

# STUDIU FEA PENTRU EVALUAREA REZISTENȚEI MECANICE A CIMENTURILOR AUTOADEZIVE UTILIZATE PENTRU RESTAURAREA INLAY-URILOR INTEGRAL CERAMICE

*FEA study for the mechanical strength evaluation of self-adhesive cements used for the restoration of integral ceramic inlays*

Drd. Dr. Ana Maria Buruiană<sup>1</sup>, Prof. Dr. Cornelia Bîcleșanu<sup>1</sup>, Prof. Dr. Iulian Vasile Antoniac<sup>2</sup>,  
Șef Lucr. Dr. Dan Ioan Stoia<sup>3</sup>, Șef Lucr. Dr. Anamaria Florescu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultatea de Medicină Dentară, Universitatea „Titu Maiorescu“, București

<sup>2</sup>Universitatea Politehnică, București

<sup>3</sup>Universitatea Politehnică, Timișoara

## REZUMAT

**Scop.** Scopul acestui studiu este de a studia rezistența adeziunii inlay-ului integral ceramic (IPS max Press-Ivoclar), în 3 situații clinice diferite, comparând în același timp și performanțele clinice a două materiale de cimentare diferite, și anume Variolink Esthetic DC – Ivoclar și Maxcem Elite – Kerr.

**Material și metodă.** Procesarea imaginilor dentare s-a realizat cu ajutorul software-ului Mimics 10, în care a fost importată colecția de imagini DICOM rezultate la scanarea CT. Scopul procesării a fost acela de a transforma colecția de imagini 2D într-un volum care să reprezinte structura unui molar integru. După reconstrucție, utilizând programul de modelare CAD SolidWorks 2013, s-au realizat operațiile geometrice specifice obținerii celor 3 tipuri de inlay-uri. Au rezultat modelele pe baza cărora s-au generat cele 3 ansamble. S-au ales 3 direcții de solicitare care, pentru consistența rezultatelor, s-au păstrat pentru toate cele 3 inlay-uri. Direcția ( $\Delta 1$ ) simulează o tracțiune normală pe inlay, direcția ( $\Delta 3$ ) simulează o solicitare de forfecare, iar direcția ( $\Delta 2$ ) o solicitare oblică, combinată. Modulele forțelor de solicitare au fost de 90 respectiv 230 N și s-au aplicat pe rând fiecărei direcții de solicitare. Analiza cu element finit s-a realizat cu software-ul FEA Ansys 13. Modelele geometrice provin din SolidWorks 2013, unde au fost asamblate și exportate apoi în format compatibil Ansys.

**Rezultate.** Ambele tipuri de ciment prezintă valori de rezistență mai ridicate decât valorile de tensiune înregistrate atât la nivelul suprafeței, cât și la interfață. Acest lucru ne indică faptul că oricare dintre cele două valori de solicitare, aplicate după oricare dintre cele 3 direcții, nu va produce ruptura niciunui dintre cele două tipuri de materiale de cimentare. Din cauza apariției tensiunilor de forfecare, în cazul inlay-ului iC, solicitarea orizontală depășește valoarea rezistenței mecanice a materialului de cimentare pentru solicitarea accidentală de 230 N, dar nici în acest caz nu se va produce ruptura.

**Concluzii.** Variolink II are proprietăți de adeziune superioare cimentului Maxcem, motiv pentru care, indiferent de configurația geometrică, direcția forței de aplicare și modulul utilizate în simulare, adeziunea realizată de cimentul Variolink are rezistența mecanică mai ridicată.

**Cuvinte cheie:** inlay integral ceramic, Variolink Esthetic DC - Ivoclar și Maxcem Elite – Kerr, element finit

## ABSTRACT

**Aim.** The purpose of this study is to evaluate the strength of the adhesion of ceramic inlays (IPS max Press-Ivoclar) in 3 different clinical situations, while comparing the clinical performance of two different luting materials (Variolink Esthetic DC - Ivoclar and Maxcem Elite – Kerr).

**Materials and methods.** The image processing was done using the Mimics 10 software. The purpose of the processing was to transform the 2D image collection into a volume representing the structure of a molar. After the reconstruction, using the SolidWorks 2013 CAD modeling program, geometric operations were performed to obtain three types of inlays.

Three directions of stress have been chosen and they have been preserved for all 3 situations: the direction ( $\Delta 1$ ) simulates a normal traction on the inlay, the direction ( $\Delta 3$ ) simulates a shear stress, and the direction ( $\Delta 2$ ) a combined oblique stress. The load forces modules were 90 and 230 N. Finite element analysis was performed with FEA Ansys 13 software.

Autor de corespondență:

Drd. Dr. Ana Maria Buruiană, Școala Doctorală de Medicină Dentară, Str. Gheorghe Petrașcu nr. 67A, sector 3, București, România  
E-mail: ana\_stoma@yahoo.com

**Results.** Both types of luting cements have higher resistance values than the values recorded at both the surface and the interface. This indicates that either of the two application rates applied in any of the three directions will not damage any of the two types of luting materials. Due to the occurrence of shear stresses, in the case of iC inlay, the horizontal stress exceeds the value of the mechanical strength of cement for the accidental stress of 230 N, but neither in this case there will be no damage.

**Conclusion.** Variolink II has better adhesion properties than Maxcem cement, which is why, regardless of the geometric configuration, the direction of the application force and the modulus used in the simulation, the adhesion of Variolink has higher mechanical strength.

**Keywords:** all integral ceramic inlays, Variolink Esthetic DC – Ivoclar și Maxcem Elite – Kerr, element finite method

## INTRODUCERE

Fixarea unui inlay utilizând cimenturile dentare convenționale implică un protocol destul de elaborat în ceea ce privește atât tratarea țesuturilor dentare dure (demineralizarea acestora), cât și condiționarea suprafeței ceramicii utilizate. Din dorința de a simplifica acest protocol, au apărut cimenturile dentare autoadezive, care au încorporat în compoziția chimică agentul de adeziune (1-3).

## MATERIAL ȘI METODĂ

### Reconstrucția și modelarea geometrică

Procesarea imaginilor dentare s-a realizat cu ajutorul software-ului Mimics 10, în care a fost importată colecția de imagini DICOM rezultate la scanarea CT. Scopul procesării a fost acela de a transforma colecția de imagini 2D într-un volum care să reprezinte structura unui molar integru.

Analiza cu element finit s-a realizat cu software-ul FEA Ansys 13. Modelele geometrice provin din SolidWorks 2013, unde au fost asamblate și exportate apoi în format compatibil Ansys.

Fixarea molarului s-a realizat prin definirea suprafețelor din zona rădăcinii ca fiind fixe. Solicitarea s-a aplicat pe întreaga suprafață exterioară pentru fiecare dintre inlay-uri pentru a evita apariția tensiunilor punctiforme la acest nivel. Direcțiile de aplicare ale forțelor au fost cele definite anterior, iar în figura 1.b) se poate observa încărcarea verticală a inlay-ului iA.

Datorită faptului că simularea numerică se va realiza în domeniul liniar elastic al materialului, proprietățile mecanice necesare unei astfel de simulări sunt modulul lui Young și coeficientul lui Poisson, parametri care s-au extras din literatura de specialitate.

Analiza cu element finit s-a realizat în scopul de a stabili starea de tensiune și deformație din toate

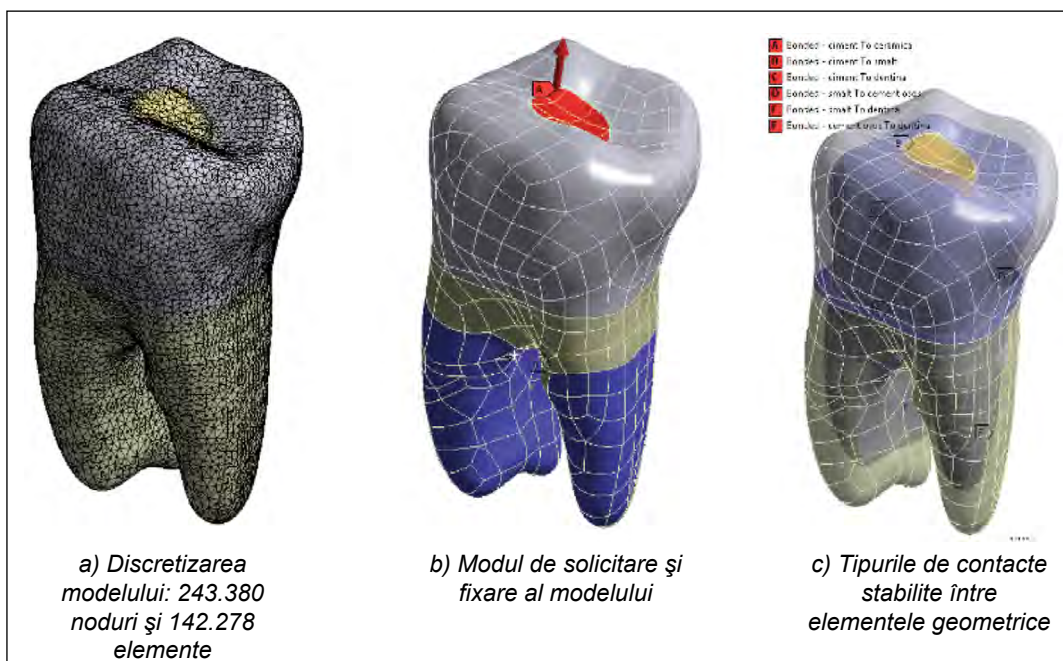


FIGURA 1. Parametrii de intrare ai analizei cu element finit

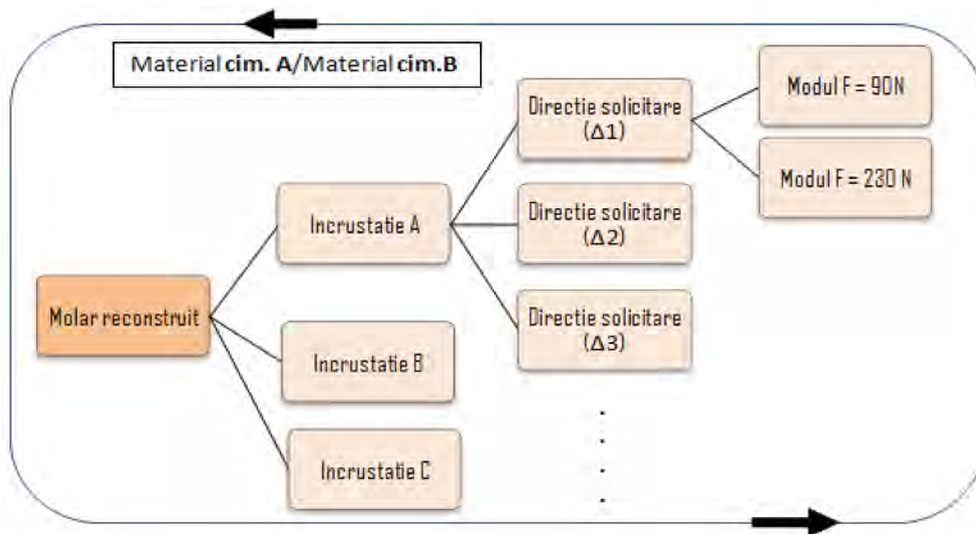


FIGURA 2. Structura analizei cu element finit

elementele geometrice ale ansamblului molar-inlay. Situațiile simulate s-au generat din 4 variabile:

- 2 variabile de material: Variolink și Maxcem;
- 3 variabile geometrice: cele 3 geometrii (iA, iB, iC) ale inlay-urilor;
- 3 variabile tip direcție: direcția verticală, orizontală și oblică a forței de încărcare;
- 2 variabile tip modul: valoarea forței de încărcare.

