

**VYBRANÁ ZDRAVOTNÍ RIZIKA V PRÁCI HASIČŮ****SELECTED DISEASE RISKS TO FIREFIGHTERS**

Petr KOŽENÝ, Zdeněk HON  
petr.kozeny@pak.izscr.cz

**Abstract**

*According to the several foreign studies firefighters as a professional group have a higher risk of getting more serious diseases comparing with the rest of the population. Etiological factor which differentiates firefighters from the other emergency services is to fire-fight and to be exposed to the fire fumes. The aim of this study is to introduce complex information about the risk factors related to the exposure of the fire fumes including up-to-date epidemiological data with focus on cancer and cardiovascular diseases among the firefighters. Conclusion of The study also highlights several factors which may distort the results of the exposure assessment and conclusions of the epidemiological studies.*

**Key words**

*Exposure, cancer, cardiovascular disease, firefighters, combustion products.*

**ÚVOD**

Protipožární opatření jsou nepostradatelnou součástí civilní ochrany ve většině zemí, stejně tak i v České republice. Povolání hasiče vykonávají lidé s vůlí a cílem chránit životy, zdraví a majetek ostatních. Je dobře známo, že pracovní prostředí hasičů může být extrémní, a to vyvolává velký tlak na jednotlivce. Být hasičem je pro mnohé určitým životním stylem a je to často povolání celoživotní, které může být spojováno s výskytem některých nemocí z povolání. Vystavení hasičů vysokým teplotám, zplodinám hoření nebo zásah v komplikovaném a stresovém prostředí může být příčinou traumat, úmrtí nebo patologických změn organismu. Některé výzkumy naznačují, že riziko výskytu některých závažných onemocnění je u hasičů vyšší než u obecné populace a může úzce souviset s expozicí zplodinám hoření a zdoláváním požárů [1-11]. Přestože jsou hasiči v posledních desetiletích spíše vnímáni jako univerzální záchranáři, je boj proti požárům symbolickou činností, která je historicky odlišuje od ostatních záchranných složek nebo profesních skupin.

Podle některých výzkumů může vést pracovní činnost hasičů nejen k rakovině a kardiovaskulárním chorobám, ale i k dalším zdravotním problémům, jako jsou poruchy plodnosti, astma nebo alergie [12-15]. Nikdo z hasičů nemůže přesně vědět, kterým látkám nebo kombinacím látek bude během svého profesního života vystaven a jaké zdravotní následky může tato expozice vyvolat. Kontext je složitý, jelikož mnoho různých faktorů funguje v kombinaci a může ovlivňovat zdraví hasičů. Mnoho otázek z této oblasti zůstává nezodpovězených, například jak jsou hasiči ovlivňováni v jejich pracovním prostředí v průběhu času [12].

Co je v současné době známo o morbiditě (nemocnosti) a mortalitě (úmrtnosti) hasičů? Epidemiologické studie se především zaměřují na riziko vzniku nádorových onemocnění a kardiovaskulárních chorob. Každé z těchto onemocnění je specifické a může být výsledkem složité kombinace rizikových faktorů. Etiologické faktory některých onemocnění ale mohou být úzce spojeny s hasičskou profesí, požárním zásahem a expozicí zplodinám hoření [15].

## EXPOZICE ZPLODINÁM HOŘENÍ

Hasiči jsou během svého pracovního života potenciálně vystaveni širokému spektru nebezpečných chemických látek (NCHL) a to hlavně v průběhu požárního zásahu.

Požáry stavebních a konstrukčních hmot, vnitřního vybavení budov nebo dopravních prostředků mohou uvolňovat při tepelném rozkladu stovky různorodých látek a lze jen velmi těžko předpovědět, jak bude tato směs na lidský organismus působit. Až do poloviny 20. století se jako konstrukční a interiérové materiály používaly výhradně přírodní látky (dřevo, kovy, horniny a minerály, sklo), které hoří určitou rychlostí za vzniku v přírodě běžných látek. V posledních desetiletích se však uplatňují produkty petrochemického průmyslu a syntetické materiály. Tyto materiály po vznícení hoří rychleji a za vyšších teplot než materiály přírodní (tradiční). Oběti tak mají méně času na únik ze zasažené oblasti a mohou být s vyšší pravděpodobností exponovány a zneschopněny vdechováním toxických plynů, par a aerosolů. Hasiči mají také méně času na získání kontroly nad požárem [16]. S rostoucím používáním polymerů ve stavebnictví nebo při výrobě zařízení určeného k vybavení interiéru budov roste riziko, že v případě hoření těchto materiálů by se mohlo uvolnit velké množství některých vysoce toxických látek [17-19]. Při požárech tak vzniká „koktejl“ NCHL, jejichž expozice může mít negativní dopad na organismus hasiče [20].

