

# CONSIDERAȚII HIDRAULICE ASUPRA DIMENSIONĂRII CAPTATORULUI PNEUMATIC DE ENERGIE A VALURILOR TIP COLOANĂ DE APĂ (WOC)

Constantin BONDAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institutul Național de Geologie și Geoecologie Marină (GEOECOMAR București)  
Strada Dimitrie Onciul, Nr. 23-25, RO-024053 București, România

**Abstract.** The aim of the paper is to show the creation of an algorithm, computation and modelling results regarding the hydraulic characteristics of a pneumatic wave – energy catcher. The algorithm was tested for different wave parameters specific for the Romanian coast.

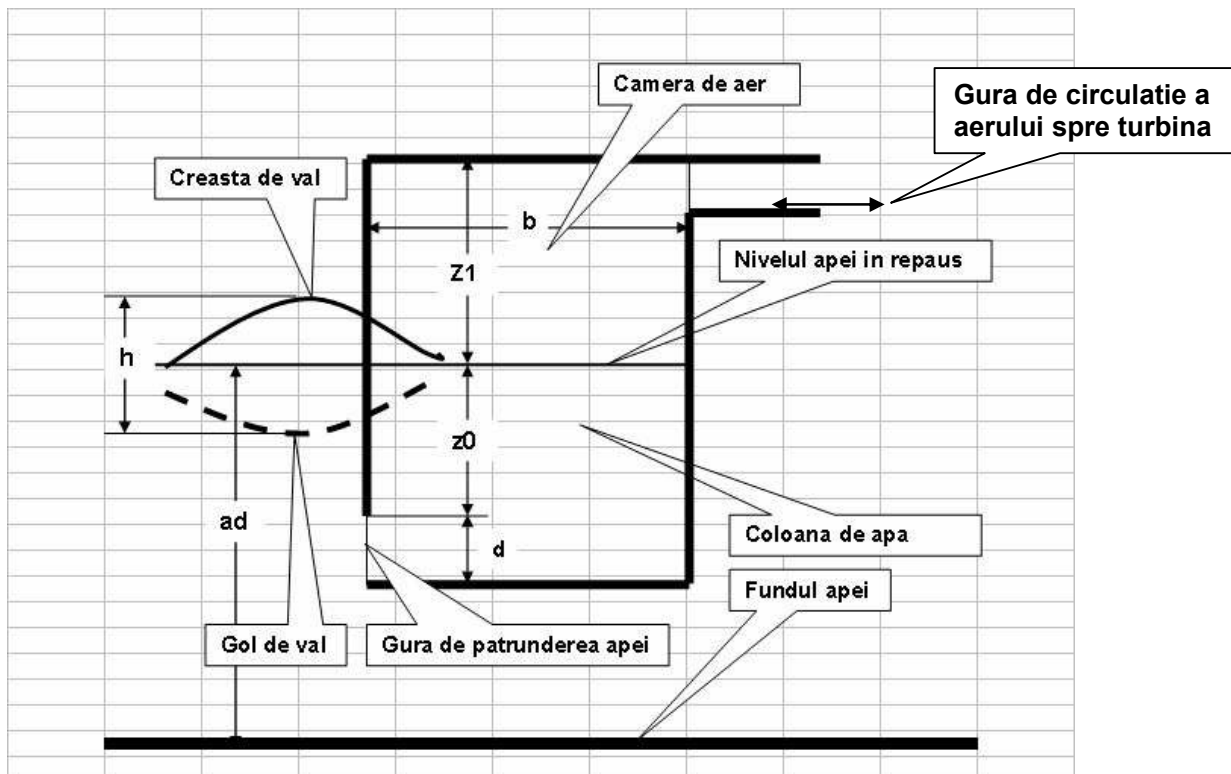
**Cuvinte cheie:** energia valurilor, captator energie, modelare, algoritmi calcul

## 1. Generalități

În principiu conceptul de captator pneumatic de energie a valurilor tip coloană de apă, înseamnă captarea energiei valurilor prin transferul ei într-o camera cu aer în care se comprimă și decompresă aer prin intermediul unui piston de apă acționat direct de valuri. Aerul comprimat și decompresat pune în mișcare o turbină cuplată la un generator electric.

În figura 1 este prezentată schița de principiu a unui asemenea captator, pe baza careia s-au făcut o serie de calcule hidraulice pentru simularea proceselor și determinarea parametrilor motori, precum debitul de aer și presiunea din camera de aer.

Fig. 1 Schița captatorului pneumatic pentru energia valurilor de tip coloana de apă (WOC).



Conform figurii 1, captatorul pneumatic de energie a valurilor, este constituit dintr-o cameră prismatică având prevăzute două deschideri, una la partea inferioară pentru pătrunderea apei sub presiunea exterioară a valurilor și alta la partea superioară pentru evacuarea și aspirarea aerului. Corpul captatorului este împărțit în două camere, separate de planul oglinzii apei în repaus.

Partea de corp situată sub nivelul apei reprezintă coloana de apă având înălțimea  $Z_0 + d$ . Coloana de apă are la partea sa inferioară gura de patrundere a apei, cu deschiderea  $d$ . Partea de corp situată deasupra nivelului apei în repaus se numește camera de aer și are înălțimea  $z_1$ . Corpul captatorului are lățimea  $b$ . Întregul corp al captatorului trebuie amplasat pe o fundație stabilă de pe fundul mării, fundație care nu a fost prezentată în figura 1.

Figura 1 permite vizualizarea proceselor care au loc în captatorul pneumatic. Acest lucru ajută la înțelegerea și apoi modelarea matematică a proceselor hidraulice care au loc în captator, în condițiile în care camera de aer este deschisă sau închisă. Procesul fundamental este legat de variația nivelurilor apei din exteriorul și interiorul captatorului, iar de acest lucru este legată și variația presiunilor și debitelor de aer comprimat și decomprimat.

În figura 1 sunt marcate în plan vertical pozițiile crestei și bazei valului (înălțimea  $h$ ). În locul amplasării captatorului adâncimea apei este  $ad$ . Caracteristicile geometrice ale celor două camere ale captatorului sunt dependente de elementele valurilor (de înălțimea  $h$  și lungimea  $l$  a valurilor).