Tensiunile urmărite cu precădere în simulare au fost cele de la interfața materialului de cimentare – inlay, dar și de la nivelul țesutului dentar, pentru a observa modificările bruște ale tensiunilor în zonele limită ale materialelor.

În vederea realizării graficelor de variație a tensiunilor atât la interfață, cât și la suprafață, s-au stabilit două serii de puncte de control ale tensiunilor, puncte indicate în secțiunile din figura 3, pentru cazul inlay-ului iA.

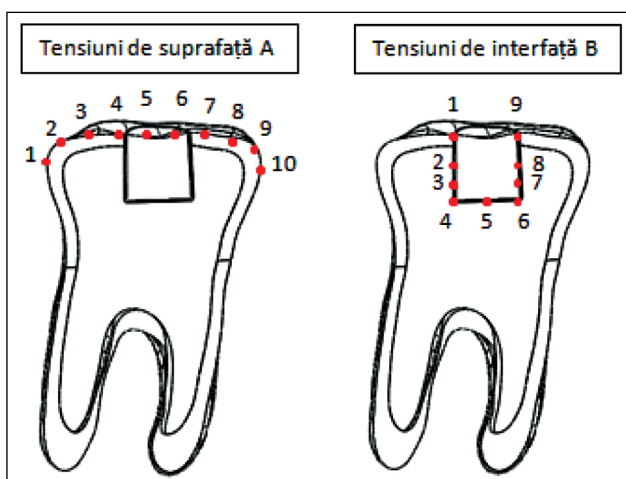


FIGURA 3. Punctele de control ale tensiunilor din suprafață A, respectiv interfață B

## REZULTATE ȘI DISCUȚII

### 1. Rezultatele modelului de inlay iA (ocluzal)

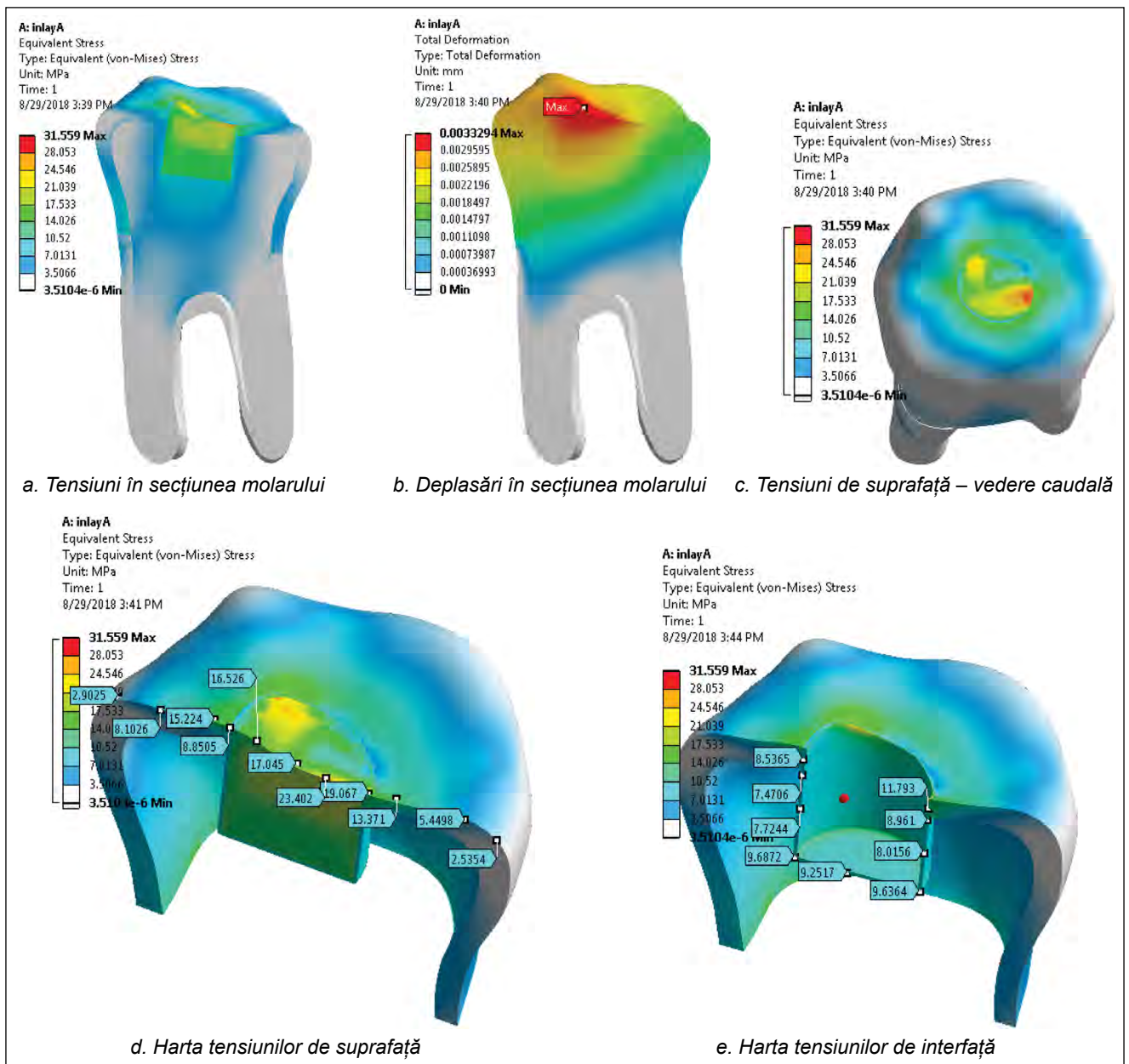
Rezultatele simulărilor numerice ale modelului de inlay iA sunt prezentate în figura 4, corespunzătoare direcțiilor de încărcare exterioară verticală. În fiecare dintre acestea se prezintă hărțile de culoare care indică distribuția tensiunilor la nivelul componentelor ansamblului. Zonele de gri și culoare albastră reprezintă zone foarte puțin solicitate, iar zonele reprezentate în culori calde sunt zone intens solicitate. Prezentarea grafică s-a realizat sub forma de secțiune longitudinală pentru a putea observa și starea de tensiune și deformare din interiorul volumelor. Toate hărțile colorate din figurile următoare s-au prezentat pentru valoarea de încărcare de 230 N, însă ridicarea graficelor de variație s-a realizat și pentru valoare de 90 N.

Deoarece, în fiecare dintre cele 3 situații ale direcțiilor de încărcare, punctul de aplicare a forței a fost pe suprafața exterioară a inlay-ului, zonele cele mai tensionate ale suprafeței dentare au fost la nivelul piesei protetice.

În cazul în care forța are o direcție simetrică față de inlay, tensiunile se distribuie uniform, circumferențial, pornind de la valori mai mari în centrul suprafeței exterioare și ajungând la valori reduse în zonele marginale (fig. 4).

Tensiunile la interfața ciment-țesut dentar sunt mai reduse decât tensiunile de suprafață, datorită modului de elasticitate mai redus al materialului de cimentare.

Din punctul de vedere al valorilor de tensiune, ele se situează sub rezistența mecanică a ambelor



**FIGURA 4.** Rezultatele simulării pentru solicitarea verticală, 230 N

tipuri de cimenturi adezive utilizate (Variolink și Maxcem) și mult sub rezistența mecanică a țesuturilor dentare. Valorile de tensiune înregistrate în punctele de control se prezintă în tabelele 1 și 2, pentru fiecare valoare a forței de încărcare. Tot aici s-au calculat mediile și deviațiile standard ale valorilor de tensiune pentru fiecare situației de încărcare. Abaterile mari în unele situații se datorează faptului că nu întotdeauna punctul de control ales a coincis cu un element finit al rețelei de discretizare. În situația de lipsă a suprapunerii acestora, s-a ales un element finit învecinat.

În figurile 5-7 sunt reprezentate variațiile de tensiune în conformitate cu punctele de control. Ace-

tea s-au trasat pentru ambele solicitări (90, respectiv 230 N). Tot aici sunt reprezentate cu linie întreruptă, respectiv linie punctată, cele două seturi de valori ale rezistenței mecanice ale celor două materiale de cimentare, la valorile prezentate în literatură (4-12).

Ambele tipuri de cimenturi prezintă valori de rezistență mai ridicate decât valorile de tensiune înregistrate atât la nivelul suprafeței, cât și la interfață. Acest lucru ne indică faptul că oricare dintre cele două valori de solicitare, aplicate după direcția verticală, nu va produce ruptura niciunui dintre cele două tipuri de adeziv (fig. 5).

**TABELUL 1. Valorile de tensiune din suprafață**

Pct. Ctrl.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	0,42	2,90	0,94	4,1	3,5	8,41	1,62	1,65	5,14	2,90
2	2,18	8,10	0,51	1,45	3,88	10,1	2,19	1,69	6,55	4,53
3	5,63	15,24	3,87	12,75	6,52	24,35	5,34	1,35	17,45	6,11
4	3,53	8,85	10,15	31,51	11,99	37,68	8,56	4,45	26,01	15,18
5	6,65	16,52	4,24	14,23	16,07	36,98	8,99	6,25	22,58	12,53
6	7,56	17,05	8,24	24,4	15,85	40,01	10,55	4,60	27,15	11,73
7	9,69	23,4	11,57	32,59	19,39	41,61	13,55	5,14	32,53	9,11
8	8,15	19,00	8,4	25,3	12,35	44,69	9,63	2,36	29,66	13,39
9	5,75	13,37	6,45	18,5	9,12	23,16	7,11	1,78	18,34	4,90
10	2,04	5,44	3,69	10,12	3,32	8,6	3,02	0,87	8,05	2,39
11	0,62	2,53	2,54	7,24	3,04	8,15	2,07	1,28	5,97	3,02

**TABELUL 2. Valorile de tensiune la interfață**

Pct. Ctrl.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	3,32	8,53	7,25	21,37	8,34	30,29	6,30	2,64	20,06	10,94
2	3,09	7,47	4,91	12,16	4,79	12,38	4,26	1,02	10,67	2,77
3	3,05	7,72	4,43	11,56	3,67	9,15	3,72	0,69	9,48	1,94
4	3,96	9,68	5,62	15,33	4,90	12,28	4,83	0,83	12,43	2,83
5	3,61	9,25	3,90	9,77	3,30	8,30	3,60	0,30	9,11	0,75
6	3,89	9,63	2,15	5,55	5,84	14,86	3,96	1,85	10,01	4,67
7	3,20	8,01	1,15	3,10	4,49	10,98	2,95	1,68	7,36	3,98
8	3,51	8,96	1,41	3,71	5,25	13,92	3,39	1,92	8,86	5,11
9	4,45	11,79	4,82	13,81	13,57	35,99	7,61	5,16	20,53	13,43

Pe de altă parte, atunci când direcția forței se modifică în sensul orizontalizării ei, modul de distribuție al tensiunilor se schimbă. În figurile 6 și 7 se pot observa atât valori de tensiune care punctual depășesc valorile de rezistență ale materialelor de cimentare, dar și un mod de distribuție diferit. Acest lucru se datorează nesimetriei solicitării în raport cu geometria molarului. Se observă că depășiri ale limitelor de rezistență mecanică se înregistrează doar în cazul în care solicitarea are o valoare de natură accidentală (230 N), nu și în cazul încărcării fiziologice rezultate din procesul mecanic de masticție.

