

Raport științific final

(max. 20 pag.)

Competiția:	Proiect experimental demonstrativ - PED 2019
Nr. contract:	428PED
Cod proiect:	PN-III-P2-2.1-PED-2019-0100
Domeniul de cercetare:	Mediu, Stiintele Pamantului
Titlul :	SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE
Acronim:	GUNDETECT
Data începere proiect:	23/10/2020
Data finalizare proiect:	23/05/2022
Durata (luni):	19
Buget total:	600.000
Sursa 1 Bugetul de stat	600.000
Sursa 2 Alte surse atrase (cofinanțare):	0
Pagina web proiect:	Gundetec.infp.ro
Instituția coordonatoare:	Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pamantului (INCDFP)
Director de proiect:	Ionescu Constantin
Partener 1 proiect (P1):	Ministerul Apararii Nationale prin Agentia de Cercetare pentru Tehnica si Tehnologii Militare (ACTTM)
Partener n proiect (Pn):	

1. Prezentare generală a realizării obiectivelor proiectului, cu punerea în evidență a rezultatelor și gradul de realizare a obiectivelor. Prezentarea trebuie să includă explicații care să justifice diferențele (dacă există) dintre activitățile preconizate și cele realizate.

Proiectul GUNDETECT a avut în vedere cercetarea în domeniul tehnicilor, metodologiilor și instrumentației de monitorizare, achiziție și prelucrare a infrasunetelor. Ca scop principal a fost realizarea unei instalații pilot și a unor metode cu ajutorul cărora să poată fi: detectate, localizate, identificate gurile de foc în campuri de tragere. INCDFP în calitate de coordonatoare de proiect are în prezent în exploatare două instalații de tipul «Array infrasonic» una în zona seismică Vrancea și alta în Bucovina și are o echipă de cercetători care s-au specializat în acest domeniu iar instituția parteneră aflată în subordinea Ministerului Apărării are o bună experiență în domeniul armelor de foc. Aceste realități au asigurat o bună șansă de realizare a proiectului.

Obiective generale ale proiectului au fost următoarele:

- **OG1.** Dezvoltarea de **tehnici și metodologii inovative** privind monitorizarea infrasunetelor din zone beligerante, în conexiune cu aplicațiile spațiale de observare a Terrei.
- **OG2.** Realizarea unei **instalații pilot** compusă din: **Rețea de senzori acustici tip “Infrasound Array”, Centru de prelucrare și arhivare a datelor și Sistem de comunicare.**
- **OG3.** Elaborarea de **metode și soluții** cu ajutorul cărora să poată fi identificate și alarmate evenimentele generate de guri de foc sau alte tipuri de surse generatoare de infrasunete pe baza monitorizării infrasunetelor utilizând tehnici specifice de monitorizare, prelucrare și informare, în conexiune cu aplicațiile de management al dezastrelor.

- **OG4.** Generarea de parteneriate si schimburi de date cu institutii care au experienta in domeniul proiectului, comunicarea prin mijloace diverse a rezultatelor proiectului (articole, prezentari simpozioane) in vederea sincronizarii cu nivelul cercetarilor pe plan mondial si a **cresterii competitivitatii Romaniei in domeniul cercetarilor legate de infrasunete.**

Obiectivele specifice ale proiectului asa cum au fost prezentate in aplicatie au fost :

- **OS1.** Imbunatatirea **raportului semnal / zgomot** al semnalelor infrasonice, aplicand tehnici asemanatoare celor folosite in monitorizarea seismica.
- **OS2.** Dezvoltarea tehnicilor de detectie a surselor de infrasunete de slaba intensitate pe directii si unghiuri preferentiale.
- **OS3.** Identificarea tehnicilor de observare a terenului monitorizat acustic, care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului..
- **OS4.** Identificarea bazei hard - software, de sustinere a obiectivelor proiectului.
- **OS5.** Identificarea unui amplasament optim pentru masuratori acustice, avand in vedere un raport optim **calitate inregistrari / costuri instalare si infrastruktura.**
- **OS6.** Proiectarea **instalatiei pilot** compuse din: **Retea de senzori acustici tip "Infrasound Array", Centru de prelucrare si arhivare a datelor si Sistem de comunicare.**
- **OS7.** Achizitionarea bazei hard - software necesare si realizarea **Instalatiei pilot.**
- **OS8.** Realizarea unei arhive a inregistrarilor infrasonice pe modelul arhivelor de date seismice.
- **OS9.** Dezvoltarea unei **proceduri integrate privind identificarea** si caracterizarea naturii surselor de infrasunete, pe baza corelarii inregistrarilor acustice cu inregistrarile seismice.
- **OS10.** Elaborarea metodologiei de definire a "**amprente acustice** " care poate fi asociata unui anumit eveniment infrasonic.
- **OS11.** Generarea unei banci de "amprente acustice" ale evenimentelor inregistrate si identificate, vizand in mod special "amprente acustice" asociate evenimentelor tehnologice sau naturale generatoare de infrasunete.
- **OS12.** Realizarea unei **metode operative de asociere a unei posibile identitati** a evenimentelor detectate ale caror cauze nu se cunosc, pe baza unei analize comparative a "amprentei" acestuia cu "amprente acustice" aflate in banca de date.
- **OS13.** Realizarea unei **metode de discriminare** a evenimentelor infrasonice care sunt considerate rezultatul unor hazarduri naturale sau tehnologice, in vederea alertarii.
- **OS14.** Identificarea, in conexiune cu aplicatiile spatiale de management al dezastrelor, a unor **metode, solutii si proceduri de alertare si de informare** operativa a autoritarilor abilitate prin lege sa gestioneze situatiile de criza.
- **OS15.** Testarea, perfectarea si calibrarea **instalatiei pilot** in vederea indeplinirii scopului propus.
- **OS16.** Brevetarea **instalatiei pilot.**
- **OS17.** Publicarea a cel putin doua articole in reviste de specialitate indexate **ISI** si prezentarea rezultatelor la intrunirile **AGU (American Geophysical Union)** si **Geosciences Union General Assembly, precum si la diverse conferinte si simpozioane nationale.**

Proiectul s-a derulat pe parcursul a 19 luni, avand etape de raportare anuale si la termenul de inchidere a acestuia. Mai jos vom prezenta stadiul de realizare a activitatilor asa cum sunt ele prezentate in proiect.

