

MOŽNOSTI HODNOCENÍ VZTAHU EXPOZICE-ODEZVA U OSOB EXPONOVANÝCH V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ HLUKU Z DŮLNÍ ČINNOSTI

POSSIBILITIES FOR ASSESSING THE DOSE-RESPONSE RELATIONSHIP IN PERSONS EXPOSED TO NOISE FROM MINING ACTIVITIES

DANA POTUŽNÍKOVÁ¹, TOMÁŠ HELLMUTH¹, DAVID KRESL¹, PAVEL JUNEK¹,
HANA ŠLACHTOVÁ², MARKÉTA STANOVSKÁ², HANA TOMÁŠKOVÁ²

¹Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, Národní referenční laboratoř pro komunální hluk, Ústí nad Orlicí,
Česká republika

²Ostravská univerzita, Lékařská fakulta, Ústav epidemiologie a ochrany veřejného zdraví, Ostrava, Česká republika

SOUHRN

Cíl: Cílem výzkumu bylo získat a vyhodnotit informace o obtěžování obyvatel průmyslovým hlukem z důlní činnosti.

Metody: Výzkum využil kombinaci dlouhodobého monitoringu hluku v noční době ($L_{Aeq,T}$) z provozu povrchového dolu Turów (Polsko) a plošného modelování hlukové zátěže ve třech nejbližších obytných lokalitách na území České republiky (exponovaná oblast Uhelná a Oldřichov na Hranicích, kontrolní oblast Václavice). V těchto lokalitách proběhlo v roce 2022 a 2023 dotazníkové šetření zaměřené na otázky životního prostředí, zdravotního stavu, kvality života. Údaje z dotazníku byly hodnoceny pomocí popisné statistiky a statistických testů (chí-kvadrát test a t-test pro dva výběry) na hladině významnosti 5 %. Následně byly údaje z modelování hlukové zátěže a dotazníkového šetření propojeny a byly porovnány s ERF (exposure-response function).

Výsledky: Monitoringem zjištěná úroveň hlukové zátěže je od roku 2021 prakticky stejná, v Uhelné $L_{Aeq,T} = 35,1$ až $36,5$ dB, v Oldřichově na Hranicích $L_{Aeq,T} = 35,2$ až $35,5$ dB. Měřením nebyl prokázán významný podíl nízkofrekvenčního hluku ve vnitřních prostorech obytných objektů. Lidé v exponované oblasti vnímají hluk z komerční/průmyslové činnosti jako významně obtěžující v 59 %, hluk vnímají především jako hučení, dunění a jako proměnný v čase. Přibližně 63 % osob v exponované oblasti vnímá hlukovou situaci za posledních pět let jako horší.

Závěr: Výsledky naznačují, že v případě expozice hluku z povrchových dolů při porovnání s publikovanými ERF pro průmyslové zdroje hluku je možné očekávat vyšší subjektivní rušení spánku hlukem z důlní činnosti.

Klíčová slova: hluk z povrchového dolu, spánek – rušení, obtěžování hlukem, dotazníkové šetření

SUMMARY

Objective: The objective was to obtain and evaluate information on the level of annoyance caused by industrial noise from mining activities to the population.

Methods: The research used a combination of long-term monitoring of noise at night ($L_{Aeq,T}$) from the operation of the Turów surface mine (Poland) and area modeling of the noise load in the three closest residential locations in the Czech Republic (exposed areas of Uhelná and Oldřichov na Hranicích, control area of Václavice). In 2022 and 2023, a questionnaire survey focused on issues of the environment, health status, quality of life and demographic data took place in these locations. Data from the questionnaires were evaluated using descriptive statistics and statistical tests (χ^2 test and two-sample t-test) at the 5% significance level by the Stata version 17 software. Subsequently, the data from the noise load modeling and the survey were linked and compared with the ERF (exposure-response function).

Results: Since 2021 the monitored levels of noise pollution have remained practically the same, in Uhelná $L_{Aeq,T} = 35.1$ to 36.5 dB, in Oldřichov na Hranicích $L_{Aeq,T} = 35.2$ to 35.5 dB. The measurement did not prove a significant proportion of low-frequency noise in the interior spaces of residential buildings. People in the exposed area perceive noise from commercial/industrial activity as significantly annoying in 59%; they perceive noise mainly as humming, as variable in time and as rumbling. Approximately 63% of the people in the exposed area perceive the noise situation as worse in the last five years.

Conclusion: The results indicate that in the case of exposure to noise from surface mines when compared with published ERFs for industrial noise sources, it is possible to expect higher subjective sleep disturbance from noise from mining activities.

Key words: surface mining noise, sleep – disturbance, noise annoyance, survey

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1870>

Úvod

Hluk v životním prostředí, včetně průmyslového hluku, lze považovat za jeden z hlavních faktorů zhoršování kvality života (1). Světová zdravotnická organizace (WHO) uvádí, že hluk z dopravy se umístil na druhém místě v žebříčku mezi vybranými environmentálními stresory hodnocenými z hlediska jejich vlivu na veřejné zdraví v šesti evropských zemích (2). Tento významný problém environmentálního veřejného zdraví je spojován s kardiovaskulárními a metabolickými onemocněními, se zhoršeným kognitivním vývojem u dětí a zhoršeným duševním zdravím (3), stejně jako s rozvojem vnímání obtěžování hlukem nebo s poruchami spánku (4). Členské státy Evropské unie systematicky posuzují a hodnotí hluk v životním prostředí, včetně hluku z průmyslových zdrojů (5). Přestože mnoho studií prokázalo negativní účinky dlouhodobé expozice hluku ze silniční, železniční nebo letecké dopravy na lidské zdraví, vliv průmyslových zdrojů hluku, včetně důlní činnosti, stále zůstává z velké části neprozkoumán.

Zpráva Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) považuje průmyslové zdroje za nejméně významný, nikoliv však zanedbatelný zdroj celkové zátěže obyvatelstva hlukem (4). Těžební činnost v povrchovém uhelném dolu je specifickým průmyslovým zdrojem hluku, na jehož vzniku se podílí množství dílčích pracovních činností. Hluk vzniká následkem provozu těžebních strojů při těžbě uhlí a nadložních vrstev skrývky. Dalšími zdroji hluku jsou nakládání a doprava vytěženého materiálu na výsypku nebo k dalšímu zpracování. Nezanedbatelný hluk vzniká při provozu zakladačů skrývkových hornin, při pojezdu pomocné kolové a pásové techniky, při provádění vrtných a trhačích prací (6).

