

628.33:614.8:628.517.2

VYHODNOCENÍ HLUKOVÉ SITUACE ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD A NÁVRH PROTIHLUKOVÝCH OPATŘENÍ

Pplk. MUDr. Ivo KRÝSA, ing. Václav STUCHLÍK

Zdravotnické oddělení Posádkové správy, Praha (vedoucí: pplk. MUDr. Jan Strunecký)
Institut hygieny a epidemiologie, Praha (ředitel: prof. MUDr. František Janda, DrSc.)

Životní prostředí vytvářené ve vzájemném působení objektivních komponent je v současném moderním životě člověka denaturováno řadou faktorů. Jedním z nejzávažnějších je hluk.

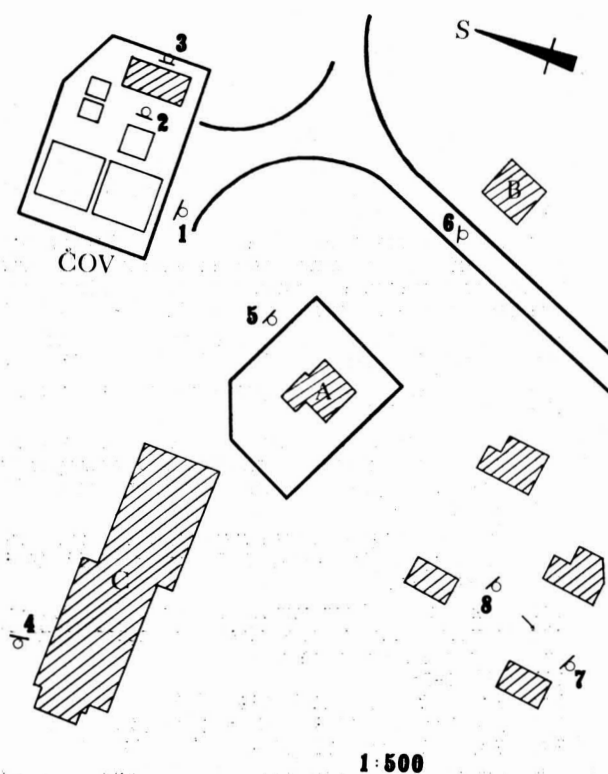
Boj proti hluku se stává v poslední době vážným hygienickým problémem (1, 10). Nepříznivý vliv na zdraví člověka je uváděn již velmi dávno. Vysoké procento obyvatelstva, zejména v civilizovaných zemích, však stále trpí škodlivými účinky hluku, mnohem vyšší počet lidí je ohrožován hlukem v pracovním procesu (6, 8). Nadměrně hlučná jsou nejen velkoměsta, ale i menší města a vesnice jsou s rostoucí technizací a mechanizací značně hlučná. V městech

je nejdůležitějším komunálně hygienickým problémem dopravní hluk, v poslední době i přibývajícím hluk letecký (11). Mimo to jde dále o hluk působený stavební činností a provozem různých zařízení.

Mezi takováto zařízení mohou patřit i zařízení jinak z hlediska komunální hygieny zásadního významu, jako jsou např. čistírny odpadních vod. S tímto problémem jsme se setkali v terénní praxi a museli jsme jej řešit.

Metodika

Posuzovaná čistírna odpadních vod (dále ČOV) slouží k čištění veškerých odpadních vod



Obr. 1 Situační skica

z areálu rekreačního zařízení. Čištění je mechanicko-biologické. Mechanické čištění představuje ručně stíratelná česla včetně žlabu a hřebel. Biologické čištění sestává ze dvou aktivních nádrží s provzdušňovacími turbínami BSK Gigant-Sigma Norm. a dvou čtvercových vertikálních dosazovacích nádrží (14). Z hlediska hlučnosti celého zařízení, resp. souboru ČOV, je možno za dominantní zdroj hluku označit „biologické čištění“, a to především díky nepřetržité činnosti jedné nebo obou provzdušňovacích turbín.