Obecně se pozornost zaměřuje na NCHL, které mají především krátkodobé akutní účinky na lidský organismus, jako je oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), kyanovodík (HCN), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>), chlorovodík (HCl) apod. Všechny typy požárů také uvolňují některé karcinogenní nebo mutagenní látky, včetně benzenu, 1,3-butadienu, formaldehydu, arsenu, azbestu, benzo[a]pyrenu, nebo 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxinu [2]. Mnoho identifikovaných karcinogenů ve zplodinách hoření spadá do skupiny těkavých organických látek (VOC, anglicky: volatile organic compounds). Vyskytují se ve zplodinách hoření syntetických (polymerních) materiálů, ale také tradičních stavebních materiálů nebo výrobků ze dřeva [17]. Bylo zjištěno, že množství různých VOC nalezených v kouři je pozoruhodně podobné. Studie publikovaná v roce 2001 charakterizovala přítomnost VOC ve zplodinách hoření při experimentálních požárech. Z hodnocených 144 VOC jich bylo identifikováno 14, které se nacházely ve vyšších koncentracích při všech experimentálních požárech. Zjištěným VOC dominoval benzen, 1,3-butadien, toluen, naftalen a styren, přičemž benzen byl detekován v nejvyšších koncentracích [17]. Bylo také zjištěno, že při simulovaných požárech budov se uvolňují např. vysoké koncentrace chlorovaných uhlovodíků (polychlorované bifenyls – PCB, dioxiny, benzeny a furany) a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH, anglicky: polyaromatic hydrocarbons) [21].

Dalším rizikovým faktorem je expozice částicemi. Ty do organismu vstupují především jako součást aerosolů, tedy dýchacím ústrojím. Velikost (průměr částic) je rozhodujícím faktorem, který určuje, do kterých partií dýchacího ústrojí částice pronikne a kde dojde k její depozici [16]. V současnosti se proto věnuje zvýšená pozornost částicím v ultrajemném rozsahu (částice menší než 0,1 μm), které byly detekovány v kouři. Expozice ultrajemným částicím může dále zvyšovat negativní zdravotní dopady zplodin hoření [22]. Tyto velmi jemné částice mohou být také transportovány do trávicího traktu a potenciálně distribuovány do tkání. Kombinace malé velikosti, potenciálu pronikat hluboko do dýchacího ústrojí a množství částic, které mohou být vdechnuty, je základem pro obavy o nepříznivých zdravotních účincích. Částice také mohou sloužit jako „nosiče“ pro adsorbované VOC [2].

K průniku NCHL do organismu může dojít především vdechováním. Existují jasné důkazy o chronických a akutních zánětlivých respiračních onemocněních u hasičů [2]. Význam kůže jako místa vstupu nebezpečných látek do organismu je méně jistý. Neporušená kůže a její svrchní vrstva (stratum corneum) je nepropustnou bariérou pro většinu chemických látek. Při požárním zásahu především ve vnitřních prostorách dochází k extrémnímu zatížení hasičů.

Významným způsobem se zvyšuje potivost a teplota pokožky. Ke zvýšení teploty pokožky dochází nejen působením extrémní tělesné námahy, ale také vnějším působením (např. sálavé teplo). Za určitých okolností může dojít ke strukturálním změnám pokožky a zvýšení rychlosti absorpce některých látek vyskytujících se ve zplodinách hoření, kterým jsou hasiči vystaveni. Studie zveřejněná v roce 2014 naznačuje, že PAH vstupují do těla hasiče skrze jejich kůži, přičemž krk je primárním místem expozice a absorpce v důsledku nižší úrovně dermální ochrany, kterou poskytují ochranné kukly pro hasiče [23]. Dermální absorpce je pravděpodobně důležitou expoziční cestou pro PAH nebo PCB. Význam kůže jako expoziční cesty by tedy neměl být u hasičů podceňován [2].

Hodnocení expozice hasičů bylo podpořeno sledováním některých biomarkerů v moči a krvi. Studie uvádějí vysoké hladiny sloučenin podobných dioxinům v krvi hasičů ve srovnání s běžnou populací. Analýzy moči hasičů také zjistily zvýšené hladiny 1-hydroxynaftelenu a 1-hydroxyacenaftenu (převažující metabolity PAH) a indikátorů expozice benzofenonu-3, bisfenolu A, triclosanu a methylparabenu [11]. Studie publikovaná v roce 2017 hodnotila mutageny v moči pomocí Amesova testu u Ottawských hasičů. Po požáru se zvýšilo množství mutagenů v moči v průměru 4násobně ve srovnání před požárním zásahem. Studie dále zjistila 3 až 5násobné zvýšení metabolitů PAH v moči (1-hydroxypyren) po požárním zásahu [24].

Výzkum expozice hasičů NCHL v současné době intenzivně probíhá. Při hodnocení expozice hasičů je nutné mít na paměti, že identifikace a kvantifikace zájmových látek ve zplodinách hoření je značně problematická a může být zatížena velkou nepřesností. Zjištěné koncentrace např. VOC v některých studiích naznačují, že významná část frakce VOC může být naadsorbovaná na pevných částicích a unikat tak analýze v případě, že se hodnotí plynná fáze [2]. Zjištěné koncentrace tak nemusí být reprezentativní a může docházet ke značnému zkeslení. Expozice některým NCHL tedy může být podceňována nebo naopak přeceňována.

## RIZIKO NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ

V poslední době profesní organizace nebo hasičské záchranné sbory po celém světě upozorňují na rostoucí výskyt nádorových onemocnění mezi hasiči [25].

Hasiči podléhají stejným genetickým predispozicím a jsou vystaveni environmentálním faktorům jako obecná populace. Při plnění pracovních povinností jsou dále vystaveni působení fyzikálních, biologických či chemických faktorů a faktorů vyplývajících z vlastní pracovní činnosti. Expozice NCHL mohou být poměrně vysoké, i když obvykle po krátké časové úseky [7]. Kromě výše uvedených rizikových faktorů může u hasičů dojít k narušení cirkadiálního rytmu z důvodu nepravidelné pracovní doby. Nepravidelnou pracovní dobu (práci na směny) zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC, anglicky: International Agency for Research on Cancer) do skupiny 2A - pravděpodobně karcinogenní [2].

