



**Prof.dr.ing. Dorian Nedelcu**  
**Proiectare și simulare numerică cu**  
**SolidWorks**

**Digital prototyping & numerical  
simulation with SolidWorks**



Common borders. Common solutions.



© Editura EUROSTAMPA Timișoara

Referenți științifici:

**Prof. univ. dr. ing. Lia DOLGA** - Universitatea “POLITEHNICA” din Timișoara

**Prof. univ. dr. ing. Alexandru POPA** - Universitatea TRANSILVANIA din Brașov

Tehnoredactare computerizată și traducere: Dorian Nedelcu  
Grafică copertă: .....

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României  
NEDELCU, DORIAN  
*Proiectare și simulare numerică cu SolidWorks*

Editura EUROSTAMPA  
Timișoara, B-dul Revoluției din 1989 nr. 26  
Tel/fax: 0256-20,48,16

Tipar executat în Tipografia Eurostampa  
Iulie 2011

**PREFĂȚĂ****INTRODUCTION**

Din luna decembrie a anului 2010 în cadrul Universității "Eftimie Murgu" din Reșița s-a înființat Centrul pentru Simulații Numerice și Prototipare (C.S.N.P.), finanțat de Uniunea Europeană cu 169.563 Euro prin intermediul „Programului IPA de Cooperare Transfrontalieră România - Republica Serbia” și cu un buget total de 199.486 Euro.

Partenerii proiectului sunt UNIVERSITATEA "EFTIMIE MURGU" REȘIȚA - ROMANIA respectiv COLEGIUL TEHNIC DE ȘTIINȚE APLICATE ZRENJANIN - REPUBLICA SERBIA.

Proiectul oferă posibilitatea creării unui centru bazat pe noi tehnologii, de achiziție a echipamentelor (3D Printer, 3D Scanner & CNC Machine) și de a aplica aceste tehnologii în educația studenților din domeniul ingineresc. Din acest punct de vedere, partenerul din Serbia reprezintă o alegere logică, datorită elementelor comune: domeniul educațional, similaritatea specializărilor ingineresci, necesitatea creșterii nivelului educațional. Având în vedere prețul ridicat

In December 2010, the Centre for Numerical Simulation and Prototyping (C.S.N.P.) came into existence at the "Eftimie Murgu" University of Reșița, financed by European Union with € 169.563, through the "Romania - Republic of Serbia IPA Cross-border Cooperation Programme", with a total budget of € 199.486.

The project's partners are "EFTIMIE MURGU" UNIVERSITY OF REȘIȚA - ROMANIA and TECHNICAL COLLEGE OF APPLIED SCIENCES IN ZRENJANIN - REPUBLIC OF SERBIA.

The project offers the possibility to create a center based on new technologies, to achieve the necessary equipments (3D Printer, 3D Scanner & CNC Machine) and to apply these technologies in the engineering student's education. From this point of view, the Serbian partner is a logical choice, because of the common issues: educational statute, similarity of engineering specializations, the necessity to raise the technical

al echipamentelor, proiectul creează bazele unei cooperări actuale și viitoare având ca obiectiv utilizarea acestor tehnologii. Centrul poate constitui un partener pentru companii industriale din ambele regiuni. Astfel, centrul poate deveni un pol de excelență, accesibil pe termen lung partenerilor din regiunea transfrontalieră.

Universitatea "Eftimie Murgu" Reșița (UEMR) are o experiență de peste 37 de ani în educație și cercetare. UEMR este o instituție publică, finanțată din fonduri publice, dar și din surse proprii, generate din proiecte de cercetare și din transferul rezultatelor spre companii, ceea ce a condus spre o creștere a bugetului. UEMR oferă diplome la diferite nivele: licență, masterat și doctorat, învățământ la distanță, precum și diverse cursuri de calificare, recalificare și postdoctorale. UEMR include 2 facultăți: Facultatea de Inginerie și Facultatea de Științe Economice și Administrative, dispune de 115 cadre universitare și de aproape 5000 de studenți. Cercetarea este realizată în 7 centre de

level of education. Taking to account the high prices of the equipments, the project creates the basis of the actual and future educational cooperation in using this technology. The centre can be used as a partner for cooperation with industrial manufacturers in both regions. So, the centre can become a pole of excellence, accessible on long time to many cross-border partners.

University "Eftimie Murgu" of Resita (UEMR) has more than 37 years of experience in public higher education and research. UEMR is a public institution, depending on public funding, but its own resources, generated by research projects and by the transfer of results to the companies, have increased the general budget. UEMR offers degrees and diplomas at every university level: bachelor's degree, masters and doctoral studies, open distance training and also a diversified offer of training, retraining and postgraduate courses. UEMR includes 2 faculties: Faculty of Engineering and Faculty of Economics and Administration, has 115 university teaching staff and nearly 5000 students. Research activity in UEMR is

cercetare în inginerie și 6 centre în economie și științe sociale.

Colegiul Tehnic de Științe Aplicate din Zrenjanin este un institut de educație superioară, cu misiunea de a susține un proces educațional de înaltă calitate, de a dezvolta discipline științifice și de a transfera cunoștințe și aptitudini spre companii și spre societate în general. Experiența și volumul educațional ale colegiului pot fi apreciate prin prisma numărului mare de ingineri - 7000 - absolvenți în perioada celor 49 de ani de activitate. Colegiul Tehnic de Științe Aplicate a dezvoltat programe de studii care educă studenții pentru prezentul și viitorul disciplinelor din domeniile tehnici, tehnologie, social și economie.

Lucrarea se adresează studenților care desfășoară activități didactice de proiectare asistată de calculator și specialiștilor din domeniul proiectării în domeniul mecanic, care lucrează cu programul de proiectare asistată SolidWorks.

Lucrarea nu conține referințe teoretice ale comenzielor SolidWorks, ci o

developed in the university's research excellence centers: 7 centers in engineering and 6 centers in economics and social science.

The Technical College of Applied Sciences in Zrenjanin is a higher education institution whose mission is to achieve high quality education, development of scientific disciplines and transfer of acquired knowledge and skills to companies and society in general. The experience and volume of the education activity of the Technical College may be appreciated by taking into account the great number - 7.000 - of engineers who have graduated from it during the 49 years of activity.

The Technical College of Applied Sciences has developed study programs which educate students for the present and future technical and technological systems and social and economic systems.

The work is aimed at students that are currently learning computer aided design and design specialists in the mechanical field, working with the SolidWorks CAD software.

The paper contains no references on the theoretical SolidWorks commands, but a

suită de aplicații, realizate în format tutorial, care acoperă atât partea de generare a geometriei componentelor și ansamblelor (Basic Design), cât și posibilitățile de simulare numerică, disponibile prin intermediul modulelor integrate Simulation, Flow și Motion.

Aplicațiile, salvate pe DVD-ul asociat lucrării, au fost realizate utilizând versiunea 2011 a programului SolidWorks, dar aceasta nu constituie o limitare pentru lucrul cu alte versiuni.

La adresa de e-mail [d.nedelcu@uem.ro](mailto:d.nedelcu@uem.ro) aștept sugestii, comentarii sau solicitări referitoare la lucrare sau la programul SolidWorks.

suite of applications made in a tutorial format, covering both the components and assemblies geometry generation (Basic Design) and the possibilities of numerical simulation, available through integrated modules: Simulation, Flow and Motion.

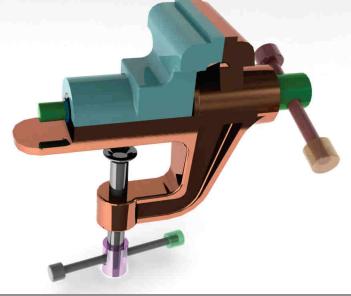
The applications, saved on paper's DVD, were made using the 2011 version of the SolidWorks software, but this does not constitute an obstacle for working with other versions.

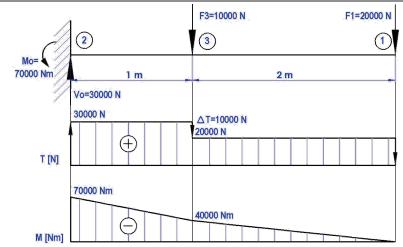
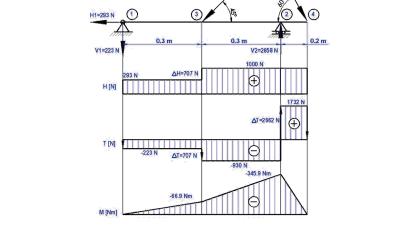
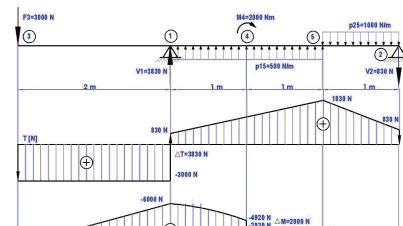
At the e-mail address [d.nedelcu@uem.ro](mailto:d.nedelcu@uem.ro), I await your suggestions, comments or requests on the paper or on the SolidWorks software.

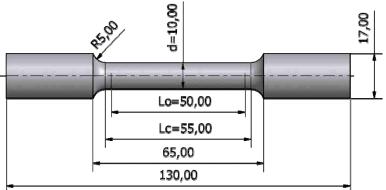
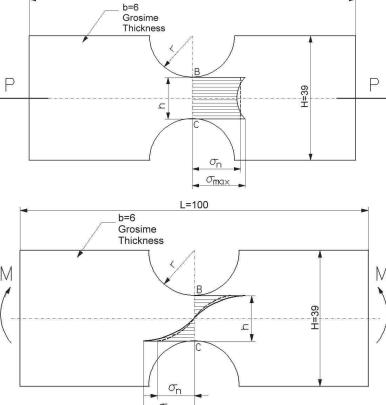
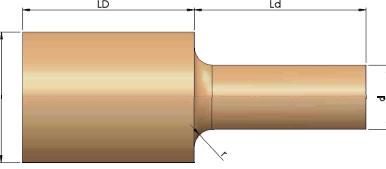
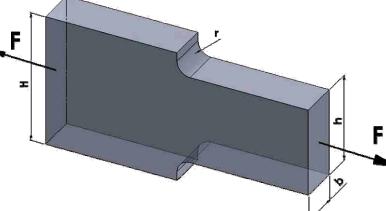
Dorian Nedelcu  
Reșița, Iunie 2011

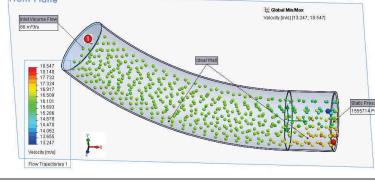
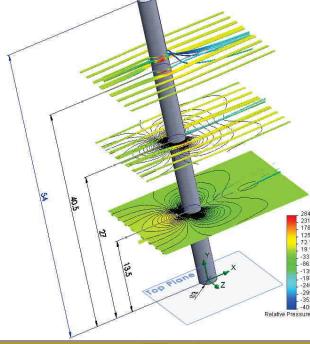
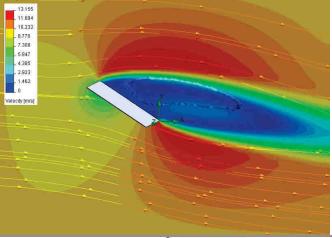
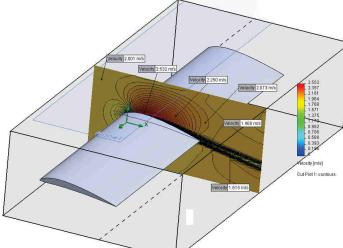
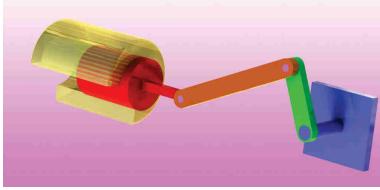
Dorian Nedelcu  
Reșița, June 2011

## CUPRINS / CONTENTS

Titlu Title	Geometrie Geometry	Basic Design	Simulation	Flow	Motion
1. Proiectarea unui vinci 1. The Screw Jack Design		✓	✓		
2. Proiectarea unei menghine 2. The Screw Vice Design			✓		
3. Proiectarea unui rotor Pelton 3. The Pelton Runner Design		✓	✓		

Titlu Title	Geometrie Geometry	Basic Design	Simulation	Flow	Motion
4. Diagramme de eforturi pentru o grindă încărcată cu două forțe concentrate verticale		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4. The structural analysis of a beam loaded with two concentrated vertical forces		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5. Diagramme de eforturi pentru o grindă încărcată cu două forțe concentrate inclinate		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5. The structural analysis of a beam loaded with two concentrated inclined forces					
6. Diagramme de eforturi pentru o grindă încărcată cu forță și moment concentrate și presiune distribuită		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6. The structural analysis of a beam loaded with concentrated force and moment and distributed pressure					
7. Diagramme de eforturi pentru un cadru plan încărcat cu forță concentrată și presiune distribuită		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7. The structural analysis of a rigid frame loaded with concentrated force and distributed pressure					
8. Diagramme de eforturi pentru o grindă curbată încărcată cu două forțe concentrate		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8. The structural analysis of a curved beam loaded with two concentrated forces					

Titlu Title	Geometrie Geometry	Basic Design	Simulation	Flow	Motion
9. Simularea numerică a încercării la tracțiune a unei epruvete standardizate  9. The numerical simulation of tensile test for a standardized specimen		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10. Simularea numerică a întinderii și încovoierii unei plăci plane cu concentrator de tensiune simetric de tip decupare semicirculară  10. The tensile and bending simulation of a plate with symmetrical stress concentrator type with a semicircular cutting shape		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11. Studiul numeric al concentratorului de tip racordare pentru o bară de secțiune circulară supusă solicitării de întindere  11. Numerical study of the local stress for a fillet with tensile force applied on circular section bar		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12. Studiul numeric al concentratorului de tip racordare pentru o bară de secțiune dreptunghiulară supusă solicitării de întindere  12. Numerical study of the local stress for a fillet with tensile force applied on rectangular section bar		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Titlu Title	Geometrie Geometry	Basic Design	Simulation	Flow	Motion
13. Curgerea printr-o conductă circulară 13. The flow through a circular pipeline		✓	✓		
14. Calcul forță aerodinamică și distribuție de presiuni pentru un coș vertical 14. Calculation of the aerodynamic force and pressure distribution for a vertical funnel		✓	✓		
15. Calcul forță aerodinamică pentru o placă 15. Calculation of the aerodynamic force for a plate		✓	✓		
16. Calcul caracteristici hidrodinamice pentru profilul izolat Go428 16. Calculation of the hydrodynamic characteristics for isolated profile Go428		✓	✓		
17. Analiza cinematică și dinamică a mecanismului bielă-manivelă 17. The kinematics and dynamics analysis of the crank mechanism				✓	✓

## 1. PROIECTAREA UNUI VINCI

### 1. THE SCREW JACK DESIGN



**SUMAR APlicațIE**

- Obiective ale aplicației;
- Etape ale aplicației;
- Creare geometrie „Corp”;
- Creare geometrie „Piulita”;
- Creare geometrie „Parghie”;
- Creare geometrie „Tija”;
- Creare geometrie „Cupa”;
- Creare geometrie „Surub”;
- Creare ansamblu vinci;
- Calcul de verificare la flambaj;
  - Activare modul SolidWorks Simulation
  - Creare studiu de simulare
  - Selectie material
  - Aplicare restrângerii
  - Aplicare forță
  - Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare
  - Comparare rezultate.

**APPLICATION SUMMARY**

- Goals of the application;
- Stages of the application;
- The “Body” design;
- The “Nut” design;
- The “Lever” design;
- The “Shank” design;
- The “Bucket” design;
- The “Bolt” design;
- Creation of the screw jack assembly;
- The buckling calculus;
  - Activation of the SolidWorks Simulation module
  - Creation of the simulation study
  - Selection of the material
  - Application of the restraint
  - Application of the force
  - Meshing and running of the simulation study
  - Comparation of the results.

**DESCRIEREA APlicațIEI**

Aplicația descrie pas cu pas procedurile de generare a geometriei solide 3D a componentelor vinciului, crearea ansamblului și a calculului FEM pentru verificarea la flambaj a tijei, utilizând SolidWorks pentru generarea geometriei și SolidWorks Simulation pentru analiza FEM. Vinciul este proiectat pentru o forță de 3000 N și o cursă de 350 mm.

**APPLICATION DESCRIPTION**

The application describes every step of the following procedures: 3D solid geometry generation of the screw jack components, parts assembly and finite element calculation for the verification of the shank buckling, through the usage of the SolidWorks and SolidWorks Simulation software. The screw jack is designed to support a 3000 N force for 350 mm stroke.

### 1.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a proiecta geometria vinciului din fig. 1.1 [15].

### 1.1 The application's goals

The goal of the application is to design the screw jack from fig. 1.1 [15].

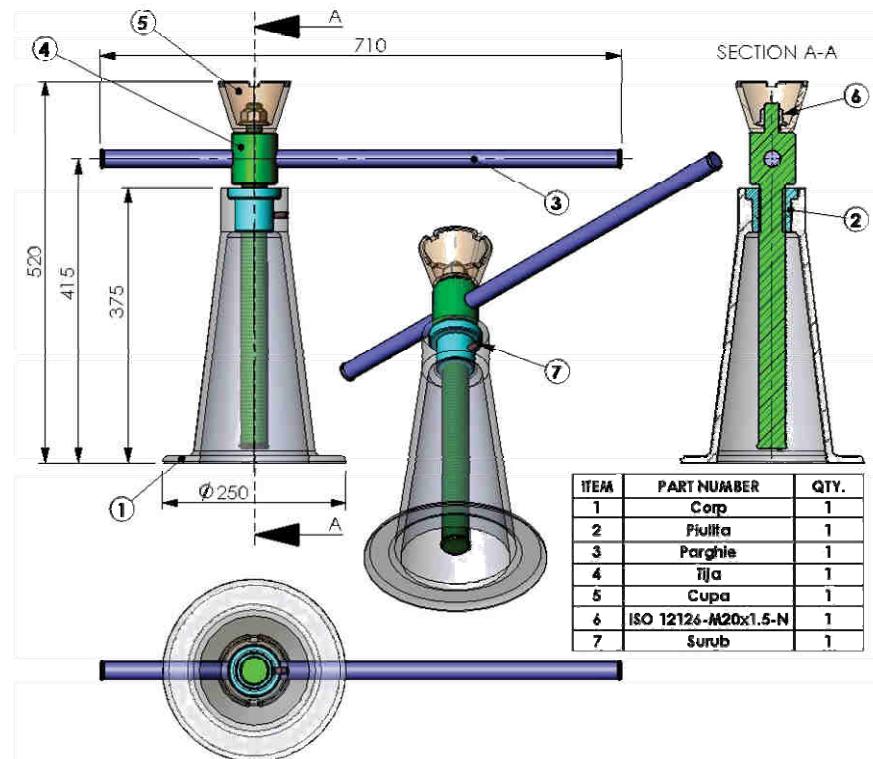


Fig. 1.1

### 1.2 Etape ale aplicației

- Creare geometrie „Corp”;
- Creare geometrie „Piulita”;
- Creare geometrie „Parghie”;
- Creare geometrie „Tija”;
- Creare geometrie „Cupa”;
- Creare geometrie „Surub”;
- Creare ansamblu vinci.

### 1.2 The stages of application

- The “Body” design;
- The “Nut” design;
- The “Lever” design;
- The “Shank” design;
- The “Bucket” design;
- The “Bolt” design;
- Creation of the screw jack assembly;

### 1.3 Creare geometrie „Corp”

#### 1.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Corp**. Dimensiunile piesei sunt prezentate în fig. 1.2.

#### 1.3.2 Crearea primei schițe

Se va desena schița din fig. 1.3 în planul Top.

### 1.3 The „Body” design

#### 1.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Corp**. The **Corp** dimensions are shown in fig. 1.2.

#### 1.3.2 Creation of the first sketch

The sketch from fig. 1.3 will be drawn in **Top** plane.

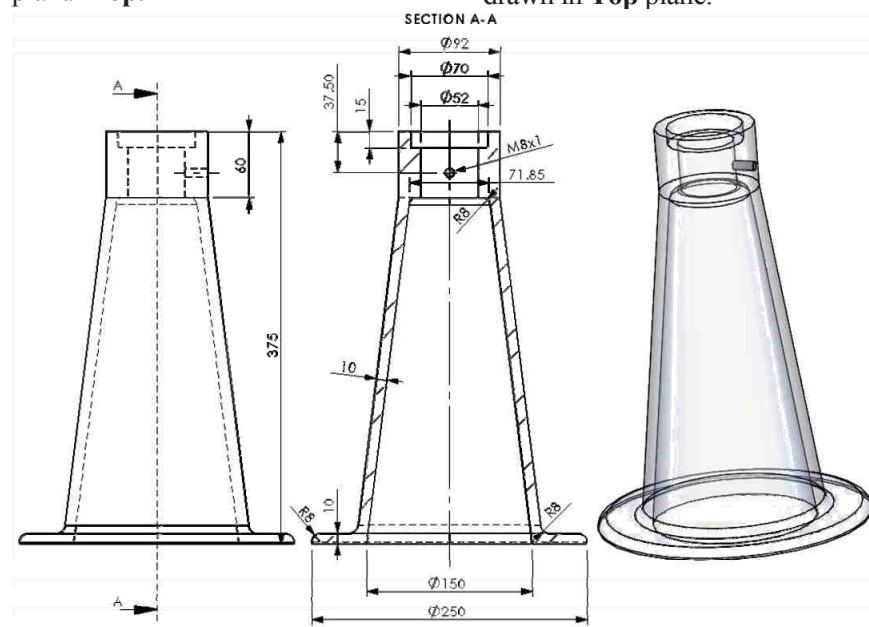


Fig. 1.2

#### 1.3.3 Revoluție schiță

Conturul va fi revoluționat pe  $360^{\circ}$  în jurul axei de simetrie verticală.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Revolve** PropertyManager, iar vederea se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta schița creată anterior.
- Click în câmpul **Axis of Revolution** și selecție axă de simetrie;

#### 1.3.3 Revolving the sketch

The profile is revolved in a  $360^{\circ}$  angle around the vertical symmetry axis.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Revolve** Property Manager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the preview sketch.

- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 1.4:
  - **Blind în Revolve Type**
  - Valoarea **360** în **Direction 1 angle**
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Revolve1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Click ; the new feature, **Revolve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

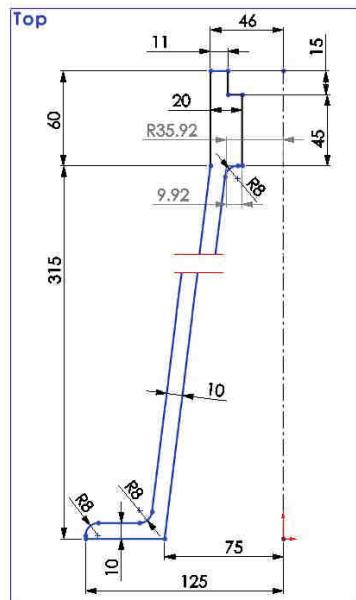


Fig. 1.3

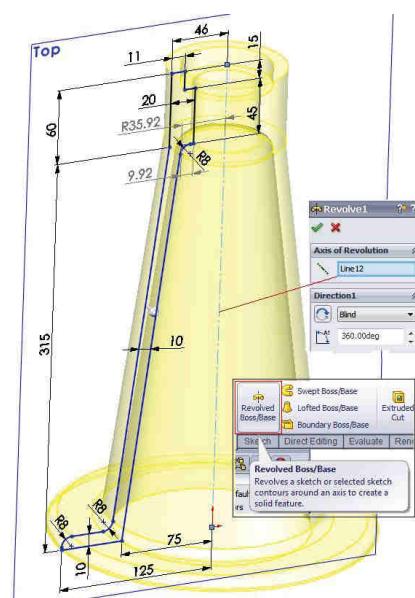


Fig. 1.4

### 1.3.4 Creare plan de referință

Planul va fi utilizat în etapa imediat următoare, pentru trasarea unui cerc. Planul se va construi perpendicular pe planul **Top** și tangent la fața cilindrică superioară.

- Select **Plane** din lista **Reference Geometry** (Features toolbar).

### 1.3.4 Creation of reference plan

The reference plan will be used in the next step to draw a circle. The plane is generated perpendicular on the **Top** plane and tangent to the upper cylindrical face.

- Click **Plane** from **Reference Geometry** (Features toolbar).

- În stânga va apărea caseta **Plane** PropertyManager.
- Click în câmpul **First Reference** și selectează plan **Top** din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
- Selectie contrângere **Perpendicular**;
- Click în câmpul **Second Reference** și selectează față cilindrică superioară din zona grafică.
- Selectie contrângere **Tangent**;
- Click ✓; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Plane1**, fig. 1.5.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- The **Plane** Property Manager will appear in the left pane.
- Click on the **First Reference** field and select **Top** plane from the flyout FeatureManager tree or from the graphic area.
- Select the **Perpendicular** constraint.
- Click on the **Second Reference** field and select the upper cylindrical face from the graphic area.
- Select the **Tangent** constraint.
- Click ✓; the new feature, **Plane1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area, fig. 1.5.

### 1.3.5 Crearea schiței a doua

Se va desena cercul  $\phi 8$  din fig. 1.3 în planul planul **Plane1**, fig. 1.6.

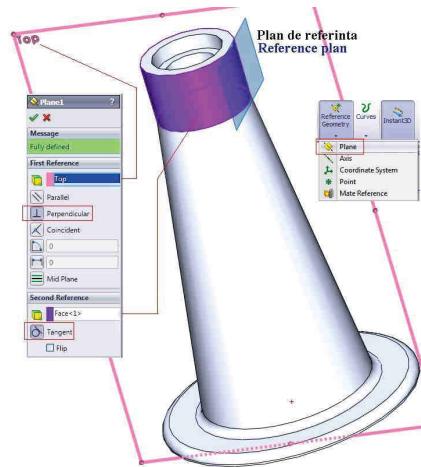


Fig. 1.5

### 1.3.5 Creation of the second sketch

The  $\phi 8$  circle from fig. 1.3 will be drawn in **Plane1**, fig. 1.6.

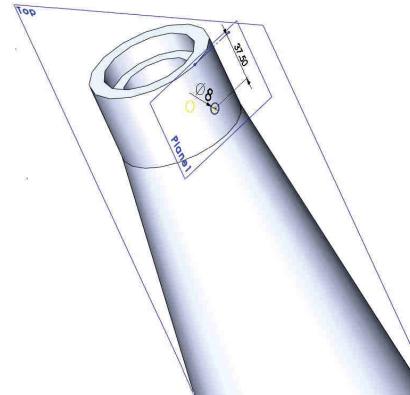


Fig. 1.6

### 1.3.6 Extrudare cerc

Cercul  $\phi 8$  va fi extrudat pe distanță de 25 mm, fig. 1.7.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul.

### 1.3.6 Extruding of the circle

The  $\phi 8$  circle will be extruded on a distance of 25 mm, fig. 1.7.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Select the circle.

- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **25** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Cut-Extrude1**.
- In the PropertyManager, under **Direction 1:**
  - Select **Blind** in **End Condition.**
  - Set **Depth** to **25**.
- Click **✓**; the new feature, **Cut-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

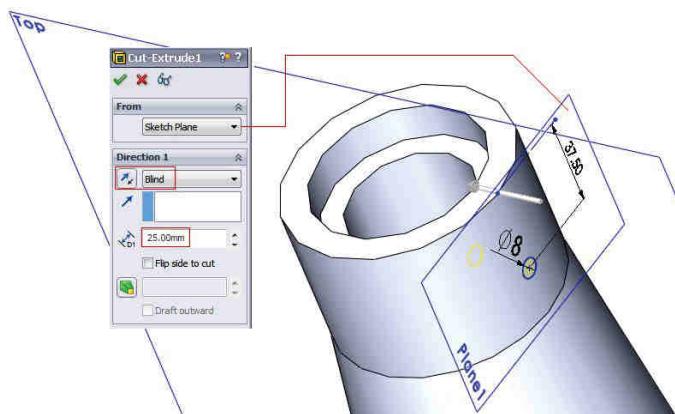


Fig. 1.7

### 1.3.7 Generare „filet cosmetic”

Un „filet cosmetic” descrie atributele unui filet asociat unei găuri, acolo unde nu este neapărat necesară adăugarea geometriei reale 3D a filetelui. Pentru un arbore, filetul cosmetic se reprezintă prin diametrul interior (minimal), iar pentru un alezaj prin diametrul exterior (maximal); filetul cosmetic are asociată o casetă în care pot fi specificate mărimele caracteristice, casetă care poate fi inserată în desenul de execuție.

- Din meniu se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Selectie muchie circulară de diametru  $\phi 8$  la care se va ataşa filetul; identificatorul acesta va fi depus în câmpul **Circular Edges**, fig. 1.8.
- Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
- In the **Circular Edges** field, the edge ID is completed in the **Circular Edges** field, fig. 1.8.
- Select **None** option from **Standard** list.

### 1.3.7 Creation of the Cosmetic Thread

A cosmetic thread describes the attributes of a specific hole where it is not necessary to add real threads to the model. A cosmetic thread represents the minor (inner) diameter of a thread on a boss or the major (outer) diameter of a thread on a hole and can include a hole callout in drawings.

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge with a  $\phi 8$  diameter where the thread will be attached; the edge ID is completed in the **Circular Edges** field, fig. 1.8.
- Select **None** option from **Standard** list.

- Specificare diametru maximal 9 în câmpul **Major diameter** ; valoarea acestuia trebuie să fie mai mare decât al găurii, dar fără a corespunde în mod necesar valorii reale, deoarece are numai o funcție vizuală.
- Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Up to Next**.
- În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M8x1.0.**
- Specify a maximal diameter 9 in the **Major diameter** field; this value must be bigger than the hole diameter, but not necessarily equal with the real value, because it has only one visual function.
- Select **Up to Next** from **End Condition** list.
- Specify **M8x1.0.** in the **Thread Callout** field.

Pentru vizualizarea diametrului și a texturii filetului trebuie activate opțiunile **Cosmetic Threads** și **Shaded cosmetic threads** în fereastra **Annotation Properties**, generată prin opțiunea **Details** preluată din meniu contextual activat prin buton dreapta mouse pe ramura **Annotations** din arborele piesei, fig. 1.8. Din același meniu trebuie activată și opțiunea **Display Annotation**.

To view the thread diameter and his surface representation, **Cosmetic Threads** and **Shaded cosmetic threads** options must be activated in the **Annotation Properties** window, generated through **Details** option, taken from **Annotations** branch contextual menu, fig. 1.8. From the same meniu, the **Display Annotation** option must be activated.

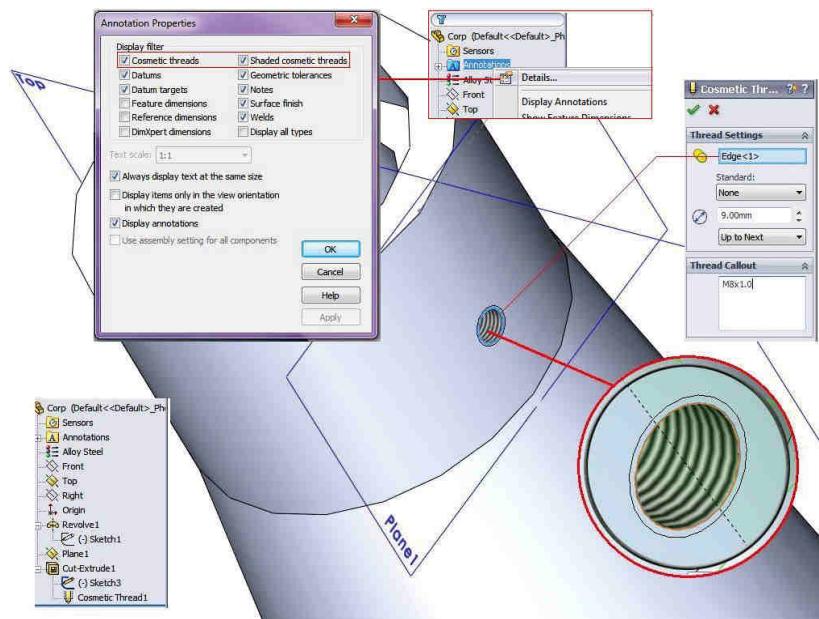


Fig. 1.8

## 1.4 Creare geometrie „Piulită”

### 1.4.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Piulita**. Dimensiunile piesei sunt prezentate în fig. 1.9.

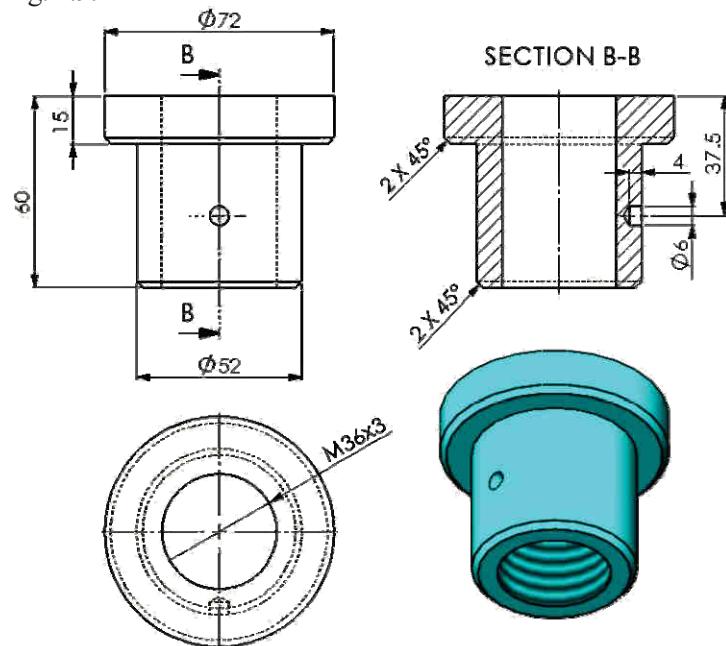


Fig. 1.9

## 3.1.4 The „Nut” design

### 1.4.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Piulita**. The **Piulita** dimensions are shown in fig. 1.9.

### 1.4.2 Crearea primei schițe

Se va desena schița din fig. 1.10 în planul **Top**.

### 1.4.3 Revoluție schiță

Conturul va fi revoluționat pe  $360^{\circ}$  în jurul axei de simetrie verticale.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Revolve** PropertyManager, iar vederea se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta schița creată anterior.
- Click în câmpul **Axis of Revolution** și selecție axă de simetrie.

### 1.4.2 Creation of the first sketch

The sketch from fig. 1.10 will be drawn in **Top** plane.

### 1.4.3 Revolving the sketch

The profile is revolved in a  $360^{\circ}$  angle around the vertical symmetry axis.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Revolve** Property Manager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the preview sketch.
- Click on **Axis of Revolution** field and select the symmetry axis.

- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 1.11:

- **Blind în Revolve Type**
- Valoarea **360** în **Direction 1 angle**

- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Revolve1**.

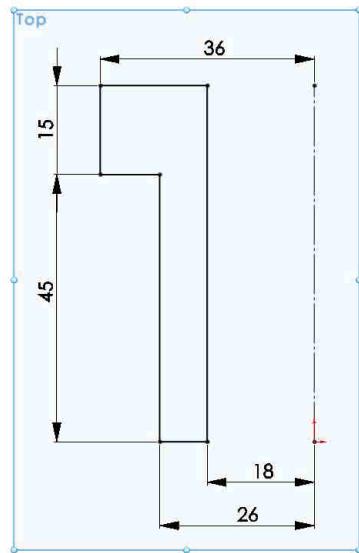


Fig. 1.10

- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 1.11:
  - Select **Blind** in **Revolve Type**
  - Set **Direction 1 angle** to **360**.
- Click ; the new feature, **Revolve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

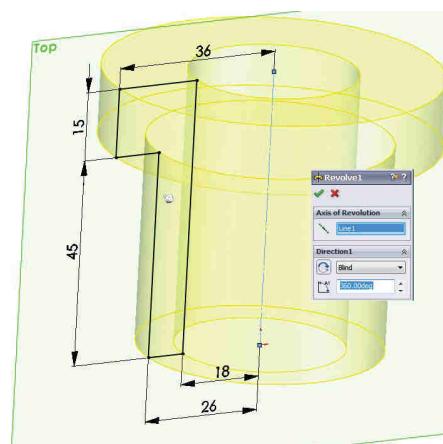


Fig. 1.11

#### 1.4.4 Creare gaură $\phi 6 \times 4$

- Select **Hole Wizard** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Hole Specification** PropertyManager.
- Selectie tip gaură **Hole** în zona Hole Type.
- Selectie **ISO** din lista Standard;
- Selectie **Drill size** din lista Type;
- Selectie valoare  **$\phi 6.0$**  din lista Size;
- Selectie **Blind** din lista End Condition;

#### 1.4.4 Creation of a $\phi 6 \times 4$ hole

- Click **Hole Wizard** (Features toolbar).
- The **Hole Specification** Property Manager appears in the left pane.
- Select **Hole** type from **Hole Type** area .
- Select **ISO** from **Standard** list.
- Select **Drill size** from **Type** list;
- Select  **$\phi 6.0$**  value from **Size** list;
- Select **Blind** from **End Condition** list.

- Specificare valoare 4 în câmpul **Blind Hole Depth** .
- Click pe eticheta **Positions** pentru poziționarea găurii;
- Selectie față cilindrică de rază R26;
- Selectie comanda **Smart Dimension** .
- Selectie față superioară plană și punctul central al găurii;
- Specificare cotă 37.5, click  și apăsare tastă **ESC** pentru a ieși din comanda de dimensionare;
- Selectie plan **Right** și, cu tasta **Ctrl**, punctul central al găurii;
- Impunere constrângere **On Plane** și click .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Ø6.0 (6) Diameter Hole1**, fig. 1.12.
- Specify the value 4 in the **Blind Hole Depth** field .
- Click on **Positions** label to position the hole;
- Select the R26 cylindrical face;
- Select the **Smart Dimension**  command;
- Select the upper planar face and the central hole point;
- Specify a value of 37.5, click  and press **ESC** key to exit from dimension command;
- Select the **Right** plane and, with the **Ctrl** key, the central hole point;
- Impose **On Plane** constraint and click .
- Click ; the new feature, **Ø6.0 (6) Diameter Hole1**, appears in the FeatureManager design tree and in the graphics area, fig. 1.12.

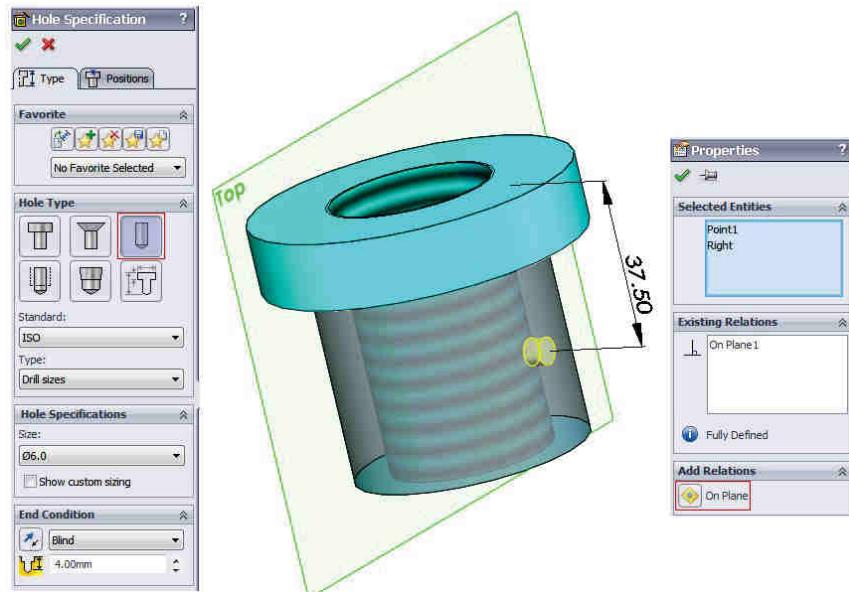


Fig. 1.12

### 1.4.5 Generare „filet cosmetic” M36x3

- Se va genera filetul interior M36x3.
- Din meniu se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
  - Selecție muchie circulară de diametru  $\phi 36$  la care se va atașa filetul; identificatorul acestaia va fi depus în câmpul **Circular Edges** , fig. 1.13.
  - Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
  - Specificare diametru maximal 37 în câmpul **Major diameter** ; valoarea acestuia trebuie să fie mai mare decât al găurii, dar fără a corespunde în mod necesar valorii reale, deoarece are numai o funcție vizuală.
  - Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Through**.
  - În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M36x3**.

### 1.4.5 Creation of the M36x3 Cosmetic Thread

The interior thread M36x3 will be generated.

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge with a  $\phi 36$  diameter where the thread will be attached; the edge ID is completed in the **Circular Edges**  field, fig. 1.13.
- Select **None** option from **Standard** list.
- Specify a maximal diameter of 37 in the **Major diameter**  field; this value must be bigger than the hole diameter, but not necessary equal with the real value, because it has only a visual function.
- Select **Through** from **End Condition** list.
- Specify **M36x3** in the **Thread Callout** field.

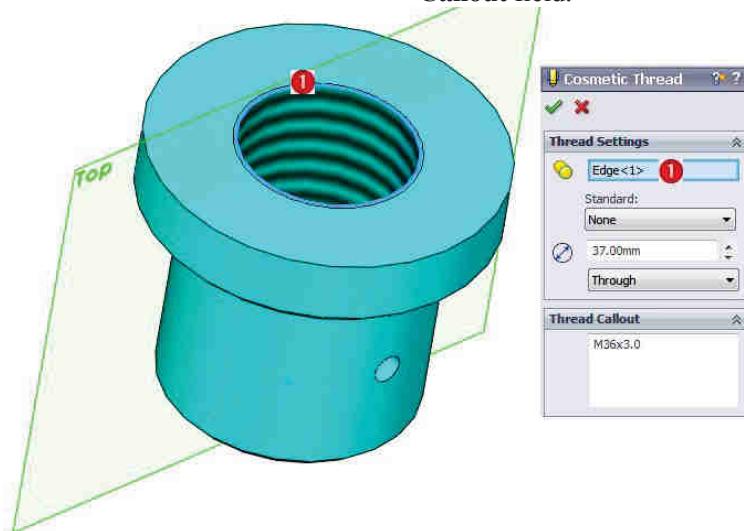
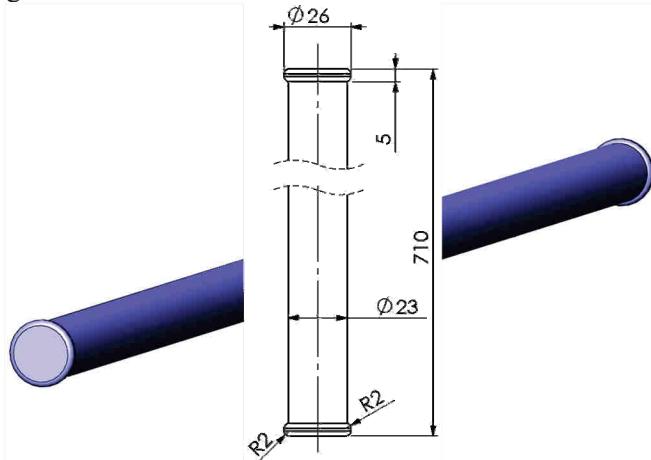


Fig. 1.13

## 1.5 Creare geometrie „Parghie”

### 1.5.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Parghie**. Cotele piesei rezultă din fig. 1.14.



### 1.5.2 Creare schiță inițială

Se va desena un cerc de diametru 23 centrat în punctul origine al planului Top, fig. 1.15.

### 1.5.3 Extrudare schiță inițială

Cercul Ø23 va fi extrudat pe distanță de 700 mm, fig. 1.16.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în End Condition.
  - Valoarea **700** în Depth.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

## 3.1.5 The „Lever” design

### 1.5.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Parghie**. The **Parghie** dimensions are shown in fig. 1.14.

Fig. 1.14

### 1.5.2 Creation of the first sketch

A circle with 23 diameter will be drawn centred in the origin point of the **Top** plane, fig. 1.15.

### 1.5.3 Extrudation of the first sketch

The Ø23 circle will be extruded on 700 mm, fig. 1.16.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the circle; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - **Blind** in End Condition list.
  - Set Depth to **700**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

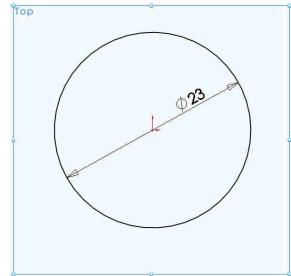


Fig. 1.15

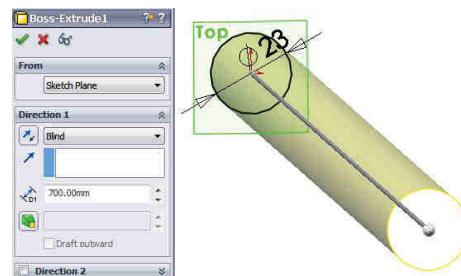


Fig. 1.16

#### 1.5.4 Creare schiță cerc $\phi 26$

Se va desena un cerc de diametru 26 centrat în punctul origine al planului **Top**, fig. 1.17.

#### 1.5.5 Extrudare cerc $\phi 26$

Cercul  $\phi 26$  va fi extrudat pe distanță de 5 mm, fig. 1.17. În zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.

#### 1.5.6 Creare schiță cerc $\phi 26$

Se va desena un cerc de diametru 26 pe fața plană a cilindrului  $\phi 23 \times 700$  opusă planului **Top**, fig. 1.18.

#### 1.5.7 Extrudare schiță cerc $\phi 26$

Cercul  $\phi 26$  va fi extrudat pe distanță de 5 mm, fig. 1.18. În zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude3**.

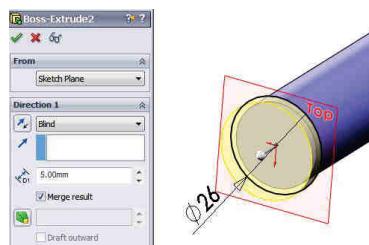


Fig. 1.17

#### 1.5.4 Creation of the $\phi 26$ circle sketch

A circle with a diameter of 26 will be drawn, centered in the origin point of the **Top** plane, fig. 1.17.

#### 1.5.5 Extrudation of the $\phi 26$ circle

The  $\phi 26$  circle will be extruded on a 5 mm distance, fig. 1.17. The new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

#### 1.5.6 Creation the $\phi 26$ circle sketch

A circle with a diameter of 26 will be drawn on the end plane face of the  $\phi 23 \times 700$  cylinder, opposite to the **Top** plane, fig. 1.18.

#### 1.5.7 Extrudation of the $\phi 26$ circle sketch

The  $\phi 26$  circle will be extruded on a distance of 5 mm, fig. 1.18. The new feature, **Boss-Extrude3**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

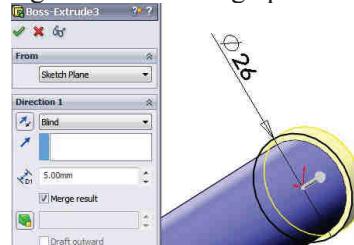


Fig. 1.18

### 1.5.8 Creare racordari R2

Asupra entităților **Boss-Extrude2** și **Boss-Extrude3** se vor aplica racordările cu raza R2, fig. 1.19.

- Click **Fillet** (Features toolbar) sau din meniul principal se va selecta **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Selecție opțiuni **Manual** și **Constant radius**.
- Specificare valoare rază de raccordare 2 în câmpul
- Selecție 4 muchii din fig. 1.19.
- Click

### 1.5.8 Creation of the R2 fillets

The fillet with the R2 radius will be applied to the **Boss-Extrude2** and **Boss-Extrude3** features, fig. 1.19.

- Click **Fillet** (Features toolbar or click **Insert → Features → Fillet/Round**).
- Select **Manual** and **Constant radius** options.
- Specify the radius value of 2 in the radius field
- Select the four edges from fig. 1.19.
- Click

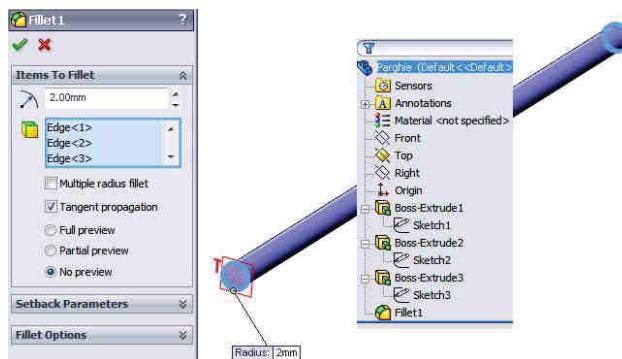


Fig. 1.19

## 1.6 Creare geometrie „Tija”

### 3.1.6 The „Shank” design

#### 1.6.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “*part*” document salvat sub numele de **Tija**. Cotele piesei rezultă din fig. 1.20.

#### 1.6.2 Crearea primei schițe

Se va desena conturul din fig. 1.21 în planul **Top**.

#### 1.6.3 Revoluție schiță

Conturul va fi revolutionat pe 360° în jurul axei de simetrie verticale.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).

#### 1.6.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Tija**. The **Tija** dimensions are shown in fig. 1.20.

#### 1.6.2 Creation of the first sketch

The profile from fig. 1.21 will be drawn in **Top** plane.

#### 1.6.3 Revolving the sketch

The profile is revolved in a 360° angle around the vertical symmetry axis.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).

- În stânga va apărea caseta Revolve PropertyManager, iar vederearea se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta schița creată anterior.
- Click în câmpul **Axis of Revolution** și selecție axă de simetrie;
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 1.22:
  - **Blind** în **Revolve Type**
  - Valoarea **360** în **Direction 1 angle**
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Revolve1**.

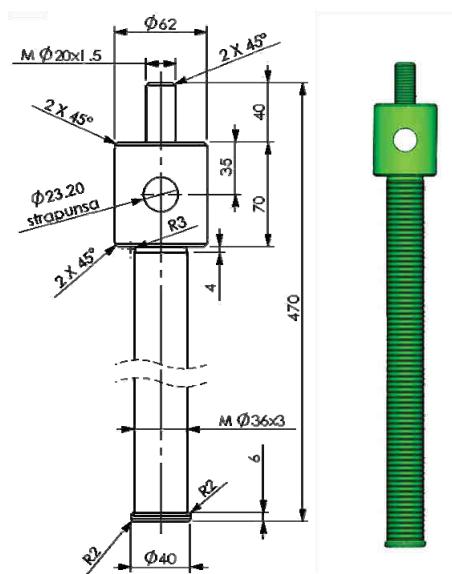


Fig. 1.20

- The **Revolve** Property Manager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the preview sketch.
- Click on **Axis of Revolution** field and select the symmetry axis.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 1.22:
  - Select **Blind** in **Revolve Type**
  - Set **Direction 1 angle** to **360**.
- Click ; the new feature, **Revolve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

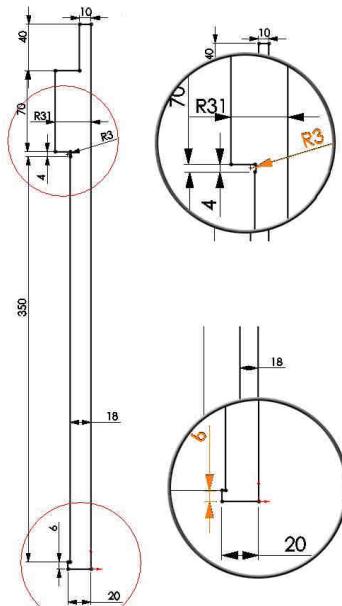


Fig. 1.21

- #### 1.6.4 Generare filet M20x1.5
- Din meniul principal se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.

- #### 1.6.4 Creation of the M20x1.5 Thread
- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.

- Selectie muchie circulară de diametru  $\phi 20$  la care se va ataşa filetul; identificatorul acesteia Edge <1> va fi depus în câmpul Circular Edges , fig. 1.23.
- Din lista Standard se va selecta opțiunea None.
- Specificare diametru minimal 19 în câmpul Minor diameter ; valoarea acestuia trebuie să fie mai mică decât al arborelui, dar fără a corespunde în mod necesar valorii reale, deoarece are numai o funcție vizuală.
- Din lista End Condition se va selecta opțiunea Through.
- În câmpul Thread Callout se va completa: M20x1.5.
- Select the circular edge with a  $\phi 20$  diameter where the thread will be attached; the edge ID Edge <1> is completed in the Circular Edges  field, fig. 1.23.
- Select None option from Standard list.
- Specify a minimal diameter of 19 in the Minor diameter  field; this value must be smaller than the shaft diameter, but not necessary equal with the real value, because it has only a visual function.
- Select Through from End Condition list.
- Specify M20x1.5 in the Thread Callout field.

 În FeatureManager va apărea o nouă entitate Cosmetic Thread1 subordonată ramurii Revolve1.

#### 1.6.5 Generare filet M36x3

- Din meniu principal se va selecta Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Selectie muchie circulară de diametru  $\phi 36$  la care se va ataşa filetul; identificatorul acesteia Edge <1> va fi depus în câmpul Circular Edges , fig. 1.24.
- Din lista Standard se va selecta opțiunea None.
- Specificare diametru minimal 35 în câmpul Minor diameter .
- Din lista End Condition se va selecta opțiunea Through.
- În câmpul Thread Callout se va completa: M36x3.
- Click Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Select the circular edge with a  $\phi 36$  diameter where the thread will be attached; the edge ID Edge <1> will be completed in the Circular Edges  field, fig. 1.24.
- Select None option from Standard list.
- Specify a minimal diameter of 35 in the Minor diameter  field.
- Select Up to Next from Through list.
- Specify M36x3 in the Thread Callout field.

În FeatureManager va apărea o nouă entitate **Cosmetic Thread2** subordonată ramurii **Revolve1**.

#### 1.6.6 Creare schiță $\phi 23.2 \times 395$

Se va desena un cerc de diametru 23.2 în **Top** la distanță de 395 mm față de baza tijei, fig. 1.25.

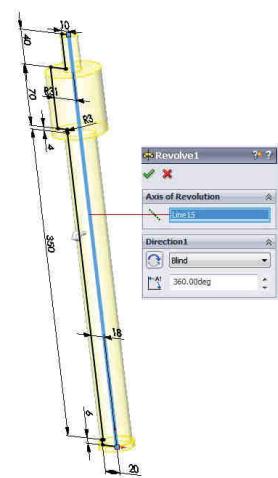


Fig. 1.22

The new feature **Cosmetic Thread2** appears in the FeatureManager under the **Revolve1** feature.

#### 1.6.6 Creation of the $\phi 23.2 \times 395$ sketch

A circle with 23.2 diameter will be drawn in **Top** plane at a distance of 395 mm from the base, fig. 1.25.

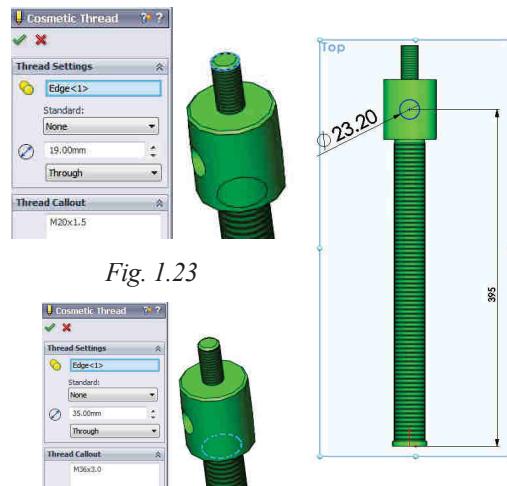


Fig. 1.23

Fig. 1.24

Fig. 1.25

#### 1.6.7 Extrudare cerc

Cercul  $\phi 23.2$  va fi extrudat cu eliminare de material prin tot corpul, fig. 1.26.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa **Through All** în **End Condition**.
- Click ; în zona grafică și în FeatureManager va apărea o nouă entitate **Cut-Extrude1**.

#### 1.6.8 Creare racordări R2

La baza tijei se vor aplica racordările cu raza R2, fig. 1.27.

#### 1.6.7 Extrudation of the circle

The  $\phi 23.2$  circle will be extruded with elimination of material throughout the body, fig. 1.26.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Select the circle.
- Under **Direction 1** select **Through All** in **End Condition**.
- Click ; the new feature, **Cut-Extrude1**, appears in the FeatureManager design tree and in the graphics area.

#### 1.6.8 Creation of the R2 fillets

The fillet with the R2 radius will be applied to the base, fig. 1.27.

- Click **Fillet** (Features toolbar) sau din meniul principal se va selecta **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Selectie opțiuni **Manual** și **Constant radius**.
- Specificare valoare rază de răcordare 2 în câmpul
- Selectie 2 muchii din fig. 1.27.
- Click

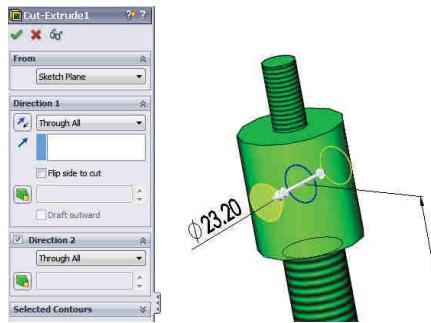


Fig. 1.26

- Click **Fillet** on the Features toolbar or click **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Select **Manual** and **Constant radius** options.
- Specify a radius value of 2 in the radius field
- Select 2 edges from fig. 1.27.
- Click

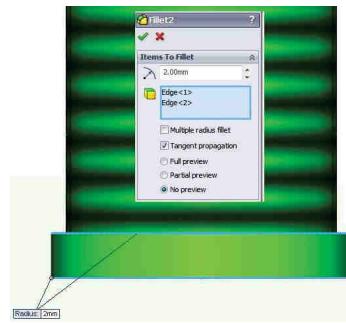
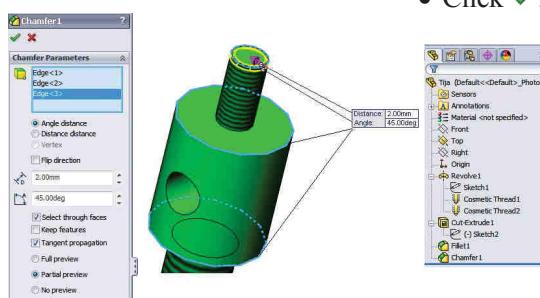


Fig. 1.27

- ### 1.6.9 Creare teșitură 2x45°
- Click **Chamfer** (Features toolbar) sau din meniul principal se va selecta **Insert → Features → Chamfer**.
  - Selectie opțiune **Angle distance**.
  - Specificare valoare distanță de teșire 2 în câmpul **Distance**
  - Specificare valoare unghi 45 în câmpul **Angle**
  - Selectie 3 muchii din fig. 1.28.
  - Click



### 1.6.9 Creation of the 2x45° chamfer

- Click **Fillet** on the Features toolbar or click **Insert → Features → Chamfer**.
- Select the **Angle Distance** option.
- Specify a value of 2 in the **Distance** field
- Specify a value of 45 in the **Angle** field
- Select 3 edges from fig. 1.28.
- Click

Fig. 1.28

## 1.7 Creare geometrie „Cupa”

### 1.7.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Cupa**. Dimensiunile piesei sunt prezentate în fig. 1.29.

## 3.1.7 The „Bucket” design

### 1.7.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Cupa**. The **Cupa** dimensions are shown in fig. 1.29.

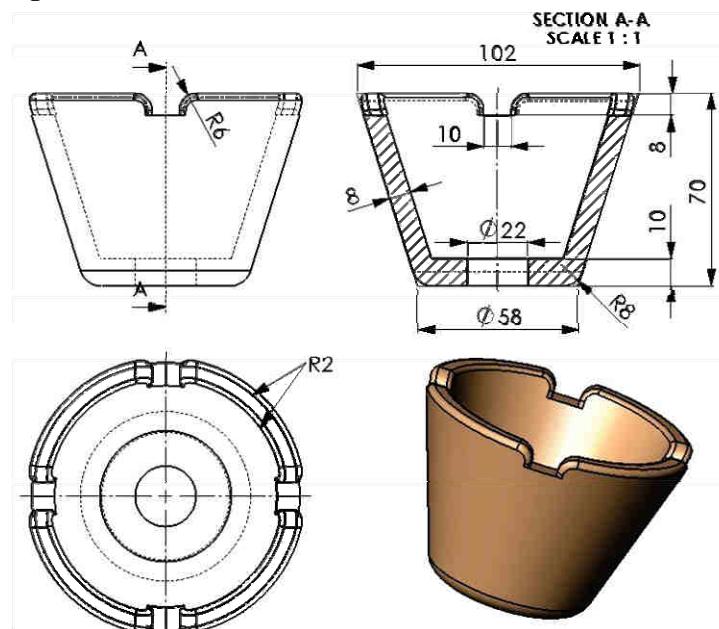


Fig. 1.29

### 1.7.2 Crearea primei schițe

Se va desena schița din fig. 1.30 în planul **Top**.

### 1.7.3 Revoluție schiță

Conturul va fi revoluționat pe  $360^{\circ}$  în jurul axei de simetrie verticale.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta schița creată anterior.
- Click în câmpul **Axis of Revolution** și selecție axă de simetrie ①;
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 1.31:

### 1.7.2 Creation of the first sketch

The sketch from fig. 1.30 will be drawn in **Top** plane.

### 1.7.3 Revolving the sketch

The profile is revolved in a  $360^{\circ}$  angle around the vertical symmetry axis.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the preview sketch.
- Click on **Axis of Revolution** field and select the symmetry axis ①.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 1.31:

- Blind în Revolve Type
- Valoarea 360 în Direction 1 angle
- Click ✓; în zona grafică și în FeatureManager va apărea o nouă entitate Revolve1.

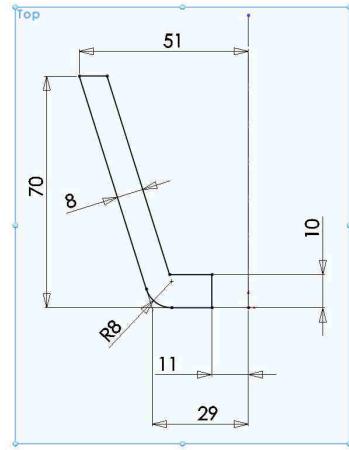


Fig. 1.30

- Select Blind in Revolve Type
- Set Direction 1 angle to 360.
- Click ✓; the new feature, Revolve1, appears in the FeatureManager design tree and in the graphics area.

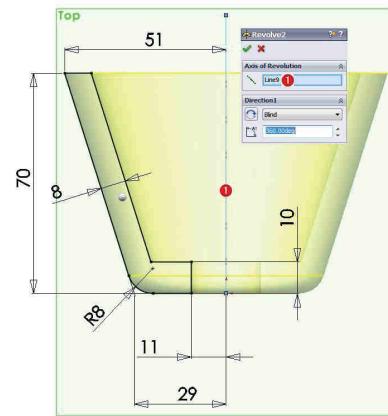


Fig. 1.31

#### 1.7.4 Crearea schiță 120x10

Se va desena schiță 120x10 din fig. 1.32 pe fața plană superioară **1**.

#### 1.7.5 Extrudare schiță 120x10

Schiță 120x10 va fi extrudată pe distanță de 8 mm, fig. 1.32.

- Click Extruded Cut (Features toolbar).
- Se va selecta schiță 120x10.
- In caseta Boss-Extrude PropertyManager, sub zona Direction 1 se va completa:
  - Blind în End Condition.
  - Valoarea 8 în Depth .
- Click ✓; în zona grafică și în FeatureManager va apărea o nouă entitate Cut-Extrude1.

#### 1.7.4 Creation of the 120x10 sketch

The sketch 120x10 from fig. 1.32 will be drawn on face **1**.

#### 1.7.5 Extrusion of the 120x10 sketch

The 120x10 sketch will be extruded on 8 mm, fig. 1.32.

- Click Extruded Cut (Features toolbar).
- Select the 120x10 sketch.
- In the PropertyManager, under Direction 1:
  - Select Blind in End Condition.
  - Set Depth to 8.
- Click ✓; the new feature, Cut-Extrude1, appears in the FeatureManager design tree and in the graphics area.

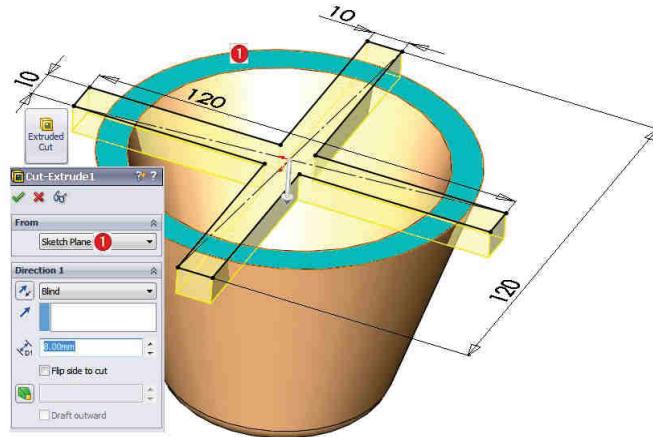


Fig. 1.32

### 1.7.6 Creare racordări R6

Asupra entității **Cut-Extrude1** se vor aplica racordările cu raza R6, fig. 1.33.

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- Selectie opțiuni **Manual** și **Constant radius**.
- Specificare valoare rază de racordare 6 în câmpul .
- Selectie 8 muchii din fig. 1.33.
- Click .

### 1.7.7 Creare racordări R2

Comanda **Fillet** se va repeta pentru a aplica racordarea de rază 2 asupra a opt muchii, fig. 1.34.

### 1.7.6 Creation of the R6 fillets

The fillet with R6 radius will be applied to the **Cut-Extrude1** feature, fig. 1.33.

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- Select **Manual** and **Constant radius** options.
- Specify a radius value of 6 in the radius field .
- Select the 8 edges from fig. 1.33.
- Click .

### 1.7.7 Creation of the R2 fillets

The **Fillet** command will be repeated to apply the R6 radius on the eight edges, fig. 1.34.

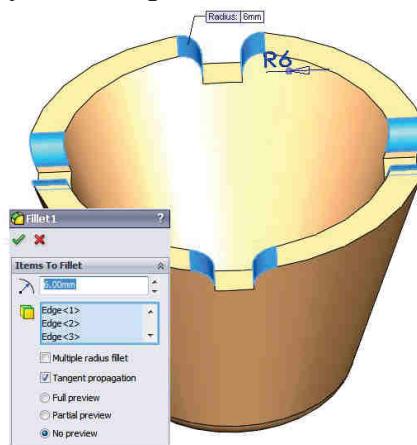


Fig. 1.33

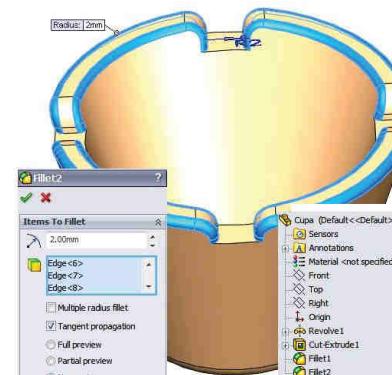


Fig. 1.34

## 1.8 Creare geometrie „Surub”

### 1.8.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Surub**. Dimensiunile piesei sunt prezentate în fig. 1.35.

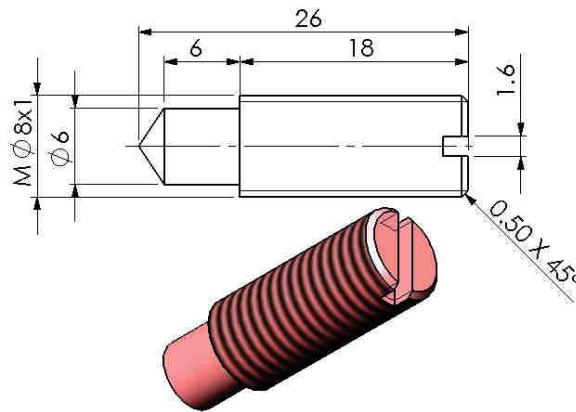


Fig. 1.35

## 3.1.8 The „Bolt” design

### 1.8.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Surub**. The **Surub** dimensions are shown in fig. 1.35.

### 1.8.2 Crearea primei schițe

Se va desena schița din fig. 1.36 în planul **Top**.

### 1.8.3 Revoluție schiță

Conturul va fi revoluționat pe  $360^{\circ}$  în jurul axei de simetrie verticale.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta schița creată anterior.
- Click în câmpul **Axis of Revolution** și selecție axă de simetrie **1**;
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 1.37:
  - **Blind** în **Revolve Type**
  - Valoarea **360** în **Direction 1 angle**
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Revolve1**.

### 1.8.2 Creation of the first sketch

The sketch from fig. 1.36 will be drawn in **Top** plane.

### 1.8.3 Revolving the sketch

The profile is revolved in a  $360^{\circ}$  angle around the vertical symmetry axis.

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the preview sketch.
- Click on **Axis of Revolution** field and select the symmetry axis **1**.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 1.37:
  - Select **Blind** in **Revolve Type**
  - Set **Direction 1 angle** to **360**.
- Click **✓**; the new feature, **Revolve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

#### 1.8.4 Creare teșitură 0.5x45°

- Click **Chamfer** (Features toolbar).
- Selectie opțiune **Angle distance**.
- Specificare valoare distanță de teșire 0.5 în câmpul **Distance**.
- Specificare valoare unghi 45 în câmpul **Angle**.
- Selectie 1 muchie din fig. 1.38.
- Click .

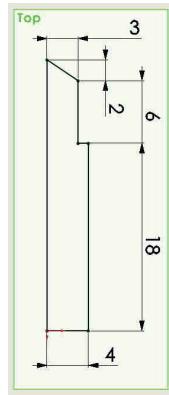


Fig. 1.36



Fig. 1.37

#### 1.8.4 Creation of the 0.5x45° chamfer

- Click **Fillet** on the Features toolbar.
- Select the **Angle Distance** option.
- Specify a value of 0.5 in the **Distance** field.
- Specify a value of 45 in the **Angle** field.
- Select 1 edge from fig. 1.38.
- Click .

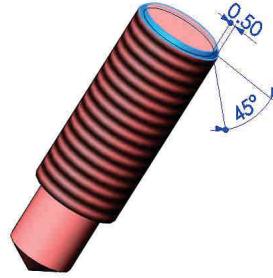
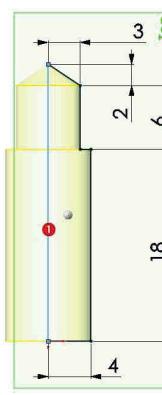


Fig. 1.38

#### 1.8.5 Crearea schiță

Se va desena schiță din fig. 1.39 pe fața plană superioară ①.

#### 1.8.6 Extrudare schiță

Schiță va fi extrudată pe distanță de 2 mm, fig. 1.39.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Se va selecta schiță.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **2** în **Depth**.
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Cut-Extrude1**.

#### 1.8.5 Create the sketch

The sketch from fig. 1.39 will be drawn on face ①.

#### 1.8.6 Extruding the sketch

The sketch will be extruded on 2 mm, fig. 1.39.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Select the sketch.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to 2.
- Click ; the new feature, **Cut-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

### 1.8.7 Generare filet cosmetic

- Din meniul principal se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Selectie muchie circulară de diametru  $\phi 8$  la care se va ataşa filetul; identificatorul acestia va fi depus în câmpul **Circular Edges** , fig. 1.40.
- Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
- Specificare diametru minimal 7 în câmpul **Minor diameter** ; valoarea acestuia trebuie să fie mai mică decât al cilindrului  $\phi 8$ , dar fără a corespunde în mod necesar valorii reale, deoarece are numai o funcție vizuală.
- Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Up to Next**.
- În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M8x1.0**.

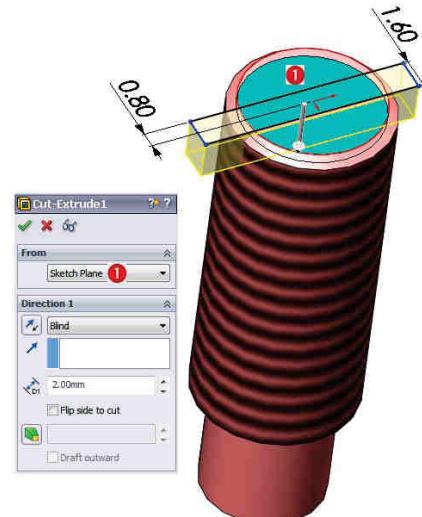


Fig. 1.39

### 1.8.7 Creation of the Cosmetic Thread

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge with a  $\phi 8$  diameter where the thread will be attached; the edge ID is completed in the **Circular Edges**  field, fig. 1.40.
- Select **None** option from **Standard** list.
- Specify a minimal diameter of 7 in the **Minor diameter**  field; this value must be smaller than the cylinder diameter  $\phi 8$ , but not necessary equal with the real value, because it has only a visual function.
- Select **Up to Next** from **End Condition** list.
- Specify **M8x1.0**. in the **Thread Callout** field.



Fig. 1.40

## 1.9 Creare ansamblu Vinci

Se va crea un nou “assembly” document, salvat sub numele de **Vinci**. După inserarea componentelor în ansamblu, se vor aplica constrângeri între acestea.

### 1.9.1 Inserare componente

- Click **Insert Components**  (Assembly toolbar) sau selecție din meniu principal **Insert → Component → Existing Part/Assembly**.
- Selecție nume componentă sau subansamblu din lista **Part/Assembly to Insert** sau click pe butonul **Browse** pentru a accesa un document.
- Click în zona grafică pentru plasarea componentei selectate sau click  pentru plasarea acesteia astfel ca originea ei să coincidă cu originea ansamblului. Prin definiție prima piesă inserată în ansamblu este fixată, iar numele acesteia este precedat de **(f)** în arborele FeatureManager. Restul componentelor vor fi plasate în ansamblu fără această restricție.

 Componenta **Corp** va fi inserată astfel ca originea acesteia să coincidă cu originea ansamblului, iar planul bazei coincident cu planul **Front**. Între restul componentelor se vor aplica constrângările din tab. 1.1.

Pentru a crea o constrângere de tip **Concentric**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selecție fețe cilindrice între care se va impune constrângerea de concentricitate.
- Selecție constrângere **Concentric** .
- Click .

## 3.1.9 Creation of the screw jack assembly

Create a new assembly document and save it as **Vinci**. First step requires to insert the parts into the assembly and then to apply constraints between them.

### 1.9.1 Insert components

- Click **Insert Components**  (Assembly toolbar) or **Insert → Component → Existing Part/Assembly**.
- Select a part or assembly from the **Part/Assembly to Insert** list, or click **Browse** to open an existing document.
- Click in the graphics area to place the component, or click  to place the component origin coincident with the assembly origin. By default, the first part in an assembly is fixed and has a **(f)** before its name in the FeatureManager design tree. The other components will be placed without this restriction.

 Only the **Corp** component will be placed with the origin coincident with the assembly origin and the **Corp** base coincident with **Front plane**. The mates from tab. 1.1 will be applied on the parts.

To create a **Concentric** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select the cylindrical faces between which the concentric mate will be applied.
- Select **Concentric**  Mate.
- Click .

Pentru a crea o constrângere de tip **Coincident**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selectie fețe între care se va impune constrângerea de coincidență.
- Selectie constrângere **Coincident** .
- Click .

To create a **Coincident** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select the faces between the coincident mate will be applied.
- Select **Coincident**  Mate.
- Click .

Pentru a crea o constrângere de tip **Distance**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selectie fețe între care se va specifica distanța.
- Selectie constrângere **Distance** .
- Specificare valoare distanță.
- Click .

To create **Distance** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select the faces between which the distance will be imposed.
- Select **Distance**  Mate.
- Input the distance.
- Click .

Constrângerea **Hinge** limitează mișcarea dintre două componente la un singur grad de libertate și are efectul cumulat al constrângerilor **Concentric** și **Coincident**. Pentru a crea o constrângere de tip **Hinge**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / .
- Selectie fețe cilindrice între care se va impune constrângerea de concentricitate.
- Selectie fețe plane între care se va impune constrângerea de coincidență.
- Click .

A **Hinge** mate limits the movement between the two components to one rotational degree of freedom and has the same effect as adding a concentric mate plus a coincident mate. To create a **Hinge** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / .
- Select the cylindrical faces between which the concentric mate will be applied.
- Select the planar faces between which the coincident mate will be applied.
- Click .

Tab. 1.1

Constrângere/Mate	Componente/Components	Fig.
Hinge1	Corp/Body	Piulita/Nut
Concentric1	Corp/Body	Piulita/Nut
Concentric2	Piulita/Nut	Tija/Shank
Distance1 – 450 mm	Front Plane	Tija/Shank
Concentric3	Tija/Shank	Parghie/Lever
Distance2 – 210 mm	Tija/Shank	Parghie/Lever
Hinge2	Cupa/Bucket	Tija/Shank
Concentric4	Corp/Body	Surub/Bolt
Distance3 – 45 mm	Surub/Bolt	Right Plane

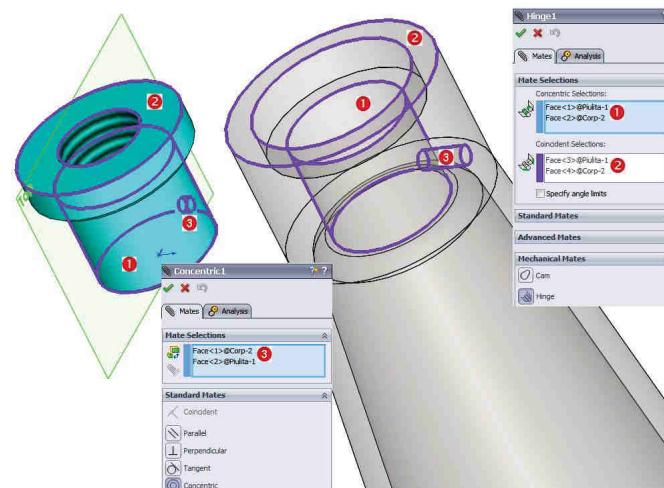


Fig. 1.41

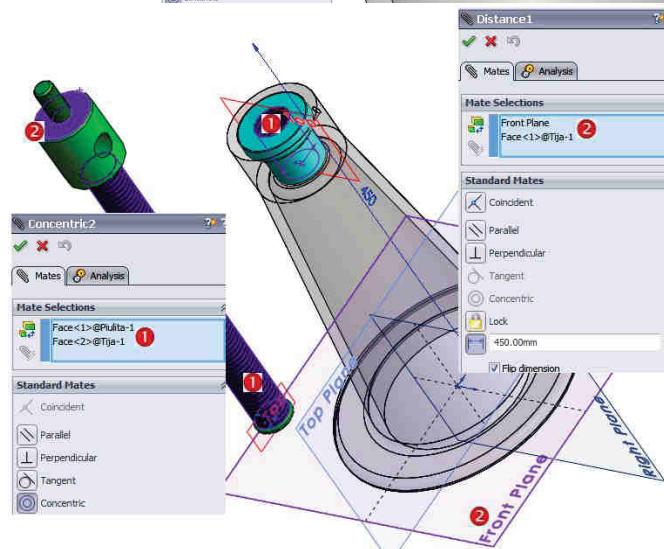


Fig. 1.42

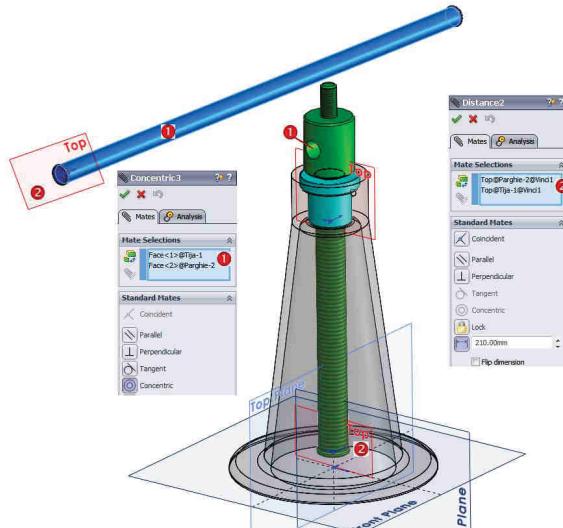


Fig. 1.43

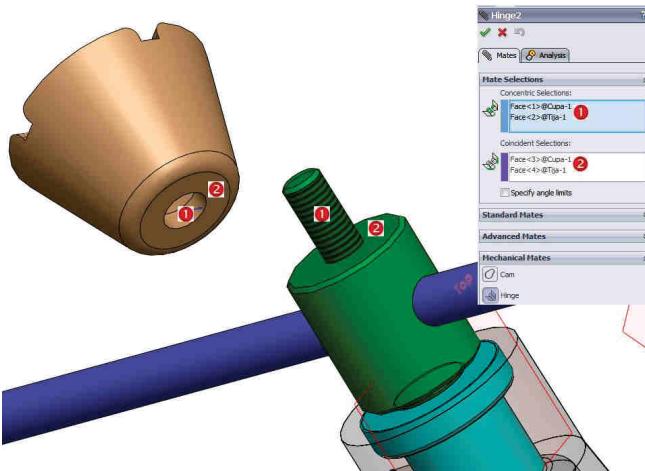


Fig. 1.44

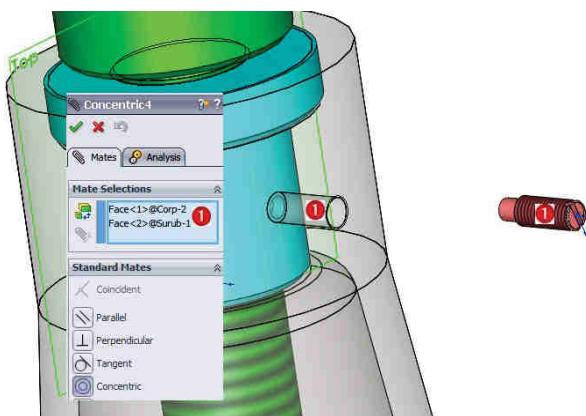


Fig. 1.45

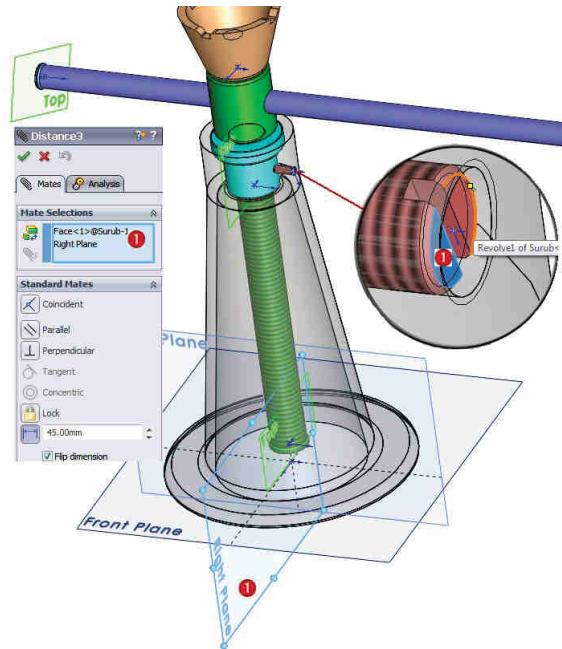


Fig. 1.46

### 1.9.2 Inserare piulita standardizată ISO 12126-M20x1.5

SolidWorks include libraria de piese standardizate **Toolbox**, fig. 1.47, care se poate activa prin:

- Click pe icoana **Display Library**
- Click pe ramura **Toolbox**
- Click pe butonul **Add in now**.
- Libraria **Toolbox** devine disponibilă, fig. 1.48.
- Click pe icoana **ISO**.
- Click pe **Nuts**.
- Click pe icoana **Hex Nuts - Prevailing Torque - Fine Pitch**.
- Tragere icoana ISO 12126 pe spațiu liber al zonei grafice.
- Selectie Size M20x1.5.
- Selectie Simplified.
- Click .

### 1.9.2 Insertion of the ISO 12126-M20x1.5 standard nut

SolidWorks includes a **Toolbox** - a fully integrated library of standard parts, which can be activated, fig. 1.47:

- Click on **Display Library**
- Click on **Toolbox**
- Click on **Add in now**.
- The **Toolbox** library becomes available, fig. 1.48.
- Click on **ISO** icon.
- Click on **Nuts**.
- Click on **Hex Nuts - Prevailing Torque - Fine Pitch** icon.
- Drag ISO 12126 icon on graphical area.
- Select Size M20x1.5.
- Select Simplified.
- Click .



Fig. 1.47

Aplicare constrângeri pentru fixare piuliță ISO 12126, tab. 1.2:



Fig. 1.48

Apply the restraints to fix the ISO 12126 nut, tab. 1.2:

Tab. 1.2

Constrângere/Mate	Componente/Components	Fig.
Concentric5	Tija/Shank	Piulita /Nut 12126
Coincident1	Cupa/Bucket	Piulita/Nut 12126

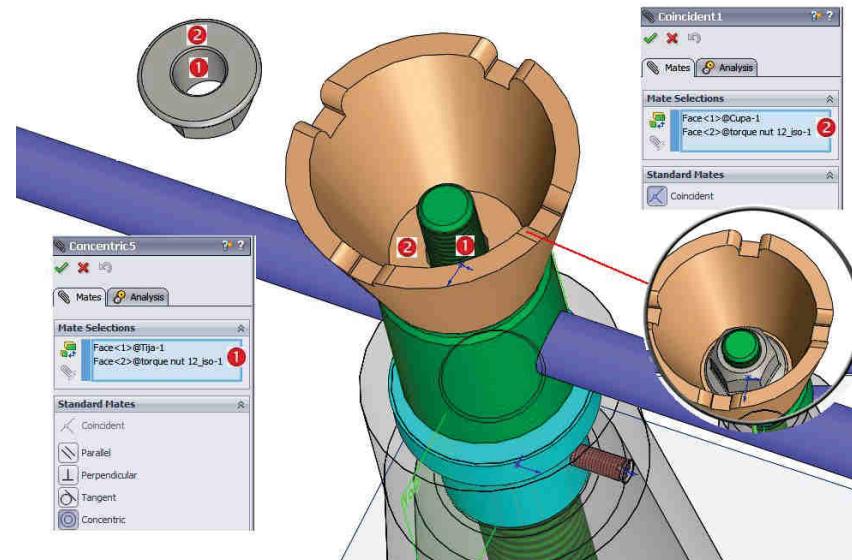


Fig. 1.49

### 1.10 Calcul de verificare la flambaj

Calculul de verificare la flambaj se va realiza pentru cazul teoretic în care forța  $F=3000$  N se va aplica la capătul superior al tijei, iar aceasta se va încastra la capătul inferior. Astfel lungimea de calcul va fi chiar lungimea reală a tijei  $L=470$  mm, chiar dacă această situație nu poate apărea în realitate din motive constructive. Deoarece tija de diametru  $d=36$  mm este încastrată la un capăt și liberă la celălalt capăt, lungimea de flambaj  $l_f$  rezultă din relația:

$$l_f = 2 \cdot L = 2 \cdot 470 = 940 \text{ mm} \quad (1)$$

Momentul de inerție  $I_{\min}$ , aria secțiunii  $A$ , raza de inerție  $i_{\min}$  și coeficientul de zveltețe  $\lambda$  rezultă din:

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 82448 \text{ mm}^4 \quad (2)$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{82448}{1018}} = 9 \text{ mm} \quad (4)$$

Sarcina critică de flambaj rezultă din relația lui Euler:

$$F_f = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l_f^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1 \times 10^5 \cdot 82448}{940^2} = 193394 \text{ N} \quad (6)$$

Factorul de siguranță la flambaj se calculează prin raportul dintre sarcina critică  $F_f$  și forța aplicată  $F$ :

$$BLF = \frac{F_f}{F} = \frac{193394}{3000} = 64.46 \quad (7)$$

Factorul de siguranță la flambaj se va determina prin simulare numerică.

### 1.10 The buckling calculus

The buckling calculus is done for the theoretical case in which the force  $F=3000$  N is applied on the shank's top face and fixed on the opposite face. So, the calculus length will be the shank length  $L=470$  mm, even if this situation can not occur in reality, for constructive reasons. Because the shank with a diameter  $d=36$  mm is fixed at one end and free at the other end, the buckling length  $l_f$  can be calculated with:

The moment of inertia  $I_{\min}$ , the section area  $A$ , the radius of inertia  $i_{\min}$  and the slenderness ratio  $\lambda$  result from:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1018 \text{ mm}^2 \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i_{\min}} = \frac{940}{9} = 104.4 \quad (5)$$

Critical buckling load resulting from Euler's relation:

The buckling's safety factor represents the ratio between the buckling loads  $F_f$  to the applied loads  $F$ :

$$BLF = \frac{F_f}{F} = \frac{193394}{3000} = 64.46 \quad (7)$$

The buckling load factor (BLF) is calculated through numerical simulation.

### 1 Activare modul SolidWorks Simulation

- Deschidere fișier **Tija**.
- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

### 2 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **Study1**.
  - Tip studiu **Type**: click **Buckling**.
- Click .

### 3 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Tija** și selecție **Apply/Edit Material**.
- Seleție material **Alloy Steel** din librăria de materiale SolidWorks, tab. 1.3.
- Click **Apply** și **Close**.

### 1 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Open the **Tija** file.
- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional **Simulation** menu option.

### 2 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Study name: **Study1**.
  - Under **Type**, click **Buckling**.

Click .

### 3 Selection of the material

- Right-click the **Tija** folder and select **Apply/Edit Material**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library, tab. 1.3.
- Click **Apply** and **Close**.

Tab. 1.3

Property Name	Value	Units
Material name	Alloy Steel (SS)	
Material Model Type	Linear Elastic Isotropic	
Elastic modulus	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	0.28	NA
Shear modulus	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Mass density	7700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile strength	7.2383e+008	N/m <sup>2</sup>
Yield strength	6.2042e+008	N/m <sup>2</sup>

### 4 Aplicare restrângerii

- Tija este fixată în partea inferioară.
- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selecție **Fixed Geometry**, fig. 1.50.
  - În caseta PropertyManager:

### 4 Apply the restraint

The shank is fixed on the bottom face.

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 1.50.
- In the PropertyManager:

- Selectie  **Fixed Geometry** în zona **Standard**.
- Selectie față inferioară a tijei.
- Click ✓.

### 5 Aplicare forță

- Forță de 3000 N se va aplica pe față superioară a tijei, fig. 1.50.
- Click dreapta pe ramura **External Loads**  și selectie **Force**.
  - În caseta PropertyManager:
    - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selectie față;
    - Selectie opțiune **Normal**;
    - Sub **Unit**, selectie **SI**.
    - În câmpul **Force Value**  se introduce valoarea 3000.  - Click ✓.

- Select  **Fixed Geometry** under **Standard**.
- Select the shank bottom face.
- Click ✓.

### 5 Applying the force

- The 3000 N will be applied on top face of the shank, fig. 1.50.
- Right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.
  - In the PropertyManager:
    - Click on **Face, Edge, Plane for Direction**  area and select the face.
    - Select **Normal** option.
    - Sub **Unit**, select **SI**.
    - Set 3000 in the **Force Value**  field.  - Click ✓.

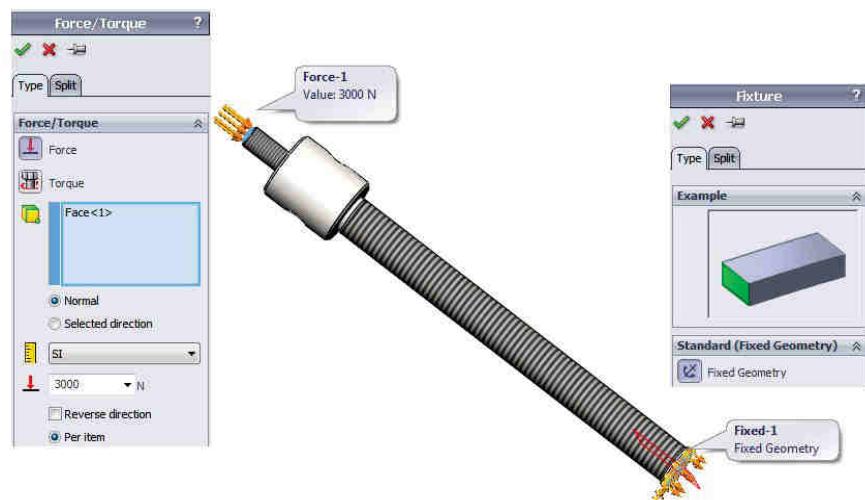


Fig. 1.50

### 6 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh**  și selectie **Create Mesh** .
- În fereastra **Mesh**:

### 6 Meshing and running of the simulation study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh**  and select **Create Mesh** .
- In **Mesh** window:

- Activare opțiune **Mesh Parameters**.
- Selecție opțiune **Standard mesh**;
- Click ✓.

Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh** și selecție opțiune **Details**.

- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului **Study1** și selecție **Run** .
- Va fi creată ramura **Results, Displacement1**.

### 7 Comparare rezultate

- În arborele Simulation, click dreapta pe ramura **Results** și selecție **List Buckling Load Factors**, fig. 1.51.
- Se observă valoarea 65.038 rezultată prin simulare comparativ cu valoarea 64.46 rezultată din relația (7).

- Activate **Mesh Parameter** option.
- Select **Standard mesh**.
- Click ✓.

The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh** and select **Details** option.

- In the Simulation tree, right-click the name study **Study1** and select **Run** .
- The **Results, Displacement1** branch will be created.

### 7 Comparation of the results

- In the Simulation tree, right-click the **Results** branch and select **List Buckling Load Factors**, fig. 1.51.
- The numerical simulation value is 65.038 compared with the 64.46 value resulted from formula (7).

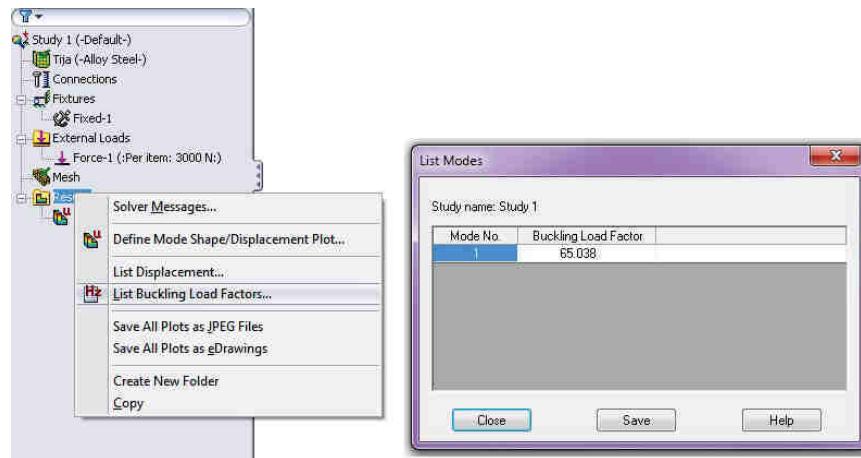
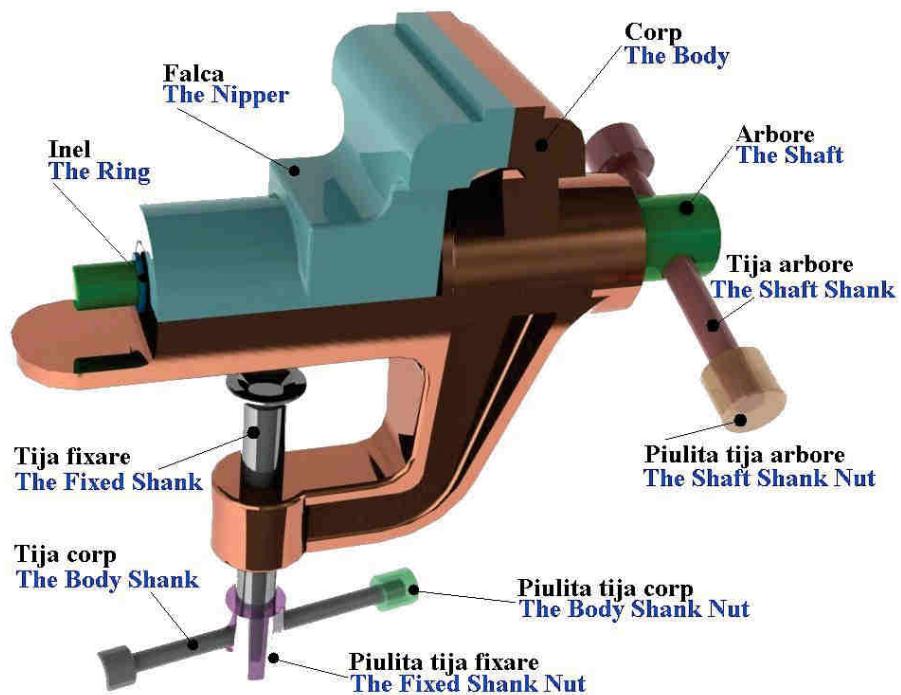


Fig. 1.51



## 2. PROIECTAREA UNEI MENGHINE

### 2. THE SCREW VICE DESIGN



**SUMAR APlicațIE**

- Obiective ale aplicației;
- Creare geometrie „Corp”;
- Creare geometrie „Falca”;
- Creare geometrie „Tija corp”;
- Creare geometrie „Tija arbore”;
- Creare geometrie „Tija fixare”;
- Creare geometrie „Piulita tija corp”;
- Creare geometrie „Piulita tija arbore”;
- Creare geometrie „Piulita tija fixare”;
- Creare geometrie „Arbore”;
- Creare geometrie „Inel”;
- Creare ansamblu menghina.

**APPLICATION SUMMARY**

- Goals of the application;
- The “Body” design;
- The “Nipper” design;
- The “Body Shank” design;
- The “Shaft Shank” design;
- The “Fixed Shank” design;
- The “Body Shank Nut” design;
- The “Shaft Shank Nut” design;
- The “Fixed Shank Nut” design;
- The “Shaft” design;
- The “Ring” design;
- Creation of the screw vice assembly.

**DESCRIEREA APlicațIEI**

Aplicația descrie pas cu pas procedurile de generare a geometriei solide 3D a componentelor menghinei. Ansamblul se realizează prin aplicarea de constrângeri similar cu aplicația anterioară.

**APPLICATION DESCRIPTION**

The application describes every step of the following procedures: 3D solid geometry generation of the screw vice components. The assembly is created by applying constraints similar to the previous application.

## 2.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a proiecta geometria măghinei din fig. 2.1.

## 2.1 Goals of the application

The goal of the application is to design the screw vice from fig. 2.1.

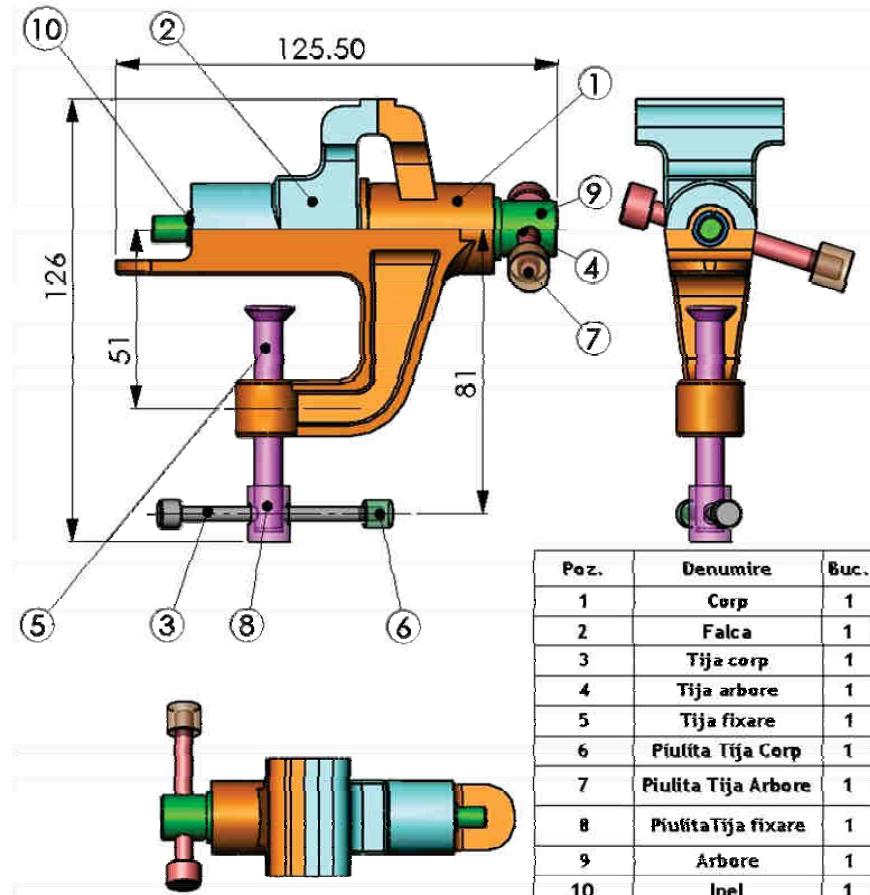


Fig. 2.1

## 2.2 Creare geometrie „Corp”

Nume fisier: Corp - Fig. 2.2.

**1** Trasare cerc  $\phi 26$ : Comanda Sketch – Fig. 2.3 – plan Right.

**2** Extrudare cerc  $\phi 26$ : comanda Extruded Boss/Base - Fig. 2.3 - Blind / 38 mm distanță / .

## 2.2 The „Body” design

File name: Corp – Fig. 2.2.

**1** Sketching of the  $\phi 26$  circle: The Sketch command – Fig. 2.3 – Right plane.

**2** Extrusion of the  $\phi 26$  circle: the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.3 – Blind / 38 mm distance / .

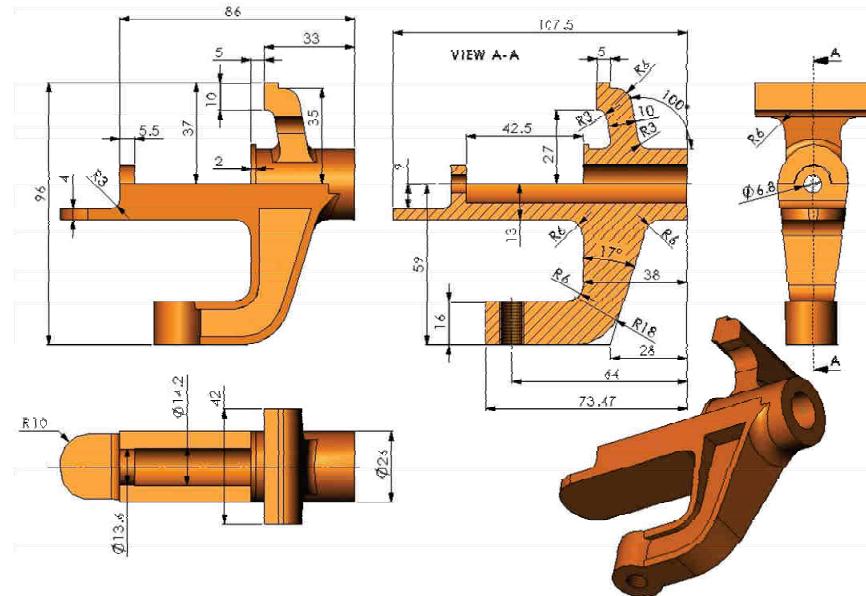


Fig. 2.2

**3 Trasare schiță 43x16x36x17°:** Comanda Sketch – Fig. 2.4 – plan Front.

**4 Extrudare contur 43x16x36x17°:** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.4 - Blind /  $\Delta_{D1}$  13 mm distanță / Activare Direction 2 / Blind /  $\Delta_{D2}$  13 mm distanță /  .

**3 Sketching of the 43x16x36x17° contour:** The Sketch command – Fig. 2.4 – Front plane.

**4 Extrudation of the 43x16x36x17° contour:** the Extruded Boss/Base command – Fig. 2.4 – Blind  $\Delta_{D1}$  13 mm distance / Activate Direction 2 / Blind /  $\Delta_{D2}$  13 mm distance /  .

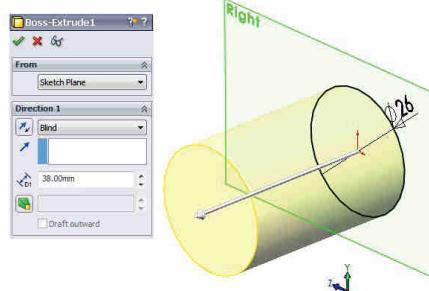


Fig. 2.3

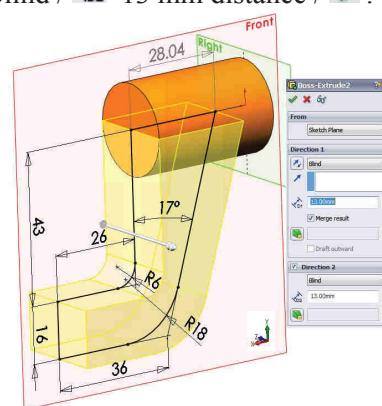


Fig. 2.4

**5 Trasare decupare 3 mm:** Comanda Sketch – Fig. 2.5 – plan ①.

**6 Extrudare contur decupare 3 mm:** comanda Extruded Cut – Fig. 2.5 - Blind /  $\Delta_{D1}$  8 mm distanță /  $\checkmark$ .

**7 Trasare schiță 72x40:** Comanda Sketch – Fig. 2.6 – plan ①.

**8 Extrudare contur decupare 72x40:** comanda Extruded Cut – Fig. 2.6 - Blind /  $\Delta_{D1}$  54.5 mm distanță /  $\checkmark$ .

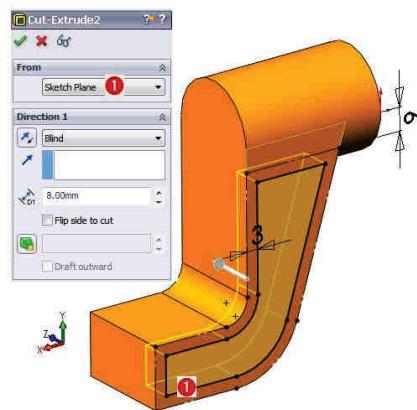


Fig. 2.5

**9 Trasare cerc  $\phi 19$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.7 – plan ①.

**10 Extrudare cerc  $\phi 19$ :** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.7 – Up to Surface /  $\Delta$  selecție față ②/  $\checkmark$ .

**11 Trasare cerc decupare  $\phi 8$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.8 – plan ①.

**12 Extrudare cerc decupare  $\phi 8$ :** comanda Extruded Cut – Fig. 2.8 - Blind /  $\Delta_{D1}$  20 mm distanță /  $\checkmark$ .

**5 Sketching of the 3 mm cut contour:** The Sketch command – Fig. 2.5 – plane ①.

**6 Extrusion of the 3 mm cut contour:** the Extruded Cut command - Fig. 2.5 – Blind /  $\Delta_{D1}$  8 mm distance /  $\checkmark$ .

**7 Sketching of the 72x40 contour:** The Sketch command – Fig. 2.6 – plane ①.

**8 Extrusion of the 72x40 cut contour:** the Extruded Cut command - Fig. 2.6 – Blind /  $\Delta_{D1}$  54.5 mm distance /  $\checkmark$ .

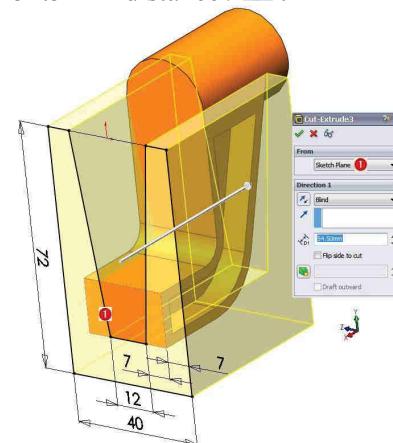


Fig. 2.6

**9 Sketching of the  $\phi 19$  circle:** The Sketch command – Fig. 2.7 – plane ①.

**10 Extrusion of the  $\phi 19$  circle:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.7 – Up to Surface /  $\Delta$  select face ②/  $\checkmark$ .

**11 Sketching of the  $\phi 8$  cut circle:** The Sketch command – Fig. 2.8 – plane ①.

**12 Extrusion of the  $\phi 8$  cut circle:** the Extruded Cut command - Fig. 2.8 – Blind /  $\Delta_{D1}$  20 mm distance /  $\checkmark$ .

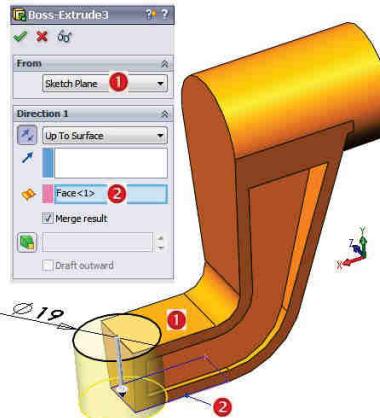


Fig. 2.7

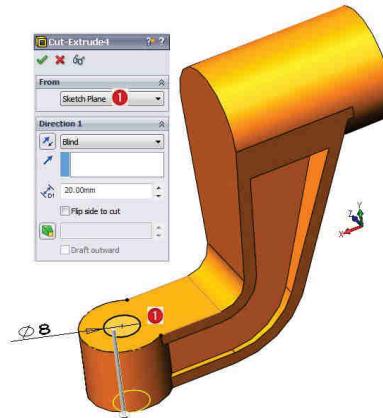


Fig. 2.8

**13 Trasare schiță 33x37:** Comanda Sketch – Fig. 2.9 – plan Front.

**14 Extrudare contur 33x37:** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.9 - Blind / 10 mm distanță / Activare Direction 2 / Blind / 10 mm distanță / .

**15 Trasare schiță prin proiecție:** Comanda Sketch – Fig. 2.10 – plan ①. Pentru generarea conturului de proiecție se va utiliza comanda Convert Entities , care convertește muchiile selectate ale modelului sau entități ale unei schițe în elemente ale schiței curente.

**16 Extrudare contur de proiecție:** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.10 - Blind / 11 mm distanță / .

**17 Oglindire entități 3D:** comanda Mirror - Fig. 2.11 – Selecție plan Front / selecție entități 3D ② și ③ / .

**13 Sketching of the 33x37 contour:** The Sketch command – Fig. 2.9 – Front plane.

**14 Extrudation of the 33x37 contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.9 - Blind / 10 mm distance / Activate Direction 2 / Blind / 10 mm distance / .

**15 Sketching of the projected contour:** The Sketch command – Fig. 2.10 – plane ①. The Convert Entities command is used to generate the projected contour, which converts the selected model's edges or sketch entities into sketch segments.

**16 Extrudation of the projected contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.10 – Blind / 11 mm distance / .

**17 How to mirror the 3D entities:** the Mirror command - Fig. 2.11 – Select the Front plane / select the ② și ③ 3D entities / .

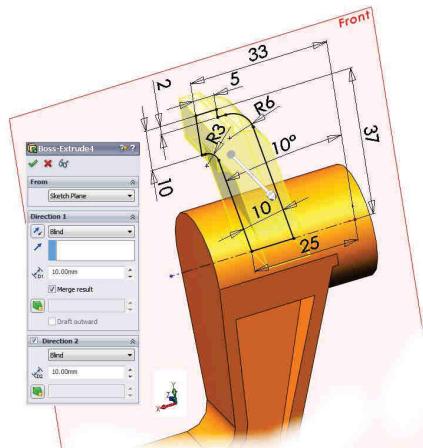


Fig. 2.9

**18 Trasare contur patrulater:** Comanda Sketch – Fig. 2.12 – plan ①. Pentru generarea liniilor verticale de proiecție se va utiliza comanda Convert Entities ②.

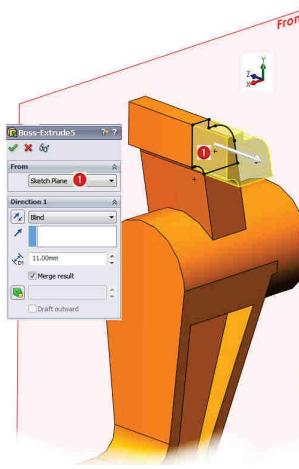


Fig. 2.10

**18 Sketching of the quadrilateral contour:** The Sketch command – Fig. 2.12 – plane ①. The Convert Entities ② command is used to generate the projected vertical lines.

**19 Extrudare contur patrulater:** comanda Extruded Boss/Base ③ – Fig. 2.12 - Blind /  $\Delta D_1$  48 mm distanță / ✓ .

**19 Extrudation of the quadrilateral contour:** the Extruded Boss/Base ③ command - Fig. 2.12 – Blind /  $\Delta D_1$  48 mm distance / ✓ .



Fig. 2.11

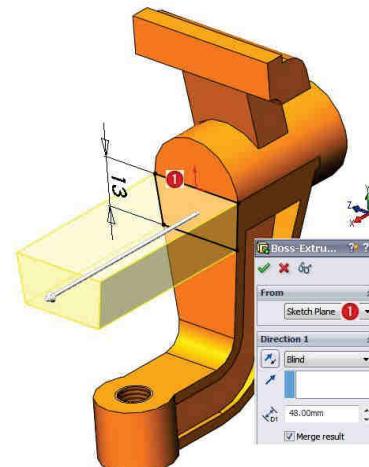


Fig. 2.12

**20 Trasare contur patrulater:** Comanda Sketch – Fig. 2.13 – plan ①.

**21 Extrudare contur patrulater:** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 2.13 - Blind /  $\text{D}_1$  21.5 mm distanță / .

**22 Trasare contur eliptic:** Comanda Sketch – Fig. 2.14 – plan ①.

**23 Extrudare contur eliptic:** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 2.14 - Blind /  $\text{D}_1$  2 mm distanță / .

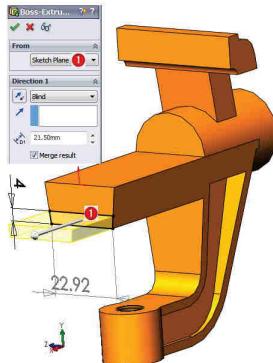


Fig. 2.13

**24 Trasare cerc decupare  $\phi 14.2$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.15 – plan ①.

**25 Extrudare cerc decupare  $\phi 14.2$ :** comanda Extruded Cut  - Fig. 2.15 - Through All / .

**26 Trasare cercuri  $\phi 13.6 \times \phi 6.8 \times 0.3$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.16 – plan ①.