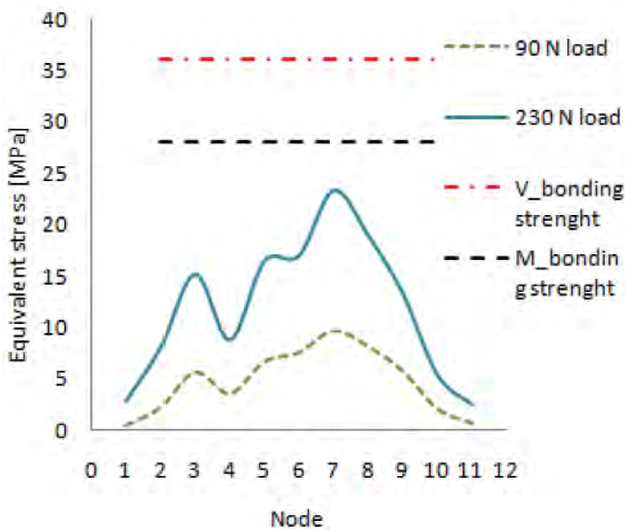
## 2. Rezultatele modelului de inlay iB (mezio-ocluzo-distal)

În cazul celui de-al doilea inlay, simulările au decurs în aceleași condiții și cu aceleași proprietăți

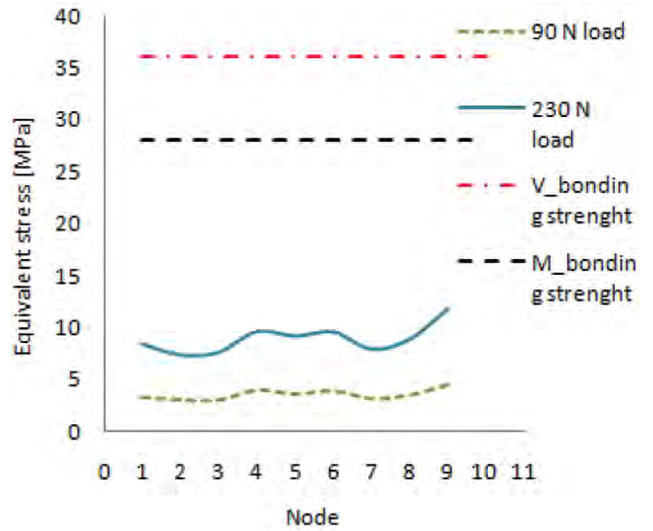
ale materialelor ca și în primul caz. Pentru consistența rezultatelor, hărțile de culoare au fost prezentate în același mod și, de asemenea, și secțiunile de reprezentare, respectiv vederile de sus ale molarului.

Datorită faptului că modelul de inlay iB este de dimensiuni mai mari decât modelul iA, este de așteptat ca tensiunile care apar în materialul de cimentare, respectiv la interfața cu țesutul biologic, să fie mai reduse ca valoare. Modul lor de distribuție va depinde și de această dată de simetria geometriei, respectiv de simetria direcției de încărcare față de geometrie.

În figurile 8-10 s-au prezentat rezultatele simulării după cele 3 direcții de solicitare. Se poate observa că, la solicitarea verticală, din condiții de simetrie, distribuția tensiunilor este una relativ uniformă, pe când la direcția oblică molarul se

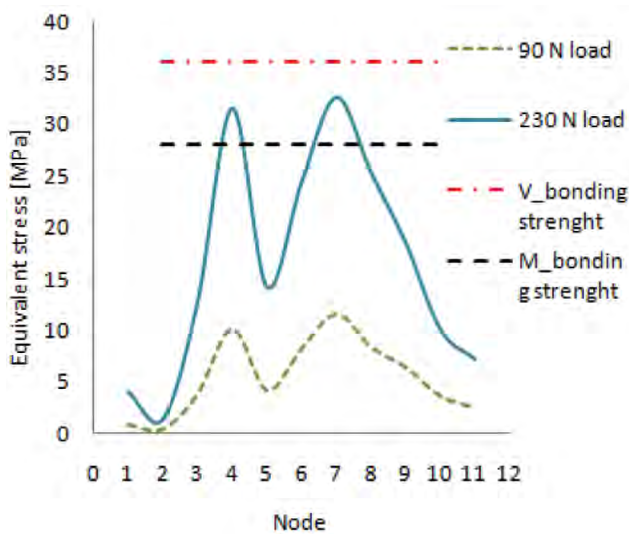


a. Suprafață

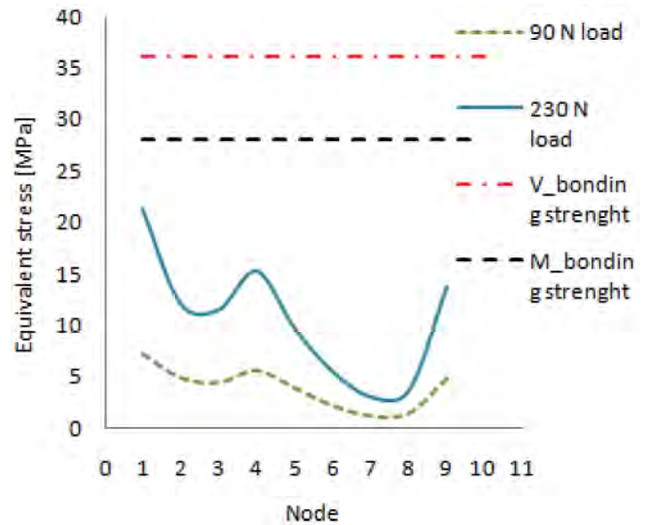


b. Interfață

FIGURA 5. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea verticală

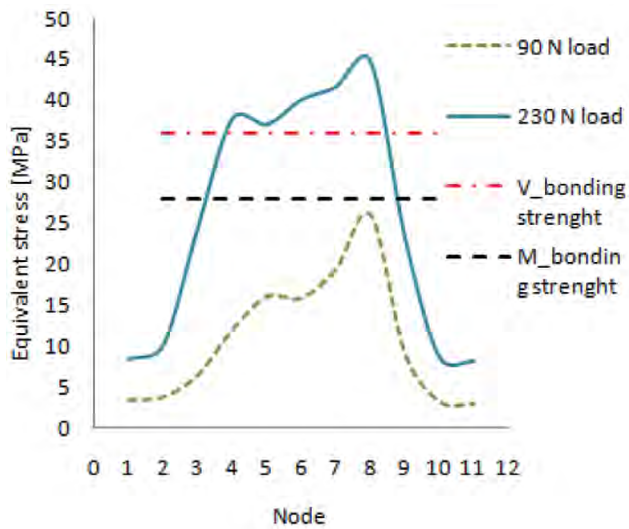


a. Suprafață

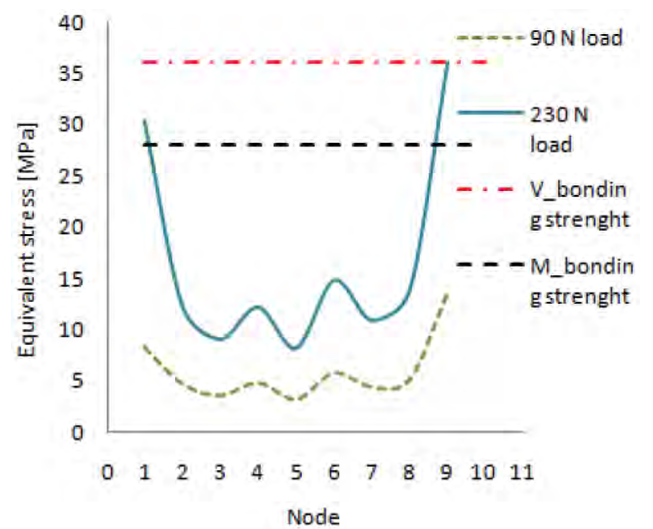


b. Interfață

FIGURA 6. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea oblică



a. Suprafață



b. Interfață

FIGURA 7. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea orizontală

încărcă nesimetric, ceea ce duce la o distribuție nesimetrică de tensiuni. La suprafața molarului (fig. 8.b) nu se pot observa liniile de trecere între diferitele materiale utilizate, ci trecerea se face relativ uniform. Spre deosebire de această situație, în cazul solicitării care simulează o forță orizontală (de forfecare), se constată o modificare bruscă a valorilor de tensiune de la materialul de restaurare (cel mai tensionat) la smalțul dentar, respectiv dentină.

În nicio situație simulată valorile de tensiune nu depășesc valorile rezistenței la rupere a materialelor adezive, lucru generat în mare măsură de forma și dimensiunile acestui inlay.

În cazul în care încărcarea nu s-ar mai face uniform pe suprafața inlay-ului, modul de distribuție ar fi diferit și la nivelul interfeței.

Un rol foarte important în simulare îl joacă și gradul de implantare a molarului, adică suprafața totală a osului alveolar care se găsește în jurul acestuia. Simulările au considerat o implantare totală și completă, pe toată suprafața radiculară, acest lucru contribuind la rigiditatea modelului și, deci, la apariția unor tensiuni mai mari. În realitate, datorită elasticității țesuturilor înconjurătoare ale dintelui, valorile de deplasare totală a molarului vor fi mai mari, iar tensiunile din acesta mai reduse.