V okolí ČOV je situováno několik rekreačních objektů chatového charakteru. Nejbližší k hranici pozemku ČOV je chata označená v situační skice na obr. č. 1 písmenem A, která má obvodový plášť ve vzdálenosti cca 32 m od hranice pozemku ČOV. Chata, jež je označena písmenem B, je vzdálená cca 50 m od hranice pozemku ČOV. Ve směru proti proudu jezera je na břehu umístěn rozsáhlejší objekt Jachetního oddílu (C). Okolí ČOV je v mírném svahu a osázeno rozvolněnou zelení, která má vesměs v bezprostředním okolí chat hustší charakter.

Jako základní měřicí místo bylo zvoleno referenční stanoviště pro charakterizování hluku samotného zdroje. Vzhledem k tomu, že při měření bylo prokázáno, že dominantním zdrojem hluku jsou dvě aktivní nádrže s provzdušňovacími turbínami typu BSK Gigant-Sigma Norm, bylo zvoleno referenční stanoviště — v obr. č. 1. označeno polohou měřicího mikrofonu č. 1 — v ose obou nádrží a ve vzdálenosti cca 10 m od středu bližšího čeridla.

Měřicí stanoviště č. 2 bylo zvoleno před středem obslužného objektu, 2 m před jeho obvodovým pláštěm, tj. cca ve vzdálenosti 13 m od osy nádrží.

Měřicí stanoviště č. 3 bylo zvoleno za obslužným objektem, a to ve vzdálenosti 1,5 m od jeho obvodového pláště vzhledem k oplocení objektu. Toto měřicí stanoviště je zvoleno jako orientační a kontrolní a umožňuje posoudit vliv stínění neprůzvučnou překázkou, a to porovnáním se situací na měřicím stanovišti č. 2.

Měřicí stanoviště č. 4 bylo zvoleno cca 5 m před obvodovým pláštěm objektu Jachetního oddílu, a to v ose vchodu do budovy. Tato volba byla provedena z toho důvodu, že v části objektu blíže k ČOV je pouze technicko-hospodářská část a ve vzdálenější části, tj. cca na úrovni měřicího stanoviště č. 4, jsou situovány obytné prostory.

Měřicí stanoviště č. 5. bylo zvoleno na nejbližší hranici pozemku od ČOV chaty, označené A. Hladiny hluku zde zjištěné charakterizují hlukovou situaci vnějšího prostředí tohoto rekreačního objektu.

Měřicí stanoviště č. 6 bylo zvoleno na hranici pozemku u vchodové branky plotu zahrady z komunikace chaty označené B. Hladiny hluku zde zjištěné charakterizují hlukovou situaci vnějšího prostředí tohoto rekreačního objektu.

Měřicí stanoviště č. 7. bylo zvoleno na bližším okraji parkoviště u nákupního střediska. Toto měřicí stanoviště bylo nejbližším, které bylo hodnoceno, a to z toho důvodu, že subjektivně zde hodnocené hladiny hluku provozu provzdušňovacích turbín byly prakticky maskovány hlukem pozadí, resp. hlukem ze vzdálené komunikace.

Měřicí stanoviště č. 8 bylo zvoleno cca ve středu mezi čtyřmi chatami pod parkovištěm. Na tomto měřicím stanovišti jsme předpokládali nižší hladiny hluku pozadí než na stanovišti č. 7, což by umožnilo vyhodnotit hluk atakující tento prostor z ČOV.

