

VALENTIN MEREUȚĂ

**BAZELE PROIECTĂRII PARAMETRICE
AUTODESK INVENTOR 2015**

VALENTIN MEREUȚĂ

**BAZELE PROIECTĂRII PARAMETRICE
AUTODESK INVENTOR 2015**



**EDITURA FUNDAȚIEI UNIVERSITARE
„Dunărea de Jos” – GALAȚI – 2015**

UNIVERSITATEA DUNĂREA DE JOS GALAȚI

Facultatea de Inginerie

Editura Fundației Universitare „Dunărea de Jos” din Galați
Este acreditată CNCSIS

©Editura Fundației Universitare

“Dunărea de Jos”, Galați, 2015

Director, prof. dr. Cosma Tudose

ISBN 978-973-627-554-8

www.editura.ugal.ro

editura@ugal.ro

Cuprins

Cuprins	4
Cuvânt Înainte	6
1 NOȚIUNI AVANSATE DE GRAFICĂ PE CALCULATOR	7
1.1 Introducere	7
1.2 Conceptul de proiectare asistată de calculator	7
1.3 Procesul de proiectare asistată de calculator. Descriere	8
1.4 Facilități ale sistemelor CAD	9
1.5 Autodesk Inventor. Introducere	10
1.6 Data de lansare și nume	11
2 NOȚIUNI DE BAZĂ ALE PROIECTĂRII ÎN INVENTOR	12
2.1 Aspectul ecranului și bara de instrumente	12
2.2 Deschiderea unui nou fișier și alegerea unităților de măsură.	13
2.3 Ecranul de start	14
2.3.1 Utilizarea mouse-ului	15
3 REALIZAREA MODELELOR SOLIDE PRIN OPERAȚII SPECIFICE	16
3.1 Realizarea unor modele solide simple prin extrudare	17
3.1.1 Modelarea plăcii de bază	20
3.1.2 Constrângeri geometrice	22
3.1.3 Vizualizarea modelului	25
3.1.4 Realizarea găurii cu diametrul de 30mm	26
3.1.5 Realizarea plăcii verticale	28
3.1.6 Realizarea decupării din placa verticală	32
3.1.7 Realizarea nervurii	34
3.1.8 Realizarea decupării din nervură	38
3.1.9 Salvarea modelului	40
3.1.10 Lucrări propuse realizate prin operația <i>Extrude</i>	42
3.2 Realizarea unor modele solide simple prin operația <i>Revolve</i>	47
3.2.1 Realizarea schiței	48
3.2.2 Realizarea modelului 3D	51
3.3 Multiplicarea obiectelor	53

3.3.1	Comanda <i>Rectangular</i>	53
3.3.2	Comanda <i>Circular</i>	54
3.3.3	Exemplu de utilizare a instrumentelor de multiplicare	56
3.3.4	Lucrări propuse realizate cu ajutorul comenzii <i>Revolve</i>	65
4	UTILIZAREA UNOR COMENZI COMPLEXE	67
4.1	Model realizat cu comanda <i>Sweep</i>	68
4.2	Lucrări propuse	83
5	CONFIGURĂRI DE BAZĂ	94
5.1	Configurarea intervalelor grid -ului	94
5.2	Configurarea unităților de măsură	95
5.3	Vizualizarea și editarea proprietăților materialului	96
6	MODIFICAREA SCHIȚEI ȘI A MODELULUI	98
7	RELAȚII PARAMETRICE	103
7.1	Vizualizarea parametrilor și a relațiilor dintre aceștia	105
7.2	Lucrări de final	108
	Bibliografie	119

Cuvânt Înainte

Scopul principal al Proiectării parametrice cu *Autodesk Inventor 2015* este de a introduce noțiuni de modelare solidă și modelare parametrică.

Această lucrare are ca scop inițierea studenților în tainele proiectării asistate de calculator utilizând *Autodesk Inventor 2015* ca instrument de modelare, capitolele prezentând pas cu pas tehnica realizării modelelor solide de bază, prin diferite metode de execuție.

În lucrare sunt prezentate o serie de aplicații care au ca scop inițierea utilizatorilor CAD în modelarea cu *Autodesk Inventor 2015*, fiind util și celor care au folosit versiuni mai vechi ale software-ului. Premisa de bază a acestei lucrări este aceea că realizarea mai multor modele utilizând *Autodesk Inventor*, conduce la o mai bună cunoaștere a software-ului. În acest sens, fiecare aplicație introduce un nou set de comenzi și concepte, bazându-se pe aplicațiile anterioare.

Această lucrare nu încearcă să acopere toate facilitățile oferite de *Autodesk Inventor 2015*, oferind doar baza modelării cu acest soft.

Autorul

1 NOȚIUNI AVANSATE DE GRAFICĂ PE CALCULATOR

1.1 Introducere

În contextul evoluției resurselor hard și soft din ultimii ani are loc și o dezvoltare implicită a proiectării asistate de calculator.

În prezent activitatea de proiectare nu mai poate fi concepută fără utilizarea calculatorului și a programelor de modelare și simulare.

Proiectarea asistată de calculator poate fi considerată ca o transformare a informațiilor care caracterizează obiectul proiectat cu ajutorul experienței acumulate despre proiectarea obiectelor în informație finală concretizată sub forma unor documente care reprezintă rezultatele proiectării.

Conform standardelor *„proiectare se numește procesul de concepere a descrierilor necesare creării unui obiect neexistent (a algoritmului de funcționare, algoritmului procesului) și care se realizează prin transformarea descrierii inițiale (temei de execuție), prin optimizarea parametrilor obiectului și a algoritmului de funcționare, prin înlăturarea incorectitudinilor descrierii inițiale și prin elaborarea consecutivă a descrierilor obiectului detaliat în diferite limbaje pentru diferite etape ale procesului de proiectare”*.

1.2 Conceptul de proiectare asistată de calculator

Proiectarea asistată de calculator, *„Computer-Aided Design”* – CAD, poate fi definită ca un proces de utilizare a unui sistem informatic, într-un domeniu larg de activități, pentru a asista ingineri, arhitecți și alte categorii profesionale în activitățile lor de proiectare, analiză și optimizare [1].

În prezent sunt utilizați și alți termeni care conțin cuvintele de bază *„Computer-Aided Design”*:

CADD „Computer Aided Design and Drafting/(Drawing)”, utilizarea sistemelor informatice în procesul de proiectare pentru realizarea desenele (documentației).

CAID „Computer Aided Industrial Design”, procesul în care proiectantul sau inginerul creează desene sau modele care definesc un produs înaintea fabricării.

CAAD „Computer Aided Architectural Design”, utilizarea sistemului informatic, de către arhitecți în activitățile de proiectare.

După proiectarea asistată de calculator, CAD, a unui produs și uneori după utilizarea *Ingineriei asistată de calculator*, (CAE „Computer Aided Engineering”), se poate trece la realizarea acestuia prin controlarea mașinii-unelte cu ajutorul calculatorului [2].

Fabricarea asistată de calculator CAM „Computer Aided Manufacturing” înseamnă utilizarea software-ului de calculator pentru a controla mașini-unelte și a utilajelor conexe în procesul de fabricație a pieselor [3].

Ingineria asistată de calculator CAE „Computer Aided Engineering”, cuprinde activități ingineresti în care sistemele de procesare a datelor sunt folosite în scopul îndeplinirii funcțiilor esențiale ca de ex: analize ingineresti (calcul de rezistență, calcul privind proprietățile de masă), optimizarea fabricației și realizarea calculelor economice [4].

1.3 Procesul de proiectare asistată de calculator. Descriere

Proiectarea asistată de calculator, în domeniul ingineriei, este practică în maniere diferite în funcție de cerințele impuse de beneficiar astfel că la un nivel simplu aceasta poate fi realizată folosind doar pachetul 2D, iar pentru o analiză mai complexă a pieselor se trece la modelarea parametrică tridimensională.

În prezent se folosesc două tipuri de proiectare tridimensională:

- proiectarea de „jos în sus” în care elementele componente sunt create folosind modelarea solidă, după care sunt asamblate într-o reprezentare tridimensională a produsului final. Ansamblurile astfel realizate pot fi utilizate pentru analiză, în scopul evaluării potrivirii componentelor în cadrul ansamblului și nu în ultimul rând pentru simularea dinamică a produsului final;

- proiectarea de „sus în jos”, la care se începe cu realizarea ansamblului după care se modelează elementele componente din cadrul ansamblului prin utilizarea muchiilor sau vârfurilor altor elemente, care există deja, putându-se controla forma și mărimea unui component prin stabilirea unor relații geometrice cu celelalte elemente.

