

## THE DESIGN AND ARCHITECTURE OF A FIELD MANAGEMENT INSTRUMENT WITHIN PRECISION AGRICULTURE

### PROIECTAREA ȘI ARHITECTURA UNUI INSTRUMENT DE MANAGEMENT AL PRODUCȚIILOR AGRICOLE APLICAT PE DOMENIUL HORTICULTURII DE PRECIZIE

Ph.D. Stud. Eng. Pirna C., Prof. Ph.D. Eng. Lache S.

- Transylvania University Brașov / Romania -

Tel: 0766262416; E-mail: ciprian-george.pirna@unitbv.ro

**Abstract:** It is the aim of this paper to present the architecture and the theoretical model of a field management instrument with regard to its practical implementation in precision horticulture. It is named SIGAA (Advanced Agricultural Geographic Integrated System) and it relies on different conceptual modules being consecutively developed and time – linearly implemented in practical use. The paper describes the main conceptual tasks and how they may be integrated into a unique decision system that is to be used by farmers or agricultural entities.

**Keywords:** instrument, task, concept, spatial variability

#### INTRODUCTION

The development of precision agriculture and implicitly that of precision horticulture as stand-alone research fields is a direct consequence of the release of access of the Global Positioning System (GPS) by the United States Army to civilian research fields. As a result of the release, a huge number of niche applications and fields emerged into the international scientific research focus. Horticulture made no exception to this trend and the newly obtained precision in agricultural measurements, agricultural tasks and computation or calculus of various crop or soil parameters led to real benefits and technological advances. Optimization of use of artificial plant fertilizers [1], determination of average fertility rates for various soil types, calculation of crop yields for different soil compositions and placements are only a few of the benefits that precision agriculture and horticulture brought into their respective fields. At present, existent technologies and concepts favor the collection of field-data and based on the acquired data, various soil variables with a high impact on plant development are being determined and interpreted. All the collected data is associated to the GPS coordinates of the respective collection points, thus resulting in a direct correlation between parameters and spatial positioning. The visualization and interpretation of this interdependent parameter-location relationship is ultimately done by the development of spatial distribution maps of the monitored parameters. The collection of field data is a common practice used in almost every precision agriculture or horticulture application currently developed and some entities even developed field-data acquisition networks.

However, most of the existent monitoring networks use single source and single type parameters which although yield valuable field information, do not offer a comprehensive image of the monitored field. It is the aim of this paper to present a field management instrument in the form of an integrated mechatronic system that is tasked with data acquisition, monitoring various environmental parameters of different types, associating the parameters to GPS coordinates and interpreting the parameters into a single dynamic output. The output represents a spatially distributed

**Rezumat:** Scopul acestei lucrări este acela de a prezenta arhitectura și modelul teoretic al unui instrument de management al producțiilor agricole aplicat pe domeniul horticulturii de precizie. Instrumentul este denumit SIGAA (Sistem Integrat Geografic Agricol Avansat) și se bazează pe module conceptuale diverse care sunt dezvoltate consecutiv și implementate din punct de vedere practic, în mod liniar. Lucrarea descrie principalele sarcini conceptuale și modul cum acestea pot fi integrate într-un sistem suport-decizie original care poate fi folosit de fermieri sau unități comerciale de tip agro-tehnic.

**Cuvinte cheie:** instrument, sarcină, concept, variabilitate spațială

#### INTRODUCERE

Dezvoltarea agriculturii de precizie și implicit cea a horticulturii de precizie ca și domenii de cercetare de sine stătătoare este o consecință directă a deciziei Armatei Statelor Unite de a liberaliza accesul la sistemul GPS (Sistem de Poziționare Globală) către domeniile de cercetare civile. Ca și rezultat al acestei liberalizări, un număr uriaș de aplicații de nișă și respectiv, subdomenii și-au făcut apariția în interesul de cercetare internațional. Horticultura nu a fost o excepție de la această tendință, iar precizia nou dobândită în aplicații precum topometria agricolă, măsurătorile și determinările indicilor specifici solului a condus la beneficii reale și avansuri importante de ordin tehnologic. Optimizarea utilizării fertilizanților artificiali [1], determinarea fertilității relative a solurilor pentru tipuri de sol diverse și calcularea productivității recoltelor pentru amplasamente și configurații de sol diferite sunt doar câteva dintre beneficiile pe care agricultura de precizie și horticultura de precizie le-au adus în domeniile lor respective. La momentul de față tehnologiile și conceptele existente favorizează colectarea datelor din câmp și pornindu-se de la datele achiziționate, variabile diferite cu înalt impact asupra ciclului biologic de dezvoltare a plantelor sunt determinate și interpretate. Toate datele colectate sunt asociate coordonatelor GPS existente la punctele geografice de achiziție, ceea ce rezultă într-o corelație directă între parametri și poziționare spațială. Vizualizarea și interpretarea acestei relații interdependente parametru-vizualizare se face în ultimă instanță prin implementarea hărților de distribuție spațială a parametrilor monitorizați. Achiziția de date din câmp este o practică comună folosită în aproape orice aplicație a agriculturii sau a horticulturii de precizie, iar anumite unități agricole au dezvoltat rețele sofisticate pentru achiziția datelor din câmp.

