



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva Opatija, 2021.

ISPITIVANJE STVARNIH ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADA

Martin Pavić

Martin Pavić, univ.bacc.ing.mech., Energonova d.o.o. Zagreb

TKO SMO I ŠTO RADIMO



- 25 godina bavimo se poslovima ispitivanja, projektiranja i nadzora sustava u energetici
- specijalizirani smo za razna energetska ispitivanja u području industrije i zgradarstva

CERTIFICIRANJE ZGRADA

- ENERGETSKI PREGLED I CERTIFICIRANJE ZGRADA
- ENERGETSKI PREGLED VELIKIH PODUZEĆA
- KONTROLA CERTIFIKATA

ISPITIVANJA U ZGRADARSTVU

- ISPITIVANJE ZRAKOPROPUSNOSTI OVOJNICE ZGRADE (BLOWER DOOR TEST)
- INFRACRVENA TERMOGRAFIJA
- MJERENJE KARAKTERISTIKA OSTAKLJENJA
- MJERENJE I PRAĆENJE MIKROKLIMATSKIH UVJETA
- LOCIRANJE IZVORA BUKE AKUSTIČNOM KAMEROM
- ISPITIVANJE ULTRAZVUKOM
- OTKRIVANJE UZROKA VLAGE

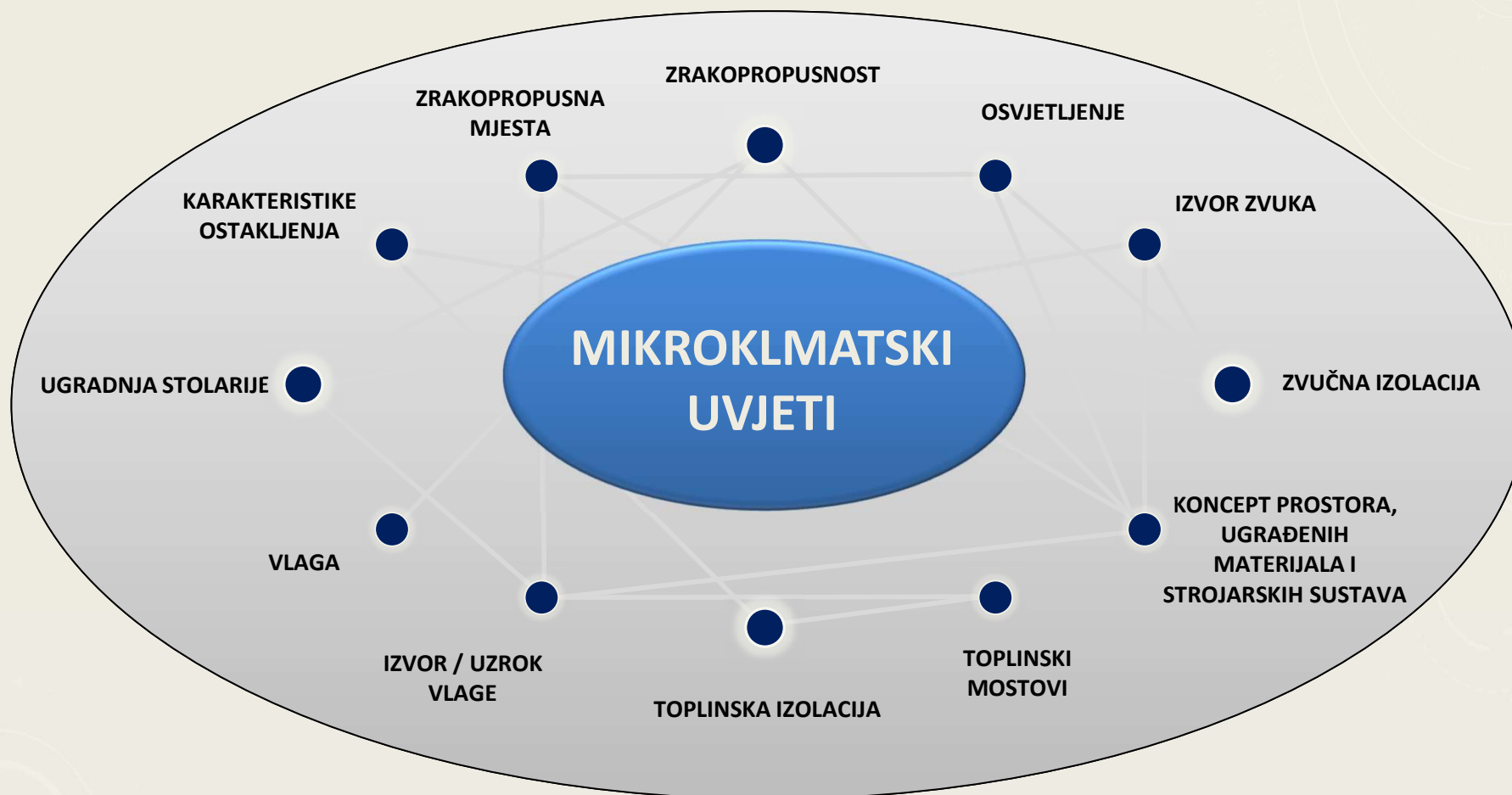


- U ovom radu prikazano je nekoliko primjera ispitivanja energetske svojstva građevine i građevinskih propusta.



GRAĐEVINSKA FIZIKA

Što utječe na **MIKROKLIMATSKE UVJETE** u nekom prostoru?
Što utječe na **UŠTEDU ENERGIJE** u nekom prostoru?