Obtěžování hlukem je obecně definováno jako psychický stav, který vzniká, když je jedinec vystaven okolnostem nebo faktorům, které jsou vnímány negativně, protože narušují jeho soukromí, ruší jeho činnost nebo ovlivňují kvalitu odpočinku. Obtěžování hlukem je spouštěčem různých reakcí a zdravotních problémů. V některých případech je obtěžování hlukem interpretováno jako důsledek rušení, v jiných jako důsledek bezmoci vůči zdroji hluku. Obtěžování hlukem souvisí s akustickými proměnnými; akustické charakteristiky však nehrají ve vlivu na obtěžování převažující roli (7). Norma ISO/TS 15666:2021 definuje obtěžování hlukem jako individuální reakci na hluk. V kontextu této normy se stupnice obtěžování hlukem vztahuje k dlouhodobé expozici (8). Negativní účinky hluku na lidské zdraví závisí na jeho fyzikálních vlastnostech (parametrech), přičemž frekvence akustického signálu je velmi důležitá. Nízkofrekvenčním hlukem se rozumí hluk o frekvencích 16–200 Hz. Tento typ hluku se vyznačuje velmi nízkým útlumem vzdáleností a překážkami na cestě jeho šíření. To z něj činí jeden z obzvláště závažných typů hluku pro exponované obyvatele zejména v noční době (9). Vzhledem k předpokládaným negativním účinkům nízkofrekvenčního hluku na lidské zdraví bylo již v roce 2004 zveřejněno doporučení zintenzivnit výzkum zaměřený na tento typ hluku (10). Hluk z těžební činnosti v povrchovém dolu je zdrojem lokální zátěže, která však není zanedbatelná z důvodu dlouhodobosti expozice a charakteru hluku, který se projevuje proměnností,

skřípáním, duněním, celoročním provozem. Proto je potřeba těmto zdrojům věnovat náležitou pozornost.

Cílem výzkumu podpořeného projektem TA ČR č. SS05010044 bylo získat a vyhodnotit informace o obtěžování průmyslovým hlukem z důlní činnosti, které budou použity pro případnou aktualizaci příslušných závislostí expozice-odezva (ERF) pro subjektivní negativní účinky (obtěžování, rušení spánku) pro specifický průmyslový hluk, kterým je hluk z těžební činnosti povrchového dolu.

Metodika

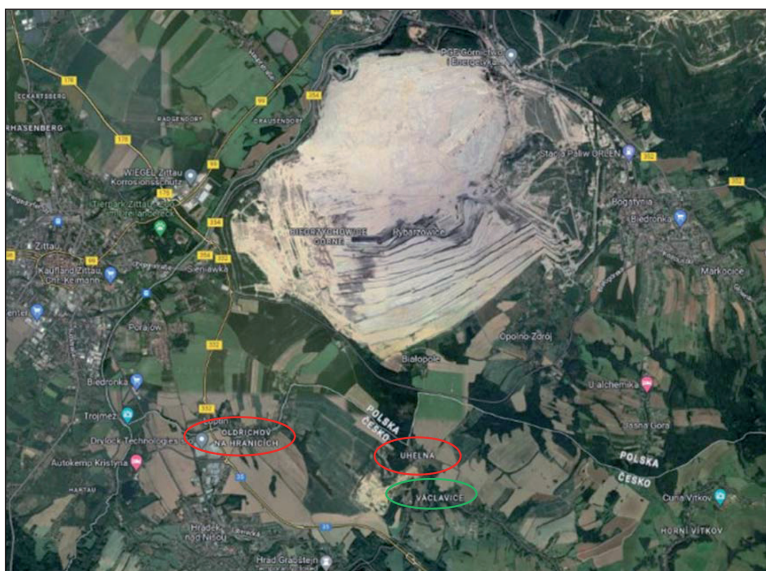
Oblast

Jako exponovaná oblast byla zvolena oblast v okolí hnědouhelného povrchového dolu Turów (Polsko), a to nejbližší obytná zástavba na území ČR: části obce Hrádek nad Nisou – Uhelná a Oldřichov na Hranicích (hlášený počet trvale bydlících obyvatel nad 15 let, $N = 230$). Tyto lokality jsou dlouhodobě (několik let) vystaveny hluku z povrchového dolu Turów. Hluk je prakticky nepřetržitý a má proměnný charakter. Vzdálenost chráněné zástavby (rodinné a bytové domy) na území ČR od hrany dolu je v současnosti cca 1,5 km, resp. 1,7 km. Jako kontrolní oblast byla zvolena obec Václavice ($N = 360$), která již je mimo expozici hluku z dolu Turów (obr. 1). Kromě vzdálenosti rozhodoval o výběru kontrolní oblasti výpočtový model celkové dlouhodobé hlukové zátěže v noční době s vyznačením limitní izofony 40 dB pro noční dobu, jejíž průběh dokumentuje složitost akustického pole, která je způsobena různou výškou hrany dolu, morfologií a porostem terénu.

Měření hluku

Dlouhodobý monitoring probíhal od roku 2020 na dvou venkovních místech měření (Uhelná – MU, Oldřichov na Hranicích – MO) (obr. 2, obr. 3) vždy v pěti vzorkovacích týdenních kolech, a to v noční době od 22:00 do 6:00 hod. Současně byly měřeny relevantní meteorologické parametry – průměrná a maximální rychlost větru a směr větru ve výšce 1,5 m nad terénem, teplota vzduchu, relativní vlhkost, atmosférický tlak a srážky. K měření byly použity monitorovací stanice firmy Svantek (Polsko), doplněné v roce 2023 novými monitorovacími stanicemi Svantek umožňujícími určit směrnost zdroje hluku. Všechny stanice byly připojeny k síti Svannet a dálkově dozorovány.

Měření bylo provedeno formou kontinuálního 1s záznamu a v souladu s Metodickým návodem Ministerstva zdravotnictví pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (dále MNKom) (11, 12), mezinárodními normami ISO a bylo hodnoceno podle MNKom a nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, v platném znění (dále NV) (13, 14). Měření probíhalo ve volném poli a nebyla použita korekce na zbytkový hluk. Byly vyhodnocovány akustické veličiny: ekvivalentní hladina hluku A , $L_{Aeq,T}$ (dB), N -procentní hladiny pro $N = 10, 90$ a 99 , tj. L_{A10} , L_{A90} a L_{A99} (dB) a frekvenční spektrum v třetinooktávových pásmech se střední frekvencí $f_t = 10$ Hz až 20 kHz. V každé lokalitě (Uhelná, Oldřichov na Hranicích, Václavice; obr. 1) bylo provedeno opakované celonoční měření hluku ve vnitřních prostorech se



Obr. 1: Povrchový důl Turów s vyznačením exponovaných obcí (červeně – Uhelná, Oldřichov na Hranicích) a kontrolní obce (zeleně – Václavice).
Zdroj: Národní referenční laboratoř – geografický informační systém (GIS).



Obr. 2: Situace místa měření v obci Uhelná (MU), vzdálenost 1,5 km od brany dolu Turów.
Zdroj: www.mapy.cz, © Seznam.cz a. s.



Obr. 3: Situace místa měření v obci Oldřichov na Hranicích (MO), vzdálenost 1,7 km od brany dolu Turów.
Zdroj: www.mapy.cz, © Seznam.cz a. s.

zaměřením na detekci nízkofrekvenčního hluku. Vybrány byly objekty, v nichž si obyvatelé stěžovali na projevy nízkofrekvenčního hluku.