Cu toate acestea, cele mai multe din rețelele de monitorizare/ achiziție folosesc parametri de un singur tip și cu proveniență unică care deși conțin informații valoroase, nu oferă o imagine comprehensivă asupra câmpului monitorizat. Este scopul acestei lucrări de a prezenta un instrument de management pentru producțiile agricole ce poartă forma unui sistem mecatronic integrat, capabil de achiziție de date, monitorizare de parametri variați, asociere parametru-locatie GPS și interpretare parametrilor sub forma unui singur output dinamic. Rezultatul acestui instrument reprezintă un profil de

environmental profile of the land lot and it includes a chemical layout of the field, a map of the physical properties of the soil and spatial distribution of soil and environmental factors. Based on the system output, farmers and economic or research entities can determine what plant crop would be best suited for the entire field environmental profile or even for certain areas within a single larger field. Each monitored field has a unique environmental profile and if the described instrument is regularly used on the same field, the evolution of intrinsic and extrinsic soil and environmental properties can be tracked.

## MATERIAL AND METHOD

### A. Structure and layout

The SIGAA field management instrument consists of three main conceptual tasks: 1-the development of a field sensor network, monitoring time continuous environmental factors (soil humidity, soil temperature, air temperature, etc.); 2-the acquisition and monitoring of time discrete environmental factors (EC, distribution of chemical and physical properties of the soil, etc.); 3- the integration of the collected data in the SIGAA system (with GPS support) in order to assert decision support statements – what crop type would be best suitable to which geographical area of the land lot and what crop type would give the highest yield per hectare. The basic SIGAA breakdown structure can be observed in Fig. 1. The experimental data has been acquired from an agricultural land lot belonging to INMA (National Institute for Agricultural Machinery, Bucharest, www.inma.ro). The key components mentioned above have been implemented and experimentally tested, in field, leading to results about the time evolution of complex environmental factors (both continuous and discrete). These results are ultimately integrated into a true interactive map of the field environmental conditions.

mediu, distribuit spațial, al unui teren agricol și include o hartă a parametrilor chimici inerenți terenului, o hartă a proprietăților fizice ale solului precum și distribuția spațială a parametrilor de sol și mediu. Bazându-se pe acest rezultat, fermierii pot determina care este cultura care s-ar potrivi cel mai bine în relație cu profilul terenului sau chiar în relație cu anumite zone incluse într-un câmp de dimensiuni mai mari. Fiecare câmp monitorizat are un profil de mediu unic iar dacă instrumentul mai sus menționat este folosit în mod regulat pe același câmp, evoluția parametrilor intrinseci și extrinseci ai solului, precum și a proprietăților mediului poate fi monitorizată.

## MATERIAL ȘI METODĂ

### A. Structură și plan

Sistemul de management al câmpului SIGAA constă în îndeplinirea a trei sarcini conceptuale: 1 - dezvoltarea unei rețele de senzori pentru monitorizarea câmpului, monitorizarea parametrilor continui în timp (umiditate sol, temperatură sol, temperatură aer, etc.); 2 - achiziția și monitorizarea parametrilor discreți în timp (EC, distribuția proprietăților chimice și fizice ale solului, etc.); 3 - integrarea datelor colectate în cadrul sistemului SIGAA (cu suport GPS) cu scopul de a produce aserțiunile ce duc la decizie – ce tip de cultură s-ar preta cel mai bine cărei zone geografice din interiorul unui lot de teren și ce cultură ar oferi cea mai bună producție la hectar. Structura de bază a SIGAA poate fi observată în Fig. 1. Datele experimentale au fost prelevate dintr-un lot de teren aparținând INMA (Institutul Național pentru Mașini Agricole din București). Componentele cheie menționate mai sus au fost implementate și testate din punct de vedere experimental în câmp, fapt care a dus la rezultate în legătură cu evoluția în timp a factorilor de mediu (atât continui cât și discreți). Aceste rezultate sunt integrate într-o hartă interactivă ce descrie condițiile de mediu.