**27 Extrudare cercuri  $\phi 13.6 \times \phi 6.8 \times 0.3$ :** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 2.16 - Blind /  $\text{D}_1$  5.5 mm distanță / .

**20 Sketching of the quadrilateral contour:** The Sketch command – Fig. 2.13 – plane ①.

**21 Extrudation of the quadrilateral contour:** the Extruded Boss/Base  command - Fig. 2.13 – Blind /  $\text{D}_1$  21.5 mm distance / .

**22 Sketching of the elliptical contour:** The Sketch command – Fig. 2.14 – plane ①.

**23 Extrudation of the elliptical contour:** the command Extruded Boss/Base  - Fig. 2.14 – Blind /  $\text{D}_1$  2 mm distance / .

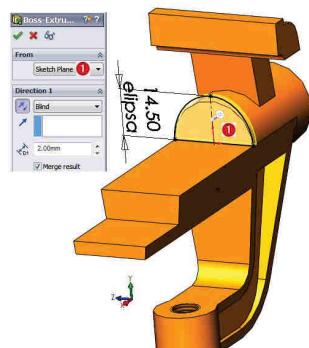


Fig. 2.14

**24 Sketching of the  $\phi 14.2$  cut circle:** The Sketch command – Fig. 2.15 – plane ①.

**25 Extrudation of the  $\phi 14.2$  cut circle:** the Extruded Cut  command - Fig. 2.15 – Through All / .

**26 Sketching of the  $\phi 13.6 \times \phi 6.8 \times 0.3$  contour:** The Sketch command – Fig. 2.16 – plane ①.

**27 Extrudation of the  $\phi 13.6 \times \phi 6.8 \times 0.3$  contour:** the command Extruded Boss/Base  - Fig. 2.16 – Blind /  $\text{D}_1$  5.5 mm distance / .

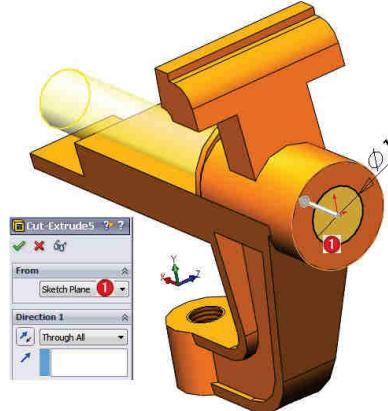


Fig. 2.15

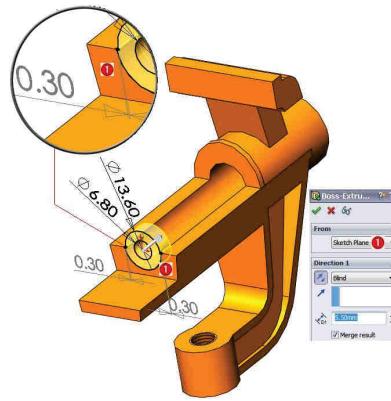


Fig. 2.16

**28 Raciordare 2 muchii R10:** comanda Fillet - Fig. 2.17 - rază R10 / selecție 2 muchii /

**29 Raciordare 4 muchii R6:** comanda Fillet - Fig. 2.17 - rază R6 / selecție 4 muchii /

**30 Raciordare 3 muchii R3:** comanda Fillet - Fig. 2.18 - rază R3 / selecție 3 muchii /

**28 How to fillet 2 R10 edges:** the Fillet command - Fig. 2.17 - R10 radius/ select 2 edges /

**29 How to fillet 4 R6 edges:** the Fillet command - Fig. 2.17 - R6 radius/ select 4 edges /

**30 How to fillet 3 R3 edges:** the Fillet command - Fig. 2.18 - R3 radius/ select 3 edges /

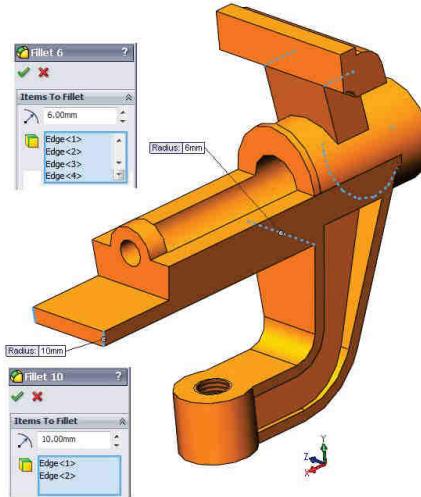


Fig. 2.17

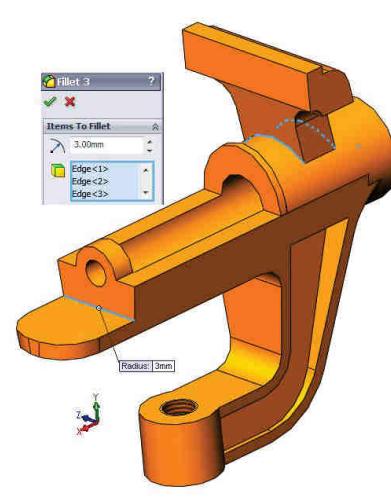


Fig. 2.18

**31 Generare filet interior M8x1**

- Din meniul principal se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Selectie muchie circulară ① de diametru  $\phi 8$  la care se va ataşa filetul; identificatorul acestia Edge <1> va fi depus în câmpul **Circular Edges**  , fig. 2.19.
- Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
- Specificare diametru maximal 9 în câmpul **Major diameter** .
- Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Through**.
- În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M8x1.0**.

**32 Modificare culoare: comanda**

**Edit Appearance**  - selecție culoare / .

Geometria finală a corpului este prezentată în fig. 2.20.

**31 Creation of the M8x1 Inner Thread**

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge ① with a diameter of  $\phi 8$  where the thread will be attached; the edge ID **Edge <1>** will be completed in the **Circular Edges**  field, fig. 2.19.
- Select **None** option from **Standard** list.
- Specify a maximal diameter of 9 in the **Major diameter** .
- Select **Through** from **End Condition** list.
- Specify **M8x1.0** in the **Thread Callout** field.

**32 How to change the body**

**color:** the **Edit Appearance**  command - select the color / .

The final geometry of the body is presented in fig. 2.20.

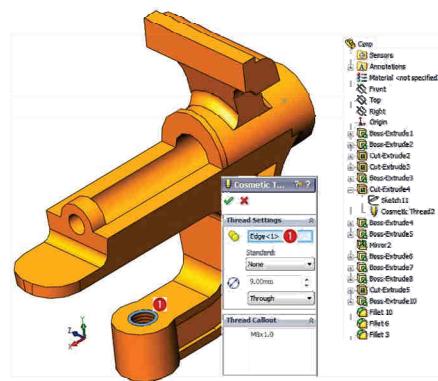


Fig. 2.19

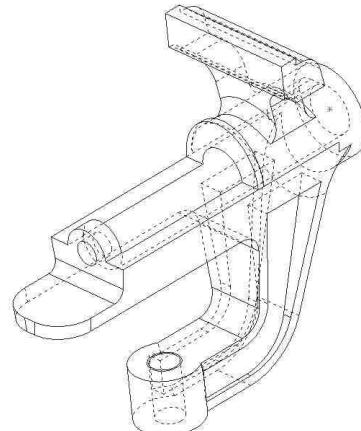


Fig. 2.20

### 2.3 Creare geometrie „Falca”

Nume fisier: Falca - Fig. 2.21.

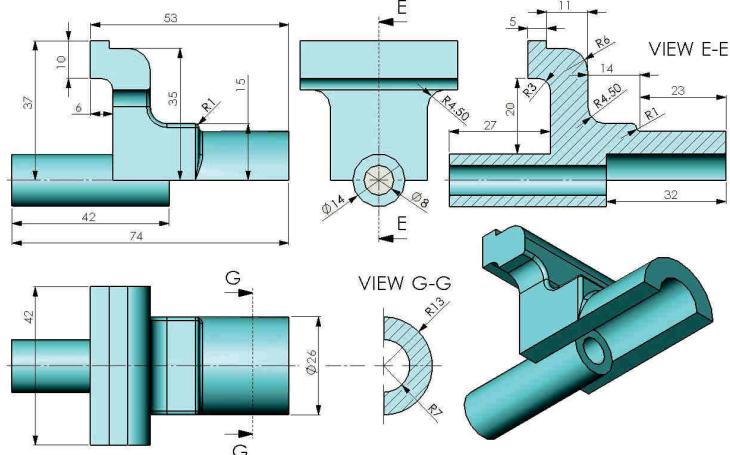


Fig. 2.21

**1 Trasare contur 26x15:** Comanda Sketch – Fig. 2.22 – plan Right.

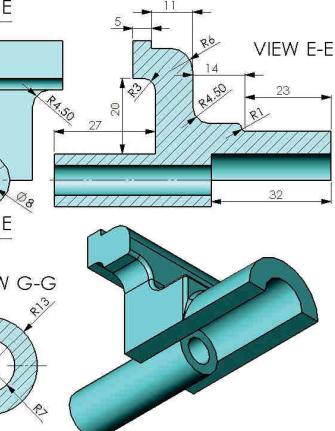
**2 Extrudare contur 26x15:** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.22 - Blind /  $\Delta_{D1}$  23 mm distanță /

**3 Trasare contur R13:** Comanda Sketch – Fig. 2.23 – plan ①.

**4 Extrudare contur R13:** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.23 - Blind /  $\Delta_{D1}$  24 mm distanță /

### 2.3 The „Nipper” design

File name: Falca – Fig. 2.21.



**1 Sketching of the 26x15 contour:** The Sketch command – Fig. 2.22 – Right plane.

**2 Extrudation of the 26x15 contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.22 – Blind /  $\Delta_{D1}$  23 mm distance /

**3 Sketching of the R13 contour:** The Sketch command – Fig. 2.23 – plane ①.

**4 Extrudation of the R13 contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.23 – Blind /  $\Delta_{D1}$  24 mm distance /

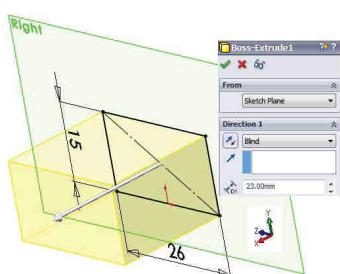


Fig. 2.22

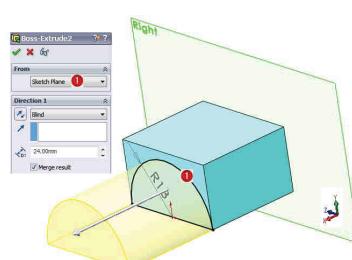


Fig. 2.23

**5 Trasare schiță 16x37:** Comanda Sketch – Fig. 2.24 – plan Front.

**6 Extrudare contur 16x37:** comanda Extruded Boss/Base 

- Fig. 2.24 - Blind /  13 mm distanță / Activare Direcție 2 / Blind /  13 mm distanță / .

**7 Trasare schiță prin proiecție:** Comanda Sketch – Fig. 2.25 – plan ①. Pentru a genera conturul de proiecție se va utiliza comanda Convert Entities .

**8 Extrudare contur de proiecție:** comanda Extruded Boss/Base 

- Fig. 2.25 - Blind /  8 mm distanță / .

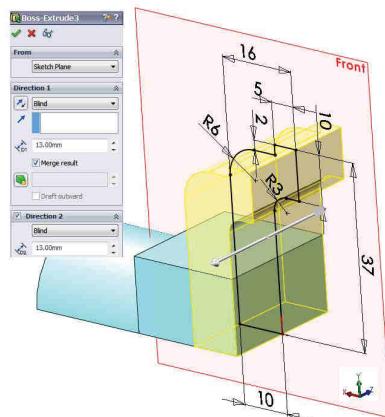


Fig. 2.24

**5 Sketching of the 16x37 contour:** The Sketch command – Fig. 2.24 – Front plane.

**6 Extrusion of the 16x37 contour:** the Extruded Boss/Base

 command - Fig. 2.24 – Blind  13 mm distance / Activate Direction 2 / Blind /  13 mm distance / .

**7 Sketching of the projected contour:** The Sketch command – Fig. 2.25 – plane ①. The Convert Entities  command is used to generate the projected contour.

**8 Extrusion of the projected contour:** the Extruded Boss/Base

 command - Fig. 2.25 – Blind  8 mm distance / .

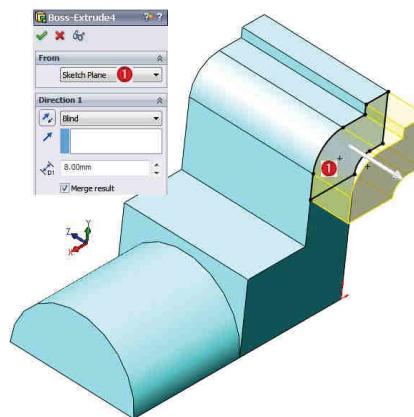


Fig. 2.25

**9 Oglindire entitate 3D:** comanda Mirror  - Fig. 2.26 – Selectie plan Front / selectie entitate 3D ①/ .

**10 Trasare cerc decupare φ14:** Comanda Sketch – Fig. 2.27 – plan ①.

**11 Extrudare cerc decupare φ14:** comanda Extruded Cut  - Fig. 2.27 - Through All / .

**9 How to mirror the 3D entity:** the Mirror  command - Fig. 2.26 – Select the Front plane / select the ① 3D entity/ .

**10 Sketching of the φ14 cut circle:** The Sketch command – Fig. 2.27 – plane ①.

**11 Extrusion of the φ14 cut circle:** the Extruded Cut  command - Fig. 2.27 – Through All / .

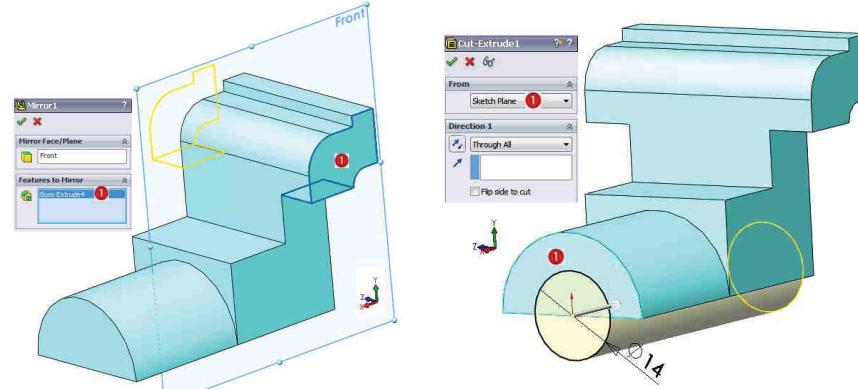


Fig. 2.26

**12 Creare plan de referință:** comanda **Plane** - Fig. 2.28 – Selectie față ① / activare opțiune **Offset distance** / specificare valoare 15 / activare opțiune **Flip** /  .

**13 Trasare cerc φ14:** Comanda **Sketch** – Fig. 2.29 – plan ①.

**14 Extrudare cerc φ14:** comanda **Extruded Boss/Base** - Fig. 2.29 – Blind /  $\Delta_{d1}$  42 mm distanță /  .

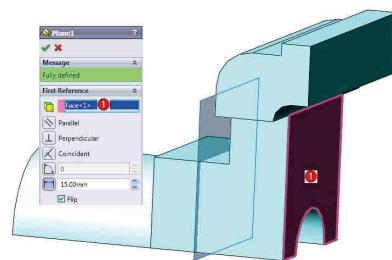


Fig. 2.28

**12 Creation of the reference plane:** the **Plane** command - Fig. 2.28 – Select the face ① / activate the **Offset distance** option / set 15 value / activate the **Flip** option /  .

**13 Sketching of the φ14 circle:** The **Sketch** command – Fig. 2.29 – plane ①.

**14 Extrusion of the φ14 circle:** the **Extruded Boss/Base** command - Fig. 2.29 – Blind /  $\Delta_{d1}$  42 mm distance /  .

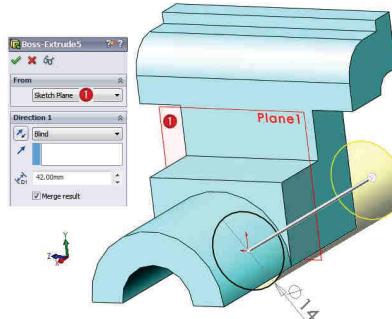


Fig. 2.29

**15 Racordare 3 muchii R4.5:** comanda **Fillet** - Fig. 2.30 -  $\Delta_{r1}$  rază R4.5 / selecție 3 muchii /  .

**16 Racordare muchii R1:** comanda **Fillet** - Fig. 2.31 -  $\Delta_{r1}$  rază R1 / selecție muchii ① /  .

**15 How to fillet 3 R4.5 edges:** the **Fillet** command - Fig. 2.30 –  $\Delta_{r1}$  R4.5 radius/ select 3 edges /  .

**16 How to fillet an R1 edge:** the **Fillet** command - Fig. 2.31 –  $\Delta_{r1}$  R1 radius / select edges ① /  .

**17 Racordare muchie R1:** comanda Fillet - Fig. 2.31 - rază R1 / selecție muchie ② /

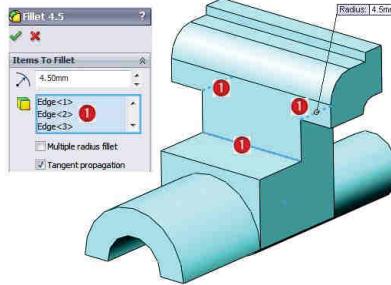


Fig. 2.30

**17 How to fillet an R1 edge:** the Fillet command - Fig. 2.31 – R1 radius / select edge ② /

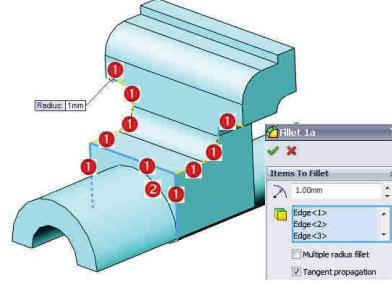


Fig. 2.31

**18 Generare gaură φ8:** comanda Hole Wizard - Fig. 2.32

- **Type** - Hole Type: Hole
- **Type** - Standard: ISO
- **Type** - Type: Drill sizes
- **Type** - Size: φ8.0
- **Type** - End Condition: Through All
- **Positions** - activare caseta **Positions** / click pe centrul cercului φ14 /

**19 Generare filet interior M8x1**

- Din meniul principal se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Selecție muchie circulară ① de diametru φ8 la care se va atașa filetul; identificatorul acesteia **Edge <1>** va fi depus în câmpul **Circular Edges** , fig. 2.33.
- Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
- Specificare diametru maximal 9 în câmpul **Major diameter** .
- Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Through**.
- În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M8x1.0**.

**18 Creation of the φ8 Hole:** command Hole Wizard - Fig. 2.32

- **Type** - Hole Type: Hole
- **Type** - Standard: ISO
- **Type** - Type: Drill sizes
- **Type** - Size: φ8.0
- **Type** - End Condition: Through All
- **Positions** - activate **Positions** tab / click on the center of the φ14 circle /

**19 Creation of the M8x1 Inner Thread**

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge ① with a φ8 diameter where the thread will be attached; the edge ID **Edge <1>** will be completed in the **Circular Edges** field, fig. 2.33.
- Select **None** option from **Standard** list.
- Specify a maximal diameter of 9 in the **Major diameter** field.
- Select **Through** from **End Condition** list.
- Specify **M8x1.0** in the **Thread Callout** field.



Fig. 2.32

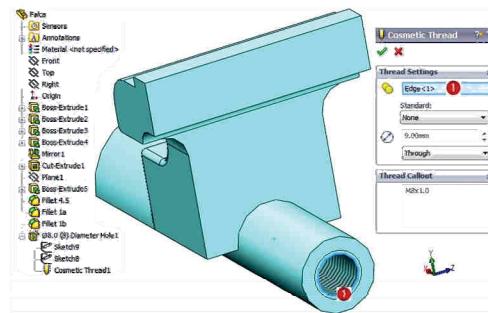


Fig. 2.33

## 2.4 Creare geometrie „Tija Corp”

Nume fisier: Tija Corp - Fig. 2.34. File name: Tija Corp – Fig. 2.34.

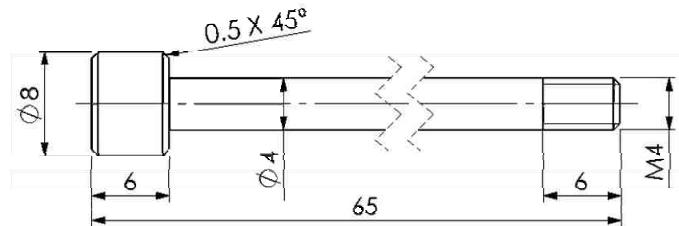


Fig. 2.34

## 2.4 The „Body Shank” design

**1** Trasare contur 65x4 Comanda Sketch – Fig. 2.35 – plan Top.

**2** Revoluție contur 65x4: comanda Revolved Boss/Base – Fig. 2.35 - selectie axă de revoluție ① / Blind / 360° / ✓.

**1** Sketching of the 65x4 contour: The Sketch command – Fig. 2.35 – Top plane.

**2** Revolving the 65x4 contour: the Revolved Boss/Base command - Fig. 2.35 – select axis of revolution ① / Blind / 360° / ✓.

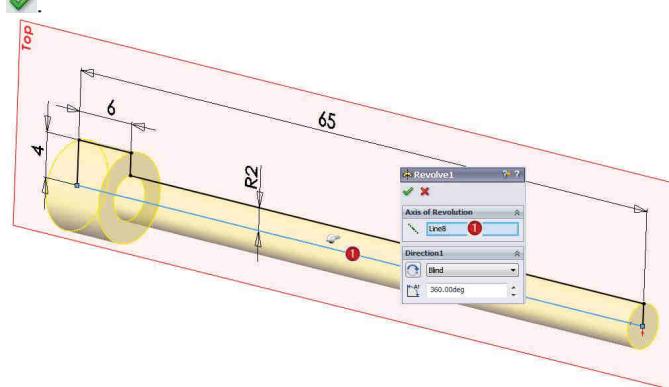


Fig. 2.35

**3 Teșire 3 muchii 0.5x45°:**  
comanda Chamfer - Fig. 2.36  
– Selectie 3 muchii ① / Angle distance / 0.5 mm distanță / Angle 45 / .

#### 4 Generare filet exterior M4

- Din meniul principal se va selecta Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Selectie muchie circulară ① de diametru  $\phi 4$  la care se va atașa filetul; identificatorul acesta Edge <1> va fi depus în câmpul Circular Edges , fig. 2.37.
- Din lista Standard se va selecta opțiunea None.
- Specificare diametru minimal 3 în câmpul Minor diameter .
- Din lista Blind se va specifica valoarea 6.
- În câmpul Thread Callout se va completa: M4.

**3 How to chamfer 3 0.5x45° edges:**  
the Chamfer command - Fig. 2.36 – Select 3 edges ① / Angle distance / 0.5 mm Distance / Angle 45 / .

#### 4 Creation of the M4 Exterior Thread

- Click Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Select the circular edge ① with a  $\phi 4$  diameter where the thread will be attached; the edge ID Edge <1> will be completed in the Circular Edges field, fig. 2.37.
- Select None option from Standard list.
- Specify a minimal diameter of 3 in the Minor diameter field.
- Select Blind and set 6 value.
- Specify M4 in the Thread Callout field.

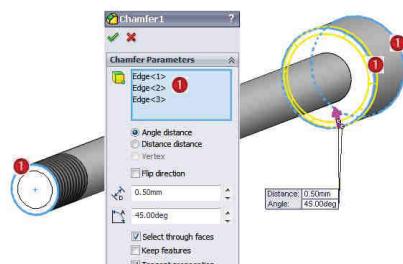


Fig. 2.36

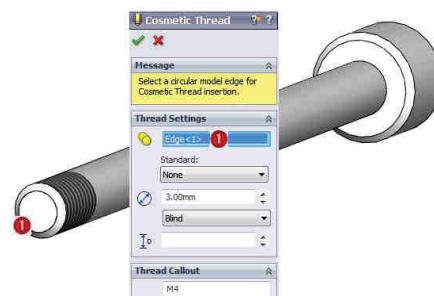


Fig. 2.37

## 2.5 Creare geometrie „Tija Arbore”

Nume fisier: Tija Arbore - Fig. 2.38.

Etapele de generare a geometriei sunt identice ca la piesa anterioară, Tija Corp, dar cu dimensiunile din fig. 2.38.

## 2.5 The „Shaft Shank” design

File name: Tija Arbore – Fig. 2.38.

The steps to generate the geometry are identical to the previous part, the Body Shank, but with dimension from fig. 2.38.

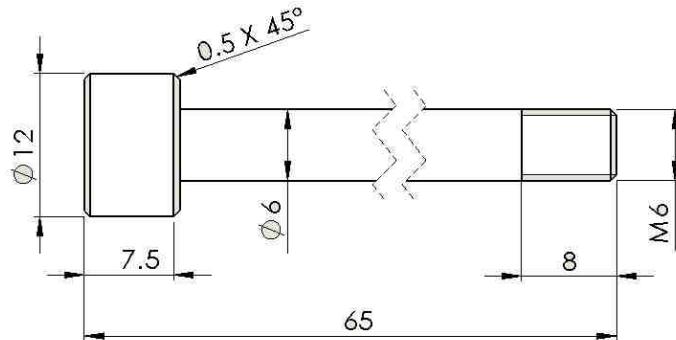


Fig. 2.38

**2.6 Creare geometrie „Tija fixare”****2.6 The „Fixed Shank” design**

Nume fisier: Tija fixare- Fig. 2.39. File name: Tija fixare – Fig. 2.39.

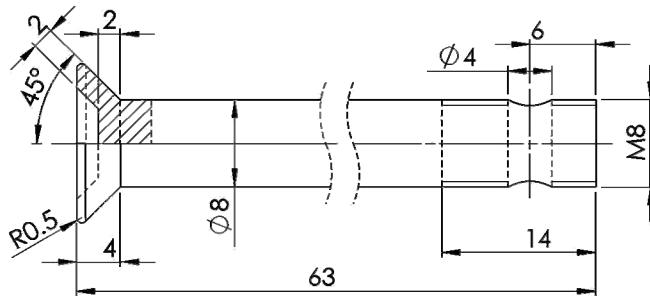


Fig. 2.39

**1 Trasare cerc  $\phi 8$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.40 – plan Top.

**2 Extrudare cerc  $\phi 8$ :** comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.40 – Blind /  $\Delta D_1$  59 mm distanță /  .

**3 Trasare contur  $4 \times 2 \times 45^\circ$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.41 – plan Right.

**4 Revoluție contur  $4 \times 2 \times 45^\circ$ :** comanda Revolved Boss/Base – Fig. 2.41 –  selecție axă de revoluție 1 / Blind /  $\Delta A_1$  360° /  .

**5 Racordare 1 muchie R0.5:** comanda Fillet – Fig. 2.42 –  rază R0.5 / selecție 1 muchie /  .

**1 Sketching of the  $\phi 8$  circle:** The Sketch command – Fig. 2.40 – Top plane.

**2 Extrusion of the  $\phi 8$  circle:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.40 – Blind /  $\Delta D_1$  59 mm distance /  .

**3 Sketching of the  $4 \times 2 \times 45^\circ$  contour:** The Sketch command – Fig. 2.41 – Right plane.

**4 Revolving the  $4 \times 2 \times 45^\circ$  contour:** the Revolved Boss/Base command - Fig. 2.41 –  select axis of revolution 1 / Blind /  $\Delta A_1$  360° /  .

**5 How to fillet an R0.5 edge:** the Fillet command - Fig. 2.42 –  R0.5 radius/ select 1 edge /  .

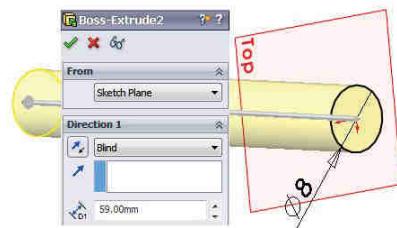


Fig. 2.40

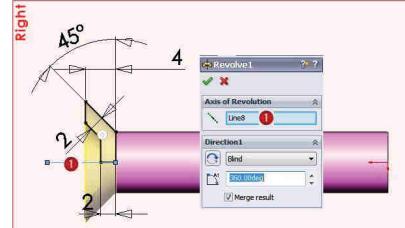


Fig. 2.41

**6 Creare plan de referință:** comanda **Plane** - Fig. 2.43 – **First Reference:** selecție plan **Front** / activare constrângere de paralelism / **Second Reference:** selecție față ② / activare tangentă /  .

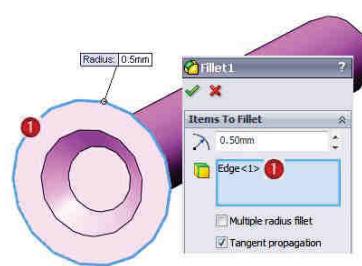


Fig. 2.42

**7 Generare gaură φ4:** comanda **Hole Wizard** - Fig. 2.44

- **Type** - Hole Type: Hole
- **Type** - Standard: ISO
- **Type** - Type: Drill sizes
- **Type** - Size: φ4.0
- **Type** - End Condition: Through All
- **Positions** - activare caseta **Positions** / click pe față ①/ tasta ESC / cu tasta Ctrl selectează **Plane1** ④ și markerul găurii \* ③/ impunere constrângere **On Plane** /  / preluare comanda **Smart Dimension** / cotare 6 mm între markerul găurii \* ③ și față ② / .

**6 Creation of the reference plane:** the **Plane** command - Fig. 2.43 – **First Reference:** select **Front** plane / activate parallel constraint / **Second Reference:** select the face ② / activate tangent constraint / .

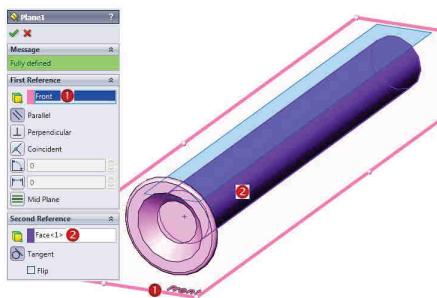


Fig. 2.43

**7 Creation of the φ4 Hole:** command **Hole Wizard** - Fig. 2.44

- **Type** - Hole Type: Hole
- **Type** - Standard: ISO
- **Type** - Type: Drill sizes
- **Type** - Size: φ4.0
- **Type** - End Condition: Through All
- **Positions** - activate **Positions** tab/ click on face ① / press ESC / with Ctrl taste pressed select **Plane1** ④ and hole marker \* ③/ set **On Plane** constraint /  / take **Smart Dimension** command / dimension 6 mm between hole marker \* ③ and face ② / .

### 8 Generare filet exterior M8x1

- Din meniul principal se va selecta **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Selecție muchie circulară ① de diametru  $\phi 8$  la care se va atașa filetul; identificatorul acestaia **Edge <1>** va fi depus în câmpul **Circular Edges** ②, fig. 2.45.
- Din lista **Standard** se va selecta opțiunea **None**.
- Specificare diametru minimal 7 în câmpul **Minor diameter** ③.
- Din lista **End Condition** se va selecta opțiunea **Blind** / impunere valoare 14 în câmpul **Depth** ④.
- În câmpul **Thread Callout** se va completa: **M8x1.0**.

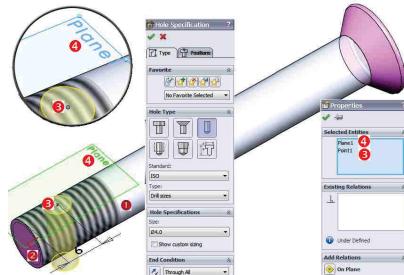


Fig. 2.44

### 8 Creation of the M8x1 Exterior Thread

- Click **Insert → Annotations → Cosmetic Thread**.
- Select the circular edge ① with a  $\phi 8$  diameter where the thread will be attached; the edge ID **Edge <1>** will be completed in the **Circular Edges** ② field, fig. 2.45.
- Select **None** option from **Standard** list.
- Specify a minimal diameter of 7 in the **Minor diameter** ③ field.
- Select **Blind** from **End Condition** list / set 14 value in the **Depth** ④ field.
- Specify **M8x1.0** in the **Thread Callout** field.

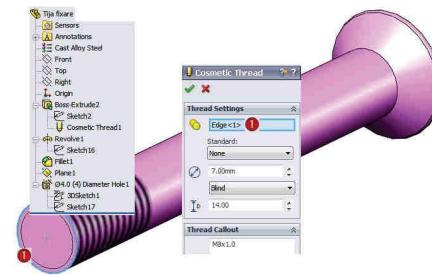


Fig. 2.45

## 2.7 Creare geometrie „Piulita tija corp”

Nume fisier: Piulita Tija Corp – Fig. 2.46.

**1 Trasare contur 3.5x8**  
Comanda **Sketch** – Fig. 2.47 – plan **Top**.

**2 Revoluție contur 3.5x8:**  
comanda **Revolved Boss/Base** ① - Fig. 2.47 - ② selectie axă de revoluție ① / **Blind** / ③  $360^\circ$  / ④ ✓.

## 2.7 The „Body Shank Nut” design

File name: Piulita Tija Corp – Fig. 2.46.

**1 Sketching of the 3.5x8 contour:**  
The **Sketch** command – Fig. 2.47 – **Top** plane.

**2 Revolving the 3.5x8 contour:**  
the **Revolved Boss/Base** ① command - Fig. 2.47 - ② select axis of revolution ①/ **Blind** / ③  $360^\circ$  / ④ ✓ .

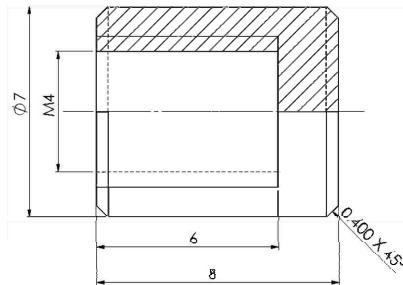


Fig. 2.46

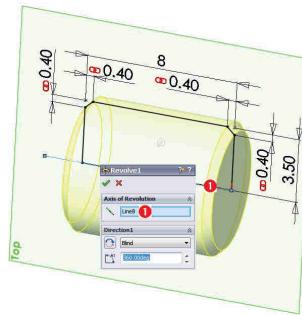


Fig. 2.47

**3 Trasare cerc decupare  $\phi 4$  mm:** Comanda Sketch – Fig. 2.48 – plan **1**.

**4 Extrudare contur decupare  $\phi 4$  mm:** comanda Extruded Cut - Fig. 2.48 - Blind / 6 mm distanță / .

**5 Generare filet interior M4**

- Din meniu se va selecta Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Pentru câmpul Circular Edges se va selecta muchia circulară **1** de diametru  $\phi 4$ , fig. 2.49.
- Selecție None din lista Standard.
- Specificare diametru maximal 5 în câmpul Major diameter .
- Selecție Blind din lista End Condition / impunere valoare 6 în câmpul Depth .
- În câmpul Thread Callout se va completa: **M4**.

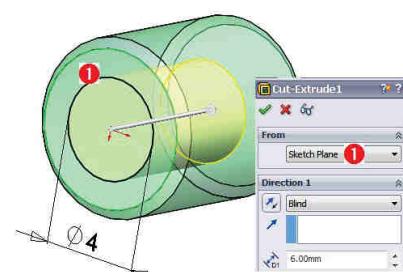


Fig. 2.48

**3 Sketching of the  $\phi 4$  cut circle:** The Sketch command – Fig. 2.48 – plane **1**.

**4 Extrusion of the  $\phi 4$  mm cut circle:** the Extruded Cut command - Fig. 2.48 – Blind / 6 mm distance / .

**5 Creation of the M4 Inner Thread**

- Click Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- For the Circular Edges field select the circular edge **1** with a  $\phi 4$  diameter, fig. 2.49.
- Select None from Standard list.
- Specify a maximal diameter of 5 in the Major diameter field.
- Select Blind from End Condition list / set 6 value in the Depth field.
- Specify M4 in the Thread Callout field.

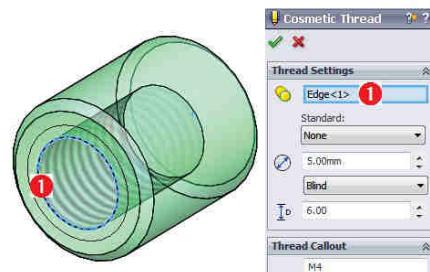


Fig. 2.49

## 2.8 Creare geometrie „Piulita tija arbore”

Nume fisier: Piulita Tija Arbore - Fig. 2.50.

Etapele de generare a geometriei sunt identice ca la piesa anterioară, Piulita Tija Corp, dar cu dimensiunile din fig. 2.50.

## 2.9 Creare geometrie „Piulita tija fixare”

Nume fisier: Piulita Tija Fixare - Fig. 2.51.

## 2.8 The „Shaft Shank Nut” design

File name: Piulita Tija Arbore – Fig. 2.50.

The steps to generate the geometry are identical to the previous part, the Body Shank Nut, but with dimension from fig. 2.50.

## 2.9 The „Fixed Shank Nut” design

File name: Piulita Tija Fixare – Fig. 2.51.

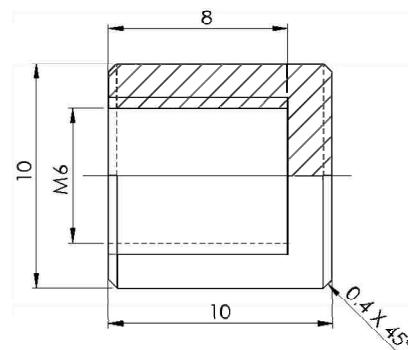


Fig. 2.50

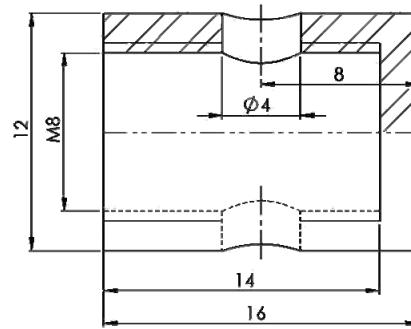


Fig. 2.51

**1** Trasare cerc  $\phi 12$ : Comanda Sketch – Fig. 2.52 – plan Top.

**2** Extrudare cerc  $\phi 12$ : comanda Extruded Boss/Base – Fig. 2.52 - Blind /  $\Delta_{D1}$  16 mm distanță /

**3** Trasare cerc decupare  $\phi 8$  mm: Comanda Sketch – Fig. 2.53 – plan **①**.

**4** Extrudare contur decupare  $\phi 4$  mm: comanda Extruded Cut – Fig. 2.53 - Blind /  $\Delta_{D1}$  14 mm distanță / .

**1** Sketching of the  $\phi 12$  circle: The Sketch command – Fig. 2.52 – Top plane.

**2** Extrusion of the  $\phi 12$  circle: the Extruded Boss/Base command - Fig. 2.52 – Blind /  $\Delta_{D1}$  16 mm distance / .

**3** Sketching of the  $\phi 8$  cut circle: The Sketch command – Fig. 2.53 – plane **①**.

**4** Extrusion of the  $\phi 4$  mm cut circle: the Extruded Cut command - Fig. 2.53 – Blind /  $\Delta_{D1}$  14 mm distance / .

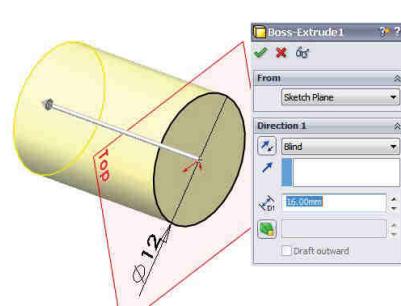


Fig. 2.52

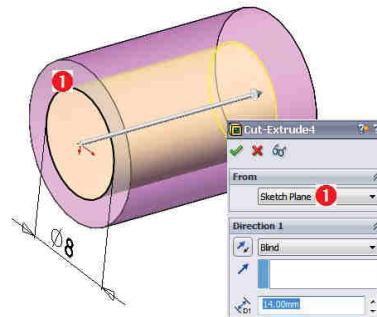


Fig. 2.53

**5 Creare plan de referință:** comanda **Plane** - Fig. 2.54 –

**First Reference:** selecție față ① / activare tangentă / **Second Reference:** selecție plan **Right** / activare constrângere de paralelism / .

**6 Generare gaură φ4:** comanda **Hole Wizard** - Fig. 2.55

- **Type** - Hole Type: Hole / Standard: ISO / Type: Drill sizes / Size:  $\phi 4.0$  / End Condition: Through All

• **Positions** - activare caseta **Positions** / click pe față ①/ tasta ESC / cu tasta Ctrl selecție **Plane1** ④ și markerul găurii \* ③/ impunere constrângere **On Plane** / / preluare comanda **Smart Dimension** / cotare 8 mm între markerul găurii \* ③ și față ② / .

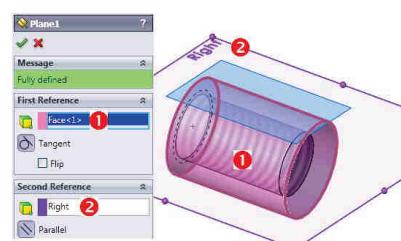


Fig. 2.54

**5 Creation of the reference plane:** the **Plane** command - Fig. 2.54 –

**First Reference:** select the face ① / activate tangent constraint / **Second Reference:** select **Right** plane / activate parallel constraint / .

**6 Creation of the φ4 Hole:** command **Hole Wizard** - Fig. 2.55

- **Type** - Hole Type: Hole / Standard: ISO / Type: Drill sizes / Size:  $\phi 4.0$  / End Condition: Through All

**Positions** - activate **Positions** tab/ click on face ① / press ESC / with Ctrl taste pressed select **Plane1** ④ and hole marker \* ③/ set **On Plane** constraint / / take **Smart Dimension** command / dimension 8 mm between hole marker \* ③ and face ② / .

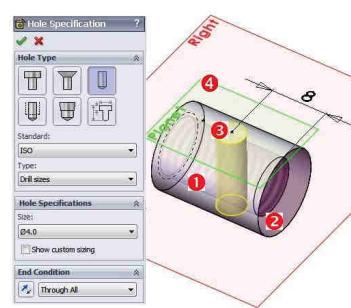


Fig. 2.55

## 2.10 Creare geometrie „Arbore”

Nume fisier: Arbore - Fig. 2.56.

## 2.10 The „Shaft” design

File name: Arbore – Fig. 2.56.

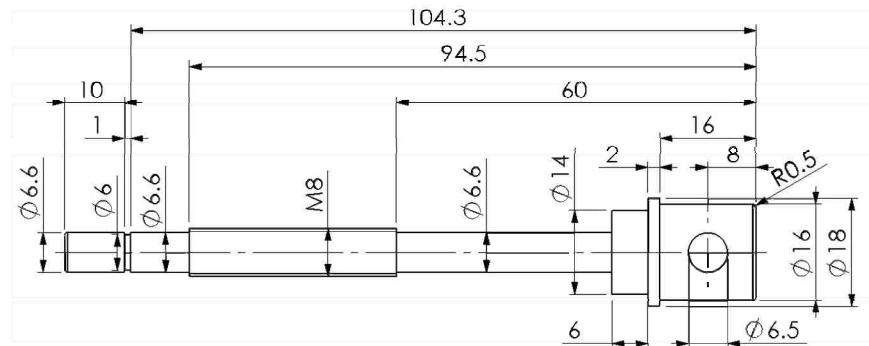


Fig. 2.56

**1 Trasare contur arbore**  
Comanda Sketch – Fig. 2.57 – plan Top.

**2 Revoluție contur arbore:**  
comanda Revolved Boss/Base – Fig. 2.57 - selectie axă de revoluție ① / Blind / / .

**1 Sketching of the shaft profile:**  
The Sketch command – Fig. 2. 57 – Top plane.

**2 Revolving the shaft profile:** the Revolved Boss/Base command – Fig. 2.57 – select axis of revolution ①/ Blind / / .

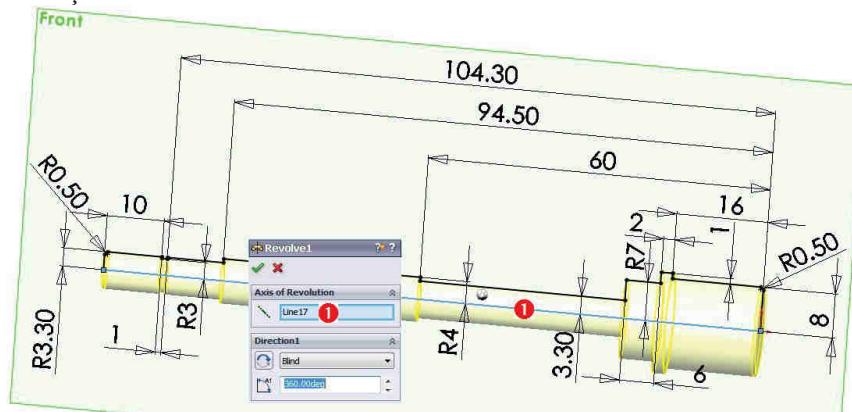


Fig. 2.57

**3 Creare plan de referință:**  
comanda Plane - Fig. 2.58 –

**First Reference:** selecție plan Front / activare constrângere de paralelism / / **Second Reference:** selecție față ② / activare tangență / .

**3 Creation of the reference plane:**  
the Plane command - Fig. 2.58 –

**First Reference:** select Front plane / activate parallel constraint / **Second Reference:** select the face ② / activate tangent constraint / .

**4 Trasare cerc decupare  $\phi 6.5$  mm: Comanda Sketch – Fig. 2.59 – plan ①.**

**5 Extrudare contur decupare  $\phi 6.5$  mm: comanda Extruded Cut – Fig. 2.59 - Through All / ✓.**

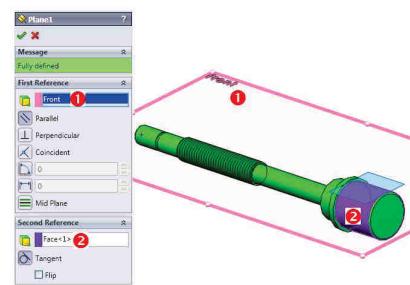


Fig. 2.58

**4 Sketching of the  $\phi 6.5$  cut circle: The Sketch command – Fig. 2.59 – plane ①.**

**5 Extrudation the  $\phi 6.5$  mm cut circle: the Extruded Cut command - Fig. 2.59 – Through All / ✓ .**

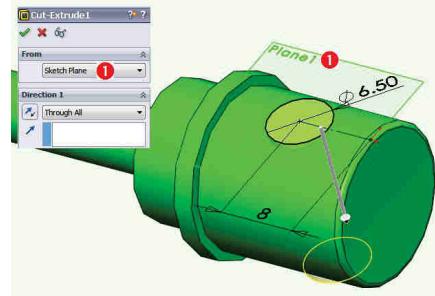


Fig. 2.59

**6 Generare filet exterior M8x1**

- Selectie Insert → Annotations → Cosmetic Thread din meniu.
- Selectie muchie circulară ① de diametru  $\phi 8$ , fig. 2.60.
- Din lista Standard se va selecta optiunea None.
- Specificare diametru minimal 7 în câmpul Minor diameter.
- Din lista End Condition se va selecta optiunea Through.
- În câmpul Thread Callout se va completa: M8x1.0.

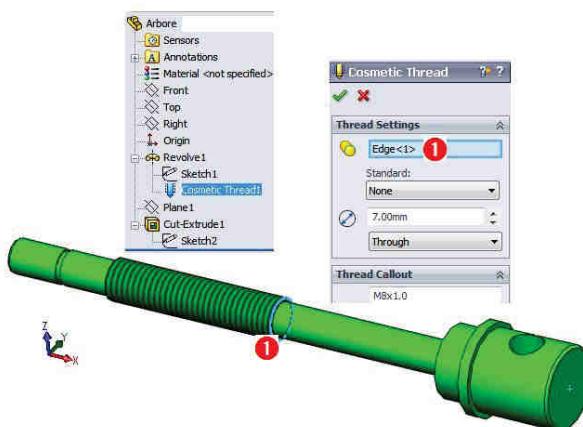


Fig. 2.60

**6 Creation of the M8x1 Thread**

- Click Insert → Annotations → Cosmetic Thread.
- Select the circular edge ① with a  $\phi 8$  diameter, fig. 2.60.
- Select None option from Standard list.
- Specify a minimal diameter of 7 in the Minor diameter field.
- Select Through from End Condition list.
- Specify M8x1.0 in the Thread Callout field.

## 2.11 Creare geometrie „Inel”

Nume fisier: Inel - Fig. 2.61.

**1 Trasare cercuri  $\phi 10 \times \phi 16.4$ :** Comanda Sketch – Fig. 2.62 – plan Front.

**2 Extrudare cercuri  $\phi 10 \times \phi 16.4$ :** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 2.62 - Blind /  0.8 mm distanță / .

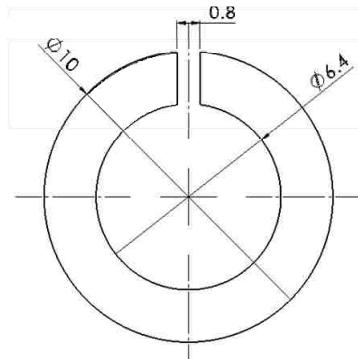


Fig. 2.61

## 2.11 The „Ring” design

File name: Inel – Fig. 2.61.

**1 Sketching of the  $\phi 10 \times \phi 16.4$  circle:** The Sketch command – Fig. 2.62 – Front plane.

**2 Extrusion of the  $\phi 10 \times \phi 16.4$  circle:** the Extruded Boss/Base  command - Fig. 2.62 – Blind /  0.8 mm distance / .

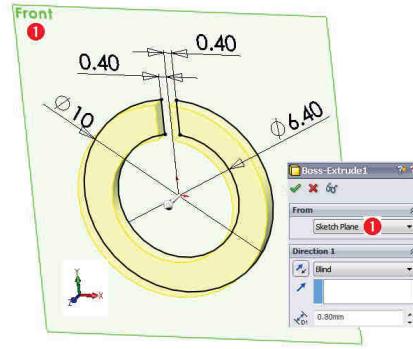
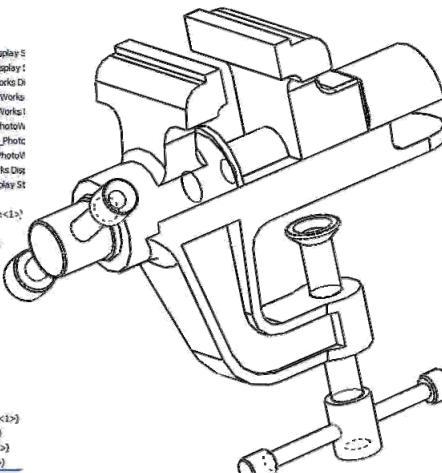
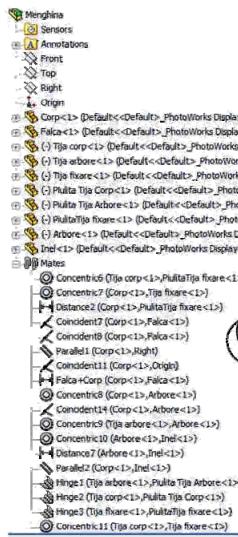


Fig. 2.62

## 2.12 Creare ansamblu menghina

Nume fisier: Menghina - Fig. 2.61.



## 2.12 Creation of the screw vice assembly

File name: Menghina – Fig. 2.61.

Fig. 2.62



### 3. PROIECTAREA UNUI ROTOR PELTON

#### 3. THE PELTON RUNNER DESIGN



**SUMAR APlicațIE**

- Geometrie rotor
- Creare geometrie CupaPelton
- Creare geometrie Disc
- Creare ansamblu rotor
- Calcul tensiuni și deformații
  - Activare modul SolidWorks Simulation
  - Creare studiu de simulare
  - Selecție material
  - Aplicare restrângerii
  - Aplicare forță tangențială
  - Aplicare forță centrifugă
  - Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare
  - Vizualizare rezultate
  - Analiza unui nou studiu

**APPLICATION SUMMARY**

- The Runner geometry
- The CupaPelton Design
- The Disc design
- Creation of the runner assembly
- Stress and deformation calculus
  - Activation of the SolidWorks Simulation module
  - Creation of the simulation study
  - Selection of the material
  - Applying the restraint
  - Applying the tangential force
  - Applying the centrifugal force
  - Meshing and running the simulation study
  - Viewing of the results
  - Creation of a new study
  - Analyzation of a new study

**DESCRIEREA APlicațIEI**

Paleta Pelton are o formă geometrică complexă, datorită formei și grosimii variabile. Metodele analitice sunt metode aproximative de calcul a tensiunilor. Metodele experimentale pot fi utilizate, dar cu costuri investite în modelul paletei și în aparatura de măsură. Metoda elementelor finite (FEM) reprezintă o alternativă viabilă. Aplicația descrie pas cu pas procedurile de generare a geometriei solide 3D și a calculului FEM pentru determinarea deformațiilor și tensiunilor paletei Pelton, utilizând SolidWorks pentru generarea geometriei și SolidWorks Simulation pentru analiza FEM.

**APPLICATION DESCRIPTION**

The Pelton blade has a very complex geometry due to the blade's shape and variable thickness. Analytical methods offer an appreciative calculus of the stress. Experimental methods can be used, but with expensive costs for the blade model and technical measurements devices. As an alternative, the numerical finite element method can be used. The application describes every step of the following procedures: 3D solid geometry generation and finite element technique generation used to calculate the deformation and stress values for the Pelton blade turbine, through the usage of SolidWorks and SolidWorks Simulation software.

### 3.1 Geometrie rotor

Geometria rotorului Pelton este prezentată în fig. 3.1 [22].

### 3.1 The Runner geometry

The Pelton runner geometry is presented in fig. 3.1 [22].

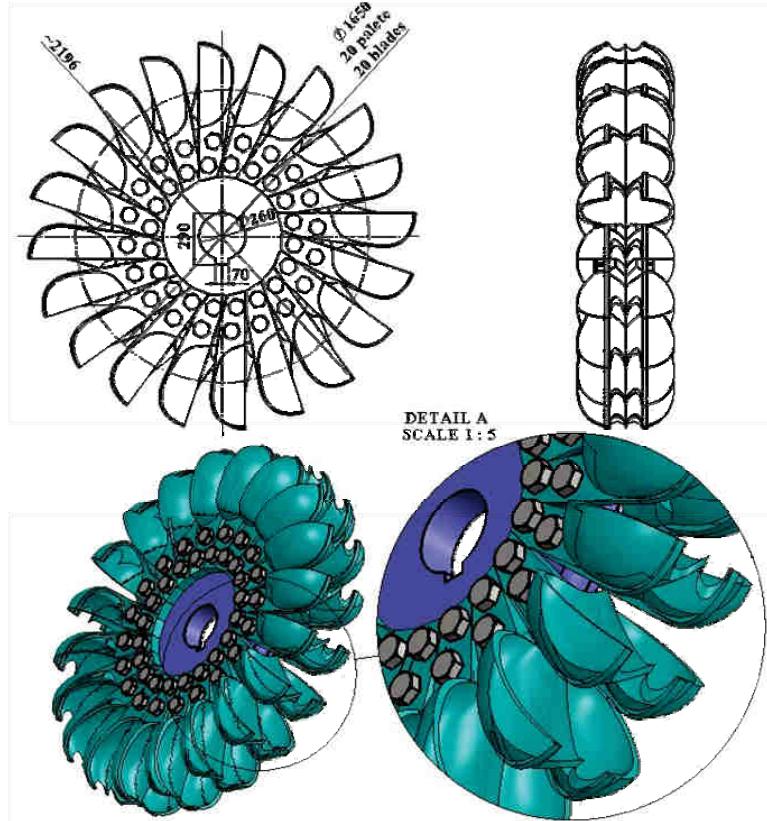


Fig. 3.1

### 3.2 Creare geometrie CupaPelton

Dimensiunile principale, forma și terminologia paletei sunt prezentate în tab. 1, fig. 3.2 și fig. 3.3.

### 3.2 The CupaPelton design

The main dimensions, shape and terminology of the blade are shown in tab. 1, fig. 3.2, fig. 3.3.

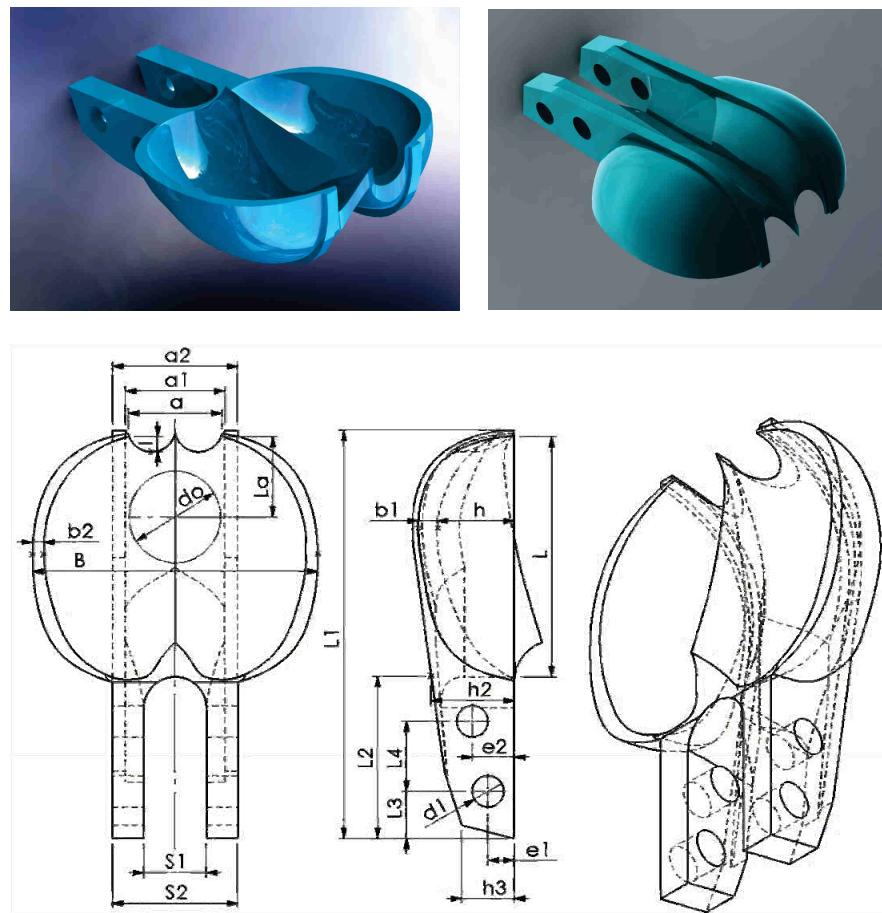


Fig. 3.2

Tab. 3.1

Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
$D_o$	1650	$L_1$	800	$b_2$	20
$d_o$	165	$h_2$	225	$S_1$	240
$B$	500	$h_3$	140	$S_2$	120
$L$	472.5	$a_1$	225	$L_2$	300
$h$	190	$a_2$	260	$L_3/L_4$	90/135
$a$	185	$b_1$	30	$d_1$	70
$L_a$	260			$e_1/e_2$	50/80

Scopul modelării geometriei este de a genera paleta în format solid și nu în suprafețe, pentru a utiliza modelul solid în analiza cu elemente finite. Geometria paletei din fig. 3.2 este preluată din [1], [14], [24] și scalată pentru diametrul ajutajului  $d_o=165$  mm.

The purpose of the geometrical modeling is to obtain the blade as a solid object and not as a surface, so that the solid model of the blade can be used for finite elements resistance analysis. The blade geometry fig. 3.2 is taken from [1], [14], [24] and scaled for a nozzle diameter of  $d_o=165$  mm.

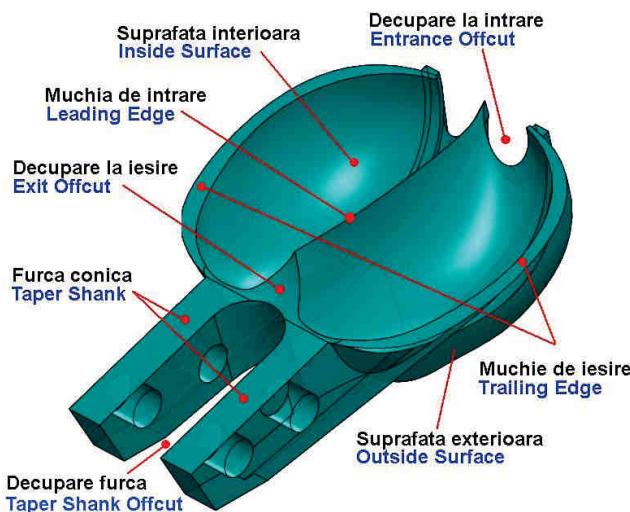


Fig. 3.3

Nume fisier: CupaPelton - Fig. 3.3

File name: CupaPelton - Fig. 3.3

**1 Creare plan schițare 50:** Comanda **Plane** – Fig. 3.4 – selecție plan **Front** / Distance 50 / .

**2 Creare plan schițare 54.5:** Comanda **Plane** – Fig. 3.5 – selecție plan **Top** / Distance 54.5 / .

**3 Creare plan schițare 138:** Comanda **Plane** – selecție plan **Top** / Distance 138 / .

**4 Creare plan schițare 221:** Comanda **Plane** – selecție plan **Top** / Distance 221 / .

**1 Creation of the sketch plane 50:** The **Plane** command – Fig. 3.4 – select **Front** plane / Distance 50 / .

**2 Creation of the sketch plane 54.5:** The **Plane** command – Fig. 3.5 – select **Top** plane / Distance 54.5 / .

**3 Creation of the sketch plane 138:** The **Plane** command – select **Top** plane / Distance 138 / .

**4 Creation of the sketch plane 221:** The **Plane** command – select **Top** plane / Distance 221 / .

**5 Creere plan schițare 304:** Comanda **Plane** – selecție plan **Top** / Distance 304 / .

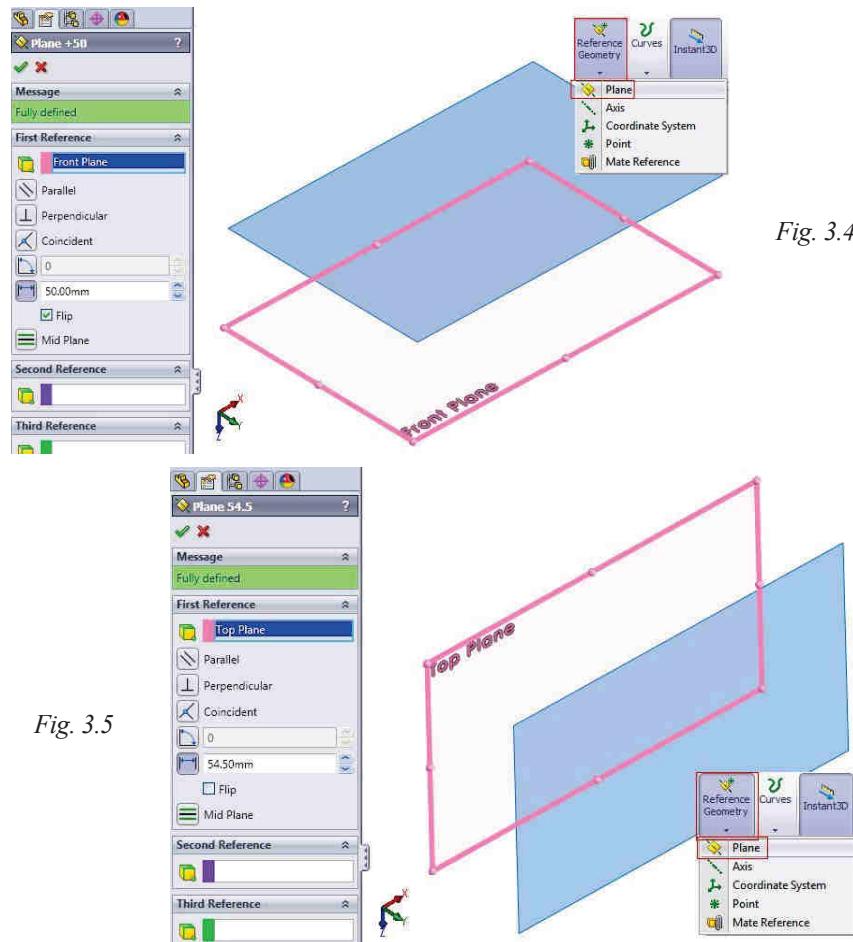
**6 Creere plan schițare 426:** Comanda **Plane** – selecție plan **Top** / Distance 426 / .

**7 Creere plan schițare 475.5:** Comanda **Plane** – selecție plan **Top** / Distance 475.5 / .

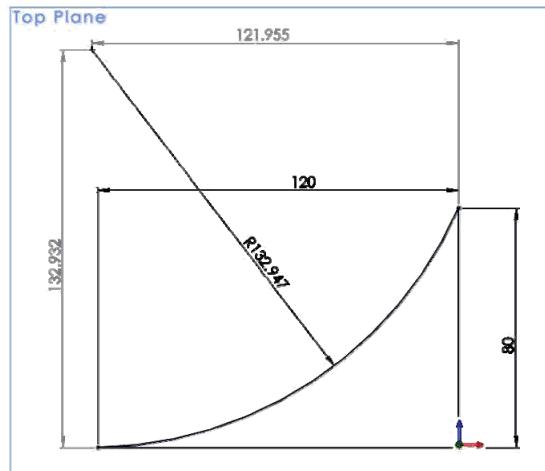
**5 Creation of the sketch plane 304:** The **Plane** command – select **Top** plane / Distance 304 / .

**6 Creation of the sketch plane 426:** The **Plane** command – select **Top** plane / Distance 426 / .

**7 Creation of the sketch plane 475.5:** The **Plane** command – select **Top** plane / Distance 475.5 / .



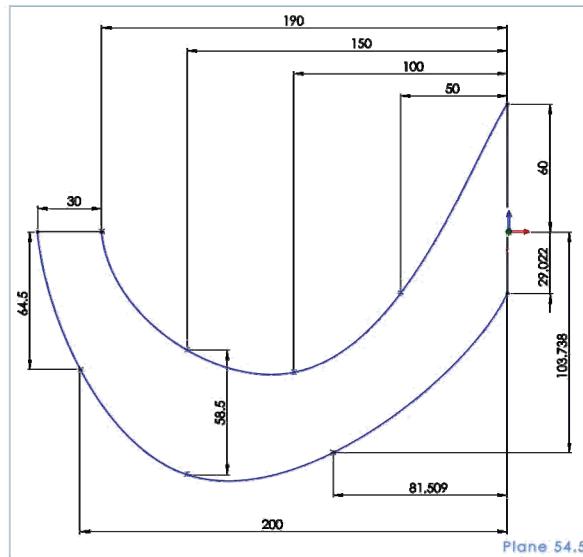
**8 Schițare contur 1:** comanda Sketch- Fig. 3.6 – Selecție plan Top / Schițare contur / .



**8 Sketching of the 1 contour:** the Sketch command - Fig. 3.6 – Select Top Plane / Sketch the contour / .

Fig. 3.6

**9 Schițare contur 2:** comanda Sketch- Fig. 3.7 – Selecție plan 54.5 / Schițare contur / .



**9 Sketching of the 2 contour:** the Sketch command - Fig. 3.7 – Select 54.5 Plane / Sketch the contour / .

Fig. 3.7

**10 Schițare contur 3:** comanda Sketch- Fig. 3.8 – Selecție plan 138 / Schițare contur / .

**10 Sketching of the 3 contour:** the Sketch command - Fig. 3.8 – Select 138 Plane / Sketch the contour / .

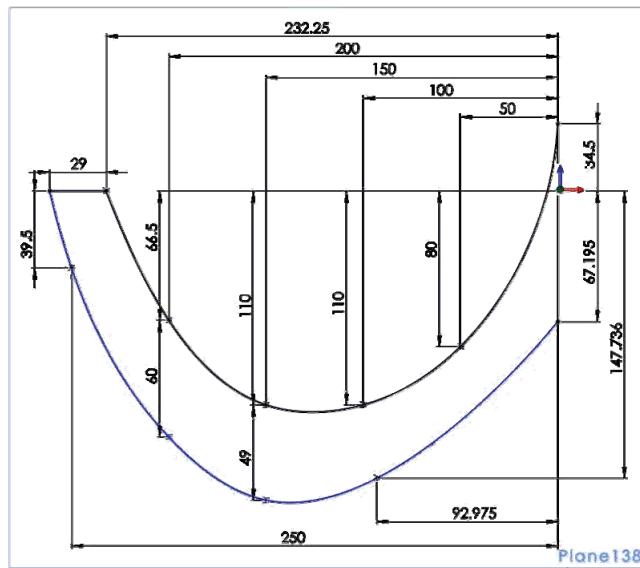


Fig. 3.8

**11 Schițare contur 4:** comanda Sketch- Fig. 3.9 – Selecție plan 221 / Schițare contur / .

**11 Sketching of the 4 contour:** the Sketch command - Fig. 3.9 – Select 221 Plane / Sketch the contour / .

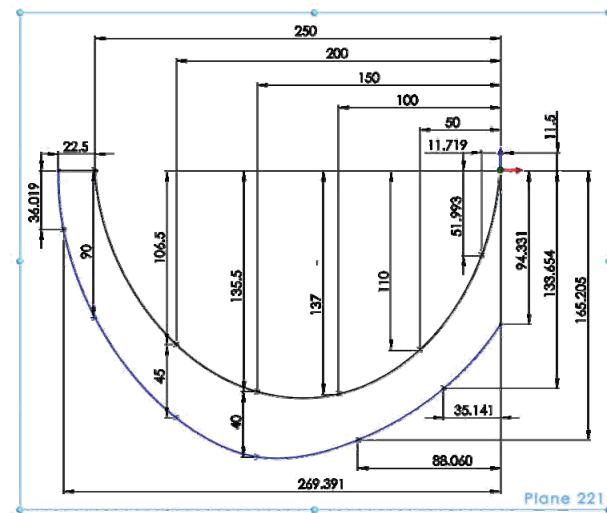


Fig. 3.9

**12 Schițare contur 5:** comanda Sketch- Fig. 3.10 – Selectie plan 304 / Schițare contur / .

**12 Sketching of the 5 contour:** the Sketch command - Fig. 3.10 – Select 304 Plane / Sketch the contour / .

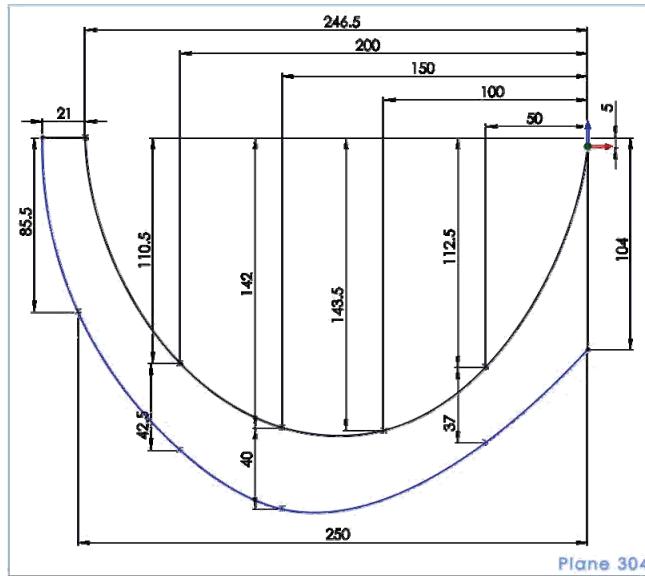


Fig. 3.10

**13 Schițare contur 6:** comanda Sketch- Fig. 3.11 – Selectie plan 426 / Schițare contur / .

**13 Sketching of the 6 contour:** the Sketch command - Fig. 3.11 – Select 426 Plane / Sketch the contour / .

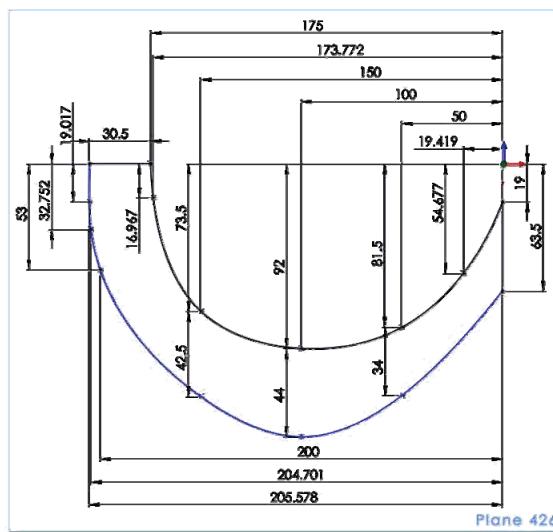


Fig. 3.11

**14 Schițare contur 7:** comanda Sketch- Fig. 3.12 – Selectie plan 475.5 / Schițare contur /

**14 Sketching of the 7 contour:** the Sketch command - Fig. 3.12 – Select 475.5 Plane / Sketch the contour /

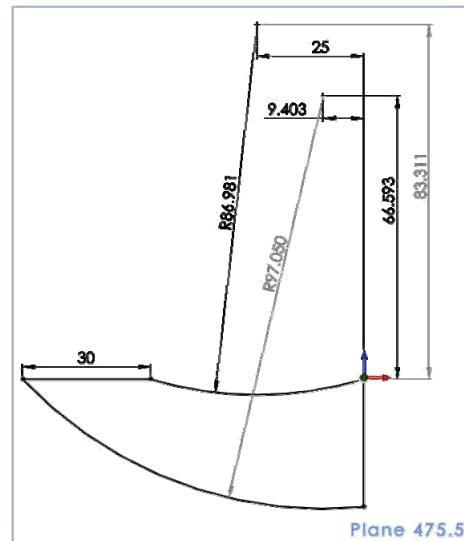


Fig. 3.12

**15 Schițare contur 7:** comanda Loft- Fig. 3.13 – Selectie contur 1....7 /

**15 Sketching of the 7 contour:** the Loft command - Fig. 3.13 – Select contours 1...7 /

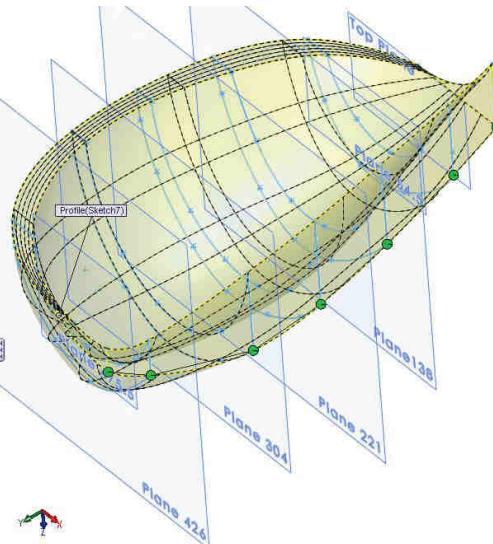
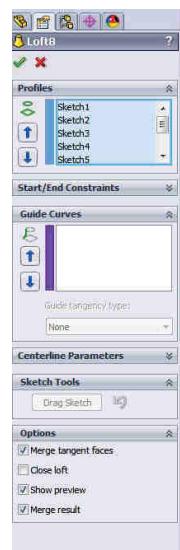


Fig. 3.13

**16 Creare plan schițare 300:**

Comanda Plane – Fig. 3.14 –

Selectie plan Top / Distance 300 / .

**16 Creation of the 300 sketch plane:** The Plane command – Fig.

3.14 – Select Top plane / Distance 300 / .

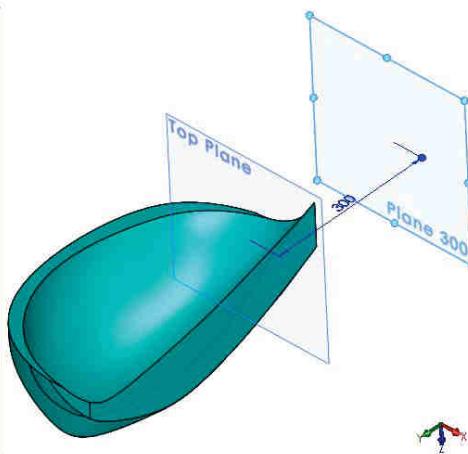
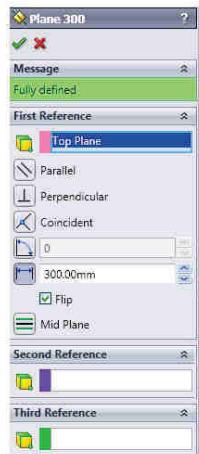


Fig. 3.14

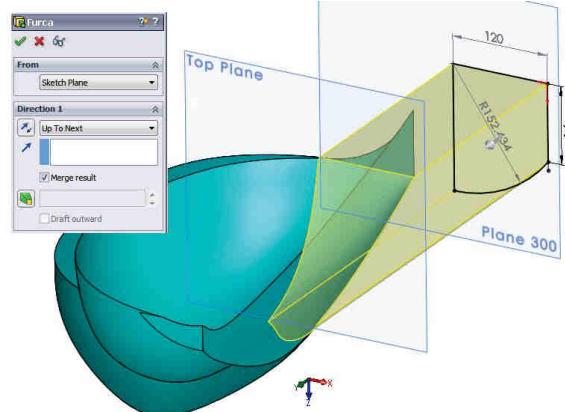
**17 Schițare contur 8 – 120 x 94 x R152.434 :** comanda Sketch- Fig. 3.15 – Selectie plan 300 / Schițare contur / .**17 Sketching of the 8 contour - 120 x 94 x R152.434 :** the Sketch command - Fig. 3.15 – Select 300 Plane / Sketch the contour / .**18 Creare furcă conică - Extrudare contur 8:** comanda Extruded Boss/Base - Fig. 3.15 – Up to Next / .**18 Creation of the Taper Shank – Extrusion of the 8 contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 3.15 – Up to Next / .

Fig. 3.15

**19 Oglindire geometrie:** comanda Mirror - Fig. 3.16 – Mirror Face **1** / Bodies to Mirror **2** / .

**19 How to mirror of the geometry:** the Mirror command - Fig. 3.16 – Mirror Face **1** / Bodies to Mirror **2** / .

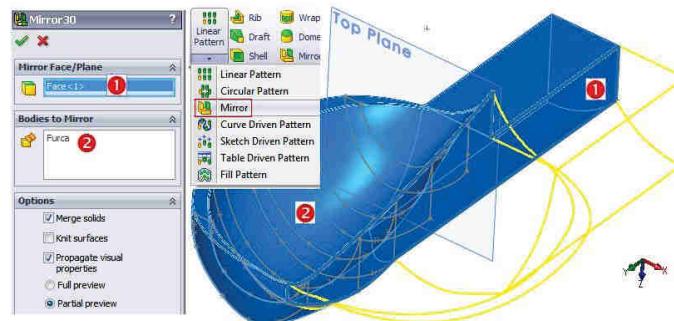


Fig. 3.16

**20 Schițare cerc  $\phi 160$ :** comanda Sketch- Fig. 3.17 – Selectie plan Right / Schițare cerc  $\phi 160 \times 80$  / .

**20 Sketching the  $\phi 160$  circle:** the Sketch command - Fig. 3.17 – Select Right Plane / Sketch the circle  $\phi 160 \times 80$  / .

**21 Creare decupare la ieșire – Extrudare cerc  $\phi 160$ :** comanda Extruded Boss/Base - Fig. 3.17 – Direction 1 – Through All / Direction 1 – Through All / .

**21 Creation of the Exit Offcut – Extrusion of the  $\phi 160$  circle:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 3.17 – Direction 1 – Through All / Direction 1 – Through All / .

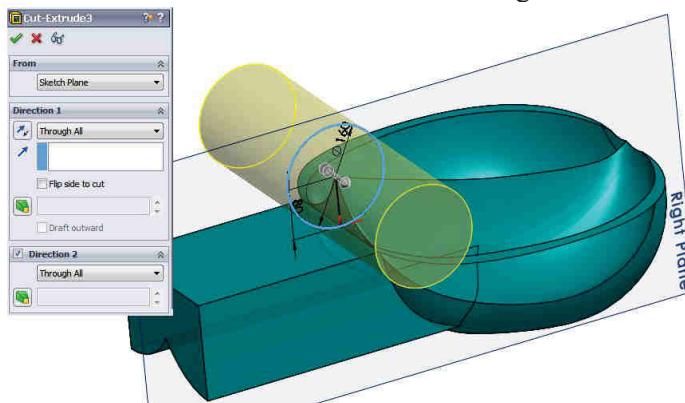


Fig. 3.17

**22 Schițare contur 290x50xR60:** comanda Sketch - Fig. 3.18 – Selectie plan +50 / Schițare contur 290x50xR60 / .

**22 Sketching of the 290x50xR60 contour:** the Sketch command - Fig. 3.18 – Select +50 Plane / Sketch the 290x50xR60 contour / .

**23 Creare decupare furcă – Extrudare contur 290x50xR60:** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 3.18 – Direction 1 – Through All / .

**23 Creation of the Taper Shank Offcut – Extrudation of the 290x50xR60 contour:** the Extruded Boss/Base  command - Fig. 3.18 – Direction 1 – Through All / .

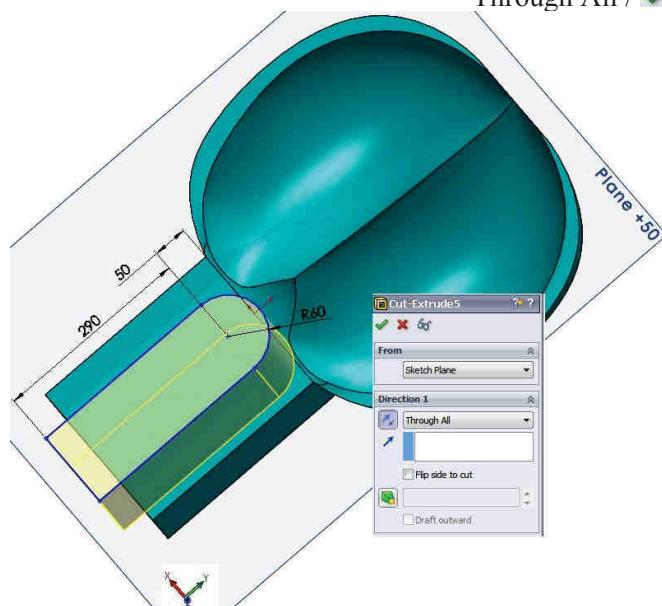


Fig. 3.18

**24 Schițare contur 45x10xR46.1:** comanda Sketch - Fig. 3.19 – Selectie plan +50 / Schițare contur 45x10xR46.1 / .

**24 Sketching of the 45x10xR46.1 contour:** the Sketch command - Fig. 3.19 – Select +50 Plane / Sketch the 45x10xR46.1 contour / .

**25 Creare decupare la intrare – Extrudare contur 45x10xR46.1:** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 3.19 – Direction 1 – Through All / .

**25 Creation of the Entrance Offcut – Extrudation of the 45x10xR46.1 contour:** the Extruded Boss/Base  command - Fig. 3.19 – Direction 1 – Through All / .

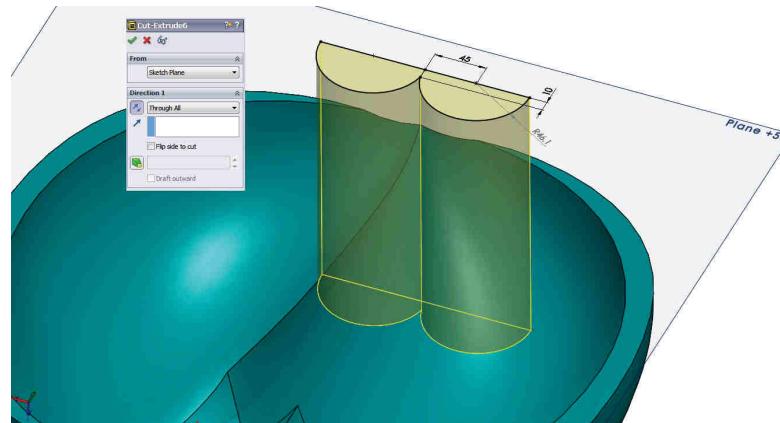


Fig. 3.19

**26 Schițare contur 300x520:** comanda Sketch- Fig. 3.20 – Selecție plan ① (față laterală furcă) / Schițare contur 300x520 /

**26 Sketching of the 300x520 contour:** the Sketch command - Fig. 3.20 – Select ① Plane (Taper Shank lateral face) / Sketch the 300x520 contour / .

**27 Creare decupare conică – Extrudare contur 300x520:** comanda Extruded Boss/Base - Fig. 3.20 – Direction 1 – Through All / .

**27 Creation of the Cutting Cone – Extrudation of the 300x520 contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 3.20 – Direction 1 – Through All / .

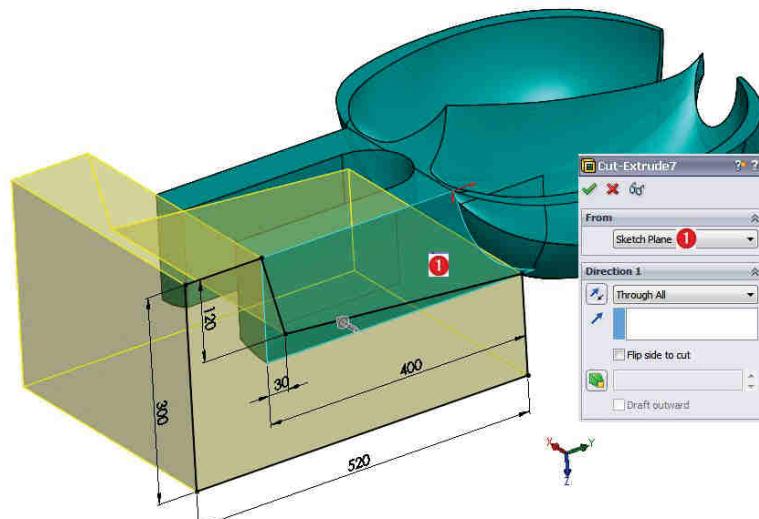


Fig. 3.20

**28 Schițare contur nervură:** comanda Sketch - Fig. 3.21 – Selectie plan 1 (față laterală furcă) / Schițare contur nervură / 

 Pentru a obține curbele de intersecție dintre planul de schițare și suprafețele interioare / exterioare ale paletei se va utiliza comanda  **Intersection Curve**.

**29 Creare nervură – Extrudare contur nervură:** comanda Extruded Boss/Base  - Fig. 3.21 – Direction 1 / Blind / Distance  25 mm / 

**28 Sketching of the rib contour:** the Sketch command - Fig. 3.21 – Select 1 Plane (Taper Shank lateral face) / Sketch the rib contour / .

 The  **Intersection Curve** command must be used in order to obtain the intersection curves between the sketch plane and the Inside/Outside blade surfaces,

**29 Creation of the Rib – Extrudation of the rib contour:** the Extruded Boss/Base  command - Fig. 3.21 – Direction 1 / Blind / Distance  25 mm / 

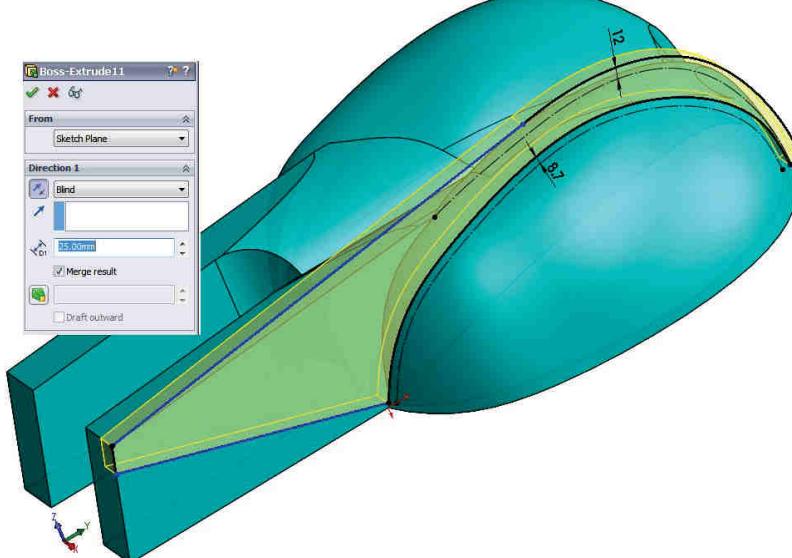


Fig. 3.21

**30 Oglindire nervură:** comanda Mirror  - Fig. 3.22 –  Mirror Face/Plane - Right Plane/  Features to Mirror – nervura anterior creată / 

**30 How to mirror the rib:** the Mirror  command - Fig. 3.22 –  Mirror Face/Plane - Right Plane/  Features to Mirror – the previous rib / 

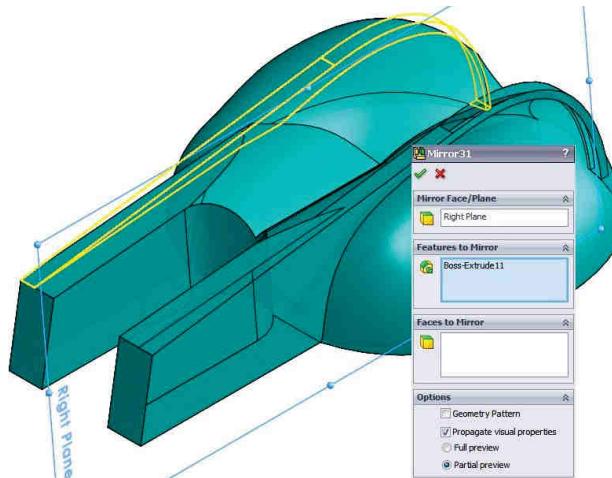


Fig. 3.22

**31 Schițare contururi găuri  $\phi 56.5$  &  $160 \times 122^\circ$ :** comanda Sketch - Fig. 3.23 – Selecție plan ① (față laterală furcă) / Schițare contururi găuri  $\phi 60$  &  $160 \times 122^\circ$  /

**31 Sketching of the  $\phi 56.5$  &  $160 \times 122^\circ$  contours:** the Sketch command - Fig. 3.23 – Select ① Plane (Taper Shank lateral face) / Sketch the holes  $\phi 60$  &  $160 \times 122^\circ$  contours /

**32 Extrudare contururi găuri  $\phi 56.5$  &  $160 \times 122^\circ$ :** comanda Extruded Boss/Base - Fig. 3.23 – Direction 1 – Through All /

**32 Extrusion of the  $\phi 56.5$  &  $160 \times 122^\circ$  contours:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 3.23 – Direction 1 – Through All /

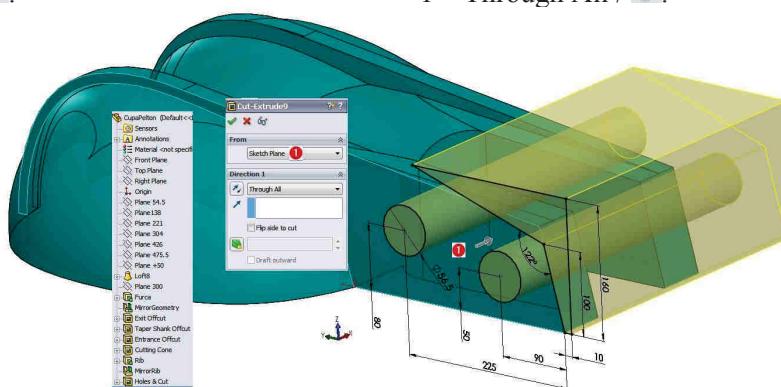


Fig. 3.23

**33 Modificare culoare:** comanda Edit Appearance - selecție culoare /

**33 How to change the body color:** the Edit Appearance command – select the color /

### 3.3 Creare geometrie Disc

Nume fisier: Disc - Fig. 3.24

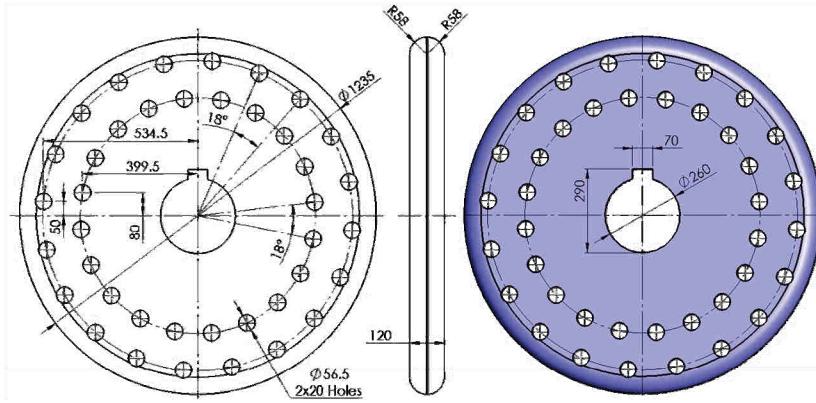


Fig. 3.24

### 3.3 The Disc design

File name: Disc - Fig. 3.24

**1 Schițare contur  $\phi 1235 \times \phi 56.5 \times 40$ :** comanda Sketch - Fig. 3.25 – Selectie plan Top / Schițare contur /

**1 Sketching of the  $\phi 1235 \times \phi 56.5 \times 40$  contour:** the Sketch command - Fig. 3.25 - Select Top plane / Sketch the contour /

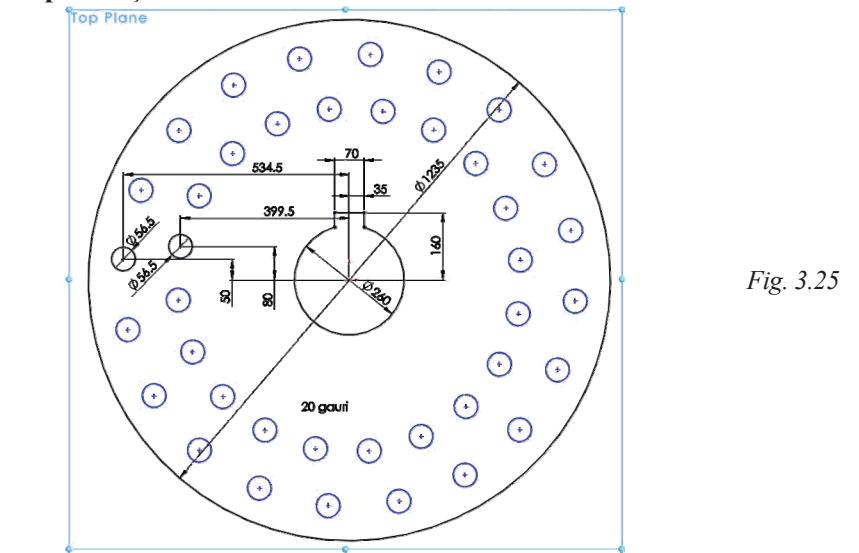


Fig. 3.25

**2 Extrudare contur  $\phi 1235 \times \phi 56.5 \times 40$ :** comanda Extruded Boss/Base - Fig. 3.26 - Blind /  $d_1$  120 mm distanță /

**2 Extrusion of the  $\phi 1235 \times \phi 56.5 \times 40$  contour:** the Extruded Boss/Base command - Fig. 3.26 – Blind /  $d_1$  120 mm distance /

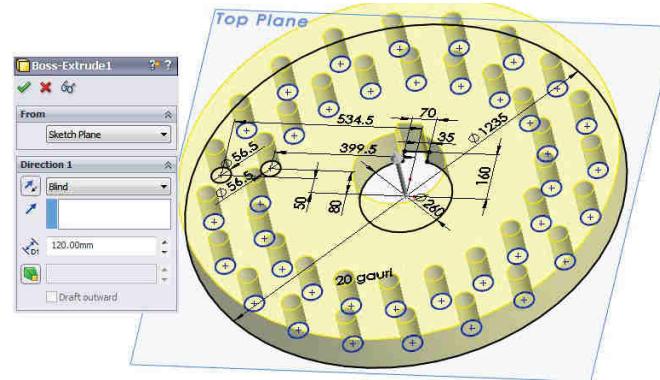


Fig. 3.26

- 3 Racordare 2 muchii R58:** comanda Fillet - Fig. 3.27 - rază R58 / selecție 2 muchii ① ② / .
- 3 How to fillet 2 R58 edges:** the Fillet command - Fig. 3.27 – R58 radius/ select 2 edges ① ② / .

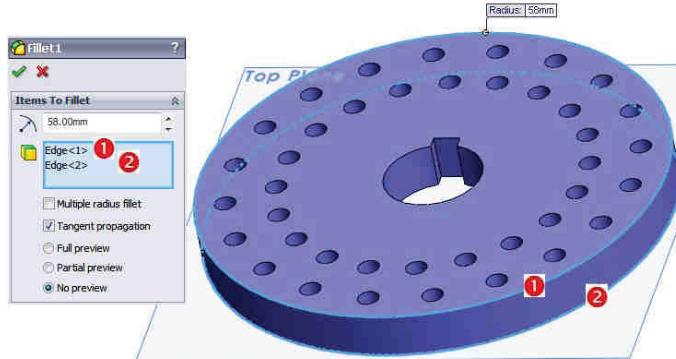


Fig. 3.27

- 4 Modificare culoare disc:** comanda Edit Appearance - Fig. 3.28 - selecție culoare / .
- 4 How to change the disc color:** the Edit Appearance command - Fig. 3.28 – select the color / .

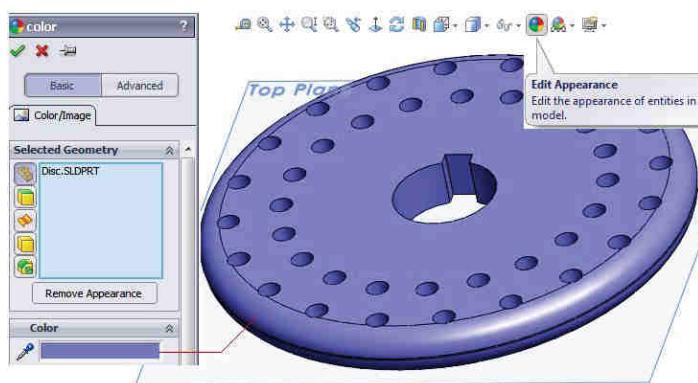


Fig. 3.28

### 3.4 Creare ansamblu rotor

Se va crea un nou “assembly” document, salvat sub numele de **RotorPelton**. După inserarea componentelor în ansamblu, se vor aplica constrângeri între acestea.

Rotorul Pelton se va asambla pe disc și se va fixa prin bolțuri. Caracteristicile principale ale rotorului sunt date în tab. 3.2.

### 3.4 Creation of the runner assembly

Create a new assembly document and save it as **RotorPelton**. The first step requires the user to insert the parts into the assembly and then to apply constraints between them.

The Pelton runner will be assembled on a disc with bolts. The main characteristics of the runner are presented in tab. 3.2:

Tab. 3.2

Număr de palete	Number of the blades	Z=20
Diametru caracteristic	The characteristic diameter	Do=1650 mm
Diametru jet	The jet diameter	do=165 mm
Cădere	The head	H=543 m
Turația	The rotational speed	n=500 rpm

#### 1 Inserare componente

- Click **Insert Components** (Assembly toolbar) sau selecție din meniul principal **Insert** → **Component** → **Existing Part/Assembly**.

- Selectie nume componentă sau subansamblu din lista **Part/Assembly to Insert** sau click pe butonul **Browse** pentru a accesa un document.
- Click în zona grafică pentru plasarea componentei selectate sau click pentru plasarea acesteia astfel ca originea ei să coincidă cu originea ansamblului.

Componenta **Disc** va fi inserată astfel ca originea acesteia să coincidă cu originea ansamblului. Prin definiție prima piesă inserată în ansamblu este fixată, iar numele acesteia este precedat de **(f)** în arborele FeatureManager. Componenta **CupaPelton** va fi plasată în ansamblu fără această restricție.

#### 1 Insert components

- Click **Insert Components** (Assembly toolbar) or **Insert** → **Component** → **Existing Part/Assembly**.

- Select a part or assembly from the **Part/Assembly to Insert** list, or click **Browse** to open an existing document.
- Click in the graphics area to place the component, or click to place the component origin coincident with the assembly origin.



Only the **Disc** component is placed so that its origin is coincident with the assembly origin. By default, the first part in an assembly is fixed and has a **(f)** before its name in the FeatureManager design tree. The **CupaPelton** component is placed without this restriction.

### 2 Aplicare constrângere Coincident

Se va crea o constrângere de tip **Coincident** între **CupaPelton** și **Disc**, fig. 3.29:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selectie față plană interioară a furcii ①.
- Selectie față plană superioară disc ②.
- Selectie constrângere **Coincident** .
- Click .

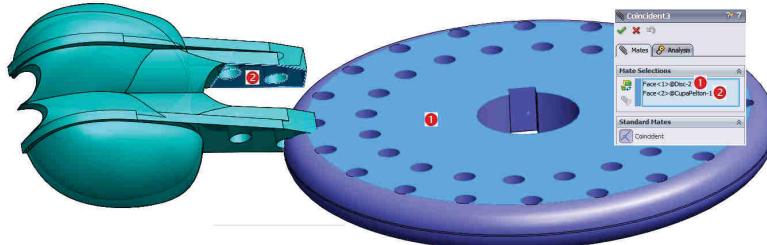


Fig. 3.29

### 2 Applying the Coincident mate

To create a **Coincident** mate between **CupaPelton** and **Disc**, fig. 3.29:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select the inner plane face of the Taper Shank ①.
- Select the upper plane face of the **Disc** ②.
- Select **Coincident**  Mate.
- Click .

### 3 Aplicare constrângere Concentric

Se va crea o constrângere de tip **Concentric** între **CupaPelton** și **Disc**, fig. 3.30:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selectie față circulară a disc ①.
- Selectie față circulară furcii ②.
- Selectie constrângere **Concentric** .
- Click .

### 3 Applying the Concentric mate

To create a **Concentric** mate between **CupaPelton** and **Disc**, fig. 3.30:

- Click **Mate** (Assembly toolbar)  or click **Insert → Mate**.
- Select the circular face of the **Disc** ①.
- Select the circular face of the Taper Shank ②.
- Select **Concentric**  Mate.
- Click .

### 4 Se va repeta constrângerea Concentric pentru fețele cilindrice ③ și ④.

4 Repeat the **Concentric** mate between the ③ and ④ cylindrical faces.

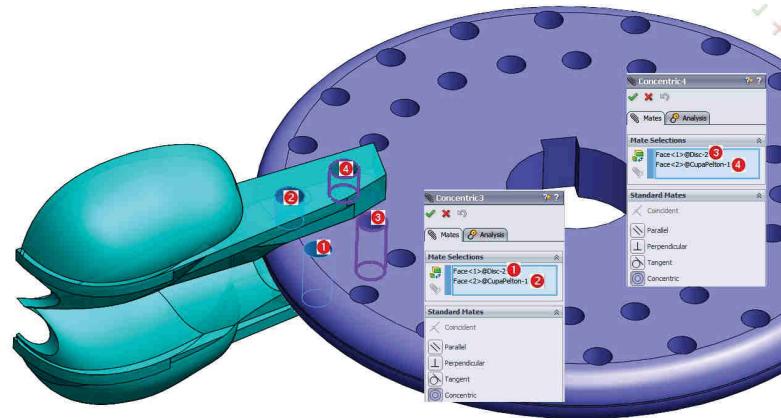


Fig. 3.30

### 5 Activare librăria Toolbox

SolidWorks include librăria de piese standardizate **Toolbox**, fig. 3.31, care se poate activa:

- Click pe icoana **Display Library**
- Click pe ramura **Toolbox**
- Click pe butonul **Add in now**
- Libraria **Toolbox** devine disponibilă, fig. 3.32.
- Click

### 5 Activating the Toolbox library

SolidWorks include **Toolbox** - a fully integrated library of standard parts, which can be activated, fig. 3.31:

- Click on **Display Library**
- Click on **Toolbox**
- Click on **Add in now**
- The **Toolbox** library became available, fig. 3.32.
- Click

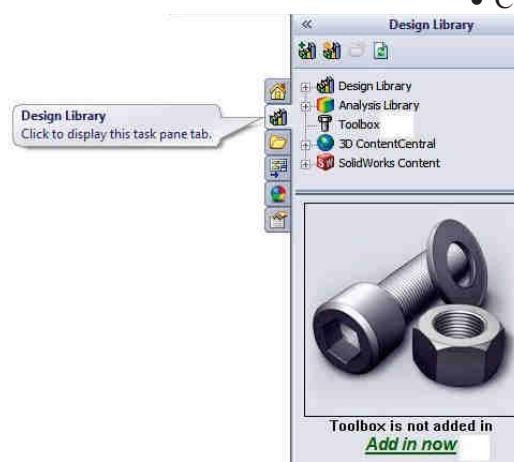


Fig. 3.31



Fig. 3.32

**6 Inserare șurub cu cap hexagonal ISO 8765-M56x4.0x300x137, fig. 3.33:**

- Click pe icoana ISO.
- Click pe Bolts and Screws.
- Click pe Hex Bolts and Screws - Fine Pitch.
- Tragere icoana AB ISO 8765 pe spațiu liber al zonei grafice.
- Selecție Size M56x4.
- Selecție Length 300.
- Selecție Thread Length 137.
- Selecție Simplified.
- Click .
- Click în zona grafică pentru a insera o nouă instanță a șurubului.

**6 Insertion of a ISO 8765-M56x4.0x300x137 hexagonal screw, fig. 3.33:**

- Click on ISO icon.
- Click on Bolts and Screws.
- Click on Hex Bolts and Screws - Fine Pitch.
- Drag AB ISO 8765 icon on graphical area.
- Select Size M56x4.
- Select Length 300.
- Select Thread Length 137.
- Select Simplified.
- Click .
- Click on graphical area to insert a new instance of the screw.

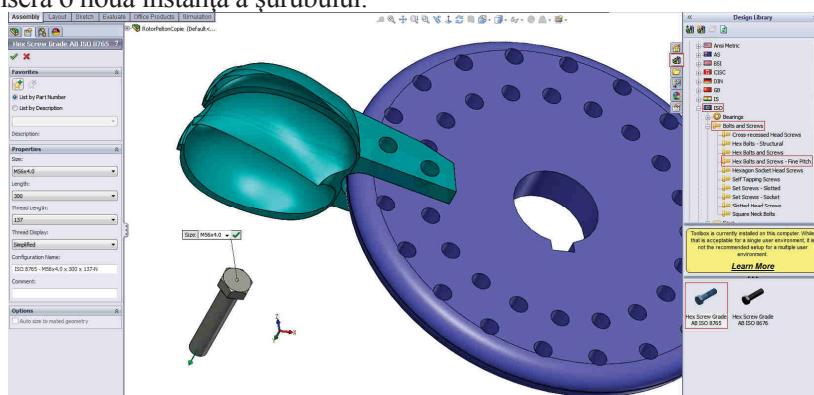


Fig. 3.33

**7 Inserare piuliță hexagonală ISO 8673-M56x4.0, fig. 3.34:**

- Click pe icoana ISO.
- Click pe Nuts.
- Click pe Hex Nuts - Fine Pitch.
- Tragere icoana ISO 8673 pe spațiu liber al zonei grafice.
- Selecție Size M56x4.
- Selecție Finish Washer-Face.
- Selecție Simplified.
- Click .
- Click în zona grafică pentru a insera o nouă instanță a piuliței.

**7 Insertion of a ISO 8673-M56x4.0 hexagonal nut, fig. 3.34:**

- Click on ISO icon.
- Click on Nuts.
- Click on Hex Nuts - Fine Pitch.
- Drag AB ISO 8673 icon on graphical area.
- Select Size M56x4.
- Select Finish Washer-Face.
- Select Simplified.
- Click .
- Click on graphical area to insert a new instance of the nut.

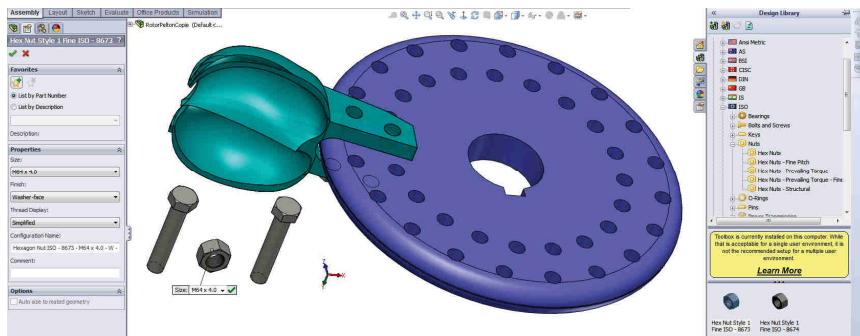


Fig. 3.34

### 8 Aplicare constrângere Hinge

Se va crea o constrângere de tip **Hinge** între **CupaPelton** și **Șurub ISO 8765**, fig. 3.35:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / **Hinge**.
- Selecție față circulară a șurubului **1**.
- Selecție față circulară a găurii piesei **CupaPelton** **2**.
- Selecție față plană șurub **3**.
- Selecție față plană piesă **CupaPelton** **4**.
- Click .
- Se vor repeta operațiile pentru a doua instanță a șurubului.

### 8 Applying the Hinge mate

To create a **Coincident** mate between **CupaPelton** and the **ISO 8765** Screw, fig. 3.35:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / **Hinge**.
- Select circular face of the screw **1**.
- Select circular face of the **CupaPelton** part **2**.
- Select the screw plane face **3**.
- Select the plane face of the **CupaPelton** part **4**.
- Click .
- Repeat the operations for the second instance of the screw.

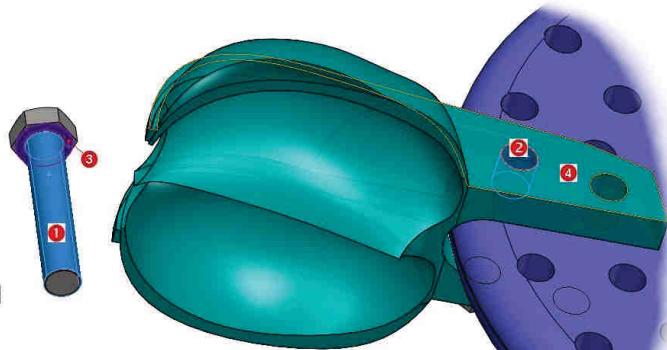
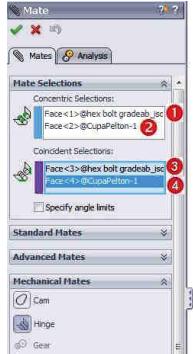


Fig. 3.35

### 9 Aplicare constrângere Hinge

Se va crea o constrângere de tip **Hinge** între **CupaPelton** și **Nut ISO 8673**, fig. 3.36:

- Componentele **Șurub ISO 8765** se vor ascunde.
- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / **Hinge**.
- Selectie față circulară a piulișei **1**.
- Selectie față circulară a găurii piesei **CupaPelton** **2**.
- Selectie față plană piulișă **3**.
- Selectie față plană piesă **CupaPelton** **4**.
- Click .
- Se vor repeta operațiile pentru a doua instanță a piulișei.
- Reafişare componente **Șurub ISO 8765**.

### 9 Applying the Hinge mate

To create a **Coincident** mate between **CupaPelton** and the **ISO 8673 Nut**, fig. 3.36:

- Hide **Screw ISO 8765** components.
- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select **Mechanical Mates** / **Hinge**.
- Select circular face of the nut **1**.
- Select circular face of the **CupaPelton** part **2**.
- Select the nut plane face **3**.
- Select the plane face of the **CupaPelton** part **4**.
- Click .
- Repeat the operations for the second instance of the nut.
- Show the **Screw ISO 8765** components.

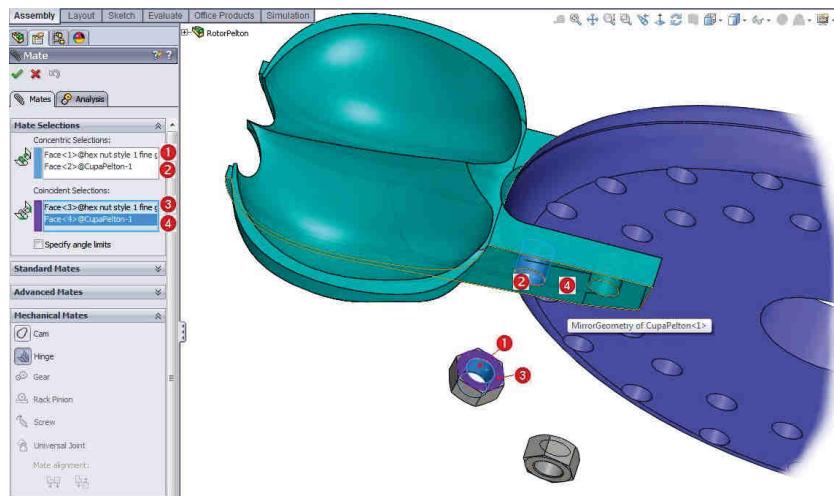


Fig. 3.36

### 10 Multiplicare polară

Se vor multiplica polar piesele: **CupaPelton**, **Șurub ISO 8765** și **Nut ISO 8673**, fig. 3.37:

- Click **Circular Component Pattern** (Assembly toolbar).
- Pentru **Pattern Axis** se va selecta față circulară a piesei **CupaPelton** ①.
- În câmpul **Angle** se va completa  $360^{\circ}$ .
- În câmpul **Number of Instances** se va completa 20.
- Se va activa opțiunea **Equal spacing**.
- Pentru câmpul **Components to Pattern** se vor selecta piesele **CupaPelton**, **2xȘurub ISO 8765** și **2xNut ISO 8673**.
- Click .