Byla publikována celá řada epidemiologických studií hodnotících rizika výskytu nádorových onemocnění mezi hasiči. Hledáním v databázi PubMedu pomocí klíčových slov „Firefighters AND cancer“ se objeví více než 50 epidemiologických studií publikovaných od konce 50. let minulého století do současnosti. Ve většině případů se jedná o analytické studie, kdy převažují studie kohortové. Velká část publikací pochází ze Severní Ameriky, ale výzkum probíhal také v Austrálii, Novém Zélandu, Jižní Koreji, Německu, Francii, Velké Británii, a v zemích severní Evropy.

Publikované studie můžeme rozdělit do tří generací. První generace studií publikovaná od konce 50 let minulého století do přelomu 20. a 21. století zkoumala mortalitu hasičů především v městských hasičských sborech. Byly publikovány zejména kohortové studie, ale výsledky byly nekonzistentní a zvýšené riziko nádorových onemocnění se stalo kontroverzním tématem, zejména v Severní Americe [7]. Druhá generace studií prováděla systematicky

přehled a metaanalýzu studií první generace. Od roku 2010 jsou publikovány studie třetí generace. Jedná se především o velké kohortové studie.

V roce 2006 byla publikována v USA metaanalýza, která hodnotila riziko rakoviny u hasičů. Autoři analyzovali 32 epidemiologických studií tzv. první generace. S výjimkou rakoviny varlat byly hodnoty souhrnného odhadu rizika (SRE, anglicky: summary risk estimate) průměrné. Na základě síly asociace, konzistence a typu studie autoři stanovili pravděpodobné riziko pro mnohočetný myelom SRE 1,53 a interval spolehlivosti 95% (CI, anglicky: confidence interval: 1,21–1,94), non-Hodgkinův lymfom SRE 1,51 (95% CI: 1,31–1,73), rakovinu prostaty SRE 1,28 (95% CI: 1,15–1,43) a rakovinu varlat SRE 2,02 (95% CI: 1,30–3,13). Dále bylo identifikováno osm typů rakoviny (kůže, mozku, konečníku, ústní dutiny a hltanu, žaludku, tlustého střeva, leukémie a maligní melanom), které měly možnou souvislost (asociaci) s hašením požáru [1].

V roce 2007 IARC provedla komplexní přezkoumání karcinogenních rizik u „hasičské“ profese. Na základě omezených důkazů u lidí a nedostatečných důkazů u pokusných zvířat zařadila „pracovní expozici hasičů“ do skupiny 2B - potenciálně (možná) karcinogenní. IARC dospěla k závěru, že hasiči čelí při své činnosti nepříznivým pracovním podmínkám, včetně expozice lidským karcinogenům. Jako nejvýznamnější etiologický faktor pro zvýšené riziko nádorových onemocnění je uváděna expozice některým NHL u požárního zásahu. Pracovní skupina mimo jiné přezkoumala 42 epidemiologických studií tzv. první generace, mezi nimiž byly kohortové studie, studie případů a kontrol (anglicky: case-control study) a deskriptivní studie. Nejvýznamnějším zdrojem dat při hodnocení rizika nádorových onemocnění byly velké kohortové studie. Na základě interní metaanalýzy, konzistence studií, omezených informací o dávce-odpovědi (anglicky: dose-response) v rámci délky zaměstnání, dospěla pracovní skupina k závěru, že nejsilnější důkaz existuje pro výskyt rakoviny varlat, rakoviny prostaty a non-Hodgkinův lymfom [2].

Kohortové studie publikované po roce 2010 zkoumající mortalitu na nádorová onemocnění u australských, francouzských a dánských hasičů zjistily celkově nižší hodnotu standardizovaného poměru úmrtnosti (SMR, anglicky: standardized mortality ratio) v porovnání s kontrolní skupinou. Australská studie uvádí SMR 0,66 (95% CI: 0,62–0,70) [5], francouzská SMR 0,81 (95% CI: 0,77–0,85) [8] a dánská SMR 0,74 (95% CI: 0,69–0,78) [26]. Jak uvádí australská studie, tak důvodem nižší úmrtnosti na rakovinu je pravděpodobně zdravější životní styl hasičů [5]. Rozsáhlá kohortová studie provedená v USA a hodnotící mortalitu hasičů ve třech velkých městských sborech – San Francisco, Chicago a Philadelphie uvádí SMR 1,14 (95% CI: 1,10–1,18), což je mírně zvýšená hodnota v porovnání s kontrolní skupinou [4]. Výše uvedené studie identifikovaly vyšší úmrtnost na některé specifické typy rakoviny, jako jsou zhoubné nádory gastrointestinálního traktu [4, 8, 26], karcinom plic nebo maligní mezoteliom [4]. Identifikace nadměrné úmrtnosti na maligní mezoteliom je hodna pozornosti, protože toto nádorové onemocnění je téměř výhradně spojeno s expozicí azbestu a vyznačuje se dlouhou latencí [4, 10].

