

Strokovni posvet o hrupu obratovalne opreme in možnih vplivih na okolje

19. 9. 2022 ob 9.00 v predavalnici H-10, FGG UL

SDA v sodelovanju s FGG UL

Hajdrihova 28, Ljubljana

Program:

- Doc. dr. Mateja Dovjak, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani: *Uvodni nagovor in povezovanje*
- Prof. dr. Holeček Nikola, Fakulteta za varstvo okolja, Velenje in FKKT, Univerza v Ljubljani: *Zvočna emisija toplotnih črpalk zrak-voda in posledično pričakovane medsosedske napetosti*
- Kvasič Tone, Direktorat za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor: *Obratovanje toplotnih črpalk – Normativna ureditev na področju hrupa v okolju*
- Saša Galonja, Sektor za sistem prostora in graditve, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja, *Ministrstvo za okolje in prostor: Obratovalna oprema - pravna ureditev hrupa v stavbah*
- Dr. Sonja Jeram, NIJZ Nacionalni inštitut za javno zdravje: *Vpliv hrupa na zdravje in počutje ljudi: Posebnosti v primeru hrupa obratovalne opreme*
- Odmor za kavo
- Peter Dolenc- IMS MERILNI SISTEMI d.o.o., Ljubljana: *Meritev in analiza hrupa toplotne črpalke: primer iz prakse*

Diskusija

*Glavni in odgovorni organizator:
Mateja Dovjak*

*Organizacijski odbor:
Mateja Dovjak
Rok Prislan
Andrej Biček
Sonja Jeram
Samo Beguš
Ferdinand Deželak*

Za vsebino posameznega prispevka so odgovorni njegovi avtorji.
Copyright © avtorji prispevkov, Slovensko društvo za akustiko,
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani. Vse
pravice pridržane. Reproduciranje in razmnoževanje po Zakonu o
avtorskih pravicah ni dovoljeno.

A modern interior space featuring large floor-to-ceiling windows on the left, offering a view of a green outdoor area. The room has a wooden floor and a dining table with white chairs on the right. A white refrigerator and kitchen cabinets are visible in the background. A semi-transparent white box contains the title text.

Zvočna emisija toplotnih črpalk zrak-voda in posledično pričakovane medsosedske napetosti

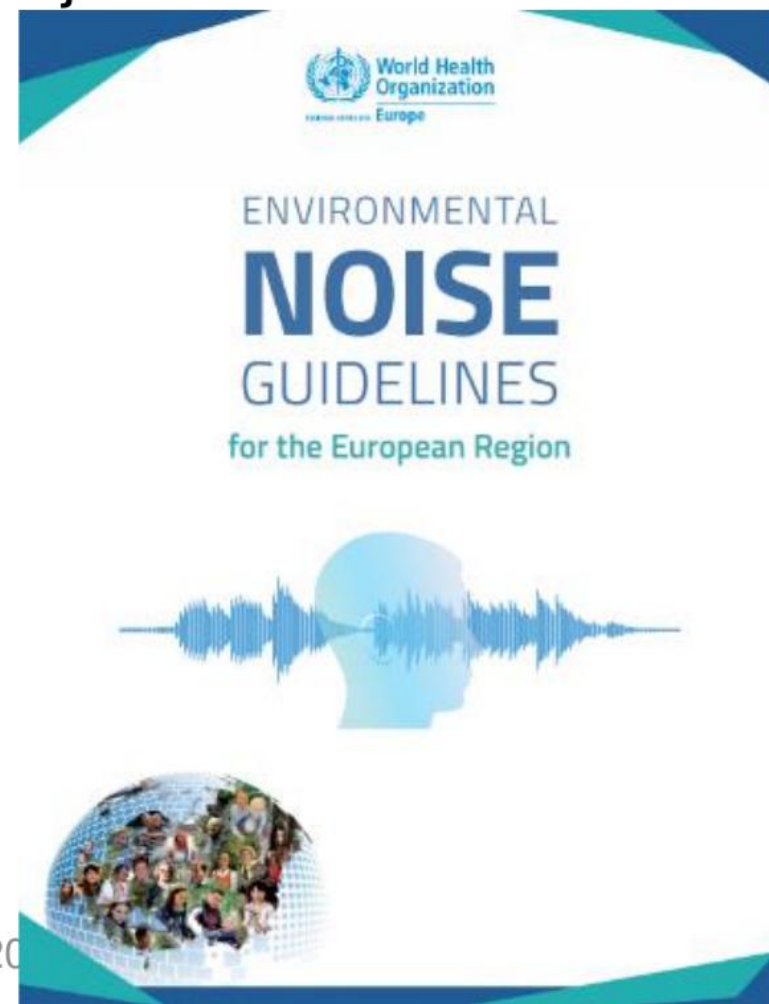
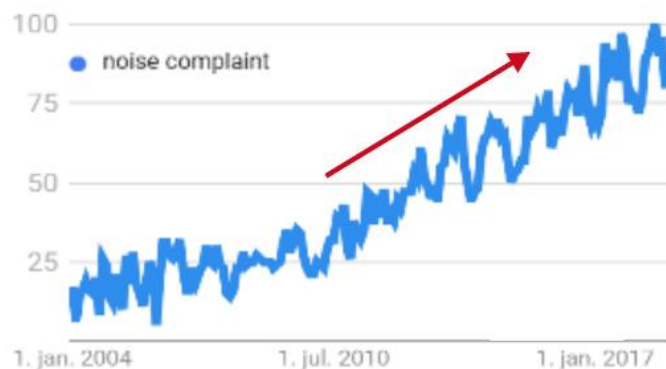
i.prof.dr. Nikola Holeček,

Fakulteta za varstvo okolja, Velenje; Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Ljubljani



Okoljski hrup

- Onesnaževanje s hrupom je vse večji problem po vsej Evropi, katerega vplivov na zdravje se mnogi ljudje morda ne zavedajo.
- Iskalna fraza: **noise complaint**¹





Vpliv na zdravje

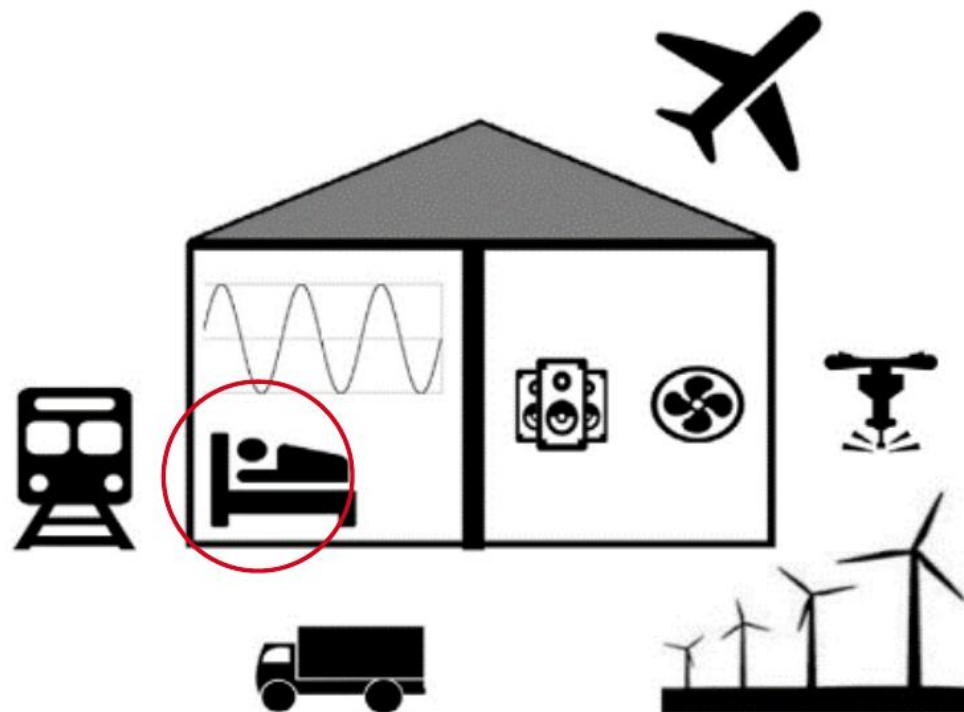
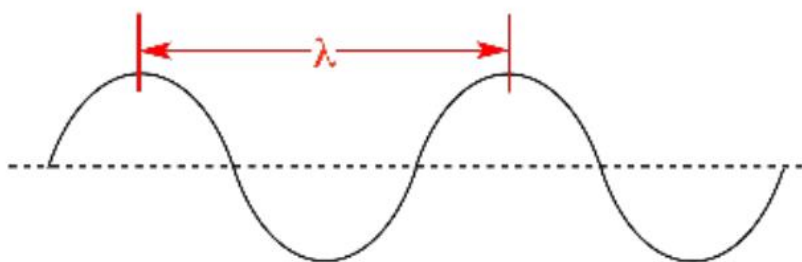


- Okoljski hrup je drugi največji stresor okolja³
- V zahodnih državah EU vsako leto izgubljenih **1.000.000** zdravih let življenja (DALY)³
- Omejena količina raziskav zlasti na področju NFH
- Prekomerna raven hrupa lahko povzroči:³
 - Kognitivne motnje
 - Motnje spanja
 - Tinitus
 - Kardiovaskularne bolezni



Poseben problem je NFH (nizkofrekvenčni hrup)

- Frekvenca $f < 250$ Hz
- Povsod okoli nas
- Velike valovne dolžine



$$f = 13.5 \text{ kHz}$$

$$\lambda \rightarrow$$



$$f = 100 \text{ Hz}$$

$$\lambda \rightarrow$$



$$f = 10 \text{ Hz}$$

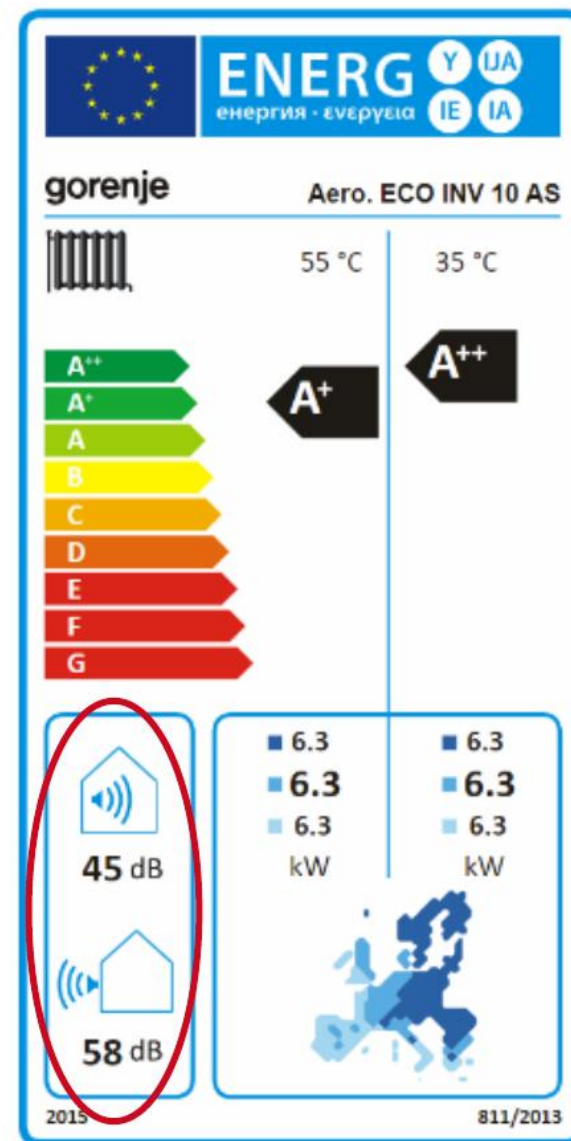
$$\lambda \rightarrow$$





Toplotne črpalke TČ

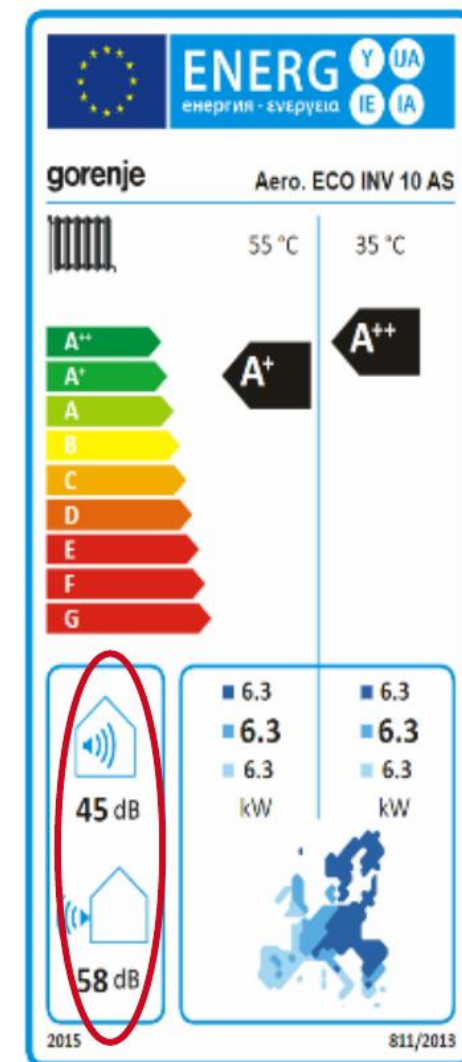
- Tip zrak/voda
- Ventilator in kompresor v zunanji enoti





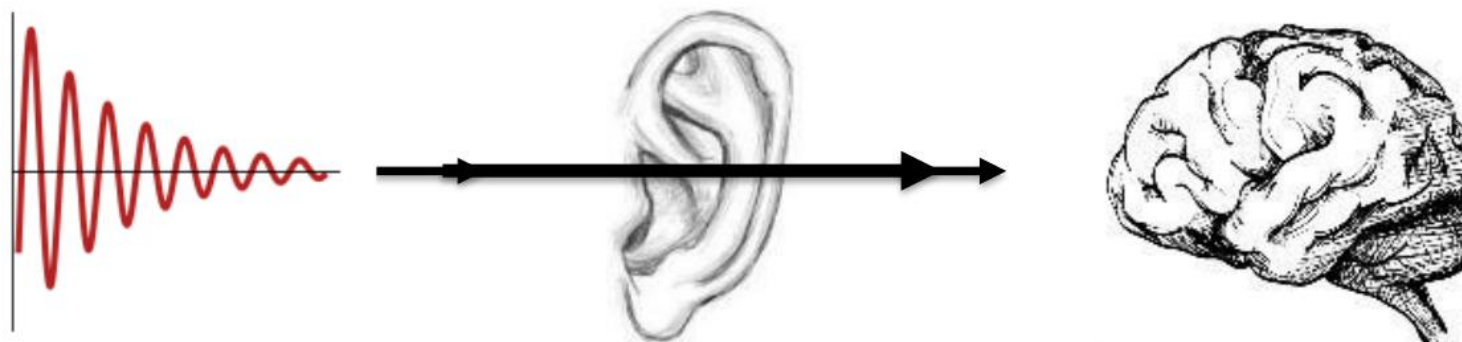
A-vrednoten nivo zvočne moči TČ

- L_{WA} je **absolutna, integralna in invariantna** fizikalna količina (za vse opazovalce in vse načine meritev ostaja enaka).
- *Spektralna porazdelitev, zvočna slika, psihoakustični parametri, NFH???*
- Omogoča nam edino, da opazovane akustične sisteme primerjamo med sabo.
- Zvočni tlak na imisijskem mestu je samo posledica in ni nujno, da obstaja.





Psihoakustika



Zvok

- zvočni tlak
- zvočna moč

Psihoakustika

- glasnost
- hrapavost
- stopnja fluktuacije
- ostrina
- tonalnost

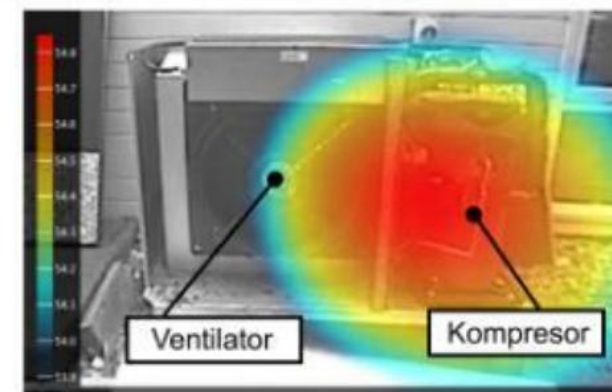
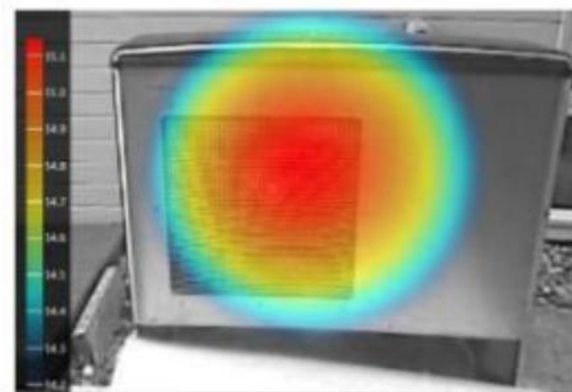
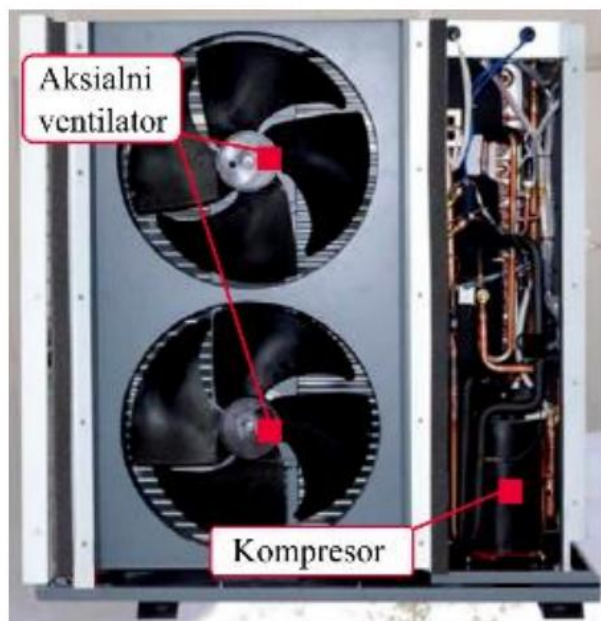
Percepcija zvoka

- močan
- neprijeten
- lep
- atraktiven
- robusten



Vir hrupa TČ

- Aerodinamični in strukturni hrup
- Primarna vira sta kompresor in ventilator





MEDSOSSEDSKE NAPETOSTI ZARADI HRUPA TČ – paradigma

Na mirni in tihi lokaciji sosed postavi novo hišo in TČ pred spalnico sosedne hiše (ne pa svoje spalnice). Potem cinično trdi, da je hrup TČ nepomemben. Floskula, ki se ponavlja v vseh podobnih konfliktih!





MEDSOSSEDSKE NAPETOSTI ZARADI HRUPA TČ: vir NFH

- TČ je vir NFH, ki se občutno spreminja z lego v prostoru. Če so dimenzije prostora velikostnega reda λ se hrup ojača: resonančne frekvence v zaprtem prostoru!
- Ko NFH enkrat telesno zaznamo povzroča izrazito averzijo, fiziološko in psihosocialno (ekstaavralni učinki!)
- Prirastek 5 dB pri 30 Hz subjektivno je kot 10 dB pri 1 kHz



Praksa v tujini

- Zvezno združenje toplotnih črpalk (BWP) eV ima sedež v Berlinu.
- Zastopa strokovne interese podjetij v povezavi s toplotnimi črpalkami:
 - nemška industrija toplotnih črpalk (proizvajalci/distributerji), podjetja za oskrbo z energijo, podjetja za vrtanje in dobavitelji,
 - specializirani trgovci HVAC + Elektro,
 - arhitekti, svetovalci, strokovnjaki, proizvajalci montažnih hiš.



Teh. smernica za oceno zvočnega tlaka na imisijskem mestu (TA Lärm)

- **Zvočni kalkulator omogoča oceno emisij hrupa toplotnih črpalk zrak-voda.** <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>
- Z izračunom je možno oceniti imisije hrupa v prostorih, ki jih je treba zaščititi (pomembne imisijske lokacije) na sosednjih nepremičninah ali določiti potrebno oddaljenost od toplotne črpalke.

1. Podatki o zračni toplotni črpalci

Proizvajalec: ?

Model: ?

Zvočna moč po ErP: dB(A)

Najvišja raven zvočne moči pri dnevnem delovanju: dB(A)

Najvišja raven zvočne moči pri tistem delovanju: dB(A)

Za nočno delovanje upoštevajte: ☒ ja ☐ št

Doplačilo za tonalitetu K₁ (po podatkih proizvajalca): ☐ ni slišno ☒ slišno +3 dB(A) ☐ močno slišno +6 dB(A) ?

2. Imisijska referenčna vrednost glede na TA Noise

Stopnja občutljivosti: ?

3. Postava

Prostori kot K₀: ☒ zunanja montaža ☐ notranja montaža ?

Kliknite sliko za prebrskanje

Razdalja (s) vir - sprejemnik: m ?