Što je sve moguće **MJERITI, ISPITIVATI, ANALIZIRATI**?



PRISTUP ISPITIVANJU FIZIKE ZGRADE

Za kvalitetno ispitivanje fizike zgrade potrebno je:

- proučiti projektno-tehničku dokumentaciju zgrade i zahtjev za ispitivanje
- izvršiti pregled zgrade
- znati kako pristupiti pojedinoj zgradi ovisno o njenoj složenosti i vrsti problematike
- donijeti plan izvršenja testiranja te dogovoriti uvjete ispitivanja
- posjedovati opremu dovoljnog kapaciteta i točnosti mjerenja
- biti svjestan svojih mogućnosti i mogućnosti pojedine tehnologije

Sve navedeno je nužno da bi rezultat ispitivanja bio relevantan, odnosno da bi se riješila određena problematika.

ZRAKOPROPUSNOST ZGRADE JEDAN JE OD NAJVAŽNIJIH POKAZATELJA KVALITETE IZVEDBE I BUDUĆE POTROŠNJE ENERGIJE ZA GRIJANJE/HLAĐENJE.



BLOWER DOOR TEST

Ispitna metoda na bazi razlike tlakova vanjskog i unutarnjeg prostora.

Provodi se ispitnim ventilatorom te se mjeri volumni protok zraka koji nastaje zbog razlike tlaka od 50 Pa između vanjskog i unutrašnjeg prostora građevine.

Broj izmjena zraka u zgradi dobiva se dijeljenjem vrijednosti volumnog protoka (m^3/h) s unutrašnjim volumenom ispitivanog prostora zgrade (m^3).