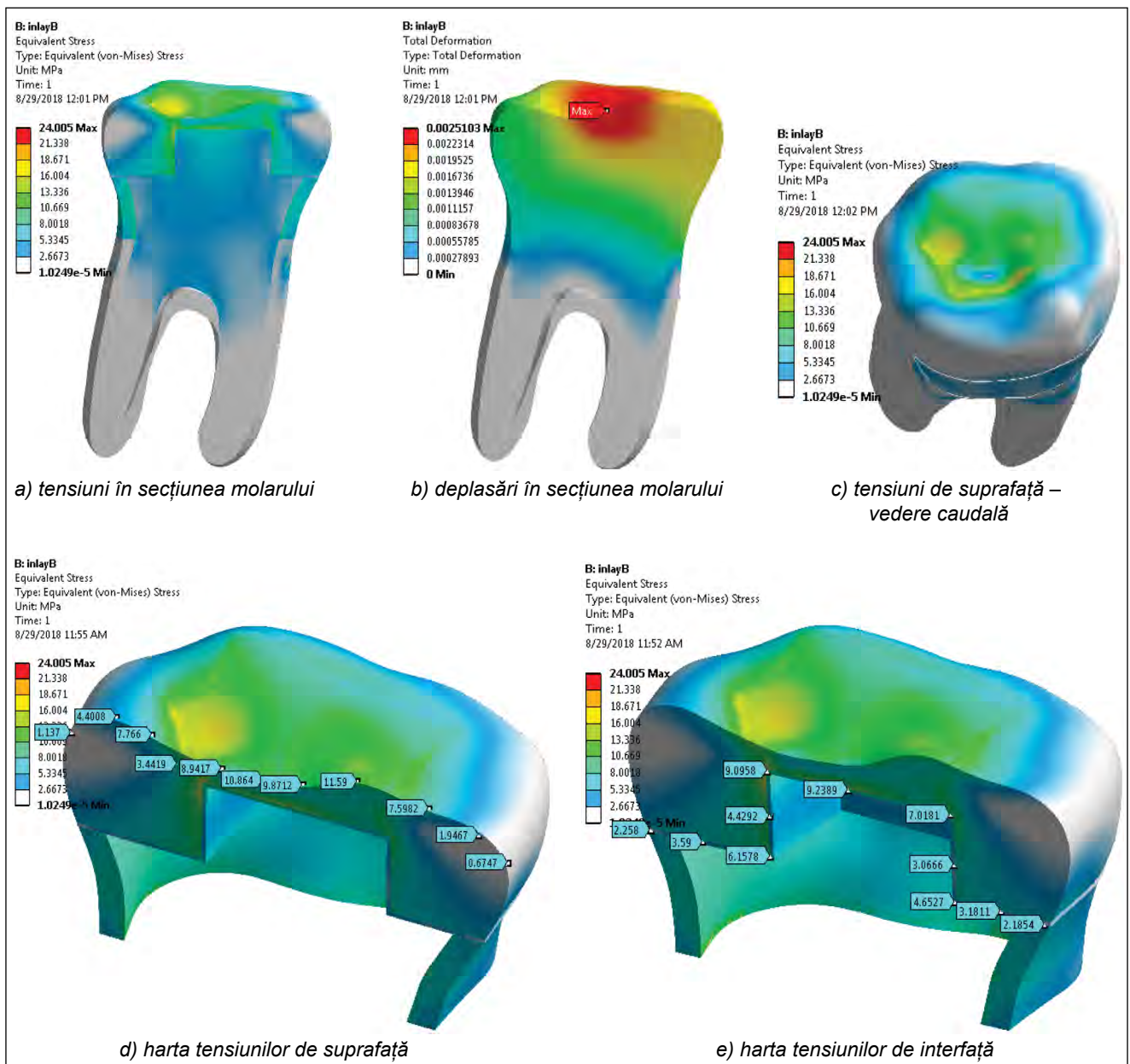


FIGURA 8. Rezultatele simulării pentru solicitarea verticală, 230 N

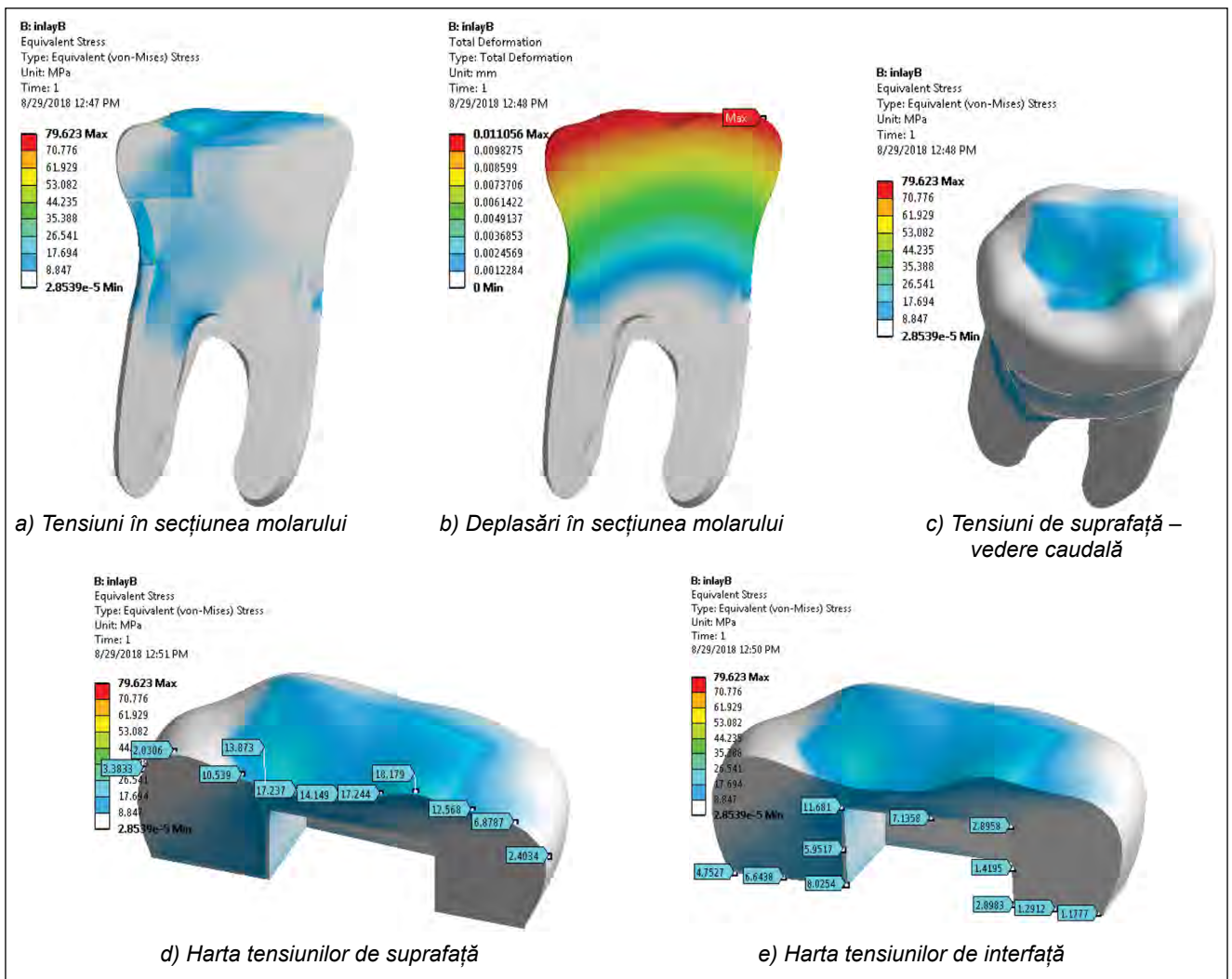


FIGURA 9. Rezultatele simulării pentru solicitarea oblică, 230 N

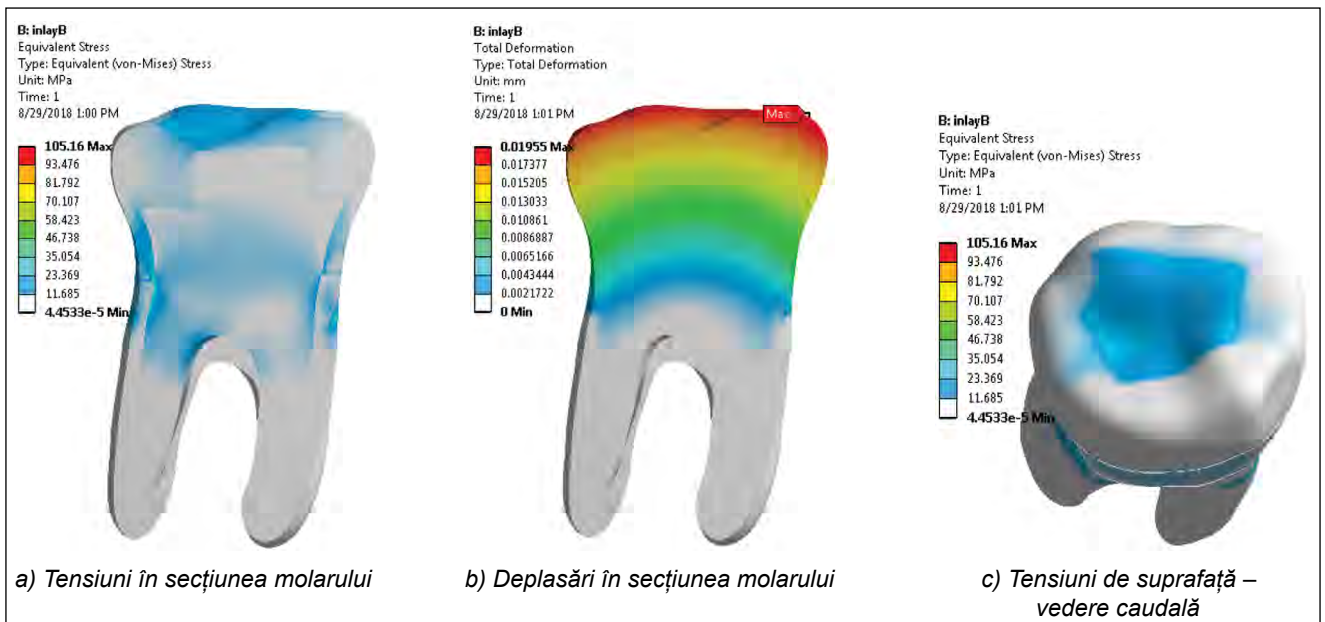


FIGURA 10. Rezultatele simulării pentru solicitarea orizontală, 230 N



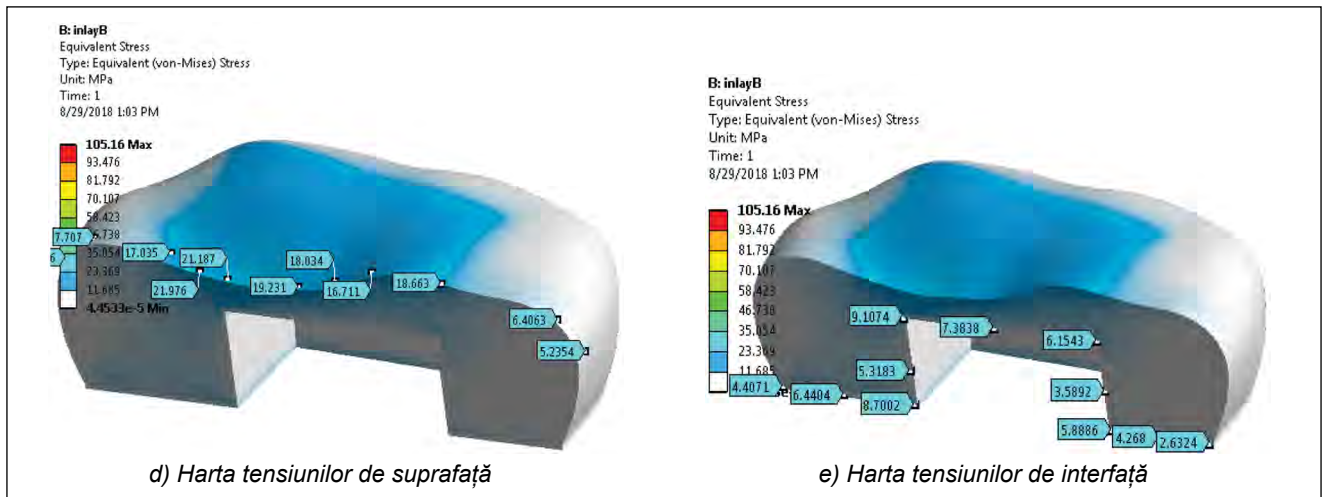


FIGURA 10. Rezultatele simulării pentru solicitarea orizontală, 230 N (continuare)

În tabelele 3 și 4 se prezintă valorile tensiunilor din punctele de control considerate, împreună cu

mediile și deviațiile standard calculate pe fiecare valoare de solicitare în parte.

