



**UNIVERSITATEA TEHNICĂ
„GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
FACULTATEA DE CONSTRUCȚII ȘI INSTALAȚII**



**SOLUȚII PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA
SECURITĂȚII LA INCENDIU
A CONSTRUCȚIILOR
- REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT -**

Doctorand: ing. Mihai-Ciprian MITREA

Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. ing. Andrei BURLACU

Iași, 2024

UNIVERSITATEA TEHNICĂ “GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI
R E C T O R A T U L

Către

Vă facem cunoscut că, în ziua de 25.09.2024 la ora 10.30 în Sala 01R Corpul R a Facultății de Construcții și Instalații, va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată:

“ SOLUȚII PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA SECURITĂȚII LA INCENDIU A CONSTRUCȚIILOR”

elaborate de doamna / domnul ing. MITREA MIHAI CIPRIAN în vederea conferirii titlului științific de doctor.

Comisia de doctorat este alcătuită din:

- | | | |
|----|---|------------------------|
| 1. | Prof. univ. dr. ing. Dorina-Nicolina ISOPESCU
Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | președinte |
| 2. | Prof. univ. dr. ing. Andrei BURLACU
Profesor, Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | conducător de doctorat |
| 3. | Prof. univ. dr. ing. Marius Gabriel PETRESCU
Profesor, Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești | referent oficial |
| 4. | Conf. univ. dr. ing. Ladislau Peter RADERMACHER
Profesor, Universitatea Tehnică din Petroșani | referent oficial |
| 5. | Marina VERDEȘ
Conferențiar, Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași | referent oficial |

Cu această ocazie vă invităm să participați la susținerea publică a tezei de doctorat.

RECTOR,

Prof. univ. dr. ing. Dan CAȘCAVAL

Secretar universitate,

ing. Cristina NAGÎȚ

CUPRINS

MULȚUMIRI	4
Capitolul 1. INTRODUCERE	5
1.1 Justificarea abordării temei.....	5
1.2 Importanța și actualitatea temei	6
1.3 Încadrarea temei în preocupările internaționale, naționale.....	7
1.4 Premisele și obiectivele cercetării	8
Capitolul 2. NECESITATEA ȘI OPORTUNITATEA CERCETĂRII. STADIUL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL DE CERCETARE	10
2.1 Instalație de contorizare a persoanelor în spațiile publice închise.....	10
2.1.1 Considerente generale referitoare la contorizarea persoanelor în spațiile publice închise	10
2.1.2 Smart control access system.....	11
2.1.3 Contorizare prin camerele de supraveghere	12
2.1.4 Contorizare prin detecția termică	12
2.1.5 Contorizare prin wifi	13
2.1.6 Contorizare prin senzori IR activi	13
2.1.7 Contorizare prin detecția cu ultrasunete	13
2.1.8 Contorizare prin senzori de mișcare	13
2.1.9 Concluzii privind stadiul actual al cunoașterii cu privire la contorizarea persoanelor în spațiile publice închise.....	13
2.2 Sistem de stingere a incendiilor în clădiri rezidențiale	14
2.2.1 Analiza incendiilor produse la clădiri rezidențiale.....	14
2.2.2 Considerente generale referitoare la sistemele de stingere a incendiilor în clădirile rezidențiale	14
2.2.3 Reglementări în plan internațional	15
2.2.4 Reglementări în plan național.....	15
2.2.5 Instalații de stingere cu sprinklere	16
2.2.6 Instalație de stingere cu ceață de apă.....	16
2.2.7 Instalație de stingere AUTOMIST	17
2.2.8 Stingerea incendiilor cu roboți de incendiu.....	17
2.2.9 Concluzii privind stadiul actual al cunoașterii cu privire la sistemele de stingere a incendiilor din clădirile rezidențiale	18
Capitolul 3. INSTALAȚIE DE CONTORIZARE A PERSOANELOR ÎN SPAȚII PUBLICE ÎNCHISE, SOLUȚIE ORIGINALĂ DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A NIVELULUI DE SECURITATE LA INCENDIU.....	19
3.1 Date generale despre instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise.....	19
3.2 Cerințe minime și structura de principiu a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise.....	20
3.3 Identificarea tipurilor de senzori ce pot fi utili instalației propuse.....	22
3.3.1 Matrice de senzori infraroșu.....	22

3.3.2 Tehnologia termopilelor MEMS	23
3.4 Senzori ce pot fi utilizați în instalația de contorizare a persoanelor	23
3.4.1 Panasonic Grid-EYE	23
3.4.2 Senzori Heimann	25
3.4.3 Senzori Omron	26
3.5 Concluzii privind senzorii existenți	27
3.6 Cercetare experimentală privind o soluție de contorizare a persoanelor în spații publice închise	27
3.6.1 Dispozitive utilizate în cadrul verificării practice	27
3.6.2 Verificarea practică a kitului de evaluare Grid-EYE Gen2, analiza și interpretarea rezultatelor obținute.....	28
3.7 Concluzii privind instalația de contorizare propusă	31
Capitolul 4. SISTEM DE STINGERE A INCENDIILOR ÎN CLĂDIRILE REZIDENȚIALE, SOLUȚIE ORIGINALĂ DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A NIVELULUI DE SECURITATE LA INCENDIU	32
4.1 Cadrul general	32
4.2 Agenți de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale.....	33
4.3 Caracteristici ale stingerii incendiilor cu ceață de apă	35
4.4 Caracteristici ale instalațiilor de stingere cu ceață de apă	36
4.5 Timpul de răspuns al pompierilor	37
4.6 Principalele caracteristici ale viitoareii soluții de stingere	38
4.7 Soluția de stingere a incendiilor propusă	40
4.8 Concluzii privind sistemul de stingere propus	43
Capitolul 5. CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE. VALORIFICAREA REZULTATULUI PROGRAMULUI DE DOCTORAT. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE	44
5.1 Concluzii finale.....	44
5.1.1 Instalația de contorizare a utilizatorilor	44
5.1.2 Sistemul de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale.....	48
5.2 Contribuții personale	51
5.3 Valorificarea rezultatului programului de doctorat	53
5.4 Direcții viitoare de cercetare.....	53
BIBLIOGRAFIE	55
ANEXA NR. 1 - NORMATIV PRIVIND SECURITATEA LA INCENDIU A CONSTRUCȚIILOR, Partea a IV-a – Ghid de proiectare a instalațiilor de contorizare a persoanelor în spații publice închise, Indicativ GP - 118/4 – 2024.....	60

MULȚUMIRI

Primele gânduri de mulțumire care îmi vin în minte acum, la finalizarea acestei teze, se îndreaptă în mod inevitabil către conducătorul de doctorat. Domnule profesor dr. ing. Andrei Burlacu, am onoarea să vă adresez cele mai sincere mulțumiri pentru consistenta dumneavoastră contribuție, care a făcut posibilă transformarea unor simple idei și gânduri în soluții concrete, care în viitorul cât se poate de apropiat pot efectiv să salveze vieți omenești. Vă sunt recunoscător pentru calmul, răbdarea și înțelegerea manifestată în toți acești ani față de mine, precum și pentru tactul dumneavoastră care a făcut posibilă menținerea motivației mele la un nivel ridicat, pentru a reuși împreună să finisăm și să punem în valoare ideile de bază ale acestei teze.

De asemenea, îmi exprim recunoștința și aprecierea față de domnul prof. dr. ing. Marius Costel Bălan pentru ideile și îndrumările sale din timpul elaborării prezentei teze de doctorat.

Doresc să aduc mulțumiri întregului colectiv din cadrul Universității Tehnice Gheorghe Asachi din Iași pentru sprijinul acordat și pentru faptul că mi-au generat în mod atât de natural sentimentul de apartenență la această universitate, în condițiile în care sunt absolvent al unei alte facultăți. Vă mulțumesc pentru că m-ați făcut să mă simt din nou student!

Cu multă recunoștință, doresc să mulțumesc familiei, care a fost alături de mine și m-a sprijinit din toate punctele de vedere în tot acest timp.

Vă mulțumesc tuturor celor care ați avut încredere în mine! Prin cuvintele și faptele voastre, prin sprijinul acordat, atât direct, cât și indirect, m-ați încurajat să finalizez prezenta lucrare. Fără voi toți, acest rezultat nu ar fi fost posibil.

Capitolul 1. INTRODUCERE

1.1 Justificarea abordării temei

Pe parcursul existenței omenirii, evoluția în ansamblu a societății a generat și o creștere a calității construcțiilor, în acest moment acest aspect fiind privit ca o satisfacere, pe întreaga durată de existență a acestora, a exigențelor utilizatorilor și a colectivităților. Calitatea în construcții este reglementată în România prin Legea 10 din 1995 care stabilește cerințele fundamentale ce sunt obligatorii a se realiza și menține pe întreaga durată de existență a construcțiilor, astfel: rezistență mecanică și stabilitate; securitate la incendiu; igienă, sănătate și mediu înconjurător; siguranță și accesibilitate în exploatare; protecție împotriva zgomotului; economie de energie și izolare termică; utilizare sustenabilă a resurselor naturale.

În prezenta lucrare atenția se va concentra asupra cerinței *securitate la incendiu* ca și componentă esențială în asigurarea securității utilizatorilor unei clădiri. Noțiunea de securitate la incendiu cunoaște o evoluție continuă, în sensul creșterii exigenței și a așteptărilor privind securitatea oferită construcțiilor și implicit utilizatorilor.

În România activitatea de proiectare în domeniul securității la incendiu este reglementată prin normative de proiectare specifice sau prin normative care vizează reglementarea unor instalații care nu au rol în satisfacerea cerinței esențiale securitate la incendiu dar au capitole dedicate acestei cerințe. Dintre normativele specifice domeniului reținem:

- Normativ de siguranță la foc a construcțiilor indicativ P118-99, aprobat prin ordinul M.L.P.A.T. nr.27/N/07.04.1999;
- Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a II-a — Instalații de stingere, indicativ P 118/2-2013, aprobat prin ordinul M.D.R.A.P. nr. 2463/24.09.2013;
- Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a III-a - Instalații de detectare, semnalizare și alarmare incendiu, indicativ P118/3 – 2015, aprobat prin ordinul M.D.R.A.P. nr. 364/09.03.2015.

Dincolo de reglementarea prin normative la nivel de proiectare, aspect ce generează o construcție conformă pentru cerința securitate la incendiu, ulterior punerii în funcțiune devine relevant modul în care este exploatată construcția. Este de menționat desemnarea Inspectoratului General pentru Situații de Urgență, prin legea 307 din 2006 privind apărarea împotriva incendiilor, ca și autoritate de reglementare, instituția elaborând metodologii, norme, regulamente și proceduri.

Normele generale de apărare împotriva incendiilor, elaborate în cadrul anterior menționat și aprobate prin ordinul M.A.I. nr. 163 din 2007 reglementează faptul că instalațiile, construcțiile și

amenajările vor fi proiectate și executate în așa fel încât, pe întreaga durată de existență a acestora, în cazul apariției unui incendiu, să poată asigura:

- estimarea stabilității pentru elementele portante pentru o durată determinată de timp;
- limitarea propagării incendiului spre vecinătăți;
- limitarea apariției și propagării fumului și focului în interiorul construcției;
- securitatea forțelor de intervenție.
- posibilitatea pentru utilizatori de a se evacua sau de a fi salvați printr-un alt mijloc;

După cum se poate observa din aspectele menționate anterior, cerința de calitate *securitate la incendiu* reprezintă un domeniu complex, cu multe dimensiuni ce trebuie abordate în ansamblu și cu un impact semnificativ asupra construcțiilor și utilizatorilor acestora.

În urma unei analize atente a domeniului *securitate la incendiu* au fost identificate două zone ce pot cunoaște o dezvoltare semnificativă, atât prin prisma faptului că în prezent nu sunt reglementate, cât și din potențialul impact pozitiv pe care îl pot avea asupra construcțiilor și utilizatorilor.

1.2 Importanța și actualitatea temei

Securitatea la incendiu, definită ca fiind o cerință de calitate a construcțiilor, nu a constituit o prioritate pentru beneficiarii și investitorii din domeniul construcțiilor, acest domeniu venind în atenția publicului larg după tragedia din Clubul Colectiv din București. Ulterior acestui eveniment s-a propagat ideea că asigurarea unui nivel minim de securitate la incendiu este o necesitate. Analizând situația de după evenimentul din Clubul Colectiv se poate remarca faptul că există o tendință constantă de supraaglomerare a locațiilor de acest gen, neexistând o intenție de a menține numărul de utilizatori în parametrii proiectați.

Nivelul de securitate la incendiu al unei construcții se menține la un nivel optim atâta timp cât elementele constructive și instalațiile de prevenire și stingere a incendiilor aferente unei clădiri respectă condițiile stabilite în etapa de proiectare. Chiar dacă sunt respectate aceste condiții, există totuși un aspect ce poate conduce la o scădere a nivelului de securitate la incendiu, deoarece în prezent nu se face o monitorizare a numărului de utilizatori dintr-o clădire publică, ceea ce generează depășiri ale valorii proiectate. Practic, prin depășirea semnificativă a numărului de utilizatori ai unei construcții cerința de calitate *securitate la incendiu* poate fi grav afectată pe fondul schimbării semnificative a valorilor parametrilor care au stat la baza proiectării respectivei construcții.

În acest context, pentru a îmbunătăți nivelul de securitate la incendiu al construcțiilor, prin prezenta lucrare se propune realizarea unei instalații de contorizare a persoanelor din spații publice închise. O astfel de instalație ar permite administratorilor obiectivelor să asigure o încadrare mai facilă în valorile maxime de utilizatori stabiliți prin documentațiile de proiectare. Totodată, această

instalație ar fi foarte utilă și inspectorilor care au rolul de a verifica încadrarea în parametrii proiectați sau stabilirea cu exactitate a depășirii numărului de utilizatori cu procentul de 10%.

Importanța acestei propuneri de instalație este dată de efectele dezastruoase ale nerespectării numărului de utilizatori maximi admiși într-o construcție iar actualitatea sa este dată pe de o parte de existența unor astfel de stări de fapt și pe de altă parte de apariția unor realizări tehnice care pot permite realizarea unei astfel de instalații.

Dezvoltarea în ultima perioadă a conceptelor Internet of Things (IoT) și smart home, deschide calea către studierea modalității de implementare a unor instalații de detectare și stingere a incendiilor deja existente în zona industrială, către zona construcțiilor de locuințe. Casa inteligentă creează un sistem de management al locuinței prin tehnologia internetului prin intermediul IoT. În prezent segmentul de securitate la incendiu, ca parte a IoT, vizează monitorizarea senzorilor specifici: de gaz, de temperatură sau de fum, fără a acorda o atenție pentru reacția casei inteligente în cazul manifestării unui incendiu. Deși pe plan internațional există intenții de echipare cu instalații de sprinklere a clădirilor rezidențiale, la nivelul țării noastre nu există o preocupare de a echipa aceste construcții cu instalații de stingere. Având în vedere statistica incendiilor la această categorie de obiective, care indică valori semnificative, apare necesitatea de a oferi proprietarilor de locuințe o soluție de protejare a acestor construcții, prin intermediul unui sistem de stingere a incendiilor adaptat acestor cerințe.

Pentru a îmbunătăți nivelul de securitate la incendiu al construcțiilor, se propune realizarea unui sistem de stingere a incendiilor destinat clădirilor rezidențiale, care să valorifice conceptul Internet of Things și realizările tehnice existente în prezent în domeniul securității la incendiu, printr-o adaptare la această categorie de construcții.

Importanța realizării acestui sistem este dată de nevoia de a pune la dispoziția proprietarilor de locuințe un sistem care să asigure stingerea incendiilor care pot să apară în clădirile rezidențiale. Această propunere este de actualitate pe fondul dezvoltării tehnicii din ultima perioadă de timp.

Cele două propuneri ale prezentei lucrări vin să ofere soluții, bazate pe descoperirile actuale ale tehnicii, pentru două aspecte importante ale domeniului securității la incendiu, importanța lor fiind dată de impactul pe care îl pot avea în ceea ce privește salvarea de vieți omenești și reducerea pagubelor materiale.

1.3 Încadrarea temei în preocupările internaționale, naționale

Pe plan internațional reținem intenția de contorizare a persoanelor în spații publice deschise, în scopul aflării numărului de participanți la anumite manifestări publice, informația fiind necesară pentru o estimare generală a numărului de oameni aflați într-o mulțime. De regulă această contorizare se realizează prin procesarea imaginilor video obținute de la evenimentul respectiv. O altă situație, întâlnită atât pe plan internațional cât și național, este cea care vizează accesul controlat al persoanelor

în incinte sportive prin utilizarea de turnicheți amplasați la toate intrările, unii dintre aceștia oferind și posibilitatea de contorizare a persoanelor.

În ceea ce privește contorizarea persoanelor în spații publice închise reținem o preocupare în domeniul comercial pentru o estimare a numărului potențialilor clienți, activitatea de contorizare mergând și mai departe, în sensul identificării profilului (sex, vârstă) utilizatorului care poate să primească astfel o reclamă personalizată pentru anumite produse.

Din analiza preocupărilor la nivel internațional, nu a fost identificată o intenție de realizare a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise, ca parte conexă domeniului securitate la incendiu deși în trecut au existat evenimente similare celui din clubul Colectiv.

Pe plan național, după anul 2015, anul producerii tragediei din clubul bucureștean, reținem reglementarea conform căreia depășirea numărului de utilizatori cu 10% conduce la oprirea funcționării respectivului operator economic pentru o perioadă de 60 de zile.

Așadar, nu a fost identificată nici pe plan internațional nici pe plan național o preocupare de dezvoltare a instalației de contorizare a persoanelor în spațiile publice închise, ca instalație aferentă domeniului *securitate la incendiu*.

În ceea ce privește instalațiile sau sistemele de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale reținem existența unor normative sau standarde de proiectare a instalațiilor de sprinklere pentru clădiri rezidențiale. Astfel, au fost identificate standardul NFPA 13D în Statele Unite ale Americii și standardul BS 9251:2005 din Marea Britanie. În Statele Unite ale Americii doar patru state din totalul de 49 au impus la nivelul lor obligativitate aplicării NFPA 13D.

Pe plan național nu reținem niciun fel de discuție legată de posibilitatea echipării locuințelor cu instalații de stingere a incendiilor. Mai mult decât atât, domeniul prevenirii și stingerii incendiilor la clădirile rezidențiale din România considerăm a fi unul foarte deficitar prin comparație cu abordările altor state. Astfel, nu este reglementată obligativitatea echipării clădirilor rezidențiale cu detectoare de fum autonome, aspect întâlnit în multe alte state.

Concluzionăm că în România nu există preocupări în domeniul legislativ în ceea ce privește domeniul prevenirii și stingerii incendiilor la clădirile rezidențiale, singura abordare în acest domeniu fiind dată de campaniile de echipare cu detectoare autonome de fum a locuințelor, campanii dezvoltate de Inspectoratul pentru Situații de Urgență *Petrodava* al județului Neamț în anul 2013 și de către Departamentul pentru Situații de Urgență în anul 2024.

1.4 Premisele și obiectivele cercetării

Programul de cercetare se va concentra pe două direcții, care vizează pe de o parte instalația de contorizare a persoanelor și pe de altă parte sistemul de stingere a incendiilor destinat clădirilor rezidențiale. Identificarea unor astfel de soluții, urmate de o implementare a lor, ar aduce un impact

pozitiv semnificativ asupra cerinței de calitate *securitate la incendiu*. Este de precizat că aceste soluții vor putea avea aplicabilitate atât la nivel național cât și la nivel internațional, dat fiind faptul că în acest moment nu există soluții concrete de contorizare a persoanelor iar în ceea ce privește sistemele de stingere pot fi oferite alternative la foarte puținele soluții existente în prezent, având în vedere faptul că acestea, în marea lor majoritate, sunt în faza de concept.

În cazul instalației de contorizare a persoanelor programul se va concentra pe analiza stadiului cunoașterii în domeniu și ulterior pe identificarea senzorilor ce pot face posibilă realizarea unei astfel de instalații. După ce vor fi stabilite condițiile ce trebuie să le îndeplinească această instalație va fi făcută o propunere de structură a acesteia și în final propuneri de reglementare a echipării construcțiilor cu astfel de instalații. Această reglementare se va materializa într-o propunere de normativ, care să ofere soluția concretă pentru proiectarea unei astfel de instalații.

Cercetarea propusă vine să contribuie în mod consistent la dezvoltarea cerinței *securitate la incendiu*, prin dezvoltarea unor zone noi, în sensul dezvoltării și ulterior asumării instalației de contorizare a persoanelor în spații publice închise ca aparținând acestui domeniu. Pentru aceasta este necesară convingerea factorilor cu putere de decizie să reglementeze în viitorul apropiat obligativitatea echipării anumitor categorii de construcții cu astfel de instalații, în contextul generat de prezenta lucrare, care va oferi soluții concrete de protejare a utilizatorilor unei construcții prin echiparea cu o astfel de instalație.

În cazul sistemului de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale programul de cercetare va analiza factorii care pot contribui la definirea parametrilor de funcționare a unui astfel de sistem.

Tema propusă în ceea ce privește sistemul de stingere a incendiilor în clădiri rezidențiale va veni ca un sprijin pentru proprietarii care au disponibilitatea de a își echipa locuințele cu astfel de sisteme oferindu-le posibilitatea de a opta pentru un sistem care să întregască impactul Internet of Things în acest domeniu.

Sistemul de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale vine să ofere o soluție de creștere a nivelului de securitate la incendiu, inclusiv la clădirile de locuințe existente, una dintre caracteristicile sale constând în mobilitatea sa, nefiind un sistem fix. Spre deosebire de instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise, se propune ca echiparea cu astfel de sisteme de stingere a incendiilor să nu aibă un caracter obligatoriu ci să fie o opțiune ce poate să fie accesată de proprietarii acestor construcții.

