

ANUL 45 Revista INGINERIA INSTALATIILOR

NR. 1/2023
ANUL III/XLV



ÎNCĂLZIRE • RĂCIRE • VENTILARE • CLIMATIZARE • SANITARE • PROTECȚIE ACTIVĂ LA FOC ȘI DESFUMARE • GAZE • SISTEME DE ALIMENTARE CU APĂ ȘI CANALIZARE • ILUMINAT • ELECTRICE • AUTOMATIZĂRI • DETECTARE, SEMNALIZARE ȘI AVERTIZARE INCENDIU BMS ȘI TEHNOLOGII DE COMUNICARE ȘI INFORMARE • SURSE NOI DE ENERGIE • GESTIONAREA DEȘEURILOR • PROTECȚIA MEDIULUI



EU CONEXUS



STRATEGII ȘI INSTRUMENTE PENTRU NZEB ȘI ZEB: ÎNTRE OBLIGAȚII ȘI POSIBILITĂȚI

BIBLIOTECA NAȚIONALĂ A ROMÂNIEI
8-9 Iunie 2023, BUCUREȘTI

EVENTIMENT HIBRID

Instalațiile dau viață clădirilor

Sponsor Blue Diamond

Texco[®]
Always together

Sponsori Opal



+4021 252 42 95, office@oer.ro, www.oer.ro, www.rcepb.ro



Dr.ing.
Ioan Silviu DOBOȘI
PREȘEDINTE

ASOCIAȚIA INGINERILOR DE INSTALAȚII DIN ROMÂNIA

MEMBRII CONSILIULUI DIRECTOR
MANDAT 2020 - 2024



Conf.univ.dr.ing.
Cătălin LUNGU

PRIM VICEPREȘEDINTE

Președinte
Filiala AIIR Valahia



Prof.univ.dr.ing.
Ioan AȘCHILEAN

VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Transilvania
Cluj-Napoca



Conf.univ.dr.ing.
Vasilică CIOCAN

VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Moldova
Iași



Dr.ing.
Ștefan DUNĂ

VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Banat
Timișoara



Conf.univ.dr.ing.
Nicolae IORDAN

VICEPREȘEDINTE
Președinte
Filiala AIIR Transilvania
Brașov



Prof.univ.dr.ing.
Rodica FRUNZULICĂ

VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Dana TEODORESCU

VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Cătălin POPOVICI

VICEPREȘEDINTE



Conf.univ.dr.ing.
Silviana BRATA

VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Andrei BOLBOACĂ

VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Gheorghe DRĂGOMIR

VICEPREȘEDINTE



Șl.dr.ing.
Anagabriela DEAC

VICEPREȘEDINTE



Dr.ing.
Remus Retezan

VICEPREȘEDINTE



Ing.
Radu ROMAN

VICEPREȘEDINTE



Ing.
Adrian TÎGHICI

VICEPREȘEDINTE



Prof.univ.dr.ing.
Liviu DRUGHEAN

DIRECTOR EXECUTIV

ASOCIAȚIA INGINERILOR DE INSTALAȚII DIN ROMÂNIA

Bd. Pache Protopopescu nr. 66
email: office@aiiro.ro

Biroul Executiv al AIIR

Ioan Silviu Doboși
Președinte

Cătălin Lungu

Prim Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Valahia

Ioan Așchilean

Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Transilvania Cluj-Napoca

Vasilică Ciocan

Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Moldova Iași

Ștefan Dună

Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Banat Timișoara

Nicolae Iordan

Vicepreședinte AIIR
Președinte Filiala AIIR Transilvania Brașov

Comisia AIIR pentru relații publice, media și publicații

Marius Adam

AIIR Filiala Banat Timișoara

Ana Diana Ancaș

AIIR Filiala Moldova Iași

Carmen Maria Mârza

AIIR Filiala Transilvania Cluj

Redactor șef
Tiberiu Catalina

Recenzori științifici

Prof.univ.em.dr.ing. Gheorghe Badea

Prof.univ.em.dr.ing. Iolanda Colda

Prof.univ.em.dr.ing. Adrian Retezan

Comitet editorial

Cristian Cherecheș

Veronica Gagea

Adriana Tokar

Grafică și tehoredactare

Sorin Lipoveanu

Editura Matrixrom

Director Iancu Ilie

021.411.36.17, 0733.882.137

www.matrixrom.ro

ISSN: 2810-5303

ISSN-L: 2810-5303



Instalații inteligente pentru viitor: utilizarea tehnologiilor inovatoare în proiectarea și construcția clădirilor

Cu accelerarea schimbărilor tehnologice, ingineria instalațiilor se confruntă cu o presiune tot mai mare de a se adapta și a utiliza tehnologii inovatoare pentru a rămâne competitivă și a face față provocărilor actuale și viitoare. De la automatizarea sistemelor de control pentru climatizare până la utilizarea senzorilor și a tehnologiei IoT (Internet of Things), integrarea tehnologiilor inovatoare este esențială pentru a îmbunătăți eficiența energetică și performanța instalațiilor.

Un exemplu elocvent al integrării tehnologiilor inovatoare în ingineria instalațiilor îl reprezintă utilizarea senzorilor și a sistemelor de automatizare pentru controlul și monitorizarea sistemelor de iluminat. Prin implementarea acestor soluții, se pot obține economii semnificative ale consumului de energie electrică, iar calitatea iluminatului poate fi îmbunătățită considerabil. Sistemele de control al iluminatului se pot adapta automat la condițiile de iluminat din mediul înconjurător, prin reglarea intensității luminii în funcție de nivelul de luminozitate existent în încăperea. De asemenea, prin integrarea senzorilor de mișcare se poate obține o economie suplimentară de energie, prin stingerea automată a luminilor atunci când încăperea nu este ocupată.

Alt exemplu relevant îl reprezintă utilizarea sistemelor de ventilare și climatizare inteligente, care permit reglarea automată a debitului de aer, a temperaturii și umidității din încăperi. Aceste sisteme pot fi programate pentru a funcționa în funcție de nevoile specifice ale utilizatorilor, dar și pentru a monitoriza și ajusta automat condițiile de climatizare în funcție de parametri precum temperatura exterioară sau umiditatea aerului. Mai mult, una dintre tehnologiile inovatoare care poate fi utilizată în ingineria instalațiilor este chiar inteligența artificială. Aceasta poate fi folosită pentru a analiza o cantitate mare de date și poate identifica/genera modele, astfel încât să se poată face predicții cu privire la performanța sistemelor sau reglarea sistemelor pe baza predicțiilor meteo. Inteligența artificială poate fi utilizată pentru a identifica probleme într-un sistem de ventilație și poate sugera soluții pentru a îmbunătăți eficiența acestuia. Tehnologiile inovatoare pot fi utilizate și în procesul de

proiectare și construcție a instalațiilor. Modelele de simulare pot fi utilizate pentru a testa performanța sistemelor înainte ca acestea să fie construite. Utilizarea simulărilor numerice poate ajuta la optimizarea procesului de proiectare a instalațiilor, permițând inginerilor să identifice și să rezolve probleme înainte ca instalația să fie construită. De exemplu, în proiectarea unei instalații de ventilare, simulările pot fi utilizate pentru a vedea fluxurile de aer și pentru a identifica orice probleme care ar putea afecta eficiența sistemului sau confortul ocupanților.

Simulările pot fi utilizate pentru a evalua impactul noilor tehnologii și pentru a dezvolta soluții mai bune și mai eficiente pentru utilizarea lor. Un alt exemplu de utilizare a tehnologiei în domeniul ingineriei instalațiilor este realitatea augmentată care este o tehnologie inovatoare și care poate fi utilizată pentru a îmbunătăți procesul de proiectare a instalațiilor. Acest tip de proiectare va deveni din ce în ce mai populară în ingineria instalațiilor, datorită avantajelor sale incontestabile. Realitatea augmentată poate fi de un real ajutor pentru ingineri, permițându-le să vizualizeze și să interacționeze cu modelele instalațiilor într-un mod complet nou, în special în cazul instalațiilor complexe. Una dintre principalele provocări în proiectarea instalațiilor este înțelegerea modului în care elementele componente se vor potrivi împreună și cum vor funcționa în ansamblu. Realitatea augmentată poate ajuta echipele de proiectare să vizualizeze și să interacționeze cu modelele instalațiilor într-un mod complet nou. Inginerii pot vedea modele 3D ale instalațiilor și le pot examina în detaliu din toate unghiurile posibile, putând face modificări în timp real.

În numele întregului colectiv din redacție, vă dorim Sărbători Pascale pline de bucurie, pace și armonie. Sperăm că aceste sărbători să vă aducă liniște și relaxare cu momente frumoase și de neuit alături de familie și prieteni.

Conf.univ.dr.ing. Tiberiu Catalina
Redactor șef
tiberiu.catalina@utcb.ro

Cuprins

ADVERTORIAL Texco - Aer uscat în clădiri.....	4
ADVERTORIAL CELCO - Termoizolare sustenabilă și eficientă cu plăcile minerale Izomineral.....	8
Impact of HVAC Systems on the Dispersion of Infectious Aerosols in a Cardiac Intensive Care Unit.....	10
ADVERTORIAL ARMSTRONG - Oportunitățile legate de Managementul Energiei - Transformarea unei clădiri prin îmbunătățirea eficienței HVAC.....	26
Clean and Sustainable Energy Potential in Timișoara Using Piezoelectric Power Generators - GEMPT.....	28
ADVERTORIAL TESTO - Garantați eficiența și confortul clădirilor cu instrumentele TESTO.....	38

Texco®

Always together

|| Aer uscat în clădiri

Cum scădem în 2023 riscul de infectare cu virusuri în clădiri?
Spații mai sănătoase prin menținerea aerului igienizat și a unei umidificări optime.



De ce este calitatea aerului importantă pentru buna funcționare a organismului nostru?

Calitatea aerului este definită, în general, de nivelul de umiditate dintr-o încăpere, dar și de cantitatea particulelor de praf din atmosferă.

Aerul uscat dintr-o încăpere este asociat cu un nivel ridicat de praf în mediul respectiv. Când aerul devine foarte uscat, particulele sunt antrenate de curenți de aer și nu se mai lipesc de nicio suprafață. Astfel, acestea vor pluti în aer foarte mult timp, creând o senzație neplăcută de uscăciune și chiar de sufocare la nivelul căilor respiratorii.

Aerul pe care îl respirăm este un *aerosol*

Din punct de vedere fizic, aerul pe care îl respirăm este un amestec de gaze, de particule solide și sub formă de picături, precum și de umiditate, iar ceea ce rezultă se numește aerosol. Din punct de vedere al sănătății, majoritatea particulelor reprezintă elemente contaminante pentru aer și prezintă un risc serios pentru sănătatea noastră. Utilizatorii unei clădiri, într-un fel nu au de ales, trebuie să respire aerul din acel spațiu.

În orice spațiu de lucru sau rezidențial, particulele de praf nu plutesc în aer, ci se lipesc de suprafețe.

Dinamica distribuției particulelor de praf între aer și suprafețe este semnificativ afectată de nivelul și calitatea umidității din spațiul respectiv.

Care este semnificația umidității în această interacțiune dinamică a forțelor?

Umiditatea îndepărtează praful din aer și face ca acesta să se așeze pe diverse suprafețe. Dacă vrem să curățăm praful de pe suprafețe, le pulverizăm cu apă sau cu soluții speciale pentru a evita ridicarea acestuia în aer. Praful care ajunge să plutească în aer afectează căile respiratorii, provocând strănut și tuse.

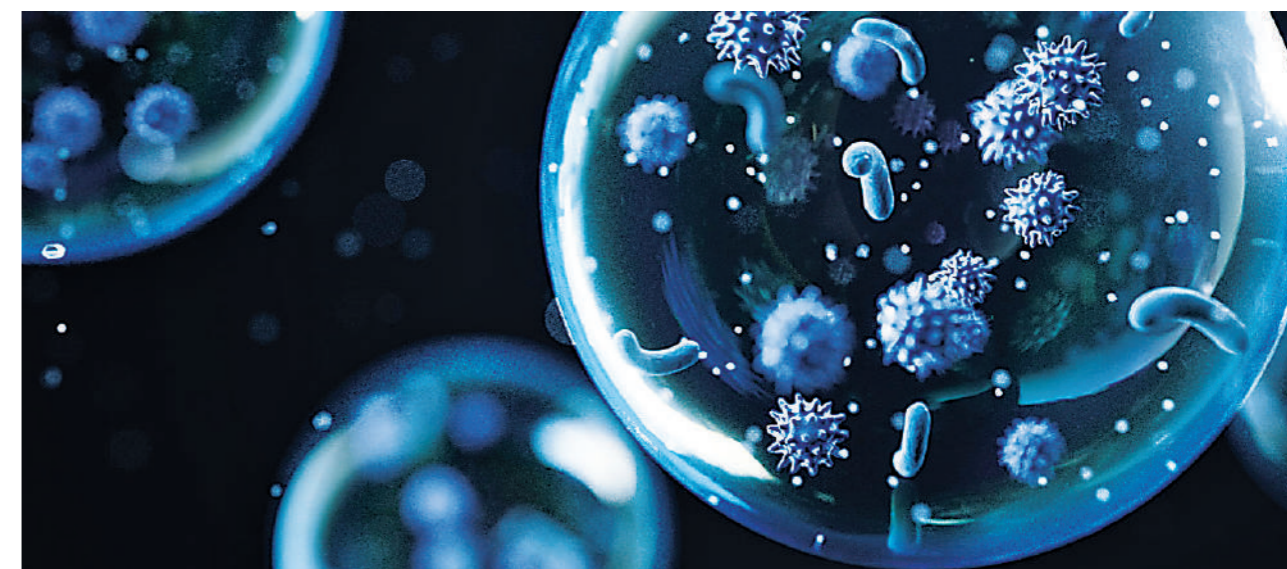
Umiditatea optimă într-o încăpere are efect de calmare, deoarece particulele de praf și polenul nu se mai ridică în atmosferă. Așadar, umiditatea corespunzătoare permite chiar și persoanelor aler-gice să respire mai ușor în încăperi închise.

forțate să se alimenteze din aerul uscat sau încărcat de praf. Din moment ce oamenii sunt adesea singura sursă de umiditate în mediile de lucru (și pentru o parte a zilei în zonele rezidențiale), aceștia devin propriile umidificatoare ale acelor încăperi și spații.

Când umiditatea dintr-o clădire mare de birouri nu depășește 20% sau 30%, atunci nasul, gâtul și bronhiile tuturor celor prezenți devin încărcate. Cu cât aerul este mai uscat, cu atât mai mult praf conține.

O dată ce înțelegem conexiunea dintre răcelile frecvente sau gripe și aerul uscat, înțelegem și nevoia unei umidificări adecvate ale spațiilor de lucru și rezidențiale.

Un nas sănătos are un rol esențial în menținerea sănătății pentru întregul organism. Nasul are sarcină de curățare (filtrare) și de climatizare a aerului inhalat.



Dr. Walter Hugentobler, specialist în Medicină Internă Generală, atrage atenția asupra faptului că "nasul este o adevărată unitate de gestionare a aerului".

Umiditatea corespunzătoare are un impact crucial asupra sănătății

Așadar, într-un mediu uscat, fără un sistem de ventilație corespunzător sau un umidificator prezent, nasul, gura și bronhiile celor care lucrează acolo sunt

Umiditatea optimă permite o bună funcționare a organismului, protejând utilizatorii spațiului respectiv împotriva bolilor, asigurând totodată confortul necesar pentru desfășurarea activității.



Munca intensă la calculator, activitățile care implică o comunicare constantă și solicitantă, birourile cu temperaturi ridicate, dar și umiditatea insuficientă din aerul ambiental pot provoca efecte adverse semnificative asupra sănătății:

- infecții ale tractului respirator;
- dificultăți la înghițire;
- dureri în gât și ochi iritați;
- sinusuri congestionate.

Testele au arătat că transmiterea virusurilor, precum gripa, crește la o umiditate scăzută. Menținerea unei umidități optime va reduce transmiterea de virusuri la birou și va scădea absenteismul.

Nivelul de umiditate recomandat pentru sănătatea umană este între 40-60% RH. Pentru a menține acest nivel, birourile mari, depozitele, halele folosesc sisteme industriale de umidificare, anexate la sistemul central de aer condiționat.

În prezent, sunt disponibile sisteme de umidificare indoor, care pot menține un grad de umiditate corespunzător și discret în atmosfera unei încăperi. Un nivel corect de umiditate la birou și acasă este esențial pentru un organism sănătos.

Abaterile de la intervalul mediu de umiditate relativă (RH) de 40-60% pot reduce calitatea aerului, provocând o creștere crescută a bacteriilor, virusurilor, ciupercilor și acarienilor:

- bacteriile și virusurile, în special, se dezvoltă într-un mediu în care aerul este prea uscat, iar studiile au arătat că atunci când umiditatea relativă (indoor) scade sub 40%, absenteismul din cauza îmbolnăvirii crește.
- alergiile și astmul cresc din cauza creșterii ciupercilor și acarienilor, atunci când aerul este prea umed (peste 60%).



Încăperile cu un nivel corect de umiditate conferă senzația de căldură și confort, mai ales în climatele mai reci, unde sunt necesare sisteme de încălzire.

Umidificare optimă cu umidificatoare performante Condair

Utilizatorii unei clădiri sau încăperi trebuie să se

simtă confortabil la locul de muncă. Motivația, performanța și sănătatea pot fi influențate în mod pozitiv de un mediu interior bine proiectat și întreținut corespunzător, cu un RH potrivit.

Umiditatea corespunzătoare are o influență semnificativă asupra ratei de transmitere a virusurilor gripale și SARS COV-2.

Cu soluțiile de umidificare de la Condair puteți menține o atmosferă sănătoasă și igienică, reducând riscul de îmbolnăvire și absenteismul la locul de muncă.

Avantajele unei umidificări optime cu umidificatoare Condair:

- Minimalizează riscul de infecție pe calea aerului;
- Scade apariția problemelor respiratorii la nou născuți;
- Confortul și siguranța scad din rata de absenteism a angajaților;
- Reduce uscarea prematură a diverselor materiale.
- Previne deteriorarea electrostatică a echipamentelor electrice.

Umidificare optimă Condair în proiecte arhitecturale

O parte importantă a unui proiect de arhitectură este amenajarea corectă a clădirii pentru a asigura o calitate crescută a aerului, dar și pentru a diminua la minimum risipa de energie.

La birou, acasă sau într-o fabrică de producție, confortul și sănătatea celor care lucrează sau trăiesc acolo sunt esențiale.