## 2. Calculele hidraulice

Scopul calculelor hidraulice este determinarea pe de o parte a debitului de aer evacuat și aspirat din/în camera de aer sub acțiunea hidraulică a valurilor, iar pe de altă parte determinarea presiunii și subpresiunii în camera de aer în funcție de diferitele poziții ale valurilor față de captator. Calculele au fost efectuate luând ca parametri ai valurilor, valorile medii multianuale ale înălțimii reprezentative și perioadei medii ale valurilor din zona coastei românești la Marea Neagră.

Parametrii geometrici ai corpului captatorului  $ad$ ,  $h$ ,  $per$ ,  $z_0$ ,  $d$ ,  $z_1$ ,  $b$ , au fost adoptați pe baza unor criterii impuse de condițiile naturale ale regimului valurilor pe coasta românească a Mării Negre. De exemplu, adâncimea ( $ad$ ) la care trebuie amplasat captatorul ține seama de izobata la care se sparg valurile (mai la larg de aceasta).

Adâncimea coloanei de apă ( $z_0$ ) și înălțimea camerei de aer ( $z_1$ ), au fost determinate funcție de înălțimea valului reprezentativ ( $h$ ), cele două mărimi trebuind să fie mai mari decât semi-înălțimea valului.

Deschiderea gurii de intrare a apei în captator ( $d$ ), a fost determinată optim pe baza modelului matematic elaborat pentru controlul și urmărirea proceselor hidraulice din captator.

### 2.1. Principalele funcții și relații matematice utilizate în calcule.

a. Înălțimea medie a câmpului de valuri  $hm$ , definită prin relația (1),

$$hm = h / 2.05 \quad (1)$$

b. Perioada medie a câmpului de valuri per, definită prin relația (2),

$$\text{per} = 3.728 * \text{hm}^{0.554} \quad (2)$$

c. Oscilația nivelului apei provocată de valuri în exteriorul captatorului, este descrisă de funcția,

$$y = \text{hm} / 2 * \sin(2 * \pi * t / \text{per}) \quad (3)$$

în care  $\pi = 3,1416$ ,  $t$  este timpul și  $\text{per}$  este perioada medie a valului.

d. Presiunea cinetică a valului,

$$\text{pc} = \text{gama} / g * \text{cg}^2 / 2 \quad (4)$$

în care  $\text{gama}$ , este greutatea specifică a apei de mare egală cu  $1,012 \text{ t/m}^3$ ,  $g$  accelerația gravitațională egală cu  $9,81 \text{ m/s}^2$  și  $\text{cg}$  viteza de propagare a valurilor.

e. Lungimea medie a valurilor în largul mării, acolo unde valul nu “simte” fundul (la larg de adâncimea de închidere), cu adâncimi mai mari decât semilungimea valului, are expresia,

$$l_0 = g * \text{per}^2 / (2 * \pi) \quad (5)$$

f. Lungimea medie a valurilor la coastă, acolo unde valul “simte” fundul, cu adâncimi ad mai mici decât semilungimea valului, are expresia,

$$l = 2 * [(2 * g * \text{per}^2 / (2 * \pi) * \text{ad})^{0.5} - \text{ad}] \quad (6)$$

g. Viteza de propagare a valurilor  $c_0$  în largul mării, are expresia,

$$c_0 = g * \text{per} \quad (7)$$

h. Viteza de propagare a valurilor  $c_g$  la coastă, are expresia,

$$c_g = c_0 * \text{thkad} \quad (8)$$

Termenul  $\text{thkad}$  reprezintă tangenta hiperbolică de argument  $\text{kad}$ , având expresia,

$$\text{thkad} = [\exp(\text{kad}) - \exp(-\text{kad})] / [\exp(\text{kad}) + \exp(-\text{kad})] \quad (9)$$

în care  $\text{kad} = 2 * (\pi / l) * \text{ad}$ , iar  $l$  este lungimea valului în zona de coastă.

i. Puterea bruta specifică (pe unitate de front de val) a valurilor, este exprimată de funcția,

$$\text{putb} = \text{cg} * \text{espe} / 102 \quad (10)$$

în care  $\text{espe}$  este energia specifică a valurilor pe unitate de suprafață, exprimată de relația,

$$\text{espe} = \text{gama} * h^2 / 16 \quad (11)$$

j. Adâncimea de spargere a valurilor adsp la coastă este exprimată de relația,

$$\text{adsp} = h * a_0 * (l_0 / h)^{b_0} \quad (12)$$

în care parametrii  $a_0$  și  $b_0$  au valori aproximative de 0,58 și respectiv de 0,26.

### 2.1.1. Caracteristicile valurilor

Regimul multianual al valurilor, așa cum rezultă din măsurătorile semi-instrumentate și înregistrate cu aparatura automată în zona litoralului românesc al Mării Negre, are următoarele caracteristici:

- Maxima înălțimii reprezentative 8,2 m.
- Media multianuală a înălțimii reprezentative 1,03 m.
- Maxima perioadei medii 9,8 s.
- Media multianuală a perioadei medii 3,9 s.

Corelațiile dintre înălțimea reprezentativă a valurilor ( $h$ ) și celelalte elemente ale valurilor (lungimea medie  $L$  și perioada medie  $T$ ) rezultate din observații și măsurători sunt prezentate mai jos de funcțiile empirice de mai jos.

$$L = 17.735 * h^{0.7895} \quad (1)$$

$$T = 3.843 * h^{0.491} \quad (2)$$

În urma calculelor efectuate s-a dedus funcția empirică care exprimă dependența de înălțimea valului reprezentativ  $h(m)$  și de lățimea camerei coloanei de apă  $b(m)$ , a debitului de aer  $Q(m^3/s)$  la gura de intrare a aerului în turbină, a presiunii maxime din camera de aer pin  $(t/m^2)$  la gura de acces în turbină, precum și puterea brută a valurilor  $pub(kw/m)$  la întâlnirea captatorului. Parametrii respectivi sunt specifici, corespunzând unui front unitar al captatorului cu lungime de 1 m.

$$Q = - (0.0061 * b + 0.019) * h^2 + (0.1779 * b + 0.1274) * h \quad (3)$$

$$\text{Pin} = 1.099 * h^{0.213} \quad (4)$$

$$\text{Pub} = 0.397 * h^{2.575} \quad (5)$$

Se precizează că valorile medii ale elementelor valurilor dintr-un câmp de valuri, se corelează cu înălțimea reprezentativă  $h$  prin funcțiile empirice (6)-(8)

$$h_{med} = h / 2.05 \quad (6)$$

$$T = 3.843 * h_{med}^{0.491} \quad (7)$$

$$L = 31.25 * h_{med}^{0.7895} \quad (8)$$

Calcululele au fost efectuate considerând valul mediu reprezentativ pentru litoralul românesc cu următoarele mărimi:

- Media înălțimilor maxime  $h = 1,6$  m.
- Înălțimea medie a câmpului de valuri  $h_{med} = h / 2,05 = 0.78$  m

- Perioada medie a câmpului de valuri per(s) =  $5,31 \cdot h_{med}^{0.595} = 4,58$  s
- Lungimea medie a câmpului de valuri în largul mării,  $l_0 = 32,5$  m.