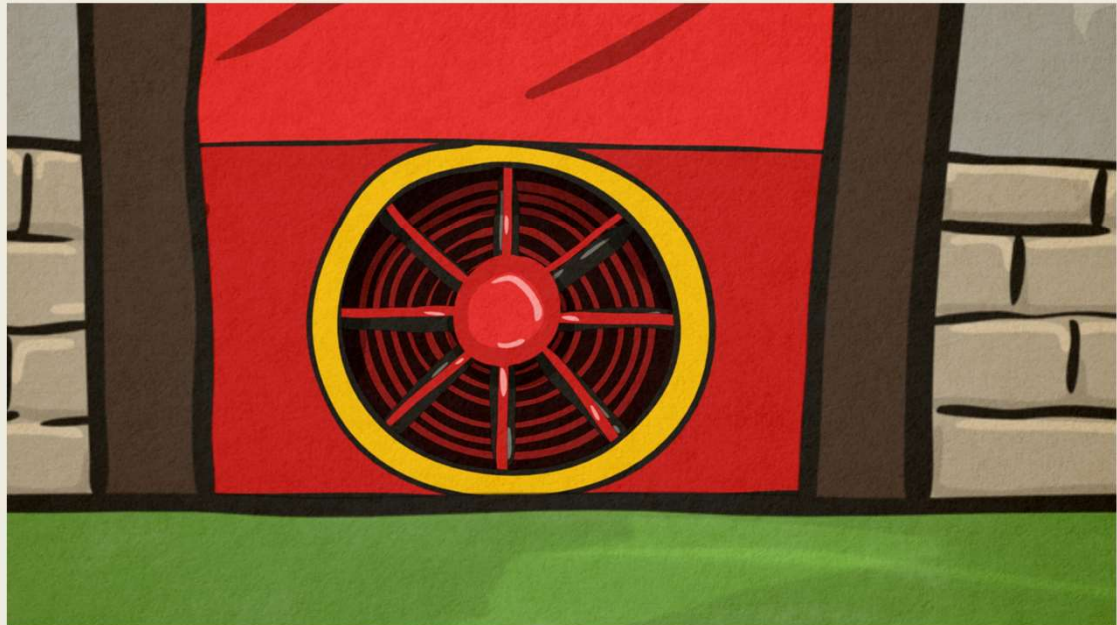


BLOWER DOOR TEST

S obzirom da svaki zatvoreni prostor „diše”, princip ispitivanja je inducirati potlak i pretlak, tj. izvesti 2 testa.

Srednja vrijednost ta dva testa jest rezultat zrakopropusnosti zgrade.

Tlak 50 Pa = pri brzini vjetra 32 km/h
50 Pa = 5 kg/m²



ZAŠTO SE PROVODI BDT?

Dokazivanje zahtjeva
o zrakopropusnosti

Kontrola kvalitete
izvedbe

Motivacija za
smanjenje energenata
potrebnih za HGK



PRIMJENA

Određivanje
zrakopropusnosti
ovojnice zgrade

Otkrivanje propusnih
mjesta

Ispitivanje
ventilacijskih sustava
ili komora s ispitnim
tlakom do 300 Pa

Ispitivanje čistih i
sterilnih prostora
(npr. operacijske
dvorane, laboratoriji)

Određivanje
zrakopropusnosti
hladnjača ili
industrijskih objekata



- $n_{50}=3,0 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada bez mehaničkog uređaja za provjetravanje
- $n_{50}=1,5 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada sa mehaničkim uređajem za provjetravanje

Ispitivanje zrakopropusnosti provodi se prema:

METODA 1 (zgrada u uporabi):