Data a metody

Data byla získána v rámci vlastního dotazníkového šetření, které bylo realizováno v exponované oblasti (Uhelná, Oldřichov na Hranicích, počet respondentů: N = 59) a v kontrolní obci (Václavice, počet respondentů: N = 54). Pro sběr dat byl použit dotazník sestavený

z pěti domén (sociodemografické otázky, vnímání rizik, zdravotní stav, životní styl, kvalita života). Sběr dat proběhl ve dvou fázích v roce 2022 a 2023, data byla sbírána formou distribuce dotazníků s ofrankovanou zpětnou obálkou do poštovních schránek. Z podkladů matričního úřadu byly získány údaje o počtech obyvatel starších 15 let (osloveni byli všichni) a celkovém počtu obyvatel zájmového území. Občané byli seznámeni s dotazníkovým šetřením prostřednictvím časopisu Městského úřadu Hrádecko a v aktuální den byli

upozornění prostřednictvím SMS zpráv v rámci informačního systému města Hrádek nad Nisou.

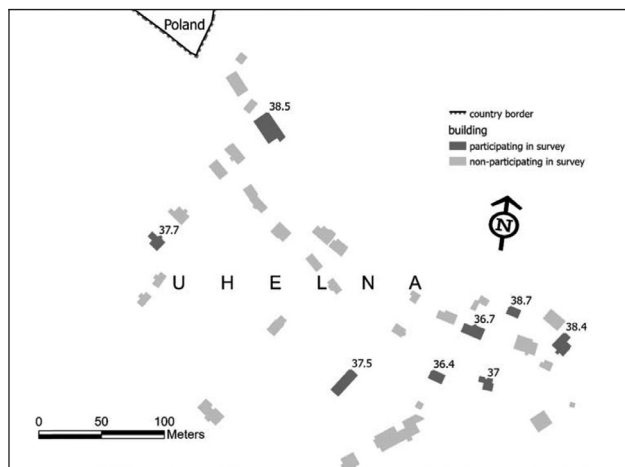
Vzhledem k nízké návratnosti byl následně zvolen i osobní sběr dat přímo v obcích. Vyplnění dotazníku bylo spojeno s finanční odměnou. Celková response (tj. návratnost dotazníků a ochota spolupracovat při osobním sběru dat) byla 19,2 %; v exponované oblasti činila 25,6 % (59/230) a v kontrolní oblasti dosahovala 15,0 % (54/360).

Otázky zaměřené na vnímání rizik byly hodnoceny na 5stupňové Likertově škále a prezentovány průměrem pro další zpracování. Vyhodnocení závažnosti bylo provedeno sloučením kategorií 1 až 3, 4 a 5.

Pro vyhodnocení dat byla použita popisná statistika a základní statistické testy (t-test pro dva výběry, chí-kvadrát test). Statistické testy byly hodnoceny na hladině významnosti 5 %. Pro zpracování byl použit program Stata, verze 17.

Modelování hluku

Ke zjištění hlukové zátěže u jednotlivých obytných objektů byl vypracován akustický model šíření hluku z prostoru dolu. Model šíření hladin akustického tlaku byl zpracován v prostředí SW LimA verze 2019.3. Vstupní data do modelu byla připravena v prostředí geografického informačního systému (GIS) – ArcGIS Pro. Model zahrnoval území o rozloze 20 km² (5 km × 4 km), které v dostatečném rozsahu pokrývá lokalizaci zdrojů hlukové zátěže na polské straně a dotčené území na české straně. Zdrojem dat pro přípravu digitálního vrstevnicového plánu terénního reliéfu území dolu Turów byly webové stránky Geoportal infrastruktury informacji przestrzennej (geoportal.gov.pl) geodetické a kartografické služby (Państwowy zasób geodezyjny i kartograficzny) Polské republiky. Portál publikuje Numeryczny model terenu (NMT), tedy digitální model terénu. Zpracování vstupních dat s cílem vytvořit digitální vrstevnicový plán terénního reliéfu území okolí dolu Turów bylo provedeno v prostředí ArcGIS Pro 3.0.3. Následně byly do modelu na základě podkladů poskytnutých polskou stranou (15) zadány zdroje hlukové zátěže a objekty domů na české straně (zdroj ZABAGED®). Funkčnost modelu byla ověřena výpočtem s fiktivním zdrojem uvnitř dobývacího prostoru. Pro účely zpřesnění validace modelu byla použita technická místa identická s místy měření dlouhodobého monitoringu (MU a MO). Celkem bylo k validaci použito dalších 8 technických míst měření. Pro každý adresní



Obr. 4: Hluk v noční době ve vybraných adresních bodech obce Uhelná.

bod v obci Uhelná, Oldřichov na Hranicích a Václavice, kde byly odevzdány dotazníky, byla vypočtena hodnota $L_{Aeq,T}$ resp. L_n (dB). Ukázka je na obr. 4.

Prostorová interpretace dat

Následně byla provedena prostorová interpretace dat, kdy k nejvyšší vypočtené hodnotě $L_{Aeq,T}$ (dB) pro každý adresní bod v obci Uhelná, Oldřichov na Hranicích a Václavice byly přiřazeny informace z dotazníků (informace o rušení spánku hlukem).

Výsledky byly porovnány se křivkou ERF (4), která je pro běžné průmyslové zdroje dána rovnicí

$$HSD = 1 - \text{normal} \left[\frac{(72 - (-90,70 + L_n) \times 1,80)}{\sqrt{(1789 + 272)}} \right]$$

kde HSD je vysoké rušení spánku a L_n je A-vážená dlouhodobá průměrná hladina akustického tlaku podle ISO 1996-2, stanovená po celou noční dobu roku.

Výsledky

Měření hluku

Z tabulky 1 (hodnoty $L_{Aeq,T}$ a L_{A90avg}) vyplývá, že celková hluková situace bez ohledu na rozptyl hodnot v jednotlivých dnech měření se na obou místech měření – Oldřichov na Hranicích (MO) a Uhelná (MU) – během sledovaných let výrazně nemění. Dlouhodobá hluková

Tab. 1: Meziroční srovnání dlouhodobé hlukové zátěže (nezohledněna nejistota $U \pm 1,8$ dB)

Rok	Dlouhodobá hluková zátěž					
	Oldřichov na Hranicích			Uhelná		
	T	$L_{Aeq,T}$	L_{A90avg}	T	$L_{Aeq,T}$	L_{A90avg}
	h	dB	dB	h	dB	dB
2024	136	36,0	34,3	161	36,0	34,0
2023	171	35,5	34,4	177	36,2	34,4
2022	222	35,3	33,8	210	36,5	34,6
2021	200	35,4	33,6	175	36,0	34,5
2020	148	37,4	35,3	144	37,7	36,1

„T“ (h) – doba, po kterou bylo měření minimálně ovlivněno hlukem pozadí, $L_{Aeq,T}$ – ekvivalentní hladina akustického tlaku A, L_{A90avg} – odhad ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v dané lokalitě očištěného od krátkodobých rušivých hluků pozadí

zátěž (expozice) (L_{A90avg}) byla největší v roce 2020. Od roku 2021 je patrný určitý pokles a prakticky stejná úroveň zátěže je i v letech následujících.

