



**VYHODNOCENÍ VLIVŮ
NA UDRŽITELNÝ ROZVOJ ÚZEMÍ
PRO SOUBOR ZMĚN ÚP SÚ HL. M. PRAHY
VLNY 00 ZKRÁCENĚ – Z 3810/00**

VYHODNOCENÍ VLIVŮ NA VEŘEJNÉ ZDRAVÍ

ÚNOR 2022

**Vyhodnocení vlivů
na udržitelný rozvoj území
pro soubor změn ÚP SÚ hl. m. Prahy
vlny 00 zkráceně – Z 3810/00**

Vyhodnocení vlivů na veřejné zdraví

ZADAL:

EKOLA group, spol. s r.o.
Mistrovská 4
108 00 Praha 10

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

Únor 2022

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 ZÁMĚRU	6
4. VLIVY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ZDRAVÍ OBYVATEL	7
4.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek.....	7
4.1.1. Suspendované částice.....	7
4.1.2. Oxid dusičitý	10
4.1.3. Benzen.....	11
4.1.4. Oxid uhelnatý	12
4.1.5. Benzo[a]pyren.....	12
4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika.....	13
4.2.1. Suspendované částice.....	15
4.2.2. Oxid dusičitý	18
4.2.3. Benzen.....	20
4.2.4. Oxid uhelnatý	21
4.2.5. Benzo[a]pyren.....	21
4.3. Nejistoty v hodnocení.....	22
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL.....	24
5.1. Identifikace nebezpečnosti a vztahů dávka – účinek.....	24
5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika.....	28
5.3. Nejistoty v hodnocení.....	30
Z Á V Ě R	31
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	32

Ú V O D

Předložená studie se zabývá posouzením vlivů znečištění ovzduší a hlukové zátěže na veřejné zdraví v prostoru změny platného ÚP SÚ hl. m. Prahy č. Z 3810/00.

V souladu s podkladovou rozptylovou studií (ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o. [14]) jsou v předkládané studii hodnoceny následující stavy:

- Výchozí stav – dle platného ÚP
- Stav se změnou Z 3810/00

Při posuzování možných vlivů na zdraví dotčené populace je nutno brát v úvahu obecně všechny faktory, které mohou mít dopad na lidské zdraví. Posuzovaný záměr nebude významným zdrojem elektromagnetického záření. V souvislosti s jeho realizací se nepředpokládá kontaminace zdrojů vod chemickými látkami ani patogenními organismy či jejich toxiny. Hlavními faktory, které mohou být realizací záměru významněji ovlivněny, budou tedy **hluk a znečištění ovzduší**.

V předkládaném hodnocení jsou uvažovány pouze 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 SZÚ k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší AN 17/15 [2], k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku [12] a odborné literatury [9]. 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 (látky 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 záměru
- 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 realizací záměru, na zdraví obyvatel vychází ze zpracované rozptylové [25] a hlukové studie [26]. Tyto studie jsou tedy základním a jediným podkladem pro hodnocení expozice obyvatel.

V rozptylové studii a následně i v předkládaném hodnocení jsou posuzovány změny koncentrací oxidu dusičitého, benzenu, suspendovaných částic frakcí PM₁₀ a PM_{2,5}, oxidu uhelnatého a benzo[a]pyrenu. Výběr látek tak respektuje doporučení autorizačního návodu SZÚ [9] pro hodnocení vlivů dopravy, přičemž proti tomuto doporučení rozsah sledovaných polutantů dále rozšiřuje o CO. Výběr látek tak odpovídá charakteru záměru.

Podkladová rozptylová studie hodnotí znečištění ovzduší pomocí modelových výpočtů pro období naplnění ÚP SÚ hl. m. Prahy. 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.

Pro kvantifikaci účinků byla na základě údajů z katastru zpracována vrstva okolní obytné zástavby obsahující údaj o počtu obyvatel po jednotlivých obytných objektech na území pokrytém modelovými výpočty.

Vyhodnocení hlukové situace je pak provedeno pro jednotlivé výpočtové body reprezentující ovlivněnou obytnou zástavbu. Samostatně jsou uvedeny hodnoty pro denní a noční dobu.

V případě kvantifikace účinků hlukové zátěže byly uvažováni obyvatelé bydlící v části zástavby přilehlé k hodnoceným komunikacím reprezentované výpočtovými body. Nejedná se tedy o plošné vyhodnocení obyvatel v celé výpočtové oblasti.

3. CHARAKTERISTIKA OBYTNÉ ZÁSTAVBY V OKOLÍ ZÁMĚRU

Pro účely předkládaného hodnocení byla zpracována vektorová vrstva zástavby s přiřazeným počtem bytů na objekt a zadavatelem byla poskytnuta vrstva s počtem obyvatel po ZSJ. Pomocí nástrojů GIS bylo provedeno přiřazení počtu obyvatel na jednotlivé objekty. Hodnocení je provedeno pro území, které odpovídá výřezu v grafických výstupech podkladové rozptylové studie [14]. Počet obyvatel v takto vymezeném výřezu činí 9 369.