Od roku 2010 bylo publikováno několik epidemiologických kohortových studií zkoumajících incidenci rakoviny u hasičů. Studie pokrývaly dlouhá období (až 40 let) a kohorty až několika desítek tisíc hasičů. Výsledky uvádějí srovnatelnou nebo mírně zvýšenou hodnotu standardizovaného poměru incidence (SIR, anglicky: standardized incidence ratio) v porovnání s kontrolní skupinou. Korejská studie uvádí SIR 0,97 (95% CI: 0,88–1,06) [3], australská SIR 1,09 (95% CI: 1,10–1,14) [5], dánská SIR 1,07 (95% CI: 1,01–1,14) [9], studie provedená v 5 zemích severní Evropy uvádí SIR 1,06 (95% CI: 1,02–1,11) [7] a studie provedená v USA uvádí SIR 1,09 (95% CI: 1,06–1,12) [4]. Tyto studie vykazují určitou konzistenci při identifikaci maligního mezoteliomu, nádorů ledvin, prostaty, maligního melanomu nebo nádorů krevního a imunitního systému ve spojení s povoláním hasiče [10].

Přestože jsou dýchací cesty hlavní expoziční cestou mnoha NCHL do organismu, je překvapivé, že studie neprokázaly statisticky významný nález rakoviny plic, hrtanu nebo nádorů dutiny nosní a vedlejších dutin nosních [6].

Zvýšená četnost některých typů rakoviny spojená obvykle s expozicemi vede k závěru, že nelze vyloučit příčinnou souvislost mezi nádorovým onemocněním a činností hasičů. Lze říci, že výsledky výzkumu vykazují nižší nebo srovnatelnou celkovou incidenci a mortalitu ve srovnání s kontrolními skupinami (neexponovaná skupina), ačkoli existuje statisticky významný nález některých specifických typů nádorů.

## RIZIKO KARDIOVASKULÁRNÍCH ONEMOCNĚNÍ

Některé výzkumy uvádějí, že srdeční selhání je jednou z hlavních příčin úmrtí hasičů ve službě [27]. Zatímco u nádorových onemocnění se uvádí jako nejvýznamnější etiologický faktor především expozice NCHL, u kardiovaskulárních onemocnění může hrát rozhodující roli extrémní pracovní prostředí nebo nediagnostikované srdeční vady.

Kombinace zátěžových faktorů zvyšuje riziko srdečního selhání při zásahu, včetně extrémní fyzické námahy, tepelného stresu, dehydratace a psychické zátěže. Tyto stresory mohou mít za následek některé patologické změny. Zásahu předchází vyhlášení poplachu a výjezd, kdy může docházet k uvolnění stresových hormonů [27-29]. Zvýšení srdeční frekvence a krevního tlaku pokračuje až do příjezdu na místo zásahu, kde řešení mimořádné události (MU) často vyžaduje značné aerobní a anaerobní úsilí a statickou sílu. Používání osobních ochranných prostředků (OOP) a dalších prostředků nutných pro řešení MU, sálavé teplo u požáru nebo složité klimatické podmínky vystavují organismus hasiče vysokým kardiometabolickým požadavkům, mohou vést k hypertermii a dehydrataci [27-29]. Jak potvrzují některé studie, tyto faktory mohou způsobit další zvýšení srdeční frekvence a krevního tlaku, které jsou doprovázeny změnami průtoku krve, snížením objemu plazmy, zvýšením viskozity krve nebo prokoagulačními stavy [29-30]. Působením extrémního tepla na organismus hasiče během zdolávání požáru se zvyšuje tvorba krevních sraženin, aktivují se krevní destičky a zhoršuje se prokrvení, což může podporovat vznik ischemické choroby srdeční (ICHS) [31]. Bezprostředně po požárním zásahu v extrémních podmínkách dochází ke snížení krevního tlaku, pravděpodobně v důsledku dehydratace a ke zvýšení průtoku krve odváděné z kůže, aby došlo k ochlazení organismu [32].

Rozvoj patologických změn může dále ovlivnit expozice pevným částicím a chemickým asfyxiantům. Vliv znečišťujících látek (komplexní směs plynů, kapalin a částic) na rozvoj kardiovaskulárních onemocnění není zatím plně pochopen, ale epidemiologické studie ukázaly trvale zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění ve vztahu ke krátkodobé i dlouhodobé expozici pevným částicím [33]. Početné epidemiologické studie také prokázaly silné asociace mezi zvýšenou koncentrací pevných částic v okolním prostředí a zvýšenou morbiditou a mortalitou v obecné populaci [34-36]. Některé studie naznačují zvýšené riziko mortality na kardiovaskulární choroby u hasičů v případě expozice pevným částicím [37].

Dalším rizikovým faktorem může být zvýšené zatížení srdce způsobené fyzickou námahou, které se projevuje v extrémních podmínkách požárního zásahu v kombinaci s přítomností oxidu uhelnatého [38].

Zatímco některé studie vyloučily zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění u hasičů [39-40], tak přehled a metaanalýza 23 epidemiologických studií tento závěr odmítá a tvrdí, že existuje silný důkaz o celkově zvýšeném riziku úmrtí hasičů na kardiovaskulární onemocnění [41]. Epidemiologická studie provedená v USA zkoumala úmrtí způsobená ICHS v letech 1994 až 2004. Autoři uvádějí, že ICHS je odpovědná za 45 % úmrtí hasičů ve službě [42]. To je podle publikovaných výsledků vyšší úmrtnost na ICHS než u policistů (22 %),

zdravotnických záchranářů (11 %) a všech úmrtí na ICHL, ke kterým dojde při výkonu všech ostatních povolání (15 %). Autoři také uvádějí, že většina úmrtí na ICHS (32 %) nastala během požárního zásahu, kdy je riziko ISCHS vyšší 10 a 100krát než u jiných činností spojených s hasičskou profesí. Toto riziko zůstává zvýšené (2 až 10krát) v průběhu několika hodin po ukončení zásahu [42].