Capitolul 2. NECESITATEA ȘI OPORTUNITATEA CERCETĂRII. STADIUL CUNOAȘTERII ÎN DOMENIUL DE CERCETARE

2.1 Instalație de contorizare a persoanelor în spațiile publice închise

2.1.1 Considerente generale referitoare la contorizarea persoanelor în spațiile publice închise

În ultimul deceniu constatăm o creștere a preocupării cetățenilor din România pentru ideea de securitate la incendiu, noțiune care a ajuns în prim plan după tragedia din Clubul Colectiv. Din analiza cazuisticii internaționale în domeniu, reținem următoarele incendii: incendiul din clubul Cocoman din Boston, Statele Unite al Americii din 28 noiembrie 1942, soldat cu 492 de decese, incendiul din clubul Republica Cromanon din Buenos Aires, Argentina din 30 decembrie 2004 soldat cu 194 de decedați și 1492 răniți și incendiul din clubul Rhythm, Mississippi, Statele Unite al Americii din 23 aprilie 1940 care a generat decesul pentru un număr de 209 persoane. În aceste evenimente regăsim două elemente comune: depășirea consistentă a numărului de utilizatori și blocarea căilor de evacuare.

În ceea ce privește evenimentul din Clubul Colectiv, trebuie amintit faptul că la data tragediei în club existau un număr de aproximativ 350 de utilizatori, în condițiile în care autorizația de funcționare a primăriei fusese emisă pentru 80 de utilizatori, într-o suprafață de 425 m², cumulat, spații destinate publicului și spații cu alte funcțiuni. Este de menționat că acest club nu deținea o autorizație de securitate la incendiu, în acest context neexistând o garanție a respectării aspectelor anterior menționate, pornind de la proiectare, continuând cu edificarea construcției, fiind vizată utilizarea de materiale conforme, și nu în ultimul rând exploatarea construcției.

Pentru a asigura un nivel de securitate corespunzător, proiectarea și ulterior edificarea construcțiilor și instalațiilor trebuie să aibă în vedere respectarea unor cerințe minimale. Astfel, cerința de calitate prevăzută în legea 10 din 1995, *rezistență mecanică și stabilitate* are impact și asupra cerinței *securitate la incendiu*, în sensul că este esențial a se asigura și ulterior a se putea estima stabilitatea elementelor portante în cazul apariției unui incendiu. Alte două legături a celor două cerințe vizează modul în care se face, prin elemente constructive, limitarea propagării incendiului la vecinătăți și de felul în care se propagă incendiul în interiorul construcției. Construcțiile și instalațiile trebuie să asigure securitate pentru oameni, fie că sunt utilizatori și trebuie să se evacueze, fie că sunt forțe de intervenție și trebuie să acționeze în siguranță.

Dacă aspectele referitoare la stabilitatea elementelor portante sunt soluționate încă din faza de construire, limitarea apariției și propagării focului și fumului sunt rezolvate prin echiparea construcției cu instalații de semnalizare și stingere a incendiilor precum și cu instalații de desfumare, evacuarea utilizatorilor comportă o analiză detaliată deoarece, spre deosebire de primele două aspecte

puse în discuție, comportă o componentă variabilă. Evacuarea utilizatorilor din construcții presupune o dimensionare a căilor de evacuare funcție de numărul de utilizatori maxim proiectat.

Riscul de incendiu este amplificat în momentul creșterii considerabile a numărului de utilizatori, acest aspect manifestându-se independent de nivelul de securitate la incendiu pe care îl asigură construcția. Este de precizat faptul că în domeniul securității la incendiu prin risc de incendiu se înțelege produsul dintre probabilitatea apariției unui incendiu și importanța pagubelor produse de acesta. Al doilea factor al riscului de incendiu definit anterior poate cunoaște o creștere exponențială în momentul în care discutăm despre persoane decedate. În acest context devine foarte importantă existența unor căi de evacuare care să fie proiectate în concordanță cu persoanele ce trebuie evacuate din respectivele construcții.

În România, la această dată, proiectarea căilor de evacuare se face în baza Normativului de siguranță la foc a construcțiilor, indicativ P118-1999. Normativul nu conține precizări detaliate pentru dimensionarea căilor de evacuare aferente tuturor destinațiilor de clădiri. Acesta reglementează numărul de utilizatori pe unitatea de suprafață, în funcție de destinația clădirii, precum și o dimensionare a gabaritelor fluxurilor de evacuare. Pentru menținerea riscului de incendiu în zona de acceptabilitate este necesar să existe o strânsă legătură între numărul maxim de utilizatori ai construcției și numărul de căi de evacuare asigurate, cu gabaritele dimensionate corespunzător.

După cum s-a putut observa în cazul tragediei din Clubul Colectiv, depășirea capacității proiectate în ceea ce privește numărul maxim de utilizatori admiși generează o mare vulnerabilitate. Pentru a răspunde acestei probleme, statul a reglementat, prin HGR 915/2015, obligativitatea proprietarilor de construcții publice de a respecta capacitatea proiectată a acestora, în cazul depășirii numărului de utilizatori cu 10% urmând să fie oprită funcționarea operatorului economic.

În continuare vor fi analizate soluțiile ce au fost identificate ca având legătură cu subiectul prezentei lucrări. Au fost identificate principii și soluții care pot fi translatate către obiectivul propus.

Pentru a menține numărul de utilizatori în parametrii proiectați se impune realizarea unei instalații de contorizare a persoanelor, care să contribuie la satisfacerea cerinței de securitate la incendiu, instalație care să aibă un regim similar cu instalațiile semnalizare și stingere a incendiilor, din punct de vedere al proiectării, execuției și asigurării mentenanței și ulterior să fie admisă ca fiind o instalație ce aparține acestui domeniu al securității la incendiu.

2.1.2 Smart control access system

Preocuparea pentru Internet of Things a generat soluții de conectare a diferite tipuri de senzori, inclusiv a unor sisteme de contorizare a persoanelor, fără ca aceste sisteme să fie elementul principal al cercetării. Un exemplu în acest sens este sistemul Smart Control Access System (Alkhodre, 2018), articolul aferent axându-se pe erorile ce pot să apară în cadrul IoT.

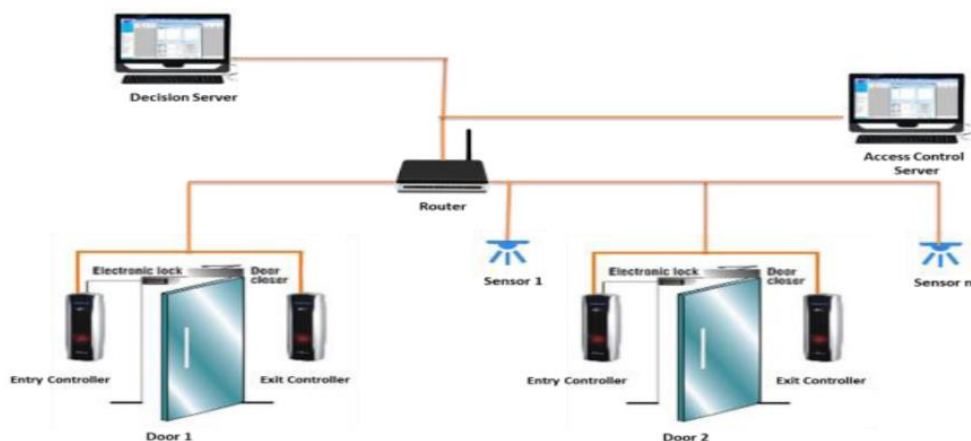


Figura 2. 1 - Smart Control Access System

2.1.3 Contorizare prin camerele de supraveghere

În lucrarea *Counting people by RGB or depth overhead cameras* (Del Pizzo și colab., 2016) este prezentată o metodă bazată pe monitorizarea video pentru numărarea numărului de persoane care traversează o linie virtuală. Metoda analizează fluxul video achiziționat de o cameră montată într-o poziție superioară în raport cu linia de numărare, permițând să determine numărul de persoane care traversează linia virtuală și furnizând direcția de trecere pentru fiecare persoană. Abordarea propusă a fost concepută pentru a obține o precizie ridicată astfel încât să permită adoptarea sa în cazuri reale.

2.1.4 Contorizare prin detecția termică

În vederea numărării persoanelor a fost cercetată posibilitatea de a plasa un senzor IR 8×8 la uși (Mohammadmoradi și colab., 2017). Soluția oferă date în timp real, fiind ieftină și protejând confidențialitatea. Ideea principală este implementarea unui senzor IR pe părțile laterale sau de sus a ușii și numărarea evenimentelor de intrare și ieșire. Soluția extrage și urmărește oamenii de la imaginile IR captate folosind diferența de temperatură în comparație cu fundalul.

O altă soluție (Orrite și Dueñas, 2018) de utilizare a senzorilor IR este de includere a lor într-o cameră video de supraveghere și, în baza unui algoritm, pot fi detectați oamenii pe baza identificării capetelor lor în imaginea de adâncime.

Principiul de funcționare a detecției termice este de a identifica emisia de căldură generată de prezența oamenilor și apoi, prin analiza pe calculator să fie realizată contorizarea persoanelor. Acest sistem are dificultăți atunci când oamenii stau nemișcați, când se suprapun și când transportă lucruri calde (cum ar fi laptopurile). Au fost dezvoltate aplicații pe acest principiu (Gade și colab., 2013), care obțin o rată de eroare de 4,44%.

Reținem din această propunere posibilitatea de contorizare a persoanelor, prin intermediul senzorilor IR, ca fiind una ce poate fi folosită scopului propus și anume acela de dezvoltare a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise.

2.1.5 Contorizare prin wifi

O altă modalitate de contorizare a persoanelor este cea care se poate realiza prin intermediul monitorizării telefoanelor mobile de tip smartphone, o modalitate ce era de neconceput anterior apariției acestui dispozitiv. În acest scop este utilizată una din funcțiile acestor dispozitive și anume capacitatea acestora de a se conecta la internet prin intermediul WiFi. În lucrarea *Tracking from One Side – Multi-Person Passive Tracking with WiFi Magnitude Measurements* (Karanam și colab., 2019), sunt prezentate concluziile urmăririi mai multor persoane, folosind doar mărimea semnalelor WiFi de la un transmițător și un număr mic de receptoare.

2.1.6 Contorizare prin senzori IR activi

Acest tip de contorizare presupune existența un emițător în infraroșu și un receptor în infraroșu. Senzorii sunt de obicei amplasați pe o parte ușii, senzorii standard numărând de câte ori lumina infraroșie este întreruptă de către persoanele care trec prin zona supusă observației. La finalul perioadei de monitorizare, pentru a determina numărul total de persoane care au intrat și au ieșit, este necesară împărțirea la doi a numărului întreruperi, acest aspect necesitând ca la final încăperea care inițial nu a avut ocupanți, să se regăsească în aceeași situație.

Deși această soluție este una cât se poate de ieftină din punct de vedere al costurilor, reținem faptul că nu se bucură de o acuratețe relevantă a datelor generate din contorizare, motiv pentru care nu poate reprezenta o soluție pentru scopul propus în această lucrare.

2.1.7 Contorizare prin detecția cu ultrasunete

Literatura de specialitate nu dezvoltă foarte mult acest subiect deoarece rezultatul nu are o acuratețe foarte bună, fiind influențat de tipul de haine ce este purtat. În principiu, sistemul este compus dintr-un emițător și un receptor, creându-se astfel o imagine a persoanelor ce trec prin zona monitorizată. În unul din articolele studiate (Târzia Sonar 2009) regăsim un studiu care vizează detectarea prezenței persoanelor în cadrul activităților desfășurate la un calculator.

2.1.8 Contorizare prin senzori de mișcare

Un senzor de mișcare este un dispozitiv care detectează obiecte în mișcare, în special persoane. Un astfel de dispozitiv este adesea integrat ca o componentă a unui sistem care execută automat o sarcină sau avertizează un utilizator despre existența unei mișcări într-o zonă. Acest tip de senzori pot fi utili în realizarea instalației de contorizare a persoanelor deși aceștia contorizează orice tip de mișcare, fie că discutăm despre cele generate de oameni, animale sau obiecte.

2.1.9 Concluzii privind stadiul actual al cunoașterii cu privire la contorizarea persoanelor în spațiile publice închise

Din analiza stadiului actual al cunoașterii nu reținem alocarea acestui scop, de contorizare a persoanelor, domeniului securității la incendiu, activitatea fiind expusă doar ca realizare a posibilității

de realizare tehnică a unui astfel de demers. În analiza efectuată anterior putem reține aspecte ce pot fi valorificate în demersul de realizare a unei instalații care să permită o contorizare, cu acuratețe, a persoanelor care se află la un moment dat într-un spațiu public închis. Soluțiile identificate până acum sunt diverse și prezintă avantaje și dezavantaje.

Dintre soluțiile identificate anterior reținem că una dintre cele mai pretabile soluții este cea referitoare la utilizarea matricilor de senzori IR care permit o contorizare a persoanelor prin detecția termică, prezenta lucrare urmând să detalieze această soluție, ca variantă principală pentru realizarea instalației de contorizare a persoanelor în spații publice închise.

2.2 Sistem de stingere a incendiilor în clădiri rezidențiale

2.2.1 Analiza incendiilor produse la clădiri rezidențiale

Conform datelor existente pe site-ul www.igsu.ro, în anul 2022 au avut loc un număr de 43.234 de incendii în România, 23.772 fiind cele de vegetație uscată. Din numărul de 19.462 incendii, fără cele produse la vegetația uscată, un număr de 7.070 au avut loc la locuințele populației, cu o medie de 19 astfel de incendii pe zi, la nivel național. Cele mai frecvente cauze de incendiu sunt coșul de fum defect sau necurățat în procent de 34% și instalațiile electrice defecte în procent de 23%.

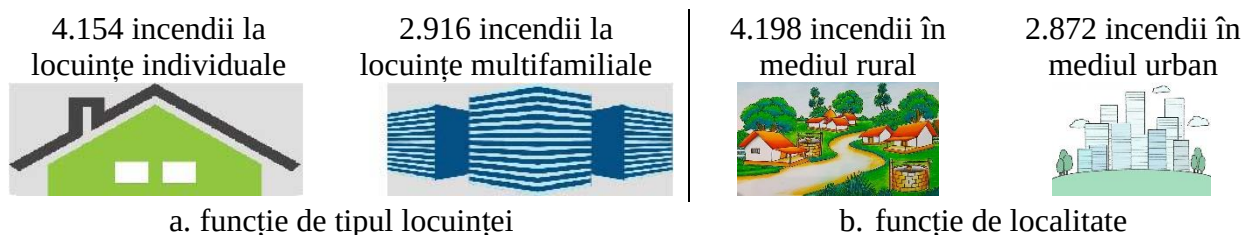


Figura 2. 2 – Distribuție incendii funcție de tipul locuinței

Se poate observa că există o incidență mai mare a incendiilor în cazul locuințelor individuale față de cele amplasate în clădiri de locuit multifamiliale și o probabilitate mai mare de apariție a unui incendiu în poduri și în bucătării, cele două destinații cumulate reprezentând peste 57% din cazuri.

2.2.2 Considerente generale referitoare la sistemele de stingere a incendiilor în clădirile rezidențiale

Pentru realizarea cerinței esențiale *securitate la incendiu*, pe lângă protecția ce se realizează prin intermediul măsurilor de ordin constructiv, o mare parte din nivelul de securitate fiind generată de instalațiile cu care este echipată o construcție sau amenajare, dintre acestea amintind:

- instalații de detectare, semnalizare și avertizare a incendiilor;
- instalații de stingere a incendiilor;
- instalații electrice pentru iluminatul de siguranță.

Dintre instalațiile de stingere cu apă existente, singurele care asigură o acționare automată în cazul apariției unui incendiu sunt instalațiile de stingere cu sprinklere. Din studierea stadiului actual

al cunoașterii nu au fost identificate preocupări pentru modernizarea și adaptarea instalațiilor de sprinklere pentru utilizarea lor în zona rezidențială.

Internetul lucrurilor (Internet of Things - IoT) este o tehnologie care se află în plină dezvoltare, și care are tendința din ce în ce mai mare de a pătrunde în viața cotidiană (Savu și colab., 2017). Acest concept a generat, în domeniul clădirilor rezidențiale apariția și dezvoltarea noțiunii de *smart home*, locuința inteligentă care descrie conectivitatea din interiorul locuințelor. Casa inteligentă creează un sistem de management al locuinței prin tehnologia internetului prin intermediul IoT. În prezent segmentul de securitate la incendiu, ca parte a Internet of Things, vizează monitorizarea senzorilor specifici: de gaz, de temperatură sau de fum, fără a acorda o atenție pentru reacția casei inteligente în cazul manifestării unui incendiu. O altă dimensiune a IoT este dată de monitorizarea parametrilor instalațiilor de prevenire și stingere a incendiilor din domeniul industrial (Zhang și Yu., 2013).

În vederea realizării unei instalații de stingere a incendiilor din locuințe a fost realizată o documentare a reglementărilor existente pe plan internațional și național. În același scop au fost analizate și preocupările de modernizare a instalațiilor de stingere cu sprinklere, în ideea de a putea fi adaptate pentru utilizarea lor la clădirile rezidențiale

2.2.3 Reglementări în plan internațional

La nivelul Uniunii Europene este utilizat standardul *EN 12845 Fixed firefighting systems - Automatic sprinkler systems - Design, installation and maintenance*. National Fire Protection Association din Statele Unite ale Americii a dezvoltat standardul *NFPA 13, Standard for the Installation of Sprinkler Systems* și ulterior subdiviziunea sa *NFPA 13D Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes*, acesta fiind adoptat ca fiind obligatoriu doar de patru state din totalul de 49. În Marea Britanie există standardul *BS 9251:2005* care reglementează proiectarea, instalarea, componentele, alimentarea cu apă, întreținerea și testarea instalațiilor de sprinklere la locuințe individuale.

Dincolo de zona de reglementare tehnică, identificăm și o preocupare a sistemului de asigurări în ceea ce privește corectitudinea proiectării acestor instalații, ca și garant al unei bune funcționări în cazul manifestării unui incendiu. În acest sens a fost identificată o reglementare emisă de Comisia Europeană a Asigurărilor, *Sprinkler Systems: Planning and Installation (CEA 4001: 2006)*.

2.2.4 Reglementări în plan național

În România nu există reglementări care să instituie obligativitatea implementării unor măsuri de securitate la incendiu la clădirile rezidențiale, nici în privința măsurilor de ordin constructiv nici în privința echipării cu diferite instalații de detectare, semnalizare și avertizare sau a unor instalații de stingere a incendiilor. Organismul național de standardizare ASRO a aprobat standardul european, sub indicativul *SR EN 12845:2015/AC:2016, Instalații fixe de luptă împotriva incendiului. Sisteme*

automate de stingere tip sprinkler. Dimensionare, instalare și întreținere. În anul 2013 Ministerul Dezvoltării Regionale și Administrației Publice a emis *Normativul privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a II-a Instalații de stingere, indicativ P118/2 – 2013*. În *Normativul P118/3 din 2015, privind instalațiile de detectare, semnalizare și avertizare*, unde regăsim o prevedere specifică blocurilor de locuințe foarte înalte care trebuie prevăzute cu instalații de detectare, semnalizare și avertizare incendiu pentru spațiile comune.

2.2.5 Instalații de stingere cu sprinklere

Instalațiile de sprinklere nu au cunoscut modernizări semnificative în cei 129 de ani de existență. Cea mai mare evoluție în domeniul proiectării și execuției instalațiilor de sprinklere este dată de proiectarea asistată de calculator. Timpul de activare al sprinklerelor clasice crește proporțional cu înălțimea de amplasare a acestora și constituie un dezavantaj atunci când zonele protejate au tavane foarte înalte. Pentru a depăși această limitare a sprinklerelor tradiționale, a fost conceput și dezvoltat un sistem de activare electric a sprinklerelor (Kopylov și colab., 2012).

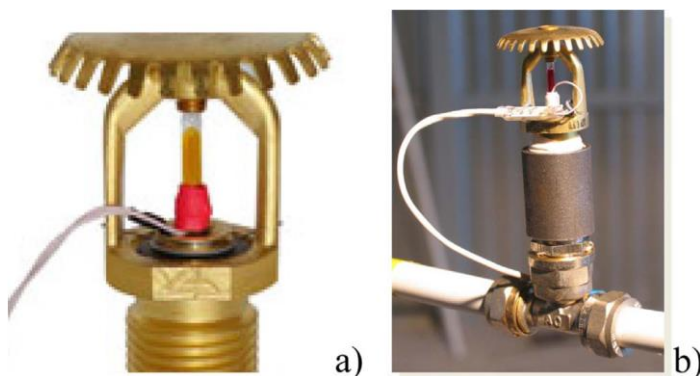


Figura 2. 3 - Sprinkler controlat electric:

a) element de încălzire pe bulbul de sticlă; b) sprinkler instalat

Acest sistem este conectat la o instalație de semnalizare a incendiilor care generează ulterior acționarea sistemului de încălzire a prinklerului de deasupra focarului până când este atinsă temperatura de declanșare.

FM Global Research a proiectat de asemenea un sistem intitulat SMART (Simultaneous Monitoring, Assesment and Response Technology) destinat stingerii incendiilor din spațiile de depozitare cu înălțimi mai mari de 12 metri (Xin și colab., 2016 a), (Xin și colab., 2016 b). Un sprinkler SMART este compus din doi senzori, un releu, un sistem de emisie recepție, conductori electrici, o valvă solenoid și un sprinkler deschis.

2.2.6 Instalație de stingere cu ceață de apă

Unul din brevetele care pot să aibă aplicabilitate pentru dezvoltarea unei instalații de stingere a incendiilor în clădirile rezidențiale este brevetul US Patent 4,079,786 din 21 martie 1978 (Moling, 1978), prin care LeRoy I. Moling propune un sistem de stingere a incendiilor cu ceață de apă. Acest

brevet presupune montarea unui sistem perimetral la nivelul tavanului, care permite circulația apei prin el și are o serie de orificii care să permită refularea ei sub formă de ceață de apă.