Měření hluku generovaného technologickým zařízením ČOV bylo provedeno v soulase s Hygienickým předpisem sv. 37/1977 MZd ČSR (7). Pro měření byla použita zvukoměrná aparatura dánské firmy Brüel a Kjaer. Měřicí kondenzátorový mikrofón typu 4145 byl umístěn na stativu ve výšce 1,5 m nad zemí a orientován osou nejvyšší citlivosti směrem ke zdroji hluku. Elektrický signál z mikrofónu byl mikrofónním kabelem veden na vstup přesného impulsního zvukoměru typu 2209, který byl pro účely spektrálních analýz doplněn oktávovými filtry typu 1613. Pro účely statistických vyhodnocení proměnného hluku v jednotlivých hladinových pásmech, resp. vyhodnocení ekvivalentní hladiny hluku L_{eq} , resp. vyhodnocení N-procentních hladin hluku L_N , tj. L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , a L_{99} byl použit hladinový analyzátor a statistický vyhodnocovač typu 4426. Tento analyzátor byl buzen elektrickým výstupním

signálem ze zvukoměru pro složitější měření a analýzy (na měřicím stanovišti č. 1). Na ostatních měřicích místech, kde byly zjišťovány pouze hladiny hluku A, byl analyzátor buzen přímo z měřicího kondenzátorového mikrofonu typu 4145 opět pomocí mikrofonního kabelu. Při měření byly všechny uvedené přístroje napájeny z akumulátorových baterií. Před měřeními, v jeho průběhu a po skončení měření byly měřicí přístroje cejchovány akustickým kalibrátorem typu 4230 (3, 4, 5). Atmosférické podmínky (teplota, vlhkost, rychlost větru) splňovaly při měření předepsané podmínky (2, 7, 13), a nebylo nutné naměřené hodnoty korigovat.

Výsledky a diskuse

Na měřicím místě č. 1, tj. ve vzdálenosti cca 10 m od středu bližšího motoru čerpiče v jejich ose — viz obr. č. 1 — bylo provedeno vyhodnocení hluku ČOV jako zdroje pro jeho okolí. Je nutno konstatovat, že vlastní turbíny s pohonem elektrickým motorem s převodovkou generují relativně nízké hladiny hluku oproti hluku hydrodynamickému, tj. hluku vířící vody. Mechanicky buzený hluk hnacího motoru a převodovky je maskován hlukem vířené kapaliny. Na tomto měřicím místě byly zjišťovány hladiny hluku při různých stavech funkční činnosti provzdušňovacích turbín.

Z naměřených výsledků (9) je zřejmé, že díky spektrálnímu složení generovaného hluku je rozdíl mezi ekvivalentními hladinami akustického tlaku — označenými v dB (Lin) — a ekvivalentními hladinami hluku A — označenými v dB (A) při různých druzích činnosti 0,9–2,4 dB.

Z rozložení hluku v čase je zřejmé, že prakticky jde o ustálený hluk; hladiny hluku A dosahují rozptylu mezi L_1 a L_{99} , nejvíce 1,5 dB (A). Hladiny akustického tlaku dosahují sice rozptylu mezi L_1 a L_{99} , nejvíce 4,5 dB (Lin), avšak z měření se ukázalo, že se vyskytovaly hladiny v pásmech 68–74 dB/Lin, tj. s dynamikou vyšší než 5 dB. Je proto žádoucí veškeré hladiny hluku, generované zařízením ČOV, hodnotit pomocí ekvivalentních hladin hluku.

V měřicím místě č. 1 byly zjištěny nejvyšší hladiny hluku A při činnostech obou turbín v aktivačních nádržích současně, a to:

- při normálním chodu $L_{Aeq} = 67,5$ dB (A)
- při reverzním chodu $L_{Aeq} = 67,8$ dB (A).

Neuvažujeme-li za nejtišší režim situaci, kdy jsou obě turbíny vypnuty, bylo dosaženo nejtišší situace v měřicím místě č. 1 při vypnutí přední turbíny a vzdálenější turbíny spuštěné na reverzní chod — naměřeno 60,9 dB (A), což je prakticky o 7 dB (A) méně než při spuštěných obou turbínách. Toto významné snížení hladin hluku A je způsobeno jednak polovičním vyzařovaným akustickým výkonem, ale zejména vzájemným situováním měřicího místa a zdroje hluku.

