

## 3D DESIGN METHOD FOR FLAT FOOTWEAR SOLES

### METODĂ DE PROIECTARE 3D A TĂLPIOR PLANE PENTRU ÎNCĂLTĂMINTE

Cornelia LUCA\*, Răzvan MOCANU

"Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Faculty of Textile, Leather and Industrial Management, Romania, e-mail:  
cionescu@tex.tuiasi.ro, razvan\_mocanu@yahoo.com

#### 3D DESIGN METHOD FOR FLAT FOOTWEAR SOLES

**ABSTRACT.** Research conducted on soles reveals that footwear details can be obtained in a wide variety of models by moulding. Soles are complex three dimensional objects. When assembling with the uppers, they have to correspond to the interior sole contour. That is why it is necessary that sole design be done with high accuracy and in strict accordance to the last. Nowadays, there are specialized software applications which can perform computer aided design processes for footwear. This paper presents a method, developed by the authors, of footwear flat soles 3D design using PowerSHAPE-e software of Delcam system. Computer-aided design used in this paper highlights several important advantages that include: increased design quality; soles three dimensional viewing, which can lead to immediate decisions regarding the acceptance of newly developed models; the complexity of mould cavities execution can be appreciated, without the need of making prototypes; the outlines of construction templates are accurately obtained for the mould cavities and for all size numbers; calculations can be easily done to determine the soles volume for the entire size number volumes, with implications on estimating polymer blend consumption and so on.

**KEY WORDS:** footwear, shoe soles, shoe sole design, sole moulds

#### METODĂ DE PROIECTARE 3D A TĂLPIOR PLANE PENTRU ÎNCĂLTĂMINTE

**REZUMAT.** Cercetările efectuate asupra tălpilor scot în evidență că aceste componente ale încăltămintei se pot obține într-o largă diversitate de modele prin formare în mătrițe. Tălpile sunt corpuri spațiale complexe. La asamblarea cu fețele, acestea trebuie să corespundă conturului interior al tălpiei. De aceea, este necesar ca proiectarea tălpilor să se facă cu mare acuratețe și în strictă concordanță cu contururile calapoadelor. În prezent, sunt softuri specializate efectuării unei activități de proiectare a tălpilor de încăltăminte asistată de calculator. În lucrare se prezintă o metodă, elaborată de autori, de proiectare 3D a tălpilor plane pentru încăltăminte prin utilizarea programului Delcam PowerSHAPE-e. Proiectarea cu ajutorul calculatorului prezentată în lucrare scoate în evidență câteva avantaje importante din care se pot enumera: creșterea calității proiectării; se poate obține vizualizarea în spațiu tridimensional a tălpilor care poate conduce la decizii imediate cu privire la acceptarea modelelor de tălpi nou create; se poate face o imagine asupra complexității execuției cavităților mătrițelor fără a mai fi necesar să se execute prototipuri; se obțin cu mare exactitate contururile sabloanelor de execuție ale cavităților mătrițelor și multiplicarea lor pentru toate numerele de mărimi.

**CUVINTE CHEIE:** încăltăminte, tălpi încăltăminte, proiectare tălpi, mătrițe pentru tălpi

#### UNE MÉTHODE DE CONCEPTION 3D DES SEMELLES PLATES POUR LES CHAUSSURES

**RÉSUMÉ.** Les recherches menées sur les semelles soulignent que ces composants de chaussures peuvent être obtenus dans une large variété de modèles par mouillage. Les semelles sont des objets spatiaux complexes. Lors du montage aux tiges, elles doivent correspondre au contour intérieur du pied. Par conséquent, il est nécessaire de concevoir les semelles avec précision et en stricte conformité avec les contours des formes. Aujourd'hui il y a de logiciels spécialisés pour la conception des semelles de chaussures assistée par ordinateur. L'article présente une méthode développée par les auteurs pour la conception 3D des semelles plates pour les chaussures à l'aide du logiciel Delcam PowerSHAPE-e. La conception assistée par ordinateur présentée dans cet article met en évidence plusieurs avantages importants, notamment : la qualité plus haute de la conception ; la visualisation spatiale en trois dimensions des semelles, qui peut conduire à des décisions immédiates d'accepter les nouveaux modèles de semelles créés ; on peut se faire une image de la complexité de l'exécution des cavités du moule sans la nécessité d'exécuter des prototypes ; on obtient avec précision les contours des modèles d'exécution pour les cavités du moule et de les multiplier pour tous les tailles.

**MOTS CLÉS :** chaussures, semelles pour chaussures, conception de semelles, moules pour semelles

## INTRODUCTION

The CAD/CAM design systems have been largely developed including the domain of footwear uppers and footwear soles. Among the high performance systems used in the design of footwear soles and moulds for shoe soles, we may mention [1-3]: Delcam Shoe Solution (3D), Delcam PowerSHAPE-e (2D and 3D), Padsy II (2D) and Padsy III (3D), Shoemaster System

## INTRODUCERE

Sistemele de proiectare de tipul CAD/CAM au cunoscut o largă dezvoltare și în domeniul proiectării fețelor și a tălpilor pentru încăltăminte. Dintre sistemele deosebit de performante utilizate la proiectarea tălpilor și a mătrițelor pentru tălpi, se pot menționa [1-3]: Delcam Shoe Solution (3D), Delcam PowerSHAPE-e (2D și 3D), Padsy II (2D) și Padsy III (3D),

\* Correspondence to: Cornelia LUCA, "Gheorghe Asachi" Technical University of Iasi, Faculty of Textile, Leather and Industrial Management, Romania, e-mail: cionescu@tex.tuiasi.ro

(2D and 3D), Lectra System (2D and 3D), Parmel System (2D), ATOS II System (3D). These systems are equipped with colour graphical displays, plotters, digitizers, terminals and other peripheral equipment needed for computer assisted activities.

The footwear soles are produced as flat footwear soles, as partially spatialized footwear soles and as spatialized footwear soles. The complexity of footwear sole and mould cavity design increases with the spatialization degree [4-7]. The Delcam Shoe Solutions and Delcam PowerSHAPE-e applications provide the user with the needed tools for designing the most complex footwear soles and footwear moulds.

This paper presents a method [8-10] developed by the authors, for the 3D design of the footwear flat soles which are formed in moulds, using the PowerSHAPE-e application.

## EXPERIMENTAL

### Case Study: Flat Soles for Footwear Design in PowerSHAPE-e

The flat sole is the easiest kind of sole to design from the geometrical point of view. A set of steps is followed to design the flat footwear soles [9].