Este de reținut preocuparea pentru utilizarea unei cantități reduse de apă prin folosirea unor presiuni mari precum și prin sistemul de pulverizare aferent ceții de apă, un sistem ce poate fi folosit în cadrul prezentei lucrări pentru dezvoltarea unui sistem de stingere adresabil clădirilor rezidențiale.

2.2.7 Instalație de stingere AUTOMIST

Atenția acordată cantității de apă utilizate pentru stingerea incendiilor de locuințe s-a concretizat în dezvoltarea de soluții de stingere a acestor incendii cu ceață de apă, un exemplu în acest sens este soluția dezvoltată de PLUMIS, cunoscută sub denumirea de AUTOMIST (Dyson, 2017). Acesta cuprinde o pompă mică de înaltă presiune, conducte de conectare și un cap de refulare a ceții pivotant prevăzut cu un senzor automat cu infraroșu, care se blochează pe locația incendiului atunci când este activat de un detector de căldură. Spre deosebire de instalația de sprinklere clasică, duza este montată pe perete, permițându-i să refuleze ceața de apă din lateral.

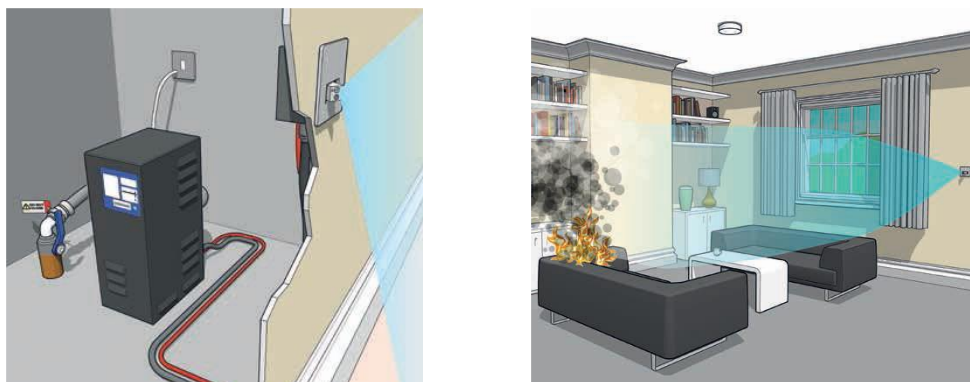


Figura 2. 4 - Instalație de stingere de tip AUTOMIST

Soluția astfel dezvoltată este una foarte bună, fiind deja un produs ce se comercializează, fiind promovat ca o alternativă la NFPA 13D. Instalația de stingere AUTOMIST este cea mai bună soluție identificată până în prezent pentru echiparea clădirilor rezidențiale cu instalații din domeniul securității la incendiu, asigurând atât detecția cât și stingerea unui incendiu.

2.2.8 Stingerea incendiilor cu roboți de incendiu

Instalațiile fixe de stingere a incendiilor au dezavantajul că nu reușesc întotdeauna să refuleze agentul de stingere direct asupra focarului, încă din primele momente de la inițierea incendiului. Au fost identificate o serie de cercetări dezvoltate în sensul mobilității totale a capetelor de refulare, acestea concretizându-se prin realizarea unor roboți care să asigure stingerea incendiilor.

Astfel, regăsim o platformă mobilă echipată cu o unitate de detectare timpurie a incendiilor (Sucuoglu și colab., 2018). Acest robot are funcții de evitare a obstacolelor având de urmărit trasee prescrise, scanând mediul în vederea detectării sursei de incendiu. În platforma au fost utilizați senzori de măsurare a fumului, a flăcării și a temperaturii pentru detectarea incendiului.

Un alt concept de robot (Rehman și colab., 2015) are în prim plan obiectivul de ocolire a obstacolelor precum și de utilizare a senzorilor de detectare a incendiilor. Acest robot autonom a fost gândit pentru a identifica posibile surse de incendiu ce pot să apară în mediul industrial, prin echiparea sa cu diferite tipuri de senzori care analizează în continuu mediul extern și pot să stabilească prezența sau absența incendiului printr-o analiză care intersectează rezultatele oferite de acești senzori.

Un rezultat al unei alte cercetări (Aliff M. și colab., 2019) este dezvoltarea unui robot numit QRob, care este proiectat să aibă dimensiuni mai compacte decât alți roboți convenționali de combatere a incendiilor, pentru a ușura intrarea în locații mici. QRob este, de asemenea, echipat cu un senzor cu ultrasunete pentru a evita ca acesta să lovească orice obstacol și obiecte din jur, în timp ce un senzor de flacără este atașat pentru detectarea incendiului.

Din analiza efectuată până în prezent nu au fost identificate soluții compacte, finale, care să constituie materializarea cercetărilor anterior menționate, în sensul de a identifica efectiv un astfel de robot care să asigure în acest mod stingerea unui început de incendiu. Reținem în schimb intenția de a integra diferite tipuri de senzori și analiza integrată a rezultatelor oferite de aceștia precum și posibilitatea ca mobilitatea acestor dispozitive să asigure atât prevenirea cât și stingerea unor posibile incendii. După cum se poate observa din soluțiile de roboți descrise anterior, acestea asigură detecția și ulterior începutul refulării apei către focar, problema principală fiind determinată de cantitatea de apă pe care o au la dispoziție pentru a o refula și a stinge un început de incendiu.

2.2.9 Concluzii privind stadiul actual al cunoașterii cu privire la sistemele de stingere a incendiilor din clădirile rezidențiale

Stadiul actual al cercetării în acest domeniu scoate în evidență o preocupare redusă pentru dezvoltarea unor soluții de stingere a incendiilor la clădirile rezidențiale. Reglementările se mențin la un nivel redus datorită costurilor pe care trebuie să le achite un proprietar pentru o astfel de instalație precum și dificultății de echipare a construcțiilor de locuit existente cu astfel de instalație.

Dintre soluțiile identificate până în acest moment reținem instalația de stingere AUTOMIST ca fiind un produs final și eficient care deja se comercializează, dar care poate să prezinte dezavantajul referitor la dificultatea echipării construcțiilor existente cu această instalație. Celelalte soluții identificate se axează pe mobilitatea sistemului de stingere care permite astfel, atât o detecție în fază incipientă a unui incendiu cât și o stingere rapidă a acestuia. Soluțiile propuse cunosc problema cantității de apă deținute pentru asigurarea stingerii în totalitate a unui incendiu.

În contextul acestor concluzii, pe parcursul prezentei lucrări va fi dezvoltată o propunere de sistem de stingere a incendiilor la clădirile de locuit rezidențiale care să vină să ofere proprietarilor o soluție de creștere a nivelului de securitate la incendiu pentru această categorie de construcții, la un nivel de cost care să o facă accesibilă.

Capitolul 3. INSTALAȚIE DE CONTORIZARE A PERSOANELOR ÎN SPAȚII PUBLICE ÎNCHISE, SOLUȚIE ORIGINALĂ DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A NIVELULUI DE SECURITATE LA INCENDIU

3.1 Date generale despre instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise

Evenimentele nefericite soldate cu un număr mare de persoane decedate în urma unor incendii care au avut loc în spații de alimentație publică de genul cluburi, baruri sau discoteci, evenimente produse pe fondul supraaglomerării acestor spații, aduc în atenție necesitatea realizării unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise, ca parte a instalațiilor ce contribuie la realizarea măsurii de securitate la incendiu. În articolul *System of counting users of a public building* (Mitrea și Burlacu, 2019) se prezintă o analiză a soluțiilor care ar putea permite monitorizarea persoanelor care se află într-un spațiu public la un moment dat, fiind identificate diferite modalități de contorizare a persoanelor, după cum urmează:

- camere de supraveghere (Del Pizzo și colab., 2016);
- detecție termică (Gade și colab., 2013);
- wi-fi (Karanam și colab., 2019), (Kianoush și colab., 2019), (Jiang H. și colab., 2024), (Guo și colab., 2022);
- senzori IR activi (Mohammadmoradi și colab., 2017);
- senzori IR de adâncime (Orrite și Dueñas, 2018);
- ultrasunete (Tarzia și colab., 2009);
- controlere de acces la uși (Matuska și colab., 2022), (Alkhodre și colab., 2018);
- senzori de mișcare;

Suplimentar față de modalitățile descrise anterior a fost identificată și posibilitatea de contorizare a persoanelor prin intermediul unor senzori mmWave (Li și Hishiyama, 2023), (Zhao J. și colab., 2024), (Shih și colab., 2023) sau prin radare FMCW cu frecvența de 60 GHz (Weiß și colab., 2020), prin unde electromagnetice (Lin și colab., 2023), prin rețele neuronale aplicate semnalelor cu bandă ultralargă (UWB) (Lee și colab., 2023) sau folosind semnale radar cu bandă ultra-largă de genul impulse radio (Zhang J. și colab., 2023). Au fost identificate preocupări de contorizare a mulțimilor de oameni aflați în exteriorul clădirilor (Parisi și colab., 2019), (Alhawsawi și colab., 2024), în cadrul unor manifestări cu caracter sportiv sau cultural, pentru realizarea acestui demers fiind utilizată tot tehnologia IR.

Un alt domeniu în care contorizarea persoanelor este relevantă este cel al operațiunilor de căutare și salvare, pentru acest scop fiind identificată o preocupare de contorizare prin intermediul a mai multe camere video și a unui software dedicat (Chanhyyuk și colab., 2024). Preocuparea pentru

contorizarea persoanelor o regăsim și pentru sistemele HVAC ale construcțiilor (Rongpeng și colab., 2022) unde nu trebuie să existe o rigoare foarte mare în ceea ce privește exactitatea contorizării, cât și pentru numărarea persoanelor aflate în spații publice deschise (Filipic și colab., 2021).

Considerăm că articolul *Measuring building occupancy using existing network infrastructure*, (Melfi și colab., 2011) este foarte important pentru atingerea demersului propus deoarece în cadrul său autorii definesc doi termeni care sunt foarte relevanți în dimensionarea unei instalații de contorizare a persoanelor: **rezoluția detectării și acuratețea detectării**. În figura 3.1 sunt prezentate trei dimensiuni care definesc rezoluția detectării, dimensiuni ce vizează spațiul monitorizat, intervalul de timp și rezoluția activităților desfășurate de ocupanți.

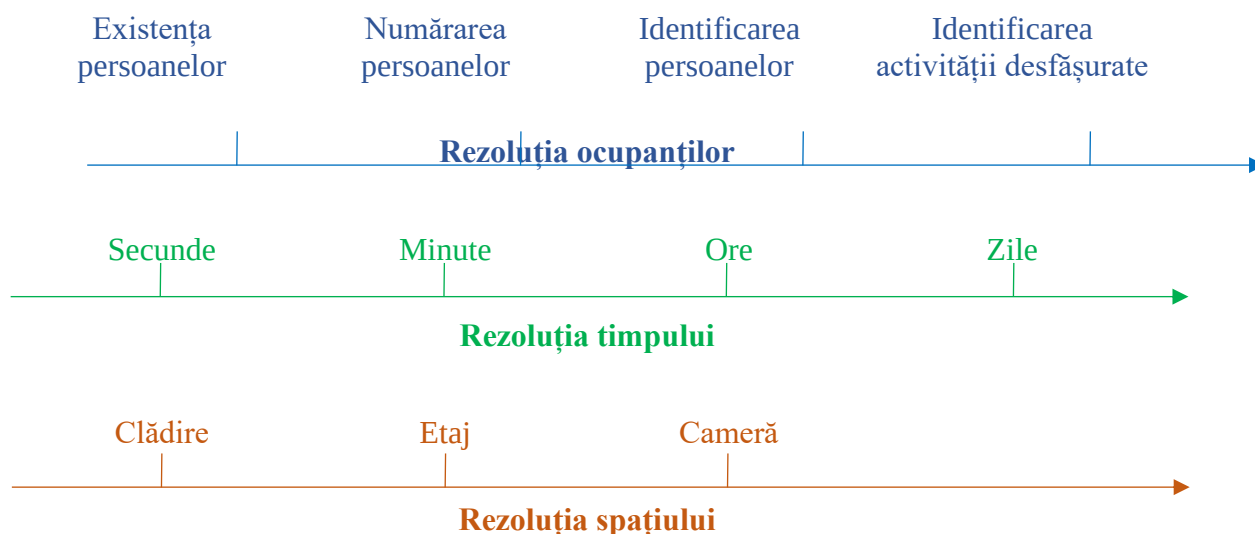


Figura 3. 1 – Dimensiuni pentru rezoluția ocupării

În ceea ce privește acuratețea detectării menționăm că aceasta reflectă capacitatea senzorilor de a furniza valori cât mai exacte în privința utilizatorilor numărați.

Prin prisma acestor considerente, putem stabili că pentru instalația de contorizare propusă rezoluțiile necesare trebuie să aibă următoarele caracteristici, pentru fiecare dimensiune în parte:

- Rezoluția ocupanților: numărarea persoanelor;
- Rezoluția timpului: secunde;
- Rezoluția spațiului: cameră;
- Acuratețea detectării: foarte ridicată.

3.2 Cerințe minime și structura de principiu a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise

În demersul de a propune o instalație de contorizare a persoanelor care să echipeze diferite spații închise, apare necesitatea definirii unor cerințe minime pe care trebuie să le îndeplinească aceasta. Cerințele care vor sta la baza alegerii tipurilor de senzori, a configurației generale a instalației și implicit a dimensionării sale, precum și la definirea cadrului general de proiectare și echipare a clădirilor cu astfel de instalații sunt descrise în continuare:

- **Confidențialitatea**, în sensul protejării identității persoanelor, în contextul respectării legislației privind datele cu caracter personal. Scopul acestei instalații este de a contoriza persoanele, nu de a le afla identitatea;
- **Acuratețea detectării**. Instalația trebuie să asigure o acuratețe cât mai ridicată a contorizării, fie prin anticiparea apariției unei aglomerări de persoane, fie prin nevoia de a desfășura operațiuni de salvare după producerea unei situații de urgență;
- **Costuri**. Costurile de proiectare și execuție trebuie să se situeze la valori scăzute, comparabile cu cele ale echipării cu o instalație de detectare a incendiilor;
- **Rezoluția ocupanților**. Scopul instalației este de a furniza numărul de persoane existente la un moment dat în interiorul unei clădiri motiv pentru care, modalitatea ce va fi aleasă va trebui să corespundă strict acestei cerințe;
- **Rezoluția timpului**. Este necesar ca instalația să furnizeze în mod continuu date despre numărul de persoane, fiind necesară contorizarea lor la nivel de secundă.;
- **Rezoluția spațiului**. Instalația trebuie să asigure contorizarea persoanelor dintr-o clădire dar ea trebuie să permită și scalarea utilizării la nivel de etaj sau de încăpere.

Aceste cerințe trebuie să guverneze activitatea de proiectare, de execuție și ulterior de mentenanță a acestor instalații, scopul fiind de a asigura o instalație fiabilă în timp. Prin prisma aspectelor prezentate până în acest punct în lucrare putem concluziona că instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise va avea următoarele elemente componente:

- **Senzori pentru numărarea persoanelor;**
- **Echipament de analiză și semnalizare;**
- **Dispozitive de alarmare.**

În figura 3.2 este o propusă o schemă de principiu a instalației de contorizare a persoanelor în care distingem trei locații în care sunt generate și ulterior procesate și analizate datele.

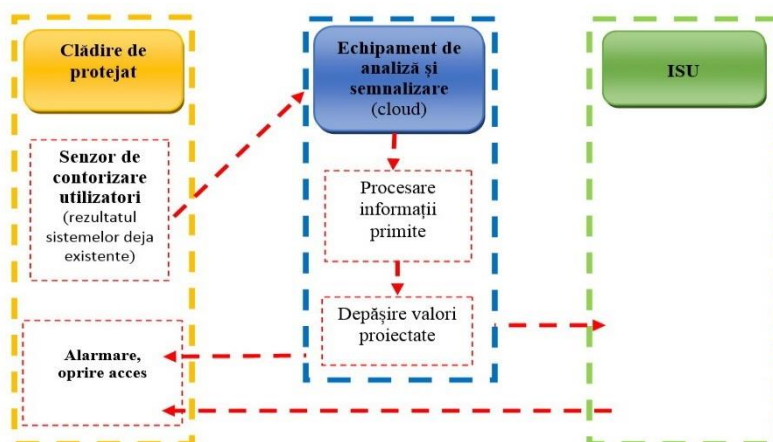


Figura 3. 2 - Schema de principiu a instalației de contorizare a persoanelor

După definirea cerințelor și a structurii de principiu a instalației de contorizare a persoanelor, următorul pas ce trebuie parcurs este cel de identificare a senzorilor ce pot face obiectul unei astfel de instalații, urmând ca ulterior să fie făcute propuneri de implementare a acestei soluții la clădirile vizate de prezenta lucrare.

3.3 Identificarea tipurilor de senzori ce pot fi utili instalației propuse

Dintre toate soluțiile descrise anterior reținem spre analiză, ca o variantă de contorizare a persoanelor care să respecte cerințele enunțate anterior, posibilitatea de a număra utilizatorii prin detecția termică realizată prin intermediul unor senzori IR.

3.3.1 Matrice de senzori infraroșu

Senzorii infraroșu fără răcire au cunoscut o dezvoltare rapidă în primii ani ai acestui mileniu regăsindu-se în această perioadă în aplicații precum termoviziunea, spectroscopia IR, controlul poluării sau monitorizarea plăcilor semiconductoare (Dong și colab., 2005). Acești senzori exploatează un principiu simplu: căldura generată de radiația IR absorbită, conduce la o creștere a temperaturii, ceea ce, la rândul său modifică o proprietate fizică (rezistența, capacitatea electrică, polarizarea, etc.) a elementului activ. În esență, acești senzori constau într-o matrice bidimensională de pixeli termosensibili, a căror temperatură este crescută de radiația IR care îi impactează.

Capacitatea de a produce o imagine IR a fost testată în timp (Dong și colab., 2005), în unul din aceste teste fiind construită o configurație constând dintr-o sursă de lumină incandescentă, o placă de siliciu, o lentilă cu germaniu și un tocător mecanic. Astfel, o sursă punctiformă a fost realizată prin închiderea sursei de lumină incandescentă într-o cutie cu o deschidere modelată. Placa de siliciu a fost folosită pentru a filtra radiația IR vizibilă și apropiată iar pentru a focaliza radiația IR a fost folosită o lentilă de germaniu. Prin ajustarea poziției lentilei de germaniu o radiație focalizată cu suprafața de $1,2 \times 1,2 \text{ mm}^2$ a acoperit regiunea de pixeli a cipului. Ulterior s-a constatat că variația de răspuns a fiecărui pixel este cauzată de căderea de tensiune de-a lungul rezistenței de rutare din matrice, în figura 3.3 fiind reprezentată suprafața de răspuns.

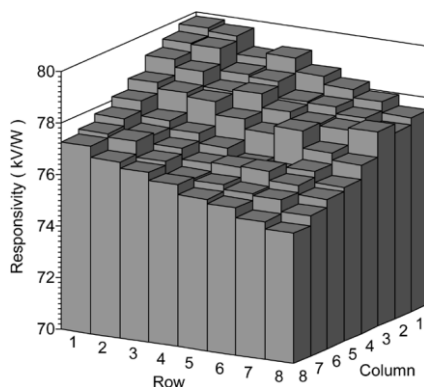


Figura 3. 3 – Suprafața de răspuns la tensiune, a unei matrice de senzori 8x8

3.3.2 Tehnologia termopilelor MEMS

Dispozitivele IR au cunoscut un interes crescut datorită ariei largi de aplicații în care pot fi utilizate. Cel mai mare avantaj al lor este dat de faptul că nu necesită sisteme de răcire complexe, prin raportare la fotodetectori IR cuantici cu semiconductori (Fedirko și colab., 2016). În a doua jumătate a deceniului trecut au fost dezvoltate matricele cu termopile IR, bazate pe tehnologia MEMS (micro electromechanical system). Un termopil este un dispozitiv electronic care transformă energia termică în energie electrică. Este compus din mai multe termocupluri conectate de obicei în serie sau, mai rar, în paralel. Un astfel de dispozitiv funcționează pe principiul efectului termoelectric, adică generează o tensiune atunci când metalele sale (termocuplurile) sunt expuse la o diferență de temperatură.

Autorii articolului menționat anterior indică următorii parametri necesari pentru proiectarea unei matrici IR: numărul N de elemente senzori din matrice pentru rezoluția spațială necesară, timpul cadru care definește rezoluția timpului și presetarea diferenței de temperatură. Este îmbucurător să regăsim termenii care vizează rezoluția spațiului și rezoluția timpului în același context definit de alți autori (Melfi și colab., 2011). Caracteristica de ieșire a unui termopil este tensiunea de ieșire a acestuia care permite o cuantificare a măsurătorii efectuate de acest element al viitoarei instalații.

Instrumentele de detectare termică și de imagistică în infraroșu fac posibilă măsurarea și maparea temperaturii suprafeței și a distribuției termice în mod pasiv și nu intruziv, fiind o soluție concretă pentru o viitoare monitorizare a temperaturii persoanelor care trec printr-o zonă aflată în raza lor de acțiune.

3.4 Senzori ce pot fi utilizați în instalația de contorizare a persoanelor

În baza tehnologiei descrise anterior, bazată pe senzorii infraroșii nerăciți (IR) și a sistemelor microelectronice (MEMS) industria de profil a dezvoltat o serie de senzori care au multiple aplicabilități, cum ar fi termografia, detectarea umană sau vederea pe timp de noapte.

În continuare vor fi prezentate cele mai relevante soluții identificate în acest sens.