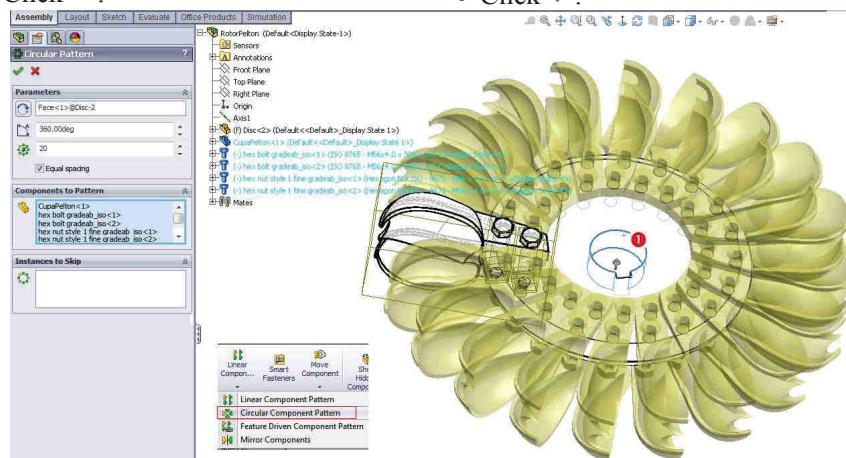


Fig. 3.37

### 10 Circular Pattern

The following parts: the **CupaPelton**, the **ISO 8765** Screw and the **ISO 8673 Nut**, fig. 3.37:

- Click **Circular Component Pattern** (Assembly toolbar).
- Select the circular face of the **CupaPelton** part ① for **Pattern Axis** field.
- Set  $360^{\circ}$  in the **Angle** field.
- Set 20 in the **Number of Instances** field.
- Activate the **Equal spacing** option.
- Select the **CupaPelton**, **2xSurub ISO 8765** and **2xNut ISO 8673** parts for the **Components to Pattern** field.
- Click .

### 3.5 Calcul tensiuni și deformații

Analiza statică lineară a fost efectuată pe o singură paletă cu modulul SolidWorks Simulation. Analiza statică lineară calculează deplasări, alungiri, tensiuni și forțe de reacție ca rezultat al încărcărilor aplicate.

### 3.5 Stress and deformation calculus

A linear static analysis was performed on a single blade with the SolidWorks Simulation module. The linear static analysis calculates displacements, strains, stresses and reaction forces under the effect of applied loads.

. Pașii necesari pentru o analiză statică sunt: crearea geometriei modelului, crearea unui studiu de analiză statică, definirea unui material, definirea de restrângerile adecvate, definirea încărcărilor, discretizarea modelului, calcul analizei și vizualizarea rezultatelor. Încărcările aplicate asupra paletei sunt:

- forța tangențială  $T$ , cu valoarea calculată prin rel. (1) [24];
- forța centrifugă, corespunzătoare turării  $n=500$  rpm [24].

Dacă rotorul este blocat, forța centrifugă este zero, iar forța tangențială atinge valoarea maximă, calculabilă prin rel. (2).

$$T = 838 \cdot d_o^2 \cdot H = 12390 \text{ N} \quad (1)$$

The required steps to perform static analysis are: creation of the model geometry, creation of the static analysis study, defining of a material, defining of the adequate restraints, defining of the type of loading, meshing of the model, starting pf the analysis calculus and visualizing of the results. The loads applied to the blade are:

- the tangential force  $T$ , with value calculated by formula (1) [24];
- the centrifugal load, generated for  $n=500$  rpm [24].

If the runner is stuck, the centrifugal force is zero, but the tangential force reaches the maximum value and can be calculated with formula (2).

$$T_{\max} = 2938 \cdot d_o^2 \cdot H = 44000 \text{ N} \quad (2)$$

## 1 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul SolidWorks Simulation.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea Simulation.

## 2 Creare studiu de simulare

- Click Simulation → Study.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: Study1.
  - Tip studiu Type: click Static.
- Click .

## 3 Selectie material

- Click dreapta pe ramura CupaPelton și selecție Apply/Edit Material.
- Selectează material Alloy Steel din librăria de materiale SolidWorks, tab. 3.3.
- Click Apply și Close.

## 1 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select SolidWorks Simulation module.
- The main menu will be provided with additional menu option Simulation.

## 2 Creation of the simulation study

- Click Simulation → Study.
- In the PropertyManager:
  - Study name: Study1.
  - Under Type, click Static.
- Click .

## 3 Selection of the material

- Right-click the CupaPelton folder and select Apply/Edit Material.
- Assign Alloy Steel from the SolidWorks Material library, tab. 3.3.
- Click the Apply and Close.

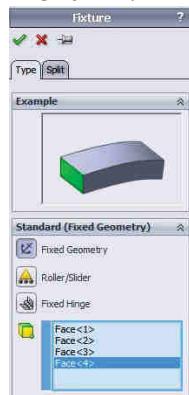
Tab. 3.3

Property Name	Value	Units
Material name	Alloy Steel (SS)	
Material Model Type	Linear Elastic Isotropic	
Elastic modulus	2.1e+011	N/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	0.28	NA
Shear modulus	7.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Mass density	7700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile strength	7.2383e+008	N/m <sup>2</sup>
Yield strength	6.2042e+008	N/m <sup>2</sup>

#### 4 Aplicare restrângerii

Paleta este fixată în cele patru găuri.

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selecție **Fixed Geometry**, fig. 3.3.38.
- În caseta PropertyManager:
  - Selecție **Fixed Geometry** în zona **Standard**.
  - Selecție supafețe pentru 4 găuri .
- Click .



#### 4 Applying the restraint

The blade is fixed in the four holes.

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 3.3.38.
- In the PropertyManager:
  - Select **Fixed Geometry** under **Standard**.
  - Select the four holes faces .
- Click .

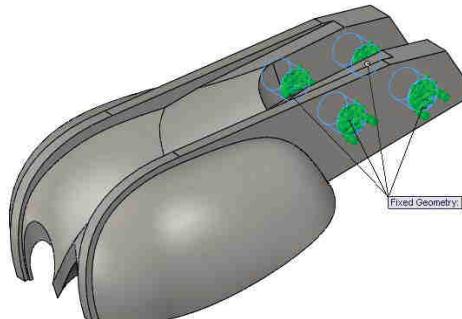


Fig. 3.38

#### 5 Aplicare forță tangențială

Forța tangențială este rezultatul acțiunii jetului de apă asupra supafeței interioare a paletei pe aria cercului do=165 mm.

#### 5 Applying the tangential force

The tangential force is the result of the hydrodynamic jet action applied to the inside surface of the blade on do=165 mm circle area.

Pentru a aplica forța tangențială numai în această zonă, cercul  $d_o=165$  mm trebuie proiectat pe suprafața interioară a paletei. Prin aceasta, fața selectată se divide în mai multe fețe individuale, ceea ce va permite selecția fiecăreia dintre ele.

- Activare arbore **Feature Manager** .
- Se va schița cercul  $d_o=165$  mm în planul +50, fig. 3.39.
- Se va redenumi această schiță sub numele de **Circle do=165**.

To apply the tangential force only in this area, the circle  $d_o=165$  mm must be projected on the inside surface of the blade. It divides a selected face into multiple separate faces, which will enable the selection operation of each face.

- Activate the **Feature Manager** design tree .
- The circle  $d_o=165$  mm will be drawn in the +50 plane, fig. 3.39.
- Rename this sketch with the **Circle do=165** name.

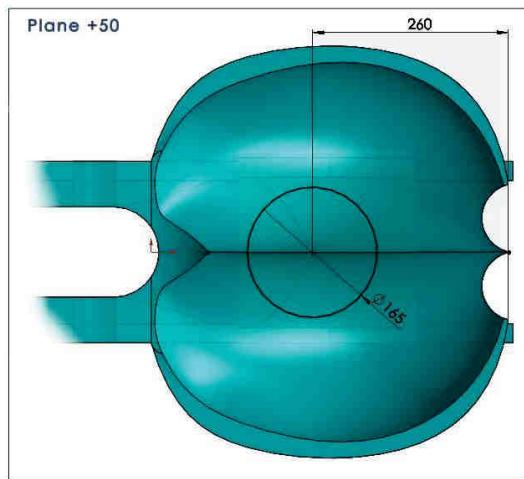


Fig. 3.39

- Activare studiu **Study1**.
- Click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**.
- În caseta PropertyManager:
- Selecție zona **Split**.
- Pentru câmpul **Project Sketch**  se va selecta schița anterior trasată **Circle do=165** ①.
- Pentru câmpul **Other Faces to Split** , cu tasta **Ctrl** apăsată, se vor selecta fețele suprafetei interioare a paletei ② și ③.
- Click pe butonul **Create Split**.
- Activate the **Study1** simulation study.
- Right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.
- In the PropertyManager:
- Select **Split** tab.
- Select the previous sketch **Circle do=165** ① for **Project Sketch**  field.
- With **Ctrl** taste pressed, select the inner faces of the blade ② and ③ for **Others Faces to Split**  field.
- Click on **Create Split** button.

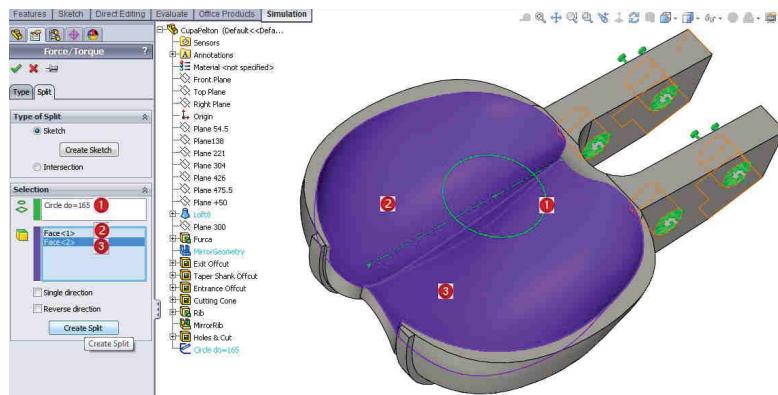


Fig. 3.40

- Selectie zona **Type**.
- Click pe zona **Faces, Edges, Vertices for Force** și selectie fețe **①** și **②**, fig. 3.41.
- Selectie opțiune **Selected direction**.
- Selectie **Front Plane** **③** pentru câmpul **Face, Edge, Plane for Direction** .
- Selectie opțiune **Total**.
- Sub **Unit**, selecție **SI** .
- Activare icoana **Normal to Plane** și introducere valoare **12390** în câmpul asociat.
- Click .
- Select Type tab.
- Click on Faces, Edges, Vertices for Force and select **①** and **②** faces, fig. 3.41.
- Select the Selected direction option.
- Select Front Plane **③** for the Face, Edge, Plane for Direction field.
- Select the Total option.
- Under Unit, select SI .
- Activate Normal to Plane icon and set **12390** value in the associated field.
- Click .

## 6 Aplicare forță centrifugă

Forța centrifugală este definită prin valoarea vitezei unghiulare  $n=500 \text{ rpm} = 52.36 \text{ rad/s}$  și de axa de rotație.

- Activare arbore Feature Manager .
- În planul **①** al furcii conice se vor schița liniile de lungime 609.5 și 130, perpendiculare între ele, fig. 3.42.
- Activate the Feature Manager design tree.
- In the **①** plane of the Taper Shank. The two lines with lengths of 609.5 and 130 will be drawn, perpendicular to one another, fig. 3.42.

## 6 Applying the centrifugal force

The centrifugal load is defined by the value of angular velocity  $n=500 \text{ rpm} = 52.36 \text{ rad/s}$  and rotation axis.

- Activate the Feature Manager design tree.
- In the **①** plane of the Taper Shank. The two lines with lengths of 609.5 and 130 will be drawn, perpendicular to one another, fig. 3.42.

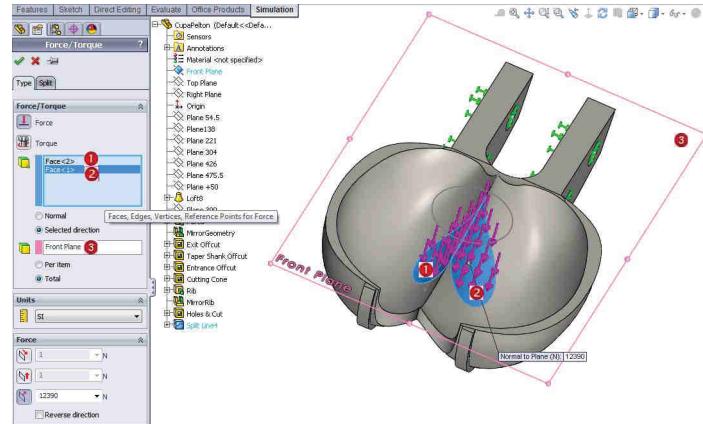


Fig. 3.41

- Se va lansa comanda Axis și se va defini axa de rotație Axis1 ce trece prin punctul ② și este perpendiculară pe planul ①, fig. 3.42.
- Launch the Axis command and define axis Axis1 passing through ② point and perpendicular to the plane ①, fig. 3.42.

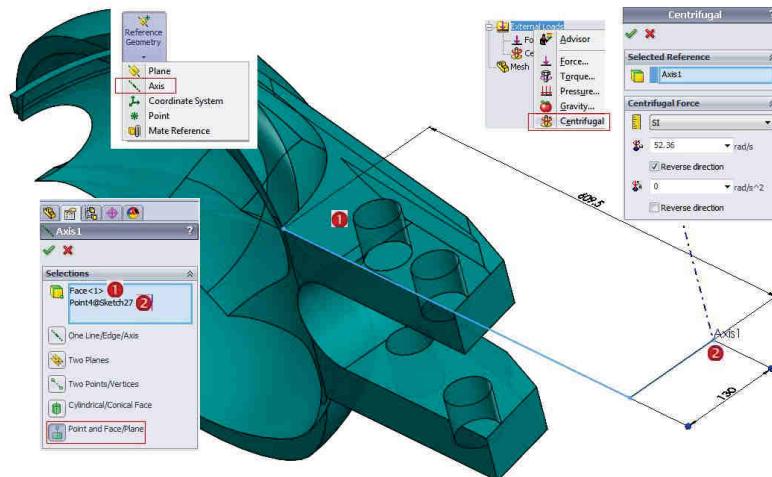


Fig. 3.42

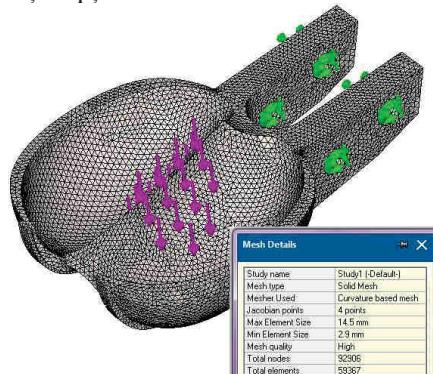
- Activare studiu Study1.
- Click dreapta pe ramura External Loads și selecție Centrifugal, fig. 3.42.
- Activate the Study1 simulation study.
- Right-click the External Loads folder and select Centrifugal, fig. 3.42.

- Selectie axă Axis1 pentru câmpul **Axis, Edge, Cylindrical Face for Direction** .
- Sub **Unit**, selectie SI .
- Introducere valoare **52.36** în câmpul **Angular Velocity** .
- Activare opțiune **Reverse Direction**.

### 7 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh**  și selectie **Create Mesh** .
- În fereastra **Mesh**, fig. 3.43:
  - Activare opțiune **Mesh Parameters**.
  - Selectie opțiune **Curvature based mesh**;
  - Specificare valoare 14.5 în câmpul **Maximum element size** .
  - Click .

 Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh**  și selectie opțiune **Details**.



- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului **Study1** și selectie **Run** .

- Select **Axis1** for **Axis, Edge, Cylindrical Face for Direction** .

- Under **Unit**, select **SI** .

- Set **52.36** value for **Angular Velocity** .

- Activate the **Reverse Direction** option.

### 7 Meshing and running the simulation study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh**  and select **Create Mesh** .

- In **Mesh** window, fig. 3.43:
  - Activate **Mesh Parameter** option.
  - Select **Curvature based mesh**.
  - Input 14.5 value in the **Maximum element size** .
  - Click .

 The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh**  and select **Details** option.

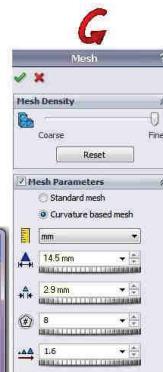


Fig. 3.43

- In the Simulation tree, right-click the name study **Study1** and select **Run** .

### 8 Vizualizare rezultate

Selectând opțiunea **Edit Definition** → **VON: von Mises Stress** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Stress1 (vonMises)** se va activa afișarea distribuției de tensiuni pe direcția X, fig. 3.44.

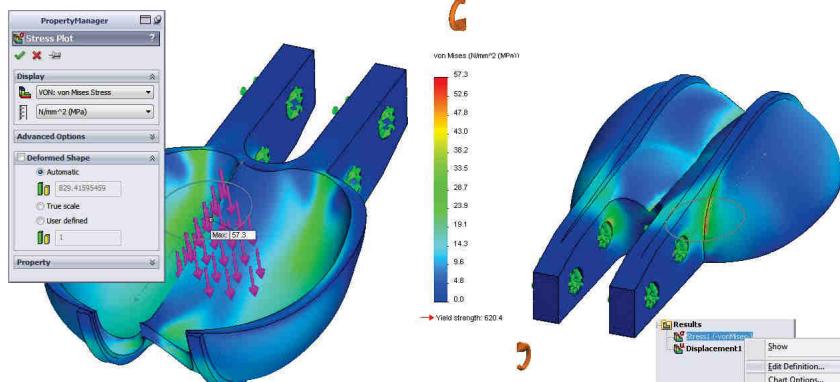


Fig. 3.44

Selectând opțiunea **Edit Definition** → **URES: Resultant Displacement** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Displacement** se va activa afișarea distribuției de deplasări, fig. 3.45.

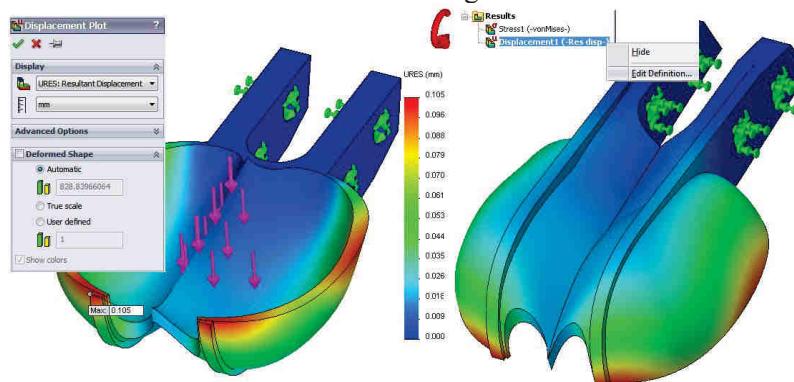


Fig. 3.45

### 8 Viewing of the results

The stress distribution is shown by selecting **Edit Definition** → **VON: von Mises Stress** from the list activated through right mouse button on **Stress1 (vonMises)** branch, fig. 3.44.

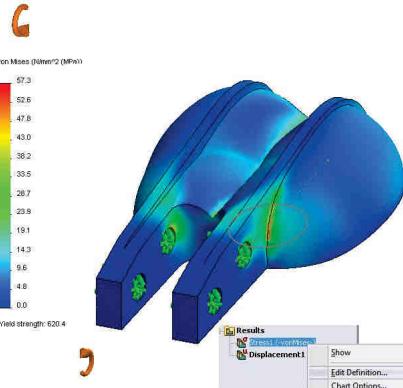


Fig. 3.44

The displacement distribution is shown by selecting **Edit Definition** → **URES: Resultant Displacement** from the list activated through right mouse button on **Displacement** branch, fig. 3.45.

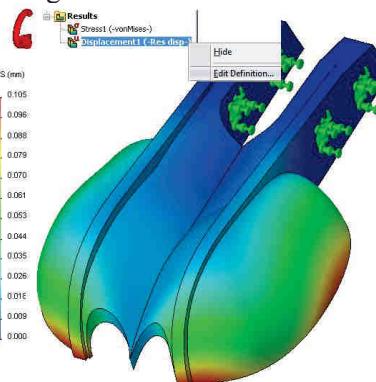
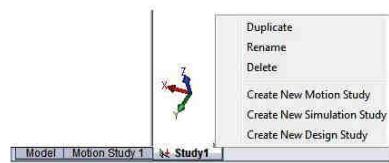


Fig. 3.45

### 9 Crearea unui nou studiu

Se va crea un nou studiu de analiză, corespunzător cazului în care forța centrifugă este zero, iar forța tangențială atinge valoarea maximă 44000 N.

- Se va selecta opțiunea **Duplicate** din lista activată prin buton dreapta pe numele primului studiu **Study1**.
- În fereastra **Define Study Name** se va introduce numele noului studiu **Study2**, fig. 3.46.



### 9 Creation of a new study

A new study will be created for the zero value case of the centrifugal force and the tangential force reaches the maximum value 44000 N.

- Select the **Duplicate** option from the list activated through right mouse button on the first study name **Study1**.
- Input the name of the new study **Study2** in the **Define Study Name** window, fig. 3.46.



Fig. 3.46

- Activare studiu nou creat, prin click pe numele acestuia.
- Se va selecta opțiunea **Delete** din lista activată prin buton dreapta pe numele forței centrifuge **Centrifugal**, pentru a șterge această forță.
- Se va modifica valoarea forței tangențiale la 44000 N, prin selecția opțiunii **Edit Definition**, din lista activată prin buton dreapta pe numele acestei forțe **Force1** și specificarea noi valori în câmpul **Normal to Plane** , fig. 3.47.
- Se va rula încă o dată analiza pentru noul studiu.
- Rezultatele sunt prezentate în fig. 3.48 și fig. 3.49.
- Valorile tensiunii și deplasării pentru cele două cazuri analizate sunt prezentate comparativ în tab. 3.4.

- Activate the new study, by a left mouse click on his name.
- Select the **Delete** option from the list activated through the right mouse button on the centrifugal force name **Centrifugal**, to erase this force.
- The tangential force will be modified to 44000 N value, by selecting the **Edit Definition** option from the list activated through right mouse button on the this force name **Force1** and input of the new value in the **Normal to Plane**  field, fig. 3.47.
- Another run process will be launched to calculate the results of the new study.
- The results are presented in the fig. 3.48 and fig. 3.49.
- The stress and displacements values are compared in tab. 3.4.

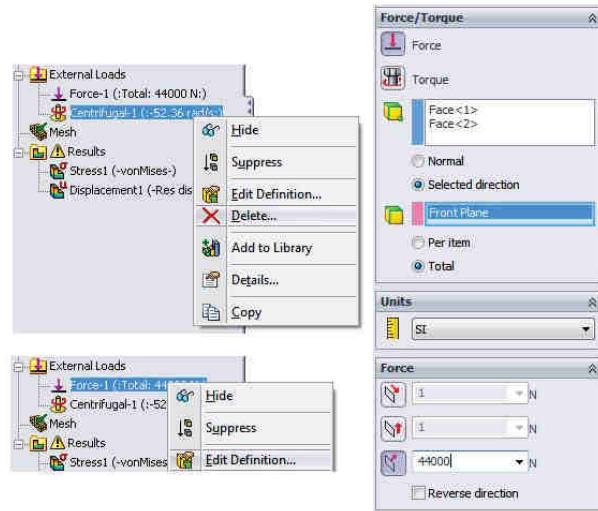


Fig. 3.47

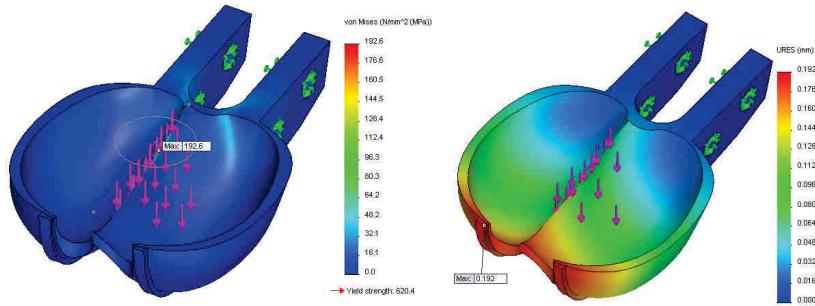


Fig. 3.48

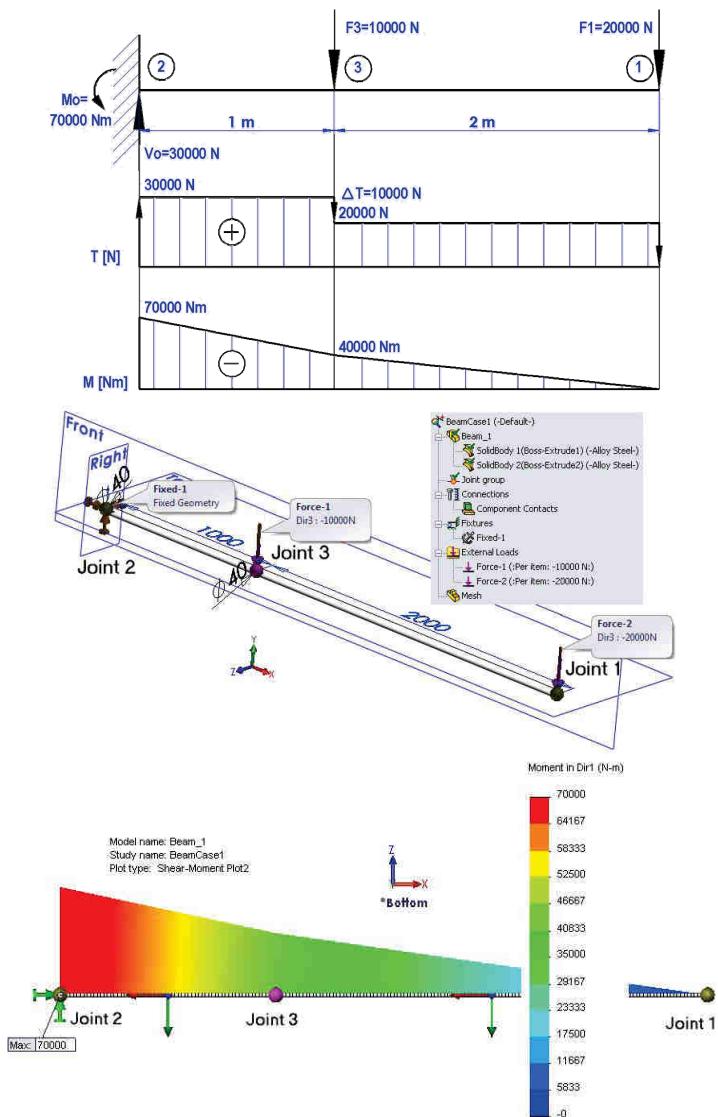
Fig. 3.49

Tab. 3.4

Parameter	Value	U/M
Case 1		
The tangential force	12.390	N
The centrifugal load	Applied	-
The VonMises stress value	57.3	MPa
The displacement value	0.105	mm
Case 2		
The maximal tangential force	44.000	N
The centrifugal load	No applied	-
The VonMises stress value	192.6	MPa
The displacement value	0.192	mm

## 4. DIAGRAME DE EFORTURI PENTRU O GRINDĂ ÎNCĂRCATĂ CU DOUĂ FORȚE CONCENTRATE VERTICALE

### 4. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF A BEAM LOADED WITH TWO CONCENTRATED VERTICAL FORCES



#### 4.1 Obiective ale aplicației

- Creare geometrie;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Creare studiu de simulare;
- Definire tronsoane grindă și noduri;
- Selectie material;
- Aplicare încărări și restrângerii;
- Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză;
- Vizualizare diagrame de eforturi ale forțelor tăietoare  $T$  și momentelor încovoiatoare  $M$ ;
- Afisare distribuție forțe;
- Comparatie rezultate simulare cu soluția teoretică.

#### 4.1 Goals of the application

- Creation of the beam geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Defining beams and joints;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints to beams;
- Meshing and running the beam study;
- Viewing of the shear  $T$  and moment  $M$  diagrams;
- Listing of the beam forces;
- Comparison between the simulation and the theoretical results.

#### 4.2 Geometria aplicatiei

Grinda din fig. 4.1 este supusă la două forțe concentrate:  $F_3=10000$  N respectiv  $F_1=20000$  N [3]. Grinda este încastrată în nodul 2 și are secțiune circulară de diametru  $\phi 40$  mm.

#### 4.2 The application's geometry

The beam from fig. 4.1 is loaded with two concentrated forces:  $F_3=10000$  N and  $F_1=20000$  N [3]. The beam is fixed in joint no. 2 and has a circular section with 40 mm diameter.

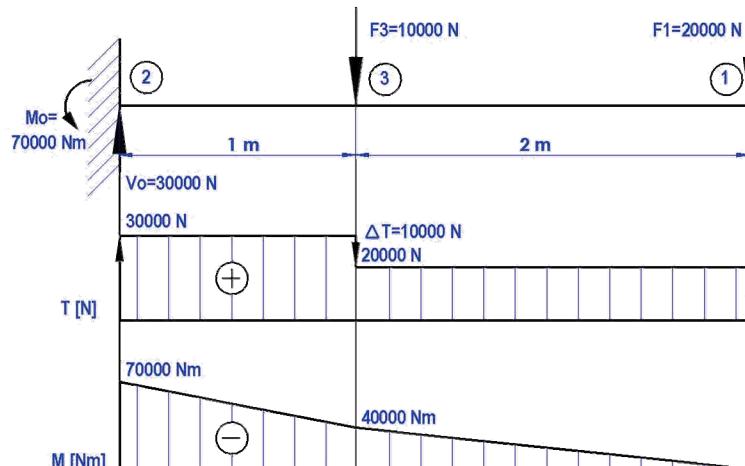


Fig. 4.1

### 4.3 Creare geometrie

#### 4.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou document de tip "part" și se va salva sub numele de **Beam\_1**.

- Click **New** (Standard toolbar).
- Dublu click pe icoana **Part** în fereastra de dialog **New SolidWorks Document**.
- Click **Save** (Standard toolbar).
- În câmpul **File name** a ferestrei de dialog **Save As**, se va completa numele fișierului: **Beam\_1**.
- Click **Save**.

#### 4.3.2 Crearea schiță cerc $\phi 40$

Se desenează un cerc de diametru 40 mm în planul **Right**, fig. 4.2.

- Click **Insert → Sketch** sau pe icoana **Sketch** (Sketch toolbar).
- Se va selecta planul **Right**: vederea se va modifica astfel ca direcția de privire să devină perpendiculară pe planul **Right**, în **Command Manager** va apărea trusa de instrumente **Sketch** și se va crea o schiță în planul **Right**.
- Click **Circle** (Sketch toolbar); se va desena un cerc centrat în origine.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager) pentru a dimensiona cercul la diametrul 40 mm; schița va deveni complet constrânsă, după cum rezultă și din mesajul **Fully Defined** din bara de stare a ferestrei SolidWorks.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) pentru afișarea și centrarea cercului în zona grafică.
- Click **Exit Sketch** (Sketch toolbar) pentru a ieși din schiță.

### 4.3 Creation of the beam geometry

#### 4.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Beam\_1**.

- Click **New** (Standard toolbar).
- In the **New SolidWorks Document** dialog box, double-click **Part**.
- Click **Save** (Standard toolbar).
- In the dialog box **Save As**, type **Beam\_1** for **File name**.
- Click **Save**.

#### 4.3.2 Creation of the $\phi 40$ circle sketch

A circle with a 40 mm diameter will be drawn in **Right** plane, fig. 4.2.

- Click **Insert → Sketch** or click **Sketch** (Sketch toolbar).
- Select **Right** plane: the display changes to view the **Right** plane, the **Sketch** toolbar commands appear in the **Command Manager** and a sketch opens on the **Right** plane.
- Click **Circle** (Sketch toolbar); draw a circle centred in the origin.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager); dimension the circle diameter at 40 mm.
- Click **Zoom to Fit** .
- Click **Exit Sketch**

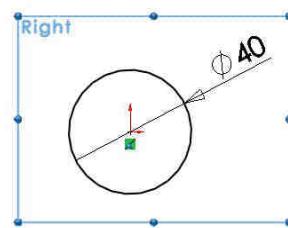


Fig. 4.2

### 4.3.3 Extrudarea cerc $\phi 40 \times 1000$

Cercul de diametru 40 mm va fi extrudat pe distanță de 1000 mm, generând un cilindru.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vederea se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa, fig. 4.3:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - **Valoarea 1000** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare cilindru  $\phi 40 \times 1000$  în zona grafică.

### 4.3.4 Crearea schiță cerc $\phi 40$

Pentru a crea un nou cilindru, se va desena un cerc de diametru 40 mm pe fața cilindrului anterior creat, fig. 4.4.

- Prin click se va selecta fața cilindrului, ca plan în care se va crea schița următoarei entități.
- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Click **Circle**  (Sketch toolbar); se va desena un cerc centrat în centrul feței.
- Click **Smart Dimension**  (Sketch CommandManager) pentru a dimensiona cercul la diametrul 40 mm.
- Click **Zoom to Fit**  (View toolbar) și **Exit Sketch** .

### 4.3.3 Extrusion of the $\phi 40 \times 1000$ circle

The 40 mm circle will be extruded on a distance of 1000 mm to generate a cylinder.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- The **Boss-Extrude** Property Manager appears in the left pane, the view of the sketch changes to **Trimetric**.
- Select the circle and a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1** set, fig. 4.3:
  - **Blind** in **End Condition**.
  - **Depth**  to **1000**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

### 4.3.4 Creation of the $\phi 40$ circle sketch

To create a new cylinder, a circle with a 40 mm diameter is drawn in the end face of the previous cylinder, fig. 4.4.

- Click the end face of the cylinder to preselect the sketch plane for the next feature.
- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Click **Circle**  (Sketch toolbar); click the center of the face and move the pointer to sketch a circle.
- Click **Smart Dimension**  (Sketch CommandManager); to give the circle's diameter a value of 40 mm.
- Click **Zoom to Fit**  (View toolbar) to display the entire geometry and **Exit Sketch** .



Fig. 4.3

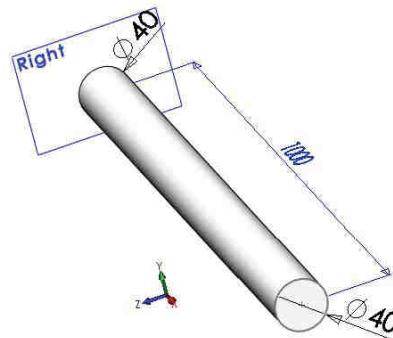


Fig. 4.4

#### 4.3.5 Extrudarea cerc $\phi 40 \times 2000$

Cercul de diametru 40 mm va fi extrudat pe distanță de 2000 mm, generând un al doilea cilindru  $\phi 40 \times 2000$ , fig. 4.5.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **2000** în **Depth**.
  - Dezactivare opțiune **Merge results**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare cilindrului  $\phi 40 \times 1000$  și  $\phi 40 \times 2000$  în zona grafică.
- 💡** Prin dezactivarea opțiunii **Merge results**, al doilea cilindru  $\phi 40 \times 2000$  va fi creat ca solid distinct față de primul cilindru  $\phi 40 \times 1000$ .

#### 4.3.5 Extrudation of the $\phi 40 \times 2000$ circle

The circle with a 40 mm diameter will be extruded on a distance of 2000 mm to generate a second cylinder  $\phi 40 \times 2000$ , fig. 4.5.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the circle and a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the **Boss-Extrude** PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **2000**.
  - Deactivate the **Merge results** option.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the two cylinders  $\phi 40 \times 1000$  and  $\phi 40 \times 2000$ .
- 💡** By deactivating the **Merge result** option, the **Extrude** command will create a distinct solid body and the  $\phi 40 \times 2000$  cylinder will be created separately from the  $\phi 40 \times 1000$  cylinder.

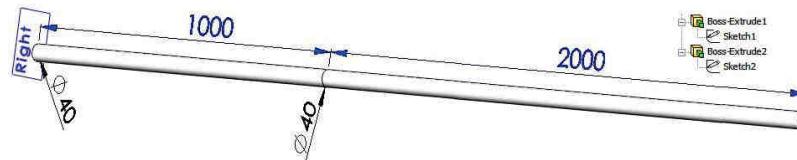


Fig. 4.5

#### 4.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**; prin selecția acestuia în secțiunea **Active Add-ins** modulul va fi disponibil numai în sesiunea de lucru curentă; prin selecția acestuia în secțiunea **Active Start Up** modulul va fi automat încărcat la fiecare sesiune de lucru, fig. 4.6.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**, fig. 4.7.

#### 4.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select **SolidWorks Simulation** module; by selecting the check box under **Active Add-ins** loads the application will be available for the current session; by selecting the check box under **Start Up** the application will be available for every session, fig. 4.6.
- The main menu is provided with the additional menu option **Simulation**, fig. 4.7.

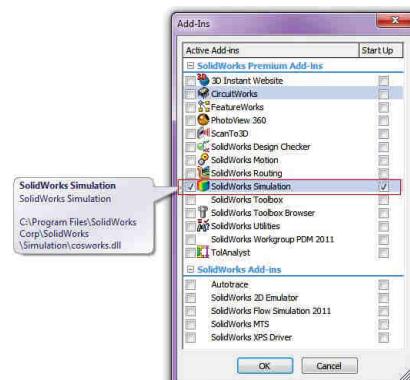


Fig. 4.6

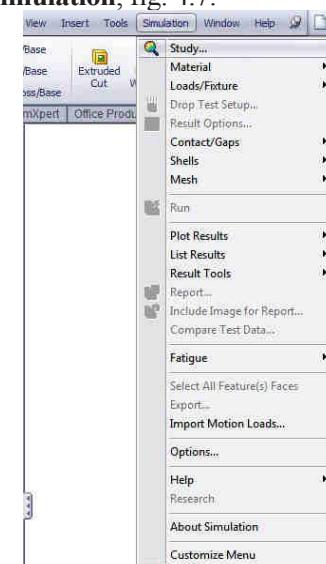


Fig. 4.7

#### 4.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **BeamCase1**.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
- Click .

#### 4.5 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **BeamCase1** for name.
  - Under **Type**, click **Static**.
- Click .

#### 4.6 Definire tronsoane grindă și noduri

- În arborele Simulation, se va expanda ramura **Beam\_1** prin click pe semnul “+” asociat acesteia:
  - Click dreapta pe **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** și se va selecta **Treat as Beam**, fig. 4.8.
  - Click dreapta pe **SolidBody 2 (Boss-Extrude2)** și se va selecta **Treat as Beam**, fig. 4.8.
- Click dreapta pe **Joint group** și se va selecta **Edit**.
- În secțiunea **Edit Joints** PropertyManager sub zona **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 4.8. Trei noduri vor apărea sub **Results**.
- Click .

În ramura **Beam\_1** vor apărea două icoane de tip , iar în arborele Simulation va apărea ramura **Joint group**, fig. 4.8.

Elementele de tip grinzi rezistă la încovoieri, forfecare și torsion și necesită definirea exactă a secțiunii transversale pentru ca programul să calculeze momentele de inerție, axa neutră și distanța de la aceasta la fibrele extreme. Tensiunea variază în planul secțiunii transversale și de-a lungul grinzelor.

#### 4.6 Defining beam and joints

- In the Simulation study tree, expand **Beam\_1** by clicking the “+” sign and:
    - Right-click **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** and select **Treat as Beam**, fig. 4.8.
    - Right-click **SolidBody 2 (Boss-Extrude2)** and select **Treat as Beam**, fig. 4.8.
  - Right-click **Joint group** and select **Edit**.
  - In the **Edit Joints** PropertyManager under **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 4.8. Three joints appear under **Results**.
  - Click .
- Two beam icons appear in the **beam\_diagrams** folder and a **Joint group** folder appears in the Simulation study tree, fig. 4.8.
- Beam elements can resist bending, shear and torsional loads and require the precise definition of the cross section so that the program can calculate the moments of inertia, neutral axes and the distances from the extreme fibers to the neutral axes. The stresses vary within the plane of the cross-section and along the beam.

Un nod este identificat automat la capetele libere ale unei grinzi, precum și la intersecția a două sau mai multe grinzi. Nodurile se vor utiliza la fixarea grinzilor și la aplicarea încărcărilor.

În cadrul aplicației, lungimea de 3000 mm a grinzi a fost divizată în două grinzi de lungime 1000 respectiv 2000 mm pentru a crea trei noduri (**Joint1**, **Joint2**, **Joint3**) în vederea aplicării restrângerilor și a încărcărilor conform fig. 4.1.

A joint is identified automatically at the free ends of the beam and at the intersection of two or more beams. The joint is used to place restraints and loads on the beam.

In the present application, the 3000 mm beam length was divided in two beams measuring 1000 and 2000 mm respectively, in order to create three joints (**Joint1**, **Joint2**, **Joint3**) where restraints and loads like fig. 4.1 will be applied.

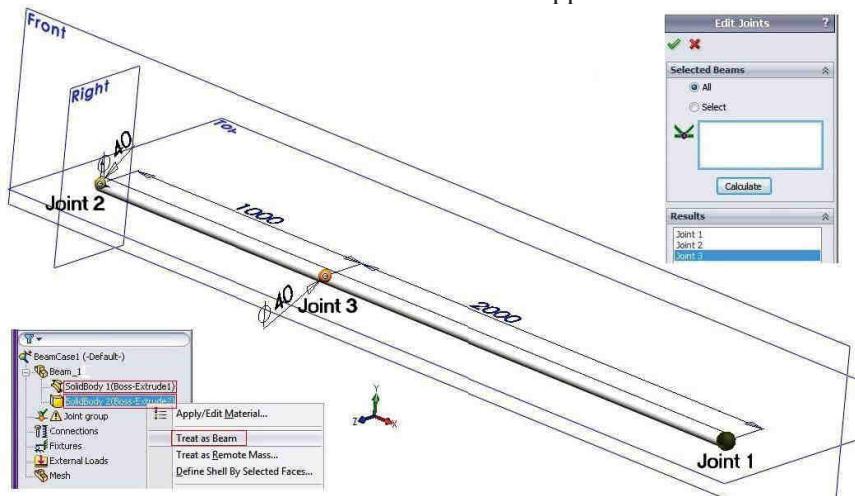


Fig. 4.8

#### 4.7 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Beam\_1** și selecție opțiune **Apply Material to All Bodies**.
- Selecție material **Alloy Steel** din libraria de materiale SolidWorks. Click **Apply** și **Close**.

#### 4.7 Selection of the material

- Right-click the **Beam\_1** folder and select **Apply Material to All Bodies**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library. Click the **Apply** and **Close**.

## 4.8 Aplicare încărcări și restrângeri

Grinda se va încastra în nodul **Joint2**, iar în nodurile **Joint3**, **Joint1** se vor aplica forțele concentrate  $F_3=10000$  N respectiv  $F_1=20000$  N.

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**, fig. 4.9.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Fixed Geometry** în zona **Standard**.
  - Selectie nod **Joint2**.
- Click .

Pentru grinzi restrângerea de tip **Fixed Geometry** impune valoarea 0 pentru gradele de libertate de tip translații și rotații, fără a fi necesară specificarea unei geometrii de referință.

## 4.8 Applying loads and restraints

The beam will be fixed on **Joint2**, and concentrated loads of  $F_3=10000$  N and  $F_1=20000$  N will be applied on **Joint3** and **Joint1**.

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 4.9.
- In the PropertyManager:
  - Select **Fixed Geometry** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint2**.
- Click .

For beams, the **Fixed Geometry** restraint sets the translational and the rotational degrees of freedom to zero. When using this restraint type, no reference geometry is needed.

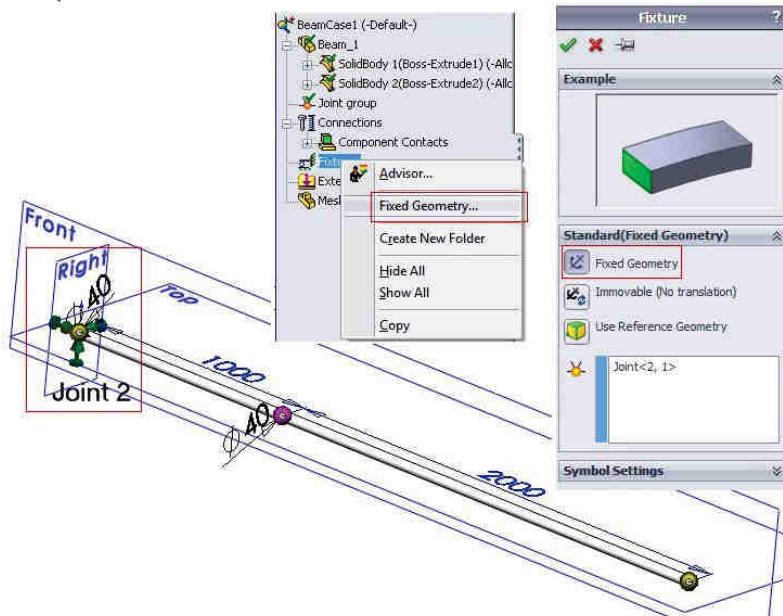


Fig. 4.9

- Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**, fig. 4.10.
- În caseta PropertyManager:
  - Click pe icoana și selecție nod **Joint2** în zona grafică.
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Top Plane** din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
  - Sub **Unit**, selecție **SI**.
  - Sub **Force**: click pe icoana **Normal to Plane** , introducere valoare 10000 și activare opțiune **Reverse direction**.
- Click .
- Right-click the **External Loads** folder and select **Force**, fig. 4.10.
- In the PropertyManager:
  - Click the joint icon and select the **Joint2** in graphic area.
  - Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and select **Top Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
  - Under **Unit**, select **SI**.
  - Under **Force**: click **Normal to Plane** icon , 10000 value and activate **Reverse direction** option.
- Click .

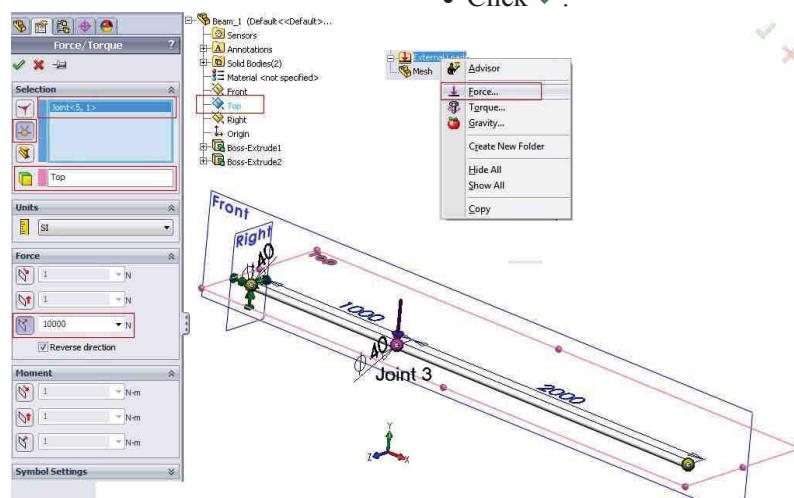


Fig. 4.10

- Procedura anterioară se va repeta pentru aplicarea forței de 20000 N în nodul **Joint1**, fig. 4.11.

Planul **Top Plane** trebuie selectat ca referință pentru aplicarea forței, iar opțiunea **Normal to Plane** impune direcția forței de-a lungul axei Y.

- Repeat the previous procedure with the difference of applying the 20000 N concentrated load on **Joint1**, fig. 4.11.

**Top Plane** must be selected as a reference for force applying and the option **Normal to Plane** specifies the Y direction.

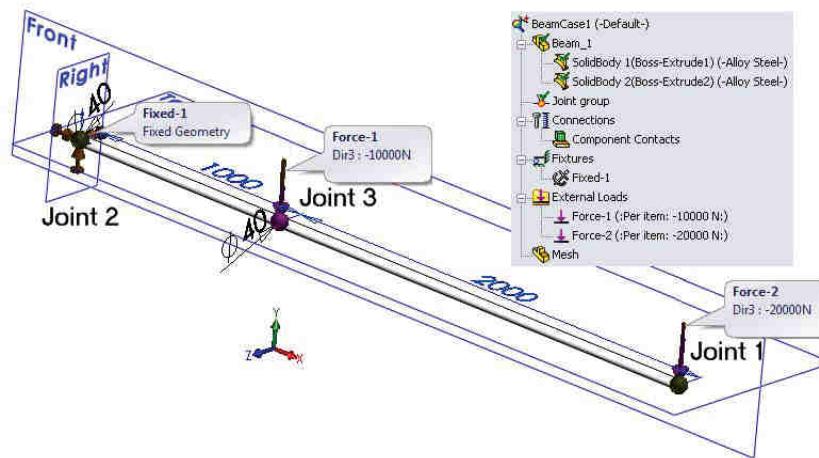


Fig. 4.11

#### 4.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză

- În arborele Simulation, click dreapta pe Mesh și selectie Create Mesh .

Fiecare tronson este divizat într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe Mesh și selecție Details, fig. 4.12.

- În arborele Simulation, click dreapta pe studiul BeamCase1 și selectie Run .

#### 4.9 Meshing and running the beam study

- In the Simulation study tree, right-click Mesh and select Create Mesh .

Each beam is divided into a number of beam elements, which can be viewed by right-clicking Mesh and selecting Details, fig. 4.12.

- In the Simulation study tree, right-click the study BeamCase1 and select Run .

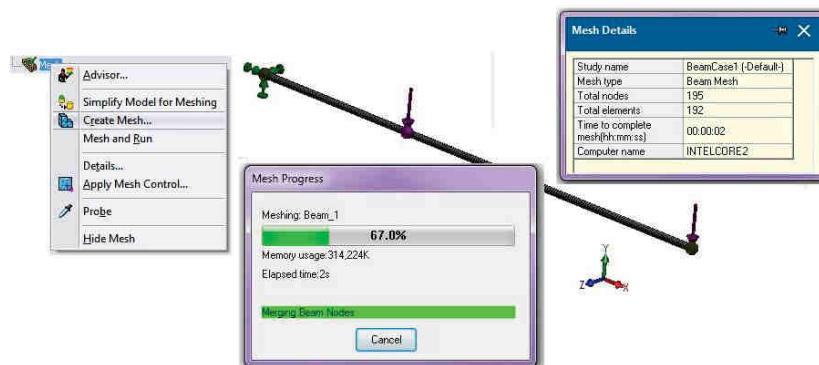


Fig. 4.12

#### 4.10 Vizualizare diagramă forțe tăietoare T și momente încovoietoare M

Pentru vizualizare diagramă forțe tăietoare T, fig. 4.13:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Shear Force** în **Dir 2** în **Component**.
  - Selectie **N** în **Units**.
- Click .
- Activare orientare **Front**.
- În caseta PropertyManager, sub **Results**:
  - Click dreapta pe **Shear-Moment Plot1** (**Shear Force in Dir 2**) și selecție **Settings**.
  - Activare control **Show beam directions**.
  - Click .

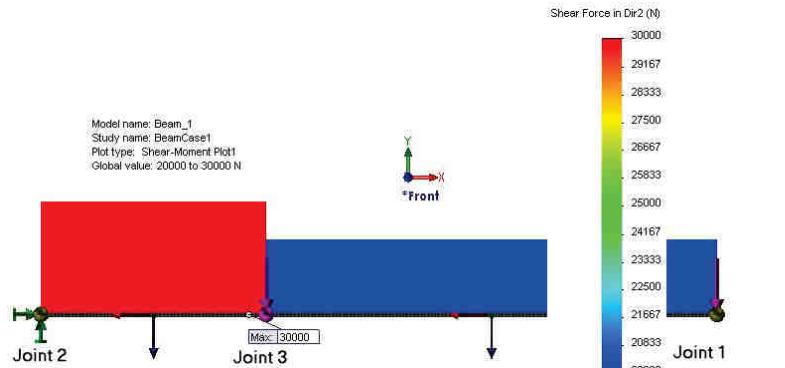


Fig. 4.13

Pentru vizualizare diagramă momente încovoietoare M, fig. 4.14.

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.

#### 4.10 Viewing of the shear T and moment M diagrams

To view shear T diagram, fig. 4.13:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force** in **Dir 2** in **Component**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click .
- Activate **Front** orientation.
- In the PropertyManager, under **Results**:
  - Right-click the **Shear-Moment Plot1** (**Shear Force in Dir 2**) and select **Settings**.
  - Activate control **Show beam directions**.
  - Click .

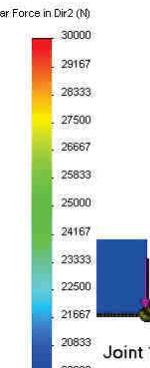


Fig. 4.13

To view moment diagram, fig. 4.14:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.

- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Moment in Dir 1** în **Component** .
  - Selectie **N-m** în **Units** .
- Click .
- Activare orientare **Bottom**.
- În caseta PropertyManager, sub **Results**:
  - Click dreapta pe **Shear-Moment Plot2 ( Moment in Dir 1)** și selectie **Settings**.
  - Activare control **Show beam directions**.
  - Click .
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Moment in Dir 1** in **Component** .
  - Select **N-m** in **Units** .
- Click .
- Activate **Bottom** orientation.
- In the PropertyManager, under **Results**:
  - Right-click the **Shear-Moment Plot2 ( Moment in Dir 1)** and select **Settings**.
  - Activate control **Show beam directions**.
  - Click .

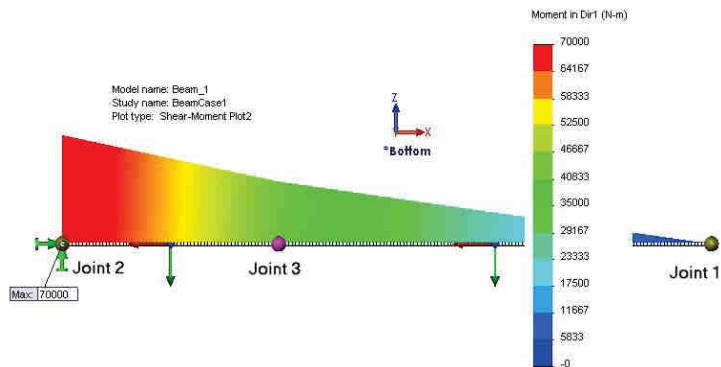


Fig. 4.14

 Diagramele de eforturi sunt generate în raport cu direcții locale ale tronsoanelor grinzi. Programul consideră automat un sistem de referință, definit prin direcția axială și direcțiile 1 și 2, utilizate la afișarea rezultatelor. Direcția axială este definită de la începutul spre sfârșitul tronsonului. Direcțiile 1 și 2 sunt atribuite automat de program funcție de caracteristicile secțiunii transversale ale tronsonului.

 Beam diagrams are generated in the local directions for each beam. At the point of a straight beam creation, the software automatically creates a coordinate system for it, which defines the axial direction as well as directions 1 and 2 that are used for viewing the beam results. The axial direction goes from **End 1** of the beam to **End 2**. Directions 1 and 2 are assigned by the software automatically depending on the section properties.

Trei săgeți de culoare roșie, verde și albastre indică direcția pozitivă pentru cele trei direcții: axiale, 1 respectiv 2. Direcțiile 1 și 2 sunt considerate în raport cu frontieră secțiunii transversale. De exemplu, pentru o secțiune de formă dreptunghiulară, direcția 1 este cea mai lungă dintre laturile dreptunghiului. Direcțiile 1 și 2 se modifică pentru fiecare tronson și nu sunt raportate la sistemul de referință global al sistemului.

În cazul secțiunii circulare din aplicație și al aplicării forțelor concentrate după direcția globală **Y** (adică perpendicular pe planul **Top XZ**), direcția axială pozitivă este definită dinspre nodul **Joint1** spre nodul **Joint2**, direcția pozitivă 1 pe direcția globală **Z-**, iar direcția pozitivă 2 pe direcția globală **Y-**.

Diagrama forțelor tăietoare **T** este creată pe direcția 2 deoarece forțele concentrate sunt aliniate cu această direcție. Diagrama momentelor încovoitoare **M** este creată pe direcția 1 deoarece momentul acționează pe această direcție.

#### 4.11 Afisare distribuție forțe

Pentru vizualizare distribuție, fig. 4.15:

- Click dreapta pe ramura **Results**  și selecție **List Beam Forces**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Forces**.
  - Selectie **N în Units** .
- Click .

The red arrow shows the positive axial direction, the green arrow shows the positive direction 1, and the blue arrow shows the positive direction 2 for each beam. Directions 1 and 2 for a beam are defined by the boundary of its cross-section. For example, for cross-sections with a rectangular boundary, direction 1 is the longer of the two sides of the boundary. Directions 1 and 2 change for every beam and are not relative to the global coordinate system of the model.

In our circular section and concentrated loads applied on **Y** global direction case (perpendicular on **Top Plane XZ**), the positive axial direction is defined from **Joint1** to **Joint2**, the positive direction 1 on **Z-** global direction and the positive direction 2 on **Y-** global direction.

A diagram of shear **T** in direction 2 is created because the forces act parallel with this direction. A diagram of moment **M** in direction 1 is created because the moments act around direction 1 of the circular cross-section.

#### 4.11 Listing of the beam forces

To view the beam forces, fig. 4.15:

- Right-click the **Results**  folder and select **List Beam Forces**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Forces**.
  - Select **N in Units** .
- Click .

- În fereastra **List Forces** se va activa controlul **Show extreme values only**.
- Pentru a verifica reacțiunile din încastrarea **Joint2** se va selecta opțiunea **List Result Force** din submenuul activat prin icoana **Results Advisor** din trusa de instrumente **Simulation**. Vor fi afișate valorile **Sum Y=30000 N** și **Sum Z=70000 N-m** respectiv **Sum Z=70000 N-m**.
- In the **List Forces** window activate control **Show extreme values only**.
- To see the **Result Force** select the **List Result Force** option from the submenu activated from **Results Advisor** icon of the **Simulation Toolbar**. The **Sum Y=30000 N** and **Sum Z=70000 N-m** values is visible in **Result Force** window.

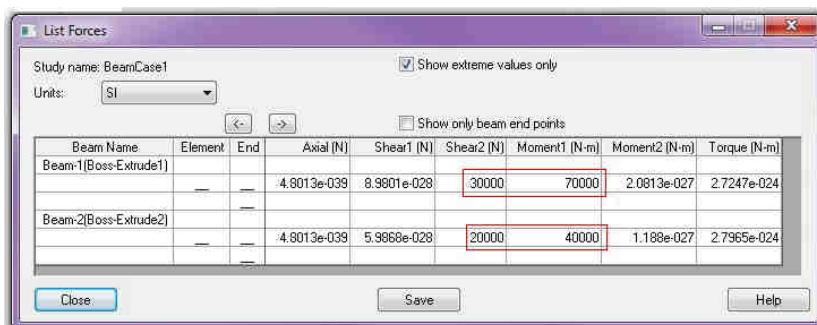


Fig. 4.15

#### 4.12 Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică

#### 4.12 A comparison between the simulation and the theoretical results

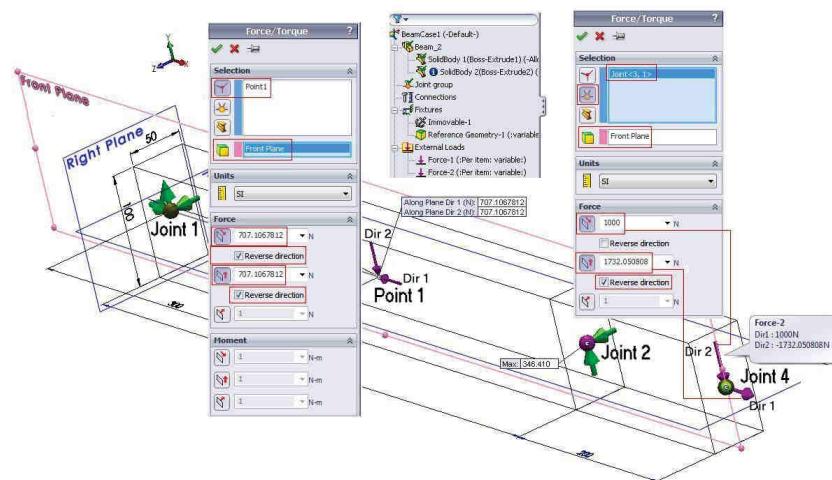
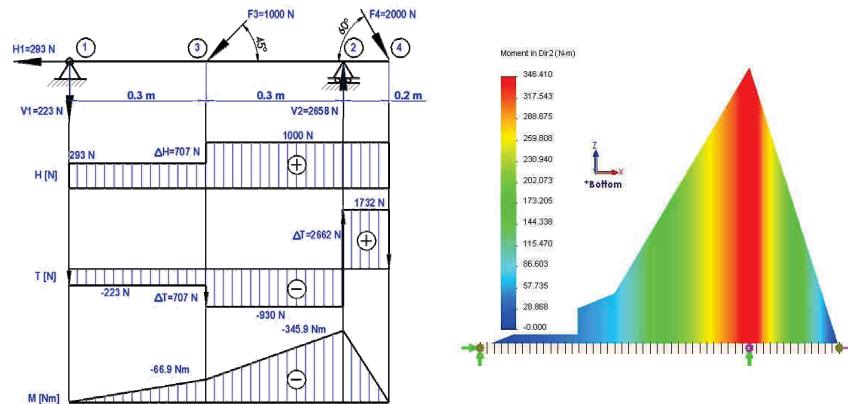
- Comparația evidențiază identitatea valorilor dintre rezultatele simulării numerice și ale calculelor teoretice.
- The comparison reveals the identical values between the Solid Works simulation and theoretical results.

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Forță tăietoare T- Dir.2 Shear2 T	N	<b>Join1</b>	20000	20000
		<b>Join3</b>	20000/30000 ΔT=10000	20000/30000 ΔT=10000
		<b>Join2</b>	Vo=30000	Vo=30000
Moment încovoiotor M-Dir.1 Moment1 M	N·m	<b>Join1</b>	0	0
		<b>Join3</b>	40000	40000
		<b>Join2</b>	Mo=70000	Mo=70000



## 5. DIAGRAME DE EFORTURI PENTRU O GRINDĂ ÎNCĂRCATĂ CU DOUĂ FORȚE CONCENTRATE ÎNCLINATE

### 5. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF A BEAM LOADED WITH TWO CONCENTRATED INCLINED FORCES



### 5.1 Obiective ale aplicației

- Creare geometrie;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Creare studiu de simulare;
- Definire tronsoane grindă și noduri;
- Selecție material;
- Aplicare încărcări și restrângerii;
- Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză;
- Vizualizare diagrame de eforturi ale forțelor axiale H, tăietoare T și ale momentelor încovoitoare M;
- Afisare distribuție forțe;
- Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică.

### 5.1 Goals of the application

- Creation of the beam geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Defining beams and joints;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints to beams;
- Meshing and running the beam study;
- Viewing of the axial H and shear T forces and of the bending moment M diagrams;
- Listing the beam forces;
- Comparison between the simulation and theoretical results.

### 5.2 Geometria aplicației

Grinda din fig. 5.1 este supusă la două forțe concentrate:  $F_3=1000$  N respectiv  $F_4=2000$  N [3]. Grinda este rezemată pe un reazem fix în nodul 1 respectiv mobil în nodul 2 și are secțiune dreptunghiulară 100x50 mm.

### 5.2 The application's geometry

The beam from fig. 5.1 is loaded with two concentrated forces:  $F_3=1000$  N and  $F_4=2000$  N [3]. The end no. 1 of the beam has a pin fixture and the joint no. 2 has a roller fixture. The cross section is a 100x50 mm rectangle.

### 5.3 Creare geometrie

#### 5.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou document “*part*”, salvat sub numele de **Beam\_2**.

- Click **New**  (Standard toolbar).
- Dublu click pe icoana **Part** în fereastra de dialog **New SolidWorks Document**.
- Click **Save**  (Standard toolbar).
- În câmpul **File name** a ferestrei de dialog **Save As**, se va completa numele fișierului: **Beam\_2**.
- Click **Save**.

#### 5.3 Creation of the beam geometry

##### 5.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Beam\_2**.

- Click **New**  (Standard toolbar).
- In the **New SolidWorks Document** dialog box, double-click **Part**.
- Click **Save**  (Standard toolbar).
- In the dialog box **Save As**, type **Beam\_2** for **File name**.
- Click **Save**.

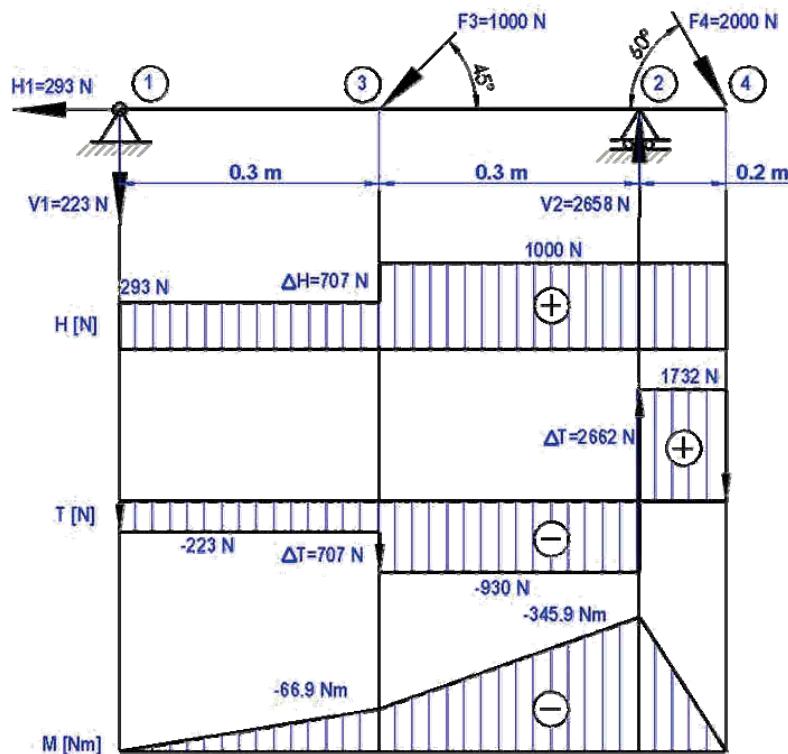


Fig. 5.1

### 5.3.2 Crearea schiță dreptunghi 100x50

Se va desena un dreptunghi 100x50 mm în planul **Right**, centrat în originea sistemului de referință, fig. 5.2c.

- Click **Insert** → **Sketch** sau pe icoana **Sketch** (Sketch toolbar).
- Se va selecta planul **Right**: vederea se va modifica astfel ca direcția de privire să devină perpendiculară pe planul **Right**, în **CommandManager** va apărea trusa de instrumente **Sketch** și se va crea o schiță în planul **Right**.
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); se va desena un dreptunghi și diagonala acestuia (de tip constructiv).

### 5.3.2 Creation of the 100x50 rectangle sketch

A 100x50 mm rectangle is drawn in **Right** plane, fig. 5.2c.

- Click **Insert** → **Sketch** or click **Sketch** (Sketch toolbar).
- Select **Right** plane: the display changes so that the **Right** plane faces you, the **Sketch** toolbar commands appears in the **CommandManager** and a sketch opens on the **Right** plane.
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); draw a rectangle and its diagonal as construction type .

- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager) pentru a dimensiona dreptunghiul la înălțimea de 100 mm și lățimea de 50 mm, fig. 5.2a.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) pentru afișarea și centrarea geometriei în zona grafică.
- Selectie diagonala și punctul origine. În caseta PropertyManager se va activa opțiunea **Midpoint**, fig. 5.2b. Mijlocul diagonalei va fi plasat pe originea sistemului, fig. 5.2c.
- Click **Exit Sketch** (Sketch toolbar) pentru a ieși din schiță.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager); in order to give the rectangle a 100 mm height and a 50 mm width, fig. 5.2a.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) to display the entire geometry and center it in the graphics area.
- Select the diagonal and origin point. In the PropertyManager window activate **Midpoint** option, fig. 5.2b. The middle of the diagonal is placed over the origin point, fig. 5.2c.
- Click **✓**.
- Click **Exit Sketch** (Sketch toolbar).

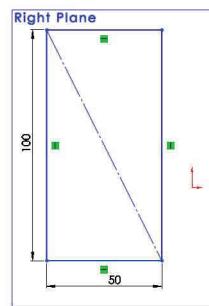


Fig. 5.2a

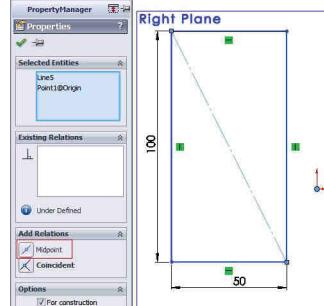


Fig. 5.2b

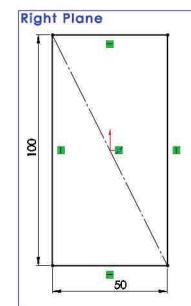


Fig. 5.2c

### 5.3.3 Extrudarea dreptunghiului 100x50x600

Se va genera un paralelipiped prin extrudarea pe 600 mm a dreptunghiului 100x50.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vedere se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta dreptunghiul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.

### 5.3.3 Extrusion of the 100x50x1000 rectangle

The 100x50 rectangle will be extruded on 600 mm to generate a box.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Boss-Extrude** PropertyManager appears in the left pane, the view of the sketch changes to **Trimetric**.
- Select the rectangle and a preview of the extrusion appears in the graphics area.

- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa, fig. 5.3:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **600** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Prin tasta **F** paralelipipedul se va încadra în zona grafică.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 5.3:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth**  to **600**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

#### 5.3.4 Crearea schiță dreptunghi 100x50

Pentru a crea un nou paralelipiped, se va desena un dreptunghi 100x50 mm pe fața paralelipipedului anterior creat, fig. 5.4.

- Prin click se va selecta fața paralelipipedului, pentru a preselecția planul în care se va crea schița următoarei entități.
- Click **Insert → Sketch** sau pe icoana  **Sketch** (Sketch toolbar).
- Click **Corner Rectangle** ; se va desena un dreptunghi din colțul stânga sus până în colțul dreapta jos a feței selectate; acest dreptunghi va avea aceleași dimensiuni 100x50.
- Click **Zoom to Fit**  și **Exit Sketch** .

#### 5.3.5 Extrudarea dreptunghi 100x50x200

Dreptunghiul 100x50 mm va fi extrudat pe distanță de 200 mm, generând un al doilea paralelipiped 100x50x200, fig. 5.5.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Se va selecta dreptunghiul creat anterior, generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.

#### 5.3.4 Creation of the 100x50 rectangle sketch

To create a new box, a 100x50 rectangle is drawn in the end face of the previous box, fig. 5.4.

- Click the end face of the box to preselect the sketch plane for the next feature.
- Click **Insert → Sketch** or click  **Sketch** (Sketch toolbar).
- Click **Corner Rectangle** ; snap the left top vertex and then the bottom right vertex of the box face to draw a 100x50 mm rectangle.
- Click **Zoom to Fit**  (View toolbar) to display the entire geometry.
- Click **Exit Sketch**  (Sketch toolbar).

#### 5.3.5 Extrusion of the 100x50x200 rectangle

The 100x50 rectangle is extruded on a distance of 200 mm to generate a second box 100x50x200, fig. 5.5.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Select the previous rectangle and a preview of the extrusion appears in the graphics area..

- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **200** în **Depth**
  - Dezactivare opțiune **Merge results**.
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- In the **Boss-Extrude** PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **200**.
  - Deactivate the **Merge results** option.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the two box 100x50x600 and 100x50x200.

Prin dezactivarea opțiunii **Merge results**, al doilea paralelipiped 10x50x200 va fi creat ca solid distinct față de primul paralelipiped 10x50x600.

By deactivating the **Merge result** option, the **Extrude** command creates a distinct solid body; as a consequence the 100x50x200 cylinder is created separately from the 100x50x600 cylinder.

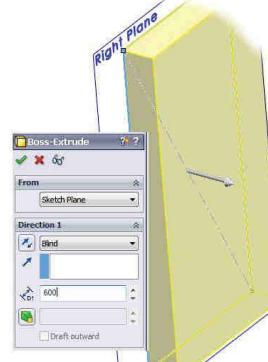


Fig. 5.3

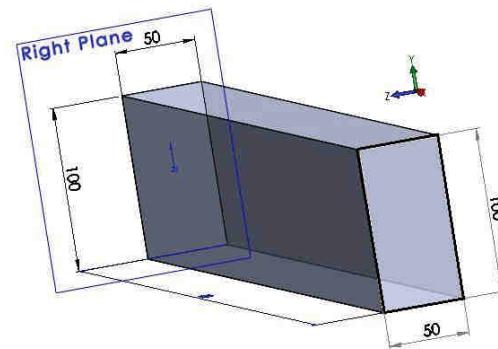


Fig. 5.4

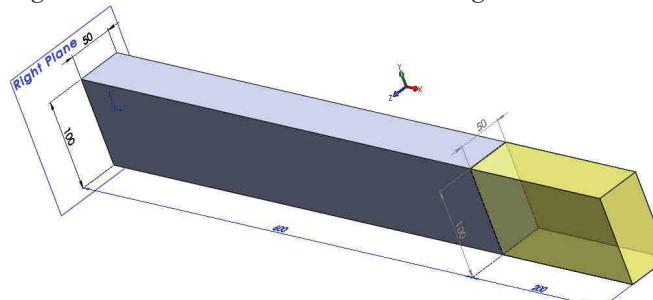


Fig. 5.5

### 5.3.6 Schițare linie 300 mm

În planul Top se va trasa o linie de 300 mm, care pleacă din origine, pe direcția axei X, fig. 5.6.

- Click **Insert** → **Sketch** sau pe icoana Sketch (Sketch toolbar).
- Click **Line** (Sketch toolbar); se va desena o linie care pleacă din origine pe direcția axei X.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager) pentru a dimensiona linia la lungimea de 30 mm.
- Click **Exit Sketch** .

### 5.3.7 Creare punct de referință

În capătul liniei anterior trasate se va crea un punct referință **Point1**, în care se va plasa forța F3, fig. 5.6.

- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Point**.
- Selecție linie.
- In caseta **Point** PropertyManager, se vor completa:
  - Activare opțiune **Along Curve distance**.
  - Valoarea **300**.
  - Activare opțiune **Distance**.
  - Click .
- Click **Exit Sketch** .

### 5.3.6 Sketching a 300 mm line

A 300 mm line is drawn in **Top** plane, starting from the origin, aligned with the X direction, fig. 5.6.

- Click **Insert** → **Sketch** or click Sketch (Sketch toolbar).
- Click **Line** (Sketch toolbar); snap the origin and draw the line aligned with the X direction.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager) to dimension the line at 300 mm.
- Click **Exit Sketch** (Sketch toolbar).

### 5.3.7 Creation of the reference point

A reference point **Point1** is drawn at the end of the previous line, where the F3 force will be placed, fig. 5.6.

- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Point**.
- Select the line.
- In the **Point** PropertyManager:
  - Select **Along Curve distance** option.
  - Set 300 in text field.
  - Select **Distance** option.
  - Click .
- Click **Exit Sketch** .

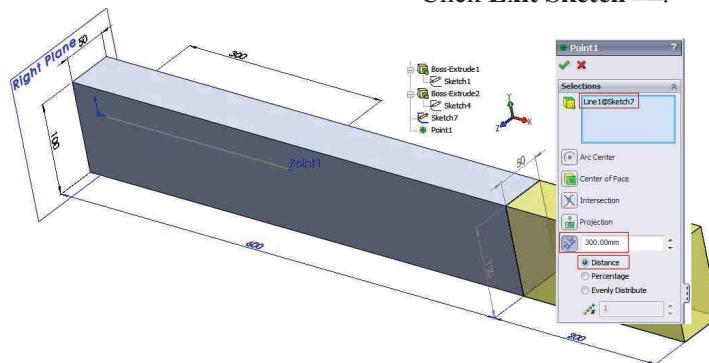


Fig. 5.6

#### 5.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

#### 5.5 Creare studiu de simulare

- Click Simulation → Study.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **BeamCase1**.
  - Tip studiu Type: click **Static**.
- Click .

#### 5.6 Definire tronsoane grindă și noduri

- În arborele Simulation, se va expanda ramura **Beam\_2** prin click pe semnul “+” asociat acesteia:
  - Click dreapta pe **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** și se va selecta **Treat as Beam**, fig. 5.7.
  - Click dreapta pe **SolidBody 2 (Boss-Extrude2)** și se va selecta **Treat as Beam**, fig. 5.7.
- Click dreapta pe **Joint group** și se va selecta **Edit**.
- În secțiunea **Edit Joints** PropertyManager sub zona **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 5.7. Trei noduri vor apărea sub **Results**.
- Click .

În ramura **Beam\_2** vor apărea două icoane de tip , iar în arborele Simulation va apărea ramura **Joint group** .

#### 5.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with **Simulation** option.

#### 5.5 Creation of a simulation study

- Click Simulation → Study.
- In the PropertyManager:
  - Type **BeamCase1** for name.
  - Under Type, click **Static**.
- Click .

#### 5.6 Defining beam and joints

- In the Simulation study tree, expand **Beam\_2** by clicking the “+” sign and:
  - Right-click **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** and select **Treat as Beam**, fig. 5.7.
  - Right-click **SolidBody 2 (Boss-Extrude2)** and select **Treat as Beam**, fig. 5.7.
- Right-click **Joint group** and select **Edit**.
- In the **Edit Joints** PropertyManager under **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 5.7. Three joints appear under **Results**.
- Click .

Two beam icons appear in the **Beam\_2** folder and a **Joint group** folder appears in the Simulation study tree, fig. 5.7.

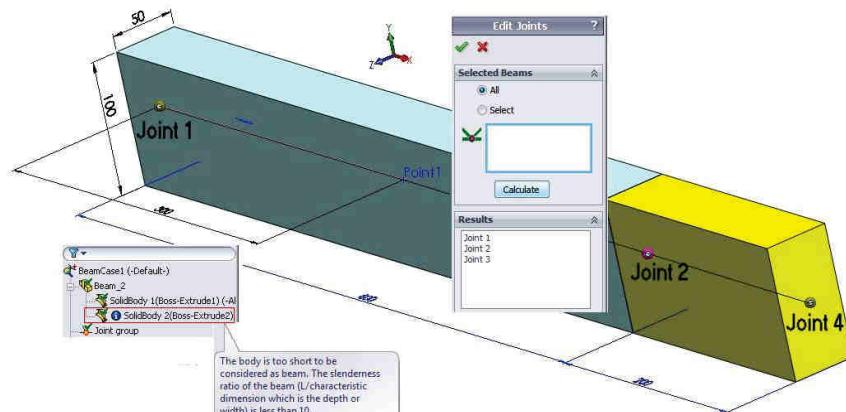


Fig. 5.7

Icoana asociată geometriei **SolidBody2 (Boss-Extrude2)**, fig. 5.7, informează asupra faptului că lungimea 200 mm a paralelipipedului este prea mică pentru a fi asimilat ca tronson de grindă, deoarece raportul dintre lungime și dimensiunea sa caracteristică (care poate fi înălțimea sau lățimea) este mai mic decât 10. Totuși, deoarece în acest exemplu nu interesează decât diagramele de eforturi, vom ignora acest mesaj. În situația în care interesează distribuția tensiunilor și deplasărilor, condiția „lungimea grinzi trebuie să fie trebuie să fie mai mare de 10 ori decât dimensiunea maximală a secțiunii transversale” trebuie luată în considerare pentru a obține rezultate acceptabile.

### 5.7 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Beam\_2** și selectie opțiune **Apply Material to All Bodies**.
- Selectie material **Alloy Steel** din libraria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

The information icon associated to the **SolidBody2 (Boss-Extrude2)** geometry, fig. 5.7, warns the user about the fact that the body is too short to be considered as a beam. The slenderness ratio of the beam ( $L / \text{characteristic dimension}$ , which is the depth or width) is less than 10. However, as this example is not interested only in axial, shear and moment diagrams, we will ignore this message. If the stress and displacement distribution must be calculated, the “*the length of the beam should be 10 times larger than the largest dimension of its cross section*” condition must be accepted to obtain acceptable results.

### 5.7 Selection of the material

- Right-click the **Beam\_2** folder and select **Apply Material to All Bodies**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

## 5.8 Aplicare încărcări și restrângerî

Grinda este supusă la două forțe concentrate:  $F_3=1000$  N respectiv  $F_4=2000$  N și este rezemată pe un reazem fix în nodul **Joint1**, respectiv mobil în nodul **Joint2**.

Pentru a impune reazemul fix:

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**, fig. 5.8.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Immovable (No translation)** în zona **Standard**.
  - Selectie nod **Joint1**.
- Click .

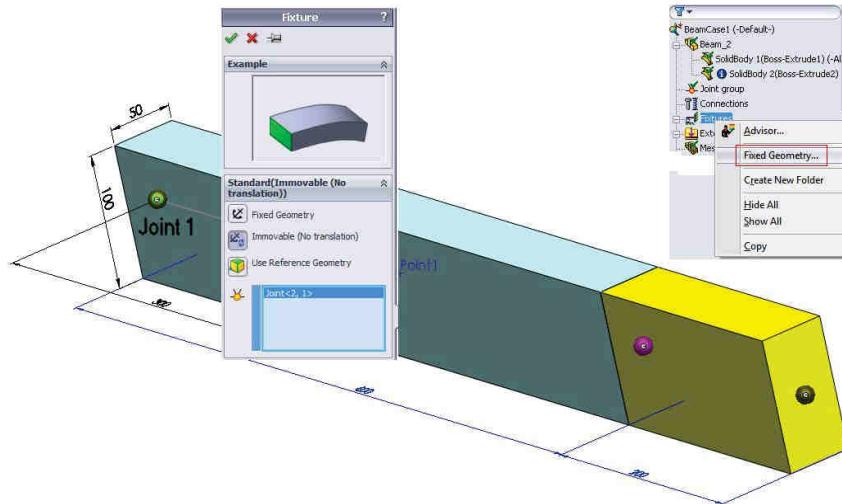


Fig. 5.8

Pentru a impune reazemul mobil:

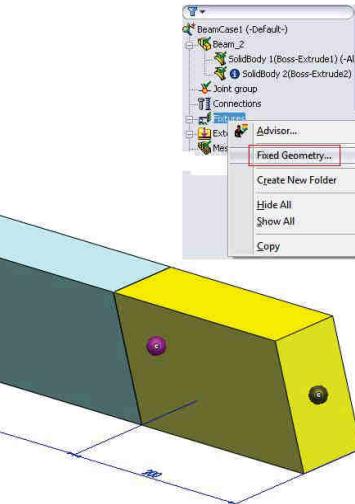
- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**, fig. 5.9.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Use Reference Geometry** în zona **Standard**.
  - Selectie nod **Joint2**.

## 5.8 Applying loads and restraints

The beam is loaded with two concentrated forces:  $F_3=1000$  N and  $F_4=2000$  N. The **Joint1** of the beam has a pin fixture and the **Joint2** has a roller fixture.

To impose pin fixture:

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 5.8.
- In the PropertyManager:
  - Select **Immovable (No translation)** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint1**.
- Click .



To impose roller fixture:

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 5.9.
- In the PropertyManager:
  - Select **Use Reference Geometry** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint2**.

- Click pe zona Face, Edge, Plane for Direction și selecție Front Plane din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
- Sub Translations: click pentru activare icoane Along Plane Dir 2 și Normal to Plane icon .
- Click .
- Pentru grinzi restrângerea de tip **Immovable (No translation)** impune valoarea 0 pentru gradele de libertate de tip translații, fără a fi necesară specificarea unei geometrii de referință.
- Pentru restrângerea de tip reazem mobil valorile 0 pe cele două direcții selectate Y și Z previne translația pe aceste direcții, lăsând liberă numai translația pe direcția X.

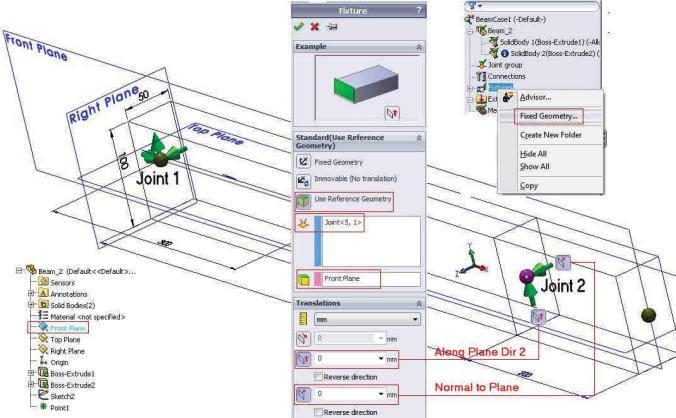


Fig. 5.9

Forțele  $F_3=1000$  N și  $F_4=2000$  N se aplică la unghi de  $45^\circ$  respectiv  $60^\circ$ , deci se vor descompune în componente:

$$F_{3X} = F_3 \cdot \cos(45^\circ) = 707.1; \quad F_{3Y} = F_3 \cdot \sin(45^\circ) = 707.1$$

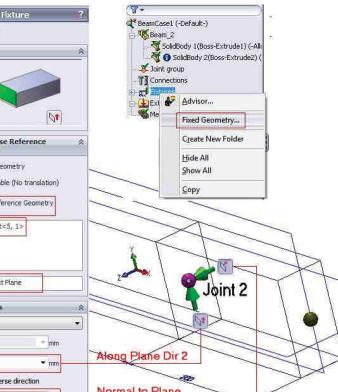
$$F_{4X} = F_4 \cdot \cos(60^\circ) = 1000; \quad F_{4Y} = F_4 \cdot \sin(60^\circ) = 1732$$

- Click Face, Edge, Plane for Direction area and Select **Front Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
- Under **Translations**: click to select **Along Plane Dir 2** and **Normal to Plane** icon .

- Click .

For beams, the **Immovable (No translation)** restraint sets the translational degrees of freedom to zero. When using this restraint type, no reference geometry is needed.

For the roller restraint and **Front Plane** reference geometry, the 0 value imposed for the Y and Z directions prevent the translation in these directions, the translation in the X direction remains free.



The forces  $F_3=1000$  N and  $F_4=2000$  N are applied at  $45^\circ$  and  $60^\circ$  angles, with the following components:

Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**, fig. 5.10.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana **Points** și selecție punct **Point 1**.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Front Plane**.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 1** , introducere valoare 707.1 și activare opțiune **Reverse direction**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 2** , introducere valoare 707.1 și activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**, fig. 5.10.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana **Join** și selecție punct **Joint4** în zona grafică.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Front Plane** din arborele flotant FeatureManager.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 1** , introducere valoare 1000.
- Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 2** , introducere valoare 1732 și activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

Right-click the **External Loads** folder and select **Force**, fig. 5.10.

- In the PropertyManager:

- Click the icon **Points** and select the **Point1**.
- Click Face, Edge, Plane for Direction area and select **Front Plane**.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Under **Force**: click **Along Plane Dir 1** , set 707.1 value and activate **Reverse direction** option.
- Under **Force**: click **Along Plane Dir 2** , set 707.1 value and activate **Reverse direction** option.

- Click .

Right-click the **External Loads** folder and select **Force**, fig. 5.10.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon and select the **Joint4** in graphic area.
- Click Face, Edge, Plane for Direction area and select **Front Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Under **Force**: click **Along Plane Dir 1** , set 1000 value.
- Under **Force**: click **Along Plane Dir 2** , set 1732 value and activate **Reverse direction** option.

Click .

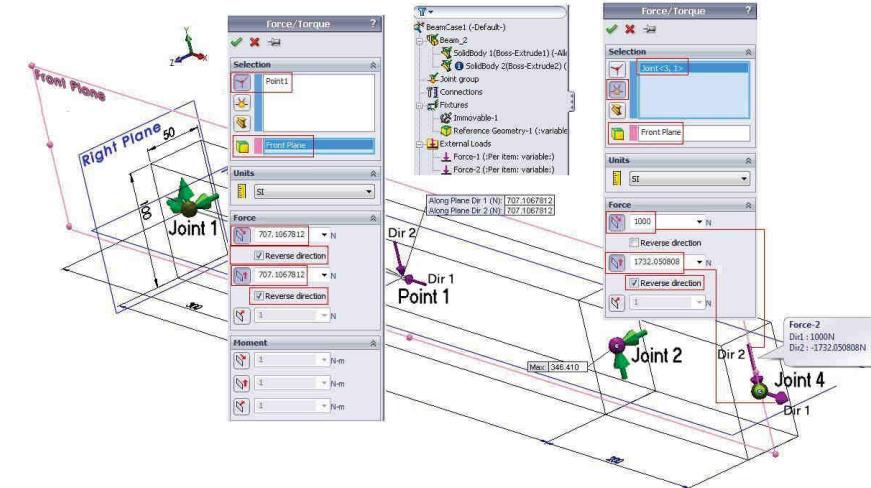


Fig. 5.10

### 5.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză

- În arborele Simulation, click dreapta pe Mesh și selecție Create Mesh .

Fiecare tronson este divizat într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe Mesh și selecție Details, fig. 5.11.

- În arborele Simulation, click dreapta pe studiu BeamCase1 și selecție Run .

- In the Simulation tree, right-click Mesh and select Create Mesh .

Each beam is divided into a number of beam elements, which can be viewed by right-clicking Mesh and selecting Details, fig. 5.11.

- In the Simulation study tree, right-click the study BeamCase1 and select Run .

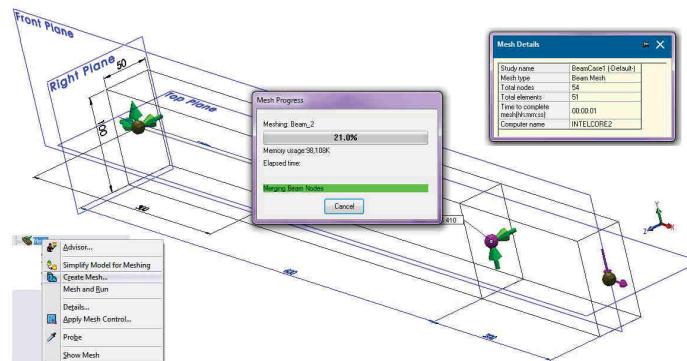
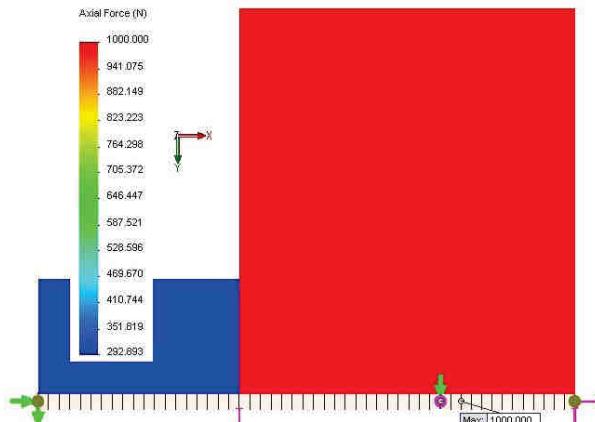


Fig. 5.11

### 5.10 Vizualizare diagramă forțe axiale H, forțe tăietoare T și momente încovoietoare M

Pentru vizualizare diagramă forțe axiale H, fig. 5.12:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Axial Force** în **Component**.
  - Selectie **N** în **Units**.
- Click .
- Modificare orientare vedere după **Z-**.



Pentru vizualizare diagramă forțe tăietoare T, fig. 5.13:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Shear Force** in **Dir 1** în **Component**.
  - Selectie **N** în **Units**.
- Click .
- Activare orientare **Front**.

### 5.10 Viewing of the axial H and shear T forces and of the bending moment M diagrams

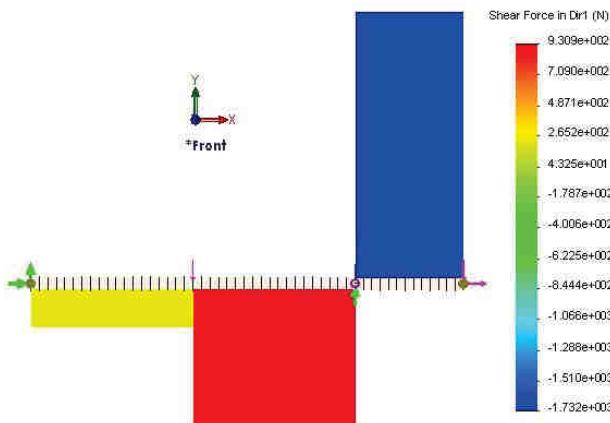
To view axial force H diagram, fig. 5.12:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 2** in **Component**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click .
- Change the view orientation to **Z-**.

Fig. 5.12

To view shear T diagram, fig. 5.13:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 1** in **Component**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click .
- Activate **Front** orientation.

Fig.  
5.13

Pentru vizualizare diagramă momente încovoietoare M, fig. 5.14:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selectie **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selecție **Moment in Dir 2** în **Component** .
  - Selecție **N-m** în **Units** .
- Click .
- Modificare orientare vedere pe **Bottom**.

To view the M moment diagram, fig. 5.14:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Moment in Dir 2** in **Component** .
  - Select **N-m** in **Units** .
- Click .
- Change the view orientation to **Bottom**.

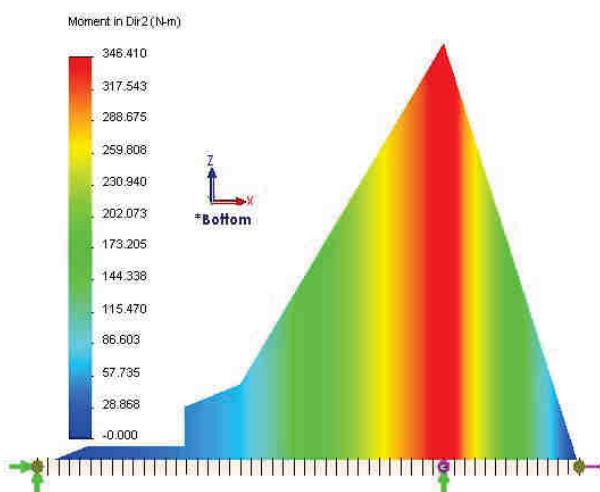


Fig. 5.14

Direcția axială este orientată pozitiv de la nodul 4 către nodul 1. Secțiunea fiind de formă dreptunghiulară, direcția 1 este cea mai lungă dintre laturile dreptunghiului 100 mm, iar direcția 2 este de-a lungul laturii 50 mm.

Diagrama forțelor tăietoare T este creată pe direcția 1 deoarece forțele concentrate sunt aliniate cu această direcție. Diagrama momentelor încovoitoare M este creată pe direcția 2 deoarece momentul acționează pe această direcție.

The positive axial direction is oriented from **Joint4** to **Joint1**. For this rectangular cross-section, direction 1 is the longer of the two sides of the boundary 100 mm and direction 2 is aligned with 50 mm.

A diagram of shear T in direction 1 is created because the forces act parallel with this direction. A diagram of moment M in direction 2 is created because the moment acts around direction 2 of the circular cross-section.

### 5.11 Afisare distribuție forțe

Pentru vizualizare distribuție, fig. 5.15:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selectie **List Beam Forces**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Forces**.
  - Selectie N în **Units** .
- Click .
- În fereastra **List Forces** se va activa controlul **Show only beam end points**.

### 5.11 Listing beam forces

To view beam forces, fig. 5.15:

- Right-click the **Results** folder and select **List Beam Forces**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Forces**.
  - Select **N** in **Units** .
- Click .
- In **List Forces** window activate control **Show only beam end points**.

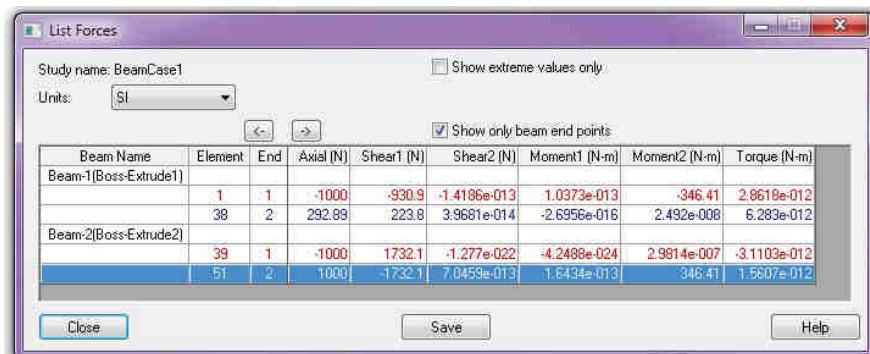


Fig. 5.15

- Pentru a verifica reacțiunile se va selecta opțiunea List Result Force din submenu activat prin icoana

**Results Advisor** din trusa de instrumente **Simulation**. Vor fi afișate valorile **Sum X=-292.89 N** respectiv **Sum Y=2439.2 N**.

- To see the **Result Force** select the List Result Force option from the submenu activated from

**Results Advisor** icon of the **Simulation Toolbar**. The **Sum X=-292.89 N** and **Sum Y=2439.2 N** values will be visible in **Result Force** window.

- 

## 5.12 Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică

## 5.12 A comparison between the simulation results and the theoretical solution

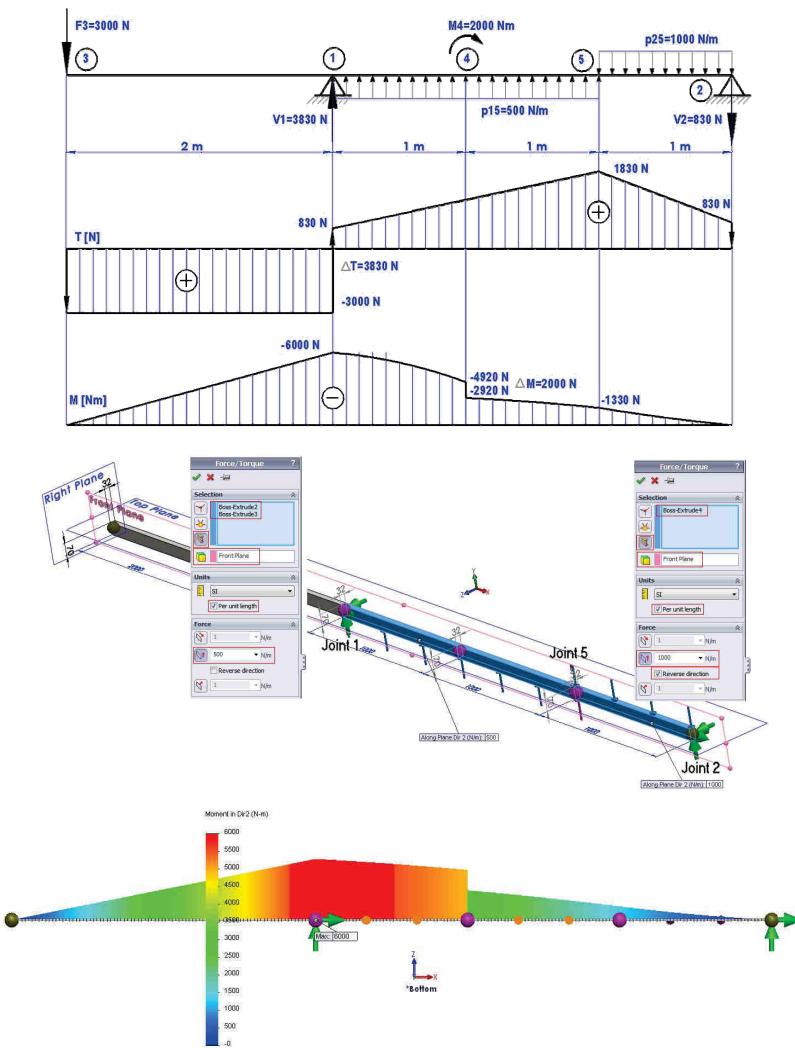
- Comparația evidențiază identitatea valorilor dintre rezultatele simulării numerice și ale calculelor teoretice.
- The comparison reveals the identical values between the Solid Works simulation and theoretical results.

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Forță axială H Axial Force H	N	<b>Join1</b>	292.89	293
		<b>Point1</b>	1000 $\Delta H=707.11$	1000 $\Delta H=707$
		<b>Join2</b>	1000	1000
		<b>Join4</b>	1000	1000
Forță tăietoare T-Dir.1 Shear1 T	N	<b>Join1</b>	-223.8	-223
		<b>Point1</b>	-930.9 $\Delta T=707.1$	-930 $\Delta T=707$
		<b>Join2</b>	-930.9/+1732 $\Delta T=2662.9$	-930/+1732 $\Delta T=2662$
		<b>Join4</b>	1732	+1732
Moment încovoiotor M-Dir.2 Moment2 M	N-m	<b>Join1</b>	0	0
		<b>Point1</b>	-67.139	-66.9
		<b>Join2</b>	-346.41	-345.9
		<b>Join4</b>	0	0
Reacțiuni – direcție H Reaction Forces – H direction	N	<b>H1</b>	292.89	293
Reacțiuni – direcție T Reaction Forces – T direction	N	<b>V2</b>	2439.2	2435



## 6. DIAGRAME DE EFORTURI PENTRU O GRINDĂ ÎNCĂRCATĂ CU FORȚĂ ȘI MOMENT CONCENTRATE ȘI PRESIUNE DISTRIBUITĂ

### 6. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF A BEAM LOADED WITH CONCENTRATED FORCE AND MOMENT AND DISTRIBUTED PRESSURE



### 6.1 Obiective ale aplicației

- Creare geometrie;
- Activare modul SolidWorks Simulation;
- Creare studiu de simulare;
- Definire tronsoane grindă și noduri;
- Selecție material;
- Aplicare încărcări și restrângeri;
- Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză;
- Vizualizare diagrame ale forțelor tăietoare T și momentelor încovoitoare M;
- Afisare distribuție forțe;
- Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică;
- Vizualizare diagrame deplasări și tensiuni.

### 6.1 Goals of the application

- Creation of the beam geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Defining beams and joints;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints to beams;
- Meshing and running the study;
- Viewing of shear T forces and bending moment M diagrams;
- Listing beam forces;
- Comparison between the simulation and theoretical results;
- Viewing of the displacement and stress diagrams.

### 6.2 Geometria aplicației

Grinda din fig. 6.1 este supusă la o forță concentrată  $F_3=3000$  N, unui moment concentrat  $M_4=2000$  Nm respectiv la două presiuni distribuite  $p_{15}=500$  N/m respectiv  $p_{25}=1000$  N/m [3]. Grinda de secțiune dreptunghiulară 70x32 este rezemată pe două reazeme fixe în nodurile 1 și 2.

### 6.3 Creare geometrie

#### 6.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou document “*part*” salvat sub numele de **Beam\_3**.

- Click **New**  (Standard toolbar).
- Dublu click pe icoana **Part** în fereastra de dialog **New SolidWorks Document**.
- Click **Save**  (Standard toolbar).
- În câmpul **File name** se va completa numele fișierului: **Beam\_3**.
- Click **Save**.

### 6.2 The application's geometry

The beam from fig. 6.1 is loaded with one concentrated force  $F_3=3000$  N and bending moment  $M_4=2000$  Nm and two distributed loads  $p_{15}=500$  N/m and  $p_{25}=1000$  N/m [3]. The beam has pin fixtures in joints no. 1 and 2. The cross section is a 70x32 mm rectangle.

### 6.3 Creation of the beam geometry

#### 6.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Beam\_3**.

- Click **New**  (Standard toolbar).
- In the **New SolidWorks Document** dialog box, double-click **Part**.
- Click **Save**  (Standard toolbar).
- In the dialog box **Save As**, type **Beam\_3** for **File name**.
- Click **Save**.

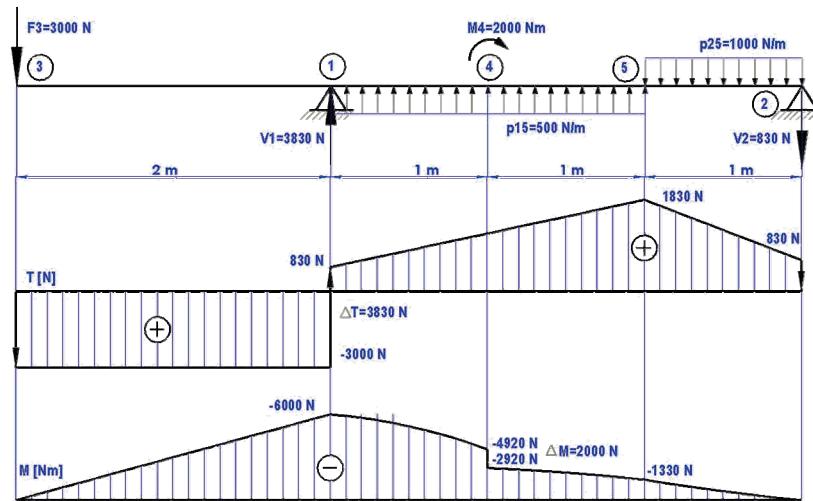


Fig. 6.1

### 6.3.2 Crearea schiță dreptunghi 70x32

### 6.3.2 Creation of the 70x32 rectangle sketch

Se va desena un dreptunghi 70x32 mm în planul **Right**, centrat în originea sistemului de referință, fig. 6.2c.

- Click **Insert → Sketch** sau pe icoana **Sketch** (Sketch toolbar).
- Se va selecta planul **Right**: vederea se va modifica astfel ca direcția de privire să devină perpendiculară pe planul **Right**, în **CommandManager** va apărea trusa de instrumente **Sketch** și se va crea o schiță în planul **Right**.
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); se va desena un dreptunghi și diagonala acestuia (de tip constructiv).
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager) pentru a dimensiona dreptunghiul la înălțimea de 70 mm și lățimea de 32 mm, fig. 6.2a.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) pentru afișarea și centrare geometrie în zona grafică.
- Click **Insert → Sketch** or click **Sketch** (Sketch toolbar).
- Select **Right** plane: the display changes so that the **Right** plane faces you, the **Sketch** toolbar commands appear in the **CommandManager** and a sketch opens on the **Right** plane.
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); draw a rectangle and its diagonal as a construction type.
- Click **Smart Dimension** (Sketch CommandManager); to give the rectangle a 70 mm height and a 32 mm width, fig. 6.2a.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) to display the geometry and center it in the graphics area.

- Selectie diagonala și punctul origine. În caseta PropertyManager se va activa opțiunea **Midpoint**, fig. 6.2b. Mijlocul diagonalei va fi plasat pe originea sistemului, fig. 6.2c.
- Click și **Exit Sketch** (Sketch toolbar) pentru a ieși din schită.
- Select the diagonal and the origin point. In the PropertyManager window activate **Midpoint** option, fig. 6.2b. The middle of diagonal will place over the origin point, fig. 6.2c.
- Click and **Exit Sketch** (Sketch toolbar).

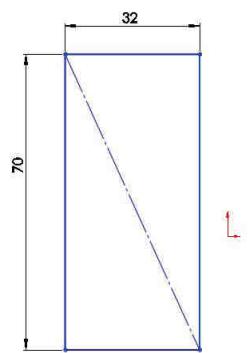


Fig. 6.2a

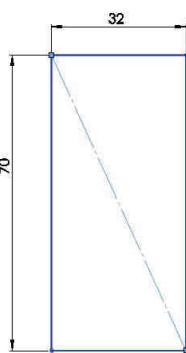


Fig. 6.2b

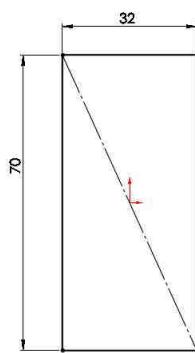
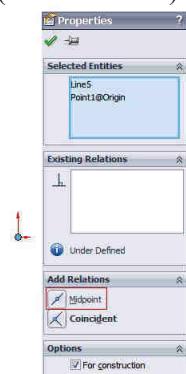


Fig. 6.2c

### 6.3.3 Extrudarea dreptunghiului 70x32x2000

Se va genera un paralelipiped prin extrudare dreptunghi 70x32 pe 2000 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** .
- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vedereia se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta dreptunghiul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa, fig. 6.3:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **2000** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare paralelipiped în zona grafică.

### 6.3.3 Extrusion of the 70x32x2000 rectangle

The 70x32 rectangle is extruded on 2000 mm to generate a box.

- Click **Extruded Boss/Base** .
- The **Boss-Extrude** PropertyManager appears in the left pane, the view of the sketch changes to **Trimetric**.
- Select the rectangle.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 6.3:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **2000**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

### 6.3.4 Crearea schiță dreptunghi 70x32

Pentru a crea un nou paralelipiped, se va desena un dreptunghi 70x32 mm pe fața paralelipipedului anterior creat, fig. 6.4.

- Prin click se va selecta fața paralelipipedului, pentru a preselecța planul în care se va crea schița următoarei entități.
- Click **Insert → Sketch** sau pe icoana **Sketch** (Sketch toolbar).
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); se va desena un dreptunghi din colțul stânga sus până în colțul dreapta jos a feței selectate; acest dreptunghi va avea aceleași dimensiuni 70x32.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) și **Exit Sketch** .

### 6.3.5 Extrudarea dreptunghi 70x32x1000

Dreptunghiul 700x32 mm va fi extrudat pe distanță de 1000 mm, generând un al doilea paralelipiped 70x32x1000, fig. 6.5.

- Click **Extruded Boss/Base** .
- Se va selecta dreptunghiul creat anterior.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se vor completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **1000** în **Depth** .
  - Dezactivare opțiune **Merge results**.
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

### 6.3.4 Creation of the 70x32 rectangle sketch

To create a new box, a 70x32 rectangle is drawn in the end face of the previous box, fig. 6.4.

- Click the end face of the box to preselect the sketch plane for the next feature.
- Click **Insert → Sketch** or click **Sketch** (Sketch toolbar).
- Click **Corner Rectangle** (Sketch toolbar); snap the left top vertex and then the bottom right vertex of the box face to draw a 70x32 mm rectangle.
- Click **Zoom to Fit** (View toolbar) to display the entire geometry.
- Click **Exit Sketch** .

### 6.3.5 Extrusion of the 70x32x1000 rectangle

The 70x32 rectangle is extruded on 1000 mm to generate a second box 700x32x1000, fig. 6.5.

- Click **Extruded Boss/Base** .
- Select the previous rectangle.
- In the **Boss-Extrude** PropertyManager, **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **1000**.
  - Deactivate the **Merge results** option.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the two box 70x32x2000 and 70x32x1000.

- Se va repeta operația de creare schiță și extrudare dreptunghi 70x32 de încă două ori, pentru a genera în total trei paralelipipezi 70x32x1000, fig. 6.5.

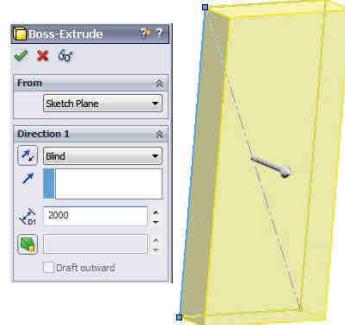


Fig. 6.3

- The two operations: creation of the 70x32 rectangle sketch and extrusion of the 70x32x1000 rectangle will be repeated twice to generate three 70x32x1000 boxes, fig. 6.5

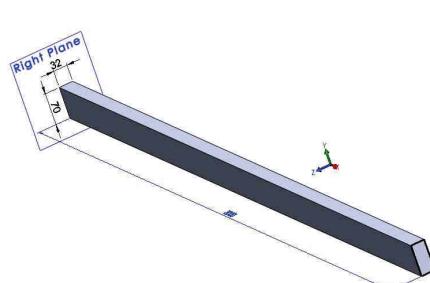


Fig. 6.4

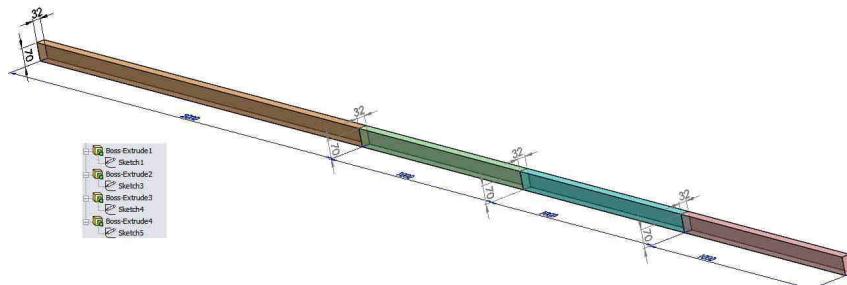


Fig. 6.5

#### 6.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

#### 6.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

## 6.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **BeamCase1**.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
- Click .

## 6.6 Definire tronsoane grindă și noduri

- În arborele Simulation, se va expanda ramura **Beam\_3** prin click pe semnul “+” asociat acesteia:
  - Click dreapta pe fiecare dintre geometriile **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** ... **SolidBody 4 (Boss-Extrude4)** și selectie **Treat as Beam**, fig. 6.6.
  - Click dreapta pe **Joint group** și se va selecta **Edit**.
  - În secțiunea **Edit Joints** PropertyManager sub zona **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 6.6. Patru noduri vor apărea sub **Results**.
  - Click .
- În ramura **Beam\_3** vor apărea patru icoane de tip , iar în arborele Simulation va apărea ramura **Joint group**, fig. 6.6 .

## 6.7 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Beam\_3** și selecție opțiune **Apply Material to All Bodies**.
- Selecție material **Alloy Steel** din librăria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

## 6.5 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **BeamCase1** for name.
  - Under **Type**, click **Static**.
- Click .

## 6.6 Defining beam and joints

- In the Simulation study tree, expand **Beam\_3** by clicking the “+” sign and:
  - Right-click on every geometry **SolidBody 1 (Boss-Extrude1)** ... **SolidBody 4 (Boss-Extrude4)** and select **Treat as Beam**, fig. 6.6.
- Right-click **Joint group** and select **Edit**.
- In the **Edit Joints** PropertyManager under **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 6.6. Four joints appear under **Results**.
- Click .

Four beam icons appear in the **Beam\_3** folder and a **Joint group** folder appears in the Simulation study tree, fig. 6.6.

