

Aplicația AEF-A.2.2

ANALIZA STATICĂ LINIARĂ A ELEMENTELOR ELASTICE METALICE DIN SÂRMĂ

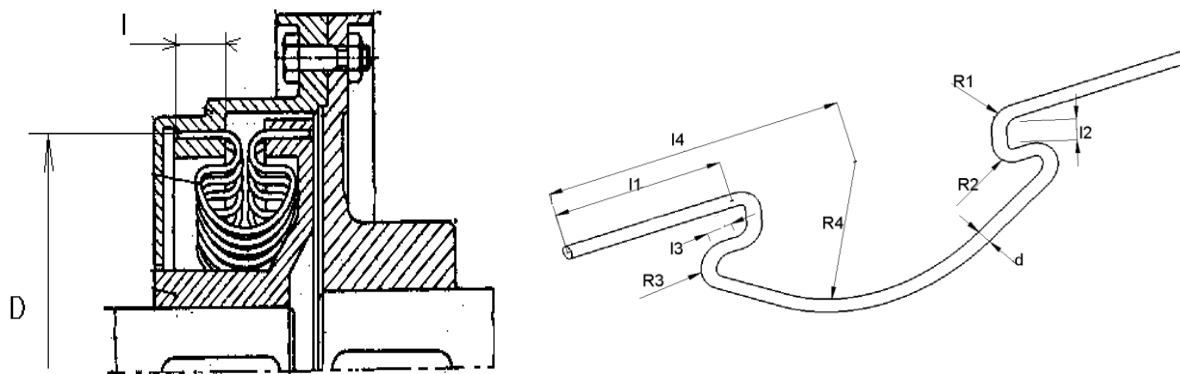
A. DEFINIREA APLICAȚIEI

A.1. Introducere

Există în componența multor produse tehnice componente mecanice care au structuri compacte distincte cerute de funcția principală de îndeplinit. Reprezentative acestui grup de componente sunt elementele elastice (arcurile), elementele de amortizare, elementele de susținere (carcase) etc. Specificul acestor elemente, de regulă, este dat de legăturile fixe sau cvasifixe ale acestora cu părțile învecinate. Analiza cu elemente finite a acestor componente, pentru obținerea de rezultate precise, presupune definirea cu acuratețe a modelului solid, a restricțiilor impuse de legăturile cu elementele învecinate, precum și a încărcărilor.

A.2. Descrierea aplicației

Cuplajele mecanice sunt subsisteme de legătură importante folosite pentru transmiterea puterii (mișcarea de rotație și momentul de torsiune) între, de obicei, doi arbori care aparțin la subsisteme diferite. Multe cuplaje mecanice au în componență elemente elastice active folosite pentru obținerea de caracteristici elastice torsionale impuse de cerințele funcționale sau, în cazul transmisiilor de precizie controlate, pentru obținerea unor rigidități torsionale și flexibilități transversale (pentru compensarea abaterilor de montaj) mărite. În figura de mai jos se prezintă un cuplaj care aparține primei categorii. Cele două semicuplaje sunt fixate rigid pe capetele arborilor prin asamblări cu pene. Momentul de torsiune este transmis de la semicuplajul conducător la semicuplajul condus prin intermediul unui set de arcuri de tip bară curbă care au capetele poziționate liber în alezaje pe cele două semicuplaje. Astfel, în timpul funcționării există mișcare relativă între arcurile de tip bară curbă și semicuplajele în care sunt montate.



A.3. Scopul aplicației

În cazul acestei aplicații se prezintă analiza câmpurilor deplasărilor, deformațiilor și tensiunilor din structura elementului elastic de tip bară curbă din componenta cuplajului prezentat mai sus. Valorile parametrilor geometrici și de montaj ale celor, $z = 60$, arcuri bară sunt: $d = 2 \text{ mm}$, $l1 = 30 \text{ mm}$, $R1 = 2,5 \text{ mm}$, $l2 = 7,5 \text{ mm}$, $R2 = 2,5 \text{ mm}$, $l3 = 15 \text{ mm}$, $R3 = 3 \text{ mm}$, $l4 = 50 \text{ mm}$, $R4 = 30 \text{ mm}$, $l = 10 \text{ mm}$, $D = 200 \text{ mm}$. Arcurile bară sunt executate din oțel de arc, 50VCr11A, tratat la 50-55 HRC. Momentul de torsiune transmis este $M_t = 400.000 \text{ Nmm}$.