Další studie uvádějí, že v průběhu 10 let bylo v USA zaznamenáno 1 153 případů úmrtí hasičů ve službě, z toho 47 % bylo z důvodu srdečního selhání [43]. Pitevní záznamy 627 hasičů z USA, kteří v letech 1999 až 2014 zemřeli ve službě, ukázaly, že 276 úmrtí bylo následkem srdečního selhání. Ostatní úmrtí byly následkem traumatu. Srdeční selhání byla podle pitevních záznamů nejčastěji způsobena ICHS a některými abnormalitami, jako je kardiomegalie (zvětšení srdce) a hypertrofie levé srdeční komory [44].

Studie zkoumající riziko náhlé srdeční smrti (NSS) u mladších hasičů v USA ( $\leq 45$  let) uvádí, že v porovnání s činností na požární stanici (činnost v organizačním řízení) byl ukazatel relativního rizika (RR, anglicky: relative risk) NSS nejvyšší při provádění požárního zásahu, tj. 22,1 (95% CI: 14,8–32,9). Další hodnocené činnosti hasičů měly riziko nižší. Fyzická příprava a praktická odborná příprava měla RR 4,8 (95% CI: 3,2–7,2), návrat ze zásahu RR 4,1 (95% CI: 2,7–6,2) a reakce na vyhlášení výjezdu měly RR nižší tj. 2,6 (95% CI: 1,5–4,6) [45]. Studie z roku 2015 uvádí nižší věkově specifikovanou míru incidence (IR anglicky: age specific incidence rate) na NSS v porovnání s běžnou populací a vojenským personálem v USA [46]. Pitvy hasičů, kteří zemřeli ve službě na NSS, naznačují, že většina těchto úmrtí je důsledkem srdečních arytmií [47–48].

Epidemiologických kohortových studií zkoumajících incidenci kardiovaskulárních onemocnění mezi hasiči není mnoho. Kohortová studie publikovaná v roce 2018 a zkoumající incidenci kardiovaskulárních chorob u 11 691 dánských hasičů zjistila, že v porovnání s referenční skupinou byla hodnota ukazatele SIR u všech kardiovaskulárních chorob 1,10 (95% CI: 1,05–1,15), což je mírně zvýšená hodnota. Hodnota ukazatele SIR byla také zvýšená u nejčastějších kardiovaskulárních onemocnění, včetně anginy pectoris SIR 1,16 (95% CI: 1,08–1,24), akutního infarktu myokardu SIR 1,16 (95% CI: 1,06–1,26), chronické ischemické choroby srdeční SIR 1,15 (95% CI: 1,06–1,24) a fibrilace/flutter síní SIR 1,25 (95% CI: 1,14–1,36). Dále bylo zjištěno, že hodnota ukazatele SIR byla zvýšena u „profesionálních“ hasičů v porovnání s „dobrovolnými“ hasiči. Profesionální i dobrovolní hasiči měli zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění, jestliže „hasičskou“ činnost vykonávali déle než 15 let [49].

Na základě publikovaných výsledků autoři některých studií doporučují rozšířit vstupní vyšetření a preventivní zdravotní prohlídky např. o echokardiografické vyšetření (ECHO). To by pomohlo identifikovat možné srdeční vady, které se neodhalí při bicyklové ergometrii nebo běžné elektrokardiografii (EKG) [44].

## ZÁVĚR

Drtivá většina hasičů netrpí závažnou nemocí z povolání. Hasiči často odejdou do výslužby dříve, než se nějaké onemocnění projeví. Nemoc tedy není vždy spojena s profesním životem hasičů. Většina dostupných studií používá pro srovnání zdravotních rizik u hasičů jako kontrolní skupinu obecnou populaci. To může vést k podcenění rizika, protože obecná populace vykazuje horší zdravotní ukazatele než pracující populace. Srovnání s rizikem v jiných profesních skupinách (např. s některými jinými záchrannými složkami) by s větší pravděpodobností přineslo přesvědčivější výsledky [15]. Prevalence výše uvedených nemocí může být také podhodnocena v důsledku selektivního (výběrového) zkreslení v epidemiologii pracovních rizik známého jako efekt zdravého zaměstnance [41]. To znamená, že při porovnání

mortality nebo morbidity kohorty (exponovaných) zaměstnanců s běžnou populací vykazují zaměstnanci obvykle nižší celkovou mortalitu a morbiditu. Uvedené vyplývá z procesu výběru zaměstnanců na trhu práce, kdy zaměstnavatelé při náboru upřednostňují zdravé jedince (např. lékařské prohlídky nebo testy fyzické zdatnosti). Vliv může mít časový efekt, kdy jsou např. zaměstnanci s neuspokojivým zdravotním stavem propuštěni ze zaměstnání [41]. Rozdíly se také objevují při srovnání zdravotních rizik u hasičů různých etnických skupin [50]. Epidemiologické studie zaměřené na hasiče by měly minimalizovat tuto zaujatost pomocí kontrolní (referenční) skupiny, která sdílí podobné fyzické předpoklady, sociální prostředí a má srovnatelné pracovní podmínky, ale je různě exponovaná [51]. U dlouhodobých kohortových studií může dojít ke změně populační (background) incidence, lékařské klasifikace, expozice nebo změně taktických postupů, pracovních podmínek apod. [7]. To může ztěžovat následnou interpretaci výsledků.