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 plyných látek) je tvořena převážně jemnými částicemi do 2,5 μm [3].

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 [4], které do značné míry nahrazují dosavadní směrnice, vydané v roce 2005 [3]. Expozice suspendovaným částicím podle WHO [4] zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ – 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 $\text{PM}_{2,5}$ – 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} [4]. V roce 2015 byly suspendované částice vyhodnoceny Mezinárodní agenturou WHO pro výzkum rakoviny IARC [6] jako prokázané lidské karcinogeny.

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

V posledních několika dekádách došlo v rozvinutých zemích k 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 $10 \mu g \cdot m^{-3}$, 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 $4,2 - 4,9 \mu g \cdot m^{-3}$, v případě PM_{10} pak $15,1 \mu g \cdot m^{-3}$. 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 [4] následující směrné hodnoty pro suspendované částice:

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

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

Imisní limity jsou v ČR stanoveny pro suspendované částice PM_{10} ve výši $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro průměrné roční koncentrace a $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pro 24-hodinové 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 $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

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) [5]. 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 koncentrací 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, popsany 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 [5]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
$PM_{2,5}$ 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	všichni	A	1,019

	chorobami			(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 (NO₂) 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 NO₂, v malé míře je emitován přímo NO₂.

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 NO₂ postupně navíc hypertrofují. To vede ke snížení odolnosti plicní tkáně vůči infekcím.

Expozice oxidu dusičitému podle WHO [4] zvyšuje riziko mortality na následující diagnózy:

- dlouhodobé koncentrace NO₂ – 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 NO₂ – s vysokou jistotou u celkové mortality bez rozlišení příčin (vyjma úrazů) a rovněž u hospitalizací z důvodu astmatu.

V metaanalýze provedené WHO [4] byl nalezen vztah mezi dlouhodobou expozicí NO₂ 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 µg.m⁻³. Na základě výsledků této analýzy pak byla stanovena směrná hodnota ve výši 10 µg.m⁻³.

Doposud platná směrná hodnota 40 µg.m⁻³ dle [2] 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 µg.m⁻³. Imisní limit platný v ČR je stanoven ve výši 40 µg.m⁻³.

Co se týče krátkodobých expozic NO_2 , pro hodinové koncentrace WHO uvádí, že pro hodinové koncentrace zůstává v platnosti doporučení dle předchozí směrnice [2], která uvádí směrnou koncentraci ve výši $200 \mu\text{g.m}^{-3}$. Pod touto úrovní nebyly prokázány žádné účinky krátkodobých expozic NO_2 , většina studií pak poukazuje na vznik zdravotního efektu až při hodnotách nad $500 \mu\text{g.m}^{-3}$. Naopak při vyšších koncentracích lze účinky považovat za prokázané. Česká legislativa stanovuje imisní limit pro hodinové koncentrace NO_2 na úrovni $200 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Aktuální směrnice [4] 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 k vztahu mezi 24hodinovými a ročními hodnotami, a to ve výši $25 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Projekt HRAPIE [5] 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 [5]

Imisní veličina	Zdravotní účinek	Segment populace	Skupina	RR při zvýšení koncentrace o $10 \mu\text{g.m}^{-3}$
NO_2 roční průměr (nad $20 \mu\text{g.m}^{-3}$)	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 $UCR = 6 \times 10^{-6} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$. 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)	$1,6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$
10^{-6} (1 v 1 000 000)	$0,16 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

Imisní limit je stanoven ve výši $5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 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, infarkt myokardu), 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 karboxy-hemoglobinu v krvi, která u nekuřáků nemá přesáhnout 2,5 – 3 %.

Směrné hodnoty jsou vypracovány pro ochranu nekuřáků a jsou stanoveny pouze pro krátkodobé expozice. Maximální expozice uváděná WHO [4] pro 15 minut je $100 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, pro 60 minut $35 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$, pro 8 hodin $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ a pro 24 hodin (99. percentil) $4 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. V České republice platí imisní limit pro 8hodinové koncentrace ve výši $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

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 IARC řazen do skupiny 1 jako prokázaný lidský karcinogen. Vzhledem k jeho karcinogenitě nelze stanovit žádnou bezpečnou hranici. WHO [4] stanovuje směrnou hodnotu jednotkového karcinogenního rizika pro benzo[a]pyren ve výši $8,7 \times 10^{-2} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$.

Skupina PAU má obecně i nekarcinogenní účinky, a to oční i kožní dráždivost, toxické poškození ledvin a jater, hematotoxicita, imunosuprese, reprodukční toxicita a genotoxicita. Pro riziko nekarcinogenních účinků při inhalační expozici uvádí US EPA referenční koncentraci RfC^{24} ve výši 2 ng/m^3 , odvozenou s použitím vysokého faktoru nejistoty ze studie vývojové toxicity u potkanů [7].