B. ÎNTOCMIREA MODELULUI DE ANALIZĂ

B.1. Definirea modelului de analiză

Pentru întocmirea modelului de analiză cu elemente finite asociat aplicației de mai sus se impune identificarea:

- formei și dimensiunilor geometrice ale arcului de tip bară curbă,
- elementelor adiacente cu rigiditate mărită,
- restricțiilor induse de legăturile cu elementele adiacente,
- încărcărilor exterioare,
- caracteristicilor materialului.

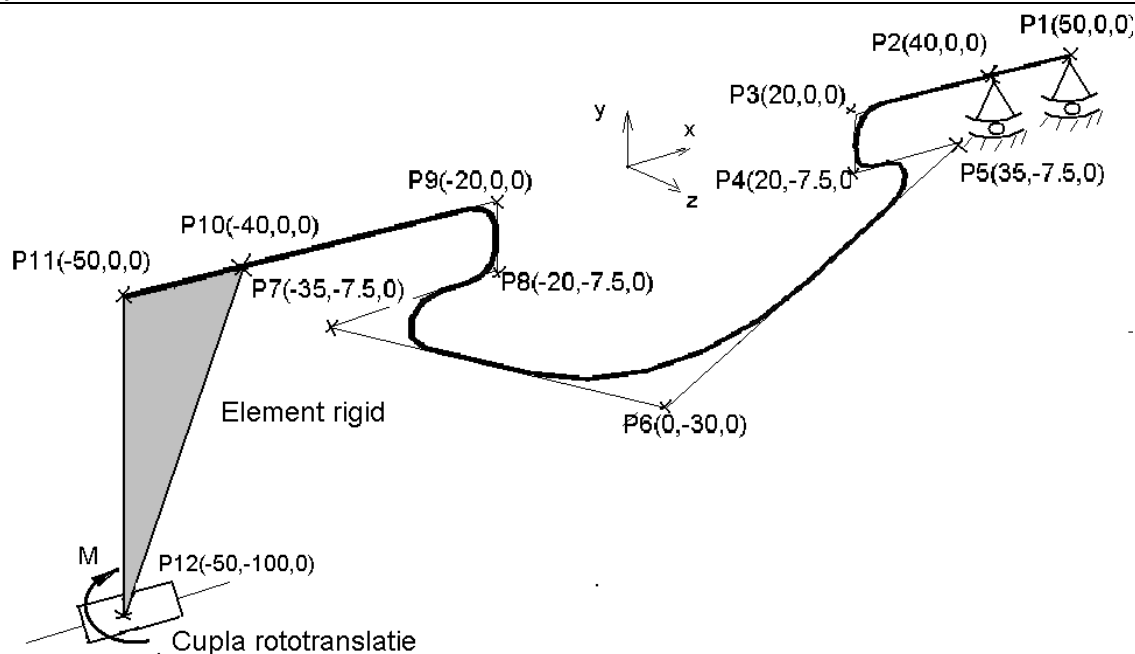
B.2. Descrierea modelului de analiză

Forma geometrică și dimensiunile arcului de tip bară curbă sunt prezentate în figura de mai jos. Pentru analiza structura arcului bară curbă se modelează cu elemente finite 1D și, deci, modelul geometric se reduce la o linie curbă care se modelează pornind de la o linie frântă căreia i se aplică racordările impuse.

În vederea simulării comportării arcului bară curbă cât mai aproape de realitate, având în vedere rigiditatea mărită a semicuplajelor, se introduce un element rigid asociat semicuplajului conducător.