#### *Step 1. Obtaining the Flattened Bottom Surface of the Last*

The bottom of the shoe last is copied as a pattern using one of the known methods. This pattern represents the shoe last insole.

#### *Step 2. Drawing the Insole Outline, Drawing the Main Axis and Positioning the Basic Foot Anatomical Points*

The insole outline is drawn as a Bezier curve using the **Create a Bezier Curve** tool under the **Curve** function. The inputted outline is presented in Figure 1.

After inputting the insole outline, the two axes are drawn: the insole axis and the shankpiece axis. These axes are drawn using the **Create a single line** tool in the **Line** function as simple lines, by specifying the coordinates.

Shoemaster System (2D și 3D), Lectra System (2D și 3D), Parmel System (2D), ATOS II System (3D). Aceste sisteme sunt echipate cu display-uri, grafice color, plottere, digitizoare, terminale și alte echipamente necesare efectuării unor activități asistate de calculator.

Tălpile pentru încăltăminte se produc ca tălpi plane, tălpi semispațiale și tălpi spațiale. Complexitatea proiectării tălpilor și a cavităților matrițelor crește odată cu gradul de spațializare [4-7]. Programele Delcam Shoe Solutions, Delcam PowerSHAPE-e oferă utilizatorului instrumentele de care are nevoie pentru proiectarea celor mai complexe tălpi și matrițe pentru încăltăminte.

În lucrare se prezintă o metodă [8-10], elaborată de autori, de proiectare 3D a tălpilor plane care se formează în matrițe, prin utilizarea programului PowerSHAPE-e.

## PARTEA EXPERIMENTALĂ

### Studiu de caz: Proiectarea tălpilor plane în PowerSHAPE-e

Talpa plană este modelul de talpă cel mai ușor de proiectat din punct de vedere geometric. La proiectarea tălpilor plane se parcurg o serie de pași [9].

#### *Pasul 1. Obținerea desfășurării suprafeței plantare a calapodului*

Utilizând una din metodele cunoscute, se copiază suprafața plantară a calapodului sub formă de şablon. Acest şablon reprezintă branțul calapodului.

#### *Pasul 2. Trasarea conturului branțului, trasarea axelor și a punctelor anatomiche de bază ale piciorului*

Conturul branțului se trasează sub formă de curbă Bezier utilizând funcția **Curve** și instrumentul **Create a Bezier Curve**. Conturul astfel introdus s-a reprezentat în Figura 1.

După introducerea conturului branțului se trasează cele două axe de bază, axa branțului și axa glenclului, sub formă de linii simple prin specificarea coordonatelor, utilizând funcția **Line** și instrumentul **Create a single line**.

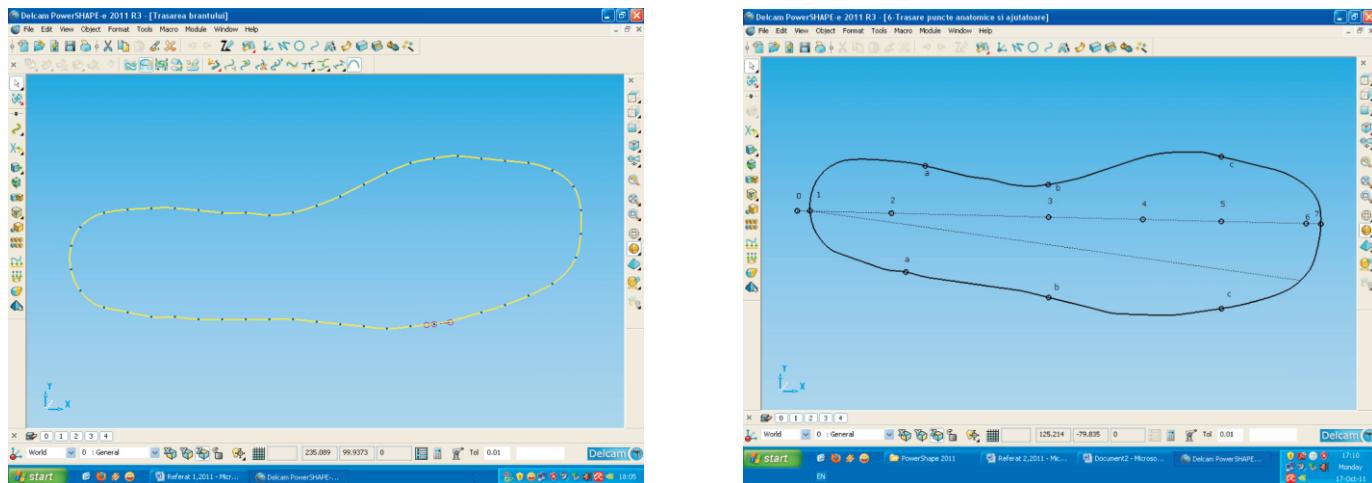


Figure 1. Inputting the insole outline, drawing the main axis and positioning the foot anatomical points  
Figura 1. Introducerea conturului branțului, trasarea axelor și a punctelor anatomiche ale piciorului

The main anatomical points are positioned on the insole axis represented by the segment 1-7 in Figure 1. Their coordinates are calculated [6, 9] according to the foot length,  $L_p$ . The value of the foot length is equal with the footwear last size number in centimetres. The reference points used for the footwear sole design are: 0 – rear foot curvature amplitude; 2 – heel centre; 3 – middle of the foot arch; 4 – centre of metatarso-phalangeal articulations I-V, and 5 – extremity of toe V. The positions of these points, respectively the length of the segments relative to the point 1, are calculated with the following relations:  $0-1=0.025*L_p$ ;  $0-2=0.18*L_p$ ;  $0-3=0.48*L_p$ ;  $0-4=0.66*L_p$ ;  $0-5=0.81*L_p$ ;  $0-6=L_p$ . The length of the segment 6-7 represents the length of the footwear last tip, whose size is variable and depends on the tip shape.

The posterior extreme point 0 is obtained [9] by extending the insole axis in the rear zone. In order to accomplish this, a work-plane is positioned with its origin in point 1 and its ox axis overlapping the insole axis. To create this work-plane follow this procedure: select the **Workplane** function and then the **Create a single workplane** tool and position the new work-plane with its origin in the point 1; reposition this plane's ox axis along the insole axis; open de insole axis parameters editor; select the newly created work-plane as the value of the **Workspace** field; fill the 1-0 segment inverted length in the X field of the start point.