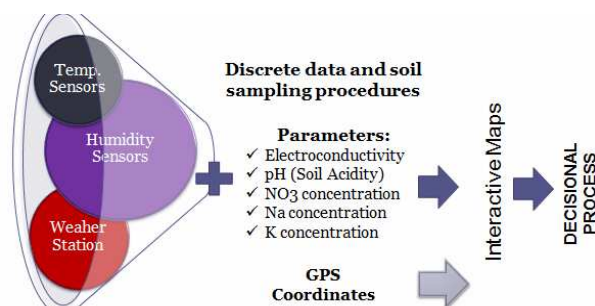


Fig. 1 – Basic breakdown structure of the SIGAA instrument / Alcătuirea de bază a instrumentului SIGAA

### 1. Time continuous parameter monitoring network

In order to properly conceive and develop a functional and efficient sensor monitoring network it is important to determine the relevant inputs and outputs for proper system operation. Regarding the decision of the SIGAA system inputs and outputs which are necessary in order to achieve the desired functionality, it has been opted for a process of sorting the factors that may have a high impact rate on the plant life cycle. The following variables have been taken into account: ease of monitoring for the appropriate physical quantities of inputs, available technology, reliability and accuracy of measurement of the physical quantities corresponding to the inputs and outputs, financial costs imposed by the measurement of physical quantities corresponding to the entries, use or development of statistical algorithms in order to monitor input variables (for example: productivity per hectare/ per previous year or humus concentration/ previous year).

### 1. Rețea de monitorizare a parametrilor continui în timp

Pentru a concepe și pentru a dezvolta o rețea de senzori funcțională și eficientă este important să se determine care sunt intrările și ieșirile relevante pentru funcționarea corespunzătoare a sistemului. În ceea ce privește stabilirea intrărilor și ieșirilor care sunt necesare pentru obținerea funcționalității dorite, s-a îndeplinit un proces de filtrare a factorilor care pot avea un factor major asupra ciclului de viață a plantelor. Următoarele variabile au fost luate în considerare: Ușurința cu care se monitorizează mărimile fizice corespunzătoare inputurilor, tehnologia disponibilă, precizia măsurătorilor mărimilor specifice input-output, costurile financiare impuse de măsurătorile efectuate, folosirea sau dezvoltarea de algoritmi statistici necesari pentru măsurarea variabilelor la intrare (ex.: productivitatea pe hectar / pe an anterior/ sau concentrația de humus / an anterior).

After evaluating the impact of the factors on the life cycle of plants according to the criteria listed above, it has been decided to develop the following sensor network infrastructure: five geographically evenly distributed soil moisture sensors (model SM300-UM-1.1 manufactured by Delta-T Devices Ltd [2]), one Delta-T Weather Station WS-STD1 device which acts like a regular data logger for the data acquired by the soil moisture sensors and also as a platform for other station-integrated sensors. The sensors that make up the rest of the network and that are integrated within the weather station track the following environmental factors: rain quantity (sensor type RG2), wind speed (sensor type AN4), soil temperature (sensor type TM1), air temperature (sensor type TM1), air humidity (sensor type RH2), wind direction (sensor type WD4) and atmospheric pressure (sensor type BS5).

## 2. Theoretical Model of the Temperature Sensor

The SIGAA theoretical model was developed using the Matlab® environment. Though the actual implemented sensor network contains all the above mentioned sensors, it was intended the development of functional and interactive models for two types of sensors chosen as being of particular importance for the functionality of SIGAA: the soil moisture sensor and the soil temperature sensor. As an additional constraint of the models developed, they are able to run as time domain simulations chosen by the user depending on the specific sensor simulated timeframe. Further, to achieve a coherent form of data acquisition system for time-continuous physical variables, the models have been integrated into a single logical, capable of running a single simulation for all systems included and of outputting an integrated signal of the two sensors. Given that the existing Matlab model for temperature sensors are ideal (thermally inert), the need to create a new model that is not ideal arose. A temperature sensor is generally described by a second degree differential equation. Assuming that the sensor is represented by a finite mass with a uniform temperature distribution during the transient to the mass, flow temperature is described by the equation:

$$\alpha = 1 - \frac{\left| \frac{Z_s - \rho_0 \cdot c}{Z_s + \rho_0 \cdot c} \right|^2}{}, \quad (1)$$

which allow the identification of reflection-transmissibility factor as a function of environment propagation quality.

