

Napačno izvedensko mnenje kot primer slabe sodne prakse

Avtor:

dr. Ferdinand Deželak, ZVD Zavod za varstvo pri delu

1 UVOD

Znano je, da je naše sodstvo podvrženo številnim pomanjkljivostim in se zato pogosto pojavljajo napake. Eno izmed takšnih problematičnih vej sodstva predstavljajo tudi delo sodnih izvedencev ter pomen in implementacija njihovih izvedenskih mnenj pri izrečenih sodbah. Tako smo priča številnim nepravilnim in kontradiktornim izvedenskim mnenjem z najrazličnejših področij, ki ob dodatnih napačnih tolmačenjih s strani sodnikov vodijo do povsem nesmiselnih sodb. Čeprav pri tem v javnosti verjetno najbolj izstopajo psihiatrična mnenja, pa se nepravilnosti pojavljajo tudi na drugih medicinskih, seveda pa tudi na tehničnih in drugih področjih.

Kot primer ene izmed takšnih negativnih praks so v tem prispevku prikazane hude napake nekega nedavno izdelanega otorinolaringološkega izvedenskega mnenja z uporabo povsem zgrešenih akustičnih prijemov, kar opozarja na previdnost.

Opisani primer se nanaša na eksplozijo močne petarde neposredno ob desnem ušesu, na oddaljenosti 4 do 5 metrov od desnega ušesa poškodovane žrtve. Do eksplozije je prišlo v mesecu aprilu 2012, torej v času, ko je uporaba kakršnih koli petard že sama po sebi z zakonom strogo prepovedana. Ta močna eksplozija pa je dodatno povzročila še okvaro sluha, zato je bila žrtev prisiljena vložiti tožbo na Okrajnem sodišču proti storilcu.

Ta članek je osredotočen predvsem na napačen pristop tega izvedenca in nepravilne ter zavajajoče vidike njegovega mnenja, s poudarkom na nadaljnji slabi sodni praksi na tem sodišču oziroma na povsem napačnih zaključkih izvedenskega mnenja in sodbe same.

2 OSNOVNE FIZIKALNE LASTNOSTI HRUPA PETARD

Petarda je eksplozivno sredstvo, običajno v obliki valjaste cevi, napolnjene z eksplozivom, ki ob eksploziji sproži glasen pok. Pri takšnih eksplozijah se določena količina kemične energije delno pretvori v elektromagnetno energijo (toploto in svetlobo), delno pa v mehansko energijo kot udarni val. Fizikalne lastnosti takšnih eksplozij so odvisne od vrste petarde in njene sestave, predvsem od velikosti, teže in vrste uporabljenega eksploziva, ki predstavljajo najpomembnejše emisijske hrupne faktorje. Razen emisij igrajo pomembno vlogo pri tvorjenju zvočnega nadtlaka na občutljivi lokaciji tudi imisijski faktorji, kot na primer oddaljenost in prisotnost različnih predmetov oziroma objektov, ki vplivajo na odboje, uklone itd.

Eksplozije petard spadajo v skupino visokoimpulzivnih zvokov, ki so še posebej nevarni za okvaro sluha. Eksplozija petarde povzroči nastanek prehodnega zvočnega signala, ki se kaže kot impulzni hrup z ostrim časom njegovega naraščanja (več kot nekaj 100 dB /s) in s kratkim trajanjem, reda velikosti milisekunde.



3 SPLOŠNE NEVARNOSTI PETARD

Izpostavljenost kakršni koli obliki energije v preveliki množini je zdravju škodljiva. Vendar pa za vse vrste energij (mehansko, električno, toplotno) na splošno velja, da je organizem veliko manj občutljiv na poškodbe, če energijo sprejema počasi, v obrokih, kot pa če njeno enako količino prejme naenkrat, v sunku; to pomeni s čim manjšo močjo in tekom daljšega časa njenega trajanja.

Poki močnejših petard z visokimi konicami zvočnega tlaka in na oddaljenosti do nekaj metrov od nezavarovanega ušesa so zdravju še posebej nevarni, saj praviloma krepko presežejo 140 dBC. Takšne ravni, ki presegajo to mejno vrednost, imajo lahko za posledico takojšnjo okvaro sluha ali občuten dvig praga slišnosti izpostavljenih oseb. Poki petard tako, zlasti ob novoletnem času in ob nekaterih dogodkih (športne prireditve, poroke in rojstni dnevi), predstavljajo velik problem pri nas in praktično povsod po svetu. Poleg trajnih okvar sluha povzročajo poki petard tudi številne ekstraauralne učinke, zlasti pri osebah, ki na to niso pripravljene. Vsak močnejši pok deluje kot stresni faktor in s tem dodatno ogroža zdravje, zlasti občutljivih oseb. Ne nazadnje velja omeniti tudi nekatere socialne in okoljevarstvene posledice pokov petard. Poleg človeka je s takšnimi poki ogrožen tudi večji del domačih in divjih živali. Tovrstne hrupne prireditve in dogodke namreč spremlja tudi močno povečano število mrtvih in težko ranjenih domačih in divjih živali, ki postanejo žrtve izredno stresnih situacij, zlasti posredno (posledice trkov z avtomobili, raznimi objekti, onemoglosti zaradi paničnega bega, zapustitve oziroma izgube svojih mladičev itd).

Slika 1: Poki petard lahko, v nasprotju z mnenjem izvedenca, predstavljajo resno tveganje za okvare sluha. Izpostavljenost pokom petard lahko povzroči resne in trajne okvare sluha.



Zaradi opisanih razlogov se nekatere odgovorne družbene strukture (na primer policija) prizadevajo za čim strožjo omejitev uporabe petard. Zanimivo pa je, da tovrstna prizadevanja pogosto trčijo na odpor in celo poskuse njihovega izničenja s strani drugih struktur, na primer nekaterih sodišč, čeprav so jim zaupane najodgovornejše funkcije.