- ☒ +3 dB(A) WP prosto postavljen, zid ni bližje kot 3 m
- ☐ +6 dB(A) WP na steni, oddaljenost od naprave do 3 m
- ☐ +9 dB(A) WP v kotu, oddaljenost od naprave do 3 m
- ☐ +9 dB(A) WP med dvema stenama, razdalja med stenama do 5 m
- ☐ +9 dB(A) WP pod nadstreškom, višina nadstreška do 5 m



Teh. smernica za oceno zvočnega tlaka na imisijskem mestu

$$L_r = L_{WA} + K_T + K_0 - 20 \log(s_m) - 11\text{dB} + K_R,$$

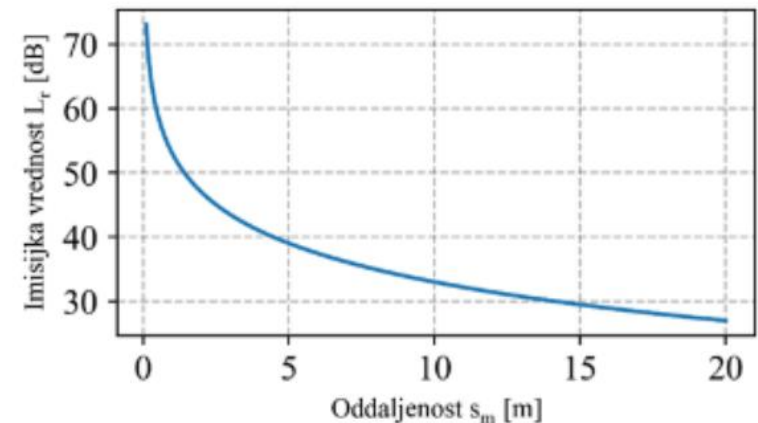
L_{WA} - A-utežena zvočna moč,

K_T - dodatek zaradi poudarjenih tonov,

K_0 - dodatek zaradi načina montaže

s_m - razdalja od zunanje enote do imisijskega mesta ter

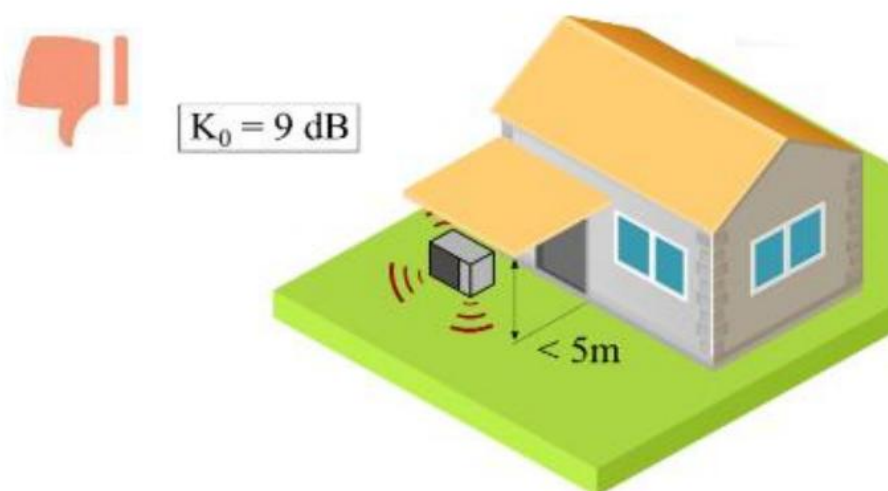
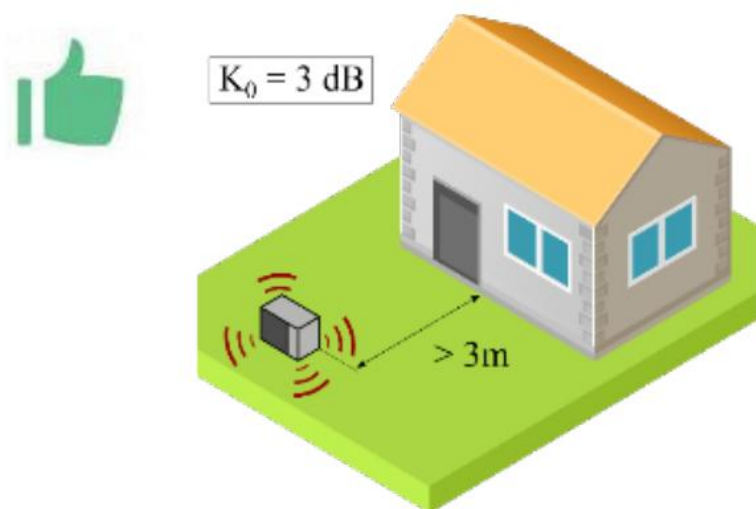
K_R - dodatek zaradi povečane občutljivosti ljudi v posameznih obdobjih dneva.



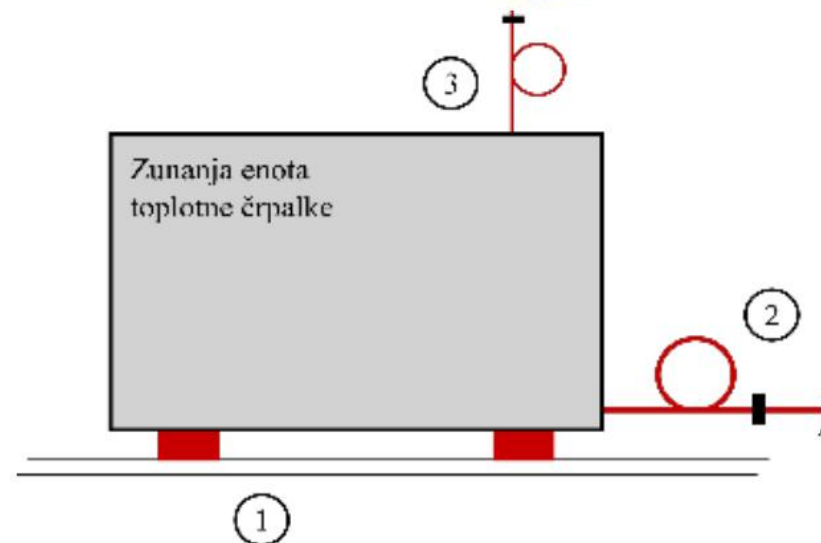


Primarni ukrepi redukcije hrupa TČ

- Primerna postavitve v prostoru



- Pravilna montaža:
 1. Vibroizolacija
 2. Električna napeljava
 3. Napeljava do notranje enote





Sekundarni ukrepi redukcije TČ

- Okrov-kapsula okrog zunanje enote



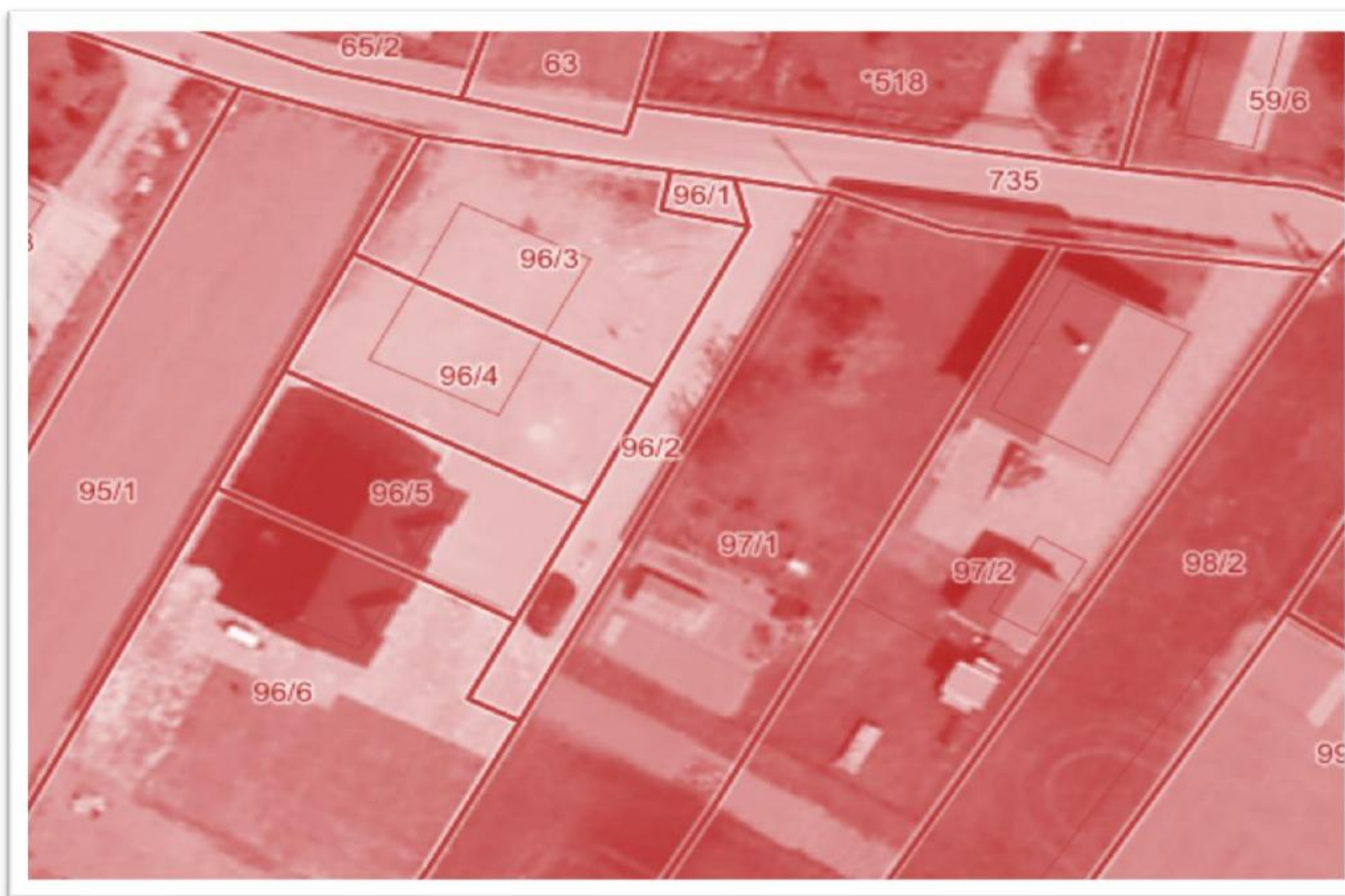
- Protihrupna ograja





Primer iz prakse I.

- Mirna in tiha lokacija
- Gradbena firma postavi 3 dvojčke in 6 TČ



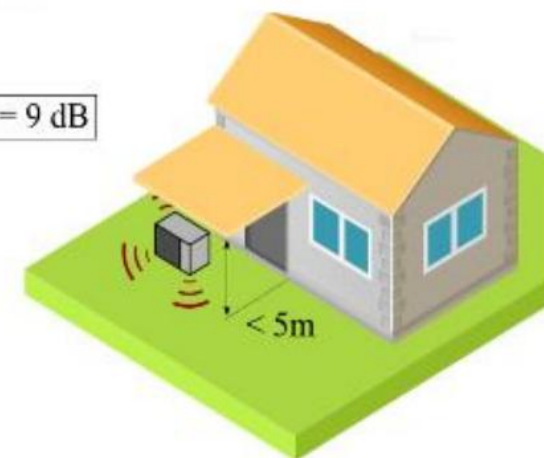


Primer iz prakse I.

- Izredno nadležen hrup
- Slaba postavitev v prostoru: TČ na odbojnih tleh in v bližini odbojnih površin: dodatek za način montaže K_0 je **9 dB**



$K_0 = 9 \text{ dB}$





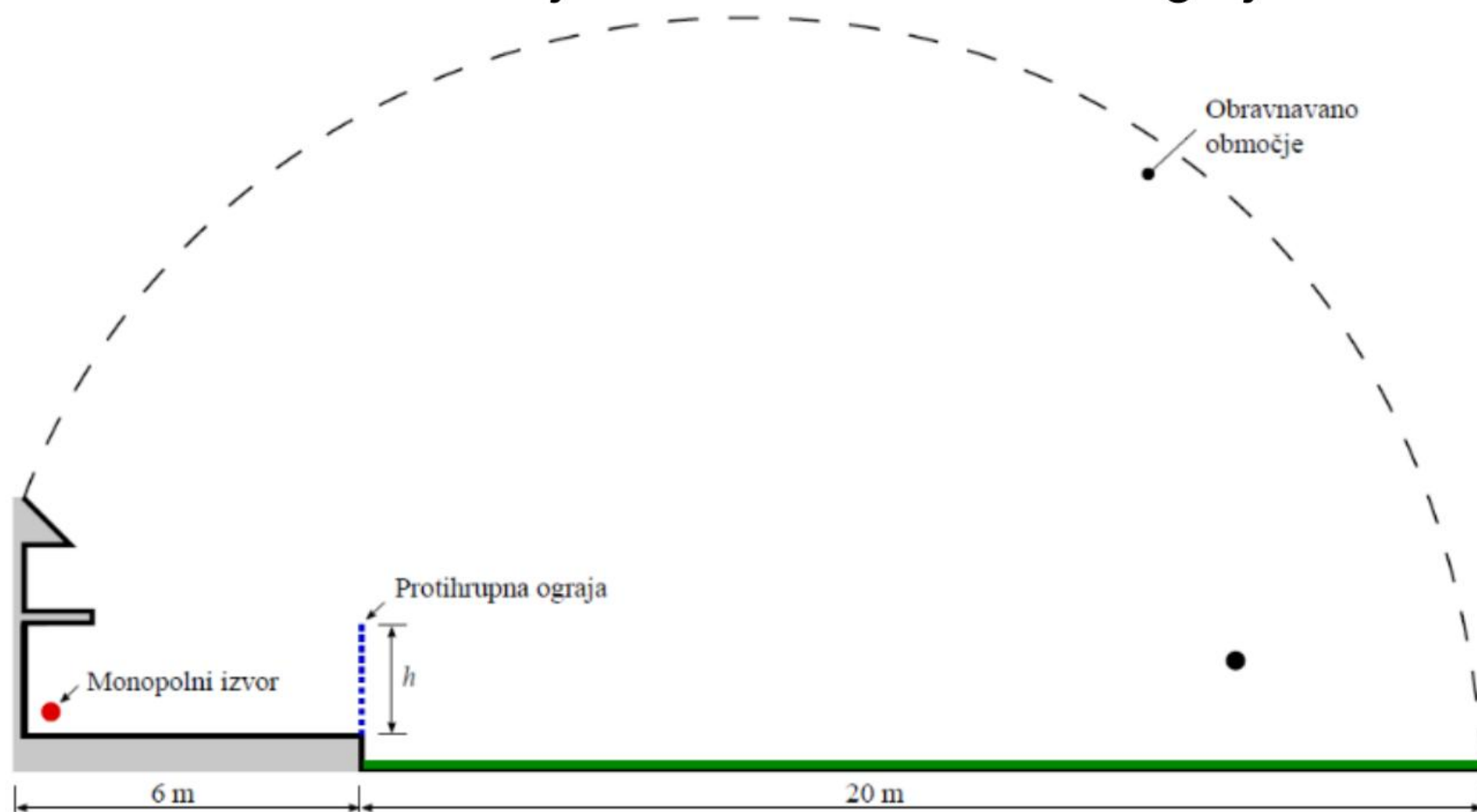
Primer iz prakse I.: 6 TČ





Predlog za redukcijo: protihrupna ograja

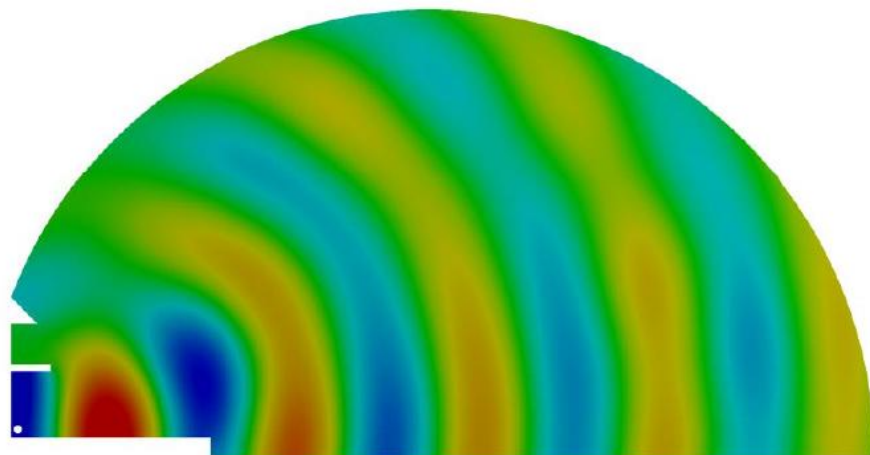
- Numerična simulacija učinkovitosti različnih ograd