4.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V podkladové rozptylové studii [25] jsou vypočteny celkové hodnoty imisní zátěže v jednotlivých výpočetních stavech. 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 [5] je vyhodnocení v souladu s AN 17/15 [2] 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 [8]. Počet osob, dotčených daným účinkem, je pro látky s bezprahovým účinkem dán vztahem:

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

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 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$
- 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 pozadové (neexponované) populaci
- RR je relativní riziko při zvýšení koncentrace o $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

U prahového účinku (NO_2 – úmrtnost u dospělých) je výpočet obdobný s tím, že efekt je uvažován až od hodnoty $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. 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 zde počítáno přímo s ročním průměrem. Hodnoty AGF a převážná většina hodnot BGR byly určeny na základě dat ČSÚ, ÚZIS a ČSSZ pro hl. m. Prahu, 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) [21, 22, 23, 24]. Chybějící hodnoty BGR (k bronchitidě) a hodnoty RGF byly převzaty z projektu HRAPIE [5].

Výchozí hodnoty pro kvantifikaci jednotlivých účinků vlivu imisní zátěže jsou uvedeny v následující tabulce. Hodnoty označené * byly převzaty z projektu HRAPIE [5], ostatní údaje jsou odvozeny z výše popsaných statistických dat pro hl. m. Prahu.

Tab. 3. Vstupní údaje pro kvantifikaci účinků znečištění ovzduší [5, 8, 21-24]

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

*) dle projektu HRAPIE [5]

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 [4] směrnou hodnotu průměrné roční koncentrace PM_{10} ve výši $15 \mu g \cdot m^{-3}$ a částic $PM_{2,5}$ ve výši $5 \mu g \cdot m^{-3}$.

Dle vyhodnocení se koncentrace suspendovaných částic PM_{10} v oblasti zástavby ve výpočtové oblasti pohybují v rozmezí cca $18,0 - 22,0 \mu g \cdot m^{-3}$, v případě částic $PM_{2,5}$ pak v rozmezí $13,8 - 15,0 \mu g \cdot m^{-3}$. Jedná se o hodnoty nad hranicí směrné hodnoty WHO, a to pro obě hodnocené frakce suspendovaných částic. Je to situace typická pro řadu míst v ČR. Uvedené hodnoty koncentrací PM_{10} odpovídají třetímu a čtvrtému přechodnému cíli a hodnoty koncentrací $PM_{2,5}$ odpovídají třetímu přechodnému cíli.

Tabulky 4 až 7 uvádějí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ v obou hodnocených stavech. Tabulka 8 pak uvádí počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem záměru.

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

Pásma imisní zátěže $IH_r PM_{10} (\mu g \cdot m^{-3})$	Podíl směrné hodnoty	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00
< 19	< 1,27	3 207	2 891
19 – 20	1,27 – 1,33	5 492	5 689
20 – 21	1,33 – 1,40	618	731
> 21	1,40	52	58
Celkem		9 369	9 369

Tab. 5. Počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot $IH_r PM_{10}$

Změna imisní zátěže $IH_r PM_{10} (\mu g \cdot m^{-3})$	Počet obyvatel
< 0,1	8 051
0,1 – 0,2	946
0,2 – 0,4	197
> 0,4	175
Celkem	9 369

Tab. 6. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže $I_{Hr} PM_{2,5}$

Pásma imisní zátěže $I_{Hr} PM_{2,5}$ ($\mu g \cdot m^{-3}$)	Podíl směrné hodnoty	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00
< 14,0	< 2,80	2 506	2 367
14,0 – 14,2	2,80 – 2,84	4 138	3 797
14,2 – 14,4	2,84 – 2,88	2 171	2 618
14,4 – 14,6	2,88 – 2,92	475	492
> 14,6	> 2,92	79	95
Celkem		9 369	9 369

Tab. 7. Počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot $I_{Hr} PM_{2,5}$

Změna imisní zátěže $I_{Hr} PM_{2,5}$ ($\mu g \cdot m^{-3}$)	Počet obyvatel
< 0,05	8 743
0,05 – 0,10	451
> 0,10	175
Celkem	9 369

V následující tabulce je uvedena kvantifikace výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE [5] (viz tab. 1.) na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2. pro všechny hodnocené stavy.

Tab. 8. Vyhodnocení míry zdravotního rizika v zájmovém území

Suspendované částice PM ₁₀				
Výpočetní stav		Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
Kojenecká úmrtnost (do 1 roku)	Celková hodnota	0.211435	0.211472	0,000037
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0.015105	0.015142	
Prevalence bronchitidy u dětí 6-12 let	Celková hodnota	147.168485	147.216512	0,048027
	Z toho příspěvek imisní zátěže	19.625997	19.674024	
Incidence chron. bronchitidy u dospělých (> 18 let)	Celková hodnota	36.751746	36.768268	0,016522
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6.751465	6.767987	
Suspendované částice PM _{2,5}				
Výpočetní stav		Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
Úmrtnost u dospělých > 30 let (počet osob)	Celková hodnota	86.2906	86.2976	0,0070
	Z toho příspěvek imisní zátěže	6.9453	6.9523	
Hospitalizace s kardiovaskulárními chorobami	Celková hodnota	358.9594	358.9640	0,0046
	Z toho příspěvek imisní zátěže	4.5533	4.5579	
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	121.4191	121.4223	0,0032
	Z toho příspěvek imisní zátěže	3.1719	3.1751	
Dny s omezenou aktivitou	Celková hodnota	140 440.36	140 449.39	9,03
	Z toho příspěvek imisní zátěže	8 942.50	8 951.53	
Dny pracovní neschopnosti	Celková hodnota	46 192.87	46 195.72	2,85
	Z toho příspěvek imisní zátěže	2 816.99	2 819.84	
Příznaky astmatu u astmatických dětí	Celková hodnota	2 895.4846	2 895.5958	0,1112
	Z toho příspěvek imisní zátěže	110.1085	110.2197	