Z krátkodobého měření ve vnitřním prostoru staveb (obytných místnostech rodinných domů) vyplývá, že na žádném místě měření nebyl prokázán významný podíl nízkofrekvenčních složek, který by překračoval práh slyšení a mohl být připsán těžební činnosti v dolu Turów. Typická ukázka naměřených hodnot ve vnitřních prostorách rodinných domů, kde si obyvatelé stěžovali na projevy nízkofrekvenčního hluku v Uhelné, je zobrazena na obr. 5, v prostoru rodinného domu v Oldřichově na Hranicích je pak na obr. 6. Černá křivka L_{ps} představuje práh slyšení v oblasti nízkých frekvencí podle NV (13, 14). Obdobná třetinooktávová spektra byla zjištěna i v jiných obytných prostorách domů v dalších částech Hrádku nad Nisou.

Modelování hluku

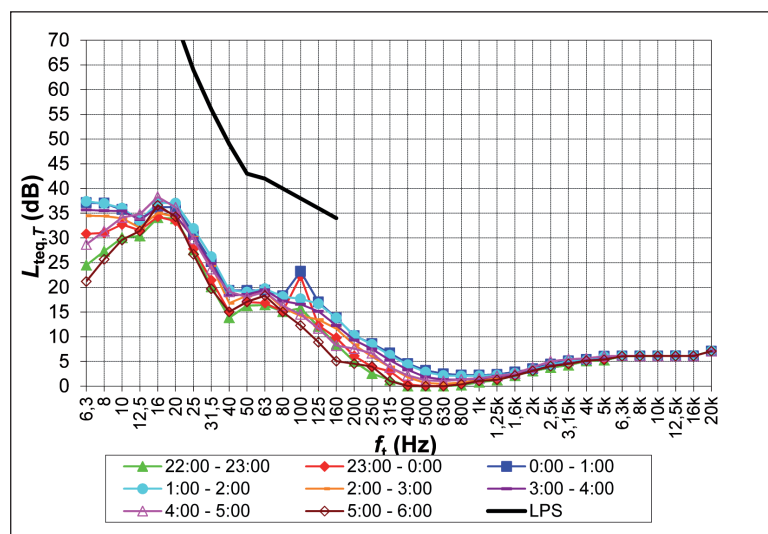
V rámci modelu byla vypočtena celková dlouhodobá hluková zátěž v noční době, již vidíme na obr. 7, kde je limitní izofona 40 dB pro noční dobu (13, 14) zobrazena červenou křivkou. Průběh této izofony dokumentuje složitost akustického pole, která je způsobena různou výškou hrany dolu, morfologií a pokryvem terénu.

Popis souboru z hlediska demografických dat

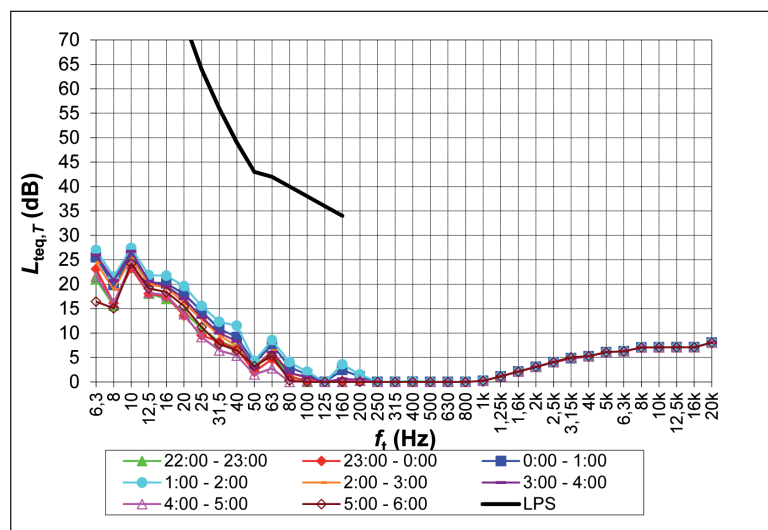
V demografických charakteristikách se respondenti statisticky významně mezi oblastmi nelišili (tab. 2). Do studie vstoupilo 54 % žen a 46 % mužů, rozdíl mezi oblastmi nebyl statisticky významný ($p = 0,748$). Průměrný věk byl 51,1 let (v rozmezí 17 až 91 let). Lidé zapojení do studie bydlí v dané lokalitě v průměru 21 let. Dle rodinného stavu se respondenti nelišili ($p = 0,801$), osoby žijící s partnerem představovaly 65,5 % a osoby žijící bez partnera 34,5 %. Nejvíce byly zastoupeny osoby se vzděláním bez maturity (42,5 %) a s maturitou (45,1 %), bez statisticky významného rozdílu mezi oblastmi ($p = 0,874$). Na základě převažující ekonomické aktivity byli respondenti rozděleni na ekonomicky aktivní a neaktivní, kdy rozdělení bylo přibližně shodné (48 % aktivní a 52 % neaktivní), z ekonomicky aktivních osob 37 % vykonávalo práci mimo domov.

Vnímání závažnosti obecných problémů a míry obtěžování problémy životního prostředí

Vnímání závažnosti obecných problémů bylo zjišťováno odpovědí na otázku „Za jak závažné považujete následující problémy?“ (na škále od 1 – nezávažné vůbec/neřeším, po 5 – velmi závažné).



Obr. 5: Třetinooktávové spektrum ve vnitřním prostoru Uhelná ($L_{teq,T}$ je třetinooktávové spektrum, L_{ps} je práh slyšení).



Obr. 6: Třetinooktávové spektrum ve vnitřním prostoru Oldřichov na Hranicích ($L_{teq,T}$ je třetinooktávové spektrum, L_{ps} je práh slyšení).

Tab. 2: Popis souboru dle oblastí

Proměnná	Kategorie	Exponovaná oblast	Kontrolní oblast	Celkem	p-hodnota
		(n = 59)	(n = 54)	(n = 113)	
Pohlaví	muž	28 (47,5 %)	24 (44,4 %)	52 (46,0 %)	0,748 ¹
	žena	31 (52,5 %)	30 (55,6 %)	61 (54,0 %)	
Věk (roky)	aritmetický průměr ± SD	50,5 ± 16,93	51,8 ± 19,95	51,1 ± 18,38	0,767 ²
Rodinný stav	partner	38 (64,4 %)	36 (66,7 %)	74 (65,5 %)	0,801 ¹
	sám	21 (35,6 %)	18 (33,3 %)	39 (34,5 %)	
Vzdělání	ZŠ, SŠ bez maturity	24 (40,7 %)	24 (44,4 %)	48 (42,5 %)	0,874 ¹
	SŠ s maturitou	28 (47,5 %)	23 (42,6 %)	51 (45,1 %)	
	VOŠ, VŠ	7 (11,9 %)	7 (13,0 %)	14 (12,4 %)	

¹chi-kvadrát test, ²t-test pro dva výběry

Z obecných problémů lidé z obou oblastí nejvíce vnímali zdražování energií, zdraví a drogovou závislost a problematiku AIDS (obr. 8). Statisticky významný rozdíl mezi oblastmi byl zjištěn u vnímání stavu podzemních vod a také u problematiky větrných elektráren (tab. 3), oba tyto problémy lidé vnímali více v kontrolní oblasti. Obtěžování a rušení spánku hlukem vnímalo jako závažný problém celkem 42 % osob, z toho 46 % v exponované oblasti a 37 % v kontrolní oblasti, ale mezi oblastmi nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (tab. 3).