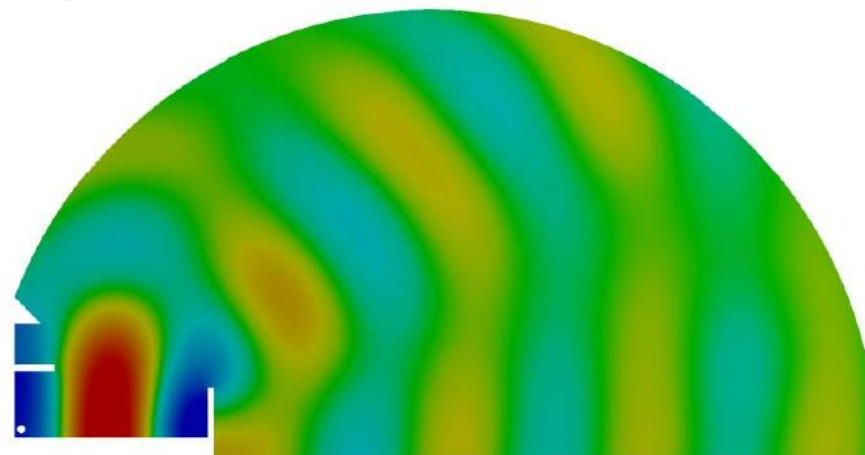


$$f = 63 \text{ Hz}$$

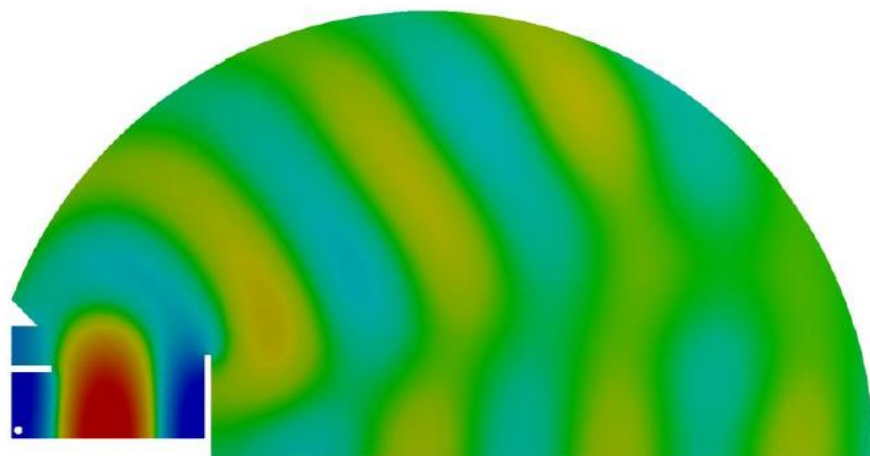
Rezultati simulacij



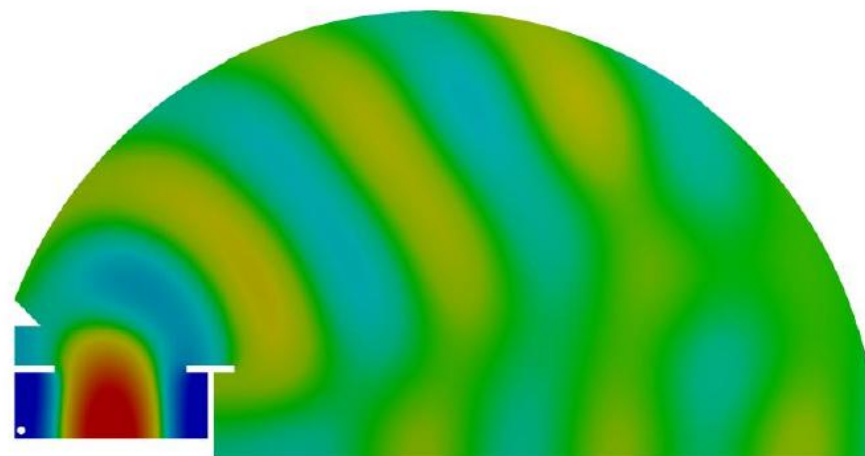
Brez protihrupne ograje



Protihrupna ograja $\nu = 150\text{cm}$



Protihrupna ograja $\nu = 250\text{cm}$

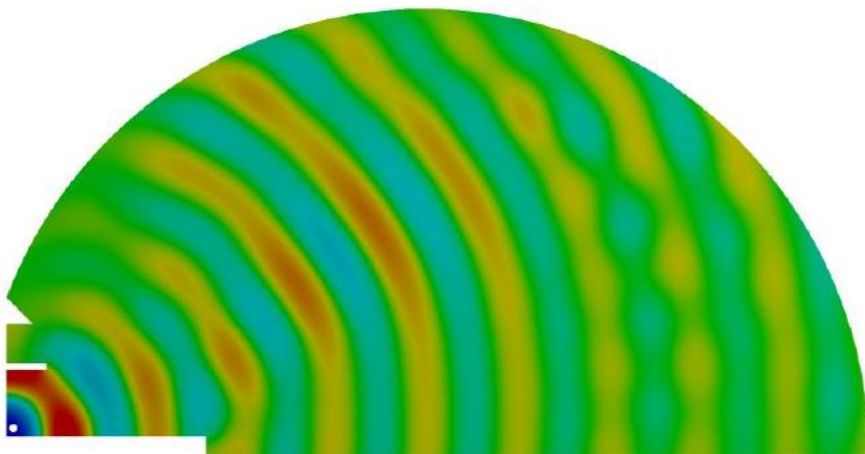


Protihrupna ograja T $\nu = 200\text{cm}$

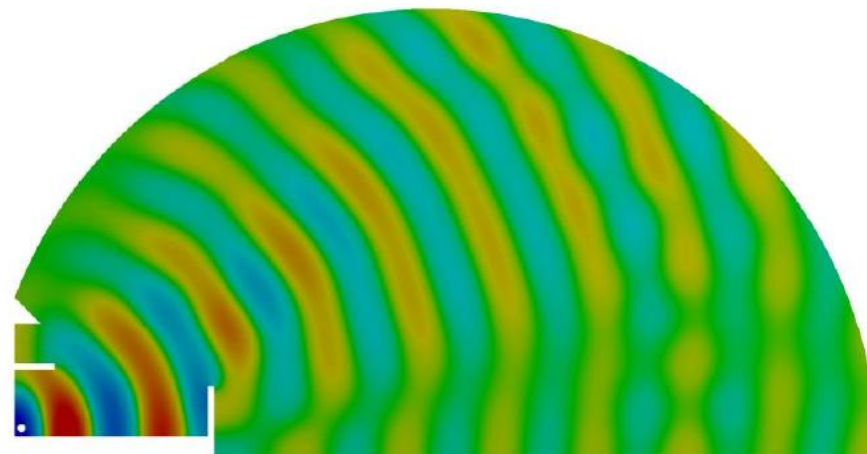


$$f = 125 \text{ Hz}$$

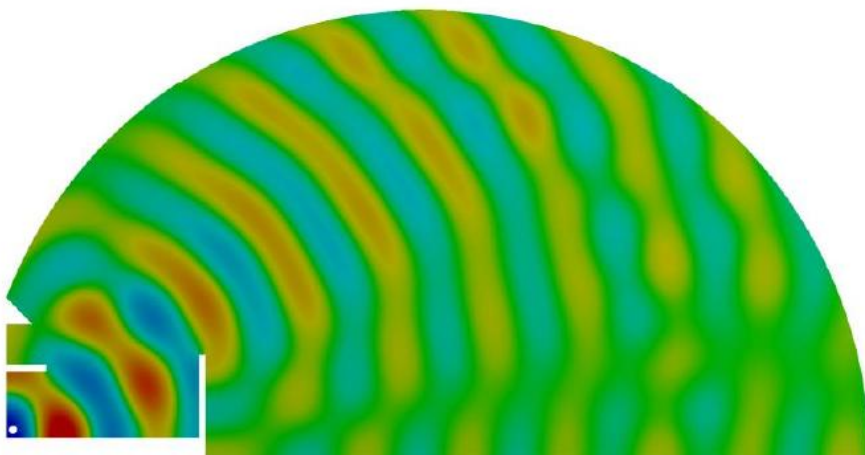
Protihrupna ograja



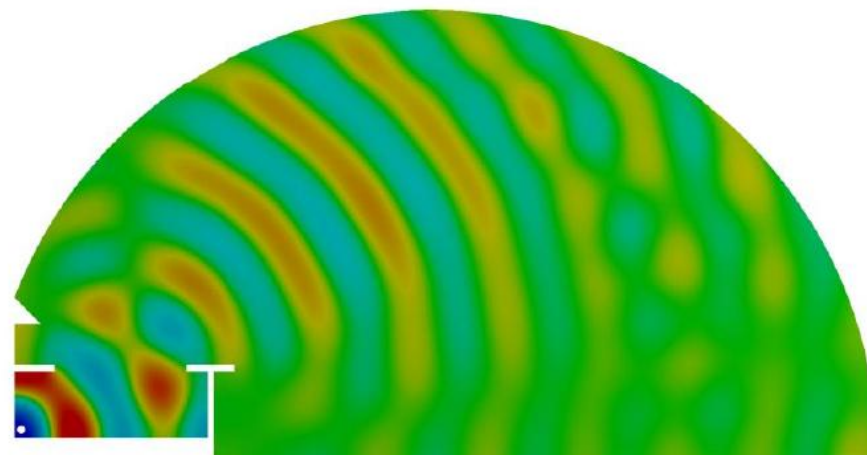
Brez protihrupne ograje



Protihrupna ograja $v = 150\text{cm}$



Protihrupna ograja $v = 250\text{cm}$

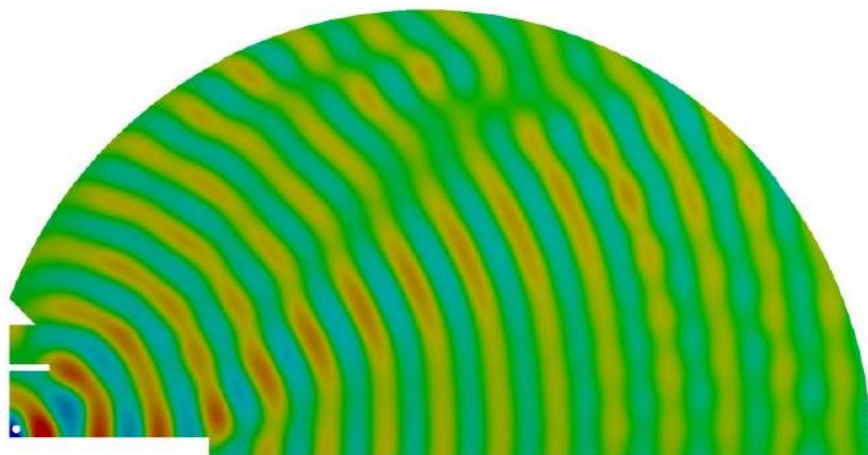


Protihrupna ograja T $v = 200\text{cm}$

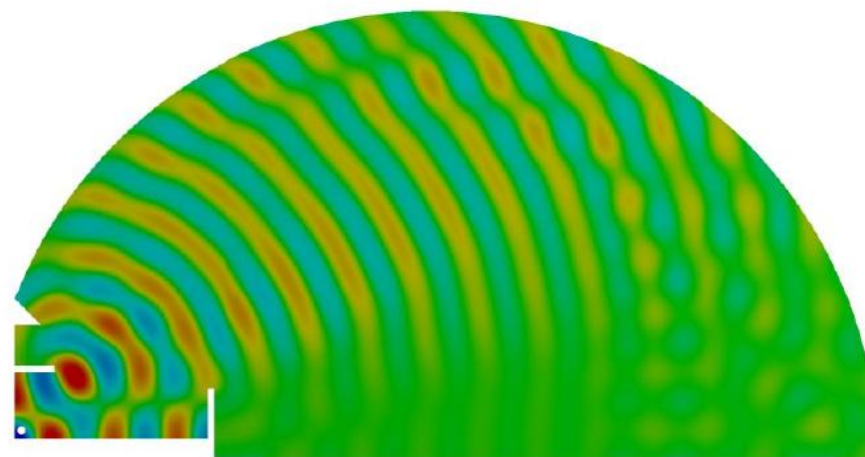


$$f = 200 \text{ Hz}$$

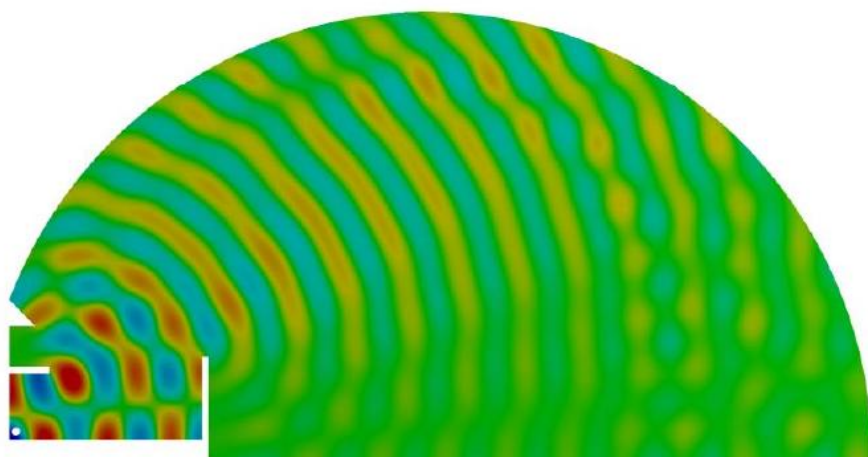
Protihrupna ograja



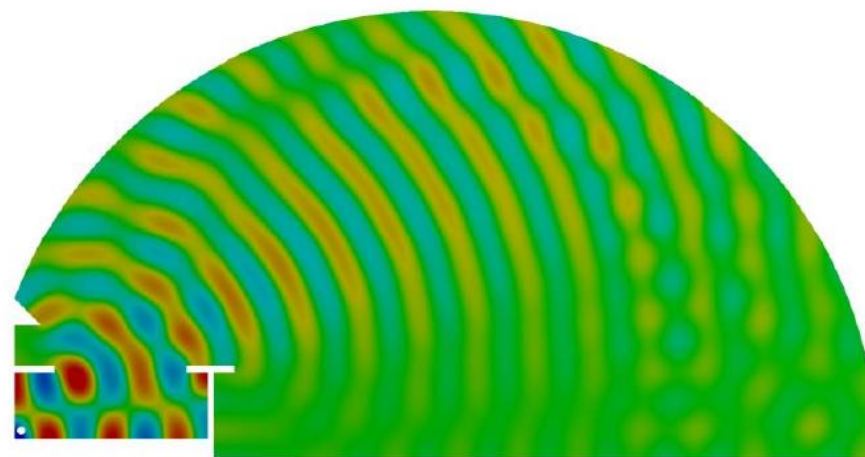
Brez protihrupne ograje



Protihrupna ograja $v = 150\text{cm}$



Protihrupna ograja $v = 250\text{cm}$

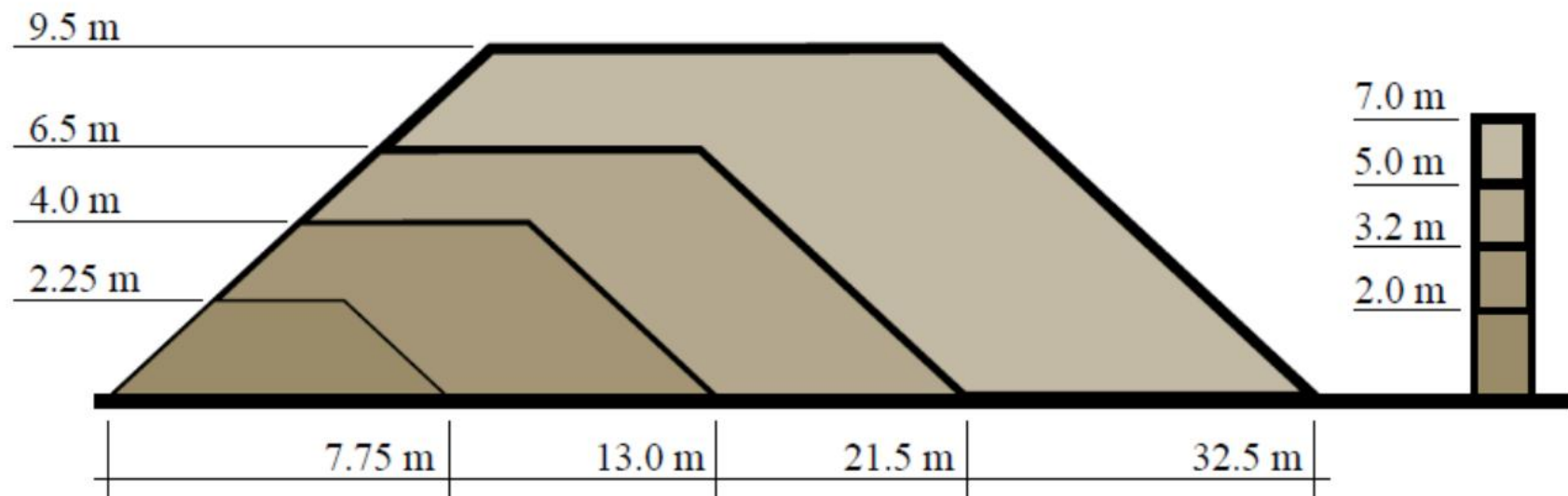


Protihrupna ograja T $v = 200\text{cm}$



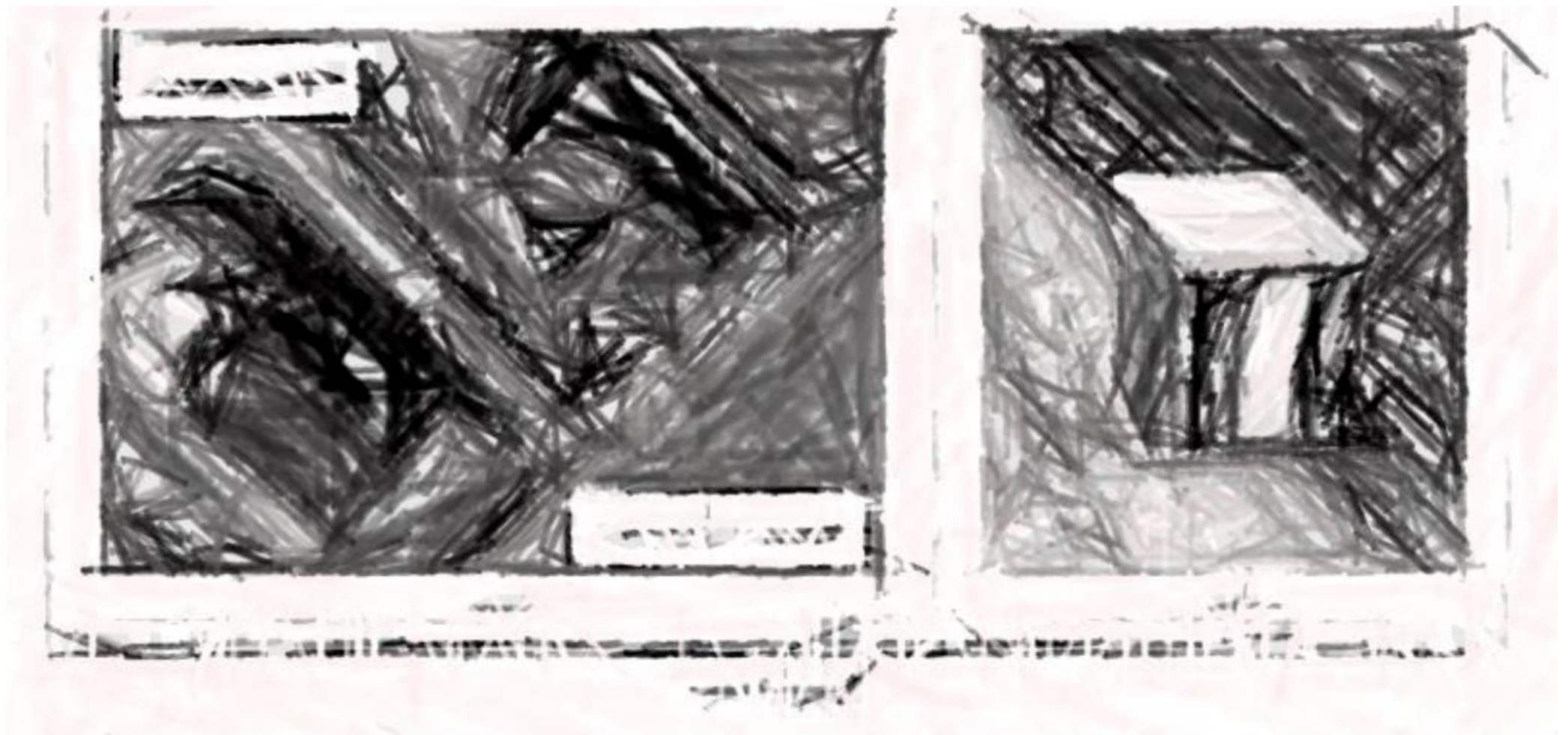
Alternativni pristop

- Zemeljski nasip
- Najpogostejše uporabljen ob avtocestah



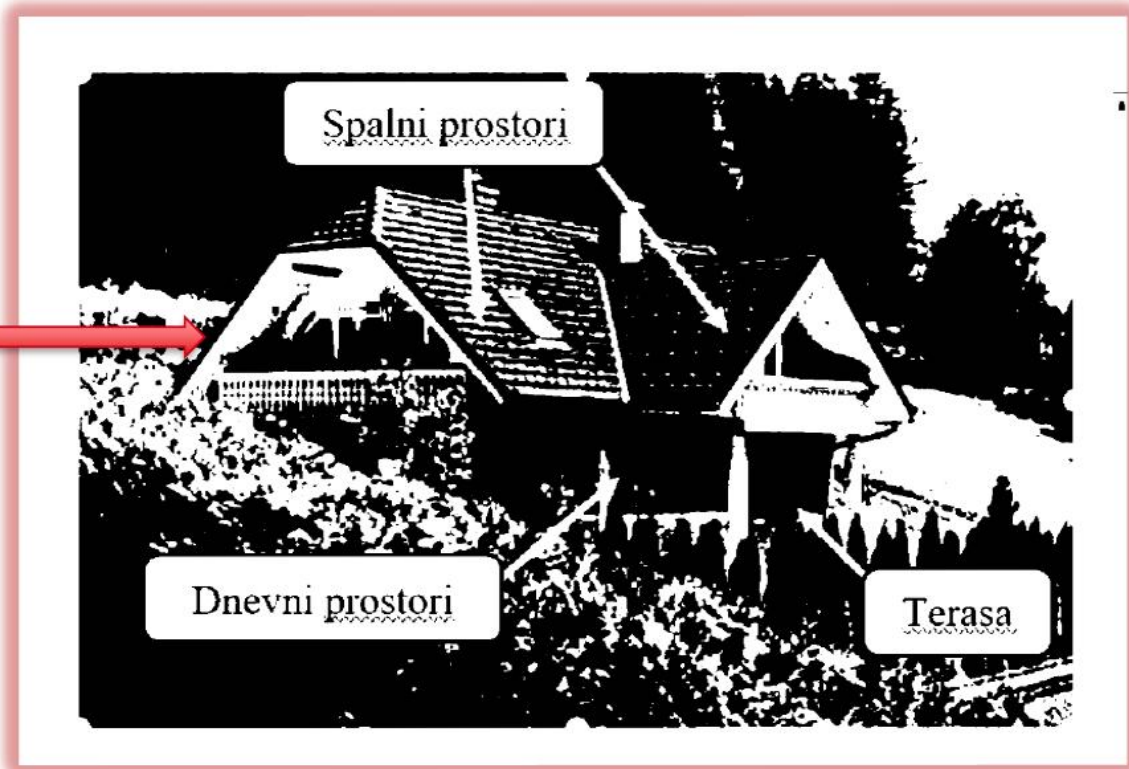
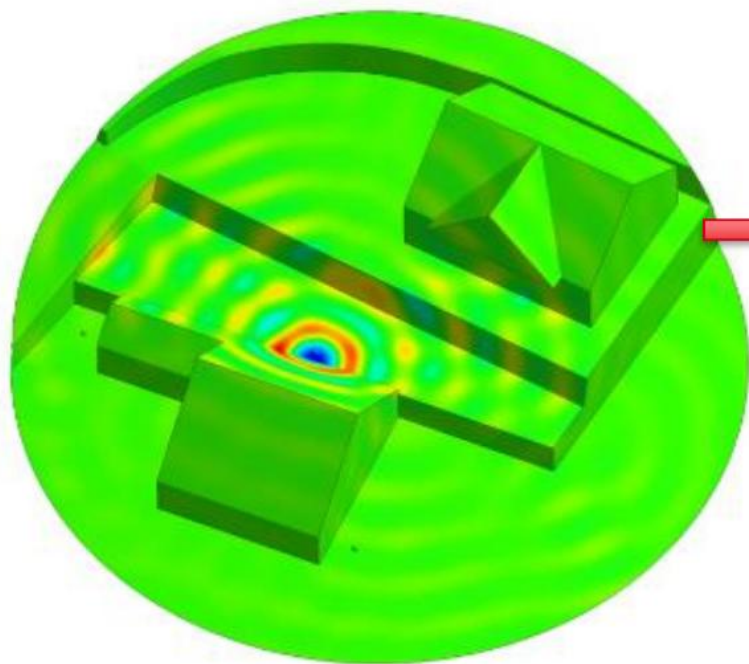


Primer iz prakse II.



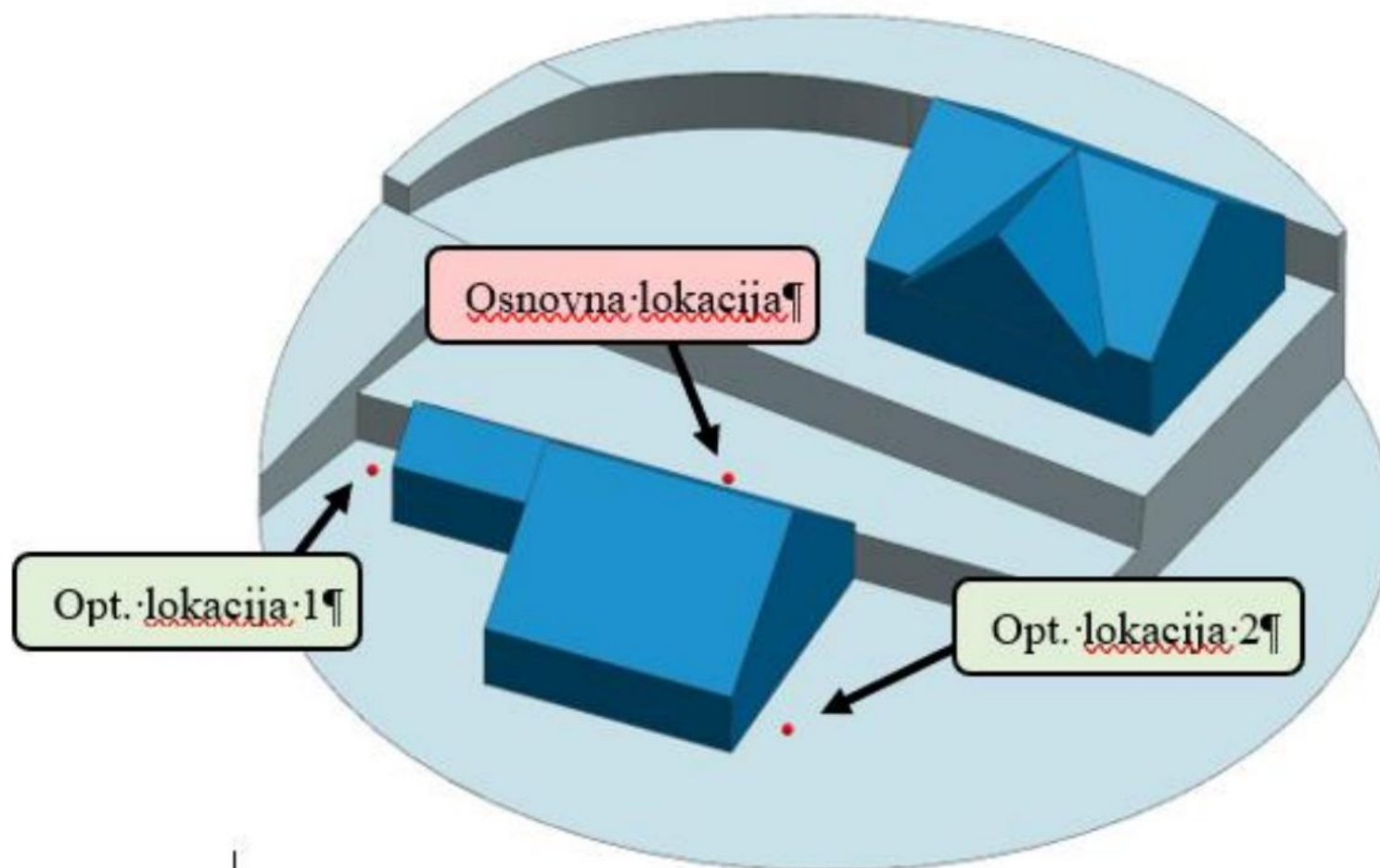


Primer iz prakse II.