Jak vyplývá z uvedené tabulky, vlivem záměru je možné očekávat v případě expozice suspendovaným částicím frakce PM₁₀ i PM_{2,5} celkový mírný nárůst zdravotního rizika (vyjádřeno jako kojenecká úmrtnost se jedná o zvýšení počtu případů v řádu stotisícin v hodnocené populaci a vyjádřeno jako úmrtnost u dospělých v řádu tisícín nového případu na celou dotčenou populaci). Celkově se tedy jedná o změny v míře rizika pouze statistické, a to výrazně 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 pracovní neschopnosti, kdy byly zaznamenány změny v řádu jednotlivých případů. Jedná se však o stanovení účinků na základě vztahů zařazených projektem HRAPIE do skupiny B, tzn. o vztahy s vyšší nejistotou výpočtu.

Nejvyšším hodnotám nárůstu imisní zátěže částic PM₁₀ v obytné zástavbě (do

0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), který se týká řádově desítek až nižších stovek obyvatel, odpovídá zvýšení míry kojenecké úmrtnosti v řádu miliontin nového případu na sto obyvatel. Nejvyšším hodnotám nárůstu imisní zátěže částic $\text{PM}_{2,5}$ v obytné zástavbě (do 0,15 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), který se týká řádově opět desítek až nižších stovek obyvatel, odpovídá zvýšení míry úmrtnosti dospělých v řádu desetitisícin nového případu na sto obyvatel.

Záměr tedy i v nejvíce dotčené obytné zástavbě způsobí změny zdravotního rizika nevýznamné ve smyslu ohrožení zdraví a budou převáženy jinými faktory, jako jsou životní styl (například kouření) nebo expozice 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.

Dle provedeného vyhodnocení se koncentrace oxidu dusičitého v oblasti zástavby ve výpočtové oblasti pohybují v rozmezí cca 18 – 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Jedná se o koncentrace nad směrnou hodnotou dle WHO. Vypočtené hodnoty odpovídají třetímu přechodnému cíli.

Tabulka 9 uvádí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže oxidem dusičitým v obou hodnocených stavech. Tabulka 10 pak uvádí počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem záměru.

Tab. 9. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IHR NO_2

Pásmo imisní zátěže IHR NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Podíl směrné hodnoty	Výchozí stav Dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00
< 19,0	< 1,90	856	612
19,0 – 19,5	1,90 – 1,95	5 612	5 537
19,5 – 20,0	1,95 – 2,00	2 335	2 441
> 20,0	> 2,00	566	779
Celkem		9 369	9 369

Tab. 10. Počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot I_{Hr} NO_2

Změna imisní zátěže I_{Hr} NO_2 ($\mu g \cdot m^{-3}$)	Počet obyvatel
< 0,05	4 102
0,05 – 0,10	3 707
0,10 – 0,15	1 188
> 0,15	372
Celkem	9 369

V následující tabulce je provedeno vyhodnocení změn v četnosti výskytu zdravotních účinků, definovaných projektem HRAPIE [5] (viz tab. 2.) na základě výpočetního postupu uvedeného v úvodu kap. 4.2.

Tab. 11. Vyhodnocení změn zdravotního rizika v oblastech s nárůstem imisní zátěže oxidu dusičitého

Oxid dusičitý				
Výpočetní stav		Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
Hospitalizace s respiračními chorobami	Celková hodnota	122.3741	122.3829	0,0088
	Z toho příspěvek imisní zátěže	4.1269	4.1357	
Úmrtnost u dospělých > 30 let	Celková hodnota	79.3518	79.3543	0,0025
	Z toho příspěvek imisní zátěže	0.0066	0.0091	
Prevalence bronchitidy u dětí 5-14	Celková hodnota	20.1787	20.1912	0,0125
	Z toho příspěvek imisní zátěže	5.8388	5.8513	

Jak je zřejmé z uvedené tabulky, u míry zdravotního rizika dojde vlivem příspěvku záměru v hodnoceném území k nárůstu úmrtnosti u dospělých v řádu tisícín nového případu v celé dotčené populaci. V případě hospitalizace s respiračními chorobami a prevalence bronchitidy u dětí byl vypočten nárůst míry rizika nejvýše v řádu setin nového případu v celé dotčené populaci, jedná se tedy o hodnoty pouze statistické, které se v praxi reálně neprojeví.

Nejvyšší nárůst imisní zátěže v dotčené populaci byl vypočten na úrovni do $0,20 \mu g \cdot m^{-3}$ a týká se řádově stovek obyvatel.