## 6.7 Selection of the material

- Right-click the **Beam\_3** folder and select **Apply Material to All Bodies**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

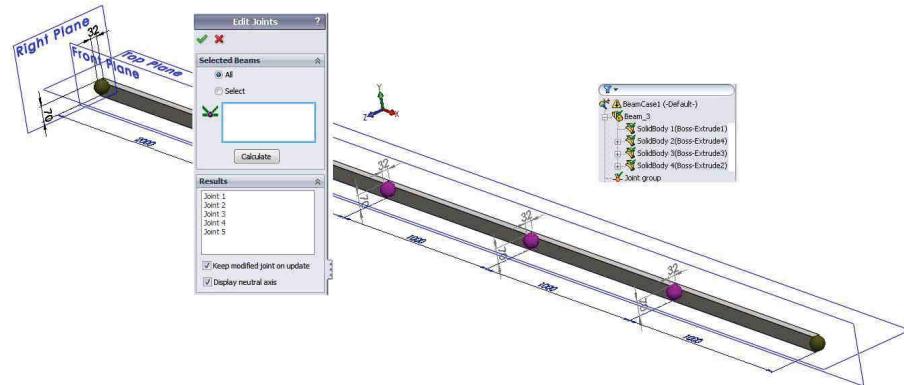


Fig. 6.6

## 6.8 Aplicare încărcări și restrângeri

Grinda este rezemată pe două reazeme fixe în nodurile 1 respectiv 2.

Pentru a impune reazemul fix:

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**, fig. 6.7.
- În caseta PropertyManager:
  - Selecție **Immovable (No translation)** în zona Standard.
  - Selecție nod **Joint1**.
- Click .

## 6.8 Applying loads and restraints

The beam has pin fixtures in joints no. 1 and 2.

To impose pin fixture:

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 6.7.
- In the PropertyManager:
  - Select **Immovable (No translation)** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint1**.
- Click .

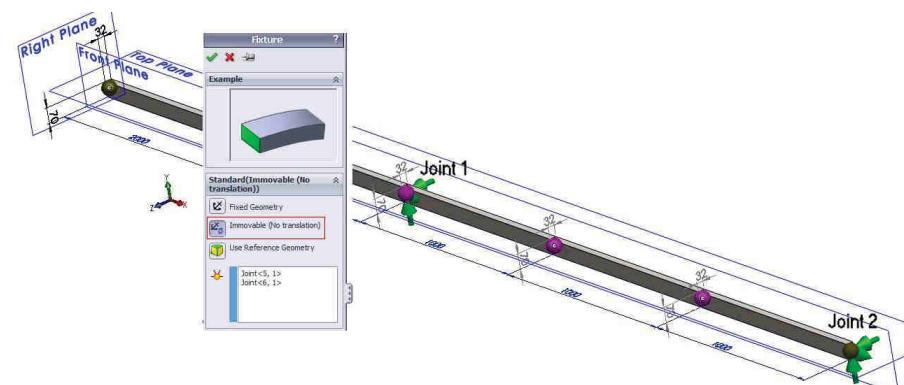


Fig. 6.7

Grinda este supusă la o forță concentrată  $F_3=3000$  N, la un moment concentrat  $M_4=2000$  Nm și la două presiuni distribuite  $p_{15}=500$  N/m pe tronsonul 15 respectiv  $p_{25}=1000$  N/m pe tronsonul 25.

Pentru aplicare forță concentrată  $F_3=3000$ , click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**, fig. 6.8.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana  și selecție nod **Joint3** în zona grafică.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selecție **Top Plane** din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Normal to Plane** , introducere valoare 3000 și activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

Pentru aplicare moment concentrat  $M_4=2000$  Nm, click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**, fig. 6.8.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana **Join**  și selecție punct **Joint4**.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selecție **Front Plane** din arborele FeatureManager.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Sub **Moment**: click pe icoana **Normal to Plane** , introducere valoare 2000 și activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

The beam is loaded with one concentrated force  $F_3=3000$  N, one concentrated bending moment  $M_4=2000$  Nm and two distributed loads  $p_{15}=500$  N/m on section 15 and  $p_{25}=1000$  N/m on section 25.

To apply the concentrated force  $F_3=3000$ , right-click the **External Loads** folder  and select **Force**, fig. 6.8.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon  and select the **Joint3** in graphic area.
- Click **Face, Edge, Plane for Direction**  area and select **Top Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Under **Force**: click **Normal to Plane** , set 3000 value and activate **Reverse direction** option.

- Click .

To apply the concentrated bending moment  $M_4=2000$  Nm, right-click the **External Loads** folder  and select **Force**, fig. 6.8.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon  and select the **Joint4**.
- Click **Face, Edge, Plane for Direction**  area and select **Front Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Under **Moment**: click **Normal to Plane** , set 2000 value and activate **Reverse direction** option.

- Click .

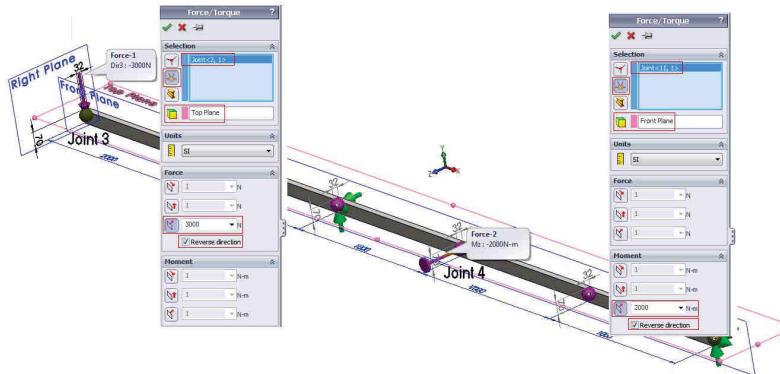


Fig. 6.8

Pentru aplicare presiune distribuită  $p_{15}=500 \text{ N/m}$  pe tronsonul 15, click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**, fig. 6.9.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana și selecție tronson **Boss-Extrude2** și **Boss-Extrude3** în zona grafică.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Front Plane** din arborele flotant FeatureManager.
- Sub **Unit**, selecție **SI** and **Per unit length**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 2** , introducere valoare 500.

- Click .

Pentru aplicare presiune distribuită  $p_{25}=1000 \text{ N/m}$  pe tronsonul 25, se va repeta procedura anterioară cu următoarele diferențe, fig. 6.9:

- selecție geometrie **Boss-Extrude4**;
- se va introduce valoare 1000;
- activare opțiune **Reverse direction**.

To apply the distributed load  $p_{15}=500 \text{ N/m}$  on section 15, right-click the **External Loads** folder and select **Force**, fig. 6.9.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon and select the **Boss-Extrude2** and **Boss-Extrude3** in graphic area.
- Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and select **Front Plane** from the flyout FeatureManager tree.
- Sub **Unit**, selecție **SI** and **Per unit length**.
- Under **Force**: click **Along Plane Dir 2** , set 500 value.

Click .

To apply the distributed load  $p_{25}=1000 \text{ N/m}$  on section 25, repeat the previous steps with the following differences, fig. 6.9:

- select the **Boss-Extrude2** geometry;
- set 1000 value;
- activate **Reverse direction** option.

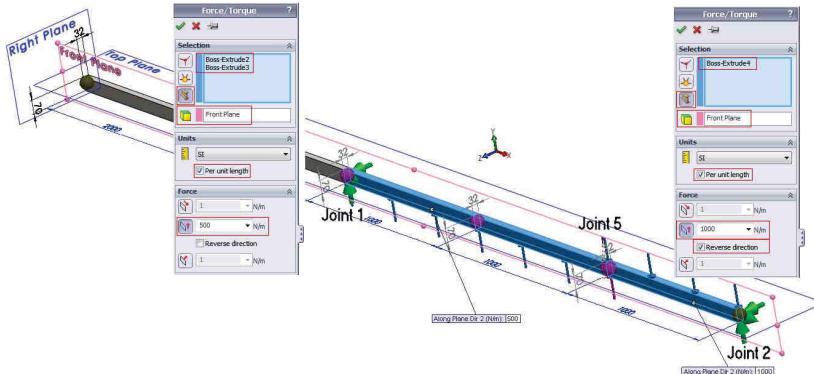


Fig. 6.9

### 6.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză

- În arborele Simulation, click dreapta pe Mesh și selecție Create Mesh .

Fiecare tronson este divizat într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe Mesh și selecție Details, fig. 6.10.

- În arborele Simulation, click dreapta pe studiul BeamCase1 și selecție Run .

### 6.9 Meshing and running the beam study

- In the Simulation tree, right-click Mesh and select Create Mesh .

Each beam is divided into a number of beam elements, which can be viewed by right-clicking Mesh and selecting Details, fig. 6.10.

- In the Simulation study tree, right-click the study BeamCase1 and select Run .

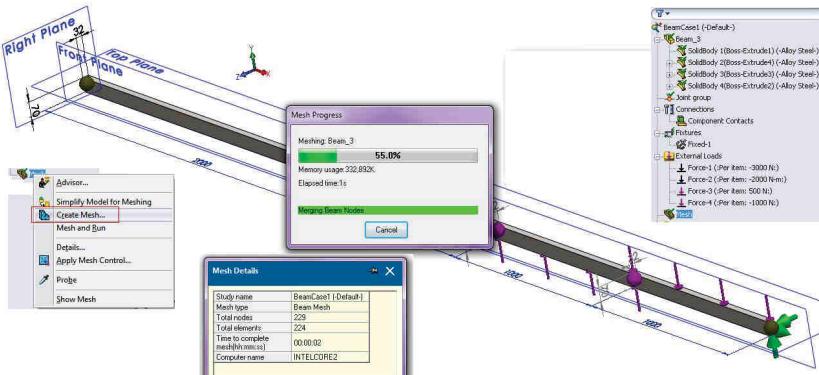


Fig. 6.10

### 6.10 Vizualizare diagramă forțe tăietoare T și momente încovoietoare M

Pentru vizualizare diagramă forțe tăietoare T, fig. 6.11:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Shear Force in Dir 1** în **Component**.
  - Selectie **N** în **Units**.
- Click .
- Modificare orientare vedere pe **Front**.

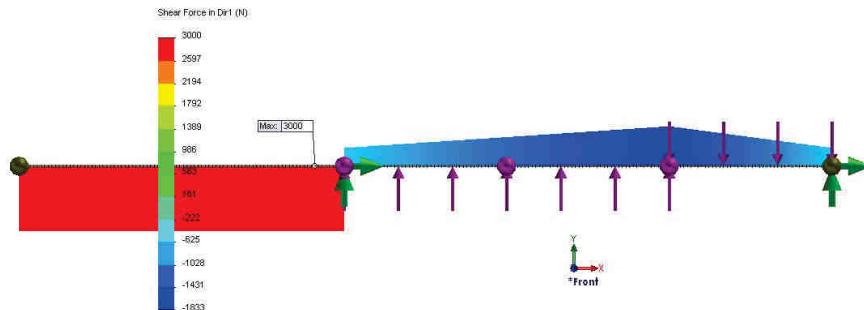


Fig. 6.11

Pentru vizualizare diagramă momente încovoietoare M, fig. 6.12:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Moment in Dir 2** în **Component**.
  - Selectie **N-m** în **Units**.
- Click .
- Modificare orientare vedere pe **Bottom**.

### 6.10 Viewing of the shear T forces and bending moment M diagrams

To view shear T diagram, fig. 6.11:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 1** in **Component**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click .
- Change the view orientation to **Front**.

To view moment M diagram, fig. 6.12:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Moment in Dir 2** in **Component**.
  - Select **N-m** in **Units**.
- Click .
- Change the view orientation to **Bottom**.

Direcția axială este orientată pozitiv de la nodul 4 către nodul 1. Secțiunea fiind de formă dreptunghiulară, direcția 1 este cea mai lungă dintre laturile dreptunghiului 100 mm, iar direcția 2 este de-a lungul laturii 50 mm. Diagrama forțelor tăietoare  $T$  este creată pe direcția 1 deoarece forțele concentrate și presiunile sunt aliniate cu această direcție. Diagrama momentelor încovoietoare  $M$  este creată pe direcția 2 deoarece momentul acționează pe această direcție.

The positive axial direction is oriented from **Joint4** to **Joint1**. For this rectangular cross-sections, direction 1 is the longer of the two sides of the boundary 100 mm and direction 2 is aligned with 50 mm. A diagram of shear  $T$  in direction 1 is created because the concentrated and distributed forces act parallel with this direction. A diagram of moment  $M$  in direction 2 is created because the moments acts around direction 2 of the circular cross-section.

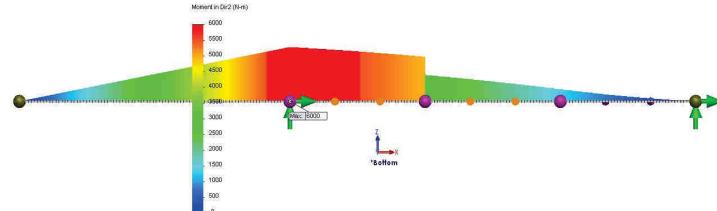


Fig. 6.12

### 6.11 Afisare distribuție forțe

Pentru vizualizare distribuție:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **List Beam Forces**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**, fig. 6.13:
  - Selectie **Forces**.
  - Selectie **N în Units** .
- Click .
- În fereastra **List Forces** se va activa controlul **Show only beam end points**.
- Pentru a verifica reacțiunile se va selecta opțiunea **List Result Force** din submenuul activat prin icoana

**Results Advisor** din trusa de instrumente **Simulation**. Va fi afișată valoarea **Sum Sum Y=3000 N**.

### 6.11 Listing beam forces

To view beam forces:

- Right-click the **Results** folder and select **List Beam Forces**.
- In the PropertyManager, under **Display**, fig. 6.13:
  - Select **Forces**.
  - Select **N in Units** .
- Click .
- In **List Forces** window activate control **Show only beam end points**.
- To see the **Result Force** select the **List Result Force** option from the submenu activated from **Results Advisor** icon of the **Simulation Toolbar**. The **Sum Y=3000 N** value is visible in **Result Force** window.

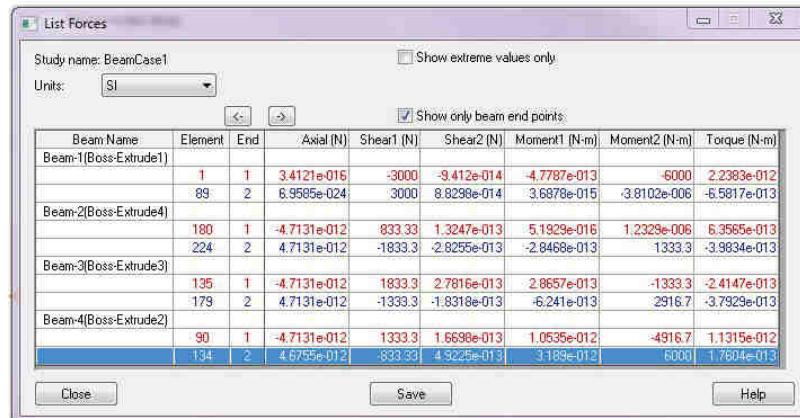


Fig. 6.13

### 6.12 Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică

• Comparația evidențiază identitatea valorilor dintre rezultatele simulării numerice și ale calculelor teoretice.

### 6.12 A comparison between the simulation and theoretical results

• The comparison relegates the identical values between the Solid Works simulation and theoretical results.

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Forță tăietoare T-Dir.1 Shear1 T	N	<b>Joint3</b>	3000	3000
		<b>Joint1</b>	3000/833 $\Delta T=3833$	3000/830 $\Delta T=3830$
		<b>Joint4</b>	1333	1330
		<b>Joint5</b>	1833	1830
		<b>Joint2</b>	833	830
Moment încovoiotor M- Dir.2 Moment2 M	N-m	<b>Joint3</b>	0	0
		<b>Joint1</b>	6000	6000
		<b>Joint4</b>	4917/2917 $\Delta M=2000$	4920/2920 $\Delta M=2000$
		<b>Joint5</b>	1333	1330
		<b>Joint2</b>	0	0
Reacțiuni – direcție T Reaction Forces –T direction	N	<b>V1</b>		3830
		<b>V2</b>		830
			$\Delta V=3000$	$\Delta V=3000$

### 6.13 Vizualizare diagrame deplasări și tensiuni

Pentru vizualizare diagramă deplasări și tensiuni, fig. 6.14 și fig. 6.15:

- Click dreapta pe ramura **Results**  și selecție **Define Displacement Plot** sau **Define Stress Plot**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **URES:Resultant Displacement** sau **Highest axial and bending** în **Component** .
  - Selectie **mm** sau **MPa** în **Units** .
- Click .

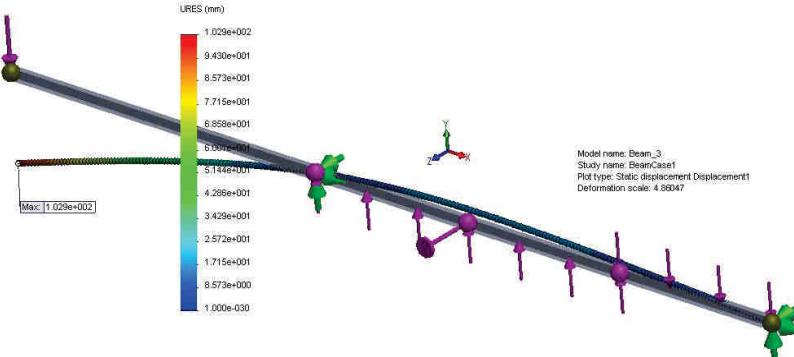


Fig. 6.14

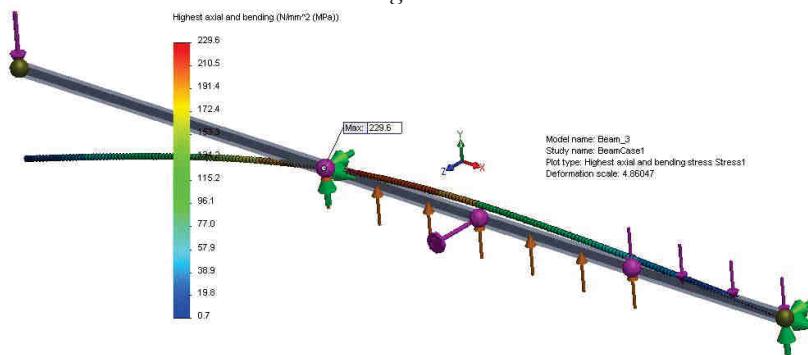


Fig. 6.15

### 6.13 Viewing of the displacement and stress diagrams

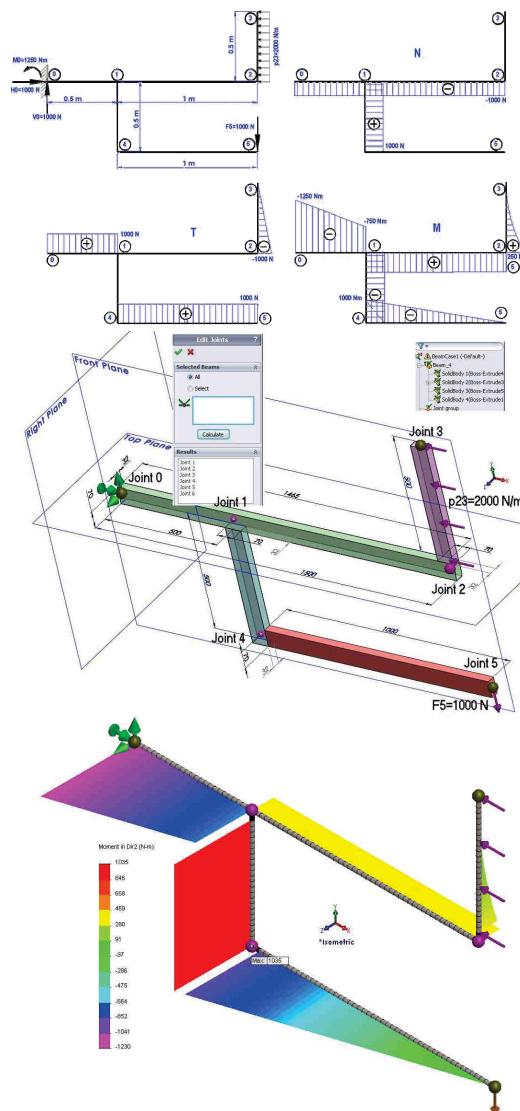
To view the displacement and stress diagrams, fig. 6.14 and fig. 6.15:

- Right-click the **Results**  and select **Define Displacement Plot** or **Define Stress Plot**.
- In the PropertyManager:
  - Select **URES:Resultant Displacement** or **Highest axial and bending** in **Component** .
  - Select **mm** or **MPa** in **Units** .
- Click .



## 7. DIAGRAME DE EFORTURI PENTRU UN CADRU PLAN ÎNCĂRCAT CU FORȚĂ CONCENTRATĂ ȘI PRESIUNE DISTRIBUITĂ

### 7. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF A RIGID FRAME LOADED WITH A CONCENTRATED FORCE AND DISTRIBUTED PRESSURE



### 7.1 Obiective ale aplicației

- Creare geometrie;
- Activare modul SolidWorks Simulation;
- Creare studiu de simulare;
- Definire tronsoane grindă și noduri;
- Selecție material;
- Aplicare încărcări și restrângerii;
- Discretizare și calcul studiu;
- Vizualizare diagrame de eforturi ale forțelor axiale N și tăietoare T, precum și ale momentelor încovoiatoare M;
- Afisare distribuție forțe;
- Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică;
- Vizualizare diagrame deplasări și tensiuni.

### 7.1 Goals of the application

- Creation of the beam geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Defining beams and joints;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints;
- Meshing and running the study;
- Viewing of the axial N and shear T forces and of the bending moment M diagrams;
- Listing beam forces;
- Comparison between the simulation and theoretical results;
- Viewing of the displacement and stress diagrams.

### 7.2 Geometria aplicației

Grinda din fig. 7.1 este supusă la o forță concentrată  $F_5=1000$  N respectiv la o presiune distribuită  $p_{23}=2000$  N/m [3]. Grinda de secțiune dreptunghiulară 70x32 este încastrată în nodul 0.

### 7.3 Creare geometrică

- Se va crea un nou document “part” și se va salva sub numele de **Beam\_4**.
- Geometria 3D este prezentată în fig. 7.2 și a fost generată prin patru comenzi de extrudare a dreptunghiurilor 70 x 32 mm. Prima schiță a fost trasată în planul **Right**, astfel ca mijlocul diagonalei dreptunghiului să fie plasat în origine.

### 7.2 The application's geometry

The beam from fig. 7.1 is loaded with one concentrated force  $F_5=1000$  N and one distributed load  $p_{23}=2000$  N/m [3]. The beam is fixed in joint no. 0 and the cross section is a 70x32 mm rectangle.

### 7.3 Creation of the beam geometry

- Create a new part document and save it as **Beam\_4**.
- The 3D geometry is shown in fig. 7.2 and was generated by four extrusion commands started from a 70 x 32 mm sketch rectangle. The first sketch was drawn in the plane **Right**, so that the middle diagonal of the rectangle is placed in the origin point.

- Grinda este încastrată în nodul 0 și încărcată cu o forță concentrată  $F_5=1000 \text{ N}$  și cu o presiune distribuită  $p_{23}=2000 \text{ N/m}$ .

- The beam is fixed in joint no. 0 and is loaded with a concentrated force  $F_5=1000 \text{ N}$  and a distributed load  $p_{23}=2000 \text{ N/m}$ .

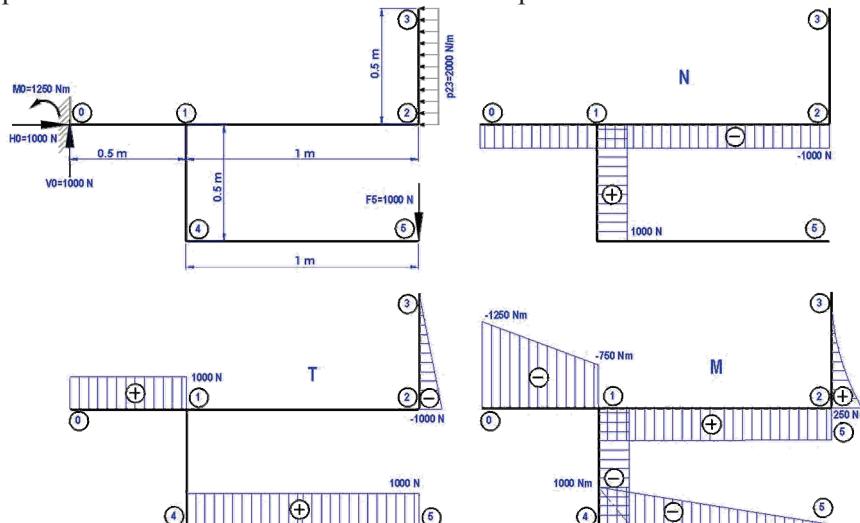


Fig. 7.1

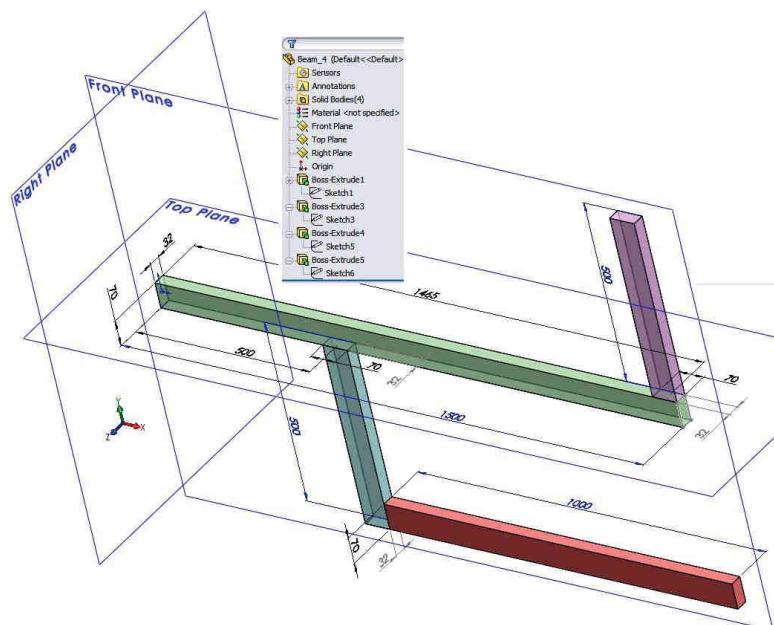


Fig. 7.2

#### 7.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

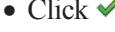
#### 7.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

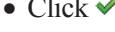
#### 7.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** →  **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **BeamCase1**.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
- Click .

#### 7.5 Creation of the simulation study

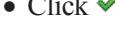
- Click **Simulation** →  **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **BeamCase1** for name.
  - Under **Type**, click **Static**.
- Click .

#### 7.6 Definire tronsoane grindă și noduri

- În arborele Simulation, se va expanda ramura **Beam\_4** prin click pe semnul “+” asociat acesteia:
  - Click dreapta pe fiecare dintre geometriile **SolidBody 1 (Boss-Extrude1) ... SolidBody 4 (Boss-Extrude4)** și selectie **Treat as Beam**, fig. 7.3.
- Click dreapta pe **Joint** group  și se va selecta **Edit**.
- În secțiunea **Edit Joints** PropertyManager sub zona **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 7.3. Șase noduri vor apărea sub **Results**.
- Click .

 În ramura **Beam\_4** vor apărea patru icoane de tip , iar în arborele Simulation va apărea ramura **Joint group**, fig. 7.3 .

#### 7.6 Defining beam and joints

- In the Simulation study tree, expand **Beam\_4** by clicking the “+” sign and:
  - Right-click on every geometry **SolidBody 1 (Boss-Extrude1) ... SolidBody 4 (Boss-Extrude4)** and select **Treat as Beam**, fig. 7.3.
- Right-click **Joint** group  and select **Edit**.
- In the **Edit Joints** PropertyManager under **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 7.3. Four joints appear under **Results**.
- Click .

 Four beam icons  appear in the **Beam\_4** folder and a **Joint group**  folder appears in the Simulation study tree, fig. 7.3.

## 7.7 Selectie material

- Click dreapta pe ramura Beam\_4 și selecție **Apply Material to All Bodies**.
- Selecție material **Alloy Steel** din librăria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

## 7.7 Selection of the material

- Right-click the **Beam\_4** folder and select **Apply Material to All Bodies**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

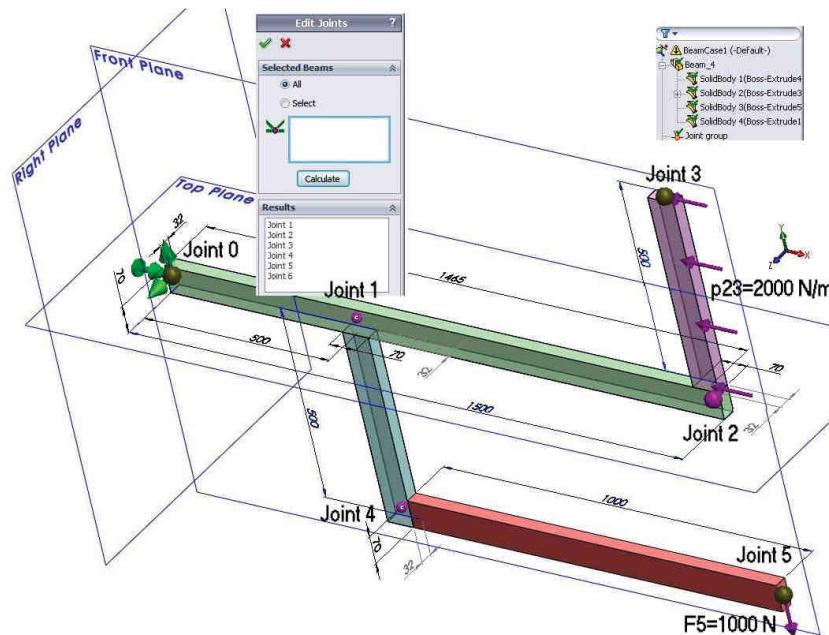


Fig. 7.3

## 7.8 Aplicare încărcări și restrângerii

Grinda este încastrată în nodul 0.

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selecție **Fixed Geometry**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Fixed Geometry** în zona **Standard**.
  - Selectie nod **Joint0**, fig. 7.3.
- Click **✓**.

## 7.8 Applying loads and restraints

The beam is fixed in joint no. 0.

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 3.3.7.
- In the PropertyManager:
  - Select **Fixed Geometry** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint0**, fig. 7.3.
- Click **✓**.

Grinda este încărcată cu o forță concentrată  $F_5=1000$  N și cu o presiune distribuită  $p_{23}=2000$  N/m.

Pentru aplicare forță concentrată  $F_5=1000$  N, click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana  și selecție nod **Joint5** în zona grafică, fig. 7.3.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selecție **Top Plane** din arborele flotant FeatureManager.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Normal to Plane** , introducere valoare 1000 și activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

Pentru aplicare presiune distribuită  $p_{23}=2000$  N/m pe tronsonul 23, click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**.

- În caseta PropertyManager:

- Click pe icoana  și selecție tronson **Boss-Extrude3** în zona grafică.
- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selecție **Right Plane** din arborele flotant FeatureManager.
- Sub **Unit**, selecție **SI** and **Per unit length**.
- Sub **Force**: click pe icoana **Normal to Plane** , introducere valoare 2000.
- activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

The beam is loaded with a concentrated force  $F_5=1000$  N and a distributed load  $p_{23}=2000$  N/m.

To apply the concentrated force  $F_5=1000$ , right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon  and select the **Joint5** in graphic area, fig. 7.3.
- Click **Face, Edge, Plane for Direction**  area and select **Top Plane** from the flyout FeatureManager tree.
- Sub **Unit**, selecție **SI**.
- Under **Force**: click **Normal to Plane** , set 1000 value and activate **Reverse direction** option.

Click .

To apply the distributed load  $p_{23}=2000$  N/m on beam section 23, right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.

- In the PropertyManager:

- Click the joint icon  and select the **Boss-Extrude3** in graphic area.
- Click **Face, Edge, Plane for Direction**  area and select **Right Plane** from the flyout FeatureManager tree.
- Sub **Unit**, selecție **SI** and **Per unit length**.
- Under **Force**: click **Normal to Plane** , set 2000 value.
- activate **Reverse direction** option.
- 

Click .

## 7.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh** și selecție **Create Mesh** .

Fiecare tronson este divizat într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh** și selecție opțiune **Details**.

- În arborele Simulation, click dreapta pe studiu **BeamCase1** și selecție **Run** .

## 7.10 Vizualizare diagramă forțe axiale H, forțe tăietoare T și momente încovoietoare M

Pentru vizualizare diagramă forțe axiale H, fig. 7.4:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selecție **Axial Force** în **Component** .
  - Selecție **N** în **Units** .
- Click .

Modificare orientare vedere pe **Front**.

Pentru vizualizare diagramă forțe tăietoare T, fig. 7.5:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selecție **Shear Force in Dir 1** în **Component** .
  - Selecție **N** în **Units** .
- Click .
- Activare orientare **Front**.

## 7.9 Meshing and running the beam study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh** and select **Create Mesh** .

Each beam is divided into a number of beam elements, which can be viewed by right-clicking **Mesh** and selecting the **Details** option.

- In the Simulation study tree, right-click the study **BeamCase1** and select **Run** .

## 7.10 Viewing of the axial H and shear T forces and of the bending moment M diagrams

To view the axial force H diagram, fig. 7.4:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 2** in **Component** .
  - Select **N** in **Units** .
- Click .

Change the view orientation to **Front**.

To view the shear T diagram, fig. 7.5:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 1** in **Component** .
  - Select **N** in **Units** .
- Click .
- Activate **Front** orientation.

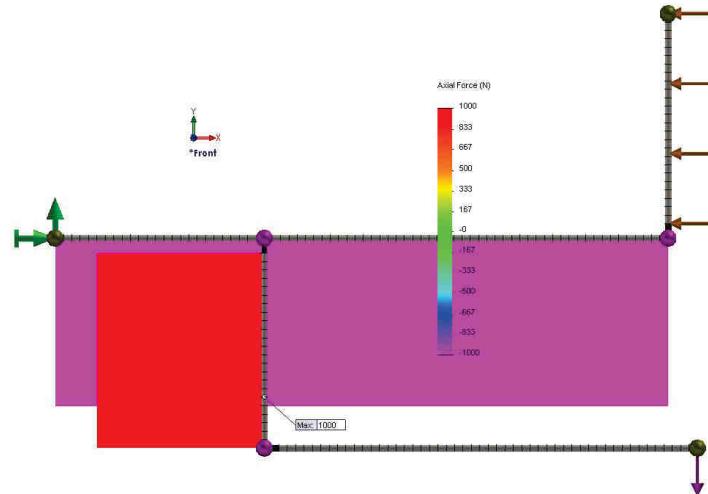


Fig. 7.4

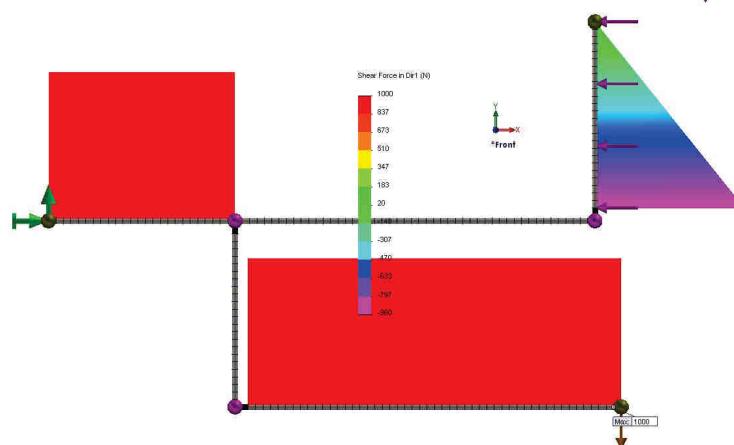


Fig. 7.5

Pentru vizualizare diagramă momente încovoietoare  $M$ , fig. 7.6:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta **PropertyManager**, sub **Display**:
  - Selecție **Moment in Dir 2** în **Component** .
  - Selecție **N·m** în **Units** .
- Click .
- Modificare orientare vedere pe **Izometric**.

To view the  $M$  moment diagram, fig. 7.6:

- Right-click the **Results** folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the **PropertyManager**, under **Display**:
  - Select **Moment in Dir 2** in **Component** .
  - Select **N·m** in **Units** .
- Click .
- Change the view orientation to **Izometric**.

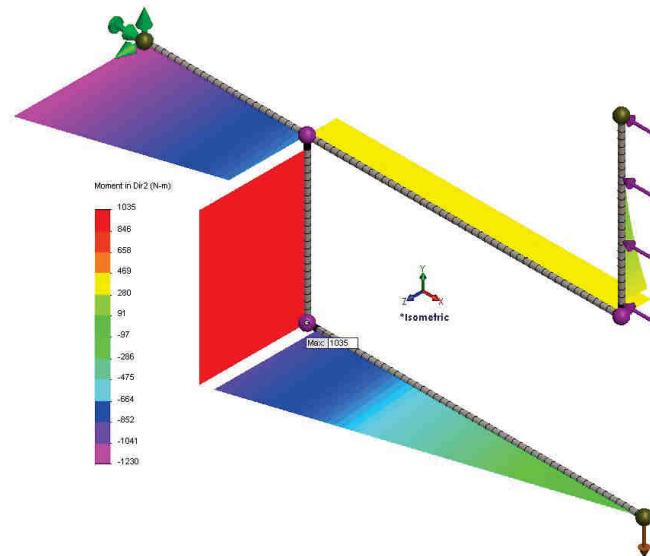


Fig. 7.6

### 7.11 Afisare distribuție forțe

Pentru vizualizare distribuție, fig. 7.7:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selectie **List Beam Forces**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Forces**.
  - Selectie **N** în **Units**.
- Click .
- În fereastra **List Forces** se va activa controlul **Show only beam end points**.

- Pentru a verifica reacțiunile se va selecta opțiunea **List Result Force** din submenuul activat prin icoana

**Results Advisor** din trusa de instrumente **Simulation**. Va fi afișate valorile **Sum X=1000 N**, **Sum Y=1000 N** și **Moment Sum Z=1249.9 Nm**.

### 7.11 Listing beam forces

To view beam forces, fig. 7.7:

- Right-click the **Results** folder and select **List Beam Forces**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Forces**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click .
- In **List Forces** window activate control **Show only beam end points**.

- To see the **Result Force** select the **List Result Force** option from the submenu activated from **Results**

**Advisor** icon of the **Simulation Toolbar**. The **Sum X=1000 N**, **Sum Y=1000 N** and **Moment Sum Z=1249.9 Nm** values will be visible in **Result Force** window.

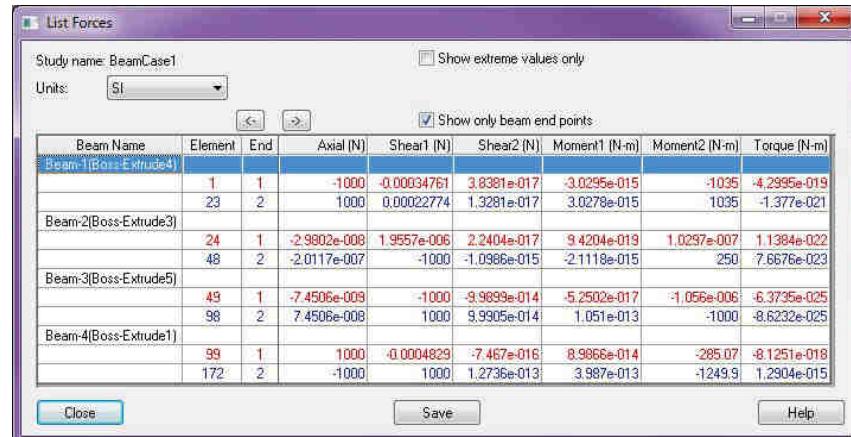


Fig. 7.7

### 7.12 Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică

- Comparația evidențiază identitatea valorilor dintre rezultatele simulării numerice și ale calculelor teoretice.

### 7.12 A comparison between the simulation and theoretical results

- The comparison releaves the identical values between the Solid Works simulation and theoretical results.

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Forță axială H Axial Force H	N	<b>Join0</b>	-1000	-1000
		<b>Join1</b>	-1000/1000	-1000/1000
		<b>Join2</b>	-1000	-1000
		<b>Join3</b>	-	-
		<b>Join4</b>	1000	1000
		<b>Join5</b>	-	-
Forță tăietoare T-Dir.1 Shear1 T	N	<b>Join0</b>	1000	1000
		<b>Join1</b>	1000	1000
		<b>Join2</b>	-1000	-1000
		<b>Join3</b>	0	0
		<b>Join4</b>	1000	1000
		<b>Join5</b>	1000	1000

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Moment încovoiotor M-Dir.2 Moment2 M	N-m	Join0	-1250	-1250
		Join1	-750/1035	-750/1000
		Join2	285	250
		Join3	0	0
		Join4	1000	1000
		Join5	0	0
Reacțiuni Reaction Forces	N N Nm	H0 V0 M0	1000 1000 1249.9	1000 1000 1250

### 3.3.13 Vizualizare diagrame deplasări și tensiuni

Pentru vizualizare diagramă deplasări și tensiuni, fig. 7.8 și fig. 7.9:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selecție **Define Displacement Plot** sau **Define Stress Plot**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **URES:Resultant Displacement** sau **Highest axial and bending** în **Component** .
  - Selectie **mm** sau **MPa** în **Units** .
- Click .

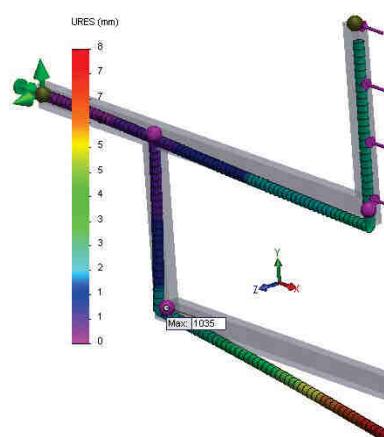


Fig. 7.8

### 3.3.13 Viewing of the displacement and stress diagrams

To view displacement and stress diagrams, fig. 7.8 and fig. 7.9:

- Right-click the **Results** and select **Define Displacement Plot** or **Define Stress Plot**.
- In the PropertyManager:
  - Select **URES:Resultant Displacement** or **Highest axial and bending** in **Component** .
  - Select **mm** or **MPa** in **Units** .
- Click .

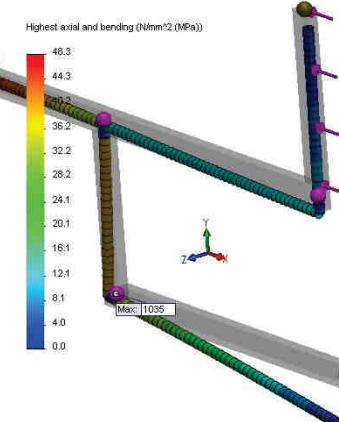
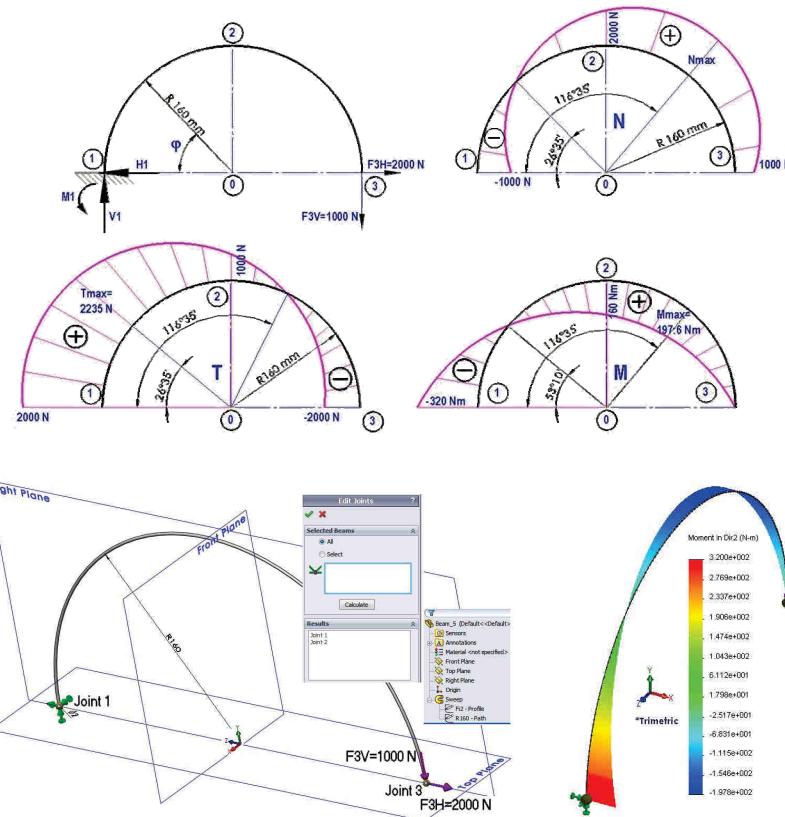


Fig. 7.9



## 8. DIAGRAME DE EFORTURI PENTRU O GRINDĂ CURBATĂ ÎNCĂRCATĂ CU DOUĂ FORȚE CONCENTRATE

### 8. THE STRUCTURAL ANALYSIS OF A CURVED BEAM LOADED WITH TWO CONCENTRATED FORCES



### 8.1 Obiective ale aplicației

- Creare geometrie;
- Activare modul SolidWorks Simulation;
- Creare studiu de simulare;
- Definire tronsoane grindă și noduri;
- Selectie material;
- Aplicareî mărcări și restâ geri;
- Discretizare și calcul studiu;
- Vizualizare diagrame de eforturi ale forțelor axiale N și tăietoare T, precum și ale momentelor î novietoare M;
- Afisare distribuție forțe;
- Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică.

### 8.1 Goals of the application

- Creation of the beam geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Defining beams and joints;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints;
- Meshing and running the study;
- Viewing of the axial N and shear T forces and of the bending moment M diagrams;
- Listing beam forces;
- Comparison between the simulation and theoretical results.

### 8.2 Geometria aplicației

Grinda curbată din fig. 8.1 este supusă la două forțe concentrate:  $F3H=2000$  N respectiv  $F3V=1000$  N [4]. Grinda de secțiune circulară cu diametru  $\phi 2$  mm esteî ncastrată în nodul 0. Grinda are o dispunere unghiulară de  $180^{\circ}$  cu o curbură de rază  $R=160$  mm.

### 8.3 Creare geometrie

- Se va crea un nou document “*part*” și se va salva sub numele de **Beam\_5**.
- Geometria 3D este prezentatăî nfig. 8.2 și a fost generată prinr-o comanda **Sweep**, așa încă și trajectorie (**Path**) semicercul de rază 160 mm trasatî n planul **Right** și centrâtî n origine, iar ca și contur (**Profile**) cercul de diametru 2 mm centrat î n punctul de capăt al semicercului.
- Grinda esteî ncastratăî n modul 0.

### 8.2 The application's geometry

The curved beam from fig. 8.1 is loaded with two concentrated forces:  $F3H=2000$  N and  $F3V=1000$  N [4]. The beam is fixed in joint no. 0 and the cross section is a circle with a  $\phi 2$  mm diameter. The beam is disposed on  $180^{\circ}$  and the curve has a radius  $R=160$  mm.

### 8.3 Creation of the beam geometry

- Create a new part document and save it as **Beam\_5**.
- The 3D geometry is shown in fig. 8.2 and was generated by a **Sweep** command, based on semicircle R 160 mm as **Path**, drawn in **Right** plane with origin point as centre and the circle  $\phi 2$  mm as **Profile**, centered in one semicircle end point.
- The beam is fixed in joint no. 0.

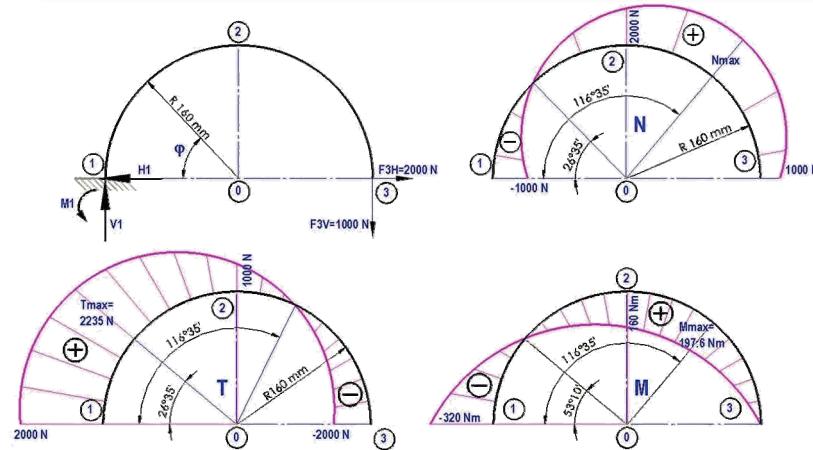


Fig. 8.1

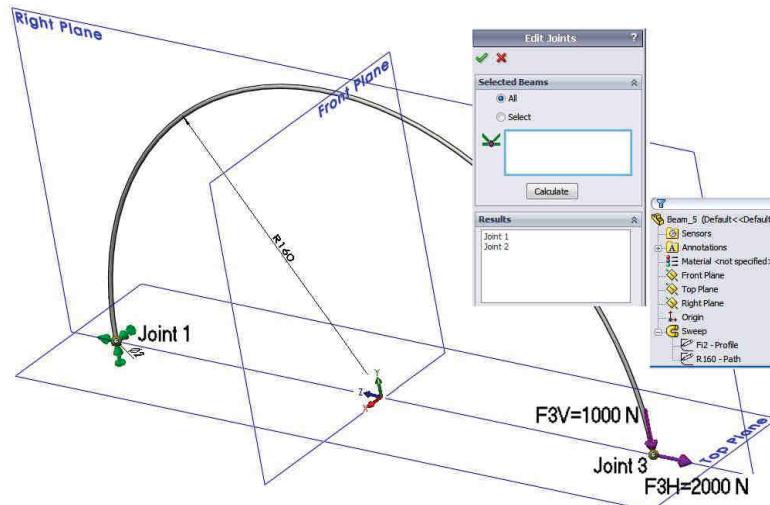


Fig. 8.2

#### 8.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**. Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

#### 8.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select **SolidWorks Simulation** module. The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

### 8.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **BeamCase1**.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
- Click .

### 8.6 Definire tronsoane grindă și noduri

- În arborele Simulation, se va expanda ramura **Beam\_5** prin click pe semnul “+” asociat acesteia:
    - Click dreapta pe geometria **Sweep** și selectie **Treat as Beam**.
  - Click dreapta pe **Joint** group și se va selecta **Edit**.
  - În secțiunea **Edit Joints** PropertyManager sub zona **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 8.2. Două noduri vor apărea sub **Results**.
  - Click .
- În ramura **Beam\_5** va apărea o icoană de tip , iar în arborele Simulation va apărea ramura -**Joint group**.

### 8.7 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Beam\_5** și selectie **Apply Material to All Bodies**.
- Selectie material **Alloy Steel** din libraria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

### 8.5 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **BeamCase1** for name.
  - Under **Type**, click **Static**.
- Click .

### 8.6 Defining beam and joints

- In the Simulation study tree, expand **Beam\_5** by clicking the “+” sign and:
    - Right-click on **Sweep** geometry and select **Treat as Beam**.
  - Right-click **Joint** group and select **Edit**.
  - In the **Edit Joints** PropertyManager under **Selected Beams**, click **Calculate**, fig. 8.2. Two joints appear under **Results**.
  - Click .
- One beam icons appear in the **Beam\_5** folder and a **Joint group** folder appears in the Simulation study tree.

### 8.7 Selection of the material

- Right-click the **Beam\_5** folder and select **Apply Material to All Bodies**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

## 8.8 Aplicare încărcări și restrângeri

Grinda este încastrată în modul 1.

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selecție **Fixed Geometry**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Fixed Geometry** în zona **Standard**.
  - Selectie nod **Joint1**, fig. 8.2.
- Click .

Grinda este încărcată cu două forțe concentrate:  $F3H=2000$  N respectiv  $F3V=1000$  N.

Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**, fig. 8.2.

- În caseta PropertyManager:
  - Click pe icoana **Join** și selecție punct **Joint3**.
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Right Plane**.
  - Sub **Unit**, selecție **SI**.
  - Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 1** , introducere valoare 2000.
  - Sub **Force**: click pe icoana **Along Plane Dir 2** , introducere valoare 1000 și activare opțiune **Reverse direction**.
- Click .

## 8.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de analiză

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh** și selecție **Create Mesh** .
- În arborele Simulation, click dreapta pe studiul **BeamCase1** și selecție **Run** .

## 8.8 Applying loads and restraints

The beam is fixed in joint no. 1.

- 1.
- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**, fig. 3.3.7. In the PropertyManager:
  - Select **Fixed Geometry** under **Standard**.
  - Select the joint **Joint1**, fig. 8.2.
- Click .

The beam is loaded with two concentrated forces:  $F3H=2000$  N and  $F3V=1000$  N.

Right-click the **External Loads** folder and select **Force**, fig. 8.2.

- In the PropertyManager:
  - Click the joint icon and select the **Joint3**.
  - Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and select **Right Plane**.
  - Sub **Unit**, selecție **SI**.
  - Under **Force**: click **Along Plane Dir 1** , set 2000 value.
  - Under **Force**: click **Along Plane Dir 2** , set 1000 value and activate **Reverse direction** option.
- Click .

## 8.9 Meshing and running the beam study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh** and select **Create Mesh** .
- In the Simulation study tree, right-click the study **BeamCase1** and select **Run** .

### 8.10 Vizualizare diagramă forțe axiale H, forțe tăietoare T și momente încovoietoare M

Pentru vizualizare diagramă forțe axiale H, fig. 8.3:

- Click dreapta pe ramura **Results**  și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Axial Force** în **Component** .
  - Selectie **N** în **Units** .
- Click .
- Activare orientare **Right**.

Pentru vizualizare diagramă forțe tăietoare T, fig. 8.4:

- Click dreapta pe ramura **Results**  și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Shear Force in Dir 2** în **Component** .
  - Selectie **N** în **Units** .
- Click .
- Activare orientare **Right**.

Pentru vizualizare diagramă momente încovoietoare M, fig. 8.5:

- Click dreapta pe ramura **Results**  și selecție **Define Beam Diagrams**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectie **Moment in Dir 2** în **Component** .
  - Selectie **N-m** în **Units** .
- Click .
- Activare orientare **Trimetric**.

### 8.10 Viewing of the axial H and shear T forces and of the bending moment M diagrams

To view the axial force H diagram, fig. 8.3:

- Right-click the **Results**  folder and select **Define Beam Diagrams**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Shear Force in Dir 2** in **Component** .
  - Select **N** in **Units** .
- Click .
- Activate **Right** orientation
- To view the shear T diagram, fig. 8.4:
  - Right-click the **Results**  folder and select **Define Beam Diagrams**.
  - In the PropertyManager, under **Display**:
    - Select **Shear Force in Dir 1** in **Component** .
    - Select **N** in **Units** .
  - Click .
  - Activate **Right** orientation.
- To view the moment M diagram, fig. 8.5:
  - Right-click the **Results**  folder and select **Define Beam Diagrams**.
  - In the PropertyManager, under **Display**:
    - Select **Moment in Dir 2** in **Component** .
    - Select **N-m** in **Units** .
  - Click .
  - Activate **Trimetric** orientation.

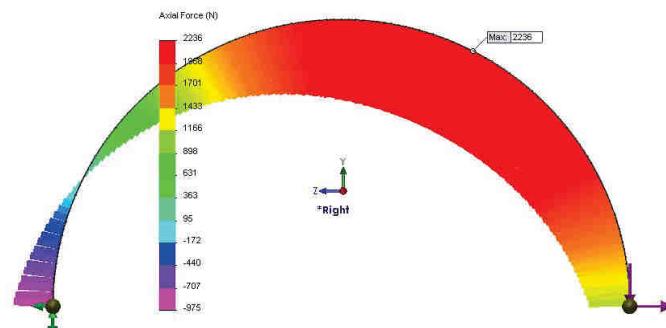


Fig. 8.3

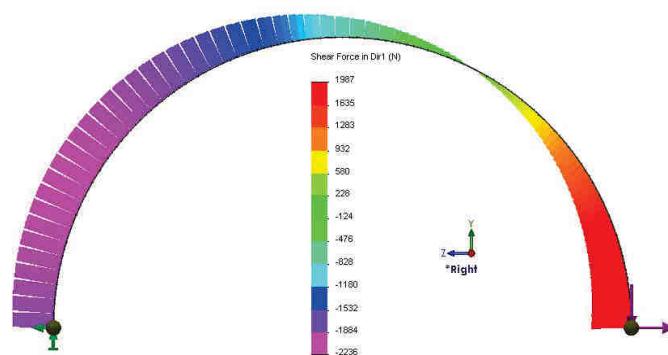


Fig. 8.4

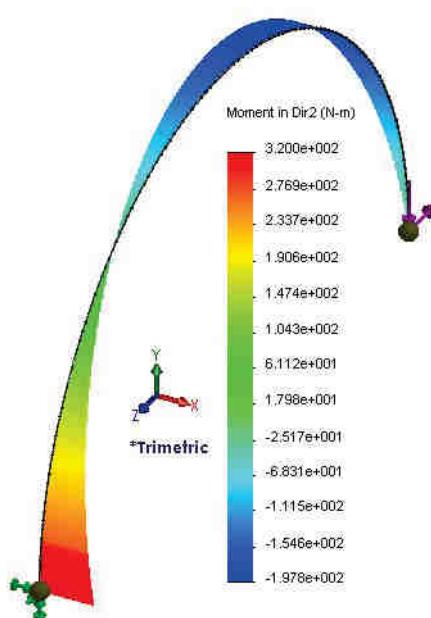


Fig. 8.5

### 8.11 Afisare distribuție forțe

Pentru vizualizare distribuție, fig. 8.6:

- Click dreapta pe ramura **Results** și selectează **List Beam Forces**.
- În caseta PropertyManager, sub **Display**:
  - Selectează **Forces**.
  - Selectează **Nî Units**.
- Click **✓**.
- În fereastra **List Forces** se va activa controlul **Show only beam end points**.

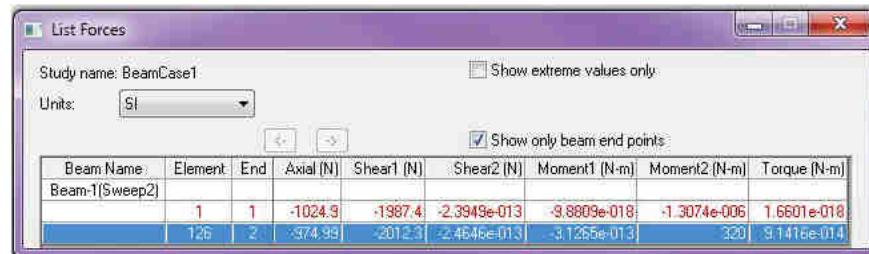
- Pentru a verifica reacțiunile se va selecta opțiunea **List Result Force** din submenuul activat prin icoana

**Results Advisor** din trusa de instrumente **Simulation**. Va fi afișate valorile **Sum Y=1000 N**, **Sum Z=2000 N** și **Moment Sum Z=320 Nm**.

### 8.11 Listing beam forces

To view the beam forces, fig. 8.6:

- Right-click the **Results** folder and select **List Beam Forces**.
- In the PropertyManager, under **Display**:
  - Select **Forces**.
  - Select **N** in **Units**.
- Click **✓**.
- In **List Forces** window activate control **Show only beam end points**.
- To see the **Result Force** select the **List Result Force** option from the submenu activated from **Results Advisor** icon of the **Simulation Toolbar**. The **Sum Y=1000 N**, **Sum Z=2000 N** and **Moment Sum Z=320 Nm** values will be visible in **Result Force** window.



The screenshot shows the 'List Forces' dialog box with the following details:

- Study name: BeamCase1
- Unit: SI
- Checkboxes: 'Show extreme values only' (unchecked) and 'Show only beam end points' (checked)
- Table headers: Beam Name, Element, End, Axial (N), Shear1 (N), Shear2 (N), Moment1 (N·m), Moment2 (N·m), Torque (N·m)
- Data rows for Beam-1(Sweep2):
 

Beam Name	Element	End	Axial (N)	Shear1 (N)	Shear2 (N)	Moment1 (N·m)	Moment2 (N·m)	Torque (N·m)
Beam-1(Sweep2)	1	1	-1024.9	-1987.4	-2.3949e-013	-9.8809e-018	-1.3074e-006	1.6601e-018
	125	2	374.99	-2012.3	-2.4646e-013	-3.1255e-013	320	9.1416e-014

Fig. 8.6

### 8.12 Comparație rezultate simulare cu soluția teoretică

- Comparația evidențiază identitatea valorilor dintre rezultatele simulării numerice și ale calculelor teoretice.

### 8.12 A comparison between the simulation and theoretical results

- The comparison reveals the identical values between the Solid Works simulation and theoretical results.

$$N = F \cdot (2 \sin(\varphi) - \cos(\varphi))$$

$$T = F \cdot (2 \cos(\varphi) + \sin(\varphi))$$

$$M = F \cdot R \cdot (-1 + 2 \sin(\varphi) - \cos(\varphi))$$

$$\varphi_{\max N} = 116.35^\circ \Rightarrow N_{\max} = F \cdot (2 \sin(\varphi_{\max N}) - \cos(\varphi_{\max N})) = 2236 \text{ N}$$

$$\varphi_{\max T} = 26.35^\circ \Rightarrow T_{\max} = F \cdot (2 \cos(\varphi_{\max T}) + \sin(\varphi_{\max T})) = 2236 \text{ N}$$

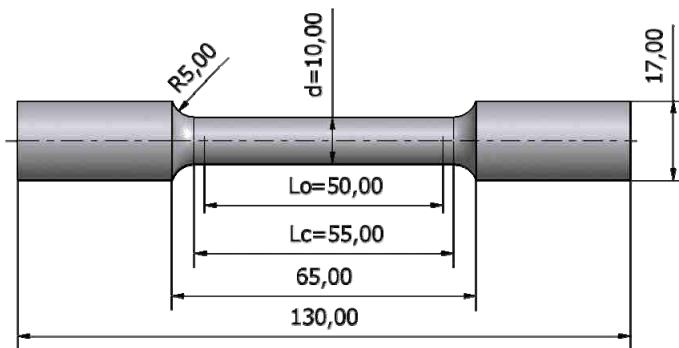
$$\varphi_{\max M} = 116.35^\circ \Rightarrow M_{\max} = F \cdot R \cdot (-1 + 2 \sin(\varphi_{\max M}) - \cos(\varphi_{\max M})) = 197.6 \text{ Nm}$$

Parametru Parameter	U/M Units	Nod / Joint	Solid Works Simulation	Teorie Theory
Forță axială H Axial Force H	N	Join1	-975	-1000
		Join2	1987	2000
		Nmax	2236	2236
		Join3	1025	1000
Forță tăietoare T-Dir.1 Shear1 T	N	Join1	1987	2000
		Tmax	2236.1	2236
		Join2	1025	1000
		Join3	-2012	-2000
Moment împovoiator M- Dir.2 Moment2 M	N-m	Join1	-320	-320
		Join2	160	160
		Mmax	197.75	197.6
		Join3	0	0
Reacțiuni Reaction Forces	N N Nm	H1	1000	1000
		V1	2000	2000
		M1	320	320



## 9. SIMULAREA NUMERICĂ A ÎNCERCĂRII LA TRACȚIUNE A UNEI EPRUVETE STANDARDIZATE

### 9. THE NUMERICAL SIMULATION OF A TENSILE TEST FOR A STANDARDIZED SPECIMEN



### 9.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a compara calcule efectuate în SolidWorks, cu calcule clasice de rezistență, cu valori statistice și cu valori experimentale, pentru încercarea la tracțiunea a unei epruvete standard [18].

Condițiile de executare a încercării sunt stabilite prin [26]. Epruveta, fig. 9.1, este supusă acțiunii unei forțe progresive de întindere  $P$  pe direcția sa longitudinală, care lungeste epruveta în mod continuu până la rupere.

### 9.1 Goals of the application

The application compares the calculus done by the SolidWorks software with classic tensile calculus, statistical values and experimental tensile test, for a standard tension test specimen [18].

The tensile test conditions are set through [26]. On the tension test specimen's (fig. 9.1) longitudinal direction, a progressive stretching force  $P$  is applied, which stretches the tension test specimen continuously until it breaks.

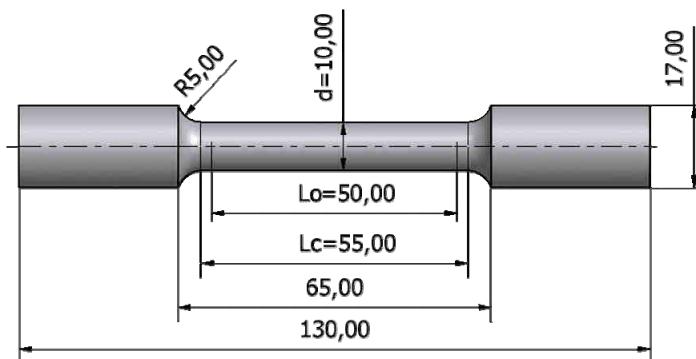


Fig. 9.1

Efortul unitar normal  $\sigma$  din secțiunea transversală a epruvei se determină, indiferent de gradul de deformare a epruvei, cu relația (1), unde  $S_o = 78.5 \text{ mm}^2$  este aria secțiunii transversale pentru diametrul  $d=10 \text{ mm}$  al epruvei.

Deformația epruvei în cursul încercării se caracterizează prin alungirea  $\varepsilon$  și gătuirea  $\psi$ , relațiile (2) respectiv 3:

The normal stress  $\sigma$  in the transversal section of the test specimen is given by relation (1), regardless of the deformation grade, where  $S_o = 78.5 \text{ mm}^2$  is the area of the transversal section for a diameter of  $d=10 \text{ mm}$ .

The deformation during the tensile test is characterised by strain  $\varepsilon$  and the area reduction  $\psi$ , relations (2) and (3):

$$\sigma = \frac{P}{S_o} \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (2)$$

$$\psi = \frac{S_o - S}{S_o} \quad (3)$$

unde: L este lungimea momentană între repere a epruvetei deformate,  $L_0 = 50$  mm este lungimea inițială între repere a epruvetei,  $\Delta L$  este lungirea momentană a epruvetei, iar S este aria secțiunii momentane a epruvetei deformate.

În cursul încercării, forța P și  $\Delta L$  sunt urmărite cu aparate înregistratoare. Perechile de valori ( $\Delta L$ , P) permit construirea diagramei încercării la tracțiune, fig. 9.2. Uzual, această diagramă rezultă prin trasare automată de un dispozitive înregistrator al mașinii de încercat. Deoarece valorile  $S_0$  și  $L_0$  sunt constante, diagrama  $\Delta L - P$  reprezintă, la o altă scară, curba caracteristică la tracțiune  $\sigma - \varepsilon$  a materialului. Pe durata încercării viteza de solicitare trebuie să fie pe cât posibil constantă și cuprinsă între 6 și 30 N/mm<sup>2</sup>s.

where, for the tension test specimen: L is the instant length between marks,  $L_0 = 50$  mm is the initial length between marks;  $\Delta L$  is the instant extension and S the instant area of the deformed test specimen.

During the tests, the values of the force P and of the extension  $\Delta L$  are followed by recording devices; the force speed must have a constant value between 6 – 30 N/mm<sup>2</sup>s. The tensile test diagram, fig. 9.2, is made out of the value pairs ( $\Delta L$  și P). Usually, this diagram is automatically printed by the device. Since,  $S_0$  and  $L_0$  are constant values, the  $\Delta L - P$  diagram is similar, on another scale, with the tensile diagram  $\sigma - \varepsilon$  of the material.

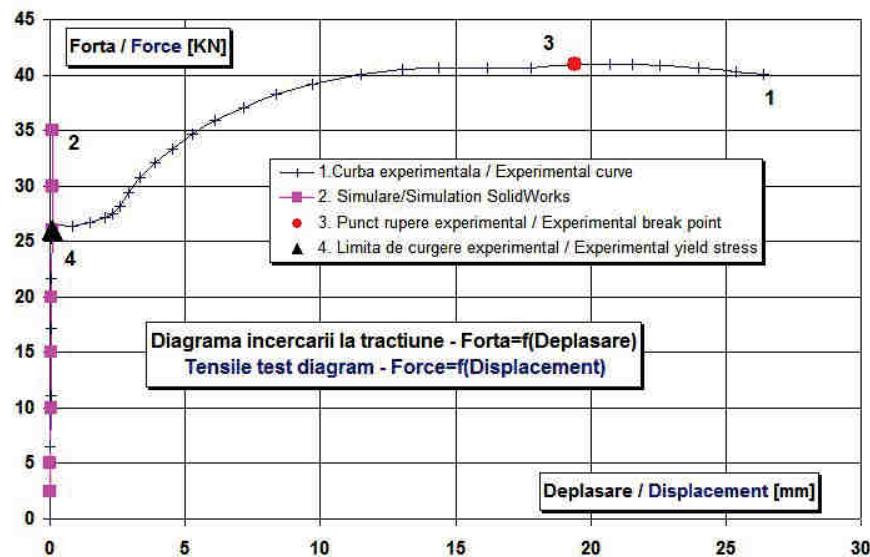


Fig. 9.2

Pentru diagrama încercării la tracțiune se pot determina următoarele caracteristici de rezistență:

- Limita de curgere  $\sigma_c$  - se calculează prin relația (4) și reprezintă efortul unitar la care lungirea crește pentru prima dată, fără o mărire a forței P (punctul 4 în fig. 9.2);
- Rezistența la rupere  $\sigma_r$  - se calculează prin relația (5) și reprezintă efortul unitar maxim corespunzător forței maxime (punctul 3 în fig. 9.2);

Capacitatea de deformare plastică la întindere se caracterizează prin:

- Alungirea la rupere  $\delta_n$  sau  $A_n$  - se calculează prin relația (6), unde  $L_u$  este distanța între repere, măsurată după ce părțile rupte ale epruvetei se așeză cap la cap.
- Gătuirea la rupere Z - se calculează prin relația (7), unde  $S_u$  este aria secțiunii normale minime a epruvetei după încercare.
- Modulul de elasticitate E - se calculează prin relația (8), care reprezintă raportul dintre creșterea efortului unitar  $\Delta\sigma$  și creșterea alungirii  $\Delta\varepsilon$  în domeniul elastic.

Materialul supus încercării la tracțiune este oțel OL 52, cu diagrama măsurată a încercării la tracțiune în fig. 9.1 și caracteristicile experimentale respectiv statistice prezentate în tab. 9.1 [2], din care rezultă apropierea valorilor determinate experimental de valorile statistice.

For the tensile diagram, the following characteristics are obtained:

- Tensile yield stress  $\sigma_c$  - calculated by relation (4) and defined as a unitary stress where the test specimen length increases for the first time, without increasing the force P (point 4 fig. 9.2);
  - Tensile breaking strength  $\sigma_r$  - calculated by relation (5) and defined as a maximal unitary stress for a maximal force (point 3 fig. 9.2);
  - Breaking extension  $\delta_n$  or  $A_n$  - calculated by relation (6), where  $L_u$  is the distance between marks, measured on the unification of the broken parts of the test specimen.
  - Breaking area reduction Z - calculated by relation (7), where  $S_u$  is the area of the minimal normal section of the test specimen measured after the test.
  - Coefficient of elasticity E (Young's modulus) - calculated by relation (8) and defined as the rapport between the increasing of the unitary stress  $\Delta\sigma$  and the increasing of the strain  $\Delta\varepsilon$ , in the elastic domain:
- The tensile diagram was obtained for experimental tensile tests on the OL 52 steel, fig. 9.1; tab. 9.1 presents the comparison between experimental and statistical values [2].

$$\sigma_c = \frac{P_{cs}}{S_o} \quad (4) \qquad \sigma_r = \frac{P_{\max}}{S_o} \quad (5) \qquad \delta_n = \frac{L_u - L_o}{L_o} 100 [\%] \quad (6)$$

$$Z = \frac{S_o - S_u}{S_o} 100 \quad [\%] \quad (7)$$

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \varepsilon} \quad (8)$$

Tab. 9.1

Regim Regime	<b>Otel OL 52</b> <b>OL 52 steel</b>	U/M Units	Curgere Yield		Rupere Break	
			1	2	1	2
Tip valori Parameter						
Forța tracțiune The tensile force	P [KN]	26	-	41	-	
Rezistență de rupere la tracțiune Tensile breaking strength	$\sigma_r$ [MPa]	331	360	522	520- 560	
Lungime ultimă între repere The last distance between marks	Lu [mm]	-		69.4	-	
Alungire la rupere Breaking extension	$A_5$ [%]	-	20	38.8	-	
Aria minimă a secț. după rupere Minimal section after break	$S_u$ [mm <sup>2</sup> ]	-		74.9	-	
Gătuire la rupere Breaking area reduction	Z [%]	-		5	-	
Observație: Remark:	1 Valori experimentale 1 Experimental values		2 Valori statistice 2 Statistical values			

La aplicarea unor încărcări asupra unui corp, acesta se deformează și efectul forțelor este transmis întregului corp. Astfel, forțele externe vor induce în corp forțe interne și reacțiuni astfel încât starea finală a corpului va fi o stare de echilibru. Analiza statică lineară calculează deplasări (**displacement**), alungiri (**strains**), tensiuni (**stress**) și forțe de reacțiune (**reaction forces**) sub efectul încărcărilor aplicate asupra modelului. Analiza statică lineară operează cu următoarele ipoteze:

**Ipoteza 1: Caracterul static al aplicării încărcărilor** – toate încărcările sunt aplicate încet și gradual, până la atingerea valorii maximale a acestora, după care rămân constante în timp.

When loads are applied to a body, the body begins to deform and the effect of the loads is transmitted throughout the body. The external loads induce internal forces and reactions to render the body into a state of equilibrium. Linear Static analysis calculates displacements, strains, stresses, and reaction forces under the effect of applied loads. Linear static analysis makes the following assumptions:

**Hypothesis 1: Static Assumption** - all loads are applied slowly and gradually until they reach their full magnitude. After reaching their full magnitude, loads remain constant (time-invariant).

**Ipoteza 2: Ipoteza linearității – relația dintre încărcări și răspunsul induș în corp este lineară, fig. 9.3. De exemplu, la dublarea încărcării, răspunsul corpului (deplasări, alungiri, tensiuni) se va dubla. Această ipoteză poate fi utilizată dacă:**

- materialele atribuite modelului respectă legea lui Hook: tensiunea este direct proporțională cu alungirea; pentru un element de corp solid solicitat numai de încărcări normale rezultă tensiuni normale (**normal stress**)  $\sigma$  însotite de alungiri specifice (**strains**)  $\epsilon$ ; pentru un element de corp solid solicitat numai de încărcări tangențiale rezultă tensiuni tangențiale (**shear stress**)  $\tau$  însotite de luncări specifice  $\gamma$ ; legea lui Hook exprimă relația de proporționalitate dintre aceste mărimi:  $\sigma = E \times \epsilon$  respectiv  $\tau = G \times \gamma$ , unde constantele de proporționalitate  $E$  și  $G$  se numesc module de elasticitate longitudinal respectiv transversal;
- deplasările rezultate sunt suficient de mici pentru a ignora modificările de rigiditate rezultate ca efect al încărcărilor;
- condițiile de frontieră nu variază pe durata aplicării încărcărilor; forțele trebuie să fie constante ca valoare, direcție și distribuție și nu se pot modifica pe durata deformării modelului.

### Hypothesis 2:

#### Linearity Assumption -

The relationship between loads and induced responses is linear, fig. 9.3. For example, if you double the loads, the response of the model (displacements, strains, and stresses), will also double. You can make the linearity assumption if:

- all materials in the model comply with Hooke's Law, which states that stress is directly proportional to Strain.
- the induced displacements are small enough to ignore the change in stiffness caused by loading.
- boundary conditions do not vary during the application of loads. Loads must be constant in magnitude, direction, and distribution. They should not change while the model is deforming.

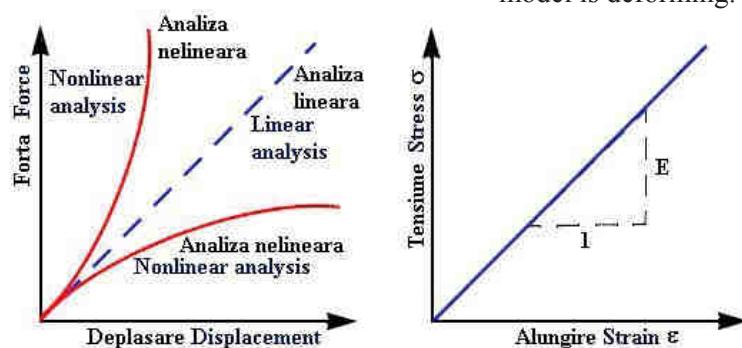


Fig. 9.3

Forțele interne variază în corp de la un punct la altul. De-a lungul oricărei arii infinitezimale interne, sunt exercitate încărcări pe ambele fețe ale acesteia. Tensiunile reprezintă intensitatea acestor forțe interne (forțe pe unitate de arie). Analiza cu elemente finite (FEM) constă într-o tehnică numerică de analiză a proiectelor inginerești. Procesul începe cu crearea unui model geometric. Apoi, programul subdividă modelul în elemente de forme simple conectate în puncte comune (noduri). Analiza cu elemente finite privește modelul ca o rețea de elemente discrete interconectate și consideră că comportarea fiecărui element variază într-o manieră particulară cunoscută pentru diferite condiții. Deci analiza cu element finit prezice comportarea globală a modelului, preluând informațiile obținute de la elementele în care modelul a fost divizat. Pentru o geometrie dată, se pot realiza mai multe studii, fiecare dintre acestea fiind identificate printr-un tip de analiză asociată studiului și prin numele acestuia. Conceptul de studiu de analiză constă într-o analiză pentru valori fixate ale condițiilor impuse: tip de analiză și opțiuni asociate, materiale, un set de încărcări și restrângerile, un tip de discretizare. Simularea încercării la tracțiune s-a efectuat pentru 8 variante de încărcări, cu valori crescătoare ale forței, respectiv  $P=2.5, 5, 10, 15, 20, 26, 30, 35 \text{ KN}$ .

The internal forces in a body vary from one point to another. Across any small internal plane area, loads are exerted by the part of the body on one side of the area upon the part on the other side. Stress denotes the intensity of these internal forces (force per unit area). Finite Element Analysis (FEM) provides a reliable numerical technique for the analysis of engineering designs. The process starts with the creation of a geometric model. Then, the program subdivides the model into small pieces of simple shapes (elements) connected at common points (nodes FEM programs look at the model as a network of discrete interconnected elements). FEM assumes that the behavior of each element varies in particular known fashions for various conditions. The Finite Element Method (FEM) predicts the behavior of the model by manipulating the information obtained from all the elements making up the model. When analyzing a part or assembly, we need to investigate its response to various scenarios of service environments and operational conditions. A design study represents a simulation of a “what-if” scenario, which is completely defined by: the type of analysis and related options, material assignments, loads and boundary conditions and a mesh. To study the impact of varying any of the elements defining a study, we can create a new study or modify an existing one. We can create a number of studies with different materials, loads, boundary conditions, and meshes. The numerical simulation was made for 8 forces, with increasing values applied to the same 3D model:  $P=2.5, 5, 10, 15, 20, 26, 30, 35 \text{ KN}$ .

Pentru calculul FEM s-a luat în considerare numai geometria cilindrului de diametru  $d=10$  mm și  $L_o=50$  mm, fig. 9.1, pentru a nu afecta rezultatele simulării de geometria destinată prinderii epruvetei.

## 9.2 Etape ale aplicației

- Creare fișier;
- Creare geometrie;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Creare studiu simulare;
- Selectie material;
- Aplicare restrângeri;
- Aplicare încărcări;
- Discretizare în elemente finite;
- Calcul studiu de analiză;
- Vizualizare distribuție tensiuni Von Mises;
- Creare și calcul studiu de analiză;
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

For FEM calculus is considered only the cylindrical geometry of the test specimen with the diameter of  $d=10$  mm and  $L_o=50$  mm, fig. 9.1, to avoid affecting the simulation results by the geometry destined to hold the test specimen.

## 9.2 Stages of the application

- Creation of the file;
- Creation of the geometry;
- SolidWorks Simulation module activation;
- Creation of the simulation study;
- Selection of the material;
- Applying restraints and loads;
- Meshing and running the simulation study;
- Viewing VonMises stress distribution;
- Creation and running of the design study;
- Simulation and experimental results comparison.

## 9.3 Creare geometrie

### 9.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “*part*” document și se va salva sub numele de **Tensile**.

### 9.3.2 Crearea unei schițe

Se va desena cercul de diametru  $\phi 10$  din fig. 9.4 în planul **Right**.

### 9.3.3 Extrudarea cerc

Conturul va fi extrudat pe distanță de 50 mm în direcția X+.

- Click **Extruded Boss/Base** 

## 9.3 Creation of the geometry

### 9.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Tensile**.

### 9.3.2 Creation of a new sketch

The circle with a  $\phi 10$  mm diameter from fig. 9.4 is drawn in the **Right** plane.

### 9.3.3 Extrusion of the circle

The profile is extruded on a distance of 50 mm on X+ direction.

- Click **Extruded Boss/Base** 

- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vedere se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa, fig. 9.5:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **50** în **Depth**
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- The **Boss-Extrude** Property Manager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the circle; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 9.5:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **50**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to Fit the view.

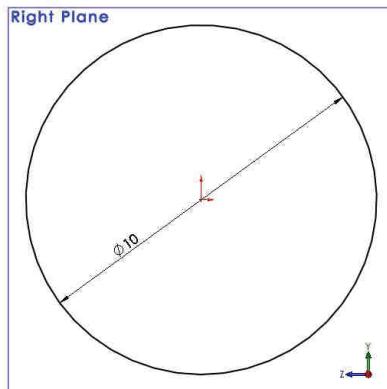


Fig. 9.4

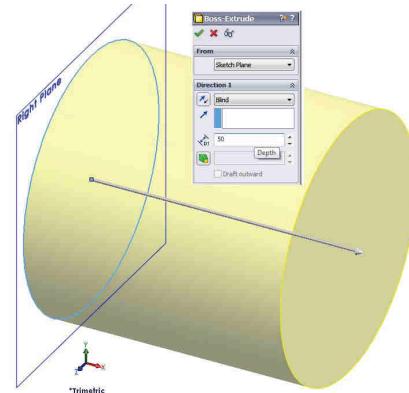


Fig. 9.5

#### 9.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

#### 9.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

## 9.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **Axial**.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
- Click .

## 9.6 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **Tensile** și selectie **Apply/Edit Material**.
- Selectie material **Alloy Steel**.
- Click **Apply** și **Close**.

## 9.7 Aplicare restrângeri

- Se va anula translația piesei pe direcția X pe fața din fig. 9.6.
- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**.
  - În caseta PropertyManager:
    - Selectie **Use Reference Geometry** în zona **Standard**.
    - Selectie față.
    - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selectie **Right Plane** din arborele flotant.
    - Sub **Translations**: click pentru activare icoană **Normal to Plane** icon .
  - Click .

## 9.8 Aplicare încărcări

Vom crea parametrul **Force** în care se vor genera valorile forței de tracțiune P=2500, 5000, 10000, 15000, 20000, 26000, 30000, 35000 N.

## 9.5 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **Axial**.
  - Under **Type**, click **Static**.
- Click .

## 9.6 Selection of the material

- Right-click the **Tensile** folder and select **Apply/Edit Material**.
- Assign **Alloy Steel**.
- Click the **Apply** and **Close**.

## 9.7 Applying restraints

- The 0 value will be imposed for the X translation on the **Right** plane face fig. 9.6.
- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**.
  - In the PropertyManager:
    - Select **Use Reference Geometry** under **Standard**.
    - Select the face.
    - Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and Select **Right Plane** from the flyout FeatureManager tree.
    - Under **Translations**: click to select **Normal to Plane** icon .
  - Click .

## 9.8 Applying loads

We will create the **Force** parameter used to generate the tensile force values: P=2500, 5000, 10000, 15000, 20000, 26000, 30000, 35000 N.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; va fi afișată fereastra **Parameters**, fig. 9.7.
- Click butonul **Add**; va fi afișată fereastra **Add Parameters**, fig. 9.7.
- Se va completa numele parametrului **Force** în câmpul **Name**.
- Din lista **Filter** se va selecta opțiunea **Structural Loads/Fixtures**.
- Din lista **Type** se va selecta opțiunea **Force**.
- În câmpul **User defined value** se va introduce valoarea 2500.
- Selectie N ca unitate de măsură.
- Click **OK**; fereastra **Add Parameters** se va închide și parametrul **Force** va fi adăugat în lista de parametrii a ferestrei **Parameters**.
- Click **Insert → Design Study → Parameters**; the **Parameters** window is displayed, fig. 9.7.
- Click **Add Parameters**; the **Add Parameters** window will be displayed, fig. 9.7.
- The parameter name **Force** must be set in **Name** field.
- **Structural Loads/Fixtures** option must be selected from **Filter** list.
- **Force** option must be selected from **Type** list.
- Set 2500 value in **User defined value**.
- Select N as units.
- Click **OK**; the **Add Parameters** window will be closed and the **Force** parameter will be added to the **Parameters** window list.

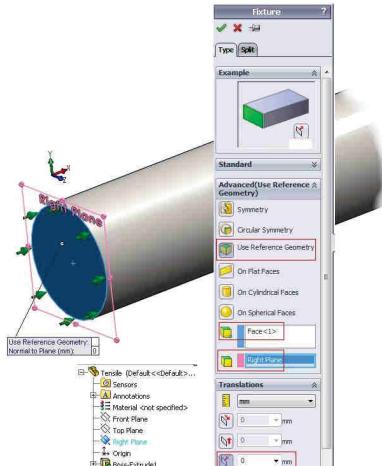


Fig. 9.6

Piesa este încărcată cu forța axială a cărei valoare este preluată din parametrul **Force** și se va aplica pe fața din fig. 9.8.

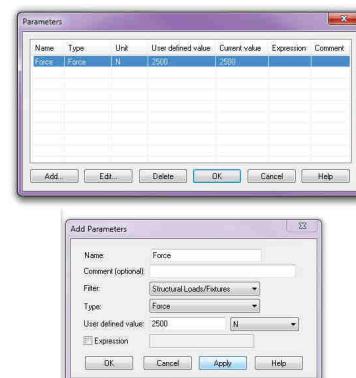


Fig. 9.7

The part is loaded with an axial force with the value taken from **Force** parameter and it will be applied on the face from fig. 9.8.

- Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**.
- În caseta PropertyManager:
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție față;
  - Selectie opțiune **Normal**;
  - Sub **Unit**, selectie **SI**.
  - Prin click stânga pe simbolul ▾ se deschide listă asociată câmpului **Force Value** ↓.
  - Selectie opțiune **Link Value**.
  - Selectie parametru **Force** din fereastra **Parameters**.
  - Activare opțiune **Reverse direction**.
- Click ✓.
- Right-click the **External Loads** folder and select **Force**.
- In the PropertyManager:
  - Click on **Face, Edge, Plane for Direction** area and select the face.
  - Select **Normal** option.
  - Sub **Unit**, select **SI**.
  - With left click on ▾ the **Force Value** ↓ list will open.
  - Select **Link Value** option.
  - Select the **Force** parameter from **Parameters** window.
  - Activate the **Reverse direction** option.
- Click ✓.

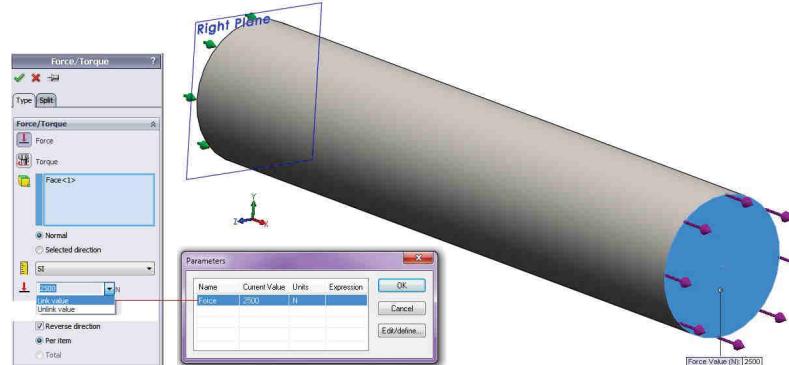


Fig. 9.8

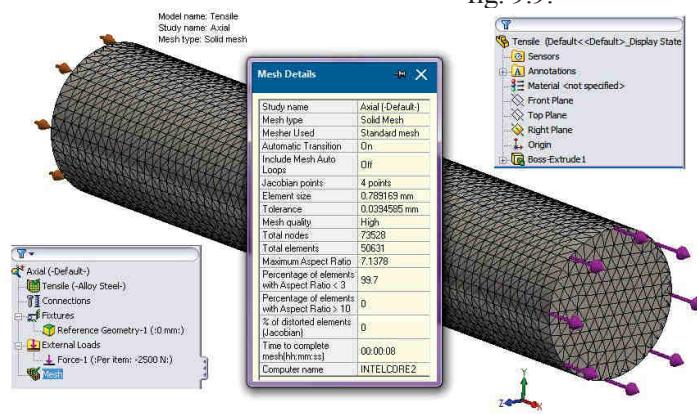
### 9.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh** și selecție **Create Mesh**. În fereastra **Mesh**:
  - Deplasare slider **Mesh Factor** spre **Fine**;
  - Selectie opțiune **Standard Mesh** și **Automatic Transition**.
  - Click ✓.

### 9.9 Meshing and running the simulation study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh** and select **Create Mesh**.
- In **Mesh** window:
  - Put the slider **Mesh Factor** to **Fine**;
  - Select **Standard Mesh** and **Automatic Transition** options.
  - Click ✓.

Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh** și selecție opțiune **Details**, fig. 9.9.



The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh** and select **Details** option, fig. 9.9.

Fig. 9.9

- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului și selecție **Run** .

- La finalizarea calculului, se va crea ramura **Results**, căreia îi este subordonată subramura **Stress1 (vonMises)** și **Displacement1**.

- Selectând opțiunea **Edit Definition** → **SX: X Normal Stress** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Stress1 (vonMises)** se va activa afișarea distribuției de tensiuni pe direcția X, fig. 9.10.

- Selectând opțiunea **Edit Definition** → **UX: X Displacement** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Displacement** se va activa afișarea distribuției de deplasări pe direcția X, fig. 9.11.

- In the Simulation tree, right-click the name study and select **Run** .

- The **Results**, **Stress1 (vonMises)** and **Displacements** branches will be created.

- The X direction stress distribution is shown by selecting **Edit Definition** → **SX: X Normal Stress** from the list activated through right mouse button on **Stress1 (vonMises)** branch, fig. 9.10.

- The X direction displacement distribution is shown by selecting **Edit Definition** → **UX: X Displacement** from the list activated through right mouse button on **Displacement** branch, fig. 9.11.

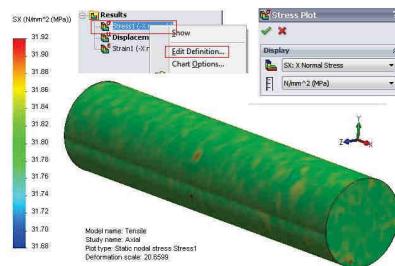


Fig. 9.10

### 9.10 Creare și calcul studiu de analiză

Se va crea studiul de analiză:

- Click **Insert → Design Study → Add**; va fi afișată secțiunea **Design Study** la baza ferestrei grafice **Parameters**, fig. 9.12.
- Click **Click here to add Variables** și selecție parametru **Force** din fereastra **Parameters - 1**.
- Selecție opțiune **Discrete Values - 2**.
- Specificați valorile discrete ale forței: 2500, 5000, 10000, 15000, 20000, 26000, 30000, 35000 - 3.
- Click **Click here to add Constraints** și selecție opțiune **Add Sensor - 4**; se va deschide fereastra **Sensor**.
- Selecție opțiune **Simulation Data - 4.1**.
- Selecție opțiune **Stress** în lista **Data Quantity - 4.2**.
- Selecție opțiune **SX: X Normal Stress** în lista **Component - 4.3**.
- Selecție opțiune **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** în lista **Data Properties - 4.4**.
- Click **✓**.
- Selecție opțiune **Monitor Only - 5**.
- Click **Click here to add Constraints** și selecție opțiune **Add Sensor - 6**; se va deschide fereastra **Sensor**.

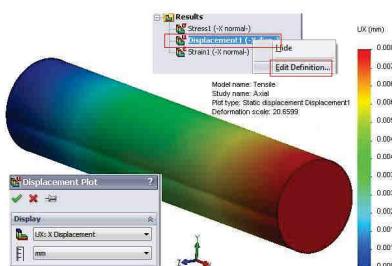


Fig. 9.11

### 9.10 Creation and running of the design study

To create the design study:

- Click **Insert → Design Study → Add**; the **Design Study** tab is displayed at the bottom of the graphic area, fig. 9.12.
- Click **Click here to add Variables** and select **Force** parameter from **Parameters** window - 1.
- Select **Discrete Values** option - 2.
- Specify the discrete values of the force: 2500, 5000, 10000, 15000, 20000, 26000, 30000, 35000 - 3.
- Click **Click here to add Constraints** and select **Add Sensor** option - 4; the **Sensor** window will open.
- Select **Simulation Data** option - 4.1.
- Select **Stress** option in **Data Quantity** list - 4.2.
- Select **SX: X Normal Stress** option in **Component** list - 4.3.
- Select **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** option in **Data Properties** list - 4.4.
- Click **✓**.
- Select **Monitor Only** option - 5.
- Click **Click here to add Constraints** and select **Add Sensor** option - 6; the **Sensor** window will open.

- Selectează opțiunea **Simulation Data** – 6.1.
- Selectează opțiunea **Displacement** în lista **Data Quantity** – 6.2.
- Selectează opțiunea **UX: X Displacement** în lista **Component** – 6.3.
- Selectează opțiunea **mm** în lista **Data Properties** – 6.4.
- Click **✓**.
- Selectează opțiunea **Monitor Only** – 7.
- Click **Run** – 8.
- Selectează opțiunea **Simulation Data** option – 6.1.
- Select **Displacement** option in **Data Quantity** list – 6.2.
- Select **UX: X Displacement** option in **Component** list – 6.3.
- Select **mm** option in **Data Properties** list – 6.4.
- Click **✓**.
- Select **Monitor Only** option – 7.
- Click **Run** – 8.

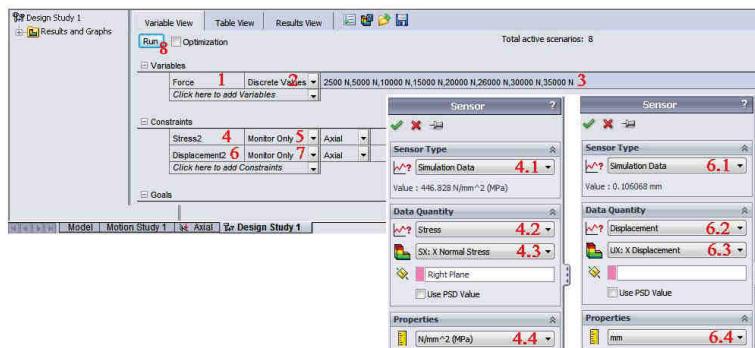


Fig. 9.12

- Rezultatele calculate se pot vedea în secțiunea **Results View**.
- Selectând opțiunea **Show** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Results and Graphs => Stress**, fig. 9.13, urmat de click stânga pe numele fiecărui scenariu se va afișa distribuția de tensiuni pe direcția X.
- Selectând opțiunea **Show** din lista activată prin buton dreapta pe ramura **Results and Graphs => Displacement**, fig. 9.13, urmat de click stânga pe numele fiecărui scenariu se va activa afișarea distribuției deplasărilor pe direcția X.
- The final results are accessible through the **Results View** window.
- The X stress direction distribution is shown in the graphic area by selecting **Show** option from the list activated through right mouse button on **Results and Graphs => Stress**, fig. 9.13, followed by a left click on each scenario name.
- The X direction displacement distribution is shown in the graphic area by selecting **Show** option from the list activated through right mouse button on **Results and Graphs => Displacement**, fig. 9.13, followed by a left click on each scenario name.

- Rezultatele studiilor de analiză sunt prezentate în fig. 9.13, tab. 9.2.
- The design studies results are presented in fig. 9.13, tab. 9.2.

	Variable View	Table View	Results View	File	Edit	Results and Graphics	Design Study 1	Displacements		
	9 of 9 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High									
	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8
Force	15000 N	35000 N	2500 N	5000 N	10000 N	15000 N	20000 N	25000 N	30000 N	35000 N
Stress2	Monitor Only	191.5 N/mm²	446.83 N/mm²	31.916 N/mm²	63.033 N/mm²	127.87 N/mm²	191.5 N/mm²	255.33 N/mm²	331.93 N/mm²	383 N/mm²
Displacement2	Monitor Only	0.04546mm	0.10657mm	0.00750mm	0.01515mm	0.03031mm	0.04546mm	0.06061mm	0.07679mm	0.09092mm

Fig. 9.13

- Mărimele din tabel reprezintă:
  - „P” - valoarea forței de tracțiune;
  - „ $\sigma_x$ ” - valoarea tensiunii pe direcția X rezultată din simularea SolidWorks;
  - „UX” - valoarea deplasării pe direcția X rezultată din simularea SolidWorks;
  - „ $\sigma$ ” - valoarea tensiunii calculată din relația (1);
  - „ $\Delta L$ ” - valoarea deplasării calculată din relația (8);
  - „ $\varepsilon$ ” - valoarea alungirii calculată din relația (2);
- The following notations were used in table:
  - „P” – the value of the tensile force;
  - „ $\sigma_x$ ” – the stress value on the X direction calculated through SolidWorks simulation;
  - „UX” – the displacement value on the X direction calculated through SolidWorks simulation;
  - „ $\sigma$ ” – the stress value calculated with formula (1);
  - „ $\Delta L$ ” – the displacement value calculated with formula (8);
  - „ $\varepsilon$ ” – the strain value calculated with formula (2);

Din analiză rezultă următoarele concluzii:

- valorile calculate cu FEM coincid cu cele calculate teoretic, tab. 9.1;
- curba forță funcție de deplasare este prezentată în fig. 9.1 (curba 2), din care rezultă coincidență perfectă cu curba determinată experimental, până la atingerea limitei de curgere (punctul 4 fig. 9.1); după aceasta cele două curbe sunt complet diferite; explicația acestei diferențe este dată de ipoteza linearității dintre încărcări și răspunsul induș în corp (legea lui Hook), care se admite și dincolo de curgere în calculul FEM, ceea ce în realitate
- the numerical values calculated with FEM are identical with the theoretical values, tab. 9.1;
- the experimental curve force as a function of displacement is presented in fig. 9.1 (curve no. 1); the same curve for FEM calculus is presented in fig. 9.1 (curve no. 2); it can be observed that the two curves are identical, until the value of tensile yield stress is reached fig. 9.1 (point no. 4); after that point the values are completely different; the reason of this difference is the consequence of the linearity assumption (Hooke's law) which is admitted in FEM calculus beyond the tensile yield stress value,

nu este adevărat, deoarece după depășirea acestei limite legea lui Hook nu mai corespunde realității.

- până la atingerea limitei de curgere rezultatele analizei FEM coincid perfect cu rezultatele calculului teoretic și cu cele determinate experimental prin încercarea la tracțiune pe epruvetă standard. Această concluzie justifică utilizarea calculelor de rezistență cu element finit, prin analiză statică lineară, până la atingerea limitei de curgere a materialului. După această limită trebuie aplicate metode neliniare de calcul.

which is not true, because, after that point, Hooke's law is not applicable anymore;

- until the value of tensile yield stress is reached the numerical and experimental results are the same for the tensile test; this conclusion justifies the FEM calculus, before the tensile yields stress value; passing over that value imposes a nonlinear analysis.

$$\Delta L = \frac{P \cdot L}{E \cdot S_0} \quad (8)$$

Tab. 9.2

Forță tracțiune Tensile force		SolidWorks Simulation		Valori calculate teoretic Theoretical calculations		
P [KN]	$\sigma_x$ [MPa]	UX [mm]	$\sigma$ [Mpa]	$\Delta L$ [mm]	$\varepsilon$ [%]	
2.5	31.916	0.00758	31.85	0.0080	0.0159	
5.0	63.833	0.01515	63.69	0.0159	0.0318	
10.0	127.67	0.03031	127.39	0.0318	0.0637	
15.0	191.50	0.04546	191.08	0.0478	0.0955	
20.0	255.33	0.06061	254.78	0.0637	0.1273	
26.0	331.93	0.07879	331.21	0.0828	0.1655	
30.0	383.00	0.09092	382.17	0.0955	0.1910	
35.0	446.83	0.10607	445.86	0.1115	0.2228	

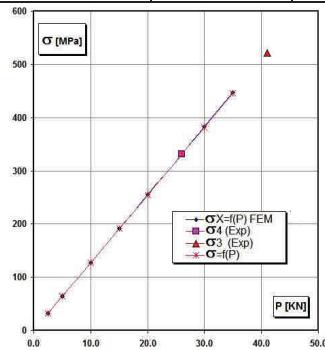


Fig. 9.14

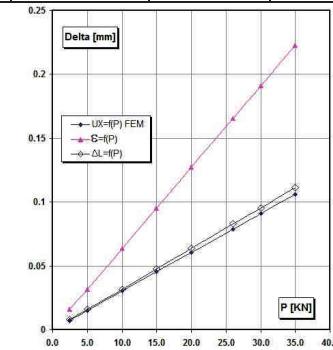
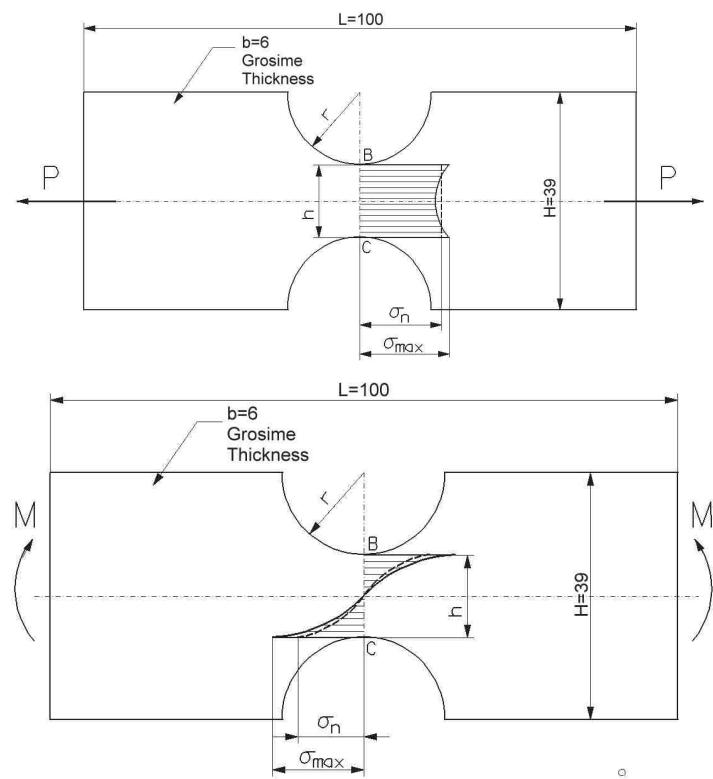


Fig. 9.15



**10. SIMULAREA NUMERICĂ A ÎNTINDERII ȘI  
ÎNCOVOIERII UNEI PLĂCI PLANE CU  
CONCENTRATOR DE TENSIUNE DE TIP DECUPARE  
CIRCULARĂ**

**10. THE TENSILE AND BENDING SIMULATION OF A  
PLATE WITH SYMMETRICAL STRESS  
CONCENTRATOR TYPE WITH A SEMICIRCULAR  
CUTTING SHAPE**



### 10.1 Obiective ale aplicației

Placa dreptunghiulară 100x39, cu concentrator de tensiune simetric median, este supusă la tracțiune cu o forță P, fig. 10.1 respectiv încovoiere cu momentul M, fig. 10.2.

Aplicația abordează studiul numeric al acestui concentrator de tensiuni și oferă o comparație a rezultatelor numerice cu cele determinate experimental, pentru diferite valori ale raportului „r/h”, [19].

Tensiunile unitare maxime apar în punctele B și C. Pentru placa supusă întinderii prin forță P, fig. 3.11, tensiunea maximă din punctele B și C se exprimă prin relația (1) unde, valorile coeficientului  $\alpha_k$  sunt determinate experimental [25], iar tensiunea  $\sigma_n$  se exprimă prin relația (2).

$$\sigma_{\max} = \alpha_k \cdot \sigma_n \quad (1)$$

Pentru placa supusă încovoierii prin momentul M, fig. 10.2, tensiunea maximă din punctele B și C se exprimă prin relația (3) unde, valorile coeficientului  $\alpha_k$  sunt determinate teoretic [25], tensiunea  $\sigma_n$  se exprimă prin relația (4), iar modulul de rezistență W are expresia (5).

$$\sigma_{\max} = \alpha_k \cdot \sigma_n \quad (3)$$

$$\sigma_n = \frac{M}{W} \quad (4) \qquad W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (5)$$

Tab. 10.1 și fig. 10.3 prezintă valorile coeficientului  $\alpha_k$ , funcție de raportul r/h, din care rezultă că valorile coeficientului sunt mai mici la încovoiere decât la întindere.

### 10.1 Goals of the application

The rectangular plate 100x39, with a symmetric and median stress concentrator, is subjected to a tensile force P, fig. 10.1 and to a bending moment M, fig. 10.2.

The application present a numerical study of the local stress for this type of concentrator and a comparative result of the SolidWorks simulation and experimental data, for multiple values of “r/h” ratio, [19].

For the tensile process of the plate with a P force, fig. 10.1, the maximal stress value from the B and C points are expressed by relation (1), where the values of  $\alpha_k$  coefficient are experimentally determined [25] and the  $\sigma_n$  stress is expressed by relation (2).

$$\sigma_n = \frac{P}{b \cdot h} \quad (2)$$

For the bending process of the plate with the M moment, figure 10.2, the maximal stress value from B and C points are expressed by relation (3) where the values of the  $\alpha_k$  coefficient are theoretically determined [25], the  $\sigma_n$  stress is expressed by relation (4) and the coefficient of resistance is expressed by relation (5).

$$\sigma_n = \frac{M}{W} \quad (4) \qquad W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (5)$$

Tab. 10.1 and fig. 10.3 present the values of  $\alpha_k$  coefficient, as function of r/h ratio, which shows that the coefficient values are smaller for bending as opposed to the tensile process.

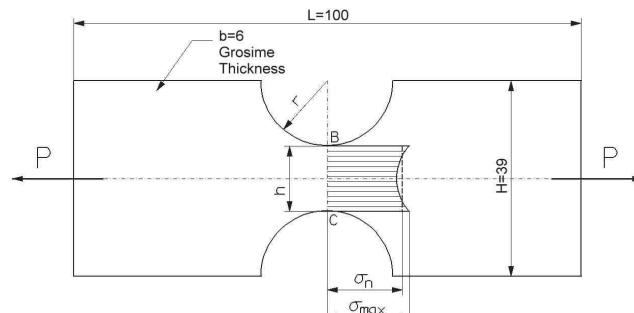


Fig. 10.1

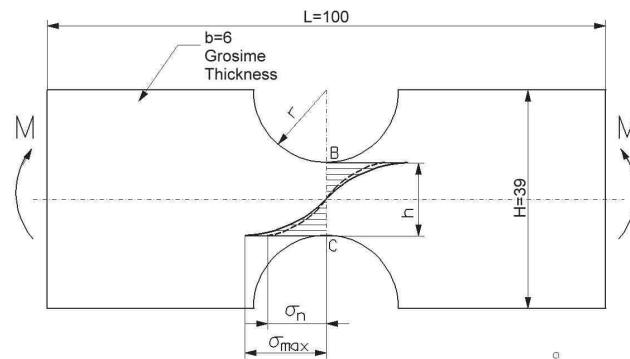


Fig. 10.2

Tab. 10.1

Valorile coeficientului $\alpha_k$												The values of $\alpha_k$ coefficient											
Raport Ratio	r/h	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1												
Întindere Tensile	$\alpha_k$	1.22	1.26	1.30	1.34	1.41	1.52	1.64	1.80	2.02	2.32												
Încovoiere Bending	$\alpha_k$	1.15	1.16	1.17	1.20	1.24	1.29	1.35	1.44	1.58	1.87												

Pentru valorile fixate ale plăcii  $L=100$  mm,  $H=39$  mm și ale raportului  $r/h$  conform tabelului 1, valorile distanței  $h$  rezultă din relația (6). Astfel, dimensiunile plăcii analizate și a crestăturii semicirculare sunt definitivate conform tab. 10.2, iar variația distanței  $h$  și a razei crestăturii  $r$  sunt date în fig. 10.4.

$$h = \frac{H}{1 + 2 \cdot \frac{r}{h}} \quad (6)$$

With the dimensions  $L=100$  mm,  $H=39$  mm,  $b=6$  mm and the fixed values of the ratio  $r/h$ , the  $h$  distance is expressed by relation (6). The final dimensions of the plate with a semicircular cut is presented numerical in tab. 10.2 and graphical in fig. 10.4.

Tab. 10.2

The geometric dimensions of the plate											
Lungime / Length L = 100 mm				Lățime / Width H = 39 mm				Grosime / Thickness B = 6 mm			
Raport Ratio	r/h -	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
Distanță Distance	H mm	13	13.93	15	16.25	17.73	19.50	21.67	24.38	27.86	32.50
Raza Radius	r mm	13	12.54	12	11.38	10.64	9.75	8.67	7.31	5.57	3.25

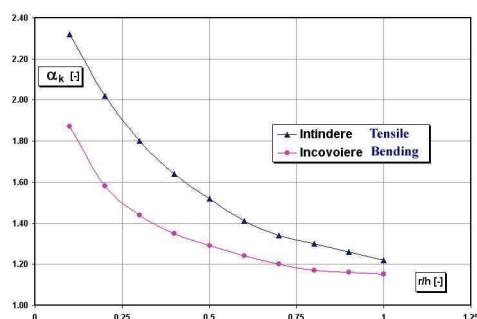


Fig. 10.3

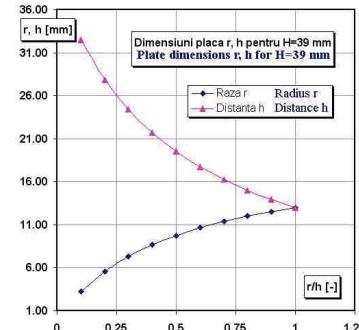


Fig. 10.4

Pentru fiecare tip de încărcare (întindere/incovoiere) în SolidWorks se va efectua un studiu de simulare, care va fi apoi continuat printr-un studiu de analiză, la care parametrul variabil va fi raza de răcordare, iar parametrul monitorizat va fi tensiunea  $\sigma_{\text{Von Mises}}$ .

For each load combination (tensile/bending) a simulation study is performed in SolidWorks; every simulation study will then be continued with a design study, with the "r" radius acting as a input parameter and the stress  $\sigma_{\text{Von Mises}}$  as a monitoring parameter.

## 10.2 Etape ale aplicației

- Creare fișier;
- Creare geometrie;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Creare studiu simulare;
- Selecție material;
- Aplicare restrângeri;
- Aplicare încărcări;
- Discretizare în elemente finite;
- Calcul studiu de analiză;

## 10.2 Stages of the application

- Creation of the file;
- Creation of the geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Selection of the material;
- Applying restraints;
- Applying loads;
- Meshing and running the simulation study;

- Vizualizare distribuție tensiuni Von Mises;
- Creare studiu de analiză.
- Calcul studiu de analiză.
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

- Viewing Von Mises stress distribution;
- Creation and running of the design study;
- Simulation and experimental results comparison.

### 10.3 Creare geometrie

#### 10.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou document de tip “part” și se va salva sub numele de **Axial\_LOAD** pentru încărcarea de tip întindere respectiv **Bending\_LOAD** pentru încărcarea de tip încovoiere.

#### 10.3.2 Crearea unei schițe

Se va desena conturul din fig. 10.5 în planul **Front**, cu latura  $H=39$  mm centrată în originea sistemului de referință.

### 10.3 Creation of the geometry

#### 10.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Axial\_LOAD** for tensile load and **Bending\_LOAD** for bending load.

#### 10.3.2 Creation of a new sketch

The profile from fig. 10.5 is drawn in **Front** plane, so that the  $H=39$  mm line is centred in origin point.

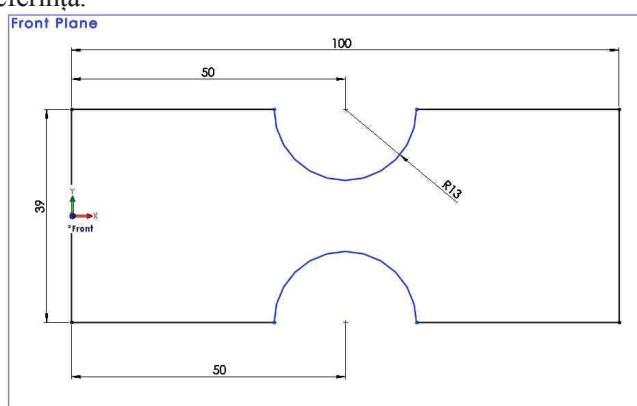


Fig. 10.5

#### 10.3.3 Extrudarea contur

Conturul va fi extrudat pe distanță de 3 mm, în ambele direcții Z+ și Z-.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vederea se va modifica în **Trimetric**.