To position the points 2, 3, 4, 5 on the insole axis follow this procedure [9]: select the circle drawing tool;

Punctele anatomiche principale ale piciorului care stau la baza proiecțării tălpilor se poziționează pe axa branțului pe segmentul de dreapta 1-7. Coordonatele acestora, se calculează [6, 9] în funcție de lungimea piciorului,  $L_p$ . Valoarea lungimii piciorului este egală cu numărul de mărime al calapodului, exprimat în centimetri. Punctele de referință utilizate în proiecțarea tălpii plane sunt: 0 – amplitudinea curburii posterioare a piciorului; 2 – centrul călcâiului; 3 – mijlocul boltii piciorului; 4 – centrul articulațiilor metatarso-falangiene I-V și 5 – extremitatea degetului V. Poziția acestor puncte, respectiv mărimea segmentelor de dreapta raportate la punctul 1, se calculează cu relațiile:  $0-1=0,025L_p$ ;  $0-2=0,18 L_p$ ;  $0-3=0,48 L_p$ ;  $0-4=0,66 L_p$ ;  $0-5=0,81 L_p$ ;  $0-6=L_p$ . Mărimea segmentului de dreapta 6-7 reprezintă lungimea vârfului calapodului, mărime variabilă în funcție de forma vârfului.

Punctul extrem posterior 0 se obține [9] prin prelungirea axei branțului în zona posterioară. În acest sens, se poziționează un plan de lucru cu originea în punctul 1 și cu axa ox suprapusă peste axa branțului. Se va proceda astfel: se selectează funcția **Workplane** și instrumentul **Create a single workplane**. Se accesează editorul de parametri ai axei branțului și din fereastra **Workspace** se selectează **Workplane 1**. În fereastra **Start** se introduc în sens negativ coordonatele punctului de start ale segmentului de dreapta 1-0.

Pentru poziționarea punctelor 2, 3, 4, 5 pe axa branțului se parcurg etapele [9]: se selectează

open the position dialog box; select the **Along** option; select the insole axis by clicking next to the start point; fill in the **Proportion** field with the corresponding proportion (e.g.: 0.18 for point 2); click on **Apply** and then on **OK**.

The position of the point 6 will be determined using the **Line** function and drawing an added line whose length will be equal with the foot length. After positioning the point 6 the added line should be erased using the option **Delete**. The **Horizontal text** tool in the **Annotation** function is used in order to label the points. These operations are shown in Figure 1.

The position of the points will be marked by circles which are drawn using the **Create a full arc** tool in the **Arc** function. The radius value will be filled in the **Radius** field. The **Name** field is filled automatically with a number generated in the order of creation. However, each circle name can be manually set.

### *Step 3. Drawing the Footwear Sole Interior Contour*

The sole interior contour so drawn is presented in Figure 2. The sole interior contour is obtained by adding the thickness of the upper parts to the insole contour [8]. This thickness varies along the insole perimeter depending on the number and the thickness of the layers. From the thickness variation point of view, the zones a-1-a, a-b, b-c and c-7-c are distinguished on the insole contour, presented in Figure 1. The positioning of the points that separate these zones is accomplished by constructing a set of added lines as Bezier curves. The curves will be drawn in the outside direction using point 1 as start point.

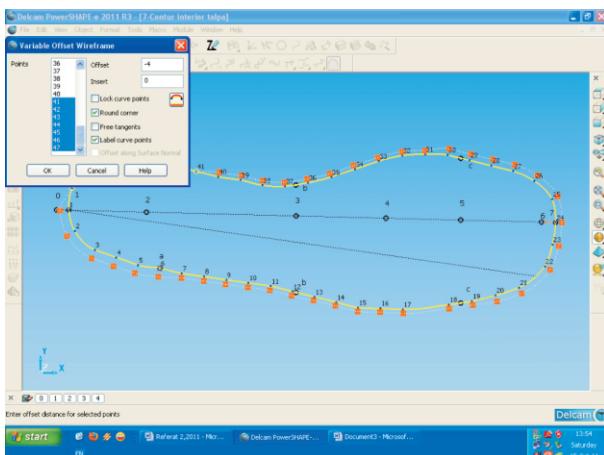


Figure 2. Drawing the footwear sole interior contour

Figura 2. Trasarea conturului interior al tălpii

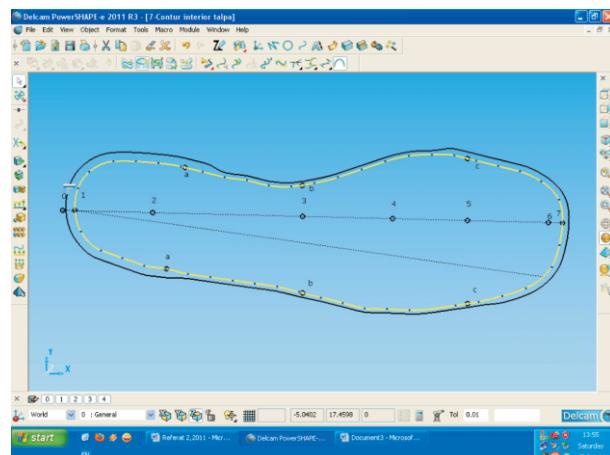
instrumentul de trasat cercuri, **Open the Position dialogue box**; se selectează opțiunea **Along**; se selectează axa branțului în zona punctului de start; în câmpul **Proportion** se scrie proporția (de exemplu 0,18 pentru punctul 2); se selectează opțiunea **Apply** și **OK**.

Punctul 6 se va fixa cu funcția **Line** printr-o linie ajutătoare de-a lungul căreia se va măsura lungimea liniei egală cu lungimea piciorului. După fixarea punctului 6, linia ajutătoare se poate șterge cu opțiunea **Delete**. Scrierea cifrelor se va face cu instrumentul **Horizontal text** din funcția **Annotation**. Aceste operații sunt prezentate în Figura 1.

Punctele se vor marca prin cercuri cu funcția **Arc** și instrumentul **Create a full arc**. În spațiul **Radius** se va scrie valoarea razei. În spațiul **Name** se pot da și nume cercurilor, dacă nu, cercurile apar numerotate în ordinea în care se desenează.

### *Pasul 3. Trasarea conturului interior al tălpii*

Trasarea conturului interior al tălpii este prezentată în Figura 2. Conturul interior al tălpii se obține prin adăugarea grosimii reperelor fețelor încălțăminte la conturul branțului [8]. Aceste grosimi variază de-a lungul perimetrlui branțului în funcție de numărul și de grosimile straturilor. Din punctul de vedere al variațiilor de grosimi, se disting pe conturul branțului zonele a-1-a, a-b, b-c și c-7-c, reprezentate în Figura 1. Marcarea punctelor care delimită aceste zone se face prin construirea unor curbe de tip Bezier. Curbele vor fi trasate spre exteriorul conturului branțului, utilizând ca punct de start punctul 1.