TABELUL 3. Valorile de tensiune din suprafață

Pct. Ctr.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	0,39	1,34	1,43	3,38	2,40	6,85	1,41	1,01	3,86	2,79
2	1,64	4,40	1,13	2,03	3,01	7,70	1,93	0,97	4,71	2,85
3	3,51	7,76	5,66	10,53	6,38	17,03	5,18	1,49	11,77	4,76
4	5,92	3,44	6,17	13,87	8,05	21,97	6,71	1,16	13,09	9,29
5	3,47	8,94	7,18	17,23	8,85	21,18	6,50	2,75	15,78	6,25
6	3,99	10,84	6,03	14,14	7,55	19,23	5,86	1,79	14,74	4,23
7	3,79	9,78	7,08	17,24	6,85	18,03	5,91	1,84	15,02	4,55
8	4,90	11,59	7,29	18,17	6,62	16,71	6,27	1,23	15,49	3,46
9	4,07	7,59	5,55	12,56	5,99	18,66	5,20	1,01	12,94	5,54
10	1,34	1,94	2,68	6,87	3,13	6,40	2,38	0,93	5,07	2,72
11	0,20	0,67	1,16	2,41	2,26	5,23	1,21	1,03	2,77	2,30

TABELUL 4. Valorile de tensiune din interfață

Pct. Ctr.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	0,83	2,25	2,04	4,75	1,62	4,40	1,50	0,61	3,80	1,35
2	1,44	3,59	2,82	6,64	2,53	6,44	2,26	0,73	5,56	1,71
3	2,46	6,15	3,37	8,02	3,37	8,70	3,07	0,53	7,62	1,32
4	1,74	4,42	2,48	5,95	2,12	5,31	2,11	0,37	5,23	0,77
5	3,55	9,09	4,66	11,68	3,60	9,10	3,94	0,63	9,96	1,49
6	3,61	9,23	3,20	7,13	2,92	7,38	3,24	0,35	7,91	1,15
7	2,61	7,08	0,95	2,89	2,42	6,15	1,99	0,91	5,37	2,20
8	1,27	3,06	0,54	1,41	1,40	3,58	1,07	0,46	2,68	1,13
9	1,78	4,56	1,21	2,89	2,27	5,88	1,75	0,53	4,44	1,50
10	1,31	3,18	0,62	1,29	1,64	4,26	1,19	0,52	2,91	1,50
11	0,88	2,18	0,52	1,17	1,04	2,63	0,81	0,27	1,99	0,75

Ambele tipuri de cimenturi prezintă și de această dată valori de rezistență mai ridicate decât valorile de tensiune înregistrate atât la nivelul suprafeței, cât și la interfață. Acest lucru ne indică faptul că oricare dintre cele două valori de solicitare, aplicate după oricare dintre cele 3 direcții, nu va produce

rupțura niciunui dintre cele două tipuri de adeziv (fig. 11-13). Din punct de vedere calitativ, se poate observa simetria distribuției tensiunilor pe molar în cazul încărcărilor simetrice, respectiv nesimetria distribuției pentru încărcări oblice.

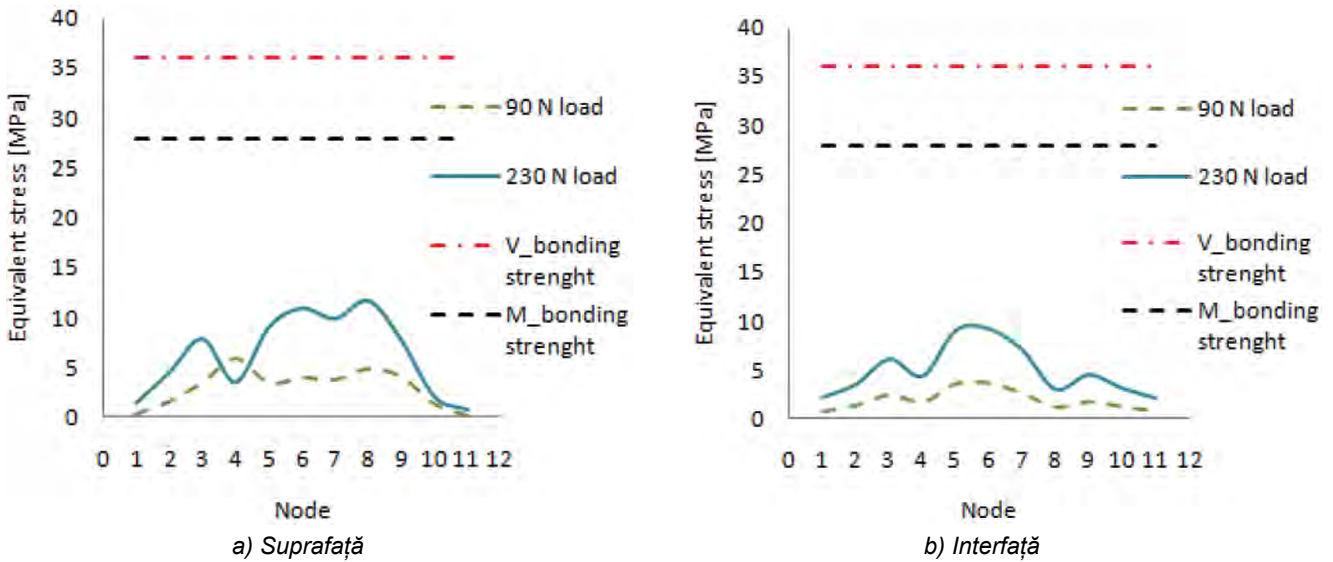


FIGURA 11. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea verticală

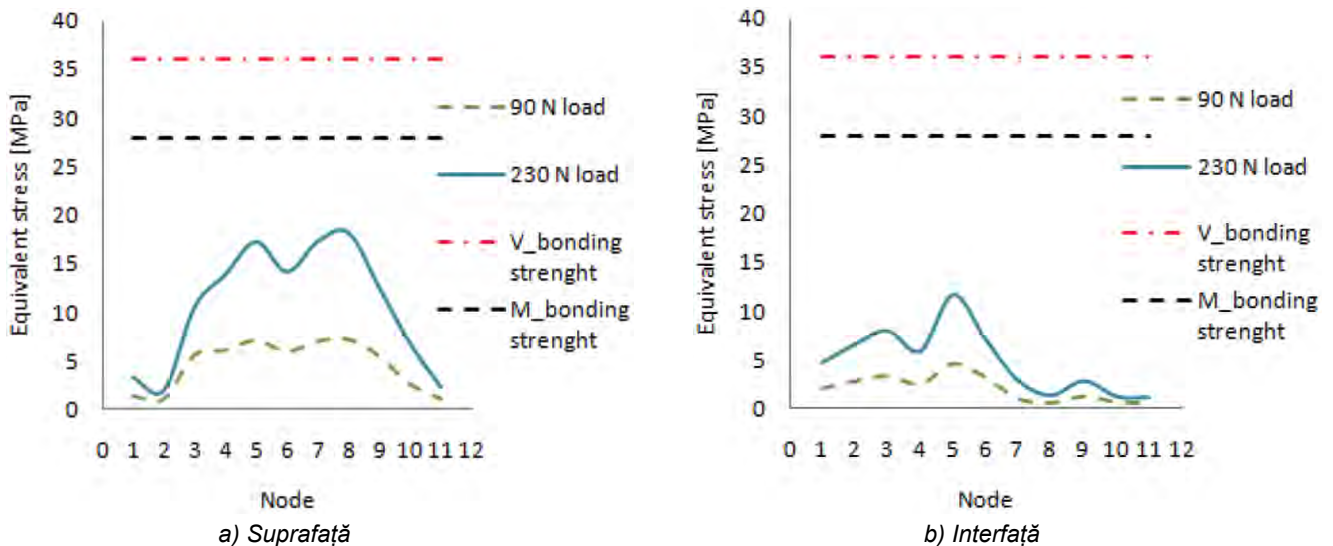


FIGURA 12. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea oblică

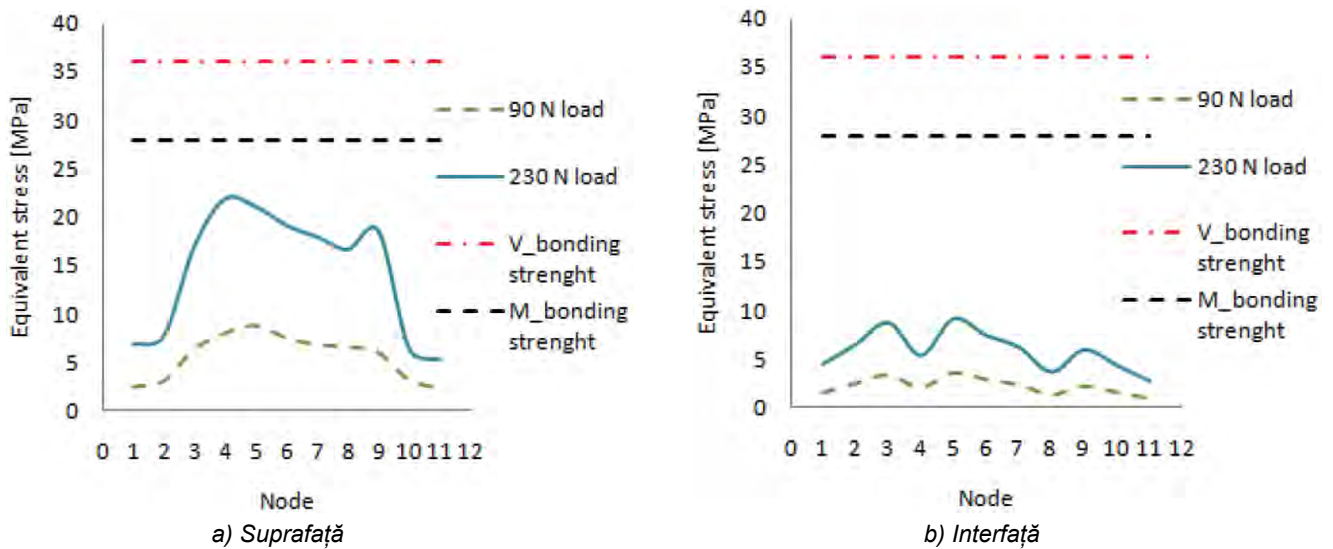


FIGURA 13. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea orizontală

### 3. Rezultatele modelului de inlay iC (ocluzo-proximal)

Modelul de inlay iC reprezintă un model geometric nesimetric în raport cu axa longitudinală a molarului. În vederea așezării pe dentină, acesta a fost realizat în două trepte geometrice, trepte care, din punct de vedere mecanic, se vor comporta ca zone concentratoare ale tensiunilor. Pentru preîntâmpinarea pe cât posibil a acestui lucru, s-au realizat raze de racordare ale elementelor geometrice.