Echipa Condair ajută arhitecții cu proiectele pe care le au în lucru pentru a determina cea mai potrivită abordare în umidificarea corectă a clădirii respective.

Umidificatoarele Condair pot oferi beneficii incontestabile, de la întreținerea minimă a sistemelor de umidificare, până la eficiență energetică maximă și un control adecvat al mediului.

O dată cu reducerea la minimum a riscului de infecție, scade și absenteismul la locul de muncă, ajutând la creșterea productivității angajaților.

Colaborând cu experții de la Condair pentru proiectele în lucru, arhitecții pot identifica și aborda rapid zonele cu probleme potențiale, protejând angajații și echipamentele, chiar înainte de a da clădirea în folosință.

Experții Condair pot stabili inclusiv dacă există zone care necesită o atenție specială, cum ar fi spațiile de depozitare.

Umidificare optimă Condair în proiecte de inginerie.

Condair oferă cea mai mare diversitate de tehnologii de umidificare din industrie.

Experții Condair sprijină inginerii de la etapa de proiectare până la instalarea finală a aplicației corespunzătoare, adaptată cerințelor proiectului respectiv:

- **Oferă cel mai performant program software de umidificare**
Software-ul Condair a fost atent proiectat pentru a fi foarte receptiv, ușor de utilizat și eficient. Proiectat de la zero pentru a permite o umidificare precisă printr-o interfață simplă de utilizator, software-ul Condair de umidificare (web based) este construit pentru confortul ingineresc și ușurința în operare, indiferent cât de complex este proiectul respectiv.
- **Oferă echipă de suport proiect pentru asistență optimă**
Echipa Condair de asistență pentru proiecte

Produsele Condair sunt concepute pentru o instalare rapidă la fața locului, cu un proces de configurare rapid, eficient și simplificat.

- **Sesiuni de training cu experții Condair, chiar în biroul clientului**
Echipa de experți Condair este dispusă să împărtășească cunoștințele vaste pe care le-a acumulat de-a lungul anilor și o pot face cu profesionalism, chiar la sediul companiei clientului.

Condair oferă tehnologie performantă de umidificare pentru diverse industrii și domenii:

- Aerospace
- Automotive
- Textile, tricotate
- Electronică
- Vopsele și lacuri
- Compozit
- Apărare
- Mobilă
- Farmaceutic
- Tipografii
- Depozite legume-fructe

Cu aproximativ 700 de angajați, 3 fabrici de producție în Europa, America de Nord și China, reprezentată în peste 20 țări de către organizații proprii de vânzări și service, susținută de parteneri de distribuție în peste 50 de locații din întreaga lume, compania Condair oferă soluții complete de umidificare cu



este formată din profesioniști pregătiți cu pasiune pentru a oferi servicii de calitate optimă și satisfacție în utilizarea corectă și eficientă a produsului.

- **Specificații complete și fișe de produs detaliate**
Produsele Condair sunt însoțite de specificații complete și fișe de produs detaliate pentru o mai bună înțelegere și utilizare a produselor.
- **Produse aprobate UL**
Produsele Condair sunt proiectate pentru eficiență și siguranță maximă. Multe dintre produse sunt aprobate UL, pentru a permite o viață mai sănătoasă, precum și respectarea standardelor de calitate pentru o satisfacție garantată a produsului.
- **Produse ambalate pentru instalare ușoară la fața locului**

ajutorul tehnologiilor de vaporizare, evaporare, atomizare, hibrid (pulverizare & evaporare), răcire evaporativă precum și dezumidificare prin uscare și dezumidificare prin condensare.

Pentru informații suplimentare, consultanță, servicii și mentenanță pentru zona Europa de Est, echipa TEXCO vă stă la dispoziție la următoarele date de contact:

*România, Moldova și Ucraina: Radu Stanica Selzer
office@texco.ro, +40 729 369 777*

Texco®
Always together



Aniversăm viitorul!



Termoizolare sustenabilă și eficientă cu plăcile minerale Izomineral

Conform directivelor europene, scopul principal al izolării termice este de a reduce consumul de energie necesar pentru încălzirea unei locuințe sau a unui alt spațiu. Aceasta se realizează prin diminuarea pierderilor de căldură prin pereții, acoperișul, fundația și toate celelalte elemente care compun o construcție. Cu cât e mai bine izolată o clădire, cu atât mai puțină energie se va consuma pentru încălzirea acesteia.

Izolarea locuinței este una dintre cele mai sigure modalități de reducere a consumului de energie și a facturilor consumatorilor. O casă fără izolație termică consumă la fiecare metru pătrat de 4 până la 6 ori mai mult agent termic. De aceea, izolarea eficientă este o oportunitate atât pentru consumatorul individual, care beneficiază de facturi mai mici, cât și la nivelul UE.

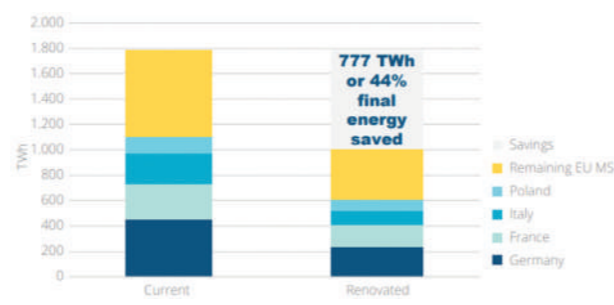
Clădirile au un potențial imens de economisire a energiei pentru încălzire și răcire în vederea atingerii țintelor impuse de Uniunea Europeană pentru 2030, respectiv 2050. Astfel, valul de renovare totală a fondului imobiliar, dacă s-ar putea pune în aplicare, ar reduce consumul de energie rezidențială cu peste 50% în România, conform studiului „How to stay warm and save energy – Insulation opportunities in European homes” realizat de Building Performance Institute la finalul anului 2022. Cercetarea arată că îmbunătățirea performanței energetice a anvelopei clădirilor în cazul construcțiilor rezidențiale contribuie substanțial la reducerea dependenței de combustibili fosili pe termen scurt și la reducerea emisiilor GHG cu 55% până în 2030, respectiv la atingerea neutralității climatice până în 2050.

Soluții de izolare termică pentru clădiri NZEB

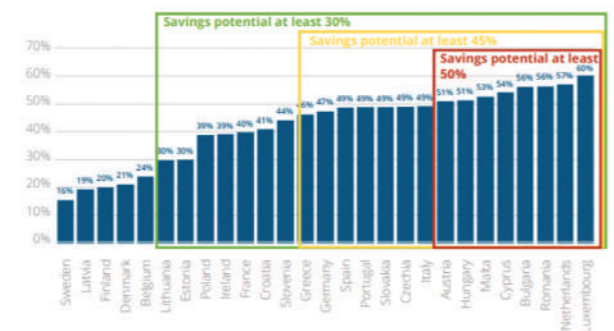


Clădirile cu consum redus de energie sunt o prioritate în Uniunea Europeană. În acest context, construcțiile care respectă standardele NZEB (nearly zero energy buildings) sunt din ce în ce mai căutate.

Izolarea termică este unul dintre cele mai importante elemente pentru o astfel de construcție, iar soluțiile de



Final energy consumption for residential space heating in current and renovated buildings (in TWh and final energy in EU 27)



Final energy savings potential for residential heating in EU member states

izolare termică pot face diferența între un edificiu NZEB și unul care nu respectă standardele. Grijă noastră permanentă pentru dezvoltarea sustenabilă a orașelor s-a concretizat cu lansarea, în urma cu 4 ani, a sistemului de termoizolare naturală IZOMINERAL, o soluție perfect compatibilă cu standardul de construcție NZEB.

Plăcile minerale termoizolatoare, CELCO IZOMINERAL sunt rezultatul muncii unei echipe cu experiență de aproape 50 de ani în producția de BCA.

Cu proprietăți deosebite față de o termoizolație obișnuită, plăcile minerale oferă: sănătate, siguranță și confort.

IZOMINERAL nu arde, nu degajă fum, lasă pereții să respire, este 100% natural și are o durată de viață crescută.

IZOMINERAL este un material mineral natural, cu rezistență sporită în timp, care nu are impact negativ asupra mediului sau oamenilor.

IZOMINERAL este recomandat împreună cu blocurile de BCA CELCO pentru construcții NZEB sau CASE PASIVE, CELCO fiind unicul producător din România care oferă pachetul complet pentru zidării eficiente energetic. Fiind realizate pe aceeași linie de fabricație și supuse controlului riguros al calității, sinergia dintre materiale este garantată: IZOMINERAL este perfect adaptat pentru a fi aplicat pe zidăria din BCA CELCO, împreună cu mortarul CELCO ZID DD-M5 și adezivul CELCO VATOTHERM DD-V9 pentru lipire și șpăcluire.



Exemple de zidării cu performanță superioară cu izolația minerală IZOMINERAL aplicată pe diverse tipuri de suprafețe:

ZIDĂRIE	DENSITATE BLOC ZIDĂRIE	CONDUCTIVITATE TERMICĂ ZIDĂRIE CU MORTAR M5	GROSIME IZOLAȚIE CELCO IZOMINERAL	λ ₁₀₀ ELEMENT IZOLAȚIE	REZISTENȚĂ TERMICĂ ZID M ² K/W
BCA CELCO Standard 25 cm	400 ± 30 kg/m ³	0,10 W/m ² K	10 / 12,5 cm	0,055 W/m ² K	4,49 / 4,96
BCA CELCO Megaterm+ 25 cm	350 ± 30 kg/m ³	0,09 W/m ² K	10 / 12,5 cm	0,055 W/m ² K	4,77 / 5,23
Blocuri ceramice 25 cm	770 kg/m ³	0,24 W/m ² K	10 / 15 cm	0,055 W/m ² K	3,23 / 4,35
BCA CELCO Standard 30 cm	400 ± 30 kg/m ³	0,10 W/m ² K	10 / 12,5 cm	0,055 W/m ² K	4,99 / 5,46
Blocuri ceramice 30 cm	840 kg/m ³	0,142 W/m ² K	10 / 12,5 cm	0,055 W/m ² K	4,10 / 4,57

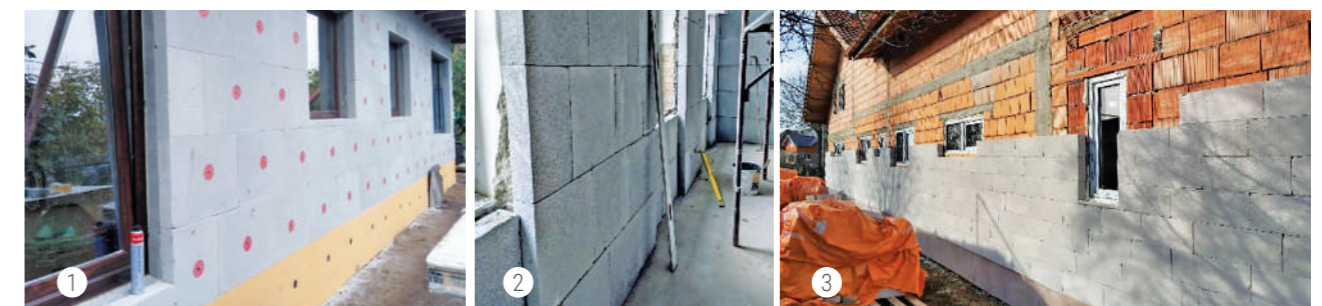
Această soluție este recomandată și atunci când se urmărește eliminarea fenomenelor de condens, pe lângă îmbunătățirea rezistenței la transfer termic, prin placare pe întreg frontonul sau fațada clădirii.

Aplicații multiple pe: Structuri de beton • Planșee • Grinzi • Fundații • Pereți interiori și exteriori



10 avantaje ale termoizolării cu IZOMINERAL:

1. durată de viață de peste 30 de ani;
2. este neinflamabil, clasa de reacție la foc A1;
3. nu degajă fum, fiind o barieră împotriva răspândirii incendiilor;
4. nu eliberează substanțe volatile;
5. lasă pereții să respire;
6. prelucrare ușoară cu unelte de bază, timp și costuri reduse de punere în operă;
7. are performanță termică excelentă;
8. are rezistență superioară și protecție ridicată împotriva penetrării apei;
9. are precizie și stabilitate dimensională indiferent de condițiile din șantier;
10. nu suferă modificări la contactul cu apa.



1. Izolare zidărie de BCA; 2. Izolare la interior; 3. Izolare zidărie de blocuri ceramice

Impact of HVAC Systems on the Dispersion of Infectious Aerosols in a Cardiac Intensive Care Unit



Sebastian Hudîşteanu¹



Marina Verdeş¹



Cristian Cherecheş¹



Vasilică Ciocan¹



Diana Ancaş¹



Cătălin Popovici¹



Iuliana Hudîşteanu²



Larisa Anghel^{3,4}



Emilian Ţurcanu¹

¹The Technical University of Gheorghe Asachi, Faculty of Civil Engineering and Building Services, Department of Building Services, Iaşi, Romania;

²The Technical University of Gheorghe Asachi, Faculty of Civil Engineering and Building Services, Department of Civil and Industrial Engineering, Iaşi, Romania;

³Internal Medicine Department, Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Iaşi, Romania;

⁴Cardiology Department, Cardiovascular Diseases Institute, Prof. Dr. George I.M. Georgescu, Iaşi, Romania

Abstract

At the end of 2019, a variation of a coronavirus, named SARS-CoV-2, has been identified as being responsible for a respiratory illness disease (COVID-19). Since ventilation is an important factor that influences airborne transmission, we proposed to study the impact of heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) with a variable air volume (VAV) primary air system, on the dispersion of infectious aerosols, in a cardiac intensive care unit, using a transient simulation with computational fluid dynamics (CFD), based on the finite element method (FEM). We analyzed three scenarios that followed the dispersion of pathogen carrying expiratory droplets particles from coughing, from patients possibly infected with COVID-19, depending on the location of the patients in the intensive care unit. Our study provides the mechanism for spread of infectious aerosols, and possibly of COVID-19 infection, by air conditioning systems and also highlights important recommendations for disease control and optimization of ventilation in intensive care units, by increasing the use of outdoor air and the rate of air change, decreasing the recirculation of air and using high-efficiency particulate air (HEPA) filters. The CFD-FEM simulation approach that was applied in our study could also be extended to other targets, such as public transport, theaters, philharmonics and amphitheatres from educational units.

Keywords

COVID-19; airborne transmission; intensive care unit; air conditioning systems; hospital-acquired infections; risk factors

1. Introduction

Hospital-acquired respiratory tract infections, also known as nosocomial respiratory tract infections, have proven to be a challenge and sometimes a tragic problem for the practitioner. They can be caused by a variety of viruses that spread through three different routes: contact (direct and indirect), droplet and aerosol transmission [1,2]. Transmission by direct contact means that, from an infected patient to a susceptible person, the virus spreads through contaminated hands, for example. When the virus is transmitted through intermediate objects, such as fomites, we are talking about indirect virus transfer.

The virus can also be transmitted via the air, droplets or aerosols [3–5]. Pulmonary activities such as coughing [6,7], breathing [8], sneezing [8] or talking [9], are sources of bio-aerosols that can have respiratory tract infections pathogens [7–9]. Large droplets (>10 microns), formed especially from coughing and sneezing, fall on surfaces and objects not further than 1–2 m from the infected patient [3,10].

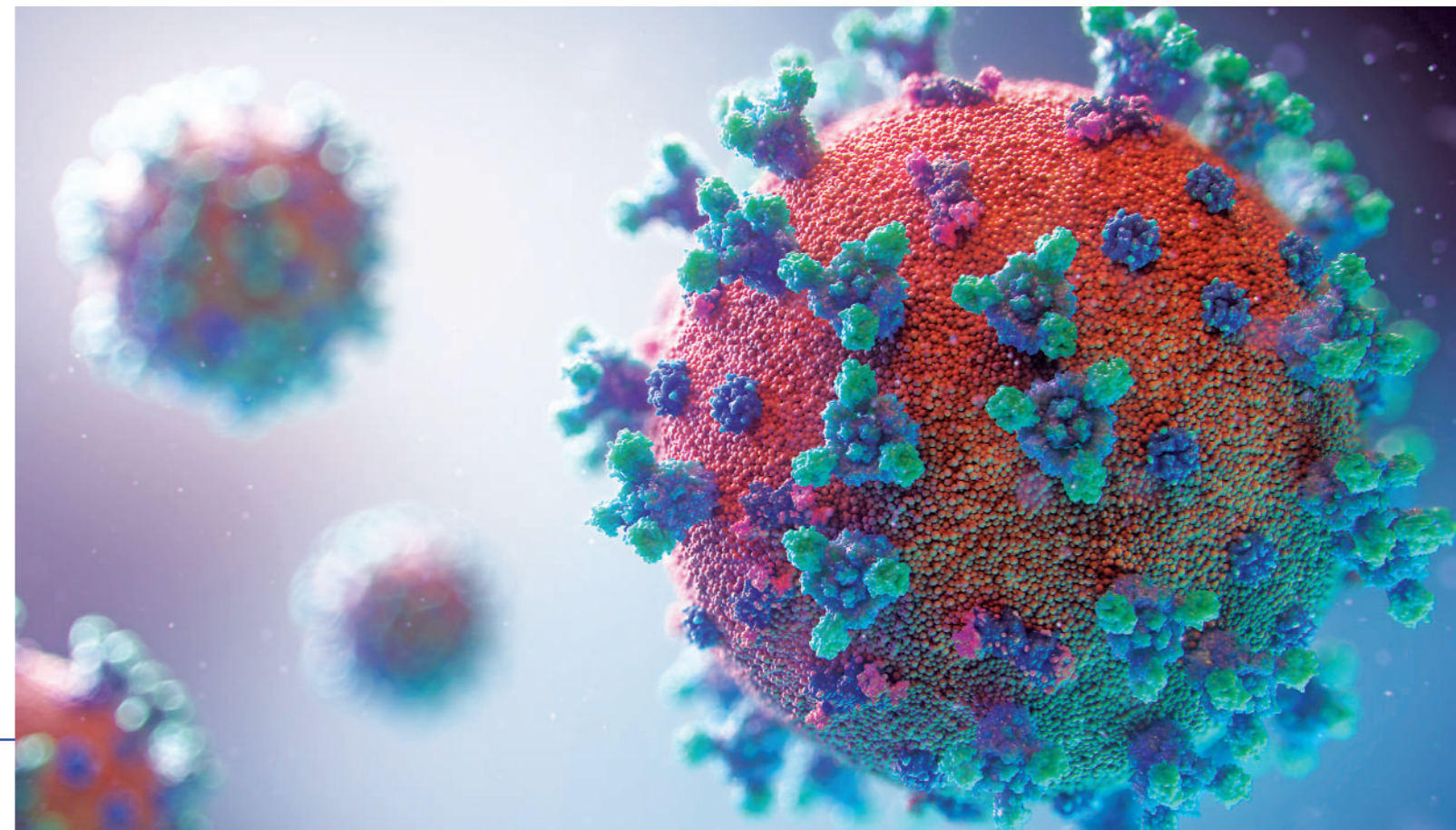
People can catch the infection directly by standing within 1–2 meters of an infected person and breathing in these droplets. When people are standing within 1–2 meters of an infected patient or when they touch their mouth, nose or eyes after they touched the contaminated surfaces or objects, they can catch the infection [10]. Droplets that evaporate (10 microns droplets evaporate in 0.2 seconds) and desiccate, form small particles (droplet nuclei or residue). Aerosols are small particles (<5 microns), with a slow velocity and may remain suspended in the air for hours and can be transported long distances [1,4,11].