Mehanizem poškodb sluha pri izpostavljenosti visokoimpulznemu hrupu je povsem drugačen kot pa pri neimpulznemu hrupu. Pri neimpulznemu ali kontinuiranem hrupu je za poškodbe merodajna prejeta zvočna energija, ki je produkt delujoče zvočne moči in časa izpostavljenosti, tako da je nevarnost nastanka zdravstvenih okvar možno znižati tako z znižanjem jakosti vpadlega hrupa kot tudi s časom izpostavljenosti. Pri visokoimpulznemu hrupu pa je prejeta zvočna energija, ki je običajno relativno majhna, pogosto sekundarnega pomena. Močno impulziven hrup lahko celo v primeru zelo kratkega trajanja in delovanja uniči večje število slušnih dlačic, ki se nahajajo na baziliarni membrani v notranjem ušesu, kar lahko povzroči začasno ali pa tudi trajno naglušnost in kar je prvenstveno odvisno od velikosti njegove konice. Izpostavljenost poku petard lahko torej povzroči trajne okvare sluha, še zlasti v visokofrekvenčnem območju. Izpostavljena oseba tako najprej opazi težave pri zaznavanju določenih soglasnikov (na primer c in s), ptičjega petja in podobno.

Faktorji impulznega hrupa, ki vplivajo na zdravstvene okvare, so predvsem čas naraščanja in trajanje impulza, njegova konična vrednost in število impulzov na enoto časa, kateremu je določena oseba izpostavljena. Po drugi strani pa uho ni sposobno zaznati prave konične ravni impulznega hrupa v primerjavi s kontinuiranim hrupom. Integracijski čas centralnega avditornega sistema, to je avditornih živčnih poti in možganov, je 20–100 ms, torej slišen sistem človeka ni sposoben v celoti analizirati zvočnega signala kot posledice poka in podcenjuje resnost kratkih impulzov z bistveno krajšim časom njihovega naraščanja in trajanja. Zaradi predolgega integracijskega časa se nam zato zdi pok petarde manj glasen in nevaren, kot pa v resnici je. Očitno je tudi izvedenec ocenjeval nevarnost pokov petard zgolj po tem golem subjektivnem občutku.

4 NEVARNOSTI PETARDNEGA HRUPA ZA SLUŠNE OKVARE

Visoke konice visokofrekvenčnega hrupa so lahko zdravju izredno nevarne, še zlasti, ker ne dajejo subjektivnega občutka za to nevarnost. Kratki in visokofrekvenčni impulzi se prenašajo skozi zunanje in srednje uho do živcev v Cortijevem organu. V zunanjem in srednjem ušesu prihaja nadalje do resonančnih ojačitev takšnih impulzov v frekvenčnem pasu okrog 4 kHz. Kratkotrajni impulz, ki se širi skozi zunanje uho, lahko doseže na bobniču za 6–7 dB višjo raven zvočnega tlaka kot vlada pred vstopom v uho. Pri prehodu skozi srednje uho pride do ponovne ojačitve, tako da takšen visokofrekvenčni impulzni signal pri vstopu v notranje uho doseže skupno ojačitev 10–12 dB. Visoke amplitude takšnega impulza lahko zato povzročijo trajno poškodbo, čeprav možgani, pa tudi običajni merilni instrumenti tega ne registrirajo. Do poškodbe sluha običajno prihaja na slušnih dlačicah, ki so v stiku z baziliarno membrano. Zaradi velikega števila slušnih dlačic v notranjem

ušesu pa izpostavljena oseba takšne poškodbe običajno ne opazi takoj, temveč mnogo kasneje, včasih šele po več letih.

Eksplzija petarde povzroči impulziven zvok, ki je splošno znan kot vir izredno nevarnega hrupa v okolju tako za ljudi kot za živali. Takšna eksplozija lahko občutno dvigne slušni prag ali celo povzroči naglušnost. Številni impulzni zvoki petarde so tako intenzivni, da lahko en sam nepričakovani impulz, ki vpade na nezavarovano uho, povzroči hudo in trajno okvaro sluha, čeprav je takšen impulz zelo kratek in vsebuje relativno malo energije. O tem pričajo številne novice iz črne kronike (na primer miss Universe Sara Savnik), kakor tudi dejstvo, da znaten del izredno mlade populacije doživi okvare sluha še pred njihovo prvo zaposlitvijo. Eden glavnih vzrokov za tovrstne okvare zagotovo predstavljajo tudi eksplozije petard, še zlasti v obdobju novoletnih praznikov.

Uho številnih organizmov je tekom evolucije razvilo nekatere naravne obrambne mehanizme pred visokim hrupom, vključno s samogeneriranim, ki nastaja na primer zaradi lastnega vpitja, žvečenja in podobno. Enega glavnih naravnih obrambnih mehanizmov ušesa pred previsokimi ravnmi hrupa predstavlja kontrakcija mišičnih tkiv stapediusa v srednjem ušesu. Pri tem se poveča mišična napetost, ki nadalje povzroči povečanje prožnosti mehanizma v srednjem ušesu, zato so nizke frekvence s to reakcijo bolj oslabiljene kot pa visoke. Vendar pa ima varovalni sistem v srednjem ušesu latentni čas tudi do 500 ms, kar sicer lahko uho dobro zavaruje pred določenimi stalnimi hrupnimi viri, predvsem nizkofrekvenčnega hrupa, ne zadošča pa za zaščito pred visokoimpulznim hrupom. Zaradi tega pridejo kratki impulzi v notranje uho praktično neoslabljeni, pri problematičnih frekvencah pa se lahko celo ojačajo. Pomembno je torej, da tovrstna naravna zaščita pri pokih petard in podobnih kratkotrajnih impulzih ušesu ne ponuja posebne zaščite, ker je popolna kontrakcija pri večini ljudi v najboljšem primeru dosežena šele po približno 150 ms, ko impulzni pok zaradi eksplozije petarde že zdavnaj preneha.