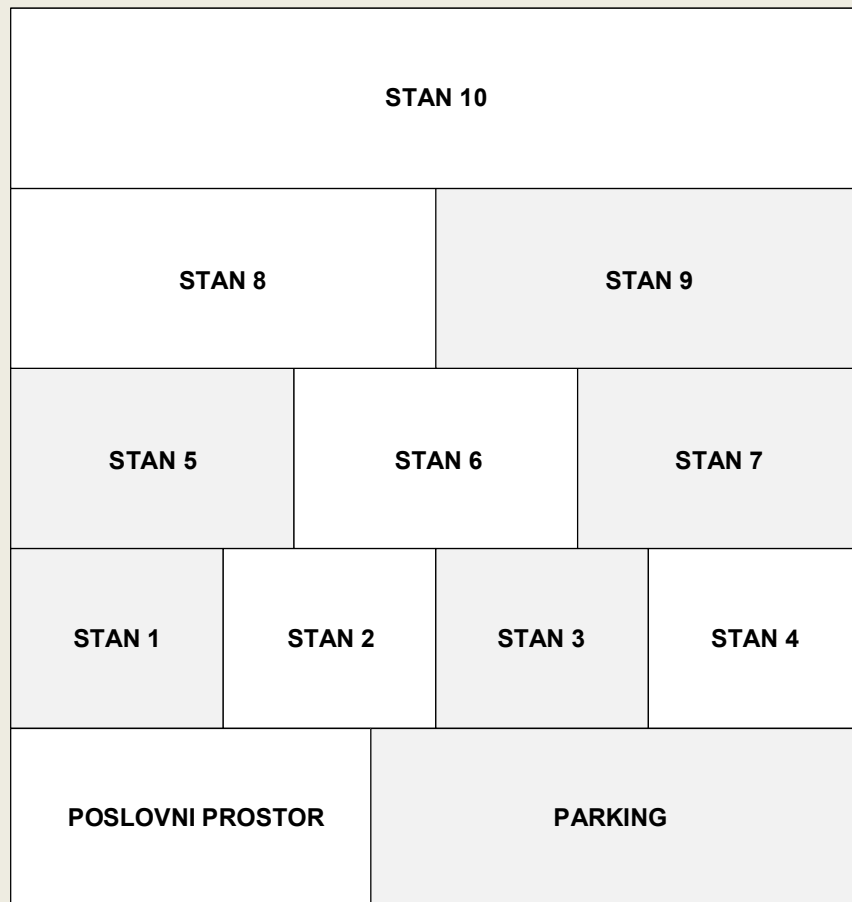
- ## METODA 2 (zgrada u izgradnji):

- ## METODA 3 – specijalni zahtjevi



ZRAKOPROPUSNOST STANOVA U STAMBENO-POSLOVNOJ ZGRADI

PRIMJER 1



Ispitivanje zrakopropusnosti u pojedinačnim stanovima stambeno-poslovne zgrade u svrhu dokazivanja stvarne zrakopropusnosti prije tehničkog pregleda.

Opis zgrade:

Stambeno-poslovna građevina sastoji se od jedne podrumске etaže, prizemlja djelomično riješenog kao parkirno-garažna površina, a dijelom kao poslovni prostor i 4 stambene etaže s ukupno 10 stambenih jedinica.



ZRAKOPROPUSNOST STANOVA U STAMBENO-POSLOVNOJ ZGRADI



Bitne karakteristike

Konstrukcija – monolitna AB konstrukcija

Pregradni zidovi između stanova

- Opeka 25cm s oblogama u knaufu s ispunom od mineralne vune za dodatnu zvučnu i toplinsku izolaciju između stanova

Pregradni zidovi u stanovima

- knauf pregradne stijene sa ispunom od mineralne vune

Prozori, staklena fasada i vrata

- aluminijska bravarija sa prekinutim toplinskim mostom ostakljena troslojnim “izo” staklom, ugrađena RAL montažom

Grijanje - dizalice topline zrak/voda, sustav vodenog podnog grijanja

Hlađenje - freonski multi split sustav

Ventilacija

- rekuperatorske jedinice u okvirima prozora

Ventilacija WC-a

- prisilno odsisnim ventilatorima

Sav razvod zajedničkih instalacija izveden je međuetajžno kroz instalacijske kanale koji su unutar stanova protupožarno zatvoreni.



ZRAKOPROPUSNOST PORTIRNICE (novogradnja)



PRIMJER 2

Bitne karakteristike

Temelj i ravni krov - AB ploča

Zidovi - opeka

Pregradni zidovi - montažni gipskartonski

Stropovi - modularni spuštteni strop

Prozori, staklena fasada i vrata - aluminijska stolarija

Grijanje - kombinirani zagrijač vode s centralnim sustavom

Hlađenje - zidni klima uređaji

Ventilacija - prirodno preko stolarije
Ventilacija WC-a, čajne kuhinje, garderobe

- prirodno preko stolarije

- prisilno odsisnim ventilatorima

Osobe - 4 – 5 osoba



ZRAKOPROPUSNOST PORTIRNICE (novogradnja)



ISPITIVANJE ZRAKOPROPUSNOSTI PORTIRNICE

KOMPLETAN VOLUMEN – **podtlak** ?