3.4.1 Panasonic Grid-EYE

Panasonic a debutat în această zonă, cu senzori cu matrice infraroșu, dezvoltând matricea de termopile 8 x 8 numită Grid-EYE. Grid-EYE este un senzor cu matrice infraroșu și prima cameră IR de 64 de pixeli dintr-un pachet SMD compact all-in-one. Senzorul se bazează pe tehnologia MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) și combină cipul acestui senzor MEMS, un ASIC digital (interfață I2C) și o lentilă din silicon.

Acest senzor folosește o lentilă de silicon, patentată de către producător, de 60° gravată dintr-o placă de siliciu, cu o înălțime mai mică de 0,3 mm. Combinația acestor tehnologii dezvoltate de Panasonic permite reducerea dimensiunii pachetului de senzori la doar 11,6 mm x 8 mm x 4,3 mm.

Senzorul Grid-EYE permite nu numai detectarea persoanelor și obiectelor în mișcare, ci și a poziției și prezenței persoanelor și a obiectelor nemișcate, direcția mișcărilor și temperatura exactă a suprafeței de la -20°C până la + 100°C. Senzorul este capabil să atingă o diferență de temperatură echivalentă a zgomotului de +/- 0,08 °C @ 1 Hz la temperatura camerei. Există posibilitatea de a detecta mai multe persoane sau obiecte care se mișcă în direcții diferite, fiind foarte importantă pentru noi posibilitatea identificării direcției de deplasare a persoanelor.

Utilizarea senzorului în zona industrială vine să aducă date despre temperatura și comportamentul termic al diferitelor tipuri de instalații tehnologice, a materialelor și pieselor rezultate din procesul de fabricație, a echipamentelor de generare și distribuție a energiei electrice sau termice. O distribuție termică neașteptată poate fi un indiciu al unei defecțiuni a obiectului, după cum se poate observa în figura 3.7.

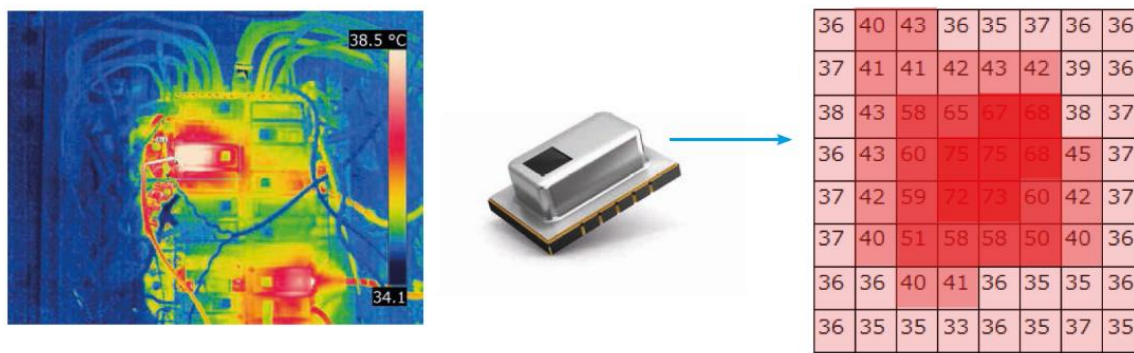


Figura 3. 4 - Distribuția termică sesizată de senzorul Grid-eye

Senzorul Grid-EYE măsoară temperatura obiectelor din zona de detectare, valorile de ieșire pentru temperatură sunt transferate pe placa de bază și citite de software-ul dezvoltat de Panasonic, care poate calcula poziția și numărul de oameni. Imaginea schematică a utilizării detectorului este prezentată în figura 3.8.

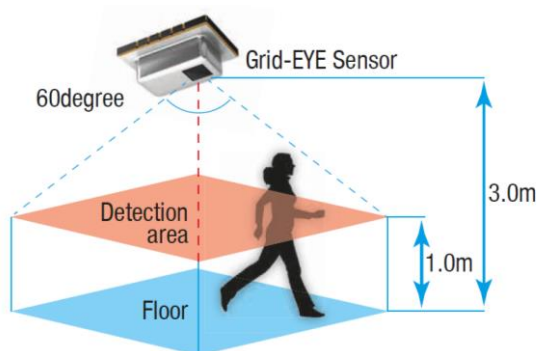


Figura 3. 5 - Variantă de utilizare a senzorului Grid-eye

În timp au fost dezvoltate diferite metode de estimare a numărului de persoane și a direcției de mișcare a acestora, una dintre ele fiind cea expusă de Basu și Rowe (Basu și Rowe, 2014), pe baza senzorului Grid-EYE, în scopul utilizării eficiente a energiei termice dintr-o clădire. Ulterior a fost

prezentată o abordare mai complexă în anul 2014 (Jeong și colab., 2014), când pe senzorul Grid-EYE a fost dezvoltată o metodă de determinare a subiecților umani printr-o metodă probabilistică cu multiple tehnici de pre și post procesare a imaginii.

Senzorul Grid-EYE reprezintă o soluție solidă ce trebuie să fie luată în calcul în vederea realizării instalației de contorizare a persoanelor, atât prin prisma rezultatelor furnizate cât și prin prisma faptului că este un produs matur, cu vechime pe piața de profil.

3.4.2 Senzori Heimann

Heimann Sensor este o altă companie care are în portofoliul său fabricarea de senzori cu diferite funcțiuni și aplicații, printre care se numără și senzorii cu matrice infraroșu cu termopil, numiți și senzori cu matrice termică, senzori care oferă o calitate înaltă a detecției la costuri care nu sunt sub nicio formă ridicate. Gama de senzori realizați de această companie este variată, pornind de la matrici de dimensiuni mici cu 8x8 elemente, dimensiuni medii cu 16x16 și 32x32 elemente și ajungând până la dimensiuni mari cu 80x64 elemente respectiv 120x84 elemente. Aceste matrici oferă fie câmpuri vizuale largi cu peste 90°, fie câmpuri vizuale înguste pentru măsurători și detectarea de la o distanță mai mare.

Producătorul poate pune la dispoziție module standardizate sau personalizate care să integreze aceste matrici. Toate tipurile de senzori, de la o rezoluție 8x8 la 80x64 pixeli, pot fi livrați ca module cu conectivitate personalizată, cum ar fi USB, UDP sau Power over Ethernet (PoE). Producătorul susține că, pentru achiziția de ordinul a câteva mii de unități pe an, costul pentru dezvoltarea propriei soluții poate depăși costul doar pentru a lua un modul gata de funcționare,.



Figura 3. 6 - Senzorii cu matrice termică și modulele personalizate

Pentru valorificarea senzorilor prezentați în figura 3.9 producătorul pune la dispoziție o serie de aplicații, adaptate pentru diferite modalități de conectare a acestora într-un sistem integrat, dintre care pot fi enumerate următoarele: set de aplicații USB, set de aplicații (comunicație UDP) sau SDK pentru imagini termice WIFI. Un aspect important este cel referitor la disponibilitatea producătorului de a dezvolta aplicații care să vină în sprijinul beneficiarilor. Această soluție oferită de Heimann,

compusă din senzorul fizic și din aplicația care gestionează rezultatele sale, se apropie foarte mult de posibilitatea de realizare practică a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise care ulterior să poată fi utilizată la scară largă.

3.4.3 Senzori Omron

Omron este una din companiile de top, la nivel mondial, în ceea ce privește automatizarea, având dezvoltată o gamă cât se poate de diversă de senzori care pot contribui la atingerea scopului propus de prezenta lucrare. Se cuvine să aducem în atenție faptul că această companie a dezvoltat senzori de o complexitate crescută care permit, printre altele, identificarea genului unei persoane, estimarea vârstei, a stării în care se află sau a zâmbetului acesteia.

Senzorul termic MEMS de la Omron este un senzor infraroșu de temperatură care poate măsura temperatura suprafeței vizate fără a o atinge, o caracteristică suplimentară a acestuia fiind dimensiunile sale reduse în comparație cu ceilalți senzori dezvoltați de alți producători pentru a sluji aceluiași scop. Producătorul a dezvoltat senzori cunoscuți sub denumirea D6T, cu un număr diferit de elemente pentru termopile precum și cu unghiuri diferite, care permit o utilizare variată, permițând montări dintre cele mai diverse. În figura 3.10 sunt exemplificate diferite variante ale acestor senzori, numărul elementelor lor putând fi 1024 (32x32), 16 (4x4), 8(1x8) sau 1(1x1) cu temperaturi sesizate de la -40°C până la 200°C .

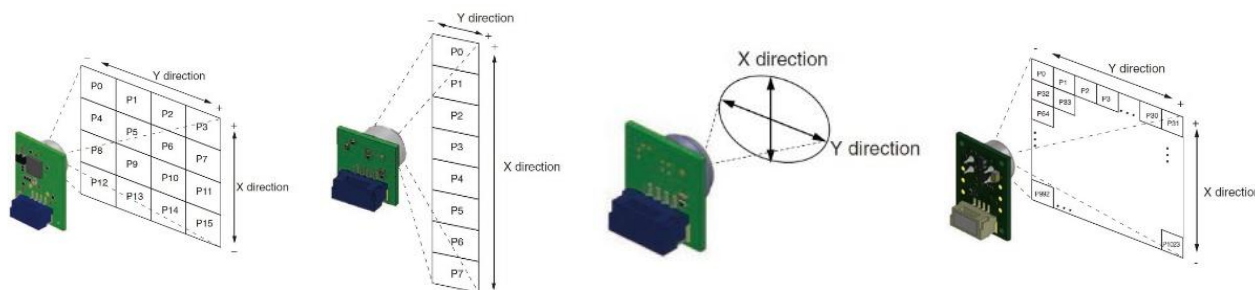


Figura 3. 7 - Senzori Omron cu diferite tipuri de elemente

Pentru a demonstra utilitatea acestor senzori compania producătoare pune la dispoziție diferite kituri de evaluare precum și software-ul necesar utilizării acestora, un exemplu în acest sens fiind și kitul cunoscut sub codul 2JCIE-EV care permite conectarea și valorificarea a patru tipuri diferite de senzori Omron. Un alt aspect important de menționat este compatibilitatea acestui hardware cu platformele Raspberry Pi, Arduino și Feather.

Remarcăm și în cazul acestui mare producător de senzori și de soluții de automatizări industriale disponibilitatea de a oferi posibilitatea de integrare hardware și software a senzorilor termici MEMS, aspect ce vine să faciliteze utilizarea lor în diferite aplicații practice de către beneficiari.

3.5 Concluzii privind senzorii existenți

Din analiza efectuată anterior se poate concluziona faptul că în acest moment există o evoluție accelerată în domeniul dezvoltării de senzori de către companiile care au în portofoliu acest domeniu de activitate. Dintre toate categoriile de senzori care cunosc o dezvoltare tot mai importantă în ultima perioadă, matricile de senzori infraroșu asigură confidențialitatea persoanelor care fac obiectul monitorizării, aspect ce începe să cântărească tot mai mult în contextul în care se constată o creștere a importanței protecției datelor cu caracter personal. Producătorii acestor matrici de senzori infraroșu au realizat că pentru utilizarea lor pe scară largă este necesară o preocupare pentru integrarea lor în sistemele gândite de utilizatorii finali. Astfel, această preocupare se concretizează în dezvoltarea soluțiilor hardware și mai ales software care să permită o utilizare facilă a acestor senzori.

O altă dimensiune interesantă a dezvoltării acestor senzori este dată de conectivitatea acestora, aspect ce trebuie să conducă la o utilizare facilă a acestora. Astfel, unii dintre producători propun spre comercializare kituri care asigură variante de conectare a senzorilor prin USB, UDP ethernet sau wi-fi. Unul din elementele care va asigura o utilizare la scară largă a acestor tipuri de senzori este posibilitatea oferită de unul din producători de a asigura POE (power over ethernet).

În concluzie, reținem că în acest moment există pe piață producători diferiți de matrici de senzori infraroșu, care au funcții multiple, printre care și posibilitatea de a contoriza numărul de persoane dintr-o anumită zonă.

Constatăm existența a trei soluții concrete de senzori și de posibilități software și hardware de integrare a lor în cadrul unei instalații, devenind tot mai evidentă comparația cu instalația de detectare, semnalizare și avertizare la incendiu.

3.6 Cercetare experimentală privind o soluție de contorizare a persoanelor în spații publice închise

3.6.1 Dispozitive utilizate în cadrul verificării practice

În acest contextul descris anterior, Panasonic a dezvoltat un modul de evaluare, intitulat Grid-EYE Gen2 Evaluation Kit, pentru senzorul său AMG8834, conceput să prezinte oricărui utilizator facilitățile acestui senzor. Acest kit conține o componentă hardware și una software care să facă posibilă utilizarea modului. Software-ul pus la dispoziție de producător este ușor de utilizat, oferind o conectivitate facilă, prin intermediul unui port USB. Interfața asigurată pentru sistemul de operare Windows este una intuitivă, permițând utilizatorului să seteze într-un mod simplu și facil linia prin raportare la care să se genereze contorizarea persoanelor. Este de menționat că software-ul permite ca această linie să poate să fie compusă din trei segmente care pot fi setate diferit, după nevoile utilizatorului, aspect ce poate constitui un avantaj major. În acest context, este posibilă numărarea

separată a persoanelor care intră și care ies din zona monitorizată, fiind contorizați toți subiecții care tranzitează linia de raportare din ambele sensuri.

După cum se poate observa în figura 3.12, software-ul poate oferi și temperatura individualizată pentru fiecare dintre cei 64 de pixeli ai matricei. În jumătatea din stânga se poate observa reprezentarea grafică a persoanei identificate, sub forma unei sfere, fiind reprezentată și poziționarea persoanei prin raportare la limitele exterioare ale matricei precum și la segmentul care face obiectul monitorizării. În partea din dreapta sus este indicat numărul de persoane aflate în câmpul de observare al senzorului la un moment dat precum și numărul de persoane care au trecut într-un sens sau altul. Pornind de la un punct de referință, al numărului de persoane existente într-un anumit spațiu, software-ul oferă posibilitatea de a calcula numărul de intrări și de ieșiri și implicit numărul de persoane existente la un moment dat în spațiul monitorizat.

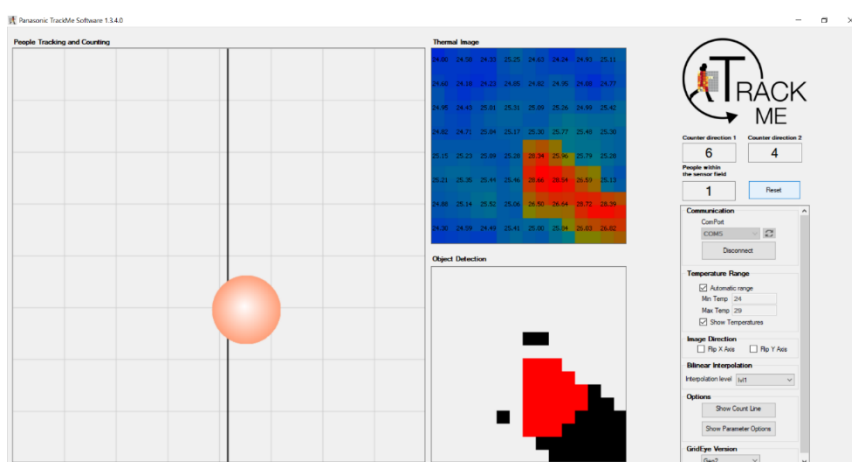


Figura 3. 8 - Interfața software-ului pus la dispoziție de producător

Pentru acest kit de evaluare producătorul a setat pentru software-ul aferent o limită de înălțime maximă de 5 m, fără ca aceasta să fie limita maximă permisă pentru acest senzor.

3.6.2 Verificarea practică a kitului de evaluare Grid-EYE Gen2, analiza și interpretarea rezultatelor obținute

În cadrul prezentei cercetări a fost făcută o verificare practică a modului în care kitul dezvoltat de Panasonic contorizează persoanele care trec printr-o anumită zonă, propusă pentru a fi monitorizată din acest punct de vedere.

Pentru a realiza această activitate practică, autorul lucrării a utilizat un laptop cu sistem de operare Windows pe care a fost instalat software-ul pus la dispoziție de producător, Panasonic TrackMe Software 1.3.4.0., după cum se poate observa în figura 3.14. Deși acest kit de evaluare are integrat și modulul bluetooth Pan1740, în cadrul acestei aplicații practice a fost utilizată transmiterea datelor prin intermediul cablului de date USB.

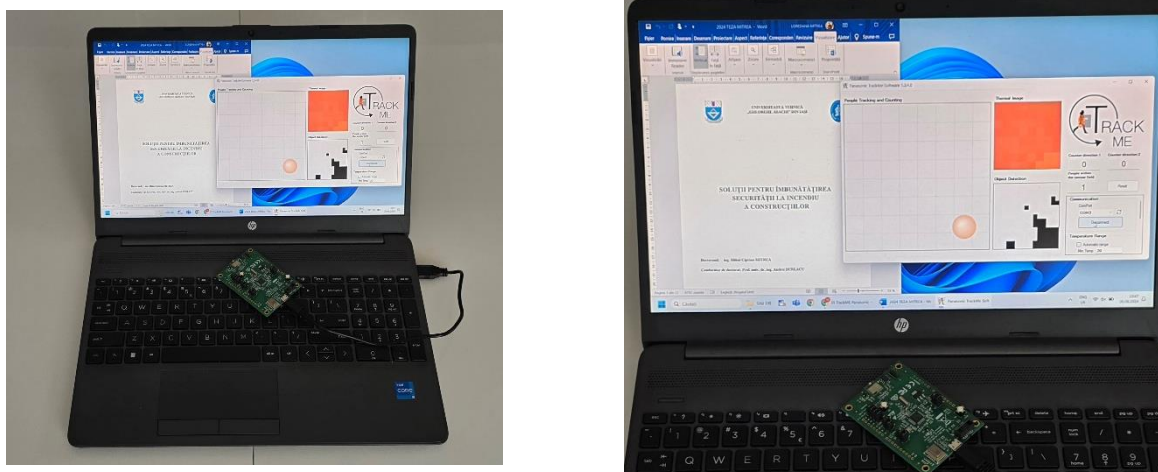


Figura 3. 9 – Pregătirea hardware-ului și software-ului pentru aplicația practică

Următoarea etapă în realizarea acestei aplicații practice a fost cea de stabilire a înălțimii de amplasare a acestui senzor. Pentru obținerea unor rezultate cât mai relevante, la calculul înălțimii de amplasare a fost avut în vedere unghiul de vizualizare al acestui senzor, ca fiind de 60^0 , pentru o lățime a suprafeței monitorizate la sol de 2,5 m rezultând o înălțime de montare de 2,16 m. La o înălțime maximă de montare conform celor precizate de producător, de 5 m, rezultă o latură a matricei de la nivelul pardoselii de 5,77 m.

Revenind la cerințele esențiale ale instalației de contorizare propuse a fi realizate, pentru această parte practică lucrăm cu următoarele setări de bază ale acestui kit de evaluare:

- **Confidențialitatea.** Este asigurată printr-un senzor bazat pe o matrice IR;
- **Acuratețea detectării.** Va fi analizată la finalul acestei aplicații practice, fiind obiectivul principal al acestui demers;
- **Costuri.** Prezentul kit de evaluare a costat 90 de euro;
- **Rezoluția ocupanților.** Se propune contorizarea persoanelor;
- **Rezoluția timpului.** Kitul de evaluare permite rezoluții de timp de 10 frame-uri pe secundă sau un singur frame pe secundă;
- **Rezoluția spațiului.** În cadrul acestei aplicații practice contorizarea se va realiza la nivelul unei singure camere.

În figura 3.15 este prezentată activitatea practică de monitorizare prin intermediul acestui kit de evaluare, fiind utilizate două înălțimi diferite de montare a senzorului, la 2,16 m, respectiv la 5 m față de suprafața ce urma să facă obiectul analizei.

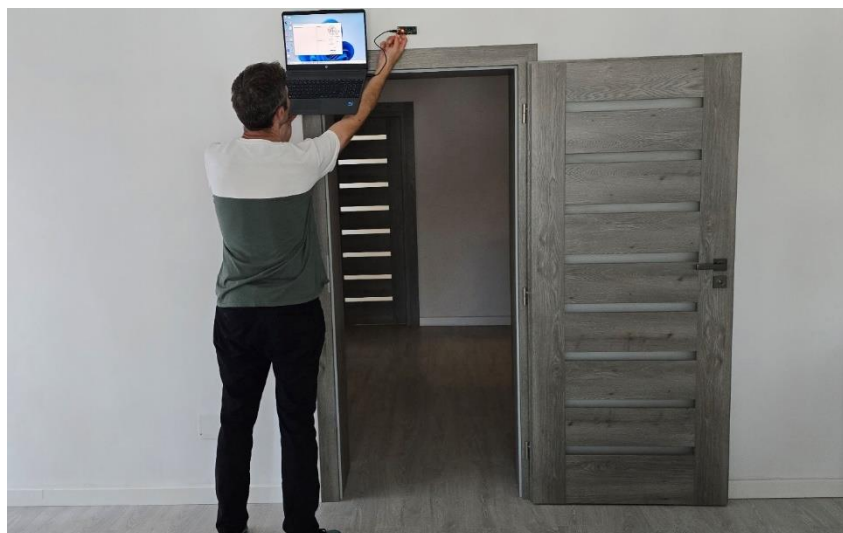


Figura 3. 10 – Montare senzor la înălțimea de 2,16 m

În ceea ce privește numărul de persoane angrenate în această activitate, au fost utilizate variante de prezență simultană a 1, 2, 3, 4 sau 5 utilizatori cu diferite senzori de deplasare, după cum este descris în tabelul 3.1. În cazul existenței a mai mult de o persoană atât intrările cât și ieșirile s-au făcut în mod succesiv, cu suprapunerea a maxim cinci persoane în cadrul matricei.