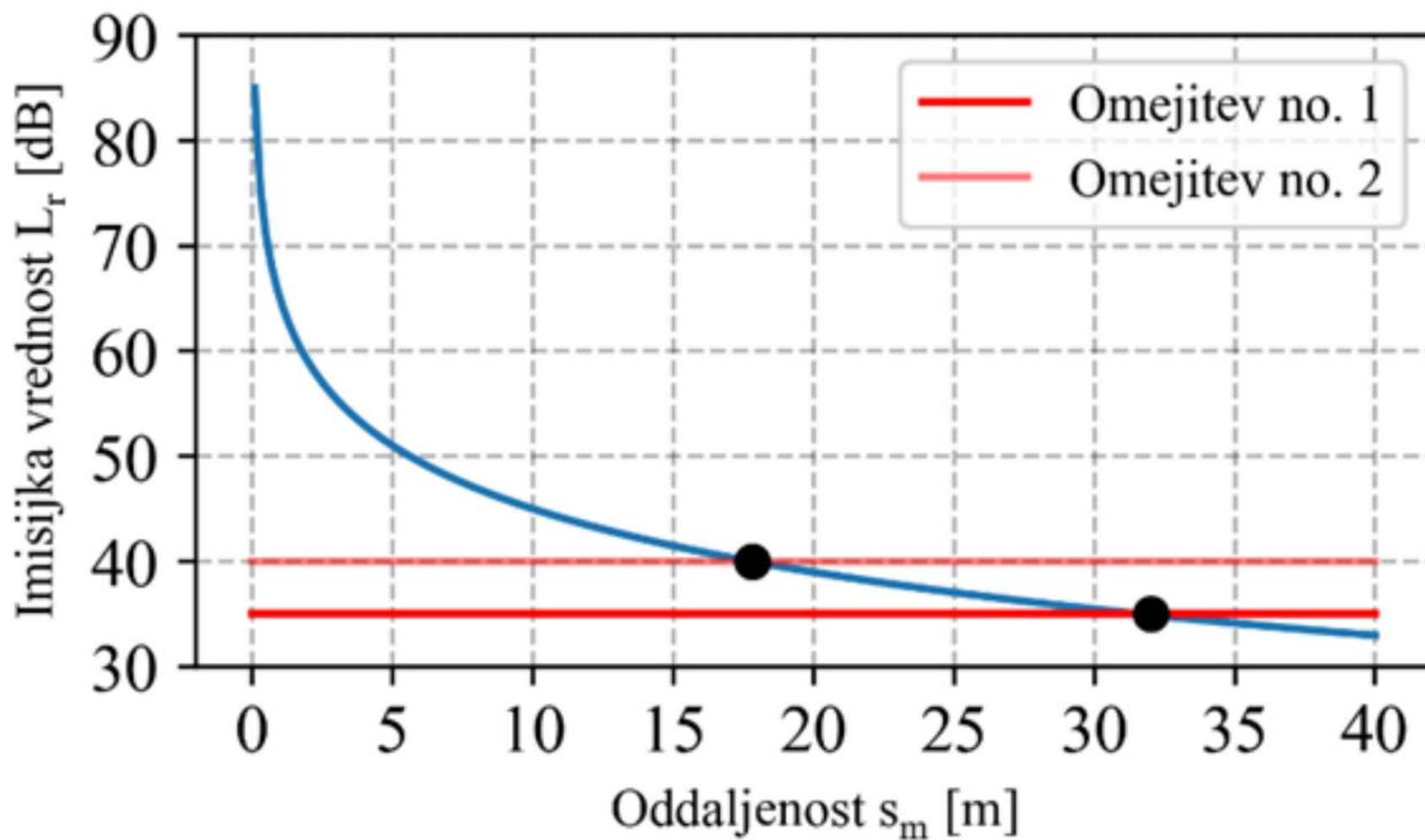
II. Primer iz prakse in predlog redukcijo



Slika 2: Osnovna lokacija zunanje enote TČ in alternativne optimalne lokacije.

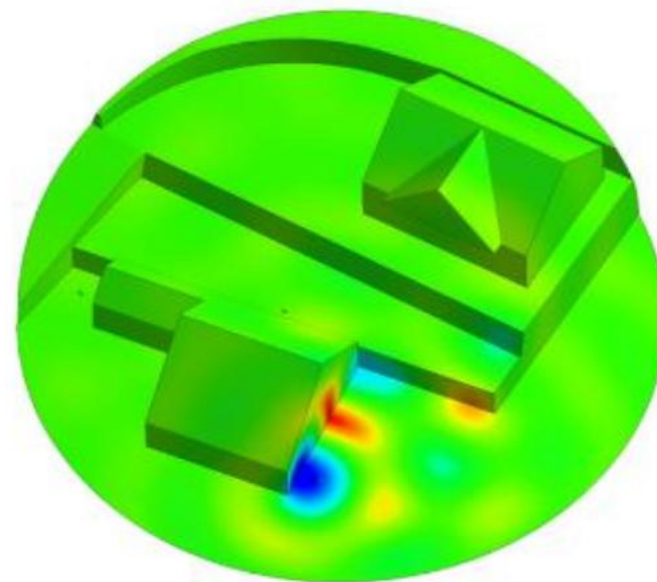
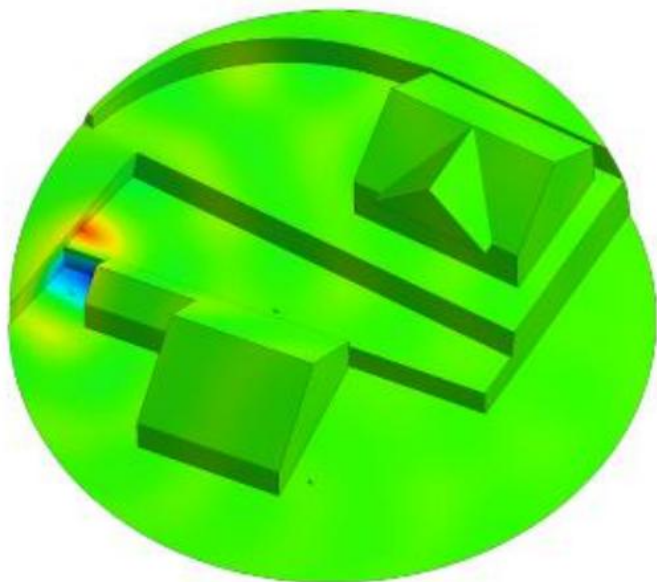
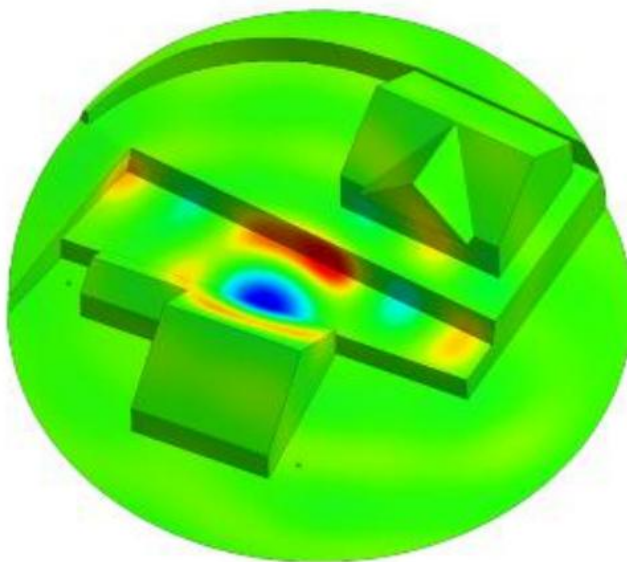


II. Primer iz prakse izračun



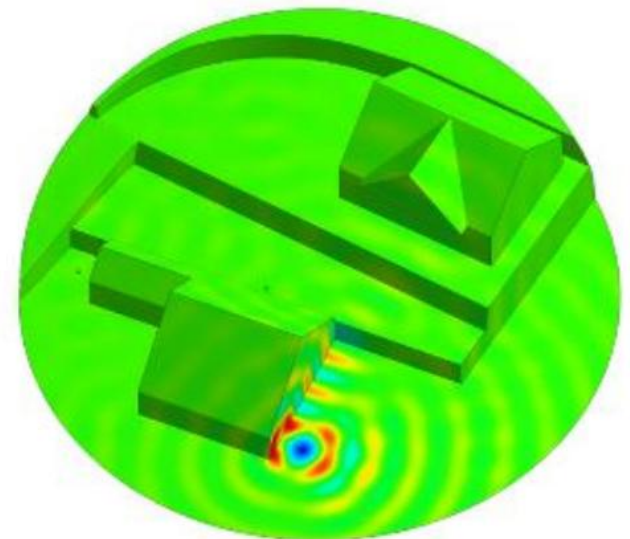
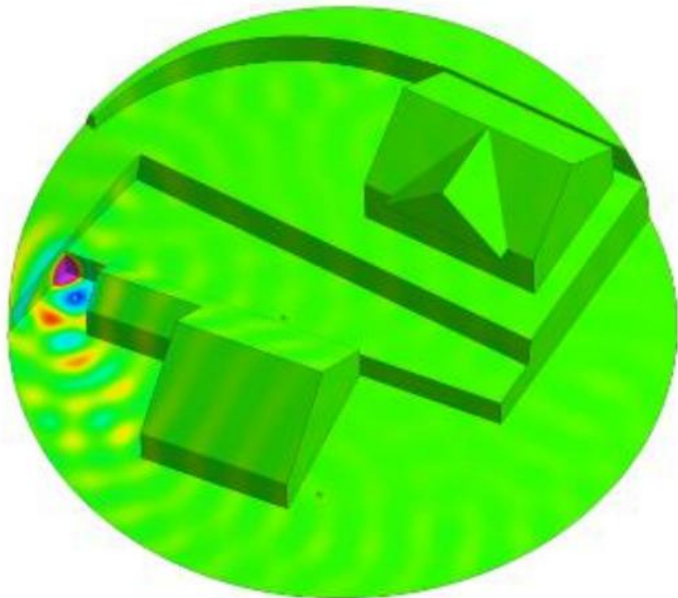
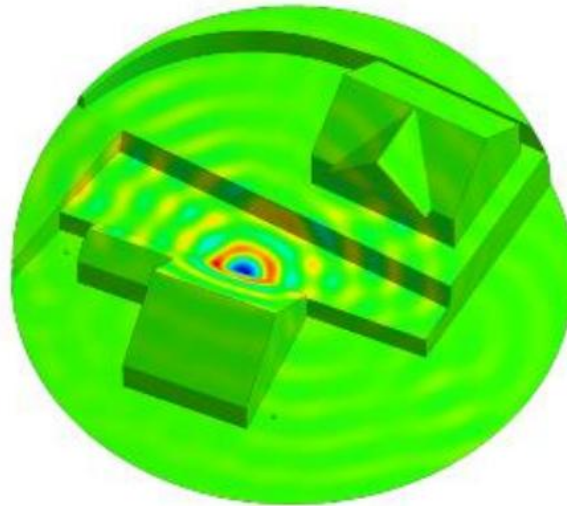


II. Primer iz prakse 40 Hz osnovna in alternativna lokacija $\frac{1}{2}$





II. Primer iz prakse 100 Hz osnovna in alternativna lokacija 1/2





- [1] C. Baliatsas, I. van Kamp, R. van Poll, J. Yzermans, "Health effects from low-frequency noise and infrasound in the general population: Is it time to listen? A systematic review of observational studies", Science of the Total Environment, vol. 557, pp 163-169, 2016.

- [2] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503).

- [3] Bundesverband Wärmepumpe (BWP), Schall-rechner, URL: <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>, 2019.

- [4] World Health Organization (2011): Burden of disease from Environmental noise.
URL: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1.



**Hvala za
pozornost**

i.Prof.dr. Holeček Nikola

Vpliv hrupa na zdravje in počutje ljudi

Posebnosti v primeru hrupa obratovalne opreme

Dr. Sonja Jeram, dipl.univ.biol
Center za zdravstveno ekologijo



Strokovni posvet o hrupu obratovalne opreme in možnih vplivih na okolje 19. 9.
2022

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani



POVZETEK

Svetovna zdravstvena organizacije je že leta 1999 opozorila na pomemben vpliv, ki ga ima hrup v bivalnem okolju (WHO, 1999). Poleg poškodb sluha, ki so bile znane s področja varovanja zdravja na delovnem mestu, smernice omenjajo številne vplive, tako na počutje in akutne odzive kot na kronične posledice na zdravje ljudi. Najbolj preučeni so vplivi okoljskega hrupa, ki ga povzroča cestni promet. Učinki, ki se omenjajo kot škodljivi so v prvi vrsti velika vznemirjenost, resne motne spanja in vplivi na delovanje srca in ožila. Hrup v bivalnem okolju povzroča stres in posledice stresa, ki traja daljše obdobje so poznane. Zato je izjemno pomembno, da se stres in vznemirjenost zmanjšata na najmanjšo možno raven. Hrup obratovalne opreme je lahko stalen ali občasen. Pogosto vsebuje večji delež nizkofrekvenčnega zvoka, ki je v bivalnem okolju še posebej moteč. Na to opozarjajo že Smernice Svetovne zdravstvene organizacije iz leta 1999. Obratovalna oprema lahko povzroča tudi izrazite toke, ki so lahko zazna ni kot piskanje in so prav tako lahko bolj moteči, kot pa bi pričakovali na podlagi ocen hrupa cestnega prometa. Krivulje odvisnosti učinka od hrupa se razlikujejo glede na vir hrupa in glede na učinek, zato so medsebojne primerjave neprimerne. Svetovna zdravstvena organizacije je leta 2018 objavila Smernice o okoljskem hrupu, v katerih pa izpostavlja vplive hrupa na strateški ravni, kot podporo pripravi akcijskih načrtov za najbolj pomembne vire hrupa (cestni, letalski, železniški promet, industrija v večjih naseljih) v najbolj obremenjenih območjih (npr. naselja nad 100.000 prebivalcev) (WHO, 2018).

WHO, 1999. Berglund Guidelines for community noise. B, Lindvall T, Schwela D & World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. World Health Organization.

WHO, 2018. Environmental noise guidelines for the European Region. World Health Organization. Regional Office for Europe.

CONSTITUTION OF THE WORLD HEALTH ORGANIZATION¹

THE STATES Parties to this Constitution declare, in conformity with the Charter of the United Nations, that the following principles are basic to the happiness, harmonious relations and security of all peoples:

Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity.

The enjoyment of the highest attainable standard of health is one of the fundamental rights of every human being without distinction of race, religion, political belief, economic or social condition.

The health of all peoples is fundamental to the attainment of peace and security and is dependent upon the fullest co-operation of individuals and States.

and States:

security and is dependent upon the fullest co-operation of individuals

The health of all peoples is fundamental to the attainment of peace and

religion, political belief, economic or social condition.

fundamental rights of every human being without distinction of race,

The enjoyment of the highest attainable standard of health is one of the

Smernice SZO 1999

GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE

Edited by

Birgitta Berglund
Thomas Lindvall
Dietrich H Schwela

This WHO document on the *Guidelines for Community Noise* is the outcome of the WHO-expert task force meeting held in London, United Kingdom, in April 1999. It bases on the document entitled "Community Noise" that was prepared for the World Health Organization and published in 1995 by the Stockholm University and Karolinska Institute.



World Health Organization, Geneva
Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment (SDE)
Department for Protection of the Human Environment (PHE)
Occupational and Environmental Health (OEI)

Smernice za hrup v soseski navajajo osnovne vplive okoljskega hrupa na zdravje in počutje ljudi.

Navedeni so viri hrupa, ki najpogosteje povzročajo negativne odzive in pritožbe prebivalcev.

Navedena so splošna priporočila, ki naj vodijo prostorske/okoljske odločitve, tako da se zagotovi zdravo in kakovostno bivalno okolje in tudi okolje v soseski (na primer otroška igrišča).

Smernice SZO 1999

Specific environment	Critical health effect(s)	L_{Aeq} [dB(A)]	Time base [hours]	L_{Amax} fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening Moderate annoyance, daytime and evening	55 50	16 16	- -
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	-
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time Sleep disturbance, daytime and evenings	30 30	8 16	40 -
Hospitals, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	#1		
Industrial, commercial shopping and traffic areas, indoors and outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonics, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons: <5 times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music and other sounds through headphones/earphones	Hearing impairment (free-field value)	85 #4	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140 #2
	Hearing impairment (children)	-	-	120 #2
Outdoors in parkland and conservations areas	Disruption of tranquillity	#3		

#1: As low as possible.

#2: Peak sound pressure (not LAF, max) measured 100 mm from the ear.

Table 1: Guideline values for community noise in specific environments.

Najvišje ravni hrupa, ki so še sprejemljive v določenem okolju, če želimo preprečiti negativne učinke na zdravje in počutje ljudi.

Preseganje teh ravni torej že lahko povzroči negativne vplive na zdravje in počutje ljudi.

Negativni učinki so lahko na primer vznemirjenost, nerazumevanje govora, motnje spanja, poškodbe sluha, ...

<https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>

Smernice SZO 1999

Specific environment	Critical health effect(s)	L_{Aeq} [dB(A)]	Time base [hours]	L_{Amax} fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	45
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward	Sleep disturbance, night-time	30	8	40

#2: Peak sound pressure (not LAF, max) measured 100 mm from the ear.

Zakonodaja DELOVNO MESTO



Na področju hrupa na delovnem mestu je zakonodaja bolje usklajena na mednarodni ravni.

Priročnik „Prenehajte s tem hrupom!“ že opozarja, da pri hrupu ni pomembna samo glasnost zvoka ampak tudi druge lastnosti.

Pomembne so akustične lastnosti zvoka in ne-akustične lastnosti kot so okoliščine, naš odnos do vira hrupa, zaupanje v odgovorne ustanove, koristi, ki jih imamo od vira hrupa, ipd.

Zakonodaja DE



Zakonodaja OKOLJE



Na področju okoljskega hrupa nimamo mednarodno usklajene zakonodaje.

Tudi v Evropski uniji nimamo usklajene zakonodaje o hrupu v okolju, ki bi predpisovala mejne vrednosti za vire hrupa na nacionalni ali lokalni ravni.

Odločitev o mejnih vrednostih je prepuščena državam članicam, kar ima za posledico veliko raznolikost kazalnikov, mejnih ravni in metod ocenjevanja.

Zakonodaja NAPRAVE



EU Policy

Emissions of noise at source have been regulated in the EU for many years.

Maximum noise limits for motor vehicles, household appliances and outdoor equipment date back to the 1970s.

More recently, measures to control noise from operations and airports, and the regulation of industrial facilities' noise levels have broadened the control of environmental noise.

<https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>

Direktiva 2002/49/ES

Direktiva 2002/49/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. junija 2002 o ocenjevanju in upravljanju okoljskega hrupa

Direktiva izpostavlja hrup prometa in industrije v večjih naseljih in ne zajema vseh virov hrupa in vseh območij/prebivalcev posameznih držav.

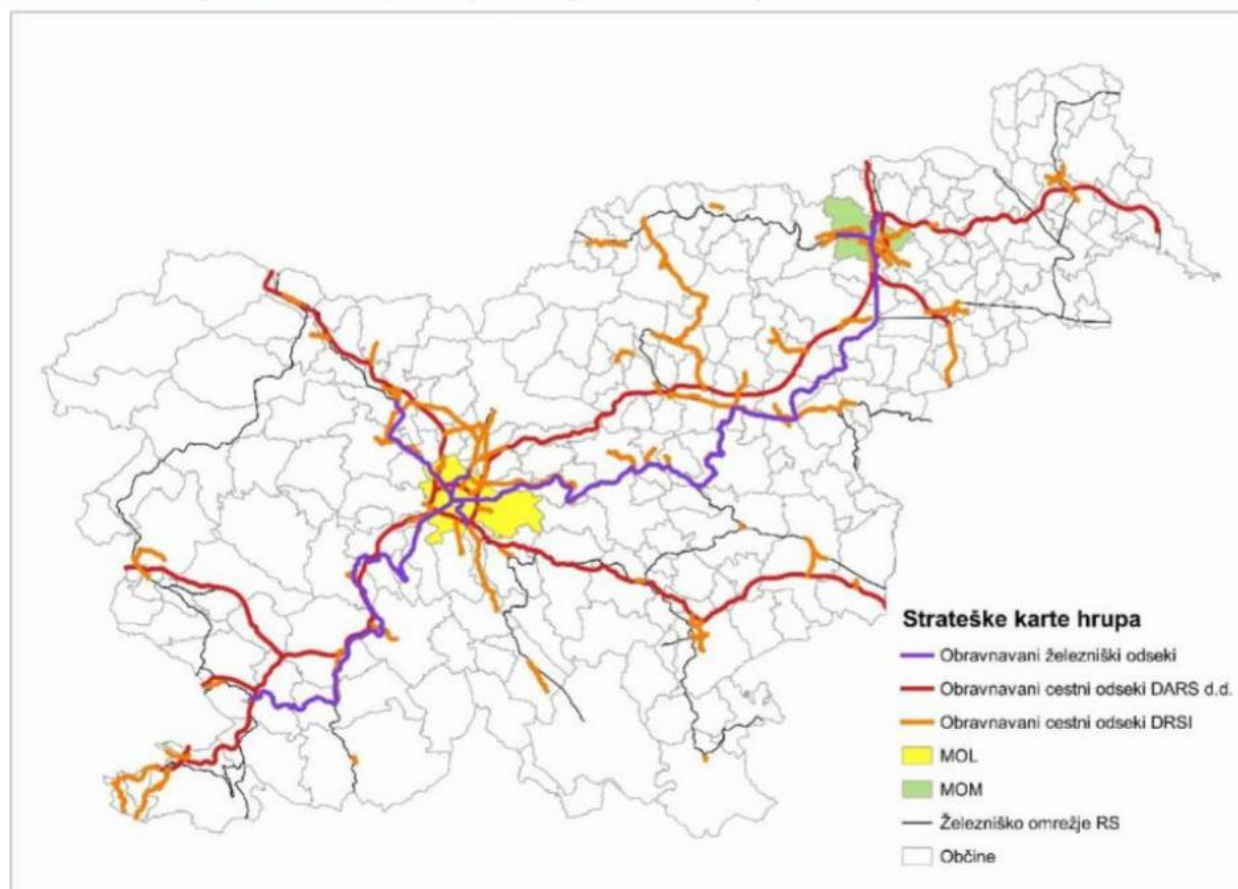
The introduction of the [Environmental Noise Directive](#) (END) in 2002 sought

to monitor the effectiveness of EU emission controls by requiring the assessment of environmental noise at Member State level.