Hasiči jsou vystaveni velkému množství NCHL. Je pravděpodobné, že existuje souvislost mezi expozicí u požárního zásahu a zdravím hasičů. Proto je nutno zlepšit znalosti o samotných expozicích a vlivu extrémní zátěže na organismus hasiče. Rozdílné výsledky studií v různých zemích mohou být způsobeny odlišnostmi v každodenní organizaci práce, taktických postupech, používání OOP, rozdílnými požadavky na zdravotní způsobilost apod. Expozice NCHL a fyzická zátěž se také může lišit v závislosti na dislokaci jednotlivých hasičských sborů (městské – příměstské – venkovské oblasti).

Epidemiologické studie často používají nepřímé měření expozice [1, 52–53]. V současné době chybí dostatek údajů o fyziologické odpovědi organismu hasičů na podmínky reálných požárů, včetně kvantifikace vnitřní expozice některými NCHL, které se běžně vyskytují ve zplodinách hoření. Bez přesných údajů o expozicích je obtížné stanovit možné souvislosti. Dále je pro budoucí výzkum vhodné sledovat a hodnotit hladiny některých markerů, které mohou značit akutní a chronické poškození kardiovaskulárního nebo respiračního systému. Cílem poměrně rozsáhlého vědeckého úsilí je tedy omezení expozice (kontaminace) hasičů a také optimalizace jejich fyziologické zátěže. Další výzkumy jsou rozhodně nezbytné k objasnění etiologie nemocí, u nichž existuje podezření, že souvisejí s prací.

#### Poděkování

*Tento článek byl podpořen grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS19/208/OHK4/3T/17 Posouzení hrozby expozice hasičů zplodinám hoření.*

#### Literatura

- [1] LEMASTERS, Grace K. et al. Cancer Risk Among Firefighters: A Review and Meta-analysis of 32 Studies. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2006, **48**(11), 1189–1202 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1097/01.jom.0000246229.68697.90. ISSN 1076–2752. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00043764-200611000-00014>
- [2] WHO. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 98: Painting, firefighting, and shiftwork*. Geneva: WHO Press, 2010. ISBN 978-92-832-1298-0.
- [3] AHN, Yeon-Soon et al. Cancer morbidity of professional emergency responders in Korea. *American Journal of Industrial Medicine* [online]. 2012, **55**(9), 768–778 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1002/ajim.22068. ISSN 02713586. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajim.22068>

- [4] DANIELS, Robert D. et al. Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950–2009). *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2014, 71(6), 388–397 [cit. 2019-09-27]. DOI: 10.1136/oemed-2013-101662. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/lookup/doi/10.1136/oemed-2013-101662>
- [5] GLASS, D. C. et al.. Mortality and cancer incidence in a cohort of male paid Australian firefighters. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2015 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1136/oemed-2015-103467. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/lookup/doi/10.1136/oemed-2015-103467>
- [6] IDE, C. W. Cancer incidence and mortality in serving whole-time Scottish firefighters 1984–2005. *Occupational Medicine* [online]. 2014, 64(6), 421–427 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1093/occmed/kqu080. ISSN 0962-7480. Dostupné z: <https://academic.oup.com/occmed/article-lookup/doi/10.1093/occmed/kqu080>
- [7] PUKKALA, Eero et al. Cancer incidence among firefighters: 45 years of follow-up in five Nordic countries. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2014, 71(6), 398–404 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1136/oemed-2013-101803. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/lookup/doi/10.1136/oemed-2013-101803>
- [8] AMADEO, Brice et al. French firefighter mortality: Analysis over a 30-year period. *American Journal of Industrial Medicine* [online]. 2015, 58(4), 437–443 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1002/ajim.22434. ISSN 02713586. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajim.22434>
- [9] KIRSTINE UGELVIG PETERSEN, Kajsa et al. Long-term follow-up for cancer incidence in a cohort of Danish firefighters. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2018, 75(4), 263–269 [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1136/oemed-2017-104660. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/lookup/doi/10.1136/oemed-2017-104660>
- [10] BRANTOM, PG. et al. *Epidemiological Literature Review on the Risk of Cancer among Firefighters* [online]. IRSST, 2018 [cit. 2018-08-08]. Dostupné z: <https://www.irsst.qc.ca/en/publications-tools/publication/i/101015/n/risk-cancer-firefighters>
- [11] JALILIAN, Hamed et al. Cancer incidence and mortality among firefighters. *International Journal of Cancer* [online]. 2019 [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1002/ijc.32199. ISSN 0020-7136. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ijc.32199>
- [12] MCDIARMID, Melissa A. et al. Reproductive hazards of fire fighting II. Chemical hazards. *American Journal of Industrial Medicine*. 1991, 19(4), 447–472. DOI: 10.1002/ajim.4700190404. ISSN 02713586. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajim.4700190404>
- [13] PETERSEN, Kajsa U. et al. Infertility in a Cohort of Male Danish Firefighters: A Register-Based Study. *American Journal of Epidemiology* [online]. 2019, 188(2), 339–346 [cit. 2019-08-19]. DOI: 10.1093/aje/kwy235. ISSN 0002-9262. Dostupné z: <https://academic.oup.com/aje/article/188/2/339/5193220>
- [14] MCENTIRE, Serina J. et al. Mitigation and Prevention of Exertional Heat Stress in Firefighters: A Review of Cooling Strategies for Structural Firefighting and Hazardous Materials Responders. *Prehospital Emergency Care* [online]. 2013, 17(2), 241–260 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.3109/10903127.2012.749965. ISSN 1090-3127. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/10903127.2012.749965>
- [15] SCANDELLA, Fabienne. *Firefighters: feeling the heat*. Brusel: European Trade Union Institute, 2012. ISBN 978-2-87452-222-2.
- [16] KUBÁTOVÁ, Hana. *Průmyslová toxikologie a životní prostředí*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, Spektrum, 2018. ISBN 978-807385210-8.
- [17] AUSTIN, C. C. et al. Characterization of volatile organic compounds in smoke at experimental fires. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* [online].



