

CALCULUL DE REZISTENȚĂ AL UNUI ELEMENT NAVAL CONFEȚIONAT DIN MATERIALE COMPOZITE

Alina-Georgiana LUPEA, Elena Felicia BEZNEA

Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, România

REZUMAT. Nava este o construcție specială, etanșă, capabilă să plutească și să se deplaseze pe apă într-o direcție voită, cu o viteză stabilită și cu un scop determinat: transport de mărfuri și pasageri, lucrări hidrotehnice, cercetare științifică, pescuit, agrement [3]. Planșeul este structura de rezistență formată dintr-o placă dreaptă sau curbă rezemată, întărită printr-o rețea de bare și elemente de legătură. Într-un planșeu sunt cuprinse două părți constructive: învelișul planșeului, format din table drepte sau curbe; osatura planșeului formată dintr-o rețea de bare, drepte sau curbe, încrucișate. S-a analizat un planșeu naval de 5 m x 3 m, în următoarele cazuri: a) Planșeul și nervurile din oțel și b) Planșeul din material compozit tip sandwich oțel/SANFoam103/oțel, iar nervurile din oțel, grosimea fețelor din oțel de 6 mm, iar a inimii din SANFoam cu următoarele dimensiuni: 5 mm; 10mm; 20 mm.

Cuvinte cheie: planșeu naval, structură compozită, modelare cu elemente finite.

ABSTRACT. The ship is a special, watertight construction, capable of floating and moving on water in a deliberate direction, at a set speed and with a specific purpose: transport of goods and passengers, hydrotechnical works, scientific research, fishing, recreation [3]. The floor is the resistance structure formed by a straight or curved plate supported, reinforced by a network of bars and connecting elements. A floor contains two constructive parts: the floor covering, consisting of straight or curved sheets; the frame of the floor formed by a network of bars, straight or curved, crossed. A naval floor of 5m x 3 m was analyzed in the following cases: a) Steel floor and ribs and b) Steel / SANFoam103 / steel sandwich composite floor and steel ribs, 6 mm thick steel face and SANFoam core with the following dimensions: 5 mm; 10mm; 20 mm;

Keywords: naval floor, composite structure, finite element modeling.

1. INTRODUCERE

Materialele compozite sunt sisteme de două sau mai multe componente, ale căror proprietăți se completează reciproc, rezultând un material cu proprietăți superioare celor specifice fiecărui component în parte.

Materialele compozite reprezintă unul dintre domeniile principale de cercetare în momentul actual fiind utilizate cu succes în realizarea de structuri performante în diferite ramuri ale industriei [4]. Principalele avantaje aduse de materialele compozite sunt legate de reducerea greutății pentru a reduce costurile de operare și pentru a îmbunătăți eficiența, rezistența la coroziune, amortizarea vibrațiilor, izolarea termică.

Planșeul constituie structura de rezistență, alcătuită dintr-o placă dreaptă sau curbă rezemată, întărită printr-o rețea de bare și elemente de legătură.

Planșeul este alcătuit din două părți constructive: învelișul planșeului, format din table drepte sau curbe; osatura planșeului, formată dintr-o rețea de bare, drepte sau curbe, încrucișate [2].

2. GEOMETRIA

S-a analizat un planșeu naval de 5m x 3 m, în următoarele cazuri:

- planșeul și nervurile din oțel;
- planșeul din material compozit tip sandwich oțel/SANFoam103/oțel, iar nervurile din oțel, grosimea fețelor din oțel de 6 mm, iar a inimii din SANFoam cu următoarele dimensiuni : 5 mm; 10 mm; 20 mm;

3. MATERIALELE FOLOSITE ÎN MODELARE

Oțelul:

Label	Name	Temp/BH_Cr	Value
1	EX	0	2.100000e+005
1	NUXY	0	2.800000e-001
1	MPERM_R	0	1.000000e+000
1	RK	0	8.500000e-001
2	EX	0	8.500000e+001
2	NUXY	0	3.000000e-001
2	MPERM_R	0	1.000000e+000
2	RK	0	8.500000e-001

Tabelul 1. Materialul compozit tip sandwich este SAN Foam 103 kg/m³

Proprietățile SAN Foam 103kg/m ³	Valoare	Unități de măsură
Densitate	103	kg/m ³
Elastic Izotrop		
Modulul lui Young	85	MPa
Coefficientul lui Poisson	0,3	
Modulul global	70,833	MPa
Modulul de forfecare	32,692	MPa