Activitatea 1 - Studiu privind tehnici, metodologii și instrumente specifice pentru monitorizarea și prelucrarea infrasunetelor, detectabile în atmosfera terestră. In cadrul acestei activitati s-a avut in vedere realizarea urmatoarelor tinte; (i) Studiu privind optimizarea raportului semnal /zgomot al semnalelor

infrasonice, (ii) Elaborarea și testarea în laborator și în situ a unor modele experimentale. Astfel în această etapă au fost atinse următoarele obiective: OS1, OS2, OS3, OS4.

Rezultate și modul de diseminare în etapa 1

- Prezentarea tehnicilor, metodologiilor și instrumentelor specifice pentru monitorizarea și prelucrarea infrasunetelor, detectabile în atmosfera terestră
- Prezentarea metodelor optime de prelucrare și analiza datelor înregistrate cu stațiile românești de monitorizare a infrasunetelor
- Metode de optimizare a raportului semnal / zgomot al semnalelor infrasonice
- Diagrame de detectabilitate – evaluarea capacității de detecție a stațiilor infrasonice românești
- Raport de cercetare

Lucrări științifice și comunicări științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice din etapa 1 asociată activității 1:

- Ionescu C., Popa M., Neagoe C., Ghica D.V. (2020), Seismic Monitoring and Data Processing at the National Institute for Earth Physics – Romania, publicată la International Seismological Centre (ISC)
- Dinescu, R., Ghica, D., Popa, M., Identification of quarry blasts in the Deva region (Romania) using seismo-acoustic analysis, prezentare la Geoscience 2020 (online)
- Dinescu, R., Popa, M., Ghica, D., Grecu, B., Chircea, A., Munteanu, I., The seismic activity around quarries in Romania during COVID-19 lockdowns, prezentare la Geoscience 2020 (online)
- Ghica D., Popa M., Ionescu C., On the infrasound array monitoring in Romania: reprocessing of the data recorded by the national infrasound network, prezentare la EGU General Assembly 2020, 5 – 9 mai 2020 (online)

Astfel obiectivele activității 1 au fost îndeplinite în totalitate, iar rezultatele obținute au fost în concordanță cu țintele propuse.

L1.1: Raport privind identificarea parametrilor evenimentelor infrasonice din observațiile infrasonice

L1.2: Raport privind evaluarea valorii adăugate a tehnologiei infrasunetice pentru monitorizarea la distanță a exploziilor comparativ cu alte tehnologii

L1.3: Raport privind determinarea locației infrasonice pentru evenimente naturale

L1.4: Raport proiect pagina de internet proiect (<http://gundetec.infp.ro>)

Activitatea 2 - Realizarea, testarea instalației “Infrasound Array”. Elaborarea metodelor, soluțiilor și procedurilor pentru evenimentele infrasonice generate de arme în zonele beligerante. Pentru această activitate am avut de realizat șapte subactivități : (A2.1) Selectarea amplasamentului și locațiilor elementelor rețelei locale de tip “Short period infrasound array”, (A2.2) Proiectarea configurației instalației pilot de monitorizare a infrasunetelor, (A2.3) Proiectarea și realizarea modelului experimental destinat monitorizării infrasunetelor din atmosfera, (A2.4) Instalarea și testarea în situ a echipamentelor și subansamblelor care alcătuiesc instalația pilot, (A2.5) Studiu asupra aplicațiilor de gestionare a evenimentelor în zone beligerante, (A2.6) Studiu privind identificarea tehnicilor de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului, (A2.7) Dezvoltarea metodelor de discriminare a evenimentelor infrasonice. Pentru această activitate s-au avut în vedere îndeplinirea obiectivelor OS5, OS6 și OS7

Rezultate obținute în cadrul activității 2 și modul de diseminare

- Selectarea amplasamentului și locațiilor elementelor rețelei locale de tip “Short period infrasound array”.
- Proiectarea configurației instalației pilot de monitorizare a infrasunetelor.

- Proiectarea si realizarea modelului experimental destinat monitorizarii infrasunetelor din atmosfera.
- Instalarea si testarea in situ a echipamentelor si subansamblelor care alcatuiesc instalatia pilot.
- Studiu asupra aplicatiilor de gestionare a evenimentelor în zone beligerante.
- Studiu privind identificarea tehnicilor de observare care pot contribui la validarea rezultatelor proiectului
- Dezvoltarea metodelor de discriminare a evenimentelor infrasonice.

Lucrările științifice și comunicări științifice la conferințe și simpozioane de profil realizate pe baza rezultatelor științifice din cadrul etapei 2/activitatea 2 sunt:

- From National to Transnational Seismic Monitoring Products and Services in the Republic of Bulgaria, Republic of Moldova, Romania, and Ukraine/Alexandru Mărmureanu*1, Constantin Ionescu1, Bogdan Grecu1 , Dragos Toma-Danila1 , Alexandru Tiganescu1 , Cristian Neagoe1 , Victorin Toader1 , Iolanda-Gabriela Craifaleanu2,3 , Claudiu Sorin Dragomir2,4 , Vasile Meîță2, Oleksandr Ivanovich Liashchuk5 , Liliya Dimitrova6 , and Ion Ilieș 7/ Seismological Research Letters, Volume 92 • Number 3 • May 2021 • www.srl-online.org
- Observing military aircraft activity with the Romanian infrasound arrays/Daniela Ghica, Constantin Ionescu, Mihaela Popa/CTBT: Science and Technology Conference 2021 (SnT 2021)/Viena, Austria/28 iunie – 2 iulie 2021/poster (online)
- Revaluation of the Romanian earthquake catalogue/Andreea Chircea, Mihaela Popa, Raluca Dinescu, Daniela Ghica, Constantin Ionescu/ESC 2021/Virtual/19-24 septembrie 2021/poster (online)
- Identification and location of infrasonic sources located at short distances / *Constantin Ionescu, Victorin Emilian Toader, Daniela Ghica, Cristian Neagoe, Alexandru Marmureanu*/ 11th Congress of the Balkan Geophysical Society – Bucharest, 10-14 October 2021.

Gradul de realizarea a obiectivelor in cadrul activitatii 2

Obiectivele etapei au fost îndeplinite în totalitate, iar rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse.

L2.1: Raport privind evaluarea tehnologiilor utilizate

L2.2: Raport privind recomandarea utilizării optime a noilor tehnologii (senzori, sistem de achizitie, sistem de comunicati

L2.3: Evaluarea optimizării rețelei pentru studiul evenimentelor infrasonice specifice

L2.4: Seturi de date infrasonice, posterprezentare rezulate la conferinta BGS2021 urmat de realizarea unui articol stiintific.