The distance at which the sole interior contour will be positioned in relation with the insole contour is variable. To draw this contour [9], the **Variable offset** tool in **general edit options** is used. In the **Offset** window associated with this tool, the set of points for each zone is selected individually. If the transition from one zone to the other is not smooth, the curve should be fine-tuned to obtain a smooth curve. The **Create a full arc** tool in the **Arc** function is used to draw the circles that will mark the points. Open the position dialog box, select the **Along** tab, select the added curve by clicking next to the start point and then fill the value in **Distance** mode. This will position the circle centre at the desired position along the added curve.

#### *Step 4. Drawing the Footwear Sole Exterior Contour*

The sole exterior contour, presented in Figure 3, is drawn at a constant distance in relation with the interior contour [8]. This distance varies depending on the footwear sole model between 0 and 8 mm. The **Offset items** tool in the **general edit options** is used [9] to draw this curve. Select the sole interior contour and then select the **Offset items** tool. The offset value is specified in the associated window. In order to keep the sole interior contour the **Keep original** button must be activated.

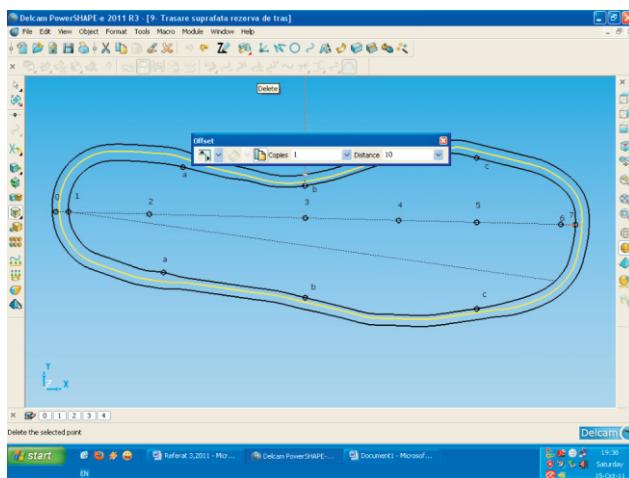


Figure 3. Drawing the footwear sole exterior contour  
Figura 3. Trasarea conturului exterior al tălpii

Distanța la care va fi poziționat conturul interior al tălpii față de conturul branțului este variabilă. Pentru trasarea acestui contur [9], se utilizează din **Show general edits options** instrumentul **Variable offset**. În fereastra **Offset** asociată instrumentului, se selectează separat setul de puncte pentru fiecare din zonele marcate și se specifică distanța de decalaj din zona respectivă. În cazul în care trecerea de la o zonă la alta nu este continuă, se corectează conturul astfel încât să se obțină o curbă fluentă. Pentru trasarea cercurilor care vor marca punctele, se vor utiliza funcția **Arc** și instrumentul **Create a full arc**. Se deschide **Position dialogue box**, se selectează opțiunea **Along**, se selectează curba ajutătoare în zona punctului de start, se indică poziționarea centrului cercului pe curbă, se selectează modul **Distance** și se introduce valoarea.

#### *Pasul 4. Trasarea conturului exterior al tălpii*

Conturul exterior al tălpii, reprezentat în Figura 3, se trasează la o distanță constantă față de conturul interior [8]. Această distanță variază, în funcție de modelul tălpii, între 0 și 8 mm. Pentru trasarea acestei curbe se utilizează [9] din **Show general edits options** instrumentul **Offset items**. Se selectează curba contur interior talpă, se apelează instrumentul **Offset items** și în fereastra asociată acestuia se specifică valoarea de decalare. Pentru a se păstra și conturul interior al tălpii se activează butonul **Keep original**.

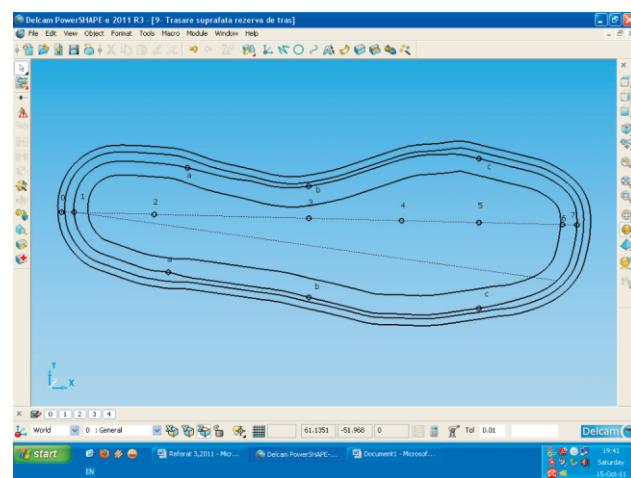


Figure 4. Footwear sole gluing surface  
Figura 4. Suprafața de lipire a tălpii

### Step 5. Defining the Footwear Sole Gluing Surface

The gluing surface, represented in Figure 4, is the area where the upper and sole are assembled by gluing. This surface is continuous, without weight removal cavities and its width is of 14-15 mm. The exterior of the gluing surface is delimited by the sole interior contour. The interior limit of the gluing surface is obtained by drawing a contour parallel to the sole interior contour, at a distance equal with the gluing surface width [8]. The tool used [9] is **Offset items** in the **general edit options**. After selecting the sole interior contour click the **Offset items** tool and then specify the offset distance and activate the keep original.

### Step 6. Creating the Solid that Defines the Volume Occupied by the Upper in the Sole Volume

In order to assemble by gluing the footwear upper with the sole a cavity in the sole volume is needed. This cavity represents the volume occupied by the lasted upper in the sole volume. To accomplish this, an extrusion solid is created starting from the interior contour of the sole [9]. This solid enters in the sole volume on a distance equal with the cavity height. This volume will be removed from the sole volume. Select the sole interior contour, Figure 5a, and using the **Create one or more solid extrusions** tool from the **Solid** function the solid is created like in Figure 5b. The solid extrusion height will be specified in the parameter editor for this solid in the **Negative Length** field. The **Length** occupied by the solid above the sole will be established big enough to allow an easy selection of the solid. In Figure 5c is the volume of the solid created inside the sole.

