminace zdrojů vod chemickými látkami ani patogenními organismy či jejich toxiny. Hlavními faktory, které mohou být hodnocenou změnou významněji ovlivněny, budou tedy hluk a znečištění ovzduší. Podkladovými materiály pro vyhodnocení vlivů variant umístění dopravního terminálu VRT jsou rozptylová studie, kterou zpracovala společnost BUCEK s.r.o. (Bucek, Fogašová 2023) a akustická studie, zpracovaná firmou EKOLA group, spol. s r.o. (Ládyš a kol. 2023). V předkládaném hodnocení jsou uvažovány vlivy působící při běžném provozu – jeho výsledky není možno vztáhnout na případy zvláštních situací, včetně havárií.

1. METODIKA HODNOCENÍ

Použitá metodika hodnocení vychází ze základních metodických postupů hodnocení zdravotních rizik (Health Risk Assessment) vypracovaných americkou Agenturou pro ochranu životního prostředí (US EPA) a s využitím autorizačních návodů Státního zdravotního ústavu (dále jen „SZÚ“) k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší AN 17/15 (Havel, Kazmarová 2015), k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku (SZÚ 2020) a odborné literatury (Provazník a kol: 2000). Postup hodnocení zdravotního rizika je sestaven ze čtyř navazujících kroků:

- **Identifikace nebezpečnosti** – jedná se o určení faktorů, které mají být hodnoceny, popis jejich vlastností se zaměřením na nebezpečnost pro člověka a podmínky, za kterých se může projevit.
- **Určení vztahu dávky a účinku** – kvantitativně hodnotí vztah mezi úrovní expozice danému faktoru (látce v ovzduší) a mírou rizika.
- **Hodnocení expozice** – obsahuje kvalitativní vyjádření kontaktu hodnoceného faktoru s hranicemi organismu a kvantitativní vyjádření intenzity tohoto kontaktu. Cílem je získat informaci, jakými cestami, v jaké míře a v jakém množství je konkrétní populace vystavena působení hodnocené chemické látky, apod.
- **Charakterizace rizika** – obsahem této etapy je vyjádření míry zdravotního rizika exponované populace na základě poznatků o nebezpečnosti působícího faktoru a odhadu konkrétní expoziční úrovně. Jedná se o kvalitativní a kvantitativní popis odhadnutého zdravotního rizika pro sledovanou populaci, tj. výčet všech možných zdravotních poškození u sledované populace a uvedení pravděpodobnosti jejich vzniku. Je nutno popsat všechny výchozí podmínky a fakta zahrnutá do postupu hodnocení rizik, jakož i všechna zjednodušení a nejistoty, které se zde promítají. Takto hodnocená rizika je vždy nutno považovat za potenciální, avšak dostatečně pravděpodobná pro populaci v zájmovém území.

V souladu s autorizačním návodem AN 17/15 je pak hodnocení členěno do následujících částí:

- podklady pro hodnocení expozice obyvatel, zahrnující též identifikaci hodnocených znečišťujících látek a podklady pro stanovení imisního pozadí
- charakteristika obytné zástavby v okolí hodnocené změny
- identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek
- vyhodnocení expozice a charakterizace rizik
- nejistoty v hodnocení
- závěr

2. PODKLADY PRO HODNOCENÍ EXPOZICE

Hodnocení vlivů imisní a hlukové zátěže, vyvolaných v souvislosti s posuzovanou změnou, na zdraví obyvatel vychází ze zpracované rozptylové (Bucek, Fogašová 2023) a hlukové studie (Ládyš a kol. 2023). Tyto studie jsou tedy základním a jediným podkladem pro hodnocení expozice obyvatel. Podkladové studie hodnotí znečištění ovzduší a akustickou situaci území pomocí modelových výpočtů na podkladě dopravních dat pro rok 2035.

V rozptylové studii a následně i v předkládaném hodnocení jsou posuzovány změny koncentrací oxidu dusičitého, benzenu, suspendovaných částic frakcí PM_{10} a $PM_{2,5}$, oxidu uhelnatého a benzo[a]pyrenu. Výběr látek tak respektuje doporučení autorizačního návodu SZÚ (Havel, Kazmarová 2015) pro hodnocení vlivů dopravy a hodnocených stacionárních zdrojů znečišťování, přičemž proti tomuto doporučení rozsah sledovaných polutantů dále rozšiřuje o CO. Výběr látek odpovídá charakteru provozu.

Modelové výpočty byly zpracovány se zahrnutím všech zdrojů působících v řešené oblasti včetně přenosu znečištění z okolních a vzdálenějších oblastí. Zohledňují tedy i vliv tzv. imisního pozadí – jako imisní pozadí je označována ta část koncentrace znečišťující látky, která není výpočtem zohledněna a musí být tedy přičtena. V daném případě však byly modelovány kompletní koncentrace a další hodnota se k nim tedy již nepřičítá.

Vyhodnocení hlukové situace je pak provedeno samostatně pro denní a noční dobu, pro silniční, železniční a tramvajovou dopravu, přičemž výstupy jsou tvořeny sestavami rozložení počtu obyvatel po pásmech hlukové zátěže, kategoriích zdrojů hluku a podle hlukových deskriptorů.

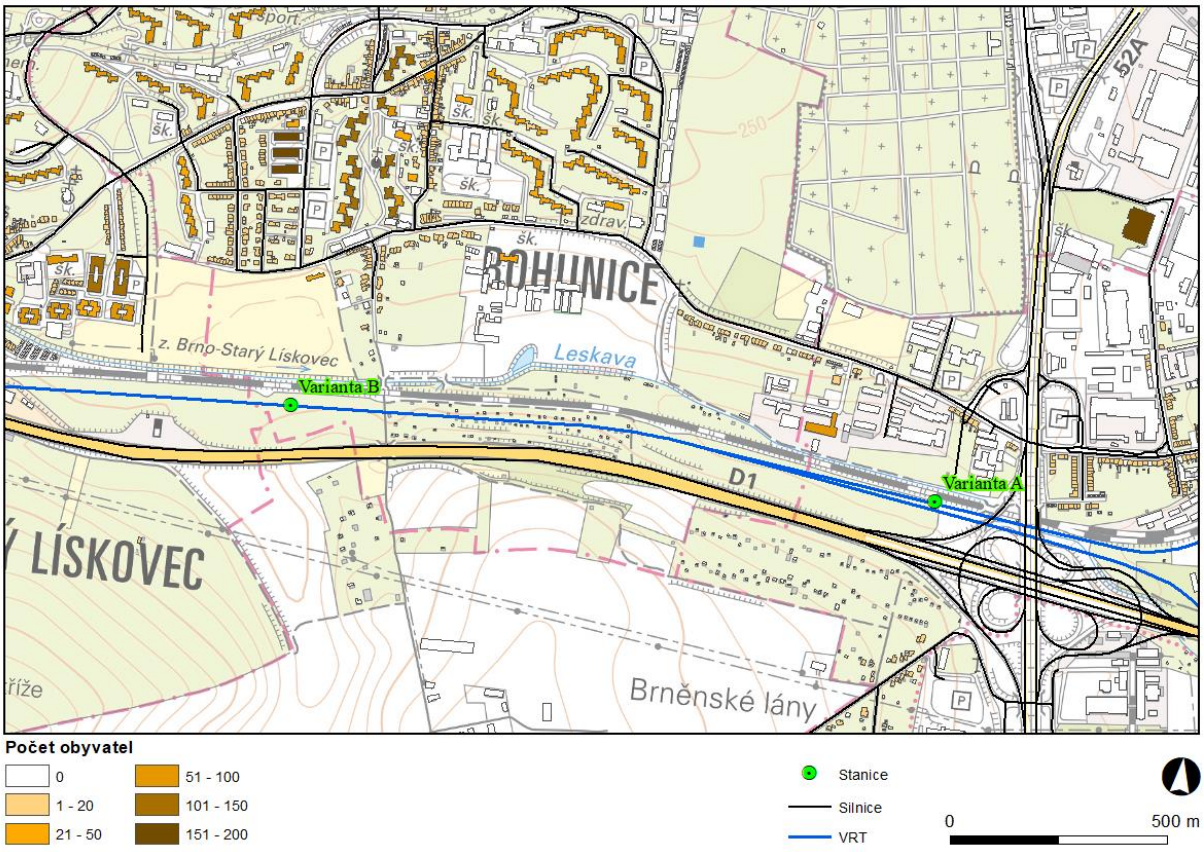
3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZMĚNY

Pro potřeby kvantifikace účinků imisní a hlukové zátěže byla využita vektorová vrstva zástavby s přiřazenými počty obyvatel po jednotlivých objektech, která byla připravena v koordinaci se zpracovateli rozptylové a hlukové studie a je popsána v hlukové studii. Ve stávající obytné zástavbě ve výpočtovém území pokrytém imisními výpočty činí počet obyvatel 12 477. V případě varianty A se uvažuje s demolicí čtyř objektů, v této variantě pak bude počet obyvatel činit 12 462. Pro variantu B je uvažováno se stejným počtem obyvatel jako ve variantě bez záměru.

V případě kvantifikace účinků hlukové zátěže bylo hodnocení provedeno pro celkový počet 12 496 obyvatel ve variantě 0 a ve variantě B, ve variantě A je počet obyvatel 12 481.

Výsledné rozložení obyvatelstva v rámci řešeného území uvádí následující obrázek.

Obr. 1. Přiřazení počtu obyvatel obytným budovám v řešeném území



4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL

4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek

4.1.1. Suspendované částice

Suspendované částice v ovzduší představují složitou směs organických a anorganických látek, jejíž složky mají rozmanité chemické a fyzikální vlastnosti. Jsou produkovány jak ve venkovním, tak i ve vnitřním prostředí. Jsou tedy důležitým faktorem, který způsobuje zhoršení zdravotního stavu.

Suspendované částice mají různou velikost, hmotnost a složení. Obecně je možné konstatovat, že:

- při spalování pevných paliv bez odlučovačů převažují v emisích částice s aerodynamickým průměrem nad 10 μm, při spalování kapalných paliv je zastoupení těchto částic menší, avšak rovněž významné. S účinností odlučovače se zastoupení „hrubších frakcí“ výrazně snižuje, neboť tato zařízení odstraňují nejúčinněji právě velké částice prachu.
- ve zvířeném prachu v okolí silnic a průmyslových areálů lze obecně předpokládat nízké zastoupení jemných částic, podíl jednotlivých velikostních frakcí je však závislý na složení usazených částic, které byly zvířeny.
- v emisích z výfuků motorových vozidel jednoznačně dominují jemné částice do 2,5 μm (podíl částic se pohybuje okolo 90 %), většina emitovaných částic je menších než 1 μm.
- rovněž naprostá většina aerosolů vzniklých sekundárně v ovzduší (kondenzací plynných látek) je tvořena převážně jemnými částicemi do 2,5 μm. (WHO 2006)

Různé charakteristiky suspendovaných částic se mohou vztahovat k rozdílným vlivům na zdraví – záleží na velikosti, fyzikálních charakteristikách a chemickém složení. K obecnému (indikačnímu) hodnocení se proto používají epidemiologické ukazatele mortality (úmrtnosti) a morbidity (nemocnosti).

Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala v roce 2021 nové směrnice pro kvalitu ovzduší (WHO 2021), které do značné míry nahrazují dosavadní směrnice, vydané v roce 2005 (WHO 2005). Expozice suspendovaným částicím podle WHO (WHO 2021) zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace $PM_{2,5}$ – s vysokou jistotou u nemocí oběhové soustavy (zejména ischemické choroby srdeční) a rakoviny plic, se střední jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest,
- dlouhodobé koncentrace PM_{10} – s vysokou jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest a rakoviny plic a se střední jistotou u ischemické choroby srdeční,
- krátkodobé koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ – s vysokou jistotou u kardiovaskulárních onemocnění a se střední jistotou u cerebrovaskulárních chorob a nezhoubných onemocnění dýchacích cest.

Vliv dlouhodobých koncentrací suspendovaných částic na výskyt kardiovaskulárních chorob je obecně konzistentnější u frakce $PM_{2,5}$ než u PM_{10}. Podobně bylo u částic $PM_{2,5}$, ale nikoli u PM_{10}, nalezeno signifikantně zvýšené riziko mrtvice. Další poznatky ukazují na kauzální vztah expozice znečištění částicemi $PM_{2,5}$ a akutní infekce dolních cest dýchacích, chronické obstrukční plicní nemoci, diabetu II. typu a novorozenecké úmrtnosti z důvodu nízké porodní hmotnosti a předčasného porodu. Důkladně zkoumán byl také vztah mezi suspendovanými částicemi a výskytem rakoviny plic, přičemž bylo konstatováno, že riziko úmrtí na tento druh rakoviny bylo signifikantně spojeno se znečištěním částicemi $PM_{2,5}$ i PM_{10} (WHO 2021). V roce 2015 byly suspendované částice vyhodnoceny Mezinárodní agenturou WHO pro výzkum rakoviny IARC (WHO-IARC 2015) jako prokázané lidské karcinogeny.

Pro krátkodobou expozici uvádí WHO vzestup celkové mortality o 0,65 % při zvýšení 24hodinové koncentrace $PM_{2,5}$ o 10 $\mu g.m^{-3}$. Pro chronickou expozici se uvádí nárůst mortality o 8 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ o 10 $\mu g.m^{-3}$; pro PM_{10} pak o 4 % při zvýšení průměrných ročních koncentrací PM_{10} o 10 $\mu g.m^{-3}$.

V posledních několika dekádách došlo v rozvinutých zemích ke snížení úrovně imisní zátěže suspendovanými částicemi, díky čemuž bylo možné podrobněji prozkoumat účinky na zdraví i při nižších úrovních jejich koncentrací. V případě průměrných ročních koncentrací částic $PM_{2,5}$ byla prokázána souvislost mezi expozicí a úmrtností i pod úrovní 10 $\mu g.m^{-3}$, a to až k velmi nízkým hodnotám expozice, navíc se u nižších hodnot expozice prokázal strmější (supralineární) růst rizika. Negativní vliv na zdraví byl pozorován již v nejnižších percentilech naměřených hodnot. Z tohoto důvodu WHO zvolila výchozí hladinu pro určení směrných hodnot na úrovni 5. percentilu hodnot naměřených dle použitých podkladových studií, který u $PM_{2,5}$ činí 4,2–4,9 $\mu g.m^{-3}$, v případě PM_{10} pak 15,1 $\mu g.m^{-3}$. Směrné hodnoty pro krátkodobé (24hodinové) koncentrace byly kromě údajů o prokázaných zdravotních účincích stanoveny též na základě vztahu mezi 24hodinovými koncentracemi a jejich ročními průměry.

Ve výsledku uvádí WHO (WHO 2021) následující směrné hodnoty pro suspendované částice:

- částice $PM_{2,5}$ – 5 $\mu g.m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a 15 $\mu g.m^{-3}$ pro 24hodinové koncentrace
- částice PM_{10} – 15 $\mu g.m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a 45 $\mu g.m^{-3}$ pro 24hodinové koncentrace

WHO dále stanoví pro každou z výše uvedených veličin čtyři přechodné cíle, přičemž dosud platné směrné hodnoty dle (WHO 2006) – tzn. 10 resp. 20 $\mu g.m^{-3}$ pro roční koncentrace $PM_{2,5}$, resp. PM_{10} a 25 resp. 50 $\mu g.m^{-3}$ pro 24hodinové hodnoty – aktuálně odpovídají 4. přechodnému cíli.

Imisní limity jsou v ČR stanoveny pro suspendované částice PM_{10} ve výši 40 $\mu g.m^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a 50 $\mu g.m^{-3}$ pro 24hodinové hodnoty (s tolerovaným počtem 35 překročení v roce). Pro částice $PM_{2,5}$ je stanoven pouze limit pro průměrné roční koncentrace, a to ve výši 20 $\mu g.m^{-3}$.

V předkládaném hodnocení jsou pro kvantifikaci rizika z expozice suspendovaným částicím (a obdobně i oxidu dusičitému, viz dále) použity funkce koncentrace – účinek, publikované Světovou zdravotnickou organizací v rámci projektu *Health risks of air pollution in Europe* (HRAPIE) (WHO 2013). Jedná se o vztahy odvozené na základě analýzy výsledků mnoha epidemiologických studií a dat o zdravotních ukazatelích u populace zemí EU. Jednotlivé faktory koncentrace a účinku jsou formulovány prostřednictvím relativního rizika (RR), které vyjadřuje rozdíl v pravděpodobnosti výskytu daného účinku v populaci exponované určitou úrovní koncentrace znečišťující látky vůči populaci neexponované. Vztah mezi koncentrací a pravděpodobností výskytu účinku (rizikem) je lineární. Pro vlastní charakterizaci rizika exponované populace se pak používá výpočet metodou atributivní frakce, popsaný v kap. 4.2.

Doporučené vztahy jsou rozděleny do dvou skupin:

- skupina A – k dispozici jsou dostatečné údaje pro spolehlivou kvantifikaci účinků
- skupina B – údaje s vyšší mírou nejistoty ohledně přesnosti údajů použitých pro kvantifikaci účinků

V některých případech jsou dále kromě „základních“ výpočetních vztahů uvedeny i vztahy „alternativní“, použitelné v určitých situacích (např. není-li dostatek dat pro provedení výpočtu podle vztahu předchozího). Tabulka 1. shrnuje přehled hodnot relativního rizika, použitých v této studii, jedná se ve všech případech o „základní“ hodnoty RR. Uveden je vždy interval spolehlivosti (v závorce) a střední hodnota relativního rizika.

Tab. 1. Faktory koncentrace – účinek – suspendované částice (WHO 2013)

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o 10 µg.m^{-3}
$PM_{2,5}$ roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	A	1,062 (1,040–1,083)
PM_{10} roční průměr	kojenecká úmrtnost	0–1 rok	B	1,04 (1,02–1,07)
PM_{10} roční průměr	prevalence bronchitidy u dětí	6–12 let	B	1,08 (0,98–1,19)
PM_{10} roční průměr	incidence chronické bronchitidy u dospělých	> 18 let	B	1,117 (1,040–1,189)
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	všichni	A	1,0091 (1,0017–1,0166)
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	A	1,019 (0,9982–1,0402)
$PM_{2,5}$ roční průměr*	dny s omezenou aktivitou**	všichni	B	1,047 (1,042–1,053)
$PM_{2,5}$ roční průměr*	dny pracovní neschopnosti	20–65 let (zaměstnaní)	B	1,046 (1,039–1,053)
$PM_{2,5}$ denní průměr	příznaky astmatu u astmatických dětí	5–19 let	B	1,028 (1,006–1,051)

*) 2týdenní průměr přepočtený na roční průměr
**) nutno odečíst dny hospitalizace s kardiovaskulárními a respiračními chorobami a dny pracovní neschopnosti

4.1.2. Oxid dusičitý

Oxid dusičitý (NO_2) patří mezi nejčastěji sledované škodliviny při hodnocení vlivů spalovacích zdrojů (tj. zejména automobilové dopravy a vytápění budov) na kvalitu ovzduší a zdraví obyvatel. Ze zdrojů je emitován převážně oxid dusnatý (NO), který se ve vzduchu postupně oxiduje na NO_2, v malé míře je emitován přímo NO_2.

Při vstupu oxidu dusičitého do dýchacích cest je nejcitlivější oblastí průdušnice s průduškami a dále plicní sklípky (alveoly), kde dochází k náhradě alveolárního epitelu I. typu buňkami odolnějšími proti okysličování, které s narůstající koncentrací NO_2 postupně navíc hypertrofují. To vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím.

Expozice oxidu dusičitému podle WHO (WHO 2021) zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace NO_2 – s vysokou jistotou u chronické obstrukční plicní nemoci, střední jistotou u nezhoubných onemocnění dýchacích cest a akutní infekce dolních cest dýchacích; včetně úmrtnosti dětí,
- krátkodobé (24-hodinové) koncentrace NO_2 – s vysokou jistotou u celkové mortality bez rozlišení příčin (vyjma úrazů) a rovněž u hospitalizací z důvodu astmatu.

V metaanalýze provedené WHO (WHO 2021) byl nalezen vztah mezi dlouhodobou expozicí NO_2 a celkovou mortalitou (vyjma úrazů) i mortalitou podle různých příčin, a to již od nejnižších hodnot, přičemž u nižších koncentrací byly indikovány náznaky strmějšího růstu rizika. Obdobně jako v případě suspendovaných částic byla proto stanovena výchozí hladina pro určení směrné hodnoty na úrovni 5. percentilu hodnot naměřených dle použitých podkladových studií, jejichž průměr činí 8,8 $\mu g.m^{-3}$. Na základě výsledků této analýzy pak byla stanovena směrná hodnota ve výši 10 $\mu g.m^{-3}$.

Doposud platná směrná hodnota 40 $\mu g.m^{-3}$ dle (WHO 2006) se stala prvním přechodným cílem a k překlenutí rozdílu mezi touto a směrnou hodnotou byly stanoveny ještě další dva cílové mezikroky na úrovních 30 a 20 $\mu g.m^{-3}$. Imisní limit platný v ČR je stanoven ve výši 40 $\mu g.m^{-3}$.