If the conversion efficiency, seen from the energy point of view, worth's the effort is proposed to be studied by mathematical logic and Boole algebra. In this respect several theories were developed to quantify the elastic membrane case, starting from basic reasons of acoustical energy manifestation.

Thus were analysed:

- normal conjunctive type of logical algebra functions;
- logical functions for which matrix relationships between both function and argument sign were determined;
- the normalization of domain frontier from energy transfer chances point of view via domain shape dependent differential operators, being established equations type for frontier shape (2):

$$\frac{\partial \omega_{k+1}}{\partial n} \Big|_{\Gamma} = 1; \frac{\partial^i \omega_{k+1}}{\partial n^i} \Big|_{\Gamma} = 0, \left( i = \overline{2, k+1} \right) \quad (2)$$

Using such elements of mathematical analysis, limit solutions were developed by constructing successive coordinates which satisfy given frontier conditions, having

După evaluarea impactului factorilor asupra ciclului de viață al plantelor conform criteriilor listate anterior, s-a decis asupra dezvoltării următoarei infrastructuri de rețea de senzori: cinci senzori de umiditate a solului distribuiți geografic regulat (model SM300-UM-1.1 dezvoltati de Delta-T Devices Ltd. [2]), o stație meteo model Delta-T WS-STD1 ce se poate comporta și ca un datalogger obișnuit pentru datele achiziționate de senzorii de umiditate a solului și de asemenea ca și platformă integrată pentru alți senzori inegrați ai stației. Senzorii care alcătuiesc restul rețelei și care sunt integrați cu stația meteo urmăresc următorii factori de mediu: :cantitatea de precipitații (sensor tip RG2), viteza vântului (sensor tip AN4), temperatura solului (sensor tip TM1), temperatura aerului (sensor tip TM1), air humidity (sensor type RH2), wind direction (sensor type WD4) and atmospheric pressure (sensor type BS5).

## 2. Modelul teoretic al senzorului de temperatură

Modelul teoretic al SIGAA a fost dezvoltat cu ajutorul software-ului Matlab®. Deși rețeaua de senzori dezvoltată și implementată la nivel practic conține toate tipurile de senzori menționate mai sus, intenția de a crea modele interactive și funcționale pentru două tipuri de senzori alese ca fiind de o importanță deosebită pentru funcționalitatea SIGAA: senzor de umiditate a solului și senzorul de temperatură a solului. Ca o constrângere suplimentară a modelelor dezvoltate, ele sunt capabile să ruleze simulări ca domeniu de timp alese de utilizator, în funcție de intervalul de timp simulat senzorul specific. În plus, pentru a obține o formă coerentă de sistem de achiziție de date pentru timp continuu variabile fizice, modelele au fost integrate într-o singură logică, capabil să ruleze o simulare unic pentru toate sistemele incluse și a scoate un semnal integrat de cei doi senzori. Având în vedere că modelul existent Matlab pentru senzori de temperatură sunt ideale (termic inert), trebuie să creăm un nou model, care nu este ideal apărut. Un senzor de temperatură este în general descrisă de o ecuație diferențială doilea grad. Presupunând că senzorul este reprezentată de o masă finită, cu o distribuție temperatură uniformă în timpul tranzitorie la masa, temperatura de tur este descrisă de ecuația:

care permit identificarea factorului de reflexie – transmisibilitate funcție de calitatea mediului de propagare.

Măsura în care conversia are un randament care să justifice efortul din punct de vedere energetic, s-a studiat prin intermediul elementelor de logică matematică și algebră Boole. În acest sens au fost analizate teoriile care să cuantifice cazul membranelor elastice, pornind de la considerentele primare ale modului de manifestare a energiei acustice.

Au fost luate în considerare:

- funcții algebrice logice de tipul conjunctiv normale;
- funcții Boole de tip logic pentru care s-au determinat legături matricile între semnul funcției și semnul argumentelor;
- normalizarea frontierei domeniilor din punct de vedere al șanselor de transfer energetic, prin intermediul operatorilor diferențiali dependenți de forma domeniului, fiind stabilite ecuații ce descriu frontiera de forma (2):

Cu aceste elemente de analiză matematică au fost dezvoltate soluții ale problemei la limită, prin construcția coordonatelor succesive satisfăcând condiții pe frontieră

applicability to built-in membranes (diffuser) or partially built-in membranes.

