

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00762

(22) Data de depozit: 24/11/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/03/2023 BOPi nr. 3/2023

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "CONSTANTIN  
BRÂNCUȘI" DIN TÂRGU-JIU,  
STR. TINERETULUI, NR.4, TÂRGU-JIU, GJ,  
RO

(72) Inventatori:  
• DIACONU BOGDAN MARIAN,  
STR. SLT. GRIGORE HAIDĂU, BL. 2, SC. 2,  
ET. 1, AP. 19, TÂRGU JIU, GJ, RO;  
• CRUCERU MIHAI, BD. CONSTANTIN  
BRÂNCUȘI, NR.42, BL.42, AP.9,  
TÂRGU JIU, GJ, RO;

• POPESCU LUMINIȚA GEORGETA,  
STR.23 AUGUST NR.16, TÂRGU-JIU, GJ,  
RO;  
• ANGHELESCU LUCICA,  
STR. ROMANIA MUNCITOARE NR. 6A,  
TÂRGU JIU, GJ, RO;  
• GROFU FLORIN, STR. JIULUI NR.41,  
TÂRGU-JIU, GJ, RO;  
• RACOCEANU CRISTINEL,  
STR. VICTORIEI NR. 45, BL. 45, SC. 1,  
AP. 17, TÂRGU-JIU, GJ, RO;  
• POPESCU CRISTINEL, STR.ȘTEFAN CEL  
MARE NR.56, TÂRGU-JIU, GJ, RO;  
• IONESCU MARIAN,  
STR.MIHAI SADOVEANU, NR.13,  
TÂRGU JIU, GJ, RO

(54) **SISTEM SEMI-PASIV DE PRELUARE A APORTURILOR  
RADIATIVE SOLARE INTEGRAT ÎN ÎNVELITOAREA  
ACOPERIȘURILOR ÎNCLINATE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem semi-pasiv de preluare a aporturilor radiative solare integrat în învelitoarea acoperișurilor înclinate. Sistemul, conform invenției, constă într-un recipient etanș cu o formă a secțiunii transversale aleasă încât să utilizeze cât mai eficient spațiul de sub învelitoare, dispus cu axa pe orizontală, în care sunt montate elementele de stocare a căldurii, care sunt formate din două tuburi (1 și 2) coaxiale de aluminiu, cu lungimea de 0,5-1 m între care sunt dispuse radial la unghi constant un număr de 6-10 nervuri (3) cu grosimea de 5-10 mm, nervurile (3) făcând corp comun cu cele două tuburi (1) pentru asigurarea transferului de căldură prin conducție, bidirecțional, de la un tub (1) la celălalt tub (2), și invers, iar în spațiul dintre cele două tuburi (1 și 2) coaxiale se dispun niște canale (4) de răcire, acestea sunt niște tuburi de cupru sau alamă cu diametrul de 2-5 mm, fixate prin mandrinare în două plăci (6) tubulare fixate la rândul lor în interiorul tubului (1) de aluminiu, niște plăci (6) tubulare se introduc în tubul (1) de aluminiu astfel încât fețele exterioare să fie în interiorul tubului (1) de aluminiu lăsând un spațiu de aproximativ 30 mm, ulterior introducerii și consolidării plăcilor (6) tubulare capetele libere ale tubului (1) se etanșează cu un alt set de plăci (7) și formează niște camere (5) de apă din care apa de răcire adusă printr-un racord (8) se distribuie în canalele (4) de răcire, iar în spațiul dintre tuburile coaxiale de aluminiu

se introduce un material (9) cu schimbare de fază, care poate fi orice material cu schimbare de fază compatibil cu elementul de stocare a căldurii, de exemplu materialul RT50, care trebuie introdus în stare lichidă după introducerea plăcilor tubulare, în acest sens, tubul (1) este prevăzut cu un orificiu (10) prin care se introduce materialul cu schimbare de fază la o temperatură la care acesta este în stare lichidă.

Revendicări: 2  
Figuri: 6

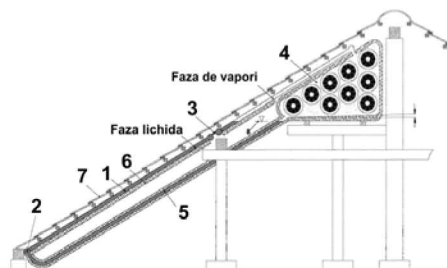


Fig. 6



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	a 2022 ee 762
Data depozit .....	24-11-2022

## DESCRIERE

Invenția denumită **Sistem semi-pasiv de preluare a aporturilor radiative solare integrat în învelitoarea acoperișurilor înclinate** are ca obiect reducerea aporturilor radiative datorate radiației solare în spațiul de sub învelitoarea acoperișurilor, limitând astfel încălzirea spațiilor de locuit.

Se cunoaște faptul că aporturile de căldură în spațiile de locuit prin învelitoarea acoperișului au o pondere semnificativă în totalul aporturilor pe timpul anotimpului călduros datorită unghiului favorabil al radiației solare incidente și datorită coeficientului mare de absorbție al radiației în domeniul 3...7 nm pentru materialele din care se confecționează uzual învelitorile comerciale. Aplicarea de izolații termice sub învelitoarea acoperișului este o metodă de limitare a aportului de căldură în interior prin aceasta însă în acest caz învelitoarea este răcită doar prin convecție și prin radiație pe lungimi de undă în domeniul infraroșu. În funcție de materialul învelitorii, de orientarea acesteia față de Soare și de zona climatică, temperatura la suprafața exterioară a învelitorii poate ajunge la 70 °C. Astfel de temperaturi nu doar că duc la aporturi termice semnificative în zona acoperișului dar au și efecte negative asupra structurii șarpantei acoperișului, în special pentru șarpante fabricate din lemn. Fabricanții de materiale pentru învelitori urmăresc durabilitatea materialelor, costul cât mai redus precum și aspecte arhitectural-estetice. Ajustarea proprietăților optice ale materialului (coeficient redus de absorbție în domeniul 3...7 nm și coeficient mare de emisie în domeniul infraroșu) este un mijloc de reducere a aportul de căldură dar este dificilă și contravine principalelor criterii avute în vedere de fabricanți, măbind prohibitiv costul materialului.