Tabelul 2. Cazurile analizate

Modelul	Material planșeu	Grosimea [mm]	Masa[kg]
M1	Oțel	12	1179
M2	Fata 1	Oțel	1185,4
	Inima	SAN Foam 103 kg/m ³	
	Fata 2	Oțel	
M3	Fata 1	Oțel	1191,87
	Inima	SAN Foam 103 kg/m ³	
	Fata 2	Oțel	
M4	Fata 1	Oțel	1204
	Inima	SAN Foam 103 kg/m ³	
	Fata 2	Oțel	

5. DISCRETIZAREA STRUCTURII

După construirea geometrică a modelului și specificarea materialului din care acesta este format, etapa următoare este alegerea elementelor de discretizare și discretizarea modelului.

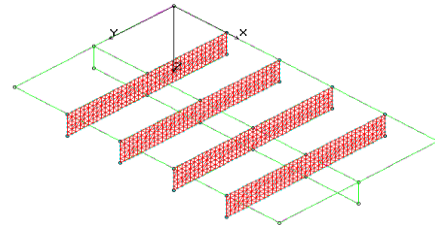


Fig. 4. Discretizarea nervurilor transversale

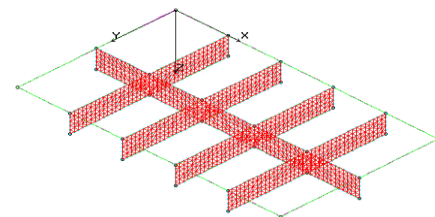


Fig. 5. Discretizarea nervurii longitudinale

4. REALIZAREA MODELULUI [1]

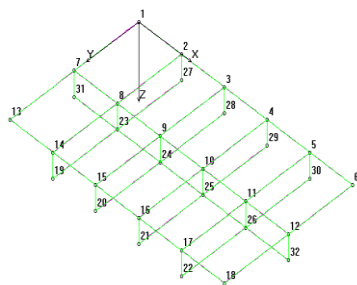


Fig. 1. Definirea punctelor.

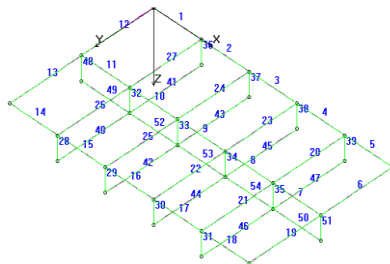


Fig. 2. Definirea curbelor.

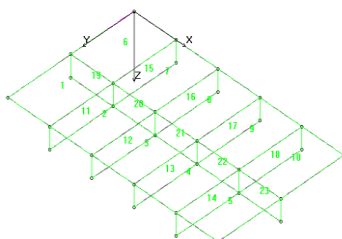


Fig. 3. Definirea suprafețelor

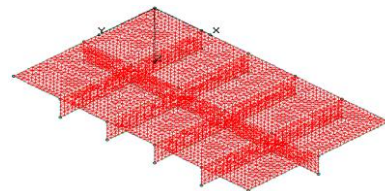


Fig. 6. Discretizarea planșeului

Fig. 7. Încărcarea planșeului cu sarcina uniform distribuită de 1N/mm²

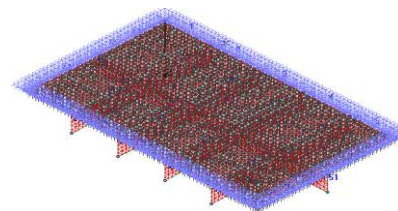


Fig. 8. Condițiile de margine

Caracteristici Model M1

```

EGLIST,1,1,1
Element Groups
Element Group : 1 ( SHELL3T ) (ACTIVE)
Op1: Unused option . . . . . = 0
Op2: Analysis:0=Reg;1=Membr;2=Shear Panel . . . . . = 0
Op3: Print:0=El Strs;1=+Nd Force;2=+Nd Strs . . . . . = 0
Op4: Stress Direction:0=Global;1=Local;2=Material . . . . . = 0
Op5: Mat Type:0=Lin;1=VM;2=VHK;3=HR;4=NLE;6=OH;6=VEH . . . . . = 0
Op6: Disp. Formulation:0=Small;1=Large . . . . . = 0
Op7: Unused option . . . . . = 0
Op8: Small/Large Strain plasticity: 0=Small;1=Large . . . . . = 0
    
```