Co se týče krátkodobých expozic NO_2, pro hodinové koncentrace WHO uvádí, že zůstává v platnosti doporučení dle předchozí směrnice (WHO 2006), která uvádí směrnou koncentraci ve výši 200 $\mu g.m^{-3}$. Pod touto úrovní nebyly prokázány žádné účinky krátkodobých expozic NO_2, většina studií pak poukazuje na vznik zdravotního efektu až při hodnotách nad 500 $\mu g.m^{-3}$. Naopak při vyšších koncentracích lze účinky považovat za prokázané. Česká legislativa stanovuje imisní limit pro hodinové koncentrace NO_2 na úrovni 200 $\mu g.m^{-3}$.

Aktuální směrnice (WHO 2021) se pak podrobně věnuje problematice 24hodinových koncentrací NO_2, kde opět shledává dostatečně prokázaným vztah vůči celkové mortalitě i při velmi nízkých hodnotách expozice. Směrná hodnota pro 24hodinové koncentrace NO_2 pak byla obdobně jako v případě suspendovaných částic odvozena s přihlédnutím ke vztahu mezi 24hodinovými a ročními hodnotami, a to ve výši 25 $\mu g.m^{-3}$.

Projekt HRAPIE (WHO 2013) dále uvádí následující hodnoty relativního rizika pro jednotlivé účinky dlouhodobé expozice NO_2. Charakteristika hodnot a použitého zdroje dat je uvedena v předchozí kapitole.

Tab. 2. Faktory koncentrace – účinek – oxid dusičitý (WHO 2013)

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o 10 $\mu g.m^{-3}$
NO_2 roční průměr (nad 20 $\mu g.m^{-3}$)	úmrtnost u dospělých	> 30 let	B	1,055 (1,031–1,080)
NO_2 roční průměr	prevalence bronchitidy u astmatických dětí	5–14	B	1,21 (0,99–1,06)
NO_2 24hod průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	A	1,018 (1,0115–1,0245)

4.1.3. Benzen

Benzen se do ovzduší dostává v emisích z automobilové dopravy jednak jako produkt spalování a jednak jako součást nespálených podílů paliva (v automobilovém benzínu se vyskytuje v množství cca 0,5–2 %, u motorové nafty je podíl nevýznamný). Ovzduší je hlavním zdrojem expozice člověka benzenem. Je však nutno počítat s výraznými individuálními rozdíly vlivem kouření, které může znamenat několikanásobné zvýšení expozice.

Ve vysokých koncentracích (které se však nevyskytují ve vnějším ovzduší) má benzen akutní účinky dráždivé a neurotoxické. V nízkých dávkách (které se mohou v ovzduší vyskytovat) pak při dlouhodobém působení utlumuje tvorbu krvinek a předpokládá se i jeho vliv na iniciaci leukémie. Z tohoto důvodu řadí US EPA i IARC benzen mezi prokázané lidské karcinogeny. Světová zdravotnická organizace uvádí pro benzen hodnotu jednotkového rakovinového rizika UCR = 6×10^{-6} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$. Jednoduchou extrapolací pak lze stanovit míru karcinogenního rizika v závislosti na koncentraci této látky ve volném ovzduší:

Pravděpodobnost výskytu leukémie	Koncentrace
10^{-5} (1 v 100 000)	1,6 $\mu g.m^{-3}$
10^{-6} (1 v 1 000 000)	0,16 $\mu g.m^{-3}$

Imisní limit je stanoven ve výši 5 $\mu g.m^{-3}$, což odpovídá hodnotě karcinogenního rizika při celoživotní expozici na úrovni 3×10^{-5}.

4.1.4. Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je jednou z nejběžnějších znečišťujících látek v ovzduší, která vzniká při spalování uhlíkatých materiálů (automobily, průmysl, teplárny, spalovny). Jedinou významnou expoziční cestou je vdechování. Míra expozice se výrazně liší u kuřáků a nekuřáků.

Pro expozici oxidu uhelnatého jsou popisovány kardiovaskulární (snížení pracovní kapacity), neurologické, fibrinolytické a perinatální zdravotní účinky. Nejrizikovější populační skupinou jsou lidé s anginou pectoris. Zvýšené riziko lze očekávat u těhotných žen a dětí, starých osob, osob s chronickou bronchitidou a emfyzémem, nemocných s chorobami srdce a hematologickými chorobami. Jako rozhodující pro účinek je koncentrace karboxyhemoglobinu v krvi, která u nekuřáků nemá přesáhnout 2,5 – 3 %.

Směrné hodnoty jsou zpracovány pro ochranu nekuřáků a jsou stanoveny pouze pro krátkodobé expozice. Maximální expozice uváděná WHO (WHO 2021) pro 15 minut je 100 $mg.m^{-3}$, pro 30 minut 60 $mg.m^{-3}$, pro 60 minut 30 $mg.m^{-3}$ a pro 8 hodin

10 mg.m^{-3}. V ČR platí imisní limit pro 8hodinové koncentrace ve výši 10 mg.m^{-3}.

4.1.5. Benzo[a]pyren

Skupina polyaromatických uhlovodíků (PAH) zahrnuje několik set sloučenin, které vznikají zejména při nedokonalém spalování organického materiálu. Hlavními účinky na zdraví lidí jsou mutagenita a karcinogenita, naopak systémově toxické účinky jsou pravděpodobně malé (testováno na zvířatech). U řady PAH s vyšším bodem varu se považují za prokázané vlivy mutagenita a karcinogenita, přičemž benzo[a]pyren je jednou ze sloučenin, u kterých byla zjištěna nejsilnější karcinogenita.

Benzo[a]pyren je podle Mezinárodní agentury WHO pro výzkum rakoviny IARC řazen do skupiny 1 jako prokázaný lidský karcinogen. Vzhledem k jeho karcinogenitě nelze stanovit žádnou bezpečnou hranici. WHO (WHO 2006) stanovuje směrnou hodnotu jednotkového karcinogenního rizika pro B[a]P ve výši 8,7 × 10^{-2} (μg.m^{-3})$^{-1}$.

[1] Skupina PAH má obecně i nekarcinogenní účinky, a to oční i kožní dráždivost, toxické poškození ledvin a jater, hematotoxicitu, imunosupresi, reprodukční toxicitu a genotoxicitu. Pro riziko nekarcinogenních účinků při inhalační expozici uvádí americká Agentura pro ochranu životního prostředí (US EPA) referenční koncentraci RfC^{24} ve výši 2 ng/m^3, odvozenou s použitím vysokého faktoru nejistoty ze studie vývojové toxicity u potkanů (US EPA 2017).

4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V podkladové rozptylové studii (Bucek, Fogašová 2023) jsou vypočteny celkové hodnoty imisní zátěže v jednotlivých variantách. Na základě vektorové vrstvy zástavby a údajů z katastru nemovitostí byl jednotlivým pásmům imisní zátěže přiřazen odpovídající počet obyvatel.

V následujícím textu je pak provedena kvantifikace očekávaných dopadů těchto změn na zdraví ovlivněné populace. V případě hodnocení vlivů expozice suspendovaným částicím a oxidu dusičitému na základě hodnot relativního rizika dle projektu HRAPIE (WHO 2013) je vyhodnocení v souladu s AN 17/15 (Havel, Kazmarová 2015) provedeno metodou výpočtu atributivní frakce, jejímž výstupem je počet osob dotčených příslušným účinkem u exponované populace. Popis výpočtu uvádí např. metodika COŽP UK pro vyhodnocení celospolečenských dopadů znečištěného ovzduší (Melichar, Máca 2016). Počet osob, dotčených daným účinkem, je pro látky s bezprahovým účinkem dán vztahem:

$$IMP = EXP \times AGF \times RGF \times BGR \times [1 + C \times (RR - 1)/10)],$$

kde

- IMP je četnost výskytu výsledného dopadu, vyjádřená v jednotkách dle podkladové tabulky RR (např. počet osob dotčených daným účinkem, počet případů bronchitidy, počet hospitalizací, počet dnů s omezenou aktivitou, dnů pracovní neschopnosti apod.)
- C je koncentrace znečišťující látky v $\mu g.m^{-3}$
- EXP je exponovaná populace (počet osob)
- AGF je podíl věkové skupiny, které se účinek týká, v rámci celé populace
- RGF je podíl případné rizikové skupiny, které se účinek týká (je-li uvažována), jako jsou např. astmatici, v rámci příslušné věkové skupiny obyvatel
- BGR je četnost výskytu výsledného dopadu v pozaďové (neexponované) populaci
- RR je relativní riziko při zvýšení koncentrace o 10 $\mu g.m^{-3}$

U prahového účinku (NO_2 – úmrtnost u dospělých) je výpočet obdobný s tím, že efekt je uvažován až od hodnoty 20 $\mu g.m^{-3}$. Dále, jak je z tabulek 1 a 2 patrné, v některých případech je vstupní hodnotou pro výpočet denní (tj. nikoli roční) průměr koncentrací. V těchto případech je v předložené studii počítáno s průměrnou roční koncentrací, která je z principu průměrem denních hodnot s tím, že tam, kde je to relevantní, je příslušná hodnota BGR sumarizována za celý rok. Stejně tak tam, kde je dle projektu HRAPIE uvažována 2týdenní hodnota přepočtená na roční průměr, je počítáno přímo s ročním průměrem. Hodnoty AGF a převážná většina hodnot BGR byly určeny na základě dat Českého statistického ústavu (ČSÚ), Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) a České správy sociálního zabezpečení (ČSSZ) pro Jihomoravský kraj, a to většinou jako průměr za roky 2017–2019. V některých případech bylo z praktických důvodů použito jiné průměrovací období (např. u kojenecké úmrtnosti byla z důvodu nízkých hodnot použita desetiletá řada, u hospitalizací byl kvůli nedostatku pozdějších dat použit průměr 2016–2018) (ČSÚ 2010-2019, ČSÚ 2010-2019, ÚZIS 2010-2019, ČSSZ). Chybějící hodnoty BGR (k bronchitidě) a hodnoty RGF byly převzaty z projektu HRAPIE (WHO 2013).

Výchozí hodnoty pro kvantifikaci jednotlivých účinků vlivu imisní zátěže jsou uvedeny v následující tabulce. Hodnoty označené * byly převzaty z projektu HRAPIE (WHO 2013), ostatní údaje jsou odvozeny z výše popsaných statistických dat pro Jihomoravský kraj.