### STADIUL ACTUAL AL TEHNICII

Se cunoaște un dispozitiv pentru transportul pasiv al căldurii de la o sursă caldă la o sursă rece descris prin US 4921041 A care funcționează pe principiul vaporizării unui fluid în zona caldă a dispozitivului, condensarea vaporilor în zona rece urmată de scurgerea gravitațională a lichidului format în zona caldă și reluarea ciclului funcțional.

Se cunoaște un dispozitiv numit "placă termică" descris prin RO 128584 B1 destinat răcirii instalațiilor industriale de mare putere. Dispozitivul, conform invenției, funcționează pe principiul termosifonului bifazic și mărește valoarea echivalentă a coeficientului de conductivitate termică. Principiul transportului pasiv al căldurii pe baza diferenței de densitate dintre fazele de vapori și lichidă a fost utilizat în aplicații dintre care se pot enumera: US 2350348 – dispozitiv de transfer de căldură bazat pe vaporizarea și condensarea unui fluid, US 20050092467 A1 – un tub termic cu micro canale realizate dintr-o structură poroasă, US 6896039 B2 – dispozitiv utilizat pentru răcirea componentelor electronice funcționând pe baza principiului tubului termic.

Se cunosc sisteme pentru captarea și stocarea energiei termice de la nivelul acoperișului clădirilor în vederea utilizării pentru încălzirea spațiilor de locuit, de exemplu cele descrise prin documentele US 3996919 A și US 4111189 A.

Sistemul, conform invenției, este o combinație între termosifon și tubul termic, iar problema tehnică pe care urmărește să o rezolve invenția este încălzirea excesivă a spațiului de sub învelitoarea acoperișurilor înclinate pe timpul verii, în special la acoperișuri cu secțiuni de învelitoare expuse pentru mai multe ore pe zi radiației solare directe. În lipsa ventilării adecvate, spațiul de sub învelitoarea acoperișului atinge temperaturi ridicate contribuind la aporturile termice prin plafon în spațiul de locuit. În plus, expunerea învelitorii dar mai ales a elementelor de șarpantă la variații mari de temperatură este de natură să le reducă durata de viață. Ventilarea rezolvă foarte puțin această problemă datorită faptului că excedentul de căldură de la nivelul învelitorii este preluat doar prin convecție naturală, pentru care coeficientul de transfer de căldură este foarte redus. De fapt, rolul principal al ventilării este eliminarea vaporilor din spațiul de sub învelitoare. Izolația termică aplicată sub învelitoare

reduce fluxul termic spre spațiul de sub învelitoare dar mărește temperatura învelitorii. Izolația termică are o capacitate de stocare a căldurii redusă și în scurt timp, în lipsa evacuării prin mijloace active a căldurii din spațiul de sub învelitoare, ecartul de temperatură pe cele două fețe ale izolației termice devine neglijabil.

Sistemul, conform invenției, rezolvă această problemă, preluând căldura corespunzătoare aporturilor radiative solare la nivelul învelitorii acoperișului, stocând-o într-un mediu cu capacitate mare de acumulare de căldură și o evacuând-o din acest mediu pentru pregătirea pentru un nou ciclu. Spre deosebire de metoda izolării termice a învelitorii acoperișului, metoda propusă prin invenție are avantajul că stochează și concentrează căldura în materiale cu schimbare de fază care pot acumula cantități mari de energie termică sub formă de căldură latentă suferind o variație foarte redusă a temperaturii. Pe de altă parte, sistemul este conceput astfel încât căldura acumulată în timpul zilei este utilizată parțial pentru prepararea apei calde de consum iar excedentul este eliminat prin ventilare cu aer. Un alt avantaj semnificativ al invenției este faptul că utilizează transferul de căldură bifazic vaporizare – condensare, acumulând și eliberând căldură la temperatură constantă cu valori mari ale coeficientului de transfer de căldură, ceea ce reduce necesarul de suprafață de transfer de căldură.

Cele două componente principale ale sistemului, conform invenției, sunt (1) sistemul de preluare a căldurii de la învelitoarea acoperișului și (2) sistemul de transport și stocare a acesteia și de evacuare ulterioară.

#### 1. Sistemul de preluare a căldurii de la învelitoarea acoperișului.

Este complet pasiv și constă într-un sistem de panouri plane prevăzute cu canale orientate cu axul perpendicular pe coama acoperișului. La partea inferioară panourile sunt prevăzute cu un colector la care sunt racordate toate canalele iar la partea superioară canalele se racordează la sistemul de stocare a căldurii. Panourile se pot monta imediat sub învelitoare sau pot face parte integrantă din învelitoare.

#### 2. Sistemul de concentrare și stocare a căldurii.

Constă într-un recipient etanș cu o formă a secțiunii transversale aleasă încât să utilizeze cât mai eficient spațiul de sub învelitoare, dispus cu axa pe orizontală, în care sunt montate elementele de stocare a căldurii.

Elementele de stocare a căldurii reprezentate în **Figura 1** sunt formate din două tuburi coaxiale de aluminiu (1) respectiv (2) cu lungimea de 0,5-1 m între care sunt dispuse radial la unghi constant un număr de 6-10 nervuri (3) cu grosimea de 5-10 mm. Nervurile fac corp comun cu cele două tuburi pentru asigurarea transferului de căldură prin conducție bidirecțional (de la tubul (1) la (2) și invers). În spațiul dintre cele două tuburi coaxiale se dispun canalele de răcire (4). Acestea sunt tuburi de cupru sau alamă cu diametrul de 2-5 mm fixate prin mandrinare în două plăci tubulare (6) fixate la rândul lor în interiorul tubului de aluminiu (1). Plăcile tubulare (6) se introduc în tubul de aluminiu (1) astfel încât fețele lor exterioare să fie în interiorul tubului de aluminiu lăsând un spațiu de aproximativ 30 mm. Ulterior introducerii și consolidării plăcilor tubulare (6) capetele libere ale tubului (1) se etanșează cu un alt set de plăci (7) prevăzute cu racorduri pentru circulația apei de răcire. Spațiul dintre plăcile (6) și (7) formează camerele de apă (5) din care apa de răcire adusă prin racordul (8) se distribuie în canalele de răcire (4). În spațiul dintre tuburile coaxiale de aluminiu se introduce materialul cu schimbare de fază (9), care poate fi orice material cu schimbare de fază compatibil cu elementul de stocare a căldurii, de exemplu materialul RT50. Acesta trebuie introdus în stare lichidă după introducerea plăcilor tubulare. În acest sens, tubul (1) este prevăzut cu un orificiu (10) prin care se introduce materialul cu schimbare de fază la o temperatură la care acesta este în stare lichidă. În timpul umplerii, întreg ansamblul trebuie menținut la temperatura materialului cu schimbare de fază pentru asigurarea umplerii uniforme și complete a spațiului dintre tuburile de aluminiu. Fiecare spațiu umplut cu material