## 2.2. Procesul hidraulic de captare pneumatică a energiei valurilor

Procesul hidraulic constă dintr-un pompaj de aer produs de jocul vertical al coloanei de apă din captator sub acțiunea alternativă a presiunilor hidrostactice și hidrodinamice externe, generată de valuri la gura de pătrundere a apei în captator.

La apropierea valului de captator, nivelul în coloana de apă se ridică, ceea ce produce comprimarea și evacuarea aerului din camera de aer. După ce valul a trecut de captator, nivelul în coloana de apă coboară, ceea ce produce vacuum, care duce la aspirarea aerului în camera de aer.

## 2.3. Modelarea matematică a procesului hidraulic de captare pneumatică a energiei valurilor

Pentru gestionarea datelor rezultate din calculele hidraulice, au fost definite principalele variabile:

**y** - nivelul apei în exteriorul captatorului, neținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor.

**yc** - nivelul apei în exteriorul captatorului, ținând cont și de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor

**Qm** - debitul mediu de aer evacuat-aspirat în camera de aer pe durata unei semiperioade de val, neținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor.

**Qmc** - debitul mediu de aer evacuat-aspirat în camera de aer pe durata unei semiperioade de val, ținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor.

**Q** - debitul de aer evacuat-aspirat în camera de aer în timpul succesiunii valurilor, fără presiune cinetică.

**Qc** - debitul de aer evacuat-aspirat în camera de aer în timpul succesiunii valurilor cu presiune cinetică.

**z** - nivelul apei în interiorul captatorului, neținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor în condițiile camerei de aer deschisă.

**zin** - nivelul apei în interiorul captatorului, neținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor, având camera de aer închisă.

**zc** - nivelul apei în interiorul captatorului, ținând cont și de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor, având camera de aer deschisă.

**zcin** - nivelul apei în interiorul captatorului, ținând cont și de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor, având camera de aer închisă.

**pin** - presiunea interioară din camera de aer închisă, neținând cont de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor.

**pinc** - presiunea interioară din camera de aer închisă, ținând cont și de presiunea cinetică  $p_c$  a valurilor.

## 2.4. Algoritmul și programul de calcul

### 2.4.1. Algoritmul de efectuare a calculelor

Calculele au fost făcute după următorul algoritm:

- Alegerea intervalului elementar de timp ( $dt$ ) pentru urmărirea proceselor hidraulice prin integrarea numerică a ecuației cu diferențe finite privind circulația apei între exteriorul și interiorul captatorului, a fost stabilit la valoarea  $dt = 0,005$  secunde.

- b. Determinarea scării timpului pentru ilustrarea grafică a presiunilor și debitelor de aer pe întinderea de timp egală cu 2 perioade de val, s-a făcut cu relația  $nrdt = 2 * (\text{per} / dt)$ .
- c. Rezervarea memoriilor pentru stocarea datelor calculate, conținute de variabilele care controlează procesele hidraulice, a fost egal cu numărul  $nrdt$ .
- d. Prima analiza a procesului hidraulic.
  - o Determinarea variației în timp a nivelului apei din exteriorul captatorului  $y(n)$  și a nivelului apei  $z(n)$  din interiorul captatorului, neținând cont de presiunea cinetică a valurilor și cu camera de aer deschisă.
  - o Determinarea variației debitelor de aer ( $Q$ ) având camera de aer deschisă și de presiune ( $p$ ) în captator, având camera de aer închisă și neținând cont de presiunea cinetică a valurilor.
  - o Determinarea variației în timp a nivelului apei din exteriorul captatorului  $y(n)$  și a nivelului apei  $z(n)$  din interiorul captatorului, având camera de aer închisă și neținând cont de presiunea cinetică a valurilor.
  - o Determinarea variației în timp a nivelului apei din exteriorul captatorului  $y_c(n)$  și a nivelului apei  $z_c(n)$  din interiorul captatorului, având camera de aer deschisă și ținând cont de presiunea cinetică a valurilor.
  - o Determinarea variației debitelor de aer ( $Q_c$ ) având camera de aer deschisă și de presiune ( $p_c$ ) în captator, având camera de aer închisă și ținând cont de presiunea cinetică a valurilor.
  - o Determinarea variației în timp a nivelului apei din exteriorul captatorului  $y_c(n)$  și a nivelului apei  $z_{c(n)}$  din interiorul captatorului, având camera de aer închisă și ținând cont de presiunea cinetică a valurilor.

*2.4.2. Exprimarea variațiilor de nivel din exteriorul și interiorul captatorului fără presiune cinetică și cu presiune cinetică, în condițiile camerei de aer deschisă*

Variațiile de nivel exterioare captatorului sunt produse de valuri. Acestea induc variații de nivel și în interiorul captatorului. Corepondența dintre nivelurile exterioare și cele interioare este determinată prin intermediul presiunilor hidrostatice și hidrodinamice.

Presiunile hidrostatice externe și interne din planul gurii captatorului, pot fi scrise într-o primă aproximație astfel:

- a. Presiunea exterioară, neluând în considerație presiunea cinetică.

$$p_{ext} = \gamma * [ y + z_0 + d / 2 ] \quad (13)$$

care va trebui echilibrată de presiunea interioară

$$p_{int} = \gamma * (z_0 + d / 2 + z) \quad (14)$$

în care  $z$  este denivelarea apei din camera de aer deschisă.

Din acest echilibru hidrostatic rezultă expresia matematică a variației în timp a nivelului coloanei de apă din captator în condițiile camerei de aer deschise,

$$z = y \quad (15)$$

Din ecuația (15) rezultă ca variația nivelului apei din captator este sincronă cu variația nivelului apei din exterior.