Pentru ca modelul de analiză să aibă aceeași comportare cu modelul real este necesar să se asocieze condiții limită care implică restricții de translație după cele trei direcții ale sistemului de coordonate XYZ și restricții de rotație după axele OY și OZ simulând legăturile arcurilor curbe cu semicuplajele. În plus, pentru a se genera mișcarea de rotație a capetelor arcurilor în jurul axei cuplajului se introduce o cuplă de rototranslație asociată punctului master al elementului rigid.

De asemenea, pentru o comportare cât mai apropiată de modelul real, încărcarea se face prin intermediul elementului rigid care simulează semicuplajul conducător asupra căruia acționează momentul $M = M_t/z = 6666,66 \text{ Nmm}$.



B.3. Stabilirea caracteristicilor materialului

Pentru analiza cu elemente finite caracteristicile de rezistență ale materialului, oțel de arc 50VCr11A tratat la 50-55 HRC, sunt:

- modulul de elasticitate longitudinală, $E = 209000 \text{ N/mm}^2$;
- coeficientul contracției transversale (Poisson), $\nu = 0,3$.

C. PREPROCESAREA MODELULUI DE ANALIZĂ

C.1. Modelarea geometrică

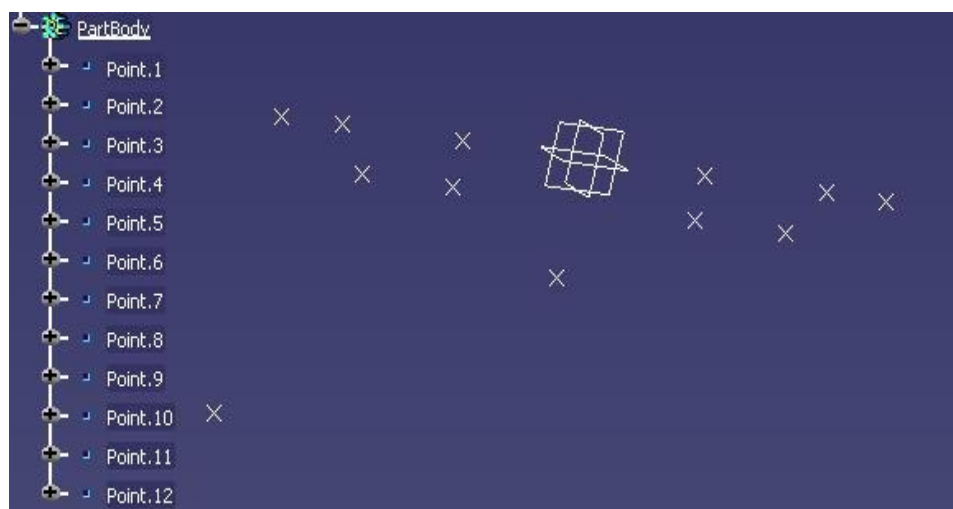
Activarea modului de generare a solidelor și setarea unității de măsură pentru lungimi

Start → Mechanical Design → Part Design → **New part**: New part name: Arc.

Tools → Options... → **Options**: Parameters and Measure; Units; Length, Milimeter (mm);
↵ OK.

Generarea punctelor de referință

 (Point) → **Point Definition**: X 50mm, Y 0mm, Z 0mm; ↵OK. [similar se introduc și coordonatele celorlalte puncte (fig. B.2): P2(40,0,0), P3(20,0,0), P4(20,-7.5,0), P5(35,-7.5,0), P6(0,-30,0), P7(-35,-7.5,0), P8(-20, -7.5,0), P9(-20,0,0), P10(-40,0,0), P11(-50,0,0), P12(-50, -100,0)].