cu schimbare de fază delimitat de două nervuri adiacente (3) trebuie prevăzut cu propriul orificiu de umplere (10). După introducerea materialului cu schimbare de fază și umplerea completă a elementului de stocare a căldurii, orificiul se etanșează. Tubul interior de aluminiu (2) este prevăzut cu nervuri longitudinale (11) având lungimea aproximativ 15% din diametrul interior al tubului. Prin tubul interior (2) circulă aer introdus prin racordul (13), nervurile (11) având rolul extinderii suprafeței de transfer de căldură pe partea aerului. Pentru extinderea suprafeței de transfer de căldură pe partea vaporilor, pe suprafața tubului exterior se montează aripioare în formă de disc (12) concentrice cu tuburile cu diametrul de aproximativ 125% din diametrul tubului exterior de aluminiu distanțate unele față de altele la aproximativ 10 mm. Camerele de apă (5) sunt prevăzute cu racordurile de golire (14). Acestea se racordează în paralel la toate elementele de stocare a căldurii și au rolul de a evacua apa din elementele de stocare a căldurii pe perioadele cât sistemul nu este funcțional.

Tuburile de apă de răcire sunt dispuse ca în **Figura 2**.

Panoul de preluare a căldurii se poate fabrica standardizat pentru câteva dimensiuni tipizate. Lățimea panoului este egală cu lungimea condensatorului iar panoul este racordat la partea superioară cu condensatorul.

Modul de funcționare a elementului de stocare a căldurii este ciclic, constând în două faze funcționale respectiv stocare – descărcare:

- Faza de stocare: căldura rezultată din condensarea agentului este transmisă la materialul cu schimbare de fază prin tubul exterior de aluminiu, a cărui suprafață este extinsă prin nervuri. Nervurile care realizează legătura dintre cele două tuburi de aluminiu asigură creșterea ratei de absorbție a căldurii de către materialul cu schimbare de fază. Vaporii agentului se condensează pe tubul exterior de aluminiu și pe nervurile acestuia, lichidul scurgându-se prin orificiul de la partea inferioară a spațiului presurizat.

- Faza de descărcare: prin circulația apei de răcire prin tuburile de cupru integrate în masa materialului cu schimbare de fază se evacuează o cantitate de căldură corespunzătoare capacității maxime a sistemului extern de stocare a căldurii. La atingerea capacității maxime a sistemului extern de stocare a căldurii, printr-o automatizare specifică, răcirea cu apă se oprește și continuă pe aer. Aerul circulă prin tubul interior de aluminiu și preia căldură în principal prin nervurile radiale de legătură dintre cele două tuburi de aluminiu. Răcirea cu aer se face prin circulație forțată cu aer din mediul ambiant. Având în vedere funcționarea ciclică zi-noapte a sistemului, la momentul la care răcirea cu apă încetează datorită atingerii capacității maxime a sistemului extern de stocare, aerul din mediul ambiant este suficient de rece încât să preia căldura reziduală înmagazinată în materialul cu schimbare de fază. Rolul nervurilor de legătură dintre cele două tuburi de aluminiu este în acest caz de a prelua căldura din masa materialului cu schimbare de fază și a o transmite la tubul interior, răcit cu aer.

Funcționarea sistemului este condiționată de evacuarea căldurii înmagazinată în elementele de stocare pe durata cât nu există aporturi termice astfel încât materialul cu schimbare de fază să își cedeze căldura și să ajungă din nou în stare solidă pentru a fi capabil de reluarea ciclului funcțional.

Căldura înmagazinată în elementele de stocare poate fi utilizată de exemplu pentru prepararea apei calde menajere.

#### **Descrierea funcționării sistemului.**

Agentul ajunge la starea de saturație absorbând căldură de la învelitoarea acoperișului și se vaporizează. Vaporii formați se deplasează prin efectul de termosifon în partea superioară a sistemului – condensator intrând în contact cu elementele de stocare a căldurii. Materialul cu schimbare de fază menține temperatura la suprafața elementelor de stocare a căldurii la o valoare inferioară temperaturii de condensare. Astfel, vaporii se condensează în

contact cu partea exterioară a elementelor de stocare a căldurii cedând căldura latentă de vaporizare acestora din urmă.

Diferența de temperatură între vapori și suprafața exterioară a elementelor de stocare a căldurii se menține constantă deoarece vaporii se condensează și materialul cu schimbare de fază suferă procesul de topire. Procesul de condensare a vaporilor – topire a materialului cu schimbare de fază continuă până când acesta din urmă se topește complet. După topirea completă materialul cu schimbare de fază în stare lichidă absoarbe căldură sensibilă – cu creșterea temperaturii până când diferența de temperatură dintre vapori și suprafața elementelor de stocare a căldurii devine insuficientă pentru condensarea vaporilor. Din acest moment temperatura sistemului începe să crească și efectul de limitare a aporturilor de căldură se diminuează până la anularea completă. Prin dimensionarea corectă a volumului de material cu schimbare de fază acest regim de funcționare poate fi evitat.

Vaporii se condensează pe suprafața exterioară a elementelor de stocare a căldurii și prin curgere liberă ajung la colectorul inferior al sistemului de preluare a căldurii. Vaporizarea agentului limitează creșterea temperaturii și pe de altă parte preia cea mai mare parte a căldurii care traversează învelitoarea. Pentru asigurarea transferului de căldură de la vapori la elementele de stocare din materiale cu schimbare de fază este necesar ca temperatura de saturație a vaporilor să fie mai mare cu aproximativ 10 °C decât temperatura de topire/solidificare a materialului cu schimbare de fază. Este important ca în timpul nopții sau la atingerea capacității maxime de stocare (capacitatea maximă se atinge atunci când temperatura elementelor cu materiale cu schimbare de fază atinge temperatura de saturație a vaporilor agentului), căldura să fie evacuată pentru a pregăti sistemul de stocare pentru faza de acumulare a ciclului zilnic.

Principalele avantaje ale invenției denumită **Sistem semi-pasiv de preluare a aporturilor radiative solare integrat în învelitoarea acoperișurilor înclinate** este faptul că fazele de preluare a căldurii, transport și concentrare în modulul specializat sunt complet pasive, nu produc poluare sonoră, nu supraîncarcă excesiv structurile de rezistență specifice și nu prezintă alte riscuri construcției.