Impulzni hrup zaradi eksplozij petard predstavlja veliko nevarnost za človeški slušni sistem. Visoke ravni hrupa, povezane z eksplozijami petard, lahko v znatni meri poškodujejo polža oziroma povzročijo njegovo nenadno okvaro. Uho se lahko deloma zavaruje pred serijo ponavljajočih se impulzov tako, da jih delno oslabi z akustičnim refleksom. Gre za refleksno kontrakcijo srednjih ušesnih mišic, medtem ko povsem izolirani impulzi polža dosežejo, še preden se aktivira akustični refleks. Zato je zelo pomembno, da se kontrakcija mišic srednjega ušesa aktivira pred pojavom nevarnega visokoimpulznega hrupa, oziroma da je tak hrup predhodno opozorjen z drugim glasnim signalom. Raziskovalec Price je preiskoval reakcijo slušnih organov na takšne nepričakovane in pričakovane zvoke ter jih opredelil v dve skupini: pričakovan odziv in nepričakovan odziv [8, 16]. Tako je pričakovani pojav hrupa veliko varnejši za organ sluha (opozorjen odziv) kot pa nepričakovan dogodek (nenapovedan odziv – kot se je zgodil med izpostavljenostjo tožnika eksploziji petarde). Ta razlika v človeški reakciji je zelo pomembna, saj lahko povzroči ne le predhodno krčenje mišic srednjega ušesa, ampak tudi nižji splošni fiziološki stres v slušnem sistemu. Na primer, povsem nenapovedan odziv (odziv na nepričakovan pok) je povezan z vazokonstrikcijo in nenadnim povišanjem krvnega tlaka, ki

Znaten del izredno mlade populacije doživi okvare sluha še pred njihovo prvo zaposlitvijo.

lahko nadalje vpliva na biokemijo Cortijevega organa. Tako lahko posamezne intenzivne in nepričakovane enkratne eksplozije povzročijo velike kohlearne lezije in občutno izgubo sluha. Takšna poškodba se imenuje »akustična travma«, sluh pa je lahko prizadet v širokem frekvenčnem območju. Res je, da lahko izpostavljene osebe preprečijo izgubo sluha z uporabo ustrezne varovalne opreme, kot so naušniki ali ušesni čepki. Vendar pa to seveda ponovno velja samo, če se takšna izpostavljenost pričakuje vnaprej. Zato je pomembnost razlike med pričakovanimi in nepričakovanimi impulzi ter njenih posledic še toliko večja.

Dodatni simptomi naglušnosti zaradi izpostavljenosti visokoimpulznemu hrupu vključujejo občutek »polnosti« v ušesih, npr. šumenje oziroma zvonjenje v ušesih (tj. tinitus). Po prenehanju izpostavljenosti lahko sicer pride do določene stopnje okrevanja sluha, vendar pa posamezniku pogosto ostane huda in trajna poškodba ali celo izguba sluha. Čeprav je v dotičnem primeru tožnik že pred eksplozijo petarde tekom več desetletij utrpel skupno 5 % okvaro sluha iz drugih razlogov (zlasti presbikoza), mu je eksplozija petarde povzročila še dodatno akutno 7 % okvaro sluha, še zlasti desnega ušesa, ki je prisotna še danes.

Visokoimpulzni hrup, še posebej kadar gre za eksplozijo petarde, ima torej povsem drugačen učinek na uho kot običajni hrup, saj so zaščitni mehanizmi ušesa manj učinkoviti pri nenadnih in kratko trajajočih virih hrupa (kot so petarde). Visokoimpulzni hrup s časom trajanja okrog 1,5 ms lahko že pri ravneh 140–150 dBC trajno poškoduje uho, čeprav prejeta zvočna energija ni nujno velika.

Sistematske raziskave so tako na primer pokazale, da so pri nižjih ravneh visokoimpulznega hrupa poškodbe sluha sorazmerne celotni prejeti hrupni energiji, to je konični ravni in številu impulzov. Pri visokih ravneh, nad 140 dBC, pa je slušni sistem prizadet predvsem zaradi prevelikih premikov posameznih tkiv kot posledice visokih koničnih ravnih.

Na pozidanih lokacijah pa se pojavi tudi odmev, tako da se zvok dodatno odbije od zidov in drugih struktur; takšni odboji podaljšajo trajanje impulza in prejeta zvočna energija ter tako povečujejo tveganje za okvaro oziroma izgubo sluha.

Izpostavljenost hrupu petarde lahko povzroči trajno okvaro sluha, zlasti v visokofrekvenčnem območju. Zato ima izpostavljena oseba po takšni izpostavljenosti težave pri zaznavanju visokofrekvenčnih zvokov, na primer ptičjega petja, pri prepoznavanju nekaterih soglasniških zlogov, kot so »c«, »k«, »p«, »s«, »š«, »t« in drugih visokofrekvenčnih soglasnikov. V takem primeru poškodovani tudi težko

razume govor na družabnih dogodkih, še posebej, ko govori veliko ljudi hkrati [9]. Nadalje takšni ljudje pogosto trpijo tudi zaradi zvonjenja v ušesih, kar se dogaja tudi pri tožniku. Takšne okvare ostanejo večinoma trajne.

5 EMISIJSKE IN IMISIJSKE OMEJITVE S HRUPOM PIROTEHNIČNIH SREDSTEV

5.1 Emisijske omejitve

Emisijske omejitve s hrupom do neke mere obravnava Pravilnik o tehničnih in varnostnih zahtevah, obrazcih ter evidencah za eksplozive in pirotehnične izdelke [19].

Za omejitve hrupa pa je pomemben predvsem 28. člen Pravilnika o tehničnih in varnostnih zahtevah, obrazcih ter evidencah za eksplozive in pirotehnične izdelke, ki navaja, da morajo ognjemetni izdelki izpolnjevati tudi določene zahteve.

Proizvajalec mora glede na neto maso eksploziva, varnostno razdaljo in raven hrupa razvrstiti ognjemetne izdelke v ustrezne kategorije, kot jih določa 34. člen Zakona o eksplozivih in pirotehničnih izdelkih, ki morajo biti jasno navedene na oznaki. Pri tem morajo pirotehnični izdelki izpolnjevati določene zahteve, in sicer njihova najvišja raven hrupa na varnostni razdalji ne sme presegati 120 dB (A, imp) ali enakovredne ravni hrupa, izmerjenega z drugo primerno metodo. Za kategorijo F1 znaša ta varnostna razdalja najmanj 1 m, za kategorijo F2 najmanj 8 m, za kategorijo F3 pa najmanj 15 m. Te zahteve so večinoma prevzete iz evropske zakonodaje [11], ki določa enake zahteve.

Pri tem pa je potrebna velika pazljivost; v dotičnem primeru na primer sodni izvedenec ni ločil med enotami dB (A, imp) in dB (C, peak). Gre za decibele z različnimi frekvenčnimi uteženji in dinamikami, katerih razlike v primeru pirotehničnih sredstev lahko presegajo 25 dB, oziroma energijsko faktor 300 in več, kar seveda rezultira v povsem napačnih zaključkih in odločitvah. Izvedenec je zaradi tega povsem napačno interpretiral zahteve obravnavane zakonodaje, na katero se je v svojem izvedenskem mnenju skliceval.