Respiratory viruses spread via these three routes depends on environmental factors, such as humidity or temperature and crowding of people, and also on host factors such as receptor distribution all over the respiratory tract [5,11].

Airborne transmission is responsible for more than one third of hospital-acquired infections [12,13]. This dangerous threat of airborne infection to human health has been reiterated by the severe acute respiratory syndrome (SARS) in 2002–2003 [14,15], pandemic influenza A virus subtype H1N1 (A/H1N1) in 2009 [16], Middle East Respiratory Syndrome (MERS) in 2012 [17] and the ongoing pandemic of coronavirus disease 2019 (COVID-19), caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) [18].

Since 31 December 2019, when the Wuhan Municipal Health Commission reported 27 cases of viral pneumonia, there was a rapid spread around the country and the entire world. This disease was named Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) by the World Health Organization. On July 19, 2020, the number of confirmed cases reached 14,007,791, with 597,105 deaths worldwide, according to the World Health

Organization [19–21]. Coronaviruses have a small size of 70–120 nanometers [20–22] and SARS-CoV-2 remains active up to three hours in indoor air and up to three days on room surfaces, unless there is specific cleaning [20–26]. Because SARS-CoV-2 has such a small size, it can be carried by airflows, either in the room or in the extract air ducts of ventilation systems, and it can travel long distances [25]. It is





known that SARS-CoV-2 is mainly transmitted via respiratory droplets released from infected persons [19]. Current studies suggest that COVID-19 may be transmitted through droplets from patients with mild symptoms and even from asymptomatic ones [22], but not through long-range inhalation of aerosols, as in the case of tuberculosis or measles. However, considering that many respiratory infectious agents have a short-range aerosol transmission, this cannot be excluded in the case of SARS-CoV-2 infection, especially in poorly ventilated spaces or in crowded medical departments [19].

According to the World Health Organization, during "medical aerosol generating procedures," an airborne transmission of SARS-CoV-2 infection, through droplet nuclei (aerosols), can be encountered [26]. Until now, airborne transmission of SARS-CoV-2 has been demonstrated only in a few experimental studies, and not for humans. In the absence of aerosol-generating procedures, further studies are needed in order to determine the role of aerosols in SARS-CoV-2 transmission. Considering the small number of studies that evaluated the SARS-CoV-2 transmission in medical departments, we aimed to evaluate the impact of heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems on the dispersion of infectious aerosols, and possibly of COVID-19 transmission, in a cardiac intensive care unit. We chose this coronary intensive care unit due to the increased addressability of patients with serious health problems, who may require orotracheal intubation and mechanical ventilation.

Airborne transmission occurs more frequently in indoor environments where people spend over 90% of their time [27], and it involves generation, transformation, transport and finally inhalation of aerosols. Ventilation is one of the most important factors that influence airborne transmission [10]. Thus far, few studies have demonstrated an association between ventilation of buildings and the transmission of airborne infections [28–30]. Furthermore, there are no sufficient studies regarding the minimum

ventilation requirements in hospitals, and especially in intensive care units, regarding the airborne transmission infections. Air purifiers with high-efficiency particulate air (HEPA) filters may be a complementary way for removal of SARS-CoV-2 aerosols in healthcare settings. It is known that the disease spreads through droplet transmission, but studies are ongoing on what can stop or aid the transmission, despite social distancing and a proper disinfection [31]. Maintaining distance from an infected person might be insufficient and increasing the ventilation might be useful, considering that this will remove more particles [20].

Because ventilation is one of the most important factors that influence airborne transmission, it is necessary to study the dispersion, heat and mass transfer of pathogen carrying expiratory droplets for better infection control strategies. Patients hospitalized in the cardiac intensive care units are at high risk of developing major infections [32], which sometimes are associated with lethal clinical consequences and higher costs, due to prolonged hospitalizations and more frequent readmissions [33]. Reducing the risk of hospital-acquired respiratory tract infections associated with air conditioning systems is a key priority for improving intensive cardiac therapy. Considering that patients from cardiac intensive care units are older and have other comorbidities that further increases their infection risk, COVID-19 infection represents a management challenge in these cases [34].

Considering the worldwide spread of the SARS-CoV-2 infection, the large number of infected people and also deaths, we consider that it is critical to understand the modes of transmission of SARS-CoV-2, in order to develop effective prevention and control strategies. In this clinical and epidemiological context, we proposed to study the impact of heating, ventilation and air-conditioning with a variable air volume (VAV) primary air system on the dispersion of infectious aerosols, and possibly on COVID-19 transmission, in a cardiac intensive care unit.

2. Materials and Methods

2.1. Room Model

The study was performed in a Cardiac Intensive Care Unit with an increased addressability of patients with serious health problems. The cardiac intensive care unit room contains seven beds with the following geometry: Length \times Width \times Height = 13.00 m \times 6.80 m \times 2.75 m. The area of the room is around 83 m² and the volume is 229 m³. The intensive care unit is placed in the third wind zone and the third climatic zone of Romania, with an outdoor temperature during winter of -18 °C (the design temperature).

In order to study the dispersion of particles from coughing, influenced by air conditioning systems, we used the Computational Fluid Dynamics (CFD) approach, based on the finite element method (FEM). The CFD models are the most used in order to improve the indoor air quality, but there still are two major challenges: turbulence modeling and experimental validation.

Data acquisition was performed using a TESTO 480 equipment with an indoor air quality (IAQ) sensor for airflow and particle concentration. Additionally, we used a TESTO DiSCmini particle counter to study the particle dispersion characteristics for PM10 and PM2.5. We evaluated these two parameters to see the indoor air quality from the intensive care unit, with the existing heating system. Following the measurements, we observed values above the upper limit in case of PM2.5 (the mean value was 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

and at the upper limit of normal for PM10 (the mean value was 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). We used these results to define the particle concentration when we made the CFD simulation for the existing heating system. The software used for CFD analysis was ANSYS FLUENT 2020 R1, with Elastic Licensing Number 1078891, and we performed a three-dimensional (3D) numerical study of the indoor air.

The heating system from the cardiac intensive care unit used static heaters, but, unfortunately, two years ago it was severely damaged by a fire. Considering the recommendation of the Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA) [10] and the needs for thermal comfort and indoor air quality, it was changed with a heating, ventilation and air conditioning system (HVAC) (Figure 1). The HVAC system has seven inlet grids with the dimension of 600 \times 600 mm and two outlet grids of 700 \times 300 mm, placed in the lower third of the room height. The total airflow rate is 8400 m³/h and the system work with 100% fresh air supply. The airflow rate for each inlet grid is 1200 m³/h and for the outlet grids is 85% of the total flow, in order to maintain an overpressure of 12.5 Pa, compared to the connecting rooms.

The HVAC system has the following operating parameters: temperatures 24–26 °C and humidity between 30 and 60%.

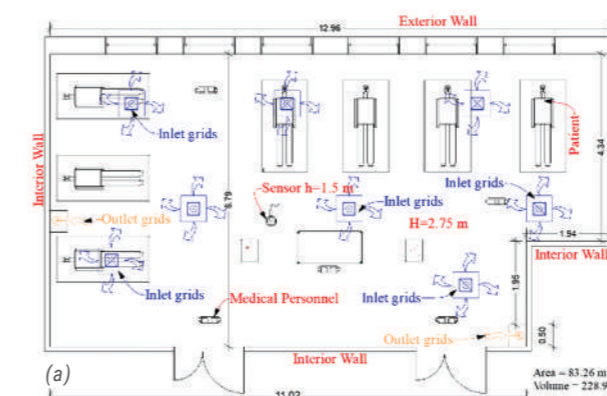


Figure 1. (a) Floor plan of the cardiac intensive care unit with the proposed heating, ventilation and air conditioning system (HVAC); (b) the proposed three-dimensional (3D) model of the cardiac intensive care unit from Ansys 2020 R1 software.

We measured the indoor and outdoor temperatures during winter and also taking into account the envelope parameters and the thermal resistance

2.2. Modeling Turbulence

Based on literature studies, we selected three different turbulence models for CFD analysis and for the validation of the model: the standard k- ϵ model, SST-k- ω and RNG-k- ϵ . The most used models for indoor climate modeling are k- ϵ and k- ω . These two models fall into the Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS)

of the walls and windows, we had the boundary conditions to develop the model for computational fluid dynamics.

model category. The standard k- ϵ model is the most used today.

The basic idea was to develop an equation for ϵ , including reasonable approximations for coefficients and to solve the equation of k with a similar equation.

The equations are expressed as follows:

$$\frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i u_j)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial p}{\partial x_j} \quad (1)$$

where:

$$\mu_t = C_\mu k^2 / \varepsilon \quad (2)$$

The kinetic energy equation is of the form:

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \mu_t / \sigma_k) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k - \varepsilon \quad (3)$$

Dissipation rate:

$$\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \mu_t / \sigma_\varepsilon) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} P_k - C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

where the closing coefficients are defined as follows: $C_{\varepsilon 1} = 1.44$; $C_{\varepsilon 2} = 1.92$; $C_\mu = 0.09$; $\sigma_k = 1.0$; $\sigma_\varepsilon = 1.3$. In a more recent version of the k-ε model a group renormalization theory (RNG) is used [35]. The RNG model proposes a modification of the transport equation where the source term is solved as follows:

$$S_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{k} (C_{\varepsilon 1} P - C_{\varepsilon 2} D) - R \quad (5)$$

In the standard model k-ε, the term R is missing; the term R is defined as follows:

$$R = \frac{C_\mu \eta^3 (1 - \eta / \eta_0) \varepsilon^2}{1 + \beta \eta^3} k \quad (6)$$

where β and η₀ are constant and have the values 0.015 and 4.38, respectively.

The effect that the correction has on the standard model k-ε, the introduction of this term R is the ability to react to the rapid change of voltage and the simplification of the curvature of current lines.

The constants in the turbulent transport equation have the following values: $C_\mu = 0.0845$, $\sigma_k = 0.718$; $\sigma_\varepsilon = 0.718$, $C_{\varepsilon 1} = 1.42$; $C_{\varepsilon 2} = 1.68$.

The RNG k-ε model is better to model high and low Reynolds numbers in the same flow. This is the reason why this turbulence model is preferred

for ventilation, air quality problems and airborne infection in healthcare units. Additionally, in our study, we observed the validation of the model for the RNG k-ε turbulence model.

The k-ω model was developed by Kolmogorov [36]. It has several advantages over the k-ε model, being able to calculate the unfavorable effects of pressure gradients. The Shear Stress Transport model (SST-k-ω) was first stated by Menter [37]. The equations describing the SST-k-ω model is based on both components of the k-ε and k-ω turbulence model.

Kinetic energy equation:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} = \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho k \omega + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \quad (7)$$

Dissipation rate:

$$\frac{\partial \rho \omega}{\partial t} = \frac{\gamma}{\nu_t} \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \beta^* \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \sigma_k \mu_t) \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \right] - 2\rho(1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \quad (8)$$

where:

$$2\rho(1 - F_1) \sigma_{\omega 2} \frac{1}{\omega} \frac{\partial k}{\partial x_j} \frac{\partial \omega}{\partial x_j} \quad (9)$$

represents the cross-diffusion rate;

$$P_\omega = \gamma \frac{\omega}{k} \tau_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad (10)$$

represents the production term

$$\nu_t = \frac{k}{\omega} \quad (11)$$

The model constants have the following values: $\alpha_1 = 0.31$, $\beta_{1,1} = 0.075$, $\beta_{1,2} = 0.0828$.

Subsequently, we compared the values for temperature and air velocities measured with the indoor air quality sensor with those from numerical simulations, and we observed the validation of our model only for the RNG-k-ε turbulence model, the differences

between these values being below 10% (Figure 2).

Considering the validation of our model for the RNG-k-ε turbulence model, the results presented in our study are only for this turbulence model.

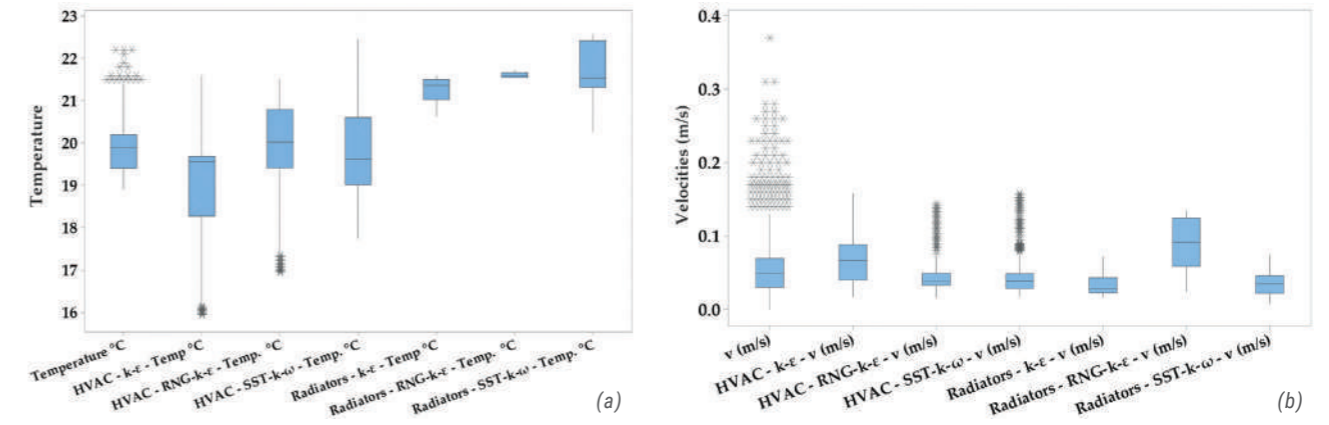


Figure 2. Boxplot of temperature (a) and air velocities (b) variation from indoor air quality sensors, static heaters and heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system, for the three turbulence models (standard k-ε, SST-k-ω and RNG-k-ε).

2.3. Time Discretization

In addition to the steady-state analysis, we used a transient analysis to see the time dispersion of particles from coughing, influenced by air conditioning systems. The proper selection of cough simulation and particle advancement time steps are very important and also challenging. It depends on the nature and turbulent characteristics of the flow and also on the space grid refinement [30].

For an accurate dispersion of the droplets in time, we considered three criteria: the droplets did not cross more than one grid cell for each time step; the time step was smaller than that of the eddy lifetime and crossing time. To investigate the behavior of the cough droplets induced from the patients and

influenced by HVAC, the discrete phase model was used in ANSYS FLUENT 2020 R1, in order to predict the trajectory of the droplets.

Lagrangian simulations can predict the trajectory of a particle through the airflow and also permits the simulation of airflow with particles, being appropriate for solid and liquid particles from airflow [38]. In order to analyze the particle motion within the room, we used the discrete phase model, based on the Lagrangian discrete random walk model. This can be made by integrating and equating the particle inertia with the force that acts on the droplet in the Lagrangian reference [39]. In our case, the equation for the z-direction is:

$$\frac{du_d}{dt} = F_D(U - U_d) + g_z \frac{(\rho_d - \rho)}{\mu} + F_z$$

where:

$F_D(U - U_d)$ is the drag force per unit droplet mass; U_d is the velocity of the droplet; ρ_d is the density of the droplet; g_z is the force of gravity of the droplet in z direction; μ is the molecular viscosity; F_z is an additional force.

Using an HP Platform Z840, with two Xeon Processor E5-2690 v4, we performed the simulation on this model, which lasted over 672 hours (4 weeks). We made an initial discretization of 10 million elements. Afterwards, we increased the number of meshing elements to 15, 20 and 25 million, until the difference between the models was under 1% variation (Figure 3).

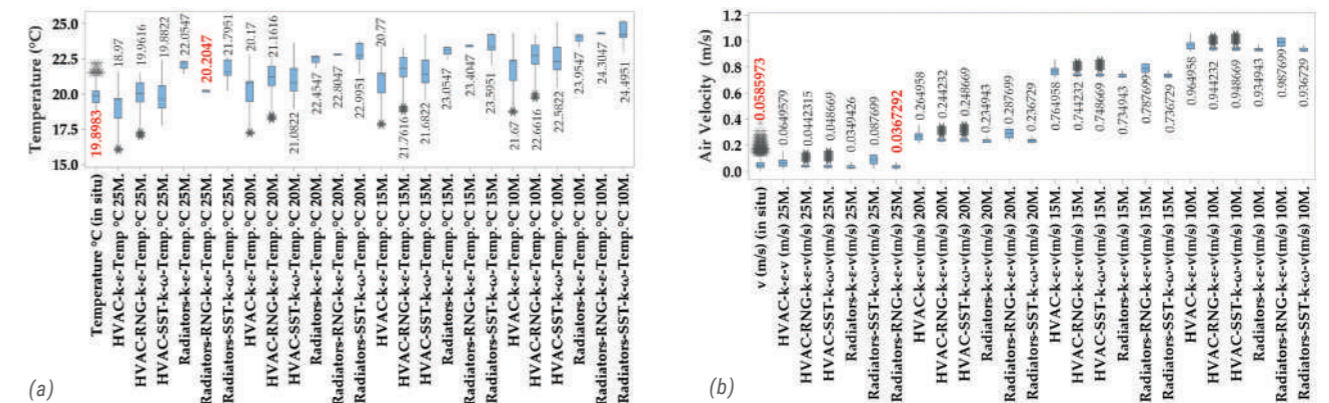


Figure 3. Results for mesh dependents (a) temperature and (b) air velocities from indoor air quality sensors, static heaters and heating, ventilation and air conditioning (HVAC) system, for the three turbulence models (standard k-ε, SST-k-ω and RNG-k-ε) and four cases of discretization (10, 15, 20, 25 M).