The general solution is one of the type (3):

$$Lw \equiv \frac{\partial^k w}{\partial n^k} + \sum_{j=1}^{k-1} a_j \frac{\partial^j}{\partial n^j} \left( \sum_{s=0}^{k_j} b_{j_s} \frac{\partial^s w}{\partial \tau^s} + b_{j_0} w \right) + a_0 w = \varphi, \quad (3)$$

where:  $a_j, b_{j_s}, \varphi$  are given functions on  $\Omega$  ;

$n$  – the normal;

$\tau$  - tangent to frontier  $\Gamma$  of domain  $\Omega$  .

The maximum elongation of membrane vibration has been determined using the analogy with solid mechanics elements, being obtained relations (4) that describe the maximum deformation under pulsing stress (which corresponds to acoustical wave):

$$\Delta(D\Delta w) - (1 - \nu) \left( \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 D}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 D}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = -\frac{\gamma h}{g} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad (4)$$

where  $\psi$  is a limited arbitrary function.

On the domain frontier (for  $\omega=0$ ) because of  $D_k$  and  $T_k$  operators properties, equation becomes the frontier condition itself.

As a result of acoustical analysis of pressure wave propagation the three-dimensional model is considered, which takes into account the attenuation on constant section track, shown in (fig. 3).

date, cu aplicabilitate la membrane încastate (cazul difuzoarelor) și încastate parțial.

Soluția generală determinată a fost de forma (3):

unde:  $a_j, b_{j_s}, \varphi$  sunt funcții date pe  $\Omega$  ;

$n$  - normala;

$\tau$  - tangenta la frontiera  $\Gamma$  a domeniului  $\Omega$  .

S-a determinat elongația maximă a vibrației unei membrane prin analogie cu elemente specifice mecanicii solidului, obținându-se relații ce descriu deformarea maximă pentru o sarcina pulsatorie (corespunzătoare unei acustice) de forma (4):

unde  $\psi$  este o funcție arbitrară mărginită .

Pe frontiera domeniului (pentru  $\omega=0$ ) datorită proprietăților operatorilor  $D_k$  și  $T_k$  ,ecuația se transformă în condiția pe frontieră.

Rezultat al analizei acustice a propagării unei de presiune este modelul tridimensional care ia în considerare atenuarea pe trasee fără schimbare de secțiune, redată în (fig. 3).

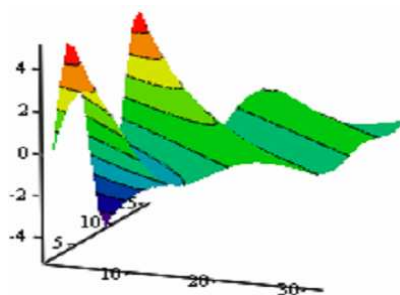


Fig. 3 - Attenuated propagation of the acoustic pressure wave / Propagarea cu atenuare a unei de presiune acustică

For processing the experimental data were used statistical and mathematical techniques, as following:

- the statistical models analysis;
- algorithm of statistical data conditioning;
- the development of a generalized Weibull biparametric distribution model.

Probabilistic nature of presence of the acoustic energy with a potential conversion is closer to the Weibull-type model. So it was considered necessary to develop an application in MathLAB environment, which allows the probability distribution law to be stressed out, for data sets of continuous random variable (fig. 4).

Pentru prelucrarea datelor, s-a apelat la tehnici de prelucrare statistică și matematică care au constatat în:

- analiza modelelor statistice;
- realizarea unui algoritm de prelucrare statistică a datelor;
- dezvoltarea unui model de probabilitate care are la bază distribuția biparametrică generalizată de tip Weibull.

Caracterul probabilistic al prezenței energiei acustice cu potențial de conversie, este mai apropiat de modelul de tip Weibull. Astfel că s-a considerat necesară dezvoltarea unei aplicații în mediul MathLAB care permite evidențierea legii de distribuție probabile pentru seturi de date variabile aleatoare continue (fig. 4).