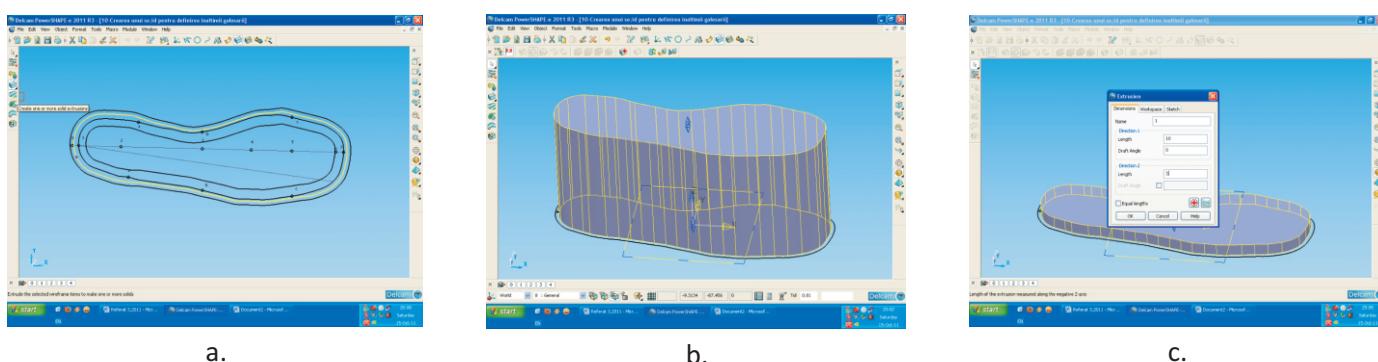


Figure 5. The solid that defines the interior cavity of the sole: a. sole interior contour; b. the volume of the solid created above the sole; c. the volume of the solid created inside the sole

Figura 5. Solidul care definește cavitatea din interiorul tălpii: a. contur interior talpă; b. volumul solidului creat deasupra tălpii; c. volumul solidului creat în interiorul tălpii

### Pasul 5. Definirea suprafeței de lipire a tălpii cu fețele

Suprafața de lipire, reprezentată în Figura 4, este zona în care fețele încălțăminte se asamblează cu talpa prin lipire. Această suprafață este continuă, fără goluri de ușurare și are o lățime de 14-15 mm. Suprafața de lipire este delimitată la exterior de conturul interior al tălpii. Limita interioară a suprafeței de lipire se obține prin trasarea la o distanță egală cu lățimea acesteia, a unui contur paralel cu conturul interior al tălpii [8]. Instrumentul utilizat [9] este **Offset items** din **Show general edits options**. După selectarea conturului interior al tălpii, se apelează instrumentul **Offset items**, se specifică păstrarea originalului și distanța de decalare.

### Pasul 6. Crearea unui solid care definește volumul ocupat de fețele încălțăminte în volumul tălpii

În vederea lipirii fețelor încălțăminte cu talpa, este necesar ca în volumul tălpii să se creeze o cavitate. Această cavitate reprezintă volumul ocupat de fețele trase pe calapod în volumul tălpii. În acest sens, se creează prin extrudare un solid delimitat de conturul interior al tălpii [9]. Acest solid va intra în interiorul tălpii pe o distanță egală cu înălțimea cavitații, urmând ca volumul acestuia să fie eliminat din volumul tălpii. Pentru aceasta, se selectează conturul interior al tălpii, Figura 5a, și cu instrumentul **Create one or more solid extrusions** din funcția **Solid**, se creează solidul din Figura 5b. Înălțimea solidului care va fi extrudat se va specifica în editorul de parametri ai acestui solid, în câmpul **Negative Length**. Lungimea pozitivă **Length**, ocupată de solid deasupra tălpii, va fi stabilită la o lungime suficientă pentru a permite o selectarea cu ușurință a solidului. În Figura 5c este reprezentat volumul solidului creat în interiorul tălpii.

### Step 7. Creating the Solid that Defines the Sole Volume. Obtaining the Sole Cavity

The thickness of the sole is obtained by summing the heel height, the sole cavity height and the sole thickness in the front sole zone [8].

Initially, the sole will be defined as a monolith solid, obtained by extruding in negative direction the exterior contour on a distance equal with the sole thickness. In order to accomplish this [9], the sole exterior contour is selected, the solid is created using the **Create one or more solid extrusions** tool in the **Solid** function and the value of the sole thickness is filled in the **Negative Length** field. The field **Length** is filled with the zero value because the sole will be delimited above by the XOY plane of the coordinate system associated to the work-plane. The sole cavity height is obtained by eliminating the solid that defines the cavity from the solid that defines the total sole volume. To operate on the solid that defines the sole, this solid must be activated by checking the option **Active**.

The tool used for solid removal is **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** in the function **Feature**. Several operations are shown in Figure 6.

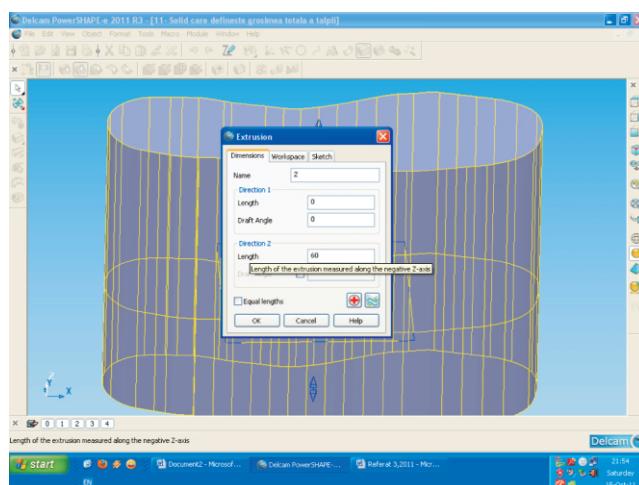


Figure 6. Obtaining the cavity inside the sole  
Figura 6. Realizarea cavității din interiorul tălpiei

### Step 8. Defining the Heel Volume

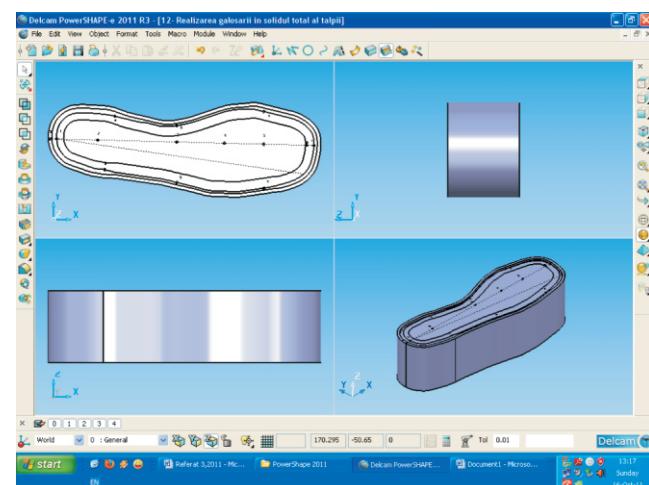
The heel volume is obtained by removing an auxiliary solid from the solid that defines total volume of the sole [9].