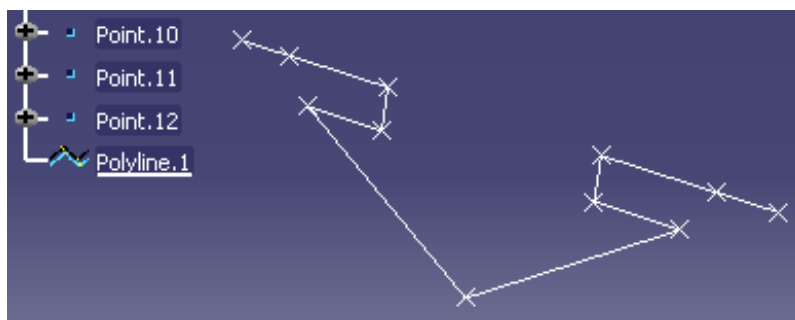
Generarea polilinieii prin puncte

 (Polyline) → **Polyline Definition** [se selectează cu mouse-ul din zona grafică sau din structura arborescentă punctele Point.1 până la Point.11, simultan generându-se lista acestora în fereastra Polyline Definition], ↵ OK.

Observație

În cazul în care în zona de comenzi (Toolbar) nu se regăsește butonul  (Polyline) se va executa următoarea succesiune:

View → Toolbars → Customize... **Customize**: Commands, Categories ↓ All Comands, Commands ↓ Polyline... → se plasează cu mouse-ul (Drag&Drop) simbolul comenzii în zona barei de comenzi (Toolbar), ↵ Close.



Generarea polilinieii cu racordări

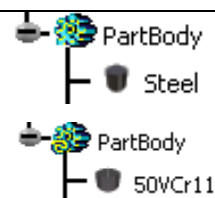
[Se selectează specificația Polyline.1 în structura arborescentă] → **Polyline Definition**:

Point.3, Radius: 2,5 mm, Add; Point.4, Radius: 2,5 mm, Add; Point.5, Radius: 3 mm, Add; Point.6, Radius: 30 mm, Add; Point.7, Radius: 3 mm, Add; Point.8, Radius: 2,5 mm, Add; Point.9, Radius: 2,5 mm, Add; ↵ OK.



C.2. Modelarea caracteristicilor materialului

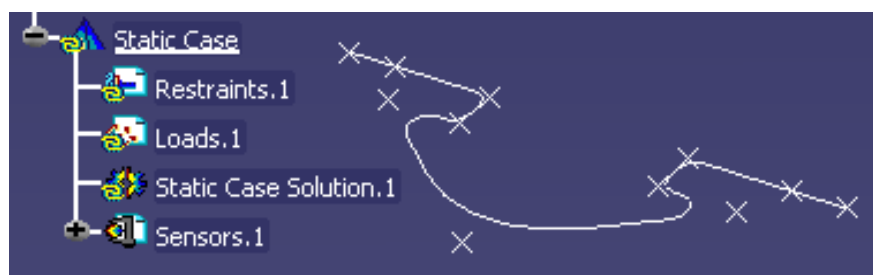
[Selectare specificației PartBody] → (Apply Material) → **Library (ReadOnly):** Metal, Steel, Apply Material; ↵OK.
 [Selectare specificației Steel din structura arborescentă] → **Properties:** Feature Properties, Feature Name: 50VCr11A; Analysis, Young Modulus 204000 N/mm², Poisson Ratio 0,3; Apply; ↵OK.



C.3. Modelarea cu elemente finite

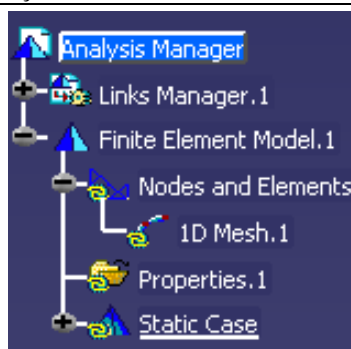
Activarea modului de discretizare avansată cu elemente finite

Start → Analysis & Simulation → Advanced Meshing Tools → **New Analysis Case:** Static Analysis, ↵OK.



Introducerea tipului elementului finit și a caracteristicilor de discretizare

(Beam Mesher) → **Beam Meshing:** [se selectează polilinia Polyline.1], Element size: 2 mm, ☒ Sag control, Sag: 0,5 mm, Min size: 0,1 mm, ↵OK.