2.4. Boundary Conditions

In order to validate our study, ANSYS FLUENT 2020 R1 was used. The validation process consists in observing the reliability and accuracy of the ANSYS Fluent CFD program used to simulate a numerical case by comparing it with experimental data. Additionally, we used the same boundary conditions that were used during the experiment.

For the HVAC system, we analyzed three scenarios that followed the dispersion of pathogen carrying expiratory droplets particles from patients admitted to the intensive care unit and possibly infected with COVID-19. Coughing and sneezing are the most important processes of virus transmission because of the highest droplet concentration [40]. Considering that coughing is the common symptom

for most respiratory tract infections, in our study we used boundary conditions for the coughing process.

The characteristics of coughed droplets for the CFD simulation were selected by taking into account the existing data from the literature [40–44]. We used seven manikins as patients and four manikins as medical personnel. The dimensions of the manikins were similar to those of a real human body, and the mouth opening area of the manikin was 3.5 cm² [41].

We observed the dispersion in time and space of the particles from coughing, influenced by the HVAC system, depending on the location of the patients in the intensive care unit: in the right side, left side and in the middle part of the intensive care unit (Figure 4).

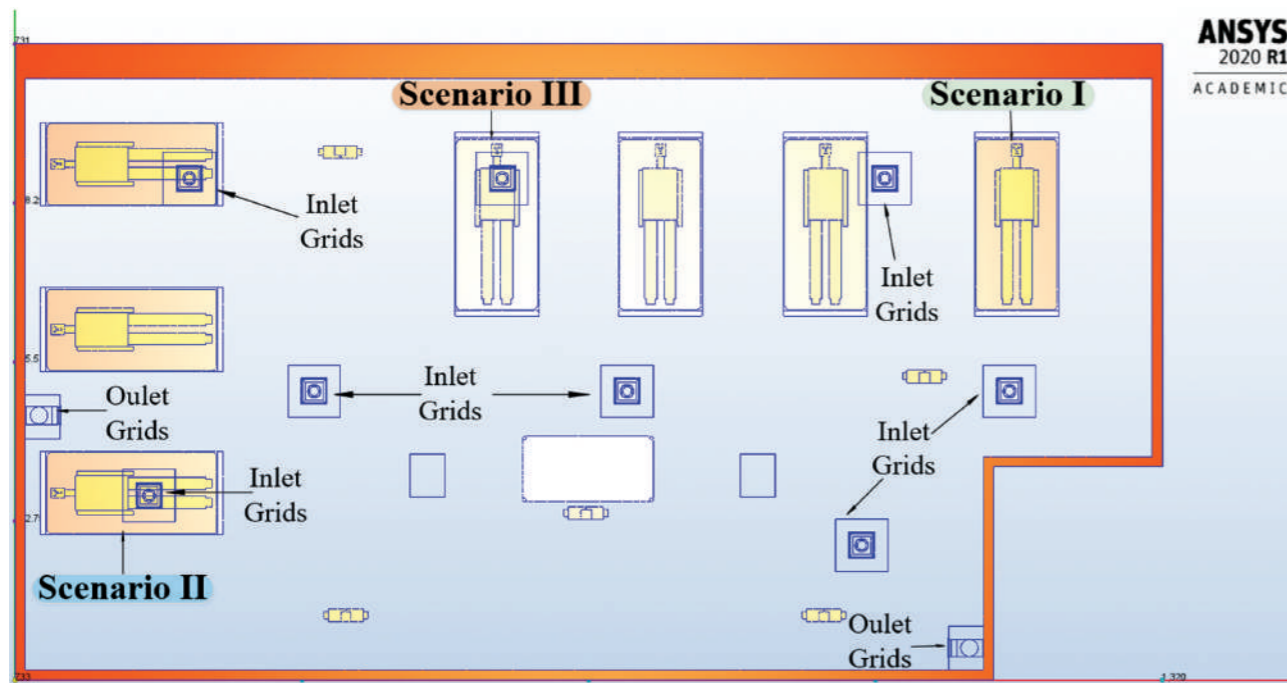


Figure 4. The three scenarios for the HVAC system, according to the location of the patients in the intensive care unit.

The advantage of CFD simulations is that they are inexpensive compared to experiments, but they need accurate flow-thermal boundary conditions, which are very important for the prediction of disease transmission. The most important boundary conditions for expiration are coughing flow rate and jet direction, mouth opening areas, temperature and size distribution of the virus droplets [41–44]. In all

three proposed scenarios, the manikin coughed three times, and the duration of one act of coughing was 0.3 seconds. The CFD simulations for prediction of disease transmission used the same velocity, cough flow rate and mouth opening area. The particle size was between 2.5 μm and 200 μm. In Table 1 we presented the boundary conditions used in our CFD simulations.

Table 1. The boundary conditions used for computational fluid dynamics (CFD)-finite element method (FEM) simulations.

No.	Envelope Element	Heating System	
		Static Heaters	HVAC Heating System
	CFD software—ANSYS FLUENT 2020 R1		
	Turbulence model		
	The RNG K-ε model		
	Pressure (Pa)—Relative pressure		

No.	Envelope Element	Heating System	
		Static Heaters	HVAC Heating System
Temperature (°C)	Exterior Walls	-16	-16
	Ceiling	+20	+20
	Input grids for hot air		+30
	Floor plate	+20	+20
	Windows and Doors	+18	+18
Heat transfer coefficient (film coefficient) U (W/m ² K)	Exterior walls	12	12
	Windows and doors	3	3
	Ceiling	3.5	3.5
	Floor plate	3	3
Air velocity(m/s)	Inlet grids for hot air	-	1.2
	Extraction grids	-	1
Heat flux (W/m ²)	Static Heater	200	
Heat flow of mannequins		80 (W)	
Coughing velocity		12 m/s	
The total cough volume		1.1 dm ³	
Mouth opening area		3.5 cm ²	
Cough flow rate		5 dm ³ /s (L/s)	
Duration of one act of coughing		0.3 s	
The cough jet direction (supine) position		80°	
Temperature of the droplets		35 °C	
Max droplet diameter		200 μm	
Min droplet diameter		2.5 μm	
Particle cough density		2.5 μg/dm ³	
Interaction between particles and walls-discrete phase conditions	Floor—trap; around—escape; inlet—mouth—escape; mannequin body—reflect; ceiling and walls—reflect		

After establishing the geometric model and the competition of the boundary conditions, we made the following simulations (Figure 5).

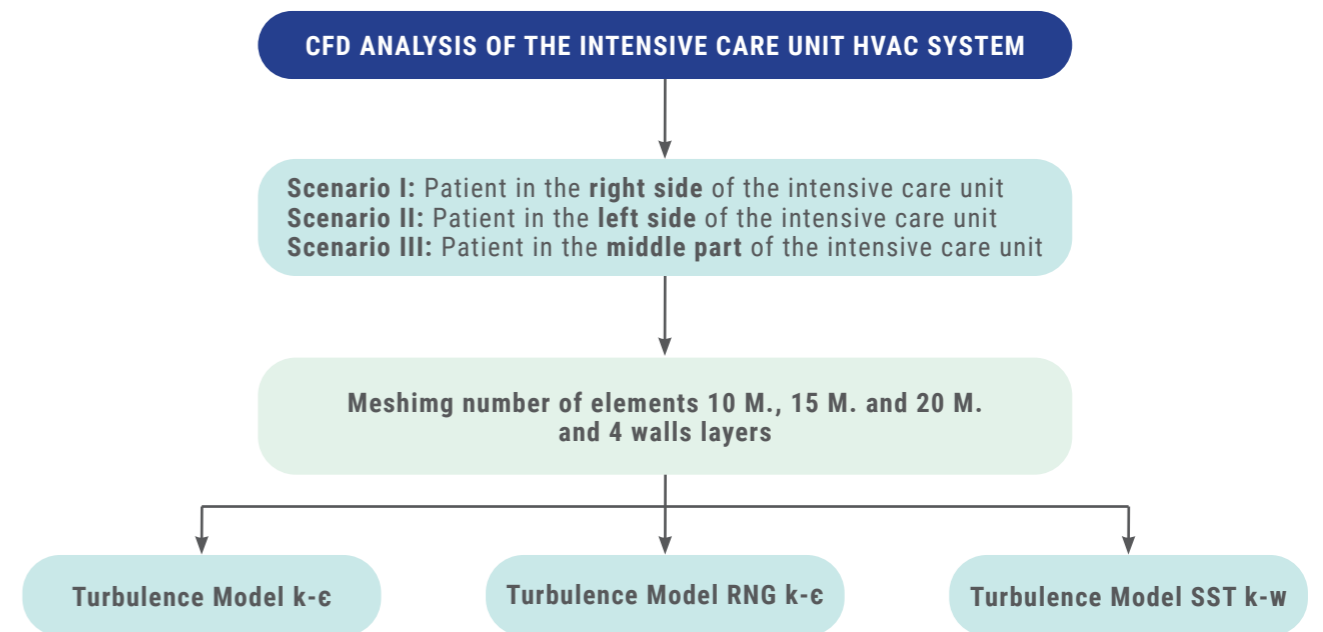


Figure 5. CFD analysis scheme for the cardiac intensive care unit simulations.

3. Results

3.1. Particle Dispersion for Static Heaters and HVAC

Initially, we analyzed the particle dispersion generated by the heating system that was present before the fire: static heaters. Subsequently, we performed the same analysis for the heating system that will be

put into use after rehabilitation, namely HVAC. We wanted to highlight the difference between these two heating systems, in terms of dispersion of infectious aerosols (Figure 6)

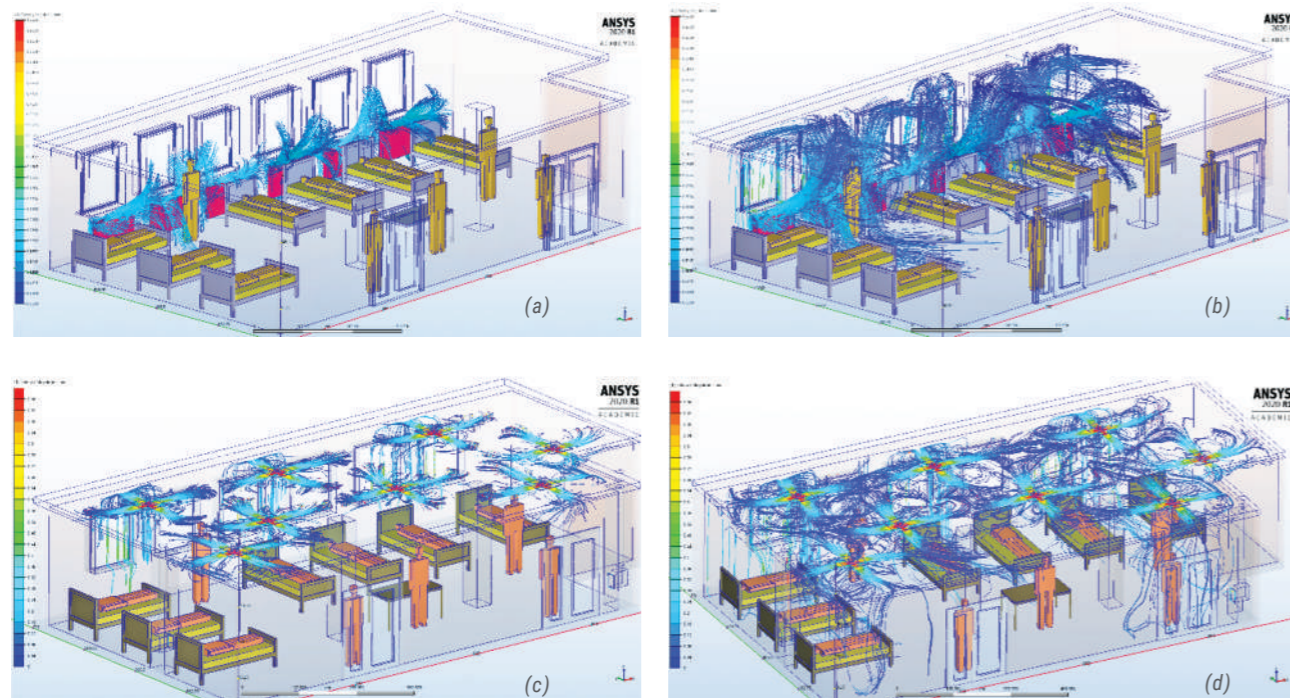


Figure 6. Transient analysis of particles dispersion with no coughing and breathing events of the patients for static heaters at (a) 2 seconds and (b) 5 seconds, and the air inflow dispersion for heating, ventilation and air conditioning systems at (c) 2 seconds and (d) 5 seconds. diac intensive care unit simulations.

For the simulation performed with static heaters, we defined a number of 6000 particles with dimensions between 2.5–200 micrometers, located in the maximum area of influence of the air currents generated by the static heaters. In the case of heating, ventilation and air conditioning systems, we also used a number of 6000 particles with the same dimensions, which were split equally to the seven inlet grids. In a transient analysis of particle dispersion at 3 seconds after the air currents are generated by each heating system, we observed the distribution

of particles near the static heaters, without them spreading throughout the intensive care unit. With the HVAC system, the particles are distributed on all four directions at the ceiling, foreshadowing a uniform distribution throughout the room. Although the HVAC system may initially appear to achieve a faster and more uniform distribution of infecting particles, this is counterbalanced by the possibility of using HEPA filters, which are an adjunctive means for the decontamination of SARS-CoV-2 aerosols in healthcare settings [45–47].

3.2. Scenario I

When the infected patient is on the right side of the intensive care unit and coughs, the droplets transmission is prompted by the HVAC system in the middle part of the room.

We observe a fast transmission of the infecting particles, and after a period of only 5 seconds, they are spread almost in the entire intensive care unit (Figure 7).

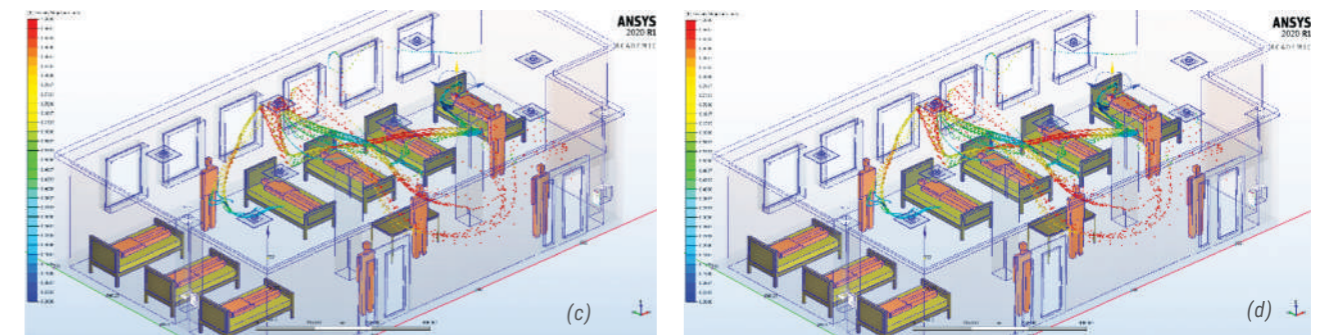
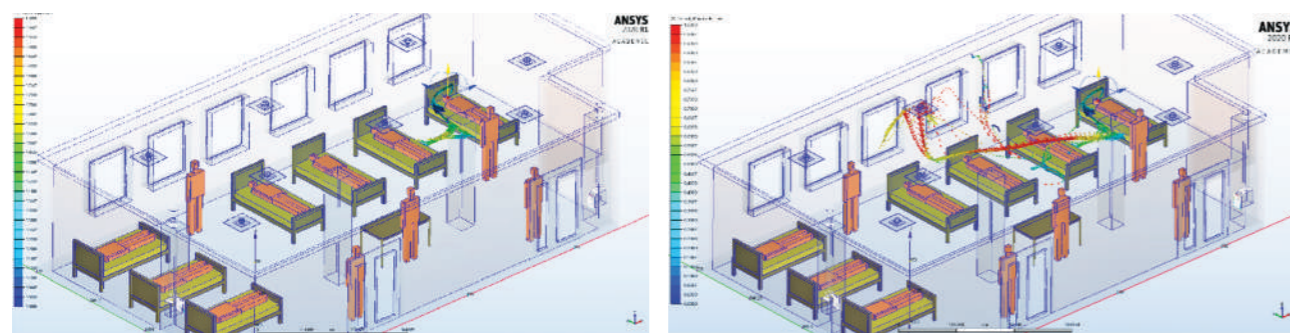


Figure 7. Transient analysis of the lighter particles dispersion carried into the air by buoyancy for HVAC systems, at different time intervals, if the infected patient is in the right part of the intensive care unit: (a) 2 seconds; (b) 3 seconds; (c) 4 seconds; (d) 5 seconds.

3.3. Scenario II

If the infected patient is on the left side of the intensive care unit and coughs, the droplets are also transmitted by the HVAC system in the central part of the room (Figure 8). Therefore, we observe that the HVAC system acts in the sense of a uniform distribution of the air currents, and consequently, of the infecting particles emitted by the patients' cough. The fact that we did not notice a difference

between the way the infecting particles are spread in these two scenarios shows that the HVAC system causes a rapid transmission, from the walls to the center, of the infecting particles.

This is mainly influenced by the distribution of the outlets grids of the HVAC system, which in our case are located at the center of the intensive care unit.