Jak již bylo uvedeno, hluk vyzařovaný činností turbín ve dvou dosazovacích nádržích je hlukem ustáleným ve smyslu jeho definice. Pro posouzení možnosti jeho šíření do okolí je nutno znát frekvenční složení tohoto akustického signálu. Proto byla na měřicím stanovišti č. 1 provedena spektrální oktavová analýza pro situaci obou turbín v činnosti na normální chod. Oktavové složky signálu — zejména v jeho nízkotónové oblasti, nemají charakter ustáleného hluku, a jsou proto v dalším vyhodnoceny pomocí ekvivalentních hladin akustického tlaku (tab. 1).

Tab. 1

Ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro střední kmitočty oktavového pásma

Střední kmitočet oktavového pásma (Hz)	Ekvivalentní hladina akustického tlaku v oktavovém pásmu (dB)
31,5	52,8
63	52,0
125	53,8
250	62,5
500	63,7
1000	64,0
2000	62,0
4000	56,0
8000	47,9
16000	33,6
31500	26,0

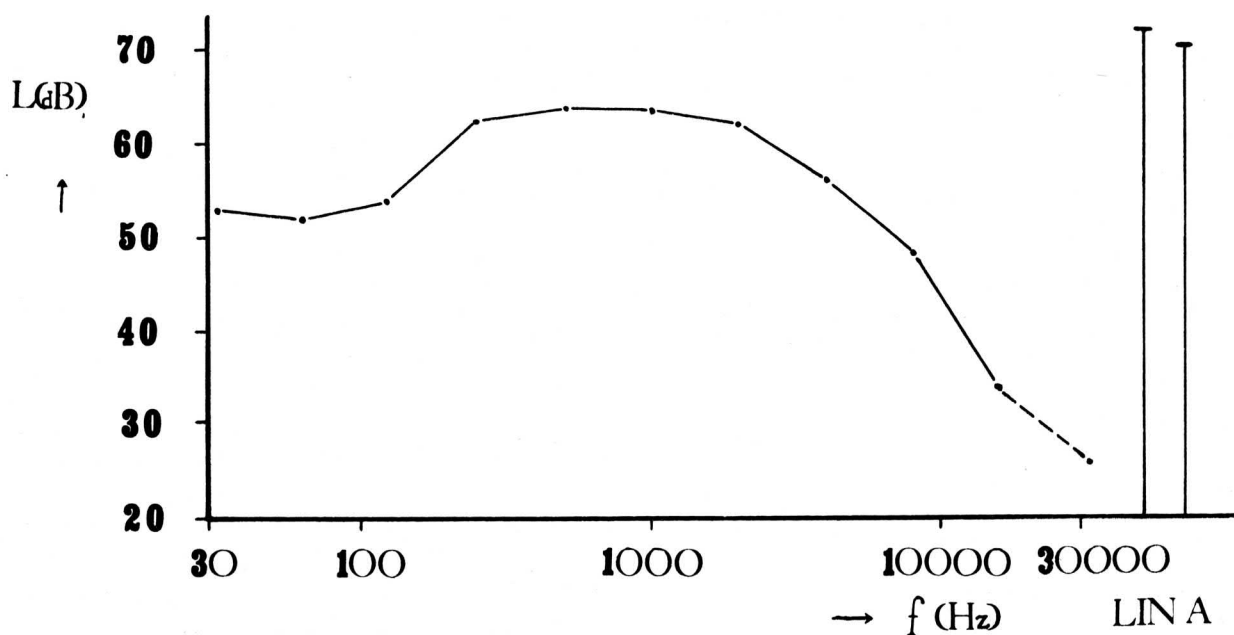
Spektrum hluku provzdušňovacích turbín je graficky znázorněno na obr. č. 2. Z uvedeného spektra je zřejmé, že posuzovaný hluk je hlukem širokopásmovým, bez významných tónových složek, a že převážná část akustické energie je vyzařována v pásmu od nejnižších kmitočtů do asi 5–8000 Hz, přičemž nejvíce akustické energie je soustředěno v pásmu 250 až 2000 Hz, tj. právě v té oblasti, kde je lidský sluch nejcitlivější.