L 2.5: Raport de cercetare privind elaborarea metodelor de discriminare și alertare a evenimentelor infrasonice

L2.6: Raport privind inițierea băncii de date infrasonice

L2.7: Elaborarea unui poster si un articol stiintific

Activitatea 3. - Testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot. Activitatea a avut ca scop elaborarea de metode, solutii si proceduri de identificate si alarmare asupra evenimentelor infrasonice generate de guri de foc in zone beligerante pe baza datelor furnizate de instalatia pilot si in conexiune cu aplicatiile de management dezvoltate. Initierea bancii de date infrasonice. Obiective avute in vedere au fost : OS8, OS9, OS10, OS11, OS12, OS 13, OS14, OS15, O16, precum si OS17. Astfel pe parcursul derularii proiectului s-au incercat mai multe configuratii de senzori si sisteme de achizitie a datelor de la senzorii pe care echipa i-a avut in vedere. La final ne-au oprit la doua tipuri de instalatii pilot si anume:

- „Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasonete, senzor seismic (geofon) si microfon
- Sistem de detectie folosind inregistrator cu esantionare ridicata (50000SPS) si array de microfoane.

Rezultate obtinute in cadrul activitatii 3 si modul de diseminare a acestora sunt urmatoarele:

- Descrierea instalatiei pilot „SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE”.
- Analiza acustică a datelor infrasonice și seismice înregistrate în urma testului cu sursă de mare calibru (TSMC) efectuat în poligonul de tragere
- Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate

Lucrările științifice și comunicările științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale etapei 3/activitatea 3 sunt:

- Studies for development of a system for rapid localization of the guns position in firing fields, Constantin Ionescu¹, Daniela Veronica Ghica¹, Victorin Toader¹, Alexandru Marmureanu¹, Cristian Neagoe¹, and Cristian Predoi²
 - 1) National Institute for Earth Physics, Magurele, Romania
 - 2) Military Equipment and Technology Research Agency, Bucharest, Romania
- Cerere Brevet „SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE”. Nr referinta beneficiar 853/07.03.2022 si la OSIM A00133/07.03.2022.

Gradul de realizarea a obiectivelor

Obiectivele etapei 3 au fost îndeplinite în totalitate, iar rezultatele obținute sunt în concordanță cu țintele propuse.

L3.1: Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate

L3.2: Revizuire documentatie, elaborare articol stiintific si Brevet

L3.3 Raport final

2. Prezentarea și argumentarea nivelului de maturitate tehnologică (TRL) la finalul proiectului.

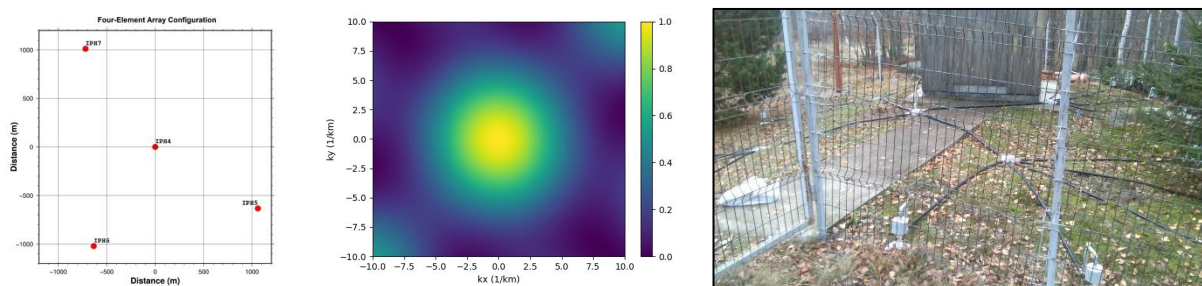
Cand s-a facut propunerea de proiect situatia cercetariilor in domeniul semnalelor infrasonice la nivelul INCDFP se afla la **TRL 3** – “Dovada conceptului demonstrat, analitic și / sau experimental” iar prin proiect ne-am propus sa avem in vedere atingerea nivelului **TRL4** de validare in laborator respectiv pe teren a unei instalatii pilot compacte usor de instalat si fiabile.

În România, sunt instalate două stații de monitorizare a infrasunetelor (**figura 1**). Datele înregistrate continuu sunt trimise în timp real la INCDFP, unde sunt prelucrate și analizate. Una dintre principalele motivații ale monitorizării infrasunetelor la INCDFP constă în discriminarea dintre sursele care provoacă vibrații în interiorul Pământului (cutremure) și în atmosferă (explozii).



Figura 1. Amplasarea geografică a celor două stații românești (IPLOR și BURARI) de monitorizare a infrasunetelor infrasonice

● **Stația infrasonică de tip array IPLOR** a fost instalată de către INCDFP, începând cu anul 2009, în partea centrală a României, la Ploștina, în județul Vrancea. În prezent, configurația stației este compusă din 4 elemente distribuite într-o apertură de 0,6 km (**figura 2**). Toate elementele stației sunt echipate cu microbarometre de tip microfoane Chaparral Physics model 25 și digitizoare Quanterra 330 (Kinometrics) cu precizie de 24-biți. Pentru reducerea nivelului de zgomot de fond al înregistrărilor, cauzat în special de vânt, și creșterea raportului semnal/zgomot (SNR), precum și pentru îmbunătățirea performanțelor stației din punct de vedere al detectării și caracterizării semnalelor utile, la Ploștina se utilizează sisteme specifice de filtrare a zgomotului produs de vânt, respectiv filtre cu tuburi flexibile conectate în rozetă. Un astfel de tip de filtru este constituit dintr-un set de tuburi solide, dispuse radial și interconectate la un microbarometru central, având ca scop obținerea unui răspuns omni-direcțional al instrumentului și reducerea zgomotului produs de vânt într-o bandă de frecvență care depinde de apertura filtrului. În cazul IPLOR, configurația acestor filtre (dimensiune, număr de tuburi), adaptată în funcție de condițiile existente în punctele de măsurare (spațiu util de construcție, topografie), constă din 20 de captatoare dispuse radial (configurație stea) și conectate câte 5 la patru sumatoare care sunt conectate la senzorul



de presiune din fiecare punct (**figura 2**).