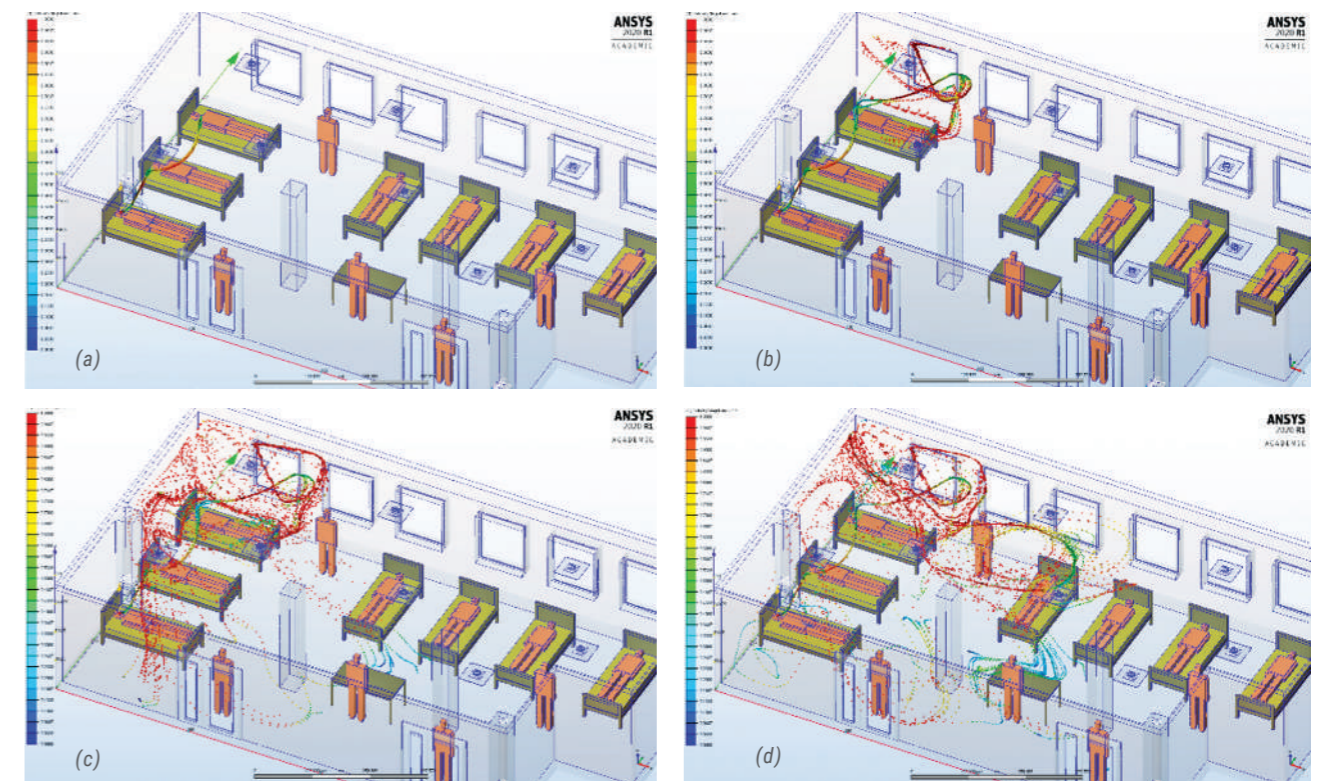


Figure 8. Transient analysis of the lighter particles dispersion carried into the air by buoyancy for HVAC systems, at different time intervals, if the infected patient is in the left part of the intensive care unit: (a) 2 seconds; (b) 3 seconds; (c) 4 seconds; (d) 5 seconds.

3.4. Scenario III

In the third scenario, we aimed to evaluate the infecting particle transmission if the patient is sitting in the middle of the intensive care unit (Figure 9). In case of this patient, considering that the inlet grid is located above the patient's bed and also the fact that we simulated the patient's cough almost in a vertical direction, determined a different transmission of the particles inside the intensive care unit.

Thus, they were initially carried on the wall and the window behind the bed, then down under the bed, and after that to the office from the center of the intensive care unit. We can conclude that the presence of an HVAC system causes a distribution of infectious particles not only on directly exposed surfaces, but also on less exposed or hidden areas, as we can see.

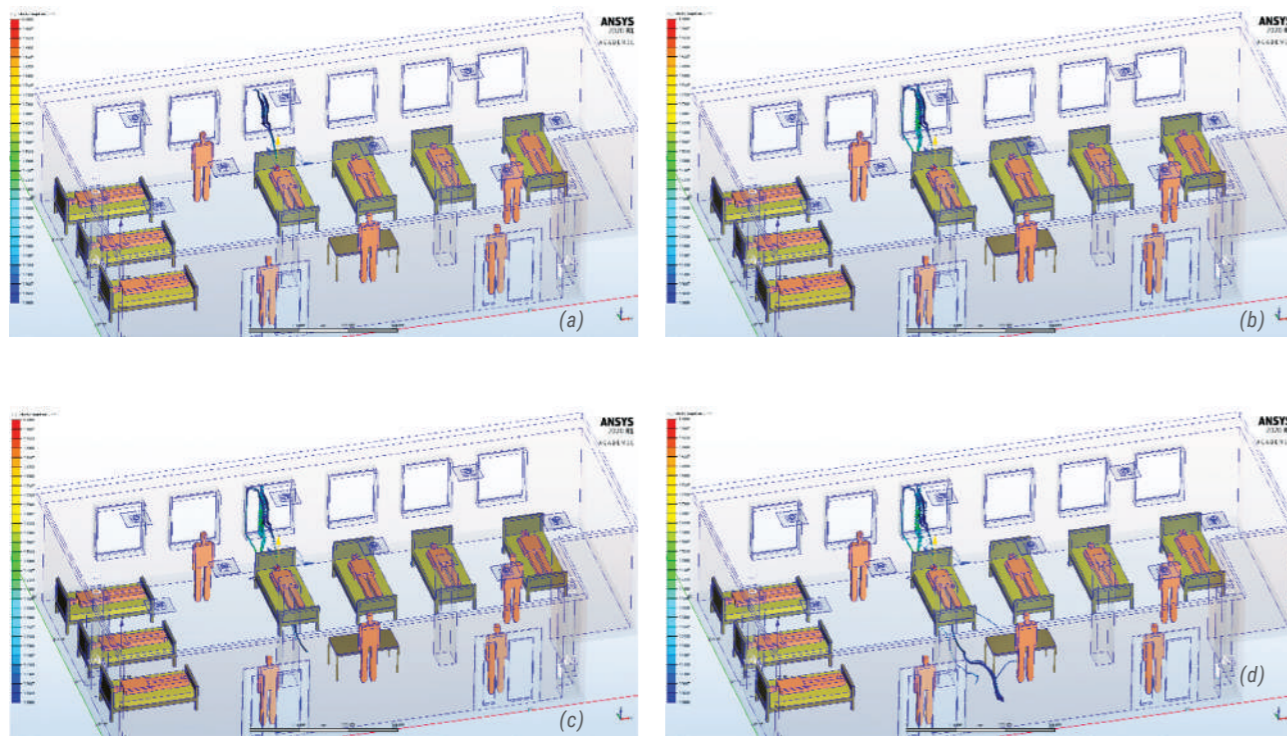


Figure 9. Transient analysis of the lighter particles dispersion carried into the air by buoyancy for HVAC systems, at different time intervals, if the infected patient is in the bed from the middle of the intensive care unit: (a) 2 seconds; (b) 3 seconds; (c) 4 seconds; (d) 5 seconds.

Comparing the results of the three proposed scenarios, it appears that, for our proposed HVAC system, the flow field and velocity distribution induced by the high turbulence of inlet grids, combined with the air outlet grids, determines wide recirculation zones, from the walls to the center of the room.

These results could be due to the high rate level of ventilation. In the first two scenarios, we did not observe a difference between the way the infecting particles are spread, from the walls to the center of the intensive care unit. In the third scenario, it can be found that the location of the patient in the intensive

care unit, the position of the inlet grid above the patient's bed and also the fact that we simulated the patient's cough almost in a vertical direction determined a different transmission of the infecting particles. However, the final path of the infecting particles was also to the center of the room.

For the HVAC system used in our simulation, the variable directions of the airflow due to the high turbulence air inlet grids provide a widespread and a homogeneous distribution of the infecting particles ("coanda effect") on the ceiling, followed by a progressive drop down.

4. Discussion

In an intensive care unit, it is necessary to control the patient risk from airborne diseases, and the HVAC system can have a beneficial impact on patients' healing processes and minimizing CO-VID-19 transmission.

The present study highlights that CFD-FEM approach is useful for understanding the dispersion of infectious aerosols, and possibly of COVID-19-carrying droplets in a cardiac intensive care unit equipped with an HVAC system that has a variable air volume. The transient analysis of simulation results regarding particle tracing, paths and distance highlights the rapidity of the appearance of contaminated areas.

Although it is known that a poor ventilation in confined indoor spaces increases the risk of respiratory infections transmission [48,49], we consider that the results from our CFD particle simulations have a great importance on the dispersion of infectious aerosols, and possibly of SARS-CoV-2 infection.

The novelty of our study is that it provides useful indications for controlling dispersion and concentration zones for infectious aerosols and possibly of COVID-19 -carrying droplets. Additionally, our results can provide important recommendations on the selection of the best position of the inlet and outlet grids.

From our CFD simulations, we observed that it is very important to select a proper position for inlet and outlet grids, considering the fact that in scenario 2 the particles were dispersed more than those from the other two scenarios, which we did not expect. An explanation may be the onset of local turbulences that can cause an unpredictable particle dispersion.

Only a few isolated cases of COVID-19 transmission events have been associated with closed spaces, also in asymptomatic patients [50,51], aided by air conditioning systems. A recent Chinese study pointed out the possibility of COVID-19 transmission, aided by air-conditioning systems in a restaurant. There were 10 cases from three families that have eaten lunch at the same restaurant. Those who were sitting along the line of airflow generated by the air-conditioning were infected, while those from other parts of the restaurant were not infected. They concluded that droplet transmission was facilitated by air-conditioned ventilation and the most important factor for infection was the direction of the airflow [52].

Additionally, two outbreaks in China have been described, where the authors suspected the air conditioning systems using a recirculating mode as a probable aid to COVID-19 transmission [53]. Thus, while the virus can be airborne, air-conditioning systems could aid virus transmission, under certain

conditions such as airflow, improper filters or lack of ventilation.

High Efficiency Particulate Air filters have demonstrated good performance with particles of the SARS Cov-2 virus size (approximately 70-120 nm) and are used in airplanes and in healthcare settings. Their important role in reducing the infection risk and in maintaining thermal comfort was demonstrated in a modeling study of the infection risk from SARS Cov-1 [54].

There are also some speculations regarding the use of air filtration technology (HEPA filters) in damping the rate of viral spread. Studies show that droplets typically expelled by infected patients, range from droplets that we are all able to see, to those too small for our eyes (0.5 to 15 microns).

Additionally, studies of other viruses suggest that droplets of 1 micron are capable of carrying enough virus particles to cause infections [44]. HEPA filters capture particles of this size and also capture 99.97% of particles that are more than or equal to 0.3 microns in diameter.

In theory, some experts say that considering the possibility of HEPA filters to capture particles of such small size, all SARS Cov-2 virions could be filtered and captured, in this way reducing the contamination of the space [31].



**UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA**

SME 2023 - ediția a XLII-a

CONFERINȚA
„ȘTIINȚA MODERNĂ ȘI ENERGIA”
BARIERELE ÎNTRE ENERGIE ȘI MEDIU
ÎN INGINERIA CIVILĂ ȘI INSTALAȚII



**FILIALA
TRANSILVANIA
CLUJ-NAPOCA**



Univers T - Hotel
18-19 mai 2023

contact: andrea.felseghi@gmail.com, andrei.bolboaca@insta.utcluj.ro

Thus, they propose installing HVAC systems with HEPA filters not only in the intensive care units, but also in high-traffic spaces, in order to decrease the number of viral particles present.

On April 3, 2020, the Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA), published the latest version of a guidance document where they summarize the advice on the operation and use of building services in order to prevent the spread of the COVID-19 [10].

1. Increase air supply in order to bring as much outside air as reasonably possible. Thus, their recommendation is to start ventilation at least two hours before the building usage time and switch to lower speed two hours after the building usage time, and keep the ventilation on 24/7, with lowered, but not switched off, ventilation rates when people are absent [10].
2. Humidification and air-conditioning have no effect in limiting the transmission of the virus, thus, they do not need to be adjusted. Coronaviruses are susceptible only to a humidity above 80% and a high temperature, above 30 °C [10]. Unfortunately, these parameters are not acceptable in buildings, because they will increase the microbial growth and will affect the indoor thermal comfort [10].
3. Another recommendation is to inspect the heat recovery devices considering the fact that maintenance personnel should follow the standard safety procedures of dusty work [10]. They also mention that when the HVAC system is equipped with a twin coil unit or another heat recovery device that completely separates the exhaust air side to the supply airside, virus particle transmission via heat recovery devices is no longer a problem. Regarding the use of recirculation, it is recommended to avoid central recirculation during SARS-CoV-2 episodes, in order to avoid resuspension of virus particles at room level [10].
4. Regarding the normal duct cleaning and maintenance procedures, no changes are needed and the most important two things are to increase fresh air supply and avoid recirculation of air [10].
5. Change of outdoor air filters or their replacement with other types of filters is not recommended sooner than normal [10].
6. Room air cleaners have a similar effect compared to ventilation and they remove particles from air. Devices that use electro-

5. Conclusions

In conclusion, our study provides the mechanism for the dispersion of infectious aerosols, and the possibly of COVID-19 infection, by air conditioning systems. It also highlights important recommendations regarding the selection of the best position of the inlet and outlet grids in an HVAC system.

static filtration principles for the supply or room air treatment may be useful [10].

Our study has some limitations and can be further improved. Firstly, this is only a numerical simulation study that evaluated the dispersion of infectious aerosols, and possibly of COVID-19 airborne transmission, based on the characteristics of SARS-CoV-2 and on the methods used in previous studies to evaluate airborne transmission for other infectious diseases.

Further studies are needed in order to determine the impact of HVAC-systems on SARS-CoV-2 transmission in real cases. Secondly, the results of numerical simulations are only qualitative, by images, and we only considered exhaled droplets by coughing.

Other investigations may consider quantitative results for other respiratory activities, such as breathing, sneezing or speaking. Thirdly, the composition of the infectious aerosols is of great significance in order to evaluate the infectious risk, and this deserves further study.

Another limitation of our study is that we removed from our simulations the heavier particles, which usually fall to the ground, and we only focused on the lighter ones, which are carried into the air. This may be the reason why it seems that droplets air-dispersion is linear, rather than "clouds of droplets."

Additionally, the CFD characterization of the proposed HVAC system is more "case specific" for our cardiac intensive care unit. We are working now to find a more general CFD characterization that can be useful for the analysis of other targets, such as public transport, theaters, philharmonics and amphitheatres from educational units.

In an intensive care unit, it is necessary to have a negative pressure in order to reduce aerosol escape and also a high air-change rate to remove the infectious particles. Unfortunately, with the static heaters, these parameters cannot be achieved.

By using an HVAC system, it is possible to create not only a negative pressure; in addition, we can prevent the transmission of the infectious particles outside the room when the medical staff use the door. Transmission of the infecting particles due to the air inlet grids is widespread and homogeneously distributed. This is counterbalanced by the possibility of using HEPA filters that are able to remove at least 90% of small particles, from inside and outside air.

Additionally, it can provide important recommendations for disease control and optimization of ventilation in intensive care units, by increasing the rate of air change, decreasing recirculation of air and increasing the use of outdoor air and HEPA filters.

References

1. Kutter, J.S.; Spronken, M.I.; Fraaij, P.L.; Fouchier, R.A.; Herfst, S. Transmission routes of respiratory viruses among humans. *Curr. Opin. Virol.* 2018, 28, 142–151.
2. Siegel, J.D.; Rhinehart, E.; Jackson, M.; Chiarello, L. and Health Care Infection Control Practices Advisory Committee. 2007 guideline for isolation precautions: Preventing transmission of infectious agents in health care settings. *Am. J. Infect. Control.* 2007, 35, S65–S164.
3. Gralton, J.; Tovey, E.; McLaws, M.L.; Rawlinson, W.D. The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: A review. *J. Infect.* 2011, 62, 1–13.
4. Fernstrom, A.; Goldblatt, M. Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *J. Pathog.* 2013, 2013, 493960.
5. Herfst, S.; Böhringer, M.; Karo, B.; Lawrence, P.; Lewis, N.S.; Mina, M.J.; Russell, C.J.; Steel, J.; de Swart, R.L.; Menge, C. Drivers of airborne human-to-human pathogen transmission. *Curr. Opin. Virol.* 2017, 22, 22–29.
6. Villafruela, J.M.; Olmedo, I.; Berlanga, F.A.; Ruiz de Adana, M. Assessment of displacement ventilation systems in airborne infection risk in hospital rooms. *PLoS ONE* 2019, 14, e0211390.
7. Tang, J.W.; Nicolle, A.; Pantelic, J.; Koh, G.C.; De Wang, L.; Amin, M.; Klettner, C.A.; Cheong, D.K.; Sekhar, C.; Tham, K.W. Airflow dynamics of coughing in healthy human volunteers by shadowgraph imaging: An aid to aerosol infection control. *PLoS ONE* 2012, 7, e34818.
8. Tang, J.W.; Nicolle, A.D.; Klettner, C.A.; Pantelic, J.; Wang, L.; Suhaimi, A.B.; Tan, A.Y.; Ong, G.W.; Su, R.; Sekhar, C.; Cheong, D.D. Airflow dynamics of human jets: Sneezing and breathing-potential sources of infectious aerosols. *PLoS ONE* 2013, 8, e59970.
9. Gupta, J.K.; Lin, C.H.; Chen, Q. Characterizing exhaled airflow from breathing and talking. *Indoor Air* 2010, 20, 31–39.
10. Federation of European Heating VaACA. COVID-19 Guidance: REHVA; 2020. Available online: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-9_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf. (accessed on 3 April 2020).
11. Pica, N.; Bouvier, N.M. Environmental factors affecting the transmission of respiratory viruses. *Curr. Opin. Virol.* 2012, 2, 90–95.
12. Dancer, S.J. Controlling hospital-acquired infection: Focus on the role of the environment and new technologies for decontamination. *Clin. Microbiol. Rev.* 2014, 27, 665–690.
13. Beggs, C.; Knibbs, L.D.; Johnson, G.R.; Morawska, L. Environmental contamination and hospital-acquired infection: Factors that are easily overlooked. *Indoor Air* 2015, 25, 462–474.
14. Qian, H.; Zheng, X. Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. *J. Thorac. Dis.* 2018, 10, S2295–S2304.
15. Zhong, N.S.; Zheng, B.J.; Li, Y.M.; Poon, L.L.M.; Xie, Z.H.; Chan, K.H.; Li, P.H.; Tan, S.Y.; Chang, Q.; Xie, J.P.; Liu, X.Q. Epidemiology and cause of severe acute respiratory syndrome (SARS) in Guangdong, People's Republic of China, in February, 2003. *Lancet* 2003, 362, 1353–1358.