Caracteristici Model M4

Real Constant Sets	
Real Constant Set : 1	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.200000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008
Real Constant Set : 2	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.000000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008
Real Constant Set : 3 (ACTIVE)	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.200000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008

Real Constant Sets	
Real Constant Set : 1 (ACTIVE)	
Associated Element Group : 2 (SHELL3L)	
Rc1 : Dist. from ref. plane to top surface	= 1.000000e+006
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Thickness of layer 1	= 6.000000e+000
Rc4 : Material number for layer 1	= 1
Rc5 : Material angle for layer 1	= 0.000000e+000
Rc6 : Thickness of layer 2	= 2.000000e+001
Rc7 : Material number for layer 2	= 2
Rc8 : Material angle for layer 2	= 0.000000e+000
Rc9 : Thickness of layer 3	= 6.000000e+000
Rc10 : Material number for layer 3	= 1
Rc11 : Material angle for layer 3	= 0.000000e+000
Real Constant Set : 2	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.000000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008
Real Constant Set : 3	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.200000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008

Caracteristici Model M2

Element Groups	
Element Group : 1 (SHELL3T)	
Op1 : Unused option	= 0
Op2 : Analysis:0=Reg;1=Membr;2=Shear Panel	= 0
Op3 : Print:0=El Strs;1=Nd Force;2=Nd Strs	= 0
Op4 : Stress Direction:0=Global;1=Local;2=Material	= 0
Op5 : Mat Type:0=Lin;1=VMI;2=VMK;3=MR;4=NLE;6=OH;8=VEH	= 0
Op6 : Disp. Formulation:0=Small;1=Large	= 0
Op7 : Unused option	= 0
Op8 : Small/Large Strain plasticity: 0=Small;1=Large	= 0
Element Group : 2 (SHELL3L) (ACTIVE)	
Op1 : Unused option	= 0
Op2 : Number of Layers	= 3
Op3 : Stress Dir :0=Global;1=Local;2=Mat	= 0
Op4 : Unused option	= 0
Op5 : Failure Analysis:0=LE;7=Teal Wu	= 0
Op6 : Disp. Formulation:0=Small;1=Large	= 0
Op7 : Layer flag:0=Composite;1=Sandwich	= 0
Op8 : Unused option	= 0

Real Constant Sets	
Real Constant Set : 1 (ACTIVE)	
Associated Element Group : 2 (SHELL3L)	
Rc1 : Dist. from ref. plane to top surface	= 1.000000e+006
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Thickness of layer 1	= 6.000000e+000
Rc4 : Material number for layer 1	= 1
Rc5 : Material angle for layer 1	= 0.000000e+000
Rc6 : Thickness of layer 2	= 5.000000e+000
Rc7 : Material number for layer 2	= 2
Rc8 : Material angle for layer 2	= 0.000000e+000
Rc9 : Thickness of layer 3	= 6.000000e+000
Rc10 : Material number for layer 3	= 1
Rc11 : Material angle for layer 3	= 0.000000e+000

Real Constant Sets	
Real Constant Set : 2	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.000000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008
Real Constant Set : 3 (ACTIVE)	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.200000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008

Caracteristici Model M3

Real Constant Sets	
Real Constant Set : 1 (ACTIVE)	
Associated Element Group : 2 (SHELL3L)	
Rc1 : Dist. from ref. plane to top surface	= 1.000000e+006
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Thickness of layer 1	= 6.000000e+000
Rc4 : Material number for layer 1	= 1
Rc5 : Material angle for layer 1	= 0.000000e+000
Rc6 : Thickness of layer 2	= 1.000000e+001
Rc7 : Material number for layer 2	= 2
Rc8 : Material angle for layer 2	= 0.000000e+000
Rc9 : Thickness of layer 3	= 6.000000e+000
Rc10 : Material number for layer 3	= 1
Rc11 : Material angle for layer 3	= 0.000000e+000
Real Constant Set : 2	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.000000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008
Real Constant Set : 3	
Associated Element Group : 1 (SHELL3T)	
Rc1 : Thickness	= 1.200000e+001
Rc2 : Temperature gradient	= 0.000000e+000
Rc3 : Foundation stiffness	= 0.000000e+000
Rc4 : Material angle (Beta)	= 0.000000e+000
Rc5 : Prestress value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc6 : Prestrain value (NSTAR only)	= 0.000000e+000
Rc7 : Bending-Multiplier for Membrane Analysis (NSTAR=)	1.000000e-008