- TEST 1 $n_{50} = 12.66$ [h-1]

IZDVOJENA ELEKTRO SOBA - **podtlak**

- Elektro soba – druga zona – zatvorena vrata
- TEST 2 $n_{50} = 11.28$ [h-1]

IZDVOJENA ELEKTRO SOBA - **predtlak** ?

- TEST 3 $n_{50} \sim 16.68$ [h-1]
- greška, nemoguće izmjeriti, ploče u spušenom stropu „SKAČU”

IZDVOJENA ELEKTRO SOBA I DIGNUTA PLOČA U SPUŠTENOM STROPU - **predtlak**

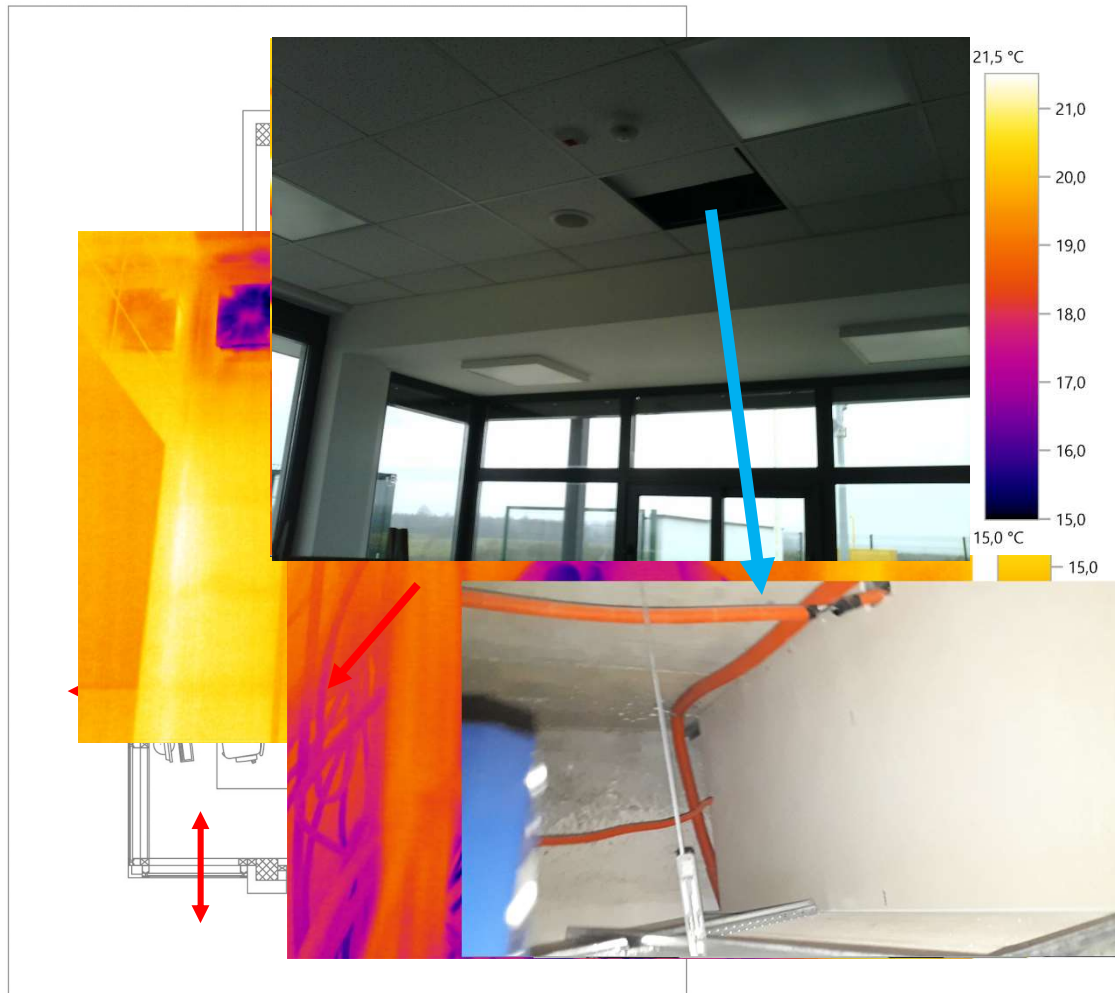
- TEST 5 $n_{50} = 18.81$ [h-1]