CONFERINȚA NAȚIONALĂ A INGINERILOR DE INSTALAȚII

2023

**12-13 OCTOMBRIE
BRAȘOV**

EDIȚIA 58

FOR BETTER HEALTH, INDOOR CLIMATE QUALITY AND ENERGY PERFORMANCE IN ALL BUILDINGS AND COMMUNITIES

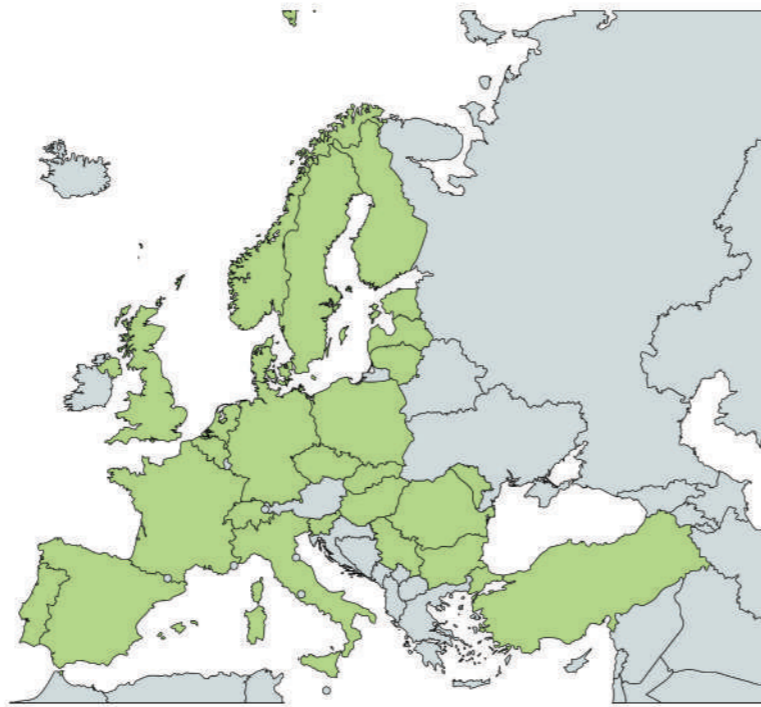
BE REHVA

REHVA is The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning associations founded in 1963.

We are an umbrella organization that represent over 120,000 HVAC designers, building services engineers, technicians, and experts across 26 European Countries.



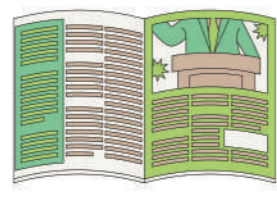
MORE INFORMATION ON REHVA.EU



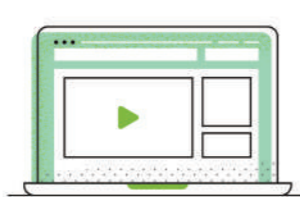
REHVA SHARES KNOWLEDGE THROUGH MULTIPLE PLATFORMS:



GUIDEBOOKS



REHVA JOURNAL



KNOWLEDGE CENTER



MONTHLY MAILINGS



From now on, you will regularly receive information about the activities of REHVA. You can also sign up for the REHVA Newsletter or read the REHVA Journal online for free.



REHVA PUBLISHED GUIDELINES ON HEALTH-BASED TARGET VENTILATION RATES AND DESIGN



Health-based target ventilation rates and design method for reducing exposure to airborne respiratory infectious diseases

In the COVID-19 pandemic, it became clear that adequate ventilation is the key engineering measure to reduce the spread of respiratory viruses.

REHVA experts have now collected available evidence and developed a health-based ventilation design method to mitigate the infection risk in indoor spaces.

The current ventilation design based on the existing indoor climate standards EN 16798-1:2019 and ISO 17772-1:2017 has been limited to the use of ventilation criteria based on the perceived air quality (odours) or specific pollutants and has not considered respiratory disease transmission.

READ THE REHVA PROPOSAL FOR POST-COVID TARGET VENTILATION RATES

ARMSTRONG



Fluid Technology



Oportunitățile legate de Managementul Energiei – Transformarea unei clădiri prin îmbunătățirea eficienței HVAC

Prin educație, schimbarea obiceiurilor de consum de energie și prin sisteme HVAC îmbunătățite, putem crea clădiri care economisesc energie și reduc costurile.

Industria prelucrătoare și cea a construcțiilor se schimbă pentru a plasa sustenabilitatea în centrul său. Sustenabilitatea devine din ce în ce mai puțin o alternativă viitoare, ci mai mult o necesitate, în conformitate cu creșterea sprijinului global pentru agenda Net Zero. Organizațiile depun eforturi pentru a pune în aplicare practici mai ecologice în procesele de producție, instalare și întreținere și, în cele din urmă, pentru a oferi beneficii pentru proiecte și pentru oameni.

În industria construcțiilor, managementul energiei este vital pentru crearea unor comunități mai durabile. Managementul energiei implică, în esență, urmărirea proactivă, gestionarea sistemică și optimizarea atenției a consumului de energie într-o clădire, cu scopul de a îmbunătăți eficiența energetică.

Energia poate fi costisitoare, reprezentând o medie de 25% din toate costurile de exploatare în clădirile de birouri. Cu toate acestea, poate fi redusă substanțial prin combinarea obiceiurilor de consum modificate, educație și prin optimizarea sistemelor utilizate în clădire.

În ultimul deceniu, multe țări din regiune au cunoscut o creștere fără precedent a populației, o activitate economică sporită și, în consecință, o creștere a consumului de energie. Creșterea rapidă a populației a necesitat o cerere la fel de rapidă pentru clădiri, astfel încât instalațiile au fost construite rapid, folosind materiale mai ieftine, produse în masă mai degrabă, decât o arhitectură durabilă, mai adecvată. Acest boom al construcțiilor, împreună cu accentul pus mai degrabă pe termene decât pe eficiența energetică, a dus la instalații care funcționează într-un mod care nu este eficient din

punct de vedere energetic. În plus, multe organizații din regiune se concentrează pe prioritizarea altor aspecte operaționale ale instalației și ratează oportunitățile de optimizare a sistemelor mecanice prin îmbunătățirea obiceiurilor de lucru.

O provocare cu care se confruntă facility managers este că sistemele HVAC se confruntă cu "deriva performanței". Când sunt instalate pentru prima dată și chiar și în primele luni, sistemele de încălzire și răcire funcționează imaculat. Cu toate acestea, în timp, eficiența componentelor și condițiile sistemului, "se abat" de la curba de funcționare instalată inițial, ceea ce înseamnă că eficiența și performanța sistemului se pot degrada treptat.

Deteriorarea performanței sistemelor HVAC are consecințe: confort redus pentru utilizatori și folosirea inutilă a energiei, ceea ce duce la costuri și emisii mai mari.

O întrebare cheie este atunci, cum poate schimba managementul energiei și combate aceste provocări?

Inversarea și prevenirea pierderii eficienței energetice pot duce la economii semnificative de costuri. De fapt, unul dintre motivele cheie pentru care majoritatea clădirilor funcționează sub eficiența lor optimă este faptul că operatorii nu dispun de instrumentele necesare pentru a evalua datele primite de la sistemele HVAC sau, chiar mai rău, nu primesc date deloc. Fără capacitatea de a analiza datele, operatorii și managerii nu pot optimiza în mod corespunzător sistemele mecanice. Consecințele nefericite includ consumul inutil de energie, practicile insuficiente de întreținere și costurile aferente.

Este regretabil faptul că mulți facility managers consideră pierderea eficienței și a sistemelor mecanice ca fiind inevitabilă. În experiența noastră globală cu instalațiile, abaterea performanței poate fi prevenită și inversată. Combinarea strategiilor inteligente cu sisteme de înaltă performanță poate transforma modul în care funcționează clădirile. Cheia este o mai bună înțelegere a nevoilor energetice ale clădirii pentru a asigura o eficiență îmbunătățită a sistemului.

Primul pas este să vă asigurați că sistemul existent este comandat să funcționeze cât mai eficient posibil și să confirmați că niciuna dintre setări nu provoacă restricții de flux.

Următorul pas implică colectarea datelor. De exemplu, valorile debitelor de fluide din cadrul sistemelor HVAC sunt indicatori-cheie ai performanței sistemului. Utilizarea pompelor care măsoară cu precizie debitul, cu ajutorul tehnologiei inteligente, permite utilizarea datelor de debit pentru analiza și optimizarea performanței sistemului.

În experiența mea cu Armstrong Fluid Technology, în ultimul deceniu, tehnologia pentru pompele HVAC a fost perfecționată pentru a oferi economii de eficiență energetică de până la 70% din prima zi, prin controlul bazat pe cerere și tehnologia de pompare paralelă care se realizează cu ajutorul sistemelor Design Envelope Tango.

Acest lucru permite pompelor să funcționeze la niveluri optime folosind cât mai puțină energie posibil. Aceste pompe funcționează, de asemenea, ca debitmetre foarte precise, oferind o perspectivă valoroasă pentru managerii și operatorii de instalații. Datele de la aceste pompe conectate inteligent pot fi colectate prin intermediul software-ului de management al performanței, care permite sistemului să învețe, să prezică și să optimizeze și să ofere o eficiență energetică și mai mare și economii de costuri prin optimizarea performanței.

Analiza datelor poate oferi indicii pentru modernizarea echipamentelor din sistem. În mod tradițional, sistemele HVAC și componentele acestora, inclusiv echipamentele mari, cum ar fi chillerele, au fost supradimensionate în specificații pentru a reduce riscul. Deși această practică reduce unele elemente de risc, aceasta introduce, de asemenea, costuri semnificative – nu numai în ceea ce privește cheltuielile inițiale mai mari pentru echipamente, ci și costurile de exploatare.

Aici începe să ofere valoare capacitatea de a analiza eficiența sistemului, începând cu datele exacte privind debitul. Analiza atentă a datelor privind debitul din sistem poate permite ca echipamentele să fie modernizate la unități potrivite de dimensiuni, care vor genera economii suplimentare de energie.

În plus, colectarea de rapoarte și alerte în timp real privind performanța sistemului poate contribui la asigurarea faptului că i se realizează optimizarea energetică și că orice anomalii ale sistemului sau potențiale probleme de întreținere pot fi abordate rapid.

Una peste alta, gestionarea energiei joacă un rol din ce în ce mai important în sprijinirea obiectivelor regionale de sustenabilitate. Pentru reducerea consumului de energie electrică și apă cu minim 30% până în 2030, educația și punerea în practică a managementului energiei joacă un rol crucial.

Deși încorporarea unor sisteme mai sofisticate necesită investiții, veniturile obținute din utilizarea unor sisteme mecanice mai eficiente sunt impresionante. Amortizarea simplă a proiectelor de modernizare a energiei este de obicei atinsă în termen de 3 până la 5 ani. Mai important, economiile de energie continuă pe durata de viață a sistemului. Upgrade-urile de energie executate în mod corespunzător oferă economii de până la 40% privind consumul de energie legat de funcționarea HVAC.

Punerea în aplicare a sistemelor de gestionare a energiei este în creștere.

În viitor, este inevitabil ca managementul energiei să devină o strategie-cheie pentru instalațiile din construcții. În afară de beneficiile pe termen scurt, cum ar fi economiile de costuri și creșterea eficienței funcționării, gestionarea energiei are capacitatea de a contribui la conservarea energiei pentru generațiile viitoare.

Pentru mai multe informații despre sistemele de pompare Design Envelope Tango, vă rugăm să accesați www.armstrongfluidtechnology.com



Clean and Sustainable Energy Potential in Timisoara Using Piezoelectric Power Generators-GEMPT



Dănuț Tokar¹
COORDINATOR



Andrei Dună²



Diana Țucu²

¹Faculty of Constructions, Polytechnic University of Timișoara

²Second year students, Bachelor's degree program in Construction Installations, Faculty of Constructions, Polytechnic University of Timișoara



Abstract

The paper presents a solution for the realization of renewable, non-combustible energy sources by involving the citizens of Timișoara, from children to the elderly, and using this energy for urban purposes such as: public illumination, illumination of passenger stations, access to charging various devices. This clean energy is obtained by transforming the kinetic energy of pedestrians into electricity based on the piezoelectric effect.

1. The situation of energy sources addressed in EU countries

The Renewable Energy Directive (D 28/2009/EU) together with the Energy Efficiency Directive (D 27/2012/EU) and the Energy Performance of Buildings Directive (D 31/2010/EU) have activated a set of measures to enable propitious conditions for a significant and long-term improvement in the use of renewable energy sources and energy performance in Europe's built environment.

Thus, a new sustainable and socio-economically acceptable energy model has been created, defined by the European SET-Plan document (Towards a European Strategic Energy Technology Plan), harmonised by the Romanian national legislation, in order to reach by 2020 the thresholds of: 20% reduction of greenhouse gases, 20% reduction of energy needs through energy improvement, 20% of energy needs to be covered from renewable energy sources and 10% from bio-fuels used as a complement.

Today, EU legislation is increasingly promoting renewable resource projects and encouraging local settlement policies to find locally specific solutions. Renewable energy sources are energy sources that

are naturally replenished (or renewed). Typical examples are solar, wind energy and biomass.

Renewable energy sources, inventoried in this paper as feasible, are divided into:

a. Non-combustible renewable energy:

- Hydroelectric energy: electricity generated from the potential and kinetic energy of water through hydropower plants;
- Energy produced by the motions of the seas and oceans: the mechanical energy derived from tidal movements, wave movements or ocean currents and harnessed to generate electricity;
- Geothermal energy: energy available from the heat in the earth's crust, usually in the form of hot water or steam;
- Wind energy: the kinetic energy of the wind converted into electricity in wind turbines;
- Solar energy: solar thermal energy (radiation harnessed from solar heat by thermo-conversion effect) and solar energy for electricity generation by photovoltaic conversion.

- Heat stored in air, water, ground: heat pumps are used which are powered by electricity or other additional energy (mechanical work) to extract stored energy (heat) from air, ground or water and convert/transfer it into heat energy adapted as parameters for use elsewhere (e.g. to heat space through underfloor heating systems and/or water in domestic buildings).

Heat pumps can be used by individual households

as well as, on a larger scale, in industry and in commercial and public services. Energy flows related to heat pumps used for cooling are excluded, only heat pumps used for heating (hot water) are included.

b. Combustible renewable energies

- Biofuels: biomass fuels (including solid bio-fuels, biogas and liquid biofuels);
- Renewable urban waste.

2. Situation of energy sources in the city of Timișoara

The city of Timișoara is located at the intersection of the 45°47' north latitude parallel and the 21°17' east longitude meridian. It has a total area of 12,926.83 ha, of which 7902.61 ha is agricultural land and 5024.22 ha non-agricultural land. It has several

2.1 The potential of energy sources

Currently the energy sources and fuels secured for the city's consumption are:

Electricity: Timișoara is supplied with electricity from the national energy system, the basic sources being, for Timișoara, the Iron Gates hydroelectric power stations and the Mintia thermoelectric power station (fluctuating). Power is supplied by the 220/110 kV Timișoara and Săcălaz system stations. Annual electricity consumption averaged 736,000 MWh, of which domestic consumption 258,000 MWh,

wooded areas nearby: Green Forest, Bistra Forest, Giroc Forest, Șag. As a subsoil resource there is thermo-mineral water and at a distance of 30-40 km there are hydrocarbon, oil and oil well gas (fossil fuels) resources.

industrial consumption 291,000 MWh and building consumption 187,000 MWh.

Thermal energy: The thermal energy supply of the city of Timișoara is mostly centralised, through the urban heating system, supplied with primary thermal agent (hot water) produced in two thermal power stations (central-CET and southern-CET), managed by S.C. COLTERM S.A. The fuel used is coal, fuel oil and combustible natural gas, with a small proportion of biomass.

Combustible gases: The gases used as fuel come from either the Transylvanian Basin or the Banat Plain. The supply of natural gas to Timișoara from the national transport system is made from the main transport pipelines, through regulation stations - measurement - delivery, the most important of which are: SRM 1 Plopi, SRM 3 Sugar Factory, SRM 6 Calea Lipovei. These gases are delivered to the population and industries for food preparation, individual heating and technological processes.

Solid fuels. The number of consumers of heat produced by burning solid fuels is currently unknown.

Solar energy. There are some residential buildings using solar energy. Some use it, by installing solar panels, for the preparation of domestic hot water, swimming pool water, others as an input to the heating agent, and others by installing photovoltaic panels which convert solar energy into electricity. The number of consumers using solar energy is not

2.2. Timisoara's energy source policies

At present the city does not have an energy strategy that has been analysed and outlined and publicly exposed.

Some materials of the local administration highlight some general ideas and desires as strategic objectives, such as:

- energy security and independence;
- attracting the necessary capital for the development and modernisation of Timișoara in the field of energy efficiency and "clean" energy production;
- to ensure the present and future energy needs, mainly from renewable sources, at

3. Proposed solutions for the city of Timisoara

We propose to carry out a project that we called "Walk, smile, generate and consume clean energy in your city".

The determination to carry out such a project aims:

- to narrow the gap between EU regulations and the situation in the city;
- the appearance of international inventions to be exploited;
- the possibility of free involvement of the city's inhabitants without considerable effort;
- involving young people and children in the

identified. It should be noted that between 1979 and 1982, Timișoara benefited from the first large-scale project for the preparation of domestic hot water for an entire neighbourhood. All that is left of that installation is the name of the neighbourhood - Cartierul Soarelui. (the sun's neighbourhood).

Geothermal energy. Timișoara is located on a very rich deposits of thermo-mineral water, with excellent therapeutic properties, but also with high temperatures of 50 to 80 degrees Celsius, which would make it suitable for use in heating installations using heat pumps. In the 1980s, several boreholes were drilled to collect thermal water, and there were about 40 in Timiș County.

In Timișoara, such old but unused wells exist in Alpinet Park, on Pârvan Boulevard, in Children's Park, in Bihor Square and in Ronaț. Some of these were once used, but in recent decades their operation has been stopped, for various reasons, many unknown.

the lowest possible prices, in order to reduce greenhouse gas emissions, to provide energy sources for sustainable economic development and to ensure a high standard of living for all the inhabitants of Timișoara;

- development of advanced materials and their efficient energetic processing;
- analysis of the impact of climate change on the natural and built environment;
- the design of intelligent and energy-efficient buildings.

However, so far none of the solutions developed at the institute have been applied locally.

production of clean energy through recreational and fun activities;

- obtaining clean energy with minimum investment.

What involves this project:

Mounting in the pedestrian structure a piezoelectric power generator activated by the pedestrians walking on it which we called GEMPT. Basically it converts the kinetic energy of pedestrians into piezoelectric energy. Optional optical batteries - BTOPT - can also be added.