- 2001, **63**(3), 191–206 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1080/15287390151101547. ISSN 1528-7394. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287390151101547>
- [18] ALARIE, Y. The Toxicity of Smoke From Polymeric Materials During Thermal Decomposition. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* [online]. 1985, **25**(1), 325–347 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1146/annurev.pa.25.040185.001545. ISSN 0362-1642. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.pa.25.040185.001545>
- [19] BERTOL, Elisabetta et al. Combustion products from various kinds of fibers: Toxicological hazards from smoke exposure. *Forensic Science International* [online]. 1983, **22**(2-3), 111–116 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1016/0379-0738(83)90002-6. ISSN 03790738. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0379073883900026>
- [20] DVORÁK, Otto et al. *Nebezpečí toxicity zplodin hoření materiálů*. Praha: MV – GR HZS ČR, 2007. ISBN 978-80-86640-92-1.
- [21] RUOKOJÄRVI, Päivi et al. Toxic chlorinated and polyaromatic hydrocarbons in simulated house fires. *Chemosphere* [online]. 2000, **41**(6), 825–828 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1016/S0045-6535(99)00549-4. ISSN 00456535. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653599005494>
- [22] FABIAN, T. et al. *Firefighter exposure to smoke particulates* [online]. Underwriters Laboratories Inc., 2010 [cit. 2017-07-30]. Dostupné z: <http://www.ul.com/global/documents/offerings/industries/buildingmaterials/fireservice/WEBDOCUMENTS/EMW-2007-FP-02093.pdf>
- [23] FENT, Kenneth W. et al. Systemic Exposure to PAHs and Benzene in Firefighters Suppressing Controlled Structure Fires. *The Annals of Occupational Hygiene* [online]. 2014 [cit. 2019-08-08]. DOI: 10.1093/annhyg/meu036. ISSN 1475-3162. Dostupné z: <https://academic.oup.com/annweh/article/58/7/830/157036/Systemic-Exposure-to-PAHs-and-Benzene-in>
- [24] KEIR, Jennifer L. A. et al. Elevated Exposures to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Other Organic Mutagens in Ottawa Firefighters Participating in Emergency, On-Shift Fire Suppression. *Environmental Science & Technology* [online]. 2017, **51**(21), 12745–12755 [cit. 2019-08-08]. DOI: 10.1021/acs.est.7b02850. ISSN 0013-936X. Dostupné z: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b02850>
- [25] POC, Pavel. Pavel Poc otevřel v EP téma hasičů ohrožených rakovinou [online]. *Pavelpoc.cz*, 2015 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <http://pavelpoc.cz/2015/03/pavel-poc-otevrel-v-ep-tema-hasicu-ohrozenych-rakovinou/>
- [26] PETERSEN, Kajsa Ugelvig et al. Mortality in a cohort of Danish firefighters; 1970–2014. *International Archives of Occupational and Environmental Health* [online]. 2018, **91**(6), 759–766 [cit. 2019-08-19]. DOI: 10.1007/s00420-018-1323-6. ISSN 0340-0131. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00420-018-1323-6>
- [27] SMITH, Denise L. et al. Extreme sacrifice: sudden cardiac death in the US Fire Service. *Extreme Physiology & Medicine* [online]. 2013, **2**(1) [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1186/2046-7648-2-6. ISSN 2046-7648. Dostupné z: <https://extremephysiolmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/2046-7648-2-6>
- [28] SOTERIADES, Elpidoforos S. et al. Cardiovascular Disease in US Firefighters. *Cardiology in Review* [online]. 2011, **19**(4), 202–215 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1097/CRD.0b013e318215c105. ISSN 1061-5377. Dostupné z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00045415-201107000-00005>
- [29] SMITH, Denise L. et al. Cardiovascular Strain of Firefighting and the Risk of Sudden Cardiac Events. *Exercise and Sport Sciences Reviews* [online]. 2016, **44**(3), 90–97 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1249/JES.0000000000000081. ISSN 0091-6331. Dostupné z: <https://insights.ovid.com>