1.4 Facilități ale sistemelor CAD

Sistemele CAD prezintă o serie de facilități, dintre acestea pot fi enumerate următoarele:

- realizarea geometriei de tip wireframe;
- modelarea solidă;
- modelarea suprafețelor cu formă liberă;
- realizarea subansamblurilor și ansamblurilor care sunt colecții de modele și/sau subansambluri;
- modificări ușoare ale proiectului, modificarea unei caracteristici duce automat la modificări atât în ansamblu cât și în desene.
- obținerea documentației ingineresti: (desene de execuție și lista materialelor necesare pentru realizarea pieselor);
- utilizarea componentelor standardizate conținute în librăria programului;
- posibilitatea realizării simulării proiectelor;
- posibilitatea importării și exportării atât a modelelor cât și a documentației între diferite programe;
- calculul unor proprietăți ale modelului (volum, moment de inerție etc.);

Cele mai utilizate programe în proiectarea asistată de calculator sunt:

- *Autodesk AutoCAD;*
- *Autodesk Inventor;*
- *SolidWorks;*
- *SolidEdge;*
- *Catia;*
- *Pro/Engineer;*
- *Unigraphics;*

1.5 Autodesk Inventor. Introducere

Autodesk Inventor este un soft de modelare parametrică 3D, produs de compania de software cu sediul în SUA, *Autodesk*, fiind cel mai bine vândut soft pentru proiectare mecanică de peste șapte ani consecutiv datorită abordării creative de simplificare și accelerare a procesului din faza de concepție până în faza de producție.

Spre deosebire de *AutoCAD*, *Inventor* se bazează pe tehnici avansate de modelare parametrică, folosind o abordare pe care *Autodesk* o numește „design funcțional”.

Utilizatorii programului *Inventor* încep prin proiectarea unor componente ale ansamblului numite „părți”. Aceste componente pot fi utilizate pentru realizarea unor subansambluri sau pot fi proiectate în contextul unui ansamblu.

Inventorul fiind un modelator parametric, nu trebuie să fie confundat cu programele CAD tradiționale, acesta fiind utilizat pentru proiectarea unor produse noi. În timp ce în programele CAD non-parametrice dimensiunile sunt bazate pe geometrie, un modelator parametric permite ca geometria să fie determinată de dimensiunile impuse. În cazul în care dimensiunile sunt modificate, geometria modelului respective se actualizează automat în funcție de noua dimensiune. *Inventor* are, de asemenea, instrumente pentru crearea de componentelor din tablă, permite realizarea ansamblurilor sudate și începând cu versiunea 10, un modul pentru redarea animată a modelelor numit *Inventor Studio*.

Componentele de bază realizate în *Inventor* sunt „părțile”. Acestea se realizează prin transformarea unor schițe 2D în solide. Modelarea solidă se realizează urmând trei etape: realizarea schiței 2D; aplicarea constrângerilor dimensionale și geometrice și transformarea schiței 2D în model solid.

Cel mai important aspect al acestei modelări este că toate schițele și transformările 3D pot fi editate ulterior, fără a reface întreaga parte. Acest sistem de modelare este mult mai intuitiv decât într-un sistem de modelare mai vechi, în care, dacă se dorește schimbarea unei dimensiuni de bază, de obicei, se șterge modelul și se începe unul nou.

„Părțile” astfel obținute sunt apoi utilizate pentru realizarea unor „ansambluri”. Ansamblurile pot fi compuse din „părți” și alte componente din librărie. „Părțile” sunt unite prin impunerea unor constrângeri între suprafețe, margini, puncte și axe. Această metodă de modelare permite crearea unor ansambluri foarte mari, complexe, unele

proiecte putând avea mai multe subsansambluri. *Inventor* utilizează formate de fișiere specifice pentru părți (.IPT), ansambluri (.IAM) și desene (.IDW sau .DWG).

Formatul de fișier DWG poate fi, de asemenea, importat/exportat.

1.6 Data de lansare și nume

Prima versiune, *Inventor 1*, a apărut în anul 1999, și până în prezent au fost lansate 20 versiuni, uneori câte două sau chiar trei pe an, versiunea actuală fiind *Inventor 2015*. Începând cu versiunea lansată în Aprilie 2007 (*Inventor 2008*) s-a trecut la denumirea suitelor în funcție de an.

Primele versiuni ale programului *Autodesk Inventor* au fost dezvoltate cu un nume de cod luat de la un autovehicul celebru. Începând cu *Inventor11* toate versiunile au ca nume de cod, numele unui inventator celebru sau al unui om de știință:

1.	Inventor 1	„Mustang”	20 sept 1999
2.	Inventor 2	„Thunderbird”	1 martie 2000
3.	Inventor 3	„Camaro”	1 august 2000
4.	Inventor 4	„Corvette”	1 decembrie 2000
5.	Inventor 5	„Durango”	17 septembrie 2001
6.	Inventor 5.3	„Prowler”	30 ianuarie 2002
7.	Inventor 6	„Viper”	15 octombrie 2002
8.	Inventor 7	„Wrangler”	18 aprilie 2003
9.	Inventor 8	„Cherokee”	15 octombrie 2003
10.	Inventor 9	„Crossfire”	15 iulie 2004
11.	Inventor 10	„Freestyle”	6 aprilie 2005
12.	Inventor 11	„Faraday”	6 aprilie 2006
13.	Inventor 2008	„Goddard”	11 aprilie 2007
14.	Inventor 2009	„Tesla”	16 aprilie 2008
15.	Inventor 2010	„Hopper”	27 februarie 2009
16.	Inventor 2011	„Sikorsky”	25 martie 2010
17.	Inventor 2012	„Brunel”	21 martie 2011
18.	Inventor 2013	„Goodyear”	27 martie 2012
19.	Inventor 2014	„Franklin”	26 martie 2013
20.	Inventor 2015	„Dyson”	27 martie 2014
21.	Inventor 2016	„Shelby”	16 aprilie 2015

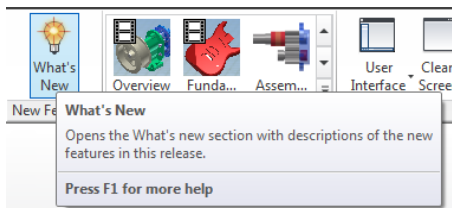
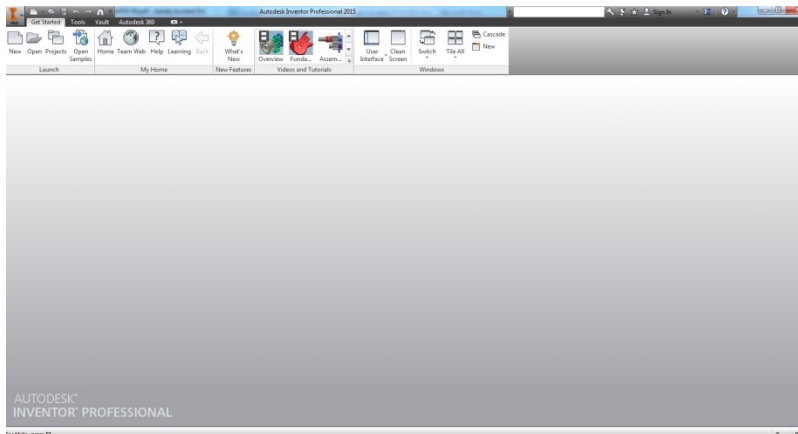
2 NOȚIUNI DE BAZĂ ALE PROIECTĂRII ÎN INVENTOR

Autodesk Inventor este compus din mai multe module de aplicații software (aceste module sunt numite aplicații), toate având în schimb o bază de date comună. În acest capitol se pune accentul pe modelarea solidă utilizată în procesul de proiectare.

Rularea programului depinde de tipul și de configurarea sistemului utilizat. Cu cele mai multe sisteme Windows, se poate selecta *Autodesk Inventor* din meniul *Start* sau se poate selecta pictograma *Autodesk Inventor* de pe desktop.

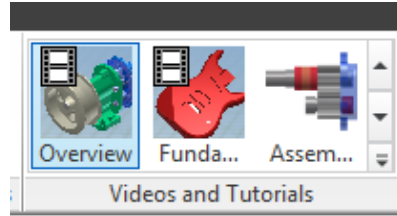
2.1 Aspectul ecranului și bara de instrumente

Odată ce programul este încărcat, se deschide fereastra *Autodesk Inventor* pe ecran, cu opțiunile barei de instrumente activate.