Pro tuto hodnotu imisního nárůstu dojde v oblastech s výchozími hodnotami nad $20 \mu g \cdot m^{-3}$ k nárůstu úmrtnosti u dospělých v řádu tisícín na 500 obyvatel, v případě hospitalizace s respiračními chorobami a prevalence bronchitidy u dětí bylo vypočteno zvýšení taktéž v řádu tisícín nového případu na 500 obyvatel. Ani

v lokalitách s nejvyšším nárůstem imisní zátěže není třeba očekávat jakkoliv znatelný nárůst rizika.

Pro vyhodnocení **akutní expozice** NO₂ je možné za bezpečnou mez, pod níž nedochází ke vzniku zdravotního rizika, použít směrnou hodnotu stanovenou WHO pro hodinové koncentrace ve výši 200 µg.m⁻³. Jak vyplývá z výsledků modelových výpočtů, není třeba v žádné části výpočtové oblasti očekávat koncentrace nad hranici směrné hodnoty WHO. Nejvyšší hodnoty byly vypočteny na úrovni do 90 µg.m⁻³. Ani s příspěvkem záměru tedy není třeba v žádné části výpočtové oblasti očekávat výskyt zvýšeného rizika z akutní expozice NO₂.

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} (µg.m⁻³)⁻¹. Tato hodnota znamená, že koncentrace benzenu 1 µg.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.

Dle provedeného vyhodnocení se koncentrace benzenu v oblasti zástavby ve výpočtové oblasti pohybují v rozmezí 0,70 – 0,95 µg.m⁻³. Těmto hodnotám odpovídá míra karcinogenního rizika 4,2 – 5,7 × 10⁻⁶. Jedná se tedy o hodnoty na hranici přijatelné míry rizika.

Tabulka 12 uvádí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže průměrnými ročními koncentracemi benzenu v obou hodnocených stavech. Tabulka 13 pak uvádí počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem záměru.

Tab. 12. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r benzenu

Pásma imisní zátěže IH _r benzen (µg.m ⁻³)	Míra karcinogenního rizika (× 10 ⁻⁶)	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00
< 0,75	< 4,5	1 877	1 683
0,75 – 0,80	4,5 – 4,8	3 444	3 301
0,80 – 0,85	4,8 – 5,1	3 764	3 653
0,85 – 0,90	5,1 – 5,4	284	720
> 0,90	> 5,4	0	12
Celkem		9 369	9 369

Tab. 13. Počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot IH_r benzenu

Změna imisní zátěže IH_r benzen ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Počet obyvatel
< 0,005	5 375
0,005 – 0,010	2 463
0,010 – 0,020	1 355
> 0,020	176
Celkem	9 369

Vlivem provozu záměru byl vypočten nejvyšší nárůst imisní zátěže v prostoru obytné zástavby na úrovni do $0,025 \mu\text{g.m}^{-3}$. Této hodnotě odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické expozice benzenu nejvýše $1,5 \times 10^{-7}$ (1 případ na více než 6,6 milionu obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel (v řádu nižších stovek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou nevýznamné.

4.2.4. Oxid uhelnatý

Pro oxid uhelnatý stanovuje WHO [3] 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. $10\,000 \mu\text{g.m}^{-3}$, a dále hodnotu pro hodinové koncentrace. Ta je stanovena ve výši $35\,000 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Jak vyplývá z výsledků rozptylové studie, není třeba očekávat v celém zájmovém území koncentrace nad hranicí směrné hodnoty ani ve stavu se záměrem. V žádném z hodnocených stavů 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 $8,7 \times 10^{-5} (\text{ng.m}^{-3})^{-1}$. 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} .

Dle provedeného vyhodnocení se koncentrace benzo[a]pyrenu v oblasti zástavby ve výpočtové oblasti pohybují v rozmezí $0,65 - 0,85 \mu\text{g.m}^{-3}$. To již odpovídá hodnotám nad hranicí přijatelného rizika. Úroveň přijatelného rizika v řádu 10^{-6} by

byla dosažena již při koncentraci na úrovni $0,1 \text{ ng.m}^{-3}$ nebo nižší, což je hodnota překročená na všech měřicích stanicích v ČR.

Tabulka 14 uvádí počty obyvatel v jednotlivých pásmech imisní zátěže průměrnými ročními koncentracemi benzo[a]pyrenu v obou hodnocených stavech. Tabulka 15 pak uvádí počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot vlivem záměru.