#### 10.3.3 Extrusion of the profile

The profile will be extruded on 3 mm on both directions Z+ and Z-.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Boss-Extrude** PropertyManager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.

- Se va selecta conturul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** și **Direction 2** se vor completa, fig. 10.6:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **15** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Select the profile; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1 & Direction 2**, fig. 10.6:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to 3.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to Fit the view.

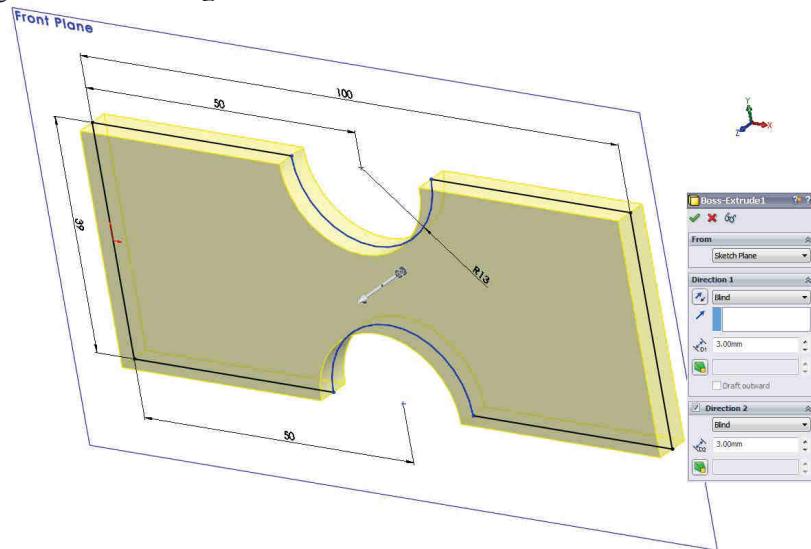


Fig. 10.6

#### 10.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click **Tools → Add-Ins**.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

#### 10.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click **Tools → Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

## 10.5 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** → **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **Axial** pentru încărcarea de tip întindere respectiv **Bending** pentru încărcarea de tip încovoiere.
  - Tip studiu **Type**: click **Static**.
  - Click .

## 10.5 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** → **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **Axial** for tensile load and **Bending** for bending load.
  - Under **Type**, click **Static**.
  - Click .

## 10.6 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **PlateFillet** și selecție **Apply/Edit Material**.
- Selecție material **Alloy Steel** din librăria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

## 10.6 Selection of the material

- Right-click the **PlateFillet** folder and select **Apply/Edit Material**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

## 10.7 Aplicare restrângeri

- Se va anula translația piesei pe direcția X pe fața „39x6”, fig. 10.7.
- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selecție **Fixed Geometry**.
  - În caseta PropertyManager:
    - Selecție **Use Reference Geometry** în zona **Standard**.
    - Selecție față „39x6”.
    - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție **Right Plane** din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
    - Sub **Translations**: click pentru activare icoană **Normal to Plane** .
    - Click .

## 10.7 Applying restraints

- The 0 value is imposed for the X translation on the „39x6” face, fig. 10.7.
- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**.
  - In the PropertyManager:
    - Select **Use Reference Geometry** under **Standard**.
    - Select the face „39x6”.
    - Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and Select **Right Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
    - Under **Translations**: click to select **Normal to Plane** icon .
    - Click .

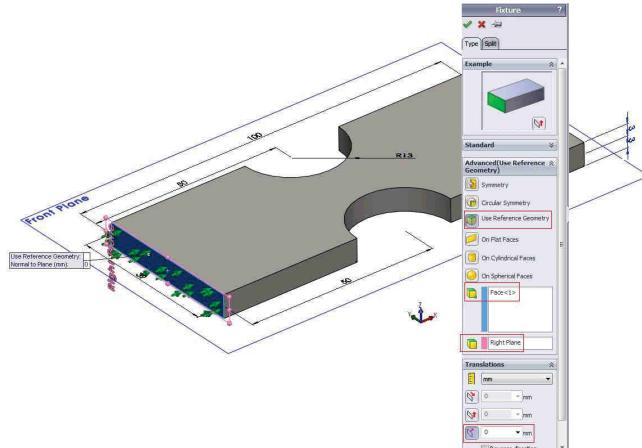


Fig. 10.7

## 10.8 Aplicare încărcări

## 10.8 Applying loads

### 10.8.1 Întindere

Pentru fișierul **Axial\_LOAD**, piesa este încărcată cu forță axială  $F=6000$  N aplicată pe fața „ $39 \times 6$ ”, fig. 10.8. Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Force**.

- În caseta PropertyManager:
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție față „ $39 \times 6$ ”.
  - Selecție opțiune **Normal**;
  - Sub **Unit**, selecție **SI**.
  - Introducere valoare 6000 în câmpul **Force Value**
  - Activare opțiune **Reverse direction**.
  - Click .

### 10.8.2 Încovoiere

Pentru fișierul **Bending\_LOAD**, piesa este încărcată cu momentul încovoiator  $M=25$  Nm aplicat pe fața „ $39 \times 6$ ”, fig. 10.9.

Click dreapta pe ramura **External Loads** și selecție **Remote Load/Mass**.

- În caseta PropertyManager:

### 10.8.1 Tensile load

For the file **Axial\_LOAD**, the part is loaded with the axial force  $F=6000$  N, applied on the „ $39 \times 6$ ” face, fig. 10.8. Right-click the **External Loads** folder and select **Force**.

- In the PropertyManager:
  - Click Face, Edge, Plane for Direction area and select „ $39 \times 6$ ” face.
  - Select **Normal** option.
  - Sub **Unit**, select **SI**.
  - Set 6000 value in **Force Value** .
  - Activate the **Reverse direction** option.
  - Click .

### 10.8.2 Bending load

For the file **Bending\_LOAD**, the part is loaded with the bending moment  $M=25$  Nm, applied on the „ $39 \times 6$ ” face, fig. 10.9.

Right-click the **External Loads** folder and select **Remote Load/Mass**.

- In the PropertyManager:

- Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selecție față „39x6”.
- Pentru zona **Location**: sub **Unit**, selecție **mm**, iar în câmpul X se introduce valoarea 100; câmpurile X, Y, Z reprezintă coordonatele punctului de aplicare al încărcării la distanță.
- Pentru zona **Moment**: sub **Unit**, selecție **N·m**, iar în câmpul Z se introduce valoarea 25.
- Activare opțiune **Reverse direction**.
- Click ✓.
- Click Face, Edge, Plane for Direction area and select „39x6” face.
- For **Location** section: under **Unit**, select **mm** and set 100 in the field X.
- For **Moment** section: under **Unit**, select **N·m** and set 25 in the Z field.
- Activate the **Reverse direction** option.
- Click ✓.

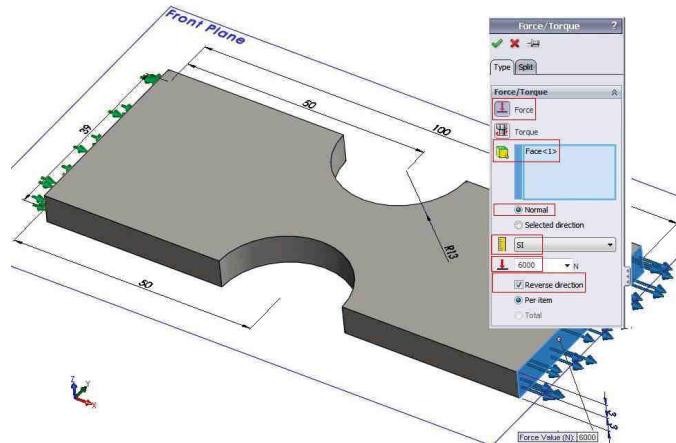


Fig. 10.8

Momentele nu pot fi aplicate direct pe fața solidelor, deoarece solidele nu au decât trei grade de libertate – translațiile pe cele trei direcții, rotațiile fiind disponibile ca și grade de libertate numai la elemente de tip **shell**. Din acest motiv, metoda corectă de aplicare a unui moment pe fața unui solid este prin intermediul unei încărcări la distanță în varianta **Load (Direct Transfer)**.

The bending moment cannot be applied directly to solid geometry, because, for structural problems, each node in a solid element has three degrees of freedom that represent the translations in three orthogonal directions. Only **shell** elements have rotations as degrees of freedom. The correct method for applying a pure moment to a face is to apply a **Remote load** with **Load (Direct Transfer)** option.

Trebuie creat un plan de referință cu orientare corectă (una din axele planului trebuie să fie coliniară cu direcția de aplicare a momentului); originea planului este importantă numai la aplicarea de forțe la distanță; pentru aplicarea de momente originea este indiferentă deoarece va fi utilizată numai orientarea planului.

The user should create a reference plane with the proper orientation (one of its axes should be collinear with the direction of the moment to be applied). The location of the origin of the reference plane is of no importance when only moments are applied through the **Remote Load** function (it is only used in conjunction with forces applied through **Remote Load**).

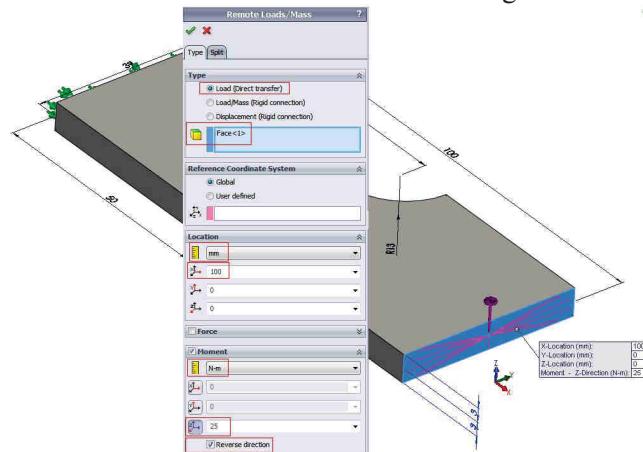


Fig. 10.9

### 10.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe **Mesh** și selecție **Create Mesh** .
- În fereastra **Mesh**:
  - Deplasare slider **Mesh Factor** spre **Fine**;
  - Selectie opțiune **Standard Mesh** și **Automatic Transition**.
  - Click .

Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh** și selecție opțiune **Details**, fig. 10.10

### 10.9 Meshing and running the simulation study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh** and select **Create Mesh** .
- In **Mesh** window:
  - Put the slider **Mesh Factor** to **Fine**;
  - Select **Standard Mesh** and **Automatic Transition** options.
  - Click .

The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh** and select **Details** option, fig. 10.10.

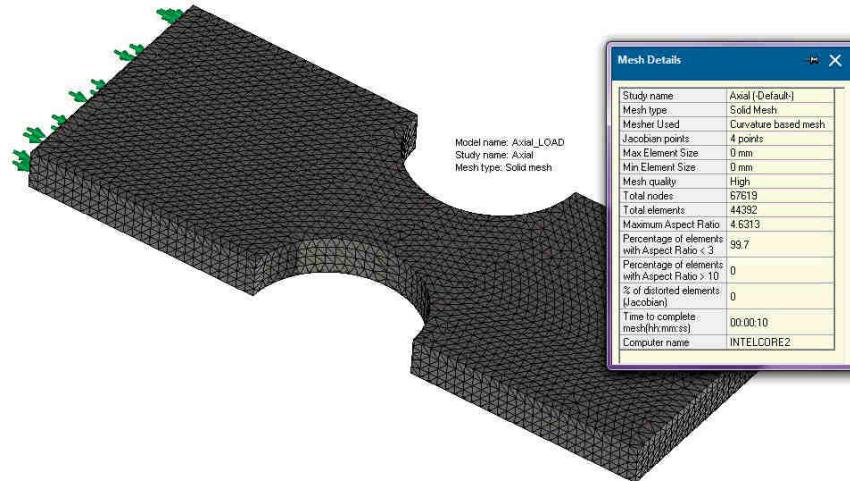


Fig. 10.10

- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului și selecție **Run** .
- La finalizarea calculului, se va crea ramura **Results**, căreia îi este subordonată subramura **Stress1 (vonMises)**.
- Prin dublu click pe ramura **Stress1 (vonMises)** se va activa afișarea distribuției de tensiuni VonMises, fig. 10.11 pentru întindere respectiv fig. 10.12 pentru încovoiere.
- In the Simulation tree, right-click the name study and select **Run** .
- The **Results** and **Stress1 (vonMises)** branches are created, fig. 10.10.
- The VonMises stress distribution will be displayed with double click on **Stress1 (vonMises)** branch, fig. 10.11 for tensile load and fig. 10.12 for bending load.

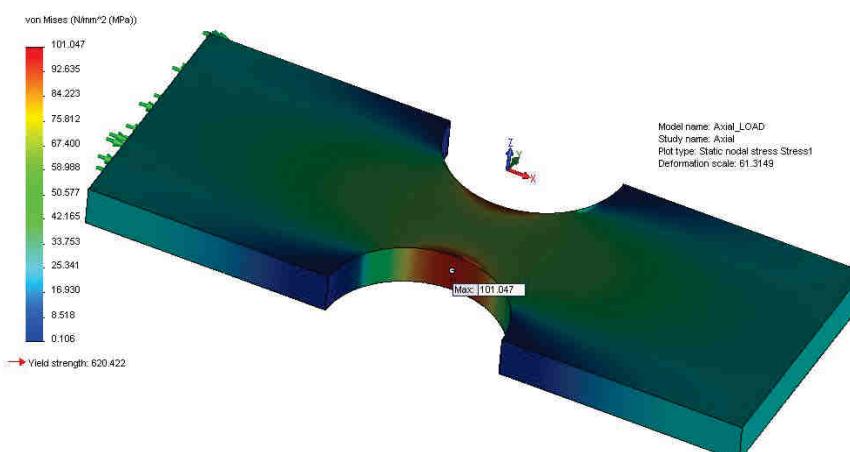


Fig. 10.11

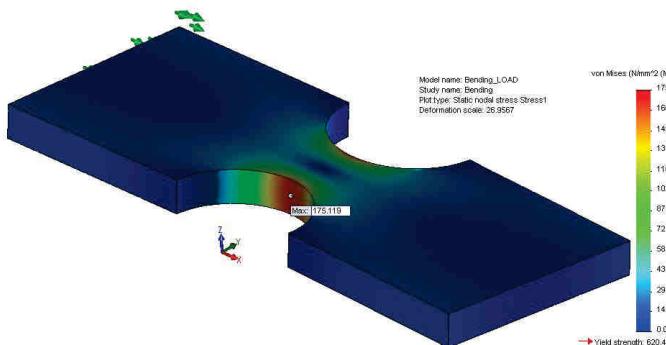


Fig. 10.12

### 10.10 Creare și calcul studiu de analiză

Valoarea maximă a tensiunii Von Mises se obține în dreptul decupării. Calculul tensiunilor maximale pentru valorile razelor „r” se va realiza printr-un studiu de analiză.

Vom crea variabila ale cărei valori influențează geometria analizată, în cazul nostru raza de racordare “r”.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; va fi afișată fereastra **Parameters**, fig. 10.13.
- Click butonul **Add**; va fi afișată fereastra **Add Parameters**, fig. 10.13.
- Se va completa numele parametrului **Raza** în câmpul **Name**.
- Din lista **Filter** se va selecta opțiunea **Model dimensions**.
- Prin click stânga mouse în zona grafică se va selecta dimensiunea corespunzătoare razei; identificatorul acesteia va fi transferat în câmpul **Model dimension** al ferestrei **Add Parameters**.
- Click **OK**; fereastra **Add Parameters** se va închide și parametrul **Raza** va fi adăugat în lista de parametrii a ferestrei **Parameters**.

### 10.10 Creation and running of the design study

The maximal value of the VonMises stress is obtained in the semicircular cut region. The maximal VonMises stress value is obtained by a design study where the radius “r” acts as input parameter. First we will create the variable used in design study.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; will be displayed the **Parameters** window, fig. 10.13.
- Click **Add Parameters**; will be displayed the **Add Parameters** window, fig. 10.13.
- The parameter name **Raza** must be set in **Name** field.
- **Model dimensions** option must be selected from **Filter** list.
- With a left mouse click the radius dimension must be selected; the dimension identifier will be completed in **Model dimension** filed of the **Add Parameters** window.
- Click **OK**; the **Add Parameters** window will be closed and the **Raza** parameter will be added to the **Parameters** window list.

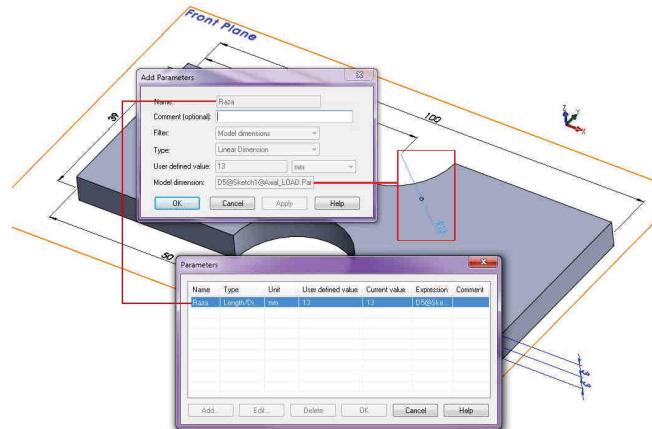


Fig. 10.13

Se va crea studiul de analiză:

- Click **Insert → Design Study** → **Add**; va fi afișată secțiunea **Design Study** la baza ferestrei grafice **Parameters**, fig. 10.14.
- Click **Click here to add Variables** și selecție parametru **Raza** din fereastra **Parameters** - 1.
- Selectie opțiune **Discrete Values** - 2.
- Specificați valorile discrete ale razei de racordare - 3.
- Click **Click here to add Constraints** și selecție opțiune **Add Sensor** - 4.; se va deschide fereastra **Sensor**.
- Selectie opțiune **Simulation Data** – 4.1.
- Selectie opțiune **Stress** în lista **Data Quantity** – 4.2.
- Selectie opțiune **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** în lista **Data Properties** – 4.3.
- Click
- Selectie opțiune **Monitor Only** – 5.
- Click **Run** – 6.

To create the design study:

- Click **Insert → Design Study** → **Add**; the **Design Study** tab will be displayed at the bottom of the graphic area, fig. 10.14.
- Click **Click here to add Variables** and select **Raza** parameter from **Parameters** window - 1.
- Select **Discrete Values** option - 2.
- Specify the discrete values of the radius “r” - 3.
- Click **Click here to add Constraints** and select **Add Sensor** option - 4; the **Sensor** window will open.
- Select **Simulation Data** option – 4.1.
- Select **Stress** option in **Data Quantity** list – 4.2.
- Select **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** option in **Data Properties** list – 4.3.
- Click
- Select **Monitor Only** option – 5.
- Click **Run** – 6.

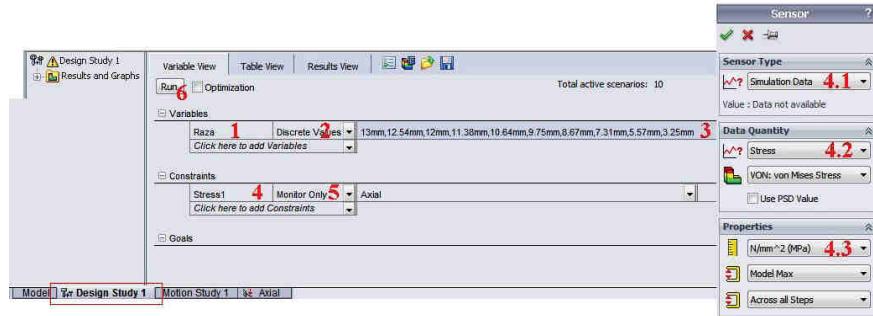


Fig. 10.14

- Rezultatele calculate vor fi afișate în secțiunea **Results View**.
- Prin click stânga pe numele fiecărui scenariu distibuția de tensiuni VonMises va fi actualizată în zona grafică.
- Operațiile din acest paragraf vor fi repeteate pentru fișierul **Bending LOAD**.
- Rezultatele studiilor de analiză sunt prezentate în fig. 10.15, tab. 10.3, fig. 10.17 pentru întindere respectiv fig. 10.16, tab. 10.4, fig. 10.18 pentru încovoiere.
- The final results will be accessible through **Results View** window.
- With left click on each scenario name, the graphic area will show the VonMises distribution.
- The steps from this paragraph will be repeated for the **Bending LOAD** file.
- The design studies results are presented in fig. 10.15, tab. 10.3, fig. 10.17 for the tensile load and fig. 10.16, tab. 10.4, fig. 10.18 for the bending load.

11 of 11 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High						
	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	
Raza	3.25mm	3.25mm	13mm	12.54mm	12mm	
Stress3	Monitor Only	78.557 N/mm²	78.557 N/mm²	101.05 N/mm²	97.138 N/mm²	93.212 N/mm²

Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9	Scenario 10
11.38mm	10.64mm	9.75mm	8.67mm	7.31mm	5.57mm	3.25mm
90.019 N/mm²	86.657 N/mm²	83.895 N/mm²	81.522 N/mm²	79.666 N/mm²	79.97 N/mm²	78.557 N/mm²

Fig. 10.15

11 of 11 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High						
	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	
Raza	13mm	13mm	13mm	12.54mm	12mm	
Stress1	Monitor Only	175.12 N/mm²	175.12 N/mm²	175.12 N/mm²	154.65 N/mm²	136.37 N/mm²

Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9	Scenario 10
11.38mm	10.64mm	9.75mm	8.67mm	7.31mm	5.57mm	3.25mm
119.19 N/mm²	103.4 N/mm²	88.704 N/mm²	76.003 N/mm²	64.618 N/mm²	55.678 N/mm²	50.124 N/mm²

Fig. 10.16

- Mărimele din tabele reprezintă:
  - „ $\alpha_k$ ” - valoarea experimentală a concentratorului, tab. 10.1, pentru parametru „r/h”;
  - „ $\sigma_n$ ” - valoarea efortului nominal rezultat din relația (2);
  - „ $\sigma_{\max}$ ” - valoarea efortului maximal rezultat din relația (1);
  - „ $\sigma_{\max \text{ VonMises}}$ ” - valoarea efortului unitar maxim rezultat din studiile de analiză SolidWorks;
  - „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” - valoarea concentratorului rezultat din simulare, calculată prin relația (7):
- The following notations were used in tables:
  - „ $\alpha_k$ ” – the value of the experimental coefficient for „r/h”, tab. 10.1;
  - „ $\sigma_n$ ” – the nominal stress value calculated with formula (2);
  - „ $\sigma_{\max}$ ” – the maximal stress value calculated with formula (1);
  - „ $\sigma_{\max \text{ VonMises}}$ ” – the maximal stress value obtained from the SolidWorks design studies;
  - „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” – the numerical simulation coefficient value calculated with the formula (7):

$$\alpha_{k_{SW}} = \frac{\sigma_{\max \text{ VonMises}}}{\sigma_n} \quad (7)$$

- Err [%] – reprezintă eroarea procentuală între valoarea concentratorului determinat experimental și cel rezultat din studiile de analiză SolidWorks.
- Err [%] – the percentage error between the experimental and coefficient values resulted from the SolidWorks design studies.
- Valorile concentratorului de tensiune obținute în urma simulării numerice sunt comparabile cu cele determinate experimental, diferențele având o alură constantă.
  - Pentru întindere, eroarea procentuală maximă este 9.21%, obținută pentru raportul r/h=0.2.
  - Pentru încovoiere, eroarea procentuală maximă este 11.70%, obținută pentru raportul r/h=0.1.
  - Valorile concentratorului pentru solicitarea de întindere sunt mai mari decât cele pentru încovoiere.
  - The local stress values resulted from the numerical simulation are comparable with the experimental values, with constant differences values.
  - For the tensile load, the maximal percentage error is 9.21%, obtained for r/h=0.2 ratio.
  - For the bending load, the maximal percentage error is 11.70%, obtained for r/h=0.1 ratio.
  - The concentrators stress values are bigger for the tensile load than for the bending load.

Tab. 10.3

<b>Axial load F=6000 N</b>		<b>L=100 mm</b>		<b>H=39 mm</b>		<b>b=6 mm</b>
<b>r/h</b>	<b><math>\alpha_k</math></b>	<b><math>\sigma_n</math></b>	<b><math>\sigma_{max}</math></b>	<b><math>\sigma_{max\ VonMises}</math></b>	<b><math>\alpha_{k\ SW}</math></b>	<b>Err</b>
	<b>Experi- mental</b>	<b>Rel. (2)</b>	<b>Rel. (1)</b>	<b>SolidWorks Simulation</b>		
-	-	MPa	MPa	MPa	-	%
1	1.22	76.92	93.85	101.05	1.31	7.13
0.9	1.26	71.79	90.46	97.14	1.35	6.87
0.8	1.30	66.67	86.67	93.21	1.40	7.02
0.7	1.34	61.54	82.46	90.02	1.46	8.40
0.6	1.41	56.41	79.54	86.66	1.54	8.21
0.5	1.52	51.28	77.95	83.90	1.64	7.09
0.4	1.64	46.15	75.69	81.55	1.77	7.19
0.3	1.80	41.03	73.85	79.67	1.94	7.31
0.2	2.02	35.90	72.51	79.87	2.22	9.21
0.1	2.32	30.77	71.38	78.56	2.55	9.13

Tab. 10.4

<b>Bending load M=25 Nm</b>			<b>L=100 mm</b>		<b>H=39 mm</b>	<b>b=6 mm</b>
<b>r/h</b>	<b><math>\alpha_k</math></b>	<b><math>\sigma_n</math></b>	<b><math>\sigma_{max}</math></b>	<b><math>\sigma_{max\ VonMises}</math></b>	<b><math>\alpha_{k\ SW}</math></b>	<b>Err</b>
	<b>Experi- mental</b>	<b>Rel. (2)</b>	<b>Rel. (1)</b>	<b>SolidWorks Simulation</b>		
-	-	MPa	MPa	MPa	-	%
1	1.15	147.93	170.12	175.12	1.18	2.86
0.9	1.16	128.86	149.48	154.65	1.20	3.34
0.8	1.17	111.11	130.00	136.37	1.23	4.67
0.7	1.20	94.67	113.61	119.19	1.26	4.68
0.6	1.24	79.55	98.65	103.40	1.30	4.60
0.5	1.29	65.75	84.81	88.70	1.35	4.39
0.4	1.35	53.25	71.89	76.00	1.43	5.41
0.3	1.44	42.08	60.59	64.62	1.54	6.23
0.2	1.58	32.22	50.90	55.68	1.73	8.58
0.1	1.87	23.67	44.26	50.12	2.12	11.70

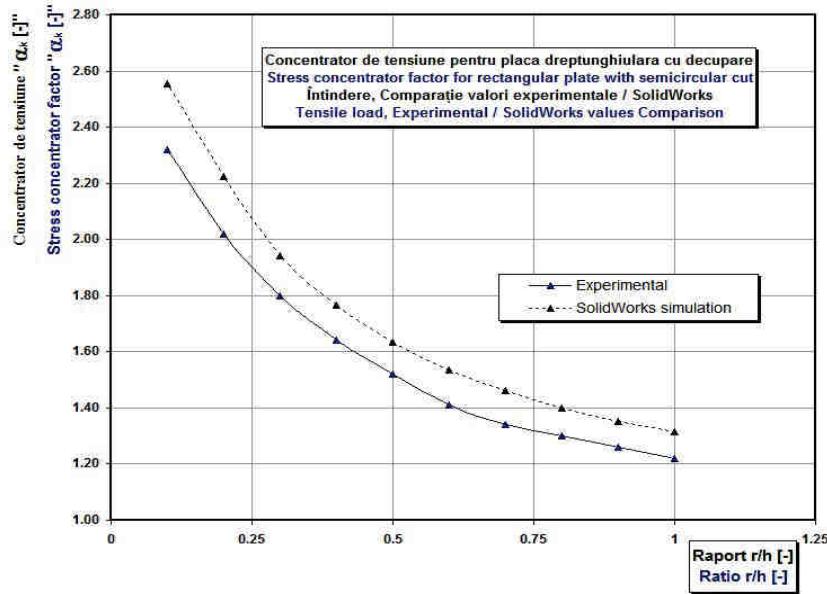


Fig. 10.17

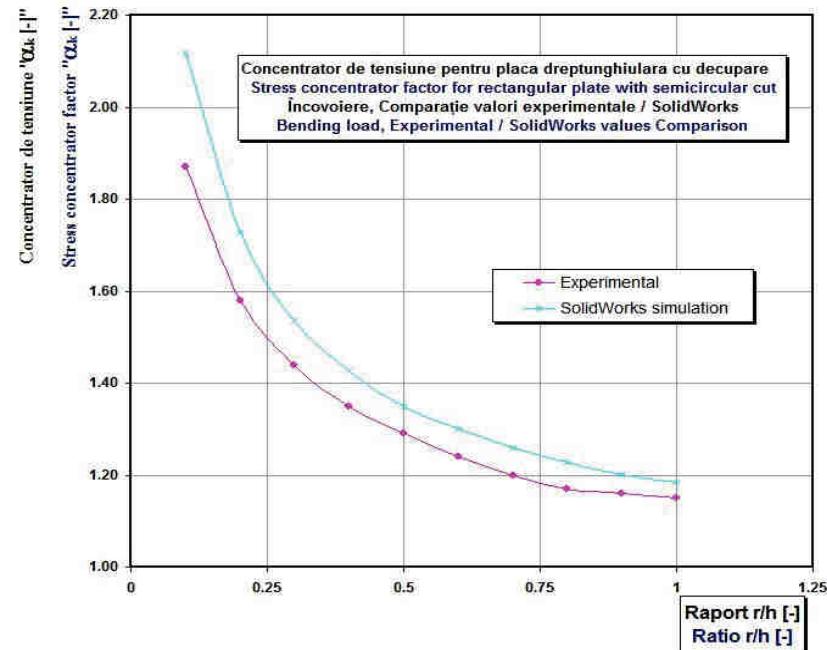
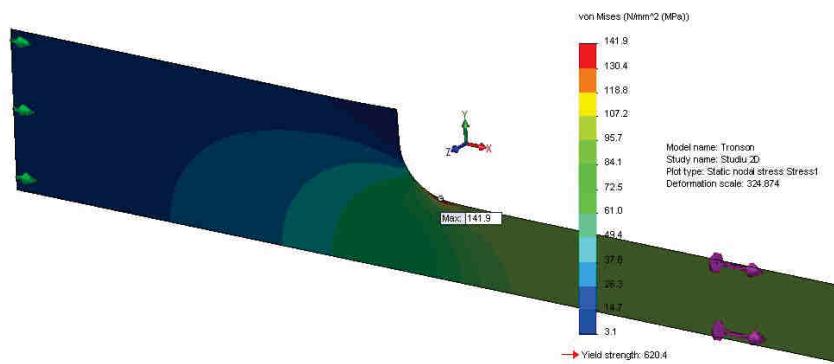
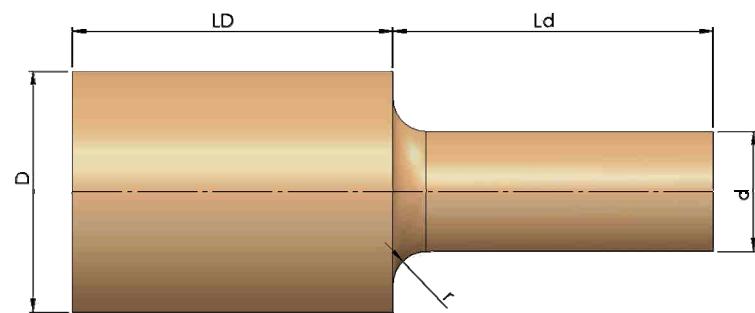


Fig. 10.18



## 11. STUDIUL NUMERIC AL CONCENTRATORULUI DE TIP RACORDARE PENTRU O BARĂ DE SECȚIUNE CIRCULARĂ SUPUSĂ SOLICITĂRII DE ÎNTINDERE

### 11. NUMERICAL STUDY OF THE LOCAL STRESS FOR A FILLET WITH TENSILE FORCE APPLIED ON A CIRCULAR SECTION BAR



### 11.1 Obiective ale aplicației

Pieselete din construcțiile de mașini prezintă variații bruske de secțiune datorită existenței unor elemente specifice (găuri filetate, canale de pană, gulere de racordare, etc.). În asemenea locuri, studiul teoretic și experimental a arătat că are loc o concentrare a eforturilor unitare, în sensul creșterii valorii tensiunii locale mult peste cea calculată prin relații uzuale ale rezistenței materialelor. Aplicația abordează studiul numeric al concentratorului de tip racordare circulară pentru o bară de secțiune circulară, fig. 11.1, supusă solicitării de întindere și oferă o comparație a rezultatelor numerice cu cele determinate experimentale [20], [21].

Variația bruscă de secțiune care dă naștere fenomenului de concentrare a eforturilor unitare într-un corp poartă numele de concentrator. Pentru concentratorul de tip racordare circulară, fig. 11.1, concentratorul de tensiune este generat datorită variației de secțiune de la diametrul „D” la diametrul „d” al barelor de secțiune circulară, precum și de valoarea razei de racordare „r” dintre cele două diametre. Efectul cantitativ al concentratorului asupra mărimii efortului unitar maxim „ $\sigma_{max}$ ” este contabilizat prin intermediul coeficientului de concentrare „ $\alpha_{\sigma}$ ” conform relației (1), unde valorile coeficientului  $\alpha_{\sigma}$  sunt determinate experimental [2], iar tensiunea  $\sigma_n$  se exprimă prin relația (2).

$$\sigma_{max} = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_n \quad (1)$$

### 11.1 Goals of the application

The components from the engineering domain include section variation due to specific elements (thread holes, grooved wedge, thrust collar, etc.), where the experimental and theoretical studies show the local stress with an increased value comparative with the stress values calculated by classical resistance formulas. The application presents a numerical study of the local stress for a circular fillet corner with a tensile force applied on a rod shape, fig. 11.1, and a comparative result of the numerical and experimental data [20], [21].

The section variation of the fillet corner geometry will generate local stress due to the transition of the „D” diameter to the „d” diameter and also due to the radius „r” of the rod shape.

The value of maximal local stress „ $\sigma_{max}$ ” is calculated with the coefficient „ $\alpha_{\sigma}$ ” by formula (1), where the values of  $\alpha_{\sigma}$  coefficient are experimentally determined [2], and the „ $\sigma_n$ ” parameter is the nominal stress value for the section with the „d” diameter, calculated with the classical resistance formula (2) for an applied tensile force.

$$\sigma_n = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \quad (2)$$

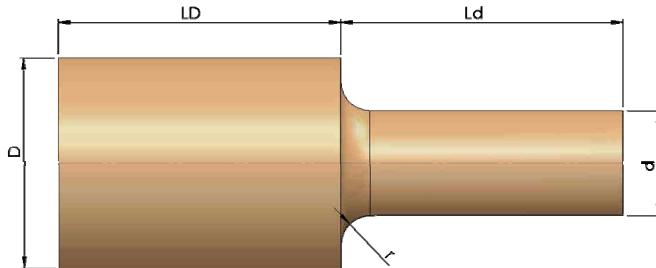


Fig. 11.1

Studiile experimentale efectuate pe concentratorul de tensiune au fost efectuate în regim elastic și pentru solicitări statice. În aceste condiții s-a constatat că coeficientul de concentrare este independent de material, fiind funcție numai de parametrii geometrici „ $r/d$ ” respectiv „ $D/d$ ”. Variația concentratorului „ $\alpha_{\sigma}$ ” funcție de raportul „ $r/d$ ” pentru valori parametrice ale raportului „ $D/d$ ” este prezentată grafic în fig. 11.2 [2]. Se observă că influența concentratorului crește semnificativ odată cu creșterea raportului „ $D/d$ ” respectiv cu reducerea raportului „ $r/d$ ” respectiv.

The experimental studies on the section with the fillet corner geometry were made for elastic regimes and static loads. In these conditions, the material will not influence the local stress value; the main parameters which will influence the local stress value are geometrical parameters of „ $r/d$ ” and „ $D/d$ ” ratio. The variation of the „ $\alpha_{\sigma}$ ” coefficient as a function of the „ $r/d$ ” ratio for parametrical values of the „ $D/d$ ” ratio is presented in fig. 11.2 [2], where the increasing influence of the coefficient for increasing values of „ $D/d$ ” ratio and reduced values of „ $r/d$ ” ratio can be observed.

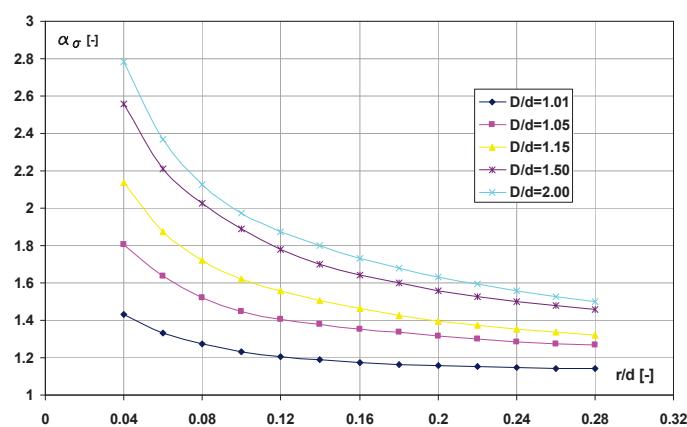


Fig. 11.2

Pentru simulare s-a impus valoarea diametrului  $d=30$  mm, iar lungimile tronsoanelor la valorile  $L_D=L_d=80$  mm. Din sirul de valori ale raportului „ $D/d$ ”: 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00 rezultă valorile corespunzătoare ale diametrului „ $D$ ”, respectiv: 30.3, 31.5, 34.5, 45, 60 mm. Din sirul de valori ale raportului „ $r/d$ ”: 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.24, 0.28 rezultă valorile razei de racordare „ $r$ ”, respectiv: 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 8.4 mm. Astfel rezultă 35 variante de geometrii analizate, pentru fiecare variantă interesând valoarea maximă a efortului unitar  $\sigma_{VonMises}$  rezultată din simularea numerică prin aplicarea solicitării de întindere cu forță  $F=70700$  N. În SolidWorks se va efectua un studiu de simulare, continuat apoi printr-un studiu de analiză, cu raza de racordare ca parametru variabil și tensiunea  $\sigma_{Von Mises}$  ca parametru monitorizat.

### 11.2 Etape ale aplicației

- Creare fișier;
- Creare geometrie;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Creare studiu simulare;
- Selecție material;
- Aplicare restrângeri;
- Aplicare încărcări;
- Discretizare în elemente finite;
- Calcul studiu de analiză;
- Vizualizare distribuție tensiuni Von Mises;
- Creare și calcul studiu de analiză;
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

For numerical simulation, the value of the diameter  $d=30$  mm and the length  $L_D=L_d=80$  mm are imposed. From the following values of the „ $D/d$ ” ratio: 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00 arise the values for „ $D$ ”, diameter: 30.3, 31.5, 34.5, 45, 60 mm. From the following values of the „ $r/d$ ” ratio: 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.2, 0.24, 0.28 arise the values for „ $r$ ” radius: 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 8.4 mm. And so, 35 version for fillet corner geometry will be obtained, it is important for each version to calculate with a numerical simulation the maximal value of the local stress  $\sigma_{VonMises}$  for a tensile force  $F=70700$  N applied to the rod shape. A simulation study will be performed in SolidWorks, followed by a design study, with the ” $r$ ” radius acting as a input parameter and the stress  $\sigma_{Von Mises}$  as a monitoring parameter.

### 11.2 Stages of the application

- Creation of the file;
- Creation of the geometry;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- Creation of the simulation study;
- Selection of the material;
- Applying restraints and loads;
- Meshing and running the simulation study;
- Viewing VonMises stress distribution;
- Creating and running design study;
- Simulation and experimental results comparison.

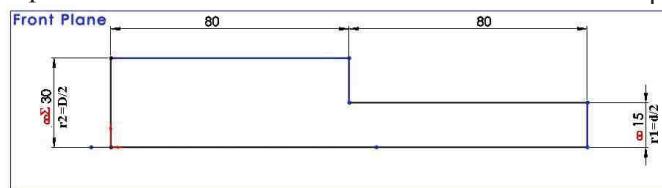
### 11.3 Creare geometrie

#### 11.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou „*part*” document și se va salva sub numele de **Tronson**.

#### 11.3.2 Crearea unei schițe

Se va desena conturul din fig. 11.3 în planul **Front**.



Pentru valoarea impusă a diametrului  $d=2 \cdot r_1=30$  mm, valorile razei  $r_2=D/2$  se vor calcula funcție de valorile rapoartelor „ $D/d$ ” : 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00. Pentru aceasta se va folosi facilitatea **Equations** a SolidWorks, prin care se pot crea relații matematice între dimensiunile modelului sau alte proprietăți ale acestuia, prin intermediul dimensiunilor sau numelor de proprietăți utilizate ca și variabile.

Din meniul SolidWorks se va activa fereastra **Equations**, fig. 11.4, în succesiunea **Tools** → **Equations**. Prin butonul **Add** se vor defini următoarele trei ecuații:

$$r_1=15 \quad (3)$$

$$\text{coefficient}=2 \quad (4)$$

### 11.3 Creation of the geometry

#### 11.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Tronson**.

#### 11.3.2 Creation of a new sketch

The profile from fig. 11.3 is drawn in **Front** plane.

For an imposed value of  $d=2 \cdot r_1=30$  mm for the diameter, the numerical values of the radius  $r_2=D/2$  are calculated as a function of the following ratio „ $D/d$ ” : 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00, using the **Equations** facility of SolidWorks, which can create mathematical relations between model dimensions or other model properties using dimension or property names as variables.

The window **Equations**, fig. 11.4, will be activated from SolidWorks main menu: **Tools** → **Equations**. With **Add** button, the following three equations will be defined:

$$r_2=\text{coefficient} * r_1 \quad (5)$$

Pentru parametrul „**coefficient=2**” s-a specificat prima dintre valorile șirului „ $D/d$ ”. Într-o viitoare etapă, valoarea acestui parametru se va modifica astfel încât să parcurgă restul de valori ale șirului „ $D/d$ ” : 1.01, 1.05, 1.15, 1.50.

The “**coefficient=2**” parameter received the first value from the list of „ $D/d$ ” ratio. In a future stage, the value of this parameter will be modified to traverse all the remaining values of the „ $D/d$ ” ratio: 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00.

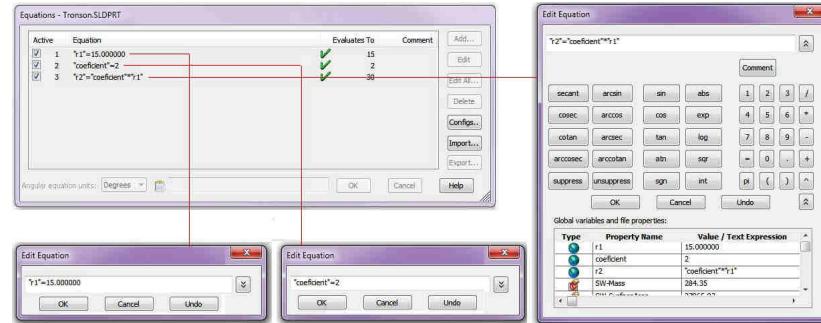


Fig. 11.4

În continuare se va crea legătura dintre cotele **r1** și **r2** ale schiței cu variabilele definite în fereastra **Equation**, fig. 11.5:

- Dublu click pe cota **r1** va activa fereastra **Modify**;
- Din lista asociată valorii numerice a cotei se va selecta opțiunea **Link Value**;
- Din lista **Name** se va selecta variabila **r1**;
- Se repetă procesul pentru variabila **r2**.

Astfel valoarea cotei  $\alpha\Sigma r2$  este legată de valoarea cotei  $\alpha r1$  prin intermediul coeficientului **coeficient**, în baza relației (5).

This step will create the link between the **r1** and **r2** sketch dimension and the variables defined in the **Equations** window, fig. 11.5:

- Double click on **r1** dimension to activate the **Modify** window;
- From the associated list select **Link Value** option;
- From **Name** list select **r1** variable;
- Repeat this steps for **r2** variable.

So, the  $\alpha\Sigma r2$  value is linked to  $\alpha r1$  value through the **coeficient** value and relation (5).

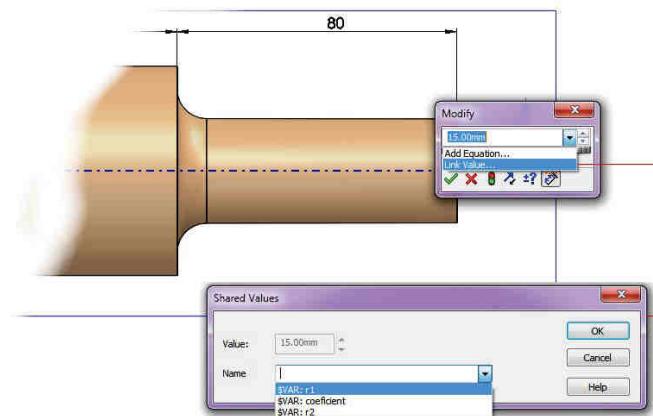


Fig. 11.5

### 11.3.3 Revoluție contur

Conturul va fi revoluționat pe  $360^\circ$ .

- Click **Revolve Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Revolve** PropertyManager, iar vederearea se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta conturul generând în zona grafică o previzualizare a revoluției.
- Click în regiunea **Axis of Revolution** și se va selecta axa de revoluție în zona grafică.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** și **Direction 2** se vor completa, fig. 11.6:
  - **Blind** în lista **Revolve Type**.
  - Valoarea **360 Angle**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Revolve1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

### 11.3.3 Revolving of the profile

The profile will revolve on  $360^\circ$ .

- Click **Revolved Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Revolve** PropertyManager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the profile; a preview of the revolution appears in the graphics area.
- Click in **Axis of Revolution** region and select the axis of revolution in the graphic area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**, fig. 11.6:
  - Select **Blind** in **Revolve Type** list.
  - Set **Angle** to **360**.
- Click **✓**; the new feature, **Revolve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

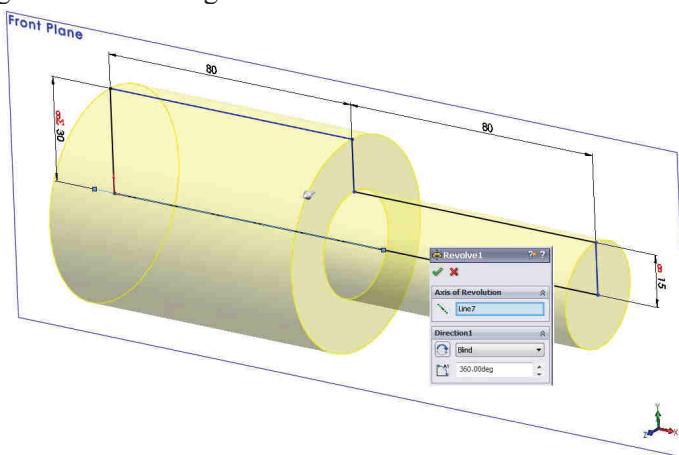


Fig. 11.6

#### 11.3.4 Creare racordare

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Fillet** PropertyManager.
- În câmpul **Radius** se va completa valoarea 8.4.
- Se va selecta muchia din fig. 11.7, generând în zona grafică o previzualizare a racordării.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Fillet1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

#### 11.3.4 Fillet operation

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- The **Fillet** PropertyManager appears in the left pane.
- The value 8.4 will be set in the **Radius** field.
- Select the edge from fig. 11.7; a preview of the fillet appears in the graphics area.
- Click **✓**; the new feature, **Fillet1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to Fit the view.

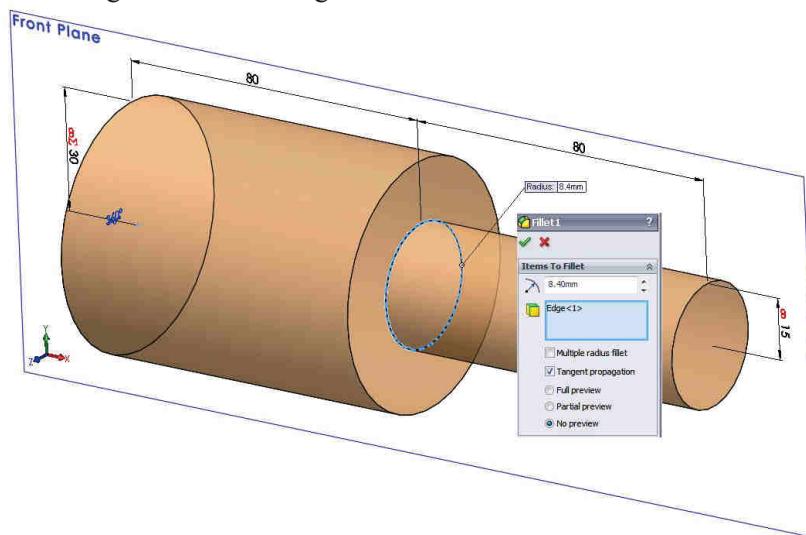


Fig. 11.7

#### 11.3.4 Creare axă de referință

- Din meniul SolidWorks se va activa succesiunea **Insert** → **Reference Geometry** → **Axis**.
- Se va selecta muchia din fig. 11.8, generând în zona grafică o previzualizare a racordării.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Axis1**.

#### 11.3.4 Creation of the reference axis

- From SolidWorks menu activate **Insert** → **Reference Geometry** → **Axis**.
- Select the face from fig. 11.8; a preview of the fillet appears in the graphics area.
- Click **✓**; the new feature, **Axis1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

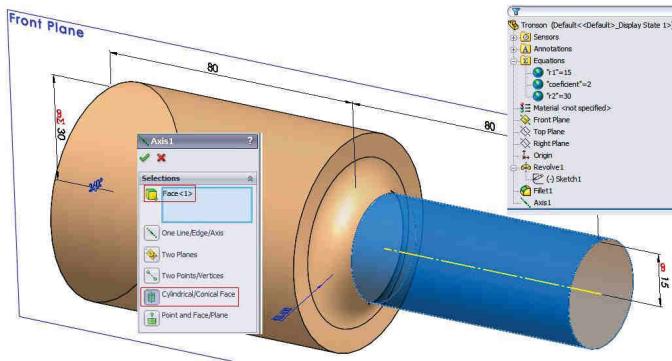


Fig. 11.8

#### 11.4 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click Tools → Add-Ins.
- Se va selecta modulul SolidWorks Simulation.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea Simulation.

#### 11.4 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click Tools → Add-Ins.
- Select SolidWorks Simulation module.
- The main menu will be provided with additional menu option Simulation.

#### 11.5 Creare studiu de simulare

Anumite modele 3D pot fi simplificate prin simulare în 2D, pentru studii statice, neliniare, vase sub presiune și termice. Prin simulare 2D se câștigă timp utilizând aceasta simplificare, deoarece modelele 2D necesită mai puține elemente finite și condiții de contact mai simple comparativ cu modelele 3D.

În caseta 2D Simplification PropertyManager, opțiunea Type permite selecția unui din cele trei tipuri de studii:

• **Plane stress** – utilizată pentru extruziuni lineare subțiri, unde una din dimensiuni este mult mai mică comparativ cu celelalte două. Forțele care acționează perpendicular pe plan trebuie neglijate. Opțiunea nu este disponibilă pentru studii termice.

#### 11.5 Creation of the simulation study

Certain 3D models can be simplified by simulating them in 2D. 2D simplification is available for a static, nonlinear, pressure vessel design, and thermal studies. With this analysis type, it is possible to save time by using the 2D simplification option for applicable models, because 2D models require fewer mesh elements and simpler contact conditions compared to their 3D counterparts.

In the 2D Simplification PropertyManager, under Type, one of three type of study can be select:

• **Plane stress** - Use this option for thin linear extrusions where one of the dimensions of the bodies is much smaller than the other two. The forces acting normal to the plane are negligible. This option is not available for thermal studies.

- **Plain strain** - utilizată pentru extruziuni lineare groase, unde una din dimensiuni este mult mai mare comparativ cu celelalte două. În direcția normală pe planul secțiunii, corpul nu se deformează și forțele nu pot fi variabile. Opțiunea nu este disponibilă pentru studii termice.
- **Extruded** - utilizată pentru încărcări termice constante de-a lungul direcției de extrudare. Opțiunea este disponibilă numai pentru studii termice.
- **Axisymmetric** - utilizată pentru geometrii, proprietăți de material, încărcări, restrângeri și condiții de contact axial simetrice în raport cu o axă.

În cadrul acestei aplicații se va utiliza simplificarea 2D a geometriei. Pentru a crea studiu de simulare 2D, fig. 11.9:

- Click **Simulation** →  **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **Studiu 2D** - 1.
  - Tip studiu **Type**: click **Static** - 2.
  - Activare opțiune **Use 2D Simplification** - 3.
- Click ; apare fereastra **Studiu 2D (2D Simplification)**.
- Selectie opțiune **Axisymmetric** - 4.
- Selectie plan **Front** - 5.
- Selectie **Axis1** ca axă de referință - 6.
- Selectie opțiune **Use other side** pentru rotația secțiunii cu 180° în raport cu axa selectată - 7.
- **Plane strain** - Use this option for thick linear extrusions where one of the dimensions of the bodies is much larger than the other two. In the section plane's normal direction, the body does not deform and the forces cannot vary. This option is not available for thermal studies.
- **Extruded** - Use this option to define constant thermal loads along the extrusion direction. This option is only available for thermal studies.
- **Axisymmetric** - Use this option when the geometries, material properties, loads, fixtures, and contact conditions are symmetric to an axis.

Within this application, the 2D geometry simplification is used. To create the 2D simulation study, fig. 11.9:

- Click **Simulation** →  **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **Studiu 2D - 1**.
  - Under **Type**, click **Static - 2**.
  - Activate **Use 2D Simplification** option - 3.
- Click ; the window **Studiu 2D (2D Simplification)** appear.
- Select **Axisymmetric** option- 4.
- Select **Front** plane- 5.
- Select **Axis1** as reference axis - 6.
- Select **Use other side** option to rotate the sections by 180° about the axis- 7.

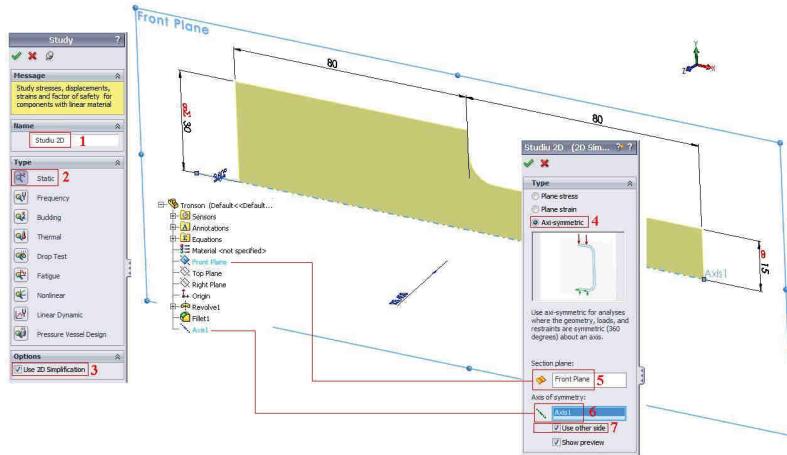


Fig. 11.9

## 11.6 Selectie material

- Click dreapta pe ramura Tronson și selectie **Apply/Edit Material**.
- Selectie material Alloy Steel din libraria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

## 11.6 Selection of the material

- Right-click the **Tronson** folder and select **Apply/Edit Material**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

## 11.7 Aplicare restrângerî

Se va anula translația piesei pe direcția X pe muchia „D/2”, fig. 11.10.

- Click dreapta pe ramura **Fixtures** și selectie **Fixed Geometry**.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie **Use Reference Geometry** în zona **Standard**.
  - Selectie muchie „D/2”.
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction** și selectie **Front Plane** din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
  - Sub **Translations**: click pentru activare icoană **Along Plane Dir1** .
- Click .

## 11.7 Applying restraints

The 0 value is imposed for the X translation on the „D/2” edge, fig. 11.10.

- Right-click the **Fixtures** folder and select **Fixed Geometry**.
- In the PropertyManager:
  - Select **Use Reference Geometry** under **Standard**.
  - Select the edge „D/2”.
  - Click **Face, Edge, Plane for Direction** area and Select **Front Plane** from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
  - Under **Translations**: click to select **Along Plane Dir1** icon .
- Click .

## 11.8 Aplicare încărcări

Piesa este încărcată cu forța axială  $F=70700$  N aplicată pe muchia „ $d/2$ ”, fig. 11.10. Click dreapta pe ramura **External Loads**  și selecție **Force**.

- În caseta PropertyManager:
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selecție muchia „ $d/2$ ”
  - Selectie opțiune **Normal**;
  - Sub **Unit**, selectie **SI**.
  - Introducere valoare 70700 în câmpul **Force Value** .
  - Activare opțiune **Reverse direction**.

- Click .

## 11.8 Applying loads

The part is loaded with axial force  $F=70700$  N, applied on the „ $d/2$ ” edge, fig. 11.10. Right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.

- In the PropertyManager:
  - Click Face, Edge, Plane for Direction  area and select „ $d/2$ ” edge.
  - Select **Normal** option.
  - Sub **Unit**, select **SI**.
  - Set 70700 value in **Force Value** .
  - Activate the **Reverse direction** option.

- Click .

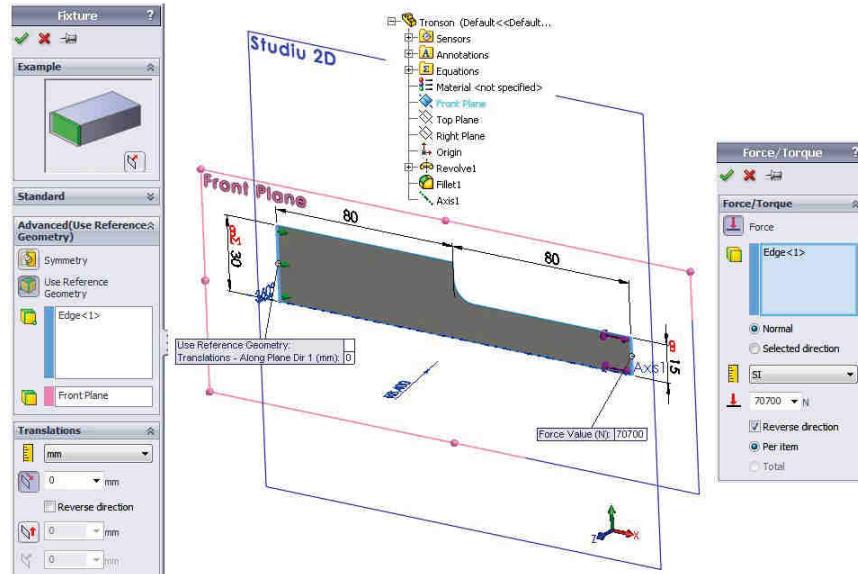


Fig. 11.10

### 11.9 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe Mesh și selectie **Create Mesh** .

- În fereastra Mesh:

- Deplasare slider **Mesh Factor** spre **Fine**;
- Selectie optiune **Standard Mesh** și **Automatic Transition**.
- Click .

Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe Mesh și selectie optiune **Details**, fig. 11.11.

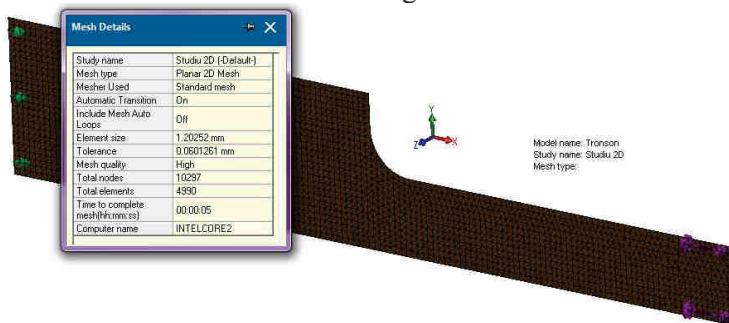


Fig. 11.11

- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului și selecție **Run** .
- La finalizarea calculului, se va crea ramura **Results**, căreia îi este subordonată subramura **Stress1 (vonMises)**.
- Prin dublu click pe ramura **Stress1 (vonMises)** se va activa afișarea distribuției de tensiuni VonMises, fig. 11.12.
- Tensiunea maximă se obține în zona de racordare a celor două tronsoane cilindrice.

### 11.9 Meshing and running the simulation study

- In the Simulation tree, right-click **Mesh** and select **Create Mesh** .

- In **Mesh** window:

- Put the slider **Mesh Factor** to **Fine**;
- Select **Standard Mesh** and **Automatic Transition** options.
- Click .

The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh** and select **Details** option, fig. 11.11.

- In the Simulation tree, right-click the name study and select **Run** .
- The **Results** and **Stress1 (vonMises)** branches will be created.
- The VonMises stress distribution are displayed with a double click on the **Stress1 (vonMises)** branch, fig. 11.12.
- The maximal value of the VonMises stress is obtained in the rounding region of the two cylindrical parts.

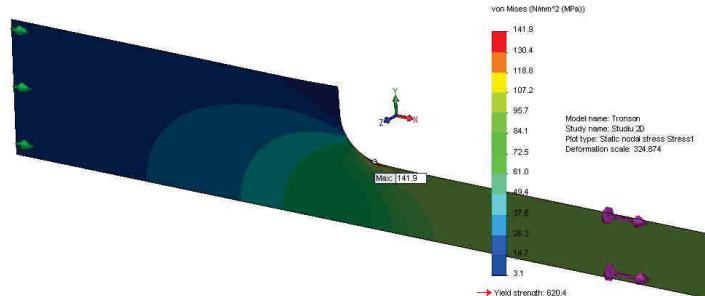


Fig. 11.12

### 11.10 Creare și calcul studiu de analiză

Valoarea maximă a tensiunii Von Mises se obține în dreptul racordării. Calculul tensiunilor maximale pentru valorile razelor „r” se va realiza printr-un studiu de analiză.

Vom crea variabila ale cărei valori influențează geometria analizată, în cazul nostru raza de racordare “r”.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; va fi afișată fereastra **Parameters**, fig. 11.13.
- Click butonul **Add**; va fi afișată fereastra **Add Parameters**, fig. 11.13.
- Se va completa numele parametrului **Raza** în câmpul **Name**.
- Din lista **Filter** se va selecta opțiunea **Model dimensions**.
- Prin click stânga mouse în zona grafică se va selecta dimensiunea corespunzătoare razei; identificatorul acestieia va fi transferat în câmpul **Model dimension** al ferestrei **Add Parameters**.
- Click **OK**; fereastra **Add Parameters** se va închide și parametrul **Raza** va fi adăugat în lista de parametrii a ferestrei **Parameters**.

### 11.10 Creation and running of the design study

The maximal value of VonMises stress is obtained in the rounding region. The maximal VonMises stress value is obtained by a design study where the radius “r” acts as input parameter. First we will create the variable used in the design study.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; the **Parameters** window will be displayed, fig. 11.13.
- Click **Add Parameters**; the **Add Parameters** window will be displayed, fig. 11.13.
- The parameter name **Raza** must be set in **Name** field.
- **Model dimensions** option must be selected from **Filter** list.
- The radius dimension must be selected with a left mouse click; the dimension identifier is completed the in **Model dimension** filed of the **Add Parameters** window.
- Click **OK**; the **Add Parameters** window will be closed and the **Raza** parameter will be added to the **Parameters** window list.

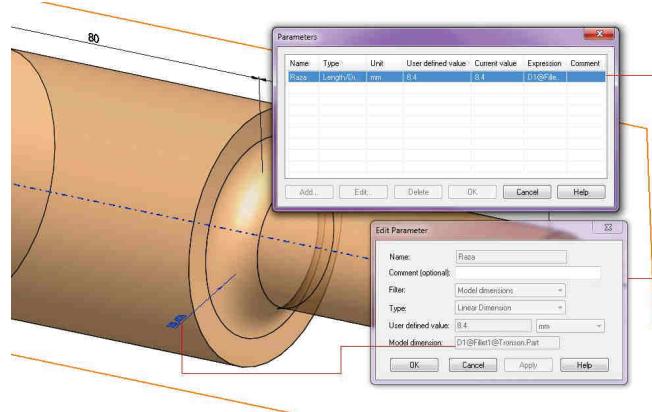


Fig. 11.13

Se va crea studiul de analiză:

- Click **Insert → Design Study → Add**; va fi afișată secțiunea **Design Study** la baza ferestrei grafice **Parameters**, fig. 11.14.
- Click **Click here to add Variables** și selecție parametru **Raza** din fereastra **Parameters - 1**.
- Selecție opțiune **Discrete Values - 2**.
- Specificați valorile discrete ale razei de racordare: 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 8.4 - **3**.
- Click **Click here to add Constraints** și selecție opțiune **Add Sensor - 4**; se va deschide fereastra **Sensor**.
- Selecție opțiune **Simulation Data - 4.1**.
- Selecție opțiune **Stress** în lista **Data Quantity - 4.2**.
- Selecție opțiune **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** în lista **Data Properties - 4.3**.
- Click **✓**.
- Selecție opțiune **Monitor Only - 5**.
- Click **Run - 6**.

To create the design study:

- Click **Insert → Design Study → Add**; will be displayed the **Design Study** tab at the bottom of the graphic area, fig. 11.14.
- Click **Click here to add Variables** and select **Raza** parameter from **Parameters** window - **1**.
- Select **Discrete Values** option - **2**.
- Specify the discrete values of the radius “r”: 1.2, 2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 8.4 - **3**.
- Click **Click here to add Constraints** and select **Add Sensor** option - **4**; the **Sensor** window will open.
- Select **Simulation Data** option - **4.1**.
- Select **Stress** option in **Data Quantity** list - **4.2**.
- Select **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** option in **Data Properties** list - **4.3**.
- Click **✓**.
- Select **Monitor Only** option - **5**.
- Click **Run - 6**.

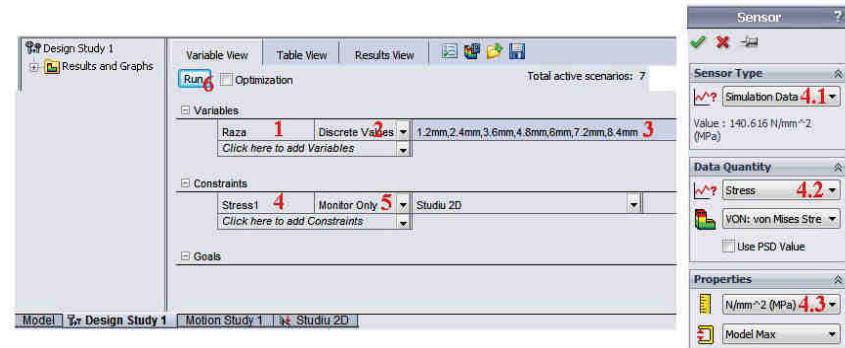


Fig. 11.14

- Rezultatele calculate vor fi afișate în secțiunea **Results View**.
- Prin click stânga pe numele fiecărui scenariu distibuția de tensiuni VonMises va fi actualizată în zona grafică.
- Operațiile vor fi repeteate după modificarea valorii parametrului **coefficient**, astfel încât să se parcurgă restul de valori ale șirului „D/d” : 1.01, 1.05, 1.15, 1.50. Din meniul SolidWorks se va activa fereastra **Equations**, fig. 11.15, în succesiunea **Tools** → **Equations**. Prin selecția relației asociate parametrului **coefficient** și click pe butonul **Edit** se poate modifica valoarea acestuia.
- The final results are accessible through **Results View** window.
- With left click on each scenario name, the graphic area will show the VonMises distribution.
- The steps from this paragraph will be repeated by modifying the **coefficient** value to traverse all the remaining values of the „D/d” ratio: 1.01, 1.05, 1.15, 1.50, 2.00. The window **Equations**, fig. 11.15, will be activated from the SolidWorks main menu: **Tools** → **Equations**. By selecting the **coefficient** formulas and clicking the **Edit** button, the **coefficient** value can be modified.

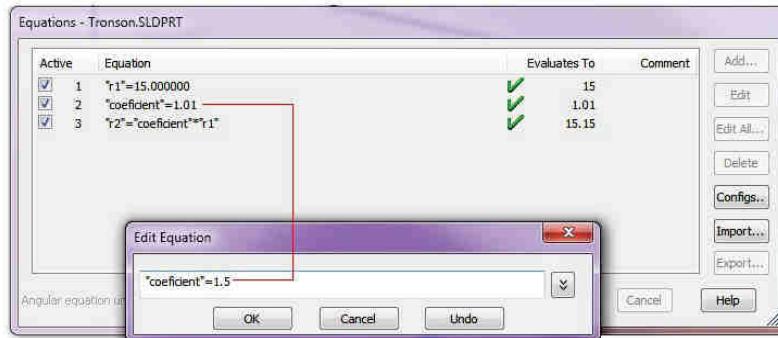


Fig. 11.15

- Rezultatele studiilor de analiză sunt prezentate în fig. 11.15...fig. 11.20, tab. 11.1, fig. 11.21... fig. 11.25.

Design Study 1 Results and Graphs								
	Variable View	Table View	Results View	Graphs	3D View	Print	Help	Close
8 of 8 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High								
Raza	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Stress1	Monitor Only	141.94 N/mm <sup>2</sup>	141.94 N/mm <sup>2</sup>	226.78 N/mm <sup>2</sup>	199.25 N/mm <sup>2</sup>	184.64 N/mm <sup>2</sup>	168.67 N/mm <sup>2</sup>	156.4 N/mm <sup>2</sup>
Stress1	Monitor Only	141.94 N/mm <sup>2</sup>	141.94 N/mm <sup>2</sup>	226.78 N/mm <sup>2</sup>	199.25 N/mm <sup>2</sup>	184.64 N/mm <sup>2</sup>	168.67 N/mm <sup>2</sup>	156.4 N/mm <sup>2</sup>

Fig. 11.16

Design Study 1 Results and Graphs								
	Variable View	Table View	Results View	Graphs	3D View	Print	Help	Close
8 of 8 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High								
Raza	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Stress1	Monitor Only	142.5 N/mm <sup>2</sup>	142.5 N/mm <sup>2</sup>	211.47 N/mm <sup>2</sup>	187.49 N/mm <sup>2</sup>	175.89 N/mm <sup>2</sup>	163.82 N/mm <sup>2</sup>	153.11 N/mm <sup>2</sup>
Stress1	Monitor Only	142.5 N/mm <sup>2</sup>	142.5 N/mm <sup>2</sup>	211.47 N/mm <sup>2</sup>	187.49 N/mm <sup>2</sup>	175.89 N/mm <sup>2</sup>	163.82 N/mm <sup>2</sup>	153.11 N/mm <sup>2</sup>

Fig. 11.17

Design Study 1 Results and Graphs								
	Variable View	Table View	Results View	Graphs	3D View	Print	Help	Close
8 of 8 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High								
Raza	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Stress1	Monitor Only	132.98 N/mm <sup>2</sup>	132.98 N/mm <sup>2</sup>	168.54 N/mm <sup>2</sup>	158.96 N/mm <sup>2</sup>	150.07 N/mm <sup>2</sup>	142.77 N/mm <sup>2</sup>	138.95 N/mm <sup>2</sup>
Stress1	Monitor Only	132.98 N/mm <sup>2</sup>	132.98 N/mm <sup>2</sup>	168.54 N/mm <sup>2</sup>	158.96 N/mm <sup>2</sup>	150.07 N/mm <sup>2</sup>	142.77 N/mm <sup>2</sup>	138.95 N/mm <sup>2</sup>

Fig. 11.18

Design Study 1 Results and Graphs								
	Variable View	Table View	Results View	Graphs	3D View	Print	Help	Close
8 of 8 scenarios ran successfully. Design Study Quality: High								
Raza	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Stress1	Monitor Only	122.02 N/mm <sup>2</sup>	122.02 N/mm <sup>2</sup>	148.77 N/mm <sup>2</sup>	135.54 N/mm <sup>2</sup>	130.29 N/mm <sup>2</sup>	128.49 N/mm <sup>2</sup>	125.33 N/mm <sup>2</sup>
Stress1	Monitor Only	122.02 N/mm <sup>2</sup>	122.02 N/mm <sup>2</sup>	148.77 N/mm <sup>2</sup>	135.54 N/mm <sup>2</sup>	130.29 N/mm <sup>2</sup>	128.49 N/mm <sup>2</sup>	125.33 N/mm <sup>2</sup>

Fig. 11.19

- Mărimele din tabele reprezintă:
  - „ $\alpha_{\sigma}$ ” - valoarea experimentală a concentratorului, tab. 11.1
  - „ $\sigma_n$ ” - valoarea efortului nominal rezultat din relația (2);
  - „ $\sigma_{max}$ ” - valoarea efortului maximal rezultat din relația (1);
  - „ $\sigma_{maxVonMises}$ ” - valoarea efortului unitar maxim rezultat din studiile de analiză SolidWorks;
  - „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” - valoarea concentratorului rezultat din simulare, calculată prin relația (6);
- The following notations were used in tables:
  - „ $\alpha_{\sigma}$ ” – the value of the experimental coefficient, tab. 11.1;
  - „ $\sigma_n$ ” – the nominal stress value calculated with formula (2);
  - „ $\sigma_{max}$ ” – the maximal stress value calculated with formula (1);
  - „ $\sigma_{max VonMises}$ ” - the maximal stress value obtained from SolidWorks design studies; „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” – the numerical simulation coefficient value calculated with the formula (6);

$$\alpha_{k_{SW}} = \frac{\sigma_{\max \text{ Von Mises}}}{\sigma_n} \quad (6)$$

 Abrevierea „2D” se referă la rezultatele generate prin simplificare 2D obținute în cadrul aplicației, iar abrevierea „3D” la rezultate obținute în varianta 3D [20], [21];

 The „2D” abbreviation refers to the results generated in this application by the 2D simplification and the „3D” abbreviation refers to the results obtained for the 3D analysis [20], [21];

- Err [%] – reprezintă eroarea procentuală între valoarea concentratorului determinat experimental și cel rezultat din studiile de analiză SolidWorks.
- Valorile concentratorului de tensiune obținute în urma simulării numerice sunt comparabile cu cele experimentale, diferențele fiind mai mari pentru valori reduse ale raportului „r/d”.
- Valorile concentratorului de tensiune obținute în varianta de simulare 2D și 3D sunt comparabile.
- The local stress values resulted from the numerical simulation are comparable with the experimental values, with bigger differences for smaller values of the „r/d” ratio.
- The local stress values resulted from the 2D and 3D numerical simulation are comparable.

Tab. 11.1

Ld=80 mm			LD=80 mm		F=70700 N		$\sigma_n = 100.02 \text{ MPa}$		
r/d	r	Exp.	Rel. 1		SolidWorks Simulation				
		$\alpha_\sigma$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\text{VonMises}}$ 2D	$\sigma_{\text{VonMises}}$ 3D	$\alpha_{\sigma \text{ SW}}$ 2D	$\alpha_{\sigma \text{ SW}}$ 3D	Err 2D / 3D	
-	mm	-	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	%	
<b>D/d = 1.01</b>									
d=30 mm									
0.04	1.2	1.431	143.17	109.93	129.81	1.10	1.30	-23.2 / 9.3	
0.08	2.4	1.276	127.62	109.73	121.01	1.10	1.21	-16.3 / 5.2	
0.12	3.6	1.208	120.80	108.70	115.81	1.09	1.16	-11.1 / 4.1	
0.16	4.8	1.176	117.59	107.11	114.92	1.07	1.15	-9.8 / 2.3	
0.2	6	1.156	115.59	107.95	112.50	1.08	1.12	-7.1 / 2.7	
0.24	7.2	1.147	114.70	106.91	111.40	1.07	1.11	-7.3 / 2.9	
0.28	8.4	1.140	114.02	106.48	110.41	1.06	1.10	-7.1 / 3.2	

Ld=80 mm			LD=80 mm		F=70700 N		$\sigma_n = 100.02 \text{ MPa}$	
r/d	r	Exp.	Rel. 1	SolidWorks Simulation				
		$\alpha_\sigma$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\text{VonMises}}$ 2D	$\sigma_{\text{VonMises}}$ 3D	$\alpha_{\sigma \text{ SW}}$ 2D	$\alpha_{\sigma \text{ SW}}$ 3D	Err 2D / 3D
-	mm	-	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	%
<b>D/d = 1.05</b>								
0.04	1.2	1.807	180.72	148.77	153.06	1.49	1.53	-21.5 / 15.3
0.08	2.4	1.522	152.27	135.54	137.74	1.36	1.38	-12.3 / 9.5
0.12	3.6	1.407	140.75	130.29	124.35	1.30	1.24	-8. / 11.7
0.16	4.8	1.355	135.55	128.49	124.32	1.28	1.24	-5.5 / 8.3
0.2	6	1.317	131.72	125.33	119.71	1.25	1.20	-5.1 / 9.1
0.24	7.2	1.286	128.67	123.76	118.99	1.24	1.19	-4. / 7.5
0.28	8.4	1.266	126.63	122.02	121.73	1.22	1.22	-3.8 / 3.9
<b>D/d = 1.15</b>								
0.04	1.2	2.137	213.73	166.54	187.54	1.67	1.88	-28.3 / 12.3
0.08	2.4	1.720	172.02	158.96	157.33	1.59	1.57	-8.2 / 8.5
0.12	3.6	1.556	155.58	150.07	148.73	1.50	1.49	-3.7 / 4.4
0.16	4.8	1.462	146.25	142.77	139.46	1.43	1.39	-2.4 / 4.6
0.2	6	1.395	139.55	138.95	134.22	1.39	1.34	-4. / 3.8
0.24	7.2	1.354	135.43	135.27	131.15	1.35	1.31	-1. / 3.2
0.28	8.4	1.320	132.04	132.98	128.19	1.33	1.28	.7 / 2.9
<b>D/d = 1.5</b>								
0.04	1.2	2.556	255.68	211.47	236.29	2.11	2.36	-20.9 / 7.6
0.08	2.4	2.026	202.62	187.49	185.86	1.87	1.86	-8.1 / 8.3
0.12	3.6	1.780	178.02	175.89	160.26	1.76	1.60	-1.2 / 10.
0.16	4.8	1.643	164.36	163.62	159.67	1.64	1.60	-.5 / 2.9
0.2	6	1.559	155.91	153.11	147.18	1.53	1.47	-1.8 / 5.6
0.24	7.2	1.499	149.91	147.27	144.29	1.47	1.44	-1.8 / 3.7
0.28	8.4	1.458	145.81	142.50	140.11	1.42	1.40	-2.3 / 3.9
<b>D/d = 2</b>								
0.04	1.2	2.782	278.29	226.78	255.06	2.27	2.55	-22.7 / 8.3
0.08	2.4	2.129	212.91	199.25	198.05	1.99	1.98	-6.9 / 7.
0.12	3.6	1.876	187.64	184.64	171.50	1.85	1.71	-1.6 / 8.6
0.16	4.8	1.734	173.40	168.67	164.45	1.69	1.64	-2.8 / 5.2
0.2	6	1.632	163.21	156.40	152.14	1.56	1.52	-4.4 / 6.8
0.24	7.2	1.560	156.00	148.25	147.59	1.48	1.48	-5.2 / 5.4
0.28	8.4	1.500	150.06	141.94	140.62	1.42	1.41	-5.7 / 6.3

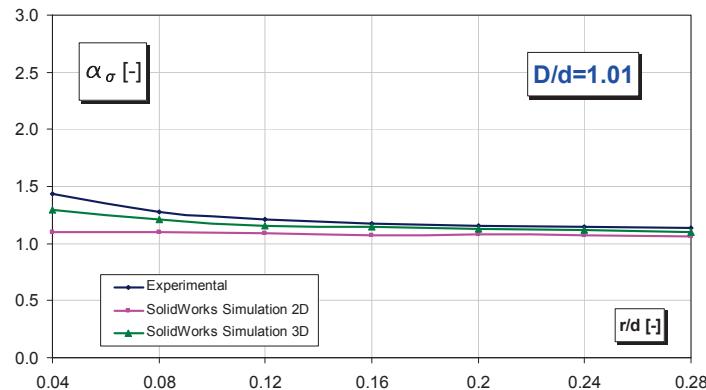


Fig. 11.21

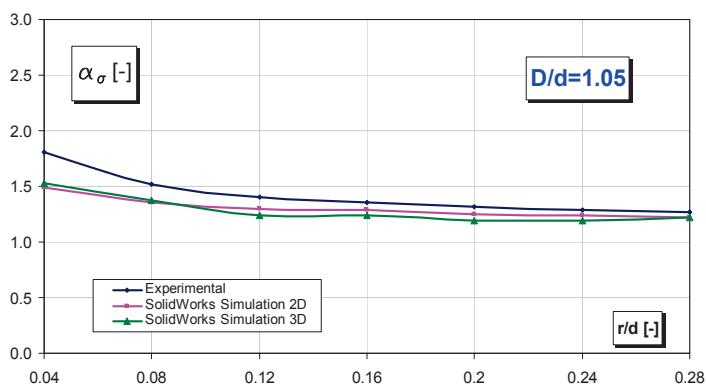


Fig. 11.22

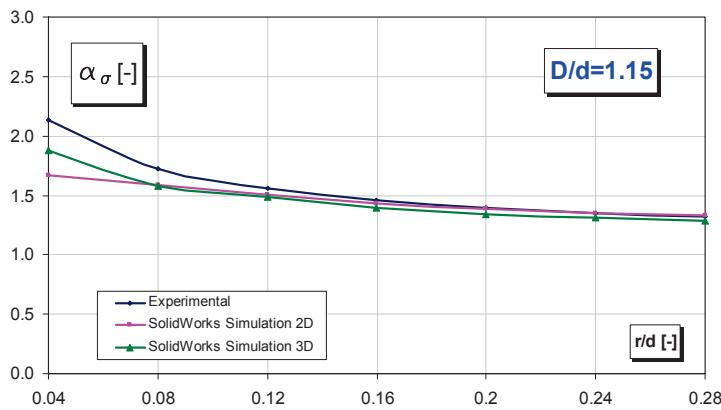


Fig. 11.23

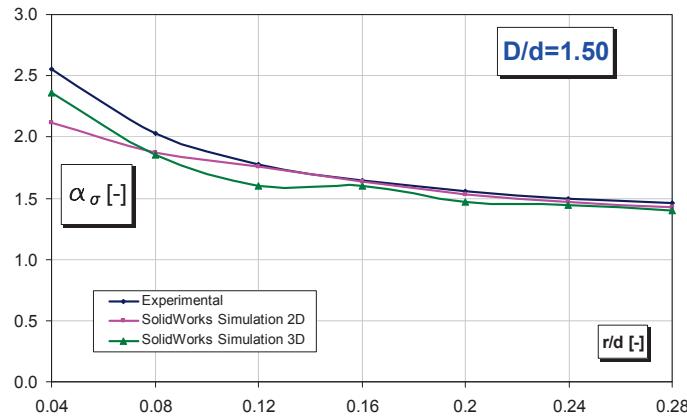


Fig. 11.24

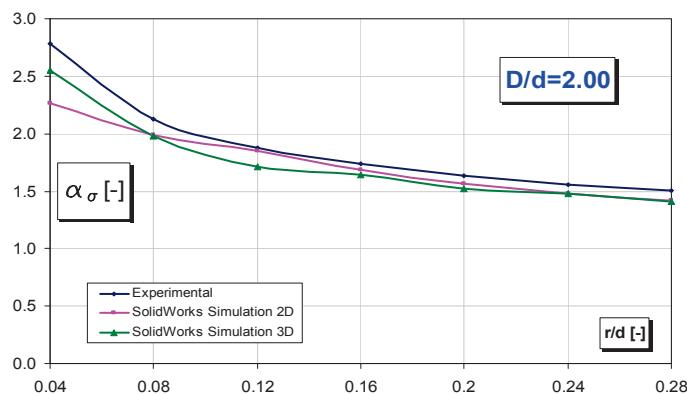
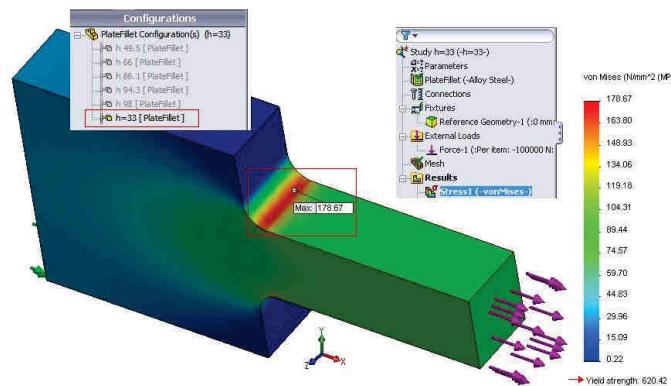
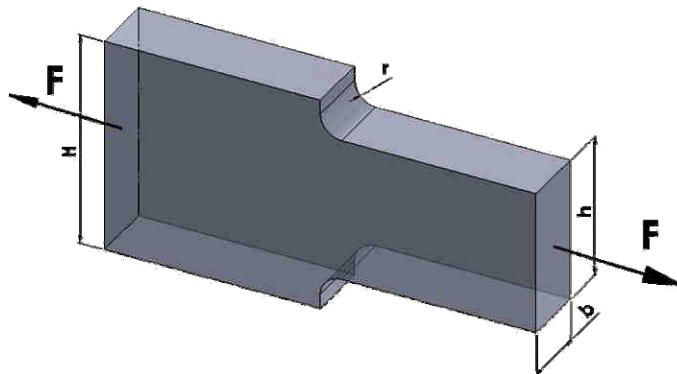


Fig. 11.25



## 12. STUDIUL NUMERIC AL CONCENTRATORULUI DE TIP RACORDARE PENTRU O BARĂ DE SECȚIUNE DREPTUNGHULARĂ SUPUSĂ SOLICITĂRII DE ÎNTINDERE

### 12. NUMERICAL STUDY OF THE LOCAL STRESS FOR A FILLET WITH TENSILE FORCE APPLIED ON A RECTANGULAR SECTION BAR



## 12.1 Obiective ale aplicației

Placa dreptunghiulară din fig. 12.1, compusă din tronsoanele „Hxbx100” respectiv „hxbx100” racordate prin raza „r” este supusă la tracțiune cu o forță  $F=100000$  N. Aplicația abordează studiul numeric al concentratorului de tip racordare pentru o placă de secțiune dreptunghiulară supusă solicitării de întindere și oferă o comparație a rezultatelor numerice cu cele determinate experimental, pentru diferite valori ale raportului „ $H/h$ ” și ale razei „ $r$ ”. Efectul cantitativ al concentratorului asupra mărimii efortului unitar maxim „ $\sigma_{max}$ ” este contabilizat prin coeficientul de concentrare „ $\alpha_k$ ” conform relațiilor (1) și 2, unde mărimea „ $\sigma_n$ ” din rel. (1) reprezintă efortul unitar nominal în secțiunea „bxh”, calculat prin relația clasică din rezistență, pentru cazul solicitării de întindere.

$$\sigma_{max} = \alpha_k \cdot \sigma_n \quad (1)$$

Studiile experimentale efectuate pe concentratorul de tensiune au fost efectuate în regim elastic și pentru solicitări statice. În aceste condiții s-a constatat că coeficientul de concentrare este independent de material, fiind funcție numai de parametrii geometrici „ $r/h$ ” respectiv „ $H/h$ ”. Variația concentratorului „ $\alpha_k$ ” funcție de raportul „ $r/h$ ” pentru valori parametrice ale raportului „ $H/h$ ” este prezentată grafic în fig. 12.1 [6]. Se observă că influența concentratorului crește semnificativ odată cu creșterea raportului „ $H/h$ ” respectiv cu reducerea raportului „ $r/h$ ” respectiv.

## 12.1 Goals of the application

The rectangular plate from fig. 12.1, consisting of „Hxbx100” and „hxbx100” boxes, that are connected by the radius „ $r$ ”, is subjected to a tensile force  $F= 100000$  N. The application presents a numerical study of the local stress for a fillet with tensile force applied on a rectangular plate and comparative results of the SolidWorks simulation and experimental data, for multiple values of “ $H/h$ ” ratio and “ $r$ ” radius.

The value of the maximal local stress „ $\sigma_{max}$ ” is calculated with the coefficient „ $\alpha_k$ ” by formulas (1) and (2), where „ $\sigma_n$ ” parameter from rel. (1) is the nominal stress value for the section „ $bxh$ ”, calculated with classical resistance formulas, for an applied tensile force.

$$\sigma_n = \frac{F}{b \cdot h} \quad (2)$$

The experimental studies on the fillet concentrator were made for elastic regimes and static loads. In these conditions, the material will not influence the local stress value; the main parameters with influence on the local stress value are the geometrical parameters of the „ $r/h$ ” and „ $H/h$ ” ratio. The variation of the „ $\alpha_k$ ” coefficient as a function of the „ $r/h$ ” ratio for parametrical values of the „ $H/h$ ” ratio is presented in fig. 12.1 [6], which shows the increasing influence of the „ $\alpha_k$ ” coefficient for increasing values of the „ $H/h$ ” ratio and reduced values of the „ $r/h$ ” ratio.

Formulele (3)...(8) au fost generate în Excel prin interpolarea polinomială a curbelor interpolation of experimental data experimentale.

H/h	Formula de interpolare / Interpolation formula	
3	$\alpha_k = 8 \cdot (r/h)^2 - 6 \cdot (r/h) + 2.73$	(3)
2	$\alpha_k = 933.33 \cdot (r/h)^4 - 823.7 \cdot (r/h)^3 + 274.11 \cdot (r/h)^2 - 43.119 \cdot (r/h) + 4.5667$	(4)
1.5	$\alpha_k = 733.33 \cdot (r/h)^4 - 639.26 \cdot (r/h)^3 + 210.28 \cdot (r/h)^2 - 33.139 \cdot (r/h) + 3.8567$	(5)
1.15	$\alpha_k = 433.33 \cdot (r/h)^4 - 391.48 \cdot (r/h)^3 + 134.19 \cdot (r/h)^2 - 22.029 \cdot (r/h) + 2.9117$	(6)
1.05	$\alpha_k = 233.33 \cdot (r/h)^4 - 215.93 \cdot (r/h)^3 + 75.028 \cdot (r/h)^2 - 12.48 \cdot (r/h) + 2.1617$	(7)
1.01	$\alpha_k = 33.333 \cdot (r/h)^4 - 27.037 \cdot (r/h)^3 + 9.8611 \cdot (r/h)^2 - 2.2638 \cdot (r/h) + 1.3417$	(8)

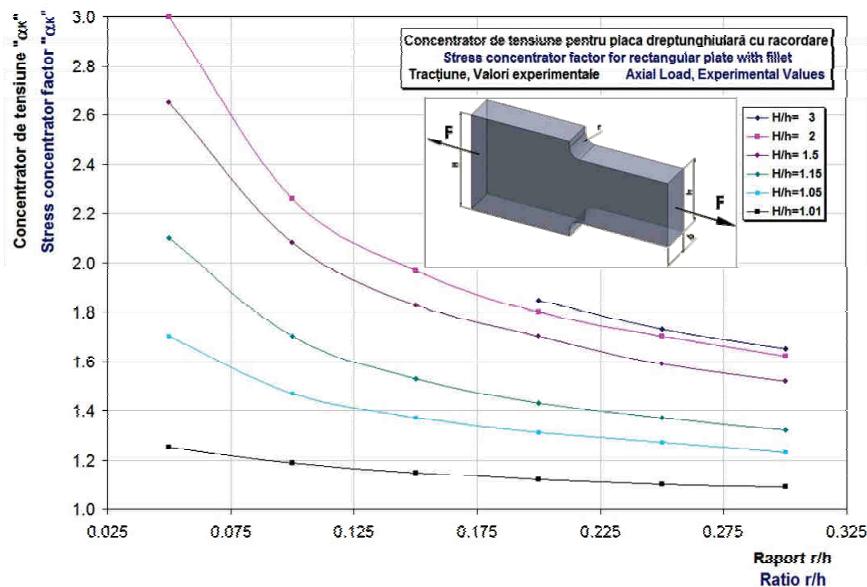


Fig. 12.1

Pentru simularea s-a impus valoarea parametrului  $H=99$  mm, iar lungimile tronsoanelor s-au impus la 100 mm. Din sirul de valori ale raportului „H/h”: 3, 2, 1.5, 1.05, rezultă valorile corespunzătoare ale parametrului „h”, respectiv: 33, 49.5, 66, 86.1, 66, 86.1, 94.3, 98 mm. 94.3, 98 mm.

The value of the parameter of  $H=99$  mm and the boxes length of 100 mm are imposed for numerical simulation. From the following values of the „H/h” ratio: 3, 2, 1.5, 1.05, 1.05, 1.05, 1.15, 1.05, 1.05, 1.01 arise the values for „h”, parameter: 33, 49.5, 66, 86.1, 66, 86.1, 94.3, 98 mm.

Din sirul de valori ale raportului „r/h”: 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 rezultă valorile razei de racordare „r”, fig. 12.2.

Astfel rezultă 33 variante de geometrii analizate, pentru fiecare variantă interesând valoarea maximă a efortului unitar  $\sigma_{Von\ Mises}$  rezultată din simularea numerică prin aplicarea solicitării de întindere pe secțiunea „bxh”, pentru o forță  $F=100000$  N.

Pentru fiecare combinație „Hxh” se va crea în SolidWorks câte o configurație geometrică, pentru care se va efectua un studiu de simulare, care va fi apoi multiplicat prin 6 studii de analiză, la care parametrul variabil va fi raza de racordare, iar parametrul monitorizat va fi tensiunea  $\sigma_{Von\ Mises}$ .

From the following values of the „r/h” ratio: 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 arise the values for „r” radius, fig. 12.2.

33 geometry version will be obtained, for each version it is important to calculate using numerical simulation the maximal value of local stress  $\sigma_{Von\ Mises}$  for a tensile force  $F=100000$  N applied to the “bxh” section.

For each combination "Hxh" a geometric configuration is created in SolidWorks, for which a simulation study will be performed; every simulation study will then be multiplied by 6 design studies, with the "r" radius acting as a input parameter and the stress  $\sigma_{Von\ Mises}$  as a monitoring parameter.

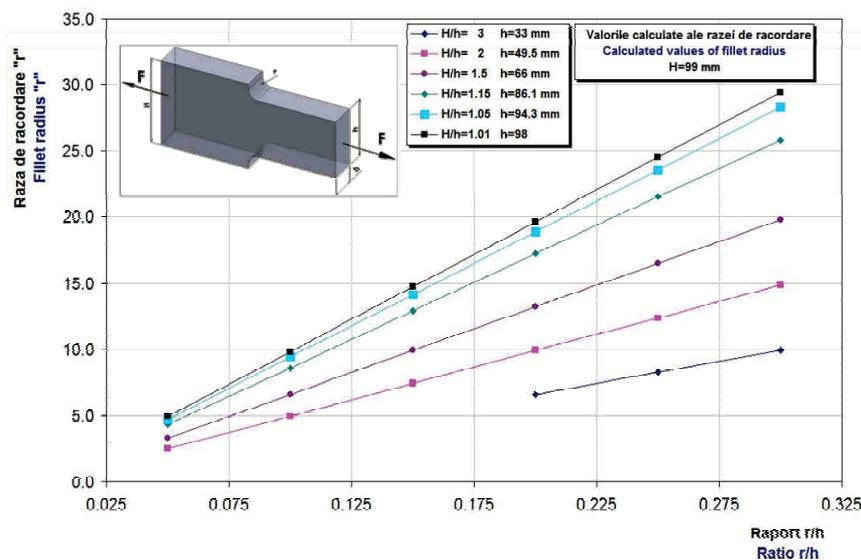


Fig. 12.2

## 12.2 Etape ale aplicației

- Creare geometrie;
- Creare configurații multiple;
- Activare modul de simulare SolidWorks Simulation;
- Pentru fiecare configurație:
  - Creare studiu simulare;
  - Selecție material;
  - Aplicare încărcări și restrângeri;
  - Discretizare în elemente finite;
  - Calcul studiu de analiză;
  - Vizualizare distribuție tensiuni Von Mises;
  - Creare studiu de analiză.
  - Calcul studiu de analiză.
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

## 12.3 Creare geometrie

### 12.3.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou document de tip “*part*” și se va salva sub numele de **PlateFillet**.

### 12.3.2 Crearea unei schițe

Se va desena conturul din fig. 12.3 în planul **Front**, cu latura  $H=99$  mm centrată în originea sistemului de referință

## 12.2 Stages of the application

- Creation of the geometry;
- Creation of multiple configurations;
- Activation of the SolidWorks Simulation module;
- For every configuration:
  - Creation of a simulation study;
  - Selection of the material;
  - Applying loads and restraints;
  - Meshing and running the simulation study;
  - Viewing the Von Mises stress distribution;
  - Creation and running of the design study;
- Simulation and experimental results comparison.

## 12.3 Creation of the geometry

### 12.3.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **PlateFillet**.

### 12.3.2 Creation of a new sketch

The profile from fig. 12.3 is drawn in **Front** plane, so that the  $H=100$  mm line is centred in origin point.

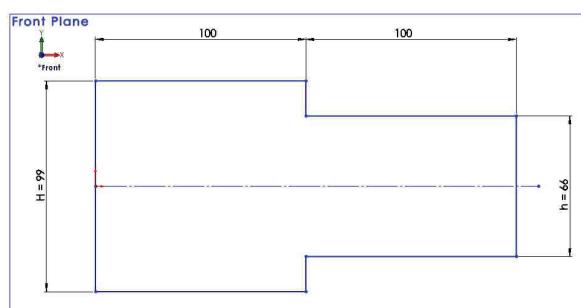


Fig. 12.3

### 12.3.3 Extrudarea contur

Conturul va fi extrudat pe distanță de 15 mm, în ambele direcții Z+ și Z-.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, iar vedere se va modifica în **Trimetric**.
- Se va selecta conturul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** și **Direction 2** se vor completa, fig. 12.4:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **15** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

### 12.3.3 Extrudation of the profile

The profile will be extruded on 15 mm on both directions Z+ and Z-.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- The **Boss-Extrude** PropertyManager appears in the left pane; the view changes to **Trimetric**.
- Select the profile; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1 & Direction 2**, fig. 12.4:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **15**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

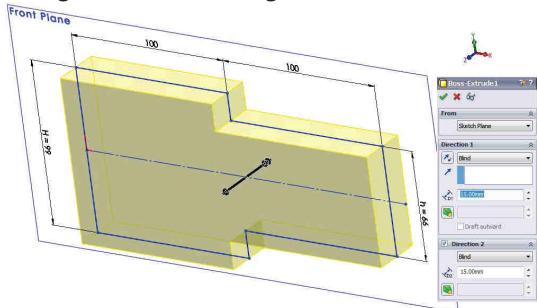


Fig. 12.4

### 12.3.4 Creare racordări

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- În stânga va apărea caseta **Fillet** PropertyManager.
- În câmpul **Radius** se va completa valoarea 9.9.
- Se vor selecta cele două muchii din fig. 12.5, generând în zona grafică o previzualizare a racordării.

### 12.3.4 Fillet operation

- Click **Fillet** (Features toolbar).
- The **Fillet** PropertyManager appears in the left pane.
- The value 9.9 will be set in **Radius** field.
- Select the two edges from fig. 12.5; a preview of the fillet appears in the graphics area.

- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Fillet1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Click ; the new feature, **Fillet1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

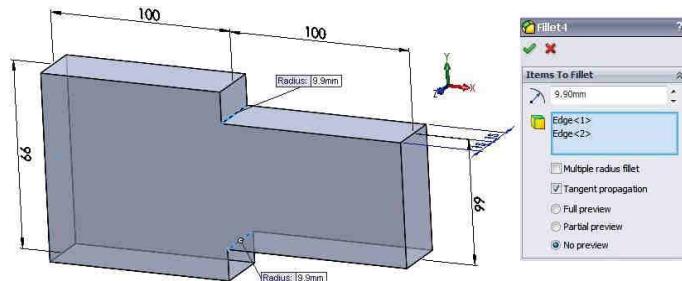


Fig. 12.5

#### 12.4 Creare configurații multiple

Pentru piese individuale, configurațiile permit crearea de familii de piese care pot dифri prin dimensiuni, entități și proprietăți generale sau personalizate.

Pentru piesa analizată, va fi creată câte o configurație pentru fiecare valoare a parametrului „h”, deci în total vor fi create următoarele șase configurații: h=33, h=49.5, h=66, h=86.1, h=94.3 și h=98, fig. 12.6.

- Pentru crearea unei configurații:
- Click pe icoana **Configuration Manager** pentru a activa managerul de configurații.
  - În managerul de configurații, click dreapta pe numele piesei sau ansamblului și selecția opțiunii **Add Configuration** din meniul contextual.
  - În caseta **Add Configuration**, se va specifica numele acestieia.
  - Click ; configurația va deveni activă.

#### 12.4 Creation of multiple configurations

In part documents, configurations offer the possibility to create families of parts with different dimensions, features, and properties, including custom properties.

Six configurations will be created for every value of „h” parameter: h=33, h=49.5, h=66, h=86.1, h=94.3 and h=98, fig. 12.6.

To create a configuration:

- Click the **ConfigurationManager** tab at the top of the **FeatureManager** design tree to change to the **ConfigurationManager**;
- In the **ConfigurationManager**, right-click the part or assembly name and select **Add Configuration**.
- In the **Add Configuration** PropertyManager, type a **Configuration Name** of the new configuration.
- Click ; the new configuration will become active.

- Click pe arborele **FeatureManager** pentru revenire.
- Piesa sau ansamblul se va modifica funcție de necesități; în cazul de față se va modifica valoarea dimensiunii „h”, din sirul de valori 33, 49.5, 66, 86.1, 94.3, 98 mm.

In mod implicit SolidWorks creează o primă configurație pentru orice piesă sau ansamblu, al cărei nume este „**Default**”; aceasta se va redenumi „h=33”, iar valoarea parametrului h va fi modificat la 33. Operația de redenumire se poate declanșa prin dublu click stângă lent pe numele acesteia. Restul de cinci configurații se vor crea conform etapelor prezentate anterior.

- Click the **FeatureManager** design tree tab  to return to the **FeatureManager** design tree.
- Modify the model as needed to create the design variation; in our case the „h” parameter will be modified to take the following values: 33, 49.5, 66, 86.1, 94.3, 98 mm.

By default, SolidWorks creates an initial configuration for any part or assembly, with "Default" name, which will be renamed as "h = 33" and the parameter „h” will be changed to 33. The renaming operation can be triggered by slowly clicking the left mouse button twice on the configuration's name. The remaining five configurations will be created according to the previous steps.

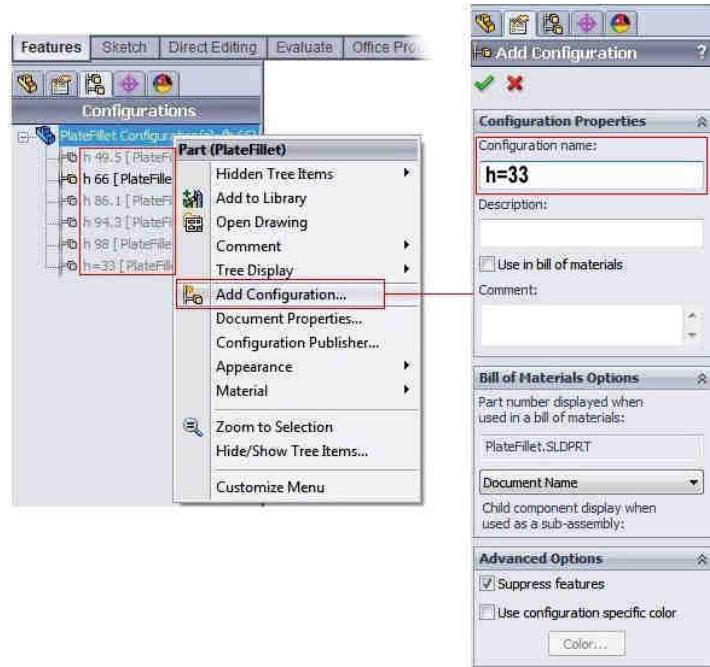


Fig. 12.6

## 12.5 Activare modul SolidWorks Simulation

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Se va selecta modulul **SolidWorks Simulation**.
- Meniul principal va fi suplimentat cu opțiunea **Simulation**.

## 12.6 Creare studiu de simulare și de analiză pentru fiecare configurație

Pentru fiecare dintre cele șase configurații create, se vor parcurge următoarele etape:

- Activare configurație;
- Creare studiu simulare;
- Selecție material;
- Aplicare încărcări și restrângerii;
- Discretizare în elemente finite;
- Calcul studiu de analiză;
- Vizualizare distribuție tensiuni Von Mises;
- Creare și calcul studiu de analiză.

### 12.6.1 Activare configurație

Pentru activarea unei configurații:

- Click pe icoana **Configuration Manager**  pentru a activa managerul de configurații.
- În managerul de configurații, dublu click pe numele configurației;
  - configurația va deveni activă;
  - numele acesteia va fi afișat cu litere îngroșate;

## 12.5 Activation of the SolidWorks Simulation module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Simulation** module.
- The main menu will be provided with additional menu option **Simulation**.

## 12.6 Creation of a simulation and design study for every configuration

The following steps will be performed for every configuration previously created:

- Activation of the configuration;
- Creation of a simulation study;
- Selection of the material;
- Applying loads and restraints;
- Meshing and running the simulation study;
- Viewing Von Mises stress distribution;
- Creation and running of the design study;

### 12.6.1 Activation of the configuration

To activate a configuration:

- Click the  **ConfigurationManager** tab  at the top of the **FeatureManager** design tree to change to the **Configuration Manager**;
- In the **Configuration Manager**, double click on the configuration's name;
  - the new configuration will become active;
  - the configuration's name will be displayed in bold;

- se va afișa geometria asociată acestei configurații;
- Click pe arborele **FeatureManager**  pentru revenire.

Prima configurație care se va activa va fi  $h=33$ ; pentru această configurație se vor parurge toate etapele descrise în continuare; după aceasta se vor activa succesiv restul de configurații  $h=49.5$ ,  $h=66$ ,  $h=86.1$ ,  $h=94.3$  și  $h=98$ ; etapele vor fi parcurse pentru fiecare configurație în parte.

### 12.6.2 Creare studiu de simulare

- Click **Simulation** →  **Study**.
- In caseta PropertyManager:
  - Nume studiu: **Study h=.....**
  - Tip studiu **Type: Static**.
  - Click .

### 12.6.3 Selectie material

- Click dreapta pe ramura **PlateFillet** și selectează  **Apply/Edit Material**.
- Selectie material **Alloy Steel** din libraria de materiale SolidWorks.
- Click **Apply** și **Close**.

### 12.6.4 Aplicare încărcări și restrângeri

Piesa este încărcată cu forță axială  $F=100000$  N aplicată pe fața „ $hxb$ ”, fig. 12.7. Click dreapta pe ramura **External Loads**  și selectează **Force**.

- În caseta PropertyManager:
  - Click pe zona **Face, Edge, Plane for Direction**  și selectează fața „ $hxb$ ”.
  - Selectează opțiune **Normal**;

- the geometry associated with the configuration will be displayed;

- Click the **FeatureManager** design tree tab  to return to the **FeatureManager** design tree.

The  $h=33$  configuration will be the first one that's activated; for this configuration the followings described steps will be performed; after which, the rest of the configurations will be activated one by one:  $h=49.5$ ,  $h=66$ ,  $h=86.1$ ,  $h=94.3$ ,  $h=98$ ; the steps will be performed for each configuration individually.

### 12.6.2 Creation of the simulation study

- Click **Simulation** →  **Study**.
- In the PropertyManager:
  - Type **Study h=.....** for name.
  - Under **Type**, click **Static**.
  - Click .

### 12.6.3 Selection of the material

- Right-click the **PlateFillet** folder and select  **Apply/Edit Material**.
- Assign **Alloy Steel** from the SolidWorks Material library.
- Click the **Apply** and **Close**.

### 12.6.4 Applying loads and restraints

The part is loaded with an axial force  $F=100000$  N, applied on the „ $hxb$ ” face, fig. 12.7. Right-click the **External Loads** folder  and select **Force**.

- In the PropertyManager:
  - Click Face, Edge, Plane for Direction  area and select „ $hxb$ ” face.
  - Select **Normal** option.

- Sub Unit, selecție SI.
- Introducere valoare 100000 în câmpul Force Value .
- Activare opțiune Reverse direction.
- Click .

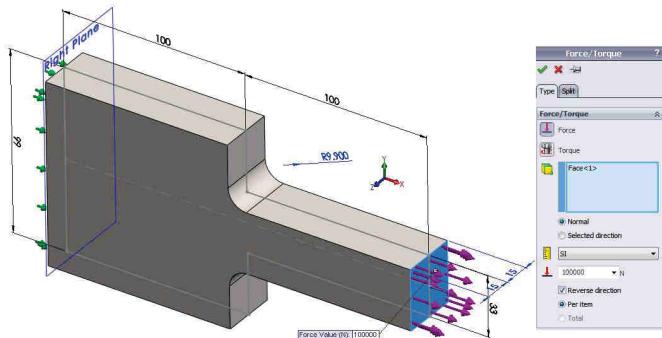


Fig. 12.7

Pentru o întindere pură, se va anula translația piesei pe direcția X pe fața „Hxb”, fig. 12.8.

- Click dreapta pe ramura Fixtures  și selecție Fixed Geometry.
- În caseta PropertyManager:
  - Selectie Use Reference Geometry în zona Standard.
  - Selectie fața „Hxb”.
  - Click pe zona Face, Edge, Plane for Direction  și selecție Right Plane din arborele flotant FeatureManager sau direct din zona grafică.
  - Sub Translations: click pentru activare icoană Normal to Plane .
- Click .

#### 12.6.5 Discretizare în elemente finite și calcul studiu de simulare

- În arborele Simulation, click dreapta pe Mesh  și selecție Create Mesh .

- Sub Unit, select SI.
- Set 100000 value in Force Value .
- Activate Reverse direction option.
- Click .

The 0 value for X translation on the „Hxb” face will be imposed for pure tensile effect,, fig. 12.8.

- Right-click the Fixtures  folder and select Fixed Geometry.
- In the PropertyManager:
  - Select Use Reference Geometry under Standard.
  - Select the face „Hxb”.
  - Click Face, Edge, Plane for Direction  area and Select Right Plane from the flyout FeatureManager tree or from graphic area.
  - Under Translations: click to select Normal to Plane icon .
- Click .

#### 12.6.5 Meshing and running the simulation study

- In the Simulation tree, right-click Mesh  and select Create Mesh .

- În fereastra **Mesh**, fig. 12.9:
  - Deplasare slider **Mesh Factor** spre **Fine**;
  - Selectie optiune **Standard Mesh**;
  - Selectie optiune **Automatic Transition**.
  - Click .

Piesa este divizată într-un număr de elemente finite, vizibil prin click dreapta pe **Mesh** și selectie optiune **Details**.

- In **Mesh** window, fig. 12.9:
  - Put the slider **Mesh Factor** to **Fine**;
  - Select **Standard Mesh** and **Automatic Transition** options.
  - Click .

The part is divided into a number of finite elements, which can be viewed through right-click **Mesh** and select **Details** option.

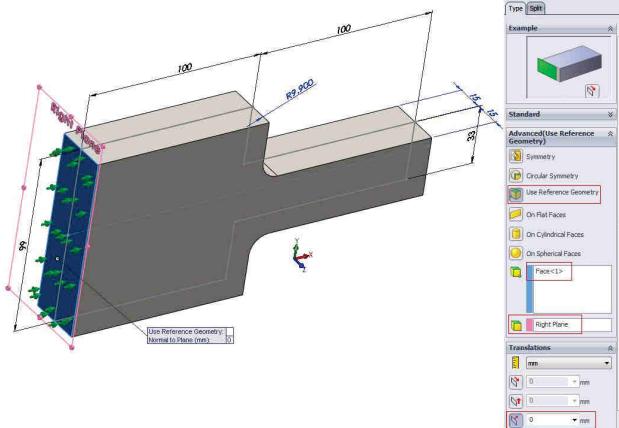


Fig. 12.8

- În arborele Simulation, click dreapta pe numele studiului și selectie **Run** .
- La finalizarea calculului, se va crea ramura **Results**, căreia îi este subordonată subramura **Stress1 (vonMises)**, fig. 12.10.
- Prin dublu click pe ramura **Stress1 (vonMises)** se va activa afișarea distribuției de tensiuni VonMises.

Valoarea maximă a tensiunii Von Mises se obține în dreptul racordării. Aceasta este tensiunea care, pentru o configurație activată, interesează pentru diferite valori al razei de racordare „r”.

- In the Simulation tree, right-click the name study and select **Run** .
- The **Results** and **Stress1 (vonMises)** branches will be created, fig. 12.10.
- The VonMises stress distribution will be displayed with double click on **Stress1 (vonMises)** branch.

The maximal value of the VonMises stress is obtained in the fillet region and, for an active configuration, must be calculated for multiple values of “r” radius.

Valoarea maximă a tensiunii Von Mises se obține în dreptul racordării. Aceasta este tensiunea care, pentru o configurație activată, interesează pentru diferite valori al razei de racordare „r”. Astfel, combinația de valori ale parametrilor H și h este fixată pentru fiecare configurație, iar din sirul de valori ale raportului „r/h”: 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 rezultă valorile razei de racordare „r”. Calculul tensiunilor maximale pentru valorile razelor „r” se va realiza printr-un studiu de analiză.

The maximal value of the VonMises stress is obtained in the fillet region and, for an active configuration, must be calculated for multiple values of the “r” radius. Because the H and h values are fixed for every activated configuration, the values for „r” radius arise for the following values of the „r/h” ratio”: 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3. The maximal VonMises stress value is obtained by a design study where the radius “r” acts as input parameter.