Tab. 3. Vstupní údaje pro kvantifikaci účinků znečištění ovzduší

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	AGF (%)	RGF (%)	BGR	jednotka
$PM_{2,5}$ roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	69,4		0,0137	případy
PM_{10} roční průměr	kojenecká úmrtnost	0–1 rok	1,0		0,0023	případy
PM_{10} roční průměr	prevalence bronchitidy u dětí	6–12 let	7,5		0,1860*	případy
PM_{10} roční průměr	incidence chronické bronchitidy u dospělých	> 18 let	81,9		0,0039*	případy
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	všichni	100,0		0,0280	případy
$PM_{2,5}$ denní průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	100,0		0,0134	případy
$PM_{2,5}$ roční průměr	dny s omezenou aktivitou	všichni	100,0		19*	dny
$PM_{2,5}$ roční průměr	dny pracovní neschopnosti	zaměstnaní	50,2		14,9	dny
$PM_{2,5}$ denní průměr	příznaky astmatu u astmatických dětí	5–19 let	14,6	3,5*	62,05*	dny s příznaky
NO_2 roční průměr	úmrtnost u dospělých	> 30 let	69,4		0,0137	případy
NO_2 roční průměr	prevalence bronchitických symptomů u astmatických dětí	5–14	10,3	5,1*	0,299*	dny s příznaky
NO_2 24hod průměr	hospitalizace s respiračními chorobami	všichni	100,00		0,0134	případy

Zdroj: WHO 2013, Melichar, Máca 2016, ČSÚ 2010-2019, ČSÚ 2010-2019, ÚZIS 2010-2019, ČSSZ

*) dle projektu HRAPIE (WHO 2013)

V případě benzenu a benzo[a]pyrenu je vyhodnocení provedeno obdobně s tím rozdílem, že hodnoty AGF, RGF a BGR jsou rovny jedné (efekt se týká vždy celé dotčené populace) a výsledný dopad je kvantifikován ve formě počtu obyvatel na 1 nový případ vzniku daného účinku.

4.2.1. Suspendované částice

Výskyt zvýšených koncentrací suspendovaných částic v ovzduší je obecně spojován s výskytem respiračních chorob, rakoviny plic, kardiovaskulárních chorob a u frakce $PM_{2,5}$ také mrtvice.

Pro **chronickou expozici** uvádí WHO (WHO 2021) směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace PM_{10} ve výši 15 $\mu g.m^{-3}$ a částic $PM_{2,5}$ ve výši 5 $\mu g.m^{-3}$.

Tabulky 4 a 5 uvádějí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže a tabulky 6 a 7 uvádějí počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot suspendovaných částic frakcí PM_{10} a $PM_{2,5}$.

Koncentrace částic PM_{10} se na části zástavby ve výpočtovém území pohybují nad hranicí směrné hodnoty WHO a odpovídají třetímu a čtvrtému postupnému cíli, koncentrace částic $PM_{2,5}$ se v celé výpočtové oblasti pohybují nad hranicí směrné hodnoty WHO a odpovídají taktéž třetímu a čtvrtému postupnému cíli.

Tab. 4. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r PM_{10}

Pásmo imisní zátěže IH_r PM_{10} ($\mu g.m^{-3}$)	Podíl směrné hodnoty	Varianta 0	Varianta A	Varianta B
< 14	< 0,93	1 961	1 961	1 826
14–16	0,93–1,07	4 939	4 939	4 320
16–18	1,07–1,20	4 875	4 721	4 789
18–20	1,20–1,33	447	599	1 281
20–22	1,33–1,47	60	48	51
22–24	1,47–1,60	55	43	53
24–26	1,60–1,73	63	72	61
26–28	1,73–1,87	60	60	66
> 28	> 1,87	17	19	30
Celkem		**12 477**	**12 462**	**12 477**

Tab. 5. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r $PM_{2,5}$

Pásmo imisní zátěže IH_r $PM_{2,5}$ ($\mu g.m^{-3}$)	Podíl směrné hodnoty	Varianta 0	Varianta A	Varianta B
< 10	< 2,0	11 530	11 530	11 107
10–11	2,0–2,2	769	752	1 175
11–12	2,2–2,4	104	97	100
12–13	2,4–2,6	67	76	86
> 13	>2,6	7	7	9
Celkem		**12 477**	**12 462**	**12 477**

Tab. 6. Počty obyvatel v pásmech změny imisní zátěže IHr PM_{10}

Změna IH_r PM_{10} ($\mu g.m^{-3}$)	Varianta A	Varianta B
< 0,2	12 236	9 714
0,2–0,4	102	1 172
0,4–0,6	117	643
0,6–0,8	0	290
0,8–1,0	5	210
1,0–1,2	2	141
1,2–1,4	0	212
1,4–1,6	0	91
> 1,6	0	4

Tab. 7. Počty obyvatel v pásmech změny imisní zátěže IHr $PM_{2,5}$

Změna IH_r $PM_{2,5}$ ($\mu g.m^{-3}$)	Varianta A	Varianta B
< 0,1	12 334	10 693
0,1–0,2	121	1 090
0,2–0,3	7	259
0,3-0,4	0	340
> 0,4	0	95

V tabulkách 8 a 9 je pak uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE (WHO 2013) (viz tab. 1.), na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Při interpretaci výsledků je třeba mít na paměti, že hodnoty pro jednotlivé varianty zahrnují celkovou hodnotu daného jevu, tedy nejen navýšení samotným vlivem imisní zátěže. Příspěvek pouze vlivu zvýšené imisní zátěže ve výchozím stavu je pak vyjádřen samostatně.

Tab. 8. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži suspendovanými částicemi PM_{10} a $PM_{2,5}$ (Varianta A)

Suspendované částice PM_{10}				
Výpočetní stav		**Varianta 0**	**Varianta A**	**Rozdíl**
Kojenecká úmrtnost (do 1 roku)	Celková hodnota	0,316643	0,316666	0,000023
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,018627	0,018650	
Prevalence bronchitidy u dětí 6–12 let	Celková hodnota	194,319286	194,345682	0,026396
	Z toho příspěvek imisní zátěže	21,591786	21,618182	
Incidence chron. bronchitidy u dospělých (> 18 let)	Celková hodnota	46,935503	46,944372	0,026396
	Z toho příspěvek imisní zátěže	7,254473	7,263342	
Suspendované částice $PM_{2,5}$				
Výpočetní stav		**Varianta 0**	**Varianta A**	**Rozdíl**
Úmrtnost u dospělých > 30 let (počet osob)	Celková hodnota	122,3635	122,3677	0,0042
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6,5258	6,5300	
Hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	Celková hodnota	329,5126	329,5143	0,0017
	Z toho příspěvek imisní zátěže	2,7023	2,7040	
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	161,3365	161,3383	0,0018
	Z toho příspěvek imisní zátěže	2,7380	2,7398	
Dny s omezenou aktivitou	Celková hodnota	155 743,96	155 748,17	4,21
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6 584,38	6 588,59	
Dny pracovní neschopnosti	Celková hodnota	87 061,05	87 063,28	2,23
	Z toho příspěvek imisní zátěže	3 492,91	3 495,14	
Příznaky astmatu u astmatických dětí	Celková hodnota	4049,4012	4049,4655	0,0643
	Z toho příspěvek imisní zátěže	100,4677	100,5320	

Tab. 9. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži suspendovanými částicemi PM_{10} a $PM_{2,5}$ (Varianta B)

Suspendované částice PM_{10}				
Výpočetní stav		**Varianta 0**	**Varianta B**	**Rozdíl**
Kojenecká úmrtnost (do 1 roku)	Celková hodnota	0,316643	0,316879	0,000236
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,018627	0,018863	
Prevalence bronchitidy u dětí 6–12 let	Celková hodnota	194,319286	194,591805	0,272519
	Z toho příspěvek imisní zátěže	21,591786	21,864305	
Incidence chron. bronchitidy u dospělých (> 18 let)	Celková hodnota	46,935503	47,027065	0,091562
	Z toho příspěvek imisní zátěže	7,254473	7,346035	
Suspendované částice $PM_{2,5}$				
Výpočetní stav		**Varianta 0**	**Varianta B**	**Rozdíl**
Úmrtnost u dospělých > 30 let (počet osob)	Celková hodnota	122,3635	122,4038	0,0403
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6,5258	6,5661	
Hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	Celková hodnota	329,5126	329,5292	0,0166
	Z toho příspěvek imisní zátěže	2,7023	2,7189	
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	161,3365	161,3534	0,0169
	Z toho příspěvek imisní zátěže	2,7380	2,7549	
Dny s omezenou aktivitou	Celková hodnota	155 743,96	155 784,53	40,57
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6 584,38	6 624,95	
Dny pracovní neschopnosti	Celková hodnota	87 061,05	87 082,57	21,52
	Z toho příspěvek imisní zátěže	3 492,91	3 514,43	
Příznaky astmatu u astmatických dětí	Celková hodnota	4049,4012	4050,0203	0,6191
	Z toho příspěvek imisní zátěže	100,4677	101,0868	

Jak vyplývá z uvedených tabulek, vlivem hodnoceného záměru je možné očekávat v případě expozice suspendovaným částicím frakce PM_{10} i $PM_{2,5}$ mírný nárůst zdravotního rizika (vyjádřeno jako kojenecká úmrtnost se jedná o zvýšení počtu případů v řádu stotisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě B, vyjádřeno jako úmrtnost u dospělých v řádu tisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu setin nového případu na celou dotčenou populaci ve variantě B. Celkově se tedy jedná o změny v míře rizika pouze statistické, a to několik řádů pod hranicí nového případu.

I další hodnocené ukazatele jsou pod statistickou hranicí jednoho nového případu, s výjimkou dnů s omezenou aktivitou a dnů s pracovní neschopností, kde byl vypočten nárůst v řádu jednotek dnů ve variantě A a v řádu desítek dnů ve variantě B. Jedná se však o stanovení účinků na základě vztahů zařazených projektem HRAPIE do skupiny B, tzn. o vztahy s vyšší nejistotou výpočtu.

Nejvyšší nárůst imisní zátěže suspendovanými částicemi PM_{10} vlivem hodnoceného záměru byl v prostoru obytné zástavby vypočten do 1.0 $\mu g.m^{-3}$ (varianta A) a do 1.6 $\mu g.m^{-3}$ (varianta B). Počet obyvatel ovlivněných tímto nárůstem lze odhadnout na desítky až stovky. Uvedeným nárůstům odpovídá zvýšení míry kojenecké úmrtnosti v řádu stotisícin nového případu na sto obyvatel.

Nejvyšší nárůst imisní zátěže suspendovanými částicemi $PM_{2,5}$ vlivem hodnoceného záměru byl v prostoru obytné zástavby vypočten do 0,28 $\mu g.m^{-3}$ (varianta A) a do 0,45 $\mu g.m^{-3}$ (varianta B). Počet obyvatel ovlivněných tímto nárůstem lze odhadnout na jednotky až desítky. Uvedeným nárůstům odpovídá zvýšení míry úmrtnosti u dospělých v řádu tisícin nového případu na sto obyvatel.