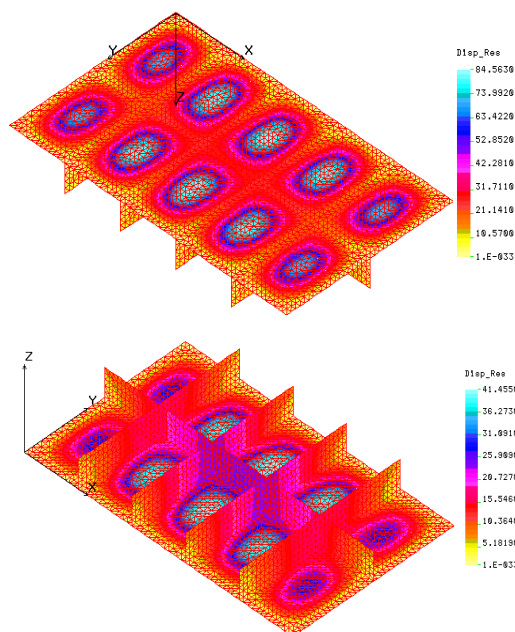


Fig. 9. Harta deplasării maxime pentru cazul M1

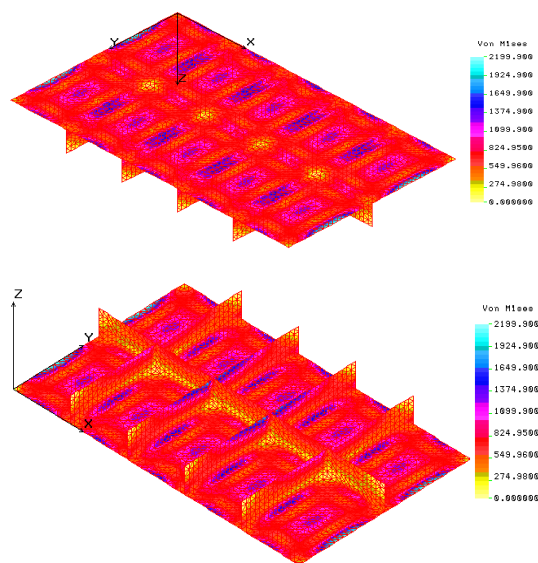


Fig. 10. Harta tensiunii maxime echivalente pentru cazul M1.