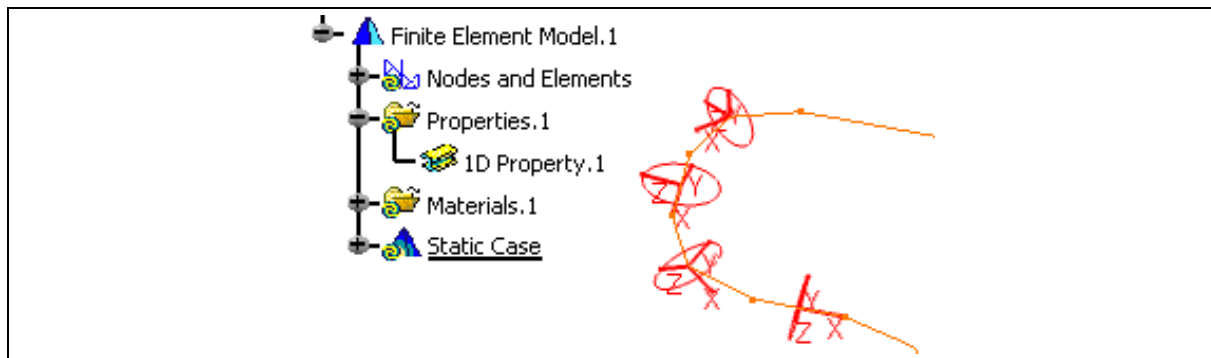


Activarea modului de analiză cu elemente finite

Start → Analysis & Simulation → Generative Structural Analysis.

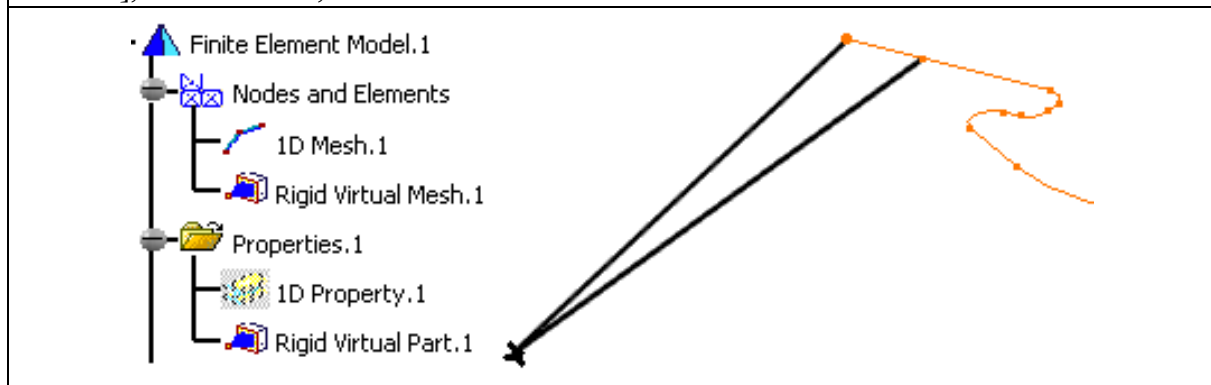
Introducerea proprietăților elementului finit

(1D Property) → **1D Property:** Supports: [se selectează 1DMesh.1 din structura arborescentă]; Type ↵ Cylindrical beam, → **Beam Definition:** Radius: 1 mm, ↵OK → ↵OK.