Tab. 14. Počty obyvatel v pásmech imisní zátěže IH_r B[a]P

Pásma imisní zátěže IH_r B[a]P (ng.m^{-3})	Míra karcinogenního rizika ($\times 10^{-6}$)	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00
< 0,72	< 62,6	1 378	1 206
0,72 – 0,74	62,6 – 64,4	4 950	4 726
0,74 – 0,76	64,4 – 66,1	2 916	3 191
0,76 – 0,78	66,1 – 67,9	125	244
> 0,78	> 67,9	0	2
Celkem		9 369	9 369

Tab. 15. Počty obyvatel v pásmech rozdílových hodnot IH_r benzo[a]pyrenu

Změna imisní zátěže IH_r B[a]P (ng.m^{-3})	Počet obyvatel
< 0,002	6 895
0,002 – 0,004	1 978
0,004 – 0,006	334
> 0,006	162
Celkem	9 369

Vlivem provozu záměru byl vypočten nejvyšší nárůst imisní zátěže v prostoru obytné zástavby na úrovni do $0,007 \text{ ng.m}^{-3}$. Této hodnotě odpovídá nárůst rizika výskytu zdravotních účinků z chronické expozice benzo[a]pyrenu nejvýše $6,09 \times 10^{-7}$ (1 případ na více než 1,6 milionu obyvatel). Vzhledem k počtu nejvyšším nárůstem zasažených obyvatel (nejvýše v řádu stovek) lze konstatovat, že vypočtené změny zdravotních rizik ve smyslu ohrožení zdraví jsou nevýznamné.

4.3. 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:

- prognóza dopravní zátěže do období naplnění ÚP SÚ hl. m. Prahy
- stanovení koncentrací pomocí emisně-imisního modelování
- expoziční scénář pro obyvatelstvo žijící v okolí, pohyb obyvatel mimo bydliště a jejich výskyt ve vnějším prostředí
- ovlivnění individuálního rizika profesionální expozicí, životním stylem (zejména kouřením) a migrací
- dostupné informace o vztahu mezi úrovní koncentrací znečišťujících látek a jejich zdravotními účinky. Zejména v případě účinků, zařazených v rámci projektu HRAPIE do skupiny B, je nutno brát v úvahu skutečnost, že s kvantifikací rizika je spojena vyšší míra nejistoty. Obdobně je tomu i v případě stanovení jednotkového rizika u karcinogenních polutantů (benzen, benzo[a]pyren).
- stanovení referenčních koncentrací a směrných hodnot pro znečišťující látky.

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

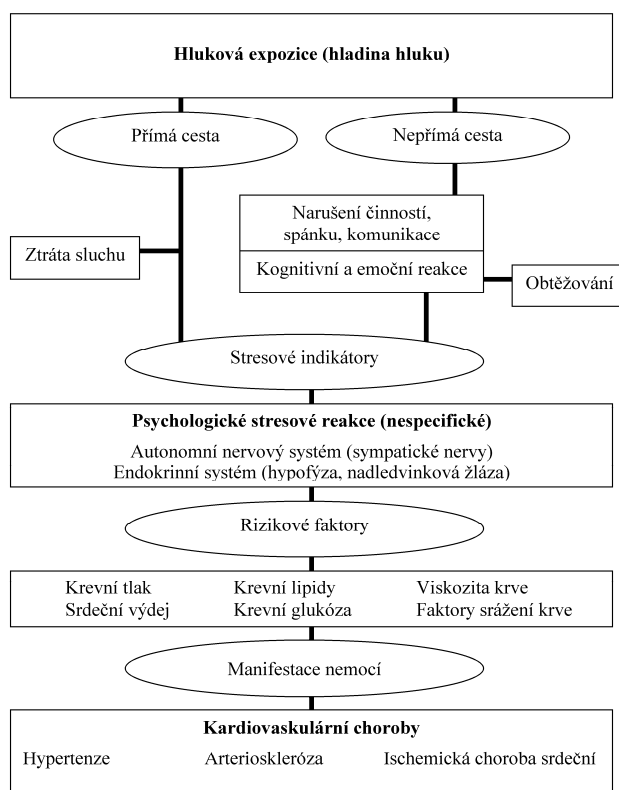
5. VLIVY HLUKU NA ZDRAVÍ OBYVATEL

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 [11] v řetězci hluková expozice – fyziologická (stresová) reakce organismu – biologická odezva a vznik onemocnění ukazuje obrázek 1.

Obr. 1. Schéma účinků hluku



(zdroj: Babisch 2002 in [11])

Za dostatečně prokázané závažné účinky hluku jsou podle aktuální směrnice WHO [18] považovány obtěžování, rušení spánku, kardiovaskulární onemocnění, zhoršení kognitivních funkcí a poškození sluchového aparátu. V následujícím přehledu je uvedena stručná charakteristika těchto účinků dle SZÚ [19]:

- **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 z 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 nejtíšší 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 mechanismem 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 bylo prokázáno u hluku ze silniční dopravy, naopak v případě dříve popisovaného rizika hypertenze jsou 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 výsledkem 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 [18].

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 [18] 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

Pro kvantitativní vyhodnocení vlivů hluku ze silniční dopravy v řešeném území byly použity postupy, stanovené autorizačním návodem SZÚ [12] a vycházející z Annex III Směrnice komise (EU) 2020/367. Hodnocení je provedeno pro následující účinky hluku:

- vysoké obtěžování
- vysoké rušení spánku
- ischemickou chorobu srdeční (ICHS)

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:

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

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

kde:

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

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

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

L_n = hluk v noční době

Kvantifikace je provedena v souladu s metodickými postupy pro $L_{dvn} > 45$ dB a $L_n > 40$ dB. Ve vlastním kvantitativním vyhodnocení je pak pro přehlednost uveden přepočten na celou dotčenou populaci.