*The Directive introduced two key indicators for **annoyance** and **sleep disturbance**, which, if exceeded, require **action plans** to be drawn up that are designed to reduce exposure and protect areas not yet polluted by noise.*

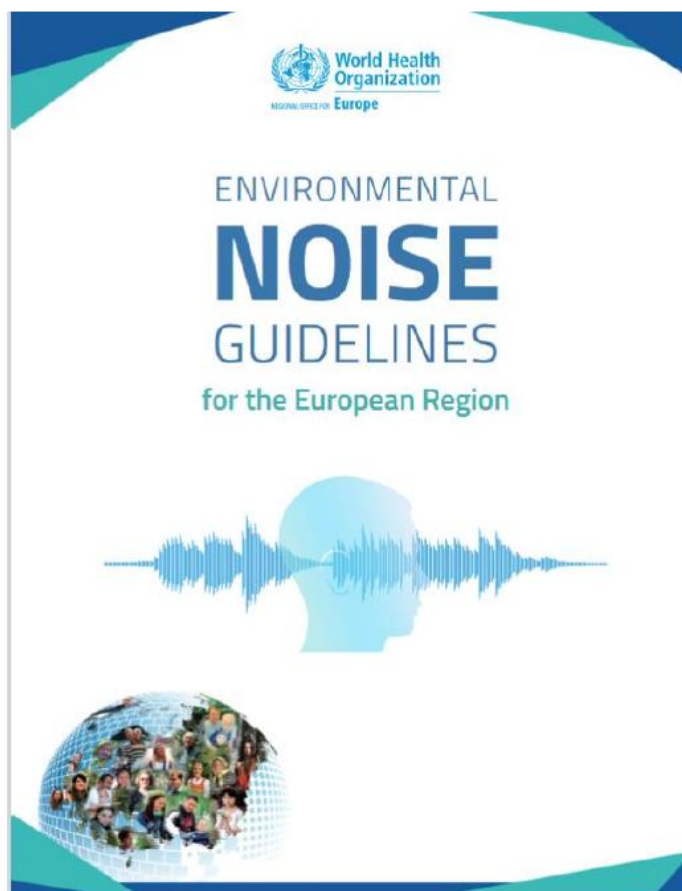
Direktiva 2002/49/ES

Slika 1: Območje strateških kart hrupa v Republiki Sloveniji



https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Operativni-programi/op_hrup.pdf

Smernice SZO 2018

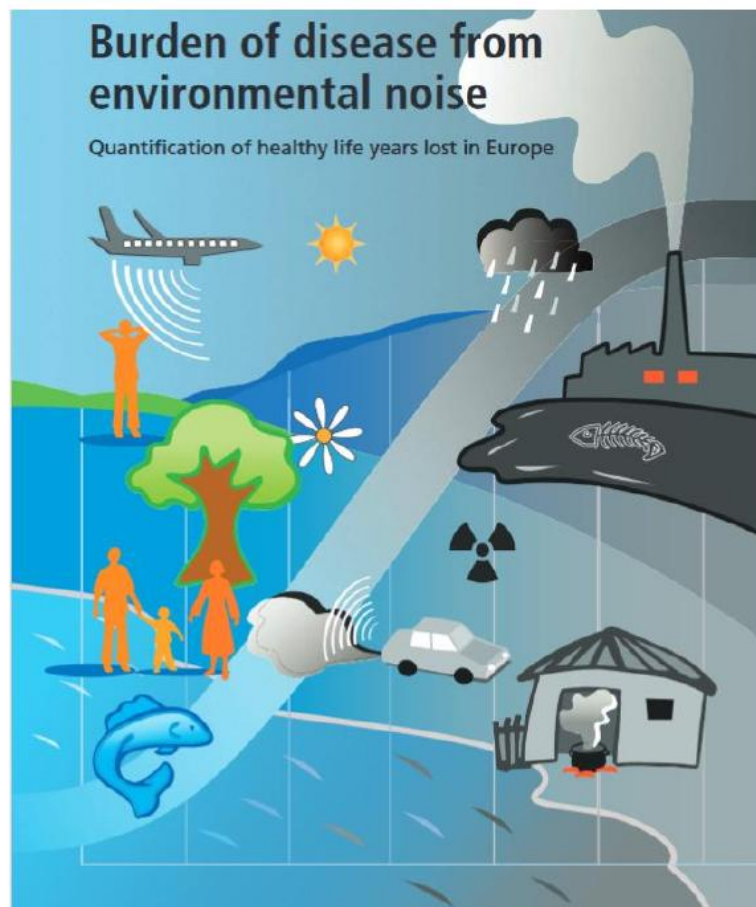


Smernice so predvsem podpora pripravi strateškega kartiranja hrupa in Akcijskih načrtov, ki pa ne vključujejo lokalne problematike hrupa in številnih virov hrupa poleg prometa in industrije v večjih naseljih.

Kazalnika Ldvn in Lnoč sta sprejemljiva za stalne vire hrupa in dolgoročno oceno vplivov na zdravje in počutje ljudi, ne pa za oceno specifične situacije in akutne vplive hrupa na zdravje in počutje ljudi.

Predstavitev rezultatov vseh študij, ki so prevedeni v ta dva kazalnika, je predvsem podpora izvedljivosti Direktive 2002/49/ES in grobi oceni bremena bolezni zaradi okoljskega hrupa.

Breme bolezni OKOLJSKI HRUP



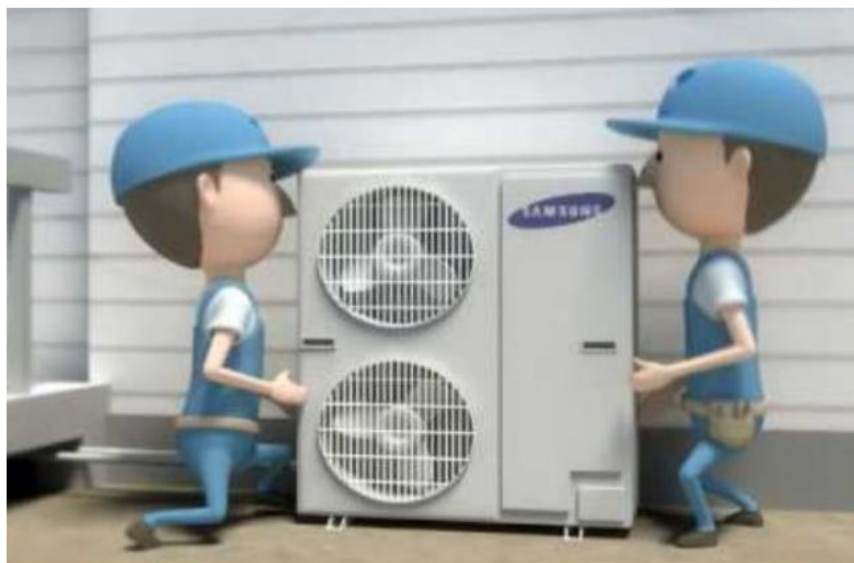
Breme bolezni zaradi okoljskega hrupa se ocenjuje na podlagi hrupa najbolj pomembnih virov hrupa in na podlagi števila potencialno izpostavljenih prebivalcev.

Breme bolezni je lahko enako v primeru manjšega števila ljudi izpostavljenih visoki ravni hrupa kot v primeru velikega števila ljudi izpostavljenih manjši ravni hrupa.

Izraža se z DALY (disability-adjusted life-years) – izgubljena leta zdravega življenja.

Ocenjeno je bilo, da je breme bolezni zaradi okoljskih vplivov na drugem mestu za bremenom, ki ga predstavlja onesnažen zrak.

Naprave PRIVATNA LASTNINA



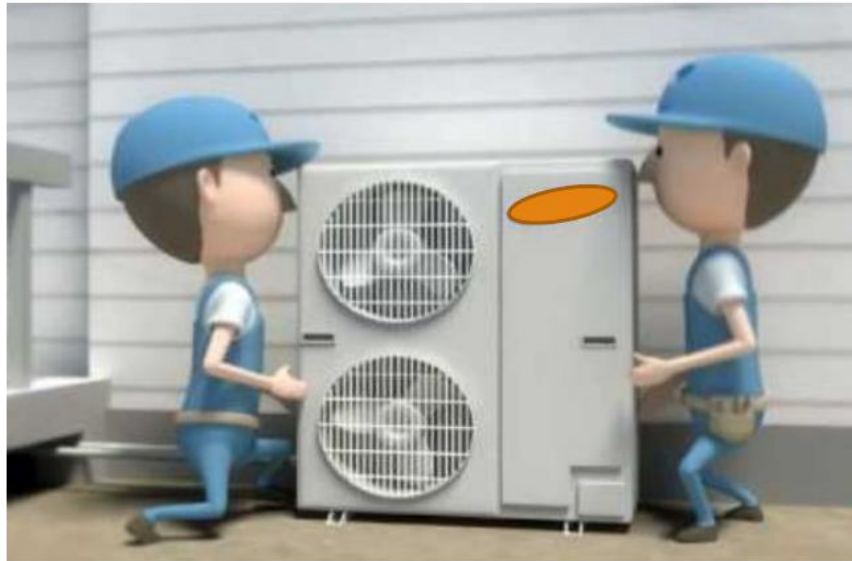
Hrup naprave v privatni lasti je informacija, da naprava deluje za lastnika, za soseda pa je lahko nesprejemljivo moteč hrup.

Prezračevalne naprave in toplotne črpalke, ki so v privatni lasti niso vir hrupa v Uredbi o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju.

Kaj predlagati prebivalcem, ki jih moti hrup sosedove naprave?

Stvarnopravni zakonik člen 73.
Prepoved medsebojnega vznemirjanja

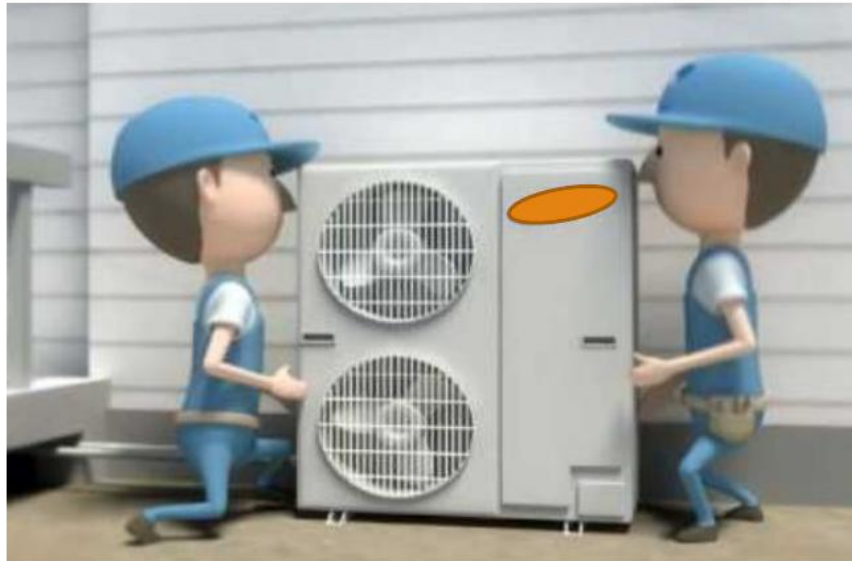
Značilnosti hrupa NAPRAVE



Največkrat nas prebivalci prosijo za pomoč pri reševanju problematike hrupa v soseski zaradi hrupa toplotnih črpalk in prezračevalnih naprav.

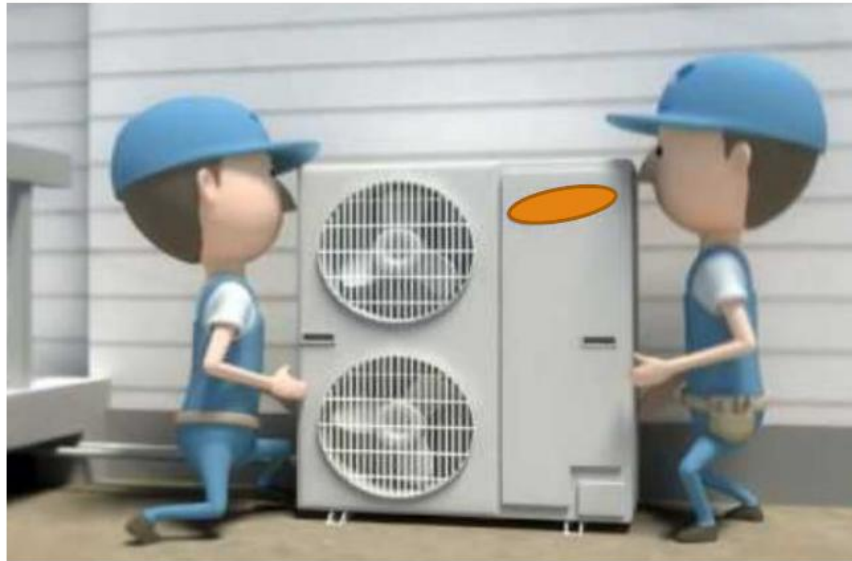
Te so še posebej moteče ponoči (toplotne črpalke) in med preživljanjem prostega časa v zunanjem okolju (balkoni, terase, vrtovi), kjer hrup moti predvsem počitek, koncentracijo pri branju in komunikacijo.

Značilnosti hrupa NAPRAVE



- Naprave delujejo dokaj enkomerno
- Hrup je lahko monoton in lahko se nanj tudi navadimo, ga ne slišimo več, kar pa ne pomeni, da na delovanje organizma nima nobenih vplivov (kakovost spanja v hrupnem okolju je manjša od kakovosti spanja v mirnem okolju)
- Največji problem zaznajo prebivalci zaradi nizkih frekvenc, ki jih označujejo kot posebej moteče

Značilnosti hrupa NAPRAVE



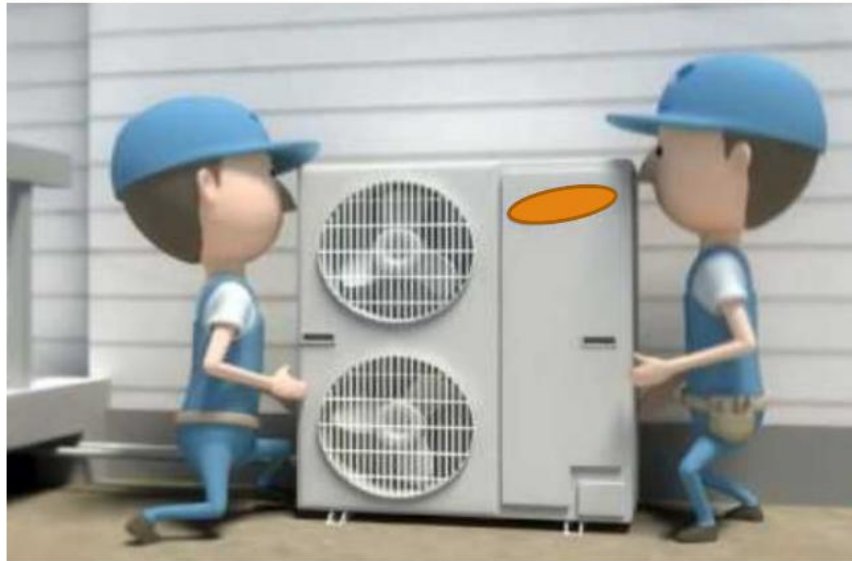
Kaj lahko storimo?

- Prisluhujemo osebam, ki jih hrup moti
- Poskušamo razumeti v čem je problem
- Predlagamo možne poti do rešitve

Kaj bi potrebovali?

- Smernice za umeščanje v prostor
- Reševanje pritožb na lokalni ravni z občinskimi odloki
- Sistematično spremljanje in preučevanje primerov pritožb
- ????

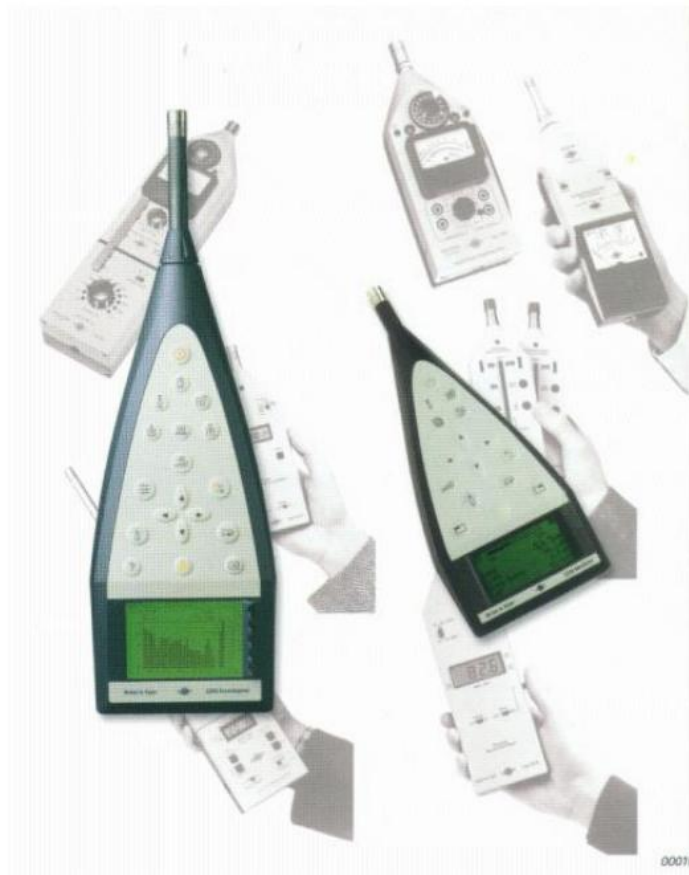
Značilnosti hrupa NAPRAVE



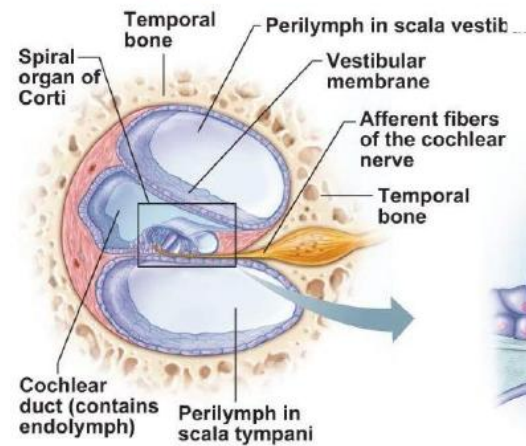
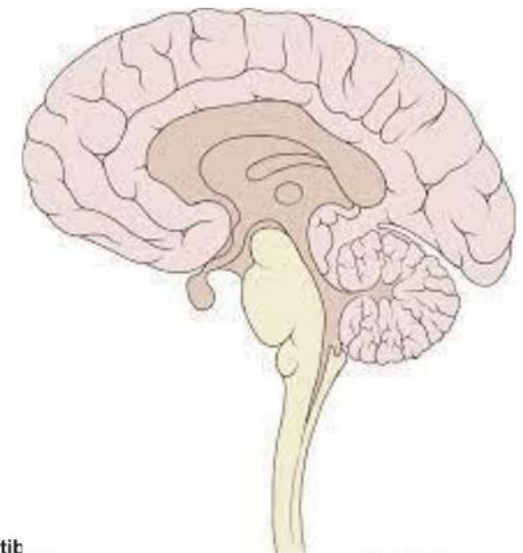
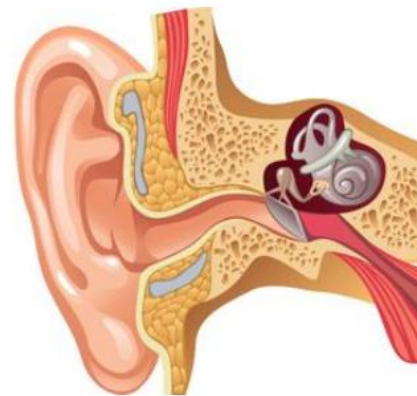
- Nizkofrekvenčni hrup lahko izmerimo in vir hrupa lociramo
 - izvedba ukrepov za zmanjšanje hrupa
- Nizkofrekvenčni hrup lahko izmerimo, vira hrupa pa ne moremo identificirati
 - Kaj lahko naredimo za zmanjšanje negativnih vplivov pri sprejemniku?
- Nizkofrekvenčni hrupa ne izmerimo
 - Posvet z osebo, ki morda sliši zvok, ki ne prihaja iz okolja (tinitus)

Zaznavanje zvoka

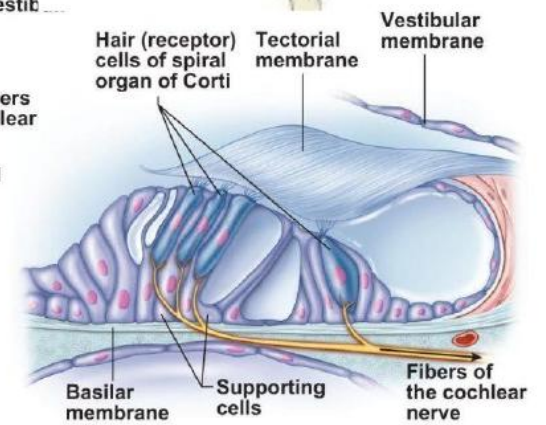
Merilec zvoka



Uho



(a)
© 2012 Pearson Education, Inc.



(b)





Obratovanje toplotnih črpalk

Normativna ureditev na področju hrupa v okolju

Tone Kvasič
19. 9. 2022



Splošno

- emisije hrupa v okolje normira Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (v nadaljevanju: uredba)
- določbe uredbe se uporabljajo za hrup v okolju, ki ga povzročajo stalne ali občasne emisije hrupa enega ali več virov hrupa iz 17. točke, prvega odstavka 3. člena uredbe
- uredba od upravljavcev virov hrupa zahteva redno izvajanje obratovalnega monitoringa hrupa
- v kolikor vir hrupa presega mejne vrednosti določene v uredbi, mora upravljavec vira hrupa izvesti ustrezne protihrupne ukrepe



Normativni okvir uredbe

- V okviru predpisov s področja hrupa v okolju razlikujemo med:
 - (a)** toplotnimi črpalkami, ki so del naprav, katerih obratovanje zaradi izvajanja industrijske, obrtne, proizvodne ali storitvene dejavnosti povzročajo v okolju stalen ali občasen hrup in jih obravnavamo kot vir hrupa v skladu z uredbo ter
 - (b)** toplotnimi črpalkami, ki so v uporabi pri fizičnih osebah.