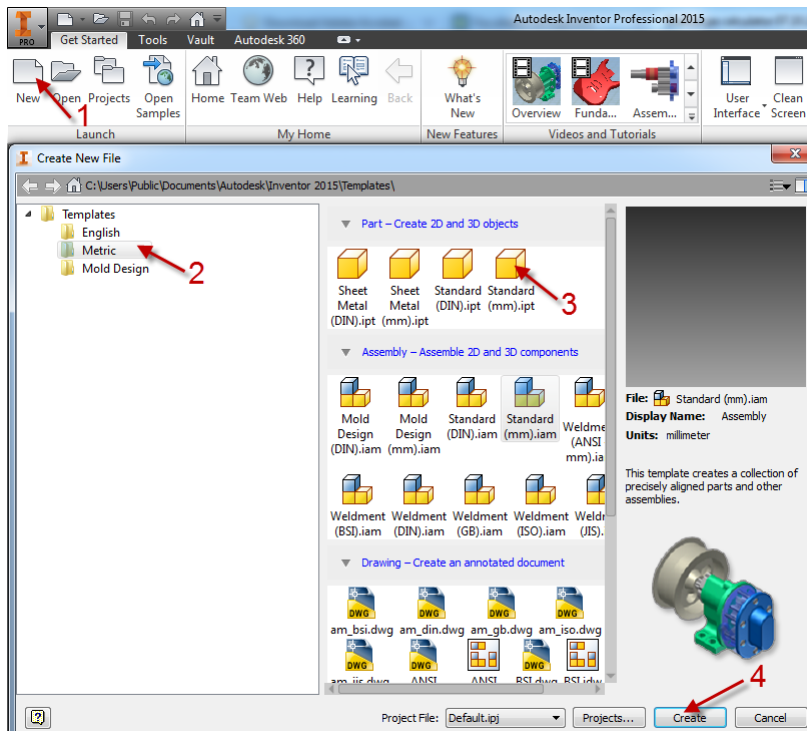


Se poate reține faptul că în bara de instrumente se găsesc informații utile în ceea ce privește utilizarea software-ului *Inventor*. Dacă se face clic pe *What's New*, va fi realizată conexiunea la internet și se pot afla care sunt noutățile incluse în această versiune de *Autodesk Inventor*.

Tot aici sunt prezentate o serie de tutoriale video în care sunt prezentate o serie de aplicații de bază în ceea ce privește modelarea solidă cu *Autodesk Inventor*



2.2 Deschiderea unui nou fișier și alegerea unităților de măsură.

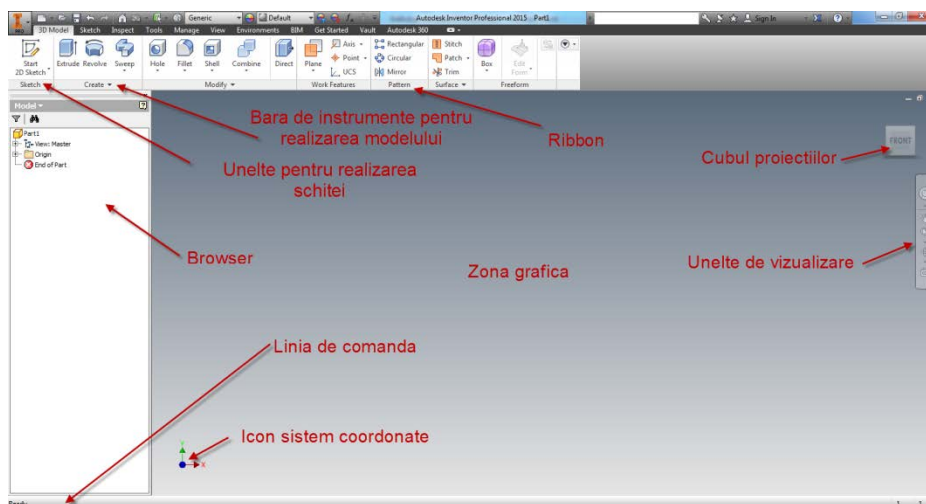


Atunci când se începe o nouă sesiune de lucru se deschide un nou fișier CAD și primul lucru care ar trebui făcut este alegerea unităților de măsură utilizate. În continuare, pentru realizarea unei părți, se alege sistemul metric, prin selectarea pictogramei *Standard (mm).ipt*, ca în figură.

Celelalte pictograme sunt template-uri pentru diferite tipuri de modelare. Tipul de fișier *.idw* este pentru realizarea desenelor de execuție, tipul de fișier *.iam* este utilizat pentru realizarea ansamblurilor, iar tipul de fișier *.ipn* pentru realizarea animației unui ansamblu.

Pentru a accepta opțiunile selectate, se face clic pe *Create*, în caseta de dialog *Create New File*.

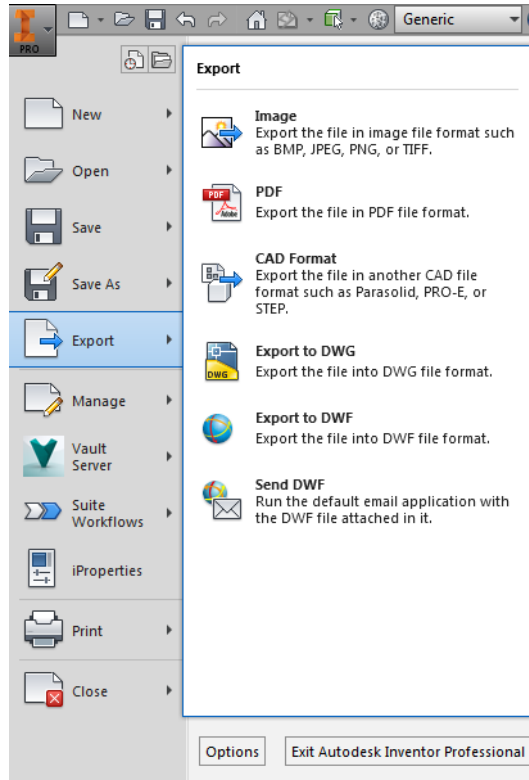
2.3 Ecranul de start



Ecranul de start implicit al programului conține: bara de instrumente standard, bara de instrumente pentru realizarea schiței, bara de instrumente pentru transformarea schiței în model 3D, zona de desenare, *browser* etc.

Ribbonul este o caracteristică nouă începând cu versiunea *Autodesk Inventor 2011* și este compusă dintr-o serie de panouri de instrumente, oferind o paletă compactă cu toate instrumentele necesare pentru a realiza modelul. Săgeata verticală de lângă orice pictogramă indică comenzi suplimentare care sunt disponibile pe panoul extins, acesta putând fi accesat făcând clic pe săgeata verticală.

Meniul de aplicații din colțul din stânga sus al ferestrei principale conține instrumente pentru toate operațiile ce pot fi făcute cu fișierele, cum ar fi deschidere, salvare, export, printare etc.



2.3.1 Utilizarea mouse-ului

În procesul de învățare a utilizării programului *Autodesk Inventor*, este important să se înțeleagă funcțiile de bază ale butoanelor mouse-ului.

- Butonul din stânga al mouse-ului este folosit pentru cele mai multe operații, cum ar fi selectarea meniurilor și pictogramelor, sau pentru realizarea elementelor grafice.

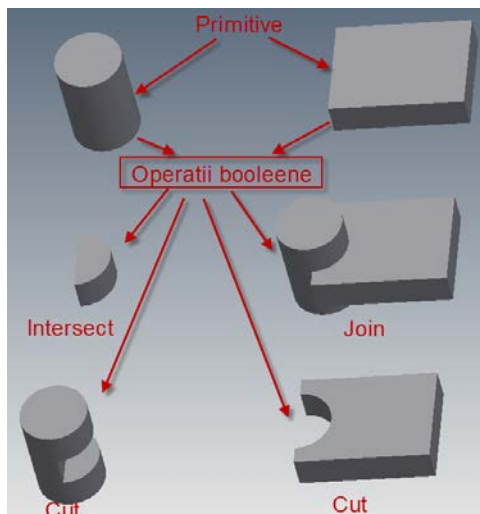
- Butonul din dreapta al mouse-ului este folosit pentru a activa opțiuni suplimentare disponibile. Software-ul utilizează, de asemenea, butonul din dreapta al mouse-ului la fel ca tasta *Enter*, și este adesea folosit pentru a accepta setarea implicită la o comandă sau pentru a încheia un proces.

- Butonul mouse-ului din mijloc poate fi folosit pentru *Pan* (se ține apăsat butonul și se trage mouse-ul) sau *Zoom* (se rotește roata).

3 REALIZAREA MODELELOR SOLIDE PRIN OPERAȚII SPECIFICE

Unul din progresele marcante în ceea ce privește modelarea solidă a fost dezvoltarea metodei *Constructive Solid Geometry (CSG)*, în anii 1980, care descrie modelul solid și combinațiile solidelor primitive pentru realizarea acestuia. Primitivele de bază utilizate în construcția formelor complexe includ de obicei prisma dreptunghiulară, cilindrul, conul, sfera și torul.

Două obiecte solide pot fi combinate într-unul singur în diferite moduri, folosind operații cunoscute sub numele de operații booleene. Există trei operații booleene de bază: *Join* (Unirea), *Cut* (Diferența), și *Intersect* (Intersecția). Operația *Join* combină cele două solide într-un singur solid. Operația *Cut* scade volumul unui obiect solid din alt solid. Operațiunea *Intersect* păstrează volumul comun ambelor obiecte solide.