#### DESCRIEREA DESENELOR

Figura 1. Element de stocare a căldurii

Figura 2. Parametrii geometrici ai elementului de stocare a căldurii

Figura 3. Secțiune transversală prin modulul de stocare a căldurii

Figura 4. Panoul de preluare a căldurii de la învelitoare

Figura 5. Profilul canalului de circulație a fluidului

Figura 6. Instalarea sistemului de preluare și stocare a căldurii în spațiul de sub învelitoarea acoperișului și componentele acestuia

#### EXEMPLU DE REALIZARE A INVENȚIEI

Pentru exemplificarea modului de realizare a invenției denumită **Sistem semi-pasiv de preluare a aporturilor radiative solare integrat în învelitoarea acoperișurilor înclinate** se vor considera un set de valori de referință pentru următorii parametri:

Temperatura învelitorii: 80 °C

Temperatura panoului de preluare a căldurii de la învelitoare: 60 °C

Suprafața învelitorii acoperișului: gri-difuză cu factorul de emisie  $\epsilon_{invelitoare} = 0,8$

Suprafața panoului de preluare a căldurii: gri-difuză cu coeficientul de absorbție  $\epsilon_{panou} = 0,35$

Materialul cu schimbare de fază: RT50 (intervalul de temperaturi de schimbare a fazei: 45-51 °C, capacitate de stocare a căldurii în intervalul 43-58 °C: 160 kJ/kg)  
Agent frigorific: R-150a (punctul de fierbere la presiune atmosferică: 60 °C)

I. *Dimensionarea capacității sistemului de preluare a căldurii datorată aporturilor radiative*

Numărul de tuburi de răcire dintr-o secțiune delimitată de două nervuri se poate calcula cu formula:

$$n_{\text{tuburi răcire}} = \sum_{i=2}^{N_{\text{rânduri}}} \left[ \frac{(D_1 - D_2)/2 \cdot c_1}{c_2 \cdot d} \right]$$

în care:

- $c_1$  este un coeficient care ține seama de diametrele tuburilor  $D_1$  și  $D_2$ , de grosimea nervurii și de diametrul tuburilor de răcire. Valorile lui  $c_1$  se situează în intervalul 1,005-1,025. Pentru  $D_1 = 0,15 \text{ m}$ ,  $D_2 = 0,05 \text{ m}$ ,  $\delta = 0,01 \text{ m}$  și  $d = 0,005 \text{ m}$  coeficientul  $c_1$  are valoarea 1,02.
- $c_2$  este un coeficient care ține seama de densitatea radială de tuburi de răcire, depinzând în principal de diametrul exterior al tuburilor de răcire. Pentru  $d = 0,005 \text{ m}$  valoarea coeficientului  $c_2$  este 1,55.

Pentru valorile de mai sus se poate calcula numărul de tuburi de răcire pe secțiunea dintre două nervuri,  $n_{\text{tuburi răcire}} = 27$  ceea ce corespunde unui număr total de 216 tuburi. Pentru o lungime a tubului de 0,65 m și un diametru interior de 4 mm acestui număr de țevi îi corespunde o suprafață de transfer de căldură de  $1,763 \text{ m}^2/\text{element}$ . Pentru valorile diametrelor considerate aceasta corespunde unui volum disponibil pentru materialul cu schimbare de fază (volumul delimitat de tuburile coaxiale și două nervuri adiacente din care se scade volumul ocupat de tuburile de răcire) de  $0,0075 \text{ m}^3/\text{m}$  (volumul este raportat la metrul liniar de lungime de element de stocare a căldurii).

Aria suprafeței de transfer de căldură pe partea vaporilor se calcula cu formula:

$$A_{\text{vapori}} \cong \pi \left[ D_1 \left( 1 - \frac{\delta}{s} \right) + \frac{1}{4s} (D_{\text{nervura}}^2 - D_1^2) \right]$$

în care  $\delta$  este grosimea nervurii iar  $s$  este spațierea nervurilor. Pentru  $\delta = 0,5 \text{ mm}$ ,  $s = 20 \text{ mm}$ ,  $D_1 = 150 \text{ mm}$  și  $D_{\text{nervura}} = 200 \text{ mm}$  rezultă  $A_{\text{vapori}} \cong 1,14 \text{ m}^2/\text{m}$ .

Elementele de stocare a căldurii sunt dispuse într-un spațiu presurizat a cărui formă se adaptează formei acoperișului pentru utilizarea optimă a spațiului de sub învelitoare. Spațiul presurizat numit în continuare *modulul de stocare a căldurii* are rolul de condensator pentru sistemul de limitare a aporturilor termice și este racordat la canalele panourilor de captare a căldurii, primind vaporii generați de acesta.

Numărul de elemente de înmagazinare a căldurii montate în condensator se calculează în funcție de capacitatea de înmagazinare a căldurii a materialului cu schimbare de fază, care pentru RT 50 este de aproximativ 170 kJ/kg corespunzând unei variații a temperaturii de aproximativ 5 °C în jurul valorii de 50 °C, de volumul de material cu schimbare de fază conținut într-un element și de aportul termic de la învelitoare acoperișului.

Fluxul termic pe unitatea de suprafață preluat de panou se calculează cu formula:

$$\dot{q} = \sigma (T_{\text{invelitoare}}^4 - T_{\text{panou}}^4) / [1/\varepsilon_{\text{invelitoare}} + 1/\varepsilon_{\text{panou}} - 1] \cong 60 \text{ W}/\text{m}^2$$

Considerând o durată maximă zilnică de 8 ore cât secțiunea de învelitoare este expusă radiației solare rezultă o cantitate zilnică de căldură preluată de panou:

$$Q = \dot{q} \times 8 \times 3600 \cong 1,7 \text{ MJ/m}^2$$

Considerând capacitatea de stocare a materialului cu schimbare de fază (căldura latentă + căldura sensibilă corespunzând unei variații a temperaturii de  $\sim 5^\circ\text{C}$ )  $C_{MSF} \cong 170 \text{ kJ/kg}$  rezultă cantitatea necesară de material cu schimbare de fază:

$$M_{MSF} = Q/C_{MSF} \cong 10 \text{ kg/m}^2$$

Pentru o densitate a materialului cu schimbare de fază în stare lichidă de  $700 \text{ kg/m}^3$  (din fișa tehnică a produsului RT 50) rezultă un volum necesar de material cu schimbare de fază:

$$V_{MSF} = M_{MSF}/\rho_{MSF} = 0,014 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Dacă se consideră o lungime standard a secțiunii de învelitoare expusă radiației solare de 4 m măsurată de la coama acoperișului până la marginea inferioară rezultă un volum necesar de material cu schimbare de fază de  $0,014 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 4 \text{ m} = 0,056 \text{ m}^3/\text{m}$ .