Număr persoane și direcție deplasare	Rezultate obținute la înălțimea de montare de 2,16 m	Rezultate obținute la înălțimea de montare de 5 m
1 persoană care intră	1	1
1 persoană care intră și ulterior aceeași persoană iese	1	1
2 persoane care intră	2	2
2 persoane care intră și ulterior una din ele iese	1	1
2 persoane care intră și 2 persoane care ies	0	0
3 persoane care intră	3	3
3 persoane care intră și 1 care iese	2	2
3 persoane care intră și 2 care ies	1	1
3 persoane care intră și 3 care ies	0	0
4 persoane care intră	4	4
4 persoane care intră și 1 care iese	3	3
4 persoane care intră și 2 care ies	2	2
4 persoane care intră și 3 care ies	1	1
4 persoane care intră și 4 care ies	0	0
5 persoane care intră	5	5
5 persoane care intră și 1 care iese	4	4
5 persoane care intră și 2 care ies	3	3
5 persoane care intră și 3 care ies	2	3
5 persoane care intră și 4 care ies	1	1

Tabelul 3. 1 – Rezultate obținute în activitatea practică de utilizare a kitului de evaluare

Considerăm că este necesar să precizăm că prin această aplicație practică nu s-a propus evaluarea calității produsului dezvoltat de Panasonic ci doar demonstrarea existenței în acest moment pe piață a unor produse care permit contorizarea persoanelor în condițiile propuse în prezenta lucrare.

După cum se poate observa din tabelul 3.1, în cadrul activității practice desfășurate, acuratețea înregistrărilor efectuate de acest kit de evaluare a fost de aproape 100%, existând o singură abatere de la realitate, aspect ce vine să susțină fiabilitatea unei viitoare astfel de instalații.

3.7 Concluzii privind instalația de contorizare propusă

În cadrul acestui capitol au fost trecute în revistă modalitățile identificate de contorizare a persoanelor, ulterior fiind stabilite cerințele minime pe care trebuie să le îndeplinească o astfel de instalație. În acest context, lucrarea s-a oprit asupra prezentării **senzorilor de tip matrice IR**, ca fiind soluția care se pretează cel mai bine pentru a echipa o astfel de instalație. Scopul general este de a genera securitate pentru construcție, în strânsă legătură cu **generarea unui sentiment de protecție pentru utilizatorii spațiilor respective**.

Activitatea practică desfășurată de autor, de monitorizare a rezultatelor contorizării efectuate cu sprijinul unui kit de evaluare, atestă existența în acest moment a soluției tehnice care să permită realizarea unei astfel de instalații.

În cadrul acestui capitol a fost stabilită **schema de principiu a instalației** de contorizare a persoanelor în spații publice închise:

- **Senzori pentru numărarea persoanelor;**
- **Echipament de analiză și semnalizare;**
- **Dispozitive de alarmare.**

Pentru implementarea acestei instalații la nivel național se impune completarea reglementărilor existente precum și promovarea unor noi, după cum urmează:

- **Propunere de normativ** pentru proiectarea, executarea, punerea în funcțiune și exploatarea instalațiilor de contorizare a persoanelor, cu următoarea propunere de denumire: *Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a IV-a – Instalații de contorizare a persoanelor* indicativ P118/4-2024;
- Introducerea instalației de contorizare a persoanelor în rândul celor stabilite prin *Ordinul MAI Nr. 87 din 6 aprilie 2010 pentru aprobarea Metodologiei de autorizare a persoanelor care efectuează lucrări în domeniul apărării împotriva incendiilor*, pentru ca ulterior să poată fi efectuate **activități de audit** la persoanele care vor asigura proiectarea, instalarea și mentenanța acestei instalații.

Cercetarea din cadrul programului doctoral propune crearea unei instalații de contorizare a persoanelor, ca instalație distinctă a unei construcții, instalație conexată cerinței de calitate securitate la incendiu, instalație ce va putea să utilizeze senzori și principii de funcționare a lor de la producători diferiți, într-un mod similar cu instalația de semnalizare, detectare și avertizare a incendiilor.

Capitolul 4. SISTEM DE STINGERE A INCENDIILOR ÎN CLĂDIRILE REZIDENȚIALE, SOLUȚIE ORIGINALĂ DE ÎMBUNĂȚĂȚIRE A NIVELULUI DE SECURITATE LA INCENDIU

4.1 Cadrul general

În urma analizei stadiului actual al cunoașterii s-a observat că nu există o preocupare consistentă la nivel internațional în ceea ce privește impunerea sau recomandarea unor soluții de prevenire și stingere a incendiilor la locuințele populației. Numărul mare de incendii la această categorie de obiective este generat în primul rând de numărul mare de locuințe existente la nivel mondial, acest factor venind să crească în mod consistent procentul acestor incendii prin raportare la numărul total de incendii.

În Suedia a fost realizat un studiu pe termen lung (Jonsson și colab., 2023), perioada acoperită fiind 1999 – 2018, privind decesele survenite în urma incendiilor în clădirile de locuit din care reținem, pe lângă cauzele de incendiu prezentate, faptul că apar de mai multe ori în timpul nopții. În domeniul prevenirii incendiilor, trebuie menționat un studiu consistent, realizat în Serbia, care analizează tiparul de comportament al oamenilor în ceea ce privește securitatea la incendiu a clădirilor de locuit. Din rezultatele acestui studiu, remarcăm că motivul pentru care oamenii nu întreprind acțiuni de reducere a riscurilor este costul ridicat al echipamentelor, nefiind familiarizați cu măsurile exacte care trebuie amenajate, crezând că serviciile de urgență le-ar acorda asistența necesară. (Cvetkovic V. și colab., 2022).

Una din posibilele explicații ale neimplicării ale statului în subiectul prevenirii și stingerii incendiilor de la clădirile rezidențiale, atât la nivel național cât și la nivel internațional, poate fi dată de faptul că pagubele, atunci când apar, sunt individuale. Aceste pagube pot genera o empatie din partea apropiaților celor afectați de incendiu sau a unei comunități locale, fără a genera un interes larg sau o mediatizare la nivel național, care să conducă ulterior la adoptarea unor.

La nivel internațional, preocuparea pentru reglementarea securității la incendiu a clădirilor rezidențiale este una continuă și vizează în principal clădirile noi, intervenția asupra clădirilor existente fiind mai dificilă (Meacham, 2023). În domeniul locuințelor colective situate în clădiri foarte înalte, remarcăm existența unui studiu experimental care, după culegerea datelor privind apariția incendiului, propune stingerea cu ceață de apă. (Zhao H. și colab. 2023).

În acest context, al diversității construcțiilor cu destinația de locuință, din punct de vedere al complexității materialelor de construcții și al instalațiilor care le echipează, propunerea de realizare a unui sistem de stingere a incendiilor în clădirile rezidențiale trebuie să aibă în vedere, pe lângă

interesul autorităților de a asigura o protecție suplimentară a acestei categorii de construcții și interesul pe care poate să îl genereze în rândul beneficiarilor săi un astfel de sistem.

Sistemul va prezenta interes pentru acei utilizatori care au început echiparea locuințelor cu senzori din cadrul *smart house*, în cazul acestora urmând a fi promovată și ideea de *safe house*, prin asigurarea stingerii unui început de incendiu, aspect ce va genera o creștere a diferenței dintre nivelul de securitate la incendiu asigurat construcțiilor aflate la extremele acestei analize.

După cum se menționa anterior în lucrare, tehnologia IoT, axată pe conectarea tuturor echipamentelor la internet, în ceea ce privește domeniul securității la incendiu (Wang Y. Et al. 2023) se rezumă la detectarea acestuia (Zhang și Yu, 2013), (Eltom și colab., 2018) și mai puțin pe echiparea construcțiilor cu instalații sau cu sisteme de stingere a unui incendiu astfel detectat.

Găsim o preocupare pentru integrarea conceptelor BIM (building information modeling), IoT, DT (digital twins) în clădirile noi (Jiang L. și colab., 2023) prin care informațiile despre starea clădirii sunt centralizate și analizate, iar ulterior se pot dispune măsuri de stingere a incendiilor prin instalații de sprinklere.

Printre preocupările pentru stingerea incendiilor în clădirile rezidențiale, remarcăm și propunerea de a crea un sistem mobil de stingere (Bhuvaneswari și colab., 2022), (Raju și colab., 2017), (Alonso și colab., 2018), (Rahmann și colab., 2022).

4.2 Agenți de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale

În funcție de materialele combustibile care se află în zona unui incendiu se utilizează diferite substanțe pentru stingerea acestora, cunoscute ca agenți de stingere a incendiilor. În tabelul 4.1 sunt prezentate tipurile de agenți de stingere precum și tipurile de instalații aferente acestora, așa cum sunt descrise ele în cadrul normativului P118/2 – 2013, instalații de stingere.

#	Agentul de stingere	Tipuri de instalații de stingere
1.	Apă	Coloane uscate Hidranți exteriori Sprinklere Apă pulverizată Ceață de apă
2.	Gaz	Instalații fixe de stingere cu dioxid de carbon Instalații de stingere cu alte gaze : FK-5-1-12, HCFC amestec A, HCFC-123, HCFC-22, HCFC-124, HFC 125, HFC 227ea, HFC 23, IG-100, IG-541, IG-01 (argon)
3.	Aerosoli	Instalații de stingere cu aerosoli
4.	Spumă	Instalații de stingere a incendiilor cu spumă
5.	Pulbere	Instalații de stingere cu pulbere
6.	Abur	Instalații de stingere cu abur

Tabelul 4. 1 – Tipuri de agenți de stingere a incendiilor

Statele Unite ale Americii și Marea Britanie au promovat această idee a echipării locuințelor cu instalații de sprinklere prin prisma faptului că instalația nu este una complexă. Pentru construcțiile noi această echipare cu instalații de sprinklere se poate face oarecum facil prin integrarea acestei cerințe încă din etapa de proiectare și ulterior prin realizarea unei construcții care să permită acest lucru, problema apărând însă la fondul construit existent. În Statele Unite ale Americii au fost raportate probleme legate de modul de operare a instalațiilor de sprinklere (Long și colab., 2010).

La alegerea agentului de stingere, primul criteriu de luat în considerare este prezența persoanelor în locuință, persoane de diferite grupe de vârstă și cu posibile probleme legate de abilitățile motorii și mobilitate. În lumina acestui criteriu, sistemele de stingere cu gaz, aerosoli, spumă, pulbere și abur sunt eliminate, menținând în această analiză doar sistemele de stingere cu apă.

Următorul criteriu de luat în considerare atunci când se alege tipul de instalație este cantitatea de apă necesară pentru stingere. Întrucât volumul unei încăperi dintr-o locuință este relativ mic, și având în vedere intenția de a folosi o cantitate mică de apă pentru a nu provoca daune suplimentare, sistemul de stingere cu ceață de apă este cel care îndeplinește aceste cerințe. Utilizarea apei sub formă de ceață pentru stingerea incendiilor este regăsită atât în la autospecialele pompierilor și în cadrul instalațiilor fixe de stingere a incendiilor cu ceață de apă.

Cantitatea de apă utilizată pentru stingerea unui incendiu la o clădire rezidențială este în strânsă legătură cu gradul de dezvoltare a incendiului precum și cu forma în care aceasta este refulată către focar, fiind esențială o identificare rapidă a unui început de incendiu. În domeniul siguranței la incendiu, observăm o creștere a interesului pentru stingerea incendiilor cu ceață de apă datorită capacității sale de a inhiba dezvoltarea incendiului (Farrell și colab., 2023).

Aspectele anterior menționate pot fi realizate prin ducerea la îndeplinire a următoarelor două cerințe majore:

- **Detecția incendiilor.** O identificare cât mai rapidă a începuturilor de incendiu va permite utilizarea unei cantități mici de apă pentru stingere;
- **Agent de stingere: ceața de apă.** Stingerea cu apă, sub formă de ceață va contribui atât la o eficiență crescută stingerii cât și la utilizarea unei cantități reduse de apă.

Trebuie avută în vedere diversitatea construcțiilor și a cerințelor proprietarilor acestora, context în care soluția propusă va trebui să cunoască și o modularitate a dezvoltării ei în sensul de a avea niveluri diferite de echipare pentru a se putea adapta diverselor cerințe. Astfel, se poate porni de la un model de bază care să aibă disponibilă doar partea de stingere, fără partea de detecție a incendiului, modelele urmând să evolueze din punct de vedere al complexității către detecția de temperatura, căldură sau flacără. Primele modele descrise vor avea posibilitatea de a valorifica informațiile obținute de la senzorii din cadrul Internet of Things cu care este echipată deja construcția.

4.3 Caracteristici ale stingerii incendiilor cu ceață de apă

Instalațiile de stingere a incendiilor cu ceață de apă sunt reglementate prin standardul european EN 14972-1:2020: sisteme fixe de stingere a incendiilor – sisteme de stingere cu ceață de apă, care are un caracter de recomandare, fiind necesar a fi instituit prin alte reglementări. La nivel național, în *Ghidul de proiectare pentru instalații de stingere a incendiilor cu ceață de apă, indicativ GP-069-02* regăsim o descriere detaliată a mecanismului stingerii unui incendiu cu ceață de apă.

Cantitatea mică de apă necesară stingerii incendiilor cu ceață de apă reprezintă un avantaj pentru sistemul propus prin această lucrare, această caracteristică urmând să fie completată de o detecție rapidă a incendiului. Prin această pulverizare a apei sub formă de ceață are loc o creștere considerabilă a raportului dintre masa picăturilor și suprafața acestora, intensificându-se astfel transferul de căldură de la focarul generat de incendiu la apă, răcind zona de ardere intensiv și absorbind căldura latentă de vaporizare. Astfel se formează abur, ce conduce la reducerea concentrației de oxigen din zona arderii sau a fazei gazoase a combustibilului care a fost incendiat din atmosfera respectivei incinte, până când concentrația de oxigen atinge o valoare la care încetează arderea. Această modalitate de refulare a apei generează o ocupare cu ceață de apă concomitent cu abur, a volumului spațiului incendiat, aspect ce favorizează stingerea rapidă a începutului de incendiu.

Reținem faptul că granulometria picăturilor de apă din componența jetului de apă pulverizat către focar este elementul care vine să caracterizeze în mod definitoriu această modalitate de stingere și are un impact major asupra eficacității modului în care se formează ceața de apă. Din analiza spectrului jetului de apă pulverizată, se disting trei calități ale ceții de apă, care sunt prezentate în funcție de proprietățile care le definesc:

- **Clasa I** - unde 90% din volumul întreg de apă pulverizată este format din picături cu diametre medii, d , situate între 100 μm și 200 μm . Ceața de clasa I este recomandată pentru stingerea incendiilor din clasa A;
- **Clasa II** - unde 90% din volumul întreg de apă pulverizată este format din picături cu diametre medii situate între 200 μm și 400 μm . Ceața de clasa II este recomandată pentru stingerea incendiilor din clasa B;
- **Clasa III**, în care 90% din volumul întreg de apă pulverizată este format din picături cu diametre medii situate între 400 μm și 1000 μm . Ceața de clasa III este recomandată pentru stingerea incendiilor din clasa C;

Clasificarea calității ceții de apă este definită atât de proprietățile sale cât și de tipul de incendii pe care le pot stinge. În conformitate cu reglementările în vigoare, date de ISO 3941-87, STAS 11841-83 și SR EN 2-1995, după natura substanțelor combustibile care sunt prezente în spațiile în care s-a dezvoltat un incendiu, incendiile se pot încadra în 6 clase de incendiu, de la A la F.

Din analiza materialelor care se pot regăsi în cadrul unei clădiri rezidențiale se poate concluziona faptul că, din punct de vedere al clasificării, incendiile izbucnite la această categorie de obiective sunt incendii din clasa A de incendiu. În tabelul 4.2 este introdus un nou parametru care vine să caracterizeze calitatea ceții de apă, respectiv presiunea de pulverizare a apei, presiune care, generează diametre diferite ale picăturilor din jetul de apă.

Presiunea de pulverizare a apei (bar)	Diametrele medii ale picăturilor din jetul de apă pulverizată prin duze (μm)	Calitatea ceții de apă
Înaltă, peste 34 bar	100 ... 200	I
Medie, între 12 și 34 bar	200 ... 400	II
Joasă, între 6 și 12 bar	400 ... 1000	III

Tabelul 4. 2 - Distribuția statistică a diametrelor medii ale picăturilor din jetul de apă pulverizată și calitatea ceții de apă, în funcție de presiunile de pulverizare ale apei prin duze (NFPA – 750)

Pentru a asigura stingerea incendiilor din clasa A de incendiu, specifice clădirilor rezidențiale este necesar să asigurăm o presiune înaltă de peste 34 de bar, aceasta urmând să fie una din cerințele pompei care va asigura sistemului propus.

Viața și sănătatea oamenilor poate fi pusă în pericol de deversarea ceții de apă în incinte închise deoarece aceasta poate provoca sufocarea utilizatorilor, fiind necesară adoptarea unor măsuri de siguranță și pentru sistemul propus, similare cu cele stabilite pentru instalațiile cu ceață de apă.

Ca și concluzie parțială reținem faptul că sistemul de stingere propus va trebui să opereze la un regim de presiune înaltă, de aproximativ 34 bar, pentru a asigura formarea ceții de apă de calitate I necesară pentru stingerea incendiilor din clasa A. Un studiu recent (Sanli și colab., 2023) vine să susțină aspectele anterior menționate, în sensul avantajului oferit în stingerea incendiilor de către utilizarea apei, ca agent de stingere, la presiuni foarte înalte

4.4 Caracteristici ale instalațiilor de stingere cu ceață de apă

Instalațiile de stingere a incendiilor cu ceață de apă sunt reglementate în țara noastră prin *Normativul privind securitatea la incendiu a construcțiilor, partea a II-a instalații de stingere, Indicativ P118/2 – 2013*, publicat în monitorul oficial nr. 585 bis din 24 septembrie 2013. În cadrul acestui normativ se indică faptul că standardul de referință pentru proiectarea, executarea și efectuarea lucrărilor de mentenanță a acestor instalații este CEN/TS 14972:2011, care între timp a cunoscut o actualizare la nivelul anului 2020.

Acest normativ stabilește următoarele componente ale instalațiilor de stingere a incendiilor cu ceață de apă:

- sursa de apă pentru alimentarea instalației;
- rezervoarele sau recipientele care sunt destinate stocării rezervei de apă necesare pentru stingerea incendiilor cu ceață de apă;

- stația de pompare care asigură transferul apei din rezervoarele de stocare, la duzele de pulverizare, prin rețeaua de conducte;
- rețeaua de conducte pentru alimentarea cu apă a duzelor;
- duze de pulverizare a apei;
- armături, dispozitive de siguranță, comandă și control;
- instalația de detectare, semnalizare și comandă în caz de incendiu;
- sursele pentru alimentarea cu energie electrică.

Instalațiile de stingere a incendiilor cu ceață de apă descrise de normativ sunt clasificate, în funcție de presiunea de lucru astfel:

- instalații cu presiune joasă, care au o presiune de lucru cuprinsă între 6 bari și 12 bari.
- instalații cu presiune medie, cu o presiune de lucru cuprinsă între 12 bari și 34 bari;
- instalații de presiune înaltă, la care presiunea de lucru este de peste 34 bari;

În funcție de natura materialelor combustibile, normativul stabilește că valorile intensităților de stingere variază între $0,07 \text{ l/sm}^2$ și $0,17 \text{ l/sm}^2$. Din această definiție a intensității de stingere reținem că este necesară introducerea unui nou parametru care vine să caracterizeze propunerea de sistem de stingere care face obiectul acestei lucrări.

4.5 Timpul de răspuns al pompierilor

Pentru a dimensiona o instalație de stingere a incendiilor, atunci când discutăm de rezerva de substanță de stingere, avem în vedere natura materialelor ce pot contribui la dezvoltarea incendiului și, în funcție de aceasta, rezultă intensitatea de stingere necesară, pentru ca ulterior să se poate calcula necesarul de substanță de stingere.

În continuarea ideii enunțate anterior, prin care apare posibilitatea de a asigura un rezervor de apă pentru stingerea incendiului, în această analiză este esențial să știm și în cât timp pot ajunge pompierii la locul intervenției. Această informație este necesară în ideea de a asigura o intervenție inițială, până la sosirea echipelor de intervenție a pompierilor. Chiar dacă sistemul nu va reuși o stingere completă a incendiului, ar fi util ca acesta să refuleze ceață de apă asupra focarului, asigurând astfel o limitare a propagării lui până la sosirea pompierilor.

În România, amplasarea în teritoriu a subunităților de pompieri se face în baza Ordinului Ministrului Afacerilor Interne nr. 360 din 2004 *privind structura organizatorică și dotarea serviciilor profesionale pentru situații de urgență*. Timpul de răspuns al pompierilor, stabilit prin această reglementare, este următorul:

- în obiectivele publice de importanță deosebită și cu risc ridicat de incendiu - între 5 și 15 minute;
- în localitățile de dislocare - între 5 și 25 de minute;

- în localitățile din raionul de intervenție - între 15 și 35 de minute.

Din această reglementare reținem faptul că timpul maxim de răspuns, la limita raionului de intervenție, ar trebui să fie de maxim 35 de minute deși există multe situații în care nu este îndeplinit acest criteriu. Dacă se analizează numărul total de intervenții precum și dispunerea clădirilor rezidențiale prin raportare la subunitățile de pompieri, se poate afirma că o medie generală a acestui timp de răspuns ar fi de 15 minute, timp ce se propune a fi luat în calcul la dimensionarea rezervei de apă a sistemului de stingere propus, pentru a asigura astfel o menținere a unui control asupra incendiului, până la sosirea pompierilor.