Hodnocený záměr tedy i v nejvíce dotčené obytné zástavbě způsobí změny zdravotního rizika nevýznamné ve smyslu ohrožení zdraví, které budou převáženy jinými faktory, jako jsou životní styl (například kouření), nebo expozicí dalším zdrojům znečišťování.

4.2.2. Oxid dusičitý

Z **chronických účinků** NO_2 jsou nejčastěji popisovány strukturální plicní změny a zvýšení vnímavosti vůči bakteriím a virovým infekcím.

Pro **chronickou expozici** uvádí WHO (WHO 2021) směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ve výši 10 $\mu g.m^{-3}$.

Tabulky 10 a 11 uvádějí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže průměrnými ročními koncentracemi oxidu dusičitého a počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem hodnoceného záměru. Koncentrace imisní zátěže oxidem dusičitým se v celé výpočtové oblasti pohybují nad hranicí směrné hodnoty WHO a odpovídají druhému a třetímu postupnému cíli.

Tab. 10. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r NO_2

Pásmo imisní zátěže IH_r NO_2 ($\mu g.m^{-3}$)	Podíl směrné hodnoty	Varianta 0	Varianta A	Varianta B
< 14	< 1,4	11 618	11 618	11 489
14–16	1,4–1,6	600	600	722
16–18	1,6–1,8	93	76	76
18–20	1,8–2,0	120	120	124
20–22	2,0–2,2	46	48	59
> 22	> 2,2	0	0	7
Celkem		**12 477**	**12 462**	**12 477**

Tab. 11. Počty obyvatel v pásmech změny imisní zátěže IHr NO_2

Změna IH_r NO_2 ($\mu g.m^{-3}$)	Varianta 0	Varianta B
< 0,1	12 321	6 757
0,1–0,2	134	4 003
0,2–0,3	2	1 065
0,3–0,4	0	477
0,4–0,5	5	119
0,5–0,6	0	25
0,6–0,7	0	24
> 0,7	0	7

V tabulkách 12 a 13 je pak uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE (WHO 2013) (viz tab. 2.), na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. Při interpretaci výsledků je třeba mít na paměti, že hodnoty pro jednotlivé varianty zahrnují celkovou hodnotu daného jevu, tedy nejen navýšení samotným vlivem imisní zátěže. Příspěvek pouze vlivu zvýšené imisní zátěže ve variantě 0 je pak vyjádřen samostatně.

Tab. 12. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži oxidem dusičitým (Varianta A)

Oxid dusičitý				
Výpočetní stav		Varianta 0	Varianta A	Rozdíl
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	162,3530	162,3575	0,0045
	Z toho příspěvek imisní zátěže	3,7546	3,7591	
Úmrtnost u dospělých > 30 let	Celková hodnota	115,8399	115,8401	0,0002
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,0021	0,0023	
Prevalence bronchitidy u dětí 5-14	Celková hodnota	25,1051	25,1116	0,0065
	Z toho příspěvek imisní zátěže	5,4332	5,4397	

Tab. 13. Vyhodnocení změn míry zdravotního rizika v obytné zástavbě vlivem změn v imisní zátěži oxidem dusičitým (Varianta B)

Oxid dusičitý				
Výpočetní stav		Varianta 0	Varianta B	Rozdíl
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	162,3530	162,3889	0,0359
	Z toho příspěvek imisní zátěže	3,7546	3,7905	
Úmrtnost u dospělých > 30 let	Celková hodnota	115,8399	115,8412	0,0013
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0,0021	0,0034	
Prevalence bronchitidy u dětí 5-14	Celková hodnota	25,1051	25,1570	0,0519
	Z toho příspěvek imisní zátěže	5,4332	5,4851	

Jak je zřejmé z uvedených tabulek, u míry zdravotního rizika dojde vlivem záměru k celkovému velmi mírnému nárůstu zdravotního rizika. V případě úmrtnosti u dospělých byla vypočtena změna v míře rizika v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu tisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě B. V případě hospitalizace s respiračními chorobami a prevalence bronchitidy u dětí byla vypočtena změna taktéž nejvýše v řádu tisícin až setin nového případu na celou dotčenou populaci.

Nejvyšší hodnoty nárůstu imisní zátěže oxidem dusičitým v obytné zástavbě dosahují do 0,40 $\mu g.m^{-3}$ (varianta A), přičemž v části zástavby s celkovými hodnotami nad 20 $\mu g.m^{-3}$ byl vypočten do 0,13 $\mu g.m^{-3}$. V případě varianty B byl nejvyšší nárůst vypočten do 0,73 $\mu g.m^{-3}$, a to i v části zástavby s celkovými hodnotami nad 20 $\mu g.m^{-3}$. Počet obyvatel ovlivněných tímto nárůstem lze odhadnout na jednotky až desítky. Uvedeným nárůstům odpovídá zvýšení míry úmrtnosti v řádu desetitisícin až tisícin nového případu na sto obyvatel.

Hodnocený záměr tedy i v nárůstem nejvíce dotčené obytné zástavbě způsobí změny zdravotního rizika nevýznamné ve smyslu ohrožení zdraví, které budou převáženy jinými faktory nebo expozicí dalším zdrojům znečišťování.

Pro vyhodnocení **akutní expozice** NO_2 je možné za bezpečnou mez, pod níž nedochází ke vzniku zdravotního rizika, použít směrnou hodnotu stanovenou WHO pro hodinové koncentrace ve výši 200 $\mu g.m^{-3}$.

Jak vyplývá z výsledků rozptylové studie, není třeba očekávat v celém zájmovém území koncentrace nad hranicí směrné hodnoty v žádné z hodnocených variant.

4.2.3. Benzen

Benzen je prokázaný humánní karcinogen. V rámci tohoto vyhodnocení byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO ve výši 6×10^{-6} $(\mu g.m^{-3})^{-1}$. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu 1 $\mu g.m^{-3}$ zvyšuje (při celoživotní expozici – po dobu 70 let) riziko incidence leukémie o 6 případů na 1 milion osob. Neexistuje tedy bezpečná mez. Evropská a česká legislativa tyto skutečnosti respektuje s tím, že pro účely ochrany zdraví obyvatel musela být přijata určitá dlouhodobá (roční) limitní hodnota, která by vlastně vyjádřila ještě přijatelnou (referenční) mez karcinogenního rizika. Dle dostupných podkladů a v souladu s informacemi Státního zdravotního ústavu je doporučeno uvažovat nejvyšší přijatelné hodnoty v řádu 10^{-6}.

Jak ukazují výsledky modelových výpočtů, lze v zástavbě v hodnoceném území očekávat ve variantě 0 hodnoty v rozmezí 0,40–0,90 $\mu g.m^{-3}$. Tomuto rozpětí odpovídá

míra karcinogenního rizika 2,4–5,4 × 10^{-6}. Jedná se tedy o hodnoty na hranici přijatelné míry rizika.

Tabulky 14 a 15 uvádějí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže průměrnými ročními koncentracemi benzenu a počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem hodnoceného záměru.

Tab. 14. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r benzen

Pásmo imisní zátěže IH_r benzen (µg.m^{-3})	Míra karcinogenního rizika (×10^{-6})	Varianta 0	Varianta A	Varianta B
< 0,50	< 3,0	5 260	4 468	3 737
0,50–0,55	3,0–3,3	6 931	7 596	8 423
0,55–0,60	3,3–3,6	99	207	127
0,60–0,65	3,6–3,9	59	39	36
0,65–0,70	3,9–4,2	63	54	61
0,70–0,75	4,2–4,5	36	59	59
0,75–0,80	4,5–4,8	12	16	13
0,80–0,85	4,8–5,1	17	23	13
> 0,85	> 5,1	0	0	8
Celkem		**12 477**	**12 462**	**12 477**

Tab. 15. Počty obyvatel v pásmech změny imisní zátěže IH_r benzen

Změna IH_r benzen (µg.m^{-3})	Varianta A	Varianta B
< 0,010	11 988	10 380
0,010–0,020	267	1 938
0,020–0,030	56	131
0,030–0,040	107	28
0,040–0,050	8	0
0,050–0,060	6	0
0,060–0,070	13	0
0,070–0,080	10	0
0,080–0,090	3	0
> 0,090	4	0

Vlivem hodnoceného záměru dojde v prostoru obytné zástavby k nárůstu nejvýše o 0,090 ng.m^{-3} (varianta A) a o 0,038 ng.m^{-3} (varianta B). Vyšší z uvedených hodnot odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické expozice benzenu nejvýše 5,4 × 10^{-7} (1 případ na více než 1,8 milionu obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel (v řádu desítek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou zcela nevýznamné.

Následující tabulka pak uvádí přehled o počtu případů výskytu leukémie ve výpočtové oblasti.

Tab. 16. Vyhodnocení míry nárůstu zdravotního rizika v zájmovém území (benzen)

Výpočetní stav	Počet případů výskytu leukémie		
	Varianta 0	Varianta A/B	Změna
Varianta A	0,037897	0,038169	0,000272
Varianta B		0,038358	0,000461

Jak vyplývá z uvedené tabulky, vlivem hodnoceného záměru dojde k nárůstu míry karcinogenního rizika, a to nejvýše v řádu desetitisícin nového případu na celou dotčenou populaci. Změny v míře zdravotního rizika jsou tedy zanedbatelné, několik řádů pod hranicí nového případu.

4.2.4. Oxid uhelnatý

Pro oxid uhelnatý stanovuje WHO (WHO 2021) několik směrných hodnot pro krátkodobé koncentrace. Z nich lze uvést zejména hodnotu pro 8hodinové koncentrace, která je stanovena ve stejné výši jako platný imisní limit, tj. 10 000 $\mu g.m^{-3}$, a dále hodnotu pro hodinové koncentrace. Ta je stanovena ve výši 35 000 $\mu g.m^{-3}$.

Jak vyplývá z výsledků rozptylové studie, není třeba očekávat v celém zájmovém území koncentrace nad hranicí směrné hodnoty, což platí i pro stavy při umístění dopravního terminálu. V žádném z hodnocených variant tak není třeba očekávat výskyt zvýšeného rizika z akutní expozice CO.