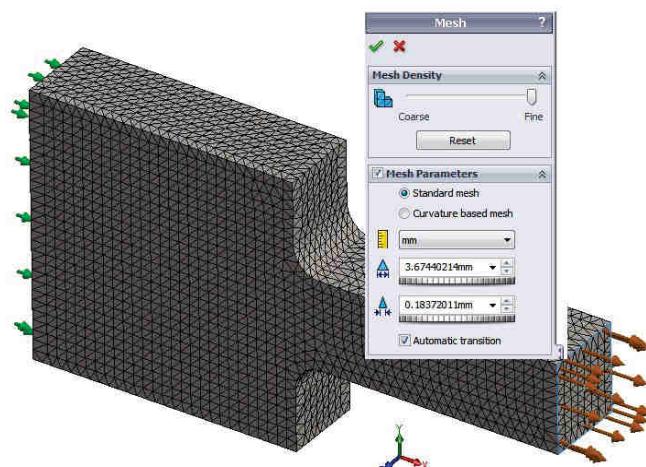


Fig. 12.9

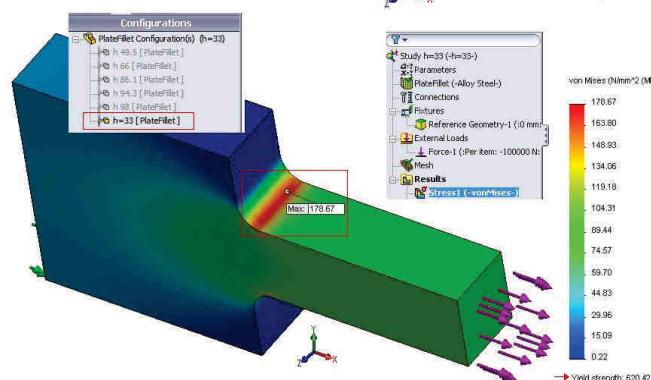


Fig. 12.10

### 12.6.6 Creare și calcul studiu de analiză

Studiile de analiză pot genera diferite geometrii, prin modificarea unor parametri, cum ar fi raza de racordare sau distanța de extrudare. Din rezultatele obținute în urma studiului, se poate selecta geometria optimă, care poate差别 substantial față de cea inițială, dar care satisface cerințele legate de siguranță, încărcări sau tensiuni. Un studiu de analiză se poate executa în două variante:

- **Evaluare** – unde se specifică valori discrete pentru fiecare variabilă și se utilizează senzori ca și constrângeri; programul calculează studiul utilizând combinațiile variabilelor și generând rezultate pentru fiecare combinație. Acest modul permite evaluarea unor scenarii de proiectare și vizualizarea rezultatelor acestora, însă fără realizarea unei optimizări. Este posibil să se evaluateze până la 10.000 scenarii bazate pe variabile definite. Dacă se definesc senzori de simulare pentru constrângeri, programul rulează studiile asociate pentru a urmări valorile senzorilor pentru fiecare scenariu în parte. Pot fi utilizați senzori definiți pentru studii statice, de frecvență neliniare, flambaj, termic.

### 12.6.6 Creation and running of the design study

The Design Study function can generate multiple versions of the part by incrementally changing certain parameters, such as fillet radius or extrusion height. From the results, the user can pick the optimal configuration, which may be drastically different from your initial concept but still meets the required factor of safety, load conditions, or stress tolerance. There are two main modes for running a Design Study:

- **Evaluation** – to specify discrete values for each variable and use sensors as constraints; the software runs the study using various combinations of the values and reports the output for each combination. This module lets you evaluate certain scenarios of the design and see their results without performing optimization. It is possible to evaluate up to 10,000 what-if scenarios based on defined variables. If you define simulation sensors for the constraints, the simulation runs the associated studies to track the sensor values for each scenario. For the Evaluation Design Study, you can use sensors defined for static, nonlinear, frequency, buckling, and thermal studies.

- **Optimizare** – pentru fiecare variabilă se vor specifica un domeniu sau valori discrete; senzorii vor fi utilizati ca și constrângeri și obiective; programul calculează iterativ studiul și raportează combinația optimă a valorilor care asigură îndeplinirea obiectivului impus.

Pentru utilizarea rezultatelor unei simulări ca și senzor în cadrul unui studiu de analiză, obligatoriu trebuie creată și calculată cel puțin o simulare anterior creerii studiului de analiză.

Pentru aplicație, studiul de analiză va fi de tip evaluare cu valori discrete pentru parametrul raza de racordare „r”, iar valoarea tensiunii maximale VonMises ca și constrângere supusă monitorizării. Vom crea variabila ale cărei valori influențează geometria analizată, adică raza de racordare “r”.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; va fi afișată fereastra **Parameters**, fig. 12.11.
- Click pe butonul **Add**; apare fereastra **Add Parameters**.
- În câmpul **Name** se va completa numele parametrului **Rfillet**.
- Din lista **Filter** se va selecta opțiunea **Model dimensions**.
- Prin click stânga mouse în zona grafică se va selecta dimensiunea corespunzătoare razei de racordare; identificatorul acesteia va fi transferat în câmpul **Model dimension** al fereastrii **Add Parameters**.
- Click **OK**; fereastra **Add Parameters** se va închide și parametrul **Rfillet** va fi adăugat în lista de parametrii a fereastrii **Parameters**.

- **Optimization** - You specify values for each variable, either as discrete values or as a range. You use sensors as constraints and as goals. The software runs iterations of the values and reports the optimum combination of values to meet your specified goal.

If you plan to use simulation data sensors, you must create at least one initial simulation study before creating the design study.

In our case, the evaluation design study uses the "r" radius acting as an input parameter with discrete values and the stress  $\sigma_{Von Mises}$  as a constraint parameter, subjected to a monitoring operation. First we will create the variable used in design study.

- Click **Insert → Design Study → Parameters**; the **Parameters** window will be displayed the, fig. 12.11.
- Click **Add Parameters**; the **Add Parameters** window will be displayed.
- The parameter name **Rfillet** must be set in **Name** field.
- **Model dimensions** option must be selected from **Filter** list.
- Radius dimension are selected with a left mouse click the fillet; the dimension identifier will be completed in **Model dimension** filed of the **Add Parameters** window.
- Click **OK**; the **Add Parameters** window will be closed and the **Rfilled** parameter will be added to the **Parameters** window list.

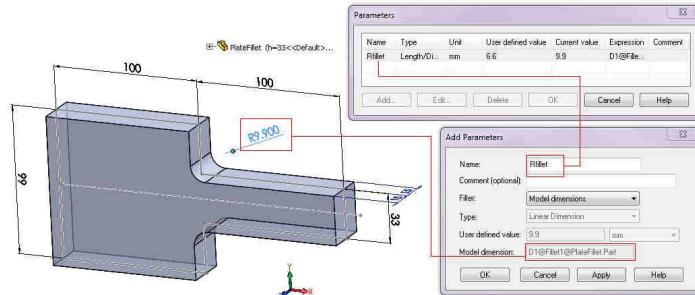


Fig. 12.11

Se va crea studiu de analiză:

- Click **Insert → Design Study → Add**; va fi afișată secțiunea **Design Study** la baza ferestrei grafice **Parameters**, fig. 12.12.
- Click **Click here to add Variables** și selecție **Rfillet** din fereastra **Parameters - 1**.
- Selectează opțiune **Discrete Values - 2**.
- Specificați valorile discrete ale razei de racordare - 3.
- Click **Click here to add Constraints** și selecție opțiune **Add Sensor - 4**; apare fereastra **Sensor**.
- Selectează opțiune **Simulation Data - 4.1**.
- Selectează opțiune **Stress** în lista **Data Quantity - 4.2**.
- Selectează opțiune **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** în lista **Data Properties - 4.3**.
- Click **✓**.
- Selectează opțiune **Monitor Only - 5**.
- Click **Run - 6**.

To create the design study:

- Click **Insert → Design Study → Add**; will be displayed the **Design Study** tab at the bottom of the graphic area, fig. 12.12.
- Click **Click here to add Variables** and select **Rfillet** from **Parameters** window - 1.
- Select **Discrete Values** option - 2.
- Specify the discrete values of the radius “r” - 3.
- Click **Click here to add Constraints** and select **Add Sensor** option - 4; the **Sensor** window will open.
- Select **Simulation Data** option - 4.1.
- Select **Stress** option in **Data Quantity** list - 4.2.
- Select **N/mm<sup>2</sup>(MPa)** option in **Data Properties** list - 4.3.
- Click **✓**.
- Select **Monitor Only** option - 5.
- Click **Run** - 6.

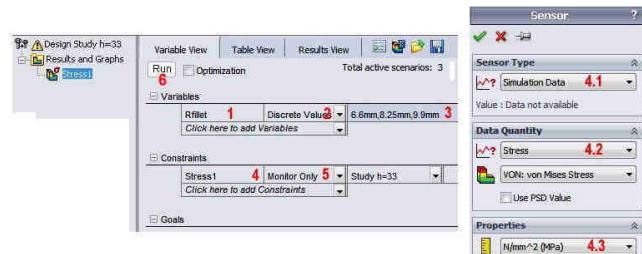


Fig. 12.12

- Rezultatele calculate vor fi afișate în secțiunea **Results View**, fig. 12.13.
- Prin click stânga pe numele fiecărui scenariu distibuția de tensiuni VonMises va fi actualizată în zona grafică.
- The final results are accessible through **Results View** window, fig. 12.13.
- With left click on each scenario name, the graphic area will show the VonMises distribution.

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Rfillet	9.9mm	9.9mm	8.6mm	8.25mm	9.9mm
Stress1 Monitor Only	178.67 N/mm²	178.67 N/mm²	192.66 N/mm²	188.15 N/mm²	178.67 N/mm²

Fig. 12.13

- Întrega procedură va fi reluată pentru a calcula restul de cinci configurații.
- Rezultatele studiilor de analiză sunt prezentate în fig. 12.14 ... fig. 12.18.
- The whole procedure will be repeated for the remaining five configurations.
- The design studies results are presented in fig. 12.14... fig. 12.18.

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Rfillet	2.48mm	2.48mm	2.48mm	4.95mm	7.43mm	9.9mm	12.38mm	14.85mm
Stress3 > 0 N/mm²	195.37 N/mm²	195.37 N/mm²	195.37 N/mm²	149.76 N/mm²	141.23 N/mm²	131.73 N/mm²	122.55 N/mm²	116.76 N/mm²

Fig. 12.14

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Rfillet	3.3mm	3.3mm	3.3mm	6.8mm	9.9mm	13.2mm	16.5mm	19.8mm
Stress4 Monitor Only	127.59 N/mm²	127.59 N/mm²	127.59 N/mm²	107.34 N/mm²	96.038 N/mm²	93.174 N/mm²	87.691 N/mm²	84.088 N/mm²

Fig. 12.15

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Rfillet	4.3mm	4.3mm	4.3mm	8.61mm	12.91mm	17.22mm	21.52mm	25.83mm
Stress5 > 0 N/mm²	73.372 N/mm²	73.372 N/mm²	73.372 N/mm²	67.164 N/mm²	63.094 N/mm²	59.824 N/mm²	56.045 N/mm²	56.566 N/mm²

Fig. 12.16

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Rfillet	4.71mm	4.71mm	4.71mm	9.43mm	14.14mm	18.86mm	23.57mm	28.29mm
Stress6 Monitor Only	54.929 N/mm²	54.929 N/mm²	54.929 N/mm²	50.169 N/mm²	47.76 N/mm²	47.238 N/mm²	45.724 N/mm²	44.946 N/mm²

Fig. 12.17

	Current	Initial	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Rfillet	4.9mm	4.9mm	4.9mm	9.8mm	14.7mm	19.6mm	24.5mm	29.41mm
Stress7 Monitor Only	44.542 N/mm²	44.542 N/mm²	44.542 N/mm²	39.877 N/mm²	39.621 N/mm²	39.752 N/mm²	38.608 N/mm²	38.088 N/mm²

Fig. 12.18

- Rezultatele simulării sunt prezentate în tab. 12.1...12.6. Mărimile din tabele au următoarele semnificații:
  - „ $\alpha_k$ ” - reprezintă valoarea experimentală a concentratorului, fig. 12.1, pentru parametrii „r/h” respectiv „H/h”;
  - „ $\sigma_n$ ” - reprezintă valoarea efortului nominal rezultat din relația (2);
  - „ $\sigma_{\max \text{ VonMises}}$ ” - reprezintă valoarea efortului unitar maxim rezultat din studiile de analiză SolidWorks;
  - „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” - reprezintă valoarea concentratorului rezultat din simulare, calculată prin relația (9):
- The final results are shown numerically in tab. 12.1...12.6, with the following notations:
  - „ $\alpha_k$ ” – the value of the experimental coefficient for „r/h” and „H/h”, fig. 12.1;
  - „ $\sigma_n$ ” – the nominal stress value calculated with formula (2);
  - „ $\sigma_{\max \text{ VonMises}}$ ” – the maximal stress value obtained from the SolidWorks design studies;
  - „ $\alpha_{k_{SW}}$ ” – the numerical simulation coefficient value calculated with the formula (9):

$$\alpha_{k_{SW}} = \frac{\sigma_{\max \text{ VonMises}}}{\sigma_n} \quad (9)$$

- Err [%] – reprezintă eroarea procentuală între valoarea concentratorului determinat experimental și cel rezultat din studiile de analiză SolidWorks.
- Err [%] – the percentage error between the experimental and coefficient values resulted from SolidWorks studies.
- Rezultatele simulării sunt prezentate comparativ pentru valoarea concentratorului determinat experimental și prin simulare numerică în fig. 12.19 și fig. 12.20.
- The numerical simulation results are presented graphically in fig. 12.19 and fig. 12.20, for both experimental and simulation coefficient values.
- Valorile concentratorului de tensiune obținute în urma simulării numerice sunt comparabile cu cele determinate experimental, diferențele fiind puțin mai ridicate în zona valorilor mari ale raportului „r/h”. Eroarea procentuală maximă este 10.7%, obținută pentru raportul H/h=1.15 și r/h=0.3. Din cele 33 de puncte calculate, 18 se încadrează sub eroarea procentuală de 5%.
- The local stress values of the simulation are comparable with the experimental values, with differences for high values of the „r/h” ratio. The maximal percentage error is 10.7%, obtained for H/h=1.15 and r/h=0.3 ratio. From 33 calculated points, 18 points present values for percentage error smaller than 5%.

Tab. 12.1

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=3</b>	<b>h=33 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		Experimental	Rel. (2)	SolidWorks Simulation		
-	mm	-	MPa	MPa	-	[%]
0.05	-	-	-	-	-	-
0.1	-	-	-	-	-	-
0.15	-	-	-	-	-	-
0.2	6.60	1.85	101.01	192.660	1.91	-3.10
0.25	8.25	1.73	101.01	188.150	1.86	-7.67
0.3	9.90	1.65	101.01	178.670	1.77	-7.20

Tab. 12.2

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=2</b>	<b>h=49.5 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		Experimental	Rel. (2)	SolidWorks Simulation		
-	mm	-	MPa	MPa	-	[%]
0.05	2.48	3.00	67.34	195.370	2.90	3.29
0.1	4.95	2.26	67.34	149.760	2.22	1.60
0.15	7.43	1.97	67.34	141.230	2.10	-6.46
0.2	9.90	1.80	67.34	131.730	1.96	-8.68
0.25	12.38	1.70	67.34	122.550	1.82	-7.05
0.3	14.85	1.62	67.34	116.760	1.73	-7.03

Tab. 12.3

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=1.5</b>	<b>h=66 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		Experimental	Rel. (2)	SolidWorks Simulation		
-	mm	-	MPa	MPa	-	[%]
0.05	3.30	2.65	50.51	127.590	2.53	4.67
0.1	6.60	2.08	50.51	107.340	2.13	-2.18
0.15	9.90	1.83	50.51	96.038	1.90	-3.91
0.2	13.20	1.70	50.51	93.174	1.84	-8.52
0.25	16.50	1.59	50.51	87.691	1.74	-9.20
0.3	19.80	1.52	50.51	84.088	1.66	-9.54

Tab. 12.4

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=1.15</b>	<b>h=86.1 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		<b>Experi-mental</b>	<b>Rel. (2)</b>	<b>SolidWorks Simulation</b>		
-	<b>mm</b>	-	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	-	<b>[%]</b>
0.05	4.30	2.1	38.72	73.272	1.89	9.89
0.1	8.61	1.7	38.72	67.164	1.73	-2.03
0.15	12.91	1.53	38.72	63.094	1.63	-6.50
0.2	17.22	1.43	38.72	59.824	1.55	-8.04
0.25	21.52	1.37	38.72	58.045	1.50	-9.42
0.3	25.83	1.32	38.72	56.566	1.46	-10.7

Tab. 12.5

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=1.05</b>	<b>h=94.3 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		<b>Experi-mental</b>	<b>Rel. (2)</b>	<b>SolidWorks Simulation</b>		
-	<b>mm</b>	-	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	-	<b>[%]</b>
0.05	4.71	1.7	35.35	54.929	1.55	8.61
0.1	9.43	1.47	35.35	50.169	1.42	3.46
0.15	14.14	1.37	35.35	47.760	1.35	1.39
0.2	18.86	1.31	35.35	47.238	1.34	-2.00
0.25	23.57	1.27	35.35	45.724	1.29	-1.84
0.3	28.29	1.23	35.35	44.946	1.27	-3.36

Tab. 12.6

<b>F=100000 N</b>		<b>b=30 mm</b>	<b>H=99 mm</b>	<b>H/h=1.01</b>	<b>h=98 mm</b>	
<b>r/h</b>	<b>r</b>	$\alpha_k$	$\sigma_n$	$\sigma_{\max \text{ VonMises}}$	$\alpha_{k \text{ SW}}$	<b>Err</b>
		<b>Experi-mental</b>	<b>Rel. (2)</b>	<b>SolidWorks Simulation</b>		
-	<b>mm</b>	-	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	-	<b>[%]</b>
0.05	4.90	1.25	34.01	44.542	1.31	-4.78
0.1	9.80	1.19	34.01	39.877	1.17	1.46
0.15	14.70	1.15	34.01	39.621	1.17	-1.31
0.2	19.60	1.12	34.01	39.752	1.17	-4.37
0.25	24.50	1.1	34.01	38.608	1.14	-3.21
0.3	29.41	1.09	34.01	38.088	1.12	-2.75

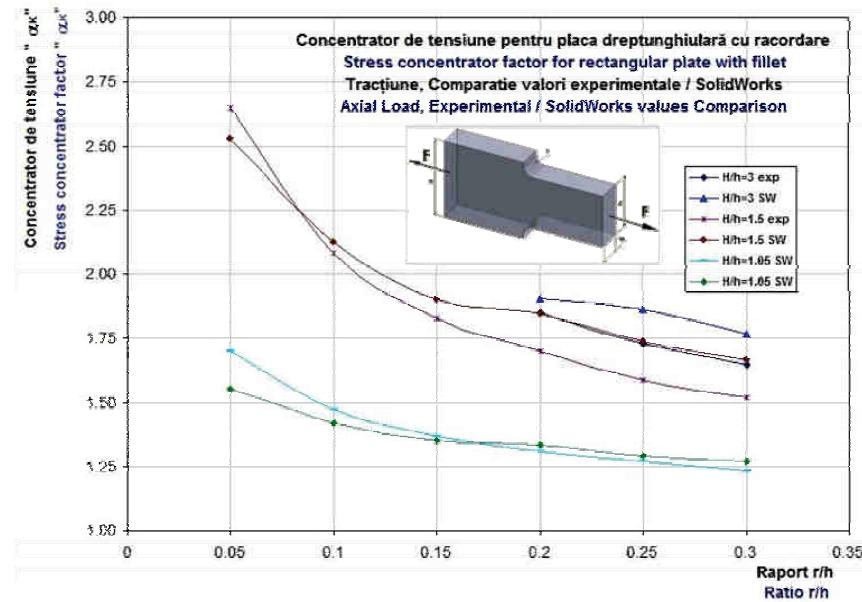


Fig. 12.19

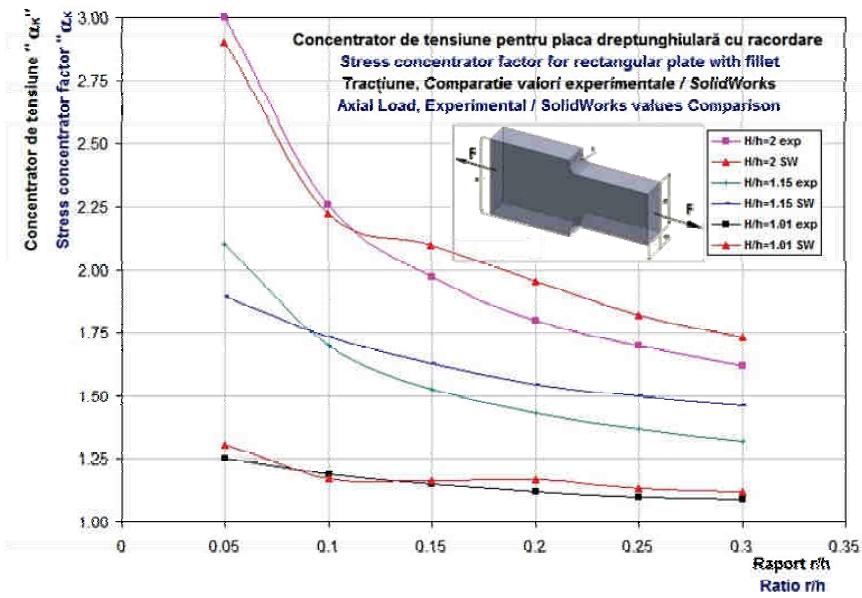
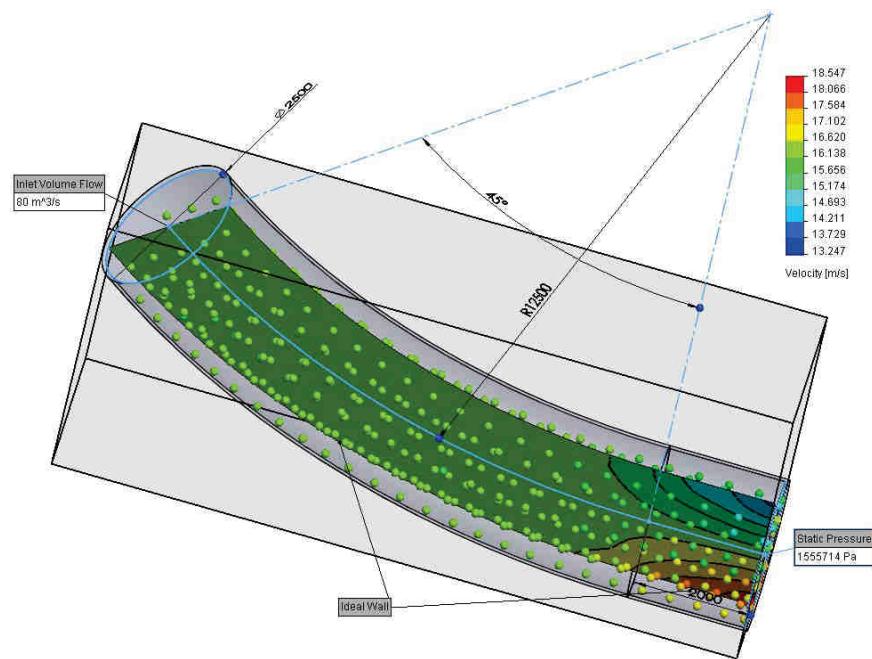


Fig. 12.20



### 13. CURGEREA PRINTR-O CONDUCTĂ CIRCULARĂ

### 13. THE FLOW THROUGH A CIRCULAR PIPELINE



## SUMAR APlicațIE

- Obiective ale aplicației
- Considerente teoretice
- Etape ale aplicației
- Creare geometrie conductă
  - Crearea unui nou fișier
  - Stabilire sistem de unități
  - Creare schiță inițială
  - Creare plan de referință
  - Crearea schiță cerc  $\phi 2500$
  - Creare conductă
  - Creare pereți conductă
- Activare modul Flow Simulation
- Creare proiect simulare curgere
- Definire tip analiză și volum de control
- Specificare condiții pe frontieră
- Specificare criteriu de convergență
- Calcul studiu de curgere
- Vizualizare rezultate
  - Creare Goal Plot
  - Creare Cut Plot
  - Creare Surface Plots
  - Creare Flow Trajectories
  - Creare Surface Parameters
- Comparație rezultate simulare cu valori teoretice
- Concluzii

## DESCRIEREA APlicațIEI

Aplicația urmărește determinarea acțiunii curentului de apă dintr-o conductă circulară asupra postamentului. Obiectivul aplicației este de a compara rezultatele simulării 3D cu rezultate teoretice.

## APPLICATION SUMMARY

- Goals of the application
- Theoretical considerations
- Stages of the application
- The funnel design
  - Creation of a new file
  - How to set the document units
  - Creation of the first sketch
  - Creation of the reference plane
  - Creation of  $\phi 2500$  the circle sketch
  - Creation of the pipeline
  - Creation of the pipeline walls
- Activation of the Flow Simulation module
- Creation of the Flow Simulation project
- Define boundary conditions
- Define Computational Domain
- Define study's goal
- Running flow study
- Viewing of the results
  - Creation of a Goal Plot
  - Creation of a Cut Plot
  - Creation of the Surface Plots
  - Creation of the Flow Trajectories
  - Creation of the Surface Parameters
- Simulation and theoretical results comparison
- Conclusions

## APPLICATION DESCRIPTION

The objective of the application is to calculate the water action of a circular pipeline on the abutment. The objective of the application is to compare the results predicted by the 3D simulation with theoretical values.

### 13.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicări este de a calcula acțiunea curentului de apă din porțiunea ①-② a conductei asupra postamentului, fig. 13.1, considerând următoarele date de calcul:  $p_1=15$  atm= $1519875$  N/m<sup>2</sup>;  $Q=80$  m<sup>3</sup>/s;  $D=2.5$  m;  $\alpha=45^\circ$ ;  $R_c=12.5$  m;  $L=2.0$  m; densitatea apei  $\rho=998.2$  kg/m<sup>3</sup>; accelerarea gravitațională  $g=9.81$  m/s<sup>2</sup> [5].

### 13.2 Considerante teoretice

Se va utiliza teorema impulsului (1), unde  $\vec{R}$  reprezintă reacțiunea postamentului asupra curentului de apă. Acțiunea curentului de apă asupra postamentului va fi dată de relația (2):

$$\vec{R} + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{G} + \vec{I}_1 - \vec{I}_2 = 0 \quad (1)$$

Proiecând ecuația (1) pe axele X și Y rezultă relațiile (3) și (4):

$$R_x + P_{1x} - P_{2x} + 0 + I_{1x} - I_{2x} = 0 \quad (3)$$

$$F_x = R_x' = -R_x = P_{1x} - P_{2x} + I_{1x} - I_{2x} \quad (5)$$

$$F_y = R_y' = -R_y = -P_{1y} - G - I_{1y} \quad (6)$$

Termenii din ecuații rezultă din:

$$P_{1x} = P_{1y} = P_1 \cdot \cos(\alpha) = A_1 \cdot p_1 \cdot \cos(\alpha) = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_1 \cdot \cos(\alpha) \quad (7)$$

$$P_{1x} = P_{1y} = \frac{\pi \cdot 2.5^2}{4} \cdot 1519875 * \cos(45) = 5275490 \text{ N} \quad (8) \quad P_{2y} = 0 \quad (9)$$

$$(z_1 - z_2) = R_c \cdot [1 - \cos(\alpha)] = 12.5 \cdot [1 - \cos(45)] = 3.66 \text{ m} \quad (10)$$

$$p_2 = p_1 + \rho \cdot g \cdot (z_1 - z_2) \quad (11)$$

### 13.1 Goals of the application

The application's goal is to calculate the water action of the pipeline ①-② region on the abutment, fig. 13.1, for the following input data:  $p_1=15$  atm= $1519875$  N/m<sup>2</sup>;  $Q=80$  m<sup>3</sup>/s;  $D=2.5$  m;  $\alpha=45^\circ$ ;  $R_c=12.5$  m;  $L=2.0$  m; water density  $\rho=998.2$  kg/m<sup>3</sup>; gravitational acceleration  $g=9.81$  m/s<sup>2</sup> [5].

### 13.2 Theoretical considerations

The momentum theorem will be used (1), where  $\vec{R}$  represent the abutment reaction to the water stream. The water action on the abutment can be calculated by formula (2):

$$\vec{R}' = -\vec{R} \quad (2)$$

The equations (3) and (4) result by projecting the equation (1) on the X and Y axis:

$$R_x - P_{1x} + 0 - G - I_{1x} - 0 = 0 \quad (4)$$

$$R_y - P_{1y} + 0 - G - I_{1y} - 0 = 0 \quad (5)$$

$$F_x = R_x' = -R_x = P_{1x} - P_{2x} + I_{1x} - I_{2x} \quad (5)$$

$$F_y = R_y' = -R_y = -P_{1y} - G - I_{1y} \quad (6)$$

The equations terms results from:

$$P_{1x} = P_{1y} = P_1 \cdot \cos(\alpha) = A_1 \cdot p_1 \cdot \cos(\alpha) = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_1 \cdot \cos(\alpha) \quad (7)$$

$$P_{1x} = P_{1y} = \frac{\pi \cdot 2.5^2}{4} \cdot 1519875 * \cos(45) = 5275490 \text{ N} \quad (8) \quad P_{2y} = 0 \quad (9)$$

$$p_2 = 1519875 + 998.2 \cdot 9.81 \cdot 3.66 = 1555714 \text{ N/m}^2 \quad (12)$$

$$P_{2x} = A_2 \cdot p_2 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p_2 = \frac{\pi \cdot 2.5^2}{4} \cdot 1555714 = 7636591 \text{ N} \quad (13)$$

$$I_1 = \beta \cdot \rho \cdot Q \cdot V_1 = \beta \cdot \rho \cdot \frac{Q^2}{A} = 1.02 \cdot 998.2 \cdot \frac{4 \cdot 80^2}{\pi \cdot 2.5^2} = 1327479 \text{ N} \quad (14)$$

$$I_{1x} = I_{1y} = I_1 \cdot \cos(\alpha) = 938670 \text{ N} \quad (15)$$

$$I_2 = I_{2x} = I_1 = 1327479 \text{ N} \quad (16)$$

$$G = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot (R_c \cdot \alpha + L) \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot g \quad (17)$$

$$G = 998.2 \cdot 9.81 \cdot (12.5 \cdot 45 \cdot \frac{\pi}{180} + 2) \cdot \frac{\pi \cdot 2.5^2}{4} = 567840 \text{ N} \quad (18)$$

$$F_x = R_x' = 5275490 - 7636591 + 938670 - 1327479 = -2749911 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_y = R_y' = -5275490 - 567840 - 938670 = -6782000 \text{ N} \quad (20)$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-2749911)^2 + (-6782000)^2} = 7318301 \text{ N} \quad (21)$$

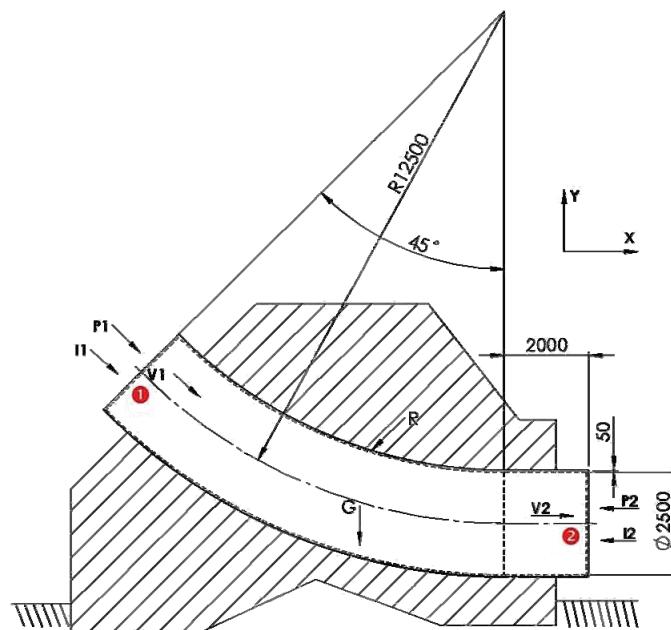


Fig. 13.1

### 13.3 Etape ale aplicației

- Creare geometrie conductă;
- Activare modul Flow Simulation;
- Creare proiect simulare curgere;
- Definire tip analiză și volum de control;
- Specificare condiții de frontieră;
- Specificare criteriu de convergență;
- Calcul studiu de curgere;
- Vizualizare rezultate;
- Comparație rezultate simulare cu valori calculate.

### 13.3 Stages of the application

- The pipeline design;
- Activation of the Flow Simulation module;
- Creation of the Flow Simulation project;
- Define Computational Domain;
- Define boundary conditions;
- Define study's goal;
- Running flow study;
- Viewing of the results;
- Simulation and calculated results comparison.

### 13.4 Creare geometrie conductă

#### 13.4.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “*part*” document salvat sub numele de **Conducta**.

#### 13.4.2 Stabilire sistem de unități

- Click **Tools** → **Options** → **Documents Properties** → **Units**.
- Selecție **MKS (meter, kilogram, second)** ca sistem de unități **Unit system**.

#### 13.4.3 Crearea schiță inițială

Se va desena schița **Sketch1** din fig. 13.2 în planul **Front** (R12500x45°x2000).

#### 13.4.4 Creare plan de referință

Se va crea planul din fig. 13.3, care trece prin punctul de capăt al arcului și este perpendicular pe tangentă la arc în același punct.

- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Plane**.
- In caseta **Curve** PropertyManager, se va completa:

### 13.4 The pipeline design

#### 13.4.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Conducta**.

#### 13.4.2 How to set the document units

- Click **Tools** → **Options** → **Documents Properties** → **Units**.
- Select **MKS (meter, kilogram, second)** for the **Unit system**.

#### 13.4.3 Creation of the first sketch

The sketch **Sketch1** from fig. 13.2 is drawn in **Front** plane (R12500x45°x2000).

#### 13.4.4 Creation of the reference plane

The plane from fig. 13.3 is created, coincident with the arc endpoint and perpendicular on the arc tangent in the same point.

- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Plane**.
- In the **Curve** PropertyManager set the following:

- Selectie arc R12500 ① în câmpul **First reference** 
- Selectie constrângere **Perpendicular** 
- Selectie punct ② pentru câmp **Second reference** 
- Selectie constrângere **Coincident** 
- Click ; se va crea planul **Plane1**.
- select arc R12500 radius ① in **First reference**  field.
- Select **Perpendicular** constraint .
- Select endpoint ② in **Second reference**  field.
- Select **Coincident** constraint .
- Click ; the plane will receive the name **Plane1**.

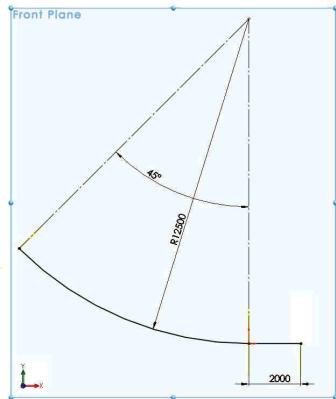


Fig. 13.2

#### 13.4.3 Crearea schiță cerc $\phi 2500$

Se va desena cercul  $\phi 2500$  din fig. 13.4 în planul **Plane1**. Schiță creată va primi numele **Sketch2**.

#### 13.4.4 Creare conductă

Conductă se va genera prin comanda **Sweep**, fig. 13.5.

- Click **Sweep Boss/Base** .
- Pentru câmpul **Profile**  se va selecta cercul ① (**Sketch1**).
- Pentru câmpul **Path**  se va selecta arcul ② (**Sketch2**).
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Sweep2**.

#### 13.4.3 Creation of $\phi 2500$ the circle

The  $\phi 2500$  circle from fig. 13.4 is drawn in **Plane1** plane. The sketch will receive the **Sketch2** name.

#### 13.4.4 Creation of the pipeline

The pipeline is generated by the **Sweep** command, fig. 13.5.

- Click **Sweep Boss/Base** .
- Select the circle ① (**Sketch1**) for the **Profile**  field.
- Select the arc ② (**Sketch2**) for the **Path**  field.
- Click ; the new feature, **Sweep2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

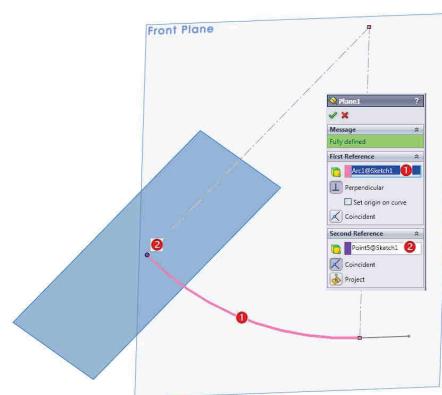


Fig. 13.3

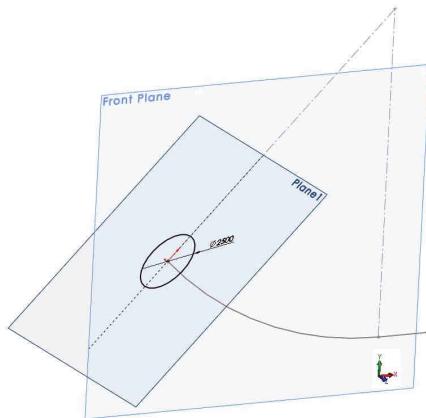


Fig. 13.4

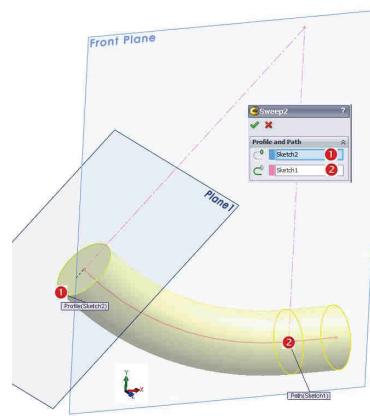


Fig. 13.5

### 13.4.5 Creare pereți conductă

Pereții conductei se vor genera de grosime 50 mm prin comanda **Shell**, fig. 13.6.

- Click **Shell** (Features toolbar).
- Pentru câmpul **Thickness** se va introduce valoarea 50 mm.
- Se va activa opțiunea **Shell outward**, pentru a crea pereți spre exterior.
- Pentru câmpul **Faces to Remove** , nu se va selecta nici o față; pentru o analiză de curgere internă, modelul trebuie să fie complet închis (fără deschideri); fluidul intră prin suprafața **1** și ieșe prin suprafața **2**; din acest motiv aceste fețe ale modelului 3D nu vor fi eliminate.
- Se va activa opțiunea **Show preview**, pentru a previzualiza geometria 3D.
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Shell1**.

### 13.4.5 Creation of the pipeline walls

The pipeline walls are generated with a thickness of 50 mm by **Shell** command, fig. 13.6.

- Click **Shell** (Features toolbar).
- Input 50 mm value in the **Thickness** field.
- Activate the **Shell outward** option, to increase the outside dimensions of the part.
- Select no face for the **Faces to Remove** field; to perform an Internal flow analysis, the model must be fully closed (no opening); the fluid enter in the model through the inlet **1** and exit through the outlet **2**; this is the reason why the inlet and outlet face of the 3D model are not removed.
- Activate the **Show preview**, to display a preview of the shell feature.
- Click ; the new feature, **Shell1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

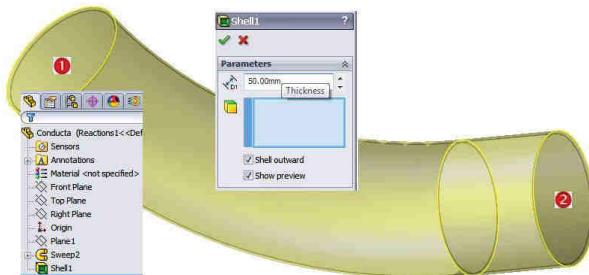


Fig. 13.6

### 13.5 Activare modul Flow Simulation

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Selectie modul **SolidWorks Flow Simulation**.
- Bara de meniu **Flow Simulation** se va adăuga la meniul principal.

### 13.6 Creare proiect simulare curgere

- Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**; se va crea un proiect cu proprietăți din tab. 2:

### 13.5 Activation of the Flow Simulation module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Flow Simulation** module.
- The **Flow Simulation** menu bar will be added to the main menu.

### 13.6 Creation of Flow Simulation project

- Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**; a new project with the properties from tab. 1 will be created:

Tab. 1

Nume configurație	Reaction1	Configuration name	Reactions1
Sistem de unități	SI (m-kg-s)	Unit system	SI (m-kg-s)
Tip analiză Procese fizice avansate	Internal Inexistente	Analysis type Physical Features	Internal None
Tip fluid	Liquids→ Water	Fluid	Liquids→ Water
Condiții ptr. peretei	Se acceptă valorile implicite	Wall conditions	Accept the default values
Condiții inițiale	Pressure 1 Pa	Initial conditions	Pressure 1 Pa
Rezoluție inițială	4 Automatic Settings	Initial resolution	4 Automatic Settings

Flow Simulation nu acceptă valoarea 0 ca și presiune inițială, de aceea s-a introdus valoarea 1; aceasta înseamnă că valorile presiunilor nu vor fi considerate în raport cu presiunea atmosferică, ci reprezintă presiuni absolute.

### 13.7 Definire tip analiză și volum de control

În această aplicație vom efectua o analiză tridimensională (3D).

- În arborele analizei de curgere se va expanda ramura **Input Data**.
- Click dreapta pe icoana **Computational Domain** și selecție **Edit Definition**. Va apărea fereastra **Computational Domain**, fig. 13.7.
- Click pe icoana **3D simulation**.
- Acceptare valori implicate din zona **Size and Conditions**.
- Click .

Volumul de control este definit prin volumul fixat în raport cu sistemul de referință în câmpul de curgere al fluidului. Modulul SolidWorks Flow Simulation analizează geometria modelului și generează automat volumul de control de formă prismatică care include modelul analizat.

Flow Simulation does not accept 0 value as the initial pressure, so a value of 1 was introduced; this means that the pressure values will not be considered relative to the atmospheric pressure, but it will be considered absolute pressure.

### 13.7 Define Computational Domain

In this application a three-dimensional (3D) analysis will be performed.

- In the Flow Simulation Analysis tree expand the **Input Data** item.
- Right-click the **Computational Domain** icon and select **Edit Definition**. The **Computational Domain** dialog box appears, fig. 13.7.
- Click the **3D simulation** icon.
- Accept the default values from **Size and Conditions** area.
- Click .
- The Computational Domain is defined as a volume fixed within a fluid flow field. SolidWorks Flow Simulation analyzes the model geometry and automatically generates a Computational Domain in the shape of a rectangular prism enclosing the model.

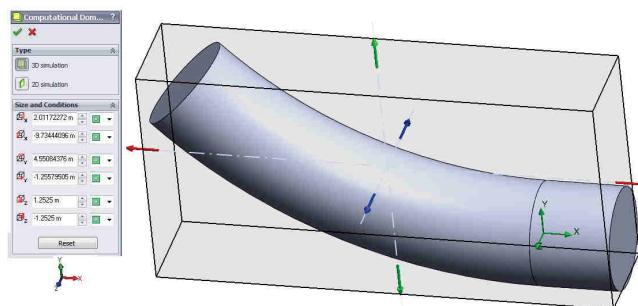


Fig. 13.7

### 13.8 Specificare condiții pe frontieră

Suprafețele de intrare / ieșire vor fi utilizate pentru aplicarea condițiilor pe frontieră: debit masic, debit volumic, presiuni statice/totale, viteze, etc. Suprafața de intrare este suprafața **1**, iar cea de ieșire suprafața **2**, fig. 13.8. Asupra modelului se vor aplica următoarele condiții de frontieră:

- Debit volumic  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  pe suprafața **1**.
- Presiune statică 1555714 Pa pe suprafața **2** (relația 11 și 12).
- Pereți idealii **Ideal Wall** pe pereții laterali ai conductei, ceea ce înseamnă că se vor neglija pierderile longitudinale.

### 13.8 Define boundary conditions

The inlets and outlets faces will be used to apply boundary conditions: mass flow rate, volume flow rate, static/total pressure, velocities. The inlet face is the face **1** and the outlet face **2**, fig. 13.8. The following boundary conditions will be applied on the model:

- The volume flow rate  $80 \text{ m}^3/\text{s}$  on face **1**.
- Static pressure 1555714 Pa on face **2** (the equations 11 and 12).
- **Ideal Wall** on the lateral pipeline walls, which means that the longitudinal losses are neglected.

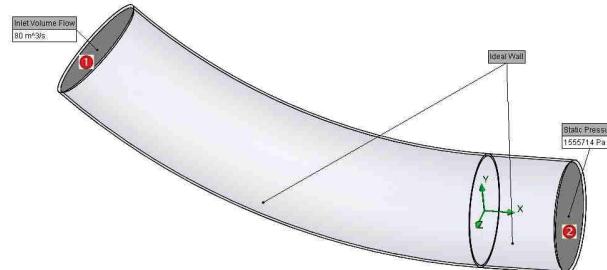


Fig. 13.8

- Click dreapta pe icoana **Boundary Conditions** și selecție **Insert Boundary Conditions**. Va apărea fereastra **Boundary Conditions**, fig. 13.9.
- Se va selecta fața **1** pentru câmpul **Faces to Apply the Boundary Condition** .
- Selecție opțiune **Type** → **Flow Openings** → **Inlet Volume Flow**.
- Right-click the **Boundary Conditions** icon and select **Insert Boundary Conditions**. The **Boundary Conditions** dialog box appears, fig. 13.9.
- Select the face **1** for the **Faces to Apply the Boundary Condition** field.
- Select the **Type** → **Flow Openings** → **Inlet Volume Flow** options.

- Selectie opțiune **Flow Parameters** → **Normal to Face** → **Volume Flow Rate Q=80 m³/s** → **Inlet Profile** **Uniform**.  
• Click .
- Se va selecta față **2** pentru câmpul **Faces to Apply the Boundary Condition** .
- Selectie opțiune **Type** → **Pressure Openings** → **Static Pressure**.
- Selectie opțiune **Thermodynamic Parameters** → **Static Pressure P=1555714 Pa.**
- Click .
- Se vor selecta 2 fețe **3** pentru câmpul **Faces to Apply the Boundary Condition** .
- Selectie opțiune **Type** → **Wall** → **Ideal Wall**.
- Click .
- Select the **Flow Parameters** → **Normal to Face** → **Volume Flow Rate Q=80 m³/s** → **Inlet Profile** **Uniform** options.  
• Click .
- Select the face **2** for the **Faces to Apply the Boundary Condition** field.
- Select the **Type** → **Pressure Openings** → **Static Pressure** options.
- Select the **Thermodynamic Parameters** → **Static Pressure P=1555714 Pa.**
- Click .
- Select two faces **3** for the **Faces to Apply the Boundary Condition** field.
- Select the **Type** → **Wall** → **Ideal Wall** options.  
• Click .

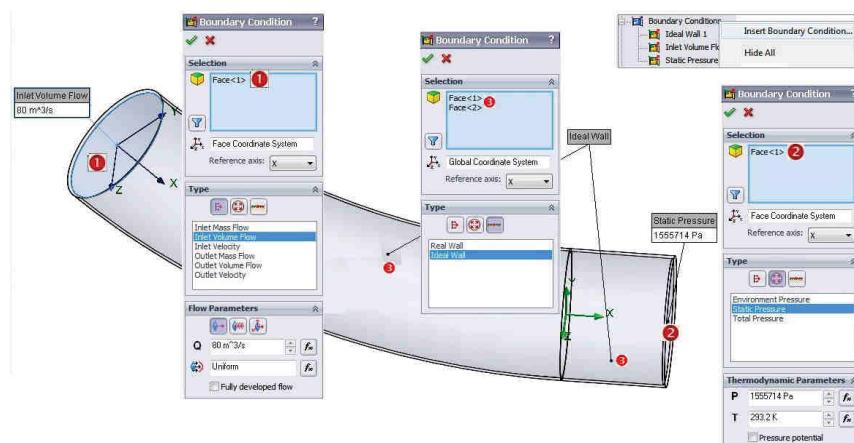


Fig. 13.9

### 13.9 Specificare criterii de convergență

Acțiunea curentului de apă din conductă asupra postamentului se poate determina specificând criterii de convergență (**goals**).

Pentru această aplicație, vor fi specificate componentele forței **X - Component of Force** și **Y - Component of Force** ca și criterii globale de convergență. Aceasta va asigura convergența soluției, deoarece calculul nu se va finaliza până când componentele nu va fi convergente pe întreg volumul de control.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- În tabelul **Parameter** se vor activa opțiunea **X - Component of Force** și opțiunea **Y - Component of Force**.
- Click Noile criterii: **GG X - Component of Force 1** și **GG Y - Component of Force 1** vor apărea în arborele analizei de curgere.

### 13.10 Calcul studiu de curgere

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. Va apărea fereastra **Run**.
- Click **Run** pentru a declanșa calculul studiului de curgere.

Flow Simulation va declanșa automat discretizarea volumului de control, prin divizarea volumului de control în secțiuni, care vor fi ulterior subdivizate în celule.

După lansarea calculului, fereastra **Solver Monitor**, oferă informații despre starea curentă a soluției, prin monitorizarea modificărilor intervenite în criteriile de convergență.

### 13.9 Define study's goal

The water action of the pipeline on the abutment can be determined by specifying the appropriate Flow Simulation goal.

For this application the **X - Component of Force** and **Y - Component of Force** are set as a Global Goal. This ensures that the calculation will not be finished until the X and Y components, in the entire computational domain, are fully converged.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- In the **Parameter** table select the first check box in the **X - Component of Force** row and the **Y - Component of Force** row.
- Click The new **GG X - Component of Force 1** and **GG Y -Component of Force 1** items appear in the Flow Simulation Analysis tree.

### 13.10 Running flow study

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. The **Run** dialog box appears.
- Click **Run** to start the calculation.

Flow Simulation automatically generates a computational mesh, by dividing the computational domain into slices, which are further subdivided into cells.

After the calculation starts, the **Solver Monitor** dialog, provides informations about the current status of the solution.

### 13.11 Vizualizare rezultate

#### 13.11.1 Creare Goal Plot

- În arborele analizei de curgere, sub ramura **Results**, click dreapta pe icoana **Goal Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Goal Plot**, fig. 13.10.
- Selectie opțiune **All**.
- Click **OK**. Fișierul Excel **Goals1** va fi creat, fig. 13.10.

Evoluția grafică a criteriului este afișată într-o foaie separată. Convergența valorilor criteriului este sintetizată în foaia de calcul **Summary** iar datele numerice se regăsesc în foaia **Plot Data** a fișierului Excel creat.

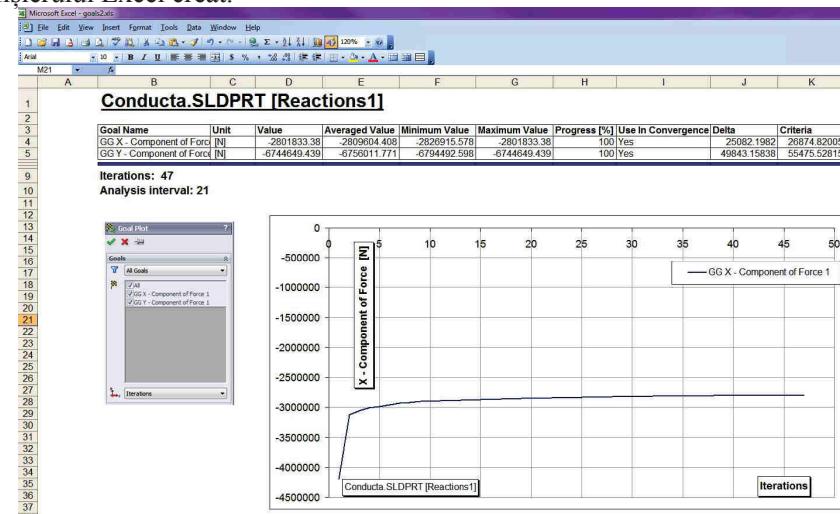


Fig. 13.10

#### 13.11.2 Creare Cut Plot

Opțiunea **Cut Plot** afișează rezultatele parametrului selectat într-o secțiune specificată, prin intermediu planelor SolidWorks sau ale modelului.

### 13.11 Viewing of the results

#### 13.11.1 Creation of a Goal Plot

- In the Flow Simulation Analysis tree, under **Results**, right-click the **Goal Plots** icon and select **Insert**. The **Goal Plot** dialog box appears, fig. 13.10.
- Select **All**.
- Click **OK**. The **Goals1** Excel workbook is created, fig. 13.10.

Each goal plot is displayed in a separate sheet. The converged values of the project goal are displayed in the **Summary** sheet and numerical values are placed in the **Plot Data** sheet of an automatically created Excel workbook.

#### 13.11.2 Creation of a Cut Plot

The **Cut Plot** displays the results of a selected parameter in a selected view section, defined through SolidWorks planes or model planar faces.

- Click dreapta pe icoana **Cut Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Cut Plot**, fig. 13.11.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Front Plane**.
- În caseta **Display** se vor activa icoanele **Contours** și **Isolines** .
- Din liste Parameter și ale zonelor **Contours** și **Isolines** se va selecta opțiunea **Velocity**, se impune valoarea 15 pentru câmpul **Number of Levels** , valoarea 3 pentru câmpul **Width** și culoarea neagră din lista **Color** .
- Folosind instrumentul **Probe** se pot obține valori punctuale ale vitezei.
- Right-click the **Cut Plots** icon and select **Insert**. The **Cut Plot** dialog box appears, fig. 13.11.
- In **Section Plane or Planar Face** select **Front Plane**.
- In the **Display** dialog box select **Contours** and **Isolines** icons .
- Under **Contours** and **Isolines** select **Velocity** in the **Parameter** list , set 15 for **Number of Levels** , field, set 3 for **Width** field and black color for **Color** field .
- Using the **Probe** tool can be obtained velocities values for different points.

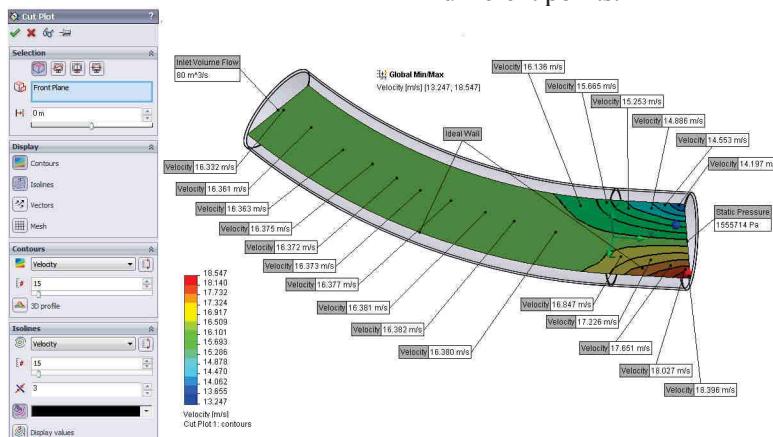


Fig. 13.11

Pentru a vizualiza valorile globale minime și maxime ale parametrului selectat **Velocity**, click **Flow Simulation → Results → Display → Global Min/Max**. Aceste valori sunt afișate textual și graphic printr-o sferă albastră (valoarea minimă) respectiv roșie (valoarea maximă), fig. 13.11.

To view the global minimal and maximal values of the selected **Velocity** parameter, click **Flow Simulation → Results → Display → Global Min/Max**. These values are displayed textual and graphic with a blue sphere (minimal value) and red sphere (maximal value), fig. 13.11.

### 13.11.3 Creare Surface Plot

Prin intermediul opțiunii **Surface Plots** este posibilă vizualizarea distribuției unui parametru pe fața modelului sau suprafață specificată. De asemenea se pot afișa parametrii vectoriali.

- Click dreapta pe icoana **Surface Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Surface Plot**, fig. 13.12.
- Pentru câmpul **Surfaces** se vor selecta cele patru suprafete din fig. 13.12.
- În caseta **Display** se vor activa icoanele **Contours** și **Isolines** .
- Din liste Parameter și ale zonelor **Contours** și **Isolines** se va selecta opțiunea **Pressure**, se impune valoarea 20 pentru câmpul **Number of Levels** , valoarea 1 pentru câmpul **Width**.
- Click .
- Right-click the **Surface Plot** icon and select **Insert**. The **Surface Plot** dialog box appears, fig. 13.12.
- In **Surfaces** field, the four surfaces from fig. 13.12.
- In the **Display** dialog box select **Contours** and **Isolines** icons .
- Under **Contours** and **Isolines** select **Pressure** in the **Parameter** list , set 20 for **Number of Levels** field, set 1 for **Width** field .
- Click .

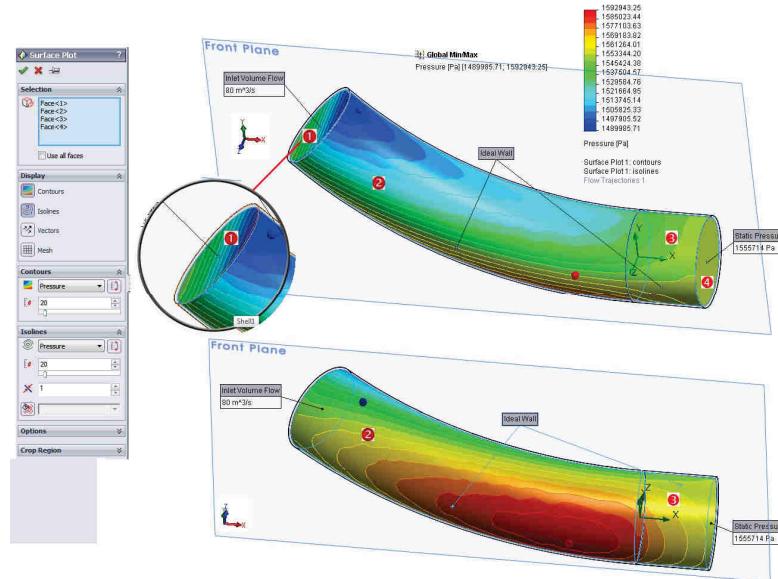


Fig. 13.12

### 13.11.3 Creation of a Surface

The **Surface Plots** display the parameter distribution on the selected model faces or surfaces. It is also possible to view the vector parameters.

### 13.11.4 Creare Flow Trajectories

- Click dreapta pe icoana **Flow Trajectories** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Flow Trajectories**, fig. 13.13.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta față ①.
- În câmpul **Number of Points** se introduce valoarea 20.
- În caseta **Appearance** se va selecta **Spheres** din lista **Draw Trajectories as** , se va impune valoarea 0.15 m în câmpul **Width** și se va selecta **Velocity** din lista **Color by Parameter** .

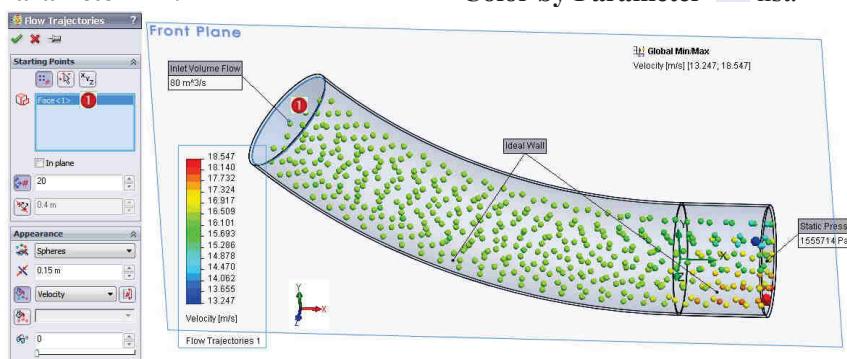


Fig. 13.13

### 13.11.5 Creare Surface Parameters

Prin intermediul opțiunii **Surface Parameters** este posibilă afișarea valorilor unui parametru (minim, maxim, mediu și integral) calculat pe suprafață specificată. Valorile pot fi exportate în Excel.

- Click dreapta pe icoana **Surface Parameters** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Surface Parameters**, fig. 13.14.

### 13.11.4 Creation of the Flow Trajectories

- Right-click the **Flow Trajectories** icon and select **Insert**. The **Flow Trajectories** dialog box appears, fig. 13.13.
- In **Section Plane or Planar Face** select face ①.
- In the **Number of Points** set 20 value.
- Under **Appearance** select **Spheres** from **Draw Trajectories as** list , set 0.15 m in the field **Width** and select **Velocity** from **Color by Parameter**

### 13.11.5 Creation of the Surface Parameters

The **Surface Parameters** display the parameter values (minimum, maximum, average and integral) of the selected surface. The data can also be exported into an Excel workbook.

- Right-click the **Surface Parameters** icon and select **Insert**. The **Surface Parameters** dialog box appears, fig. 13.14.

- Pentru câmpul **Faces** se va selecta suprafața de intrare ① din fig. 13.14.
- În zona **Parameter** se vor activa controalele: **Pressure**, **Velocity**, **Volume Flow Rate**.
- Click **Show** sau **Export to Excel**.

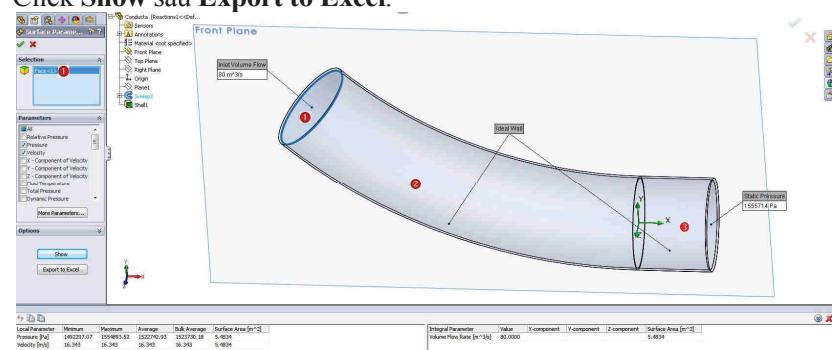


Fig. 13.14

Pentru aceeași opțiune **Surface Parameters** și pentru parametrul **Force** calculat pentru fețele individuale ② și respectiv ③ și apoi pentru ambele fețe ②+③, fig. 13.14, rezultă valorile din tab. 2.

The values from tab. 2 arise for the same option **Surface Parameters** and for the **Force** parameter calculated for individual face ② and ③ and for both faces together ②+③, fig. 13.14.

Tab. 2

Față Face	Valoare Value	Componentă forță Force Component			Aria Surface Area [m <sup>2</sup> ]
		X	Y	Z	
②	7207491	-2802222	-6640443	-54	74.83
③	104207	389	-104207	126	15.36
② + ③	7303463	-2801833	-6744649	72	90.19

### 13.12 Comparație rezultate simulare cu valori teoretice

Tab. 3 oferă comparația numerică a rezultatelor teoretice comparativ cu cele din studiul Flow Simulation.

### 13.12 Simulation and theoretical results comparison

Tab. 3 gives a numerical comparison of the theoretical results with those of the Flow Simulation study.

Tab. 3

Parametru Parameter	Calcul teoretic Theoretical Calculus		Flow Simulation		Eroare Error [%]
Rx	Eq. (19)	2749911	<i>Fig. 13.10</i>	2801833	1.89
Rz	Eq. (20)	6782000	<i>Tab. 2</i>	6744649	-0.55

### 13.13 Concluzii

Din analiza efectuată se desprind următoarele concluzii:

- Abaterile dintre valorile forțelor teoretice și cele rezultate din simulare sunt sub 2%.
- Calculul teoretic impune valoarea constantă a presiunii pe fața de intrare  $p_1=15 \text{ atm}=1519875 \text{ N/m}^2$ , iar simularea numerică oferă o variație a acesteia între limitele  $1489985 \div 1592943 \text{ N/m}^2$ , fig. 13.12, cu valoarea medie  $1522743 \text{ N/m}^2$ , fig. 13.14, ceea ce conduce la o eroare de -0,19%.
- Valoarea constantă a presiunii pe fața de  $p_2=1555714 \text{ N/m}^2$ , rel. (12), rezultă constantă și din simulare.
- Calculul teoretic impune valoarea constantă a vitezei pe fețele de intrare/ieșire  $V_1= V_2=16.2974 \text{ m/s}$ , rel. (22), iar simularea numerică oferă valoarea medie la intrare  $16.343 \text{ m/s}$ , fig. 13.14, respectiv valori variabile ale vitezei la ieșire între limitele  $14.197 \div 18.396 \text{ m/s}$ , fig. 13.11.

### 13.13 Conclusions

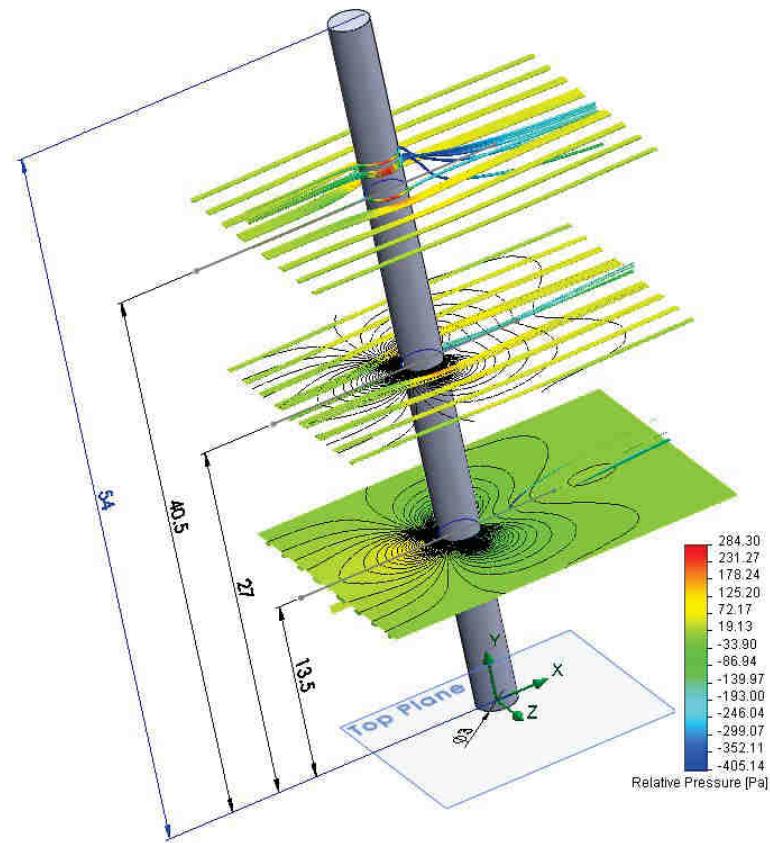
The following conclusions can be obtained from this analysis:

- The differences between the theoretical and Flow Simulation values of the forces are lower than 2%.
- The theoretical calculation imposes constant pressure on the input face  $p_1 = 15 \text{ atm}=1519875 \text{ N/m}^2$ , and the numerical simulation offers a variation between the following limits  $1489985 \div 1592943 \text{ N/m}^2$ , fig. 13.12, with the average value  $1522743 \text{ N/m}^2$ , fig. 13.14, which leads to an error of -0.19%.
- The constant pressure on the output face  $p_2 = 1555714 \text{ N/m}^2$ , rel (12), also has a constant distribution in the simulation.
- Theoretical calculation impose the constant velocity value on the input/output faces  $V_1 = V_2 = 16.2974 \text{ m/s}$ , eq. (22), and the numerical simulation provides the average input  $16.343 \text{ m/s}$ , fig. 13.14, and variables values of the output velocity between  $14.197 \div 18.396 \text{ m/s}$ , fig. 13.11.

$$V_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 80}{\pi \cdot 2.5^2} = 16.2974 \text{ m/s} \quad (22)$$

## 14. CALCUL FORȚĂ AERODINAMICĂ ȘI DISTRIBUȚIE DE PRESIUNI PENTRU UN COȘ VERTICAL

### 14. CALCULATION OF THE AERODYNAMIC FORCE AND PRESSURE DISTRIBUTION FOR A VERTICAL FUNNEL



**SUMAR APLICAȚIE**

- Obiective ale aplicației
- Considerente teoretice
- Etape ale aplicației
- Creare geometrie coș
  - Crearea unui nou fișier
  - Stabilire sistem de unități
  - Creare schiță inițială
  - Extrudare contur
  - Creare geometrie suplimentară
- Activare modul Flow Simulation
- Creare proiect simulare curgere
- Definire tip analiză și volum de control
- Specificare criteriu de convergență
- Calcul studiu de curgere
- Vizualizare rezultate
  - Creare Goal Plot
  - Creare Cut Plot
  - Creare XY Plots
  - Creare Surface Plots
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale
- Concluzii

**DESCRIEREA APLICAȚIEI**

Aplicația urmărește determinarea forței aerodinamice și distribuția presiunilor rezultate din acțiunea vântului asupra unui coș vertical de diametru  $D=\phi 3$  m și înălțime  $H=54$  m. Viteza curentului de aer este constantă și egală cu 20 m/s, iar densitatea aerului este  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . Obiectivul aplicației este de a compara rezultatele simulării 3D cu rezultate experimentale.

**APPLICATION SUMMARY**

- Goals of the application
- Theoretical considerations
- Stages of the application
- The funnel design
  - Creation of a new file
  - How to set the document units
  - Creation of the first sketch
  - Extrusion of the profile
  - Creation of the additional geometry
- Activation of the Flow Simulation module
- Creation of the Flow Simulation project
- Define Computational Domain
- Define study's goal
- Running flow study
- Viewing of the results
  - Creation of a Goal Plot
  - Creation of a Cut Plot
  - Creation of the XY Plots
  - Creation of the Surface Plots
- Simulation and experimental results comparison
- Conclusions

**APPLICATION DESCRIPTION**

The objective of the application is to determine the aerodynamic force and pressure distribution resulted from wind action applied on a vertical funnel with a diameter of  $D=\phi 3$  m and a height of  $H=54$  m. The velocity of the air stream is 20 m/s and air density is  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . The objective of the application is to compare the results predicted by the 3D simulation with the experimental data.

### 14.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a calcula forța aerodinamică și distribuția de presiuni pentru trei secțiuni orizontale, rezultate din interacțiunea dintre coșul vertical  $D=\phi 3\text{ m} \times H=54\text{ m}$  și curentul de fluid, fig. 14.1. Viteza curentului de aer este orientată pe direcția  $X+$  și are valoarea 20 m/s. Baza coșului se află în planul **Top** ( $XZ$ ), iar cele trei secțiuni orizontale sunt dispuse la înălțimile 13.5, 27 respectiv 40.5 m.

### 14.2 Considerante teoretice

Într-o secțiune orizontală (suficient de depărtată față de capetele coșului), într-un punct de pe circumferință, precizat de unghiul la centru  $\theta$ , presiunea se obține prin coeficientul local de presiune, exprimat în scară absolută prin rel. (1) sau în scară manometrică prin rel. (2).

Tab. 1 și fig. 14.2 prezintă valorile experimentale ale coeficientului de presiune  $C_p$  funcție de unghiul  $\theta$  [16].

În tab. 1 presiunea manometrică este calculată prin rel. (2), iar lungimea  $L$ , calculată prin rel. (3), reprezintă lungimea desfășurată a arcului subântins de unghiul  $\theta$ . Originea unghiului  $\theta$  este la intersecția axei  $X-$  cu cercul  $\phi 3$  al secțiunii,  $90^\circ$  corespunde intersecției cu axa  $Z-$ , iar  $180^\circ$  corespunde intersecției cu axa  $X+$ , fig. 14.1.

### 14.1 Goals of the application

The application's goal is to calculate the aerodynamic force and pressure distribution for three horizontal sections, resulting from the  $D=\phi 3\text{ m} \times H=54\text{ m}$  funnel and fluid interaction, fig. 14.1. The air velocity is oriented on the  $X+$  direction and the value is 20 m/s. The funnel base is placed on the **Top** plane ( $XZ$ ) and the three horizontal sections are disposed at the following heights: 13.5, 27 and 40.5 m.

### 14.2 Theoretical considerations

In a horizontal section (far enough from the ends of the funnel), at a point on the circumference, defined by the center angle  $\theta$ , the pressure is obtained by the local pressure coefficient, expressed in absolute scale by rel. (1) or in manometer scale by rel. (2).

Tab. 1 and fig. 14.2 show the experimental values of the pressure coefficient  $C_p$  as a function of the  $\theta$  angle [16].

In tab. 1 the manometer pressure is calculated by rel. (2) and the  $L$  distance is the arc length corresponding to the  $\theta$  angle, calculated by rel. (3). The origin of the  $\theta$  angle is placed at the intersection point between the  $\phi 3$  circle and  $X-$  axis,  $90^\circ$  corresponding to the  $Z-$  axis intersection and  $180^\circ$  corresponding to the  $X+$  axis intersection, fig. 14.1.

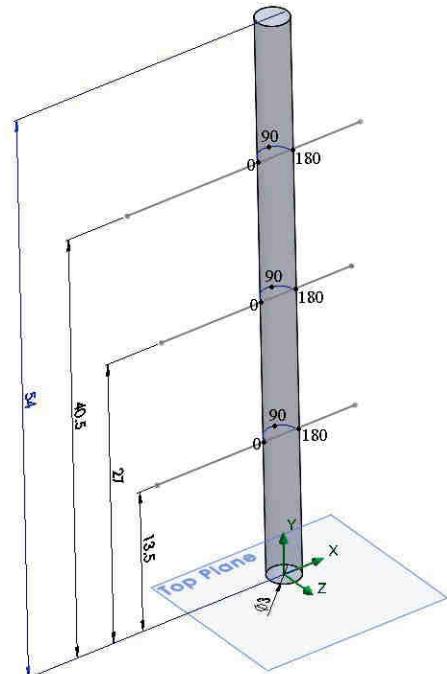


Fig. 14.1

Tab. 1

$\theta$ grd.	L mm	Cp	p Pa
0	0.00	1.00	240
20	0.52	0.55	132
40	1.05	-0.50	-120
60	1.57	-1.70	-408
80	2.09	-2.37	-569
100	2.62	-2.10	-504
120	3.14	-1.10	-264
140	3.67	-0.65	-156
160	4.19	-0.40	-96
180	4.71	-0.25	-60

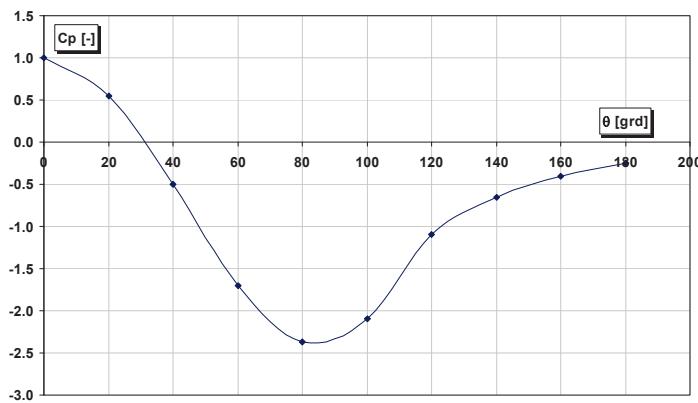


Fig. 14.2

$$p - p_{at} = C_p \rho \frac{V^2}{2} \quad (1) \qquad \qquad \qquad p = C_p \rho \frac{V^2}{2} \quad (2)$$

$$L = \frac{D}{2} \theta \frac{\pi}{180} \quad (3)$$

Forța aerodinamică se calculează cu rel. (4), unde valoarea coeficientului  $C_x=0.55$  este determinată experimental pentru raportul  $H/D=54/3=18$  [16].

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho H D V^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.55 \cdot 1.2 \cdot 54 \cdot 3 \cdot 20^2 = 21384 \text{ N} \quad (4)$$

### 14.3 Etape ale aplicației

- Creare geometrie cos;
- Activare modul Flow Simulation;
- Creare proiect simulare curgere;
- Definire tip analiză și volum de control;
- Specificare criteriu de convergență;
- Calcul studiu de curgere;
- Vizualizare rezultate;
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

The aerodynamic force is calculated by rel. (4), where the  $C_x=0.55$  coefficient is obtained by measurement for the  $H/D=54/3=18$  ratio [16].

### 14.3 The stages of application

- The funnel design;
- Activation of the Flow Simulation module;
- Creation of the Flow Simulation project;
- Define Computational Domain;
- Define study's goal;
- Running flow study;
- Viewing of the results;
- Simulation and experimental results comparison.

## 14.4 Creare geometrie cos

### 14.4.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Cos**.

### 14.4.2 Stabilire sistem de unități

SolidWorks utilizează sistemul de unități memorate în fișierul documentului.

- Click **Tools** → **Options** → **Documents Properties** → **Units**.
- Selectie **MKS (meter, kilogram, second)** ca sistem de unități **Unit system**, fig. 14.3. Aceasta va impune metrul ca unitate pentru lungime și Newton pentru forță.

### 14.4.3 Crearea schiță inițială

Se va desena cercul  $\phi 3$  din fig. 14.4 în planul **Top**.

### 14.4 The funnel design

### 14.4.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Cos**.

### 14.4.2 How to set the document units

SolidWorks uses the document units set in the document.

- Click **Tools** → **Options** → **Documents Properties** → **Units**.
- Select **MKS (meter, kilogram, second)** for the **Unit system**, fig. 14.3. This will set the length units to meter and force to Newton.

### 14.4.3 Creation of the first sketch

The circle  $\phi 3$  from fig. 14.4 is drawn in **Top** plane.

#### 14.4.4 Extrudare contur

Cercul  $\phi 3$  va fi extrudat pe distanță  $H=54$  m, fig. 14.4.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Se va selecta cercul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** se va completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **54** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

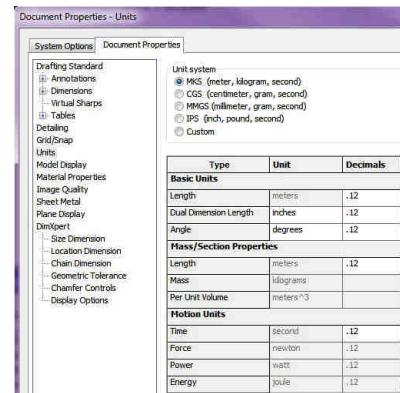


Fig. 14.3

#### 14.4.4 Extrusion of the profile

The circle  $\phi 3$  is extruded on total  $H=54$  m, fig. 14.4.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Select the Circle.
- In the PropertyManager, under **Direction 1** set:
  - **Blind in End Condition.**
  - Set **Depth**  to **54**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

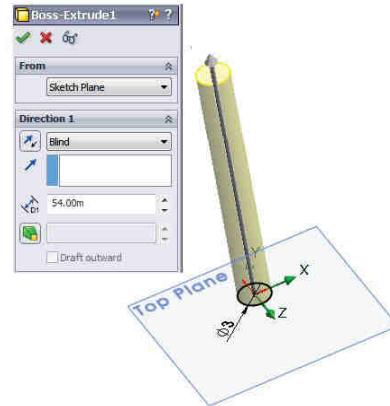


Fig. 14.4

#### 14.4.5 Creare geometrie suplimentară

Geometria suplimentară va fi necesară la vizualizarea rezultatelor studiului de curgere. Vor fi create cele trei curbe din fig. 14.1, la înălțimile 13.5, 27 și 40.5 m, precum și un plan paralel cu planul **Top**, la distanța 13.5 m față de baza coșului.

Pentru a crea curba la înălțimea 13.5 m de baza coșului:

#### 14.4.5 Creation of the additional geometry

The additional geometry is required to view the Flow Simulation results. The three curves from fig. 14.1, placed at 13.5, 27 and 40.5 m and one plane parallel with **Top** plane at 13.5 m distance are created.

To create the curve at 13.5 m distance from funnel base:

- Se va desena linia din fig. 14.5 în planul **Front**.
  - Click **Insert** → **Curve** → **Projected**.
  - In caseta **Curve** PropertyManager, se va completa, fig. 14.5:
    - în câmpul **Sketch to project**  se va selecta schița anterior trasată.
    - în câmpul **Projection faces**  se va selecta fața laterală cilindrului.
    - se va activa opțiunea **Reverse projection**.
  - Click ; linia din schiță va fi proiectată pe suprafață și în direcția selectată, generând astfel curba de intersecție. La fel se vor genera curbele la distanțele 27 și 40.5 m.
- Pentru a crea un plan paralel cu planul **Top** la distanța 13.5 m:
- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Plane**.
  - In caseta **Curve** PropertyManager, se va completa, fig. 14.6:
    - în câmpul **First reference**  se va selecta planul **Top**.
    - în câmpul **Offset distance**  se va introduce valoarea 13.5.
  - Click .
  - Planul creat se va redenumi **Plane 13.5**.
- The line from fig. 14.5 is drawn in **Front** plane.
  - Click **Insert** → **Curve** → **Projected**.
  - In the **Curve** PropertyManager set, fig. 14.5:
    - select the previous sketch in **Sketch to project**  field.
    - select the cylinder lateral face in **Projection faces**  field.
    - activate **Reverse projection** option.
  - Click ; the sketched line will be projected on the surface in the selected direction, to generate the intersection curve. The same steps will be performed to generate the 27 and 40.5 m curves.
- To create one plane parallel with the **Top** plane at 13.5 m distance:
- Click **Insert** → **Reference Geometry** → **Plane**.
  - In the **Curve** PropertyManager set, fig. 14.6:
    - select **Top** plane in **First reference**  field.
    - input 13.5 in the **Offset distance**  field.
  - Click .
  - Rename the plane as **Plane 13.5**.

## 14.5 Activare modul Flow Simulation

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Selectie modul **SolidWorks Flow Simulation**.
- Bara de meniu **Flow Simulation** se va adăuga la meniul principal.

## 14.5 Activation of the Flow Simulation module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Flow Simulation** module.
- The **Flow Simulation** menu bar will be added to the main menu.

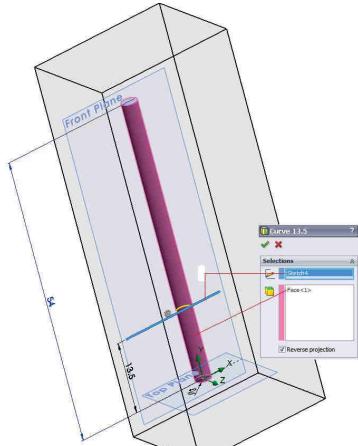


Fig. 14.5

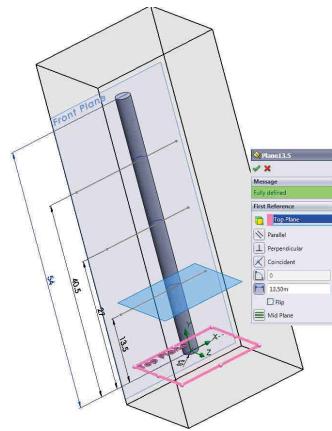


Fig. 14.6

#### 14.6 Creare proiect simulare curgere

- Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**; se va crea un proiect cu proprietăți din tab. 2:

#### 14.6 Creation of the Flow Simulation project

- Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**; a new project with the properties from tab. 2 will be created:

Tab. 2

Nume configurație	Cos3x54	Configuration name	Cos3x54
Sistem de unități	SI (m-kg-s)	Unit system	SI (m-kg-s)
Tip analiză Procese fizice avansate	External Inexistente	Analysis type Physical Features	External None
Tip fluid	Gas → Aer	Fluid	Gas → Air
Condiții ptr. pereți	Se acceptă valorile implicite	Wall conditions	Accept the default values
Condiții inițiale	Viteză pe direcția X 20 m/s	Initial conditions	Velocity in X direction 20 m/s
Rezoluție inițială	3 Automatic Settings	Initial resolution	3 Automatic Settings

### 14.7 Definire tip analiză și volum de control

În această aplicație vom efectua o analiză tridimensională (3D).

- În arborele analizei de curgere se va expanda ramura **Input Data**.
- Click dreapta pe icoana **Computational Domain** și selecție **Edit Definition**. Va apărea fereastra **Computational Domain**, fig. 14.7.
- Click pe icoana **3D simulation**.
- Acceptare valori implicate din zona **Size and Conditions**.
- Click .

### 14.7 Define Computational Domain

This application will perform a three-dimensional (3D) analysis.

- In the Flow Simulation Analysis tree expand the **Input Data** item.
- Right-click the **Computational Domain** icon and select **Edit Definition**. The **Computational Domain** dialog box appears, fig. 14.7.
- Click the **3D simulation** icon.
- Accept the default values from **Size and Conditions** area.
- Click .

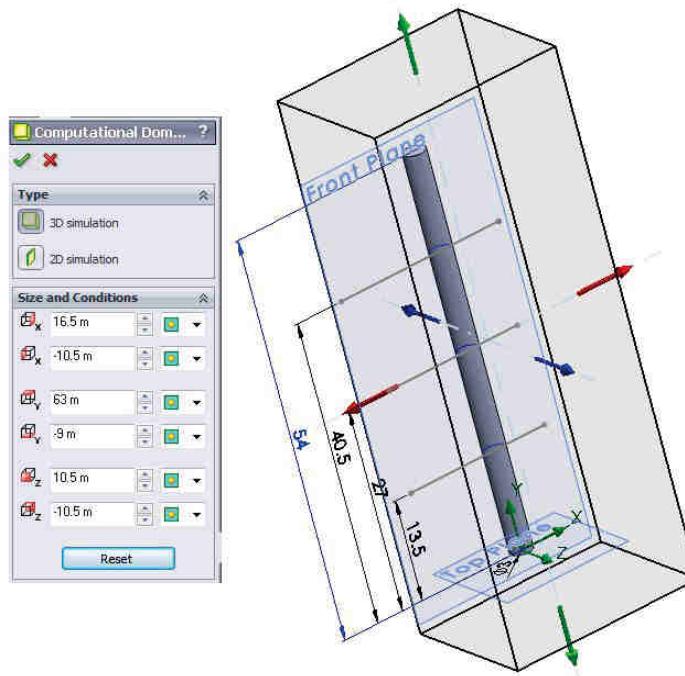


Fig. 14.7

### 14.8 Specificare criteriu de convergență

Forța aerodinamică se poate determina specificând criterii de convergență (goals).

### 14.8 Define study's goal

The aerodynamic force can be determined by specifying the appropriate Flow Simulation goal.

Pentru această aplicație, va fi specificată componenta forței **X - Component of Force** ca și criteriu global de convergență. Aceasta va asigura convergența soluției, deoarece calculul nu se va finaliza până când componenta nu va fi convergentă pe întreg volumul de control.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- În tabelul **Parameter** se va activa opțiunea **X - Component of Force**.
- Click **OK**. Noul criteriu: **GG X - Component of Force 1** va apărea în arborele analizei de curgere.

#### 14.9 Calcul studiu de curgere

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. Va apărea fereastra **Run**, fig. 14.8.
- Click **Run** pentru a declanșa calculul studiului de curgere.

Flow Simulation va declanșa automat discretizarea volumului de control, prin divizarea volumului de control în secțiuni, care vor fi ulterior subdivizate în celule.

Fereastra **Run** include următoarele controale:

- **Mesh** – realizează o nouă discretizare a volumului de control pentru un proiect care deja a fost discretizat sau calculat;
- **Solve** – declanșează calculul propriu-zis; pentru un proiect anterior calculat există două opțiuni: **New calculation** – pentru a recalcula de la început un proiect anterior calculat, utilizând condițiile inițiale specificate în **Wizard** sau **General Settings**

For this application the **X - Component of Force** will be set as a Global Goal. This ensures that the calculation will not be finished until the X component, in the entire computational domain, is fully converged.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- In the **Parameter** table select the first check box in the **X - Component of Force** row.
- Click **OK**. The new **GG X - Component of Force 1** item appear in the Flow Simulation Analysis tree.

#### 14.9 Running flow study

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. The **Run** dialog box appears, fig. 14.8.
- Click **Run** to start the calculation.

Flow Simulation automatically generates a computational mesh, by dividing the computational domain into slices, which are further subdivided into cells.

The **Run** window include the following controls:

- **Mesh** - to create the new computational mesh for a project that is already meshed or calculated;
- **Solve** - to calculate the project; for a project that was already calculated before the following options can be selected:  
**New calculation** - to recalculate a previously calculated project from start, using the initial conditions specified in the **Wizard** or **General Settings**.

- . Pentru a declanșa un nou calcul preluând rezultatele unui calcul anterior, se vor selecta opțiunile **Mesh**, **Solve**, **New calculation** și **Take previous results**, ceea ce va avea ca efect ignorarea condițiilor initiale specificate în **Wizard** sau **General Settings**.
- **Continue Calculation** – pentru a continua un calcul anterior din punctul unde solverul a fost oprit automat sau manual.
- **Run At** – listă de selecție a modului de calcul:
  - **This computer (CAD session)** - solver-ul rulează pe calculatorul current ca și componentă a aplicației SolidWorks.
  - **This computer (standalone)** - - solver-ul rulează pe calculatorul current într-un proces separat (ca și cum ar fi o aplicație diferită).
  - **Add computer** – pentru a selecta un calculator din rețea, care va fi adăugat la lista **Run At**; acest calculator poate fi selectat pentru a efectua calculul.
- **Use CPU(s)** – dacă calculatorul local sau din rețea dispune de capabilități de multiprocesare, în lista **Use CPU(s)** se poate selecta numărul de procesoare utilizabile în calcul.
- **Load results** – pentru a încărca automat rezultatele calculului la finalizarea sau întreruperea manuală a acestuia.
- To start the new calculation using previous calculation results as an initial condition, select the **Mesh**, **Solve**, **New calculation**, and **Take previous results** options, which will ignore the initial conditions specified in the **Wizard** or **General Settings**.
- **Continue calculation** - to continue calculation from the point where the solver was stopped automatically or manually.
- **Run At** - list to select the way to run the calculation:
  - **This computer (CAD session)** - the solver runs on the current computer as a part of the SolidWorks application.
  - **This computer (standalone)** - the solver runs as a separate process (i.e. as a separate application).
  - **Add computer** - to select a network computer to be added to the **Run At** list; this computer can be selected to calculate the study.
- **Use CPU(s)** - if the local or the selected network computer has multiprocessing capabilities, in the **Use CPU(s)** list select the number of processors or processor cores to use for calculation.
- **Load results** - to automatically load the results when the calculation is finished or stopped manually.

După lansarea calculului, fereastra **Solver Monitor**, fig. 14.9, oferă informații despre starea curentă a soluției, prin monitorizarea modificărilor intervenite în criteriile de convergență și prin vizualizarea rezultatelor preliminare în plane selectate.

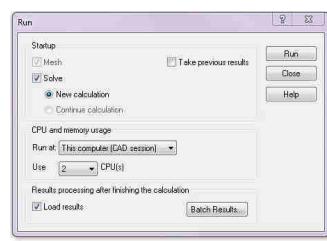


Fig. 14.8

After the calculation starts, the **Solver Monitor** dialog, fig. 14.9, provides informations about the current status of the solution.

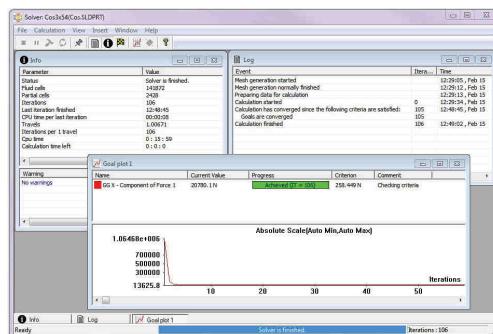


Fig. 14.9

## 14.10 Vizualizare rezultate

### 14.10.1 Creare Goal Plot

Opțiunea **Goal Plot** permite studierea modificărilor intervenite în criteriile de convergență pe parcursul calculului. Pentru aceasta se utilizează programul Microsoft Excel.

- În arborele analizei de curgere, sub ramura **Results**, click dreapta pe icoana **Goal Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Goal Plot**, fig. 14.10.
- Selecție opțiune **GG X - Component of Force**.
- Click **OK**. Fișierul Excel **Goals1** va fi creat, fig. 14.10.

Evoluția grafică a criteriului este afișată într-o foaie separată. Convergența valorilor criteriului este sintetizată în foaia de calcul **Summary** iar datele numerice se regăsesc în foaia **Plot Data** a fișierului Excel creat.

## 14.10 Viewing of the results

### 14.10.1 Creation of a Goal Plot

The **Goal Plot** offers the possibility to study how the goal value changed in the course of calculation. Flow Simulation uses Microsoft Excel to display the goal plot data.

- In the Flow Simulation Analysis tree, under **Results**, right-click the **Goal Plots** icon and select **Insert**. The **Goal Plot** dialog box appears, fig. 14.10.
- Select **GG X -Component of Force**.
- Click **OK**. The **Goals1** Excel workbook is created, fig. 14.10.

Each goal plot is displayed in a separate sheet. The converged values of the project goal are displayed in the **Summary** sheet and numerical values are placed in the **Plot Data** sheet of an automatically created Excel workbook.

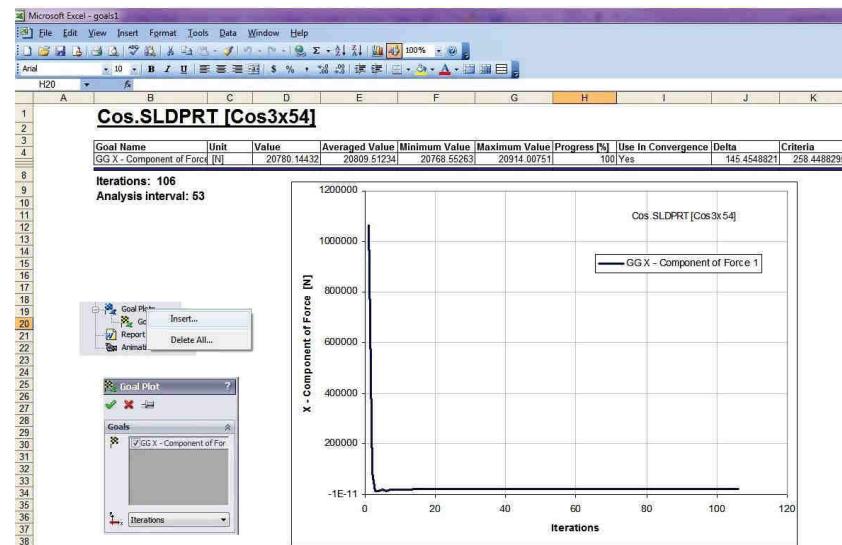


Fig. 14.10

#### 14.10.2 Creare Cut Plot

Opțiunea **Cut Plot** afișează rezultatele parametrului selectat într-o secțiune specificată, prin intermediu planelor SolidWorks sau ale modelului

- Click dreapta pe icoana **Cut Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Cut Plot**, fig. 14.11.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Plane 13.5**.
- În caseta **Cut Plot** se vor activa icoanele **Contours** și **Isolines** .
- Din listele **Parameter** respectiv ale zonelor **Contours** și **Isolines** se va selecta opțiunea **Relative Pressure**, se impune valoarea 100 pentru câmpul **Number of Levels** , valoarea 1 pentru câmpul **Width** respectiv culoarea neagră din lista **Color** .

#### 14.10.2 Creation of a Cut Plot

The **Cut Plot** displays results of a selected parameter in a selected view section. To define the view section, you can use SolidWorks planes or model planar faces.

- Right-click the **Cut Plots** icon and select **Insert**. The **Cut Plot** dialog box appears, fig. 14.11.
- In **Section Plane or Planar Face** select **Plane 13.5**.
- In the **Cut Plot** dialog box select **Contours** and **Isolines** icons .
- Under **Contours** and **Isolines** select **Relative Pressure** in the **Parameter** list , set 100 for **Number of Levels** , set 1 for **Width** field and black color for **Color** field .

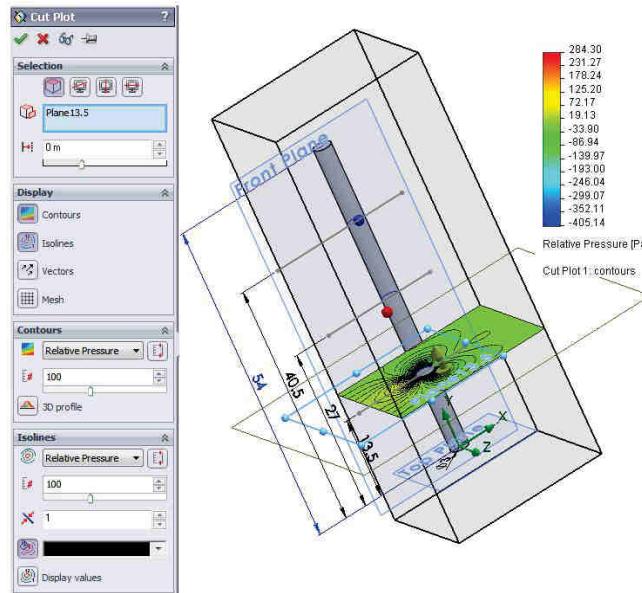


Fig. 14.11

Dacă parametrul **Relative Pressure** nu este disponibil în listă, acesta poate fi adăugat prin intermediul ferestrei **Display Parameters** activată prin opțiunea **Add parameter** selectată din lista **Parameter**.

Vom crea încă două reprezentări de tip **Cut Plot**, fig. 14.12, prin clonarea celei anterior create **Cut Plot 1**.

- Click dreapta pe icoana **Cut Plot 1** și selecție opțiune **Clone**. Va apărea ramura **Cut Plot 2**.
- Click dreapta pe icoana **Cut Plot 2** și selecție opțiune **Edit Definition**. În fereastra **Cut Plot** în câmpul **Offset** se va introduce valoarea 13.5.
- Click .
- Dacă reprezentarea nu este vizibilă, click dreapta pe icoana **Cut Plot 1** și selecție opțiune **Show**.
- Se vor repeta pașii anteriori. Va apărea ramura **Cut Plot 3**. În fereastra **Cut Plot** în câmpul **Offset** se va introduce valoarea 27.

If the **Relative Pressure** parameter is not available in the list, it can be added through the **Display Parameters** window, activated by the **Add parameter** option selected from the **Parameter** list.

Another two **Cut Plot** representations are created, fig. 14.12, by cloning the first **Cut Plot 1** representation.

- Right-click the **Cut Plot 1** icon and select **Clone**. The **Cut Plot 2** branch will appear.
- Right-click the **Cut Plot 2** icon and select **Edit Definition**. Set 13.5 value in the **Offset** field of the **Cut Plot** dialog box.
- Click .
- If the plot is not visible, right-click the **Cut Plot 2** icon and select **Show**.
- The previous steps will be repeated to create **Cut Plot 3**. Set 27 value in the **Offset** field of the **Cut Plot** dialog box.

Pentru a vizualiza valorile globale minime și maxime ale parametrului selectat **Relative Pressure**, click **Flow Simulation** → **Results** → **Display** → **Global Min/Max**. Aceste valori sunt afișate textual și graphic printr-o sferă albastră (valoarea minimă) respectiv roșie (valoarea maximă), fig. 14.12.

To view the global minimal and maximal values of the selected **Relative Pressure** parameter, click **Flow Simulation** → **Results** → **Display** → **Global Min/Max**. These values are displayed textual and graphic with a blue sphere (minimal value) and red sphere (maximal value), fig. 14.12.

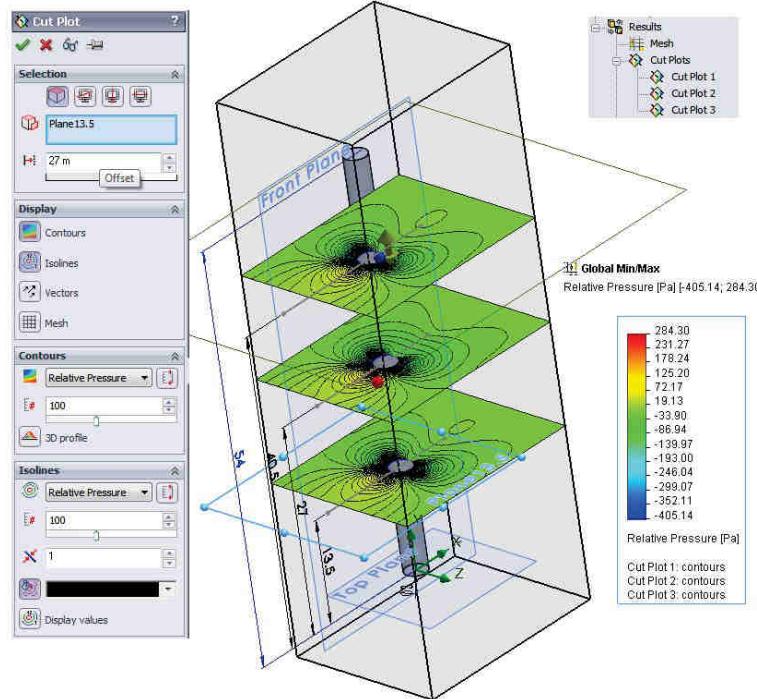


Fig. 14.12

#### 14.10.3 Creare XY Plots

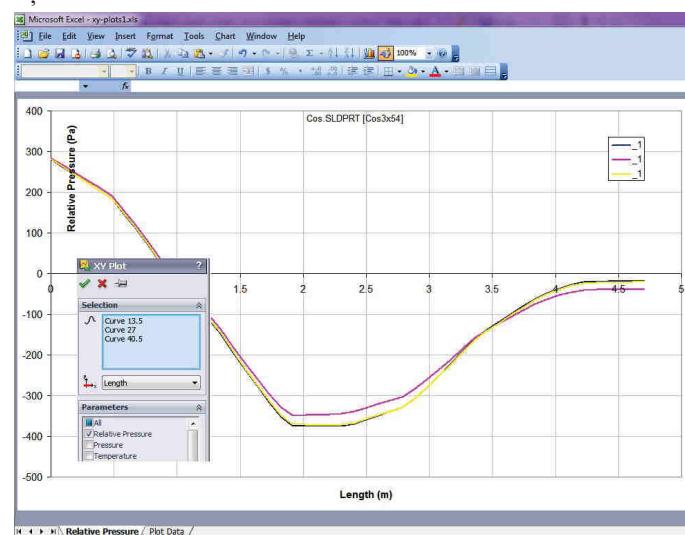
Prin intermediu opțiunii **XY Plots** devină posibilă vizualizarea modificărilor unui parametru de-a lungul unei direcții specificate sau traectoriei.

Pentru definirea direcției pot fi utilizate curbe, schițe 2D sau 3D sau muchii ale modelului. Datele sunt exportate în Excel, unde se regăsesc valorile numerice și graficele parametrului selectat.

#### 14.10.3 Creation of the XY Plots

**XY Plots** allow the user to view how a parameter changes along the specified direction or path. To define the direction, curves, sketches (2D and 3D sketches) and model edges can be used. The data is exported into an Excel workbook, where parameter charts and values are displayed.

- Click dreapta pe icoana **XY Plots** și selectează opțiunea **Insert**; va apărea fereastra **XY Plot**, fig. 14.13.
  - Pentru câmpul **Sketches, Curves, Edges**  se vor selecta cele trei curbe din fig. 14.1, create ca și geometrie suplimentară, la înălțimile 13.5, 27 și 40.5 m.
  - Din **Abscissa**  se va selecta opțiunea **Length**.
  - În caseta **Parameters** se va selecta **Relative Pressure**.
  - Click .
- Curbele sunt afișate într-o foaie separată, iar datele numerice se regăsesc în foaia **Plot Data** a fișierului Excel creat.



#### 14.10.4 Creare Surface Plots

Prin intermediu opțiunii **XY Plots** devină posibilă vizualizarea modificărilor unui parametru de-a lungul unei direcții specificate sau traectoriei. Opțiunea **Use all faces** va afișa parametrul pe toate fețele frontieră dintre solid și fluid.

#### 14.10.4 Creation of the Surface Plots

Surface plot display the parameter distribution on the selected model faces or surfaces. The **Use all faces** option displays parameters on all the faces which are the solid-fluid boundaries.

Fig. 14.13

- Click dreapta pe icoana **Surface Plots** și selectează opțiunea **Insert**. Va apărea fereastra **Surface Plot**, fig. 14.14.
- Pentru câmpul **Surfaces** se va selecta fața laterală a cilindrului.
- În caseta **Display** se va activa icoana **Contours** .
- În caseta **Contours** se va selecta **Relative Pressure** și se impune valoarea 100 în câmpul **Number of Levels** .
- Click .
- Right-click the **Surface Plots** icon and select **Insert**. The **Surface Plot** dialog box appears, fig. 14.14.
- In **Surfaces** field, the lateral cylinder face will be selected.
- In the **Cut Plot** dialog box select **Contours** icon.
- Under **Contours** select **Relative Pressure** and set 100 for **Number of Levels** field.
- Click .

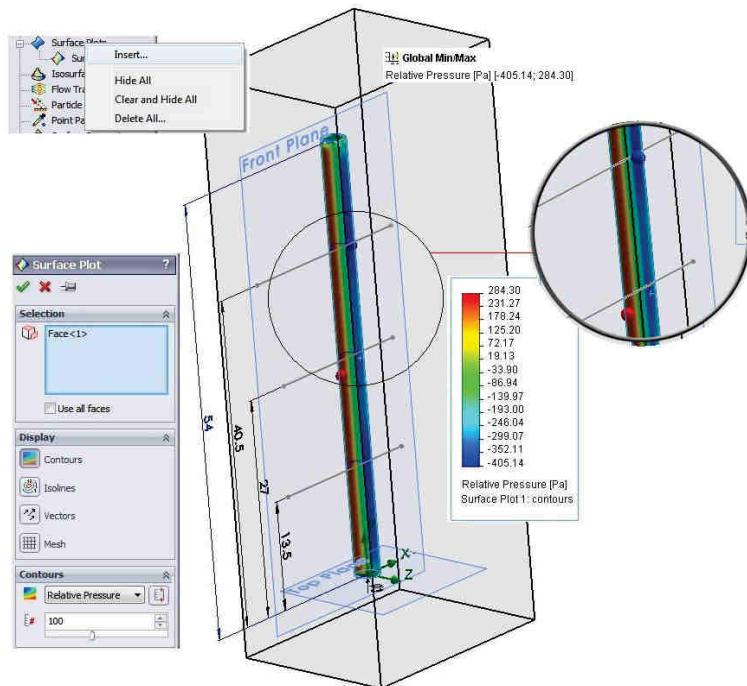


Fig. 14.14

#### 14.11 Comparație rezultate simulare cu valori experimentale

Valoarea forței aerodinamice furnizată în Excel prin opțiunea **Goal Plot** este **20780 N**, fig. 14.10, comparativ cu valoarea **21384 N**, calculată prin rel. (4).

#### 14.11 Simulation and experimental results comparison

The aerodynamic force value resulted from the **Goal Plot** option, fig. 14.10, is **20780 N**, compared to the **21384 N** value, calculated through rel. (4).

Valorile minime / maxime experimentale ale presiunii relative sunt -569/240 Pa, iar cele rezultate din simulare sunt -405 / 284 Pa.

Graficul din fig. 14.15 prezintă curba presiunii relative determinată experimental, conform tab. 1 și fig. 14.2, comparativ cu rezultatele din studiul Flow Simulation din tab. 3.

The experimental minimal/maximal values of the relative pressure parameter are -569/240 Pa and for the Flow Simulation are -405 / 284 Pa.

The diagram from fig. 14.15 show the experimental relative pressure curve, resulted from tab. 1 and fig. 14.2, compared with Flow Simulation results from tab. 3.

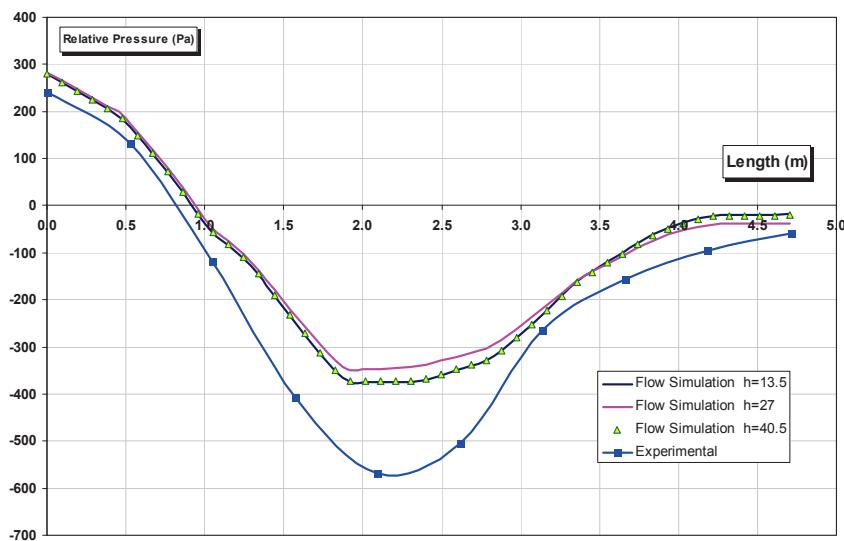


Fig. 14.15

Flow Simulation Results

Tab. 3

h=13.5		h=27		h=40.5	
Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)
0.00	280.86	0.00	283.29	0.00	280.86
0.10	261.79	0.10	265.30	0.10	261.97
0.19	242.73	0.19	247.30	0.19	243.09
0.29	223.66	0.29	229.30	0.29	224.20
0.38	205.17	0.38	211.84	0.38	205.88
0.48	184.29	0.48	191.92	0.48	185.18
0.58	148.27	0.58	156.54	0.58	149.37
0.67	110.22	0.67	119.08	0.67	111.53

Flow Simulation Results

Tab. 3

h=13.5		h=27		h=40.5	
Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)
0.77	70.76	0.77	80.15	0.77	72.30
0.86	27.83	0.86	37.72	0.86	29.60
0.96	-18.83	0.96	-8.45	0.96	-16.80
1.06	-59.16	1.06	-48.60	1.06	-56.91
1.15	-85.31	1.15	-74.99	1.15	-82.94
1.25	-112.32	1.25	-102.24	1.25	-109.83
1.34	-147.00	1.34	-136.21	1.34	-144.36
1.44	-192.45	1.44	-179.59	1.44	-189.64
1.54	-234.40	1.54	-219.26	1.54	-231.44
1.63	-275.28	1.63	-257.70	1.63	-272.18
1.73	-315.17	1.73	-294.80	1.73	-311.94
1.82	-352.74	1.82	-329.43	1.82	-349.39
1.92	-375.00	1.92	-349.26	1.92	-371.61
2.02	-375.29	2.02	-348.03	2.02	-371.99
2.11	-375.36	2.11	-346.64	2.11	-372.15
2.21	-375.35	2.21	-345.18	2.21	-372.23
2.30	-375.00	2.30	-343.49	2.30	-371.97
2.40	-369.83	2.40	-338.29	2.40	-367.07
2.50	-359.92	2.50	-329.66	2.50	-357.61
2.59	-349.93	2.59	-320.97	2.59	-348.08
2.69	-339.80	2.69	-312.20	2.69	-338.43
2.78	-329.58	2.78	-303.36	2.78	-328.70
2.88	-308.63	2.88	-285.44	2.88	-308.36
2.98	-280.69	2.98	-261.59	2.98	-281.05
3.07	-251.80	3.07	-236.90	3.07	-252.75
3.17	-221.57	3.17	-211.02	3.17	-223.07
3.26	-190.78	3.26	-184.62	3.26	-192.75
3.36	-160.11	3.36	-158.28	3.36	-162.48
3.46	-139.02	3.46	-140.00	3.46	-141.33
3.55	-119.07	3.55	-122.80	3.55	-121.27
3.65	-100.42	3.65	-106.86	3.65	-102.52
3.74	-80.47	3.74	-89.80	3.74	-82.47
3.84	-62.24	3.84	-74.28	3.84	-64.17
3.94	-47.96	3.94	-62.22	3.94	-49.85
4.03	-36.57	4.03	-52.70	4.03	-38.44

Flow Simulation Results

Tab. 3

h=13.5		h=27		h=40.5	
Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)	Length (m)	Relative Pressure (Pa)
4.13	-27.74	4.13	-45.45	4.13	-29.62
4.22	-21.09	4.22	-40.09	4.22	-22.99
4.32	-19.88	4.32	-39.18	4.32	-21.86
4.42	-19.48	4.42	-38.90	4.42	-21.55
4.51	-19.10	4.51	-38.62	4.51	-21.25
4.61	-18.77	4.61	-38.36	4.61	-21.00
4.70	-18.44	4.70	-38.10	4.70	-20.75

### 14.12 Concluzii

Din analiza efectuată se desprind următoarele concluzii:

- Abaterea dintre valoarea experimentală a forței aerodinamice și cea rezultată din simulare este de 2.82%.
- Curbele presiunii relative rezultate din simulare din fig. 14.15 confirmă o alură apropiată cu cea a curbei determinată experimental, cu diferențe puțin mai mari în zona centrală.
- Curbele presiunii relative rezultate din simulare din fig. 14.15 sunt mai apropiate pentru înălțimile 13.5 și 40.5 m comparativ cu cea de la înălțimea 27 m.
- Analiza 3D a impus discretizarea în 141872 de elemente finite pentru nivelul 3 impus al rezoluției inițiale.