Un alt aspect relevant ce trebuie luat în calcul la echiparea construcțiilor rezidențiale cu un astfel de sistem de stingere a incendiilor este cel referitor la locul în care va fi montat un astfel de sistem. După cum se menționa anterior acest sistem va trebui să permită o anumită modularitate, o echipare parțială sau totală a respectivei clădiri. Din analiza efectuată în teză se constată că cele mai frecvente sunt spațiile cu destinații de pod, bucătărie sau dormitor, aceste trei destinații cumulând un procent de 56% din totalul incendiilor.

Pe baza informațiilor din acest subcapitol se pot reține următoarele elemente relevante pentru sistemul de stingere propus:

- timpul de răspuns al pompierilor în mediul rural: 15 minute;
- timpul de răspuns al pompierilor în mediul urban: 10 minute;
- cele mai importante locații care necesită echiparea cu acest sistem, în ordinea priorității lor: pod, bucătărie, dormitor.

4.6 Principalele caracteristici ale viitoarei soluții de stingere

În ceea ce privește detecția incendiilor trebuie să aducem în atenție faptul că există diferite modalități de identificare a acestora, în funcție de parametrii săi specifici: fum, temperatură sau flacără. Conceptul IoT este într-o continuă dezvoltare dar încă nu se poate afirma că acesta are impact asupra majorității clădirilor de locuit, motiv pentru care, soluția propusă va trebui să aibă în vedere acest aspect. Instalația de stingere a incendiilor de la clădirile de locuit va trebui să integreze și partea de detecție a incendiilor, fie din cadrul Internet of Things fie prin echiparea proprie cu acești senzori.

După ce se realizează detecția unui început de incendiu se propune transmiterea acestei informații către un sistem local de stingere pentru a asigura în acest mod o protecție efectivă a locuinței.

În ceea ce privește utilizarea apei ca agent de stingere consider că trebuie să observăm gradul de acoperire al alimentării cu apă a locuințelor la nivel național. Și în acest caz cunoaștem o creștere accelerată a echipării locuințelor cu acest tip de utilitate, fără a avea însă un asemenea grad de acoperire care să nu reclame o abordare atentă a acestui aspect în cadrul prezentei lucrări. Astfel, se

cuvine a aduce în atenție faptul că există posibilitatea ca un procent însemnat de locuințe să nu fie racordate la un sistem public de alimentare cu apă ceea ce va impune ca cerință obligatorie pentru sistem existența propriei rezerve de apă.

Pentru a putea fi asigurată intervenția încă din primele minute ale apariției unui incendiu se poate asigura alimentarea cu apă dintr-un rezervor a cărui capacitate va fi propusă în continuarea acestei lucrări.

Pentru a avea o adresabilitate cât mai mare, un astfel de sistem de stingere a incendiilor cu ceață de apă, trebuie să se mențină într-o zonă de cost cât mai redusă, astfel încât un număr cât mai mare de proprietari să și-l poată permite. Pot fi realizate și versiuni mai complexe ale acestui sistem, care să aibă caracteristici suplimentare, respectiv detecția cu acuratețe a focarului incendiului. Pentru a obține acest rezultat, partea de detecție a incendiului ar trebui să cunoască o echipare cu senzori care să poată face acest lucru, exemple în acest sens fiind senzorii termici MEMS de la Omron, senzorii dezvoltati de Heimann sau senzorul Grid-Eye de la Panasonic, această enumerare nefiind limitativă.

Echiparea spațiilor cu astfel de senzori va permite apoi sistemului de stingere să fie mai eficient, prin faptul că va reuși o direcționare mai bună a ceții de apă către focarul de incendiu astfel identificat. Această soluție ar genera costuri suplimentare dar în același timp ar permite o acuratețe mai mare a detecției și ulterior a stingerii începutului de incendiu, existând posibilitatea de a reduce și mai mult cantitatea de apă necesară.

Având în vedere timpul mediu de răspuns al pompierilor, de 15 minute, sistemul propus va trebui să asigure o refulare continuă a apei sub formă de ceață în această perioadă.

Normativul privind securitatea la incendiu a construcțiilor, partea a II-a – Instalații de stingere, stabilește pentru instalațiile de stingere a incendiilor cu ceață de apă un parametru intitulat intensitatea de stingere. Intensitatea de stingere este o caracteristică specifică pentru materialele care sunt protejate și este dată de intensitatea minimă de pulverizare a apei pentru care arderea încetează. Intervalul pentru intensitățile de stingere se regăsește în intervalul $0,07 \text{ l/sm}^2$ și $0,17 \text{ l/sm}^2$, în funcție de intensitățile de stingere ale materialelor aflate în zona care este protejată. La nivelul unei locuințe, prin raportare la natura materialelor care pot fi întâlnite precum și la densitatea de sarcină termică existentă, considerăm că este acoperitoare o intensitate de $0,07 \text{ l/sm}^2$, ceea ce conduce la un necesar de 630 de litri de apă pentru a asigura sistemului o refulare continuă timp de 15 minute la o încăpere cu o suprafață de aproximativ 10 m^2 . În mediul urban, la un timp de răspuns al pompierilor mai mic, de aproximativ 10 minute, necesarul de apă ar fi de 420 de litri de apă.

Apa necesară pentru acest sistem poate fi asigurată fie direct din rețeaua de apă, aspect posibil în localitățile echipate cu această utilitate, ceea ce ar înlătura caracteristica mobilă a sistemului, fie dintr-o rezervă proprie.

În acest context, au fost sintetizate lucrările studiate, ca parte a stadiului actual al cunoașterii, și intersectate cu scopul propus în cadrul acestei lucrări rezultând o serie de cerințe principale definitorii pentru un sistem de stingere a incendiilor la clădirile rezidențiale, astfel:

- **Deteția incendiului.** Soluția propusă va trebui să asigure echiparea cu senzori sau valorificarea informațiilor existente în cadrul IoT;
- **Ceața de apă clasa I.** Asigurarea unei intervenții rapide asupra focarului de incendiu cu ceață de apă, imediat după apariția datelor referitoare la apariția unui incendiu;
- **Presiunea minima de lucru de 34 bari,** care va necesita echiparea acestui sistem cu o pompă care să poată asigura refularea apei la aceste presiuni înalte;
- **Rezerva proprie de apă,** pentru a asigura o mobilitate a montării acestui sistem și pentru a nu genera costuri suplimentare pentru proprietari prin intervenția asupra construcțiilor existente;
- **Durata minimă de funcționare:** 10 sau 15 minute în funcție de dispunerea locuinței în mediul rural sau mediul urban;
- **Intensitatea de stingere minimă** care să permită stingerea cantităților de materiale existente în zona focarului;
- **Alimentarea cu energie electrică.** Sistemul trebuie să poată fi alimentat cu energie electrică de la rețea, în caz control fiind necesare costuri suplimentare.
- **Smart city.** Acest sistem trebuie să permită integrarea sa în cadrul conceptului *Smart City*, ce va asigura o cunoaștere rapidă de către pompieri a unui început de incendiu.

Îndeplinirea acestor cerințe de către viitorul sistem de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale considerăm că va asigura o punere în siguranță a acestei categorii de obiective prin asigurarea unei intervenții locale, independente de intervenția omului, la nivelul focarului de incendiu, până la sosirea echipajelor de intervenție a pompierilor, care vor putea fi anunțați prin intermediul acestui sistem.

4.7 Soluția de stingere a incendiilor propusă

În urma analizei elementelor descrise anterior se propune realizarea unui *sistem de stingere a incendiilor cu ceață de apă*, pe structura unei instalații de stingere cu ceață de apă, diferența constând în faptul că acest sistem va fi compact și mobil, amplasat în incinta ce trebuie protejată, sistem a cărui schemă de principiu este prezentată în figura 4.5.

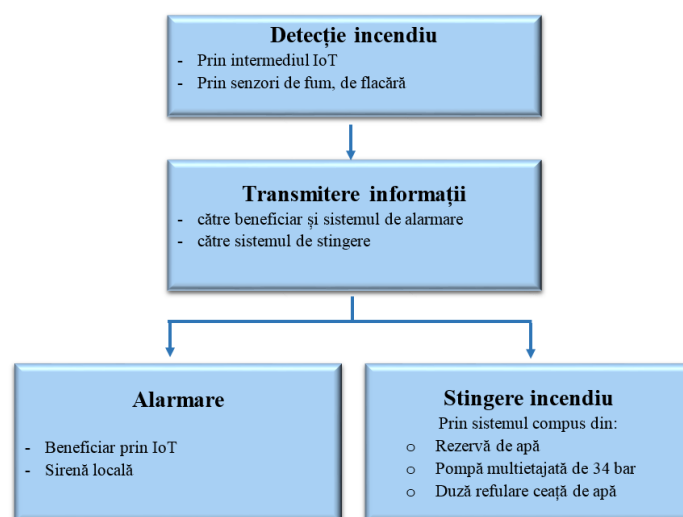


Figura 4. 1 - Schema de principiu a sistemului de stingere a incendiilor cu ceață de apă

Această schemă de principiu sintetizează funcționalitățile acestui sistem și este gândită în așa fel încât să asigure îndeplinirea caracteristicilor descrise în subcapitolul precedent. Deosebirea față de o instalație de stingere a incendiilor cu ceață de apă este dată de faptul că majoritatea elementelor acestui sistem se propun a fi realizate și integrate într-un singur ansamblu, compact, care să permită o mobilitate a sa, care să îi asigure o amplasare facilă, adaptată fiecărei locuințe.

Sistemul de stingere a incendiilor cu ceață de apă propus prin prezenta lucrare va asigura înglobarea într-un singur ansamblu, de formă paralelipipedică, a tuturor componentele sale, după cum urmează:

- senzorii de detecție a unui început de incendiu;
- unitatea de comandă a acționării pompei pe baza informațiilor primite de la senzorii instalați sau din cadrul IoT. Acest component al sistemului va asigura și integrarea în conceptul *smart city*;
- pompa de înaltă presiune care să asigure o operare la o valoare de minim 34 bar;
- rezerva de apă de 420 sau 630 de litri;
- duza sau duzele de refulare a apei sub formă de ceață.

Dimensiunea fizică a acestui sistem este dată în principal de volumul de apă, o cantitate de 420 de litri de apă generând un rezervor ce poate avea dimensiunile în spațiu de 70 cm X 30 cm X 20 cm la care se adaugă în principal ca volum pompa care asigură refularea apei către focar. Ca și similarități putem reține faptul că rezerva de apă ocupă un volum similar unei unități interioare de aer condiționat, aspect ce poate genera ideea de amplasare și la înălțime a acestui sistem sau integrat în cadrul unor elemente de mobilier la diferite înălțimi.

Din această propunere rezultă că beneficiarul nu trebuie să fie racordat în mod obligatoriu la un sistem de alimentare cu apă, aspect ce reprezintă un avantaj față de alte instalații care au același

scop (Dyson, 2017). În situația în care beneficiază de accesul la o rețea publică de apă precum și dacă amplasarea sistemului permite o racordare facilă, sistemul va oferi trebui să poată oferi și această posibilitate de a fi alimentat în mod continuu de la rețeaua publică, cu mențiunea că nu vor fi necesare investiții consistente pentru această racordare sau personal specializat care să poată face această racordare. Se propune ca și în acest caz sistemul să conțină rezerva de apă, conectarea la rețea urmând a se face prin același racord care permite umplerea cu apă a rezervorului în cazul funcționării independente a acestuia.

Acest sistem necesită doar alimentare cu energie electrică, aspect ce îl va face mobil și ușor de utilizat. Greutatea sa estimativă va fi de aproximativ 440 / 650 de kg, și va putea fi amplasat ca un corp de mobilier, în cazul în care se optează pentru asigurarea propriei rezerve de apă. Această amplasare se poate asigura atât la nivelul pardoselii cât și la diferite înălțimi.

În tabelul 4.3 sunt prezentate caracteristicile fizice concrete pentru trei variante ale acestui sistem de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale, în toate variantele fiind propuse spre utilizare matricile de senzori aduse în atenție în prezenta lucrare, produse de Panasonic, Omron sau Heiman.

Caracteristică	Sistem de stingere mediul urban	Sistem de stingere mediul rural	Sistem de stingere fără rezervă de apă
Senzori	Matrice IR	Matrice IR	Matrice IR
Conectivitate senzori cu sistemul	Internet of Things	Internet of Things	Internet of Things
Capacitate rezervor apă	420 litri	630 litri	-
Durată estimată de funcționare	10 minute	15 minute	până la sosirea pompierilor
Dimensiuni rezervor apă	100 x 100 x 42 cm	100 x 100 x 63 cm	-
Presiune de refulare asigurată de pompă	minim 34 bari	minim 34 bari	minim 34 bari
Dimensiuni pompă refulare	25 x 35 x 20 cm	25 x 35 x 20 cm	25 x 35 x 20 cm
Dimensiunile aproximative ale sistemului	100 x 125 x 42 cm	100 x 125 x 63 cm	35 x 45 x 30 cm
Alimentare cu apă din rețeaua publică	nu	nu	da
Greutate sistem	440 kg	650 kg	20 kg

Tabelul 4. 3 – Caracteristicile a trei variante ale sistemului de stingere propus

În cazul în care se optează pentru o soluție fără rezervor propriu de apă, rețeaua publică de alimentare cu apă a localității trebuie să permită asigurarea unui debit de 0,7 l/s, debit calculat prin aplicarea intensității de stingere stabilite anterior la suprafața camerei de 10 m².

O altă dimensiune importantă ce trebuie avută în vedere în analiza acceptării și adoptării acestui sistem de către proprietarii de locuințe este cel legat de costurile sale, apreciindu-se că se poate ajunge la valoarea de 1000 euro.

4.8 Concluzii privind sistemul de stingere propus

În cadrul acestui capitol au fost analizate incendiile produse la clădiri rezidențiale, atât la nivel internațional cât și la nivel național, cu accent pe numărul mare al acestora, pe cauzele care le generează și nu în ultimul rând pe cele mai frecvente destinații ale camerelor în care acestea se inițiază. O dimensiune importantă a acestei analize este dată de **timpul de răspuns al pompierilor**, care este diferit în mediul rural față de mediul urban, această diferență urmând să genereze rezerve diferite de apă pentru sistemul de stingere propus de autor.

După ce au fost trecuți în revistă agenții de stingere a incendiilor în general, **autorul s-a oprit asupra utilizării apei sub formă de ceață, ca modalitate de stingere** ce va fi utilizată de sistemul propus. Principalul avantaj al acestei variante, ale cărei caracteristici au fost prezentate în acest capitol, este dat de cantitatea redusă de apă necesară pentru stingerea incendiilor precum și de eficiența utilizării aceste modalități.

Ulterior **au fost definite caracteristicile pe care trebuie să le îndeplinească sistemul de stingere**, pornind de la faptul că va trebui să asigure detecția unui început de incendiu și continuând cu existența unei rezerve de apă, stabilirea unei durate minime de funcționare de 10 sau 15 minute, stabilirea unei presiuni minime de lucru de 34 bari și a unei intensități de stingere de 0,07 l/sm² și nu în ultimul rând integrarea sa în cadrul Internet of Things și Smart city.

În finalul capitolului sunt prezentate soluțiile concrete de realizare a unui sistem de stingere, cu trei variante ale sale, ce vor aduce o adaptare la nevoile proprietarilor precum și o modularitate a amplasării și utilizării sale. Soluțiile propuse pot fi realizate practic, elementele componente existând în acest moment spre comercializare.

Dacă o instalație de stingere a incendiilor cu ceață de apă necesită o etapă de proiectare și apoi o etapă de execuție, etape ce vor genera costuri pentru fiecare astfel de instalație în parte, **sistemul propus de autor în prezenta lucrare** are avantajul de a putea fi pus în funcțiune practic instantaneu, fiind suficientă alimentarea cu energie electrică și umplerea rezervorului de apă, avantajele de operaționalizare fiind evidente atât din punct de vedere al timpului cât și al costurilor echipării unei locuințe.

Cercetarea din cadrul programului doctoral propune crearea unui sistem de stingere a incendiilor la clădirile rezidențiale, de concepție originală, sistem ce va fi integrat conceptelor Internet of Things și Smart City, ducându-le la următorul nivel. Dacă în prezent casa inteligentă are capacitatea de a detecta un început de incendiu și reacționează prin introducerea unui semnal de alarmă și prin notificarea proprietarului, **prin contribuția personală a autorului sistemul de stingere propus vine să asigure și o reacție a casei inteligente, în sensul inițierii procesului de stingere a incendiului.**

Capitolul 5. CONCLUZII. CONTRIBUȚII PERSONALE. VALORIFICAREA REZULTATULUI PROGRAMULUI DE DOCTORAT. DIRECȚII VIITOARE DE CERCETARE

Cerința de calitate *securitate la incendiu*, instituită prin legea 10 din 1995, privind calitatea în construcții, cunoaște o creștere a percepției populației asupra importanței sale, pe fondul unor incendii de amploare, intens mediatizate, care au generat decese multiple și care au generat o nevoie de a crește nivelul de securitate pentru cetățeni în acest domeniu. Prezenta lucrare a analizat această cerință în ansamblul ei, pentru ca ulterior să identifice două dimensiuni care pot fi îmbunătățite prin cercetare și anume: contorizarea persoanelor în spații publice închise și stingerea incendiilor la clădirile rezidențiale.

Cele două propuneri ale acestei lucrări sunt concrete și vin să genereze o creștere reală a nivelului de securitate la incendiu pentru utilizatorii clădirilor, fie că discutăm despre spații publice închise sau despre clădiri rezidențiale. Se cuvine a fi adus în atenție faptul că soluțiile propuse pot fi realizate fizic în acest moment și pot genera astfel efecte într-un timp foarte scurt.

5.1 Concluzii finale

5.1.1 Instalația de contorizare a utilizatorilor

În cadrul reglementat până în acest moment se poate spune cu certitudine că în acest moment există normative, standarde și reglementări naționale și internaționale care vin să acopere cerințele esențiale ale cerinței esențiale de securitate la incendiu a construcțiilor. În acest context, introducerea unei noi instalații în acest domeniu pare să fie un lucru dificil, atât de identificat ca soluție tehnică cât și ca determinare a actorilor relevanți din acest domeniu de a o adopta ca parte a acestei cerințe esențiale de securitate la incendiu.

Cercetările efectuate în cadrul prezentei teze de doctorat permit formularea următoarelor concluzii generale care vin să susțină necesitatea adoptării unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise:

- **Depășirea valorilor proiectate în privința numărului de utilizatori ai unei construcții**

Reglementările actuale generează echipări cu instalații a construcțiilor existente în funcție de mai mulți parametri precum destinația lor, de suprafețele ce trebuie protejate, de densitatea de sarcină termică sau de numărul de utilizatori. Prezenta lucrare aduce în atenție ultimul parametru dintre cei enunțați anterior și anume numărul de utilizatori ai unei construcții. **La momentul proiectării este stabilit un număr maxim de utilizatori ai unei construcții prin raportare la suprafața și destinația sa.** Dimensionarea căilor de acces, evacuare și intervenție se face prin raportare la acest

număr maxim de utilizatori, pentru a asigura un nivel de securitate optim al acestora. **Pe măsură ce depășirea numărului de utilizatori este tot mai mare, nivelul de securitate la incendiu devine tot mai mic.** Pentru soluționarea acestei probleme ar putea fi gândită o mărire a gabaritului căilor de evacuare dar acest aspect nu soluționează problema aglomerărilor de persoane din cadrul construcției. Prezenta lucrare a propus ca modalitate de soluționare a acestei probleme limitarea utilizatorilor unei construcții și menținerea întotdeauna a numărului de persoane sub valoarea proiectată. În acest scop a fost prezentată instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise.

- **Senzori și modalități actuale de contorizare a persoanelor**

Până în prezent preocupările pentru dezvoltarea unor soluții de contorizare a accesului și mai ales de monitorizare a comportamentului clienților în interiorul unor spații comerciale le regăsim doar în zona de marketing. În funcție de rezultatele unor astfel de analize sunt adoptate ulterior noi tehnici de vânzări. Reținem o preocupare de natură comercială în dezvoltarea de astfel de soluții și nu o preocupare a autorităților care să genereze o securitate suplimentară pentru ocupanții unei construcții.

În cadrul lucrării au fost analizate diferite modalități de contorizare a persoanelor, inclusiv cele care fac acest lucru prin intermediul analizei video, variantă asupra căreia nu s-a insistat din dorința de a asigura protecția identității persoanelor care vor fi contorizate. În urma analizei stadiului actual al cunoașterii în domeniu precum și al realizărilor tehnice existente s-a propus utilizarea unor senzori de tipul matrice IR, care permit contorizarea persoanelor pe baza diferențelor de temperatură înregistrate în matricea care monitorizează un anumit spațiu.

Au fost identificați trei producători: Heiman, Omron și Panasonic care dețin în portofoliul de senzori soluții care permit contorizarea persoanelor. Este de precizat că acești senzori returnează mai multe informații, bazate pe **diferențele de temperatură citite de matricea IR**. Se cuvine a reaminti faptul că acești producători oferă soluții hardware și software de integrare a acestor senzori în aplicațiile ce se doresc a fi dezvoltate de utilizator. Un alt aspect relevant este cel legat de conectivitatea lor care se poate realiza prin fir, bluetooth sau wifi, existând și posibilitatea pentru unii dintre ei de a se alimenta cu energie electrică prin cablul de date (power over ethernet).

Este de reținut ideea că în acest moment există mai multe soluții tehnice de contorizare a persoanelor, fără ca acest scop să fie unul principal pentru senzorii existenți.

- **Structura instalației de contorizare a persoanelor în spații publice închise**

În urma analizei nevoilor de contorizare și a soluțiilor existente în acest moment, în cadrul acestei lucrări a fost stabilită schema de principiu a instalației de contorizare, după cum urmează:

- **Senzori pentru numărarea persoanelor;**
- **Echipament de analiză și semnalizare;**
- **Dispozitive de alarmare.**

În cadrul prezentei lucrări a fost efectuată o activitate practică, în care a fost utilizat kitul de evaluare Grid-EYE Gen2 dezvoltat de Panasonic, care a venit să demonstreze, la o scară redusă, existența, în acest moment, a posibilității tehnice de contorizare a persoanelor.