Ținând cont de relațiile (3) și (4), precum și de notațiile privitoare la definirea variabilelor dată în paragraful 2.3, variațiile de niveluri au următoarele exprimări:

Pentru nivelul exterior, fără presiunea cinetică a valurilor,

$$y(n) = hm / 2 * \text{SIN}(2 * \pi * n * dt / \text{per}) \quad (16)$$

b. Presiunea exterioară, luând în considerație și presiunea cinetică a valurilor.

Presiunea cinetică a valului  $p_c$  acționează orizontal și este activă pe panta din față a valului (la venirea valului spre captator), și neactivă pe panta din spate a valului (după trecerea valului). Pe de altă parte, presiunea cinetică se distribuie neuniform în lungul pantei de înaintare a valului, având valoarea maximă în punctul situat pe linia medie a valului. Ținând cont de această distribuție verticală a presiunii cinetice, s-a adoptat ca exprimare matematică funcția,

$$p_c(n) = p_c * dy * / d_{\text{max}} \quad (17)$$

în care  $dy$  reprezintă creșteri elementare ale ordonatei profilului vertical al valului din lungul frontului de înaintare, fiind la rândul său exprimată de relația,

$$dy(n) = y(n) - y(n-1) \quad (18)$$

Fizic, acțiunea presiunii cinetice se traduce într-un plus de ordonată a valului  $dy$ , care se adaugă la ordonata  $y$  a valului de pe panta de înaintare a valului. În aceste condiții, luând în considerație presiunea cinetică, ordonata totală a valului pe panta de înaintare a valului poate fi exprimată prin funcția,

$$y_c(n) = y(n) + p_c * dy(n) / d_{\text{max}} \quad (19)$$

valabilă numai pentru domeniul  $dy > 0$ .

#### 2.4.3. Evaluarea variațiilor de nivel din interiorul captatorului fără presiune cinetică și cu presiune cinetică, în condițiile camerei de aer închise.

Pentru cunoașterea valorii maxime a presiunii din camera de aer, generată sub acțiunea variației de nivel din interiorul captatorului, se vor analiza două situații:

a. Fără luarea în considerație a presiunii cinetice.

La fel ca în cazul de la subparagraful 2.4.1, variațiile de nivel sunt evaluate prin intermediul presiunilor. În acest sens sunt utilizate două ecuații; una privind egalitatea presiunilor hidrostatice din exteriorul și interiorul captatorului și alta privind egalitatea produselor dintre presiunile și volumele de aer inițial și final din camera de aer, conform legii lui Boyle Marriot.

$$p_{at} + \gamma * y + \gamma * z_0 = p_{in} + \gamma * z_{in} + \gamma * z_0 \quad (20)$$

$$p_{at} * b * z_1 = p_{in} * (b z_1 - b \cdot z_{in}) \quad (21)$$

în care  $p_{at}$  este presiunea atmosferică egală cu  $10 \text{ t/m}^2$ .

Prin eliminarea necunoscutei  $pin$  din cele două ecuații, se ajunge la o ecuație de gradul 2 cu o necunoscută  $pin$ , expusă mai jos.

$$Zin^2 - (pat / gama + y + z1) * zin + gama * y * z1 = 0 \quad (22)$$

Din ecuația (22) rezultă expresia funcției nivelului  $zin$  sub forma,

$$zin = .5 * [-(pat / gama + y + z1) + real^{0.5}] \quad (23)$$

în care,

$$real = [(pat / gama + y + z1)^2 - 4 * gama * y * z1] \quad (24)$$

b. Când presiunea cinetică e luată în considerație.

Rămân valabile ecuațiile (20)-(24) în care ordonata  $y$  este înlocuită cu  $yc$ , iar presiunea  $pin$  este înlocuită cu  $pinc$ .

În final se scriu ecuațiile (23) și (24) sub forma,

$$zinc = .5 * [-(pat / gama + yc + z1) + real^{0.5}] \quad (25)$$

în care,

$$realc = [(pat / gama + yc + z1)^2 - 4 * gama * z1] \quad (26)$$

Astfel, funcția nivelului interior zinc este dependentă de variația exterioară a nivelului apei  $yc$  produsă de val cu luarea în considerație a presiunii cinetice  $pc$ .

#### 2.4.4. Determinarea variației în timp a debitului de aer evacuat sau aspirat din camera de aer deschisă fără presiune cinetică

$$Q(t) = b * (z(t) - z(t - 1)) / dt \quad (27)$$

luând în considerație condiția, dacă  $y < -z0$  atunci  $y = -z0$

Prin integrarea funcției (27) în limitele unei pante ascendente sau descendente de val, se obține debitul mediu de aer evacuat sau aspirat din camera de aer pe intervalul semiperioadei de val, egal cu

$$Qm = 2 * b * hm / per \quad (28)$$



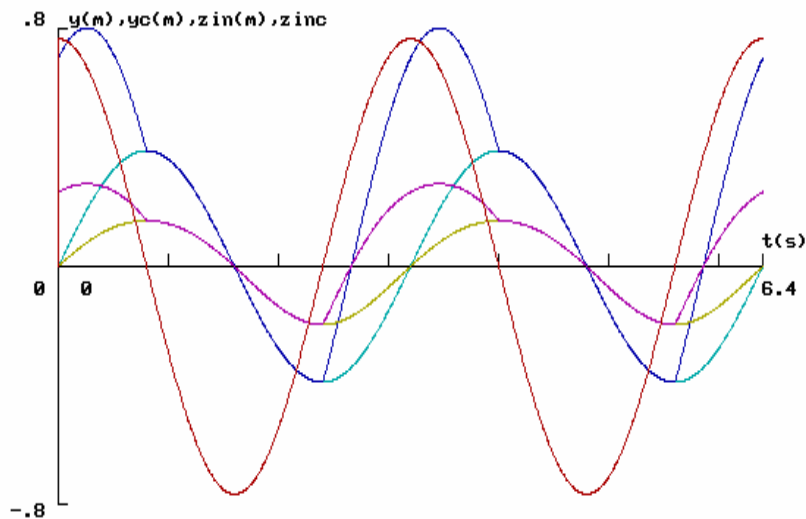


Fig. 2

**2.4.5. Calculul umplerii și golirii coloanei de apă sub influența circulației apei prin gura captatorului în condițiile neluării în considerație a presiunii cinetice**

O altă problemă pusă de hidraulica captatorului pneumatic de energia valurilor, se referă la determinarea dimensiunii minime pe care trebuie să o aibă deschiderea (d) pentru accesul apei în coloana de apă, astfel încât efectul hidromecanic de captare a energiei să fie maxim. Ținând cont de diferența dintre nivelurile exterioare și cele interioare din coloana de apă, a fost calculat schimbul de apă prin gura captatorului, utilizând o ecuație de continuitate cu diferențe finite, rezolvată numeric prin iterații.