Figura 2. Stația infrasonică IPLOR: geometria array-ului (stânga); răspunsul array-ului ca funcție de număr de undă k [1/km] (mijloc); sistemul de reducere a zgomotului provocat de vânt de tip filtru cu tuburi flexibile conectate în rozetă (dreapta)

● **Stația infrasonică de tip array BURARI** a fost instalată, începând cu anul 2016, în partea de nord a României (lângă localitatea Benea, județul Suceava) în cadrul unei colaborări dintre INCDFP și Centrul pentru Aplicații Tehnice al Forțelor Aeriene (AFTAC – Air Force Technical Application Center) al SUA. În prezent, configurația stației este compusă din 6 elemente distribuite într-o apertură de 0,7 km (**figura 3**). Toate elementele stației sunt echipate cu microbarometre de tip Hyperion 5113 și digitizoare Quanterra 330HR (Kinometrics) cu precizie de 26-biți. Sistemele de reducere a zgomotului provocat de vânt folosite sunt de tip filtre cu tuburi flexibile conectate în rozetă, cu 32 de porturi de captare a aerului dispuse în configurație stea și conectate câte 8 la patru sumatoare care sunt conectate la senzorul de presiune din fiecare punct (**figura 3**).

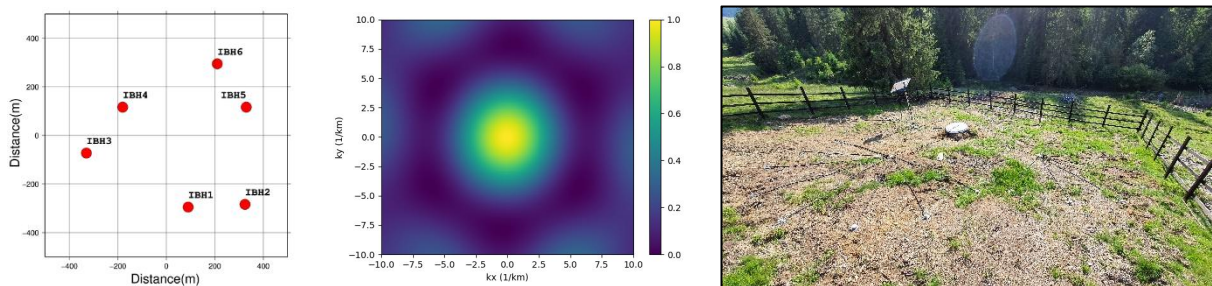


Figura 3. Stația infrasonică BURARI: geometria array-ului (stânga); răspunsul array-ului ca funcție de număr de undă k [1/km] (mijloc); sistemul de reducere a zgomotului provocat de vânt de tip filtru cu tuburi flexibile conectate în rozetă (dreapta)

Pentru indeplinirea obiectivelor proiectului pe parcursul derularii s-au incercat mai multe configuratii de senzori si sisteme de achizitie a datelor de la senzorii. Datorita fondurilor reduse privind finantarea proiectului instalatiile pilot au fost realizate cu resurse din mai multe surse de finantare. Din proiectul GUNDETECT pe partea de hardware s-au achizitionat un digitizor cu rata de esantionare de cca 50000sps, 4xdigitizoare de 1000sps si sisteme de calcul. Senzorii si restul de echipamente sunt achizitionate din alte proiecte. La final ne-au oprit la doua tipuri de instalatii pilot si anume:

❖ **„Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasunete, senzor seismic (geofon) si microfon- Instalatie pilot 1.**

Sistemul este format din: (i) *patru module care contin senzori seismo-acustici, dispusi intr-o configuratie predefinita*, (ii) *Sistem portabil de prelucrare a datelor (localizat intr-un rucsac) si* (iii) *centru de comanda central*. Dupa ce sunt instalate cele patru module de senzori, acestia funcționează continuu iar cand este identificat un eveniment, sistemul de calcul parte a sistemului portabil de prelucrare a datelor identifica distanta la care se afla sursa generatoare de semnal, directia si caracteristici despre semnal, comunicand informatia centrului de comanda central iar acesta o foloseste conform operatiunilor specifice. Modulul senzori seismo-acustici conține: *senzor seismic de tip geofon; senzor de infrasunete; microfon de presiune; o placă electronică de tip conversie semnal analog / digital, procesor de prelucrare date, un modem radio, GPS si un acumulator*. Sistemul portabil de prelucrare a datelor este localizat intr-un rucsac, *are o placa inteligenta tip computer pe care ruleaza un software specific, modem radio, GPS, acumulatori*. Centrul de comandă central este format dintr-un *calculator și mijloacele radio de recepție si emisie*.

Instalatia pilot prezentata (figura 4), reprezintă schița de principiu a sistemului de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere. Sistemul de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere, conform figurii 1 constă in: **Centru de Comanda Central (CCC)**, **Sistemul dePrelucare Portabil (SPP)** computerizat conectate între ele printr-o rețea securizata de telecomunicații speciale prin care se asigură transmiterea continuă de la **SPP** spre **CCC** a pachetului de informații **SDD (Sursa, Distanta, Directie)**, date achiziționate la **SPP** privind informatii despre sursa, distanta si directie. Sistemul de prelucrare portabil **SPP** este prevăzut cu interfață pentru comunicare cu **Modulul de Senzori Seismo-Acustici (MSSA)** care transmit informatii in mod continuu catre **SPP** printr-un sistem wi-fi local securizat. Totodată este asigurată și comunicarea dintre **SPP** si **CCC** via sistem de comunicatie securizat. Toate elementele sunt prevăzute cu sistem autonom de alimentare electrică tip acumulator. In cazul identificarii unei guri de foc **CCC** comunica informatiile catre sistemele defensive care actioneaza conform comenzilor si procedurilor utilizate in asemenea situatii.