Z problémů životního prostředí v exponované oblasti nejvíce vnímají problém hluku z průmyslové/komerční činnosti, také stavební hluk a prašnost; u těchto problémů byl zjištěn statisticky významný rozdíl proti kontrolní oblasti. Osoby v kontrolní oblasti vnímají jako problém nejvíce nedostatek pitné vody. Zde byl zjištěn statisticky významný rozdíl proti exponované populaci (obr. 8, tab. 3).

Míra obtěžování hlukem v exponované oblasti

Vnímání problémů životního prostředí bylo zjišťováno na základě otázky „Do jaké míry Vás v okolí Vašeho bydliště obtěžují následující problémy životního prostředí?“ (na škále od 1 – vůbec ne/neřeším, až po 5 – velmi silně).

Z problémů životního prostředí se na prvním místě v exponované oblasti umístilo vnímání hluku z komerční/průmyslové činnosti. Jako významný problém tento hluk vnímalo 35 osob (59 %), ale celkově se průmyslový hluk

umístil na 6. místě v pořadí všech problémů obecných i problémů životního prostředí. Více než uvedený hluk vnímají lidé v exponované oblasti jako význačný problém zdražování energií, vlastní zdraví a zdraví rodinných příslušníků, drogovou závislost a AIDS, ekonomické problémy na úrovni státu a kriminalitu.

Lidé, kteří byli schopni určit, jak hluk v exponované oblasti vnímají, nejčastěji vnímali hluk jako hučení, dunění a jako proměnný v čase (tab. 4). V exponované oblasti také lidé hodnotili hlukovou situaci za posledních 5 let jako horší, ve srovnání s kontrolní oblastí byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,011$). Zhoršení vnímalo 62,7 % v exponované oblasti a 37,0 % v kontrolní oblasti.

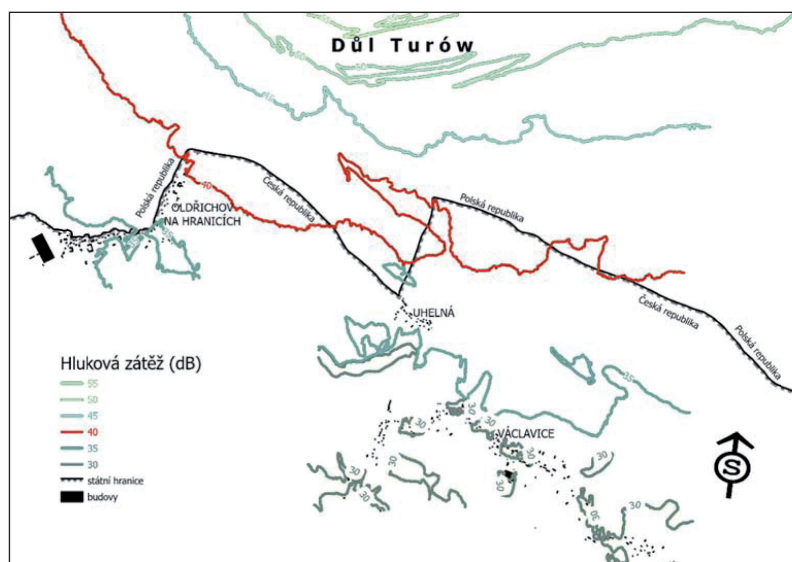
Prostorová interpretace dat

Podle závislosti expozice-odezva pro stacionární (průmyslové) zdroje (4) bylo vypočteno procento

Tab. 4: Typ hluku vnímaného obyvateli exponované oblasti (n = 59)

Typ hluku*	Počet (%)
Dunění	20 (33,9)
Hučení	40 (67,8)
Pískání	8 (13,6)
Rachot	17 (28,8)
Proměnný v čase	31 (52,5)

*Bylo možné zvolit všechny varianty.



Obr. 7: Hluková zátěž z provozu povrchového dolu Turów, limitní izofona 40 dB pro noční dobu (13, 14) zobrazena červenou křivkou.

Tab. 3: Podíl osob vnímajících obecné problémy a problémy životního prostředí jako závažné dle oblastí

Problémy		Exponovaná oblast (n = 59) % (95% IS)	Kontrolní oblast (n = 54) % (95% IS)	p-hodnota*
Obecné problémy	Drogová závislost, AIDS	69 (56,1; 80,8)	74 (60,3; 85,0)	0,589
	Konzumace alkoholu	34 (22,1; 47,4)	50 (36,1; 63,9)	0,083
	Kouření	42 (29,6; 55,9)	59 (45,0; 72,4)	0,073
	Zdraví	76 (63,4; 86,4)	69 (54,4; 80,5)	0,356
	Kvalita školství v místě bydliště	20 (11,0; 32,8)	33 (21,1; 47,5)	0,118
	Kvalita bydlení	44 (31,2; 57,6)	39 (25,9; 53,1)	0,577
	Ekonomická situace v ČR	64 (50,9; 76,4)	65 (50,6; 77,3)	0,964
	Stav životního prostředí v místě bydliště	53 (39,1; 65,7)	46 (32,6; 60,4)	0,507
	Nebezpečí epidemií infekčních nemocí	51 (37,5; 64,1)	37 (24,3; 51,3)	0,140
	Stav podzemních vod	54 (40,8; 67,3)	72 (58,4; 83,5)	0,048
	Nezaměstnanost	20 (11,0; 32,8)	31 (19,5; 45,6)	0,176
	Zdražování energií	83 (71,0; 91,6)	89 (77,4; 95,8)	0,374
	Obtěžování a rušení spánku hlukem	46 (32,7; 59,2)	37 (24,3; 51,3)	0,347
	Kvalita zdravotní péče v ČR	46 (32,7; 59,2)	43 (29,2; 56,8)	0,735
	Kvalita veřejné dopravy v místě bydliště	29 (17,8; 42,1)	30 (18,0; 43,6)	0,924
	Kriminalita	63 (49,1; 75,0)	52 (37,8; 65,7)	0,243
	Migranti	44 (31,2; 57,6)	31 (19,5; 45,6)	0,169
	Větrné elektrárny	14 (6,0; 25,0)	33 (21,1; 47,5)	0,013
	Základní vybavenost v obci	53 (39,1; 65,7)	57 (43,2; 70,8)	0,604
	Světelné znečištění +	33 (18,0; 51,8)	19 (5,4; 41,9)	0,086
Problémy životního prostředí	Znečištění veřejných prostranství	31 (19,2; 43,9)	17 (7,9; 29,3)	0,085
	Znečištění ovzduší v okolí bydliště	37 (25,0; 50,9)	33 (21,1; 47,5)	0,661
	Sousedský hluk	17 (8,4; 29,0)	15 (6,6; 27,1)	0,757
	Hluk z komerční/průmyslové činnosti	59 (45,7; 71,9)	39 (25,9; 53,1)	0,030
	Dopravní hluk	31 (19,2; 43,9)	30 (18,0; 43,6)	0,919
	Stavební hluk	22 (12,3; 34,7)	4 (0,5; 12,7)	0,005
	Pouliční hluk	2 (0,0; 9,1)	2 (0,0; 9,9)	0,950
	Prašnost v okolí bydliště	53 (39,1; 65,7)	31 (19,5; 45,6)	0,024
	Zápach v okolí bydliště	22 (12,3; 34,7)	26 (15,0; 39,7)	0,628
	Nedostatek pitné vody v místě bydliště	24 (13,6; 36,6)	74 (60,3; 85,0)	<0,001
	Úbytek vody z podzemních zdrojů	58 (44,1; 70,4)	67 (52,5; 78,9)	0,323
	Znečištění vodních toků v okolí bydliště	31 (19,2; 43,9)	44 (30,9; 58,6)	0,126
	Automobilová doprava v okolí bydliště	17 (8,4; 29,0)	24 (13,5; 37,6)	0,347
	Nedostatečná fin. kompenzace	46 (32,7; 59,2)	50 (36,1; 63,9)	0,652