Tehnica de modelare parametrică permite modificarea caracteristicilor geometrice ale modelului în orice moment al proiectării prin redefinirea unor dimensiuni. Modelarea parametrică se realizează prin identificarea și crearea unor caracteristici cheie ale proiectului cu ajutorul software-ului.

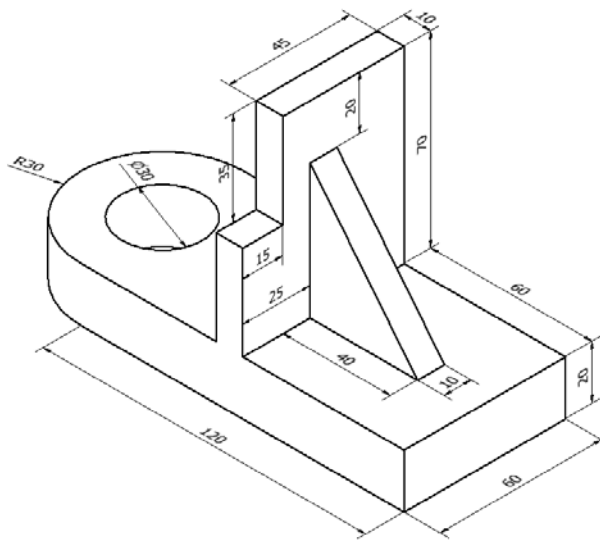
Variabilele de proiectare, descrise în schițe pot fi definite ca relații parametrice ce pot fi apoi utilizate pentru a modifica rapid și a actualiza proiectul. Se poate menționa faptul că software-ul ține permanent legătura între parte, ansamblu și desene, astfel că o

modificare adusă unei părți a unui ansamblu se va actualiza automat în ansamblu și în desenele ce au în componență acea parte.

Procesul de modelare parametrică implică următoarele etape:

1. Realizarea unei schițe, în funcție de datele de proiectare;
2. Aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței;
3. Transformarea schiței 2D în model 3D aplicând uneltele specifice modelării solide;
4. Realizarea desenelor de ansamblu și de execuție.

3.1 Realizarea unor modele solide simple prin extrudare

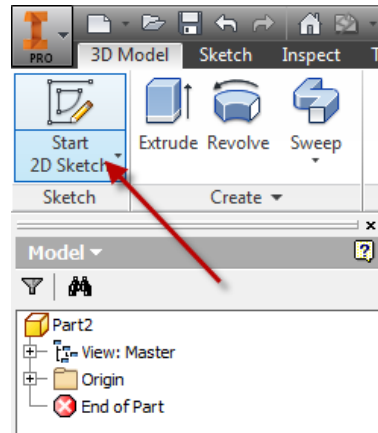


Modelele solide obținute, prin extrudare, au la bază generarea de contururi plane, închise, cărora li se asociază a treia dimensiune. Este cea mai utilizată operație de realizarea a modelelor solide.

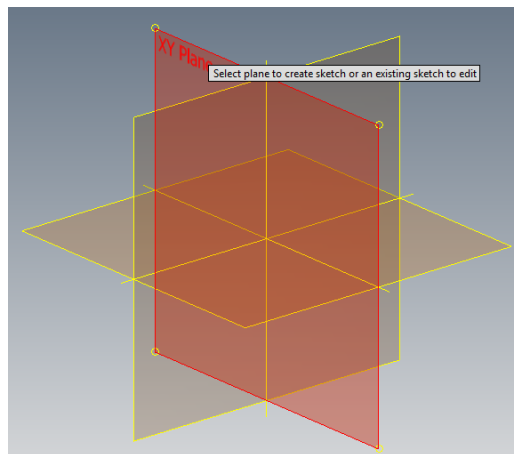
Realizarea modelului începe prin deschiderea unui nou fișier și selectarea unui *Template*, urmând secvența:

New → *Metric* → *Standard mm.(ipt)* → *Create*;

Se activează iconul *Start 2D Sketch* făcând click stânga pe butonul mouse-ului.

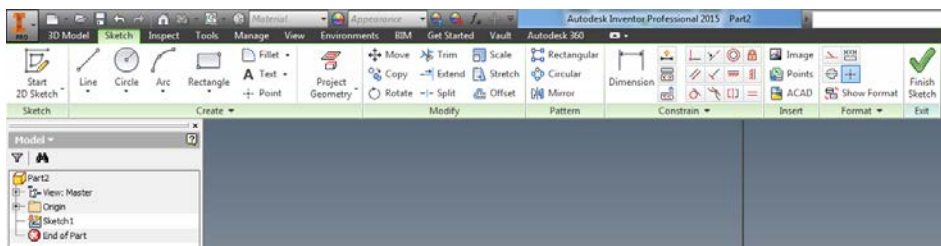


Se mută cursorul, în zona grafică, pe marginea planului pe care se dorește să se lucreze (aici planul XY). Când planul XY este evidențiat, se face clic stânga o dată pentru a selecta planul pentru realizarea schiței.



Planul pe care se realizează schița este locul în care sunt create desene bidimensionale. Se reține faptul că se poate realiza schița pe oricare din cele trei plane de referință.

Se observă faptul că după selectarea planului de lucru se activează comenzile pentru realizarea schiței.



Modelarea se realizează prin parcurgerea succesivă a etapelor:

1. Realizarea schiței după datele de proiectare;
2. Aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței;

Transformarea schiței 2D în model 3D cu ajutorul comenzilor specifice modelării solide

În timpul etapei de proiectare a unui model, în general, nu se cunosc precis toate dimensiunile, cu toate acestea cele mai multe sisteme CAD convenționale cer utilizatorului să introducă dimensiunile precise pentru toate entitățile geometrice care definesc desenul. Cu ajutorul modelării parametrice, se poate utiliza calculatorul pentru a realiza designul unui model încă din faza de proiectare inițială. Cu *Autodesk Inventor*, se poate folosi calculatorul ca un *Sketchpad* electronic pentru a ajuta utilizatorul să se concentreze pe realizarea formelor și dimensiunilor necesare proiectării. Această abordare este principalul avantaj al modelării parametrice față de metodele clasice de proiectare.

Schița realizată inițial, nu este precisă, în ceea ce privește atât dimensiunile cât și forma exactă. În *Autodesk Inventor* se realizează inițial o schiță care seamănă cu forma dorită, nefiind necesar ca aceasta să se realizeze la scară sau să aibă dimensiuni precise. Pentru definitivarea schiței *Inventorul* oferă multe instrumente utile în finalizarea schiței. De exemplu, entitățile geometrice, cum ar fi liniile sunt setate automat orizontale și verticale.

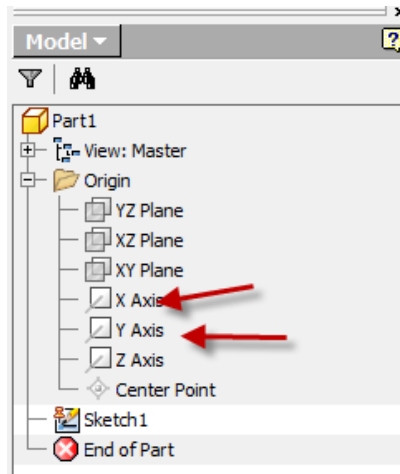
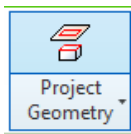
Cu toate facilitățile oferite de soft pentru realizarea cât mai ușoară a unei schițe este bine să se respecte câteva indicații:

- *Realizarea unei schițe proporționale cu forma dorită;*
- *Inițial se realizează schița fără teșituri și racordări, acestea putând fi ușor plasate la final;*
- *În cazul trasării unor linii sub un unghi apropiat de 90 de grade este bine ca inițial acesta să fie mai mic, urmând să fie apoi modificat cu ajutorul constrângerilor, astfel încât Inventorul să nu presupună că acesta este un unghi drept;*
- *Se recomandă ca geometria creată să nu se intersecteze;*
- *Pentru transformarea schiței în volum 3D este necesar ca aceasta să formeze o regiune închisă.*

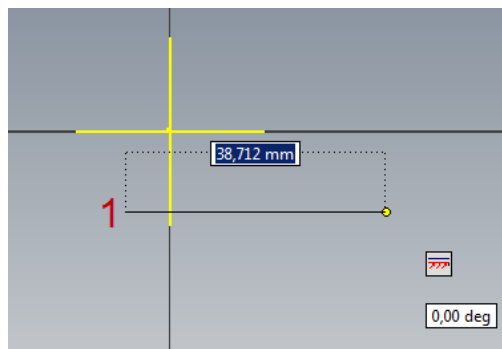
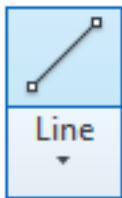
3.1.1 Modelarea plăcii de bază

Etapa I. Realizarea schiței

Pentru ușurința realizării schiței se va poziționa aceasta în centrul sistemului de coordonate prin activarea comenzii *Project Geometry* și selectarea axelor din *Browser*.



Se realizează schița cu ajutorul comenzii *Line*.