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:

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

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

kde:

$RR_{ICHS, \text{silnice}}$ = 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:

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

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 [12]

P = počet obyvatel v řešeném území

5.2. Vyhodnocení expozice a charakterizace rizika

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty hlukové zátěže v obou hodnocených stavech, a to samostatně pro denní a noční dobu.

Tab. 16. Hluková zátěž ze silniční dopravy, výhled ÚPn – dopadající hluk [dB]

Bod	Výška [NP]	Výhled ÚPn					
		<i>L_{Aeq, 6-22}</i> [dB] – denní doba			<i>L_{Aeq, 22-6}</i> [dB] – noční doba		
		Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
1	1	60,8	60,9	0,1	52,8	52,8	0,0
1	2	61,0	61,1	0,1	52,9	53,0	0,1
2	1	55,8	56,1	0,3	47,7	48,0	0,3
2	12	55,7	56,0	0,3	47,6	47,9	0,3
3	1	61,1	61,7	0,6	52,3	52,7	0,4
3	2	61,1	61,7	0,6	52,3	52,7	0,4
4	1	56,2	56,8	0,6	48,3	48,7	0,4
4	2	56,2	56,8	0,6	48,3	48,8	0,5
5	1	54,6	55,2	0,6	46,2	46,5	0,3
5	17	54,7	55,2	0,5	46,3	46,6	0,3
6	1	60,4	60,6	0,2	52,0	52,0	0,0
6	2	60,4	60,6	0,2	52,0	52,0	0,0
7	1	48,4	51,5	3,1	37,4	40,4	3,0
7	4	47,8	50,8	3,0	36,9	39,8	2,9
8	1	58,1	58,2	0,1	49,8	49,9	0,1
8	2	58,1	58,2	0,1	49,8	49,9	0,1
9	1	55,3	55,4	0,1	46,9	47,0	0,1
9	2	55,3	55,5	0,2	47,0	47,0	0,0
10	1	62,0	62,2	0,2	53,6	53,8	0,2
10	2	62,0	62,2	0,2	53,6	53,8	0,2
11	1	66,2	66,2	0,0	57,0	57,0	0,0
12	1	65,7	65,7	0,0	56,9	56,9	0,0
13	1	54,9	54,9	0,0	48,2	48,2	0,0
14	1	61,3	61,6	0,3	52,3	52,5	0,2
14	3	61,3	61,6	0,3	52,3	52,5	0,2
15	1	62,0	62,1	0,1	53,1	53,1	0,0
16	1	62,0	61,8	-0,2	53,0	52,9	-0,1
16	3	62,0	61,9	-0,1	53,0	53,0	0,0

Na základě těchto výsledků hlukové studie byly kvantifikovány podíly obyvatel v pásmech hodnot nad hranicí doporučených expozičních hodnot, míra obtěžování hlukem, rušení spánku a výskytu ISCHS. 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. Stanovení počtu obyvatel pro vyhodnocení bylo provedeno na základě odhadu dle charakteru zástavby. Uvažovaný počet zahrnuje nejen obyvatele konkrétních objektů, pro které jsou vytvořeny výpočtové body, ale i případné vedlejší objekty, pro které jsou výsledky též reprezentativní. Celkový počet obyvatel, pro které bylo vyhodnocení účinků hlukové zátěže provedeno činí 1000.

Tab. 17. Podíl obyvatel nad úrovní doporučených expozičních hodnot dle směrnic WHO

	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
Průměrný hluk den-večer-noc (%)	71,0	71,0	0,0
Noční hluk (%)	71,0	71,0	0,0

Tab. 18. Celkové hodnoty míry silného obtěžování, silného rušení při spánku a výskyt ICHS, počet obyvatel (z celkového počtu 1000)

	Výchozí stav dle platného ÚP	Stav se změnou Z 3810/00	Rozdíl
Silné obtěžování	118	122	+4
Silné rušení spánku	29	32	+3
Výskyt ICHS	0,294385	0,308454	0,014069

Jak vyplývá z provedeného hodnocení, ve výchozím stavu bude podíl obyvatel nad hranicí doporučených expozičních hodnot pro průměrný hluk den-večer-noc i pro noční hluk 71 %. Vlivem záměru nedojde u těchto ukazatelů k žádné změně.

Počet silně obtěžovaných obyvatel se bude ve výchozím stavu pohybovat na úrovni 118 případů, vlivem hodnocené změny dojde k nárůstu o 4 případy. V případě silného rušení spánku bude počet obyvatel ve výchozím stavu 29, vlivem hodnocené změny dojde k nárůstu o tři případy. Výskyt ICHS v dotčené populaci ve výchozím stavu byl vypočten na úrovni 0,294 případů za rok, vlivem hodnocené změny dojde k navýšení na 0,308 případů za rok. Tuto změnu lze vyjádřit také jako 1 nový případ za cca 71 let.

5.3. 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 horizont naplnění ÚP SÚ hl. m. Prahy
- 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 zejména rozdílným stupněm vnímavosti a citlivosti exponovaných osob
- dostupné informace o vztahu mezi hlukovou expozicí a jejími zdravotními účinky. Zejména v případě kardiovaskulárních onemocnění je nutno upozornit, že použité kvantitativní vztahy nejsou zatím jednoznačně prokázány a jsou použity v rámci předběžné opatrnosti.