3.1 Description of GEMPT

The proposed GEMPT system is based on several examples of technologies such as:

- Technology that Kouhei Hayamizu developed at Keio University's Graduate School of Media and Governance. This technology uses "piezoelectricity", a property that certain materials have to generate an electric current when pressed by an external force. Kouhei Hayamizu installed his system in a railway station. After 20 days, by passing 900,000 people a day through the area, he was able to generate enough energy to power 1,422 TVs for an hour. Another system was installed on the Goshiki Zakura Ohashi bridge in Tokyo. This system of piezoelectric generators uses the traffic on the bridge to power 108 of the bridge's LED light fittings.
- In a study Xiaofeng Li and Vladimir Strezov, obtained piezoelectric power in a central building of Macquarie University in Sydney, Australia by installing a pedestrian pavement on 3.1% of the total floor area, achieving 1.1 MW h/year, or 0.5% of the building's annual energy needs.
- In Israel, a company Innowattech has installed piezoelectric IPEGs under a congested highway. The energy generated powers street lighting, billboards and traffic signs. When vehicle traffic is more than 600 per

lane per hour, up to 400 kWh of electricity can be generated per lane kilometre, enough energy to power 600 to 800 homes. IPEGs are piezoelectric crystals that can take the mechanical energy created by changes in weight, motion, vibration and temperature and convert it into electricity. This energy is stored in the electronic capacitors of the storage system.

- The State of California has passed a bill for a pilot roadway program. They estimate that 0.6 miles of a single-lane highway can create enough energy to power 30,800 homes a year.

GEMPT is based on piezoelectricity.

Piezoelectricity is the electrical charge that builds up in certain solid materials (such as crystals, certain ceramics and biological materials such as bone, DNA and various proteins) in response to the application of mechanical stress.

For example, lead zirconate titanate crystals can generate measurable piezoelectricity when their static structure is deformed by about 0.1% of its original size.

When mechanical pressure is applied to the piezoelectric element by means of electrodes, electrical charges will be created within the crystals. These positive and negative charges are also distributed on

UPP Universitatea Politehnica Timișoara

**Conferința anuală
ediția a XXXII-a**

ASOCIAȚIA INGINERILOR DE INSTALAȚII
DIN ROMANIA
FILIALA
BAŢANAT-TIMIȘOARA

**INSTALAȚIILE PENTRU CONSTRUCȚII ȘI CONFORTUL
AMBIENTAL, ÎN TRECUT, PREZENT ȘI VIITOR**

**Biblioteca Centrală a UPT, Timișoara
4-5 mai 2023**

<https://aiir-timisoara.ro/conferinta-anuala-editia-a-xxxii-a/>



the faces of the crystals. A metal plate is placed on these ceramic elements which collects these positive and negative charges and is then used to

generate voltage and supply electric current through the circuit. A piezoelectric generator is composed of one or more piezoelectric elements (Figure. 1).

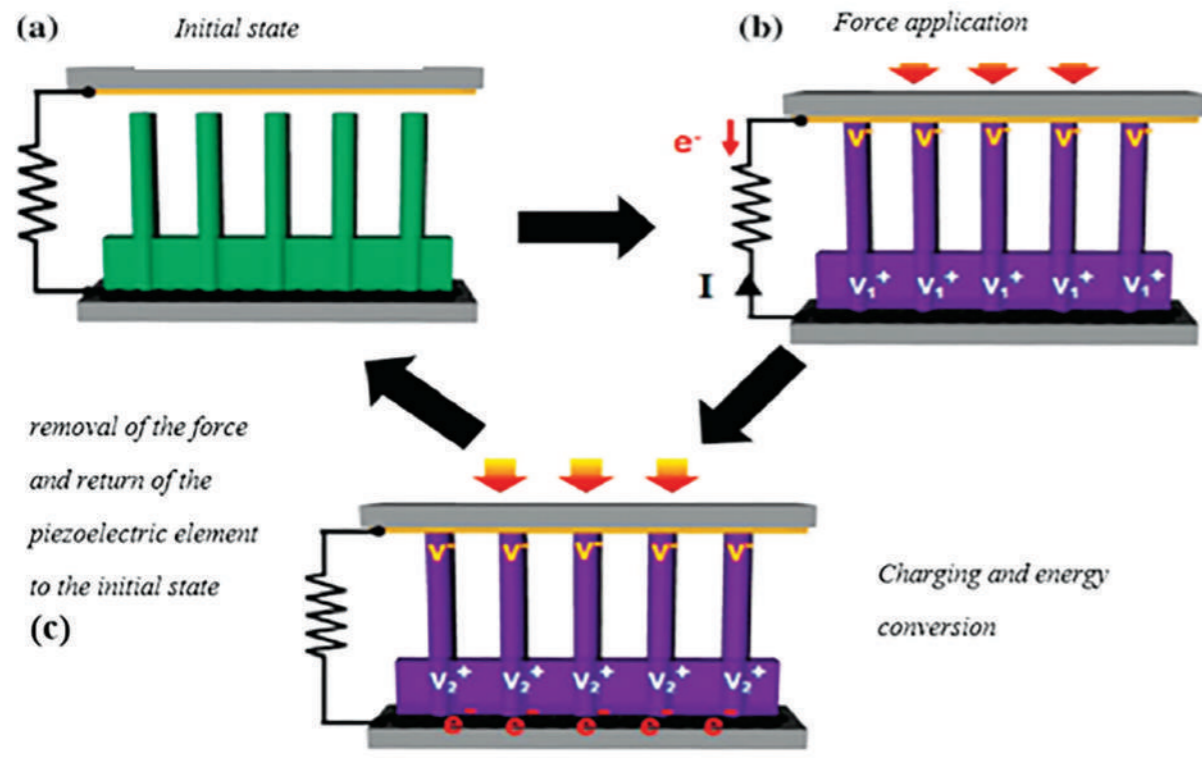


Figure.1. Scheme of a piezoelectric generator in different states: a) initial state; b) under an externally applied force; c) charging with positive charge potential generated by the presence of electrons near the lower electrode.

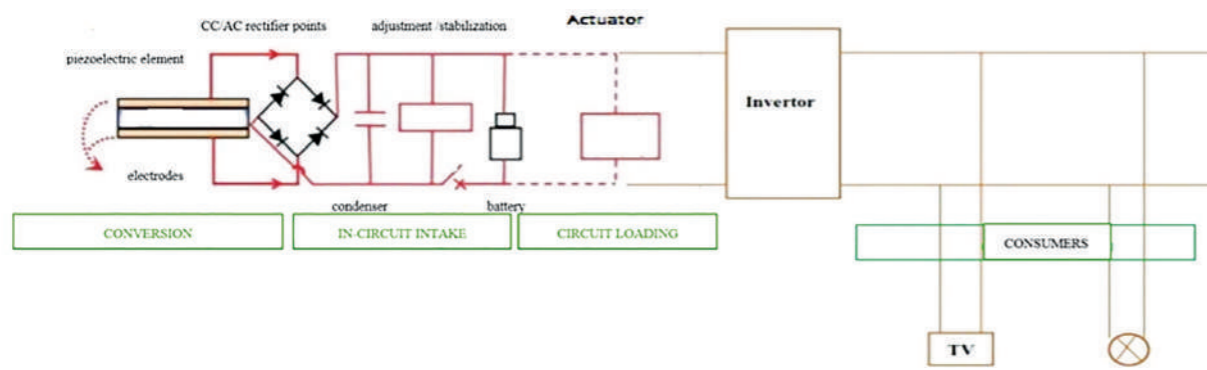


Figure. 2. Scheme of the conversion of mechanical energy into piezoelectric energy, storage, charging in circuits and consumption

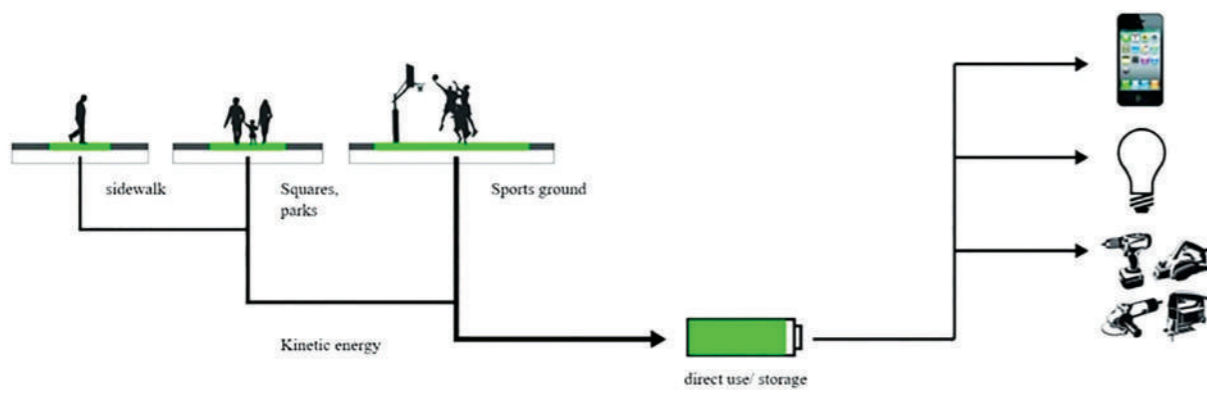


Figure. 3. GEMPT layout scheme and interconnection to possible consumers

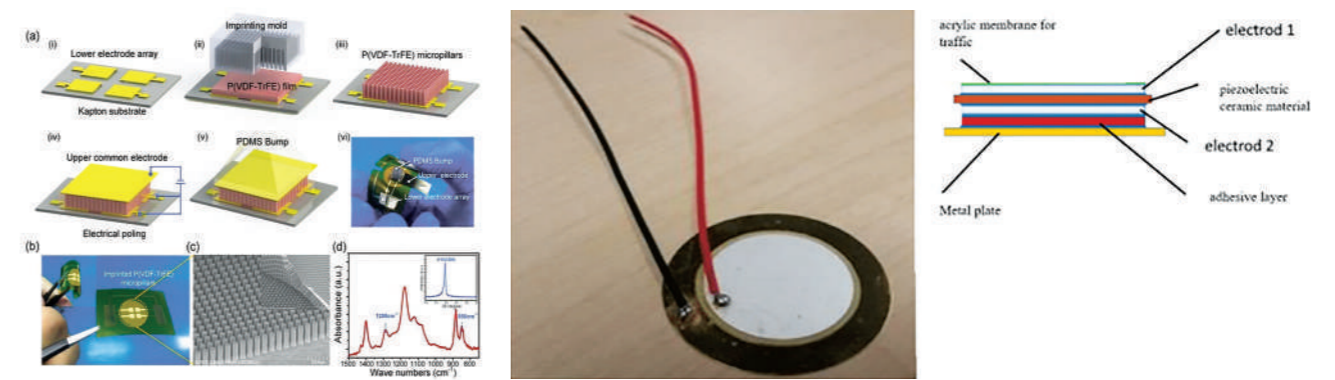
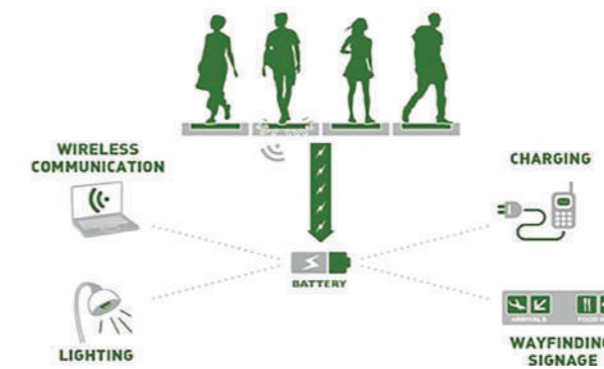


Figure. 4.1. Structure of piezoelectric generator; Figure. 4.2. An example of a piezoelectric generator element

The GEMPT system is suitable for installation in the following locations in Timisoara:

- tram, trolleybus and bus stations;
- pedestrian crossings with high traffic at the targets;

- access routes to railway stations;
- pedestrian bridges;
- cycle paths and the Bega canal promenade;
- airport.



3.2 Biomechanics of the human body

To be able to calculate how much energy could be produced by a piezoelectric generator through the mechanical pressure exerted by the movement of the human body, we need to understand a few things about the biomechanics of the human body.

Stability and posture of the human body need to be described/modelled mathematically and mechanically by means of specific parameters and mathematical objects. Among these the most important are: Centre of Mass (CM), Centre of Weight (CG) and Centre of Pressure (CP).

Bipedal locomotion (walking) is, from a biomechanical point of view, a process of displacement in which the human body, in motion, is supported cyclically and alternately by each lower limb (except for a transition period when both legs are on the ground).

Through the mechanical study of the CM it is possible to identify in the human body, according to the focus-area, rigid geometrical segments, interconnected by mechanical joints, in which situation they can be analysed more easily. Humans shift their weight disproportionately in the body thus shifting the position of the CM.

Walking, defined as 'alternating bipedalism', has as its unit of measurement the walking cycle (double step) represented by the distance between the point of contact with the ground (heel) of one foot and the next point of contact of the same foot.

The distribution of masses in the CM for each segment of the human body helps to determine

Another walking parameter is the step (double step) represented by the distance between the point of contact with the ground (heel) of one foot and the next point of contact of the same foot.

Another walking parameter is the step which is defined as the distance between the point of contact of one foot and the point of contact with the ground of the other leg, and is performed during bilateral support. By composing two successive single steps the double step is obtained.



their influence in maintaining stable balance, in calculating forces and inertial moments.

The centre of pressure (CP) is the point at which the resultant of all reaction forces with the ground acts. From a biomechanical point of view the CG, due to inertia, cannot accurately follow the same trajectory as the CP. There is thus a gap between the two centres (Figure. 5).

As long as a body is static (stationary position), the size of the frictional force developed is equal to that applied by the external force.

Once a movement is initiated, the magnitude of the frictional force remains at a constant level below that of the maximum static frictional force (Figure. 6).

The coefficient of friction describes the interaction between two surfaces in contact. The coefficient of friction between two surfaces has different values depending on whether the bodies in contact are stationary (static) or moving (kinetic).

The two coefficients are known as the coefficient of static friction (μ_s) and the coefficient of kinetic friction (μ_k).

The magnitude of the maximum static friction is based on the coefficient of static friction:

$$F_m = \mu_s R \quad (1)$$

The diagram in Figure. 7 gives an average value of the static friction coefficient $\mu_s = 0.5$. The size of the kinetic friction force is based on the kinetic friction coefficient:

$$F_k = \mu_k R, \quad (2)$$

from the diagram results an average value of the static friction coefficient $\mu_s = 0.5$ and $\mu_k = 0.4$

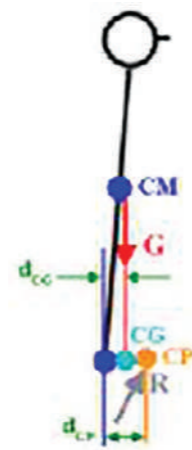


Figure. 5. Positions in the human body of the Centre of Mass (CM), Centre of Weight (CG) and Centre of Pressure (CP) (Source: <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/biomechanics/>)

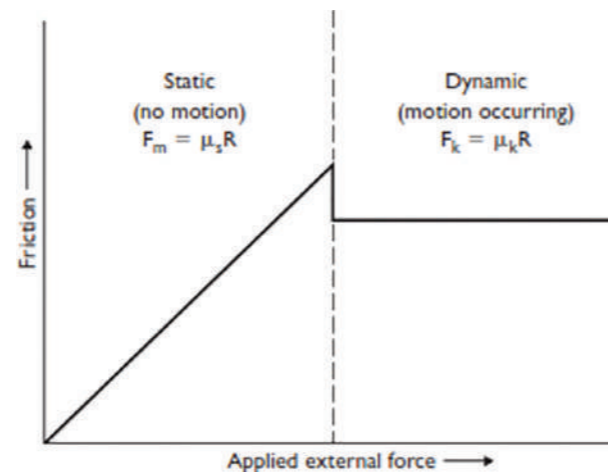
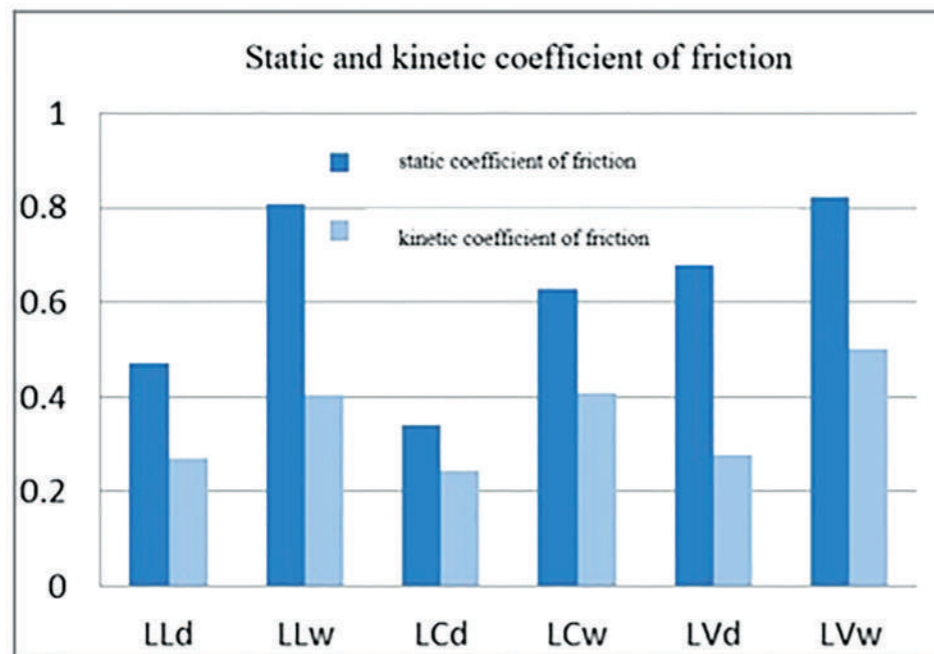


Figure. 6. Diagram of static and dynamic frictional forces (Source: <https://ftramonmartins.files.wordpress.com/2016/09/basic-biomechanics-susan-hall-6th-edition1.pdf>)

Figure. 7. Diagram of friction coefficients for the materials from which the soles of travellers' shoes are made (leather, rubber) and the materials covering the GEMPT generator (copolymers, linoleum) (LLd - friction between leather - dry laminate; LLw - friction between leather - wet laminate; LCd - friction between leather - dry ceramic; LCw - friction between leather - wet ceramic; LVd - friction between leather - dry vinyl; LVw - friction between leather - wet vinyl). (Source: https://www.researchgate.net/figure/Static-and-kinetic-friction-coefficient-values-LL-leather-laminate-LC-leather-ceramic-fig3_320069824)



3.3. Calculation of the energy that can be produced by GEMPT in public transport stations for trams, trolleybuses and buses in Timișoara

In 2019 Timișoara had 179281000 registered passengers (107417000 by tram, 36901000 by trolleybus, 34963000 by bus). This results in 498003 passengers per day. Assuming an average mass of each passenger as $m = 75 \text{ kg}$, moving at a speed $v = 1.2 \text{ m/s}$, this gives a force :

$$F = 75 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.5 = 367.5 \text{ N} \quad (3)$$