Pentru  $D_1 = 0,15 \text{ m}$ ,  $D_2 = 0,05 \text{ m}$ ,  $\delta = 0,01 \text{ m}$  și  $d = 0,005 \text{ m}$  la un volum al materialului cu schimbare de fază de  $0,0075 \text{ m}^3/\text{m}$  rezultă un număr de elemente de stocare a căldurii de  $\frac{0,056}{0,0075} = 7,4 \cong 8 \text{ elemente/m}$ . Unui astfel de element de stocare a căldurii îi corespunde o capacitate de stocare de  $970 \text{ kJ/m}$ , echivalent cu capacitatea de stocare de căldură a aceluiași volum de apă pentru o variație a temperaturii de  $31^\circ\text{C}$ .

## II. Elementele dimensionale ale sistemului

Pentru un acoperiș cu panta de  $30^\circ$  elementele de stocare a căldurii se pot monta într-un modul sub forma unui recipient etanș al cărui profil se adaptează formei spațiului de sub învelitoare în care se montează, rezultând forma din **Figura 3** cu dimensiunile aproximative  $1,1 \times 0,8 \text{ m}$  (corespunzătoare exemplului de dimensionare de mai sus). Recipientul împreună cu panoul sunt montate în spațiul dintre doi căpriori din structura șarpantei. Recipientul este prevăzut cu izolația termică (1) care are rolul de a preveni eliberarea căldurii vaporilor în spațiul de sub învelitoare. Elementele de înmagazinare a căldurii (2) sunt dispuse în interiorul recipientului etanș astfel încât să utilizeze cât mai eficient aria secțiunii acestuia. Sistemul de susținere a elementelor de stocare a căldurii format din barele (3) are și rolul de rigidizare a recipientului presurizat (acesta funcționând cu depresiune). Racordul de introducere a vaporilor agentului în recipient este notat cu (4) iar cel de evacuare a lichidului este notat cu (5). Se face mențiunea că recipientul presurizat din **Figura 3** corespunde exemplului de dimensionare de mai sus din care rezultă  $8 \text{ elemente/m}$ . S-a prevăzut un element în plus față de numărul rezultat din calcul pentru rezervă și siguranță. Toate elementele de stocare a căldurii dintr-un modul sunt racordate în paralel pe partea apei de răcire cu racorduri dintr-o conductă de distribuție paralelă cu coama acoperișului. În mod similar, apa încălzită de la ieșirea din modulele de stocare este evacuată printr-o conductă colectoare. Răcirea cu apă are rolul de a readuce materialul cu schimbare de fază în stare solidă, pregătindu-l astfel pentru un nou ciclu funcțional.

Descărcarea elementelor de stocare a căldurii se poate considera completă în momentul în care temperatura apei calde evacuate scade sub  $45^\circ\text{C}$ . În situația în care întreg



volumul de apă dimensionat ajunge la temperatura de 45-47 °C se consideră că s-a atins limita maximă de descărcare cu apă de răcire și restul căldurii acumulate se evacuează prin ventilare cu aer. Pentru răcirea cu aer, tuburile interioare ale elementelor de stocare a căldurii notate cu (13) în **Figura 1** se racordează în paralel atât pe partea de intrare cât și pe cea de ieșire. Se poate utiliza tubulatură flexibilă din aluminiu fără izolație termică.

Construcția panourilor de preluare a căldurii este reprezentată în **Figura 4**. Panoul propriu-zis este format dintr-o placă de bază din tablă (1) cu grosimea de 3..5 mm care asigură rezistența mecanică a ansamblului. Canalele de circulație a fluidului (2) de răcire sunt confecționate din tablă prin ambutisare la rece. Canalele astfel prelucrate se atașează de placa de bază prin sudare sau prin alt procedeu tehnologic specific. În **Figura 4** cordonul de sudură este notat cu (3). Atât placa de bază (1) cât și canalele de circulație a fluidului (2) sunt sudate pe un colector de formă cilindrică (4), de-a lungul generatoarei acestuia.

Dimensiunile recomandate ale canalelor de circulație sunt prezentate în **Figura 5**. Acestor dimensiuni le corespunde o arie a secțiunii de curgere de  $S_{canal} = 200 \text{ mm}^2$ . Densitatea de canale se stabilește astfel încât viteza de curgere a vaporilor fluidului de răcire să fie suficient de redusă încât rezistența hidrodinamică să fie neglijabilă. Rezistența hidrodinamică a canalului de curgere a vaporilor trebuie să fie cât mai mică pentru a reduce diferența între nivelul lichidului în coloana de coborâre a termosifonului și nivelul lichidului în panoul de preluare a căldurii.

Întregul sistem se confecționează etanș față de atmosferă și este prevăzut cu racorduri pentru umplere și aerisire. Pentru a funcționa conform descrierii, temperatura de vaporizare a agentului trebuie să fie aproximativ 60 °C. Printre agenții care îndeplinesc această condiție se numără alcoolul  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  sau etanolul (63 °C la 53 kPa), etil acetat  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$  (62 °C la 61 kPa), ciclohexan  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  (62 °C la 54 kPa), benzen  $\text{C}_6\text{H}_6$  (61 °C la 54 kPa), etc. Toți acești compuși prezintă riscuri – toxicitate, inflamabilitate, efecte adverse asupra mediului ambiant, costuri mari. Din acest motiv se va utiliza apa care la presiunea de 200 kPa are punctul de vaporizare 60 °C. Utilizarea apei ca agent termic are următoarele avantaje: apa este ieftină, nu produce impact asupra mediului, are o valoare mare a căldurii latente de vaporizare.