TČ v industrijski, proizvodni, obrtni ali storitveni dejavnosti (točka a)

- Mejne vrednosti kazalcev hrupa, ki ga povzroča obratovanje TČ na območju III. stopnje varstva pred hrupom (kamor sodi tudi območje stanovanj) so $L_{\text{DAN}} = 58$ dBA, $L_{\text{VEČER}} = 53$ dBA, $L_{\text{NOČ}} = 48$ dBA in $L_{\text{DVN}} = 58$ dBA.
- Upravitelj vira hrupa mora za nov vir hrupa (toplotno črpalko) izvesti prvo ocenjevanje hrupa ter nato vsako tretje leto izvajati obratovalni monitoring hrupa.
- V prvem ocenjevanju hrupa je treba izvesti tudi meritve celotnega hrupa t.j. meritev hrupa v okolju, ki je posledica vseh virov hrupa, ki prispevajo k obremenitvi posameznega območja s hrupom.



- Mejne vrednosti celotnega hrupa na območju III. stopnje varstva pred hrupom (kamor sodi tudi območje stanovanj) so $L_{NOČ} = 50$ dBA in $L_{DVN} = 60$ dBA.
- Skladno s prvim odstavkom 12. člena uredbe, vir hrupa **ne sme obratovati**, če povzroča čezmerno obremenitev okolja.
- V primeru suma čezmerne obremenitve okolja se pobuda oziroma prijava lahko odda na Inšpektorat RS za okolje, ki izvaja nadzor nad izvajanjem okoljske zakonodaje.



TČ v uporabi pri fizičnih osebah (točka b)

- Uredba se ne uporablja za hrup, ki ga povzročajo prebivalci v sosednjih stanovanjih oziroma stanovanjskih stavbah
- Proizvodnja in trg toplotnih črpalk, namenjenih fizičnim osebam, so regulirane z zakonodajo na področju proizvodov, to so:
 - Uredb EU 813/2013 in EU 814/2013 o izvajanju Direktive 2009/125/ES za določanje zahtev za okoljsko primerno zasnovo izdelkov
- Direktiva 2009/125/ES je v slovenski pravni red prenesena z Energetskim zakonom, Uredbo o tehničnih zahtevah za okoljsko primerno zasnovo proizvodov povezanih z energijo in Zakonom o učinkoviti rabi energije
- Varovanje okolja je vključeno v celoten postopek ugotavljanja skladnosti le-teh.



V primeru motečega hrupa TČ fizičnih oseb se uporablja sosedsko pravo

- Sosedje so dolžni svojo lastninsko pravico izvrševati tako, da se medsebojno ne vznemirjajo in si ne povzročajo škode. Pravice, ki omejujejo lastninsko pravico sosedu, se morajo izvrševati pošteno v skladu s krajevnimi običaji in na način, ki ga najmanj obremenjuje (73. člen Stvarnopravnega zakonika, SPZ).
- Temeljno načelo sosedskega prava je, da je vsak lastnik nepremičnine skladno s 75. členom SPZ dolžan pri uporabi nepremičnine opuščati dejanja in odpravljati vzroke, ki izvirajo iz njegove nepremičnine in otežujejo uporabo drugih nepremičnin čez mero, ki je glede na naravo in namen nepremičnine ter glede na krajevne razmere običajna ali povzročajo znatnejšo škodo (prepovedana imisija).

strokovni posvet o hrupu obratovalne opreme
in možnih vplivih na okolje

OBRATOVALNA OPREMA – PRAVNA UREDITEV HRUPA V STAVE

Saša Galonja, september 2022



vsebin

Hrup obratovalne opreme je v gradbeni zakonodaji precej dobro urejen, urejen je v stavbah, smernica ima primerne nastavke, normativna ureditev obratovalne opreme pa nima konkretnih mejnih vrednosti

Saša Galonja

objekt – ne-objekt
oprema za delovanje stavbe
ena od bistvenih zahtev
predpisane zahteve
obratovalna oprema v pravilniku in smernici

objekt – ne-objekt

objekt je s tlemi povezana stavba ali gradbeni inženirski objekt, narejen iz gradbenih proizvodov, proizvodov in naravnih materialov, skupaj z vgrajenimi inštalacijami in tehnološkimi napravami, ki jih objekt potrebuje za svoje delovanje; objekt je povezan s tlemi, če je temeljen ali s pomočjo gradbenih del povezan s tlemi na stalno določenem mestu in ga ni mogoče premakniti ali odstraniti brez škode za njegovo bistvo;

Torej je (del) objekta

iz Tehnične smernice TSG-V-006: 2022 Razvrščanje

0.4.17 zunanje naprave in zunanja oprema so zunanje tehnološke naprave in zunanja grajena oprema, ki se postavljajo na objekt ali so postavljeni na zunanji ureditvi objekta in služijo delovanju objekta (uredba), **na primer toplotne črpalke**, male čistilne naprave za samooskrbo objekta, ter grajena zunanja oprema, na primer različne protitočne mreže za zaščito vozila ali predmetov, pergole, ograje, naprave za razsvetljavo.

ne more biti samostojen objekt

prav tako uredba za nekatero grajeno opremo (npr. oporni zidovi in ograje) določa svojo klasifikacijo. Večina naprav (npr. [toplotna črpalka](#)) in grajene opreme (npr. pergole, grajeni kamini, robniki, tlakovane ali drugače utrjene površine, grajena razsvetljava, protitočna mreža, urbana oprema) nima svoje klasifikacije, saj gre le za naprave oziroma dodatno grajeno opremo prostora. Zaradi enotne obravnave se za to določa splošno pravilo, da se zunanje naprave in zunanja oprema, ki se postavljajo na objekt ali znotraj zunanje ureditve objekta, samostojno klasificirajo in razvrščajo le, če so tudi v Prilogi 1 opredeljeni kot objekt

bistvene zahteve



Saša Galonja

1. mehanska odpornost in stabilnost,
2. varnost pred požarom,
3. higienska in zdravstvena zaščita ter zaščita okolja,
4. varnost pri uporabi,
5. zaščita pred hrupom,
6. varčevanje z energijo, ohranjanje toplote in raba obnovljivih virov energije,
7. univerzalna graditev in uporaba objektov ter
8. trajnostna raba naravnih virov.



Saša Galonja

pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah

zaščita pred hrupom v stavbah mora zagotavljati varstvo pred:

- zunanjim hrupom (npr. hrupom zaradi prometa, hrupom iz industrijskih objektov),
- hrupom, ki po zraku prihaja iz drugih prostorov,
- udarnim hrupom, ki se iz drugih prostorov prenaša prek konstrukcije,
- hrupom obratovalne opreme in
- odmevnim hrupom

- (4) Mejne ravni hrupa L_{AFmax} , ki ga v posameznih varovanih in poslovnih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti, ne smejo preseči vrednosti iz preglednice 3.

Preglednica 3:

Namembnost prostora	Mejne ravni hrupa $L_{AFmax}^{1,2}$ dB(A)
Varovani prostori v stanovanjih, prenočitvene enote, bolniške sobe	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	40

¹ Mejne vrednosti ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore.

² Posamezne kratkotrajne konice hrupa, ki nastajajo pri uporabi vodovodnih instalacij in armatur v sosednjih prostorih, se ne upoštevajo.

- 6 (2) Hrup, ki ga povzroča obratovalna oprema, ne sme preseči vrednosti iz preglednice 3 tehnične smernice.

mejne vrednosti v
stavbah, ne pa
na prostem...

določbe prostorskih aktov

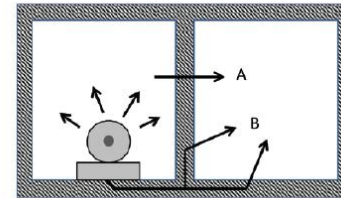
Skladno z Odlokom o Občinskem prostorskem načrtu Občine Grosuplje (Uradni list RS, št. 8/13 in 59/15) je območje, predvideno za gradnjo, razvrščeno v tretje območje varstva pred hrupom.

a je to le priporočilo, ki nima pravno zavezujoče podlage...

določbe v TS

5 IZOLACIJA PRED HRUPOM OBRATOVALNE OPREME

- (1) Postopek določanja ukrepov za zaščito pred hrupom zaradi obratovalne opreme vključuje naslednje faze:
- identifikacijo zvočnih virov,
 - določitev poti prenosa zvoka (risba 5),
 - izdelava predloga protihrupne zaščite.



Risba 5: Za pravilno izbiro protihrupnih ukrepov je pomembno določiti deleža hrupa, ki se prenaša po zraku (pot A), v primerjavi s tistim, ki se prenaša po konstrukciji (poti B)

- (2) Pri določanju potrebnih ukrepov za zaščito pred hrupom obratovalne opreme se običajno uporabi tehnične simulacije. Te vključujejo uporabo različnih enačb ali pa ustreznih računalniških programov, zasnovanih na njih.
- (3) Pri obravnavi hrupa obratovalne opreme se uporabi standard SIST EN 12354-5.
- (4) Nazorni primeri izračunov ravni hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema v poslovnem oziroma v varovanih prostorih stavbe, so predstavljeni v dodatku I standarda SIST EN 12354-5.

5.1 ZMANJŠANJE HRUPA OBRATOVALNE OPREME, KI SE PRENAŠA PO KONSTRUKCII

- (1) Strukturni hrup je moteči hrup, ki se razširja po trdnih telesih, na primer stenah, stropu, ceveh itd. Različni stroji in naprave povzročajo vibracije, ki se prenašajo po konstrukcijah. Del te energije se nato izseva iz konstrukcije v obliki hrupa. Nujne ukrepe za omejitev razširjanja hrupa po konstrukcijah je treba predvideti že v fazi načrtovanja, saj je običajno pozneje to bistveno težje popraviti, včasih celo nemogoče.
- (2) Najprej je treba ugotoviti, kolikšen del hrupa se sploh prenaša po konstrukcijah, kar dostikrat predstavlja zelo zahteven akustičen problem. Pri tem je treba poznati lastno in vsiljene frekvence sistema. Te največkrat ugotavljamo z analizami FFT. Pred pristopom k reševanju strukturnega hrupa moramo biti prepričani, da je ta zares problem. Strukturni hrup je običajno povezan z vibracijami, zato je značilni ukrep povezan z protivibracijsko izolacijo. To pomeni razklopitev hrupnih naprav

od okolice, kakor da ne bi bile v medsebojnem stiku. Protivibracijska izolacija postane uspešna šele nad frekvenco, ki je vsaj 1,4-krat višja od lastne frekvence. Lastna frekvenca je sorazmerna instalirani prožnosti in obratno sorazmerna masi hrupnega vira.

- (3) Zato je dokaj težko protivibracijsko izolirati vir, ki obratuje z nizko frekvenco (na primer z obratovalno frekvenco pod 500 obrati/minuto, kar pomeni frekvenco približno 8 Hz). Znižanje strukturnega hrupa predstavlja zahteven problem, pred katerim so največkrat potrebne natančnejše meritve vibracijskih in akustičnih veličin, analize in izračuni.
- (4) Najprej je treba preprečiti resonance, kar dosegamo s spremembami mas in prožnosti struktur. Naslednja vrsta ukrepov se nanaša na strukturno dušenje, ki spremeni vibracijsko v toplotno energijo, ali pa se uporabijo materiali, ki slabše prenašajo vibracije in sevajo manj zvoka.
- (5) Najpogostejše metode za znižanje ravni izsevanega hrupa, ki je posledica prenosa po konstrukcijah, so naslednje:
- protivibracijska izolacija (montaža strojev na primerne protivibracijske izolatorje). Težke stroje je treba namestiti na samostojne temelje z zadostno maso in ločiti od druge konstrukcije,
 - s pretvorbo strukturnega zvoka v toplotno s pomočjo dušenja konstrukcij, ki sevajo zvok,
 - ovijanje cevododov in različnih prožnih spojev z ustreznimi izolacijsko-dušilnimi materiali,
 - z elastičnimi veznimi elementi med strojem (npr. kompresorjem, črpalko, ventilatorjem ipd.) in tlačnim ali sesalnim cevododom,
 - z elastičnim obežanjem in vpenjanjem cevododov in zračnih kanalov na nosilne stene ali stebre itn.
- (6) Pri izbiri metode je treba upoštevati maso strojev in število obratov ter na tej podlagi izbrati primerne izolatorje.¹

5.2 VRSTE IN PREDNOSTNI VRSTNI RED PROTIHRUPNIH UKREPOV

Protihrupni posegi na samem viru imajo najvišjo prednost na lestvici izvajanja protihrupnih ukrepov. Zaradi tega se ukrepi za znižanje hrupa s posegi na viru imenujejo primarni ukrepi. Ukrepi s posegi na poti prenosa zvoka od vira k izpostavljenemu prostoru, kakor na primer montaža protihrupnih kabin, ojačitev zvočnih izolacij ločilnih konstrukcij ipd., se imenujejo sekundarni ukrepi, ki so v mnogih primerih nepraktični. Še slabše je z ukrepi v izpostavljenem prostoru. Te ukrepe imenujemo

¹ Pri reševanju prekomernega strukturnega hrupa rešitve, zasnovane na intuiciji, največkrat ne daje pričakovanih rezultatov. Namščanje raznih gumijastih, plutastih in podobnih podstavkov pod stroje na slepo, brez predhodnih analiz običajno ne prinese zadovoljljivih rezultatov, pogosto pa se dogaja, da se hrup in vibracije v takšnih razmerah še povečajo.

kako naprej

1. določiti prostorska pravila postavitve toplotnih črpalk v prostor – na državni ali občinski ravni
2. določiti mejne vrednosti dovoljenega okoljskega hrupa teh naprav,
3. določiti, kje se to dokazuje (v PZI, okoljem poročilu, v poročilu o vplivih na okolje...),
4. kateri inšpektorji to nadzorujejo pri vgradnji,
5. če se smejo vgrajevati (pre)glasne TČ, rabimo tehnične napotke, ako zmanjšati njihovo emisijo

HVALA ZA
POZORNOST

!
Saša Galonja



Posvet o hrupu toplotnih črpalk

Meritev in analiza rezultatov

Poročilo pripravil Peter Dolenc

Ljubljana, 19.9.2022

Namen merjenja

- Hrup toplotne črpalke sem opravili z namenom potrditve/zavrnitve predpostavke, da TČ vpliva na spremembo ravni hrupa v notranjosti stanovanjskega objekt
- Potrditi/zavriniti predpostavko o prisotnosti komponent NFH
- Določiti časovne intervale delovanja in časovne intervale mirovanja toplotne črpalke
- Potrditi/zavriniti predpostavko, da TČ v nočnem času deluje z manjšo intenziteto
- Potrditi/zavriniti predpostavko o poudarjenih tonih



Metoda merjenja

- Meritve smo opravili z večkanalnim merilnim sistemom Bruel&Kjaer (LAN XI), ki je bil predhodno kalibriran po predpisanem postopku EN 61672, skupaj z merilnimi mikrofoni 4189. Prema je bila pred meritvijo kalibrirana
- Meritev je potekala v več sklopih po 10 ur.
- Začetek meritve ob 20 uri, konec ob 6 uri zjutraj. Meritev je bila razdeljena na intervale po 20min.
- Vsak interval je bil posnet z vzorčno frekvenco 4096Hz in v frekvenčnem območju med 0,7Hz in 1600Hz. Analizo pa sem opravil v frekvenčnem območju med 10 in 250Hz
- Merilni mikrofoni so bili postavljeni na treh lokacijah: Monitor – cca 3m od TČ, Mic 1 na sredini spalnice, Mic 2 v kotu spalnice
- Zajem vseh signalov je bil sočasen, tako da omogoča neposredno primerjavo rezultatov



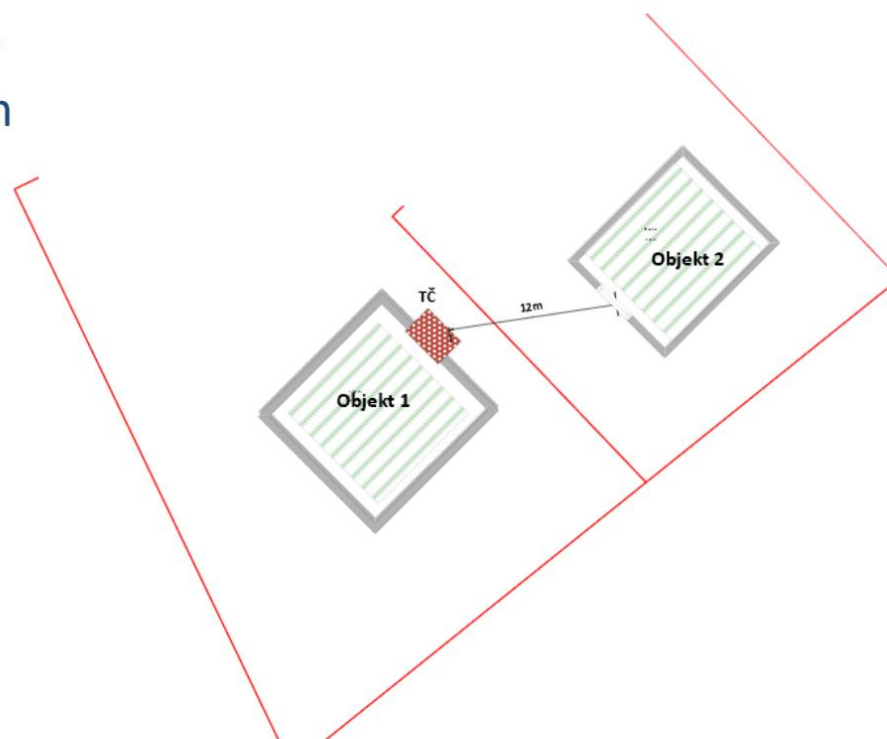
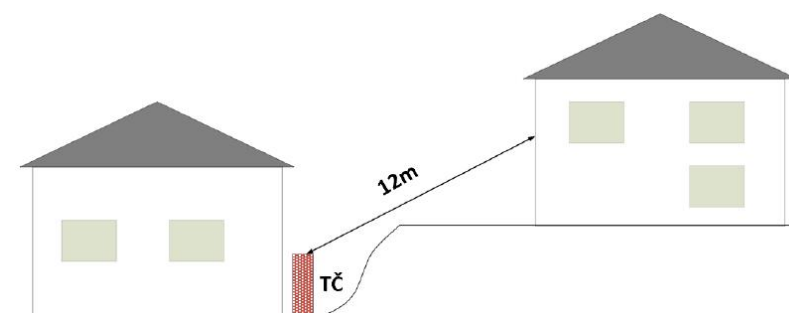
Pogoji ob meritvi

- V objektu so bili izključeni vsi drugi viri hrupa
- Zunanja temperature med -2°C in $+2^{\circ}\text{C}$, vreme oblačno
- V izogib vplivu hrupa iz okolja sem meritve opravil izključno v večernem in nočnem času
- Toplotna črpalka je delovala v intervalih, ki jih nadzira avtomatika
- Zajem vseh signalov je bil sočasen, kar omogoča neposredno primerjavo rezultatov
- Merilni mikrofoni Mic1 je bil postavljen v sredino sobe, višina 1,25m
- Merilni mikrofoni Mic2 je bil postavljen v kot spalnice, 0,5m stran od sten in na višini 1,25m
- Vse meritve so shranjene, kar omogoča natančno kasnejšo analizo in primerjavo s slišnim zaznavanje delovanja toplotne črpalke



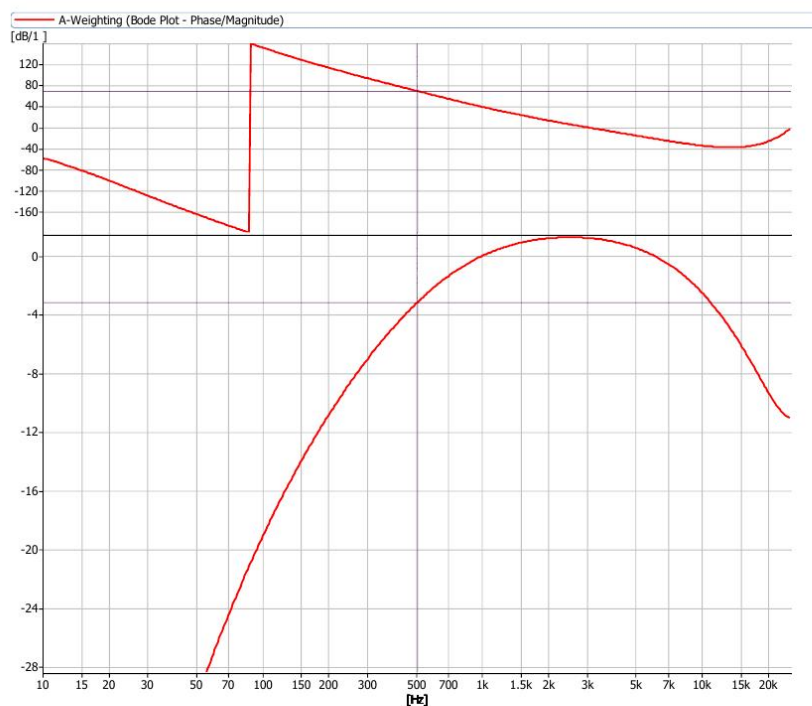
Lokacija in postavitve

- TČ je nameščena v smeri proti objektu 2
- Oddaljenost TČ od objekta 2 je 12 – 13m
- Višinska razlika je 2,5m
- Med TČ in objektom 2 ni ovir