Měření provedená na měřicím stanovišti č. 2 a 3 prokázala, že takto provedená „překážka“ odstíní hluk turbín tak, že se za překážkou sníží ekvivalentní hladina hluku A prakticky o 20 dB (A). Je však nutno počítat s tím, že pro vzdálenější místa od překážky bude účinnost vlastní akustické clony nižší než 20 dB (A) v ekvivalentní hladině hluku (12).

Měřicí místo č. 4 vykazuje ekvivalentní hladinu hluku A, vyvolanou chodem obou turbín 46,6 dB (A).

Měřicí místo č. 5 vykazuje ekvivalentní hladinu hluku A, vyvolanou chodem turbín 54,3 dB (A).

Měřicí místo č. 6 vykazuje ekvivalentní hladinu hluku A, vyvolanou chodem turbín 53,4 dB (A).



Obr. 2 Spektrum hluku proudzdušňovacích turbín

Měřicí místo č. 7 vykazuje ekvivalentní hladinu hluku A 42,6 dB [A]. Tato hodnota byla zjištěna při normálním chodu turbín, avšak ekvivalentní hladina hluku 42,6 dB [A], zde změřená, byla vlastně hlukem pozadí s ohledem na základní zdroj ČOV, neboť tento zcela nezanikal (byl maskován) v hluku vzdáleného automobilového provozu či možná zemědělského stroje.

Měřicí místo v č. 8 bylo hodnoceno nejprve tak, že zde není z hluku pozadí sluchem rozeznatelný hluk turbín ČOV. Naměřená ekvivalentní hladina hluku A, o hodnotě 37,8 dB [A], je v zásadě rovněž hladinou hluku pozadí, vyvolanou jinou činností, ve vzdálenějším okolí než ČOV.

Závěry

Z dosud uvedeného vyplývá, že měřením provedeným v posuzované lokalitě bylo prokázáno, že při činnosti obou čerčících turbín ČOV bude:

1. před rekreačním objektem A dosažena ekvivalentní hladina hluku 54,3 dB [A] — neboli překročen požadavek vyhlášky č. 13/1977 Sb., pro noční dobu o 19,3 dB [A];
2. před rekreačním objektem B dosažena ekvivalentní hladina hluku 53,4 dB [A] — neboli překročen požadavek vyhlášky č. 13/1977 Sb., pro noční dobu o 18,4 dB [A];
3. před vchodem do Jachetního oddílu dosažena ekvivalentní hladina hluku 46,6 dB [A] — neboli překročen požadavek vyhlášky č. 13/1977 Sb., pro noční dobu o 11,6 dB [A].

Při činnosti pouze jedné čerčící turbíny je možno očekávat skutečné ekvivalentní hladiny hluku A o 1-3 dB [A] nižší než při provozu obou turbín.

Vzhledem k tomu, že nelze z různých důvodů realizovat ani organizační opatření, ani opatření na vlastním zdroji hluku [9], ukazuje se jako jediné možné řešení, omezující působení hluku na okolí — opatření na cestě šíření hluku od zdroje do chráněných míst či prostorů [12]. Z hlediska finančního, časového a v neposlední řadě i estetického je toho možno dosáhnout instalací pevné zvukoizolační překážky v bezprostřední blízkosti dosazovacích nádrží. Pokud by byla bariéra tvořena např. cihlovou zdí s dostatečnou zvukovou neprůzvučností, bylo by možno očekávat ve větší vzdálenosti za bariérou nejvýše snížení hladiny hluku do 10 dB [A] i při značné výšce bariéry. To je způsobeno ohybem zvukových vln zejména větších vlnových délek za překážkou [12, 13]. Z obr. č. 2 je zřejmé, že ve spektru hluku generovaného chodem turbín v dosazovacích nádržích je v hlubokotónové oblasti značná část akustické energie. Z toho důvodu je zřejmé, že jednoduchá bariéra ve formě svislé zdi nevyřeší danou situaci.