4.2.5. Benzo[a]pyren

Pro vyhodnocení rizika z expozice B[a]P byla použita hodnota jednotkového rizika stanovená WHO pro celoživotní expozici ve výši $8,7 \times 10^{-5}$ $(ng.m^{-3})^{-1}$. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzo[a]pyrenu v 1 $ng.m^{-3}$ zvyšuje (při celoživotní expozici – po dobu 70 let) riziko výskytu rakoviny o 8,7 případů na 100 tisíc osob. Nejvyšší přijatelné riziko je opět uvažováno v řádu 10^{-6}.

Jak ukazují výsledky modelových výpočtů, lze v zástavbě v hodnoceném území očekávat v jednotlivých variantách hodnoty v rozmezí 0,40–0,90 $ng.m^{-3}$. Tomuto rozpětí odpovídá míra karcinogenního rizika $34,8–78,3 \times 10^{-6}$. To již odpovídá hodnotám nad hranicí přijatelného rizika. Úroveň přijatelného rizika v řádu 10^{-6} by byla dosažena již při koncentraci na úrovni 0,1 $ng.m^{-3}$ nebo nižší, což je hodnota překročená na všech měřicích stanicích v ČR.

Tabulky 17 a 18 uvádějí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže průměrnými ročními koncentracemi benzo[a]pyrenu a počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem hodnoceného záměru.

Tab. 17. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r B[a]P

Pásmo imisní zátěže IH_r benzo[a]pyren (ng.m^{-3})	Míra karcinogenního rizika (×10^{-6})	Varianta 0	Varianta A	Varianta B
< 0,45	< 39,15	5 046	5 046	5 022
0,45–0,50	39,15–43,50	5 474	5 476	5 344
0,50–0,55	43,50–47,85	1 347	1 343	1 422
0,55–0,60	47,85–52,20	395	397	460
0,60–0,65	52,20–56,55	57	48	47
0,65–0,70	56,55–60,90	65	61	67
0,70–0,75	60,90–65,25	44	42	49
0,75–0,80	65,25–69,60	28	28	41
0,80–0,85	69,60–73,95	14	14	16
> 0,85	> 73,95	7	7	9
Celkem		**12 477**	**12 462**	**12 477**

Tab. 18. Počty obyvatel v pásmech změny imisní zátěže IH_r B[a]P

Změna B[a]P (ng.m^{-3})	Varianta A	Varianta B
< 0,005	12 414	10 132
0,005–0,010	41	1 578
0,010–0,015	7	531
0,015–0,020	0	154
0,020–0,025	0	43
0,025–0,030	0	32
> 0,030	0	7

Vlivem hodnoceného záměru dojde v prostoru obytné zástavby k nárůstu nejvýše o 0,013 ng.m^{-3} (varianta A) a o 0,035 ng.m^{-3} (varianta B). Vyšší z uvedených hodnot odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické expozice benzo[a]pyrenu nejvýše $3{,}045 \times 10^{-6}$ (1 případ na téměř 330 tisíc obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel (v řádu desítek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou nevýznamné.

Následující tabulka pak uvádí přehled o počtu případů výskytu rakoviny ve výpočtové oblasti.

Tab. 19. Vyhodnocení míry nárůstu zdravotního rizika v zájmovém území (benzo[a]pyren)

Výpočetní stav	Počet případů výskytu leukémie		
	Varianta 0	Varianta A/B	Změna
Varianta A	0,494323	0,494931	0,000608
Varianta B		0,498934	0,004611

Jak vyplývá z uvedené tabulky, vlivem hodnoceného záměru dojde k nárůstu míry karcinogenního rizika, a to nejvýše v řádu desetitisícin nového případu na celou dotčenou populaci ve variantě A a v řádu tisícin nového případu na celou dotčenou populaci ve variantě B. Změny v míře zdravotního rizika jsou tedy zanedbatelné, několik řádů pod hranicí nového případu.

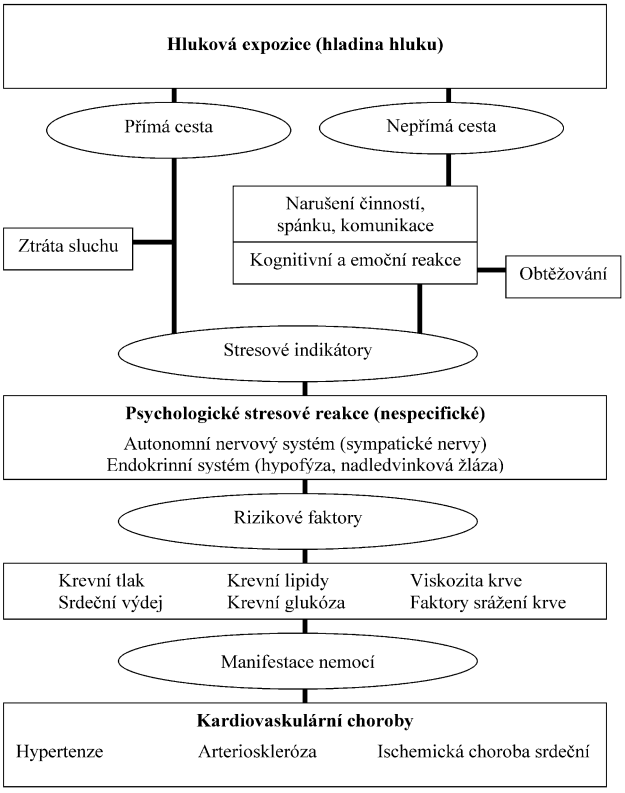
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL

5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek

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. Účinky hluku na lidské zdraví je možné s určitým zjednodušením rozdělit na účinky specifické, projevující se poruchami činnosti sluchového aparátu a na účinky nespecifické (mimosluchové), kdy dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu.

Při běžné expozici hluku z dopravy se projevují zejména systémové (nespecifické) účinky, u nichž dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, často se na nich podílí stresová reakce a ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí. Chronický stres způsobený hlukem může přispět ke spuštění nebo urychlení průběhu u chorob s multifaktoriálními příčinami. Zjednodušené příčinné schéma působení hluku na zdraví dle (WHO 2009) v řetězci „hluková expozice – fyziologická (stresová) reakce organismu – biologická odezva a vznik onemocnění“ ukazuje obrázek 2.

Obr. 2. Schéma účinků hluku



(zdroj: Babisch 2002 in WHO, 2009)

Za dostatečně prokázané závažné účinky hluku jsou podle aktuální směrnice WHO (WHO 2018) považovány obtěžování, rušení spánku, kardiovaskulární onemocnění, zhoršení kognitivních funkcí a poškození sluchového aparátu. V následujícím přehledu je uvedena stručná charakteristika těchto účinků dle SZÚ:

- **Obtěžování hlukem** je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Jako obtěžování je označován psychický stav vznikající při mimovolném vnímání vlivů, ke kterým má jedinec zamítavý postoj a na které reaguje pocity odporu, podrážděností a v některých případech až psychosomatickými poruchami; pro zjednodušení se jako obtěžování označují i ostatní negativní emoce v souvislosti s hlukem (zlost, nespokojenost, úzkost, rozrušenost). Obtěžování je významně ovlivněno individuálními vlastnostmi příjemce; z hlediska jednotlivce je tak považováno za faktor s bezprahovým působením, což znamená, že citlivou osobu mohou obtěžovat i nejtišší zvuky.
- **Nepříznivé ovlivnění spánku** vlivem hluku se prokazatelně projevuje změnami fyziologických reakcí (změny tepové frekvence, známky probuzení na EEG, změny v trvání stádií spánku, zvýšená pohyblivost ve spánku, obtížné usínání, probouzení, zkrácení spánkového času), dostatečné důkazy existují rovněž pro subjektivně vnímanou poruchu spánku, environmentální nespavost a zvýšené užívání léků na spaní. Zdravotní následky rušení spánku nočním hlukem zahrnují změny v hladinách stresových hormonů, kardiovaskulární onemocnění, psychické poruchy, obezitu, zkrácení očekávané délky života, zvýšený výskyt pracovních úrazů a psychologicko-sociální důsledky (ospalost a únava, rozmrzelost, snížená výkonnost, zhoršení poznávacích schopností, narušení sociálních kontaktů).
- **Ovlivnění kardiovaskulárního systému** působením hluku bylo prokázáno v řadě epidemiologických studií. Uznávaným mechanizmem je zde stresová reakce organismu, kdy zvukový signál je podvědomě hodnocen jako alarmující a dochází ke stresové reakci spojené s aktivací autonomního nervového systému a s uvolněním stresových hormonů, což vede k přechodnému zvýšení krevního tlaku, tepu a vasokonstrikci. Po dlouhodobé expozici se pak u citlivých jedinců mohou vyvinout trvalé účinky, jako je hypertenze a ischemická choroba srdeční. Dalšími možnými mechanismy působení hluku na kardiovaskulární systém jsou úbytek hořčíku (který je následkem opakovaných nervových vzruchů vyplavován z organismu) nebo dlouhodobý nedostatek spánku a jeho důsledky. Podle aktuálních dat WHO se za prokázané považuje zvýšení rizika ischemické choroby srdeční vlivem hluku ze silniční dopravy, naopak v případě dříve popisovaného rizika hypertenze je nyní kvalita důkazů považována za nízkou, v případě mrtvice jsou výsledky rozporuplné.
- **Zhoršení kognitivních schopností** vlivem hluku zahrnuje poruchy porozumění řeči, porucha pozornosti a snížení kapacity pracovní paměti. Důsledkem je zhoršení výkonnosti, zhoršení výsledků při plnění úkolů, chyby při práci, popřípadě vznik nehod a úrazů. Hluk také může závažným způsobem narušit komunikaci řečí, popřípadě překrývat jiné informačně důležité signály. Zhoršení komunikace řečí má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu

pracovní výkonnosti a pocitům nespokojenosti. Při terénních výzkumech byl potvrzen vztah mezi hlukem z letecké dopravy a zhoršením schopnosti čtení, porozumění řeči a výkonnosti v testech u školních dětí, v případě hluku ze silniční a železniční dopravy jsou výsledky nekonzistentní a kvalita důkazů je nedostatečná.

- **Poškození sluchového aparátu** v zásadě zahrnuje dva mechanismy. Extrémně vysoké hladiny akustického tlaku mohou vyvolat akustické trauma, jehož podstatou je poranění bubínku, sluchových kůstek nebo blanitého labyrintu a následkem je pak trvalé poškození sluchu. Při dlouhodobém až celoživotním působení hluku na sluchový aparát dochází k poškození sluchu, jehož podstatou jsou zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Tyto poruchy se zpočátku projevují dočasným zvýšením sluchového prahu, při dalším působení hluku dochází po určité latenci k trvalému poškození sluchu. Poškození sluchu je dostatečně prokázáno u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku a trvání let expozice, existuje však i u hluku v mimopracovním prostředí, např. v souvislosti s hlukem z volnočasových aktivit. Ztráta sluchu je pak obvykle výsledek kombinované expozice hluku z různých zdrojů, tj. z pracovního a životního prostředí a z volnočasových aktivit.