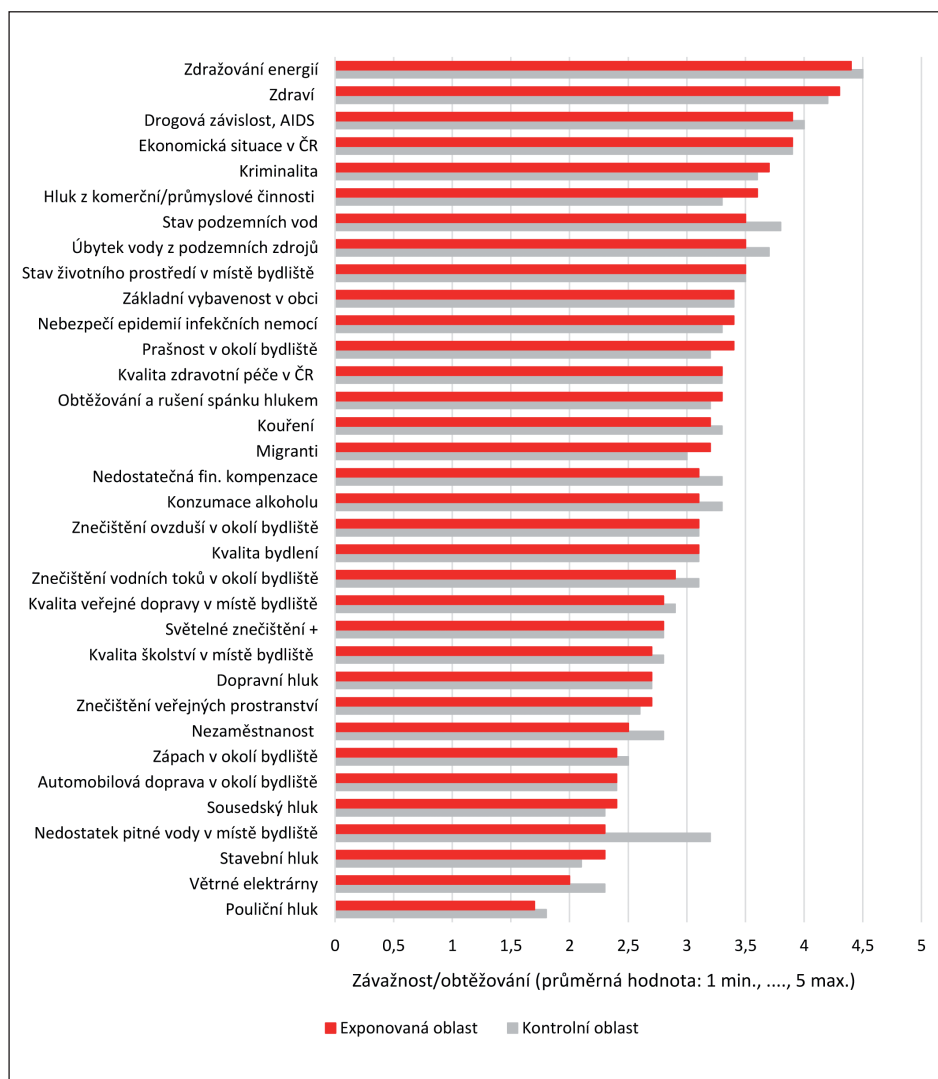
% odpovědi 4 a 5 na škále 1–5 (1 = není problém, ..., 5 = závažný problém), IS – interval spolehlivosti, + otázka až v 2. šetření (n = 33/21), *chi-kvadrát test pro dva výběry, statisticky významné rozdíly jsou vyznačeny tučně

osob rušených ve spánku. Ze 113 dotazníků byly do výpočtu zahrnuty n = 43 odpovědi, které označily rušení spánku stupněm 4 a 5 na stupnici 1–5, což se považuje za vysoké rušení. Výpočet byl vztažen k počtu odpovědí respondentů dané obce Uhelná n = 3 z 16 dotazníků, Oldřichov na Hranicích n = 24 ze 43 dotazníků a Václavice n = 20 z 54 dotazníků. Odpovědi byly vztaženy k parametru HSD (vysoké rušení spánku) zaokrouhlenému na celé číslo, takže danému číslu mohlo odpovídat více odpovědí. Tento přístup byl zvolen z důvodu lepší přehlednosti prezentovaných výsledků.