### III. Dimensionarea numărului de canale.

La temperatura de 60 °C densitatea vaporilor saturați de apă este de  $0,13 \text{ kg/m}^3$  iar căldura latentă de vaporizare este 2358,4 kJ/kg. Considerând fluxul termic primit de la învelitoare de aproximativ  $70 \text{ W/m}^2$  va rezulta un debit masic de vapori de  $2,968 \times 10^{-5} \text{ kg/s/m}^2$ . Considerând lungimea standard a panoului 2 m rezultă un debit masic de vapori pe unitatea de lățime de panou de  $5,936 \times 10^{-5} \text{ kg/s/m}$  ceea ce este echivalent cu un debit volumic de vapori  $D_v = 4,566 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$ . Considerând viteza maximă de curgere a vaporilor 0,2 m/s rezultă numărul de canale necesare:

$$N_{canale} = \left[ \frac{D_v}{S_{canal} w} \right] = 12 \text{ canale/m}$$

Montarea sistemului în spațiul de sub învelitoare este reprezentată în **Figura 6**. Panourile de preluare a căldurii (1) se montează cât mai aproape de învelitoare (7) a acoperișului prin prindere laterală de căpriori. Colectoarele de capăt ale panourilor de preluare a căldurii se pot cupla între ele cu racordul (3) pentru a extinde suprafața acoperită de panouri. Modulul de stocare a căldurii (4) se montează la cota maximă a sistemului pe un suport prevăzut în acest scop. Panourile de preluare a căldurii (1) și coloana de coborâre (5) formează termosifonul a cărui ramură activă este reprezentată de panourile (1). Izolația termică (6) se aplică pe fața inferioară a panourilor, pe coloana de coborâre și pe modulul de stocare a căldurii. În sistemul termosifonului se introduce un volum de fluid astfel încât nivelul fazei lichide (8) să fie situat sub nivelul elementelor de stocare a căldurii de pe nivelul



inferior al modulului de stocare. Pentru asigurarea evacuării complete și continue a lichidului din modulul de stocare a căldurii partea interioară a acestuia poate fi fabricată cu un unghi de  $5^\circ$  față de orizontală, așa cum este indicat în **Figura 6**. Alternativ, unghiul de  $5^\circ$  față de orizontală se poate obține din montaj.

Introducerea apei în sistem se face după ce se evacuează aerul cu ajutorul unei pompe de vid. Deoarece regimul de funcționare a sistemului depinde de presiunea vaporilor de apă, următoarele condiții sunt esențiale pentru funcționarea sistemului așa cum este descris:

1. Realizarea unui vid cât mai înaintat înainte de introducerea apei
2. Introducerea unui volum de apă care să realizeze o presiune absolută de aproximativ 200 kPa.

## REVENDICĂRI

1. Sistem de limitare a aporturilor termice în spațiile de locuit datorate radiației solare prin învelitoarea acoperișurilor înclinate **caracterizat prin aceea că** funcționează pe principiul unui termosifon bifazic, preluând căldură prin vaporizarea unui fluid de la nivelul învelitorii acoperișului și transportând-o prin intermediul vaporilor astfel formați spre un sistem de stocare a căldurii, în care vaporii se condensează în contact cu elementele de stocare a căldurii care conțin un material cu schimbare de fază al cărui interval de temperaturi de topire/solidificare este cu aproximativ 10 °C mai redus decât temperatura de condensare a vaporilor.
2. Sistem de limitare a aporturilor termice datorate radiației solare prin învelitoarea acoperișurilor înclinate **caracterizat prin aceea că** funcționează în mod ciclic cu două faze stocare (diurn)/descărcare (nocturn) ale ciclului, în prima fază, cea de încărcare, sistemul preluând căldură de la învelitoarea acoperișului și stocând-o în elementele cu schimbare de fază iar în cea de-a doua fază, cea de descărcare, sistemul evacuând energia termică stocată în elementele cu material cu schimbare de fază spre a fi utilizată în vederea preparării de apă caldă menajeră sau spre a fi disipată în mediul ambiant pregătind astfel sistemul pentru următoarea fază de stocare.