În modelul captatorului există o gură de intrare a apei a cărei deschidere (d) ar putea limita circulația apei din mare în coloana de apă a captatorului. Acest lucru ar putea produce un defazaj între oscilațiile de nivel exterioare și cele interioare. În aceste condiții este necesar să se determine valoarea limită pe care trebuie să o aibă deschiderea respectivă, încât să fie evitat defazajul oscilațiilor de nivel. Este de aceea necesară determinarea modului de oscilație a nivelurilor exterioare și interioare, funcție de circulația apei prin gura captatorului, atât în condițiile camerei de aer deschise cât și închise. Problema a fost tratată diferențiat în următoarele 2 cazuri de bază; camera de aer deschisă, cu valori fără presiune cinetică și cu valori cu presiune cinetică.

- a. Determinarea variației în timp a nivelului apei în interiorul captatorului, neluând în considerație presiunea cinetică, având camera de aer deschisă.

Operația comportă rezolvarea numerică a ecuației cu diferențe finite a continuității volumului elementar de apă  $dv=Q \cdot dt$  care tranzitează gura captatorului și umple camera coloanei de apă cu mărimea  $b \cdot dz$ .

Astfel, ecuația de continuitate are expresia,

$$Q \cdot dt = b \cdot dz \tag{29}$$

în care,

$$Q = [2 \cdot g \cdot (y - z)]^{0.5} \cdot d \tag{30}$$

Rezulta astfel, ecuația cu diferențe finite,

$$dz = [2 * g * (y - z)]^{0.5} * d / b * dt \quad (31)$$

care se integrează numeric și din care rezultă funcția  $z(n)$ .

Rezolvarea numerică a ecuației diferențiale și determinarea altor caracteristici și parametri ai captatorului, a fost transpusă într-un program de calcul hidraulic "CAPTATOR.BAS", elaborat de C. Bondar în limbaj QuickBasic.

Pentru a vedea modul de variație al principalelor caracteristici hidraulice ale captatorului, a fost integrată ecuația diferențială (31) pentru două situații; una cu deschidere mică a gurii de intrare a apei în captator ( $d = 0.1$  m) și alta cu deschidere mai mare, utilizând ca date de intrare înălțimea valului  $h = 1.6$  m, lățimea captatorului  $b = 1$  m și lungimea frontului captatorului  $l_f = 1$  m.

Rezultatele acestei integrări au permis elaborarea a două figuri (2 și 3) care ilustrează graficele de variație pe durata a 2 valuri a nivelurilor și debitului de apă.

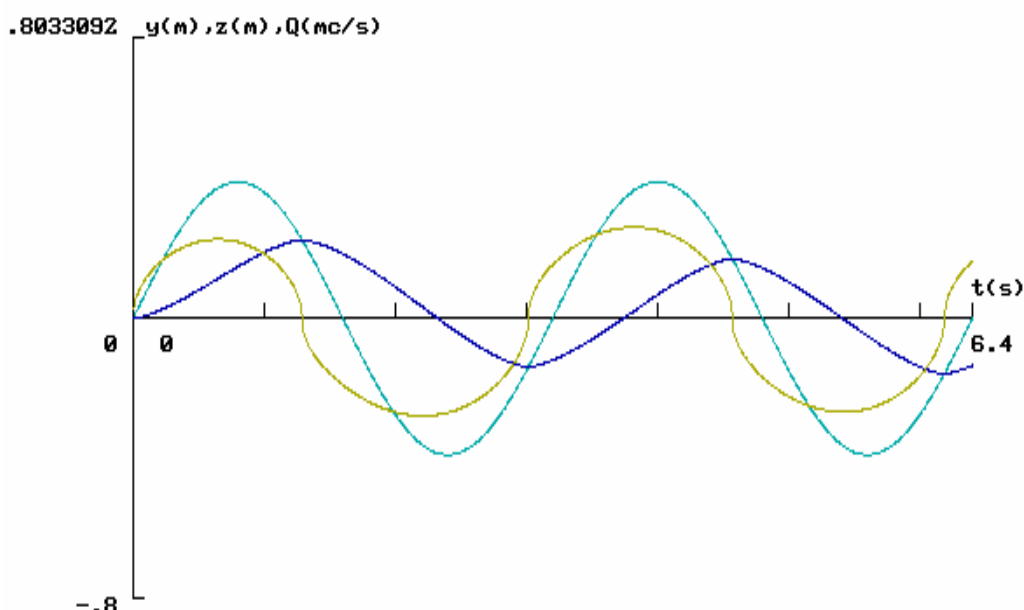


Fig. 3. Graficele de variație pe durata a 2 perioade de val ale nivelului exterior (verde) și interior (mov), inclusiv al debitului de aer (galben), în condițiile valurilor cu înălțimea  $h = 1.6$  m, a camerei de aer deschise fără presiune cinetică, într-un captator pneumatic de energia valurilor cu dimensiunile; lățimea  $b=1$  m, lungimea frontului  $l_f=1$  m, având deschiderea gurii de intrare a apei în captator de mărime mică ( $d=0.1$  m).

Din examinarea graficelor din figura 3 rezultă un nesincronism atât de fază cât și de amplitudine a variațiilor celor două niveluri, iar variația debitului de aer este determinată de variația nivelului oglinzii apei din interiorul captatorului.

De asemenea, integrarea ecuației diferențiale (31) în condițiile camerei deschise și cu valuri fără presiune cinetică, a permis prin încercări, determinarea limită a deschiderii gurii captatorului în valoare  $d \approx hm$ , pentru care nu există defazaj de oscilație între nivelul interior și cel exterior și nici diferențe între amplitudinile oscilației nivelului interior și exterior. Graficele din figura 4 redau rezultatele calculelor.