Generarea elementului rigid virtual

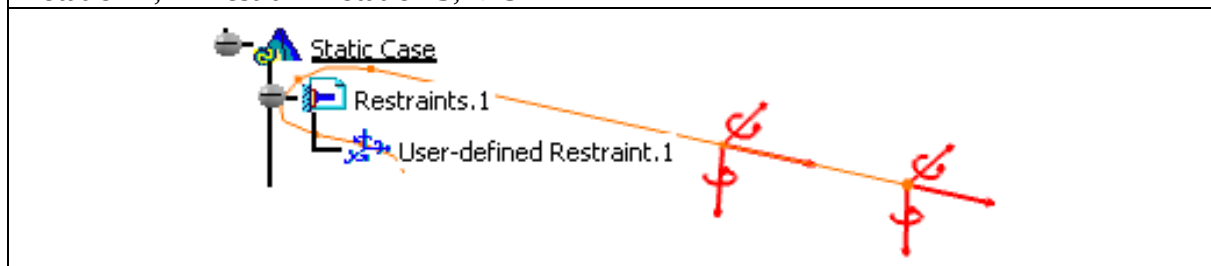
(Rigid Virtual Part) → **Rigid Virtual Part** → Supports: [se selectează segmentul P10P11]; Handler: P12; ↵OK.



C.4. Modelarea constrângerilor geometrice

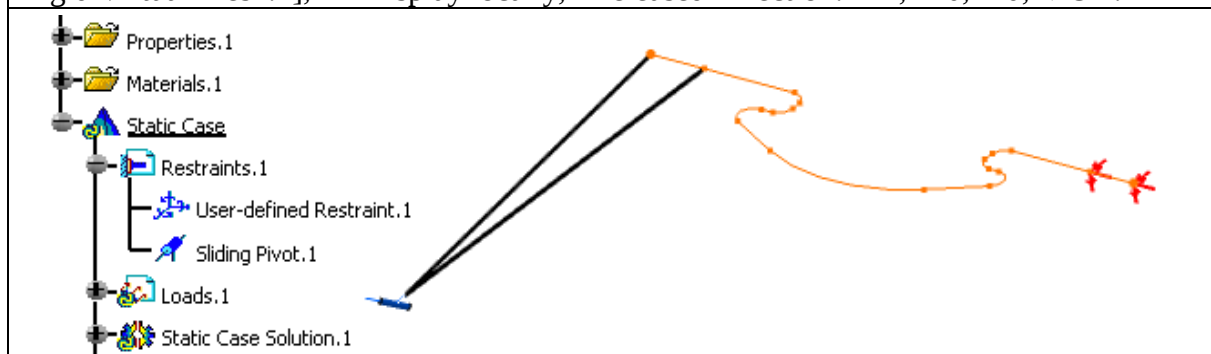
Introducerea restricțiilor de tip deplasare

(User-defined Restraint) → **User-defined Restraint**: Supports [se selectează cu mouse-ul segmentul P1P2]; ☐ Restrain Translation 2, ☐ Restrain Translation 3, ☐ Restrain Rotation 2, ☐ Restrain Rotation 3; ↵OK



Introducerea restricției de tip cuplă de rototranslație

(Sliding Pivot) → **Sliding pivot**: Supports [se selectează cu mouse-ul elementul rigid Rigid Virtual Mesh.1], ☒ Display locally, Released Direction: X 1, Y 0, Z 0; ↵OK.



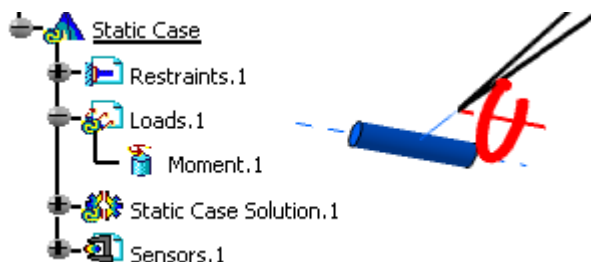
C.5. Modelarea încărcărilor

Introducerea momentului de torsiune



(Moment) →

Moment: Supports [se selectează cu mouse-ul elementul rigid, Rigid Virtual Mesh.1]; ☐ Display locally; Moment Vector: X 0,67Nm, Y 0 Nm, Z 0 Nm; ↵OK.