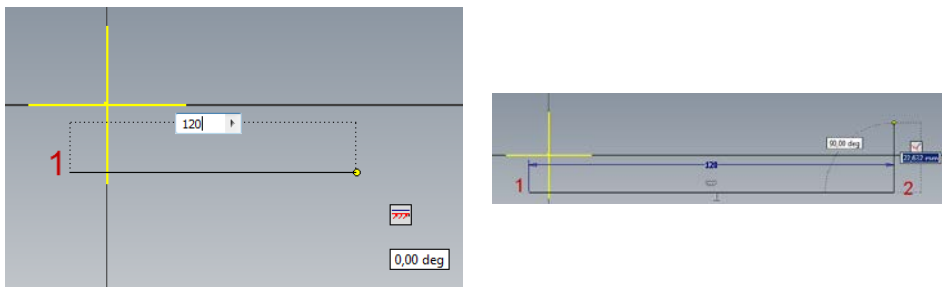


Dacă se mută cursorul pe pictograma *Line* se observă că utilizând această comandă se pot realiza atât linii cât și arcuri de cerc tangente la aceste linii. Se selectează pictograma făcând click o dată pe butonul din stânga al mouse-ului, având ca efect activarea comenzii pentru realizarea liniei. Se indică punctul de pornire (1), făcând click stânga în zona grafică sub axa Z.

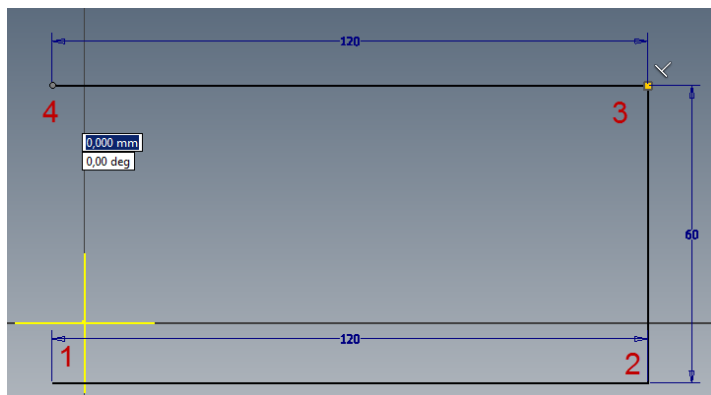
Observație: Cursorul își schimbă forma de la săgeată la o cruciuliță după activarea unei comenzi.

Pe măsură ce se deplasează cursorul grafic, se activează un afișaj lângă cursor și comentarii în linia de comandă, în partea de jos a ferestrei. Afișajul oferă locația cursorului, lungimea liniei, și unghiul liniei măsurat față de orizontală. Dacă se mută cursorul în jur se observă diferite simboluri care apar în zona de lucru.

Afișajul care apare lângă cursor este o opțiune nouă introdusă în versiunile noi ale programului fiind denumită *intrare dinamică*. *Intrarea dinamică* poate fi utilizată pentru introducerea valorilor exacte, dar utilizarea sa este limitată în modelarea parametrică.

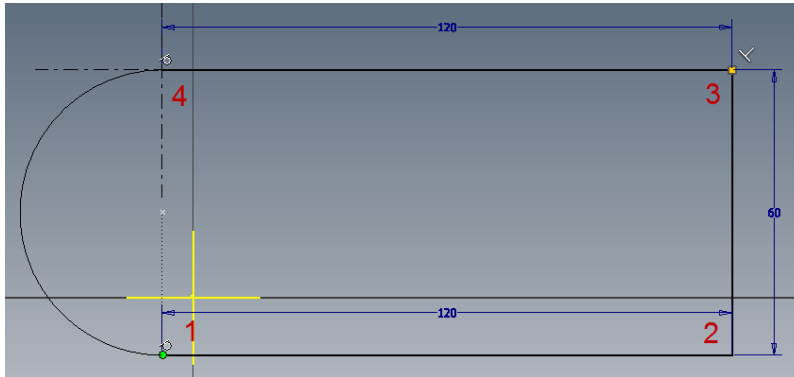


Se mută cursorul spre partea dreapta a zonei grafice și se realizează o linie orizontală după cum se arată mai jos (punctul 2). În caseta de lângă cursor se introduce valoarea lungimii liniei, aici 120mm. Se mai observă apariția unor simboluri ce indică constrângerile geometrice, se indică faptul că linia trasată este orizontală.



Pentru continuarea conturului schiței se definesc punctele 3 și 4, conform figurilor, cele două linii având 60mm și respectiv 120mm.

La mutarea cursorului pentru realizarea celor două puncte se observă și constrângerile geometrice care definesc relațiile dintre linii realizate.

















Pentru finalizarea schiței se ține click stânga apăsat și se tragează cu mouse-ul un arc de cerc conform figurii. Se închide arcul de cerc doar atunci când la capătul liniei apare un punct galben care indică faptul că există o coincidență între punctul de început (1) și capătul arcului de cerc și apar și constrângerile geometrice care indică faptul că arcul de cerc este tangent la cele două linii.

3.1.2 Constrângeri geometrice

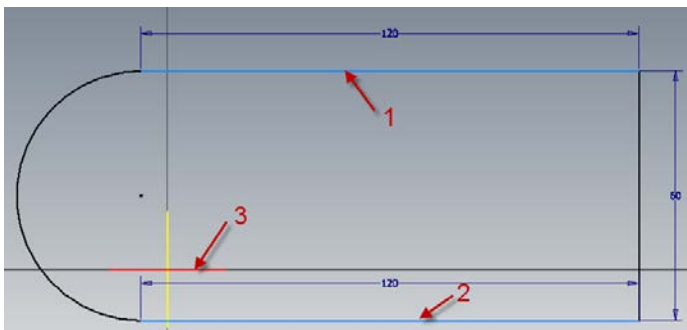
Autodesk Inventor afișează diverse simboluri pentru a vă arăta existența anumitor constrângeri: coincidențe, perpendicularitate, tangențe etc. Aceste constrângeri sunt folosite pentru a impune anumite restricții schiței. Dacă se dorește eliminarea constrângerilor în timpul realizării schiței, se ține apăsată tasta [Ctrl] creând în același timp schița.

Constrângeri realizate în Inventor:

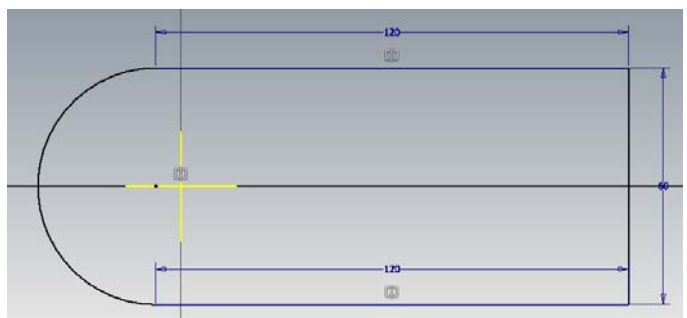
	<i>Horizontal</i> - arată că linia este orizontală		<i>Coincident</i> – constrânge un punct să fie situat pe o altă entitate
	<i>Vertical</i> – indică faptul că linia este verticală		<i>Symmetric</i> – constrânge 2 linii să fie simetrice față de altă linie
	<i>Perpendicular</i> – arată că linia este perpendiculară cu altă entitate		<i>Smooth</i> – creează o curbă între o linie curbă și altă entitate
	<i>Parallel</i> – indică paralelismul a două linii		<i>Fix</i> – fixează un punct, sau altă entitate într-o poziție relativă față de sistemul de referință

	<p><i>Collinear</i> – mută 2 sau mai multe segmente de dreaptă pe aceeași linie</p>		<p><i>Tangent</i> – constrânge o curbă să fie tangentă la o altă entitate</p>
	<p><i>Concentric</i> – face ca două arcuri, cercuri sau elipse să aibă același centru</p>		<p><i>Equal</i> – constrânge entități de același fel să aibă aceleași dimensiuni</p>
	<p><i>Automatic Dimension and Constraints</i> – afișează automat toate dimensiunile existente ale unei schițe</p>		<p><i>Show Constraints</i> – afișează constrângerile geometrice aplicate unui element al schiței</p>

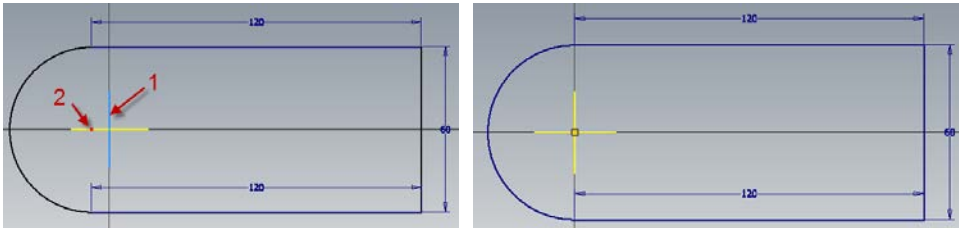
Centrarea schiței se face cu ajutorul constrângerilor. Se va utiliza constrângerea *Symmetric* pentru așezarea simetrică a schiței față de axa X și *Coincident* pentru fixarea centrului arcului de cerc în centrul sistemului de referință.