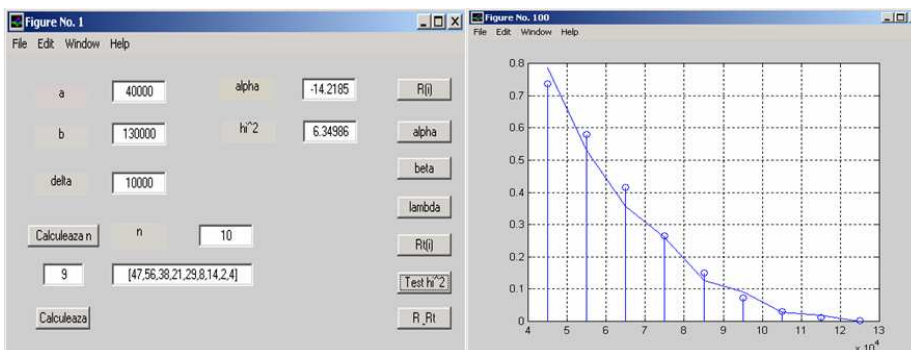


Fig. 4 - Example results delivered by operating the program Weibull: calculated data window (left) graphics options (including correlation test chi2)(right) / Exemplu rezultate livrate prin operarea cu programul Weibull: fereastra de date calculate (stg.) opțiunea reprezentări grafice (inclusiv testul chi2 de corelare)(drt)

## RESULTS

**Assessment of potential energy**

Acoustic pressure level is not sufficient to assess the acoustic noise energy. Based on a calculation model it can determine the density of acoustic energy or acoustic power available in a certain area of space.

The calculation takes as input the acoustic pressure level (in dB) and the value of the temperatures measurement is performed (in °C).

Temperature environment in which sound waves is propagated will influence the sound speed and the environment density - measurements are reflected in the Z calculation - the environment propagation impedance.

In table 1 are presented the values of these quantities at several common temperatures.

## REZULTATE

**Evaluarea potențialului energetic**

Nivelul de presiune acustică nu este suficient pentru a putea evalua energia acustică a zgomotului. Pe baza unui model de calcul se poate determina densitatea de energie sau de putere acustică disponibilă într-o anumită zonă din spațiu.

Calculul are ca mărimi de intrare nivelul presiunii sonore (în dB) și temperatura la care este efectuată măsurătoarea (în °C).

Temperatura mediului de propagare a unei sonore influențează viteza sunetului în mediul respectiv și densitatea mediului – mărimi care se reflectă în calcul prin Z – impedanța mediului de propagare.

Tabelul 1 prezintă valorile acestor mărimi la câteva temperaturi uzuale.

Table 1 / Tabelul 1

| Air temperature /<br>Temperatura aerului<br>$t$ [°C] | Air density /<br>Densitatea aerului<br>$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Sound velocity /<br>Viteza sunetului<br>$c$ [m/s] | Air impedance /<br>Impedanța aerului<br>$Z$ [N·s/m <sup>3</sup> ] |
|--|--|---|---|
| 0  | $\rho_0 = 1.293 / 1,293$   | $c_0 = 331$                                       | $Z_0 = 428$   |
| 15   | $\rho_{15} = 1.225 / 1,225$  | $c_{15} = 340$                                    | $Z_{15} = 417$  |
| 20   | $\rho_{20} = 1.204 / 1,204$  | $c_{20} = 343$                                    | $Z_{20} = 413$  |
| 25   | $\rho_{25} = 1.184 / 1,184$  | $c_{25} = 346$                                    | $Z_{25} = 410$  |

On the basis of the acoustic pressure and of the environment impedance can be calculated intensity acoustic, a input quantity that assess the potential of the acoustic energy.

To assess the energetic potential acoustic, was developed an algorithm, synthesized by diagram shown in figure 5.

Pe baza presiunii acustice și a impedanței mediului se poate calcula intensitatea acustică, o primă mărime definitorie pentru evaluarea potențialului energetic acustic.

Pentru evaluarea potențialului energetic acustic, s-a dezvoltat un algoritm, sintetizat prin diagrama prezentată în figura 5.