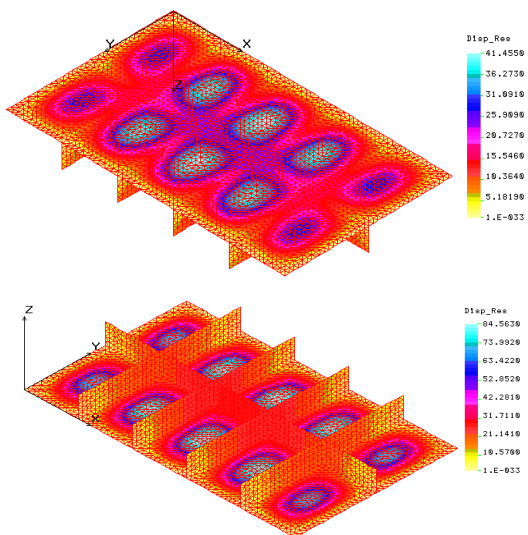


Fig. 11. Harta deplasării maxime pentru cazul M2

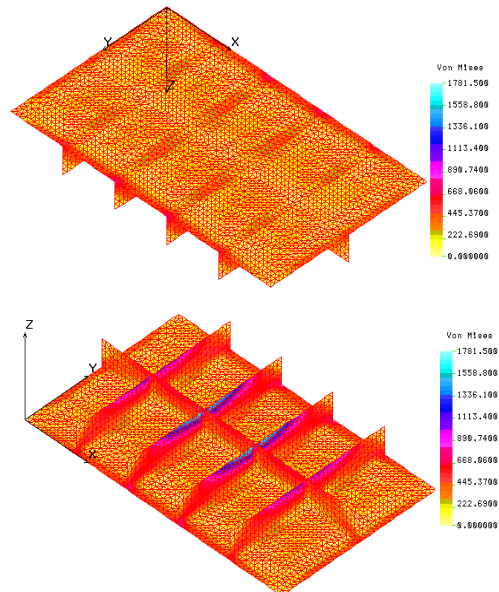


Fig. 14. Harta tensiunii maxime echivalente pentru cazul M3

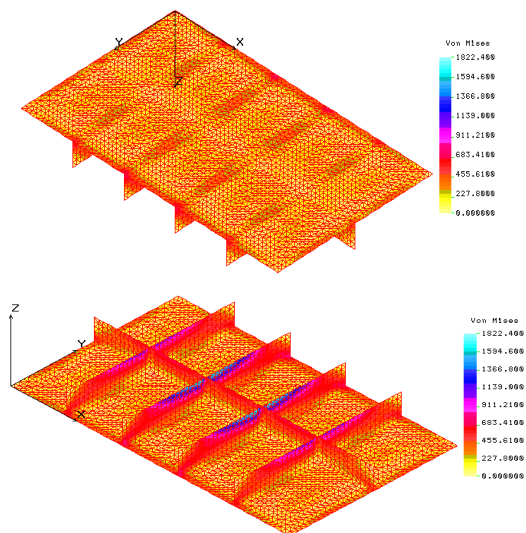


Fig. 12. Harta tensiunii maxime echivalente pentru cazul M2

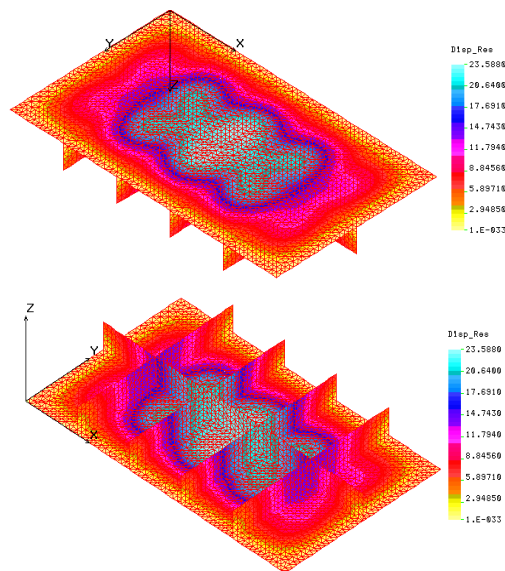


Fig. 15. Harta deplasării maxime pentru cazul M4

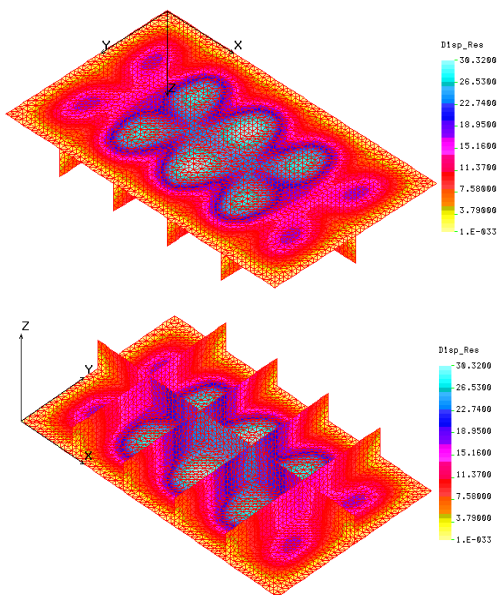


Fig. 13. Harta deplasării maxime pentru cazul M3

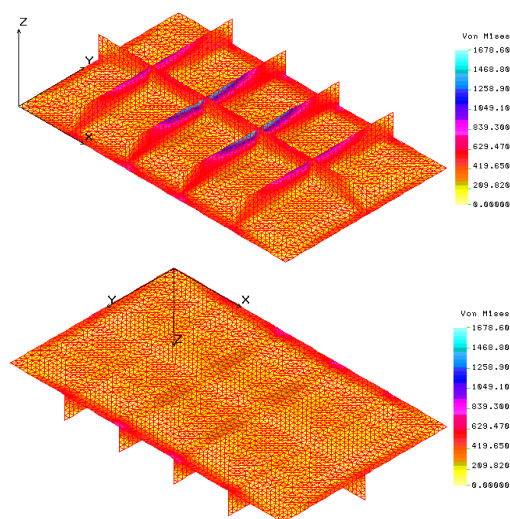


Fig. 16. Harta tensiunii maxime echivalente pentru cazul M4

6. REZULTATELE OBTINUTE ÎN URMA ANALIZEI STATICE PE MODELELE ANALIZATE

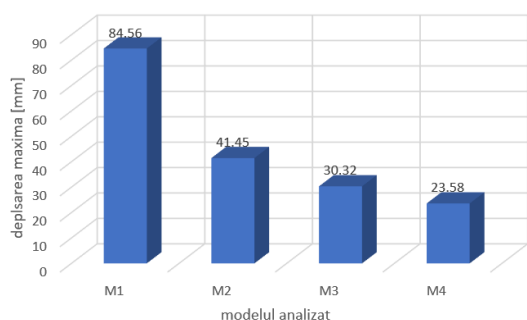


Fig. 17. Variația deplasării maxime pentru cazurile analizate

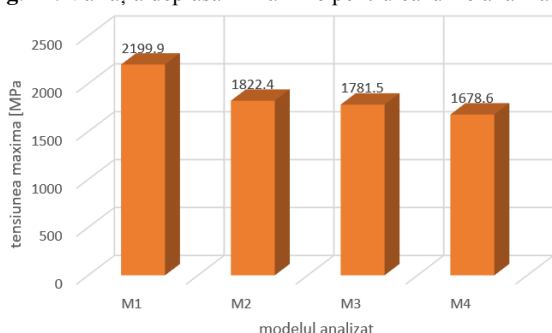


Fig. 18. Variația tensiunii echivalente maxime pentru cazurile analizate

În urma analizei statice se poate observa că săgeata maximă scade odată cu creșterea grosimii inimii.

În urma analizei statice se poate observa că valoarea tensiunii maxime scade odata cu creșterea grosimii inimii.

7. CONCLUZII

Materialele compozite pot înlocui majoritatea elementelor din construcția navei, în funcție de utilitatea acestora reducând în primul rând masa totală care conduce la o serie de avantaje precum: consum redus de combustibil, masa disponibilă pentru transportul de marfa și echipamente. Materialele compozite nu ruginesc, iar costul de întreținere este scăzut.

În cazul planșeului analizat se observă că la aproximativ aceeași greutate a planșeului, deplasarea maximă și tensiunea echivalentă scad odată cu mărirea grosimii inimii.

BILIOGRAFIE