Modulul senzori seismo-acustici **MSSA** prezentat in figura 5 are în componență următoarele elemente: senzor seismic - **Geofon (G)**, senzor de măsurare a **infrasunetelor (SI)**, senzor acustic **microfon**

presiune (MP), convertor analog digital (AD) al carui timp trebuie sincronizat printr-o antena GPS **si un modul de comunicatie (MC)**. Fiecare senzor din configuratia propusa are urmatorul rol: senzorul seismic – **Geofon (G)**, are rolul de inregistrare a undelor care se propaga prin sol, banda de frecvente 0.1-1000 Hz; senzorul de măsurare a **infrasunetelor (SI)**, are rolul de inregistrare a undelor care se propaga prin aer si au frecvente cuprinse banda 0,01-100 Hz; senzor acustic **microfon presiune (MP)**, are rolul de inregistrare a undelor care se propaga prin aer si au frecvente cuprinse banda 100-5000 Hz;

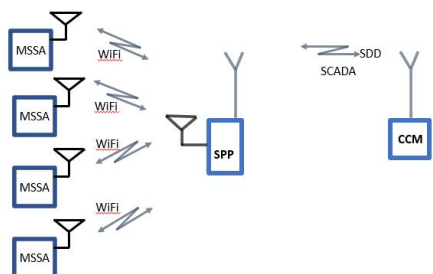


Figura 4

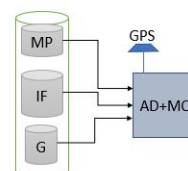


Figura 5



Componenta echipamentului de masura:

- Senzor infrasunete
- Microfon
- Geofon
- Convertor analog digital
- Sistem de alimentare 12V/48Ah
- Sumator semnal
- Furtun de legatura
- elemente de reducere zgomot
- Antena GPS
- Cutii de protectie

Componenta „Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasunete, senzor seismic (geofon) si microfon



Exemplu de instalare a unui element aferent „Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasunete, senzor seismic (geofon) si microfon



Disponerea in teren a Sistemului de identificare si localizare prin aer si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri

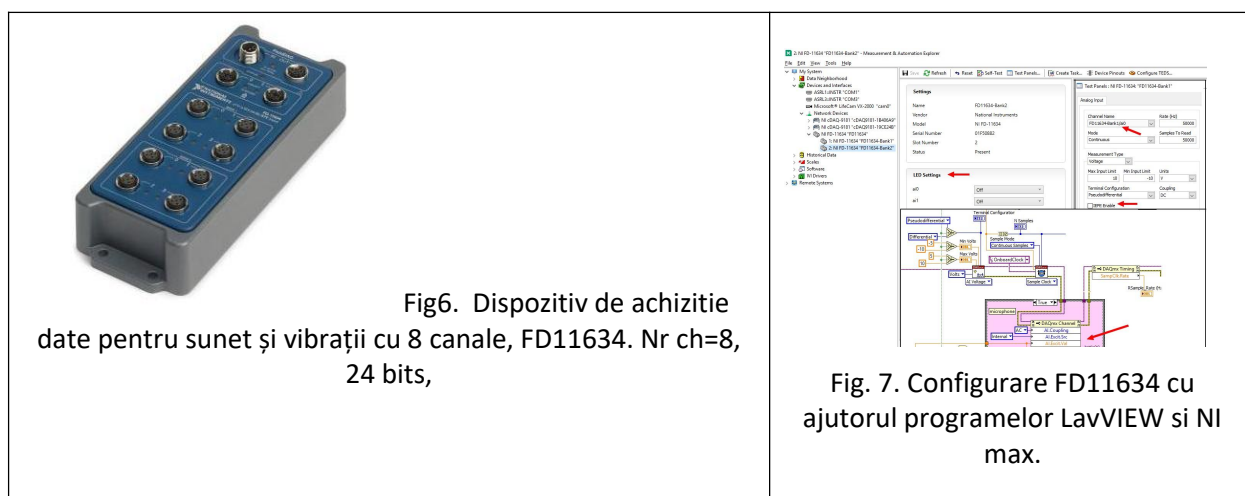


Histograma polară a detecțiilor infrasonice ale Sistemului de identificare si localizare prin aer

de tragere- multisenzor	si sol a pozitiei gurilor de foc in campuri de tragere- multisenzor reprezentată în Google Earth (cu verde – obținute din datele infrasonice, cu galben – obținute din datele seismice)
-------------------------	---

❖ **Sistem de detectie folosind inregistrator cu esantionare ridicata (50000SPS) si array de microfoane. – Instalatie pilot 2.**

Sistemul utilizeaza un modul de achizitie date de mare viteza (100 KHz rata maxima de esantionare) tip FD11634 produs de NI. Acesta are 8 canale si este specializat pentru achizitia semnalelor de sunet si vibratii de frecventa ridicata.



Date tehnice:

Specificațiile sunt tipice și valabile la -40 °C până la 85 °C, dacă nu se specifică altfel.

Caracteristici de intrare:

Un exemplu de configurare este prezentat in figura urmatoare:

Testele s-au realizat cu microfoane in doua configuratii:

- Fixate pe acelasi suport vertical si orientate decalat la unghiuri cunoscute si montate in tuburi izolate fonic cu scopul determinarii directiei principale a unei sonore;
- Fixate intr-o configuratie de tringhi dreptunghic isoscel cu distanta intre varfuri de 1 m pentru determinarea directiei unei sonore din defazajul inregistrarilor.

Pentru cazul (a) rezultatele nu au fost concludente deoarece se bazeaza pe realizare unei directivitati a microfoanelor si suprapunerea acestora. Solutia poate fi simpla dar nu este usor de implementat cu microfoane conventionale nedirective. Ea ar permite determinarea directiei unei acustice principale si prin combinarea a cel putin 2 dispozitive se poate realiza localizarea sursei. Un alt avataj este ca nu este necesara o rata mare de esantionare.

In cazul (b) perioada de esantionare este importanta deoarece metoda se bazeaza pe diferentele de timp dintre sosirile undelor acustice. O perioada mica de esantionare (frecventa mare) asigura o rezolutie ridicata in conditiile in care erorile de unghi cresc cu distanta la care se afla sursa acustica. In Fig. 2.3 este

un exemplu de determinare a direcției unei seimice. Utilizând minim două configurații de acest tip se localizează sursa la intersecția direcțiilor determinate.

La recepția unei acustice apare un decalaj de timp între microfoanele a și b. Acesta se poate transforma în distanță cunoscând viteza sunetului (distanța a-P) care este aceeași în ambele cazuri. Dacă cele 2 microfoane ar fi instalate pe o bară care se poate roti în jurul punctului median M se realizează triunghiul isoscel cu laturile egale $s - c$ și $s - d$. Înălțimea triunghiului reprezintă direcția unei sonore. Cel puțin 2 direcții determină locația unei sonore. Din cauza aproximărilor unghiurilor acesta nu este exactă. Din datele simulate locația este centrul de greutate al unui poligon al cărui varfuri reprezintă intersecțiile mai multor perechi de direcții determinate ca în Fig. 8.

Un exemplu de test și analiză a semnalului recepționat este în Fig. 8.