IZDVOJENA ELEKTRO SOBA I DIGNUTA PLOČA U SPUŠTENOM STROPU - **podtlak**

- TEST 4 $n_{50} = 16.03$ [h-1]



ZRAKOPROPUSNOST PORTIRNICE (novogradnja)



PROPUSNA MJESTA (najkritičnija):

- stolarija
- odzračni ventilatori
- instalacijska okna
- prodori prema vanjskoj rasvjeti i elektro roletama

Izmjereno: $n_{50} = 12.66 \text{ [h-1]}$

Uvjet prihvaljivosti: $n_{50} < 3,0 \text{ [h-1]}$

GDJE JE PROBLEM ?

- projektiranje
- izvođenje

ZRAKOPROPUSNOST PORTIRNICE (novogradnja)



BROJKE:

Visina	3.4 m
Volumen	217 m ³
Površina ovojnice	248 m ²
Površina poda	64 m ²
Izloženost vjetru	visoka

REZULTATI	50 Pa	4 Pa
Protok zraka, Q [m ³ /h]	2747	827
Izmjena zraka, n [h ⁻¹]	12.7	3.8
Protok zraka po jedinici površine oplošja, [m ³ /h/m ²]	9.5	2.8
Propusnost po jedinici površine oplošja, [cm ² /m ²]	2.9	3.1
Protok zraka po jedinici podne površine, [m ³ /h/m ²]	33.9	10.2
Propusnost po jedinici podne površine, [cm ² /m ²]	10.3	11.0
Efektivno područje propuštanja, [cm ²]	837.3	891.6



OTKRIVANJE IZVORA ZVUKA – „fućkanje prozora”