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

Z Á V Ě R

Předložená studie se zabývala posouzením vlivů znečištění ovzduší a hlukové zátěže na veřejné zdraví v prostoru změny platného ÚP SÚ hl. m. Prahy č. Z 3810/00.

Znečištění ovzduší

V rámci hodnocení vlivů imisní zátěže na zdraví obyvatel byly sledovány imisní hodnoty pro oxid dusičitý, benzen, suspendované částice frakce PM₁₀ 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 PM₁₀, PM_{2,5}, oxidu dusičitému a benzo[a]pyrenu. Obdobná situace je však typická pro většinu sídel na území ČR. V případě krátkodobých koncentrací NO₂ a CO není třeba v žádné části zástavby očekávat hodnoty nad hranicí směrné hodnoty WHO, u benzenu lze ve výchozím stavu očekávat imisní zátěž na hranici přijatelné míry rizika.

Z provedeného hodnocení vyplývá, že záměr způsobí pouze mírné změny v míře zdravotního rizika. Jak však prokázalo vyhodnocení, v žádné části obytné zástavby nebylo zaznamenáno zvýšení míry zdravotního rizika významné ve smyslu ohrožení zdraví.

Hluková zátěž

Pro dotčenou populaci v okolní zástavbě byly pro výchozí stav vypočteny počty silně obtěžovaných obyvatel a obyvatel silně rušených při spánku v řádu desítek, až okolo stovky, míra kardiovaskulárního rizika se bude pohybovat na úrovni necelých cca 0,3 případu ISCHS za rok.

Vlivem záměru bylo vypočteno v dotčené populaci zvýšení počtu silně obtěžovaných a při spánku rušených obyvatel v řádu několika jednotlivých případů. Nárůst výskytu ICHS v dotčené populaci byl vypočten na úrovni cca 1 nový případ za 71 let. Ani v případě hlukové zátěže není třeba očekávat zvýšení míry zdravotního rizika významné ve smyslu ohrožení zdraví.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020
- [2] Havel B., Kazmarová H.: Autorizační návod AN 17/15: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice chemickým látkám ve venkovním ovzduší, SZÚ, 2015.
- [3] WHO: Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005, WHO, 2006
- [4] WHO: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva, WHO, 2021
- [5] 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
- [6] WHO-IARC: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 109, Outdoor air pollution, 2015
- [7] US EPA: Integrated Risk Information System, Toxicological Review of Benzo(a)pyrene, 2017
- [8] 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 znečišťujícími látkami. TA ČR, COŽP UK, Praha 2016
- [9] Provazník K., Cikrt M., Komárek L. a kol: Manuál prevence v lékařské praxi VIII., Základy hodnocení zdravotních rizik, SZÚ, Praha, 2000
- [10] US EPA: Integrated Risk Information System (IRIS). <http://www.epa.gov/IRIS/>
- [11] WHO: Night noise Guidelines for Europe 2009, (<http://www.euro.who.int/pubrequest>)
- [12] SZÚ: Autorizační návod AN 15/04 verze 5: Autorizační návod k hodnocení zdravotního rizika expozice hluku, SZÚ, Praha, 2020.
- [13] Miedema, H. M. E.: Noise & Health: How Does Noise Affect Us?, The 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, 2001
- [14] European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects: Position Paper on Dose-Effects Relationships for Night Time Noise, 2004
- [15] European Commission: Position paper on dose–response relationships between transportation noise and annoyance. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2002
- [16] European Environment Agency: Good practice guide on noise exposures and potential health effects. Copenhagen. 2010
- [17] Babisch W.: Road traffic noise and cardiovascular risk. Noise Health 2008; 10:27-33

- [18] WHO: Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Kodaň, 2018. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-forthe-european-region-2018>
- [19] SZÚ: Zdravotní účinky hluku. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>
- [20] Vandasová, Z., Fialová, A.: Vztahy mezi hlukovými ukazateli L_{dn} a L_{dn}. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/vztahy-mezihlukovymi-ukazateli-ldn-a-ldn>
- [21] ČSÚ: Veřejná databáze – Počet obyvatel, Pohlaví a věk (jednoletky), 2010 – 2019
- [22] ČSÚ: Zemřelí podle seznamu příčin smrti, pohlaví a věku v ČR, krajích a okresech (2010 – 2019)
- [23] ÚZIS: Hospitalizovaní v nemocnicích ČR (2016–2018)
- [24] ČSSZ: Nemocenská statistika
- [25] ATEM: Vyhodnocení vlivů na udržitelný rozvoj území pro soubor změn ÚP SÚ hl. m. Prahy vlny 00 zkráceně – Z 3810/00, rozptylová studie. Praha, 2022
- [26] ATEM: Vyhodnocení vlivů na udržitelný rozvoj území pro soubor změn ÚP SÚ hl. m. Prahy vlny 00 zkráceně – Z 3810/00, akustická studie. Praha, 2022