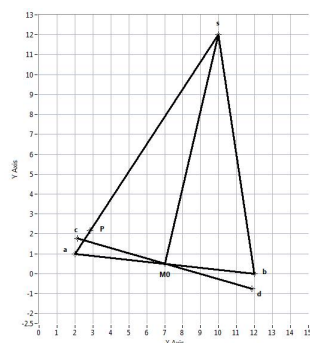


Fig. 8. Un exemplu de algoritm de localizare a sursei acustice; S sursa acustică, a – b microfoane, c – d corespondența microfoanelor a și b rotite în jurul punctului median M.

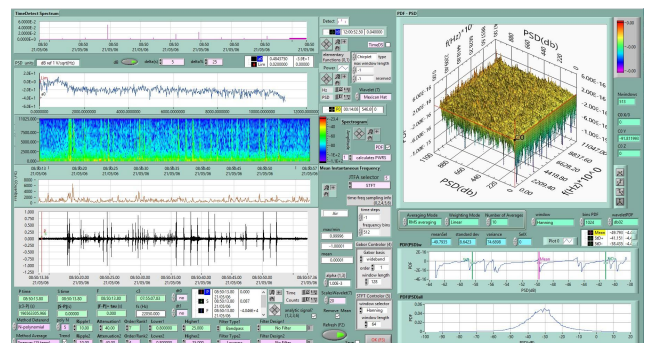


Fig. 9. Analiza spectrală a undelor sonore înregistrate de un microfon; PSD reprezintă Power Spectral Density, spectrograma este o transformată rapidă Fourier, PWS este Power Spectrum iar PDF power Density Function.

Frecvența de achiziție a datelor este de 22050 Hz ceea ce permite salvarea datelor într-un format standard pentru fișierele audio ("wav").

3. Gradul de atingere a rezultatelor estimate (prezentarea produsului/tehnologiei sau a serviciului rezultat al proiectului).

Denumirea produsului: SISTEM DE IDENTIFICARE ȘI LOCALIZARE PRIN AER ȘI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC ÎN CAMPURI DE TRAGERE (GUNDETECT)

Domeniul de utilizare

Produsul rezultat prin cele două instalații pilot dotat cu diferite modele de senzori și sisteme de achiziție, constituie instalația pilot dedicată detectării și localizării în timp real a surselor de infrasunete provenite de la armele de foc în câmpul de luptă, lucrând ca instalație/sistem de laborator, în geometrie fixă, sau portabilă, iar domeniul de utilizare îl reprezintă măsurările/monitorizările de semnale seismoacustice de orice tip, produse pe cale naturală sau tehnologică.

Condiții de utilizare

Condițiile climatice în care sistemul se poate utiliza

Condițiile climatice de funcționare ale **SISTEM DE IDENTIFICARE ȘI LOCALIZARE PRIN AER ȘI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC ÎN CAMPURI DE TRAGERE (GUNDETECT)**, sunt următoarele:

- temperatura: $(-25...+55)^{\circ}\text{C}$;

- umiditate relativa maxima: 80% la 40 °C;

Condiții climatice la transport și depozitare:

- temperatura de transport și depozitare: (-25...+55)°C;

- umiditatea relativa maxima: 80% la temperatura de +40 °C.

Potentiali beneficiari, destinația si domeniul de utilizare

Sistemul se poate utiliza in armata, ramuri industriale, compartimente din economie sau cercetare.

Sistemul este destinat pentru detectarea in timp real a undelor seismoacustice, în ansamblu cu electronica asociata și cu sistemul de achiziție și de calcul a datelor.

Monitorizarea undelor seismoacustice poate juca un rol important în detectarea, localizarea, identificarea gurilor de foc in campuri de tragere pe baza monitorizarii fondului acustic din atmosfera terestra. In prezent pe plan mondial se folosesc metode diferite de localizare a gurilor de foc.

Undele de infrasunete sunt generate de o mare varietate de surse: naturale și provocate de activitatea umană (surse antropogene) (*Campus, 2004*). Sursele naturale includ: meteori, aurore boreale, furtuni de convecție și fulgere, tornade, valuri oceanice de mare amplitudine, cutremure, crioseisme, alunecări de teren, avalanșe, ruperi de aisberguri și ghețari, erupții vulcanice continue sau explozive, tsunami, cascade și valuri marine costiere. Sursele antropogene de infrasunete includ: explozii nucleare, explozii miniere și chimice, lansări și reintrări în atmosferă de sateliți, nave spațiale și rachete, avioane, surse industriale precum gazele emanate de instalații industriale, flăcările rafinăriilor de petrol și gaze, barajele hidrotehnice, turbinele eoliene etc. (*Campus și Christie, 2010*). În **tabelul 1** este prezentată o listă a celor mai importante tipuri de unde infrasonice observate, inclusiv gama specifică de frecvențe, amplitudinile maxime observate în Pa (1 Pa = 10⁻⁵ bar), domeniul de distanțe maxim estimat pentru detecție. Un număr de surse relativ mici nu a fost inclus în acest tabel – uzine hidroelectrice, turbinele eoliene, crioseisme, micro-explozii, eclipse solare și surse asociate cu activități generatoare de zgomot cultural, precum autostrăzi, trenuri și aeroporturi (*Campus și Christie, 2010*).

Tabelul 1. Caracteristicile câtorva tipuri de unde infrasonice (după *Campus și Christie, 2010*)

Sursa de infrasunete sau tipul de unde infrasonice	Gama de frecevențe (Hz)	Amplitudinea maximă observată (Pa)	Distanța estimată pentru detecție (km)
Explozii nucleare atmosferice	0,002-20	> 20	>20.000
Explozii nucleare subterane	~1-20	~1	~1.000
Explozii în mină	0,05-20	~5	>5.000
Alte explozii chimice	0,05-20	~10	>5.000
Poduri și alte structuri	0,5-20	~0,5	<100
Emanări de gaze din activități industriale	1-20	~0,5	~1.000
Lansări de rachete și navete spațiale	0,01-20	~5	~3.000
Reintrarea în atmosferă a sateliților și a navetelor spațiale	0,1-10	~1	>2.000
Avion subsonic	0,3-20	~2	<100
Avion supersonic	0,3-20	~10	~5.000
Meteoriți	0,01-20	>10	>20.000
Infrasunete generate de aurora boreală	0,008-20	~2	~4.000
Rupere de aisberguri și ghețari	~0,5-8	~1	~200
Erupții vulcanice	0,002-20	>20	>20.000

Furtuni severe (convective)	0,01-0,1	~0,5	~1.500
Cutremure	0,005-10	~4	>10.000
Incendii forestiere; incendii industriale majore	2-20	~2	~4.000
Alunecări de teren; avalanșe	0,1-20	~1	~1.000
Unde microbarometrice	0,12-0,35	~5	~10.000
Unde asociate cu zonele muntoase	0,007-0,1	~5	~10.000
Valuri	1-20	~0,2	~250
Trăsnete	0,5-20	~2	~50
Tornade	0,5-20	~0,5	~300
Tsunami	0,5-2	~0,1	~1.000
Cascade	0,5-20	~0,2	~200

Distanța maximă de detecție, specifică fiecărei stații, depinde de un număr mare de factori, printre care: componentele vântului din stratul superior al atmosferei de pe direcția de propagare a undei, gradul de atenuare a semnalului pe direcția de propagare între sursă și receptor, nivelele de zgomot ambiental și eficiența algoritmilor de detecție (*Campus și Christie, 2010*).