Se face click pe pictograma *Symmetric*, după care se selectează pe rând liniile și axa X conform figurii. Indicații despre ordinea de selectare sunt arătate și în *Linia de comandă*.

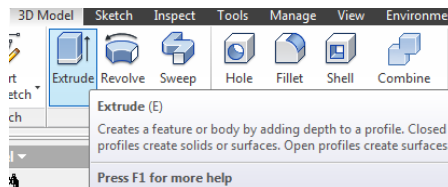
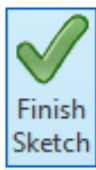


Pentru fixarea centrului arcului de cerc în centrul sistemului de coordonate se lansează constrângerea *Coincident* și apoi se selectează pe rând centrul cercului și axa Y. Schița în final va arăta astfel:



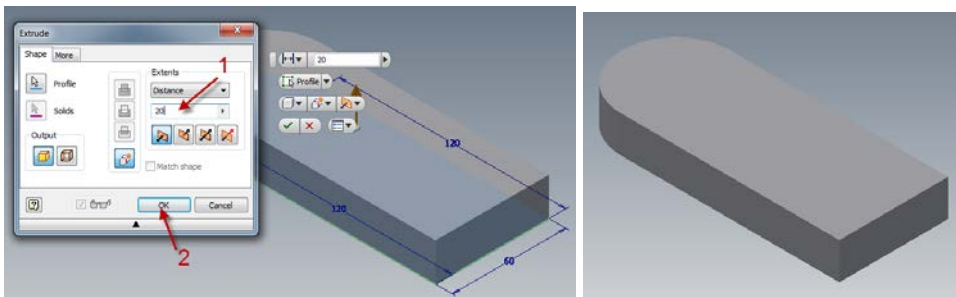
Etapa II. Transformarea schiței în model 3D

Pentru trecerea la comenzile de transformare a schiței în model 3D, se indică faptul că schița este finalizată și se apasă pe pictograma *Finish Sketch*.



Extrudarea unui profil 2D este una dintre cele mai utilizate metode pentru a realiza piese 3D. Se pot extruda fețe plane de-a lungul unei direcții și se poate preciza, de asemenea, o valoare de extrudare cât și direcția în care se dorește să se realizeze aceasta, existând și posibilitatea extrudării în ambele sensuri, la versiunile noi ale *Inventorului* există posibilitatea extrudării atât simetrice cât și asimetric față de un plan.

Pentru modelul realizat se introduce valoarea de 20mm pentru extrudare și se finalizează comanda.








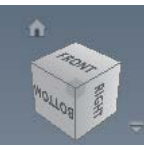



Observație: După finalizarea comenzii se remarcă faptul că toate dimensiunile au dispărut din zona grafică, însă toate definițiile parametrice sunt stocate în baza de date ale Inventorului ele putând fi afișate și editate în orice moment.

3.1.3 Vizualizarea modelului

Autodesk Inventor oferă mai multe moduri de a afișa vederile tridimensionale ale modelului. Sunt disponibile mai multe opțiuni care permit vizualizarea rapidă a modificărilor aduse modelului. Dacă se apasă tasta funcțională *F6* o dată se ajustează în mod automat mărimea modelului pe ecran și indiferent de poziția modelului acesta va reveni la poziția izometrică.

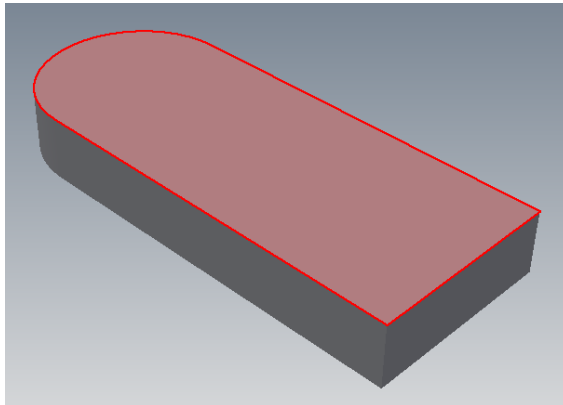
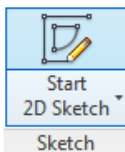
Se reține faptul că cele mai multe dintre comenzile legate de vizualizare pot fi accesate cu ajutorul uneltelor de vizualizare din partea dreaptă a ferestrei grafice.

		<i>Pan</i> - se deplasează vederea din zona grafică în orice direcție plană
		<i>Zoom all</i> – se mărește suprafața vizualizată astfel încât să fie vizibile toate elementele în zona grafică
		<i>Zoom window</i> – se definește o zonă de vizualizare care umple zona grafică
		<i>Zoom selected</i> – se selectează o muchie, o linie, un plan care umple zona grafică
		<i>Free orbit</i> – se rotește modelul în jurul unui punct central sau în jurul unei axe
		<i>Look at</i> – afișează suprafața plană pe display.
	Cubul proiecțiilor, <i>ViewCube</i> , este un instrument de navigare 3D care apare, în mod implicit, atunci când se deschide aplicația. <i>ViewCube</i> este definit de un set de butoane care permite comutarea între vederile izometrice și cele standard. Atunci când cursorul este poziționat deasupra butonului <i>ViewCube</i> acesta devine activ și cu un singur click stânga permite trecerea la unul dintre punctele de vedere disponibile presetate, sau se poate reveni la vizualizarea izometrică inițială a modelului.	

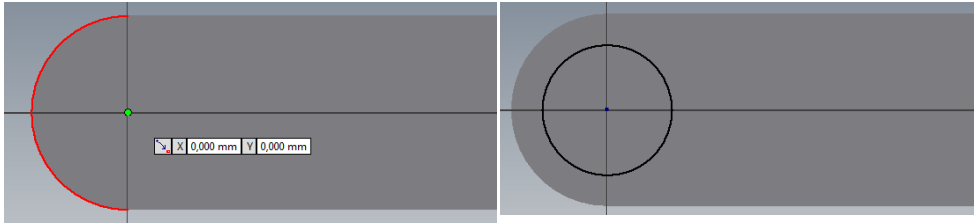
	<p>Roata de navigare, <i>Full Navigation Wheel</i>, conține diferite instrumente de navigare. Cu ajutorul acesteia se poate manipula vizualizarea curentă a unui model în diferite moduri, având mai multe opțiuni ca:</p> <p><i>Zoom</i> - modifică mărimea modelului;</p> <p><i>Rewind</i> - Restabilește punctul de vedere anterior;</p> <p><i>Center</i> - Se centrează modelul după poziția cursorului;</p> <p><i>Orbit</i> - permite rotirea liberă 3D cu ajutorul butonului din stânga al mouse-ului.</p> <p><i>Pan</i> - permite deplasarea modelului în orice direcție prin click stânga și deplasarea mouse-ului.</p>
---	---

3.1.4 Realizarea găurii cu diametrul de 30mm

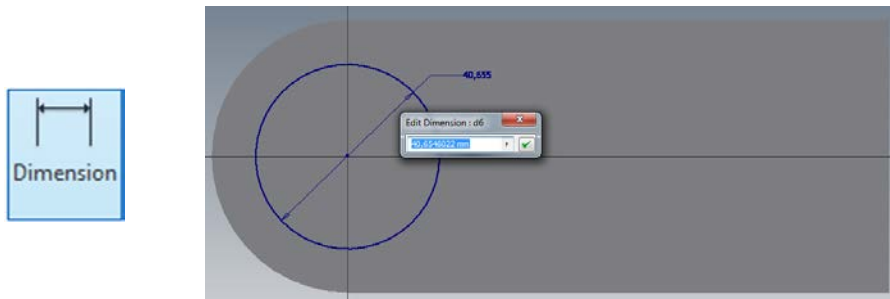
După cum se poate observa în această etapă a modelării comenzile pentru realizarea schiței sunt inactivate. Pentru activarea acestora se indică ca plan al schiței o față plană, prin activarea comenzii, *Start 2D Sketch*, apoi se face click pe suprafața superioară a plăcii.



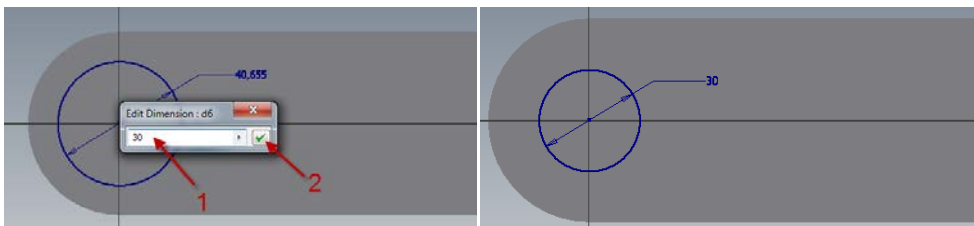
Se observă faptul că s-au activat comenzile pentru realizarea unei noi schițe. Pentru realizarea găurii, se realizează un cerc concentric cu arcul de cerc creat pe prima schiță și care va avea diametrul de 30 mm.