### Pasul 7. Crearea solidului care definește volumul tălpiei. Realizarea cavității tălpiei

Grosimea tălpiei se obține prin însumarea înălțimii tocui cu înălțimea cavității în talpă și cu grosimea tălpiei în zona de pingea [8].

Initial talpa va fi definită ca un solid monolit, realizat prin extrudarea în sens negativ a conturului exterior pe o distanță egală cu grosimea tălpiei. Pentru aceasta [9], se selectează conturul exterior al tălpiei, se creează solidul cu instrumentul **Create one or more solid extrusions** din funcția **Solid** și în câmpul **Negative Length** se introduce valoarea grosimii tălpiei. În câmpul **Length** se introduce valoarea zero, deoarece talpa va fi delimitată la partea superioară de planul XOY al sistemului de coordonate asociat planului de lucru. Înălțimea cavității tălpiei se realizează prin eliminarea, din solidul care definește această cavitate, a solidului care definește volumul total al tălpiei. Pentru a putea realiza operații asupra solidului care definește talpa, acesta se va activa cu opțiunea **Active**.

Pentru realizarea operației de eliminare a solidului se folosește instrumentul **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** asociat funcției **Feature**. Câteva operații sunt reprezentate în Figura 6.



### Pasul 8. Definirea volumului tocui

Volumul tocui tălpiei se obține prin eliminarea din solidul care definește volumul total al tălpiei a unui solid auxiliar [9].

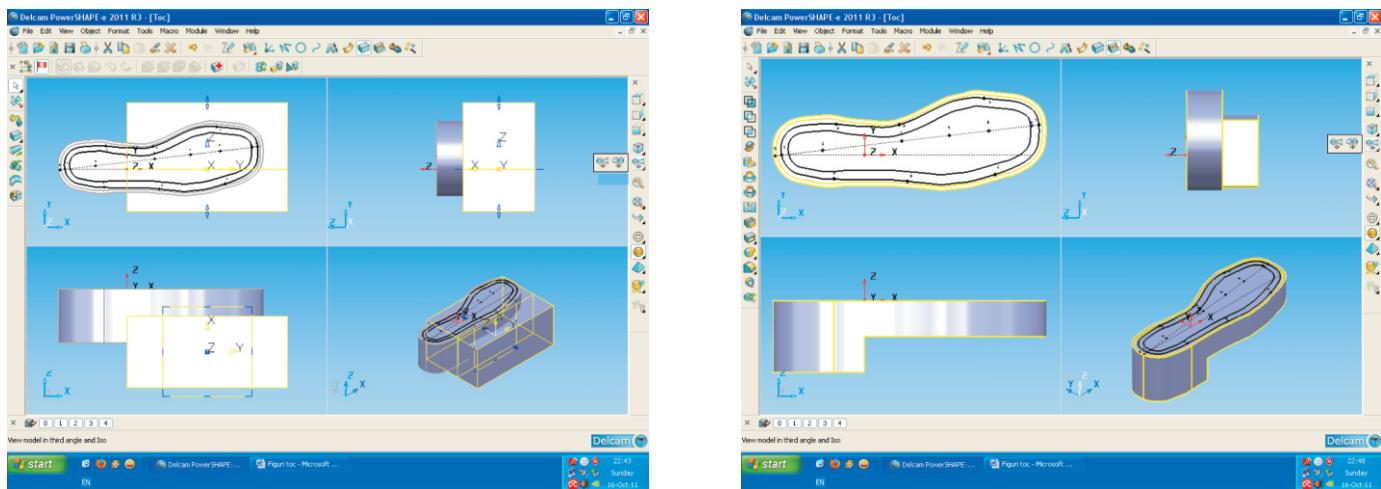


Figure 7. Defining the heel  
Figura 7. Operații de definire a tocului

The auxiliary solid contour is obtained by drawing a set of straight line segments and/or curves which will be converted in a composite curve. After selecting the contour as a composite curve, the auxiliary solid is created using the **Create one or more solid extrusions** tool in the **Solid** function. The dimensioning of the auxiliary solid is done using the parameters editor: in the **Workspace** section is specified the vertical position of the auxiliary solid in relation with the bottom limit of the sole; in the **Dimensions** section is specified the **Negative Length** so that the auxiliary solid will pass the bottom limit of the sole; the **Length** is set to zero because the top limit is the vertical position of the contour set in the **Workspace** section. The removal of the auxiliary solid is obtained using the **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** tool in the **Feature** function. The sequence of operations that led to the definition of the heel shape and volume is presented in Figure 7.

#### Step 9. Obtaining the Sole Weight Removal Cavities

A fast and precise method of drawing the weight removal cavities consists in using an auxiliary construction [4, 8, 10]. Using the compound curve tool, each individual weight removal cavity contour is drawn. The auxiliary solids are created by extrusion using these contours, solids which will be removed from the sole solid. The extrusion is done in negative direction on a length equal with the depth of the weight removal cavities. The weight removal cavities were obtained by

Conturul solidului auxiliar se realizează prin trasarea unor segmente de dreaptă și/sau curbă care se vor converti într-o curbă compusă. După selectarea conturului în formă de curbă compusă, se creează solidul auxiliar cu instrumentul **Create one or more solid extrusions** din funcția **Solid**. Dimensionarea solidului auxiliar se face prin intermediul editorului de parametri ai funcției: în secțiunea **Workspace** se specifică poziția în plan vertical a solidului auxiliar față de limita inferioară a tălpii; în secțiunea **Dimensions** se specifică **Negative Length** astfel încât solidul auxiliar să depășească zona inferioară a tălpii; **Length** se setează pe zero, deoarece limita superioară este poziția verticală a conturului stabilit în secțiunea **Workspace**. Eliminarea solidului auxiliar se va face cu instrumentul **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** asociat funcției **Feature**. Succesiunea unor operații care au condus la definirea formei și a volumului toculei s-a reprezentat în Figura 7.