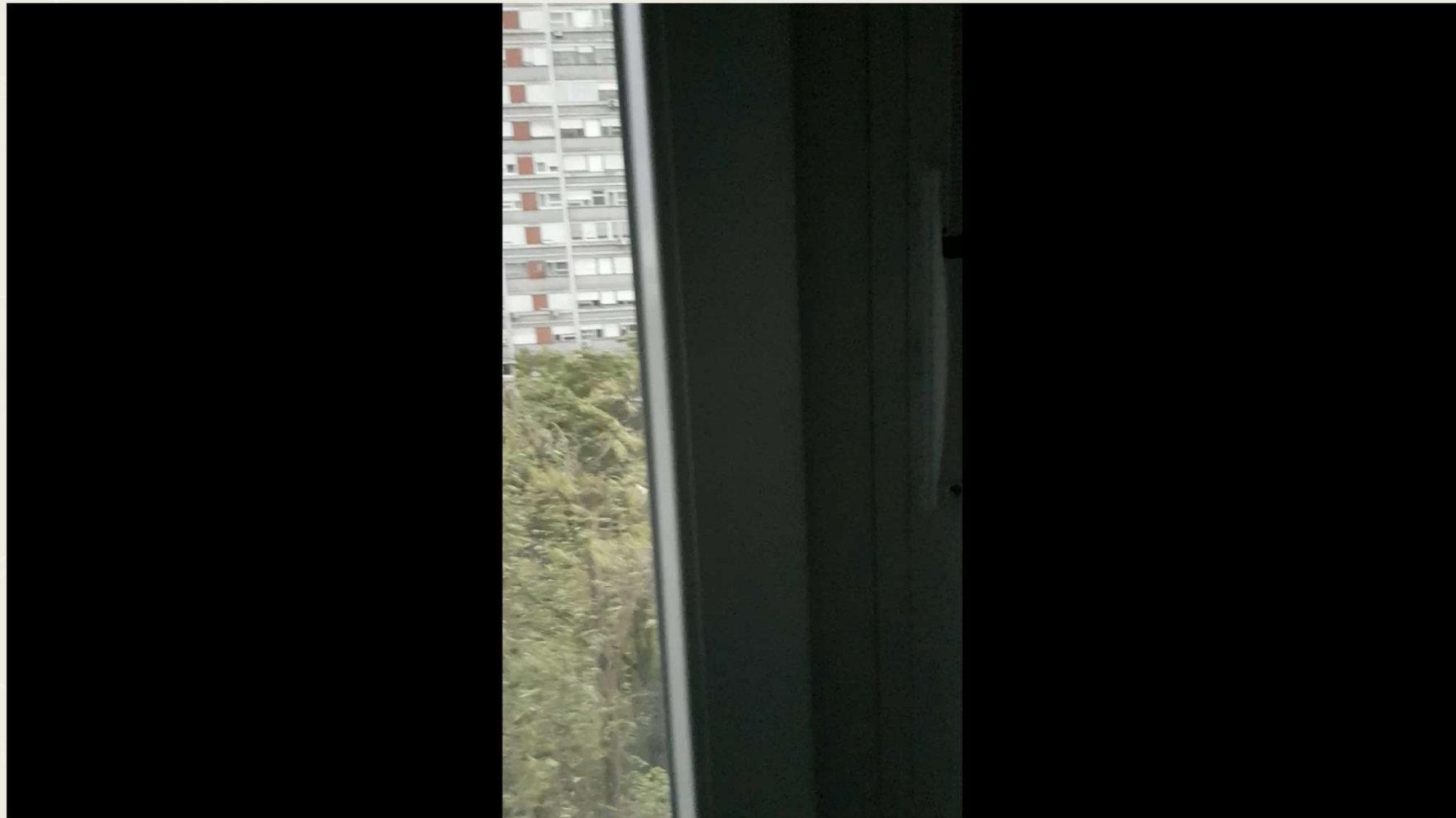
PROBLEM

- STARA STOLARIJA ZAMIJENJENA JE NOVOM PVC STOLARIJOM
- TIJEKOM PUHANJA VJETRA IZ ODREĐENOG SMJERA U CIJELOM STANU IZ SVIH SMJEROVA SE ČUJE INTENZIVAN ZVUK – „FUĆKANJE”
- IZVOĐAČ JE NAKNADNO OBILNO SILIKONIRAO „SVE” SPOJEVE STOLARIJE I OKVIRA ROLETA I OTVORE ZA ODZRAČIVANJE OKVIRA PROZORA



OTKRIVANJE IZVORA ZVUKA – „fućkanje prozora”

ISTRAŽIVANJE – ŠTO SE DOGAĐA?



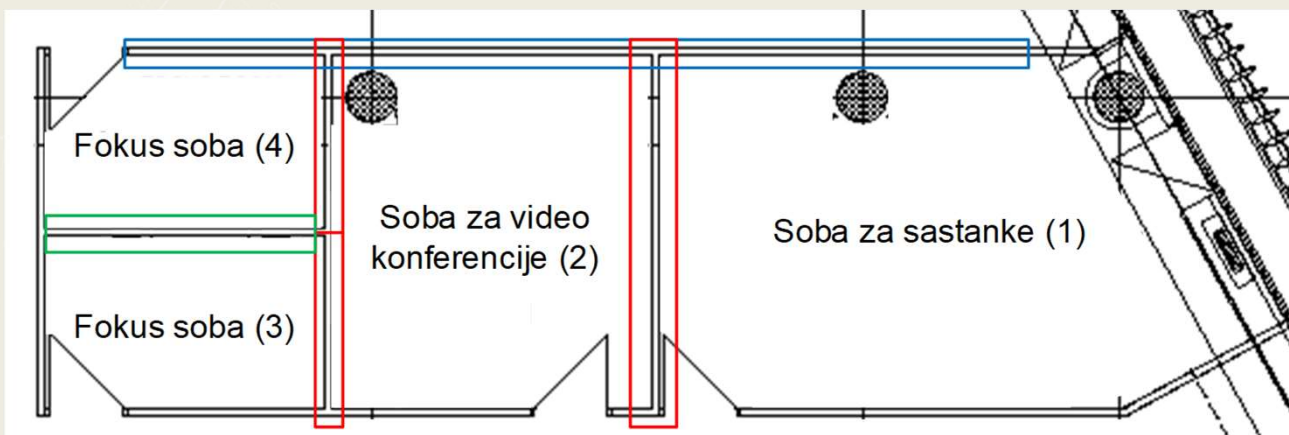
OTKRIVANJE IZVORA ZVUKA – zvučna izolacija