5.2 Imisijske omejitve

Pri nas je od leta 2006 uzakonjen Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni List RS št. 17/2006, popr. 18/2006 [20]). Ta izhaja iz evropske direktive 2003/10 CE [12], ki glede ocenjevanja obremenitve delavcev s hrupom obravnava C vrednoteno konično raven hrupa. Pravilnik v zvezi s tem predpisuje tudi mejno vrednost konične ravni zvočnih tlakov za izpostavljenost impulznemu hrupu iz stališča tveganja nastanka zdravstvenih okvar, in sicer:

- » mejno vrednost - $L_{C,peak} = 140$ dBC glede na referenčni zvočni tlak 20 μ Pa;
- » zgornjo opozorilno vrednost - $L_{C,peak} = 137$ dBC glede na referenčni zvočni tlak 20 μ Pa;
- » spodnjo opozorilno vrednost - $L_{C,peak} = 135$ dBC glede na referenčni zvočni tlak 20 μ Pa.

Te vrednosti se obravnavajo kot preventiva v izogib tveganju nastanka zdravstvenih okvar oziroma poškodb sluha za povprečno zdravega oziroma občutljivega človeka. Pomembno pa je še dejstvo, da podobne omejitve postavljajo oziroma priporočajo tudi številni drugi predpisi, vključno s priporočili WHO; vendar pa WHO priporoča še dodatno omejitev za otroke.

Ravni zvočnih tlakov pri eksplozijah petard na oddaljenosti nekaj metrov dosežajo 140 do 165 dBC, odvisno od vrste petarde. Skladno z zahtevami WHO in našimi predpisi za varovanje sluha ta raven naj ne bi presegala 140 dBC za odrasle in 120 dBC za otroke [21].

6 NAPAČNI POSTOPKI IZVEDENCA

6.1 Napačno uporabljena metrika

V skladu z evropsko Direktivo 2013/29/EU [11], na katero se je izvedenec v svojem mnenju skliceval, so pirotehnični izdelki oziroma izdelki za ognjemet razvrščeni v štiri kategorije od F1 do F4. Tako sodijo izdelki za ognjemet, ki predstavljajo nizko stopnjo nevarnosti in nizko raven hrupa in so namenjeni za uporabo na omejenih območjih na prostem, v kategorijo F2; izdelki za ognjemet, ki predstavljajo srednjo nevarnost in so namenjeni za uporabo na prostem v velikih odprtih prostorih, pa spadajo v kategorijo F3. Za kategorijo F2 znaša varnostna razdalja za uporabo vsaj 8 m. Za kategorijo F3 pa ta direktiva predvideva uporabo pirotehničnih sredstev na oddaljenosti najmanj 15 m, najvišja raven hrupa na teh razdaljah pa ne sme presegati 120 dB (A, imp) ali enakovredne ravni hrupa, določene z drugo ustrezno merilno metodo na takšni varnostni razdalji.

Očitno je, da izvedenec ni dobro poznal niti decibela kot enote za merjenje in vrednotenje ravni hrupa, kaj šele drugih podrobnosti (dinamiko, filtrska vrednotenja itd.). Seveda je takšno nepoznavanje stroke botrovalo povsem napačnim pristopom, ocenam in zaključkom njegovega izvedenskega mnenja. Če si zgolj na kratko ogledamo njegov postopek dela: izvedenec je iz direktive prevzel referenčno vrednost poka petarde 120 dB (A, imp) na razdalji 8 m in izračunal, kakšna bi naj bila raven zvočnega tlaka pri 5 m (razdalja eksplozije petarde do tožnikovih ušes).

Izvedenec je v nadaljevanju naredil kardinalno napako, ki je bila verjetno posledica njegovega slabega razumevanja osnov akustike. Ker ni razumel pomena decibela kot enote za izražanje ravni hrupa, je poskušal brez kakršnih koli pretvorb neposredno izračunati raven zvočnega tlaka na oddaljenosti 5 m za petardo kategorije F2 in dobil 124,08 dB [10]. Pri tem ni pojasnil, katere vrste decibelov je imel v mislih. Na podlagi tega nepravilno zastavljenega kazalca hrupa je preprosto zaključil, da raven zvočnega tlaka zaradi te eksplozije petarde ni dosegla niti mejne vrednosti (130 dB), pri kateri bi po njegovem mnenju lahko prišlo do poškodbe sluha. Prvotne A utežene metrike ni spremenil v C-uteženo raven. Še pomembneje pa je, da ni pojasnil (in očitno tudi ni razumel), katero časovno dinamiko je uporabil za mejno vrednost. V svoji zmedi je preprosto zanikal vsako možnost okvar sluha ali nastanka tinitusa, ker po njegovem mnenju tožnik ni bil izpostavljen impulznemu hrupu 130

dB ali več. Seveda je bil njegov zaključek popolnoma napačen, in sicer na podlagi njegovega napačnega izračuna in popolnoma napačne uporabe kazalcev in njihovih enot. Zlahka se dokaže, da je v tem primeru najvišja konica $L_{C_{peak}}$ dosegla raven okrog 150 dBC.

Tako je zaključil, da je 124 dB(A, imp) manj kot 130 dB. Pri tem ni navedel, katere decibele je v vsej tej zmešnjavi sploh uporabljal, po večkrat zastavljenem vprašanju na ustnem zaslišanju je zgolj odgovoril, da so vse to avdiološki decibeli, pri čemer ga je na začudenje prisotnih strank podprla celo sodnica. Izvedenec je tako enoto dB(A, imp) enostavno zamenjal z enoto dB(C, peak), iz česar je razvidno, da ne pozna enote decibel za izražanje ravni hrupa. Trmasto je zgolj ponavljal, da je to celo manj kot 130 dB, tako da v skladu z njegovim zatrjevanjem tožeča stranka naj sploh ne bi bila izpostavljena nobenemu tveganju za okvare sluha [10]. Povsem jasno je (razen izvedencu A.G.), da decibeli, izmerjeni z dinamiko impulz ter tehtani s filtrom A, niso enaki decibelom konične ravni, utežene s filtrom C. Ta razlika je ključnega pomena, ker je mejna raven hrupa pri ocenjevanju tveganja za okvare sluha izražena kot konica $L_{C_{peak}}$, torej uporablja vršno vrednost in se vrednoti s filtrom C [12, 20]. Očitno izvedenec ne razlikuje med tovrstnimi osnovnimi akustičnimi kazalci, saj povsem meša $L_{A_{l,max}}$ z $L_{C_{peak}}$. Razlika med tema dvema kazalnikoma je velika in v veliki večini primerov, vključno z obravnavanim, odločno vpliva na rezultat. Izvedenec je med zasliševanjem vztrajal, da so vse to »avdiološki decibeli«, brez kakršne koli dodatne razlage, in v to prepričal celo sodnico, ki mu je naivno verjela in onemogočila nadaljnja vprašanja, potrebna za razjasnitev teh kardinalnih nepravilnosti.