#### Pasul 9. Realizarea golurilor de ușurare ale tălpii

O metodă rapidă și precisă de trasare a golurilor de ușurare este utilizarea unei construcții ajutătoare [4, 8, 10]. Cu ajutorul instrumentului pentru trasat curbe compuse, se trasează individual conturul fiecărui gol de ușurare. Utilizând aceste contururi, se creează solizii auxiliari care vor fi eliminate din solidul talpă, prin extrudare. Extrudarea se va face în sens negativ pe o lungime egală cu adâncimea golurilor. Golurile de ușurare se obțin prin eliminarea solizilor auxiliari din

removing the auxiliary solids from the sole volume using the **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** tool in the **Feature** function. Several operations are shown in Figure 8.

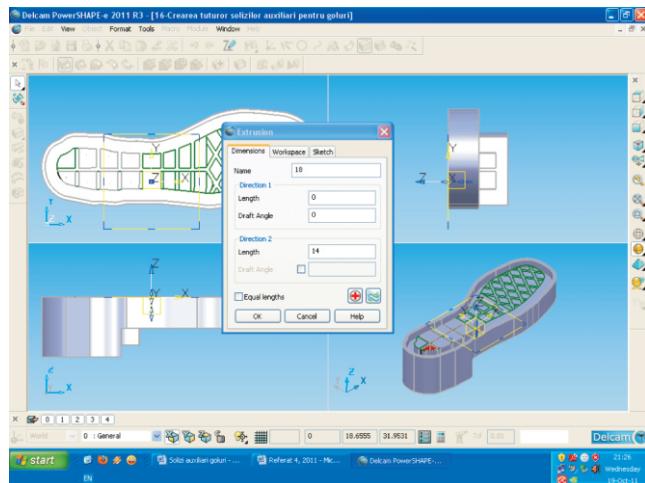


Figure 8. Obtaining the sole weight removal cavities  
Figura 8. Realizarea golorilor de ușurare ale tălpiei

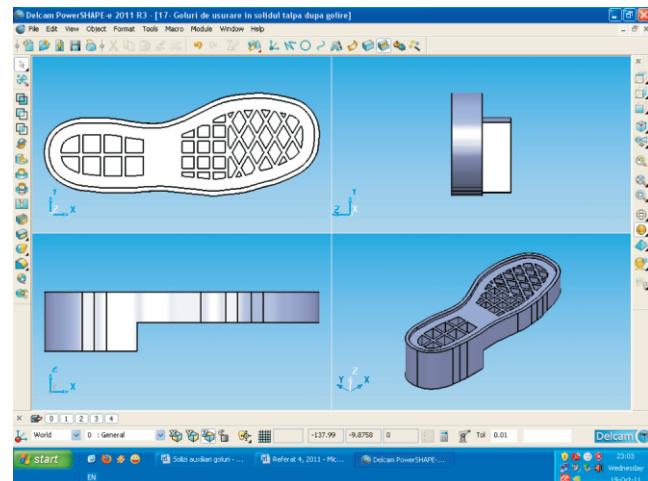
#### Step 10. Obtaining the Anti-Skid Relief

The work method is similar to that used to obtain the weight removal cavities [8, 9]. On the surface of the solid on which the anti-skid relief will be made, an auxiliary network is drawn which will be used to obtain the contours of the auxiliary solids that will be removed from the sole volume. Because the surface of the heel and the surface of the sole are situated on different levels, an auxiliary network will be drawn for each of these two zones. For each of the two surfaces a work-plane will be associated. The tool used for the creation of the work-planes is **Create a single workplane**. In order to draw the anti-skid relief design the **Create a single line** tool from the **Line** function and **Curve** function will be used.

Finally the drawings are used to obtain the composite curves using the **Create a Composite Curve by tracing** tool. The composite curves are used to obtain the auxiliary solids using the **Create one or more solid extrusion** tool in the **Solid** function.

The anti-skid relief will be obtained by removing or adding the auxiliary solids volume to the sole volume using the **Remove/Add the selected solid, surface or**

volumul tălpiei cu instrumentul **Remove the selected solid, surface or symbol from the active solid** din funcția **Feature**. Câteva operații sunt reprezentate în Figura 8.



#### Pasul 10. Realizarea reliefului antiderapant

Metoda de lucru este similară cu cea utilizată în cazul golorilor de ușurare [8, 9]. Pe suprafața solidului pe care se va realiza relieful antiderapant, se desenează o rețea ajutătoare care va determina contururile solizilor auxiliari care urmează să fie eliminate din volumul tălpiei. Deoarece suprafața tocui și suprafața tălpiei în zona anterioară sunt situate în planuri diferite, se va desena câte o rețea ajutătoare pentru fiecare dintre aceste regiuni. Celor două suprafețe li se vor asocia câte un plan de lucru. Instrumentul utilizat pentru crearea planurilor este **Create a single workplane**. Pentru trasarea desenelor reliefului antiderapant se vor utiliza funcția **Line** și instrumentele **Create a single line** și **Curve**.

Definitivarea desenelor se va face prin transformarea lor în curbe compuse cu instrumentul **Create a Composite Curve by tracing**. Curbele compuse se vor transforma în solzi auxiliari cu instrumentul **Create one or more solid extrusion** din funcția **Solid**.

Relieful antiderapant se va obține prin eliminarea sau adăugarea volumelor solizilor auxiliari în volumul tălpiei cu instrumentul **Add the selected solid, surface or symbol to the active solid** asociat funcției **Feature**.

**symbol to the active solid tool in the Feature function.** Steps of anti-skid relief drawing are shown in Figure 9.

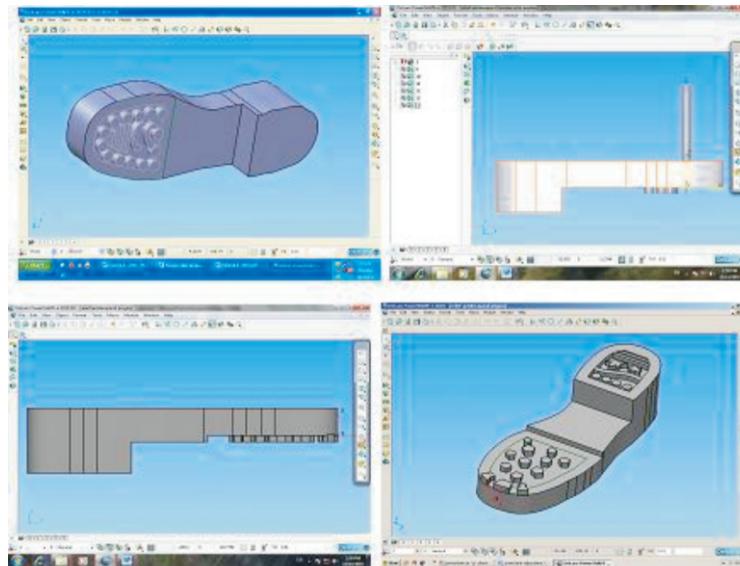


Figure 9. Obtaining the anti-skid relief  
Figura 9. Obținerea reliefului antiderapant

#### Step 11. Obtaining the Sole Templates, Designing the Mould Cavities Manufacturing Templates

By designing the sole the following templates are obtained: sole interior contour, sole exterior contour, sole contour with antiskid relief and longitudinal cross-section through the sole axis. To design the mould cavity, these templates will be increased by one of the available methods [9], using the contraction coefficient value of the polymeric blends used for the sole.