OPIS OBJEKTA

UNUTAR POSLOVNOG PROSTORA IZVEDEN JE BLOK S „GLUHIM” SOBAMA ZA SASTANKE, PREZENTACIJE I FOKUS.

Vanjski zidovi izvedeni su od jednoslojnih panela međusobno spajanih po dužini.

Pregradni zidovi prema izjavi korisnika izvedeni su kao višeslojni "sendvič" paneli sa izolacijskom ispunom (označen u tlocrtu crvenom i zelenom bojom).



FOKUS SOBA

Ako se želite fokusirati ili s kolegom porazgovarati o nečemu što nije za svačije uši, ovo je soba za vas.

U ČEMU JE PROBLEM?

Problem je u tome što se između navedenih prostora čuje kao da pregradni zidovi „ne postoje”.

OTKRIVANJE IZVORA ZVUKA – zvučna izolacija

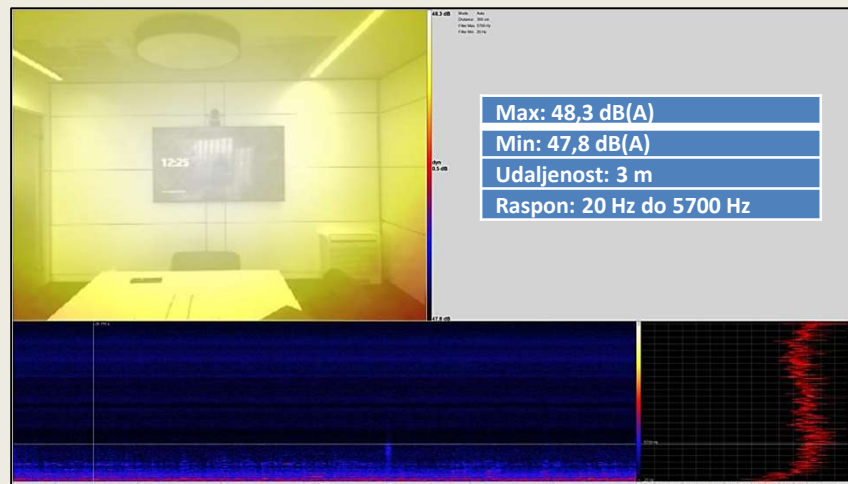
ISTRAŽIVANJE – ŠTO SE DOGAĐA?

METODA 1 - Akustična kamera i zvučnik (raspon od 30 Hz do 24.000 Hz u ljudskom čujnom spektru)

Akustična kamera ima 64 precizno usmjerena senzora zvuka te može odrediti točne pozicije izvora pojedinog zvuka. U jednu prostoriju je postavljen zvučnik dok je u drugoj prostoriji postavljena akustična kamera u svrhu snimanja pregradnog zida.

U jednu prostoriju je postavljen zvučnik dok je u drugoj prostoriji postavljena akustična kamera u svrhu snimanja pregradnog zida.

Pomoću prijenosnog zvučnika generiran je zvuk jačine od ~ 65 dB u sobi za video konferencije (2). U sobi za sastanke (1) izmjerena je jačina zvuka u rasponu od ~ 45 do ~ 50 dB.



Iako današnji visoki zahtjevi u gradnji zahtjevaju ugradnju skupih materijala, mjerenjima je dokazano da već osvještanjem i pažljivim pristupom možemo puno učiniti po pitanju smanjenja zrakopropusnosti i kao i povećanja ugodnosti življenja.



HVALA NA PAŽNJI!