Za účinky s nižší kvalitou důkazů (či s nejistou existencí vztahu k hlukové expozici) jsou považovány: zvýšení rizika vzniku diabetu, obezity, vlivy na těhotenství a vývoj plodu a na mentální zdraví (WHO 2018).

Působení hluku je považováno za bezprahové (tj. nelze stanovit bezpečnou mez, pod níž se již účinek nevyskytuje), v praxi se však pracuje s určitými mezními hodnotami, nad nimiž je závislost účinku na hlukové expozici považována za významnou. WHO (WHO 2018) uvádí následující doporučené expoziční hodnoty pro hluk ze silniční dopravy:

- průměrná hodnota, vyjádřená hlukovým ukazatelem den-večer-noc (L_{dvn}) – 53 dB
- noční hluk (L_n) – 45 dB

doporučené expoziční hodnoty pro hluk ze železniční dopravy:

- průměrná hodnota, vyjádřená hlukovým ukazatelem den-večer-noc (L_{dvn}) – 54 dB
- noční hluk (L_n) – 44 dB

Pro kvantitativní vyhodnocení vlivů hluku ze silniční dopravy v řešeném území byly použity postupy, stanovené autorizačním návodem SZÚ (SZÚ 2020) a vycházející z Annex III směrnice komise (EU) 2020/367. Hodnocení je provedeno pro následující účinky hluku:

- vysoké obtěžování – hluk ze silniční a železniční dopravy
- vysoké rušení spánku – hluk ze silniční a železniční dopravy
- ischemickou chorobu srdeční (ICHS) – hluk ze silniční dopravy

Pro vysoké obtěžování a vysoké rušení spánku je stanoveno tzv. absolutní riziko, které je vyjádřeno jako podíl osob s daným účinkem v rámci celkového počtu exponovaných obyvatel v daném výpočtovém bodě či pásmu hlukové zátěže. Výpočtové rovnice jsou následující:

$AR_{HA,\ silnice} = (78{,}927 - 3{,}1162 \times L_{dvn} + 0{,}0342 \times L_{dvn}^2) / 100$

$AR_{HSD,\ silnice} = (19{,}4321 - 0{,}9336 \times L_n + 0{,}0126 \times L_n^2) / 100$

$AR_{HA,\ železnice} = (38{,}1596 - 2{,}05538 \times L_{dvn} + 0{,}0285 \times L_{dvn}^2) / 100$

$AR_{HSD,\ železnice} = (67{,}5406 - 3{,}1852 \times L_n + 0{,}0391 \times L_n^2) / 100$

kde:

$AR_{HA,\ silnice}$ = absolutní riziko pro vysoké obtěžování hlukem ze silniční dopravy

$AR_{HSD,\ silnice}$ = absolutní riziko pro vysoké rušení spánku hlukem ze silniční dopravy

$AR_{HA,\ železnice}$ = absolutní riziko pro vysoké obtěžování hlukem z železniční dopravy

$AR_{HSD,\ železnice}$ = absolutní riziko pro vysoké obtěžování hlukem z železniční dopravy

L_{dvn} = hlukový ukazatel den-večer-noc

L_n = hluk v noční době

Riziko vzniku ischemické choroby srdeční (ICHS) ve vztahu k hluku se kvantitativně vyjadřuje jako relativní riziko vztahující riziko v populaci exponované hluku k riziku v populaci hluku neexponované. Pro kvantifikaci je pak použit postup, založený na určení tzv. populační atributivní frakce, která se může skládat z exponovaných i neexponovaných osob, popřípadě mohou být exponované osoby vystaveny rizikovému faktoru v různé míře. Jednotlivým segmentům populace (vyjádřeným jako podíl z celkového počtu obyvatel řešeného území) je přiřazena expozice hluku ze silniční dopravy (L_{dvn}). Následně je pro každý segment určeno relativní riziko vzniku ICHS podle rovnic:

$RR_{ICHS,\ silnice} = 1{,}007733 Ldvn-53$ ... pro $L_{dvn} > 53$ dB

$RR_{ICHS,\ silnice} = 1$ ... pro $L_{dvn} \leq 53$ dB

kde:

$RR_{ICHS,\ silnice}$ = relativní riziko vzniku ICHS v populaci exponované hluku o dané L_{dvn}

Současně je pro každý segment populace určen podíl obyvatel v rámci řešeného území. Absolutní roční počet případů ICHS, odhadovaný jako následek hluku ze silniční dopravy v řešeném území je pak určen podle vzorce:

$N = \Sigma_j(p_j \times (RR_j - 1)) / (\Sigma_j (p_j \times (RR_j - 1)) + 1) \times I \times P$

kde:

p_j = podíl populace v daném segmentu

RR_j = relativní riziko vzniku ICHS v rámci daného segmentu populace

I = incidence ICHS v neovlivněné populaci, uvažována je hodnota 9,275 na 1000 osob a rok dle autorizačního návodu (SZÚ 2020)

P = počet obyvatel v řešeném území

5.2. Vyhodnocení expozice

Zpracovatel podkladové hlukové studie (Ládyš a kol. 2023) poskytl vektorové vrstvy zástavby s uvedením hlukové zátěže pro jednotlivé kategorie zdrojů hluku (silniční, železniční, tramvajová) a pro jednotlivé hlukové deskriptory (L_d, L_n). Následující tabulky uvádějí sumaci počtů obyvatel po jednotlivých pásmech hlukové zátěže.

Tab. 20. Hluková zátěž ze silniční dopravy – počet obyvatel dle pásem

Pásmo hodnot [dB]	Varianta 0		Varianta A		Varianta B	
	L_d	L_n	L_d	L_n	L_d	L_n
40–45	0	1 258	0	1 258	0	1 209
45–50	145	4 130	145	4 183	42	3 750
50–55	2 806	4 791	2 806	4 854	2 847	5 099
55–60	5 862	2 005	5 879	1 900	5 773	2 126
60–65	3 034	296	3 010	270	3 171	296
65–70	597	16	589	16	611	16
70–75	52	0	52	0	52	0

Tab. 21. Hluková zátěž z železniční dopravy – počet obyvatel dle pásem

Pásmo hodnot [dB]	Varianta 0		Varianta A		Varianta B	
	L_d	L_n	L_d	L_n	L_d	L_n
< 40	66	675	72	724	72	751
40–45	481	3 748	536	4 650	629	4 948
45–50	3 335	5 954	3 839	5 301	4 289	5 087
50–55	6 041	1 659	5 785	1 368	5 710	1 349
55–60	1 986	340	1 671	325	1 365	246
60–65	467	120	463	113	311	115
65–70	120	0	115	0	120	0
70–75	0	0	72	724	0	0

Tab. 22. Hluková zátěž z tramvajové dopravy – počet obyvatel dle pásem

Pásmo hodnot [dB]	Varianta 0		Varianta A		Varianta B	
	L_d	L_n	L_d	L_n	L_d	L_n
< 40	9 692	10 567	9 580	10 552	7 677	10 567
40–45	797	1 040	784	1 040	1 886	1 040
45–50	314	876	413	876	1 341	876
50–55	1 430	13	1 438	13	1 329	13
55–60	263	0	266	0	263	0
60–65	0	0	0	0	0	0
65–70	0	0	0	0	0	0
70–75	0	0	0	0	0	0

5.3. Charakterizace rizika

Na základě předaných výsledků hlukové studie po jednotlivých obytných objektech byly kvantifikovány: podíl obyvatel v pásmech hodnot nad hranicí doporučených expozičních hodnot, míra obtěžování hlukem, rušení spánku a výskytu ISCHS. Hodnocení bylo provedeno samostatně pro hluk ze silniční dopravy a dále pro hluk z železniční a tramvajové dopravy. V případě těchto dvou kategorií byl proveden energetický součet.

Výpočet je sice zatížen poměrně významnou nejistotou, neboť nezohledňuje různou neprůzvučnost obvodového pláště budov, výskyt osob v místě bydliště a odlišnou vnímavost jedinců vůči hluku, přesto jej lze považovat za dostačující k vyhodnocení vlivu záměru.

Tab. 23. Podíl obyvatel nad úrovní doporučených expozičních hodnot ze silniční dopravy dle směrnic WHO (%)

	Varianta 0	Varianta A/B	Rozdíl
Varianta A			
Průměrný hluk den-večer-noc	97,8	97,8	0,0
Noční hluk	89,9	89,9	0,0
Varianta B			
Průměrný hluk den-večer-noc	97,8	97,8	0,0
Noční hluk	89,9	90,3	+0,4

Tab. 24. Celkové hodnoty míry silného obtěžování, silného rušení při spánku a výskyt ICHS ze silniční dopravy

	Varianta 0	Varianta A/B	Rozdíl
Varianta A			
Silné obtěžování	2 012	2 005	-7
Silné rušení spánku	598	596	-2
Výskyt ICHS	6,5085	6,4737	-0,0348
Varianta B			
Silné obtěžování	2012	2037	+25
Silné rušení spánku	598	607	+9
Výskyt ICHS	6,5085	6,6736	+0,1651

Tab. 25. Podíl obyvatel nad úrovní doporučených expozičních hodnot z železniční dopravy dle směrnic WHO (%)

	Varianta 0*	Varianta A/B*	Rozdíl
Varianta A			
Průměrný hluk den-večer-noc	72,6	68,9	-3,7
Noční hluk	82,7	79,2	-3,5
Varianta B			
Průměrný hluk den-večer-noc	72,6	66,0	-6,6
Noční hluk	82,7	78,4	-4,3

*) vstupní hodnotou akustické expozice je energetický součet hluku z železniční a tramvajové dopravy

Tab. 26. Celkové hodnoty míry silného obtěžování, silného rušení při spánku a výskyt ICHS z železniční a tramvajové dopravy

	Varianta 0	Varianta A/B	Rozdíl
Varianta A			
Silné obtěžování	1 580	1 516	-64
Silné rušení spánku	604	568	-36
Varianta B			
Silné obtěžování	1 580	1 464	-116
Silné rušení spánku	604	538	-66

Jak vyplývá z provedeného hodnocení podíl obyvatel v okolní zástavbě v pásmech nad směrnou hodnotou dle WHO (pro průměrný hluk den-večer-noc i pro noční hluk ze silniční dopravy) se pohybuje ve variantě 0 v rozmezí 89,9 až 97,8 %. Vlivem záměru ve variantě A nedojde u průměrného hluku den-večer-noc ani u nočního hluku ke změně, stejně jako v případě varianty B u průměrného hluku den-večer-noc. V případě záměru ve variantě B byl vypočten nárůst podílu osob v pásmech nad směrnou hodnotou WHO pro noční hluk o 0,4 procentních bodů.