Această propunere de structură a instalației se aseamănă foarte mult cu instalația de detectare, semnalizare și avertizare a incendiilor, diferențele fiind date de natura senzorilor precum și de modul în care se face analiza informațiilor furnizate de către aceștia. Această asemănare va putea facilita adoptarea de către autoritățile naționale de reglementare a instalației propuse prin prezenta lucrare.

- **Noutatea ideii de instalație de contorizare a persoanelor, ca parte a domeniului securitate la incendiu**

Senzorii și variantele de contorizare descrise anterior în această lucrare vin să ateste faptul că în acest moment există soluții dezvoltate de diferiți producători care să permită o acuratețe foarte bună a contorizării persoanelor. Elementul de noutate al prezentei teze de doctorat este dat de faptul că se propune o includere a acestor senzori deja existenți într-o instalație de contorizare a persoanelor care să facă parte din domeniul securitate la incendiu. Chiar dacă soluțiile existente pot să fie denumite sisteme sau instalații, ele nu sunt obligatorii în acest moment pentru echiparea construcțiilor, nu au o structură cadru reglementată de autorități, fie ele naționale sau internaționale.

În esență, putem constata că există de mult timp pe piață soluții de contorizare a persoanelor, fără ca ele să fie utilizate în scopul creșterii nivelului de securitate la incendiu al cetățenilor. Astfel, senzorul GridEYE de la Panasonic este menționat într-o lucrare (Basu și Rowe, 2014) încă dinainte de evenimentul tragic de la Clubul Colectiv din București care a avut loc în anul 2015. **Reținem că există soluții de contorizare a persoanelor de aproximativ un deceniu, fără ca statul, prin autoritățile sale de reglementare să dispună ca acestea să fie implementate în instalații practice care să genereze o creștere a nivelului de securitate la incendiu pentru utilizatorii construcțiilor.**

Până în prezent, ca reacție a statului față de evenimentul de la Colectiv, se pot reține doar măsuri care au un caracter organizatoric și intervin post-factum, un exemplu în acest sens fiind oprirea funcționării unui astfel de obiectiv în cazul în care se constată depășirea cu 10% a numărului de utilizatori. Noutatea acestei instalații este dată de faptul că ea nu va permite aglomerările de persoane, intervine practic în sensul evitării acestora, prin aceasta făcând-o diferită de o instalație de detectare, semnalizare și avertizare a incendiilor care intervine post-factum.

Considerăm că aceasta este cea mai importantă concluzie a acestei teze de doctorat, respectiv că, prin prezenta lucrare se propune o instalație nouă, aferentă domeniului securitate la incendiu iar noutatea este dată de însăși ideea de concepere și reglementare a unei astfel de instalații și nu de noutatea soluțiilor tehnice. În concluzie, considerăm că este imperios necesar ca realizările tehnice care datează de un deceniu să fie valorificate cât mai repede.

- **Propuneri de reglementare a acestei instalații**

În cadrul demersului de implementare a unei astfel de instalații se impune **redactarea unei propuneri de prescripție tehnică** care să stabilească principiile și elementele fundamentale privind proiectarea și realizarea acestei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise. În cadrul acestei prescripții, care în prima fază poate fi elaborată sub forma unui ghid de proiectare, execuție și exploatare a acestei instalații, vor trebui reglementate spațiile la care statul consideră că este obligatorie echiparea cu acest tip de instalații, în funcție de destinația obiectivelor, numărul de utilizatori sau regimul de înălțime.

În acest context, **în anexa nr. 1 a acestei teze de doctorat a fost redactată o propunere de reglementare** intitulată *Normativ de proiectare, execuție și exploatare a unei instalații de contorizare a persoanelor în spații publice închise*. Acest normativ de proiectare va trebui astfel conceput încât să poată fi considerat și o platformă care să permită ulterior diverșilor producători de senzori sau chiar de instalații să se adapteze acestui demers.

- **Obiective ale instalației**

Echiparea cu instalația de contorizare a persoanelor în spații publice închise va asigura ducerea la îndeplinire a două obiective majore, care în final au un impact semnificativ asupra numărului de potențiale victime precum și asupra stării generale de sănătate a acestora, în cazul manifestării unui incendiu sau a unei situații de urgență:

- **securitatea utilizatorilor;**
- **sprijinirea forțelor de intervenție.**

Securitatea utilizatorilor va fi dată de instituirea în cadrul acestei instalații a unor praguri critice la care aceasta trebuie să dispună anumite măsuri. Astfel, vom putea discuta de un prag de alarmare local care să notifice utilizatorii despre iminența atingerii valorii maxime proiectate, un prag la care se impune dispunerea măsurii de evacuare a utilizatorilor și un prag la care este necesară măsura opririi funcționării respectivului obiectiv.

Instalația propusă prin prezenta lucrare va veni în sprijinul forțelor de intervenție prin cunoașterea numărului de persoane din interiorul unei clădiri în cazul producerii unui incendiu. În funcție de aceasta se pot calibra efectivele forțelor de intervenție pentru a asigura o salvare în condiții foarte bune a persoanelor care se află în pericol.

La nouă ani de la tragedia din Clubul Colectiv nu există o reglementare sau o instalație dedicată contorizării persoanelor deși senzorii care fac posibil acest lucru existau încă de dinaintea acestui eveniment.

Ca și concluzie finală a acestei propuneri făcută prin prezenta teza de doctorat, aceea de echipare a construcțiilor cu instalații de contorizare a persoanelor din spații publice închise, se

constată că **prin acest demers autorul aduce o contribuție personală consistentă la creșterea nivelului de securitate la incendiu** a utilizatorilor unei construcții. Deși există senzori de contorizare a persoanelor de mai bine de un deceniu, aceștia nu au fost implementați în mod concret, nu au fost instituite de către autorități obligații de a echipa anumite categorii de construcții cu astfel de instalații.

În concret, autorul propune o instalație nouă, aferentă domeniului cerinței esențiale securitate la incendiu, valorificând descoperirile tehnicii existente în acest moment.

5.1.2 Sistemul de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale

Din analiza domeniului *securitate la incendiu* reținem faptul că acesta vizează clădirile publice sau zonele industriale, acolo unde există riscuri ridicate prin prisma proceselor de producție aferente sau a aglomerărilor de persoane care pot să apară. Constatăm că nu există o preocupare consistentă pentru asigurarea unui nivel de securitate la incendiu pentru clădirile rezidențiale, acest domeniu nefiind abordat în reglementările tehnice naționale sub nicio formă, în cele internaționale regăsindu-se sub forma unor recomandări ce ar trebui implementate.

Cercetările efectuate în cadrul prezentei teze de doctorat permit formularea următoarelor concluzii generale:

- **Clădirile rezidențiale sunt vulnerabile în fața incendiilor**

Din analiza datelor statistice existente la nivelul inspectoratelor pentru situații de urgență rezultă că aproximativ **70% din numărul total al incendiilor au loc la clădiri rezidențiale**. Acest procent este generat și de numărul mare de astfel de clădiri, prin raportare la numărul total al construcțiilor dar și de faptul că la această categorie de obiective nu există reglementări referitoare la măsuri de prevenire sau de stingere a incendiilor.

Tot din sursele anterior amintite reținem faptul că principalele cauze ale incendiilor la clădirile rezidențiale din România sunt coșul de fum defect sau necurățat în procent de 34% și instalațiile electrice defecte în procent de 23%. Totodată, ca și **destinații ale încăperilor în care se produc incendii în cadrul unei locuințe avem podul și bucătăria**, cu accente diferite în mediul urban față de mediul rural, cele două destinații însumate reprezentând 57% în urban și 69% în rural.

În demersul propus de această lucrare, acela de a pune la dispoziția proprietarilor de clădiri rezidențiale un sistem care să asigure stingerea incendiilor, trebuie să aducem în discuție și dimensiunile pagubelor generate de un eventual incendiu, prin raportare la valoarea imobilului respectiv. Totodată se cuvine a fi analizată și valoarea investiției într-un astfel de sistem, care considerăm că nu generează eforturi financiare deosebit de mari.

La acest moment proprietarii clădirilor rezidențiale au obligații concrete referitoare la verificarea instalațiilor de gaze care echipează aceste construcții, precum și a aparaturii aferente acestui tip de instalații. Nu există reglementări în ceea ce privește obligativitatea de a verifica

instalațiile electrice sau coșurile de fum aferente sistemelor de încălzire din cadrul clădirilor rezidențiale.

- **Echiparea clădirilor rezidențiale cu instalații de detectare sau de stingere a incendiilor nu este obligatorie în acest moment**

Din punct de vedere al securității la incendiu, atât în România cât și pe plan internațional nu au fost identificate prevederi normative sau legislative care să genereze obligația proprietarilor de clădiri rezidențiale de a echipa aceste clădiri cu instalații de detectare, semnalizare și avertizare la incendiu sau instalații de stingere a incendiilor. În România, legislația în vigoare are o recomandare de echipare a locuințelor cu stingătoare de incendiu și una de echipare a spațiilor comune cu instalație de detectare a incendiilor în cazul clădirilor de locuit foarte înalte. La nivel internațional reținem echiparea cu detectoare autonome de fum a locuințelor, în anumite state, precum și intenția de echipare a acestor clădiri cu instalații de sprinklere, în acest scop fiind redactate standarde de referință în Marea Britanie sau în Statele Unite ale Americii, fără a avea un caracter de obligativitate însă.

- **Instalațiile de stingere existente nu cunosc o dezvoltare accelerată în ultimul deceniu**

Instalațiile aferente domeniului *securitate la incendiu* nu cunosc dezvoltări consistente în ultimele decenii, domeniul cunoscând o dezvoltare mai consistentă în zona materialelor de construcții care pot conduce la îmbunătățirea performanțelor elementelor constructive, față de cea a instalațiilor care au rol în cadrul acestei cerințe de calitate. Intenția de a crește eficiența instalațiilor de sprinklere prin modernizarea lor se confruntă și cu o creștere a numărului de posibile defecte ce pot să apară, aspect ce vine să susțină conservatorismul industriei de profil în ceea ce privește adoptarea de soluții noi în cazul acestor instalații. Din studierea stadiului actual al cunoașterii nu au fost identificate preocupări pentru modernizarea instalațiilor de sprinklere din zona rezidențială.

Reținem că nu au fost identificate preocupări ale autorităților de adaptare a instalațiilor actuale de stingere a incendiilor la specificul clădirilor rezidențiale.

În cadrul prezentei lucrări au fost analizate instalațiile de stingere a incendiilor care pot fi adaptate și folosite pentru dezvoltarea unui sistem care să se adapteze specificității de stingere a incendiilor de la clădirile rezidențiale. În urma acestei analize a rezultat că instalația de stingere cu ceață de apă este cea care ar putea fi o sursă de inspirație pentru crearea unui astfel de sistem, atât prin prisma agentului de stingere cât și prin faptul că utilizează cantități mici de apă pentru stingere.

- **Internet of Things și smart home au un impact relativ mic în domeniul securității la incendiu al clădirilor rezidențiale**

Dezvoltarea conceptelor *Internet of Things* și *smart home*, coroborate cu inițiativele de modernizare a sprinklerelor descrise anterior au deschis calea către studierea modalităților de

implementare a unor instalații de stingere la construcțiile de locuințe. Dezvoltarea tehnologiei Internet of Things face posibilă analizarea rezultatelor obținute de la senzorii din locuință în mediul online și ulterior devine posibilă adoptarea unei decizii referitoare la utilizarea instalației de stingere. Până în prezent, Internet of Things se axează pe conectarea tuturor echipamentelor la internet, în domeniul securității la incendiu rezumându-se la detectarea acestuia.

Conceptul actual de *smart home* nu implică o reacție a sistemului în sensul stingerii unui început de incendiu, deși prin intermediul IoT se face detecția acestuia, intenția prezentei lucrări fiind de a îmbunătăți acest aspect.

- **Structura sistemului de stingere a incendiilor cu ceață de apă propus îl face util pentru echiparea clădirilor rezidențiale**

În urma analizei nevoilor de stingere a incendiilor la clădirile rezidențiale, în cadrul acestei lucrări a fost stabilită structura de principiu a unui sistem de stingere cu ceață de apă, care va asigura înglobarea într-un singur ansamblu, a tuturor componentele sale, după cum urmează:

- senzorii de detecție a unui început de incendiu;
- unitatea de comandă a acționării pompei pe baza informațiilor primite de la senzorii instalați sau din cadrul IoT., care va asigura și integrarea în conceptul *smart city*;
- pompa de înaltă presiune care să asigure o operare la o valoare de minim 34 bar;
- rezerva de apă de 420 sau 630 de litri;
- duza sau duzele de refulare a apei sub formă de ceață.

Acest sistem va fi conectat la internet pentru obținerea de date de la senzorii existenți în clădire, care sunt parte a Internet of Things, și va deveni el însuși un element component al IoT și chiar parte din ceea ce înseamnă *smart city*, pentru a putea informa unitățile de pompieri despre existența unui incendiu și despre faptul că a fost începută acțiunea de stingere a acestuia. În acest mod, considerăm că va avea loc o scădere a riscului de incendiu pentru aceste obiective, prin prisma reducerii consistente a pagubelor generate de incendiu.

- **Avantajele principale ale sistemului de stingere propus**

Unul dintre cele mai importante avantaje ale acestui sistem de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale este dat de faptul că acesta, în varianta sa finală nu va genera costuri în privința proiectării sau a execuției sale pentru proprietari. El se va regăsi sub formă de produs finit, care va necesita doar alimentarea cu energie electrică și umplerea rezervorului de apă pentru a putea deveni funcțional.

Sistemul este caracterizat de mobilitate și adaptabilitate la spațiile existente în cadrul unei clădiri rezidențiale. Astfel, sistemul va putea fi realizat în mai multe variante care să ajungă la utilizatorul final, în funcție de nevoile acestuia, variabila care generează aceste variante fiind dată de cantitatea de apă cu care va fi echipat, funcție de distanța dintre unitatea de pompieri și locuința care

va fi protejată. Totodată, considerăm că este util a fi adus în discuție și existența unei variante care nu are rezervă de apă, variantă alimentată direct din rețeaua de distribuție a apei.

Acest sistem de stingere a incendiilor poate asigura o acoperire parțială sau totală a clădirii, în funcție de disponibilitatea proprietarului de a investi într-un astfel de sistem. Astfel, pot fi echipate progresiv spațiile cu destinațiile cele mai frecvente în cazul manifestării unor incendii, prin echiparea podului și a bucătăriei cu acest sistem se poate afirma că generăm o scădere a riscului de incendiu cu aproximativ 50%. În cazul utilizării acestui sistem în podul locuințelor se va utiliza în rezervor o substanță care să prevină înghețul în perioadele reci ale anului.

Ca și concluzie finală a acestei propuneri făcută prin prezenta teză de doctorat, aceea de realizare a unui sistem de stingere a incendiilor la clădirile rezidențiale, considerăm că prin acest demers se aduce o contribuție consistentă pentru îmbunătățirea nivelului de securitate la incendiu al acestei categorii de construcții. În acord cu descoperirile tehnice specifice anului în curs, considerăm că un astfel de sistem este facil de realizat fizic și poate să beneficieze și să fie integrat în conceptele actuale Internet of Things, smart home și smart city.

În concret, prezenta lucrare vine să propună un sistem de stingere nou, aferent domeniului cerinței esențiale securitate la incendiu, cu adresabilitate către clădirile rezidențiale, valorificând descoperirile tehnicii existente în acest moment.

5.2 Contribuții personale

În prezentarea contribuțiilor personale ale autorului acestei lucrări se cuvine a se aduce în atenție faptul că acestea au ca fundament **activitatea de aproape trei decenii desfășurată de doctorand în domeniul securității la incendiu**, fie că discutăm de studiile superioare efectuate în acest domeniu sau de activitatea desfășurată în cadrul inspectoratelor pentru situații de urgență. În activitatea profesională se pot distinge două categorii de funcții îndeplinite. Prima categorie vizează componenta de stingere a incendiilor, pe parcursul căreia autorul a participat efectiv la acțiuni de stingere, luând act cu propriile simțuri de specificul incendiilor de la gospodăriile populației, de cauzele acestora și nu în ultimul rând de locațiile de izbucnire a lor. Această categorie de funcții a fost o **sursă de inspirație pentru propunerea sistemului de stingere**. Cea de a doua categorie de funcții ocupate vizează componenta preventivă care a inclus activități de avizare, autorizare, audit și control. Pe parcursul acestor activități s-a lucrat în mod direct cu normativele existente în domeniul securității la incendiu, urmărindu-se în mod concret felul în care proiectanții și ulterior firmele de construcții și diriginții de șantier le respectă. Această activitate a constituit **fundamentul identificării necesității echipării unei clădiri cu o instalație de contorizare a persoanelor**.

Experiența și activitatea desfășurată de către autor în domeniul securității la incendiu a fost ghidată și canalizată pe direcțiile de cercetare de către coordonatorul de doctorat, pentru ca în final să poată fi cristalizate și exprimate cele două propuneri care au făcut obiectul lucrării de doctorat.

Cea mai importantă contribuție personală exprimată în cadrul acestei teze de doctorat este însăși ideea de realizare a instalației de contorizare a persoanelor, în ansamblul ei, ca nevoie generată de situația reală din cluburile, barurile și discotecile din România. Această idee, poate genera **efecte concrete în viitorul apropiat** prin adoptarea sa și implicit **are potențialul de a salva efectiv vieți omenești** în următorii ani. Pe această cale se reafirmă și se întărește faptul că acțiunea de contorizare a persoanelor este posibilă datorită senzorilor dezvoltati acum zece ani, contribuția esențială a acestei lucrări fiind de a propune o instalație care să-i utilizeze precum și a unui normativ care să o instituie și să stabilească condițiile generale de proiectare, execuție și exploatare a ei.

Este relevantă de asemenea activitatea de cercetare a stadiului cunoașterii și de identificare a soluțiilor existente în acest moment. **Activitatea practică desfășurată de autor în cadrul programului de cercetare**, care a constat în citirea efectivă a rezultatelor unui kit de evaluare dezvoltat de către unul dintre producătorii unui astfel de senzor, a venit să demonstreze posibilitatea efectivă de a echipa o construcție cu o astfel de instalație de contorizare a persoanelor în spații publice închise. Tot la capitolul contribuții personale poate fi alocată și **activitatea de identificare a celor trei senzori**, de la producători diferiți și asocierea lor pentru scopul realizării acestei instalații.

O altă contribuție personală este redactarea unei propuneri de ghid de proiectare a unei instalații de contorizare a persoanelor, reprezentând un punct de plecare consistent pentru o viitoare reglementare a acestei instalații de către autorități.

În ceea ce privește sistemul de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale, **contribuția personală a autorului a constat în identificarea necesității și ulterior în propunerea efectivă a configurației sistemului de stingere**. Soluția propusă este un cumul al observațiilor făcute de autor în cadrul întregii cariere profesionale, pornind de la cauzele și locația producerii acestor incendii și continuând cu utilizarea apei sub formă de ceață de apă pentru stingerea a unor astfel de incendii.

Prin acest sistem **autorul pune la dispoziția proprietarilor de locuințe o soluție concretă**, de creștere a nivelului de securitate al locuinței, cu valorificarea Internet of Things.

Instalația de contorizare și sistemul de stingere, ambele de concepție originală, constituie în ansamblul lor contribuții personale și pot contribui atât la dezvoltarea domeniului *securitate la incendiu* cât și la creșterea nivelului de securitate al utilizatorilor construcțiilor publice și rezidențiale.

5.3 Valorificarea rezultatului programului de doctorat

În cadrul acestui subcapitol sunt prezentate articolele realizate în cadrul programului de doctorat și care au fost publicate în reviste de specialitate sau sunt în curs de publicare. Scopul acestor articole a fost de a aduce contribuții semnificative în domeniul securității la incendiu prin identificarea soluțiilor care să genereze o creștere a acestei cerințe de calitate și, totodată de a amplifica necesitatea echipării construcțiilor cu instalații și sisteme de genul celor propuse în prezenta teză.

În cadrul programului de doctorat au fost publicate un număr de trei lucrări științifice, în calitate de autor sau coautor:

1. Mihai Ciprian Mitrea. Evoluția instalațiilor de sprinklere, Creații universitare 2019, al XII-lea Simpozion Național, Iași, România, 2019
2. Mihai Ciprian Mitrea, Andrei Burlacu, System of counting users of a public building, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, secția Construcții. Arhitectură, Vol.65(69), No. 4, 2019;
3. Mihai Ciprian Mitrea, Andrei Burlacu, Fire extinguishing installation for residential buildings, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, secția Construcții. Arhitectură, Vol. 65(69), No. 4, 2019;

La data încheierii prezentei lucrări mai sunt finalizate două lucrări, care sunt trimise spre publicare, după cum urmează:

1. Mihai Ciprian Mitrea, Andrei Burlacu, Marius Costel Bălan, Public building users metering installation, <https://www.mdpi.com>
2. Mihai Ciprian Mitrea, Andrei Burlacu, Marius Costel Bălan, Fire suppression / extinguishing systems in residential buildings, <https://www.mdpi.com>

Pentru a genera o adoptare a acestor propuneri este necesară aducerea lor în atenția factorilor cu putere de decizie. În acest sens, s-au publicat două articole și într-o publicație cu caracter intern a Ministerului Afacerilor Interne, Buletinul de Informare și Documentare:

1. Mihai Ciprian Mitrea, Instalație de contorizare a utilizatorilor unei clădiri publice, Buletinul de Informare și documentare al Ministerului Afacerilor Interne, ISSN 2065-9318, nr. 3(164), 2021
2. Mihai Ciprian Mitrea, Instalație de stingere a incendiilor în clădiri rezidențiale, Buletinul de Informare și documentare al Ministerului Afacerilor Interne, nr. 6(167), 2021

5.4 Direcții viitoare de cercetare

În cadrul prezentei teze de doctorat au fost identificate posibilități de dezvoltare ulterioară a cercetării care să asigure o dezvoltare a celor două propuneri sau să valorifice ideile din cadrul acestora pentru dezvoltarea altor concepte.