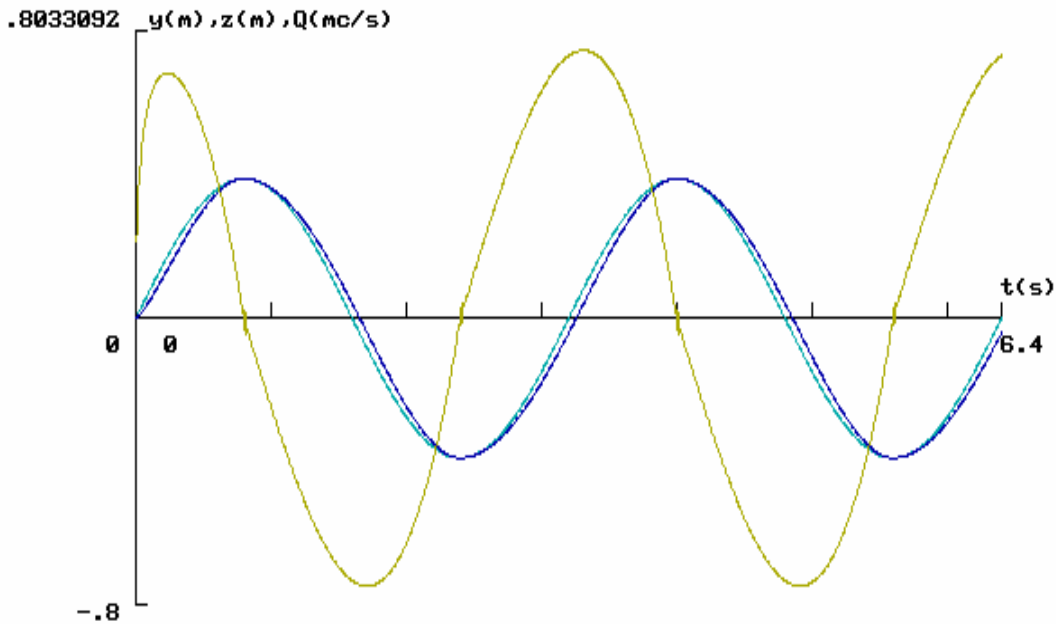


Fig. 4. Graficele de variație pe durata a 2 perioade de val ale nivelului exterior (verde) și interior (mov), inclusiv al debitului de aer (galben), în condițiile valurilor cu înălțimea  $h = 1.6$  m, a camerei de aer deschise fără presiune cinetică, într-un captator pneumatic de energie a valurilor cu dimensiunile: lățimea  $b=1$  m, lungimea frotului  $l_f=1$  m, având deschiderea gurii de intrare a apei în captator de mărime limită ( $d = 0.78$  m).

Din examinarea graficelor din figura 4 rezultă un nesincronism foarte mic, atât de fază cât și de amplitudine a variațiilor celor două niveluri, iar variația debitului de aer este la fel determinată de variația nivelului oglinzii apei din interiorul captatorului.

**Astfel, răspunsul la cât de mare trebuie să fie deschiderea gurii captatorului pentru a evita nesincronismele dintre niveluri, este  $d \geq 0.78$  m.**

b. Determinarea variației în timp a nivelului apei în interiorul captatorului, cu luarea în considerație a presiunii cinetice, având camera de aer deschisă.

Rezolvarea problemei este identică cu cea de la punctul 2.4.4.a, în care în locul variabilelor  $y$  și  $z$  din ecuațiile (29)-(31), intră în calcule variabilele  $y_c$  și  $z_c$ . S-au analizat două cazuri și anume: întâi cu deschiderea mică a gurii captatorului ( $d = 0.1$  m) și doi cu deschiderea limită a gurii captatorului ( $d = h$  m).

- Calculul umplerii și golirii coloanei de apă sub influența circulației apei prin gura captatorului în condițiile camerei de aer deschisă, luând în considerație presiunea cinetică cu mărimea deschiderii gurii captatorului mică ( $d = 0.1$  m).

Rezultatele calculelor sunt prezentate în figura 5.

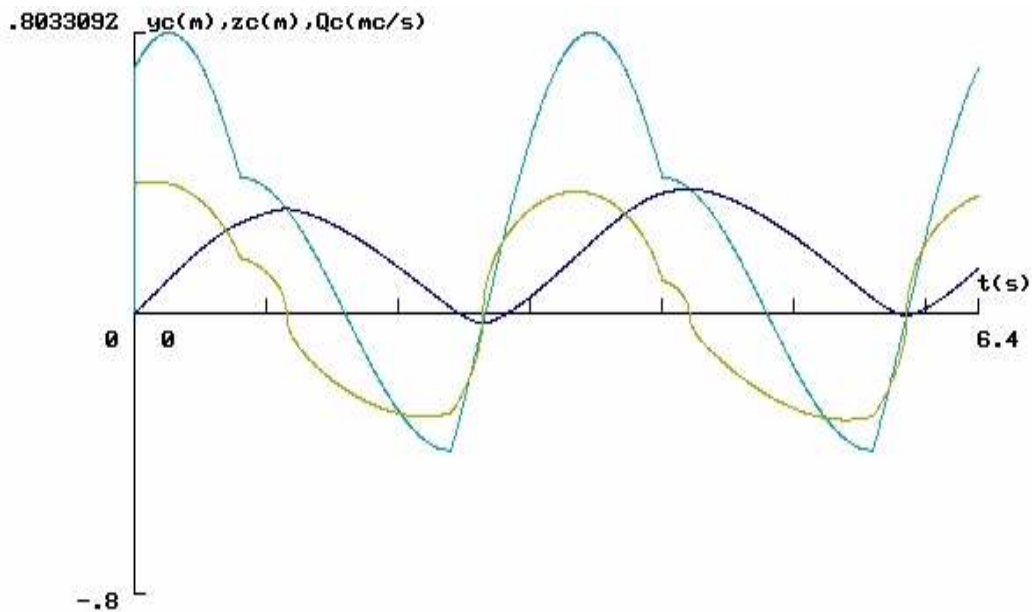


Fig. 5. Graficele de variație pe durata succesiunii a 2 valuri, a nivelului exterior (verde) și interior (albastru), precum și a debitului de aer (galben), într-un captator pneumatic de energia valurilor cu dimensiunile: lățimea  $b=1$  m, lungimea frotului  $l_f=1$  m, deschiderea gurii de acces a apei  $d=0,1$  m, cu valuri având înălțimea reprezentativă  $h=1,6$  m.