*Handwritten mark*

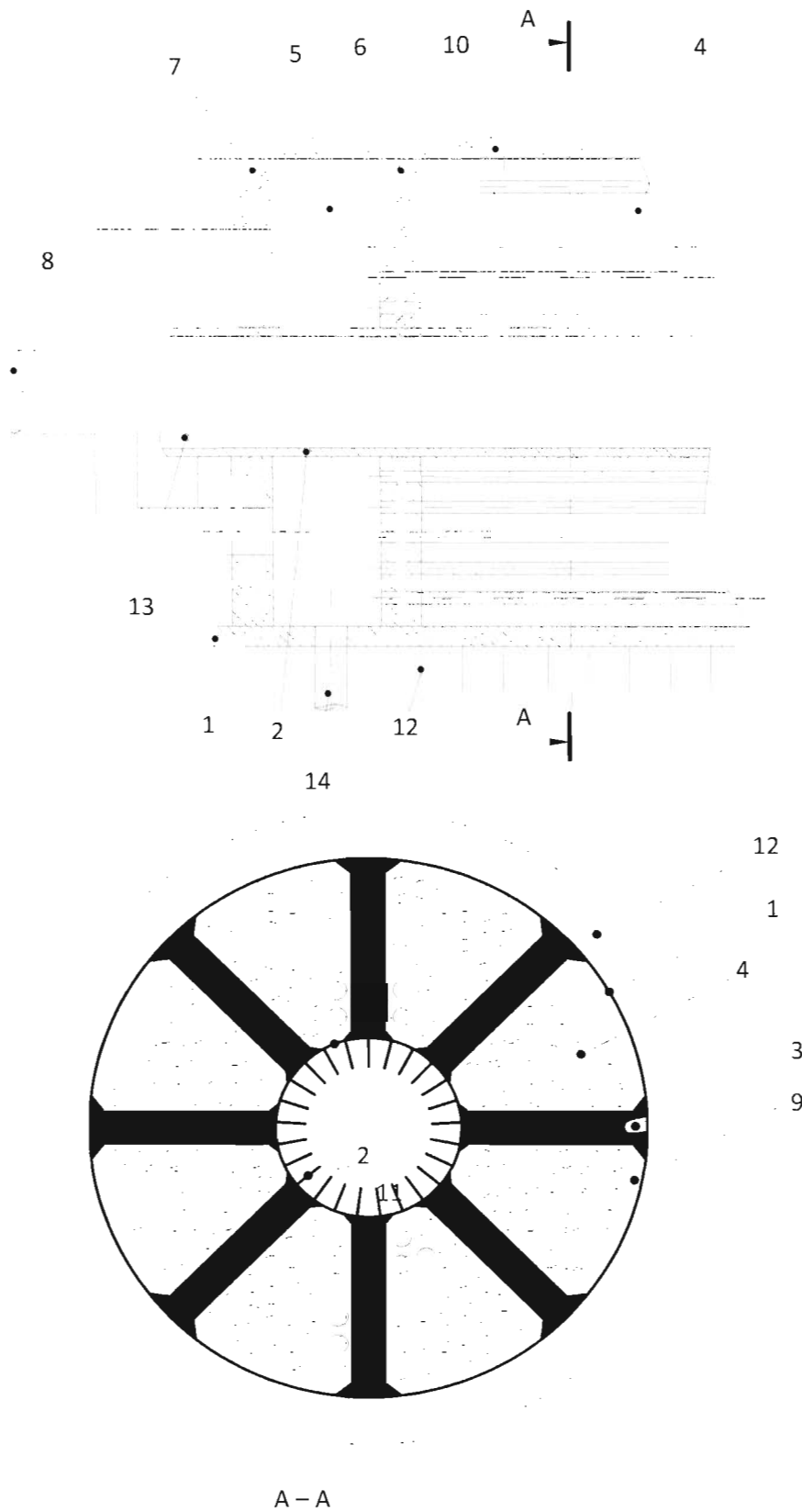


Figura 1. Element de stocare a căldurii

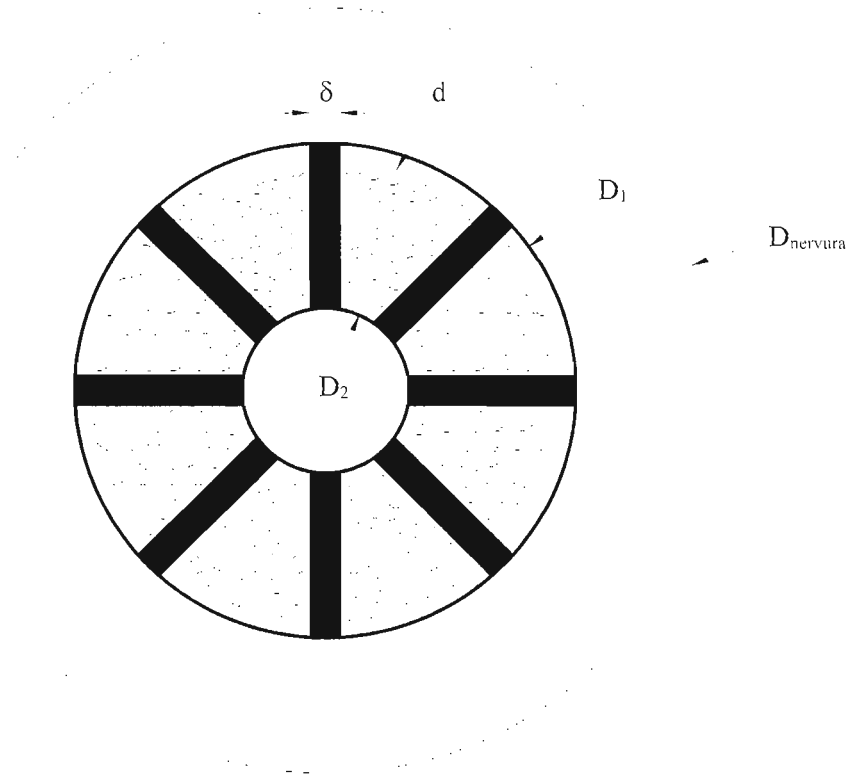


Figura 2.