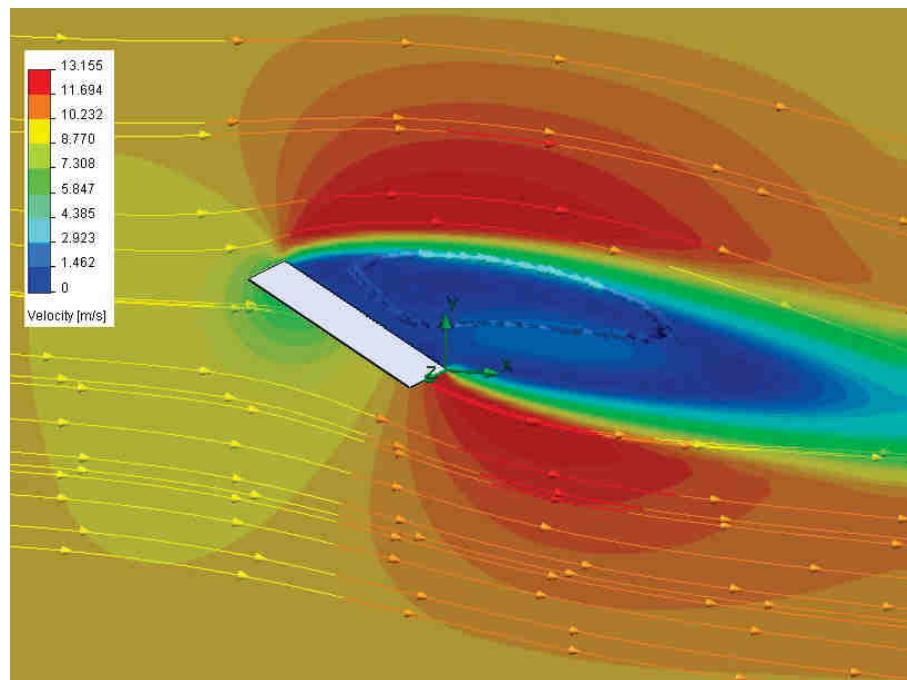
### 14.12 Conclusions

The following conclusions can be obtained from this analyze:

- The difference between experimental and Flow Simulation value of the aerodynamic force is 2.82%.
- The Flow Simulation relative pressure curve from fig. 14.15 has the same shape with the experimental curve, with bigger differences in the central area.
- The Flow Simulation relative pressure curve from fig. 14.15 are similar for 13.5 și 40.5 m compared with the curve for 27 m.
- The 3D analyze generate 141872 finite elements for the level 3 imposed to the **Initial resolution** project configuration.

## 15. CALCUL FORȚĂ AERODINAMICĂ PENTRU O PLACĂ

### 15. CALCULATION OF THE AERODYNAMIC FORCE FOR A PLATE



**SUMAR APLICAȚIE**

- Obiective ale aplicației
- Considerente teoretice
- Etape ale aplicației
- Creare geometrie placă
  - Crearea unui nou fișier
  - Crearea schiță inițială
  - Extrudare contur
- Activare modul Flow Simulation
- Creare proiect simulare curgere
- Definire tip analiză și volum de control
- Specificare criterii de convergență
- Calcul studiu de curgere
- Vizualizare rezultate
  - Creare Goal Plot
  - Creare Cut Plot
  - Creare Flow Trajectories
- Clonare proiect
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale
- Concluzii

**DESCRIEREA APLICAȚIEI**

O placă de dimensiuni  $1500 \times 1500 \times 10$  este plasată într-un curent uniform de aer, perpendicular pe direcția curentului. Viteza curentului de aer este constantă și egală cu  $10 \text{ m/s}$ , iar densitatea aerului este  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . Obiectivul aplicației este de a determina, prin modulul SolidWorks Flow Simulation, forța aerodinamică și componentele acesteia: rezistență la înaintare și forță portantă. În final, rezultatele simulării 2D vor fi comparate cu rezultatele experimentale.

**APPLICATION SUMMARY**

- Goals of the application
- Theoretical considerations
- Stages of the application
- The plate design
  - Creation of a new file
  - Creation of the first sketch
  - Extrusion of the profile
- Activation of the Flow Simulation module
- Creation of the Flow Simulation project
- Define Computational Domain
- Define goals
- Running flow study
- Viewing of the results
  - Creation of a Goal Plot
  - Creation of a Cut Plot
  - Creation of the Flow Trajectories
- Cloning of the project
- Simulation and experimental results comparison
- Conclusions

**APPLICATION DESCRIPTION**

A  $1500 \times 1500 \times 10$  plate is immersed in a uniform air stream; the plate is oriented perpendicular to the stream. The velocity of the air stream is  $10 \text{ m/s}$  and air density is  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . The objective of the application is to determine, through SolidWorks Flow Simulation module, the aerodynamic force and its components: the drag force and the lift force. Finally, the results predicted by the 2D simulation will be compared with the experimental data.

### 15.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a calcula forța aerodinamică rezultată din interacțiunea dintre placa L=1500 x B=1500 x h=10 și curentul de fluid, fig. 15.1, la diferite valori ale unghiului de dispunere  $\theta$  [16]. Viteza curentului de aer este de 10 m/s.

### 15.1 Goals of the application

The application's goal is to calculate the aerodynamic force resulted from the L=1500 x B=1500 x h=10 plate and fluid interaction, fig. 15.1, for different values of the  $\theta$  angle [16]. The air velocity is 10 m/s.

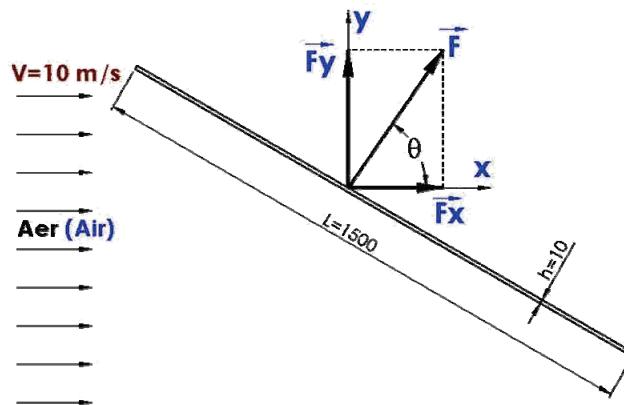


Fig. 15.1

### 15.2 Considerante teoretice

Forța aerodinamică  $\vec{F}$ , normală pe placă, se descompune în forță de rezistență la înaintare  $\vec{F}_x$  și forță portantă  $\vec{F}_y$ , care se calculează prin relațiile:

$$F_x = \frac{1}{2} C_x \rho B L V^2 \quad (1)$$

Coeficienții aerodinamici  $C_x$  și  $C_y$  din relațiile (1) și (2) se aleg funcție de raportul L/B și unghiul  $\theta$ , din diagrama din fig. 15.2, determinată experimental [16].

### 15.2 Theoretical considerations

The aerodynamic force, which is perpendicular on the plate, is the resultant force between the drag force  $\vec{F}_x$  and lift force  $\vec{F}_y$ , calculated by the following relations:

$$F_y = \frac{1}{2} C_y \rho B L V^2 \quad (2)$$

Aerodynamic coefficients  $C_x$  and  $C_y$  of the (1) and (2) relations are chosen according to the ratio L/B and the  $\theta$  angle, from fig. 15.2 diagram, determined experimentally [16].

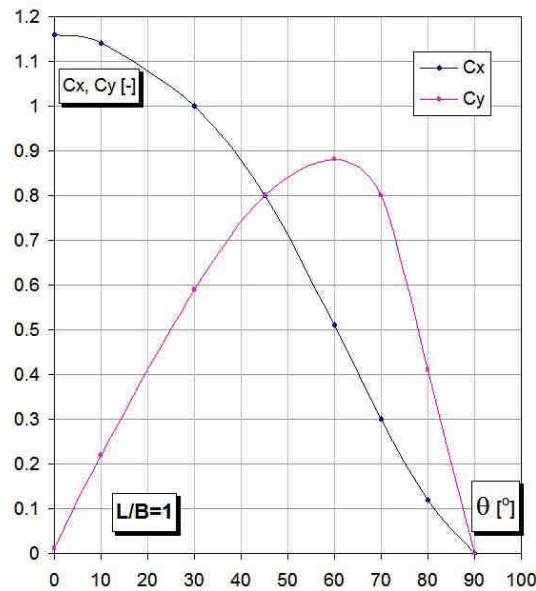


Fig. 15.2

### 15.3 Etape ale aplicației

- Creare geometrie placă;
- Activare modul Flow Simulation;
- Creare proiect simulare curgere;
- Definire tip analiză și volum de control;
- Specificare criterii de convergență;
- Calcul studiu de curgere;
- Vizualizare rezultate;
- Clonare proiect;
- Modificare unghi dispunere placă  $\theta$  și reluare calcul studiu;
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

### 15.4 Creare geometrie placă

#### 15.4.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou “part” document salvat sub numele de **Placa**.

#### 15.4.2 Crearea schiță inițială

Se va desena schiță  $L=1500 \times h=10 \times 60^{\circ}$  din fig. 15.3 în planul **Front**.

### 15.3 Stages of the application

- The plate design;
- Activation of the Flow Simulation module;
- Creation of the Flow Simulation project;
- Define Computational Domain;
- Define goals;
- Running flow study;
- Viewing of the results;
- Cloning the project;
- Modifying of the  $\theta$  angle layout and rerunning of the study;
- Simulation and experimental results comparison.

### 15.4 The plate design

#### 15.4.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Placa**.

#### 15.4.2 Creation of the first sketch

The sketch  $L=1500 \times h=10 \times 60^{\circ}$  from fig. 15.3 is drawn in **Front** plane.

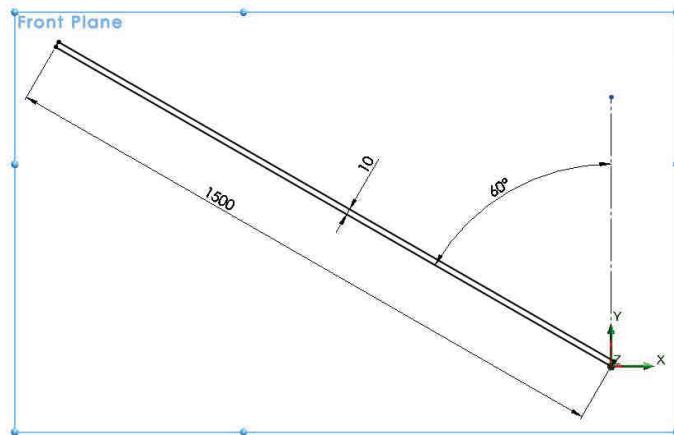


Fig. 15.3

#### 15.4.3 Extrudare contur

Conturul va fi extrudat simetric pe distanță totală  $B=1500$  mm, fig. 15.4.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta conturul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** și **Direction 2** se va completa:
  - **Blind în End Condition**.
  - Valoarea **750** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

#### 15.4.3 Extrusion of the profile

The profile will be symmetrically extruded on a total distance of 1500 mm, fig. 15.4.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the profile.
- In the PropertyManager, under **Direction 1** and **Direction 2** set:
  - **Blind in End Condition**.
  - Set **Depth** to **750**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

#### 15.5 Activare modul Flow Simulation

- Click **Tools → Add-Ins**.
- Selectie modul **SolidWorks Flow Simulation**.
- Bara de meniu **Flow Simulation** se va adăuga la meniul principal.

#### 15.5 Activation of the Flow Simulation module

- Click **Tools → Add-Ins**.
- Select **SolidWorks Flow Simulation** module.
- The **Flow Simulation** menu bar will be added to the main menu.

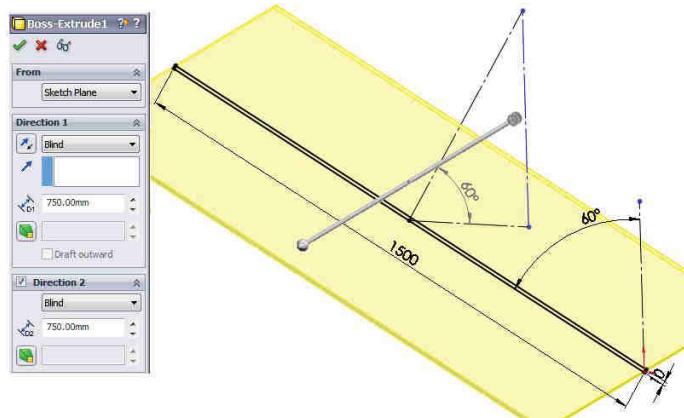


Fig. 15.4

### 15.6 Creare proiect simulare curgere

Un proiect de simulare a curgerii conține toate datele și rezultatele unei probleme. Fiecare proiect este asociat unei configurații. Prin modificarea unui proiect este posibilă analizarea curgerii pentru diferite condiții și modificări de geometrie.

La crearea unui proiect, un nou arbore **Flow Simulation** Design Tree va apărea în dreapta zonei Configuration Manager. Acest arbore va fi utilizat pentru a specifica date ale proiectului: condiții de frontieră, condiții inițiale, surse de căldură, condiții de material și criterii de convergență. Pentru a crea un proiect, trebuie furnizate următoarele informații:

- numele proiectului;
- sistemul de unități;
- tipul de analiză (externă sau internă);
- tipul de fluid (gaz, lichid incompresibil, lichid non-Newtonian sau compresibil);
- a project name;
- a system of units;
- an analysis type (external or internal);
- the type of fluid (gas, incompressible liquid, Non-Newtonian laminar liquid, or compressible liquid);

### 15.6 Creation of the Flow Simulation project

A **Flow Simulation** project contains all the settings and results of a problem. Each project is associated with a SolidWorks configuration. By modifying a **Flow Simulation** project, it is possible to analyze flows under various conditions and for modified SolidWorks models.

When a basic project has been created, a new **Flow Simulation** Design Tree tab appears on the side of the SolidWorks Configuration Manager tab. The **Flow Simulation** Design Tree can be used to specify the remaining project data such as boundary conditions, initial conditions, heat sources, material conditions, and goals. To create a project, the following informations must be defined:

- a project name;
- a system of units;
- an analysis type (external or internal);
- the type of fluid (gas, incompressible liquid, Non-Newtonian laminar liquid, or compressible liquid);

- substanțele (fluide și solide);
  - condiții initiale și ambientale;
  - rezoluția discretizării geometriei și a rezultatelor;
  - valoare a rugozității pereților;
  - tipuri de procese fizice cum ar fi: transfer de căldură în solide, efecte ale curgerii gazelor la numere Mach ridicate, efecte gravitaționale, procese care depind de timp, radiații de suprafață și curgere laminară.
- Un proiect poate fi creat în trei moduri:
- Prin intermediu **Wizard**, care conduce utilizatorul pentru parcurgerea succesivă a tuturor pașilor standard necesari la definirea unui proiect.
  - Prin utilizarea unei machete (**Template**) createa în baza unui proiect parcurs anterior. Din meniul principal **Flow Simulation** → **Proiect** → **New**, urmat de introducerea informațiilor necesare.
  - Pentru a analiza diferite curgeri sau variații ale modelului, cea mai eficientă metodă este clonarea (copierea) proiectului curent; noul proiect va moșteni toate caracteristicile proiectului sursă, inclusiv setările rezultatelor acestuia.
  - Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**, pentru parcurgerea succesivă a tuturor pașilor standard necesari la definirea unui proiect, fig. 15.5.
  - Selecție **Create new**. În câmpul **Configuration name** se va introduce **Teta60 FLOW**. Aceasta va fi numele configurației SolidWorks care va fi asociată proiectului de curgere.
  - the substances (fluids and solids);
  - initial or ambient conditions;
  - the geometry resolution and the results resolution;
  - a wall roughness value;
  - physical features including heat transfer in solids, high Mach number gas flow effects, gravitational effects, time dependent effects, surface-to-surface radiation and laminar only flow.

A new **Flow Simulation** project can be created in three ways:

- The **Wizard** is the most straightforward way to create a **Flow Simulation** project. It guides the user step-by-step through the analysis set-up process.
- By using a **Template** created from a previous **Flow Simulation** project. Click **Project** → **New** and enter the required information.
- To analyze different flow or model variations, the most efficient method is to clone (copy) the current project. The new project will have all the settings of the cloned project, including the results settings.
- Click **Flow Simulation** → **Project** → **Wizard**. The project wizard will guide the user through the definition of a new Flow Simulation project, fig. 15.5.
- Select **Create new**. In the **Configuration name** box type **Teta60 FLOW**. This is the name of the SolidWorks configuration that will be created for the associated Flow Simulation project.

- În câmpul **Comments** se poate atașa proiectului un comentariu, care poate fi modificat ulterior prin succesiunea **Flow Simulation** → **Project** → **Edit Comment**.

• Click **Next**.

Opțiunea **Use current** este utilă pentru a atașa configurației curente un nou proiect de curgere. Dacă această configurație are deja atașat un proiect, acesta va fi înlocuit și toate datele asociate acestuia vor fi pierdute.

• The desired **Comments** can be added to the project. After the project is created it is possible to revise the comments by clicking **Flow Simulation** → **Project** → **Edit Comment**.

• Click **Next**.

The **Use current** option is useful to attach a new Flow Simulation project to the current configuration. If the current configuration already contains a project, the project is replaced and all data will be lost.

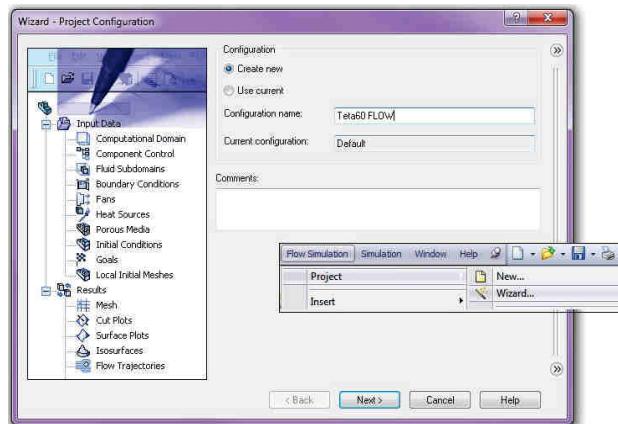


Fig. 15.5

• În fereastra **Wizard - Unit System**, fig. 15.6, se selectează sistemul de unități atât pentru datele de intrare, cât și pentru cele de ieșire (rezultate). În acest proiect va fi utilizat sistemul internațional de unități SI.

• Click **Next**.

• În fereastra **Wizard - Analysis Type**, fig. 15.7, se selectează tipul de curgere, în acest caz **External**. În această fereastră se pot specifica tipuri de procese fizice avansate, ceea ce nu este cazul pentru proiectul curent.

• In the **Wizard - Unit System** dialog box, fig. 15.6, the desired system of units for both input and output (results) is selected. In this project the International System SI will be used.

• Click **Next**.

In the **Wizard - Analysis Type** dialog box select a **External** type of flow analysis. This dialog also allows you to specify advanced physical features you want to include in the analysis. In this project we will not use any of the advanced physical features.

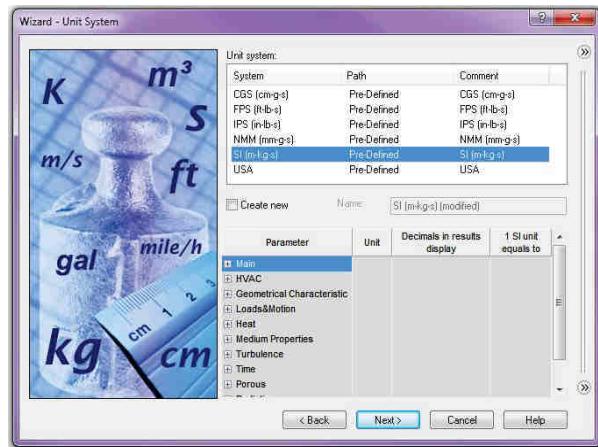


Fig. 15.6

- Analiza de tip **Internal** se utilizează acolo unde fluidul parcurge modelul între intrări și ieșiri, cu excepția unor probleme de convecție naturală, care însă nu presupun deschideri în model. Spațiul interior umplut cu fluid trebuie să fie complet închis.
- Analiza de tip **External** se utilizează acolo unde fluidul curge în jurul modelului, cum ar fi la avioane, automobile, clădiri, etc. Pentru acest tip de analiză volumul de control este mult mai extins. Este de asemenea posibilă soluționarea unei curgeri combinate, interne și externe (cum ar fi cazul curgerii în exteriorul și interiorul unei clădiri), situație în care trebuie selectat tipul de curgere **External**.
- Opțiunea **Reference axis** este utilizată în fereastra **Dependency** pentru specificarea datelor în format tabelar sau formule, cu respectarea sistemului de coordonate cilindric bazat pe axa de referință selectată.
- **Internal** flow analysis is used when the fluid enters a model at the inlets and exits the model through outlets, with the exception of some natural convection problems that may not have openings. The internal model space filled with a fluid must be fully closed.
- **External** flows analysis deals with flows over or around a model, such as flows over aircrafts, automobiles, buildings, etc. For external flow analysis, the far-field boundaries are the Computational Domain boundaries. It is also possible to solve a combined external and internal flow problem in a Flow Simulation project (for example flow around and through a building). In this case, the **External** type for the analysis must be specified.
- The **Reference axis** is used in the **Dependency** dialog box to specify data in a tabular or formula form, data which is in accordance with a cylindrical coordinate system based on this axis.

- Ulterior creerii proiectului, tipul de analiză și de procese fizice avansate pot fi modificate, prin intermediul casetei **Analysis** a ferestrei **General Settings**.
- After the project is created, the analysis type and the physical feature options can be modified through the **Analysis** type in the **General Settings** dialog box.

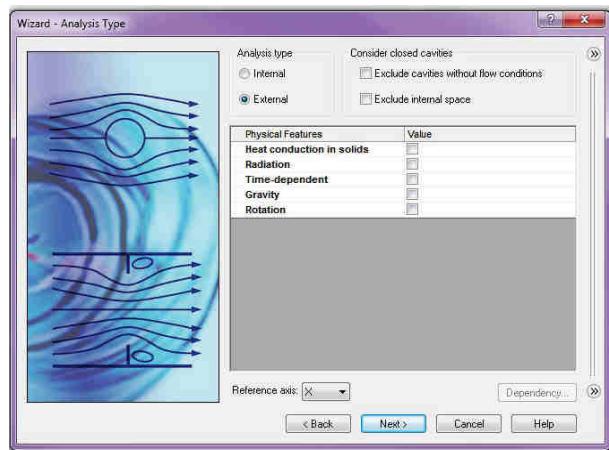


Fig. 15.7

În proiect ca și fluid de lucru va fi utilizat aerul. În fereastra **Wizard – Default Fluid**:

- Se va deschide folderul **Gases** și se va selecta **Air** prin dublu click, fig. 15.8.
- Click **Next**.
- The air will be used as a fluid in this project. In the **Wizard – Default Fluid** dialog box:
- Open the **Gases** folder and double-click the **Air** item, fig. 15.8.
- Click **Next**.

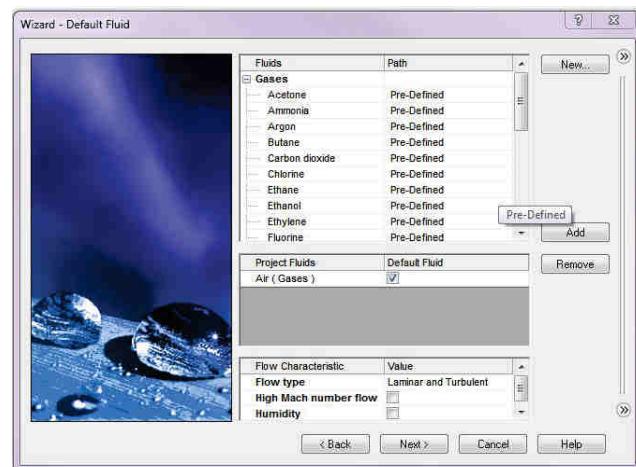


Fig. 15.8

- În fereastra **Wizard – Default Fluid**, fig. 15.9, trebuie specificate condițiile termice implicate aplicabile tuturor pereților în contact cu fluidul.
- În proiect, se va admite condiția **Adiabatic wall**, ceea ce înseamnă că toți pereții modelului sunt izolați termic și de asemenea se va accepta valoarea zero pentru rugozitatea pereților.
- Click **Next**.
- In the **Wizard - Wall Conditions** dialog box, fig. 15.9, the default thermal wall conditions applied to all the model walls in contact with the fluid must be specified.
- In this project, we keep the default **Adiabatic wall** setting, denoting that all the model walls are heat-insulated and accept the default zero wall roughness.
- Click **Next**.

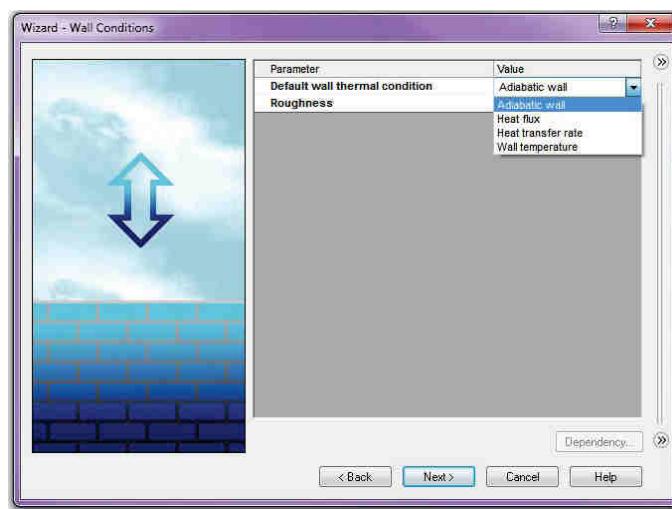


Fig. 15.9

- Pentru curgere externă staționară, cum este cazul aplicației curente, fereastra **Wizard – Initial Conditions**, fig. 15.10, solicită specificarea condițiilor ambientale de curgere ale curentului de fluid neperturbat. Se vor specifica condițiile inițiale în interiorul și la frontierele volumului de control. Condițiile ambientale sunt de tip termodinamic (valori implicate ale presiunii statice și temperaturii), viteze și parametrii de turbulență.
- For a steady **External** problem, such as the plate in this application, the **Wizard - Initial Conditions** dialog box, fig. 15.10, asks the user to specify the ambient flow conditions of the undisturbed free stream. Thus the user will specify the initial conditions inside the Computational Domain and the boundary conditions at the Computational Domain boundaries. The ambient conditions are thermodynamic (static pressure and temperature by default), velocity, and turbulence parameters.

- În acest proiect se va considera cursarea pentru condițiile termodynamice implicate (exemplu presiune standard la nivelul mării) și se va impune componenta vitezei pe direcția X.
- Se va introduce valoarea 10 în câmpul **Velocity in X direction** field.
- In this project, we consider the flow under the default thermodynamic conditions (i.e., the standard atmosphere at sea level), and set the incoming stream (X-component) velocity.
- Set 10 value in the **Velocity in X direction** field.

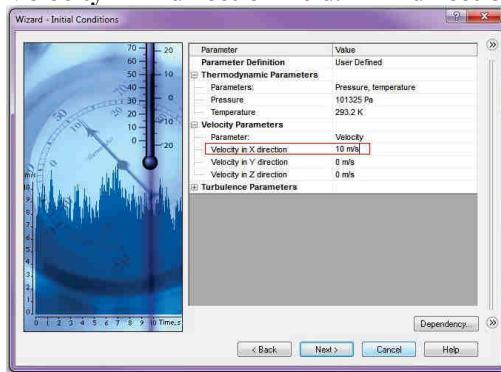


Fig. 15.10

- Fereastra Wizard **Result and Geometry Resolution**, fig. 15.11, solicită specificarea nivelului de rezoluție a rezultatelor. Se va impune valoarea 3.
- Click **Finish**; proiectul va fi creat simultan, fig. 15.12, cu generarea automată a volumului de control (3D Computational Domain).
- In the **Wizard - Result and Geometry Resolution** dialog box, fig. 15.11, specify the result resolution level of 3.
- Click **Finish**; the project is created, fig. 15.12, and the 3D Computational Domain is automatically generated.

**Valoarea Result resolution** influențează acuratețea soluției, prin intermediul setărilor discretizării și condițiilor impuse de finalizare a calculelor, ceea ce poate fi interpretat ca și rezoluție a rezultatelor calculate. Această valoare se impune funcție de acuratețea dorită a soluției, consumul de timp și memoria disponibilă. Această setare are o influență semnificativă asupra numărului de elemente finite generate, astfel încât o soluție mai precisă necesită un timp de calcul mai lung și memorie RAM.

**Result resolution** governs the solution accuracy through mesh settings and conditions of finishing the calculation that can be interpreted as a resolution of the calculation results. The user must specify the result resolution in accordance with the desired solution accuracy, available CPU time and computer memory. Because this setting has an influence on the number of generated mesh cells, a more accurate solution requires longer CPU time and more computer memory.

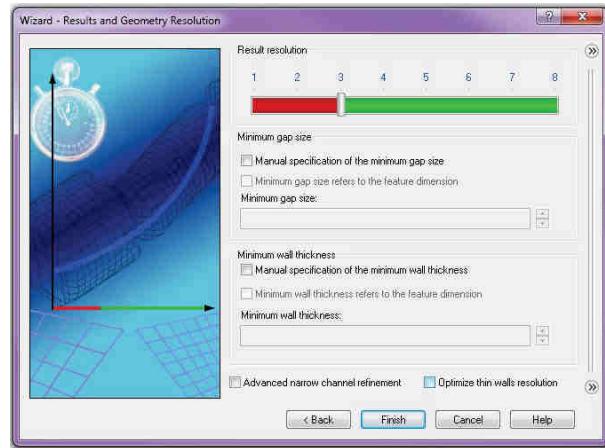


Fig. 15.11

### 15.7 Definire tip analiză și volum de control

În această aplicație vom calcula forța aerodinamică a plăcii, dar fără a fi interesati de efecte 3D secundare. În consecință, pentru a reduce timul de calcul și de memorie, vom efectua o analiză bidimensională (2D).

- În arborele analizei de curgere, fig. 15.12, se va expanda ramura **Input Data**.
- Click dreapta pe icoana **Computational Domain** și selecție **Edit Definition**. Va apărea fereastra **Computational Domain**, fig. 15.13.
- Click pe icoana **2D simulation**.
- Selectie opțiune **XY plane**, ceea ce va impune automat condiția **Symmetry** la frontierele  $Z_{min}$  și  $Z_{max}$  ale volumului de control. Limitele  $Z_{min}$  și  $Z_{max}$  sunt calculate automat pe baza dimensiunilor modelului analizat.

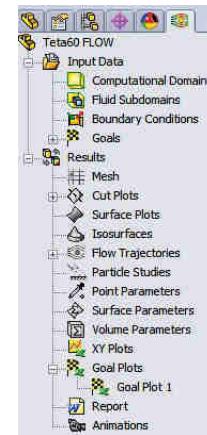


Fig. 15.12

### 15.7 Define Computational Domain

In this application, we are interested to calculate the aerodynamic force of the plate only, without the accompanying 3D effects. Thus, to reduce the required CPU time and computer memory, we will perform a two-dimensional (2D) analysis.

- In the Flow Simulation Analysis tree, fig. 15.12, expand the **Input Data** item.
- Right-click the **Computational Domain** icon and select **Edit Definition**. The **Computational Domain** dialog box appears, fig. 15.13.
- Click the **2D simulation** icon.
- Select **XY plane**. Automatically the **Symmetry** condition is specified at the  $Z_{min}$  and  $Z_{max}$  boundaries of the Computational Domain. The  $Z_{min}$  and  $Z_{max}$  boundaries are set automatically, basing on the model dimensions.

- Se vor impune valorile 0.75 m și -0.75 m în câmpurile  $Z_{\max}$  și  $Z_{\min}$ . Astfel, lățimea volumului de control va deveni egală cu lățimea plăcii  $B = 1.5$  m = 1500 mm.

- Click ✓.

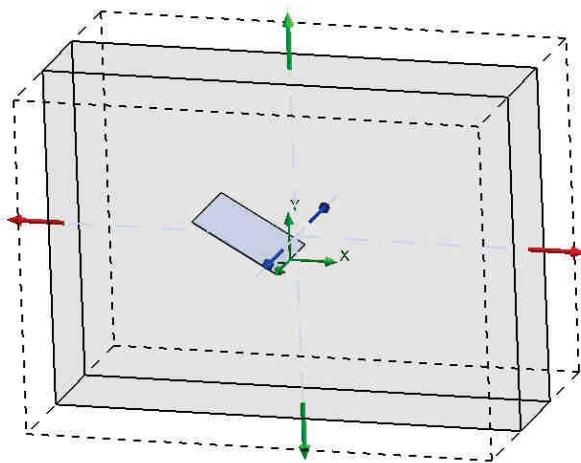
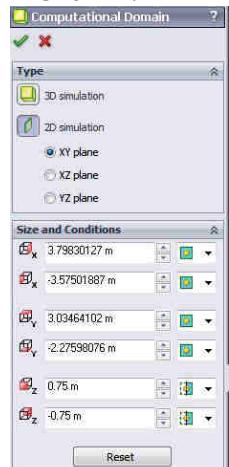


Fig. 15.13

### 15.8 Specificare criterii de convergență

Forța aerodinamică se poate determina specificând criterii de convergență (goals). Pentru această aplicație, vor fi specificate ambele componente ale forței **X - Component of Force** respectiv **Y - Component of Force** ca și criterii globale de convergență. Aceasta va asigura convergența soluției, deoarece calculul nu se va finaliza până când cele două componente nu vor fi convergente pe întreg volumul de control.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- În tabelul **Parameter** se va activa opțiunile **X - Component of Force** și **Y - Component of Force**.

### 15.8 Define goals

The aerodynamic force can be determined by specifying the appropriate Flow Simulation goal. For this application, we will specify both the **X - Component of Force** and **Y - Component of Force** as a Global Goal. This ensures that the calculation will not be finished until both components, in the entire computational domain, are fully converged.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- In the **Parameter** table select the first check box in the **X - Component of Force** row and **Y - Component of Force** row.

- Pentru criteriile de convergență **X - Component of Force** și **Y- Component of Force** este posibilă selecția sistemului de coordinate (**Coordinate system**) în care criteriile să fie calculate; în aplicația prezentă se va utiliza sistemul de coordinate implicit **Global Coordinate System**. Click **OK**. Noile criterii: **GG X - Component of Force 1** și **GG Y - Component of Force 1** vor apărea în arborele analizei de curgere, fig. 15.14.

- For the **X - Component of Force** and **Y- Component of Force** goals, it is possible to select the **Coordinate system** in which these goals are calculated; in this application the default **Global Coordinate System** meets the task. Click **OK**. The new **GG X - Component of Force 1** and **GG Y -Component of Force 1** items appears in the Flow Simulation Analysis tree, fig. 15.14.

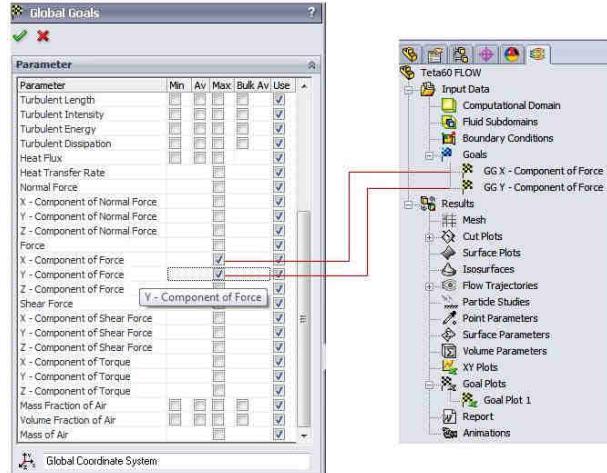


Fig. 15.14

### 15.9 Calcul studiu de curgere

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. Va apărea fereastra **Run**, fig. 15.15.
- Click **Run** pentru a declanșa calculul studiului de curgere.

Flow Simulation va genera automat discretizarea volumului de control. Discretizarea se va crea prin divizarea volumului de control în secțiuni, care vor fi ulterior subdivizate în celule.

### 15.9 Running flow study

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. The **Run** dialog box appears, fig. 15.15.
- Click **Run** to start the calculation.

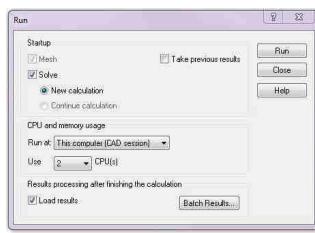
Flow Simulation automatically generates a computational mesh. The mesh is created by dividing the computational domain into slices, which are further subdivided into cells.

Celulele vor fi rafinate atât cât este necesar pentru rezolvarea corespunzătoare a geometriei modelului. Pe durata acestei proceduri, în fereastra **Mesh Generation** pot fi vizualizați pașii curenți și informațiile asociate.

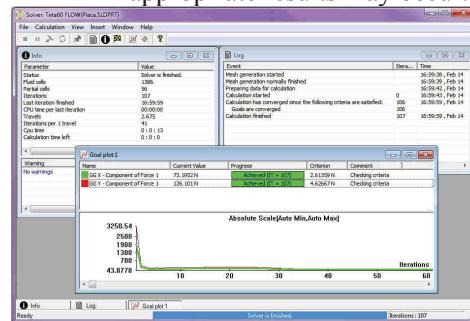
După lansarea calculului, fereastra **Solver Monitor**, fig. 15.16, oferă informații despre starea curentă a soluției, prin monitorizarea modificărilor intervenite în criteriile de convergență și prin vizualizarea rezultatelor preliminare în plane selectate. În partea inferioară a ferestrei **Info**, Flow Simulation poate depune notificări în cazul unor rezultate inadecvate.

The cells are refined as necessary to properly resolve the model geometry. During the mesh generation procedure, the current step and the mesh information can be viewed in the **Mesh Generation** dialog box.

After the calculation starts, the **Solver Monitor** dialog, fig. 15.16, provides informations about the current status of the solution, by monitoring the goal changes and viewing the preliminary results at the selected planes. In the bottom pane of the **Info** window, Flow Simulation notifies with messages if inappropriate results may occur.



*Fig. 15.15*  
**15.10 Vizualizare rezultate**



*Fig. 15.16*  
**15.10 Viewing of the results**

### 15.10.1 Creare Goal Plot

Opțiunea **Goal Plot** permite studierea modificărilor intervenite în criteriile de convergență pe parcursul calculului. Pentru aceasta se utilizează programul Microsoft Excel.

- În arborele analizei de curgere, sub ramura **Results**, click dreapta pe icoana **Goal Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Goal Plot**, fig. 15.17.

### 15.10.1 Creation of a Goal Plot

The **Goal Plot** offers the possibility to study how the goal value changed in the course of calculation. Flow Simulation uses Microsoft Excel to display goal plot data.

- In the Flow Simulation Analysis tree, under **Results**, right-click the **Goal Plots** icon and select **Insert**. The **Goal Plot** dialog box appears, fig. 15.17.

- Selecție opțiune All.
- Click OK. Fișierul Excel Goals1 va fi creat, fig. 15.18.

Evoluția grafică a fiecărui criteriu este afișată într-o foaie separată, fig. 15.19 respectiv fig. 15.20. Convergența valorilor criteriilor este sintetizată în foaia de calcul **Summary** iar datele numerice se regăsesc în foaia **Plot Data** a fișierului Excel creat, fig. 15.18.



Fig. 15.17

GoalName	de GoalName
<b>Placa.SLDPRTR [Teta60 FLOW]</b>	
1	Goal Name
2	State
3	Value
4	(G) X - Component of Force 1
5	(G) Y - Component of Force 1
6	Avgred Value
7	Minimum Value
8	Maximum Value
9	Progress (%)
10	Use In Converg
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

Fig. 15.18

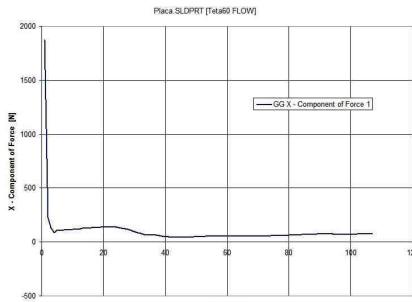


Fig. 15.19

### 15.10.2 Creare Cut Plot

- Opțiunea **Cut Plot** afișează rezultatele parametrului selectat într-o secțiune specificată, prin intermediul planelor SolidWorks sau ale modelului (cu o translație, dacă este necesar).

- Select All.
- Click OK. The **Goals1** Excel workbook is created, fig. 15.18.

Each goal plot is displayed in a separate sheet, fig. 15.19 and fig. 15.20. The converged values of all project goals are displayed in the **Summary** sheet and the numerical values are placed in the **Plot Data** sheet of an automatically created Excel workbook, fig. 15.18.

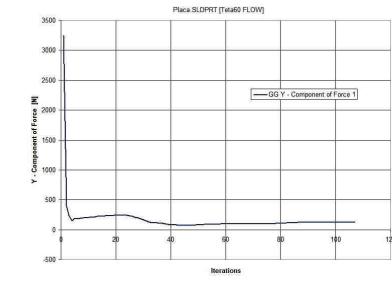


Fig. 15.20

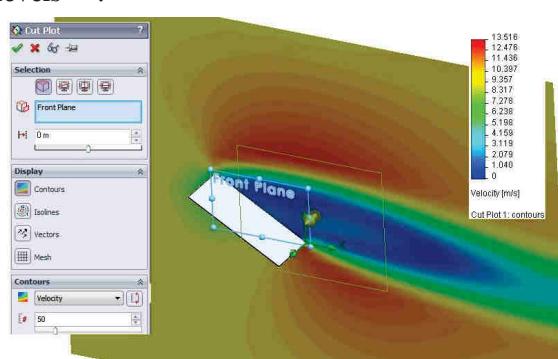
### 15.10.2 Creation of a Cut Plot

- The **Cut Plot** displays the results of a selected parameter in a selected view section. To define the view section, you can use SolidWorks planes or model planar faces (with the additional shift if necessary).

Reprezentarea parametrului poate fi de tip hartă de culori (contour plot), linii de valoare constantă (izolinii), vectori sau combinații ale acestora (exemplu suprapunere hartă de culori cu vectori).

- Click dreapta pe icoana **Cut Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Cut Plot**, fig. 15.21.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Front Plane**.
- În caseta **Cut Plot** se va activa icoana **Contours**.

În zona **Contours** se vor specifica parametrii impuși la afișarea hărții de culori: din lista **Parameter** se va selecta opțiunea **Velocity** și se impune valoarea 50 pentru câmpul **Number of Levels**.



### 15.10.3 Creare Flow Trajectories

Prin intermediul opțiunii **Flow Trajectories** devină posibilă vizualizarea liniilor de curent, a imaginii 3D a curgerii, modificarea parametrilor de-a lungul traectoriilor, exportul datelor în Microsoft Excel și salvarea traectoriilor ca și curbe referință SolidWorks.

The parameter values can be represented as a contour plot, as isolines, as vectors, or in a combination (e.g. contours with overlaid vectors).

- Right-click the **Cut Plots** icon and select **Insert**. The **Cut Plot** dialog box appears, fig. 15.21.
  - In **Section Plane or Planar Face** select **Front Plane**.
  - In the **Cut Plot** dialog box select **Contours**.
- Under **Contours** specify the parameter which values show at the contour plot: in the **Parameter** list select **Velocity** and set 50 for **Number of Levels** field.

Fig. 15.21

### 15.10.3 Creation of the Flow Trajectories

The user can view the flow streamlines by using **Flow trajectories**. **Flow trajectories** provide a very good image of the 3D fluid flow, show how parameters change along each trajectory by exporting data into Microsoft Excel and save trajectories as SolidWorks reference curves.

- Click dreapta pe icoana **Flow Trajectories** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Flow Trajectories**, fig. 15.22.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Front Plane**.
- În câmpul **Number of Points** se introduce valoarea 20.
- În caseta **Appearance** se va selecta **Pipes** din lista **Draw Trajectories as** , se va impune valoarea 0.04 m în câmpul **Width** și se va selecta **Velocity** din lista **Color by Parameter** .

În fig. 15.22 peste curbele **Flow Trajectories** sunt suprapuși vectori generați prin opțiunea **Cut Plot**.

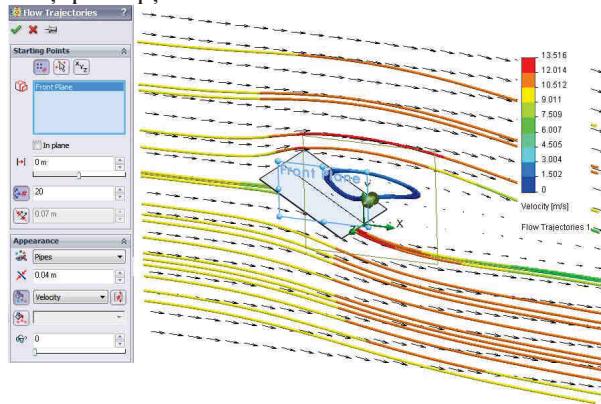


Fig. 15.22

### 15.11 Clonare proiect

În studiul anterior placă a fost dispusă la  $60^\circ$ . Proiectul **Teta60 FLOW** va fi clonat succesiv, pentru a modifica unghiul  $\theta$  de dispunere a plăcii, la următoarele valori ale acestuia:  $10^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ . Forța de rezistență la înaintare  $\vec{F}_x$  și forța portantă  $\vec{F}_y$ , se vor calcula pentru fiecare caz în parte.

### 15.11 Cloning of the project

In the previous study, the plate was placed at a  $60^\circ$  angle. The **Teta60 FLOW** project will be multiplied through cloning, to place the plate at the following angles:  $10^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ .

The two components: the drag force  $\vec{F}_x$  and lift force  $\vec{F}_y$ , are calculated for every angle case.

- În arborele Flow Simulation Analysis tree, click dreapta pe icoana proiectului **Teta60 FLOW** și selecție opțiune **Clone Project**.

- În câmpul **Configuration name** se va scrie numele noului proiect: **Teta10 FLOW**, **Teta30 FLOW**, **Teta45 FLOW**, **Teta70 FLOW**, **Teta80 FLOW**.

 Pentru un proiect se va completa un singur nume. Noul proiect se generează ca o copie a proiectului curent și devine activ.

- Click pe icoana  în arborele Feature Manager și se va modifica unghiul de dispunere a plăcii la una din valorile din lista de unghiuri:  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ , care corespunde cu numele proiectului.

- Reluare calcul al noului studiu.

- In the Flow Simulation Analysis tree, right-click the top **Teta60 FLOW** icon and select **Clone Project**.

- In the **Configuration name** box, type name of the new project: **Teta10 FLOW**, **Teta30 FLOW**, **Teta45 FLOW**, **Teta70 FLOW**, **Teta80 FLOW**.

 Only one name will be set for each project. The new project is generated as a clone of the current project and becomes active.

- Click on the  icon in the Feature Manager design tree and modify the plate angle according with the one of the following angles:  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ , corresponding with the project name.

- Rerun the new study;

### 15.12 Comparație rezultate simulare cu valori experimentale

Valorile furnizate în Excel prin opțiunea **Goal Plot**, au fost centralizate în tab. 1, pentru toate cele şase unghiuri  $\theta$  de dispunere a plăcii. Graficul din fig. 15.23 prezintă comparativ curbele celor două componente ale forței aerodinamice: forță de rezistență la înaintare  $\vec{F}_x$  și forță portantă  $\vec{F}_y$ , calculate pe baza relațiilor (1) și (2) și a coeficienților determinați experimental din fig. 15.2 respectiv a acelorași forțe rezultante din studiile Flow Simulation. Tab. 2 prezintă comparativ valorile forței aerodinamice calculate prin rel. (3).

$$F_a = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (3)$$

### 15.12 Simulation and experimental results comparison

The Excel values from **Goal Plot** option was centralized in the tab. 1, for all six values of the  $\theta$  angle. The diagram from fig. 15.23 show a comparison between the Flow Simulation and the calculated values of the drag force  $\vec{F}_x$  and lift force  $\vec{F}_y$ . The values were calculated by using relations (1) and (2) and with the coefficients values resulted from fig. 15.2. Tab. 2 show the aerodynamic force values calculated through rel. (3).

Tab. 1

$\theta$ [°]	EXPERIMENTAL						FLOW SIMULATION	
	Cx [-]	Cy [-]	Fx Rel. (1)	Fx Err [%]	Fy Rel. (2)	Fy Err [%]	Fx [N]	Fy [N]
10	1.14	0.22	153.9	-19.49	29.7	-7.26	183.90	31.86
30	1.00	0.59	135	0.33	79.65	2.49	134.56	77.67
45	0.80	0.80	108	5.88	108	6.36	101.65	101.13
60	0.51	0.88	68.85	-6.31	118.8	-6.15	73.20	126.10
70	0.30	0.80	40.5	2.42	108	1.40	39.52	106.48
80	0.12	0.41	16.2	37.87	55.35	5.88	10.07	55.35

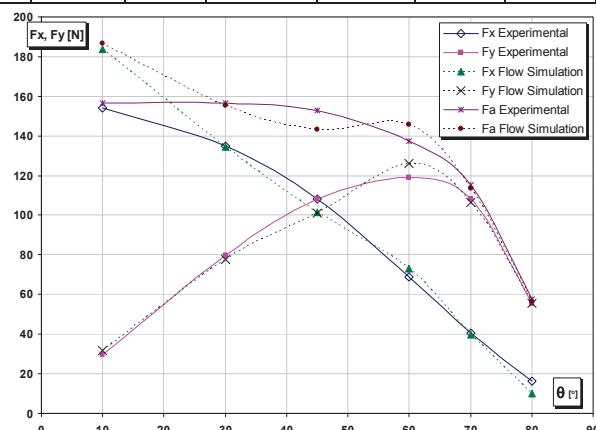


Fig. 15.23

Tab. 2

$\theta$ [°]	Fa	Fa	Err
	Exp.	Flow Sim.	[%]
10	156.7	186.6	-19.1
30	156.7	155.4	0.9
45	152.7	143.4	6.1
60	137.3	145.8	-6.2
70	115.3	113.6	1.5
80	57.7	56.3	2.5

Fig. 15.24, 15.26, 15.28, 15.30, 15.32, 15.34 prezintă distribuția presiunii pentru cele șase unghiuri de dispunere a plăcii. Fig. 15.25, 15.27, 15.29, 15.31, 15.33, 15.35 prezintă distribuția vitezei pentru cele șase unghiuri de dispunere a plăcii.

Fig. 15.24, 15.26, 15.28, 15.30, 15.32, 15.34 show the pressure distribution for the six angle of the plate. Fig. 15.25, 15.27, 15.29, 15.31, 15.33, 15.35 show the velocity distribution for the six angle of the plate.

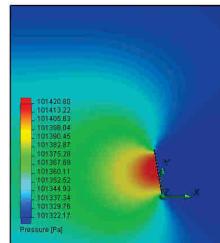


Fig. 15.24

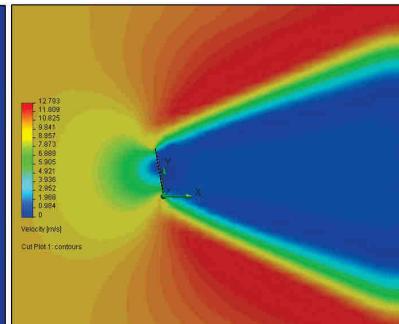


Fig. 15.25

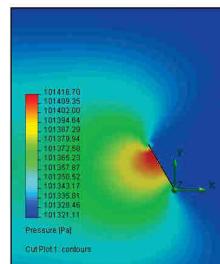


Fig. 15.26

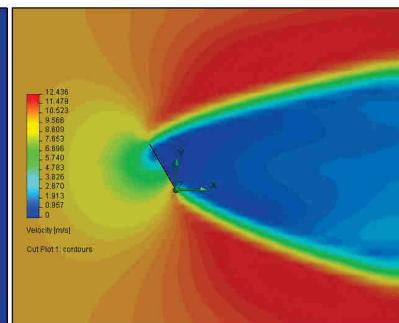


Fig. 15.27

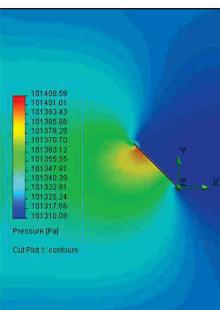


Fig. 15.28

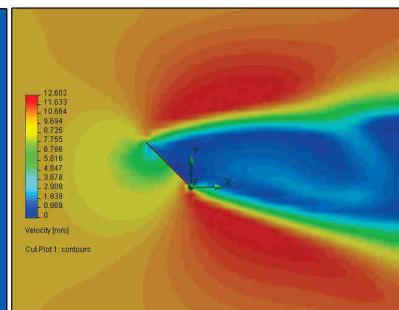


Fig. 15.29

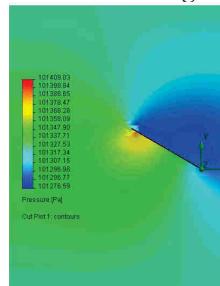


Fig. 15.30

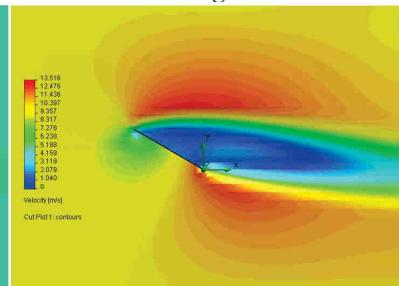


Fig. 15.31

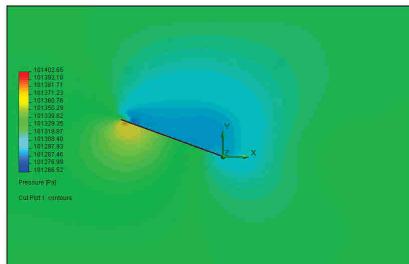


Fig. 15.32

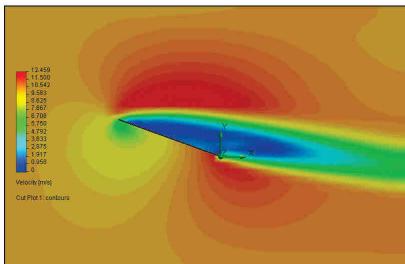


Fig. 15.33

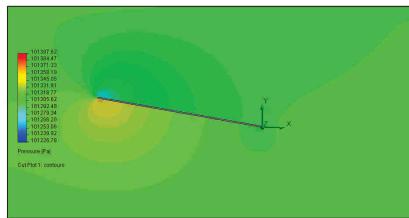


Fig. 15.34

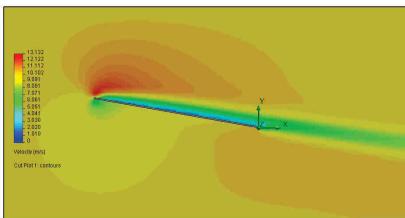


Fig. 15.35

### 15.13 Concluzii

Din analiza efectuată se desprind următoarele concluzii:

- Curbele din fig. 15.23 confirmă o bună coincidență a celor două componente ale forței aerodinamice, exceptând limitele extreme, unde diferențele sunt mai mari pentru componenta  $F_x$ .
- Abaterile celor două componente sunt mai mici decât 6.5% în domeniul unghiului  $\theta$  între 30...70 grade, crescând însă pentru limitele extreme (10 respectiv 80 grade), la valori până la 38% pentru componenta  $F_x$ .
- Abaterile pentru componenta  $F_y$  sunt mai mici decât pentru componenta  $F_x$ .
- Valorile din tab. 2 confirmă o bună suprapunere a forței aerodinamice, sub 6.5% pentru domeniul unghiular 30...80 grade, eroarea de -20% înregistrându-se numai pentru unghiul 10 grade.

### 15.13 Conclusions

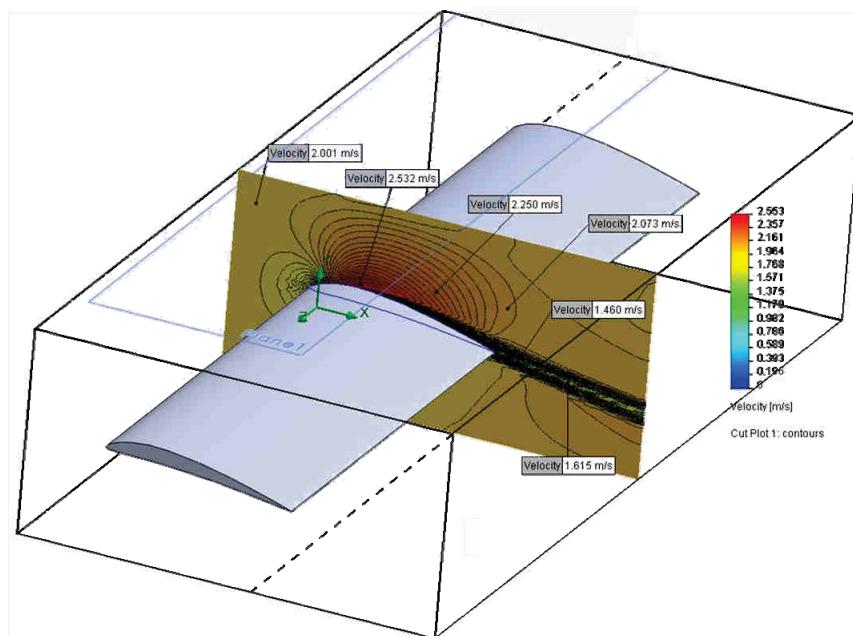
The following conclusions can be obtained from this analyse:

- The curves from fig. 15.23 confirm a good coincidence of the two components of the aerodynamic force, except for the the extreme limits (10 and 80 degrees) where the differences are greater for the  $F_x$  component.
- For the 30 ... 70 degrees values of the  $\theta$  angle, the differences between the two components are less than 6.5%, but for the extreme limits (10 and 80 degrees) the differences are increased up to 38% for the  $F_x$  component.
- The  $F_y$  component differences are smaller than the  $F_x$  component. The values in tab. 2 confirm the good overlap of aerodynamic force under 6.5% for 30 ... 80 degree angle, the maximal error of -20% recorded only 10 degrees angle.



## 16. CALCUL CARACTERISTICI HIDRODINAMICE PENTRU PROFILUL IZOLAT GO428

### 16. CALCULATION OF THE HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS FOR THE GO428 ISOLATED PROFILE



**SUMAR APLICATIE**

- Obiective ale aplicației
- Considerente teoretice
- Etape ale aplicației
- Creare geometrie placă
  - Crearea unui nou fișier
  - Crearea schiță inițială
  - Extrudare contur
- Activare modul Flow Simulation
- Creare proiect simulare curgere
- Definire volum de control
- Specificare criterii de convergență
- Calcul studiu de curgere
- Vizualizare rezultate
  - Creare Goal Plot
  - Creare Cut Plot
  - Creare Flow Trajectories
  - Creare XY Plots
- Clonare proiect
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale

**DESCRIEREA APLICATIEI**

Profilul Go428 este plasat singular într-un curent uniform de aer, perpendicular pe direcția curentului. Viteza curentului de apă este constantă și egală cu  $V_\infty=2$  m/s, iar densitatea apei este  $\rho=998.2$  kg/m<sup>3</sup>. Obiectivul aplicației este de a determina, prin modulul SolidWorks Flow Simulation, caracteristicile hidrodinamice ale profilului: coeficientul de rezistență la înaintare și coeficientul de portanță, pentru diferite valori ale unghiului de incidență  $\alpha_\infty$ . În final, rezultatele simulării 2D vor fi comparate cu rezultate experimentale.

**APPLICATION SUMMARY**

- Goals of the application
- Theoretical considerations
- Stages of the application
- The plate design
  - Creation of a new file
  - Creation of the first sketch
  - Extrusion of the profile
- Activation of the Flow Simulation module
- Creation of the Flow Simulation project
- Define Computational Domain
- Define goals
- Running flow study
- Viewing of the results
  - Creation of a Goal Plot
  - Creation of a Cut Plot
  - Creation of the Flow Trajectories
  - Creation of the XY Plots
- Cloning of the project
- Simulation and experimental results comparison

**APPLICATION DESCRIPTION**

The isolated Go428 profile is immersed in a uniform air stream, oriented perpendicular to the stream. The velocity of the water stream is  $V_\infty=2$  m/s and the water density is  $\rho=998.2$  kg/m<sup>3</sup>. The objective of the application is to determine, through the SolidWorks Flow Simulation module, the hydrodynamic characteristics of the profile: the drag coefficient and the lift coefficient, for various values of the incidence attack angle  $\alpha_\infty$ . Finally, the results predicted by the 2D simulation will be compared with the experimental data.

### 16.1 Obiective ale aplicației

Scopul prezentei aplicații este de a calcula caracteristicile hidrodinamice rezultate din interacțiunea dintre profilul izolat Go428 și curentul de fluid, fig. 16.1, la diferite valori ale unghiului de incidență  $\alpha_{\infty}$ . Viteza curentului de apă este de  $V_{\infty}=2$  m/s. Profilul are lungimea corzii  $L=305$  mm, iar lățimea aripii  $B=1525$  mm. Coordonatele profilului Go428 sunt prezentate în tab. 1, unde: X este abscisa, iar YE/YI sunt ordonatele Y ale extradosului/intradosului. Originea sistemului de coordonate este plasată în bordul de atac BA, axa X orientată pozitiv spre bordul de fugă BF, iar axa Y perpendiculară în BA.

### 16.1 Goals of the application

The application's goal is to calculate the hydrodynamic characteristics that result from the isolated Go428 profile and the fluid interaction, fig. 16.1, for different values of the incidence attack angle  $\alpha_{\infty}$ . The water velocity is  $V_{\infty}=2$  m/s. The profile chord is  $L=305$  mm and the width of the wing is  $B=1525$  mm. The coordinates of the Go428 profile are presented in tab. 1, where: X is the abscissa and YE/YI are the Y values for the suction/pressure side. The origin of the coordinate system is placed in the leading edge point BA with the X axis positive oriented at the trailing edge point BF and the Y axis perpendicular on the BA point.

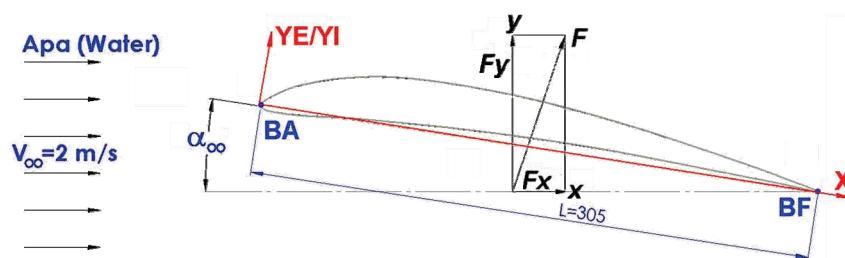


Fig. 16.1

### 16.2 Considerante teoretice

Forța rezultantă  $\vec{F}$ , normală pe coarda profilului, se descompune în forță de rezistență la înaintare  $\vec{F}_x$  și forță portantă  $\vec{F}_y$ , care se calculează prin relațiile:

### 16.2 Theoretical considerations

The force  $\vec{F}$ , which is perpendicular on the profile chord, is the resultant force between the drag force  $\vec{F}_x$  and lift force  $\vec{F}_y$ , calculated by the following relations:

$$F_x = C_x \rho \frac{V^2}{2} L \cdot B \quad (1)$$

$$F_y = C_y \rho \frac{V^2}{2} L \cdot B \quad (2)$$

Tab. 1

X/L	YE/L	YI/L	X	YE	YI
-	-	-	mm	mm	mm
1	0	0	305	0	0
0.95	0.0116	0.0026	289.75	3.538	0.793
0.9	0.0222	0.0052	274.5	6.771	1.586
0.8	0.0404	0.0094	244	12.322	2.867
0.7	0.0576	0.0136	213.5	17.568	4.148
0.6	0.0718	0.0168	183	21.899	5.124
0.5	0.083	0.017	152.5	25.315	5.185
0.4	0.0892	0.0152	122	27.206	4.636
0.3	0.0904	0.0114	91.5	27.572	3.477
0.2	0.0836	0.0056	61	25.498	1.708
0.15	0.0742	0.0022	45.75	22.631	0.671
0.1	0.0608	-0.0032	30.5	18.544	-0.976
0.075	0.0516	-0.0054	22.875	15.738	-1.647
0.05	0.0414	-0.0066	15.25	12.627	-2.013
0.025	0.0262	-0.0068	7.625	7.991	-2.074
0.0125	0.0171	-0.0059	3.8125	5.2155	-1.7995
0	0	0	0	0	0

Coefficienții  $C_x$  și  $C_y$  din relațiile (1) și (2) se determină experimental pentru diferite valori ale unghiului de incidență  $\alpha_\infty$  respectiv ale raportului  $\lambda = B/L$ . Coeficientul  $C_y$  al portanței este negativ pentru unghiuri de incidențe negative mari, devine nul pentru incidența de portanță nulă  $\alpha_{\infty 0}$ , apoi crește aproape linear până la incidența critică, cuprinsă în general între  $10^\circ$  și  $15^\circ$ . După acest unghi, portanța scade, iar rezistența la înaintare crește. Pentru raportul  $\lambda = B/L = 1525/305 = 5$ , curbele experimentale ale coeficienților de portanță și rezistență sunt date numeric în tab. 2 și grafic în fig. 16.2 [13].

The coefficients  $C_x$  and  $C_y$  of (1) and (2) relations are determined experimentally for various values of the incidence attack angle  $\alpha_\infty$  and ratio  $\lambda = B/L$ . The  $C_y$  lift coefficient is negative for negative incidence angles, becomes zero for the null lift angle  $\alpha_{\infty 0}$ , then grows almost linear until the critical incidence angle, with values between  $10^\circ$  și  $15^\circ$ . After that, the lift coefficient decreases and the drag coefficient grows. For the ratio  $\lambda = B/L = 1525/305 = 5$ , the experimental curves of the lift and drag coefficients are presented numeric in tab. 2 and graphic in fig. 16.2 [13].

Tab. 2

$\alpha_\infty$	-8.9	-6	-4.5	-3	-1.6	-0.1	1.3	2.8	4.3	5.7	8.7	11.6
Cx	0.0795	0.0301	0.015	0.0124	0.0132	0.0157	0.0184	0.0246	0.0328	0.0423	0.0662	0.0944
Cy	-0.322	-0.089	0.011	0.103	0.205	0.302	0.402	0.506	0.608	0.704	0.884	1

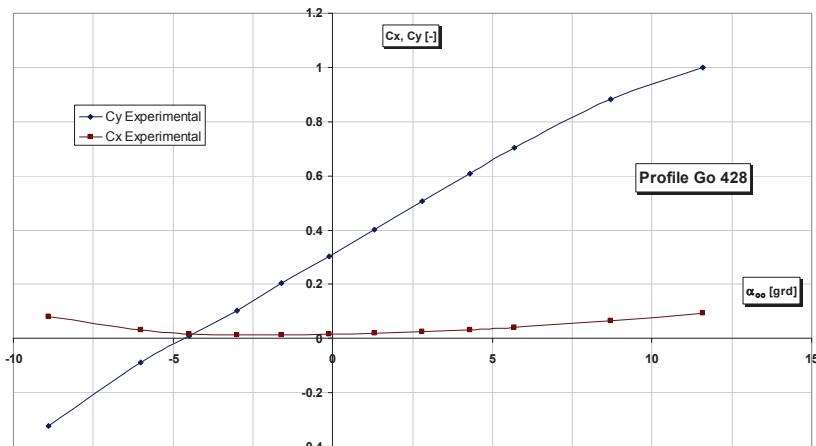


Fig. 16.2

### 16.3 Etape ale aplicației

- Creare geometrie profil;
- Activare modul Flow Simulation;
- Creare proiect simulare curgere;
- Definire tip analiză și volum de control;
- Specificare criterii de convergență;
- Calcul studiu de curgere;
- Vizualizare rezultate;
- Clonare proiect;
- Modificare unghi incidentă  $\alpha_\infty$  profil și reluare calcul studiu;
- Comparație rezultate simulare cu valori experimentale.

### 16.3 Stages of application

- The profile design;
- Activation of the Flow Simulation module;
- Creation of the Flow Simulation project;
- Define Computational Domain;
- Define goals;
- Running flow study;
- Viewing of the results;
- Cloning of the project;
- Modification of the  $\alpha_\infty$  incidence attack angle and rerunning of the study;
- Simulation and experimental results comparison.

### 16.4 Creare geometrie profil

#### 16.4.1 Crearea unui nou fișier

Se va crea un nou "part" document salvat sub numele de **Go428**.

### 16.4 The profile design

#### 16.4.1 Creation of a new file

Create a new part document and save it as **Go428**.

#### 16.4.2 Creare fișier date profil

Vom crea un fișier de tip text „XYZ Go428.txt” cu coordonatele profilului exprimate în mm și extensia fișierului de tip „txt”. Cea mai ușoară cale este utilizarea programului Excel și exportarea datelor într-un fișier text. Coordonatele ultimului punct a profilului trebuie să coincidă cu ale primului punct, astfel încât profilul să formeze un contur închis. Fișierul va conține coordonatele (X,Y,Z) ale profilului, unde valorile X Y sunt cele din tab. 1, iar Z=0. Coordonatele sunt despărțite prin separatorul spațiu, după modelul de mai jos:

305.000	0.000	0.000
289.750	3.538	0.000
274.500	6.771	0.000
.....		
7.625	7.991	0.000
3.813	5.216	0.000
0.000	0.000	0.000
3.813	-1.800	0.000
7.625	-2.074	0.000
.....		
289.750	0.793	0.000
305.000	0.000	0.000

#### 16.4.3 Import coordonate

Coordonatele X Y Z din fișierul „XYZ Go428.txt” vor fi citite în SolidWorks.

- Click **Insert → Curve → Curve through XYZ Points**; se va deschide fereastra **Curve File**, fig. 16.3.
- Click pe butonul **Browse**; se va deschide fereastra **Open**.
- Selecție opțiune **Text Files (\*.txt)** în lista de tipuri de fișiere.

#### 16.4.2 Creation of a data profile file

A text file „XYZ Go428.txt” with the profile coordinates should be created as a plain text with the dimensions in mm and should have the file extension txt. The easy way to manipulate the profile coordinates is to use the Excel software and then export the data as a text. The last point in the profile coordinates must be the same as the first one, so that the coordinates form a loop. The file will contain the (X,Y,Z) profile coordinates, where X Y are the values from tab. 1 and Z=0. The coordinates are separated by spaces, like the following template

305.000	0.000	0.000
289.750	3.538	0.000
274.500	6.771	0.000
.....		
7.625	7.991	0.000
3.813	5.216	0.000
0.000	0.000	0.000
3.813	-1.800	0.000
7.625	-2.074	0.000
.....		
289.750	0.793	0.000
305.000	0.000	0.000

#### 16.4.3 Import coordinates

The X Y Z coordinates are read into SolidWorks from „XYZ Go428.txt” file.

- Click **Insert → Curve → Curve through XYZ Points**; the **Curve File** window will be open, fig. 16.3.
- Click **Browse** button; the **Open** window will be open.
- Select the **Text Files (\*.txt)** option in the type of files list.

- Selectează fișier „XYZ Go428.txt”; coordonatele vor fi încărcate în tabelul ferestrei **Curve File**. Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Curve1**.
- Select the file „XYZ Go428.txt”; the coordinates are loaded in the table of the **Curve File** window. Click ; the new feature, **Curve1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area

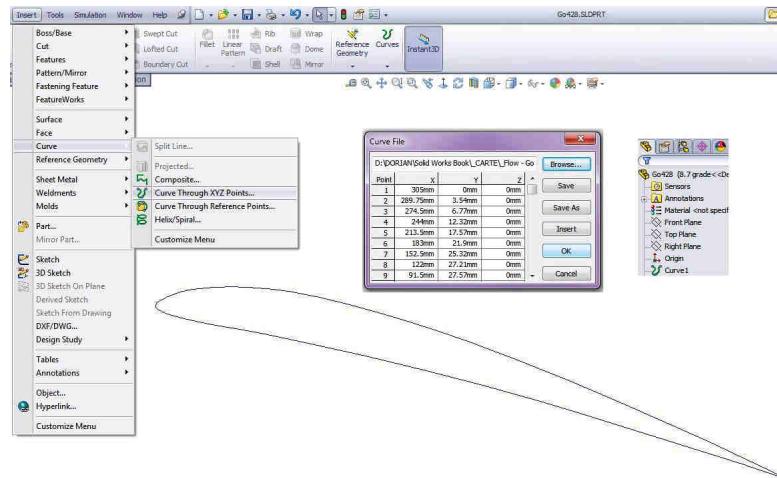


Fig. 16.3

#### 16.4.4 Creare block profil

- Click **Insert** → **Sketch** ; se va selecta planul **Front**; se crea o nouă schiță **Sketch1** în planul **Front**.
- Click **Tools** → **Sketch Tools** → **Convert Entities** .
- Selectează entitate **Curve1**; curba va fi convertită într-o entitate spline a schiței, care poate fi accesată în SolidWorks.
- Se va trasa și dimensionata coarda profilului, printr-o linie orizontală constructivă care unește punctele BA și BF ale profilului, fig. 16.4.
- Se va ascunde curba **Curve1**, prin click dreapta pe numele acesteia în **FeatureManager** și selecție opțiune **Hide**, fig. 16.4.

#### 16.4.4 Creation of the block profile

- Click **Insert** → **Sketch** and select the **Front** plane; a new sketch **Sketch1** will be created in **Front** plane.
- Click **Tools** → **Sketch Tools** → **Convert Entities** ;
- Select **Curve1** entity; the curve will be converted into a spline sketch entity which can be accessed in SolidWorks.
- The profile chord is drawn and dimensioned, through a horizontal construction line, that unifies the BA and BF profile points, fig. 16.4.
- The **Curve1** entity is hidden, by right clicking the name in **FeatureManager** and selecting the **Hide** option, fig. 16.4.

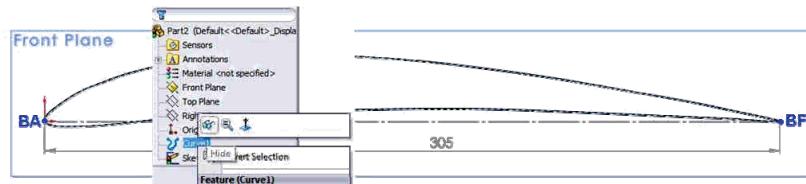


Fig. 16.4

- Click **Tools** → **Blocks** → **Make** ; se va selecta entitatea spline și coarda profilului;
- Se va expanda caseta **Insertion Point**;
- Sistemul de referință se va poziționa, în zona grafică, în BF al profilului, pentru a defini punctul de inserție ale blocului.
- Click ; în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Block1-1**, subordonată schiței curente **Sketch1**; aceasta se va redenumi **Profil**, fig. 16.5.
- Click ; the spline entity and the profile chord must be selected;
- Expand the **Insertion Point** area;
- To define the insertion point of the block, the reference system is placed in the BF point of the profile in the graphic area.
- Click ; the new feature, **Block1-1**, appears in the **FeatureManager** design tree, under current **Sketch1**; this will be renamed to **Profil**, fig. 16.5.

S-a utilizat această variantă deoarece, prin crearea blocului, acesta devine independent (se pierde legătura cu curba **Curve1**) și poate fi introdus repetat în fișier la orice unghi de incidentă.

By creating the block entity, the connection with **Curve1** entity will be loosend and can be repeatedly inserted into the file at any incidence angle.

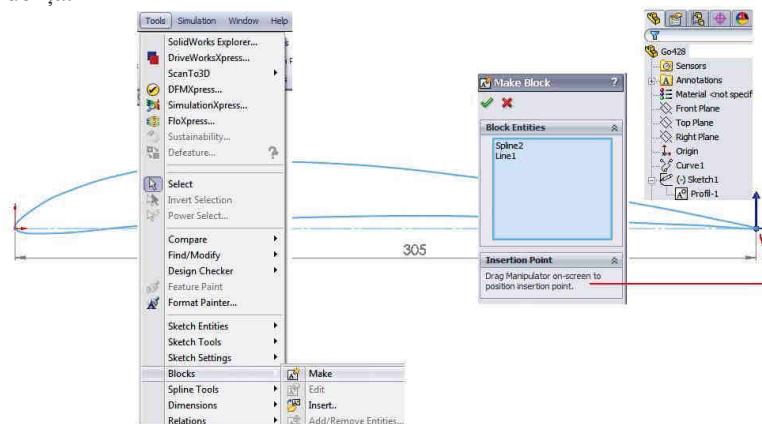


Fig. 16.5

- Ieșire din schiță: **Exit Sketch**.
- Se va ascunde schița **Sketch1**, prin click dreapta pe numele acestaia în **FeatureManager** și selecție opțiune **Hide**.
- Click **Insert → Sketch**; se va selecta planul **Front**; se crea o nouă schiță **Sketch2** în planul **Front**.
- Click **Tools → Blocks → Insert**; va apărea fereastra **Insert Block**, fig. 16.6.
- În câmpul **Block Rotation** se va completa unghiul 354.3.
- Originea blocului (BF al profilului) se va plasa în originea sistemului de coordonate.
- Click **✓**; profilul va fi plasat la unghiul de incidență  $\alpha_{\infty}=5.7$  grade, fig. 16.6.
- Se va trasa o linie orizontală constructivă din origine spre **BA** al profilului.
- Se va dimensiona unghiul dintre coarda profilului și linia orizontală.
- Ieșire din schiță: **Exit Sketch**.
- **Exit Sketch**.
- The **Sketch1** is hidden, by right clicking the name in **FeatureManager** and selecting **Hide**.
- Click **Insert → Sketch** and select the **Front** plane; a new sketch **Sketch2** is created in the **Front** plane.
- Click **Tools → Blocks → Insert**; the **Insert Block** window will appear, fig. 16.6.
- Set 354.3 in **Block Rotation**.
- The block origin (the BF point of the profile) is placed in the coordinate system origin.
- Click **✓**; the profile is disposed at an incidence angle  $\alpha_{\infty}=5.7$  grd, fig. 16.6.
- An construction horizontal line is drawn from origin to the BA point of the profile.
- Place an angular dimension between the profile chord and horizontal line.
- **Exit Sketch**.

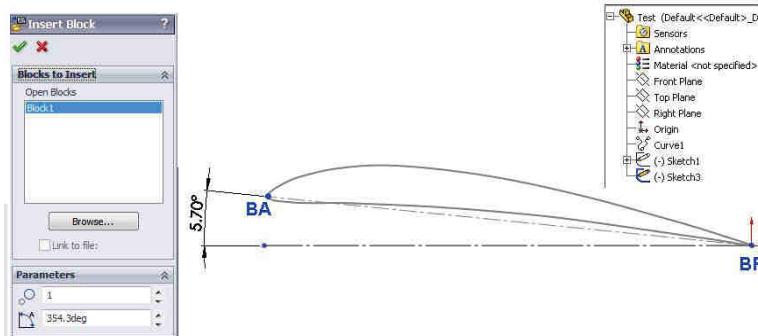


Fig. 16.6

**16.4.3 Extrudare profil**  
Profilul va fi extrudat simetric pe distanță totală  $B=1525$  mm, fig. 16.7.

**16.4.3 Extrusion of the profile**  
The profile is symmetrically extruded on a total distance of 1525 mm, fig. 16.7.

- Click **Extruded Boss/Base** .
- Se va selecta profilul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zonele **Direction 1** și **Direction 2** se va completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **762.5** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

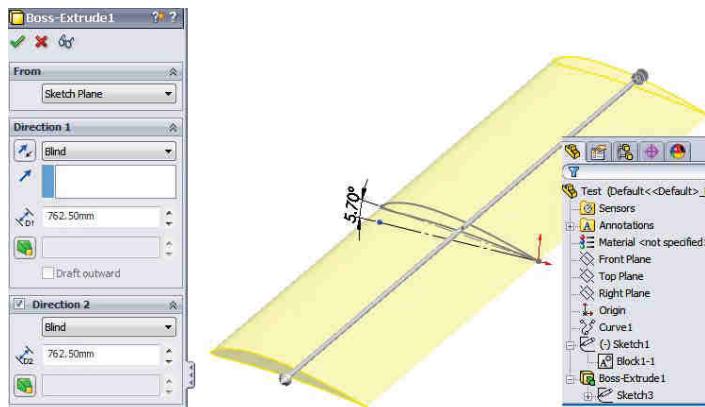


Fig. 16.7

### 16.5 Activare modul Flow Simulation

- Click **Tools → Add-Ins.**
- Selectie modul **SolidWorks Flow Simulation**.
- Bara de meniu **Flow Simulation** se va adăuga la meniul principal.

### 16.6 Creare proiect simulare curgere

- Click **Flow Simulation → Project → Wizard**; se va crea un proiect cu proprietăți din tab. 3:

### 16.5 Activation of the Flow Simulation module

- Click **Tools → Add-Ins.**
- Select **SolidWorks Flow Simulation** module.
- The **Flow Simulation** menu bar will be added to the main menu.

### 16.6 Creation of the Flow Simulation project

- Click **Flow Simulation → Project → Wizard**; a new project with the properties from tab. 3 will be created:

Tab. 3

Nume configurație	5.7 grade	Configuration name	5.7 grade
Sistem de unități	SI (m-kg-s)	Unit system	SI (m-kg-s)
Tip analiză Procese fizice avansate	External Inexistente	Analysis type Physical Features	External None
Tip fluid	Liquids → Water	Fluid	Liquids → Water
Condiții ptr. pereți	Se acceptă valorile implicate	Wall conditions	Accept the default values
Condiții inițiale	Viteza pe direcția X 2 m/s	Initial conditions	Velocity in X direction 2 m/s
Rezoluție inițială	5 Automatic Settings	Initial resolution	5 Automatic Settings

- Click **Flow Simulation** → **Calculation Control Option**; se va dezactiva opțiunea **Maximum travels**, fig. 16.8; dacă această opțiune este activă, calculul ia sfârșit la atingerea numărului maxim impus de treceri ale fluidului prin volumul de control.
- Click **Flow Simulation** → **Calculation Control Option**; the **Maximum travels** option will be deactivated, fig. 16.8; if this option is active, the calculation finishes as soon as the number of travels (flow passes through the computational domain) reaches the specified Maximum travel number.

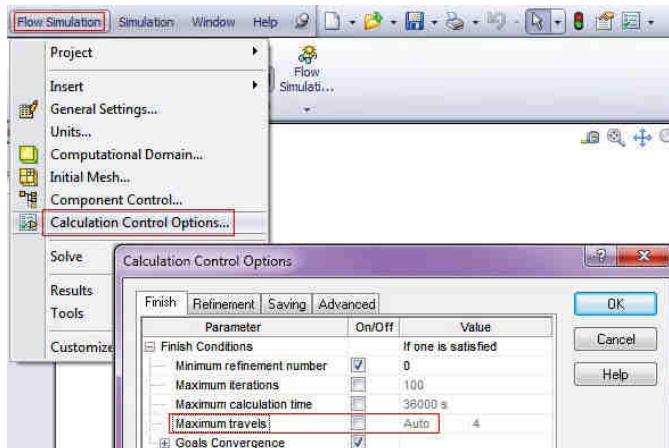


Fig. 16.8

### 16.7 Definire tip analiză și volum de control

Pentru a reduce timpul de calcul și de memorie, vom efectua o analiză bidimensională (2D).

În cele mai multe cazuri, pentru studiul curgerii externe în jurul unui corp și investigarea efectelor datorate modificărilor geometriei se recomandă utilizarea dimensiunilor de volumului de control propuse de Flow Simulation. Însă, în acest caz, vom compara rezultate experimentale cu cele generate de Flow Simulation și dorim să obținem coeficienții de portanță și de rezistență cu mare acuratețe. Pentru a elimina orice perturbare a curgerii la intrarea în volumul de control, datorată prezenței profilului, vom stabili manual frontierele acestuia mult mai departe de profil. Astfel, va crește precizia de calcul în detrimentul timpului de calcul și memoriei, ca efect al măririi volumului de control.

- În arborele analizei de curgere, fig. 16.9, se va expanda ramura **Input Data**.

- Click dreapta pe icoana **Computational Domain** și selectie **Edit Definition**. Va apărea fereastra **Computational Domain**, fig. 16.9.
- Click pe icoana **2D simulation**.
- Selectie opțiune **XY plane**, ceea ce va impune automat condiția **Symmetry** la frontierele **Z<sub>min</sub>** și **Z<sub>max</sub>** ale volumului de control. Limitele **Z<sub>min</sub>** și **Z<sub>max</sub>** sunt calculate automat pe baza dimensiunilor modelului analizat.

### 16.7 Define Computational Domain

To reduce the required CPU time and computer memory, a two-dimensional (2D) analysis is performed.

For most cases, it is recommended to use the default Computational Domain size as determined by Flow Simulation for the study of the flow field around an external body and for the investigation of the effects of design changes. However, in this case we will compare the Flow Simulation results to the experimental results and we would like to determine the lift and drag coefficient with a high degree of accuracy. In order to eliminate any disturbances of the incoming flow at the Computational Domain boundaries due to the presence of the profile, we will manually set the boundaries farther away from the profile. The accuracy will be increased at the expense of required CPU time and memory due to the larger size of Computational Domain.

- In the Flow Simulation Analysis tree, fig. 16.9, expand the **Input Data** item.
- Right-click the **Computational Domain** icon and select **Edit Definition**. The **Computational Domain** window appear, fig. 16.9.
- Click the **2D simulation** icon.
- Select **XY plane**. Automatically the **Symmetry** condition is specified at the **Z<sub>min</sub>** and **Z<sub>max</sub>** boundaries of the Computational Domain. The **Z<sub>min</sub>** and **Z<sub>max</sub>** boundaries are set automatically, basing on the model dimensions.

- Flow Simulation va propune valorile  $X_{\pm}=0.270878856$  m / -  $0.463180488$  m,  $Y_{\pm}=0.20771157$  m / -  $0.159466162$  m,  $Z_{\pm}=0.1525$  m / -  $0.1525$  m.
- Se vor impune valorile  $X_{\pm}=1$  m / -1 m,  $Y_{\pm}=0.5$  m / -0.5 m,  $Z_{\pm}=0.7625$  m / -0.7625 m, fig. 16.9.
- Datorită valorilor din câmpurile  $Z_{\max}$  și  $Z_{\min}$ , lățimea volumului de control va deveni egală cu lățimea aripii  $B = 1525$  mm.
- Click ✓.
- For **Computational Domain**, the Flow Simulation will propose the following values:  $X_{\pm}=0.270878856$  m / -  $0.463180488$  m,  $Y_{\pm}=0.20771157$  m / -  $0.159466162$  m,  $Z_{\pm}=0.1525$  m / -  $0.1525$  m.
- The following values will be set:  $X_{\pm}=1$  m / -1 m,  $Y_{\pm}=0.5$  m / -0.5 m,  $Z_{\pm}=0.7625$  m / -0.7625 m, fig. 16.9.
- Due to the  $Z_{\max}$  and  $Z_{\min}$  fields values, the **Computational Domain** width will be equally with the wing width  $B = 1525$  mm.
- Click ✓.

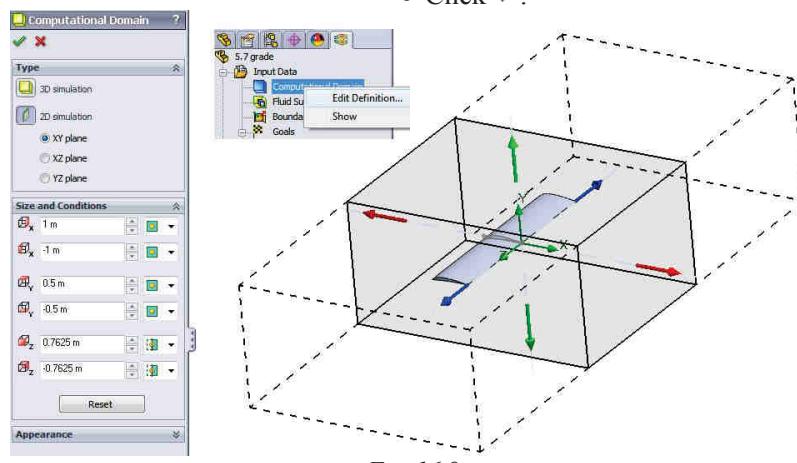


Fig. 16.9

### 16.8 Specificare criterii de convergență

Flow Simulation consideră inițial orice problemă de curgere staționară ca fiind dependentă de timp. Solver-ul iterează în pași de timp determinați pentru a căuta stările de curgere staționară, deci devine necesară existența unui criteriu de identificarea a atingerii curgerii staționare, pentru a opri calculul.

### 16.8 Define goals

Flow Simulation initially considers any steady state flow problem as a time-dependent problem. The solver module iterates on an internally determined time step to seek a steady state flow field. So, it is necessary to have a criteria of determining that a steady state flow field is obtained, in order to stop the calculations.

Flow Simulation include criterii interne de oprire a soluției, dar este mai bine să fie utilizate criterii specifice, al căror nume generic este **Goals**. Flow Simulation oferă următoarele tipuri de criterii: globale, punctuale, de suprafață, volumice și ecuații.

Pentru această aplicație, vor fi specificate ambele componente ale forței **X - Component of Force** respectiv **Y - Component of Force** ca și criterii globale de convergență. Aceasta va asigura convergența soluției, deoarece calculul nu se va finaliza până când cele două componente nu vor fi convergente pe întreg volumul de control.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- În tabelul **Parameter** se vor activa opțiunile **X - Component of Force** și **Y - Component of Force**.
- Click **OK**. Noile criterii: **GG X - Component of Force 1** și **GG Y - Component of Force 1** vor apărea în arborele analizei de curgere, fig. 16.10.

Flow Simulation contains built-in criteria to stop the solution process, but it is best to use specific criteria, which is named **Goals**. The following type of goals can be set: global, point, surface, volume and equation.

For this application we will specify both the **X - Component of Force** and **Y - Component of Force** as a Global Goal. This ensures that the calculation will not be finished until both components, in the entire computational domain, are fully converged.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Global Goals**.
- In the **Parameter** table select the first check box in the **X - Component of Force** row and **Y - Component of Force** row.
- Click **OK**. The new **GG X - Component of Force 1** and **GG Y - Component of Force 1** items appears in the Flow Simulation Analysis tree, fig. 16.10.

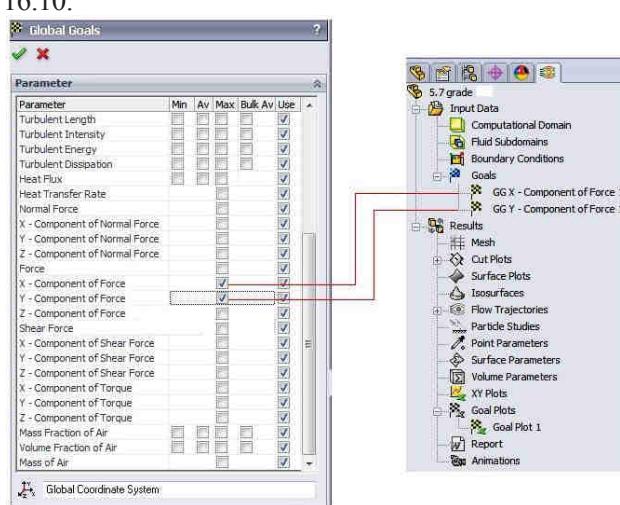


Fig. 16.10

La finalizarea calculului, pentru a evita calcularea manuală a celor doi coeficienți din forțele obținute, vom impune ca Flow Simulation să efectueze aceste calcule, specificând un criteriu de tip ecuație (Equation Goal), fig. 16.11.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Equation Goal**.

- În arborele Flow Simulation se va selecta criteriul **GGY-Component of Force 1**; acesta va apărea în caseta **Expression**.

- Utilizând butoanele calculatorului sau tastatura se va scrie expresia următoare:

$$\{GG\ Y - Component\ of\ Force\ 1\}/(0.5*998.2*2^2*1.5*0.305)$$

- Din lista **Dimensionality** se va selecta **No units**, urmat de **OK**. Noul criteriu **Equation Goal 1** va apărea în arborele Flow Simulation.

- Criteriul **Equation Goal 1** se va redenumi **COEFFICIENT LIFT**.

- Pașii anteriori se vor repeta pentru a crea criteriul **COEFFICIENT DRAG**, dar cu înlocuirea forței Y cu forța X.

When the calculation is finished, a Flow Simulation is imposed to make all the necessary calculations by specifying an Equation Goal, fig. 16.11.

- Click **Flow Simulation** → **Insert** → **Equation Goal**.

- In the Flow Simulation Analysis tree

select the **GGY-Component of Force 1** goal; it appears in the **Expression** box.

- Use calculator's buttons or keyboard to complete the expression as follows:

$$\{GG\ Y - Component\ of\ Force\ 1\}/(0.5*998.2*2^2*1.5*0.305)$$

- Select **No units** in the **Dimensionality** list and click **OK**. The new **Equation Goal 1** item appears in the Flow Simulation Analysis tree.

- Rename the **Equation Goal 1** to **COEFFICIENT LIFT**.

- Repeat the previous step to create **COEFFICIENT DRAG**, replacing Y with X force.

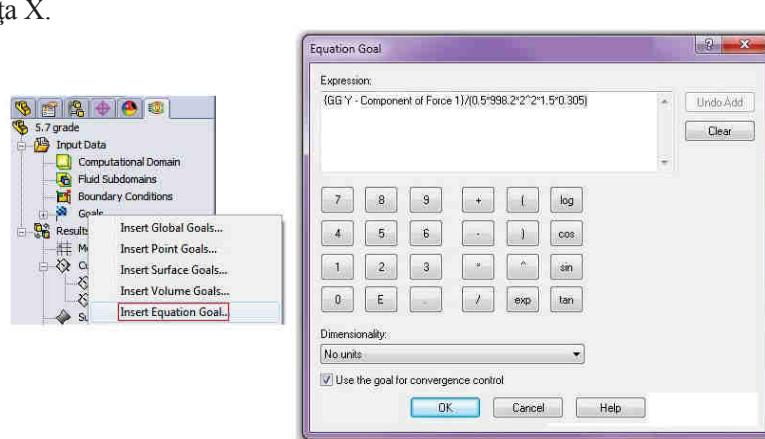


Fig. 16.11



Formulele utilizate ca și criterii de tip ecuații rezultă din relațiile (1) și (2), unde: **0.5** este constanta  $\frac{1}{2}$ , **998.2** kg/m<sup>3</sup> este densitatea fluidului, **2** m/s este viteza fluidului, **1.5** m este lățimea aripiei B (1525/1000≈1.5) și **0.305** m este coarda profilului.



The formulas used as Equation Goals are obtained from relations (1) and (2), where: **0.5** is the  $\frac{1}{2}$  constant value, **998.2** kg/m<sup>3</sup> is the fluid density, **2** m/s is the fluid velocity, **1.5** m is the wing width B (1525/1000≈1.5) and **0.305** m is the profile chord.

## 16.9 Calcul studiu de curgere

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. Va apărea fereastra **Run**, fig. 16.12.
- Click **Run** pentru a declanșa calculul studiului de curgere.

Flow Simulation va genera automat discretizarea volumului de control, prin divizarea volumului de control în secțiuni, care vor fi ulterior subdivizate în celule. Celulele vor fi rafinate atât cât este necesar pentru rezolvarea corespunzătoare a geometriei modelului. Pe durata acestei proceduri, în fereastra **Mesh Generation** pot fi vizualizați pașii curenti și informațiile asociate. După lansarea calculului, fereastra **Solver Monitor**, fig. 16.13, oferă informații despre starea curentă a soluției, prin monitorizarea modificărilor intervenite în criteriile de convergență și prin vizualizarea rezultatelor preliminare în plane selectate.

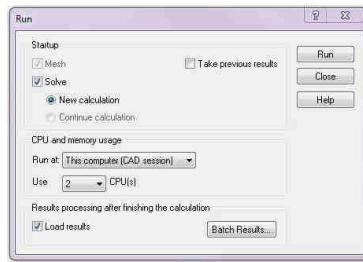


Fig. 16.12

- Click **Flow Simulation** → **Solve** → **Run**. The **Run** dialog box appears, fig. 16.12.
- Click **Run** to start the calculation.

Flow Simulation automatically generates a computational mesh. The mesh is created by dividing the computational domain into slices, which are further subdivided into cells. The cells are refined as necessary to properly resolve the model geometry. During the mesh generation procedure, the current step and the mesh information can be viewed in the **Mesh Generation** dialog box. After the calculation starts, the **Solver Monitor** dialog, fig. 16.13, provides informations about the current status of the solution, by monitoring the goal changes and viewing the preliminary results at the selected planes.

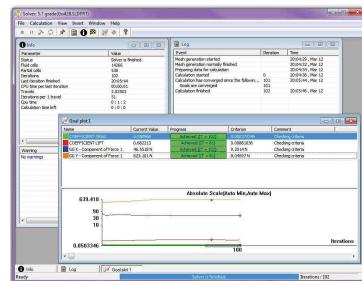


Fig. 16.13

## 16.10 Vizualizare rezultate

### 16.10.1 Creare Goal Plot

Opțiunea **Goal Plot** permite studierea modificărilor intervenite în criteriile de convergență pe parcursul calculului. Pentru aceasta se utilizează programul Microsoft Excel.

- În arborele analizei de curgere, sub ramura **Results**, click dreapta pe icoana **Goal Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Goal Plot**, fig. 16.14.
- Selecție opțiune **All**.
- Click **OK**. Fișierul Excel **Goals1** va fi creat, fig. 16.15.

Convergența criteriilor **X - Component of Force** respectiv **Y - Component of Force** este afișată într-o foaie separată, fig. 16.16 respectiv fig. 16.17. Convergența valorilor criteriilor este sintetizată în foaia de calcul **Summary** iar datele numerice se regăsesc în foaia **Plot Data** a fișierului Excel creat, fig. 16.15.

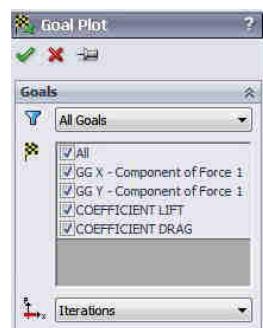


Fig. 16.14

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress (%)	Use In Convergence
GG X - Component of Force 1	N/m	-6.55178	-6.564079	-6.567053	-6.7173436	100	Yes
GG Y - Component of Force 1	N/m	623.1014532	622.4068771	620.3407175	626.4548857	100	Yes
COEFFICIENT LIFT		0.682213211	0.681451609	0.678971567	0.68483345	100	Yes
COEFFICIENT DRAG		0.050968013	0.050970532	0.050349356	0.051648315	100	Yes

Fig. 16.15

## 16.10 Viewing of the results

### 16.10.1 Creation of a Goal Plot

The **Goal Plot** offers the possibility to study how the goal value changed in the course of calculation. Flow Simulation uses Microsoft Excel to display goal plot data.

- In the Flow Simulation Analysis tree, under **Results**, right-click the **Goal Plots** icon and select **Insert**. The **Goal Plot** dialog box appears, fig. 16.14.
- Select **All**.
- Click **OK**. The **Goals1** Excel workbook is created, fig. 16.15.

The convergence of **X - Component of Force** and **Y - Component of Force** goal plots are displayed in separate sheets, fig. 16.16 and fig. 16.17. The converged values of all project goals are displayed in the **Summary** sheet and numerical values are placed in **Plot Data** sheet of an automatically created Excel workbook, fig. 16.15.

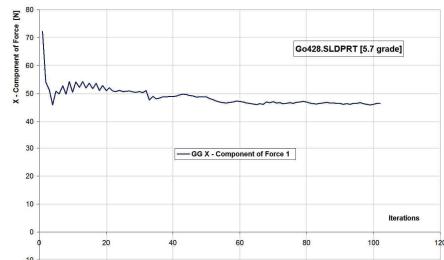


Fig. 16.16

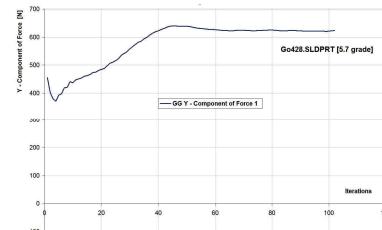


Fig. 16.17

### 16.10.2 Creare Cut Plot

Opțiunea **Cut Plot** afișează rezultatele parametrului selectat într-o secțiune specificată, prin intermediul planelor SolidWorks sau ale modelului (cu o translație, dacă este necesar). Reprezentarea parametrului poate fi de tip hartă de culori (contour plot), linii de valoare constantă (izolinii), vectori sau combinații ale acestora (exemplu suprapunere hartă de culori cu vectori).

- Click dreapta pe icoana **Cut Plots** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Cut Plot**, fig. 16.18.
- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Front Plane**.
- În caseta **Cut Plot** se vor activa icoanele **Contours** și **Isolines** .
- În zona **Contours** se vor specifica parametrii impuși la afișarea hărții de culori: din lista **Parameter** se va selecta opțiunea **Velocity** și se impune valoarea 50 pentru câmpul **Number of Levels** .
- În zona **Isolines** se vor specifica parametrii: selecție opțiune **Velocity** din lista **Parameter** și se impune valoarea 50 pentru câmpul **Number of Levels** .

### 16.10.2 Creation of a Cut Plot

The **Cut Plot** displays results of a selected parameter in a selected view section. To define the view section, you can use the SolidWorks planes or the model planar faces (with the additional shift if necessary). The parameter values can be represented as a contour plot, as isolines, as vectors, or in a combination (e.g. contours with overlaid vectors).

- Right-click the **Cut Plots** icon and select **Insert**. The **Cut Plot** dialog box appears, fig. 16.18.
- In **Section Plane or Planar Face** select **Front Plane**.
- In the **Cut Plot** dialog box select **Contours** and **Isolines** .
- Under **Contours** specify the parameters which values show at the contour plot: in the **Parameter** list select **Velocity** and set 50 for **Number of Levels** .
- Under **Isolines** specify the parameters: in the **Parameter** list select **Velocity** and set 50 for **Number of Levels** .

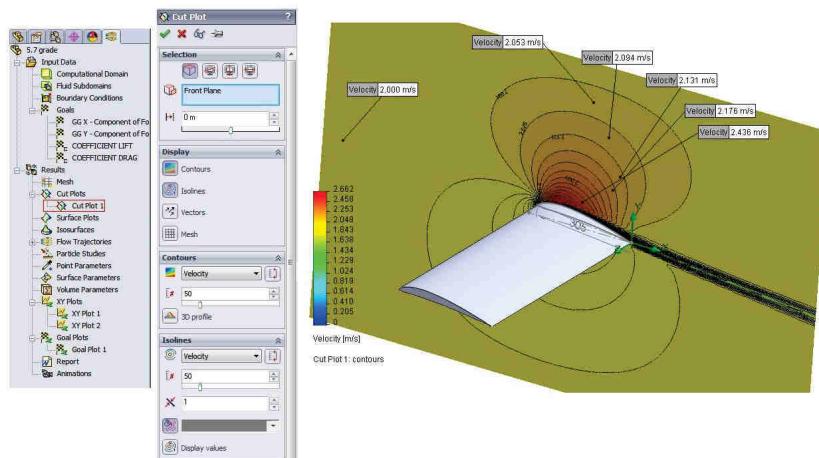


Fig. 16.18

Valorile punctuale pot fi obținute prin instrumentul **Probe**, care poate fi lansat prin click **Flow Simulation → Results → Probe Mode → Probe**. Etichetele valorice pot fi șterse individual prin opțiunea **Delete** sau colectiv prin opțiunea **Delete All**, preluate din meniu contextual activat prin buton dreapta mouse pe una dintre etichete.

#### 16.10.3 Creare Flow Trajectories

Prin intermediul opțiunii **Flow Trajectories** devină posibilă vizualizarea liniilor de curent, a imaginii 3D a curgerii, modificarea parametrilor de-a lungul traectoriilor, exportul datelor în Microsoft Excel și salvarea traectoriilor ca și curbe referință SolidWorks.

- Click dreapta pe icoana **Flow Trajectories** și selecție opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **Flow Trajectories**, fig. 16.19.

The point values can be obtained with a **Probe** tool, which can be launched by clicking on **Flow Simulation → Results → Probe Mode → Probe**. The label values can be erased one by one through the **Delete** option or as a group with **Delete All** option, taken from contextual menu activated by the right mouse button on a value label.

#### 16.10.3 Creation of the Flow Trajectories

By using **Flow trajectories**, it is possible to view the flow streamlines. **Flow trajectories** provide a very good image of the 3D fluid flow, show how parameters change along each trajectory by exporting data into Microsoft Excel and saving trajectories as SolidWorks reference curves.

- Right-click the **Flow Trajectories** icon and select **Insert**. The **Flow Trajectories** dialog box appears, fig. 16.19.

- Pentru câmpul **Section Plane or Planar Face** se va selecta planul **Front Plane**.
  - În câmpul **Number of Points** se introduce valoarea 40.
- În caseta **Appearance** se va selecta **Pipes** din lista **Draw Trajectories as** , se va impune valoarea 0.01 m în câmpul **Width** și se va selecta **Velocity** din lista **Color by Parameter** .

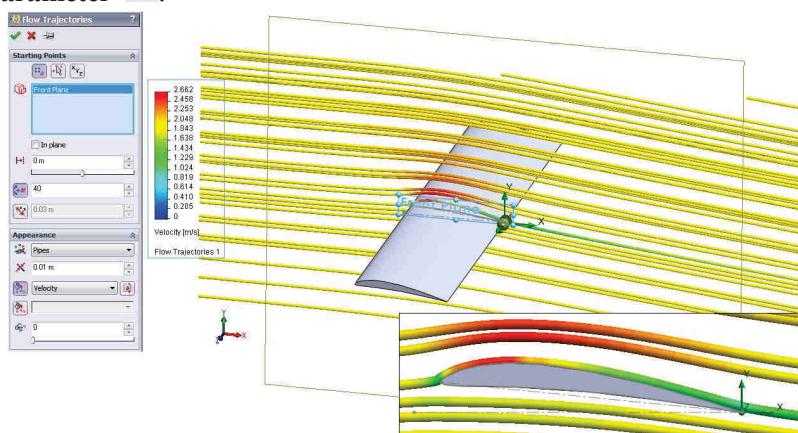


Fig. 16.19

#### 16.10.4 Creare XY Plot

Prin intermediul opțiunii **XY Plot** devină posibilă vizualizarea modificării unui parametru de-a lungul unei direcții specificate sau a unei traectorii. Pentru definirea direcției pot fi utilizate curbe, schițe (2D sau 3D) și muchii ale modelului. Datele sunt exportate într-un fișier Excel, sub formă de valori numerice și grafice. Graficele sunt plasate în foi de calcul separate, iar valorile sunt plasate în foaia de calcul **Plot Data**.

Se va crea o curbă în planul **Front**, care va fi utilizată ca și traectorie.

#### 16.10.4 Creation of the XY Plot

**XY plot** allows you to see how a parameter changes along the specified direction or path. To define the direction, you can use curves, sketches (2D and 3D sketches) and model edges. The data is exported into an Excel workbook, where parameter charts and values are displayed. The charts are displayed on separate sheets and all values are displayed in the **Plot Data** sheet.

A curve will be created in Front plane, used as a path for **XY plot** command.

- Se ieșe din arborele **Flow Simulation** și se intră în arborele **Feature Manager**.
- Se va crea un plan paralel cu planul **Top** la distanță de 200 mm, fig. 16.20.
- Click **Insert → Reference Geometry → Plane**.
- Pentru câmpul **First reference** se va selecta planul **Top**.
- În câmpul **Offset distance** se va introduce valoarea 200.
- Click **✓**.
- În **Feature Manager** va apărea entitatea **Plane1**.
- Exit from **Flow Simulation** analysis tree and enter into **Feature Manager** analysis tree.
- A parallel plane with **Top** plane will be created at 200 mm distance, fig. 16.20.
- Click **Insert → Reference Geometry → Plane**.
- Select **Top** plane for **First reference** field.
- Set 200 mm in the **Offset distance** field.
- Click **✓**.
- The **Plane1** entity appear in the **Feature Manager** analysis tree.

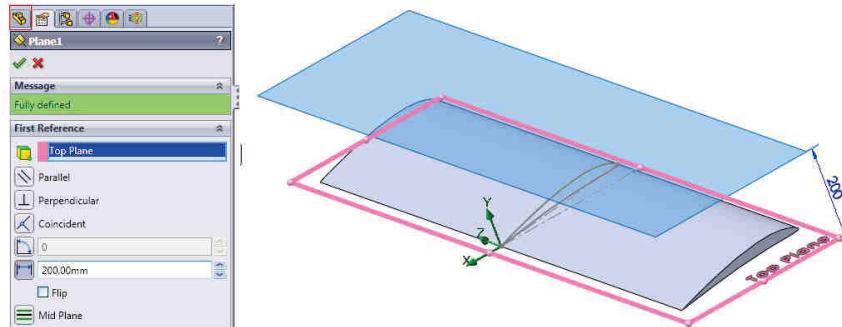


Fig. 16.20

- Click **Insert → Sketch**; se va selecta planul **Plane1**; se va crea o nouă schiță **Sketch4** în acest plan.
- Prin comanda **Line** se va trasa linia din fig. 16.21.
- Click **Insert → Curve → Projected**.
- Selecție schiță **Sketch4** în câmpul **Sketch to Project**, fig. 16.22.
- Selecție față aripiei în câmpul **Projection Faces**.
- Click **Insert → Sketch** and select the **Plane1** plane; a new sketch **Sketch4** will be created in this plane.
- By **Line** command the line from fig. 16.21 will be create.
- Click **Insert → Curve → Projected**.
- Select **Sketch4** in the **Sketch to Project** field, fig. 16.22.
- Select the wing face in the **Projection Faces** field.

- Activare opțiune **Reverse projection**.

- Click în **Feature Manager** și în zona grafică va apărea entitatea **Curve2**.

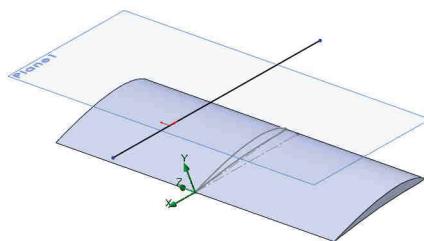


Fig. 16.21

- Activate **Reverse projection** option.

- Click ; the **Curve2** entity appear in the **Feature Manager** analysis tree and in the graphical area.

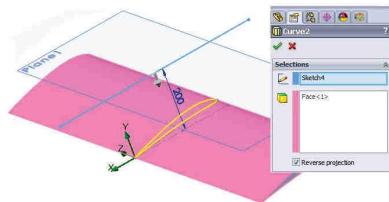


Fig. 16.22

- Click dreapta pe icoana **XY Plots** și selectie opțiune **Insert**. Va apărea fereastra **XY Plot**, fig. 16.23.

- Pentru câmpul **Sketches, Curves, Edges** se va selecta entitatea **Curve2**.

- Din lista **Abscissa** se va selecta opțiunea **Model X**; alte opțiuni pot fi: **Length**, **Model Y**, **Model Z**, **Sketch X**, **Sketch Y**, **Sketch Z**.

- Din caseta **Parameters** se va activa opțiunea **Pressure**.

- Slider-ul **Geometry Resolution** se va deplasa spre dreapta.

- Click .

- În Excel se va genera un fișier care va conține graficul presiunii în foaia de calcul **Pressure**, iar valorile numerice în foaia **Plot Data**.

- Right click on **XY Plots** icon and select **Insert** option. The **XY Plot** window appear, fig. 16.23.

- Select **Curve2** entity for **Sketches, Curves, Edges** field.

- Select **Model X** option from **Abscissa** list; other options can be: **Length**, **Model Y**, **Model Z**, **Sketch X**, **Sketch Y**, **Sketch Z**.

- Activate the **Pressure** parameter from **Parameters** box.

- Move the **Geometry Resolution** slider to the right.

- Click .

- A Excel workbook will be generate with pressure diagram in the **Pressure** sheet and numerical values in the **Plot Data** sheet.

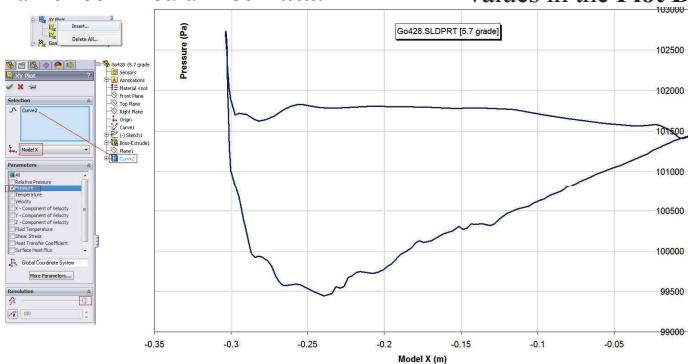


Fig. 16.23

### 16.11 Clonare proiect

În studiul anterior profilul a fost dispusă la  $5.7^\circ$ . Proiectul **5.7 grade** va fi clonat succesiv, pentru a modifica unghiul de incidentă  $\alpha_\infty$ , la următoarele valori ale acestuia:  $-8.9^\circ$ ,  $-6^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-3^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $-0.1^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+2.8^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ ,  $+11.6^\circ$ . Caracteristicile hidrodinamice se vor calcula pentru fiecare caz în parte.

- În arborele Flow Simulation Analysis tree, click dreapta pe icoana proiectului **5.7 grade** și selecție opțiune **Clone Project**.

- În câmpul **Configuration name** se va scrie numele noului proiect, compus din valoarea unghiului urmat de „grade”; exemplu: **-4.5 grade**.

Pentru un proiect se va completa un singur nume. Noul proiect se generează ca o copie a proiectului curent și devine imediat activ.

- Click pe icoana în arborele Feature Manager și se va modifica unghiul de dispunere a profilului la una din valorile din lista de unghiuri:  $-8.9^\circ$ ,  $-6^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-3^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $-0.1^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+2.8^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ ,  $+11.6^\circ$ , care corespunde cu numele proiectului.

- Reluare calcul al noului studiu.

Este posibilă și rularea tuturor studiilor, într-o ordine prestabilită, printr-o singură comandă **Batch Run**, declanșată din meniu în succesiunea **Flow Simulation → Solve → Batch Run**, fig. 16.24. Această comandă poate lansa în execuție proiecte din oricare documente deschise.

### 16.11 Cloning of the project

In the previous study, the profile was placed at a  $5.7^\circ$  angle. The **5.7 grade** project is multiplied through cloning, to place the profile at the following incidence attack angles  $\alpha_\infty$ :  $-8.9^\circ$ ,  $-6^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-3^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $-0.1^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+2.8^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ ,  $+11.6^\circ$ . The hydrodynamic characteristics are calculated for every angle case.

- In the Flow Simulation Analysis tree, right-click the top **5.7 grade** icon and select **Clone Project**.
- In the **Configuration name** box, type the name of the new project, composed from the angle value follow by “grade”; example: **-4.5 grade**.

One name will be set for every project. The new project is generated as a clone of the current project and becomes active.

- Click on icon in the Feature Manager design tree and modify the profile angle according to one of the following angles:  $-8.9^\circ$ ,  $-6^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-3^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $-0.1^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+2.8^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ ,  $+11.6^\circ$ , corresponding with the project name.