Razlika med kazalcema $L_{C_{peak}}$ in $L_{A_{l,max}}$ je v primeru eksplozije petard približno 26 dB. To pomeni, da raven $L_{A_{l,max}}$ 124,08 dB (A, Imp) ustreza precej višji ravni $L_{C_{peak}}$, ki je tako dosegla okrog 150 dBC na mestu najbolj izpostavljenega tožnikovega ušesa.

V skladu s slovenskimi in evropskimi predpisi [20, 12] je kot osnovno merilo za zaščito sluha pred visokoimpulznimi zvoki postavljena konična raven, LC peak. Skladno s temi predpisi obstaja tveganje za izgubo sluha nad 135 dBC glede na referenčni tlak 20 μ Pa. To ustreza ravni zvočnega tlaka $p_{peak} = 112$ Pa. To pomeni, da je bil v času eksplozije tožnik izpostavljen več kot tridesetkrat večji konični ravni od dovoljene, kar je seveda povzročilo akutno okvaro sluha. Za dinamiko impulz znaša časovna konstanta 35 ms med njegovim naraščanjem [15]. Časovna konstanta označuje čas, potreben za spremembo amplitude signala za faktor $1/e = 0,3679$, in je opredeljena v standardih IEC (glej dodatek).

Izvedenec A. G. ni bil seznanjen s temi odločilnimi dejstvi in očitno sploh ni razlikoval L_{Peak} z alternativnim deskriptorjem $L_{l,max}$. To je seveda povzročilo ogromne napake. Detektor konice L_{Peak} na merilniku zvoka mora imeti odziv manj kot 100 μ s (100 mikrosekund). To je eden od najpomembnejših razlogov, zakaj so interpretacije in zaključki izvedenca popolnoma napačni. Po drugi strani je L_{Peak} običajno izmerjen v kombinaciji s C ali neuteženim (ravnim) vrednotenjem.

Že iz grobe primerjave časovne konstante za dinamiko impulz in maksimalnega odzivnega časa za konico je razvidno približno razmerje 350: 1, kar ustreza logaritmičnemu razmerju okoli 25 dB. K izvedenčevi napaki nadalje prispeva razlika med A uteženim in C uteženim filtrom. Znano je, da so C vrednotene ravni na splošno višje od A vrednotenih, z izjemo na ozkem delu visoko frekvenčnega območja. Ker pa je spekter eksplozij petard premaknjen proti višjim frekvencam, je ta prispevek veliko manjši od prispevka zaradi različnih časovnih konstant.

Povsem jasno je, da je izvedenec A.G. pomešal konično raven $L_{C_{peak}}$ z maksimalno impulzno ravno $L_{A_{l,max}}$ in s tem rezultate tveganja nastanka slušnih okvar tožnika zaradi izpostavljenosti eksploziji petarde podcenil za več velikostnih redov. Na vprašanje izvedencu, kaj je $L_{A_{l,max}}$, je ta na zaslišanju zgolj odgovoril, da »so to decibeli jakosti zvoka, ki jih uporabljamo v avdiologiji«.

6.2 Izvedenčeva zmeda z različnimi zvočno-valovnimi pojavi

Izvedenec je v svojem mnenju nadalje zatrjeval, da je upošteval neravnost zidov in vogale okoliških hiš, kjer so se, po njegovem mnenju, zračni valovi lomili [10]. Več kot očitno ni šlo za zračne valove, temveč za zvočne valove. Še več, izvedenec je pri tem popolnoma pomešal učinke odboja in loma z uklonom in sipanjem, ne da bi razlikoval med temi pojavi. V zvezi s tem je na zaslišanju zatrjeval številne nesmiselnosti.

6.3 Zmešnjave in nerazumevanje poklicne izpostavljenosti hrupu

Izvedenec je nadalje domneval, da je bil tožnik občasno izpostavljen visoki ravni hrupa na svojem delovnem mestu, pri športno rekreativnih dejavnostih in podobno. Nadalje je ponovno ugibal, da osebna varovalna oprema ni bila zadostna, saj da se je hrup prenašal tudi skozi kosti lobanje do tožnikovega notranjega ušesa [10]. Vendar tudi za te špekulativne trditve ni navedel prav nobenih utemeljitev ali dokazov. Kljub zastavljenim vprašanjem ni podal nobene ocene o deležu zvočne energije, ki bi se naj pri tem prenesla na notranje uho skozi kosti lobanje napram prenosu po zraku. Te njegove izjave so torej ponovno povsem neutemeljene in seveda tudi neresnične. Uporaba ušesnih čepkov in naušnikov (zlasti v kombinaciji) uspešno varuje oziroma zmanjšuje izpostavljenost slušnih organov do 40 dB. Šele v primeru potrebe še večjega znižanja je potrebno zmanjšati prenos do notranjega ušesa tudi po kranialni poti. Niti tožnik niti velika večina delavcev ni doslej imela potrebe po tovrstnih previdnostnih ukrepih. Tožnik je izvedenca zaprosil, naj opiše vsaj en tovrsten praktičen primer iz njegove prakse, vendar tudi o tem ni dobil nobenega odgovora, kar še dodatno potrjuje, da je večinoma šlo za neutemeljene in pavšalne trditve izvedenca.

Izvedenec je nadalje vztrajal, da se na nekaterih delovnih mestih močne vibracije prenesejo skozi kosti v notranje uho. Vendar pa ponovno ni znal pojasniti, kaj je imel v mislih z »močnimi vibracijami«, niti ne v katerih enotah se takšne vibracije izražene, na katerih delovnih mestih oziroma iz katerih virov in s kakšnimi ravnimi.