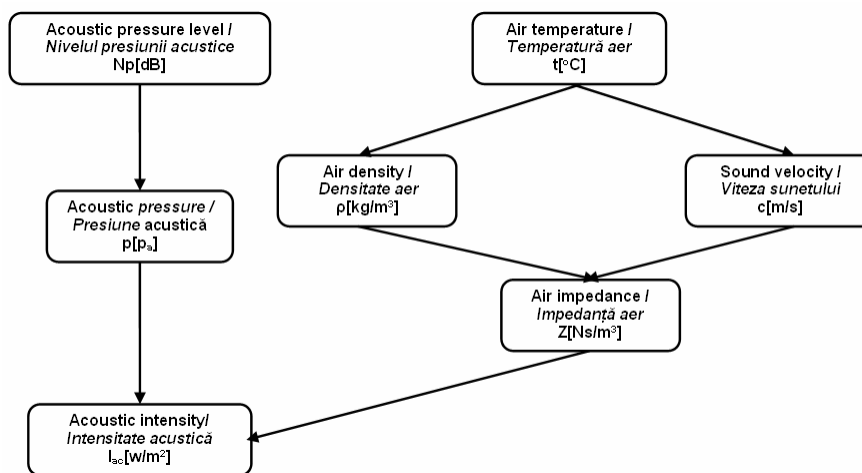


Fig. 5 - Diagram of acoustic energy potential assessment from measurable quantities /  
Diagrama de evaluare a potențialului energetic acustic pornind de la mărimi măsurabile

As shown in the presented diagram, there are two groups of parameters: measurable parameters and the parameters specific of the propagation environment.

If the first group expresses the possibility of measuring of noise and identifying of the sound pressure, the second group characterize the propagation environment, quantifiable by the determined impedance.

To validate the developed mathematical tool, have made a series of basic laboratory tests, that consisted in identifying the capability of acoustic energy into electrical energy conversion for standard signals generated.

Acoustic pressure level was increased to the upper limit of audio amplifier used. The results are presented in table 2.

După cum se observă din diagrama prezentată, există două grupe de parametri: parametrii măsurabili și parametrii caracteristici mediului de propagare.

Dacă prima grupă exprimă posibilitatea de măsurare a zgomotului și identificare a presiunii sonore, cea de a doua grupă caracterizează mediul de propagare, cuantificabil prin impedanța determinată.

Pentru validarea instrumentului matematic dezvoltat s-au efectuat o serie de teste primare de laborator care au constatat în identificarea capacității conversiei energiei acustice în energie electrică pentru semnale etalon generate. Nivelul de presiune acustică a fost crescut până la limita superioară a unui amplificator audio. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 2.

Table 2 / Tabelul 2

| Nr. crt. /<br>Crt. no. | Level amplification /<br>Nivelul amplificării [dB] | Acoustic pressure level /<br>Nivelul presiunii sonore [dB] | Voltage / Tensiunea<br>V <sub>pp</sub> [V] | Maximum current /<br>Curentul maxim [mA] |
|------------------------|--|--|--|--|
| 1.                     | 18   | 111.6 / 111,6  | 0.125 / 0,125                              | 0.0002 / 0,0002                          |
| 2.                     | 22   | 115.6 / 115,6  | 0.582 / 0,582                              | 0.0003 / 0,0003                          |
| 3.                     | 28   | 123.7 / 123,7  | 1.82 / 1,82                                | 0.0073 / 0,0073                          |
| 4.                     | 34   | 127.1 / 127,1  | 2.53 / 2,53                                | 0.515 / 0,515                            |
| 5.                     | 40   | 130.7 / 130,7  | 3.84 / 3,84                                | 2.68 / 2,68                              |
| 6.                     | 46   | 132  | 5.42 / 5,42                                | 10.25 / 10,25                            |
| 7.                     | 52   | 134.1 / 134,1  | 6.55 / 6,55                                | 13.86 / 13,86                            |
| 8.                     | 58   | 136.9 / 136,9  | 8.22 / 8,22                                | 16.7 / 16,7                              |
| 9.                     | 64   | 137.3 / 137,3  | 8.25 / 8,25                                | 16.9 / 16,9                              |

## CONCLUSIONS

As a result of acoustic energy conversion research stage the following appreciations and points of view can be formulated:

- Surely, an approach of energetical potential of acoustic pressure theory is possible from the side of quantic mechanics elements, in this respect being needed an intrusive approach with fundamental character, employing energy cvasielements of acoustic, thermodynamics and electricity;
- The energy conversion is possible and is sustained by researches at both national and international level;
- The description of pressure waves shape is essential in order to explain phenomena of energy propagation through distinct environments;
- The mathematical analysis approach by employing bi and k valent logisc, together with developed statistical instrument and Boole algebra elements is in consensus with quantic mechanics principles, being able to explain the chance of energy conversion;
- Conversion of acoustic energy was enclosed in the group of actions to recover waste energetical potential;
- From the current assessments, we can appreciate that in terms of energy transformed values, noise is a energy with a low potential.