The power that compensates the resistance to kinetic friction is:

$$P = F \times v = 367.5 \text{ N} \times 1.2 \text{ m/s} = 441 \text{ W} \quad (4)$$

t is the charging time and is measured based on the length of the piezoelectric generator l_p (assumed to be $0.50 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$) and the pedestrian speed $v = 1.2 \text{ m/s}$

$$t = l_p/v = 0.5/1.2 = 0.4166 \text{ s} \quad (5)$$

The mechanical energy is measured by considering power as an integral of time:

$$U_{in} = \int_0^t P \, dt = \int_0^{0.4166} 441 \, dt = 183.72 \text{ J} \quad (6)$$

The energy generated by the piezoelectric generator is :

$$UE = 0,078 \times 183.72 = 14.33 \text{ J} \quad (7)$$

If an area of 10 m^2 is allocated to each public transport station, 20 piezoelectric generators can be installed. Assuming that there are on average 20 passengers and that each passenger steps on a generator when getting on or off the vehicle, the energy generated by the generators will be :

$$UE_{tot} = 14.33 \text{ J} \times 20 \text{ generatoare} = 286.6 \text{ J} = 286.6 \text{ J} \times 2.77777778 \times 10^{-7} = 796.11111748 \times 10^{-7} \text{ kWh} \quad (8)$$

A calculation for year 2019

$$179281000 \text{ registered passengers} / 146 \text{ stations} \times 365 \text{ days} = 3364 \text{ passengers} / \text{station in one day}$$

$$3364 \text{ passengers} / \text{station day} / 20 \text{ passengers results} = 168 \text{ boarding/ disembarking series} / \text{day}$$

$$UE \text{ station/day} = 168 \times 796.11111748 \times 10^{-7} \text{ kWh} = 133746.667737 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

$$UE \text{ day TM} = 146 \text{ station} \times 133746.667737 \times 10^{-7} \text{ kWh} = 19527013.49 \times 10^{-7} \text{ kWh}$$

$$UE \text{ year TM} = 365 \text{ days} \times UE \text{ day TM} = 7127359923.69 \times 10^{-7} \text{ kWh} = 712.74 \text{ kWh}$$

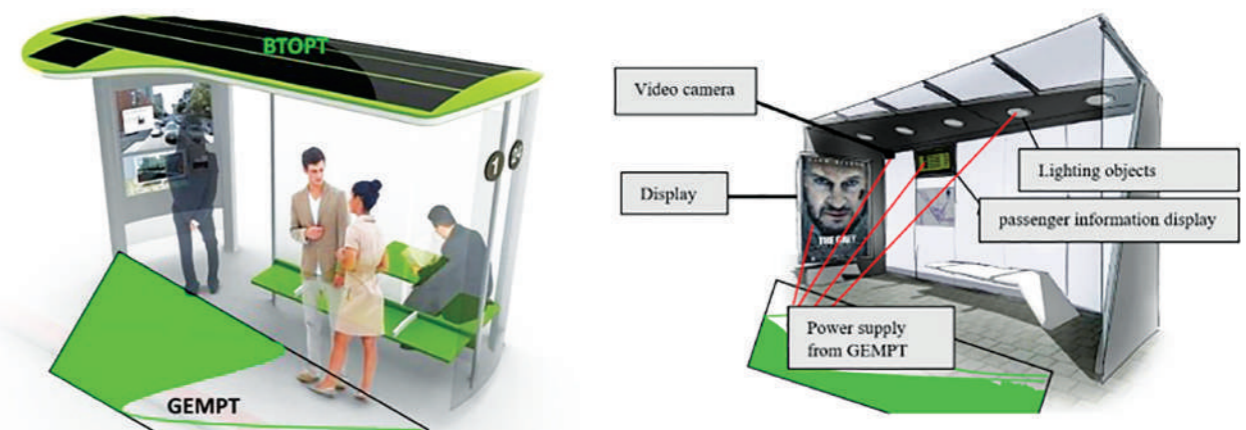


Figure. 3. GEMPT layout scheme and interconnection to possible consumers

3.4. Calculation of the investment - Total investment value I = 409520 Euro

This is quite a large value and no calculations on the depreciation of the investment need to be made at this point. Comparison with other energy sources must be taken into account. The following table shows a comparison of the characteristics of the IPEG piezoelectric generator in Israel with other types of energy.

System component, type code	Price without taxes (EURO)	Quantity	Total cost without taxes (EURO)	Manufacturer
Bridge rectifier; braking rectifier assemblies; Urmax: 1,4 kV Manufacturer IXYS Manufacturer name: VGB0124AY7A	100	146	14600	www.tme.eu/ro/katalog/punti-redresoare
Capacitor or capacitor bank	110	146	16060	www.tme.eu/ro/katalog/punti-condensatoare
Piezoelectric generator: 1PC 50*50 power generation sheet PZT piezoceramic bending element Product name: Piezoceramic bending element, 50%50 new energy power generation sheet, PZT piezoelectric ceramic power generation sheet, high-efficiency energy-saving power generation sheet Output voltage: 0-33v Output current: 0-26mA Resonance impedance: <66 ohm Static capacitance: 351-431 nF Substrate material: high beryllium copper #CW615N Piezoelectric ceramic material: PZT-5H Kt=0.51 eT33 = 1800 Qm = 800 Kp>0.83% D33>880X10-12C/N Kt33 = 4900 T=0.15 mm, t1 = 0.20mm, t2 = 0.20 mm	53 Euro X 20 piece/station	146	154760	Piezoelectric ceramics - Factory Direct PIEZZO HANNAS is a global manufacturer of high quality piezoelectric ceramics
HDPE membrane for generator placement	100 Euro/40 m ²	146	14600	
Battery	150	146	21900	
Invertor	300	146	43800	
Electrical installation and switchgear for each passenger station		146	43800	
Workmanship			150000	

The following table shows a comparison of the characteristics of the IPEG piezoelectric generator in Israel with other types of energy.

The solution for obtaining energy	Wind energy	Solar energy	Geothermal energy	Hydrothermal energy	Charcoal	Oil and gas	Piezoelectric energy with IPEG™
Cost [€ per kWh]	3-10	10-20	2-10	2-10	8-10	8-16	3-10
Investment refund [year]	12-30	20-30	10-20	12-15	15-20	10-13	6-12
Reliable	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Clean	✓	✓	✓	✓	X	X	✓
Maturity of technology	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
Availability for implementation	X	X	X	X	✓	✓	✓
Applicability in urban areas	X	✓	X	X	X	X	✓
Does not change environmental conditions through implementation	X	X	X	X	X	x	✓

4. Discussion

The paper presents a solution for the realization of renewable, non-combustible energy sources by involving the citizens of Timisoara, from children to the elderly, and using this energy for urban purposes such as: public illumination, illumination of passenger stations, access to charging various devices. This clean energy is obtained by transforming the kinetic energy of pedestrians into electricity based on the piezoelectric effect.

The advantage of the presented solution for this investment project, compared to the current existing solutions, as well as to other alternative systems, is

that it produces cost free energy, making the modern concept of "Walk, smile, generate and consume clean energy in your city" a concrete reality and a real option for every city.

In our paper we have shown, through mathematical determination, the opportunity to develop such a project on a city scale. Also, for the second stage, the team has already started the development of our own piezoelectric element. The images capture one of the various experiments conducted using this piezoelectric element.

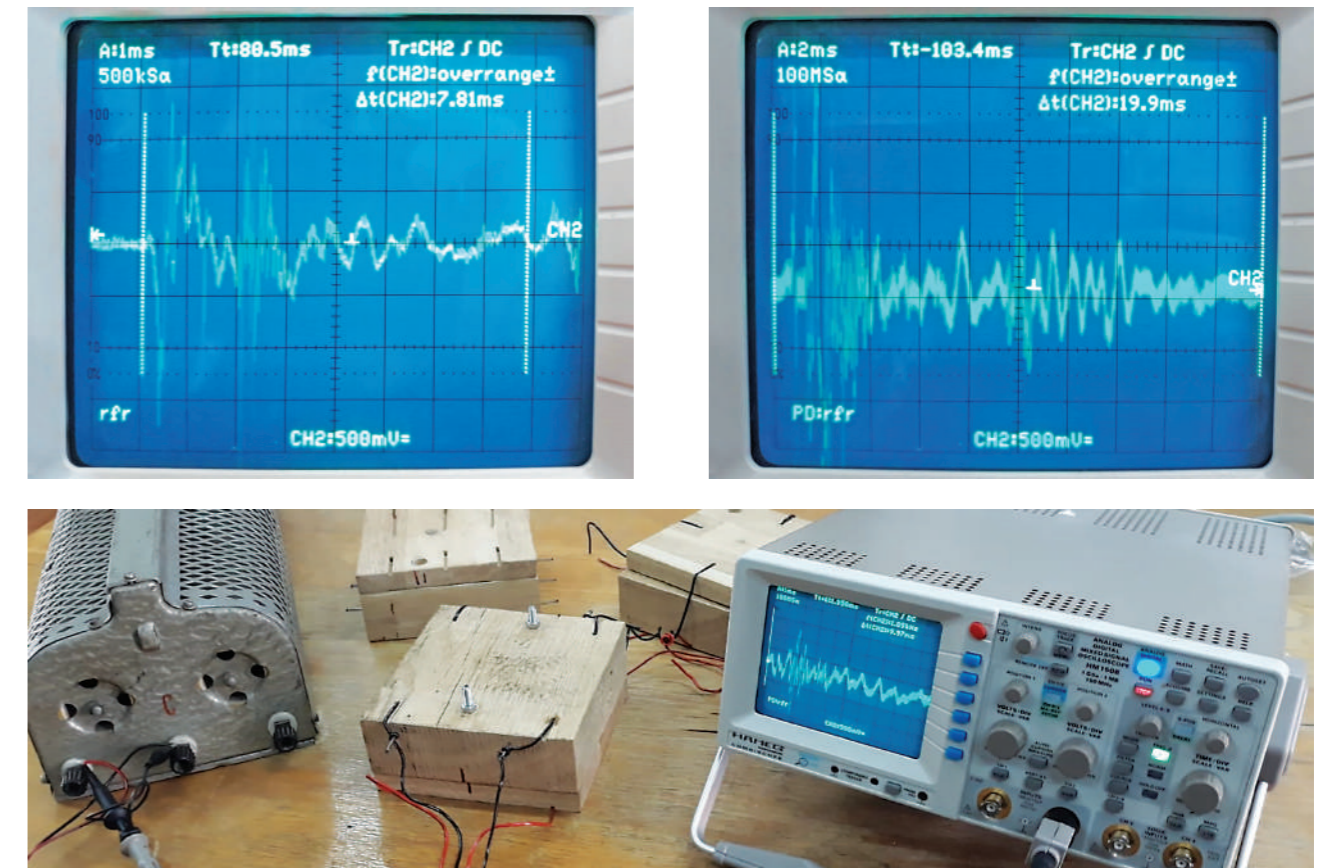


Figure 9. The development of our own piezoelectric element for the second stage of the project

References

- https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890414005159?via%3Dihub
- https://ourworld.unu.edu/en/lets_generate_electricity_by_walking
- https://www.offgridenergyindependence.com/articles/1589/energy-harvesting-roads-in-israel
- https://www.21stcentech.com/energy-update-heard-piezoelectricity-electricity-feet/
- https://link.springer.com/article/10.1007/s11595-014-1023-3
- https://www.steminc.com/PZT/en/piezo-ceramic-generator-40x11x17mm
- https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoelectricity
- https://greenbuildingelements.com/2011/06/24/piezoelectricity-elements/
- https://www.steminc.com/PZT/en/piezo-plate?gclid=Cj0KCQiAyoecBhCTARIsAOfpKxiYcU7a4t1Y_4Fy09O5a48P4bMn9D2ovyrDmRMrUmIWyq3loV5uey0aAm3ZEALw_wcB
- https://www.watelectrical.com/mcq/piezoelectric-transducer/
- http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/biomechanics/
- https://framtonmartins.files.wordpress.com/2016/09/basic-biomechanics-susan-hall-6th-edition1.pdf
- https://www.researchgate.net/figure/Static-and-kinetic-friction-coefficient-values-LL-leather-laminate-LC-leather-ceramic_fig3_320069824
- https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-a-piezoelectric-generator-in-different-states-a-initial-state-b-under_fig4_328700076



Garantați eficiența și confortul clădirilor cu instrumentele Testo

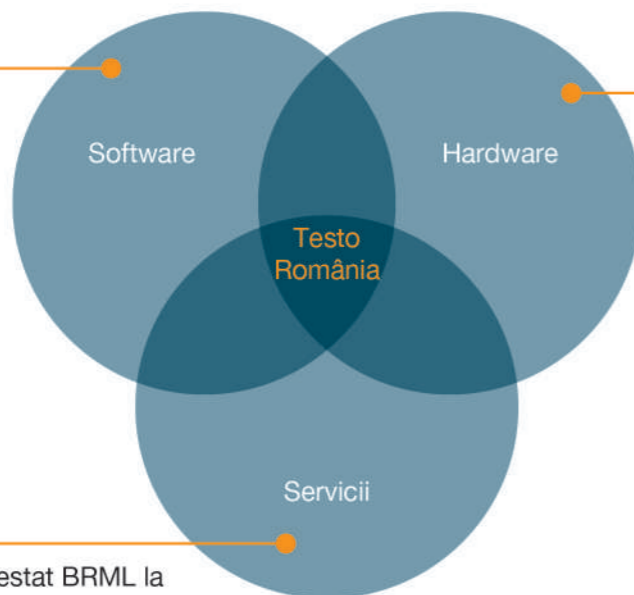


Provocările în domeniul mentenanței clădirilor pot fi multiple în vremurile de acum. Tehnicienii sau administratorii de clădiri trebuie să fie atenți la costurile de operare ale sistemelor, la consumul de energie, dar mai ales la confortul oamenilor din clădire. În plus, ar fi bine dacă ar reuși să eficientizeze și procesele sau procedurile de verificare. Cum reușesc să facă acest lucru?

Cu tehnologia potrivită pentru toate sarcinile de măsurare necesare pentru administrarea clădirilor, împreună cu un partener cu experiență în domeniu. La Testo veți găsi totul într-un singur loc. Instrumente de măsurare de calitate superioară, software dedicat pentru crearea unor rapoarte profesionale și nu în ultimul rând service și laborator de etalonări în România.

Conectivitate

- Instrumente cu conexiune la aplicații (Bluetooth, WLAN)
- Interfețe cu software-ul clientului
- Conectivitate la orice sistem de operare (iOS, Android, Windows) cu transfer securizat de date - și offline



Servicii pentru clienți

- Laborator de metrologie atestat BRML la Cluj-Napoca
- Două puncte de service în țară, la Cluj-Napoca și București
- Posibilitate de training pentru produse

Gamă largă de instrumente pentru

- Aer condiționat, ventilație
- Gaze de ardere
- Refrigerare
- Temperatură, umiditate, presiune
- Termografie
- Parametri electrici
- Monitorizarea condițiilor ambientale

Reglați eficient sistemele de aer condiționat și de ventilație



Performanță maximă cu consum de energie minim, numai cu sisteme de ventilație controlate corect, prin măsurarea precisă și conformă cu standardele a temperaturii și debitului de aer, cu instrumentele multifuncționale testo 400 și testo 440.

Calitatea aerului și confortul interior garantate



Climat interior optim la locul de muncă, cu risc minim pentru sănătate și performanță maximă a angajaților, prin măsurarea obiectivă și conformă cu standardele a confortului ambiental, cu instrumentul multifuncțional testo 400 și cu instrumentele de măsurare a valorilor de CO₂, a temperaturii, a umidității, a nivelului de zgomot și a intensității luminoase.

Înregistrați toți parametrii VAC importanți datorită monitorizării climatului interior



Siguranța proceselor și sănătatea angajaților prin monitorizarea permanentă a calității aerului din încăperi și procese în clădirile de birouri și industriale, cu data loggere și sisteme de monitorizare de la Testo.

Operați eficient sistemele de încălzire



Operare sigură și eficientă din punct de vedere energetic a sistemelor de încălzire convenționale prin analiza regulată a gazelor de ardere cu testo 300 NEXT LEVEL. Verificați temperatura și presiunea și detectați scurgerile de gaz pe sistemele de încălzire și pompele de căldură cu instrumente de măsurare inteligente de la Testo.

Reglați eficient sistemele de refrigerare și pompele de căldură



Sisteme de refrigerare și pompe de căldură operate optim și eficient din punct de vedere energetic datorită inspecției, întreținerii și documentării regulate cu manifoldul digital testo 557s, sonde wireless, aplicația testo Smart App și sistemul de încărcare complet automat testo 560i.

Testați instalațiile electrice și sistemele fotovoltaice



Asigurați buna funcționare a sistemelor și a tablourilor electrice, dar și a sistemelor fotovoltaice cu camere de termoviziune, precum testo 883. De asemenea, puteți verifica toți parametrii electrici relevanți cu cleștele ampermetric testo 770 și multimetrul digital testo 760.

Efectuați mentenanța preventivă



Operare fără întreruperi și cu economii de energie a sistemelor mecanice, a sistemelor sub tensiune și a componentelor sau conexiunilor cu defecte prin controlul și mentenanța preventivă cu ajutorul camerei de termoviziune inteligentă testo 883.

Economisiți energie prin termografia clădirii



Identificați rapid, în siguranță și în mod intuitiv pierderile de energie, punțile termice și scurgerile, precum și anomaliile și deteriorările anvelopei clădirilor cu ajutorul camerelor de termoviziune inteligente, precum testo 883 sau cu termometrele pentru măsurarea temperaturii fără contact de la Testo.

O selecție din reglementările tehnice nou-apărute privind instalațiile:



Preț: 210 lei



Preț: 150 lei



Preț: 105 lei



Preț: 68 lei



Preț: 320 lei



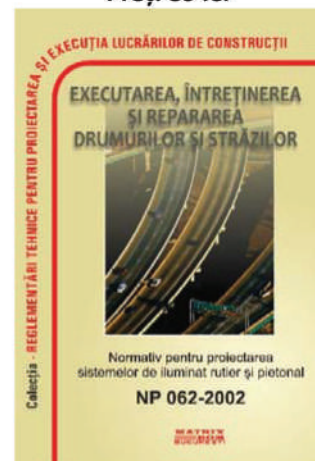
Preț: 89 lei



Preț: 64 lei



Preț: 35 lei



Preț: 57 lei

Folosind codul **INSTAL1**, puteți beneficia de o reducere de 20% la comenzi

Calitate grafică, imagini color, cele mai mici prețuri la normative

Pentru oferta completă și achiziție, accesați www.matrixrom.ro