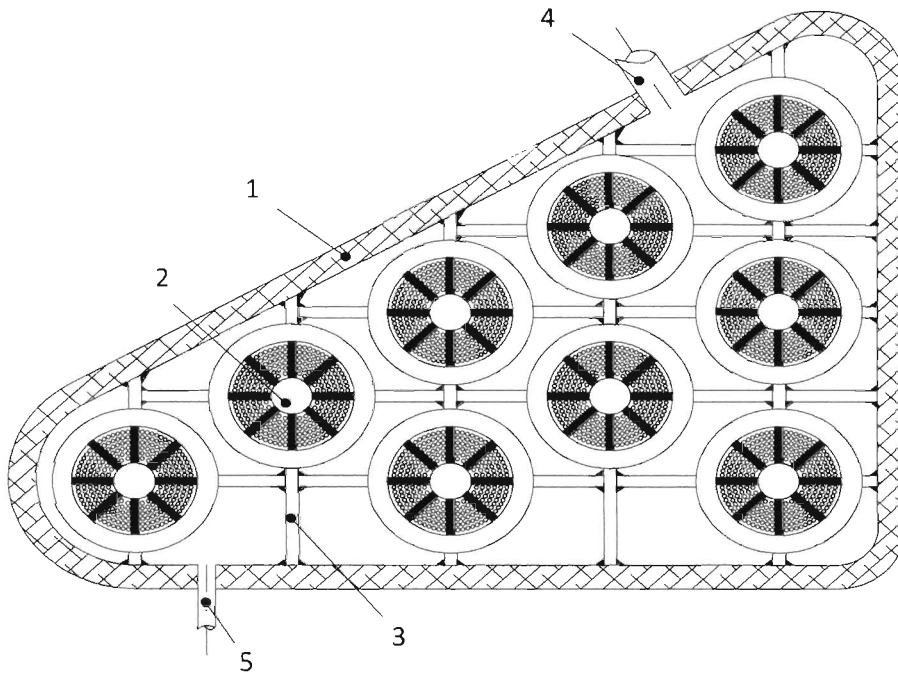


Figura 3

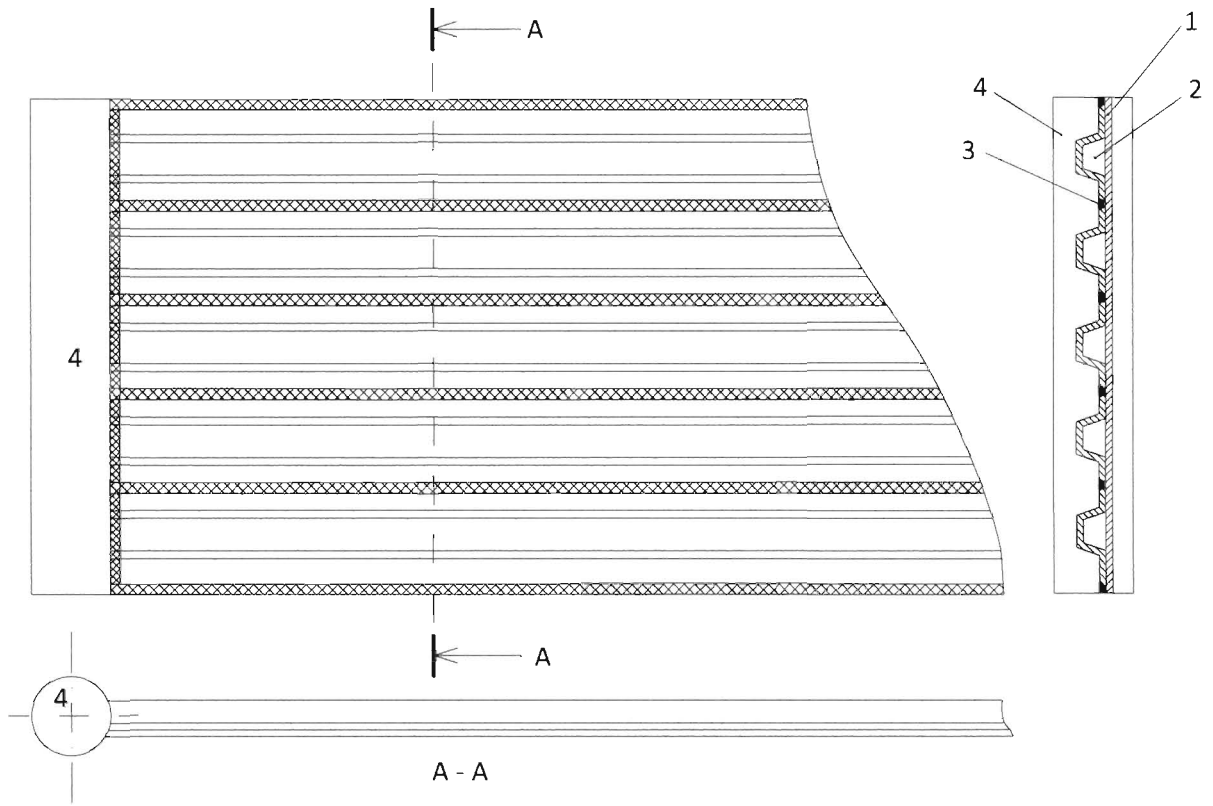


Figura 4.

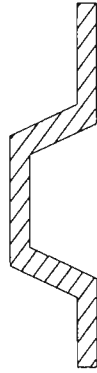


Figura 5



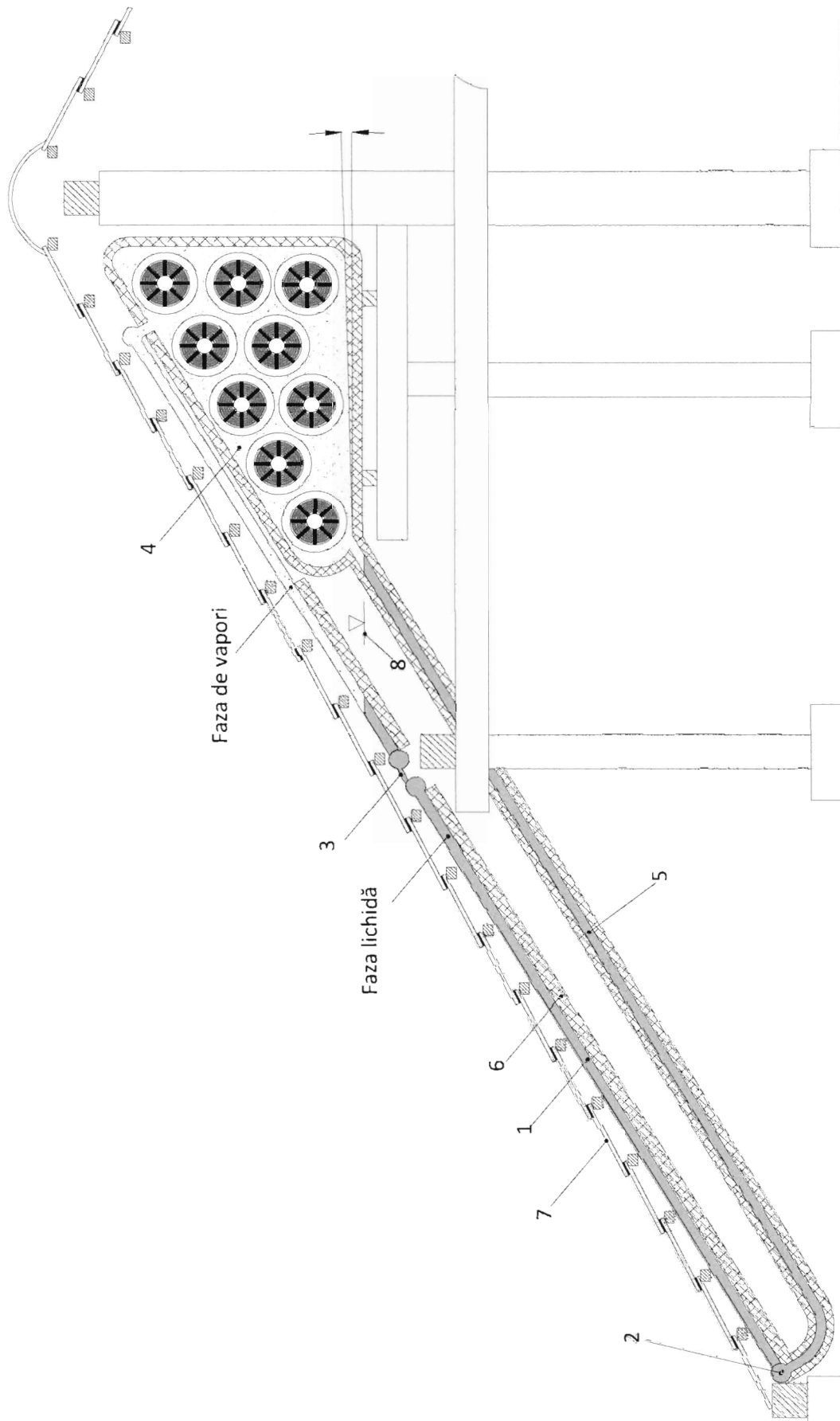


Figura 6.