D. REZOLVAREA MODELULUI CU ELEMENTE FINITE

D.1. Lansarea modulului de calcul



(Compute) → **Compute:** ↵ All, ↵OK → **Computation Resources Estimation,** ↵Yes → **Computation Status.**

E. POSTPROCESAREA REZULTATELOR

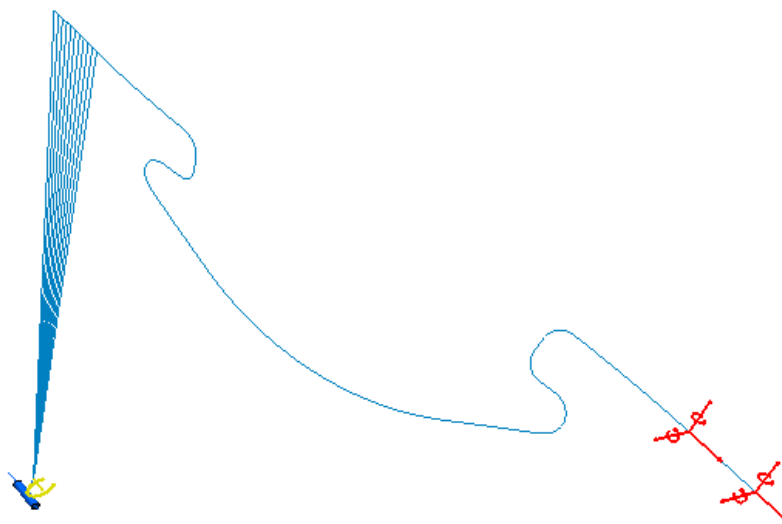
E.1. Vizualizarea stării deformate/Animație



(Deformation).



(Animate) → **Animate:** Steps number: 20 (se pot modifica și alți parametri), ↵Close.



Observație

Pentru modificarea amplitudinii deplasărilor la animație în vederea obținerii unei sugestivități îmbunătățite se poate parcurge succesiunea,

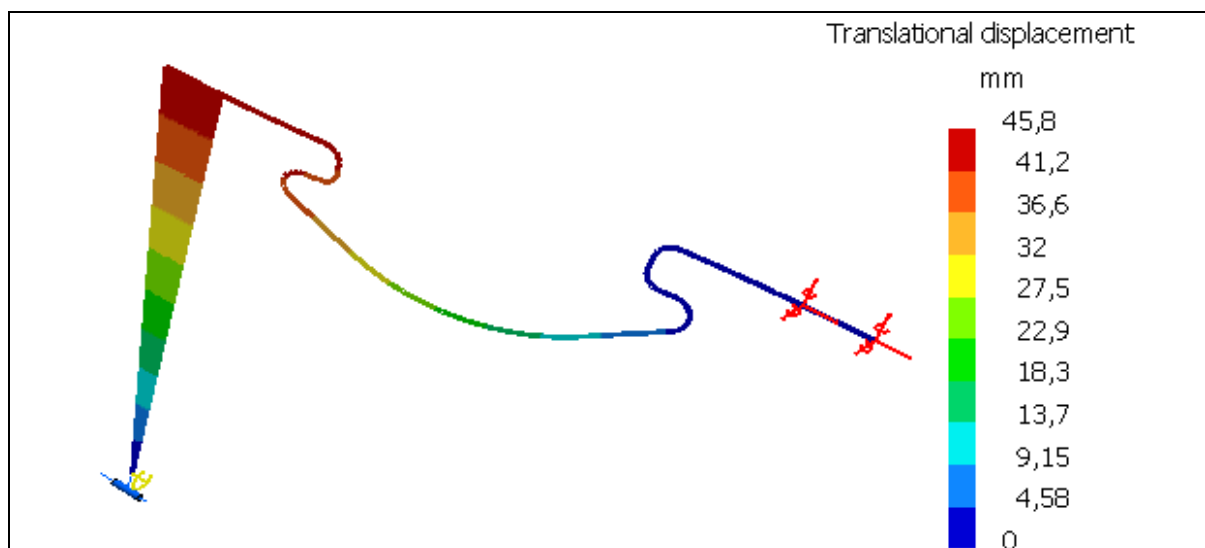


→ **Amplification magnitude:** Factor: 1 (se pot seta și alți parametri), ↵OK.