Din figura 5, rezultă următoarele observații:

- Luarea în considerație a presiunii cinetice a valului, modifică variația exterioară a nivelului apei prin creșterea sensibilă a ordonatei pozitive a valului. Deși curba de variație a nivelului exterior este continuă, ea prezintă neuniformități datorită adăugării presiunii cinetice, cu efecte perturbatoare asupra variației debitului de aer evacuat și aspirat.
- Datorită dimensiunilor mici a deschiderii gurii captatorului, se modifică forma variației interioare a nivelului apei, atât prin defasaj față de variația exterioară, cât și prin ridicare peste nivelul mediu exterior al apei. Rezultă că volumul de apă care a intrat în captator încă de la primul val, poate fi evacuat complet numai prin deschiderea mică a gurii captatorului la retragerea valului. Se observă totuși că schimbul volumelor de apă între exteriorul și interiorul captatorului prin dimensiunea mica a gurii captatorului, uniformizează variația interioară a nivelului apei.
- Variația exterioară a nivelului apei cu luarea în considerație a presiunii cinetice a valului, se repercutează corespunzător în variația și mărimea debitului de aer.
- Calculul umplerii și golirii coloanei de apă sub influența circulației apei prin gura captatorului de mărime limită ( $d = hm$ ), în condițiile camerei de aer deschisă luând în considerație presiunea cinetică.  
Rezultatele calculelor sunt prezentate în figura 6.

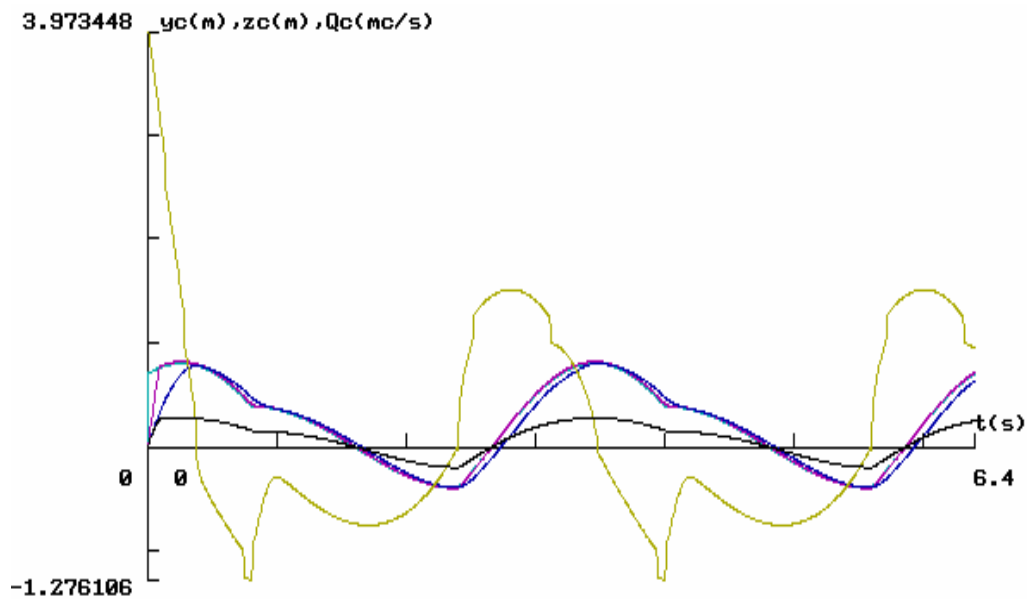


Fig. 6. Graficele de variație pe durata succesiunii a 2 valuri, a nivelului exterior (verde) și interior (mov), a nivelului interior cu camera închisă (negru), a presiunii interioare cu camera închisă (roz), precum și a debitului de aer (galben), într-un captator pneumatic de energia valurilor cu dimensiunile, lățimea  $b = 1$  m, lungimea frotului  $l_f = 1$  m, cu deschiderea gurii de acces a apei la mărime limită ( $d = h_m$ ) și cu valuri având înălțimea reprezentativă  $h = 1,6$  m.

Din figura 6, rezultă următoarele observații:

- Variația nivelului exterior captatorului prezintă aceleași caracteristici ca în figura 5.
- Datorită dimensiunii limită a deschiderii gurii captatorului, variația interioară a nivelului apei, urmărește sincron variația exterioară a nivelului apei, fără defazare. Excepție face o mică perioadă la începutul procesului, când nivelul interior crește uniform până la atingerea nivelului exterior. Rezultă că volumul de apă care a intrat în captator încă de la primul val, poate fi evacuat complet prin deschiderea mare a gurii la retragerea valului.
- Existența sincronismului în variația nivelurilor exterior și interior se repercutează direct asupra variației și creșterii sensibile a debitului de aer. Singura particularitate a variației debitului de aer în acest caz, o constituie neuniformitatea variației care ar putea produce socuri în fluxul de aer evacuat sau aspirat.
- Moduri asemănătoare de variație a nivelului și presiunii interioare, în condițiile camerei de aer închisă.

### 3. Rezultate obținute prin aplicarea algoritmului și rularea programului de calcul.

Algoritmul prezentat mai sus a fost testat în diferite condiții de valuri. Rezultatele care urmează au fost obținute în condițiile valurilor cu înălțimea medie  $h = 1,2$  m și perioada medie  $per = 4,6$  s pe un amplasament situat la adâncimea  $ad = 6$  m. Mai departe, variind dimensiunile geometrice ale captatorului;  $z_0$ ,  $d$ ,  $z_1$  și  $b$ , s-au obținut debitul de aer  $Q_m$  și presiunea maximă  $p_{maxint}$  din camera de aer a captatorului pentru fiecare caz în parte, prezentate numeric și sub formă de grafică.

#### 3.1. Cazul $z_0 = 0,2$ m; $d = 0,2$ m; $z_1 = 1$ m și $b = 1$ m.

Rezultat numeric:  $Q_m = 0,52$  m<sup>3</sup>/s;  $p_{maxint} = 0,35$  t/m<sup>2</sup>