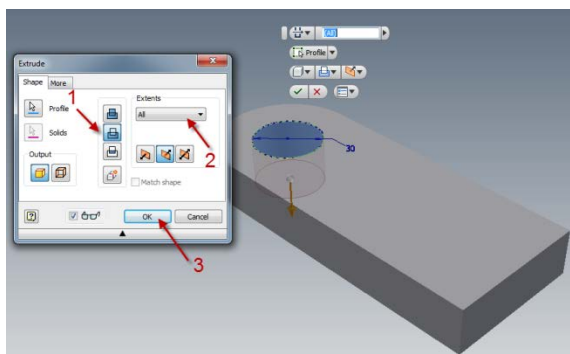
De această dată nu se introduce diametrul cercului ci se va modifica dimensiunea după construcția acestuia.



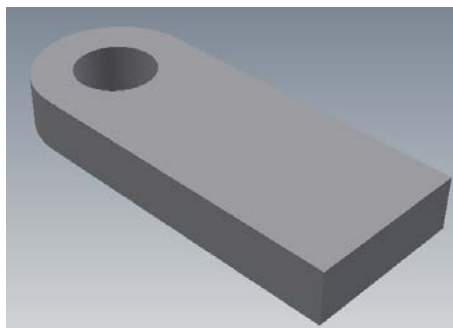
După realizarea cercului se activează comanda *Dimension*, apoi se selectează cercul construit anterior. Se observă că inițial diametrul acestuia are o anumită valoare ce se poate modifica prin indicarea valorii dorite. Automat prin confirmarea valorii introduse cercul își modifică diametrul.



După finalizarea schiței se trece la etapa a II a aceea de realizare a găurii. La fel ca și la realizarea primei părți a modelului se apasă pe pictograma *Finish Sketch*, apoi se activează comanda de extrudare.



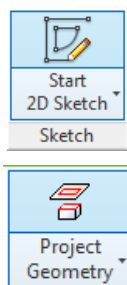
De această dată după selectarea suprafeței ce se dorește a fi extrudată (suprafața definită de cercul cu ϕ 30), dacă aceasta nu se selectează automat, se indică faptul că se dorește o extrudare cu tăiere a întregului model.



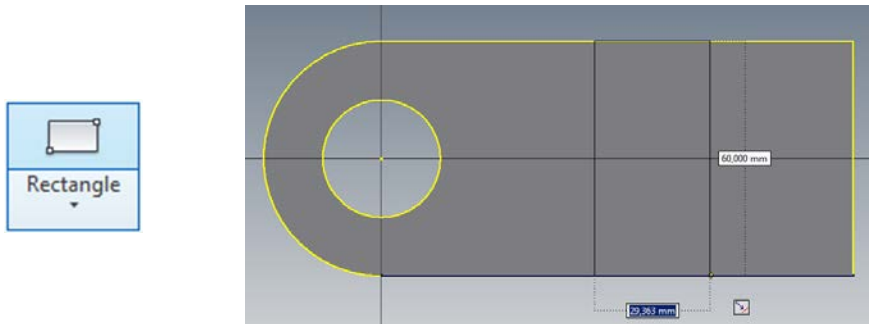
Observație: În general nu este necesar să se indice direcția de extrudare deoarece aceasta este intuitiv de program astfel încât să se poată realiza decuparea.

3.1.5 Realizarea plăcii verticale

Pentru continuarea modelului planul de lucru se va stabili pe suprafața superioară a plăcii, se activează comanda *Start 2D Sketch*, apoi se face click pe suprafața superioară a modelului.

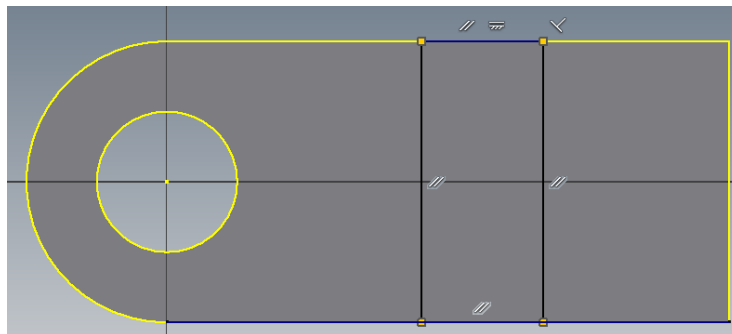


Se utilizează comanda *Project Geometry*, care are ca efect proiectarea muchiilor, nodurilor sau a altor curbe ale modelului pe planul curent de lucru. După lansarea comenzii se selectează fața modelului și se observă evidențierea conturului modelului.



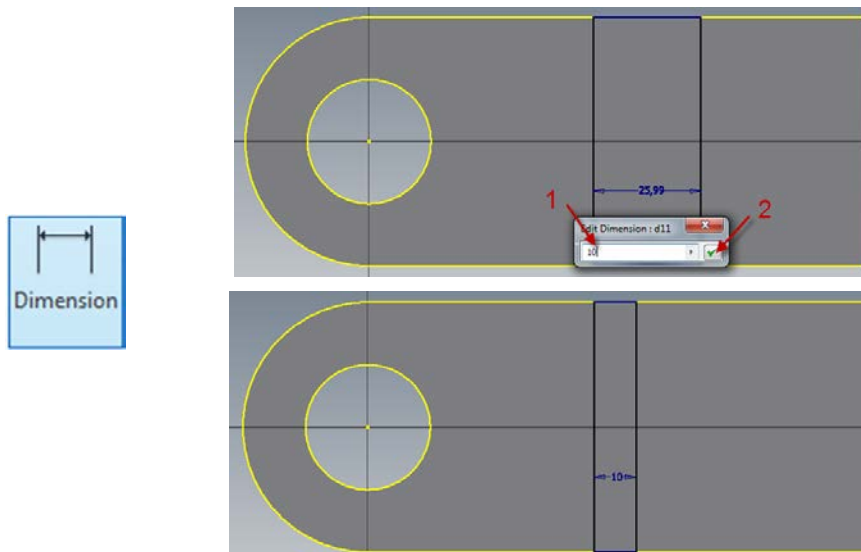
Se realizează un dreptunghi prin indicarea a două colțuri diagonale opuse, cu ajutorul comenzii *Rectangle*, fără a se indica inițial o valoare pentru lățimea dreptunghiului.

Observație: Indicarea celor două colțuri se va face pe conturul activat anterior.

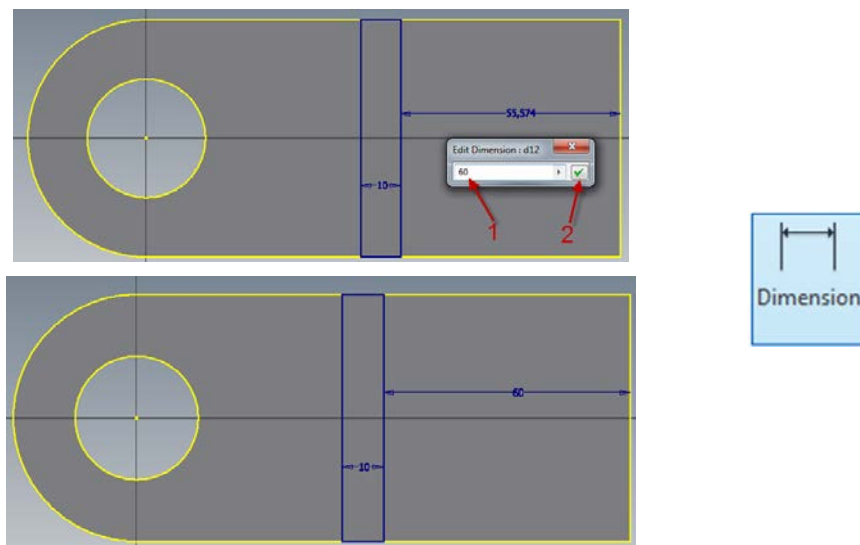


Se pot observa constrângerile geometrice existente după realizarea dreptunghiului, paralelismul dintre laturi, perpendicularitatea dintre două laturi apropiate și faptul că toate colțurile dreptunghiului sunt situate pe conturul plăcii realizate anterior.