- [1] Beznea E.F, Iacob I., *Modelări Numerice în Rezistența Materialelor*, Editura Universității „Dunărea de Jos” din Galați, ISBN 978-606-696-104-2, 2017.
- [2] Beznea E.F, Chirică, I., *Structuri compozite*, Editura Galați University Press, 253 pagini, ISBN 978-606-8008-86-8, 2010.
- [3] Bidoae, R., Ionaș, O., *Arhitectura navei*, Editura Editura Didactică și Pedagogică, București, 2005.
- [4] Chirica, I., Beznea, E.F., Chirica, R., *Plăci compozite*, Editura Fundației Universitare Dunărea de Jos, Galați, 2006.

Despre autori

Alina-Georgiana LUPEA

Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, România

În prezent, studentă la Facultatea de Inginerie din Galați din cadrul Universității “Dunărea de Jos”, specializarea Inginerie Mecanică. Membru în Departamentul de Consiliere și Orientare în Carieră din cadrul Facultății de Inginerie Galați.

Conf. dr. ing. Elena Felicia BEZNEA

Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, România

Cadru didactic la Departamentul de Inginerie Mecanică, Facultatea de Inginerie, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați. Domenii de competență: Materiale compozite și structuri mecanice Analiza comportării statice și dinamice a structurilor confecționate din materiale compozite; Rezistența Materialelor, Elasticitate și Plasticitate; Metoda Elementelor Finite. Activitate didactică și de cercetare: susține prelegeri, lucrări de laborator și seminarii la disciplinele: Structuri compozite, Elasticitate și plasticitate; lucrări de cercetare în cadrul proiectelor naționale și europene în calitate de director de proiect (1 proiect internațional, 2 proiecte naționale); distincții obținute: medalia de argint UGAL- INVENT 2017 cu lucrarea: „Stand pentru încercarea la impact a plăcilor compozite”.