## Rezultatele grafice.

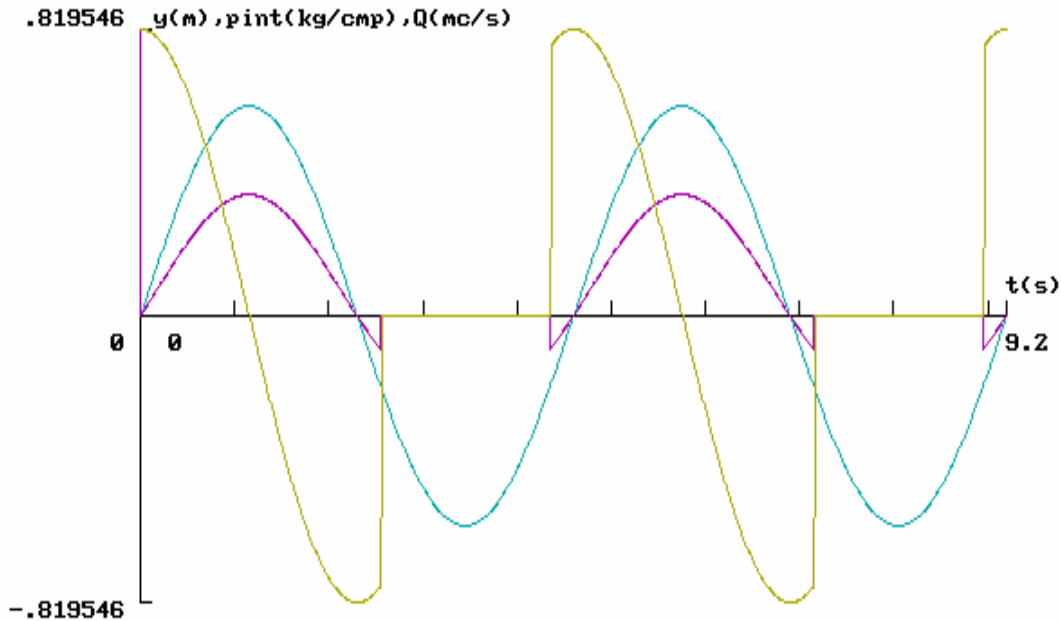
Fig. 7

Variația nivelului exterior al apei  $y$  (culoare verde) fără acțiunea presiunii cinetice.

Variația presiunii în camera de aer închisă (culoare mov).

Variația debitului de aer în camera de aer deschisă (culoare galbenă)

ad	h	per	z0	d	z1	b	Qm	pmain	dt	nrdt	putb
m	m	s	m	m	m	m	m <sup>3</sup> /s	t/mp	s	s	kw/m
6	1.2	4.6	.2	.2	1	1	0.52	0.35	.01	920	5.61



În figura 7 se distinge prin culoarea verde simetria graficului de variație a nivelului exterior al apei sub acțiunea valului, fără a ține seama și de presiunea cinetică a valului. Limitele de variație a nivelului exterior al apei sunt  $(+ h / 2)$  și  $(- h / 2)$ . Prin culoare mov este marcat graficul de variație a presiunii aerului în camera de aer închisă. Curba graficului respectiv se întrerupe și presiunea interioară devine zero pe intervalele de timp, cât nivelul exterior se situează sub cota  $z_0$  a gurii de intrare a apei în captator.

De asemenea pe aceleași intervale de timp se constată întreruperi în graficul de variație al debitului de aer reprezentat prin curba de culoare galbenă. În aceste condiții presiunea în camera de aer atinge valoarea de  $0.35 \text{ kg / cm}^2$ , iar debitul mediu de aer este de  $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Fig. 8

Variația nivelului exterior al apei  $y$  (culoare verde) fără acțiunea presiunii cinetice.

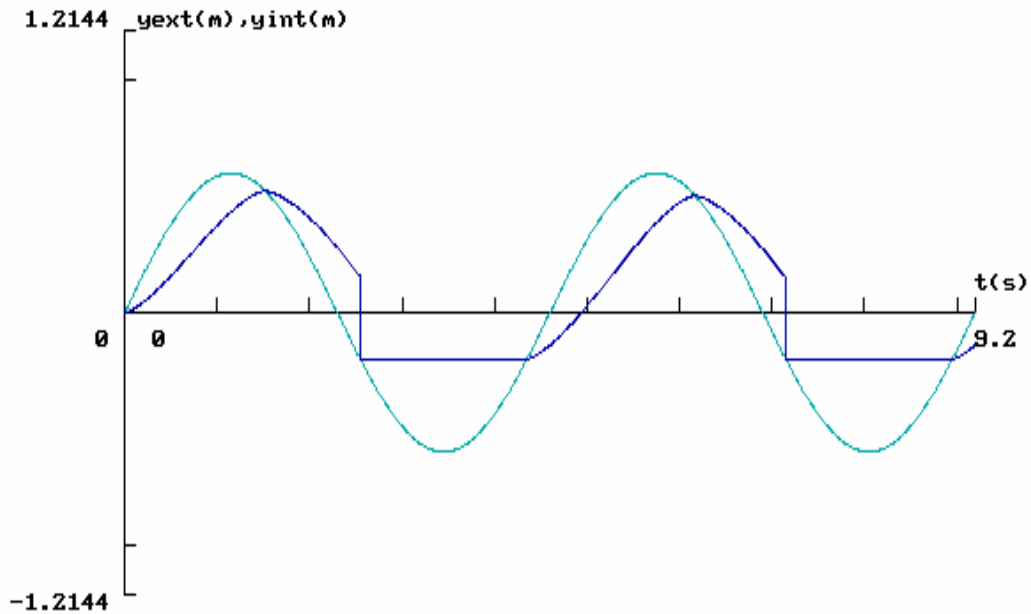
Variația nivelului al apei  $y$  (culoare albastră) în camera de aer închisă fără acțiunea presiunii cinetice.

Variația nivelului exterior al apei  $y$  (culoare verde) fără acțiunea presiunii cinetice.

Variația presiunii maxime în camera de aer închisă  $p_{\text{main}}$  (culoare mov)

Variația debitului de aer în camera de aer deschisă (culoare galbenă)

ad	h	per	z0	d	z1	b	Qm	pmain	dt	nrdt	Putb
m	m	s	m	m	m	m	m <sup>3</sup> /s	t/mp	s	s	kw/m
6	1.2	4.6	.2	.2	1	1	0.31	0.60	.01	920	5.61



### Determinarea parametrilor valurilor Mării Negre în zona litoralului românesc pentru microcentrala hidropneumatică MV – 5.

Se au în vedere următoarele caracteristici tehnice ale microcentralei:

1. Lungimea frontului de captare a energiei valurilor  $L_f = 5$  m.
2. Debitul de aer  $Q = 4,38$  m<sup>3</sup>/s.
3. Căderea de presiune între camera de aer și exterior  $\Delta P = 2500$  N / m<sup>2</sup> = 254,8 kgf / m<sup>2</sup>.
4. Puterea brută a valurilor  $P_{ub} = 11038$  kw.
5. Puterea utilă  $P_{ut} = 5000$  w.