Bylo proto doporučeno [9] realizovat bariéru v co největší blízkosti dosazovacích nádrží, a to formou cihlové zdi po obvodu nádrží. Tato obvodová zeď může mít minimální potřebnou výšku, avšak musí být v celé půdorysné ploše nádrží zastřešena rovněž hmotnou konstrukcí. V žádné stěně, přivrácené k chráněnému prostoru, nesmí být ve stěně žádný otvor, kromě západní stěny, kde by mohly být umístěny dveře pro přístup obsluhy do objektu. Při tomto řešení je možno dosáhnout podle typu zdiva a střešní konstrukce zvukové neprůzvučnosti 35–50 dB [A], při dodržení shora uvedených zásad, což splňuje s rezervou požadavky na ochranu okolní rekreační zástavby [7]. Takovýto uzavřený objekt umístěný nad dosazovací-

mi nádržemi, by pravděpodobně mohl vyřešit i otázku případného zamrzání nádrží v zimě při zastavení turbín a měl by i příznivý vliv na kvalitu čisticího procesu v chladném klimatickém období.

Souhrn

Autoři vyhodnotili hlukovou situaci ČOV a navrhuji možné řešení omezení působení hluku ČOV na okolní prostředí. Z naměřených hodnot se ukázalo, že hluk vyzařovaný činností turbín ve dvou dosazovacích nádržích ČOV je hlukem ustáleným a dosahuje hladin vyšších, nežli připouští vyhláška MZd ČSR č. 13/1977 Sb. pro danou oblast. Je tedy hluková situace v okolí ČOV v místech měření naprosto nevyhovující. Pokud se týče možného řešení, bylo navrženo realizovat bariéru v co největší blízkosti dosazovacích nádrží formou velmi hmotných zdí po obvodu nádrží. Obvodová zeď může mít minimální potřebnou výšku, avšak musí být v celé půdorysné ploše nádrží zastřešena rovněž hmotnou konstrukcí. Při tomto řešení je možno dosáhnout zvukové neprůzvučnosti 35–50 dB [A].

Literatura

1. Berka, I.: Hluk — hrozba 20. století. *Bezp. a hyg. práce* 1970, 20, č. 7, s. 148–9.
2. ČSN 011603. Metody měření hluku.
3. ČSN 356870 Zvukoměry.
4. ČSN 011600 Názvosloví akustiky.
5. ČSN 011304 Veličiny, jednotky a značky v akustice.
6. Havránek, J.: Literární studie o hluku, 1972, IHE.
7. Hygienické předpisy ministerstva zdravotnictví ČSR, svazek 37/1977.
8. Karagodina, I. L. a spoluprac.: *Gorodskie a žilično-komunalnye šumy i borba s nimi*. Moskva, Medicína 1964.
9. Krýsa, I.: Vyhodnocení hlukové situace čistírny odpadních vod rekreačního zařízení Měřín (Atestační práce), Praha, IHE 1979.
10. Krýsa, I. a spoluprac.: Vliv krátkodobé hlukové zátěže simulované dopravním hlukem na některé psychické funkce u personálu letištního dispečerského pracoviště. *Voj. zdrav. listy*, 1977, 46, č. 5, s. 174–182.
11. Kubík, J.: Hluk a jeho význam pro zdraví obyvatelstva z hlediska hygienika. *Prac. Lék.*, 1960, 40, č. 19, s. 897–900.
12. Němec, J. a spoluprac.: Hluk a jeho snižování v technické praxi. Praha, SNTL 1970, s. 340.
13. Smetana, C.: Měření hluku a chvění. Praha, SNTL 1974, s. 212.
14. Zkušební manipulační a provozní řád ČOV Měřín. VPÚ Praha, ateliér 5, č. zak. VPÚ 541/1–21, datum dokončení 09 1978.