Încărcarea s-a definit conform figurii prezentate la material și metodă, cu punctul de aplicație de suprafața cea mai extremă a inlay-ului. Direcțiile de solicitare s-au păstrat la fel ca în cele două cazuri precedente.

În cazul încărcării verticale, tensiunile din materialul de cimentare sunt cele mai mari în zona cu grosimea de perete cea mai redusă, adică în zona laterală a molarului. Valorile de tensiune au un comportament complet nesimetric atât la suprafața, cât și la interfața inlay-ului, din cauza nesimetriei geometrice.

Modul de transmitere al solicitărilor în acest caz se face cu precădere de la materialul de restaurare prin zona de smalț spre zona de cement a dintelui, datorită modulelor de elasticitate mai ridicate ale acestor două materiale în comparație cu dentina.

Rezultatele simulărilor sub forma de hărți de variație se prezintă în figurile 14-16. Secțiunea de eșantionare a tensiunilor s-a ales într-un plan per-

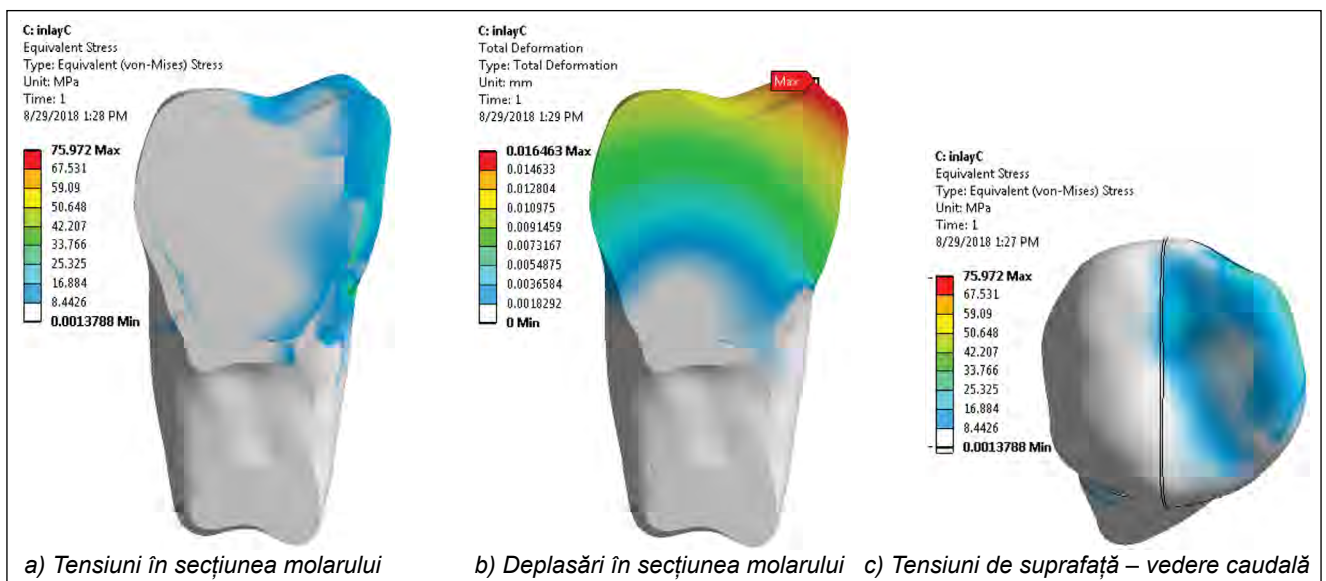


FIGURA 14. Rezultatele simulării pentru solicitarea verticală, 230 N

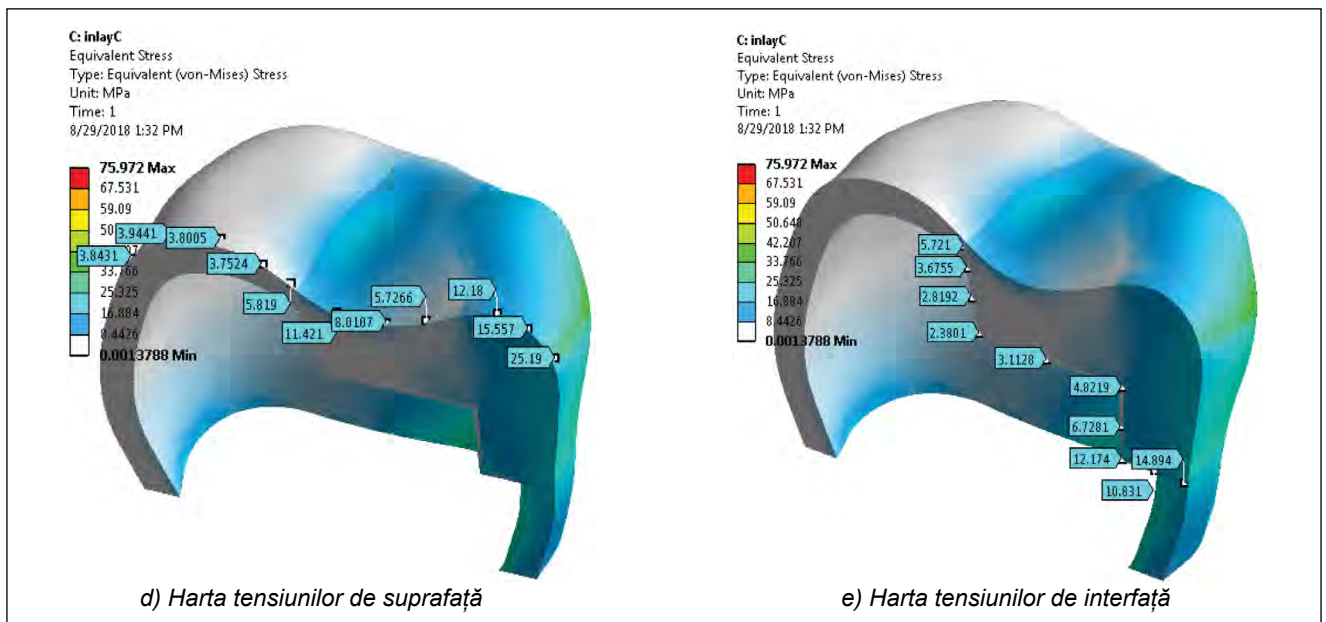


FIGURA 14. Rezultatele simulării pentru solicitarea verticală, 230 N (continuare)

pendicular pe direcția inlay-ului, pentru a putea pune în evidență comportamentul mecanic de-a lungul celor două trepte ale acestuia.

Pe măsură ce solicitarea își schimbă orientarea de la una verticală spre orizontală, se observă o tensionare tot mai pronunțată a zonei interioare a inlay-ului, din cauza apariției tensiunilor normale în această zonă.

Acestui tip de inlay îi este specifică o modificare bruscă a tensiunilor la limitele de trecere de la un

material la altul. Acest lucru poate fi observat în toate figurile, prin diferențele de culoare de la albastru/galben spre gri (solicitare foarte redusă).

Din cauza apariției tensiunilor de forfecare, în cazul solicitării orizontale este depășită valoarea rezistenței mecanice a materialului de cimentare pentru solicitarea accidentală de 230 N.

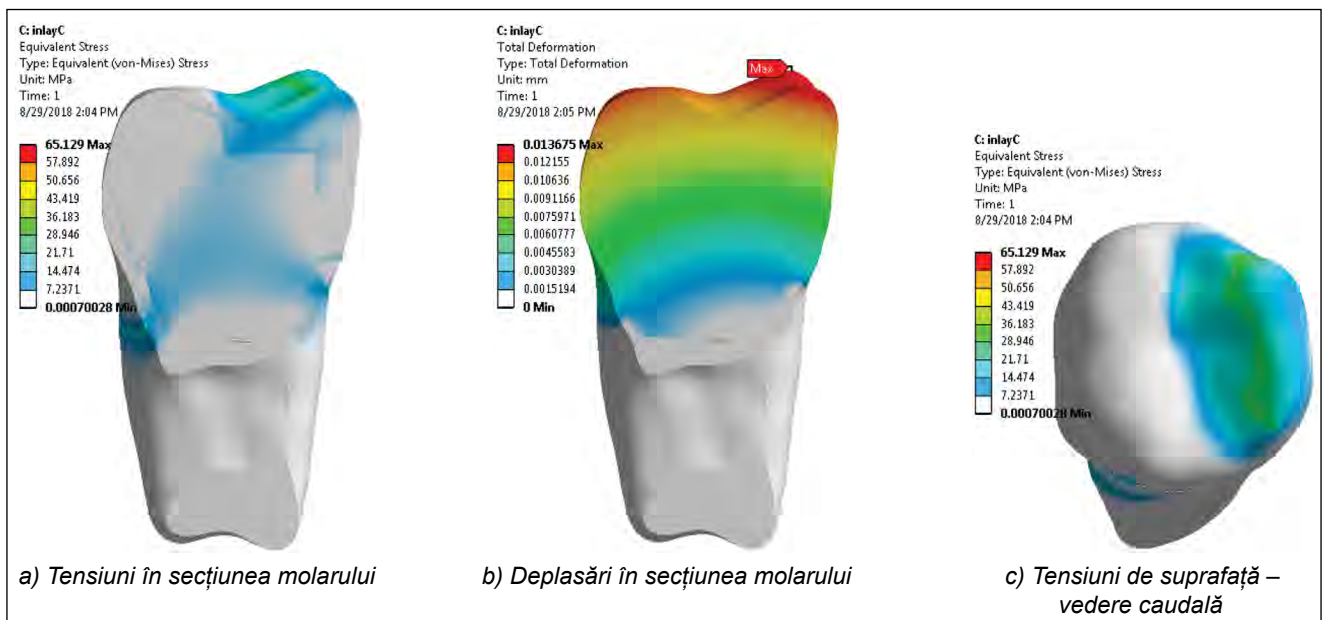


FIGURA 15. Rezultatele simulării pentru solicitarea oblică, 230 N

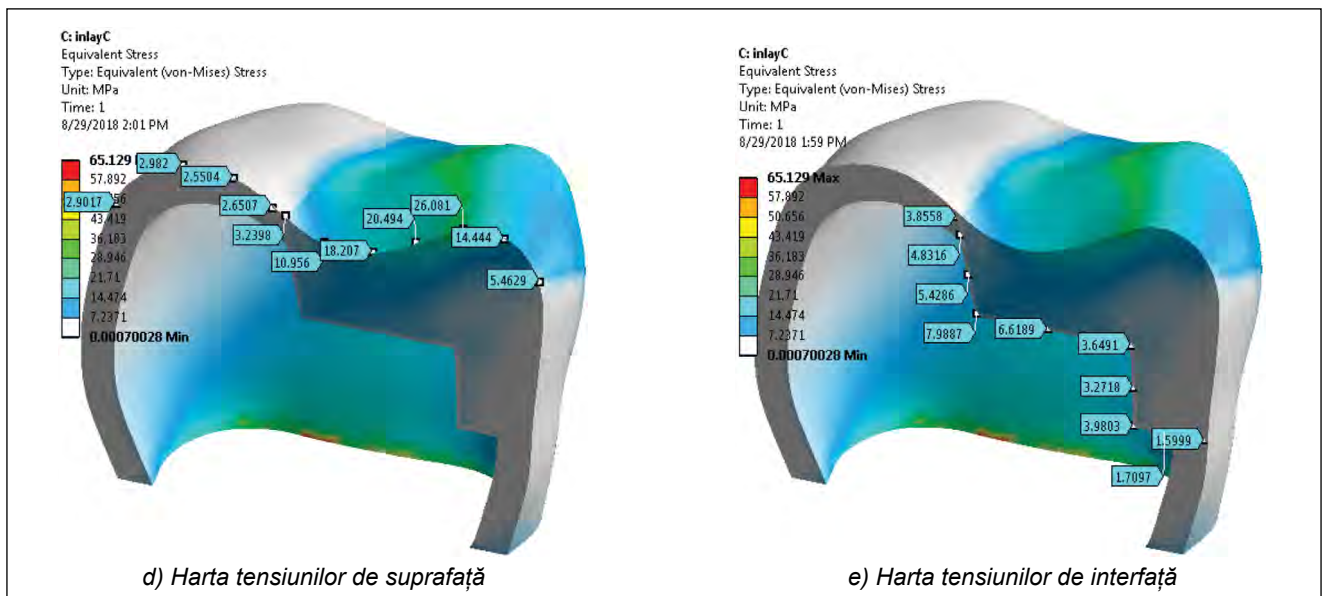


FIGURA 15. Rezultatele simulării pentru solicitarea oblică, 230 N (continuare)