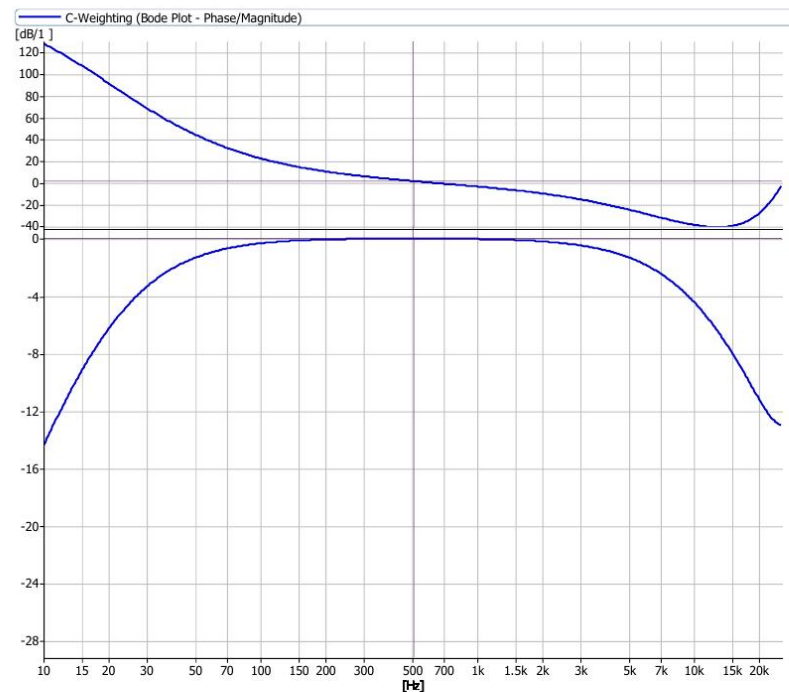


Uporabljeni standardi in normativi

Za analizo hrupa toplotne črpalke sem uporabil standardni A filter



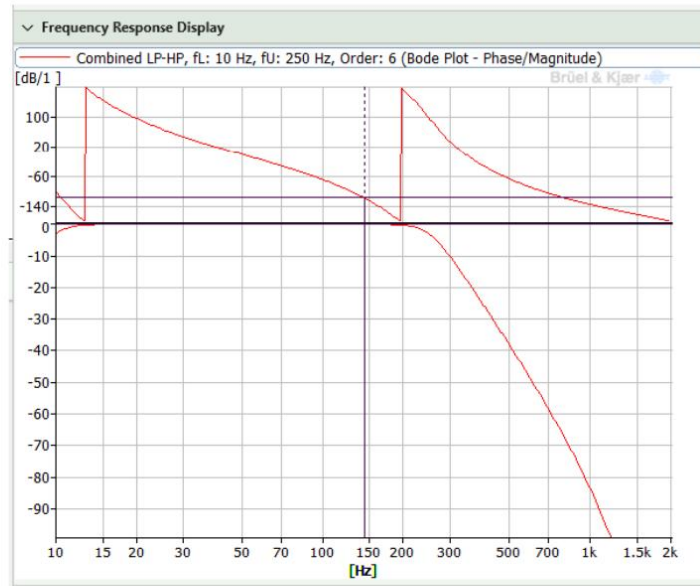
Za merjenje nizkofrekvenčnega hrupa je bil uporabljen C filter



Uporabljeni standardi in normativi

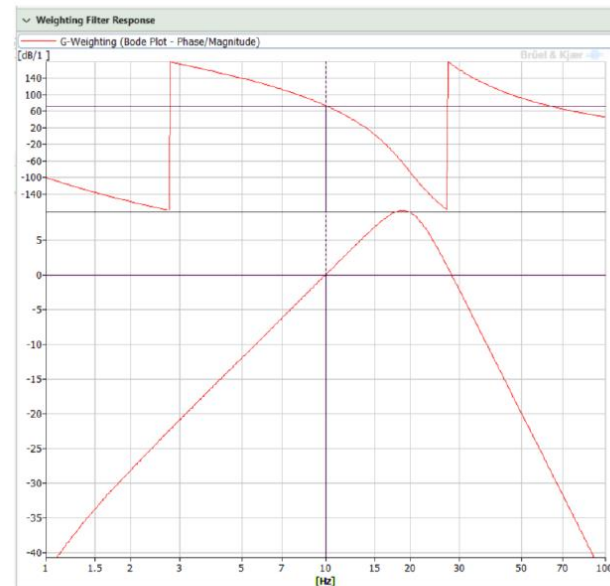
Za analizo hrupa toplotne črpalke smo s pomočjo pasovnega filtra izločili visoke frekvence, to je tiste nad 250Hz

Uporabili smo Butterworth filter 6. reda. Graf prikazuje frekvenčni in fazni odziv filtra.



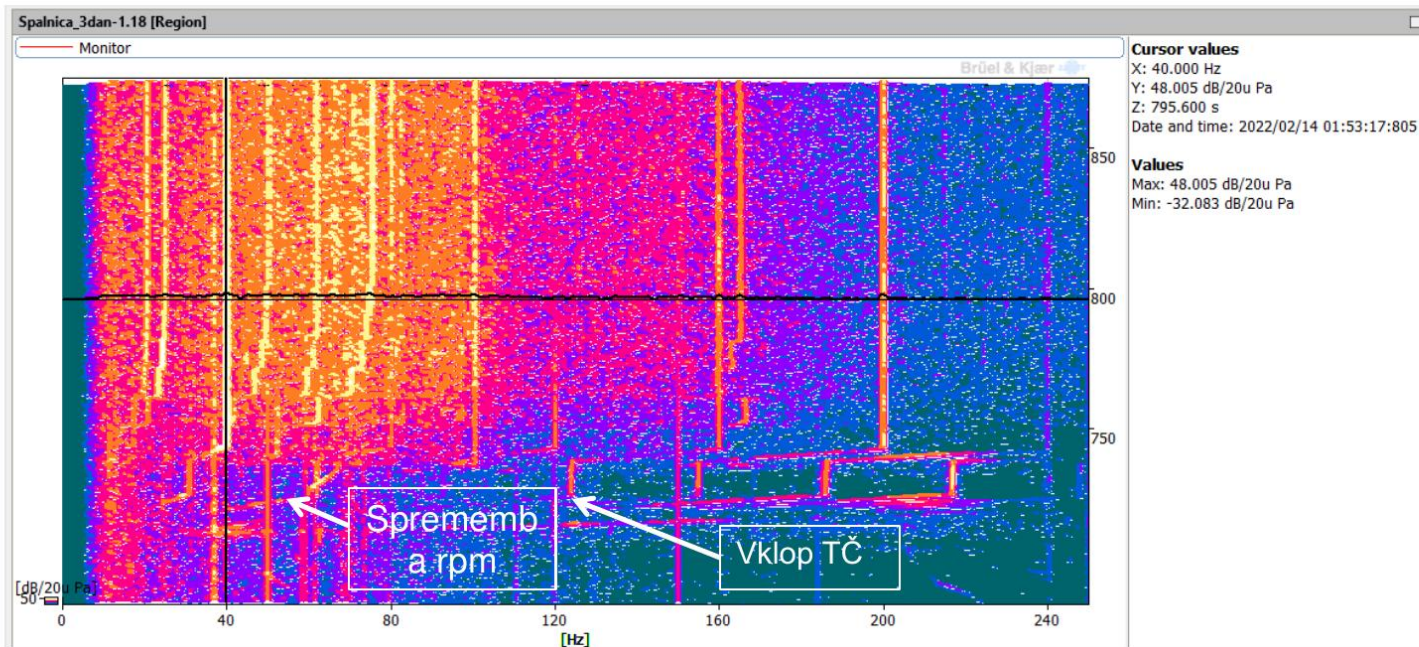
Za merjenje nizkofrekvenčnega hrupa (infrazvok) v objektu je bil uporabljen standard DS/ISO 7196 in pripadajoč filter G-uteženje

Normativna mejna vrednost za NF hrup je odvisna od nacionalnih predpisov in varira od 75dB do 85dB



Merilno mesto zunaj

Mikrofon Monitor se nahaja v bližini TČ. Čas meritve med 1:40 in 2:00.

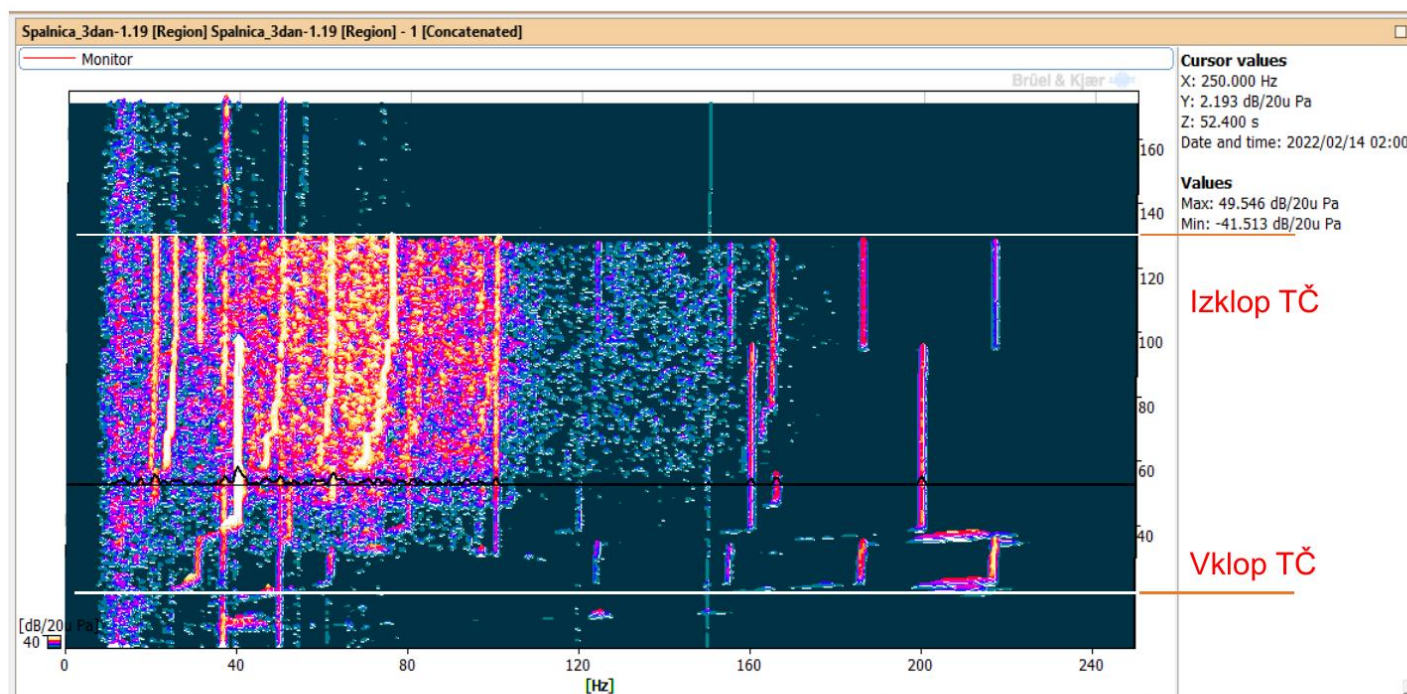


Graf na levi prikazuje frekvenčno sliko na kateri so s svetlejšo bravo prikazani izraziti frekvenčni pasovi.

- Ravne črte predstavljajo konstantno frekvenco (vrtilno hitrost)
- Neravne in ukrivljene črte pomenijo, da se je vrtilna frekvenca vira spreminjala. To je posebej očitno v času zagona toplotne črpalke
- Očitno je, da je v zunanji enoti TČ prisotnih več izvorov hrupa (ventilator 1, ventilator 2, kompresor)

Merilno mesto zunaj

Mikrofon Monitor se nahaja v bližini TČ. Čas meritve med 2:00 in 2:20.



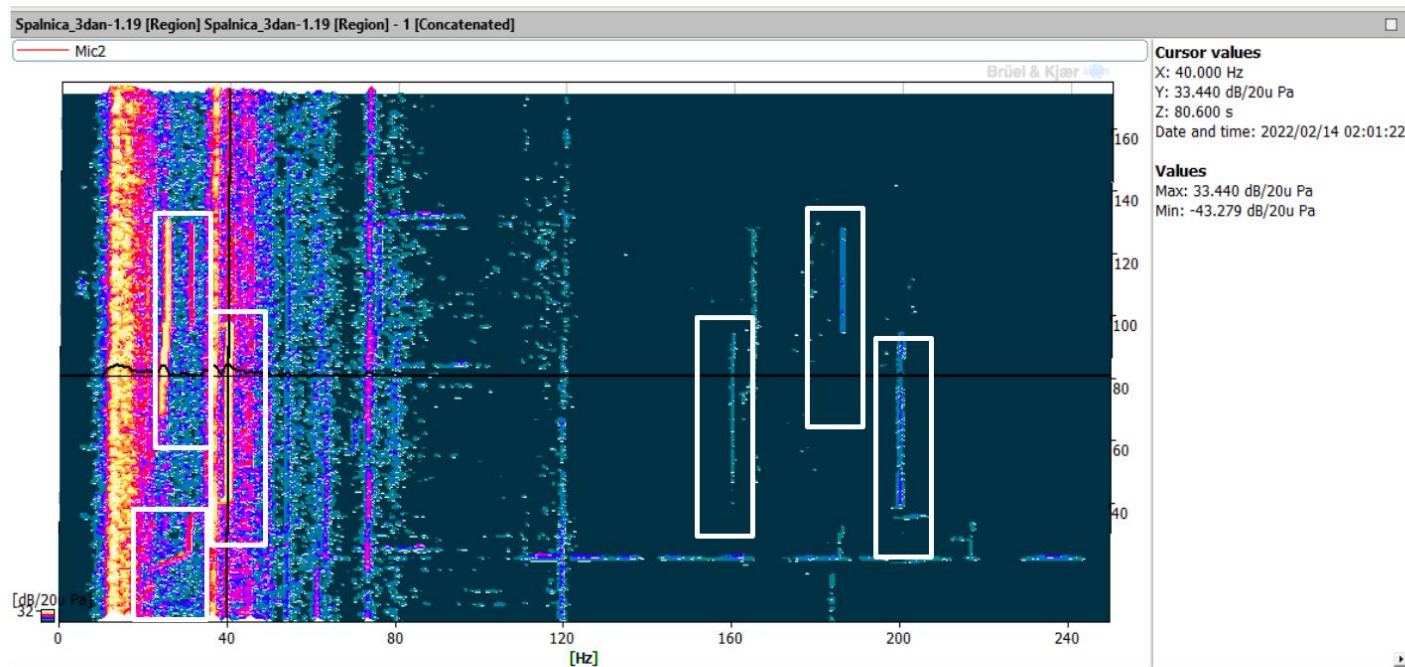
Graf prikazuje začetno fazo ob vklopu tč, izrazite frekvence, predvsem tiste v frekvenčnem območju med 20 in 100Hz.

Najvišja izmerjena vrednost hrupa L_{max} je pri frekvenci 40Hz in znaša.

$$L_{max} = 49,5\text{dB}$$

Merilno mesto- spalnica

Mic2 se nahaja v spalnici, v kotu. Čas meritve med 2:00 in 2:20.



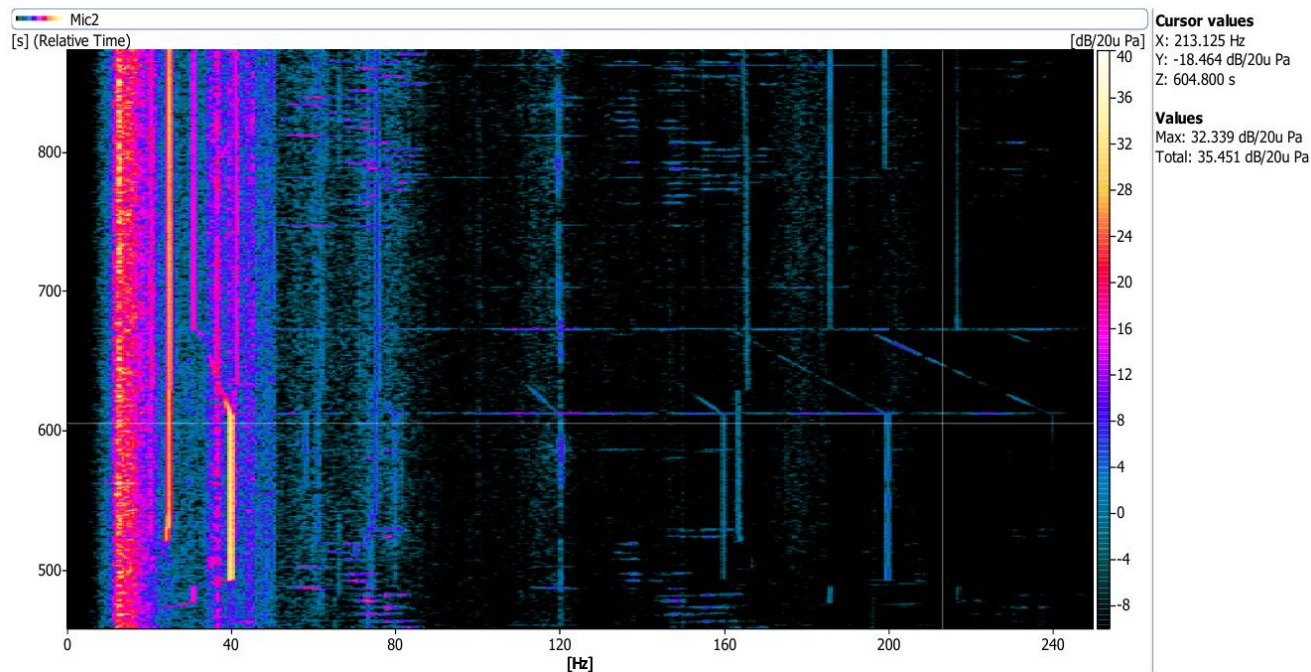
Na grafu so prikazane frekvence, ki so posledica delovanja toplotne črpalke in so izmerjene v notranjosti objekta, to je v spalnici.

Najvišja izmerjena vrednost hrupa L_{max} je pri frekvenci 40Hz in znaša .

$$L_{max} = 33,4\text{dB}$$

Merilno mesto- spalnica

Mic2 se nahaja v spalnici, v kotu. Čas meritve med 2:00 in 2:20.



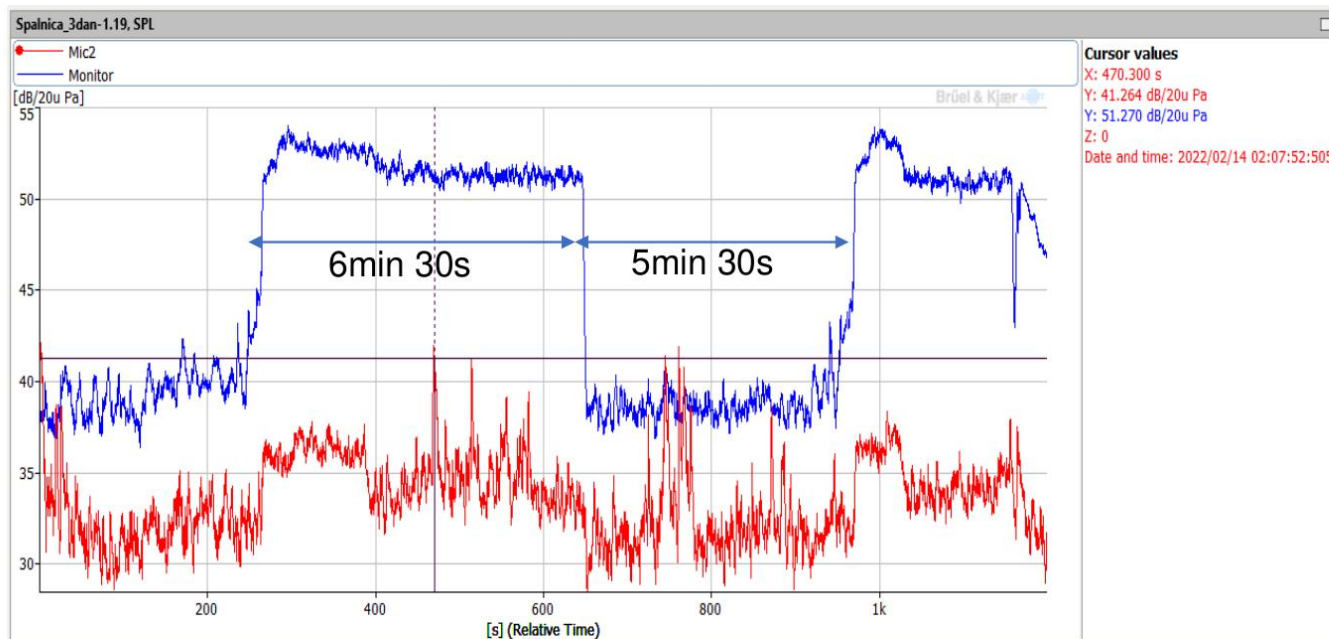
Na grafu so prikazane frekvence, ki so posledica delovanja toplotne črpalke in so izmerjene v notranjosti objekta, to je v spalnici.

Najvišja izmerjena vrednost hrupa L_{max} je pri frekvenci 40Hz in znaša .

$$L_{max} = 33,4\text{dB}$$

Merilno mesto- spalnica

Mikrofon 2 se nahaja v spalnici, v kotu. Časovni prikaz spreminjajočega hrupa zunaj (modra) in notri (rdeča) črta. Korelacija med hrupom toplotne črpalke zunaj in izmerjenim hrupom v spalnici je nedvoumen.