E.2. Vizualizarea câmpului de deplasări



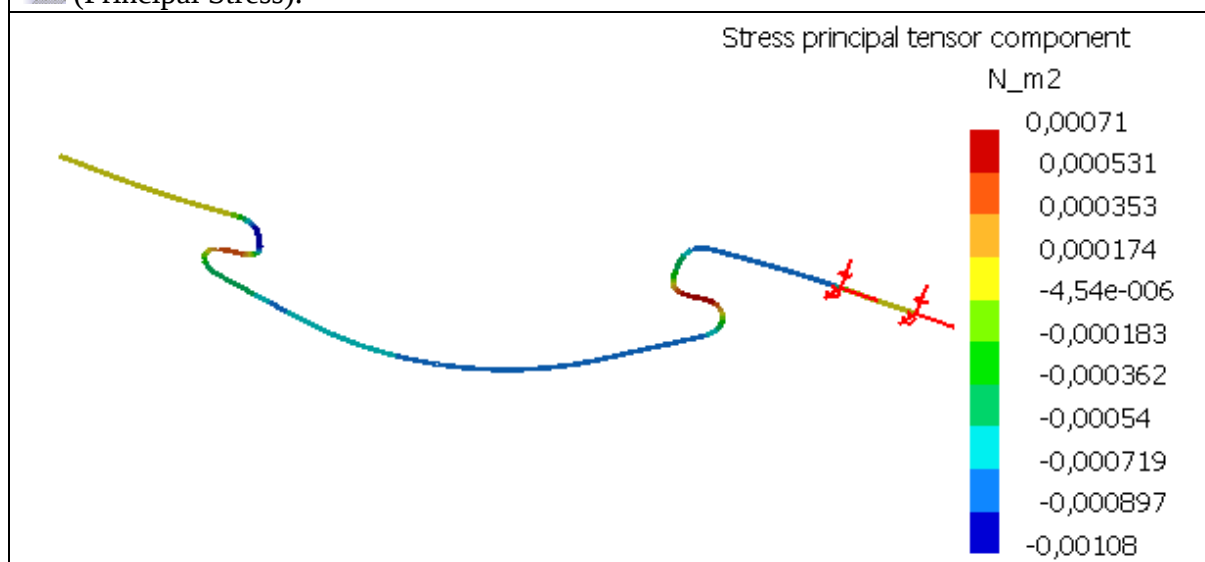
(Displacement).



E.3 Vizualizarea câmpului de tensiuni interne



(Principal Stress).



F. CONCLUZII

Datele obținute, în cazul acestei aplicații, se pot utiliza în proiectare pentru verificări de rezistență și de rigiditate. Rigiditatea torsională a cuplajului, se calculează cu relația $k_t = 2M_t/z\delta D_m = 5240 \text{ Nmm/rad}$ considerând $\delta = 45,8 \text{ mm}$ (fig. E.2) deplasarea circumferențială relativă a semicuplajelor datorită deformării elastice a arcurilor bară sub acțiunea momentului M_t . Valoarea rigidității torsionale se poate folosi pentru compararea cu cea admisibilă în calcule de verificare și în relațiile de calcul a sistemelor dinamice în care cuplajul joacă un rol important de atenuare a vibrațiilor torsionale.

Pe de altă parte, în fig. E.3 se evidențiază tensiunea maximă în bara curbă mult redusă ($0,00071 \text{ N/m}^2$), fapt ce arată că există mari resurse de deformare ale acesteia.

G. EXERCİȚIU

Să se efectueze analiza cu elemente finite a arcului elicoidal de compresiune din componenta cuplajului Cardeflex, prezentat mai jos, și cu următoarele dimensiuni: $D=200 \text{ mm}$, $D_1=16 \text{ mm}$, $d=3 \text{ mm}$, $z=4 \text{ spire}$, $L=50 \text{ mm}$. Arcurile elicoidale sunt executate din oțel

de arc 50VCr11A tratat la 50-55 HRC. Momentul de torsiune transmis de cuplaj este, $M_t = 80\text{Nm}$.