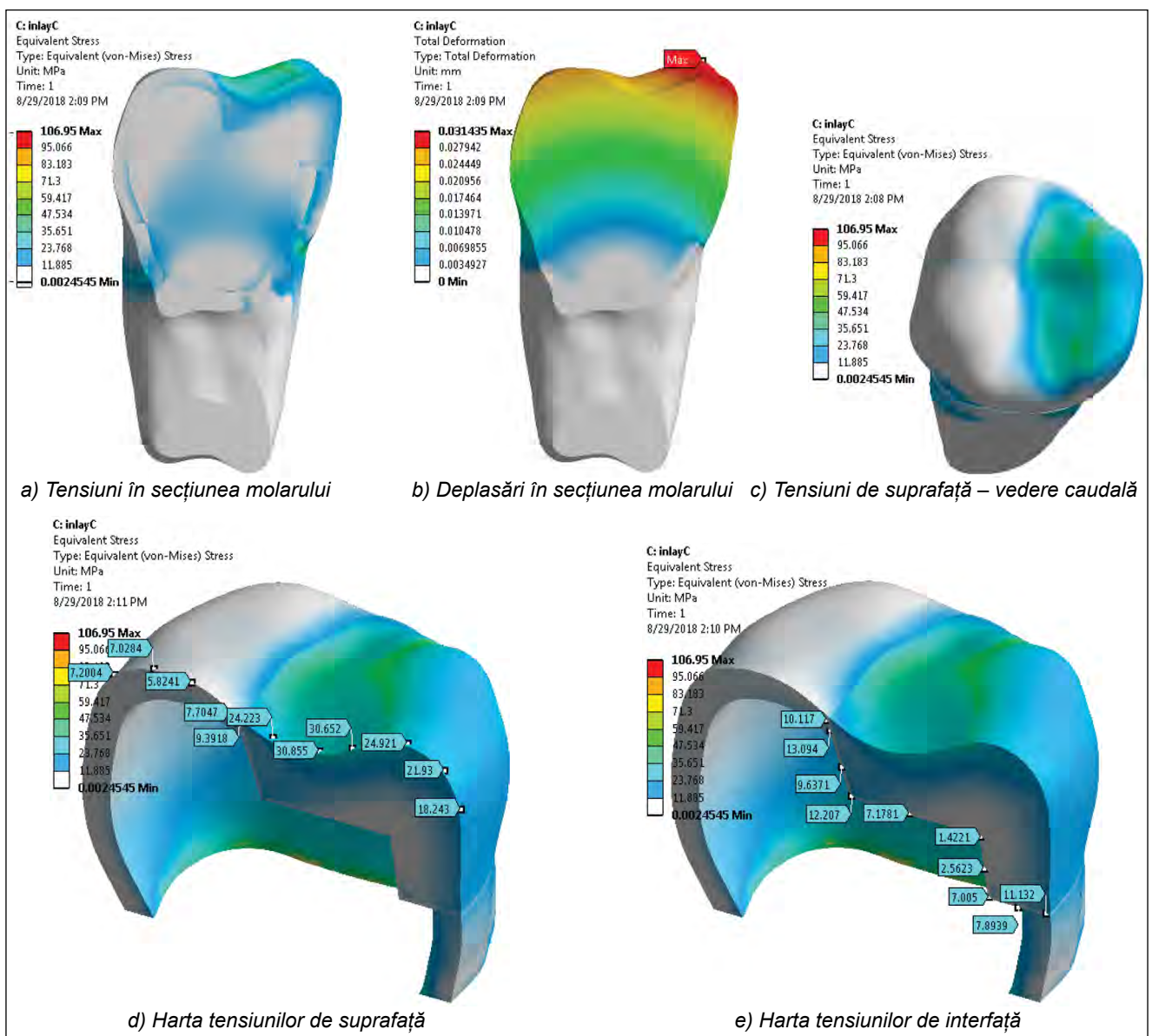


FIGURA 16. Rezultatele simulării pentru solicitarea orizontală, 230 N

În tabelele 5 și 6 se prezintă valorile tensiunilor din punctele de cotrol considerate, împreună cu mediile și deviațiile standard calculate pe fiecare valoare de solicitare în parte.

Graficele din figurile 17-19 ne prezintă în mod explicit caracterul nesimetric al solicitării, pe de-o parte, iar, pe de altă parte, zonele critice ale modelului.

Cu o singură excepție (tensiunile din suprafața molarului la solicitarea orizontală), se constată că,

indiferent de tipul de material adeziv utilizat, valorile de rezistență ale acestora sunt mai ridicate decât valorile de tensiune înregistrate. Acest lucru ne indică faptul că oricare dintre cele două valori de solicitare, aplicate după oricare dintre cele 3 direcții, nu va produce rupțura niciunui dintre cele două tipuri de ciment.

**TABELUL 5.** Valorile de tensiune din suprafață

Pct. Ctrl.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	1,56	4,03	0,84	2,90	2,75	7,20	1,72	0,96	4,71	2,23
2	1,51	3,90	0,75	2,98	2,80	7,02	1,69	1,04	4,63	2,12
3	1,54	3,85	0,69	2,55	2,47	5,82	1,57	0,89	4,07	1,65
4	1,70	4,09	0,70	2,65	2,64	7,70	1,68	0,97	4,81	2,60
5	2,20	6,27	0,64	3,23	3,63	9,39	2,16	1,50	6,30	3,08
6	4,44	11,18	2,07	10,95	9,91	24,22	5,47	4,02	15,45	7,60
7	2,75	9,15	4,07	18,20	12,06	30,85	6,29	5,04	19,40	10,90
8	2,21	5,80	5,68	20,49	13,02	30,65	6,97	5,52	18,98	12,49
9	4,48	10,09	11,01	26,08	9,80	24,92	8,43	3,47	20,36	8,92
10	5,63	14,37	4,79	14,44	8,64	21,93	6,35	2,02	16,91	4,34
11	10,4	26,90	3,48	5,46	7,25	18,24	7,07	3,50	16,87	10,79

**TABELUL 6.** Valorile de tensiune din interfață

Pct. Ctrl.	Valoare forță de încărcare (N)						Media (N) mod=90	Std. (N) mod=90	Media (N) mod=230	Std. (N) mod=230
	90	230	90	230	90	230				
1	2,50	5,72	1,29	3,85	4,14	10,11	2,64	1,43	6,56	3,21
2	1,51	3,67	1,23	4,83	3,98	13,09	2,24	1,51	7,20	5,14
3	1,07	2,81	1,56	5,42	3,75	9,63	2,13	1,43	5,95	3,44
4	0,94	2,31	2,46	7,98	4,79	12,20	2,73	1,94	7,50	4,96
5	1,26	3,11	2,37	6,61	3,05	7,17	2,23	0,90	5,63	2,20
6	1,99	4,28	1,58	3,64	0,54	1,42	1,37	0,75	3,11	1,50
7	2,57	6,72	1,63	3,27	0,97	2,56	1,72	0,80	4,18	2,23
8	4,75	12,17	2,30	3,98	2,67	7,00	3,24	1,32	7,72	4,14
9	4,40	10,83	1,54	1,70	3,02	7,89	2,99	1,43	6,81	4,66
10	5,86	14,89	1,83	1,59	4,35	11,13	4,01	2,04	9,20	6,86