But there are some issues that warrant the development of research in this direction:

- continuity energetics;
- potential for recovery by adapting the conventional techniques;
- possibility that by the conversion to obtain a default effective noise mitigation.

## Aknowlegement

This work was supported by CNCSIS –UEFISCDI, project number PNII – IDEI code 2531/2008

## REFERENCES

- [1]. Billingham J., King A. C. (1999) – *Wave Motion*, Cambridge University Press, New York;
- [2]. Chamberlain G. (1991) – *Fighting noise in the car with electronics*, In Design News, vol. 63, no.19;
- [3]. Filip N. (2000) - *Noise from vehicles*, Ed. Toderco , Cluj Napoca;
- [4]. Hung-Uei Jou - *Green Noise Sound Energy*, <http://www.yankodesign.com>;
- [5]. Kuang-Sheng Hong, Huifang Xu, Hiromi Konishi and Xiaochun Li (2010) - *Direct Water Splitting Through Vibrating Piezoelectric Microfibers in Water*, \*\*\*<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jz100027t>;
- [6]. Moheimani S.O.R., Fleming A.J. (2003) – *Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping*, Springer, Londra;
- [7]. Sodano H.A, Inman D.J. (2005) - *Comparison of Piezoelectric Energy Harvesting*, Journal of Intelligent Material Systems and Structures.
- [8]. Trimble A. (2010) - *JDS Exhaust Pressure Tester*, <http://www.troublecodes.net/articles/jds/>.

## CONCLUZII

În urma derulării cercetării se pot formula următoarele puncte de vedere și aprecieri privind șansa conversiei de energie acustică, astfel:

- În mod cert, o abordare a teoriei potențialului energetic al undelor de presiune acustică este posibilă numai prin prisma elementelor de mecanică cuantică, în acest sens fiind necesară o abordare intrusivă cu caracter fundamental apelându-se la cvasielementele energetice specifice acusticii termodinamicii și electricității;
- Conversia energetică este posibilă și este susținută de cercetările derulate pe plan mondial și național până în prezent;
- Descrierea formei undelor de presiune este o activitate esențială în contextul explicitării fenomenelor ce au loc la propagarea energiei în medii cu caracteristici distincte;
- Abordarea analizei matematice prin intermediul logicii bi valente și *k* valente, împreună cu instrumentul statistic dezvoltat și elementele de algebra Boole luate în considerare sunt în consens cu principiile mecanicii cuantice și vor fi în măsură să explicitizeze șansa de conversie energetică;
- Conversia de energie acustică se încadrează în grupul de acțiuni întreprinse în vederea recuperării deșeurilor cu potențial energetic;
- Din evaluările de până în prezent, se poate aprecia că din punct de vedere al valorilor de energie transformată, zgomotul este o energie de potențial redus.

Există însă câteva aspecte care justifică dezvoltarea cercetărilor în această direcție:

- continuitatea energetică;
- potențialul de recuperare prin adaptarea tehnicilor convenționale;
- posibilitatea ca prin conversie să se obțină o atenuare fonică implicită eficientă.

## Aknowlegement

Lucrarea este finanțată de către CNCSIS –UEFISCDI, numărul proiectului PNII – IDEI cod 2531/2008

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Billingham J., King A. C. (1999) – *Mișcarea ondulatorie*, Universitatea de Jurnalism Cambridge, New York;
- [2]. Chamberlain G. (1991) – *Combaterea zgomotului în automobil cu ajutorul electronicii*, Noutăți în proiectare, vol. 63, nr. 19;
- [3]. Filip N. (2000) - *Zgomotul la autovehicule*, Ed. Toderco, Cluj Napoca;
- [4]. Hung-Uei Jou – *Zgomotul verde, energia sunetului*, <http://www.yankodesign.com>;
- [5]. Kuang-Sheng Hong, Huifang Xu, Hiromi Konishi and Xiaochun Li (2010) – *Scindarea moleculelor de apă prin vibrarea piezoelectrică a microfibrilor în apă*, \*\*\*<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jz100027t>;
- [6]. Moheimani S. O. R., Fleming A. J. (2003) – *Traductori piezoelectrice pentru controlul și amortizarea vibrațiilor*, Springer, Londra;
- [7]. Sodano H. A, Inman D. J. (2005) - *Compararea energiei piezoelectrice colectate*, Jurnalul de Sisteme și Structuri de Materiale Inteligente;
- [8]. Trimble A., (2010) - *JDS Tester pentru presiunea din evacuare*, <http://www.troublecodes.net/articles/jds/>.