- Pasovni filter: 10Hz do 250Hz
- Merilni interval: 20min
- Čas merjenja: 2:00 do 2:20

Povprečna vrednost hrupa v merjenem interval 20min:

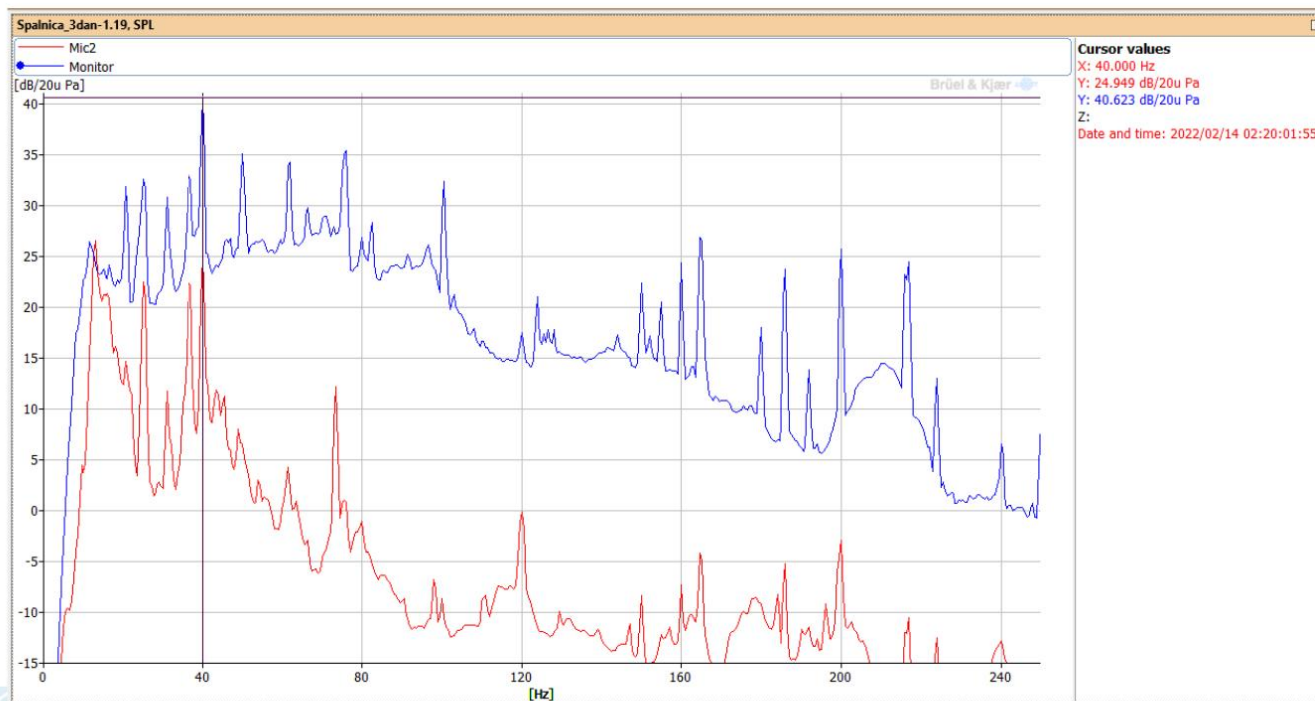
Zunaj $Leq=40,3\text{dB}$

V spalnici $Leq=29,4\text{dB}$

Velja za celoten interval

Merilno mesto- spalnica

Mikrofon 2 se nahaja v spalnici, v kotu. Povprečni frekvenčni spekter hrupa zunaj (modra) in notri (rdeča). V spektru so prikazane osnovne frekvence in njihovi harmoniki. Skoraj vse frekvenčne komponente, ki jih generira TČ so prisotne tudi v notranjosti objekta.



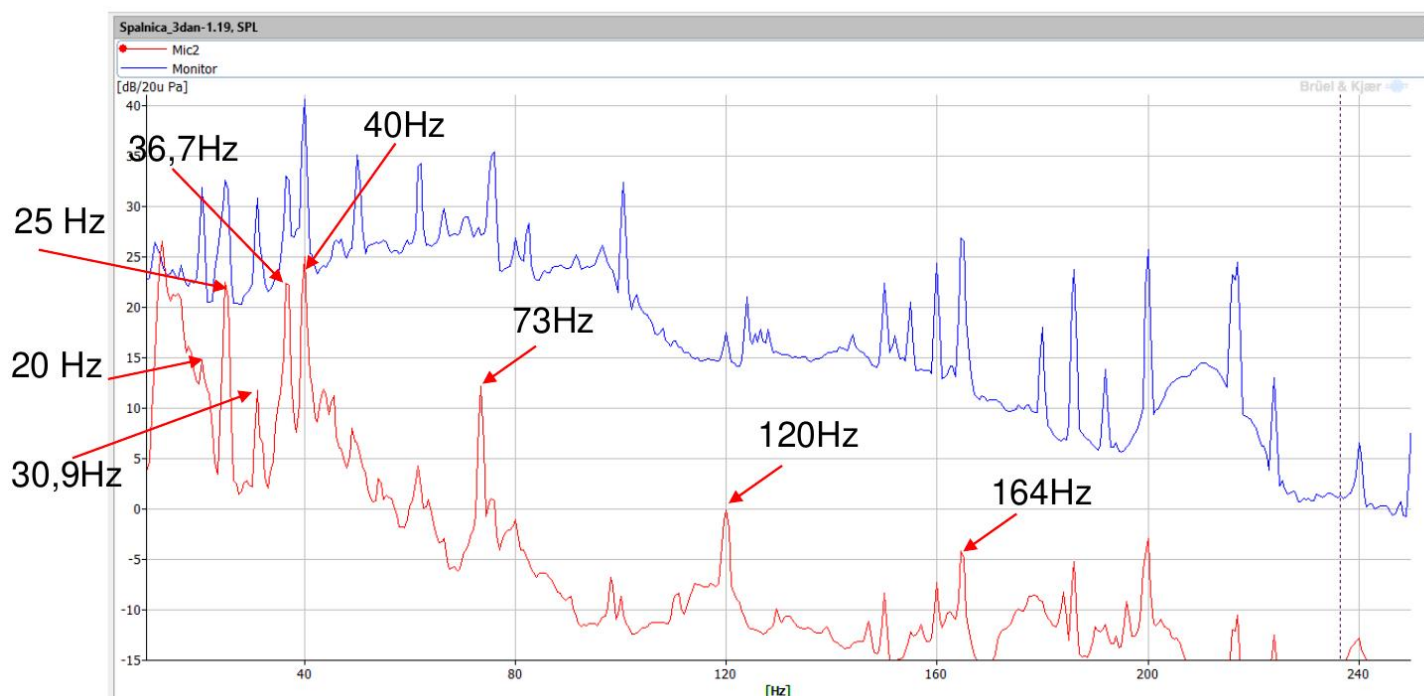
- Pasovni filter: 10Hz do 250Hz
- Merilni interval: 20min
- Čas merjenja: 2:00 do 2:20

Posebej bi izpostavil frekvence:

20 Hz, 25 Hz, 30,9Hz, 36,7Hz in 40Hz.

Merilno mesto- spalnica

Osnovne frekvence in njihove harmonske komponente



Frekvenca	Nivo zunaj	Nivo notri
20 Hz	31,8 dB	14,7 dB
25 Hz	32,5 dB	22,4 dB
30,9 Hz	30,8 dB	11,8 dB
36,7 Hz	33,0 dB	22,2 dB
40 Hz	40,6 dB	25,0 dB
73,4 Hz	-	12,2 dB
120,1 Hz	17,5 dB	-0,6 dB
164,5 Hz	26,9 dB	-4,1 dB

Za oceno izpostavljenosti so pomembne predvsem frekvenčne komponente v NF območju, med 20 in 80 Hz. Višje frekvence ne nosijo dovolj energije, da bi lahko vplivale na zaznavanje v notranjosti objekta

Merilno mesto: spalnica

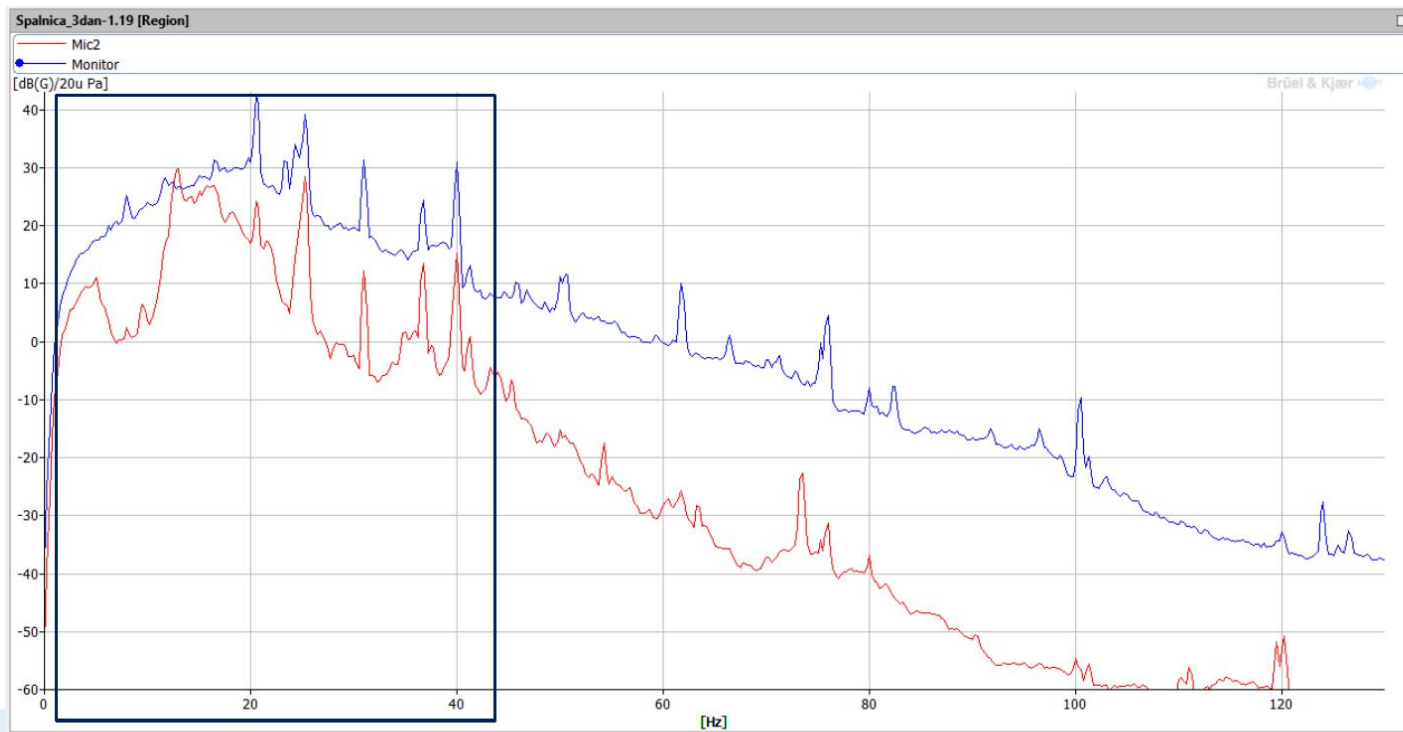
Analiza NF hrupa z uporabo G utežnostnega filtra

Legenda:

- Meritev v spalnici
- Meritev zunaj

Iz spektra izhaja, da so v notranjosti prisotne komponente NF hrupa, ki korelirajo z NF hrupom, ki ga emitira toplotna črpalka.

Frekvenčne komponente nad 40Hz lahko zanemarimo, ker je njihov nivo pod mejo zaznavanja. Povprečna raven hrupa s filtrom G znaša
39,4dB(G)

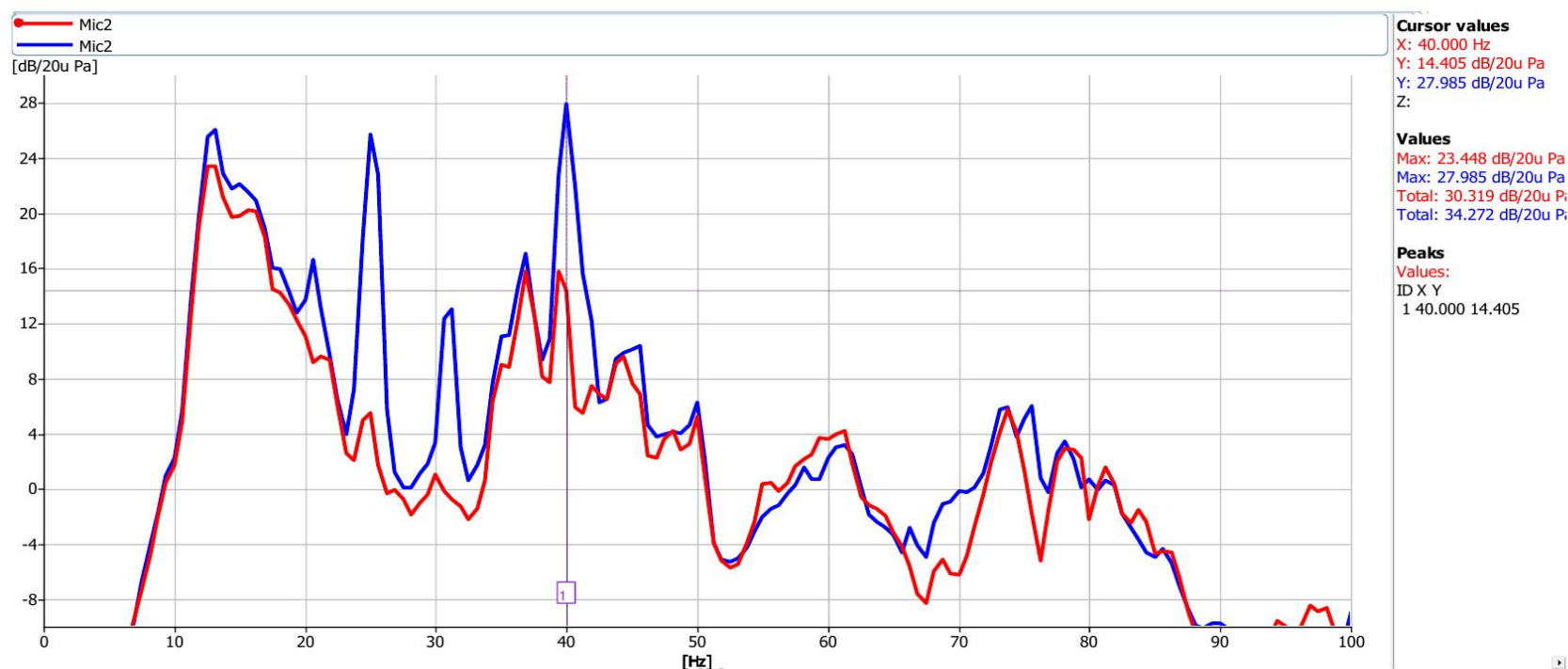


Vpliv delovanja TČ

Analiza NF hrupa z uporabo G utežnostnega filtra - spalnica

Legenda:

- TČ miruje
- TČ deluje



Merilno mesto- spalnica

Skupna ravni NF hrupa v odvisnosti od uporabljenega frekvenčnega tehtanja

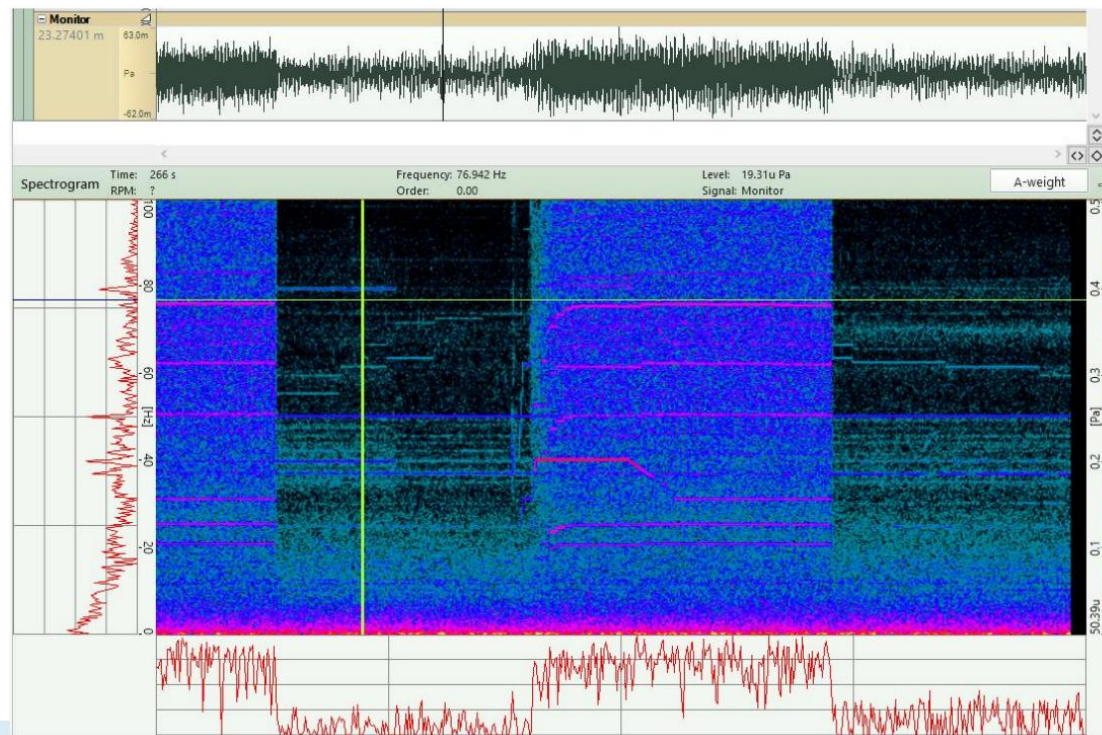
F. uteženje	TČ obratuje		TČ miruje	
	Nivo zunaj	Nivo notri	Nivo zunaj	Nivo notri
A	29,9 dB	1,5, dB	10,8 dB	- 2,4 dB
C	50,2 dB	29,5 dB	34,2 dB	23,9 dB
G	47,9 dB	38,2 dB	40,2 dB	35,7 dB

- Razlika nivoja NFH pri uporabi različnih frekvenčnih tehtanj
- Pokaže nam neravnovesje frekvenčnega spektra
- Razlika med A in C tehtano ravno, ki je večja od 15dB nakazuje na prisotnost NFH (N. Broner; 2010)



Dinamika delovanja toplotne črpalke

Vklop in izklop toplotne črpalke. Meritev velja za časovni interval med 1:20 in 1:40 ponoči



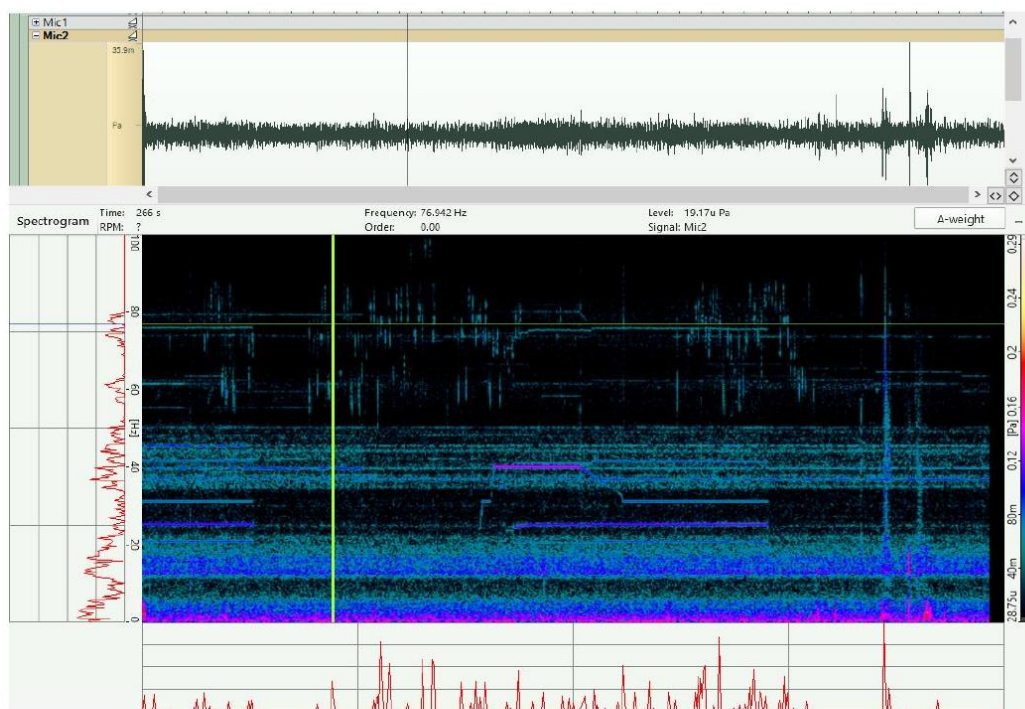
Rdeče črte v grafičnem prikazu predstavljajo frekvence, ki so prisotne, ko toplotna črpalka deluje.

Rdeča črta se prekine, ko se toplotna črpalka izključi in ima ukrivljeno obliko, ko se spreminja režim obratovanja oz. vrtilna hitrost toplotne črpalke.

Prikaz velja za referenčni mikrofون zunaj.

Dinamika delovanja toplotne črpalke

Vklop in izklop toplotne črpalke. Meritev velja za časovni interval med 1:20 in 1:40 ponoči



Rdeče črte v grafičnem prikazu predstavljajo frekvence, ki so prisotne, ko toplotna črpalka deluje.

Rdeča/modra črta se prekine, ko se toplotna črpalka izključi in ima ukrivljeno obliko, ko se spreminja režim obratovanja oz. vrtilna hitrost toplotne črpalke.

Prikaz velja za mikrofona v spalnici, Mic2.

Ali je hrup TČ moteč kljub nizki absolutni ravni?

- Slušni sistem neprekinjeno obdeluje **frekvence in intenzivnosti**, ki so pomembne za preživetje v zdravem, naravnem okolju. TČ ni naravni vir!
- Ponavljajoče stimuliranje slušnega sistema z značilnim vzorcem hrupa lahko rezultira v **povečani aktivnosti** centralnega živčnega sistema, ki je odgovoren za interpretacijo zvoka
- Takšna izpostavljenost lahko vodi v pojav tinitusa in drugih s tem povezanih psiholoških in fizioloških motenj
- Zakonodaja vpliv motnje za človeka se ocenjuje predvsem glede na intenziteto hrupa. To pa je zelo omejen pristop saj okrog 5% ljudi trpi za povečano občutljivostjo na hrup
- Dosedanje raziskave so pokazale, da se občutek motnje (annoyance) povečuje z nivojem hrupa, preobčutljivost na hrup pa ne

Hrup TČ je moteč samo za določeno skupino ljudi s povečano občutljivostjo na hrup in ob pogoju, da TČ deluje na način, da se hrup prenaša v notranjost stanovanja



Povzetek in zaključek

- Delovanje TČ je neposreden vzrok za povečanje ravni hrupa v spalnici
- Meritve so potrdile prisotnost NFH. Glavne komponente so: 20 Hz, 25 Hz, 31Hz in 40Hz.
- Toplotna črpalka je delovala z enako intenziteto v večernem in nočnem času.
- V povprečju toplotna črpalka deluje nekaj nad 50% časa
- Frekvenčno uteženje močno vpliva na rezultat in vrednotenje takšnega vira in po A krivulji močno podcenjuje vpliv NF komponent
- Potrjena je prisotnost poudarjenih tonov
- Razlika med A in C tehtano vrednostjo hupa je več kot 15dB kar nakazuje na neuravnoteženost frekvenčnega spektra