4. Impactul rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut.

Proiectul va dezvolta tehnici și metodologii inovative privind monitorizarea, achiziția și prelucrarea infrasunetelor, detectabile în atmosfera terestră, în condițiile specifice terenului, unde se desfășoară forțe beligerante. Specialistii implicați în proiect vor aborda o serie de probleme complexe și foarte importante pentru monitorizarea infrasunetelor, respectiv:

1. Identificarea pe baza unei metode noi a amplasamentelor unde sunt localizate sursele de foc utilizând măsurători acustice, din punct de vedere al raportului **calitate înregistrări - infrastructură**.
2. Metode noi de îmbunătățire a **raportului semnal / zgomot** în cadrul amplasamentului selectat, astfel încât semnalele utile să poată fi ușor discriminate din fondul infrasonic atmosferic, proces complex și în continuă perfecționare pretutindeni în lume.
3. Elaborarea metodologiei de definire a unei **„amprente acustice”** care poate fi asociată unui anumit tip de eveniment infrasonic provenit de la surse de foc de calibru diferit, element de noutate în România și la început de drum pretutindeni în lume.
4. Metodele de **identificare și alertare** a personalului și trupelor aflate în zone beligerante.

Proiectul oferă oportunități și pentru îmbunătățirea metodelor de protecție a fondului cinegetic deoarece, ca rezultat asociat, va pune la punct o metodă precisă de localizare operativă a surselor acustice produse în atmosfera de armele de foc ale eventualelor braconieri.

- ❖ „Sistem de detecție multisenzor” folosind senzori de infrasunete, senzor seismic (geofon) și microfon
- ❖ Sistem de detecție folosind înregistrator cu eșantionare ridicată (50000SPS) și array de microfoane.

5. Detalii privind exploatarea și diseminarea rezultatelor proiectului.

Lucrări științifice și comunicări științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice din etapa 1 asociată activității 1:

- Ionescu C., Popa M., Neagoe C., Ghica D.V. (2020), Seismic Monitoring and Data Processing at the National Institute for Earth Physics – Romania, publicată la International Seismological Centre (ISC)
- Dinescu, R., Ghica, D., Popa, M., Identification of quarry blasts in the Deva region (Romania) using seismo-acoustic analysis, prezentare la Geoscience 2020 (online)
- Dinescu, R., Popa, M., Ghica, D., Grecu, B., Chircea, A., Munteanu, I., The seismic activity around quarries in Romania during COVID-19 lockdowns, prezentare la Geoscience 2020 (online)
- Ghica D., Popa M., Ionescu C., On the infrasound array monitoring in Romania: reprocessing of the data recorded by the national infrasound network, prezentare la EGU General Assembly 2020, 5 – 9 mai 2020 (online)

Lucrările științifice și comunicări științifice la conferințe și simpozioane de profil realizate pe baza rezultatelor științifice din cadrul etapei 2/activitatea 2 sunt:

- From National to Transnational Seismic Monitoring Products and Services in the Republic of Bulgaria, Republic of Moldova, Romania, and Ukraine/Alexandru Mărmureanu*1, Constantin Ionescu1, Bogdan Grecu1 , Dragos Toma-Danila1 , Alexandru Tiganescu1 , Cristian Neagoe1 , Victorin Toader1 , Iolanda-Gabriela Craifaleanu2,3 , Claudiu Sorin Dragomir2,4 , Vasile Meîță2, Oleksandr Ivanovich Liashchuk5 , Liliya Dimitrova6 , and Ion Ilieș 7/ Seismological Research Letters, Volume 92 • Number 3 • May 2021 • www.srl-online.org
- Observing military aircraft activity with the Romanian infrasound arrays/Daniela Ghica, Constantin Ionescu, Mihaela Popa/CTBT: Science and Technology Conference 2021 (SnT 2021)/Viena, Austria/28 iunie – 2 iulie 2021/poster (online)
- Revaluation of the Romanian earthquake catalogue/Andreea Chircea, Mihaela Popa, Raluca Dinescu, Daniela Ghica, Constantin Ionescu/ESC 2021/Virtual/19-24 septembrie 2021/poster (online)
- Identification and location of infrasonic sources located at short distances / Constantin Ionescu, Victorin Emilian Toader, Daniela Ghica, Cristian Neagoe, Alexandru Marmureanu/ 11th Congress of the Balkan Geophysical Society – Bucharest, 10-14 October 2021.

Lucrările științifice și comunicările științifice la conferințe și simpozioane de profil pe baza rezultatelor științifice ale etapei 3/activitatea 3 sunt:

- Studies for development of a system for rapid localization of the guns position in firing fields, Constantin Ionescu¹, Daniela Veronica Ghica¹, Victorin Toader¹, Alexandru Marmureanu¹, Cristian Neagoe¹, and Cristian Predoi²
 - 1) National Institute for Earth Physics, Magurele, Romania
 - 2) Military Equipment and Technology Research Agency, Bucharest, Romania
- Cerere Brevet „SISTEM DE IDENTIFICARE SI LOCALIZARE PRIN AER SI SOL A POZITIEI GURILOR DE FOC IN CAMPURI DE TRAGERE”. Nr referinta beneficiar 853/07.03.2022 si la OSIM A00133/07.03.2022.
- Rate of fire measurement using shock wave microphones, Cristian Predoi¹, Petru Rosca¹, Iulian Nicola¹, Cornel Toirica¹, Cornel Plesa¹, Constantin Ionescu²
 - 1) Military Equipment and Technology Research Agency, Bucharest, Romania
 - 2) National Institute for Earth Physics, Magurele, Romania

NOTA: urmare a rezultatelor obtinute in cadrul proiectului GUNDETECT mentionam ca sistemele pilot 1 si 2 prezentate si selectate ca functionale fata de cele care au fost testate la inceputul proiectului in activitatiile 1 si 2 sunt net superioare din punct de vedere a sensibilitatii senzorilor, a mobilitatii si timpului de instalare si a perioadei de functionare fara surse de curent comerciale. Sistemul poate si imbunatatit prin utilizarea unor senzori de infrasunete fiabili in teren dar si miniaturizarii lui pe viitor.