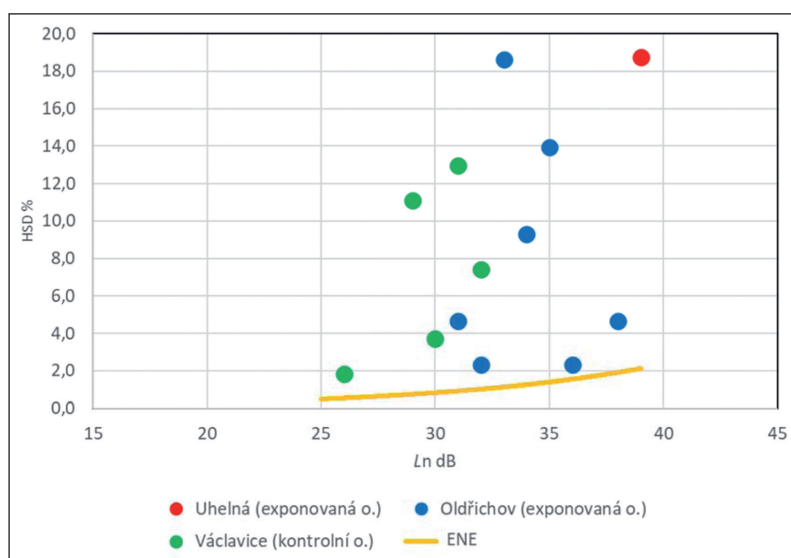
Výsledky pro jednotlivé obce a jejich porovnání s ERF jsou graficky zobrazeny na obr. 9, kde ENE je označení křivky ERF (4). Odpovědi ukazují při stejných hladinách hluku $L_{Aeq,T}$ (dB) na výrazně vyšší subjektivní rušení spánku hlukem z důlní činnosti povrchového dolu než u běžných průmyslových zdrojů hluku.

Diskuse

Vztah mezi obtěžováním hlukem, rušením spánku a naměřenými nebo modelovanými hodnotami hluko-



Obr. 8: Pořadí vnímání závažnosti obecných problémů a míry obtěžování problémy životního prostředí (seřazeno dle exponované oblasti). + otázka až v 2. šetření



Obr. 9: Vysoké rušení spánku hlukem z provozu povrchového dolu Turón.

ENE je označení křivky ERF (4), HSD je vysoké rušení spánku, L_n je A-vážená dlouhodobá průměrná hladina akustického tlaku podle ISO 1996-2 stanovená po celou noční dobu roku.

vé zátěže se nepodařilo jednoznačně prokázat a sestavit ERF. Rušení spánku je indikátor, který představuje subjektivní hodnocení (2, 4). Proto i naše výsledky vykazují velkou variabilitu. Dalším faktorem pro nejednoznačné výsledky je i fakt, že zdroj hluku je sice obtěžující, ale

z akustického hlediska ne tak výrazný, aby jeho hodnocení bylo zřetelnější a jednoznačnější. Vypočtené hodnoty L_n v adresních bodech nepřekračovaly hodnotu 40 dB. Výsledky socioakustických studií nejsou závislé jenom na akumulované expozici hluku, ale také na různých

dalších faktorech jako je maximální úroveň hluku, expoziční vzorec, spektrum hluku (16).

V naší studii předpokládán vyšší podíl nízkofrekvenčního hluku ze sledovaného zdroje, který by přímo spojil průmyslový zdroj hluku a obtěžování obyvatel, nebyl zjištěn. Ani v objektech, kde si lidé přímo stěžovali na typické projevy nízkofrekvenčního hluku (dunění, hučení apod.), nebyl prokázán vyšší podíl nízkofrekvenční složky akustického signálu. Zde se projevují psychologické účinky, jaké může dlouhodobá hluková zátěž představovat, a ty mohou souviset s emoční/postojovou odpovědí (hněv na expozici a negativní hodnocení zdroje hluku) (17).

Švédská studie (18), která se týkala hluku z větrných turbín, zjistila, že respondenti udávají vyšší míru obtěžování než současně uváděné ER vztahy pro dopravní hluk, který je v současné době nejvíce prozkoumaným zdrojem a zároveň se jeho dopad týká největší části populace. Neočekávaně vysoká proporce obtěžování může být dána vizuální interferencí ovlivňující obtěžování hlukem.

K podobným vedlejším vlivům na vnímání obtěžování nebo rušení hlukem potvrdila další švédská studie (19), která se rovněž zabývala hlukem z větrných elektráren až do hodnot 46 dB s průměrem 35,6 (SD = 7,4), avšak vztah mezi hlukovou zátěží a zvýšenou prevalencí rušení spánku nebyl potvrzen. Spánek byl ovlivněn jinými faktory, např. užíváním léků na spaní, zdravotními problémy, spotřebou kofeinu nebo rušením blikajících světél na větrných turbínách.

Použitá metodika Miedema and Vos (20) pro výpočet ERF křivky je stále aktuální, avšak její výpočet je založen na míře obtěžování obyvatel celodenním leteckým hlukem a vysokými hodnotami naměřené hlukové zátěže. V naší studii byla reálná hluková zátěž měřena pouze v noční době ze dvou důvodů – aby bylo možno „odfiltrovat“ míru obtěžování jinými zdroji hluku, a také aby bylo možno měření přímo propojit s rušením spánku.

Naměřené nízké hodnoty hluku v naší studii mohou být zdrojem inkonzistence ER. Studie (17) zjistila systematicky spojenou úroveň zvuku (sounds) větrné turbíny s obtěžováním hlukem, dokonce na úrovních pod 40 dB L_{den} . Avšak vztah exposure-response mezi úrovněmi hluku a % obtěžování je předmětem nekonzistence mezi studiemi (17). Jisté omezení představuje i fakt, že v současnosti je odhadován malý počet lidí exponovaných průmyslovému hluku (4).

Neexistuje žádná univerzální přijatá definice vysoké míry obtěžování nebo standardizovaný způsob jejího měření; nejčastějším způsobem je zjišťování obtěžování hlukem na 5stupňové Likertově škále a za vysokou míru obtěžování jsou považovány 2 horní kategorie škály (16). Tato metoda byla využita i v našem šetření.

Výsledky šetření mohou být ovlivněny metodou zjišťování, kdy rozdílné výsledky byly zjištěny ve studii Miller et al. (21), jež prokázala mnohem vyšší podíl obtěžovaných při použití tištěné formy dotazníků než jiné metody (telefonický kontakt). V našem případě byla použita metoda dotazníkového šetření, ale nízká návratnost v naší studii byla dalším problémem při stanovení ER.

Socioakustická studie v Atlantě (22) zkoušela různé strategie distribuce a sběru dotazníků s ohledem na

návratnost (dosáhli 11,4 %). Mírné zvýšení návratnosti (cca o 2%) bylo zjištěno při personalizované poštovní adrese, vložení symbolické odměny (USD 2) do obálky s dotazníkem a opakované oslovení. V naší studii byly užity ještě další způsoby propagace a podpory návratnosti, návratnost přesto zůstala podobná jako ve studii Smith a kol. (22). Žádoucí zvýšení počtu respondentů naráželo na problém, že v dotčených obcích více obyvatel není. Malý vzorek osob byl rovněž z důvodu neochoty zapojit se do dotazníkového šetření, a to i přes intervenci prostřednictvím města Hrádku nad Nisou. Výběr jiné vhodné lokality na území České republiky je problematický vzhledem k zátěži obytného území i dalšími významnými zdroji hluku – dopravním hlukem a hlukem z jiných průmyslových areálů. Námi zvolená lokalita části obce Hrádek nad Nisou je v tomto ohledu unikátní, protože dílčími měřeními bylo prokázáno, že hluk z provozu dolu Turów převažuje nad specifickými zdroji hluku pozadí (větrný park Václavice, silniční doprava po komunikaci Bogatynia-Sieniawka, silnice I/35, průmyslová zóna Oldřichov na Hranicích). Značným problémem je poměrně vysoký rozdíl mezi hladinami L_n z provozu dolu a významné kolísání hluku. Tyto vlastnosti akustického signálu mohou mít vliv na vyšší subjektivní hodnocení rušení spánku.