- Rerun the new study.

It is possible to run all the studies in a prescribed order with a single **Batch Run** command, launched from the menu through **Flow Simulation → Solve → Batch Run**, fig. 16.24. This command can run projects from any currently opened document.

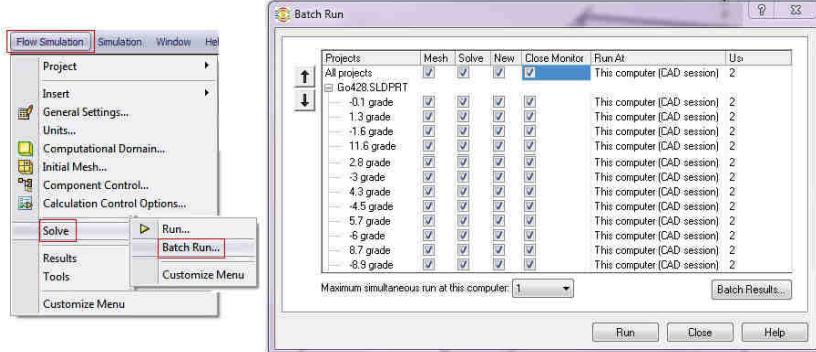


Fig. 16.24

### 16.12 Comparație rezultate simulare cu valori experimentale

Valorile furnizate în Excel prin opțiunea **Goal Plot**, au fost centralizate în tab. 4, pentru toate cele unghiuri de incidență  $\alpha_\infty$ . Graficul din fig. 16.25 prezintă comparativ curbele celor două componente ale coeficienților hidrodinamici: coeficientul de rezistență la înaintare  $C_x$  și coeficientul forței portante  $C_y$ ; valorile experimentale preluate din tab. 2 și fig. 16.2 sunt comparație cu rezultatele din studiile Flow Simulation.

Fig. 16.26, 16.28, 16.30, 16.32, 16.34, 16.36 prezintă distribuția presiunii pentru șase unghiuri de disperere a profilului:  $-8.9^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ . Fig. 16.27, 16.29, 16.31, 16.33, 16.35, 16.37 prezintă distribuția vitezei pentru aceleși unghiuri de disperere a profilului.

Fig. 16.38 prezintă distribuția presiunii calculată de SolidWorks Flow Simulation, pentru următoarele unghiuri:  $-1.6$ ,  $+4.3$  and  $+8.7$  grd.

### 16.12 Simulation and experimental results comparison

The Excel values from **Goal Plot** option were centralized in the tab. 4, for all values of the incidence attack angles  $\alpha_\infty$ . The diagram from fig. 16.25 shows a comparison between the Flow Simulation and calculated values of the drag coefficient  $C_x$  and lift coefficient  $C_y$ . The experimental values were taken from tab. 2 and fig. 16.2 and compared with Flow Simulation results.

Fig. 16.26, 16.28, 16.30, 16.32, 16.34, 16.36 show the pressure distribution for six angle of the profile:  $-8.9^\circ$ ,  $-4.5^\circ$ ,  $-1.6^\circ$ ,  $+1.3^\circ$ ,  $+4.3^\circ$ ,  $+8.7^\circ$ . Fig. 16.27, 16.29, 16.31, 16.33, 16.35, 16.37 show the velocity distribution for the same angles of the profile.

Fig. 16.38 shows the pressure distribution calculated by SolidWorks Flow Simulation, for the following angles:  $-1.6$ ,  $+4.3$  and  $+8.7$  grd.

Tab. 4

$\alpha_{\infty}$	Experimental		Flow Simulation		Experimental		Flow Simulation	
	Cy	Cx	Cy	Cx	Fy	Fx	Fy	Fx
-8.9	-0.322	0.0795	-0.209	0.086	-299.0	73.8	-190.5	78.1
-6	-0.089	0.0301	-0.146	0.060	-82.6	28.0	-133.1	54.8
-4.5	0.011	0.015	-0.017	0.046	10.2	13.9	-15.6	42.1
-3	0.103	0.0124	0.113	0.034	95.6	11.5	103.7	30.8
-1.6	0.205	0.0132	0.218	0.027	190.4	12.3	198.9	25.0
-0.1	0.302	0.0157	0.323	0.024	280.4	14.6	295.2	21.5
1.3	0.402	0.0184	0.425	0.028	373.3	17.1	387.9	25.8
2.8	0.506	0.0246	0.514	0.035	469.9	22.8	469.7	32.0
4.3	0.608	0.0328	0.611	0.042	564.6	30.5	558.5	38.4
5.7	0.704	0.0423	0.682	0.051	653.7	39.3	623.1	46.6
8.7	0.884	0.0662	0.877	0.083	820.9	61.5	800.9	76.2
11.6	1	0.0944	1.025	0.115	928.6	87.7	936.6	105.2

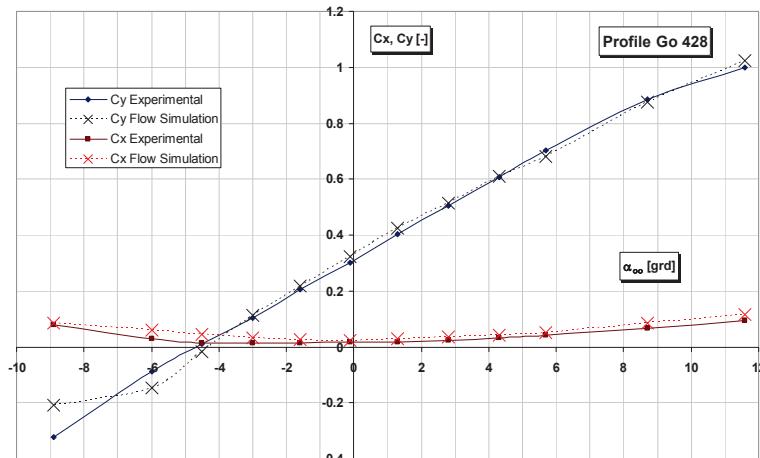


Fig. 16.25

Curbele din fig. 16.25 confirmă o foarte bună coincidență a coeficienților hidrodinamici: coeficientul de rezistență la înaintare  $C_x$  și coeficientul forței portante  $C_y$ , exceptând limita stângă, unde diferența este mai mare pentru coeficientul  $C_y$ .

The curves from fig. 16.25 confirm a very good coincidence of the two hydrodynamic coefficients: the drag coefficient  $C_x$  and lift coefficient  $C_y$ , except the left limit, where the difference is greater for the  $C_y$  coefficient.

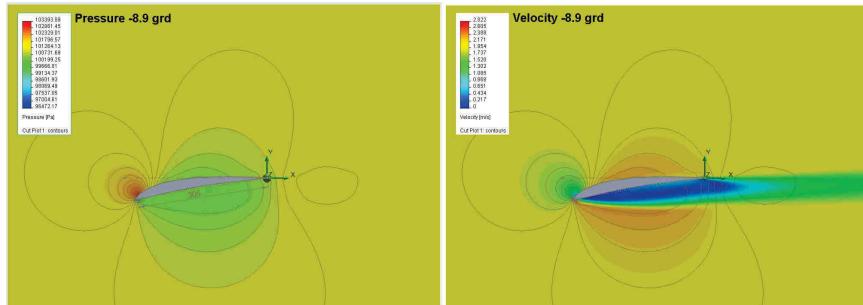


Fig. 16.26

Fig. 16.27

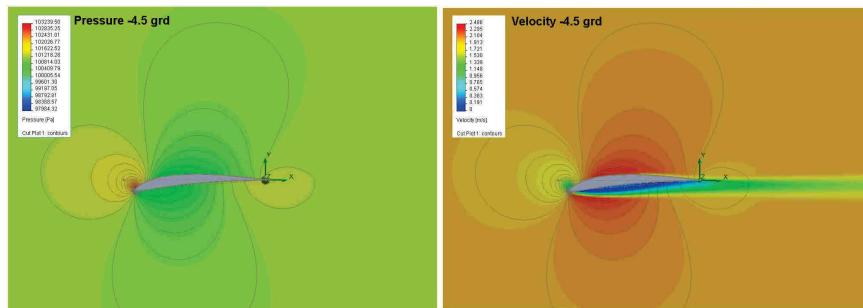


Fig. 16.28

Fig. 16.29

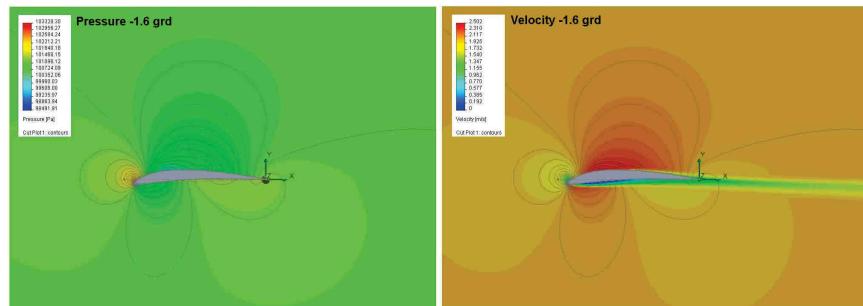


Fig. 16.30

Fig. 16.31

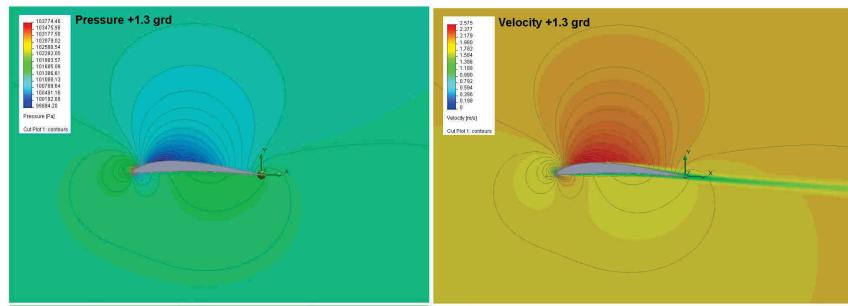


Fig. 16.32

Fig. 16.33

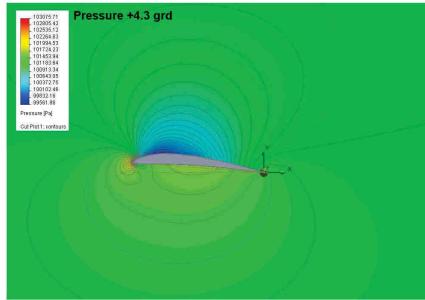


Fig. 16.34

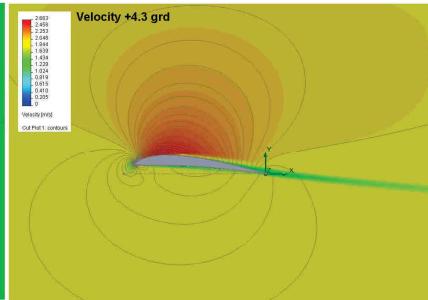


Fig. 16.35

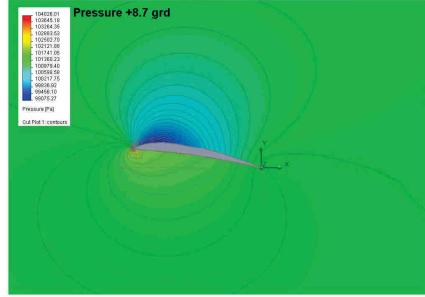


Fig. 16.36

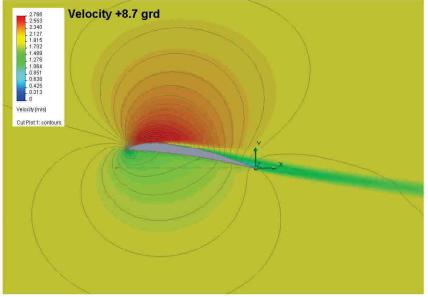


Fig. 16.37

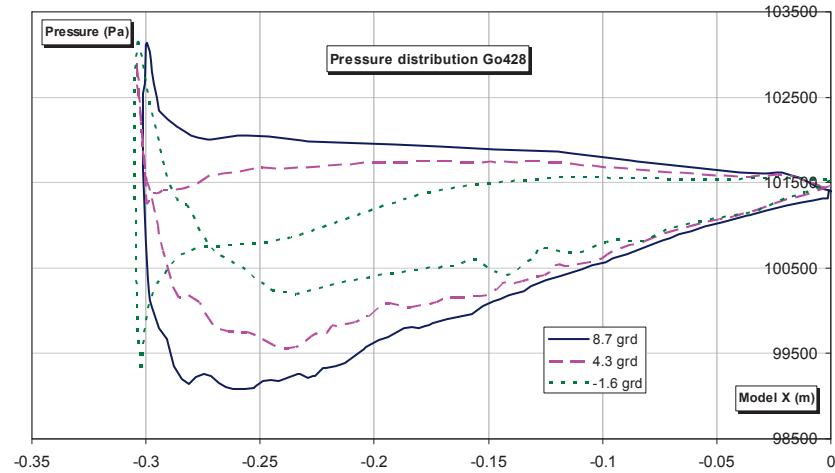
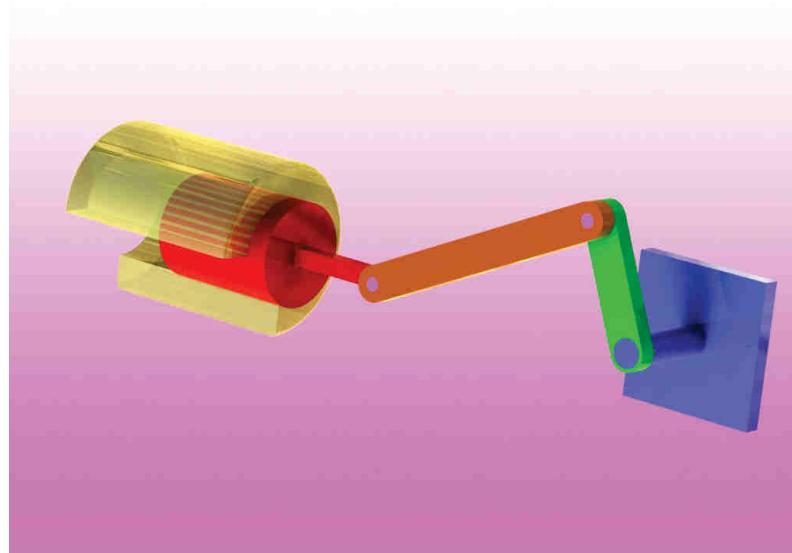


Fig. 16.38



## 17. ANALIZA CINEMATICĂ ȘI DINAMICĂ A MECANISMULUI BIELĂ-MANIVELĂ

### 17. THE KINEMATICS AND DYNAMICS ANALYSIS OF THE CRANK MECHANISM



### 17.1 Obiective ale aplicației

Scopul aplicației este de a analiza cinematica și dinamica mecanismului bielă-manivelă, fig. 17.1, fig. 3.12., fig. 31.3 și de a compara rezultatele din SolidWorks Motion cu cele ale formulelor teoretice [23].

### 17.1 Goals of the application

The application analyzes the kinematics and dynamics of the crank mechanism, fig. 17.1, fig. 17.2, fig. 17.3 and compares the theoretical and SolidWorks Motion results [23].

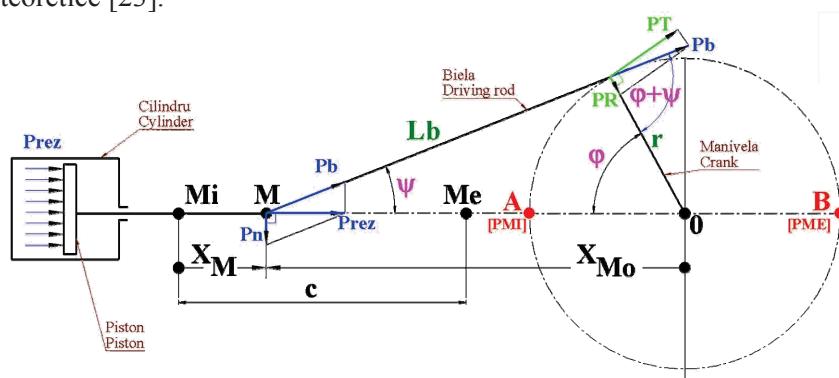


Fig. 17.1

### 17.2 Considerente teoretice

Mecanismul bielă-manivelă are rolul de a transforma mișcarea de translație alternativă în mișcare de rotație continuă, sau invers. Între cele două puncte extreme, punctul mort interior „ $M_i$ ” și punctul mort exterior „ $M_e$ ”, pistonul are o mișcare de translație. Cursa pistonului „ $c$ ” reprezintă distanța dintre cele două puncte și se calculează prin relația  $c = 2 \cdot r$ , unde „ $r$ ” este raza manivelei. Mărimile cinematice: deplasările lineare „ $X_M$ ”, „ $X_{Mo}$ ”, viteza lineară „ $V_M$ ” și accelerația lineară „ $a_M$ ” pistonului, se obțin prin relațiile (1), (3), (4), (5) [23].

### 17.2 Theoretical considerations

The crank mechanism converts the alternative translational movement to a continuous rotating movement, or vice versa. The piston has a translational motion between the two extreme points: interior „ $M_i$ ” and exterior „ $M_e$ ”. The stroke „ $c$ ” is the distance between the two points and can be calculated by the following equation  $c = 2 \cdot r$ , where „ $r$ ” represents the crank radius. The kinematic parameter of the mechanism: the linear displacements "  $X_M$  ", "  $X_{Mo}$  ", the linear velocity "  $V_M$  " and the linear acceleration "  $a_M$  " of the piston are obtained through relations (1), (3), (4), (5) [23].

$$X_M = r \cdot \left[ 1 - \cos(\varphi) + \frac{\lambda}{2} \sin^2(\varphi) \right] \quad (1) \quad \lambda = \frac{r}{L_b} \quad (2) \quad X_{Mo} = L_b + r - X_M \quad (3)$$

$$V_M = r \cdot \omega \cdot \left[ \sin(\varphi) + \frac{\lambda}{2} \sin(2 \cdot \varphi) \right] \quad (4) \quad a_M = r \cdot \omega^2 \cdot [\cos(\varphi) + \lambda \cos(2 \cdot \varphi)] \quad (5)$$

Viteza maximă se obține într-o poziție apropiată de cea în care biela și manivela sunt perpendiculare și se exprimă prin relația (6). Accelerările se anulează în punctele de viteză maximă ale pistonului. Accelerările sunt maxime pentru capetele de cursă:

- la punctul mort inferior „ $M_i$ ” (pentru  $\varphi = 0^\circ$ ), relația (7);
- punctul mort exterior „ $M_e$ ” (pentru  $\varphi = 180^\circ$ ), relația (8).

$$V_{M_{\max}} = r \cdot \omega \cdot \left( 1 + \frac{\lambda^2}{2} \right) \quad (6)$$

$$a_{M_{i \max}} = r \cdot \omega^2 \cdot (1 + \lambda) \quad (7) \quad a_{M_{e \max}} = -r \cdot \omega^2 \cdot (1 - \lambda) \quad (8)$$

Asupra elementelor mecanismului bielă-manivelă acționează forțe active produse de presiunea mediului de lucru din cilindru și forțe de inerție, datorate accelerării maselor în mișcare. Rezultanta acestor forțe  $P_{rez}$  acționează după direcția axei cilindrului și se poate descompune după direcția bielei  $P_b$  relația (9) și perpendicular pe axa cilindrului  $P_n$  relația (10). Forța din bielă  $P_b$  se descompune, în butonul manivelei, după direcția manivelei  $P_t$  relația (11) și perpendicular pe aceasta  $P_r$  relația (12). Momentul la arborele manivelei  $M$  este dat de relația (13).

The maximal velocity is obtained for a position where the crank and the driving rod are perpendicular and can be calculated by relation (6). The accelerations are zero for the point of maximum piston velocity. The accelerations are maximal for the two end stroke points:

- the interior point „ $M_i$ ” (for  $\varphi = 0^\circ$ ) calculated by relation (7);
- the exterior point „ $M_e$ ” (for  $\varphi = 180^\circ$ ) calculated by relation (8).

The crank mechanism is loaded with active forces produced by the pressure of the cylinder and inertial forces due to acceleration of the masses in motion. The resultant of these forces  $P_{rez}$  acts upon the cylinder axis and can be decomposed according to the driving rod direction  $P_b$ , relation (9) and perpendicular to the cylinder axis  $P_n$ , relation (10). The force of the driving rod  $P_b$  can be decomposed, in the crank knob, according to the crank direction  $P_t$ , relation (11) and perpendicular to this direction  $P_r$ , relation (12). The rotary moment of the crank shaft  $M$  is given by relation (13).

$$P_b = \frac{P_{rez}}{\cos(\psi)} \quad (9)$$

$$P_n = P_{rez} \cdot \tan(\psi) \quad (10)$$

$$P_t = P_b \cdot \sin(\varphi + \psi) = \frac{P_{rez}}{\cos(\psi)} \cdot \sin(\varphi + \psi) \quad (11)$$

$$P_r = P_b \cdot \cos(\varphi + \psi) = \frac{P_{rez}}{\cos(\psi)} \cdot \cos(\varphi + \psi) \quad (12)$$

$$M = P_t \cdot r = \frac{P_{rez}}{\cos(\psi)} \cdot r \cdot \sin(\varphi + \psi) \quad (13)$$

## 17.2 Etape ale aplicării

- Creare fișier;
- Creare geometrie piese;
- Creare ansamblu mecanism;
- Activare modul SolidWorks Motion;
- Creare și specificare opțiuni studiu;
- Specificare motor rotativ de actionare;
- Aplicare forță;
- Calcul studiu;
- Comparație rezultate simulare cu valori teoretice.

## 17.2 Stages of application

- Creation of the file;
- Creation of the parts geometry;
- Creation of the assembly mechanism;
- Activation of the SolidWorks Motion module;
- Creation and specification of the study's options;
- Specify Rotary Motor;
- Specify Force;
- Running the design study;
- Simulation and theoretical results comparison.

## 17.3 Geometria mecanismului

Geometria mecanismului bielă-manivelă este prezentată în fig. 3.12 și fig. 17.3. Ansamblul este compus din 6 componente interconectate. Suportul și cilindrul constituie piesele fixe, iar manivela, biela, pistonul și bolțurile sunt piesele mobile. Lungimea manivelei este  $r = 35$  mm, iar lungimea bielei  $L_b = 75$  mm. Ambele piese au lățimea de 10 mm și grosimea de 5 mm. Diametrul bolțurilor este de 4 mm. Cursa mecanismului este  $c = 70$  mm.

## 17.3 The mechanism geometry

The crank mechanism geometry is presented in fig. 17.2 and fig. 17.3. The assembly is composed of 6 connected components. The support and the cylinder components are fixed, and the crank, the driving rod, the piston and the bolts are mobile. The crank and driving rod length are  $r = 35$  mm and  $L_b = 75$  mm. Both parts have a 10 mm width and a 5 mm thickness. The pins diameter is 4 mm. The mechanism stroke is  $c = 70$  mm.

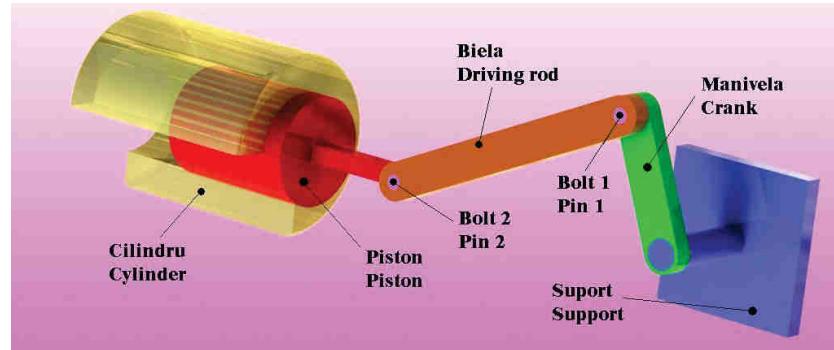


Fig. 17.2

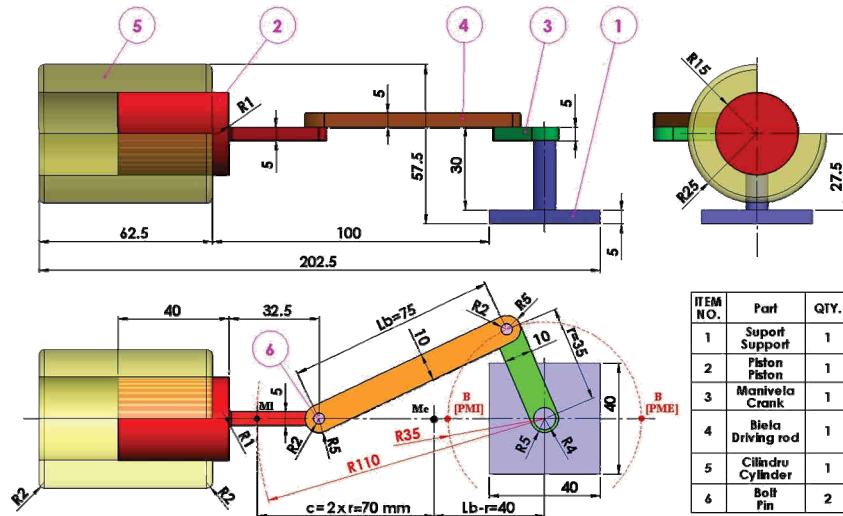


Fig. 17.3

#### 17.4 Modelare suport

Suportul, fig. 17.4, are o bază paralelipipedică 40x40x5, peste care se suprapune cilindrul  $\phi 8 \times 30$ , centrat pe fața suportului. Se va crea un nou “part” document, salvat sub numele de **Suport**.

#### 17.4 The support geometry

The support, fig. 17.4, has a box base 40x40x5, over which the  $\phi 8 \times 30$  cylinder is overlaped, centered on the support face. Create a new part document and save it as **Suport**.

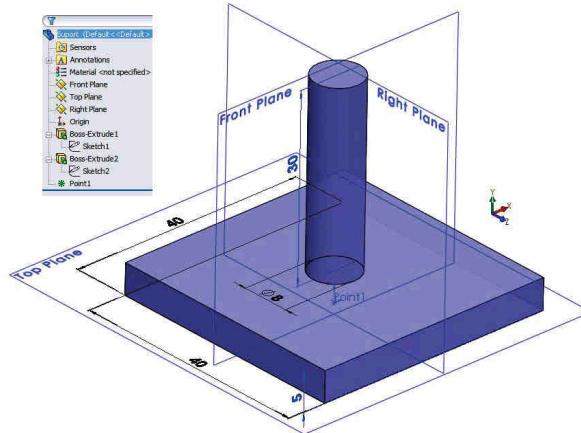


Fig. 17.4

#### 17.4.1 Crearea unei schițe

Se va desena pătratul 40x40 din fig. 17.5 în planul **Top**, centrat în origine.

#### 17.4.1 Creation of a new sketch

The 40x40 rectangle from fig. 17.5 is drawn in **Top** plane, centered in the origin point.

#### 17.4.2 Extrudare pătrat

Pătratul 40x40 va fi extrudat pe distanță de 5 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta pătratul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **5** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

#### 17.4.2 Extrusion of the rectangle

The 40x40 rectangle is extruded on a distance of 5 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the rectangle; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **5**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

#### 17.4.3 Crearea unei schițe

Se va desena cercul  $\phi 8$  din fig. 17.6 în planul superior al paralelipipedului.

#### 17.4.3 Creation of a new sketch

The  $\phi 8$  circle from fig. 17.6 is drawn in upper face of the box.

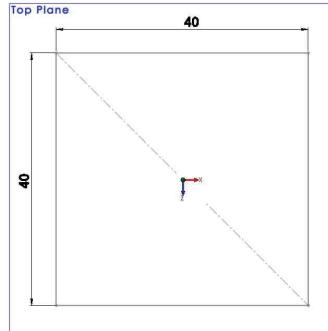


Fig. 17.5

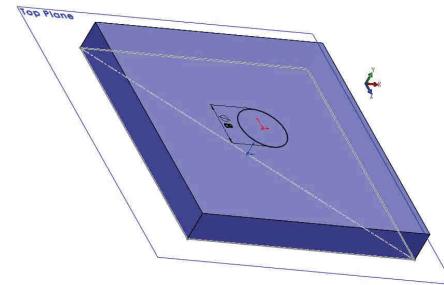


Fig. 17.6

#### 17.4.4 Extrudare cerc

Cercul  $\phi 8$  va fi extrudat pe distanță de 30 mm, fig. 17.7.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **30** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

#### 17.4.4 Extrudation of the circle

The  $\phi 8$  circle is extruded on a distance of 30 mm, fig. 17.7.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the circle.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition.**
  - Set **Depth** to **30**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

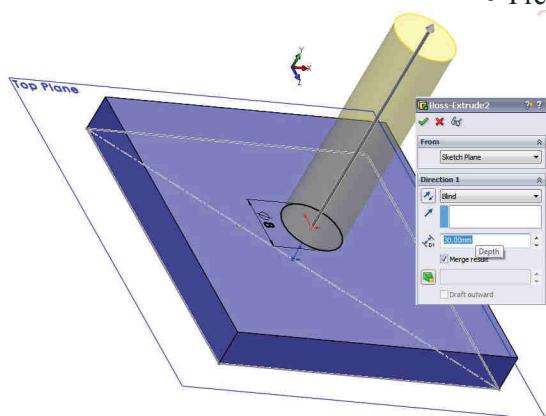


Fig. 17.7

## 17.5 Modelare manivelă

Manivela, fig. 17.8, are o formă eliptică  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$ , extrudată pe distanță de 5 mm. Se va crea un nou "part" document și se va salva sub numele de **Manivela**.

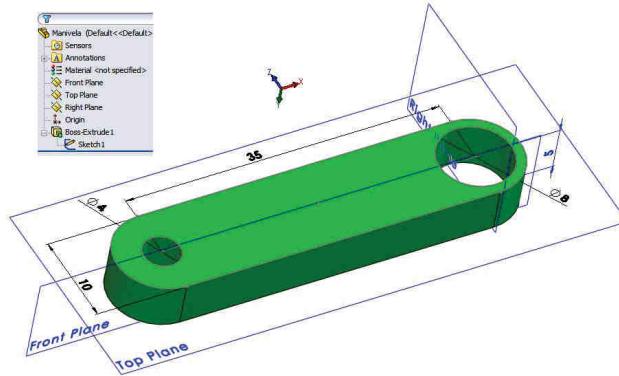


Fig. 17.8

## 17.5 The crank geometry

The crank, fig. 17.8, has an elliptical shape  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$ , extruded on a 5 mm distance. Create a new part document and save it as **Manivela**.

**17.5.1 Crearea unei schițe**  
Se va desena conturul  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$  din fig. 17.9 în planul **Top**.

### 17.5.1 Creation of a new sketch

The  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$  profile from fig. 17.9 is drawn in **Top** plane.

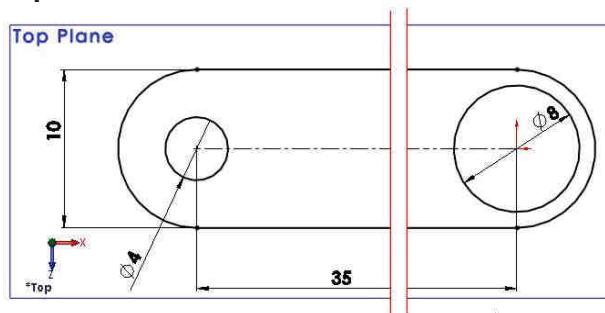


Fig. 17.9

**17.5.2 Extrudare contur**  
Conturul va fi extrudat pe distanță de 5 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta conturul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1**: 1 se va completa:

### 17.5.2 Extrusion of the profile

The profile is extruded on a distance of 5 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the profile; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:

- **Blind în End Condition.**
- Valoarea **5** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Select **Blind** in **End Condition**.
- Set **Depth** to **5**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to Fit the view.

## 17.6 Modelare bielă

Biela, fig. 17.10, are o formă eliptică  $75 \times 10 \times \phi 4 \times \phi 4$ , extrudată pe distanță de 5 mm. Se va crea un nou “part” document și se va salva sub numele de **Biela**.

The driving rod, fig. 17.10, has an elliptical shape  $75 \times 10 \times \phi 4 \times \phi 4$ , extruded on a 5 mm distance. Create a new part document and save it as **Biela**.

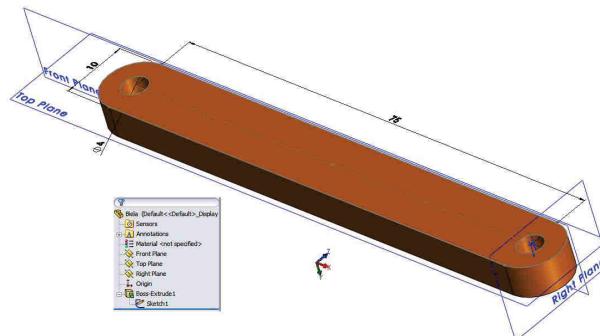


Fig. 17.10

### 17.6.1 Crearea unei schițe

Se va desena conturul  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$  din fig. 17.11 în planul **Top**.

### 17.6.1 Creation of a new sketch

The  $35 \times 10 \times \phi 8 \times \phi 4$  profile from fig. 17.11 is drawn in **Top** plane.

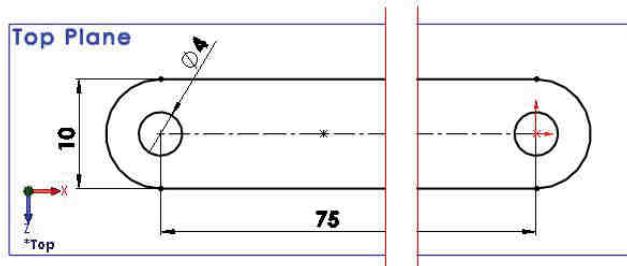


Fig. 17.11

### 17.6.2 Extrudare contur

Conturul va fi extrudat pe distanță de 5 mm.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta conturul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind în End Condition.**
  - Valoarea **5** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în FeatureManager va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

### 17.6.2 Extrusion of the profile

The profile will be extruded on a 5 mm distance.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the profile; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **5**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the FeatureManager design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

## 17.7 Modelare bolt

Bolțul, fig. 17.12, este un cilindru  $\phi 4 \times 10$ . Se va crea un nou “part” document și se va salva sub numele de **Bolt**.

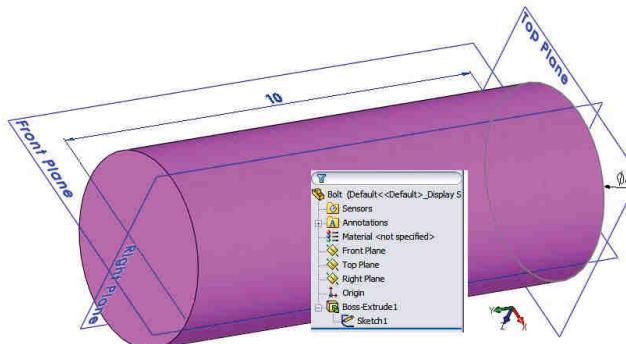


Fig. 17.12

## 17.7 The pin geometry

The pin, fig. 17.12, has an cylindrical shape  $\phi 4 \times 10$ . Create a new part document and save it as **Bolt**.

### 17.7.1 Crearea unei schițe

Se va desena cercul  $\phi 4$  din fig. 17.13 în planul **Top**.

### 17.7.2 Extrudare cerc

Conturul va fi extrudat pe distanță de 10 mm.

### 17.7.1 Creation of a new sketch

The  $\phi 4$  circle from fig. 17.13 is drawn in **Top** plane.

### 17.7.2 Extrusion of the circle

The profile is extruded on a distance of 10 mm.

- Click **Extruded Boss/Base**  (Features toolbar).
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **10** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Click  (Features toolbar).
- Select the circle; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth**  to **10**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit the view**.

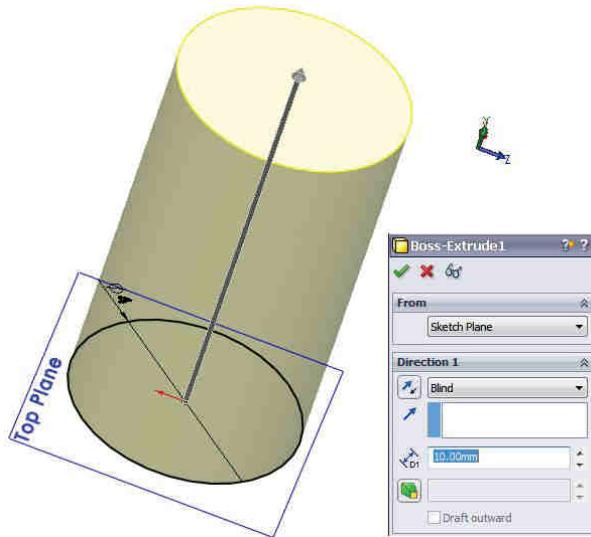


Fig. 17.13

## 17.8 Modelare piston

Pistonul, fig. 17.14, are o formă cilindrică  $\phi 30 \times 40$ , combinată cu un paralelipiped  $5 \times 5 \times 35$ . Se va crea un nou “part” document și se va salva sub numele de **Piston**.

### 17.8.1 Crearea unei schițe

Se va desena cercul  $\phi 30$  din fig. 17.15 în planul **Top**.

## 17.8 The piston geometry

The piston, fig. 17.14, is a union between the  $\phi 30 \times 40$  cylinder and the  $5 \times 5 \times 35$  box. Create a new part document and save it as **Piston**.

### 17.8.1 Creation of a new sketch

The  $\phi 30$  circle from fig. 17.15 is drawn in **Top** plane.

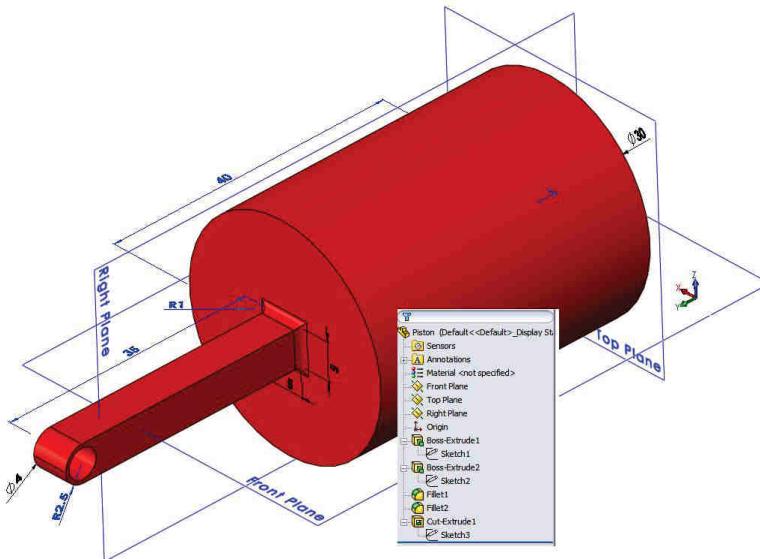


Fig. 17.14

### 17.8.2 Extrudare cerc

Conturul va fi extrudat pe distanță de 40 mm, fig. 17.15.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- În caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **40** în **Depth**.
- Click **✓**; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

### 17.8.3 Crearea unei schițe

Pe fața cilindrului anterior creat, se va schița pătratul 5x5 din fig. 17.16 în planul **Top**.

### 17.8.2 Extrusion of the circle

The profile is extruded on a distance of 40 mm, fig. 17.15.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the circle; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **40**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

### 17.8.3 Creation of a new sketch

On the previous cylinder face, the 5x5 square from fig. 17.16 is drawn in **Top** plane.

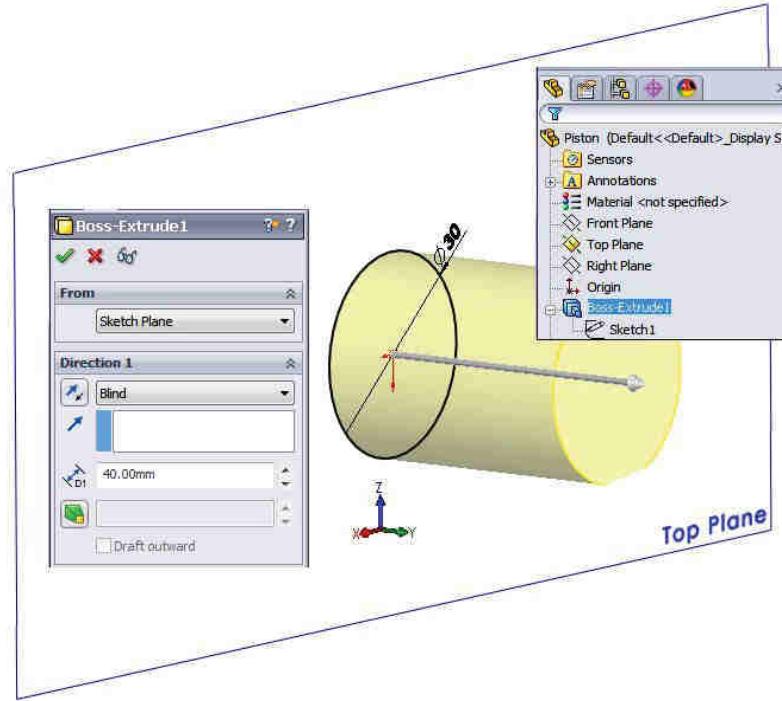


Fig. 17.15

#### 17.8.4 Extrudare pătrat

Conturul va fi extrudat pe distanță de 35 mm, fig. 17.16.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta pătratul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **35** în **Depth** .
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Boss-Extrude2**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.

#### 17.8.4 Extrusion of the square

The profile is extruded on a 35 mm distance, fig. 17.16.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the square; a preview of the extrusion appears in the graphics area.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **35**.
- Click ; the new feature, **Boss-Extrude2**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.
- Press **F** to **Fit** the view.

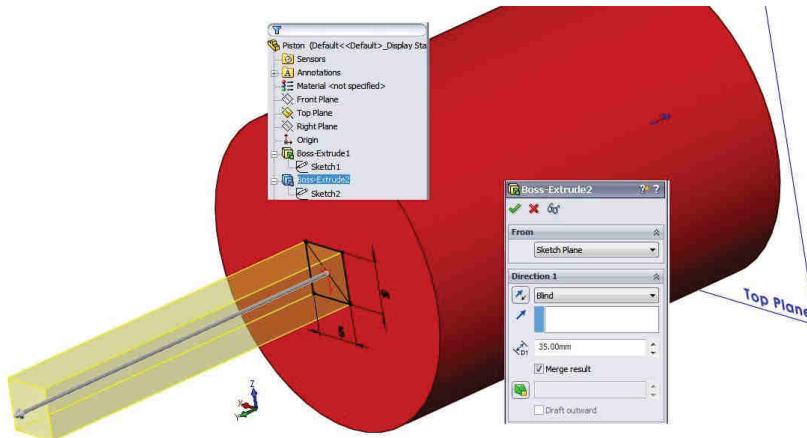


Fig. 17.16

### 17.8.5 Creare racordări R2.5 și R1

Asupra entității **Boss-Extrude2** se vor aplica două racordări cu razele R2.5 respectiv R1, fig. 17.17.

- Click **Fillet** (Features toolbar) sau din meniul principal se va selecta **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Selectie opțiuni **Manual** și **Constant radius**.
- Specificare valoare rază de racordare 2.5 în câmpul
- Selectie două muchii din fig. 17.17.
- Click

Procedura se va repeta și pentru cele patru muchii de rază R1, fig. 17.17.

### 17.8.6 Crearea unei schițe

Se va desena cercul φ4 din fig. 17.18 pe fața entității **Boss-Extrude2**.

### 17.8.3 Creation of the R2.5 and R1 fillets

Two fillets with R2.5 and R1 radius will be applied to the **Boss-Extrude2** feature, fig. 17.17.

- Click **Fillet** on the Features toolbar or click **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Select **Manual** and **Constant radius** options.
- Specify a radius value of 2.5 in the radius field
- Select the two edges from fig. 17.17.
- Click

Repeat the procedure to the R1 fillet, applied to the four edges from fig. 17.17.

### 17.8.6 Creation of a new sketch

The φ4 circle from fig. 17.15 is drawn on **Boss-Extrude2** face.

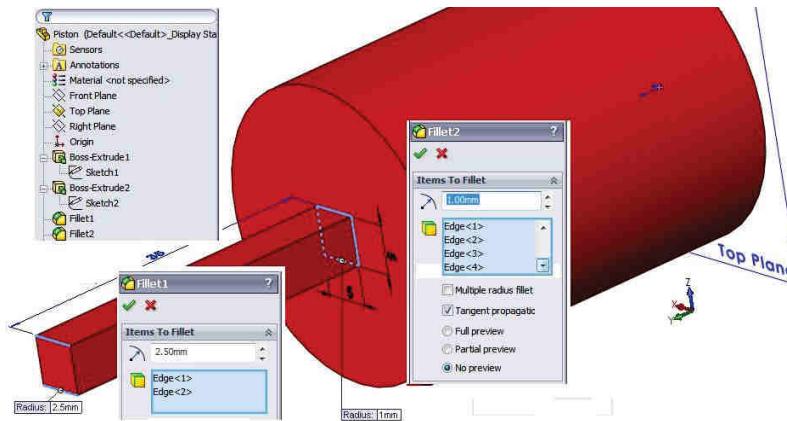


Fig. 17.17

### 17.8.7 Extrudare cerc

Cercul  $\phi 4$  va fi extrudat cu eliminare de material, fig. 17.18.

- Click **Extruded Cut** (Features toolbar).
- Se va selecta cercul generând în zona grafică o previzualizare a extruziunii.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Through All** în **End Condition**.
- Click ; în zona grafică și în **FeatureManager** va apărea o nouă entitate **Cut-Extrude1**.

### 17.8.7 Extrusion of the circle

The  $\phi 4$  circle will be cut extruded throughout the body, fig. 17.18.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the circle.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Through All** in **End Condition**.
- Click ; the new feature, **Cut-Extrude1**, appears in the **FeatureManager** design tree and in the graphics area.

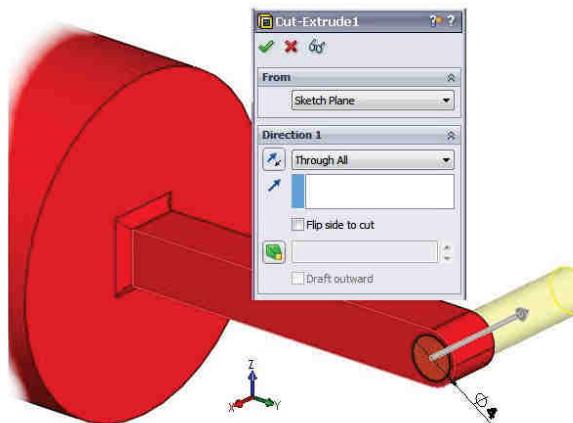


Fig. 17.18

## 17.9 Modelare cilindru

Dimensiunile cilindrului, fig. 17.19, sunt  $\phi 50 \times \phi 30 \times 62.5 \times R2$ . Se va crea un nou “part” document și se va salva sub numele de **Cilindru**.

## 17.9 The cylinder geometry

The cylinder dimensions, fig. 17.19, are  $\phi 50 \times \phi 30 \times 62.5 \times R2$ . Create a new part document and save it as **Cilindru**.

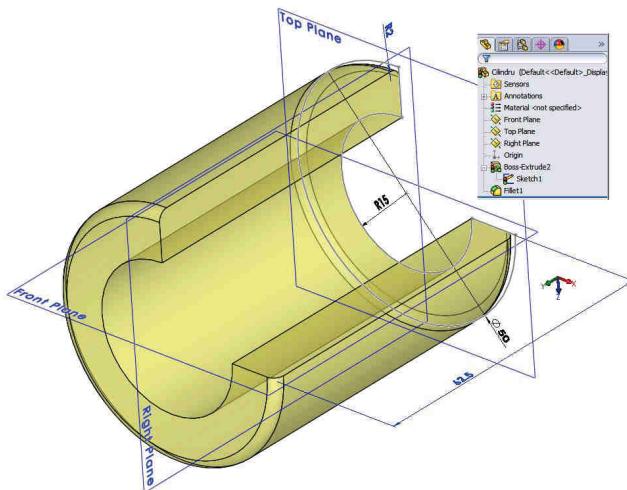


Fig. 17.19

### 17.9.1 Crearea unei schițe

Se va desena conturul  $\phi 50 \times R15$  din fig. 17.20 în planul Top.

### 17.9.1 Creation of a new sketch

The  $\phi 50 \times R15$  profile from fig. 17.20 is drawn in **Top** plane.

### 17.9.2 Extrudare contur

Conturul va fi extrudat pe distanță de 62.5 mm, fig. 17.20.

- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Se va selecta conturul.
- In caseta **Boss-Extrude** PropertyManager, sub zona **Direction 1** se va completa:
  - **Blind** în **End Condition**.
  - Valoarea **62.5** în **Depth**.
- Click **✓**; se va crea o nouă entitate **Boss-Extrude1**.
- Se va apăsa tasta **F** pentru încadrare geometrie în zona grafică.
- Click **Extruded Boss/Base** (Features toolbar).
- Select the profile.
- In the PropertyManager, under **Direction 1**:
  - Select **Blind** in **End Condition**.
  - Set **Depth** to **62.5**.
- Click **✓**; the new feature, **Boss-Extrude1** will be created.
- Press **F** to Fit the view.

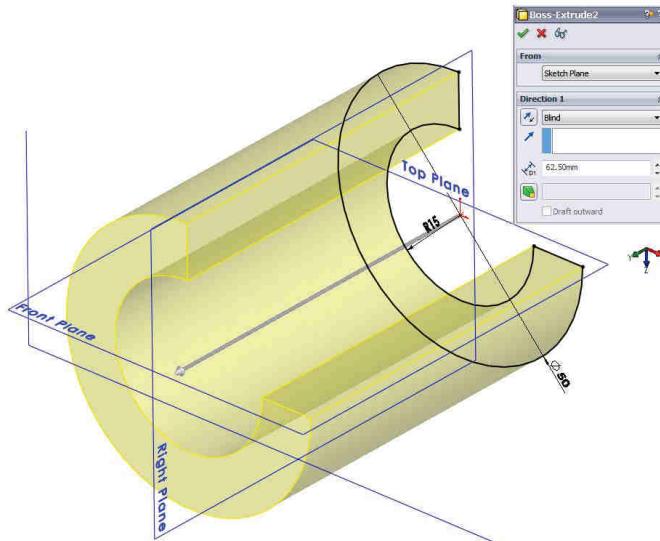


Fig. 17.20

### 17.9.3 Creare racordări R2

Asupra entității **Boss-Extrude1** se vor aplica două racordări cu razele R2, fig. 17.19.

- Click **Fillet** (Features toolbar) sau din meniul principal se va selecta **Insert → Features → Fillet/Round**.
- Selectie opțiuni **Manual** și **Constant radius**.
- Specificare valoare rază de racordare 2 în câmpul
- Selectie două muchii din fig. 17.19.
- Click

### 17.9.3 Creation of the R2 fillets

The fillet with the R2 radius is applied at the two edges of the **Boss-Extrude1** feature, fig. 17.19.

- Click **Fillet** (Features toolbar or click **Insert → Features → Fillet/Round**).
- Select **Manual** and **Constant radius** options.
- Specify the radius value 2 in the radius field
- Select the two edges from fig. 17.19.
- Click

## 17.10 Creare ansamblu mecanism

Se va crea un nou “assembly” document, salvat sub numele de **Ansamblu**. După inserarea componentelor în ansamblu, se vor aplica constrângeri între acestea.

## 17.10 Creation of the assembly mechanism

Create a new assembly document and save it as **Ansamblu**. First step requires the user to insert the parts into the assembly and then to apply constraints between them.

### 17.10.1 Inserare componente

- Click **Insert Components** (Assembly toolbar) sau selecție din meniul principal **Insert** → **Component** → **Existing Part/Assembly**.
- Selectie nume componentă sau subansamblu din lista **Part/Assembly to Insert** sau click pe butonul **Browse** pentru a accesa un document.
- Click în zona grafică pentru plasarea componentei selectate sau click ✓ pentru plasarea acesteia astfel ca originea ei să coincidă cu originea ansamblului.

Componenta **Suport** va fi inserată astfel ca originea acesteia să coincidă cu originea ansamblului. Prin definiție prima piesă inserată în ansamblu este fixată, iar numele acesteia este precedat de (f) în arborele FeatureManager.

Restul componentelor: **Manivelă**, **Bielă**, **Bolt**, **Piston**, **Cilindru** vor fi plasate în ansamblu fără această restricție. Componenta **Bolt** va fi inserată de două ori, instanțele primind numele de **Bolt1** respectiv **Bolt2**, fig. 17.21.

### 17.10.1 Insert components

- Click **Insert Components** (Assembly toolbar) or **Insert** → **Component** → **Existing Part/Assembly**.
- Select a part or assembly from the **Part/Assembly to Insert** list, or click **Browse** to open an existing document.
- Click in the graphics area to place the component, or click ✓ to place the component origin coincident with the assembly origin.

Only the **Suport** component is placed so that's its origin is coincident with the assembly origin.

By default, the first part in an assembly is fixed and has a (f) before its name in the FeatureManager design tree.

The other components: **Manivelă**, **Bielă**, **Bolt**, **Piston**, **Cilindru** will be placed without this restriction. The **Bolt** part will be inserted twice, receiving the name **Bolt1** and **Bolt2**, fig. 17.21.

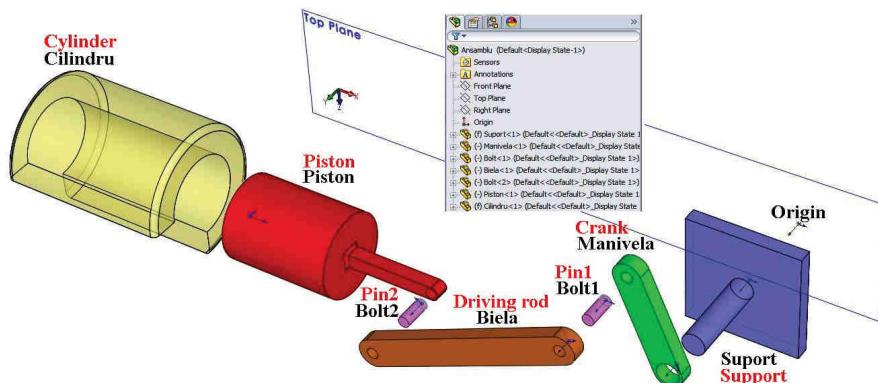


Fig. 17.21

### 17.10.2 Aplicare constrângeri

Pentru a poziționa piesa **Cilindru** în raport cu piesa fixă **Suport**, între acestea se vor aplica următoarele constrângeri:

- **Distance1** (100 mm), fig. 17.22;
- **Distance2** (20mm), fig. 17.23;
- **Parallel2**, fig. 17.24.

Piesa **Cilindru** se va fixa prin:

- Click dreapta pe piesă în zona grafică sau pe numele acesteia în arborele FeatureManager.
- Selectie opțiune **Fix**.
- În lista **Mates** din arborele FeatureManager numele celor trei constrângeri va fi afișat estompat, deoarece se aplică între două componente fixate.

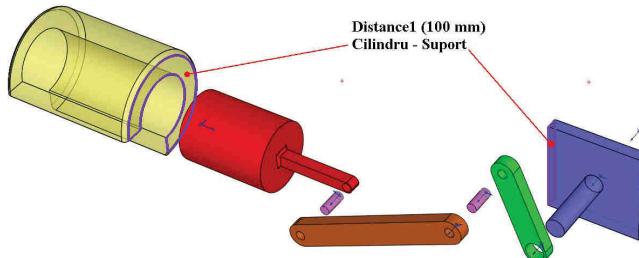


Fig. 17.22

Pentru a crea o constrângere de tip **Distance**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selectie fețe între care se va specifica distanța.
- Selectie constrângere **Distance** .
- Specificare valoare distanță.
- Click .

### 17.10.2 Adding the mating relationships

To position the **Cilindru** part from the fixed **Suport** part, the following mates will be applied:

- **Distance1** (100 mm), fig. 17.22;
- **Distance2** (20mm), fig. 17.23;
- **Parallel2**, fig. 17.24.

The **Cilindru** part will be fixed:

- Right-click the **Cilindru** component in the graphics area.
- Select **Fix**.
- The previous three mates are displayed in the **Mates** FeatureManager's list, because they are applied between two fixed parts.

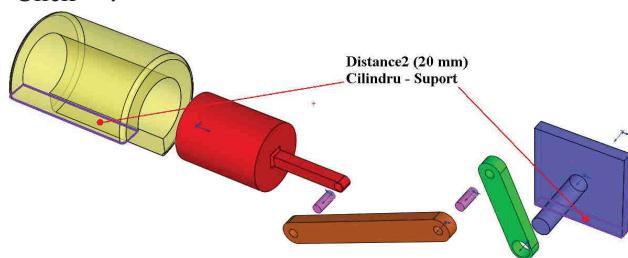


Fig. 17.23

To create **Distance** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select the faces between the distance will be imposed.
- Select **Distance** Mate.
- Input the distance.
- Click .

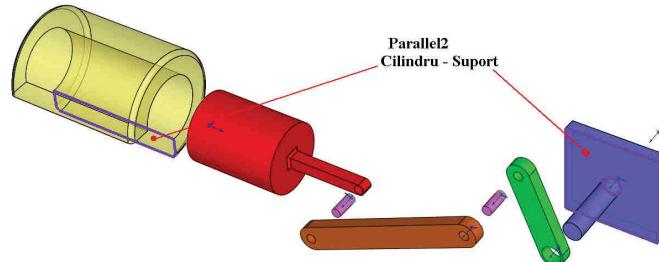


Fig. 17.24

Pentru a crea o constrângere de tip **Parallel**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selecție fețe între care se va impune constrângere de paralelism.
- Selecție constrângere **Parallel** .
- Click .

Pentru a crea o constrângere de tip **Concentric**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selecție fețe cilindrice între care se va impune constrângerea de concentricitate.
- Selecție constrângere **Concentric** .
- Click .

Pentru a crea o constrângere de tip **Coincident**:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) sau din meniu **Insert → Mate**.
- Selecție fețe cilindrice între care se va impune constrângerea de coincidență.
- Selecție constrângere **Coincident** .
- Click .

To create the **Parallel** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select the faces between the parallelism where the mate will be imposed.
- Select **Parallel** Mate.
- Click .

To create the **Concentric** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select the cylindrical faces between the concentric where the mate will be applied.
- Select **Concentric** Mate.
- Click .

To create the **Coincident** mate:

- Click **Mate** (Assembly toolbar) or click **Insert → Mate**.
- Select the cylindrical faces between the coincident where the mate will be applied.
- Select **Coincident** Mate.
- Click .

Între restul componentelor se vor aplica următoarele constrângeri:

Concentric1	Suport	Manivelă	Fig. 17.25
Coincident5	Suport	Manivelă	Fig. 17.26
Concentric2	Manivelă	Bolt1	Fig. 17.27
Coincident6	Manivelă	Bolt1	Fig. 17.28
Concentric3	Biela	Bolt1	Fig. 17.29
Coincident7	Biela	Bolt1	Fig. 17.30
Concentric4	Biela	Bolt2	Fig. 17.31
Coincident8	Biela	Bolt2	Fig. 17.32
Concentric5	Piston	Bolt2	Fig. 17.33
Coincident9	Piston	Biela	Fig. 17.34
Concentric6	Piston	Cilindru	Fig. 17.35

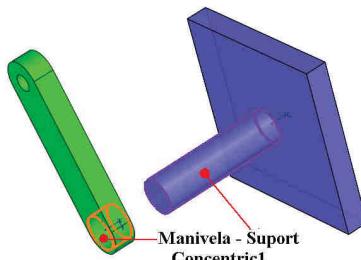


Fig. 17.25

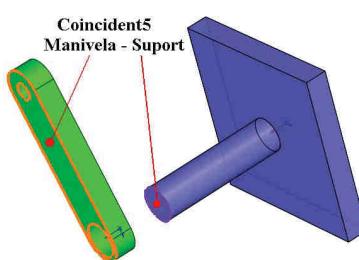


Fig. 17.26

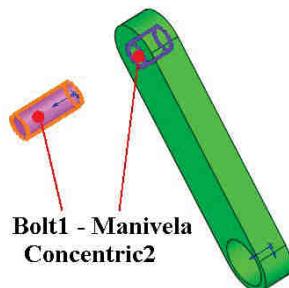


Fig. 17.27

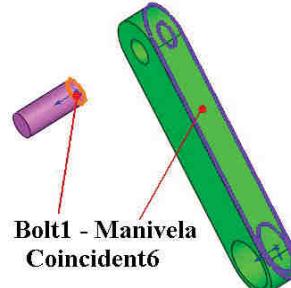


Fig. 17.28

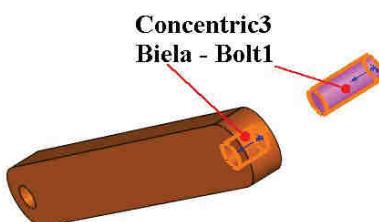


Fig. 17.29

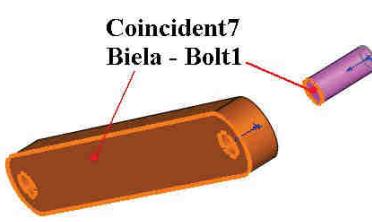


Fig. 17.30

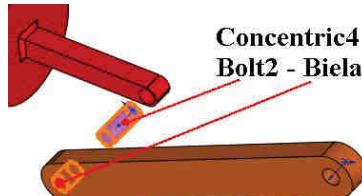


Fig. 17.31

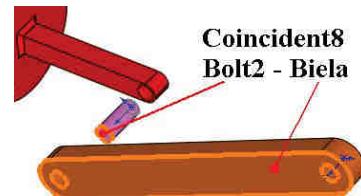


Fig. 17.32

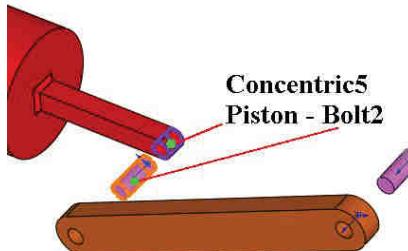


Fig. 17.33

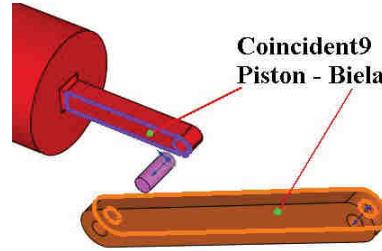


Fig. 17.34

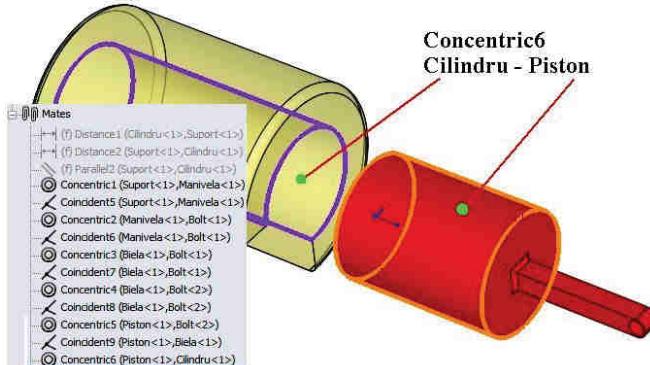


Fig. 17.35

### 17.11 Activare modul SolidWorks Motion

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Selectie modul SolidWorks Motion.

### 17.12 Creare și specificare opțiuni studiu

- Studiul poate fi accesat din zona **Motion Study** din zona inferioară a ferestrei SolidWorks, fig. 17.37.

### 17.11 Activation of the SolidWorks Motion module

- Click **Tools** → **Add-Ins**.
- Select SolidWorks Motion module.

### 17.12 Creation and specification of the study's options

- A motion study can be accessed from a **Motion Study** tab at the lower portion of the graphics area, fig. 17.37.

Dacă zona **Motion Study** nu este vizibilă, ea se poate afișa din meniul principal **View** → **MotionManager**.

Verificați selecția opțiunii **Motion Analysis** în lista **Type of Study** din zona **Motion Study**.

Pentru a specifica proprietățile studiului, fig. 17.36:

- Click **Properties** (trusa de instrumente MotionManager).
  - Specificare valoare 25 în câmpul **Frames per second**.
  - Activare opțiune **Animate during simulation**.
  - Activare opțiune **Show all Motion Analysis messages**.
- Click pe butonul **Advanced Options** din zona **Motion Analysis**.
  - Selectie solver GSTIFF.
  - Click **OK**.
- Click ✓.

If the **Motion Study** tab is not visible, it can be displayed from main menu **View** → **MotionManager**.

Verify that the **Motion Analysis** is selected as the **Type of Study** in the MotionManager tab.

To specify the study's options, fig. 17.36:

- Click **Properties** (MotionManager toolbar).
  - Specify 25 value in **Frames per second** field.
  - Activate **Animate during simulation** option.
  - Activate **Show all Motion Analysis messages** option.
- Under **Motion Analysis**, click **Advanced Options**.
  - Select GSTIFF solver.
  - Click **OK**.
- Click ✓.

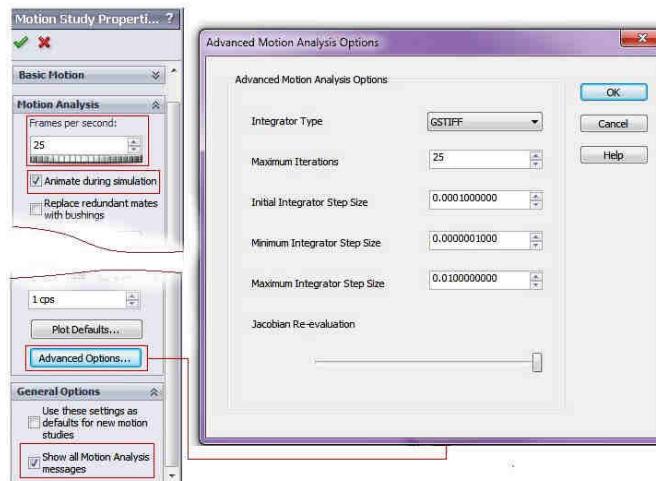


Fig. 17.36

Pentru a specifica poziția inițială și durata studiului:

- Poziționare mecanism ca în fig. 17.37.

To specify the initial position and the study's time, fig. 17.37:

- Position the mechanism like fig. 17.37.

- Click dreapta pe icoana și selectie **Edit Key Point Time**.
- Selectie **Exact Time** și introducere durata exactă a studiului: 1 secundă.
- Click .
- Dacă este necesar, linia timpului se poate scala din colțul dreapta jos a zonei MotionManager prin click pe icoana **Zoom to Fit** .
- Right-click the final key point and click **Edit Key Point Time**.
- Select **Exact Time** to enter the exact key point time: 1 sec.
- Click .
- From the lower right corner of the MotionManager, click **Zoom to Fit** to rescale the timeline view.

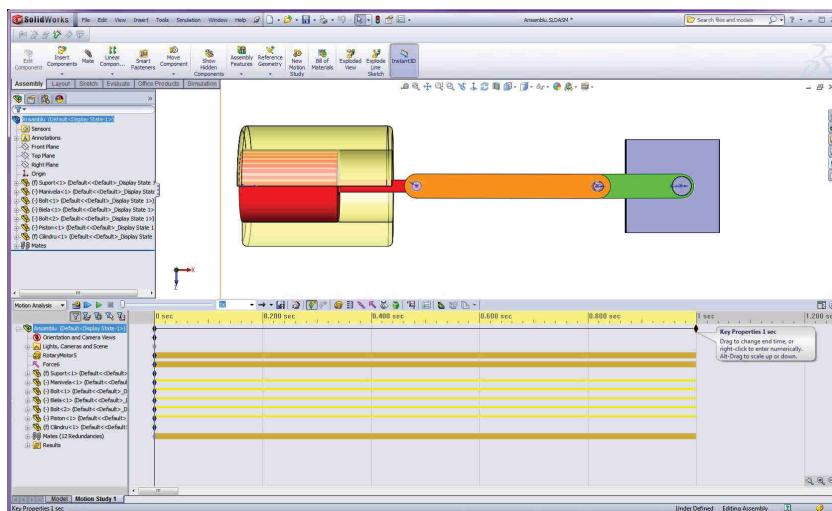


Fig. 17.37

### 17.13 Specificare motor rotativ de acționare

- Click **Motor** pentru a crea un motor rotativ de acționare.
- Selectie fața manivelă din fig. 17.38.
- Selectie **Constant Speed** din lista **Motor Type**.
- Specificare turatie 60 rpm în câmpul **Constant speed motor**.
- Click .
- În arborele MotionManager va apărea intrarea **RotaryMotor**.

### 17.13 Specify Rotary Motor

- Click **Motor** to create a new rotary motor.
- Select the face of the crank, fig. 17.38.
- Select **Constant speed** from **Motor Type** list.
- Specify a value of 60 in the **Constant speed motor** field.
- Click .
- The **Rotary Motor** branch will be created in the MotionManager design tree.

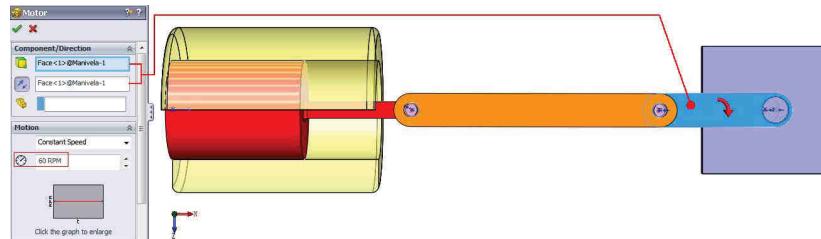


Fig. 17.38

### 17.14 Aplicare forță

- Click **Force** pentru a crea și aplica o forță.
- Selecție față piston din fig. 17.39.
- Selecție **Constant** din lista **Force Function**.
- Specificare valoare 100 N în câmpul **Constant value F1**.
- Click .
- În arborele MotionManager va apărea intrarea **Force**.

### 17.14 Specify Force

- Click **Force** to create and apply a force.
- Select the face of the piston, fig. 17.39.
- Select **Constant** from **Force Function** list.
- Specify a value of 100 N in the **Constant value F1** field.
- Click .
- The **Force** branch will be created in the MotionManager design tree.

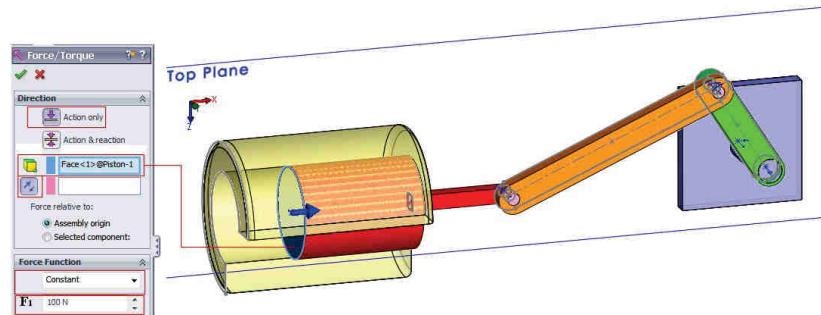


Fig. 17.39

### 17.15 Calcul studiu

- Click **Calculate** pentru a calcula studiul.

În timpul calculului vor fi afișate mesaje specifice în fereastra **Motion Analysis Messages**, iar la sfârșit vor fi disponibile următoarele opțiuni:

### 17.15 Running design study

- Click **Calculate** to run the study.

During computing period, the **Motion Analysis Messages** window will display specific informations; at the end of the computing period, the following options will be available:

- butonul - pentru afișarea animației mișcării începând din punctul de start;
  - butonul - pentru afișarea animației mișcării începând din punctul current;
  - butonul - pentru oprirea derulării animației;
  - cursorul - pentru poziționarea animației în punctul current;
  - lista - pentru selecția vitezei de derulare a animației;
  - lista - pentru selecția modului de redare a animației: **Normal** (redare cu viteză normală), **Loop** (redare continuă), **Reciprocate** (redare continuă înainte-înapoi);
  - butonul - pentru salvarea animației într-un fișier **avi** sau de alt tip;
  - butonul - pentru inserarea la poziția curentă a rotației unei vederi sau explozia/implozia ansamblului.
- the button – to play the animation starting from the beginning;
  - the button – to play the animation starting from the current point;
  - the button – to stop the animation;
  - the slider – to set the animation into a current point;
  - the list – to select the speed of the animation;
  - the list – to select the type of animation: **Normal** (displays the animation at normal speed), **Loop** (displays the animation in a continuous loop), **Reciprocate** (displays the animation forward and in the reverse in a continuous loop);
  - the button – to save the animation as **avi** or other file type;
  - the button – to insert a view rotation or explode/collapse at the current time bar location.

### 17.16 Comparație rezultate simulare cu valori teoretice

- Click **Results and Plots** pentru a afișa variația curbei deplasării  $X_{M_0}$  funcție de timp, fig. 17.40.
- Curba va fi definită prin opțiunile:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration**;
  - **Linear Displacement**;
  - **X component**;
- Selecția fețelor laterale ale elementelor **Suport (Extrude2)** și **Bolt2 (Extrude1)** în câmpul **Simulation element**

### 17.16 Simulation and theoretical results comparison.

- Click **Results and Plots** to view the displacement curve  $X_{M_0}$  as a function of time, fig. 17.40.
- Define the plot by:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration**;
  - **Linear Displacement**;
  - **X component**;
- Select the face of the **Suport (Extrude2)** and **Bolt2 (Extrude1)** elements for **Simulation element**

selecția va impune trasarea curbei de variație a deplasării elementului **Bolt2** în raport cu cilindrul elementului **Suport**, plasat în originea sistemului de referință global.

the selection will define the **Bolt2** displacement relative to the cylinder of the **Support**, where the global origin point is positioned.

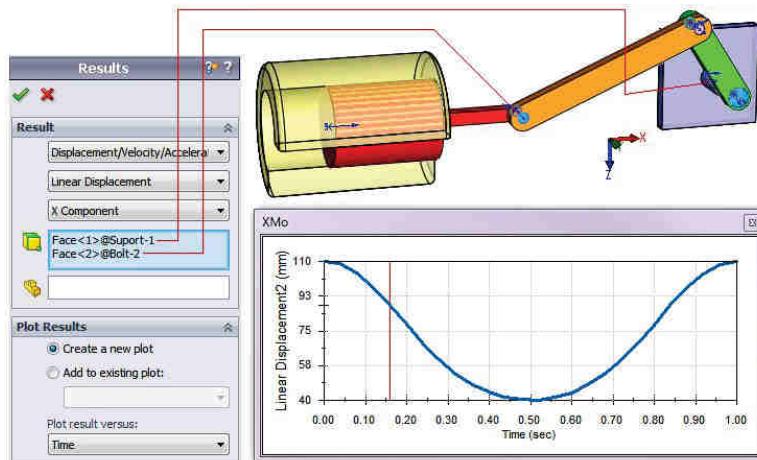


Fig. 17.40

Din fig. 17.40 se observă că deplasarea lineară se încadrează între limitele maximă/minimă:  $X_{Mi}=110$  mm respectiv  $X_{Me}=40$  mm, diferența între aceste limite fiind tocmai cursa  $c=70$  mm. Pentru turația impusă de 60 rpm a motorului rotativ, 1 secundă reprezintă o rotație completă a mecanismului. Punctul de start al acestui ciclu este deplasarea maximă  $X_{Mi}=110$  mm (punctul  $M_i$  fig. 17.1), la jumătatea acestuia se atinge deplasarea minimă  $X_{Me}=40$  mm (punctul  $M_e$  fig. 17.1), după care se revine în punctul  $M_i$ .

Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 1 și grafic în figura 17.42, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a deplasării lineare.

Fig. 17.40 shows the maximal/minimal linear displacement:  $X_{Mi}=110$  mm and  $X_{Me}=40$  mm, the difference between these values is the stroke  $c=70$  mm. For the rotary motor speed of 60 RPM, 1 second corresponds to a complete mechanism rotation. The start point of this cycle is the maximal displacement  $X_{Mi}=110$  mm (point  $M_i$  fig. 17.1); at a halfway distance the minimal displacement  $X_{Me}=40$  mm is obtained (point  $M_e$  fig. 17.1); finally the mechanism returns to point  $M_i$ .

The results are presented numerically in table 1 and graphically in fig. 17.42, where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical linear displacement curve.

- Click **Results and Plots**  pentru a afișa variația curbei vitezei lineare  $V_M$  funcție de timp, fig. 17.41.
- Curba va fi definită prin opțiunile:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration;**
  - **Linear Velocity;**
  - **X component;**
- Selecția feței laterale a elementului **Bolt2 (Extrude1)** în câmpul **Simulation element** ; selecția va impune trasarea curbei de variație a vitezei elementului **Bolt2** în raport cu sistemul de referință global.
- Click **Results and Plots**  to view the linear velocity curve  $V_M$  as a function of time, fig. 17.41.
- Define the plot by:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration;**
  - **Linear Velocity;**
  - **X component;**
- Select the face of the **Bolt2 (Extrude1)** element for **Simulation element** ; the selection will define the **Bolt2** velocity relative to the global coordinate system.

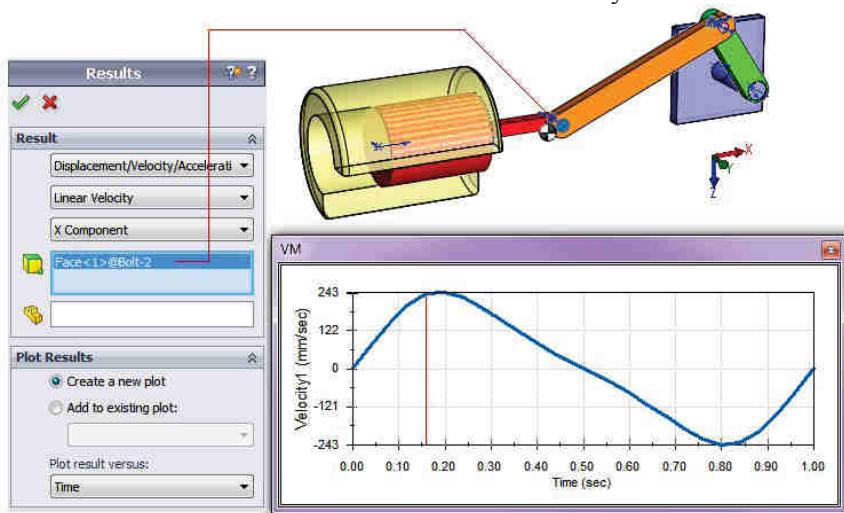


Fig. 17.41

 Din fig. 17.41 se observă că viteza se încadrează între limitele maximă/minimă: 243 mm/s respectiv -243 mm/s.

 Viteza de start și de final a ciclului de 1 secundă este 0 mm/s.

 Valoarea maximă a vitezei calculată prin rel. (6) este 243.86 mm/s.

 Fig. 17.41 show the maximal / minimal velocity values: 243 mm/sec and -243 mm/sec.

 The start and finally velocity value of the 1 second cycle is 0 mm/sec.

 The maximal velocity value calculated through rel. (6) is 243.86 mm/sec.



Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 1 și grafic în figura 17.42, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a vitezei lineare.



The results are presented numerically in table 1 and graphically in fig. 17.42, where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical linear velocity curve.

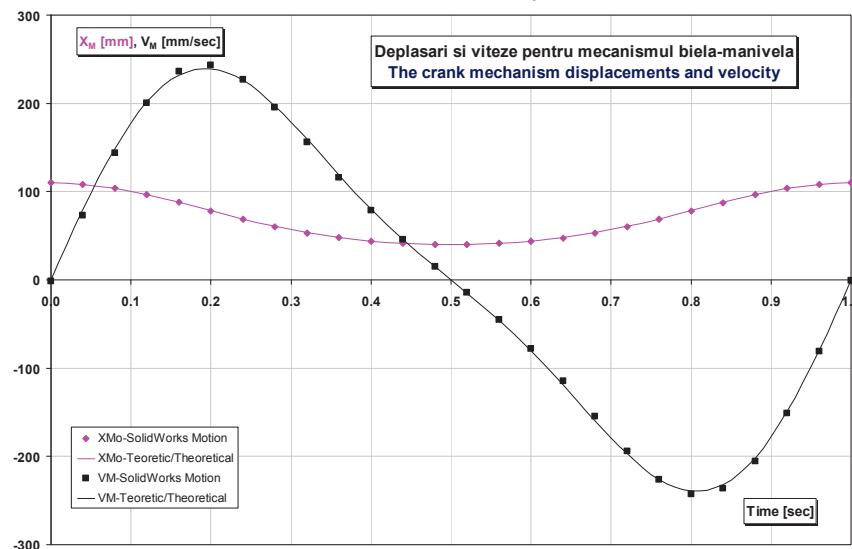


Fig. 17.42

- Click **Results and Plots** pentru a afișa variația curbei accelerării  $a_M$  ca funcție de timp, fig. 17.43.
- Curba va fi definită prin opțiunile:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration;**
  - **Linear Acceleration;**
  - **X component;**
- Selecția feței laterale a elementului **Bolt2** (**Extrude1**) în câmpul **Simulation element** ; selecția va impune trasarea curbei de variație a accelerării elementului **Bolt2** în raport cu sistemul de referință global.
- Click **Results and Plots** to view the acceleration curve  $a_M$  as a function of time, fig. 17.43.
- Define the plot by:
  - **Displacement/Velocity/Acceleration;**
  - **Linear Acceleration;**
  - **X component;**
- Select the face of the **Bolt2** (**Extrude1**) element for **Simulation element** ; the selection will define the **Bolt2** acceleration relative to the global coordinate system.

Tab. 1

Nr. crt.	SolidWorks Motion			Rezultate teoretice/Theoretical results			
	Time sec	X <sub>Mo</sub> mm	V <sub>M</sub> mm/sec	$\varphi =$ $Time \cdot 360^\circ$	X <sub>M</sub> Rel. (1)	X <sub>Mo</sub> Rel. (3)	V <sub>M</sub> Rel. (4)
				grd.	mm	mm	mm/sec
1	0.00	<b>110.00</b>	-1.09	0.000	0	<b>110.00</b>	0
2	0.04	108.44	72.91	14.400	1.60	108.40	79.41
3	0.08	103.83	144.15	28.800	6.22	103.78	149.27
4	0.12	96.69	200.23	43.200	13.31	96.69	201.75
5	0.16	87.81	236.35	57.600	22.07	87.93	232.11
6	0.20	78.15	<b>243.46</b>	72.000	31.57	78.43	<b>239.31</b>
7	0.24	68.69	227.08	86.400	40.94	69.06	225.91
8	0.28	60.20	195.26	100.800	49.44	60.56	197.13
9	0.32	53.17	155.91	115.200	56.59	53.41	159.44
10	0.36	47.74	115.95	129.600	62.16	47.84	119.04
11	0.40	43.85	78.98	144.000	66.14	43.86	80.46
12	0.44	41.37	45.72	158.400	68.65	41.35	45.83
13	0.48	<b>40.16</b>	15.18	172.800	69.85	<b>40.15</b>	14.80
14	0.52	<b>40.14</b>	-14.38	187.200	69.85	<b>40.15</b>	-14.80
15	0.56	41.32	-44.87	201.600	68.65	41.35	-45.83
16	0.60	43.77	-78.04	216.000	66.14	43.86	-80.46
17	0.64	47.61	-114.91	230.400	62.16	47.84	-119.04
18	0.68	53.00	-154.82	244.800	56.59	53.41	-159.44
19	0.72	59.99	-194.26	259.200	49.44	60.56	-197.13
20	0.76	68.44	-226.40	273.600	40.94	69.06	-225.91
21	0.80	77.89	<b>-242.73</b>	288.000	31.57	78.43	<b>-239.31</b>
22	0.84	87.56	-236.45	302.400	22.07	87.93	-232.11
23	0.88	96.47	-205.17	316.800	13.31	96.69	-201.75
24	0.92	103.67	-151.26	331.200	6.22	103.78	-149.27
25	0.96	108.35	-80.61	345.600	1.60	108.40	-79.41
26	1.00	<b>110.00</b>	-1.05	360.000	0.00	<b>110.00</b>	0.00

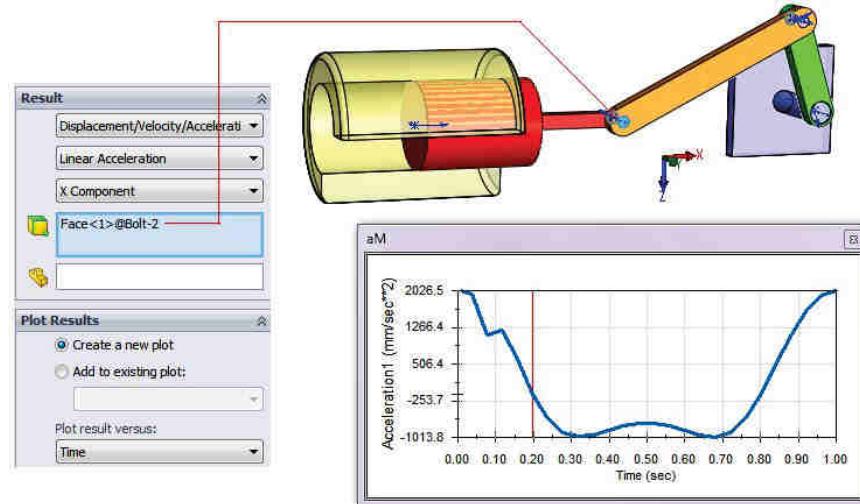


Fig. 17.43

Din fig. 17.43 se observă că accelerația se încadrează între limitele maximă/minimă: 2026.5 mm/s<sup>2</sup> și -1013.8 mm/s<sup>2</sup>.

Accelerarea de start și de final a ciclului de 1 secundă este 2026.5 mm/s<sup>2</sup>.

Porțiunea cu colțuri ascuțite din stânga curbei poate fi evitată prin recalcularea studiului cu un număr mai mare de cadre pe secundă **Frames per second**.

Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 2 și grafic în figura 17.44, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a accelerării.

- Click **Results and Plots** pentru a afișa variația curbei momentului motorului **M** funcție de timp, fig. 17.45.

Fig. 17.43 shows the maximal/minimal acceleration values: 2026.5 mm/sec<sup>2</sup> and -1013.8 mm/sec<sup>2</sup>.

The start and finally acceleration value of the 1 second cycle is 2026.5 mm/sec<sup>2</sup>.

The curve portion with sharp corners can be avoided by recomputing the study with more **Frames per second**.

The results are presented numerically in table 2 and graphically in fig. 17.44, where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical acceleration curve.

- Click **Results and Plots** to view the motor torque curve **M** as a function of time, fig. 17.45.

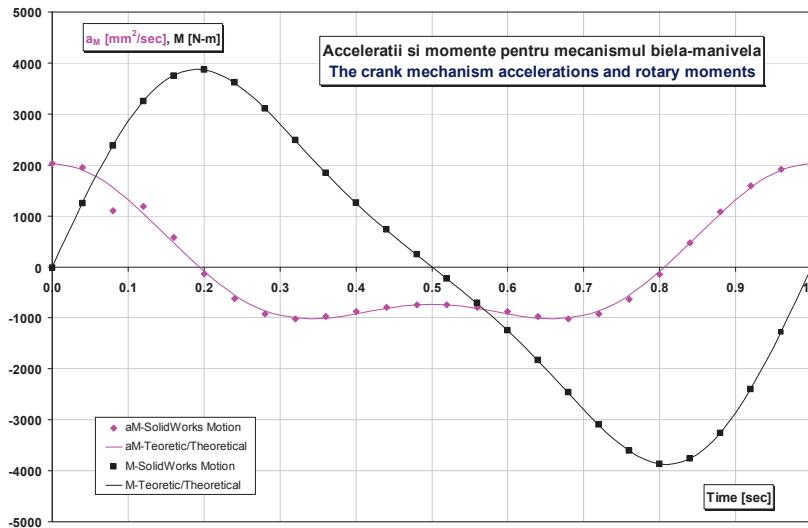


Fig. 17.44

- Curba va fi definită prin opțiunile:
  - Forces;
  - Motor Torque;
  - Y Component;
- Pentru câmpul Select rotational motor to create results, se va selecta motorul rotativ de acționare creat în cadrul aplicației, ca în fig. 17.45.

Din fig. 17.45 se observă că momentul se încadrează între limitele maximă/minimă: 3866 N-mm și -3863 N-mm.

Momentul de start și de final a ciclului de 1 secundă este 0 N-mm.

Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 2, unde unghiul  $\psi$  este calculat prin rel. (14), și grafic în figura 17.44, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a momentului.

- The plot is defined by:
  - Forces;
  - Motor Torque;
  - Y Component;
- Under Select rotational motor to create results, select the motor created for the application, like the fig. 17.45.

Fig. 17.45 shows the maximal/minimal motor torque values: 3866 N-mm and -3863 N-mm.

The start and finally motor torque value of the 1 second cycle is 0 N-mm.

The results are presented numerically in table 2, where the  $\psi$  angle is calculated through rel. (14), and graphically in fig. 17.44, where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical curve of the motor torque.

$$\psi = \arcsin\left(\frac{r * \sin(\varphi)}{L_b}\right) \quad (14)$$

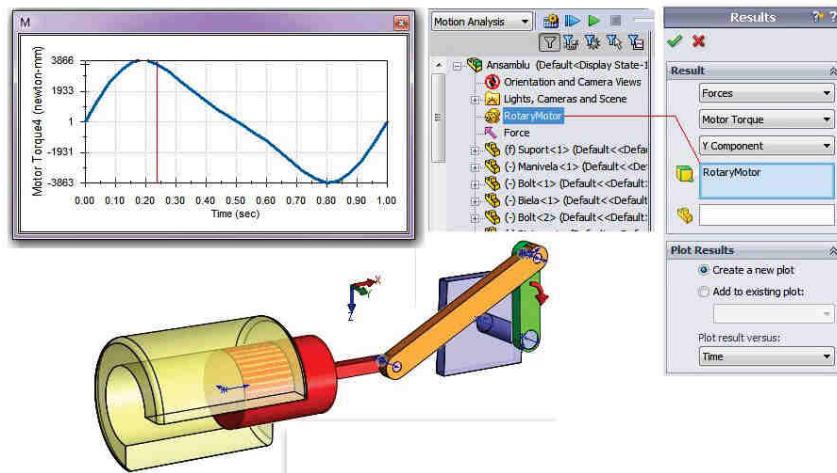


Fig. 17.45

- Click **Results and Plots** to view the force curve  $P_b$  as a function of time, fig. 17.46, defined by:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Selectia constrângerii **Concentric4** dintre **Biela** și **Bolt2** în câmpul **Select one mate/simulation element**
- Selectia elementului **Biela** în câmpul **Component to define XYZ directions (optional)** ; după selecție, cei trei vectori atașați elementului **Biela** definesc direcțiile sistemului de referință local în raport cu care se vor afișa rezultatele.
- Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 3 și grafic în figura 17.47, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a forței.
- Click **Results and Plots** to view the force curve  $P_b$  as a function of time, fig. 17.46, defined by:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Select the mate **Concentric4** between **Biela** and **Bolt2** in the field **Simulation element**
- Select the **Biela** part in the field **Component to define XYZ directions (optional)** ; after selection, the three vectors attached to the **Biela** part, will define the local coordinate system in which the results will be displayed.
- The results are presented numerically in table 3 and graphically in fig. 17.47 where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical force curve.

Tab. 2

Nr. crt.	SolidWorks Motion			Rezultate teoretice/Theoretical results			
	Time sec	$a_M$ mm/sec <sup>2</sup>	M N-mm	$\varphi =$ $Time \cdot 360^\circ$	$a_M$ Rel. (5)	$\psi$ Rel.(14)	M Rel.(13)
				grd.	mm/sec <sup>2</sup>	grd.	N-mm
1	0.00	<b>2026.54</b>	-17.31	0.000	<b>2026.6</b>	0	0.0
2	0.04	1947.62	1249.37	14.400	1903.4	6.664	1266.5
3	0.08	1100.34	2379.33	28.800	1556.3	12.992	2393.8
4	0.12	1191.74	3245.46	43.200	1047.7	18.630	3256.0
5	0.16	582.78	3754.30	57.600	465.8	23.205	3759.1
6	0.20	-131.49	<b>3865.67</b>	72.000	-94.7	26.348	<b>3864.4</b>
7	0.24	-629.95	3614.88	86.400	-553.0	27.759	3608.8
8	0.28	-924.27	3108.55	100.800	-858.4	27.284	3099.7
9	0.32	<b>-1013.67</b>	2482.18	115.200	<b>-999.3</b>	24.977	2472.7
10	0.36	-969.64	1845.95	129.600	-1001.6	21.074	1837.1
11	0.40	-876.23	1257.41	144.000	-918.6	15.920	1249.6
12	0.44	-791.29	727.90	158.400	-814.7	9.892	721.0
13	0.48	<b>-743.37</b>	241.63	172.800	<b>-746.3</b>	3.353	235.2
14	0.52	<b>-742.72</b>	-228.93	187.200	<b>-746.3</b>	-3.353	-235.2
15	0.56	-789.44	-714.39	201.600	-814.7	-9.892	-721.0
16	0.60	-873.65	-1242.45	216.000	-918.6	-15.920	-1249.6
17	0.64	-967.45	-1829.39	230.400	-1001.6	-21.074	-1837.1
18	0.68	<b>-1013.83</b>	-2464.85	244.800	<b>-999.3</b>	-24.977	-2472.7
19	0.72	-929.13	-3092.71	259.200	-858.4	-27.284	-3099.7
20	0.76	-640.75	-3604.03	273.600	-553.0	-27.759	-3608.8
21	0.80	-146.04	<b>-3863.32</b>	288.000	-94.7	-26.348	<b>-3864.4</b>
22	0.84	470.15	-3762.62	302.400	465.8	-23.205	-3759.1
23	0.88	1083.39	-3264.21	316.800	1047.7	-18.630	-3256.0
24	0.92	1586.81	-2406.17	331.200	1556.3	-12.992	-2393.8
25	0.96	1912.57	-1282.11	345.600	1903.4	-6.664	-1266.5
26	1.00	<b>2026.56</b>	-17.31	360.000	<b>2026.6</b>	0.000	0.0

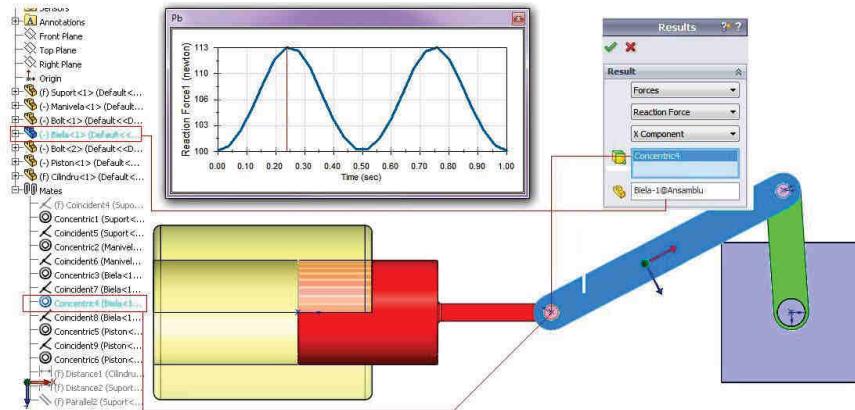


Fig. 17.46

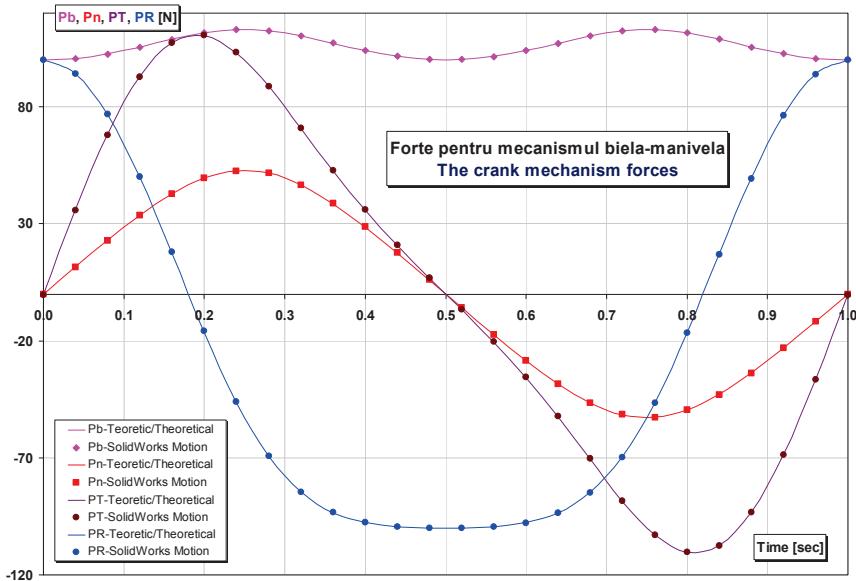
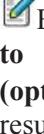


Fig. 17.47

Tab. 3

Nr. crt.	SolidWorks Motion					Rezultate teoretice/ Theoretical results			
	Time	Pb	PR	Pn	PT	Pb Rel.(9)	PR Rel.(12)	Pn Rel.(10)	PT Rel.(11)
	sec	N	N	N	N	N	N	N	N
1	0.00	99.9	99.9	-0.2	-0.5	100.0	100.0	0.0	0.0
2	0.04	100.6	94.1	11.5	35.7	100.7	94.0	11.7	36.2
3	0.08	102.6	76.8	22.9	68.0	102.6	76.5	23.1	68.4
4	0.12	105.4	50.2	33.6	92.7	105.5	49.8	33.7	93.0
5	0.16	108.7	17.8	42.8	107.3	108.8	17.4	42.9	107.4
6	0.20	111.6	-15.8	49.5	110.4	111.6	-16.2	49.5	110.4
7	0.24	113.0	-45.9	52.6	103.3	113.0	-46.2	52.6	103.1
8	0.28	112.6	-69.2	51.6	88.8	112.5	-69.4	51.6	88.6
9	0.32	110.4	-84.6	46.7	70.9	110.3	-84.7	46.6	70.6
10	0.36	107.2	-93.4	38.7	52.7	107.2	-93.4	38.5	52.5
11	0.40	104.1	-97.7	28.7	35.9	104.0	-97.7	28.5	35.7
12	0.44	101.6	-99.4	17.6	20.8	101.5	-99.4	17.4	20.6
13	0.48	100.2	-100.0	6.0	6.9	100.2	-99.9	5.9	6.7
14	0.52	100.2	-100.0	-5.7	-6.5	100.2	-99.9	-5.9	-6.7
15	0.56	101.5	-99.4	-17.3	-20.4	101.5	-99.4	-17.4	-20.6
16	0.60	104.0	-97.7	-28.4	-35.5	104.0	-97.7	-28.5	-35.7
17	0.64	107.2	-93.5	-38.4	-52.3	107.2	-93.4	-38.5	-52.5
18	0.68	110.3	-84.9	-46.5	-70.4	110.3	-84.7	-46.6	-70.6
19	0.72	112.5	-69.7	-51.5	-88.4	112.5	-69.4	-51.6	-88.6
20	0.76	113.0	-46.6	-52.7	-103.0	113.0	-46.2	-52.6	-103.1
21	0.80	111.6	-16.6	-49.6	-110.4	111.6	-16.2	-49.5	-110.4
22	0.84	108.8	16.9	-43.0	-107.5	108.8	17.4	-42.9	-107.4
23	0.88	105.5	49.4	-33.8	-93.3	105.5	49.8	-33.7	-93.0
24	0.92	102.6	76.2	-23.2	-68.7	102.6	76.5	-23.1	-68.4
25	0.96	100.6	93.7	-11.8	-36.6	100.7	94.0	-11.7	-36.2
26	1.00	99.9	99.9	-0.2	-0.5	100.0	100.0	0.0	0.0

- Click **Results and Plots**  pentru a afișa variația forței  $P_n$  funcție de timp, fig. 17.48, definită prin opțiunile:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Selecția constrângerii **Concentric5** dintre **Piston** și **Bolt2** în câmpul **Select one mate/simulation element** 
-  Deoarece câmpul **Component to define XYZ directions (optional)**  este necompletat, rezultatele vor fi afișate în raport cu sistemul de referință global.
-  Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 3 și grafic în figura 17.47, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a forței.
- Click **Results and Plots**  to view the force curve  $P_n$  as a function of time, fig. 17.48, defined by:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Select the mate **Concentric5** between **Piston** and **Bolt2** in the field **Simulation element** 
-  Because the field **Component to define XYZ directions (optional)**  remain empty, the results will be displayed according to the global coordinate system.
-  The results are presented numerically in table 3 and graphically in fig. 17.47 where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical force curve.

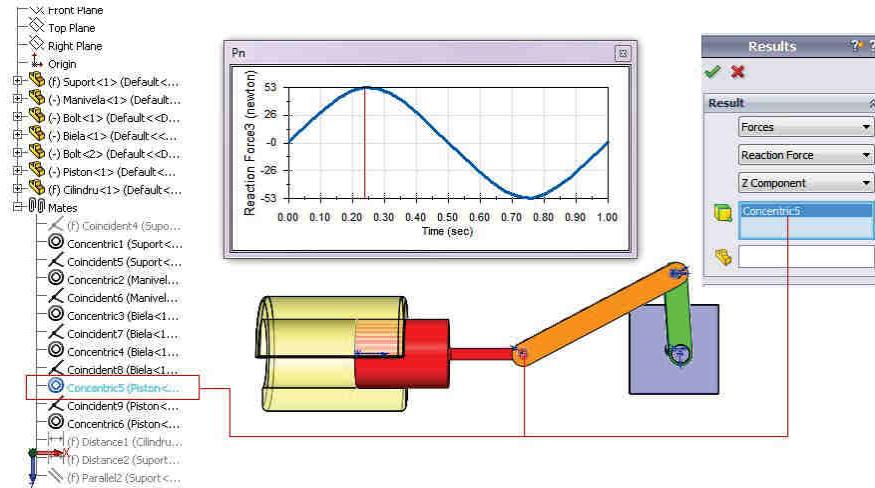


Fig. 17.48

- Click **Results and Plots** pentru a afișa variația forței  $P_R$  funcție de timp, fig. 17.49, definită prin opțiunile:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Selecția constrângerii **Concentric2** dintre **Manivela** și **Bolt1** în câmpul **Select one mate/simulation element**
- Selecția elementului **Manivela** în câmpul **Component to define XYZ directions (optional)** ; după selecție, cei trei vectori atașați elementului **Manivela** definesc direcțiile sistemului de referință local în raport cu care se vor afișa rezultatele.
- Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 3 și grafic în figura 17.47, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a forței.
- Click **Results and Plots** to view the force curve  $P_R$  as a function of time, fig. 17.49, defined by:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - X component;
- Select the mate **Concentric2** between **Manivela** and **Bolt1** in the field **Simulation element**
- Select the **Manivela** part in the field **Component to define XYZ directions (optional)** ; after selection, the three vectors attached to the **Manivela** part, will define the local coordinate system in which the results will be displayed.
- The results are presented numerically in table 3 and graphically in fig. 17.47 where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical force curve.

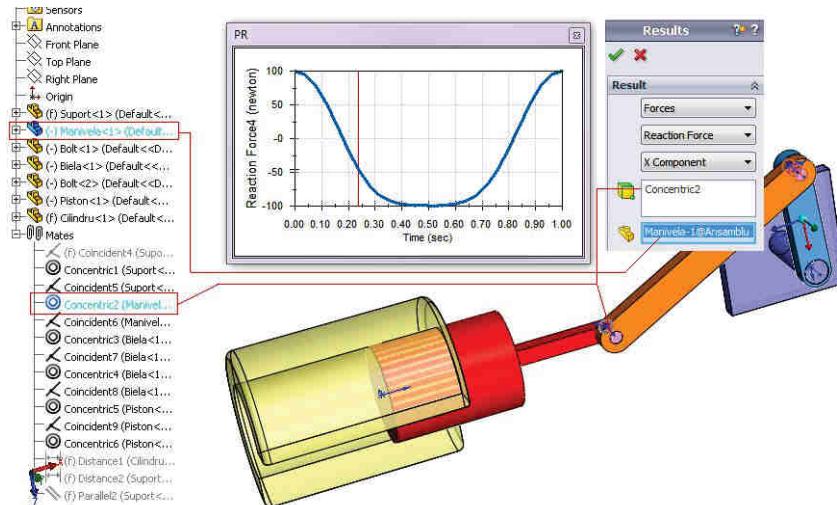


Fig. 17.49

- Click **Results and Plots**  pentru a afișa variația forței  $P_T$  ca funcție de timp, fig. 17.50, definită prin opțiunile:
    - Forces;
    - Reaction Force;
    - Z component;
  - Selecția constrângerii **Concentric3** dintre **Biela** și **Bolt1** în câmpul **Select one mate/simulation element** 
  - Selecția elementului **Manivela** în câmpul **Component to define XYZ directions (optional)** 
- după selecție, cei trei vectori atașați elementului **Manivela** definesc direcțiile sistemului de referință local în raport cu care se vor afișa rezultatele.

 Rezultatele sunt prezentate numeric în tabelul 3 și grafic în figura 17.47, unde, punctele obținute din SolidWorks Motion, s-au suprapus peste curba teoretică a forței.

- Click **Results and Plots**  to view the force curve  $P_T$  as a function of time, fig. 17.50, defined by:
  - Forces;
  - Reaction Force;
  - Z component;

- Select the mate **Concentric3** between **Biela** and **Bolt1** in the field **Simulation element** 
  - Select the **Manivela** part in the field **Component to define XYZ directions (optional)** 
- after selection, the three vectors attached to the **Manivela** part, will define the local coordinate system in which the results will be displayed.

 The results are presented numerically in table 3 and graphically in fig. 17.47 where the SolidWorks Motion points are placed over the theoretical force curve.

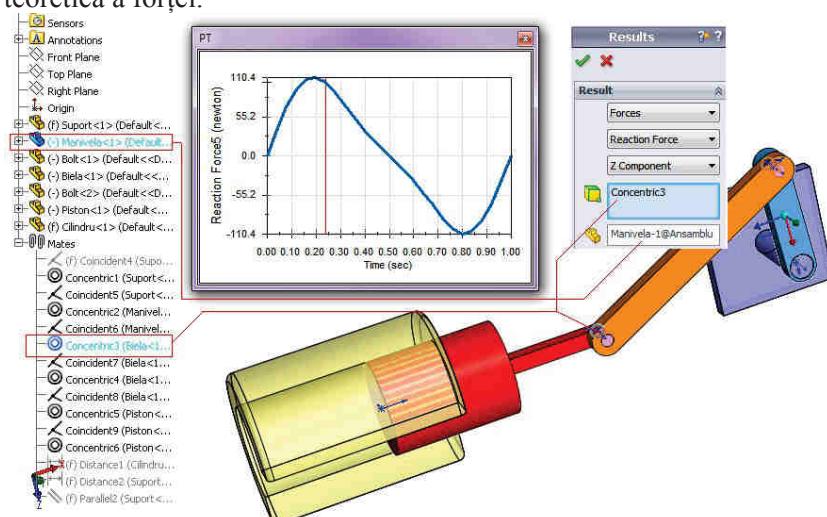


Fig. 17.50



## BIBLIOGRAFIE / REFERENCES

- [1] Anton, I. - *Turbine hidraulice*, Editura Facla, Timișoara, 1979.
- [2] Blumenfeld, M., Buzdugan, Gh. și colectiv - *Manualul Inginerului Mecanic. Rezistența Materialelor. Stabilitate elastică. Vibrații.*, Vol. II, Editura Tehnică, București, 1973.
- [3] Buzdugan, Gh., Voinea, R. & colectiv – *Culegere de probleme din rezistența materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, Ediția VI-a, București.
- [4] Buzdugan, Gh. – *Rezistența materialelor*, Editura Tehnica, București, 1980.
- [5] Cioc, D., Trofin, E. Iamandi, C. & colectiv - *Hidraulica. Culegere de probleme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1973.
- [6] Collins, J. A. - *Failure of materials in mechanical design, analysis, prediction, prevention*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- [7] Dassault Systems - *SolidWorks 2010 Advanced Part Modeling*, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts, 01742, USA, 2010.
- [8] Dassault Systems - *SolidWorks 2010 Assembly Modeling*, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts, 01742, USA, 2010.
- [9] Dassault Systems - *SolidWorks 2010 Flow Simulation*, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts, 01742, USA, 2010.
- [10] Dassault Systems - *SolidWorks Flow Simulation 2010 Technical Reference*, 2010.
- [11] Dassault Systems - *SolidWorks 2010 Motion*, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts, 01742, USA, 2010.
- [12] Dassault Systems - *SolidWorks 2010 Simulation Professional*, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts, 01742, USA, 2010.
- [13] Dobanda, V. - *Catalog de profile aerohidrodinamice al LMH Timisoara*, Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timisoara, 1986.
- [14] Edel, JU.J. – *Kovsovîe ghidroturbini*, Mașghiz, Moskova, 1963.

- [15] Ghelesel, V., Boiangiu, D., Mustafa, M., Vasilescu, Gh. - *Organe de masini. Culegere de probleme*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1958.
- [16] Iamandi, C., Petrescu, V., Sandu, L., Damian, R., Anton, A., Degeratu, M. - *Hidraulica instalatiilor. Elemente de calcul si aplicatii*, Editura Tehnica, Bucuresti, 1985.
- [17] Lombard, M. - *SolidWorks 2010 Bible*, Wiley Publishing Inc., Indianapolis, Indiana, ISBN 978-0-470-55481-4, SUA.
- [18] Nedelcu, D. - *Tensile Test Numerical Simulation with Finite Element Method*, Analele Universitatii "Eftimie Murgu" Resita, Fascicola 1, Anul XIII, Nr. 1, ISSN 1453-7394, 2006.
- [19] Nedelcu, D. - *Numerical Simulation with Finite Element Method of the Plate with Concentrator*, Analele Universitatii "Eftimie Murgu" Resita, Fascicola 1, Anul XIII, Nr. 1 ISSN 1453-7394, 2006.
- [20] Nedelcu, D. - *Studiul numeric al concentratorului de tip racordare circulară*, Revista Metalurgia Vol. XII(2007), Editura Științifică FMR, no. 5, ISSN 0461-9579, 2007.
- [21] Nedelcu, D. - *Numerical study of the local stress for a circular fillet corner*, Revista Metalurgia Internațional Vol. XII(2007), Editura Științifică FMR, no. 3, ISSN 1582-2214, 2007.
- [22] Nedelcu, D., Câmpian, C.V., Pădurean, I. - *Stress and deformations on Pelton blade turbine calculated by Finite Element Method*, The International Conference on Hydraulic Machinery and Equipments Timisoara, Romania, October 16-17, 2008.
- [23] Paizi, Gh., Stere, N., Lazar, D. - *Organe de mașini și mecanisme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
- [24] Pavel, D. - *Turbine hidraulice*, Editura Energetică de Stat, București, 1954.
- [25] Posea, N. - *Rezistența materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [26] \*\*\*\* - *Materiale metalice. Încercarea la tracțiune*., SR En 10002-1.



Dorian NEDELCU, s-a născut în municipiul Reșița, la 05 mai 1957. Este absolvent al Universității "Politehnica" Timișoara, Facultatea de Mecanică, promoția 1983. Și-a desfășurat activitatea ca cercetător științific la U.C.M. Reșița, devenind doctor în științe tehnice în anul 1996, sub conducerea acad. Ioan Anton. În prezent este profesor universitar la Universitatea "Eftimie Murgu" Reșița, titularizat pe disciplinele: Proiectare asistată de calculator și Metoda Elementelor Finite. A elaborat 7 cărți universitare, dintre care: 5 ca unic autor, 1 ca prim autor și 1 ca și coautor, precum și o multitudine de lucrări științifice publicate în țară și străinătate. Are o bogată experiență în domeniul cercetării, dobândită prin participarea la contracte și teme de cercetare, precum și în domeniul proiectării asistate de calculator, fiind specializat pe următoarele programe: MicroStation - Bentley, AutoCAD & Inventor - Autodesk, SolidWorks - Dassault Systems.

Dorian NEDELCU, was born in Resita, on May 05, 1957. He graduated the Faculty of Mechanical Engineering within "Politehnica" University of Timisoara in 1983. He worked as a researcher at U.C.M. Resita, and earn his PhD in 1996 under the leadership of acad. Ioan Anton. He is currently a professor at the "Eftimie Murgu" University of Resita and his fields of studies include: Computer Aided Design and Finite Element Method. Is the author of 7 academic books, including: 5 as unique author, 1 as first author and 1 as co-author and publisher of many scientific papers in Romania and other countries as well. His extensive research experience, was gained by participating in research activities, as well as in computer-aided design, specializing in the following softwares: MicroStation - Bentley, AutoCAD & Inventor - Autodesk, SolidWorks - Dassault Systems.

**Titlul proiectului:** CENTRU PENTRU SIMULARE NUMERICĂ ȘI PROTOTIPARE

**Editorul materialului:** Universitatea “Eftimie Murgu” din Reșița

**Data publicării:** Iulie 2011

Conținutul acestui material nu reprezintă în mod necesar poziția oficială a Uniunii Europene.

Pentru eventuale sesizări, contactați: [romania-serbia@mdrt.ro](mailto:romania-serbia@mdrt.ro)

[www.romania-serbia.net](http://www.romania-serbia.net)

**Project title:** CENTER FOR NUMERICAL SIMULATION AND

DIGITAL/RAPID PROTOTYPING

**Material editor:** “Eftimie Murgu” University of Reșița

**Publishing date:** July 2011

The content of this material does not necessarily represent the official position of the European Union.

In case of any complaints, contact: [romania-serbia@mdrt.ro](mailto:romania-serbia@mdrt.ro)

[www.romania-serbia.net](http://www.romania-serbia.net)