- [30] HUNTER, Amanda L. et al. Fire Simulation and Cardiovascular Health in Firefighters. *Circulation* [online]. 2017, **135**(14), 1284–1295 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025711. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025711>
- [31] HUNTER, Amanda L. et al. Fire Simulation and Cardiovascular Health in Firefighters. *Circulation* [online]. 2017, **135**(14), 1284–1295 [cit. 2019-08-19]. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025711. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025711>
- [32] MILLS, Nicholas. *Extreme heat exposure linked to firefighter heart attacks* [online]. American heart association, 2017 [cit. 2019-07-27]. Dostupné z: <https://newsroom.heart.org/news/extreme-heat-exposure-linked-to-firefighter-heart-attacks?preview=c422>
- [33] BROOK, Robert D. et al. Air Pollution and Cardiovascular Disease. *Circulation* [online]. 2004, **109**(21), 2655–2671 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8>
- [34] DOCKERY, Douglas W. et al. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *New England Journal of Medicine* [online]. 1993, **329**(24), 1753–1759 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1056/NEJM199312093292401. ISSN 0028-4793. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJM199312093292401>
- [35] SEATON, A. et al. Particulate air pollution and acute health effects. *The Lancet* [online]. 1995, **345**(8943), 176–178 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1016/S0140-6736(95)90173-6. ISSN 01406736. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673695901736>
- [36] POPE, C. Arden et al. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association* [online]. 2012, **56**(6), 709–742 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1080/10473289.2006.10464485. ISSN 1096-2247. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10473289.2006.10464485>
- [37] NAVARRO, Kathleen M. et al. Wildland firefighter smoke exposure and risk of lung cancer and cardiovascular disease mortality. *Environmental Research* [online]. 2019, **173**, 462–468 [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1016/j.envres.2019.03.060. ISSN 0139351. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001393511930194X>
- [38] HANSEN, E. S. A cohort study on the mortality of firefighters. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 1990, **47**(12), 805–809 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1136/oem.47.12.805. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/cgi/doi/10.1136/oem.47.12.805>
- [39] GUIDOTTI, Tee L. et al. Occupational Mortality Among Firefighters. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [online]. 1995, **37**(12), 1348–1356 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1097/00043764-199512000-00004. ISSN 1076-2752. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00043764-199512000-00004>
- [40] DIBBS, E et al. Fire fighting and coronary heart disease. *Circulation* [online]. 1982, **65**(5), 943–946 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1161/01.CIR.65.5.943. ISSN 0009-7322. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.65.5.943>
- [41] CHOI, Bernard C. K. A. Technique to Re-Assess Epidemiologic Evidence in Light of the Healthy Worker Effect: The Case of Firefighting and Heart Disease. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2000, **42**(10), 1021–1034 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1097/00043764-200010000-00009. ISSN 1076-2752. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00043764-200010000-00009>
- [42] KALES, Stefanos N. et al. Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. *New England Journal of Medicine* [online]. 2007,

- 356**(12), 1207–1215 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1056/NEJMoa060357. ISSN 0028-4793. Dostupné z: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJMoa060357>
- [43] SEN, Soman et al. Cardiac Fatalities in Firefighters. *Journal of Burn Care & Research* [online]. 2016, **37**(3), 191–195 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1097/BCR.0000000000000225. ISSN 1559-047X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jbcr/article/37/3/191-195/4582109>
- [44] SMITH, Denise L. et al. Pathoanatomic Findings Associated With Duty-Related Cardiac Death in US Firefighters: A Case–Control Study. *Journal of the American Heart Association* [online]. 2018, **7**(18) [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1161/JAHA.118.009446. ISSN 2047-9980. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/JAHA.118.009446>
- [45] FARIOLI, A. et al. Duty-related risk of sudden cardiac death among young US firefighters. *Occupational Medicine* [online]. 2014, **64**(6), 428–435 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1093/occmed/kqu102. ISSN 1471-8405. Dostupné z: <https://academic.oup.com/occmed/article-lookup/doi/10.1093/occmed/kqu102>
- [46] FARIOLI, Andrea et al. Incidence of Sudden Cardiac Death in a Young Active Population. *Journal of the American Heart Association* [online]. 2015, **4**(6) [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1161/JAHA.115.001818. ISSN 2047-9980. Dostupné z: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/JAHA.115.001818>
- [47] GEIBE, Jesse R. et al. Predictors of On-Duty Coronary Events in Male Firefighters in the United States. *The American Journal of Cardiology* [online]. 2008, **101**(5), 585–589 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1016/j.amjcard.2007.10.017. ISSN 00029149. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914907021224>
- [48] YANG, Justin et al. Sudden Cardiac Death Among Firefighters ≤45 Years of Age in the United States. *The American Journal of Cardiology* [online]. 2013, **112**(12), 1962–1967 [cit. 2019-08-04]. DOI: 10.1016/j.amjcard.2013.08.029. ISSN 00029149. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914913017116>
- [49] PEDERSEN, Julie Elbæk et al. Incidence of cardiovascular disease in a historical cohort of Danish firefighters. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2018, **75**(5), 337–343 [cit. 2019-08-07]. DOI: 10.1136/oemed-2017-104734. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/lookup/doi/10.1136/oemed-2017-104734>
- [50] MA, Fangchao, et al. Race-Specific Cancer Mortality in US Firefighters: 1984–1993. *Journal of Occupational & Environmental Medicine* [online]. 1998, 1134–1138 [cit. 2019-08-19]. DOI: 10.1097/00043764-199812000-00014. ISSN 1076-2752. Dostupné z: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00043764-199812000-00014>
- [51] SHAH, Divyang. Healthy worker effect phenomenon. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine* [online]. 2009, **13**(2) [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.4103/0019-5278.55123. ISSN 0019-5278. Dostupné z: <http://www.ijoom.com/text.asp?2009/13/2/77/55123>
- [52] MUSK, A. W. et al. Mortality among Boston firefighters, 1915–1975. *Occupational and Environmental Medicine* [online]. 1978, **35**(2), 104–108 [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1136/oem.35.2.104. ISSN 1351-0711. Dostupné z: <http://oem.bmj.com/cgi/doi/10.1136/oem.35.2.104>
- [53] WAGNER, Norbert L. et al. Mortality and life expectancy of professional fire fighters in Hamburg, Germany: a cohort study 1950–2000. *Environmental Health* [online]. **5**(1), 2006 [cit. 2019-08-18]. DOI: 10.1186/1476-069X-5-27. ISSN 1476-069X. Dostupné z: <http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-5-27>