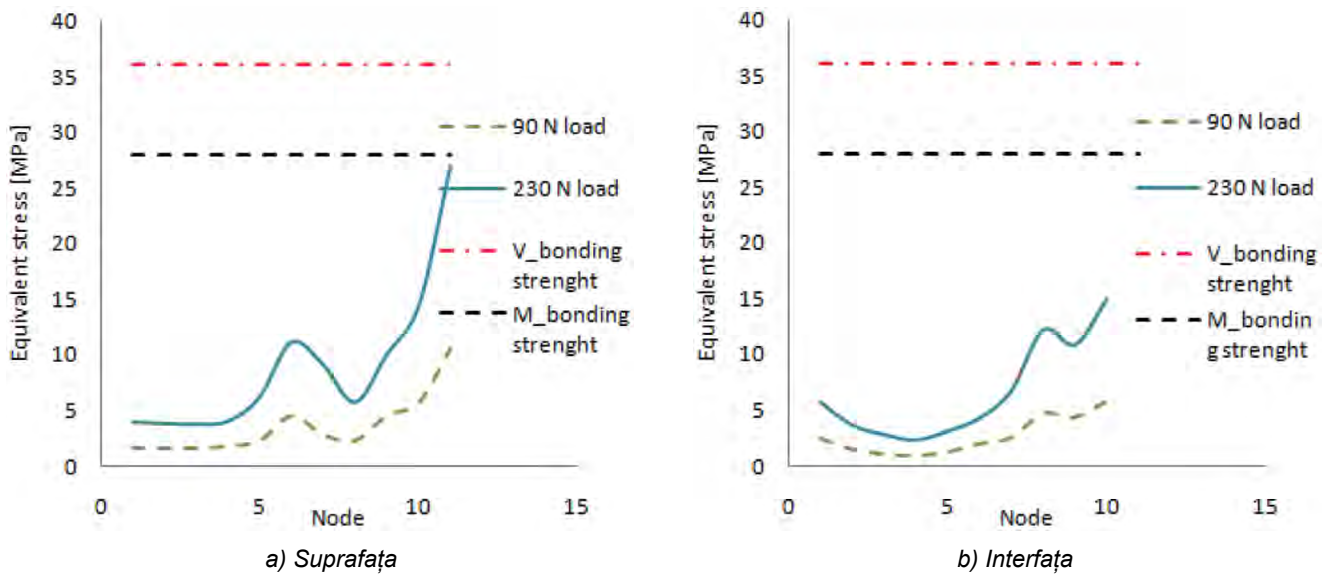


FIGURA 17. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea verticală

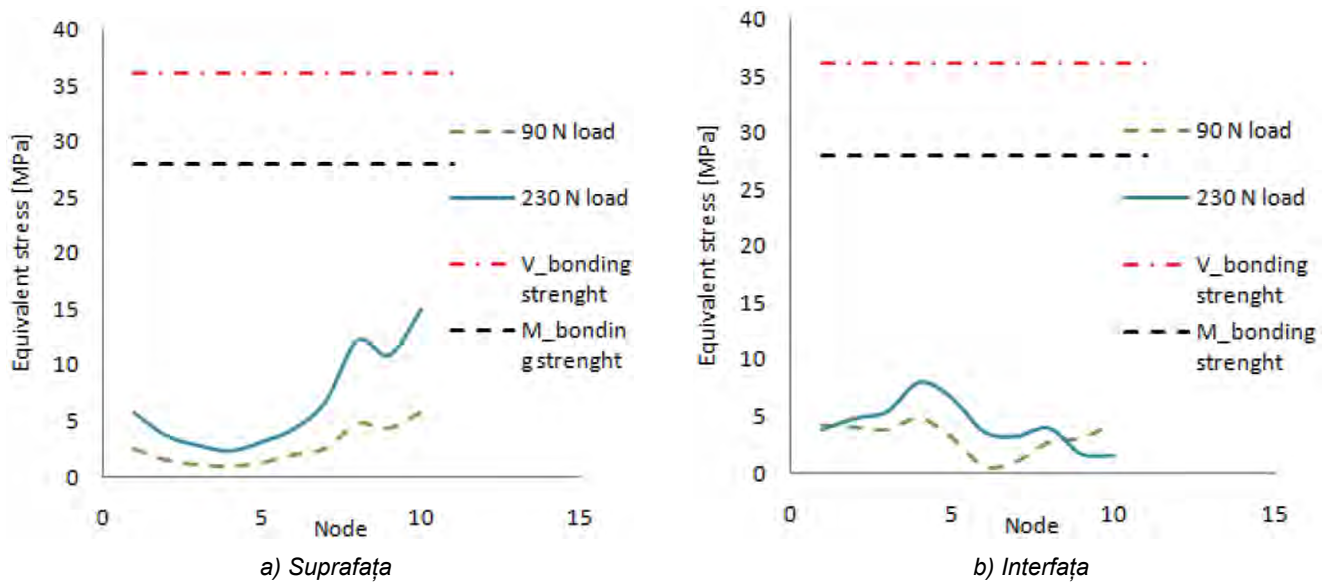


FIGURA 18. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea oblică

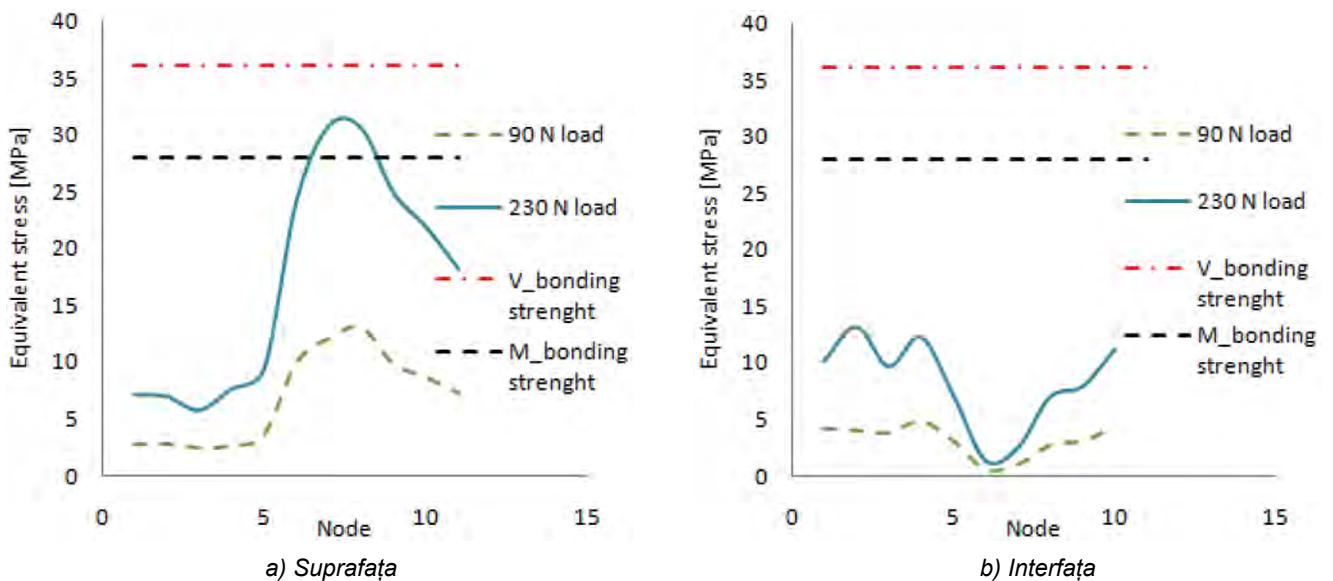
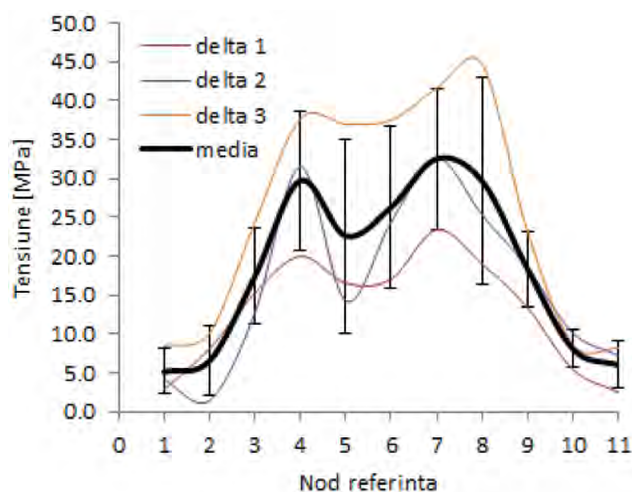
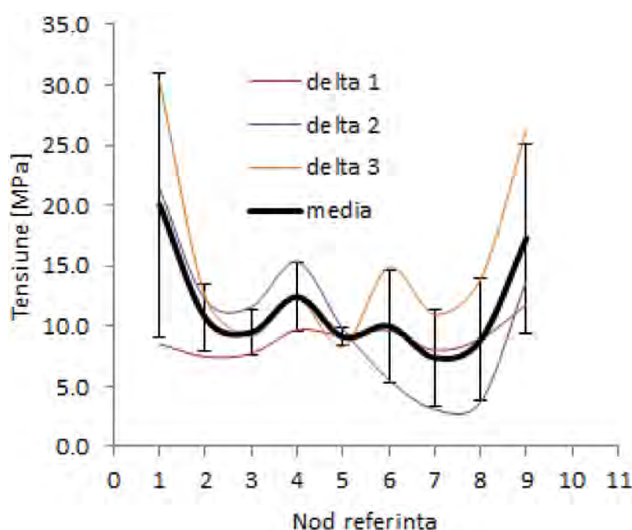


FIGURA 19. Variația tensiunilor din suprafață a) și interfață b) pentru solicitarea orizontală



**FIGURA 20A.** Tensiunile din suprafață în cazul inlay-ului iA, pentru cele 3 direcții de solicitare (delta 1 – vertical, delta 2 – oblic, delta 3 – orizontal) și modulul forței de 230N



**FIGURA 20B.** Tensiunile din interfață în cazul inlay-ului iA, pentru cele 3 direcții de solicitare (delta 1 – vertical, delta 2 – oblic, delta 3 – orizontal) și modulul forței de 230N

## CONCLUZII

Studiul de față a fost realizat în vederea evaluării rezistenței mecanice la adeziune cu două tipuri de cimenturi autoadezive estetice utilizate pentru a fixa trei geometrii de inlay-uri integral ceramice.

Variolink II are proprietăți de adeziune superioare cimentului Maxcem, motiv pentru care –indiferent de configurația geometrică, direcția forței de aplicare și modulul utilizate în simulare – adeziunea cu cimentul Variolink are rezistența mecanică mai ridicată. Din punctul de vedere al modului de distribuție al tensiunilor pe oricare dintre cele trei tipuri de inlay-uri, în cazul în care forța are o direcție simetrică față de inlay, tensiunile se distribuie uniform, circumferențial, pornind de la valori mai mari în centrul suprafeței exterioare și ajungând la valori reduse în zonele marginale (fig. 20A-20B).

Tensiunile la interfața ciment-țesut dentar sunt mai reduse decât tensiunile de suprafață, datorită modului de elasticitate mai redus al materialului de cimentare comparativ cu smalțul dentar, respectiv materialul de restaurare, indiferent de tipul cimentului autoadeziv. Inlay-ul cu geometrie nesimetrică (iC) se caracterizează prin salturi bruște de tensiune la interfețele de trecere de la un material la altul. Acest caz este cel mai susceptibil de a genera tensiuni care să depășească limita de rezistență la adeziune a cimenturilor.

Inlay-urile de dimensiuni geometrice mari pot prelua și transmite mai bine tensiunile de la suprafața dintelui, prin intermediul cimentului adeziv la structura dentară.

## Mențiuni

Toți autorii au contribuție egală în realizarea acestui articol.

## BIBLIOGRAFIE

- Oh WS, Shen C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic. *J Prosthet Dent.* 2003 Sep;90(3):241-6.
- DA Pîrvu, BM Gălbinașu, I Pătrașcu, CF Părvu, D Nițoi, Evaluarea interfeței ciment autoadeziv-mase ceramice prin teste de forfecare. *Revista Română de Materiale*, 2012 42(2), pp. 193-203.
- Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Valandro LF, Gutierrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, Del Castillo-Salmeron R, Bottino MA. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent.* 2006 Dec;96(6):412-7.
- REPORT no. 22/July 2016, Research and Development Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan / Liechtenstein.
- Kerr endodontics, on <https://www.kerrdental.com/en-eu/catalogues-download>.
- Study conducted by Brown W., Bishop J., Park A., Fox L., Giordano E., Kugel G., Perry R. (2015). Bond strength of several self-adhesive cements to enamel and dentin.
- 3M ESPE Competitive product Comparison, on <http://multimedia.3m.com/mws/media/3216750/relyx-unicem-maxcem-competitive-comparison.pdf>.
- Sarr M, Leye-Benoist F, Aidara AW, Faye B, Bane K and Touré B. Characterization of the Resin Luting Materials: Percentage,



- Morphology and Mechanical Properties. *Journal of Dentistry and Oral Care Medicine*, Volume 2 | Issue 3, 2016.
10. ESTECM Plus, Technical Report Ver.1.0 (2017.07.21), Tokuyama Dental.
  11. T Furuichi, T Takamizawa, A Tsujimoto, M Miyazaki, WW Barkmeier, MA Latta. Mechanical Properties and Sliding-impact Wear Resistance of Self-adhesive Resin Cements. *Operative Dentistry*, 2016, 41-3.
  12. Flavia Zardo Trindade, Luiz Felipe Valandro, Niek de Jager, Marco Antonio Bottino, Cornelis Johannes Kleverlaan, Elastic Properties of Lithium Disilicate Versus Feldspathic Inlays: Effect on the Bonding by 3D Finite Element Analysis. *Journal of Prosthodontics* 00 (2016) 1–7.