V naší studii byla zapojeným účastníkům vyplácena odměna navzdory faktu, že odměny za účast ve studii mohou být zdrojem bias ve výsledcích tím, že více osloví osoby s nižším socioekonomickým statutem (23) a nízký socioekonomický status je spojen s vyšší úrovní obtěžování hlukem (17).

Míra obtěžování se mezi různými studiemi také může lišit podle proporce respondentů s/bez tiché fasády na domě (17).

V porovnání závažnosti vnímání obtěžování a rušení hlukem v rámci obecných problémů představoval hluk až šestý z hodnocených problémů podle závažnosti. Pořadí, váha a význam, jaké respondenti připisovali vnímání obecných problémů, mohly být ovlivněny mimo jiné i pandemií covidu-19 (24).

Závěry

Výsledky naznačují, že i přes relativně nízké hodnoty hlukové zátěže se v exponované oblasti vyskytoval vyšší podíl lidí významně rušených hlukem z průmyslové činnosti. V případě expozice hluku z povrchových dolů při porovnání s publikovanými ERF pro průmyslové zdroje hluku je možné očekávat vyšší subjektivní rušení spánku, a to i u osob exponovaných podlimitním hlukem.

Poděkování:

Tento příspěvek je financován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život, řešení projektu č. SS05010044 „Metodika hodnocení vztahu expozice-odezva osob exponovaných v životním prostředí hlukem z důlní činnosti“.

Střet zájmů: žádný.

ORCID:

Dana Potužníková <https://orcid.org/0000-0002-1712-0418>

Tomáš Hellmuth <https://orcid.org/0000-0003-0828-5779>

David Kresl <https://orcid.org/0000-0001-6177-5115>

Pavel Junek <https://orcid.org/0000-0001-5862-7197>
 Šlachťová Hana <https://orcid.org/0000-0001-7939-8899>
 Stanovská Markéta <https://orcid.org/0009-0004-6593-7889>
 Tomášková Hana <http://orcid.org/0000-0002-9608-1276>

LITERATURA

1. Silva Lúcia T. Environmental quality health index for cities. *Habitat Int.* 2015 Jan;45(Part) 1:29-35.
2. Burden of Disease from Environmental Noise - Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2011.
3. Li A, Martino E, Mansour A, Bentley R. Environmental noise exposure and mental health: evidence from a population-based longitudinal study. *Am J Prev Med.* 2022 Aug;63(2):e39-e48.
4. European. Environment Agency. Environmental noise in Europe - 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2020.
5. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Off J Eur Communities.* 2002;45(L189):12-25.
6. Donoghue AM. Occupational health hazards in mining: an overview. *Occup Med (Lond).* 2004 Aug;54(5):283-9.
7. Guski R, Felscher-Suhr U, Schuemer R. The concept of noise annoyance: How international experts see it. *J Sound Vib.* 1999 Jun;223(4):513-27.
8. ISO/TS 15666:2021 Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. 2nd ed. Stockholm: ISO; 2021.
9. Junek P, Potužníková D, Hellmuth T, Píša L, Kučera I. Nízko-frekvenční hluk z venkovní produkce hudby a jeho vliv na zdraví nezúčastněných osob v okolí. *Hygiena.* 2011;56(1):11-7.
10. Schust M. Effects of low frequency noise up to 100 Hz. *Noise Health.* 2004 Apr-Jun;6(23):73-85.
11. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. *Věstník MZ ČR.* 2017;částka 11:2-35.
12. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. *Věstník MZ ČR.* 2023;částka 14:40-98.
13. Nařízení vlády č. 241 ze dne 3. října 2018, kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění nařízení vlády č. 217/2016 Sb. *Sbírka zákonů ČR.* 2018;částka 121:4162.
14. Nařízení vlády č. 433 ze dne 7. prosince 2022, kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. *Sbírka zákonů ČR.* 2022;částka 196:5202-4.
15. Monitoring hluku z dolu KWB Turów v roce 2020 - závěrečná zpráva. Ostrava: NRL pro komunální hluk Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě; 2021.
16. Gjestland T. Measuring community response to noise-factors affecting the results of annoyance surveys. *Int J Environ Res Public Health.* 2024 Mar 29;21(4):420. doi: 10.3390/ijerph21040420.
17. Guski R, Schreckenber D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Dec 8;14(12):1539. doi: 10.3390/ijerph14121539.
18. Pedersen E, Waye KP. Perception and annoyance due to wind turbine noise--a dose-response relationship. *J Acoust Soc Am.* 2004 Dec;116(6):3460-70.
19. Michaud DS, Feder K, Keith SE, Voicescu SA, Marro L, Than J, et al. Effects of wind turbine noise on self-reported and objective measures of sleep. *Sleep.* 2016 Jan 1;39(1):97-109.
20. Miedema HM, Vos H. Noise annoyance from stationary sources: relationships with exposure metric day-evening-night level (DENL) and their confidence intervals. *J Acoust Soc Am.* 2004 Jul;116(1):334-43.
21. Miller NP, Czech JJ, Hellauer KM, Nicholas BL, Lohr S, Jodts E, et al. Analysis of the Neighborhood Environmental Survey [Internet]. Washington, DC: U.S. Department of Transportation; 2021 [cited 2024 Dec 2]. Available from: <https://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Safety-Papers-Publications/Airport-Safety-Detail/tc-21-4-analysis-of-nes>.
22. Smith MG, Witte M, Rocha S, Basner M. Effectiveness of incentives and follow-up on increasing survey response rates and participation in field studies. *BMC Med Res Methodol.* 2019 Dec 5;19(1):230. doi: 10.1186/s12874-019-0868-8.
23. Knoll M, Soller L, Ben-Shoshan M, Harrington D, Fragapane J, Joseph L, et al. The use of incentives in vulnerable populations for a telephone survey: a randomized controlled trial. *BMC Res Notes.* 2012 Oct 19;5:572. doi: 10.1186/1756-0500-5-572.
24. Carson RT, Hanemann M, Köhlin G, Adamowicz W, Sterner T, Amuakwa-Mensah F, et al. Perceptions of the seriousness of major public health problems during the COVID-19 pandemic in seven middle-income countries. *Commun Med (Lond).* 2023 Dec 21;3(1):193. doi: 10.1038/s43856-023-00377-8.

Došlo do redakce: 29. 10. 2024

Přijato k tisku: 2. 12. 2024

*Ing. Dana Potužníková, Ph.D.
 Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě
 Tvardkova 1191*

562 01 Ústí nad Orlicí

Česká republika

E-mail: dana.potuznikova@zuova.cz