## CONCLUSIONS

The CAD/CAM systems developed by the big software companies are remarkable but most of them can only be used under commercial licence. The Delcam PowerSHAPE-e application, which was used for the development of the method presented in this paper, does not need a commercial licence. It can be downloaded free of charge from the developer company website.

Pașii de desenare a reliefului antiderapant sunt prezentati în Figura 9.

#### Pasul 11. Scoaterea şabloanelor tălpilor, proiectarea şabloanelor de execuţie a cavităţii matriţei

Se scoad şabloanele care au rezultat în urma proiectării tălpiei: şablon contur interior talpă, şablon contur exterior talpă, şablon contur talpă cu relief antiderapant, şablon secţiune longitudinală prin axa tălpiei. La proiectarea cavităţii matriţei este necesar ca aceste şabloane să fie majorate, prin una din metodele cunoscute [9], cu valoarea coeficienţilor de contractie a amestecurilor polimerice din care se formează.

## CONCLUZII

Sistemele CAD/CAM elaborate de mari companii producătoare de încălțăminte sunt remarcabile, numai că, în mareea lor majoritate, pot fi utilizate numai sub licență. Programul de desenare Delcam PowerSHAPE-e în care s-a elaborat metoda de proiectare din lucrare nu necesită licență și poate fi instalat în mod gratuit de pe site-ul producătorului.

The Delcam PowerSHAPE-e application provides a complete and intuitive environment for computer aided design. Unlike other CAD environments, in PowerSHAPE-e the surfaces and 3D solids are created with a minimum effort. The method presented in this paper is approachable to any category of designers with basic skills in CAD systems.

The developed method for the soles and mould design is suitable for both beginner and advanced designers. The hybrid modelling in PowerSHAPE-e combines perfectly the solid and surface modelling, providing the necessary flexibility to develop complex shapes like the footwear soles and mould cavities.

The developed method allows the inputting of the 3D last contour, the 3D sole design, inexhaustible diversification possibilities of the soles, the three-dimensional visualization of the sole models, obtaining the patterns or casts needed for the execution of the mould nests, determining the polymer blends volume needed to obtain the soles, etc.

The method elaborated can be used in advanced mould design where the soles are formed.

Programul Delcam PowerSHAPE-e oferă un mediu complet și ușor de utilizat pentru proiectarea de tip CAD. Spre deosebire de alte medii CAD, cu PowerSHAPE-e se pot crea supafe și solide 3D cu un efort minim. Metoda prezentată în lucrare este accesibilă tuturor categoriilor de proiectanți care au informații de bază în sistemul de proiectare CAD.

Metoda de proiectare elaborată poate fi folosită la proiectarea tălpilor și matrițelor pentru tălpi, atât de începători, cât și de proiectanții experimentați. Modelarea hibridă PowerSHAPE combină perfect modelarea solidului cu cea a suprafetei, având flexibilitatea necesară pentru dezvoltarea formelor complexe, cum sunt tălpile pentru încăltăminte și implicit cavitatele matrițelor.

Metoda elaborată permite introducerea conturului calapodului în 3D, proiectarea tălpilor în 3D, posibilități de diversificare inepuizabile a modelelor de tălpi, vizualizarea grafică tridimensională a modelelor de tălpi, obținerea şablonelor sau a mulajelor necesare executării cuiburilor matrițelor, determinarea volumelor de amestecuri polimerice necesare obținerii tălpilor etc.

Metoda elaborată poate fi utilizată în proiectarea avansată a matrițelor în care se formează tălpile.

## REFERENCES

1. Stein, M., Bowman, E., Pierce, G., Direct 3D. Professional Reference, New Riders Publishing, **2008**, ISBN 156-205-725-1.
2. Mărcuș, L., Aspects Regarding the Lasting of Footwear Uppers Using Different Technological Variants, *Annals of the Oradea University, Fascicle of Textile Leatherwork*, **2008**, 331-336, ISSN 1582-5590.
3. Kazmer, D., Injection Mold Design Engineering, Hanser Publisher Munich, **2007**, ISBN 978-1-56990-417.
4. Chirilă, E., Ionescu, C., Solutions of the Different Models of Cavities for Soles Obtaining, *Annals of the Oradea University, Fascicle of Textile Leatherwork*, Volume IX, **2008**, 313-318, ISSN 1582-5590.
5. Dragomir, A., Ionescu, C., The Main Research Directions in Injection Technologies For Footwear Precast, Proceedings of The International Scientific Conference UNITECH, Gabrovo, Bulgaria, **2007**, 168-173, ISSN 1313-230X.
6. Mihai, A., Şahin, M., Păstina, M., Harnagea, C.M., Footwear Design (in Romanian), Performantica Press, Iasi, **2009**, ISBN:978-973-730-465-6.
7. Drîşcu, M., Modeling of Planar and Spatial Forms of Footwear (in Romanian), Pim Press, Iași, **2008**, ISBN 978-606-520-233-7.
8. Luca, C., Mocanu, R., Geometrical Design Algorithms for Moulds Shoe Soles, *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, **2011**, vol. X (XX), no. 1, 2.54-2.61, ISSN 1583-0691.
9. Ionescu Luca, C., Mocanu, R., Design Molds for Shoes (in Romanian), Pim Press, Iași, **2010**, ISBN 978-606-13-0100-3.

10. Luca, C., Chirilă, E., Moulds with Interchangeable Cavities for the Forming of the Footwear Prefabricated Soles, *Annals of the Oradea University, Fascicle of Management and Technological Engineering*, **2011**, vol. X (XX), no. 2, 4.54-4.57, ISSN 1583-0691.
- 

Article received/Data primirii articolului: 16.01.2014

Accepted/Acceptat la data: 24.02.2014