7 ZAKLJUČKI

Skoraj vse izvedenčeve ugotovitve so povsem napačne, predvsem zaradi bistvenih napak v njegovih izračunih ter nepravilne uporabe in nerazumevanja uporabljenih metrik. Poleg tega izvedenec ni razumel in znal upoštevati osnovnih fizikalnih zakonov, čeprav jih je samoiniciativno skušal uporabljati.

V primeru kakršnega koli pretiranega hrupa ali celo zaradi suma prekomernega hrupa je namreč tožnik vedno uporabljal osebno varovalno opremo za varovanje sluha; po potrebi tudi dodatno zaščito, s katero so se ravni hrupa v ušesih zmanjšale do 40 dB. Torej je povsem jasno, da različni poklicni in rekreacijski tipi hrupa, ki jim je bil tožnik podvržen pri opravljanju svojih nalog, niso predstavljali nobene nevarnosti za okvare sluha. Ravni emisij zvočne energije, sproščene med njegovimi delovnimi opravili in podobnimi hrupnimi dogodki, so bile zato približno deset tisočkrat nižje od tiste, ki jo je tožnikovo notranje uho prejelo med eksplozijo petarde. Po drugi strani pa se je tožnik 10. aprila 2012 znašel v povsem drugačni situaciji, saj je bil njegov sluh popolnoma nezavarovan zaradi nepričakovane eksplozije petarde. Tako ni imel nobene možnosti, da bi izvedel ustrezne preventivne ukrepe ali uporabil kakšno drugo obliko varovanja svojega zdravja.

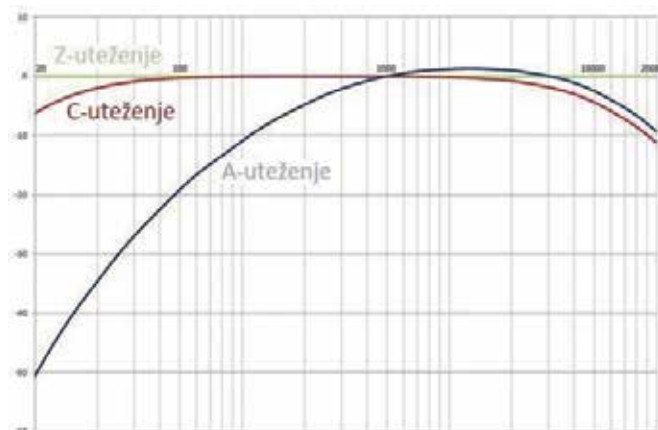
Izvedenec je zatrjeval, da bi tožnik poiskal zdravniško pomoč, če bi utrpel okvaro sluha zaradi eksplozije petarde. Vendar ni pojasnil, ali bi bila takšna poškodba, ki jo je povzročila eksplozija petarde, sploh ozdravljiva. Po mnenju drugih neodvisnih strokovnjakov okvare sluha med 7 in 12 %, ki jo je povzročila eksplozija petarde, ni mogoče odpraviti, kar je sicer na zaslišanju [17] potrdil tudi sam izvedenec in s tem vsaj deloma demantiral svoje trditve v pisnem delu izvedenskega mnenja.

V obstoječem izvedenčevem pričanju je več kardinalnih napak, kar je odločilno vplivalo na končne rezultate in njegove sklepe. Izvedenec je opravil avdiometrične teste v izredno neugodnih razmerah; ni posvečal pozornosti osnovam akustike in avdiologije, niti človeškemu zaznavanju in odzivu na zvok. Napačno je interpretiral akustične lastnosti eksplozije petarde ter njene škodljivosti in jih skušal pripisati izpostavljenostim pri delovnih in drugih aktivnostih. Izvedenec ni upošteval osnovnih akustičnih značilnosti tovrstnih različnih skupin hrupnih virov, katerim je poskušal povsem neutemeljeno pripisati vzrok za nastale okvare sluha. Njegova najbolj usodna napaka pa je bila napačna uporaba in mešanje različnih metrik, ki jih je uporabil pri vrednotenju visokoimpulznega hrupa. Izvedenec je preprosto zamenjal kazalca $L_{A, \max}$ in $L_{C, \text{peak}}$, ki se v primeru eksplozij petard razlikujeta za pribl. 26 dB. Ta dodatna zmeda v metrikah je povzročila usodno napako pri oceni konične ravni za 26 dB. Dejansko je bila ta razlika celo nekoliko višja, saj je v svojem izračunu uporabil drugo in ne tretjo kategorijo (namesto petard Megatron, Extreme ali Topovski udar je izvedenec svoje izračune skušal zasnovati na petardi Pirat 2. kategorije). Na ta način je bila njegova strokovna ugotovitev glede izpostavljenosti konični ravni 124 dB, namesto dejanski konični vrednosti nad 150 dB popolnoma napačna.

8 DODATEK – TEORETIČNO OZADJE GLAVNIH IZVEDENČEVH NAPAK

Glavna napaka v izvedenskem mnenju je bilo nerazumevanje kazalca maksimalne A vrednotene ravni hrupa, merjene z dinamiko impulse, ter njegova zamenjava s kazalcem konične C vrednotene ravni. Za razumevanje pomembnosti te napake je v nadaljevanju predstavljeno njeno teoretično ozadje oziroma kratek opis.

A vrednotena raven hrupa predstavlja primer uteženja obravnavanega zvočnega signala po krivulji, ki je približno prilagojena odzivu človekovih slušnih organov na določeno zvočno motnjo v območju nizkih frekvenc. Iz Slike 2 je opazna znatna razlika med A in C uteženo ravnijo.



Slika 2: A in C vrednoteni krivulji

Maksimalna A vrednotena raven hrupa, merjena z dinamiko impulse, pomeni maksimalno efektivno (RMS) vrednost, vrednoteno z A filtrsko utežjo in merjeno z dinamiko po časovni konstanti 35 ms.