6. Prezentarea livrabililor/indicatorilor obținuți la finalul proiectului comparativ cu cei propuși.

Nr. crt.	Livrabile/indicatori planificați	Nr.	Livrabile/indicatori realizați	Nr.
1.	L1.1: Raport privind identificarea parametrilor evenimentelor infrasonice din observațiile infrasonice	1	L1.1: Raport privind identificarea parametrilor evenimentelor infrasonice din observațiile infrasonice	1
2.	L1.2: Raport privind evaluarea valorii adăugate a tehnologiei infrasonetice pentru monitorizarea la distanță a exploziilor comparativ cu alte tehnologii	1	L1.2: Raport privind evaluarea valorii adăugate a tehnologiei infrasonetice pentru monitorizarea la distanță a exploziilor comparativ cu alte tehnologii	1
3.	L1.3: Raport privind determinarea locației infrasonice pentru evenimente naturale	1	L1.3: Raport privind determinarea locației infrasonice pentru evenimente naturale	1
4	L1.4: Raport proiect pagina de internet proiect (http://gundetec.infp.ro)	1	L1.4: Raport proiect pagina de internet proiect (http://gundetec.infp.ro)	1
5	L2.1: Raport privind evaluarea tehnologiilor utilizate	1	L2.1: Raport privind evaluarea tehnologiilor utilizate	1
6	L2.2: Raport privind recomandarea utilizării optime a noilor tehnologii (senzori, sistem de achiziție, sistem de comunicații)	1	L2.2: Raport privind recomandarea utilizării optime a noilor tehnologii (senzori, sistem de achiziție, sistem de comunicații)	1
7	L2.3: Evaluarea optimizării rețelei pentru studiul evenimentelor infrasonice specifice	1	L2.3: Evaluarea optimizării rețelei pentru studiul evenimentelor infrasonice specifice	1
8	L2.4: Seturi de date infrasonice, poster/prezentare rezultate la conferința BGS2021 urmat de realizarea unui articol științific.	1	L2.4: Seturi de date infrasonice, poster/prezentare rezultate la conferința BGS2021 urmat de realizarea unui articol științific.	1
9	L 2.5: Raport de cercetare privind elaborarea metodelor de discriminare și alertare a evenimentelor infrasonice	1	L 2.5: Raport de cercetare privind elaborarea metodelor de discriminare și alertare a evenimentelor infrasonice	1
10	L2.6: Raport privind inițierea băncii de date infrasonice	1	L2.6: Raport privind inițierea băncii de date infrasonice	1
11	L2.7: Elaborarea unui poster și un articol științific	1	L2.7: Elaborarea unui poster și un articol științific	1
12	L3.1: Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate	1	L3.1: Raport de testare privind operabilitatea și siguranța în funcționare a instalației pilot calibrate	1
13	L3.2: Revizuire documentație, elaborare articol științific și Brevet	3	L3.2: Revizuire documentație, elaborare articol științific și Cerere Brevet	3
14	L3.3 Raport final	1	L3.3 Raport final	1

Prezentare scurta

Proiectul GUNDETECT vizează cercetarea în domeniul tehnicilor, metodologiilor și instrumentației de monitorizare, achiziție și prelucrare a infrasonetelor. Obiectivul principal al proiectului a fost realizarea

unei instalatii pilot si a unor metode cu ajutorul carora sa poata fi: detectate, localizate, identificate gurile de foc in campuri de tragere. Astfel pe parcursul derularii proiectului s-au incercat mai multe configuratii de senzori si sisteme de achizitie a datelor de la senzorii pe care echipa i-a avut in vedere. In conformitate cu recomandarile privind functionarea sistemului in conditii meteo deosebite am realizat doua modele instalatii pilot care au caracteristici diferite si anume;

- ❖ „Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasonete, senzor seismic (geofon) si microfon-Instalatia pilot 1
- ❖ Sistem de detectie folosind inregistrator cu esantionare ridicata (50000SPS) si array de microfoane- Instalatia pilot 2

Instalatia pilot „Sistem de detectie multisenzor” folosind senzori de infrasonete, senzor seismic (geofon) si microfon,, este compusa din patru elemente, fiecare continand un detector de infrasonete, un sistem de achizitie a datelor si un sistem de comunicatie catre un Centru local, unde un soft dedicat calculeaza coordonatele unde s-a produs evenimentul generator de infrasonete.

Instalatia pilot “Sistem de detectie folosind inregistrator cu esantionare ridicata (50000SPS) si array de microfoane” se bazeaza pe detectia semnalelor folosind microfoane directionale.



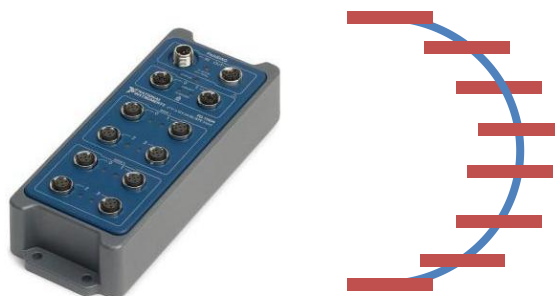
Exemplu de instalare a unui element aferent instalatiei pilot 1



Histograma polară a detecțiilor infrasonice utilizand instalatia pilot 1



Dispunerea in teren a instalatiei pilot 1



Instalatia pilot 2- Dispozitiv de achizitie date pentru sunet și vibrații

Notă:

Pe lângă cele menționate mai sus, raportul final trebuie să conțină și o prezentare succintă (2-3 paragrafe) a rezultatelor obținute în cadrul proiectului, rezultate ce urmează a fi diseminate de Autoritatea Contractantă în materiale de promovare a rezultatelor obținute în cadrul programelor de finanțare. Menționăm că acest text trebuie să fie pe înțelesul publicului.

Prezentarea trebuie să fie însoțită de 2-4 poze reprezentative pentru proiect (format JPG).
Acestea trebuie să se regăsească și pe pagina web a proiectului.

Data: 23.05.2022

Director de proiect
Constantin IONESCU

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Constantin Ionescu', written in a cursive style.