Počet silně obtěžovaných obyvatel ze silniční dopravy v okolní stávající zástavbě se ve variantě 0 pohybuje okolo 2000, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 7 případů, ve variantě B naopak k nárůstu o 25 případů. Počet obyvatel silně rušených při spánku byl vypočten ve variantě 0 okolo 600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 2 případy, ve variantě B naopak k nárůstu o 9 případů.

Nárůst výskytu ICHS vlivem hlukové zátěže byl vypočten ve variantě 0 na úrovni cca 6,5 případů. Vlivem záměru ve variantě A byl vypočten pokles výskytu ICHS (na úrovni o jeden nový případ za cca 29 let) a ve variantě B naopak k nárůstu výskytu ICHS (na úrovni o jeden nový případ za cca 6,1 roku).

Podíl obyvatel v okolní zástavbě v pásmech nad směrnou hodnotou dle WHO (pro průměrný hluk den-večer-noc i pro noční hluk z železniční a tramvajové dopravy) se pohybuje ve variantě 0 v rozmezí 72,6–82,7 %. Vlivem záměru ve variantě A dojde u průměrného hluku den-večer-noc a u nočního hluku k poklesu o 3,5–3,7 procentních bodů, ve variantě B byl vypočten pokles o 4,3–6,6 procentních bodů.

Počet silně obtěžovaných obyvatel z železniční a tramvajové dopravy v okolní stávající zástavbě se ve variantě 0 pohybuje okolo 1600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 64 případů, ve variantě B naopak k poklesu o 116 případů. Počet obyvatel silně rušených při spánku byl vypočten ve variantě 0 okolo 600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 36 případů, ve variantě B k poklesu o 66 případů.

6. NEJISTOTY V HODNOCENÍ

Při interpretaci výsledků hodnocení vlivů na obyvatelstvo je nutno zohlednit nejistoty, kterými je vzhledem k současnému stavu poznání hodnocení zatíženo. Jedná se o nejistoty v následujících oblastech:

- stanovení intenzit automobilové dopravy pro výhledový stav
- vliv celospolečensky významných událostí na celkové vzorce přepravy osob a materiálu v rámci města (pandemická či politická situace)
- vliv uplatnění nových koncepčních řešení, legislativních úprav, politických rozhodnutí či dopravně-organizačních opatření k regulaci dopravy, jejichž dopady nejsou v současné době známy nebo je zatím nelze kvantifikovat
- skladba vozového parku, zejména ve vztahu k využívání alternativních paliv a z toho související nejistota ve výpočtu množství a skladby emisí
- stanovení úrovní koncentrací a hladin akustického tlaku pomocí modelování
- expoziční scénář pro obyvatelstvo žijící v okolí, pohyb obyvatel mimo bydliště a jejich výskyt ve vnějším prostředí
- rozdílná vzduchová neprůzvučnost obvodového pláště budov
- ovlivnění individuálního rizika profesionální expozicí, životním stylem, u hluku též rozdílným stupněm vnímavosti a citlivosti exponovaných osob
- dostupné informace o vztahu mezi koncentrací či hlukovou expozicí a jejími zdravotními účinky

Přes uvedené nejistoty lze údaje o zdravotních rizicích považovat za dostatečně spolehlivé ve vztahu k celkovým závěrům o vlivu hodnoceného záměru na celkovou míru zdravotního rizika.

Z Á V Ě R

Cílem předložené studie bylo posoudit vliv variant realizace terminálu Brno–Vídeňská z hlediska vlivů na zdraví obyvatel žijících v dotčené lokalitě. V souladu s podkladovými studiemi bylo vyhodnocení provedeno pro výhledové období roku 2035, a to pro dvě varianty umístění dopravního terminálu (varianta A, varianta B).

Znečištění ovzduší

V rámci hodnocení vlivů imisní zátěže na zdraví obyvatel byly sledovány imisní hodnoty pro oxid dusičitý, benzen, suspendované částice frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$, oxid uhelnatý a benzo[a]pyren. Z výše uvedených znečišťujících látek je nutno očekávat ve výpočtové oblasti zvýšené riziko z chronické expozice částicím PM_{10}, $PM_{2,5}$, oxidu dusičitému a benzo[a]pyrenu. Obdobná situace je však typická pro většinu sídel na území ČR. V případě krátkodobých koncentrací NO_2 a CO není třeba v žádné části zástavby očekávat hodnoty nad hranicí směrné hodnoty WHO, u benzenu lze ve variantě 0 očekávat imisní zátěž na hranici přijatelné míry rizika.

V případě suspendovaných částic byl vlivem záměru vypočten nárůst míry kojenecké úmrtnosti v řádu stotisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě B. Nárůst míry úmrtnosti u dospělých byl vypočten v řádu tisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu setin nového případu na celou dotčenou populaci ve variantě B. V případě dlouhodobých koncentrací oxidu dusičitého byl vypočten nárůst úmrtnosti vlivem hodnoceného záměru v řádu desetitisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě A a v řádu tisícin nového případu v celé dotčené populaci ve variantě B. V případě krátkodobých koncentrací oxidu dusičitého a oxidu uhelnatého pak nebyly v žádné části zájmového území zaznamenány hodnoty nad hranicí směrné hodnoty WHO. V případě průměrných ročních koncentrací benzenu a benzo[a]pyrenu nebyly vlivem změny zaznamenány ani v nejvíce dotčené části zástavby hodnoty významné ve smyslu ohrožení zdraví, statistický nárůst zdravotního rizika je několik řádů pod hranicí nového případu leukémie nebo rakoviny.

Hluková zátěž

Počet silně obtěžovaných obyvatel ze silniční dopravy v okolní stávající zástavbě se ve variantě 0 pohybuje okolo 2000, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 7 případů, ve variantě B naopak k nárůstu o 25 případů. Počet

obyvatel silně rušených při spánku byl vypočten ve variantě 0 okolo 600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 2 případy, ve variantě B naopak k nárůstu o 9 případů.

Nárůst výskytu ICHS vlivem hlukové zátěže byl vypočten ve variantě 0 na úrovni cca 6,5 případů. Vlivem záměru ve variantě A byl vypočten pokles výskytu ICHS (na úrovni o jeden nový případ za cca 29 let) a ve variantě B naopak k nárůstu výskytu ICHS (na úrovni o jeden nový případ za cca 6,1 roku).

Počet silně obtěžovaných obyvatel z železniční a tramvajové dopravy v okolní stávající zástavbě se ve variantě 0 pohybuje okolo 1600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 64 případů, ve variantě B naopak k poklesu o 116 případů. Počet obyvatel silně rušených při spánku byl vypočten ve variantě 0 okolo 600, přičemž vlivem záměru ve variantě A dojde k poklesu o 36 případů, ve variantě B k poklesu o 66 případů..

Porovnání variant

Z hlediska vlivů na lidské zdraví (a to jak vlivem expozice chemickým látkám v ovzduší, tak i vlivem expozice hluku) lze doporučit řešení hodnoceného záměru dle varianty A. Ve variantě B již nelze vyloučit nadměrný nárůst míry zdravotního rizika z expozice hlukové zátěži ze silniční dopravy.

Realizaci záměru ve variantě B lze tak považovat za akceptovatelnou pouze za předpokladu uplatnění rozsáhlejších protihlukových opatření. Z pohledu legislativy je u těchto opatření minimálním požadavkem dosažení hlukových limitů (jak je uvedeno v Hlukové studii); výslednou hlukovou zátěž za předpokladu realizace opatření by však bylo nutno opětovně prověřit též z hlediska zdravotního rizika (vč. obtěžování a rušení obyvatel) a případně jej optimalizovat v součinnosti s orgánem ochrany veřejného zdraví.

POUŽITÉ PODKLADY A LITERATURA

- Babisch W.: Road traffic noise and cardiovascular risk. Noise Health 2008; 10:27-33.
- Bucek, J., Fogašová, D.: Územní studie umístění dopravního terminálu VRT Brno – Vídeňská. Rozptylová studie. BUCEK s.r.o., 2023.
- ČSSZ: Nemocenská statistika.
- ČSÚ: Veřejná databáze – Počet obyvatel, Pohlaví a věk (jednoletky), 2010–2019.
- ČSÚ: Zemřelí podle seznamu příčin smrti, pohlaví a věku v ČR, krajích a okresech (2010–2019).
- European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise, 2004.
- European Commission: Position paper on dose–response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publicationso ft the European Communities, Luxembourg, 2002.
- European Environment Agency: Good practice guide on noise exposures and potential health effects. Copenhagen. 2010.
- Havel B., Kazmarová H.: Autorizační návod AN 17/15: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší, SZÚ, 2015.
- Ládyš, L. a kol.: Územní studie umístění dopravního terminálu VRT Brno – Vídeňská. Akustické posouzení – Podklad pro území studii. EKOLA group, spol. s r.o., 2023.
- Melichar, J., Máca, V. a kol.: Výpočetní metodika pro vyhodnocení celospolečenských dopadů znečištěného ovzduší modelem integrovaného hodnocení. Projekt TA02021165 Integrované hodnocení rizik a dopadů na materiály, ekosystémy a zdravotní stav populace v důsledku expozice atmosférickým znečišťujícím látkám. TA ČR, COŽP UK, Praha 2016.
- Miedema, H. M. E.: Noise & Health: How Does Noise Affect Us?, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Enginering, The Hague, 2001.
- Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol: Manuál prevence v lékařské praxi VIII., Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ, Praha, 2000.
- SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020.
- SZÚ: Zdravotní účinky hluku. http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku
- US EPA: Integrated Risk Information System (IRIS). http://www.epa.gov/IRIS/ (US EPA – IRIS).
- US EPA: Integrated Risk Information System, Toxicological Review of Benzo(a)pyrene, 2017.
- ÚZIS: Hospitalizovaní v nemocnicích ČR (2016–2018).

- Vandasová, Z., Fialová, A.: Vztahy mezi hlukovými ukazateli Ldvn a Ldn. https://szu.cz/wp-content/uploads/2023/01/Hluk_Ldvn.pdf
- WHO: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, WHO, 2005.
- WHO: Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Kodań, 2018. http://www.euro.who.int/en/publications/ abstracts/environmental-noise-guidelines-forthe-european-region-2018
- WHO: 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, Copenhagen, Denmark, 2013.
- WHO: Night noise Guidelines for Europe 2009, (http://www.euro.who.int/pubrequest).
- WHO: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva, WHO, 2021.
- WHO-IARC: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109, Outdoor air pollution, 2015.