RMS raven popisuje efektivno vrednost kvadrata (root mean square) zvočnega tlaka in jo označimo kot p_{RMS} , izraža pa se v pascalih (Pa). Vrednost RMS se tako izračuna s kvadriranjem vrednosti časovno odvisnega zvočnega tlaka $p(t)$, njegovim povprečenjem (integracijo) preko določenega časovnega intervala t_2-t_1 , na koncu pa se tako povprečena vrednost še koreni, kar se matematično zapiše kot:

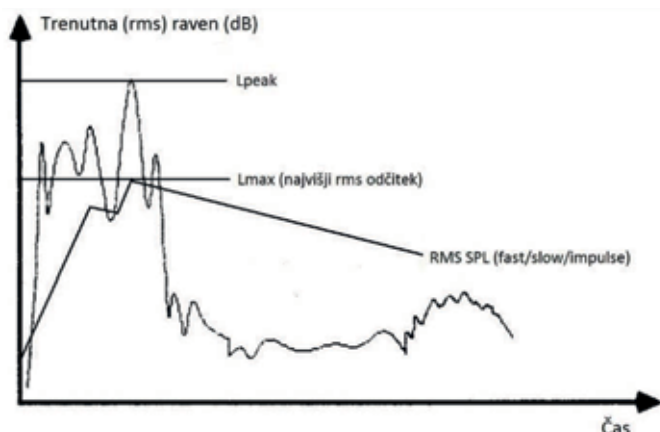
$$p_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t)^2 dt} \quad (1)$$

Pri tem sta t_1 oziroma t_2 časovna trenutka pričetka oziroma zaključka vrednotenja tega povprečja.

Gre torej za integracijo kvadrirane vrednosti zvočnega tlaka, njenega časovnega povprečenja in končno še kvadratnega korenjenja tako dobljenega povprečja kvadrata te vrednosti. Zgolj navadno povprečenje namreč ne bi dalo neke otipljive vrednosti (na primer v primeru sinusnega signala bi bila ta vrednost praktično enaka nič), medtem ko je RMS vrednost sorazmerna energiji obravnavanega zvočnega signala, kar je pomembno za opis njegovega vpliva na okvare sluha.

Konična raven je po definiciji standarda IEC najvišja

absolutna raven trenutnega zvočnega tlaka tekom danega časovnega intervala. Na Sliki 3 je prikazana razlika med maksimalno L_{max} in konično L_{peak} ravni.



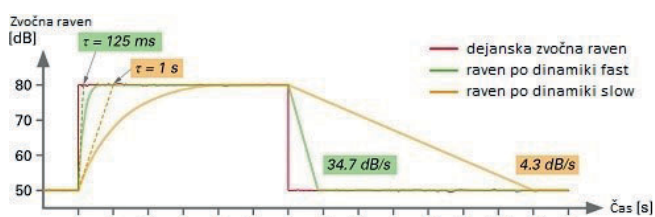
Slika 3: Grafični prikaz razlike med L_{max} in L_{peak} , ki ju je izvedenec enostavno izenačeval

Ravni hrupa je nadalje možno meriti oziroma izražati z različnimi dinamikami, vsaki pripada določena časovna konstanta. V praksi se danes največ uporabljajo tri takšne dinamike, ki so najpogosteje vgrajene tudi v sodobne merilnike hrupa: Hitro (Fast), Počasi (Slow) in Impulz (Impulse) [4].

Pri merjenju ravni hrupa dejansko zaznavamo spremembe v zvočnem tlaku, ki ga povzroča preiskovana zvočna motnja (v našem primeru eksplozija petarde). Takšne ravni zvočnega tlaka se zelo hitro spreminjajo, tako da bi bilo njihovo dejansko odčitavanje s pomočjo merilnega instrumenta v realnem času zelo težko. Zaradi tega imajo merilni instrumenti vgrajene določene dušilnike, ki dušijo njihovo reakcijo na tako hitre časovne spremembe, kar omogoča bolj izgledno odčitavanje. Takšen process imenujemo časovno tehtanje.

Standard IEC 61672-1 [15] podrobneje obravnava dve različni časovni uteženji Hitro (Fast) in Počasi (Slow). Za obe sta značilna določeno dušenje oziroma upočasnjena reakcija odčitavanja zaslona merilnika hrupa. Dinamika Hitro seveda reagira hitreje, njeno dušenje je določeno s časovno konstanto $\tau = 125 \text{ ms}$; dinamiko počasi določa osemkrat večja časovna konstanta $\tau = 1 \text{ s}$. Če po drugi strani zvok iznenada preneha, začne signal na zaslonu po dinamiki Hitro upadati s hitrostjo 34.7 dB/s . Pri dinamiki počasi je to upadanje osemkrat počasnejše, oziroma 4.3 dB/s .

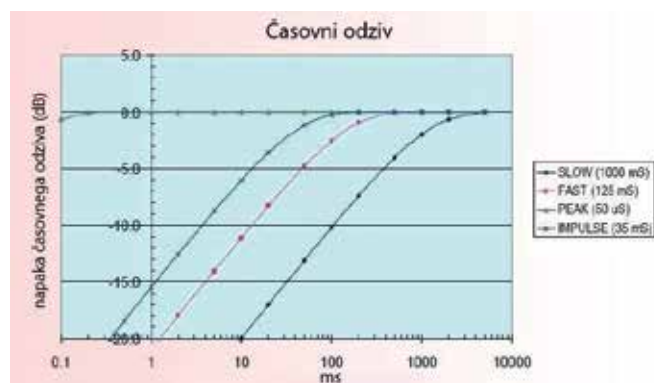
Na Sliki 4 je prikazan odziv merilnega instrumenta na pravokotni zvočni signal pri obeh opisanih dinamikah.



Slika 4: lastnosti dinamike hitro in počasi

Za meritve kratkotrajnih impulznih hrupnih dogodkov (kot v našem primeru eksplozija petarde) pa so merilni instrumenti običajno opremljeni še s tretjo vrsto dinamike Impulz. Vendar pa je ta v nasprotju z opisanimi dinamikama Hitro in Počasi asimetrična. Tako se impulzna dinamika zelo hitro prilagodi naraščanju zvočnega signala ($t = 35 \text{ ms}$), medtem ko je njeno upadanje po prenehanju zvočnega signala precej bolj počasno, namreč le 2.9 dB/s s toleranco ± 0.8 do $\pm 1.3 \text{ dB/s}$, odvisno od razreda merilnega sistema. Na Sliki 6 je prikazan odzivni čas na nenadni zvočni impulz pri dinamikah Počasi, Hitro, Impulz in Peak.

Kazalci s časovnim vrednotenjem po dinamiki Impulz se danes obravnavajo kot manj primerni in niso priporočljivi za oceno tveganja slušnih okvar [15]. Vsekakor njihova uporaba zahteva ustrezno znanje in izkušnje, s čimer pa izvedenec žal ni razpolagal. V vsakem primeru je takšen kazalec potrebno uporabljati zelo previdno.