Pentru a asigura o integrare mai facilă a instalațiilor de contorizare a persoanelor, inclusiv o utilizare mai ușoară a lor, se poate analiza posibilitatea de a fi integrată în actualele instalații de detectare, semnalizare și avertizare a incendiilor. Astfel, **se poate dezvolta un modul al acestor instalații de contorizare care să fie integrat în actualul echipament de control și semnalizare a incendiilor.**

Pentru a asigura o mobilitate mai mare în ceea ce privește montarea senzorilor aferenți instalației de contorizare a persoanelor, se poate analiza **posibilitatea integrării unui acumulator la nivelul fiecărui senzor.** Pentru aceasta ar fi necesar a se studia necesarul de energie pentru monitorizarea continuă a contorizării precum și pentru asigurarea conectivității cu echipamentul de analiză și semnalizare.

Pot fi cunoscute adaptări dintre cele mai diverse ale **instalației de contorizare a persoanelor, pornind de la cel al transportului de persoane până la asigurarea contorizării persoanelor la clădiri de locuit colective.** Această ultimă utilizare ar fi utilă în cazul apariției unor dezastre de genul cutremurelor, fiind utile forțelor de salvare și căutare în a cunoaște câte persoane se aflau în interiorul construcției la momentul manifestării respectivei situații de urgență.

Senzorii identificați în cadrul acestei cercetări, de tipul matrice IR, ar putea folosiți pentru a reduce o altă cauză de incendiu și anume instalațiile electrice defecte, care reprezintă 25% din numărul total de incendii de la nivel național. Astfel, **acești senzori ar putea să monitorizeze diferențele de temperatură ce pot să apară la nivelul unui tablou electric sau chiar la nivelul dozelor de derivație sau a prizelor** urmând ca ulterior să asigure o întrerupere a alimentării cu energie electrică, rămânând de analizat eficiența economică a acestei soluții.

În ceea ce privește sistemul de stingere a incendiilor la clădiri rezidențiale se poate dezvolta zona de modularitate a acestuia, prin adaptarea la condiții concrete și dimensionarea diferită a rezervei de apă. Totodată se poate analiza **posibilitatea utilizării unei alte substanțe de stingere** precum pulberea, care este utilizată și de stingătoarele de incendiu.

Ambele sisteme ar putea genera interes pentru societățile de asigurări, prin prisma daunelor ce trebuie acoperite în urma evenimente negative produse la clădiri care nu sunt echipate cu aceste două sisteme. În cazul sistemului de stingere considerăm că societățile de asigurări pot fi o pârghie importantă în generarea echipării locuințelor cu acesta printr-o condiționare a nivelului primei de asigurare. În acest context, se pot face propuneri de reglementări către organismul european al asigurărilor, similare normei care vizează instalațiile de sprinklere CEA 4001:2006. Astfel, chiar dacă nu va exista o reglementare din partea autorităților care să genereze o echipare cu instalația de contorizare sau cu sistemul de stingere, aceste norme ale societăților de asigurare pot genera echipări cu aceste sisteme și implicit o creștere a nivelului de securitate la incendiu.

BIBLIOGRAFIE

- Alhawsawi, A.N.; Khan, S.D.; Ur Rehman, F. *Crowd Counting in Diverse Environments Using a Deep Routing Mechanism Informed by Crowd Density Levels*. Information 2024, 15, 275. mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/info15050275>
- Aliff M., Sani N. S., Yusof M., Zainal A., *Development of Fire Fighting Robot (QRob)*, IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 10, No. 1, 142-147, (2019);
- Alkhodre A., *Statistical-Based Trustful Access Control Framework for Smart Campuses*, (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2018, Vol. 9, No. 9, <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090915>
- Alonso C.; Garcia P.; Herrera C.; Morales E.; Tarriba F.; Tena E.; Ponce H., *A Conceptual Design of a Firefighter Drone*, 2018 15th International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE) Mexico City, Mexico. September 5-7, 2018, <https://doi.org/10.1109/ICEEE.2018.8533926>
- Basu C.; Rowe A., *Tracking Motion and Proxemics Using Thermal-Sensor Array*, 2014, Carnegie Mellon University, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1511.08166>
- Bhuvaneswari C.; Kavitha M.; Abitha Memala W.; Pushpavalli M., *Implementation Of Intelligent Residential Fire Extinguisher System*, [2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology \(ICSSIT\)](https://doi.org/10.1109/ICSSIT53264.2022.9716294), <https://doi.org/10.1109/ICSSIT53264.2022.9716294>
- BS 9251:2021 Sprinkler systems for residential and domestic occupancies - Code of practice - Marea Britanie
- CEA 4001: 2006 Sprinkler Systems: Planning and Installation
- Chanhyuk Park, Hwikyung Chun, and Seokho Chi, *Multi-Camera People Counting Using a Queue-Buffer Algorithm for Effective Search and Rescue in Building Disasters*, www.springer.com/12205, KSCE Journal of Civil Engineering (2024) 28(6):2132-2146 DOI 10.1007/s12205-024-1705-0
- Cvetkovic, V. M.; Dragasevic, A.; Protic, D.; Jankovic, B.; Nikolic, N.; Milosevic, P. *Fire safety behavior model for residential buildings: Implications for disaster risk reduction*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2022, 76, 102981 www.elsevier.com/locate/ijdr
- Del Pizzo L.; Foggia P.; Greco A.; Percannella G.; Vento M.; *Counting people by RGB or depth overhead cameras*, (2016) <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.05.033>
- Dong L.; Yue R.; Liu L., *Fabrication and Characterization of Integrated Uncooled Infrared Sensor Arrays Using a-Si Thin-film Transistors as Active Elements*, 2005, J. Microelectromech. Syst., vol. 14, no. 5, pp. 1167-1177, <https://doi.org/10.1109/JMEMS.2005.851807>
- Dyson J., *Plumis, Negotiating a complex labyrinth of research*, *International Fire Protection*, Dec 2017, 30, www.ifpmag.com, (2017);

- Eltom R. H.; Hamood E. A.; Mohammed A. A.; Osman A. A., *Early Warning Firefighting System Using Internet of Things*, 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE), <https://doi.org/10.1109/ICCCEEE.2018.8515815>
- European Standards EN 14972-1:2020: Fixed Fire-Fighting Systems—Water Mist Systems—Part 1: Design, Installation, Inspection and Maintenance. European Standards EN 14972-1:2020;
- Farrell K.; Hassan M.K.; Hossain M.D.; Ahmed B.; Rahnamayiezekavat P.; Douglas G.; Saha S. *Water Mist Fire Suppression Systems for Building and Industrial Applications: Issues and Challenges*, mdpi.com, Fire 2023, 6, 40, <https://doi.org/10.3390/fire6020040>
- Fedirko V. A.; Fetisov E.A.; Khafizov R.Z.; Rudakov G.A.; Sigarev A.A., *Thermopile IR Sensor Arrays – Proceedings of the scientific-practical conference Research and development*, 2016, pp. 39-48, https://doi.org/10.1007/978-3-319-62870-7_5
- Filipic J.; Biagini M.; Mas I.; Pose C.D.; Giribet J.I.; Parisi D.R., *People counting using visible and infrared images*, 2021, Neurocomputing, 450, 25–32, www.elsevier.com/locate/neucom, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2021.03.089>
- Gade R.; Jørgensen A.; Moeslund T.; *Long-term Occupancy Analysis using Graph-Based Optimisation in Thermal imagery*, 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, <https://doi.org/10.1109/CVPR.2013.474>
- Ghidul de proiectare pentru instalații de stingere a incendiilor cu ceață de apă, indicativ GP-069-02 https://www.mdlpa.ro/userfiles/reglementari/Domeniul_XXVIII/28_11_GP_069_2002.pdf
- Guo, J.; Gu, X.; Liu, Z.; Ji, M.; Wang, J.; Yin, X.; Xu, P. *CM-NET: Cross-Modal Learning Network for CSI-Based Indoor People Counting in Internet of Things*. Electronics **2022**, 11, 4113. mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/electronics11244113>
- Jeong Y.; Yoon K.; Joung K., *Probabilistic Method to Determine Human Subjects for Low-Resolution Thermal Imaging Sensor*, 2014, <http://dx.doi.org/10.1109/SAS.2014.6798925>
- Jiang H.; Chen S.; Xiao Z.; Hu J.; Liu J.; Dustdar S., *Pa-Count: Passenger Counting in Vehicles Using Wi-Fi Signals*, IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL. 23, NO. 4, APRIL 2024, <https://doi.org/10.1109/TMC.2023.3263229>
- Jiang L.; Shi J.; Wang C.; Pan Z., *Intelligent control of building fire protection system using digital twins and semantic web technologies*, Automation in Construction, 2023, 147, 104728, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104728>
- Jonsson, A.; Runefors, M.; Gustavsson, J.; Nilson, F. *Residential fire fatality typologies in Sweden: Results after 20 years of high-quality data*, Journal of Safety Research, 2022, 82, pp. 68-84, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.04.007>
- Karanam C., Korany B., Mostofi Y., *Tracking from One Side – Multi-Person Passive Tracking with WiFi Magnitude Measurements*, The 18th International Conference on Information Processing in

- Sensor Networks (co-located with CPS-IoT Week 2019) (IPSN '19), <https://doi.org/10.1145/3302506.3310399> (2019);
- Kianoush S.; Savazzi S.; Rampa V.; Nicoli M., *People Counting by Dense WiFi MIMO Networks: Channel Features and Machine Learning Algorithms*, mdpi.com, Sensors, 2019, 19, 3450, <https://doi.org/10.3390/s19163450>
- Kopylov S., Tanklevskiy L., Vasiliev M., Zima V., Snegurev A., *Advantages of Electronically Controlled Sprinklers for Fire Protection of Tunnels*, in Proceedings of the Fifth International Symposium on Tunnel Safety and Security, New York, USA, 87-92, (2012);
- Lee, G.; An, S.; Jang, B.-J.; Lee, S. *Deep Learning for Counting People from UWB Channel Impulse Response Signals*. Sensors **2023**, 23, 7093. mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/s23167093>
- Li S.; Hishiyama R. *An Indoor People Counting and Tracking System using mmWave sensor and sub-sensors*, 2023, IFAC PapersOnLine 56-2, 7096–7101, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.577>
- Lin, J.; Hu, J.; Xie, Z.; Zhang, Y.; Huang, G.; Chen, Z. *A Multitask Network for People Counting, Motion Recognition, and Localization Using Through-Wall Radar*. Sensors **2023**, 23, 8147. Mdpi.com <https://doi.org/10.3390/s23198147>
- Long R.T.; Wu N.P.; Blum A. F., *Lessons Learned From Unsatisfactory Sprinkler Performance Fire Protection Engineering*, 2010, Quarter 4 issue, <https://jonochshorn.com/scholarship/writings/rand-100percent-DD/Long-lessons-learned-2010.pdf>
- Matuska, S.; Machaj, J.; Hudec, R.; Kamencay, P. *An Improved IoT-Based System for Detecting the Number of People and Their Distribution in a Classroom*. Sensors 2022, 22, 7912. mdpi.com, <https://doi.org/10.3390/s22207912>
- Meacham B.J., *Fire safety of existing residential buildings: Building regulatory system gaps and needs*, Fire Safety Journal, 2023, 140, 103902, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103902>
- Melfi, R.; Rosenblum B.; Nordman B.; Christensen K., *Measuring Building Occupancy Using Existing Network Infrastructure*, IEEE Xplore, 2011, DOI: [10.1109/IGCC.2011.6008560](https://doi.org/10.1109/IGCC.2011.6008560)
- Mitrea M. C.; Burlacu A., *Fire extinguishing installation for residential buildings*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, secția Construcții. Arhitectură, Vol. 65(69), No. 4, 2019, <https://www.bipcons.ce.tuiasi.ro/Archive/712.pdf>
- Mitrea M. C.; Burlacu A., *System of counting users of a public building*, Buletinul Institutului Politehnic din Iași, secția Construcții. Arhitectură, 2019, Vol. 65(69), No. 4, http://www.csd2021.tuiasi.ro/docs/CSD2021_Book_of_Abstracts.pdf
- Mohammadmoradi H.; Munir S.; Gnawali O.; Shelton C.; *Measuring People-Flow Through Doorways using Easy-to-Install IR Array Sensors*, 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, 2017, [http://dx.doi.org/10.1109/DCOSS.2017.26](https://doi.org/10.1109/DCOSS.2017.26)

- Moling L. I., *US Patent 4,079,786 Fire extinguishing system*, (1978);
- NFPA 13D Statele Unite ale Americii *Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes*
- Ordinul MDRAP nr. 2463 din 08 august 2013 pentru aprobarea reglementării tehnice *Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a II-a - Instalații de stingere*, indicativ P118/2-2013
- Ordinul MDRAP nr. 364 din 09 martie 2015 de aprobare a reglementării tehnice *Normativ privind securitatea la incendiu a construcțiilor, Partea a III-a - Instalații de detectare, semnalizare și alarmare incendiu*, indicativ P118/3 – 2015
- Ordinul MLPAT nr. 27/N din 07 aprilie 1999 de aprobare a reglementării tehnice *Normativ de siguranță la foc a construcțiilor*, indicativ P118-99
- Orrite-Uruñuela C.; Vicente-Dueñas D., *Counting People by Infrared Depth Sensors*, 2018 15th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 2018, <http://dx.doi.org/10.1109/AVSS.2018.8639167>
- Parisi D. R.; Giribet J. I.; Pose C.; Mas I. A., *Set-up of a method for people-counting using images from a UAV, Traffic and Granular Flow*, 2019, pp 225-231, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-55973-1_28
- Rahmann A.A.A.; Zuriati J.; Rosidah S.; Masrie M.; Gunawan T. S.; Rahman F.D.A. *Firefighting Robot Based On IoT and Ban Levels Technique*, 2022 IEEE 8th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA), <https://doi.org/10.1109/ICSIMA55652.2022.9929114>
- Raju J.; Varkey J. P.; Sheik M.S.; Georgy A.J.; Dinanath S. N., *Development and implementation of Arduino microcontroller based dual mode fire extinguishing robot*, 2017 IEEE International Conference On Intelligent Techniques In Control Optimization And Signal Processing, <https://doi.org/10.1109/ITCOSP.2017.8303141>
- Rehman A.R., Necsulescu D. S., Sasiadek J., *Robotic Based Fire Detection in Smart Manufacturing Facilities*, at www.sciencedirect.com (2015);
- Rongpeng Zhang; Kong M.; Dong B.; O'Neill Z.; Cheng H.; Hu F.; Zhang J., *Development of a testing and evaluation protocol for occupancy sensing technologies in building HVAC controls: A case study of representative people counting sensors*, 2022, Building and Environment 208 (2022) 108610 www.elsevier.com/locate/buildenv, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108610>
- Sanli, E.A.; Brown, R.; Simmons, D. *A Pilot Study to Assess the Feasibility of Comparing Ultra-High Pressure to Low-Pressure Fire Suppression Systems for a Simulated Indirect Exterior Attack*, mdpi.com, Fire 2023, 6, 278, <https://doi.org/10.3390/fire6070278>
- Savu D., Tomescu M., Băjenaru L., *Internetul lucrurilor – O nouă paradigmă a conectării în Internet* Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 27, nr. 1,

<https://www.researchgate.net/publication/353235999> Internetul lucrurilor -

[O noua paradigma a conectării în Internet](#) (2017);

Shih C. C.; Zhou X.; Nguyen T.; Pham K., *People counting system using mmwave MIMO radar with 3D convolutional neural network*, 2023, IEEE 97th Vehicular Technology Conference (VTC2023-Spring), <https://doi.org/10.1109/VTC2023-Spring57618.2023.10200061>

Sucuoglu H. S., Bogrekci I., Demircioglu P., *Development of Mobile Robot with Sensor Fusion Fire Detection Unit*, at www.sciencedirect.com (2018);

Tarzia S.P.; Dickz R.P.; Dinda P.A.; Memik G., *Sonar-based measurement of user presence and attention*, in: ACM Int. Conf. Proceeding Ser., ACM, New York, NY, USA, 2009, pp. 89–92, <https://doi.org/10.1145/1620545.1620559>

Wang Y.; Zheng R.; Hou L.; Li M.; Li W.; *A novel IoT-based framework with Prognostics and Health Management and short term fire risk assessment in smart firefighting system*, Journal of Building Engineering, 2023, 78, 107624 <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107624>

Wei J.; P´erez R.; Biebl E., *Improved People Counting Algorithm for Indoor Environments using 60 GHz FMCW Radar*, 2020, <https://doi.org/10.1109/RadarConf2043947.2020.9266607>

Xin Y., Burchesky K., de Vries J., Magistrale H., Zhou X., DAniello S., *SMART Sprinkler Protection for Highly Challenging Fires – Phase 1: System Design and Function Evaluation*, FM Global, Norwood, Research Technical Report #0003048211, (2016);

Xin Y., Burchesky K., de Vries J., Magistrale H., Zhou X., DAniello S., *SMART Sprinkler Protection for Highly Challenging Fires – Phase 2: Full-scale Fire Tests in Rack Storage*, FM Global, Norwood, Research Technical Report #0003051689, (2016);

Zhang Y.; YU J.; *A Study on the Fire IOT Development Strategy*, at www.sciencedirect.com, 2013, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.146>

Zhang, J.; Dang, X.; Hao, Z. *An Excess Kurtosis People Counting System Based on 1DCNN-LSTM Using Impulse Radio Ultra-Wide Band Radar Signals*. Electronics **2023**, 12, 3581. [mdpi.com, https://doi.org/10.3390/electronics12173581](https://doi.org/10.3390/electronics12173581)

Zhao H.; Yu Z.; Zhu J. *A Real-Time Pre-Response Experiment System for High-Rise Building Fires Based on the Internet of Things*, 2023 Fire , 6(7), 271; <https://doi.org/10.3390/fire6070271>

Zhao J.; Wang C.; Xie L.; Feng Y.; Lu S., *Research on pedestrian counting based on millimeter wave*, 2024, CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction, Volume 6, pages 82–100, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42486-023-00145-6>

**ANEXA NR. 1 - NORMATIV PRIVIND SECURITATEA LA INCENDIU A CONSTRUCȚIILOR,
Partea a IV-a – Ghid de proiectare a instalațiilor de contorizare a persoanelor
în spații publice închise, Indicativ GP - 118/4 – 2024**

Din ghidul de proiectare propus sunt prezentate în continuare cele mai relevante articole:

3.5 Echiparea cu instalații de contorizare se asigură în mod obligatoriu la următoarele construcții și/sau spații:

- a. Clădiri înalte și foarte înalte, indiferent de destinație;
- b. Săli aglomerate și spațiile aferente acestora;
- c. Clădiri sau spații din clădiri care adăpostesc mai mult de 100 de persoane și au următoarele destinații: administrative, cultură, comerț, sport, cult, învățământ;
- d. Clădiri de turism, cu cel puțin 25 de camere sau 50 de locuri de cazare;
- e. Clădiri de cazare a elevilor, studenților, sportivilor, având mai mult de 50 de locuri de cazare;
- f. Clădiri sau spații civile subterane cu suprafața desfășurată mai mare de 300 m²;
- g. Spații din clădiri, indiferent de destinație, în care se pot afla la un moment dat mai mult de 100 de persoane iar unei persoane îi revine mai puțin de 1 m²;

3.6 O instalație de contorizare a persoanelor este alcătuită din următoarele elemente componente, reprezentate în figura 1:

- A – echipament de analiză și semnalizare;
- B – senzor de contorizare;
- C – dispozitive de alarmare;
- D – afișaj capacitate permisă și valoare curentă;
- E – modul Internet of Things.
- F – echipament de alimentare cu energie electrică;

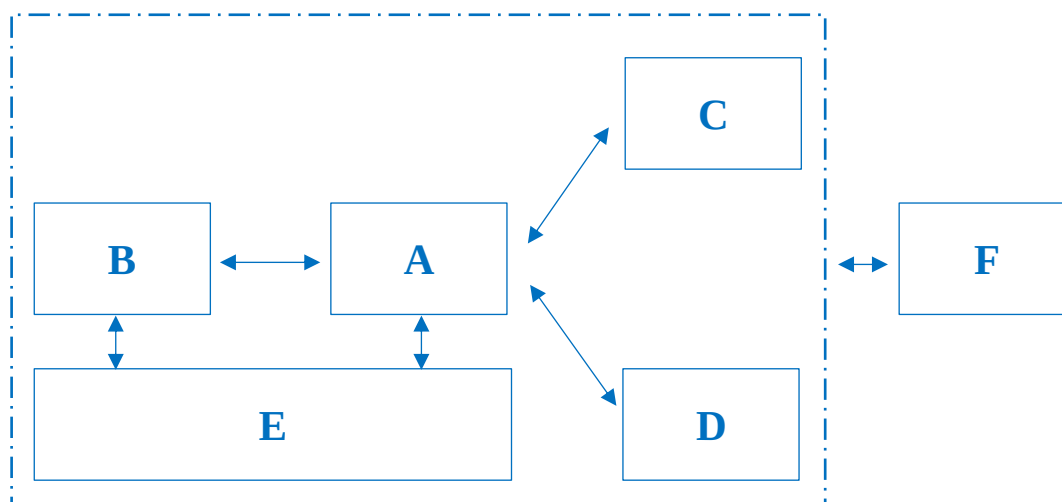


Figura 1. Elementele componente ale instalației de contorizare a persoanelor