Slika 5: odzivni čas na nenadni zvočni impulz pri različnih dinamikah: Počasi, Hitro, Impulz in Peak

Matematično se časovno vrednotenje običajno izraža z eksponentno funkcijo časa oziroma ustrezno časovno konstanto. Ta predstavlja uteženje kvadrata trenutnega zvočnega tlaka. Časovno vrednotena zvočna raven pa je, skladno z IEC 61672 standardom, definirana kot dvajsetkratni desetiški logaritem razmerja med kvadratnim korenom kvadrata zvočnega tlaka in referenčnega zvočnega tlaka.

$$L_{A\tau}(t) = 20 \log \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{t}\right) \int_{-\infty}^t p_A^2(\xi) e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} d\xi}{p_0}} \quad (2)$$

pri tem je

τ – časovna konstanta v eksponentu, vezana na časovno tehtanje F, S ali I

ξ – je tekoča časovna integracijska spremenljivka v času med $-\infty$ in t

$p_{A(\xi)}$ – je trenutni A vrednoten zvočni tlak

p_0 – je referenčni zvočni tlak, po definiciji enak $20 \mu\text{Pa}$.

V zgornji enačbi je števec logaritemskega argumenta eksponentno utežena frekvenčno vrednotena rms vrednost zvočnega tlaka v času t .

Izhod zvočnega impulznega signala iz detektorja tako najenostavneje opišemo z dvema funkcijama, glede na to ali gre za njegovo naraščanje ali upadanje. Naraščajoči signal ponazorimo z naraščajočo funkcijo z ničelnim vhomom, skladno z enačbo

$$L(t) = 10 \log(1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

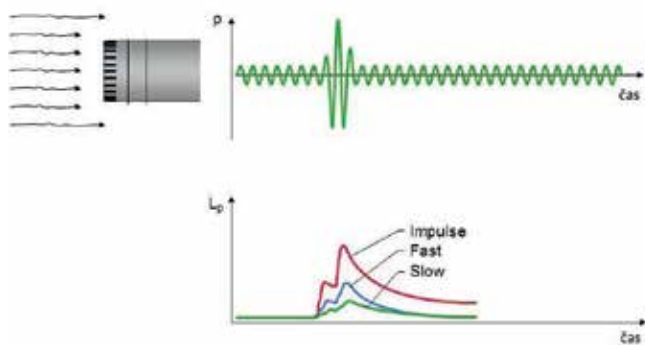
Tukaj gre za naraščajočo transcendentno funkcijo s pozitivnim prvim in negativnim drugim odvodom, brez vhodnega signala v začetnem trenutku.

Padajoči signal po prenehanju impulza pa ponazorimo z enakomerno padajočo funkcijo z ničelnim izhodom, [18]:

$$L(t) = 10 \log(e^{-t/\tau}) \quad (4)$$

kar dejansko predstavlja linearno funkcijo z negativnim prvim odvodom.

Na Sliki 7 je prikazan še praktični primer odzivov različnih dinamik hrupa na impulzni signal, ki je v praksi relativno pogost. ■



Slika 7: praktični primer odzivov različnih dinamik hrupa na impulzni signal

Največkrat v javnosti srečujemo kontradiktorna izvedenska mnenja s področja psihiatrije, a se nepravilnosti pojavljajo tudi na drugih medicinskih, seveda pa tudi na tehničnih in drugih področjih.

9 LITERATURA

1. Zakon o eksplozivih in pirotehničnih izdelkih, O.J. RS, 35/2008
2. EN ISO 8253 Acoustics- Audiometric test methods- Part 1: Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry
3. EN ISO 8253 Acoustics- Audiometric test methods- Part 2: Sound field audiometry with pure tone and narrow-band test signals
4. ISO 10843: Acoustics - Methods for the description and physical measurement of single impulses or series of impulses
5. R. P. Hamernik, K. D. Hsueh: Impulse noise: Some definitions, physical acoustics and other considerations; JASA 90(1), July 1991, 189-196
6. N. Kapoor, A. P. Singh: Firecracker noise and its auditory implications, Proceedings of the Tenth International Congress on Sound and Vibration, Stockholm, 2-6 July 2003, 5063-5070.
7. O. V. Mohanan & M. Singh: Characterisation of sound pressure levels produced by crackers; Applied acoustics, Vol. 58, December 1999, 443-449.
8. G. Richard Price: Impulse noise hazard: From theoretical understanding to engineering solutions; Noise Control Engineering Journal 60 (3), May - June 2012, 301-312.
9. Non - binding guide to good practice for the application of directive 2003/10/EC Noise at Work; Chapter 7: Hearing damage and health surveillance, European Commission Directorate-General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities, December 2007, 112-119.
10. Anton Gros: Izvedensko mnenje II P 1669/2015, Okrajno sodišče v Ljubljani, 14. avgust 2017, 1-10.
11. Directive 2013/29/EU of the European parliament and of the council of 12 June 2013 on the harmonisation of the laws of the member states relating to the making available on the market of pyrotechnic articles
12. Directive 2003/10/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)
13. Military noise environment Hearing Protection - Needs, Technologies and Performance, NATO Technical report by Task Group HFM - 147, November 2010, chapter 3
14. P. Rasmussen, G. Flamme, M. Stewart, D. Meinke, J. Lankford: Measuring recreational firearm noise, Sound & Vibration, August 2009
15. IEC 61672 - 1, Electroacoustics - Sound level meters, Part 1: Specifications
16. [16.] G. R. Price: Predicting Mechanical Damage to the Organ of Corti, Hearing Research, Vol 226, April 2007, 5-13.
17. Prepis zvočnega posnetka zapisnika o glavni obravnavi pri Okrajnem sodišču v Ljubljani dne 16. 5. 2018, Opr. št. II P 1669/2015
18. J. Neumann: Lärmesspraxis am Arbeitsplatz und in der Nachbarschaft; 7. Auflage, Expert Verlag, Renningen - Mannheim 1975
19. Pravilnik o tehničnih in varnostnih zahtevah, obrazcih ter evidencah za eksplozive in pirotehnične izdelke (Uradni list RS, št. 105/08, 100/10, 24/12, 88/13 in 35/15)
20. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni List RS št. 17/2006, popr. 18/2006)
21. WHO - Guidelines for community noise, Geneva 1999, 2018