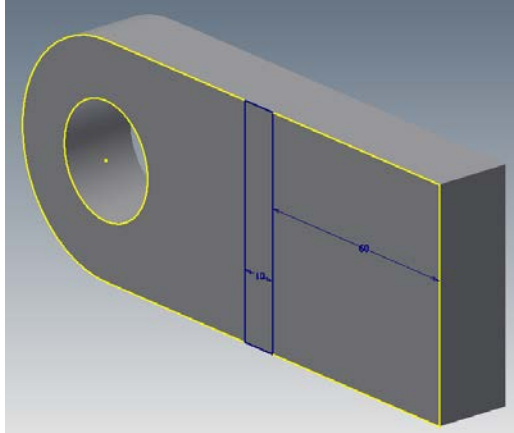
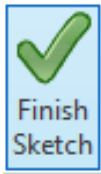
Se trece la dimensionarea distanței dintre cele două laturi, prin activarea comenzii *Dimension* și indicarea pe rând a celor două laturi și a distanței dintre ele.



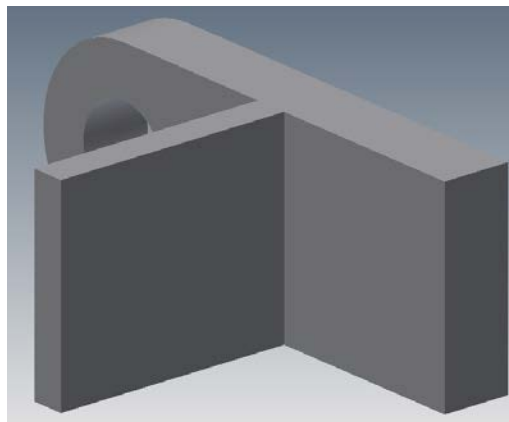
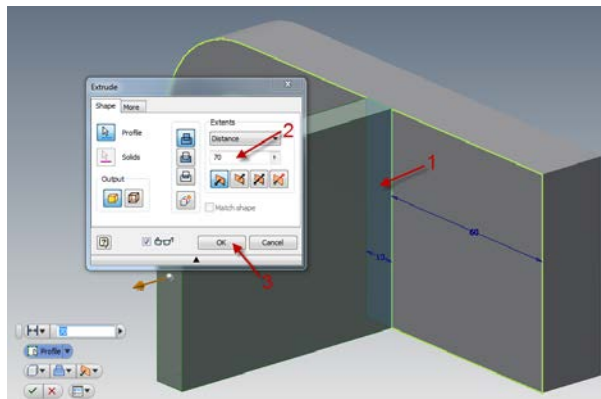
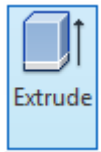
Se poziționează dreptunghiul la o distanță de 60mm față de latura din dreapta a plăcii tot cu ajutorul comenzii *Dimension*.



Se finalizează schița prin activarea comenzii *Finish Sketch*.

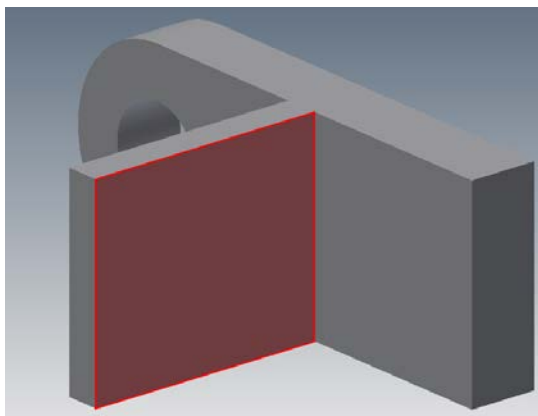
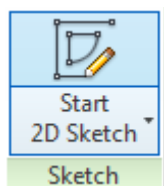


Se trece la transformarea schiței în model 3D prin extrudare prin indicarea profilului, distanței și a sensului de extrudare.

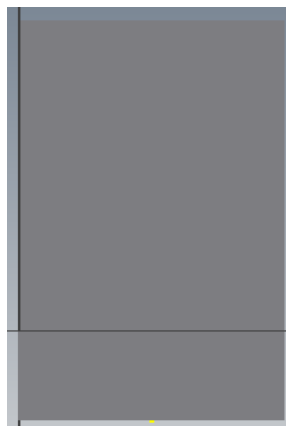


3.1.6 Realizarea decupării din placa verticală

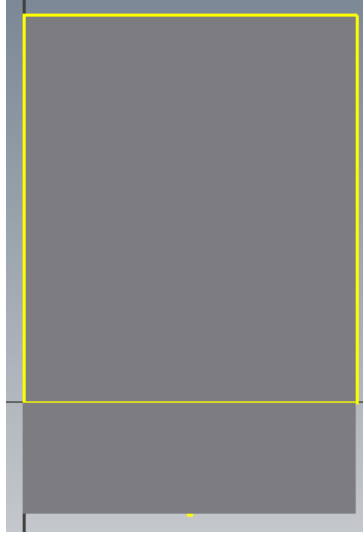
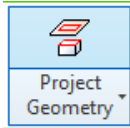
Pentru realizarea decupării colțului plăcii verticale se activează din nou comanda *Start 2D Sketch* indicându-se de această dată ca plan al schiței una din suprafețele plăcii verticale, realizată anterior.



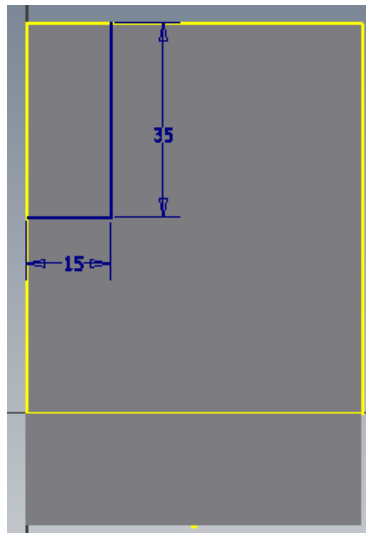
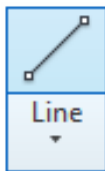
Cu ajutorul cubului proiecțiilor se poziționează modelul conform figurii.



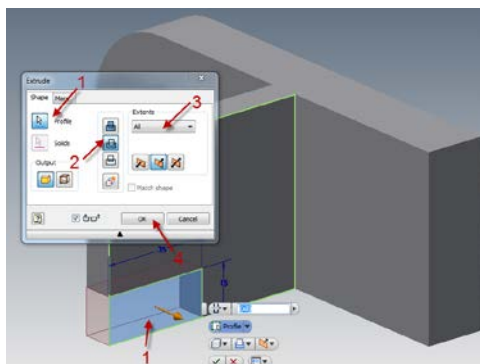
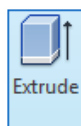
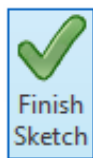
Se utilizează comanda *Project Geometry*, pentru proiectarea conturului plăcii verticale pe planul schiței.



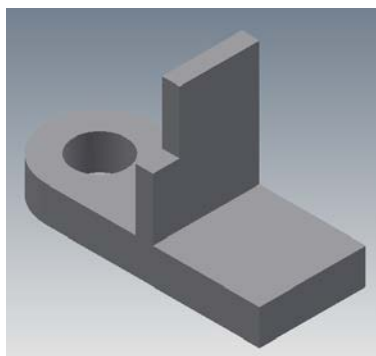
Cu ajutorul comenzii *Line*, se trasează două linii, în colțul din stânga al schiței și se dimensionează conform figurilor.



Se finalizează schița prin activarea comenzii *Finish Sketch*, după care cu ajutorul comenzii *Extrude* se decupează colțul din stânga al modelului. Pentru aceasta se va indica profilul ce trebuie extrudat, faptul că operația de extrudare se va face prin decupare și că aceasta se va realiza pe toată lungimea.

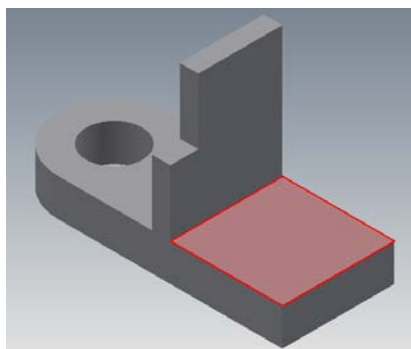
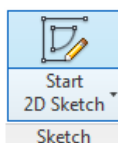


Se poziționează modelul izometric prin activarea butonului *Home* al cubului proiecțiilor.

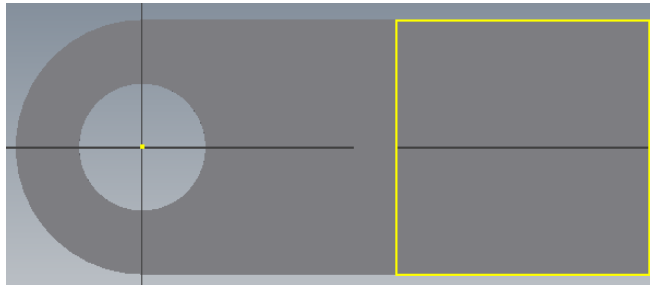
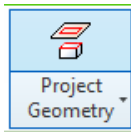


3.1.7 Realizarea nervurii

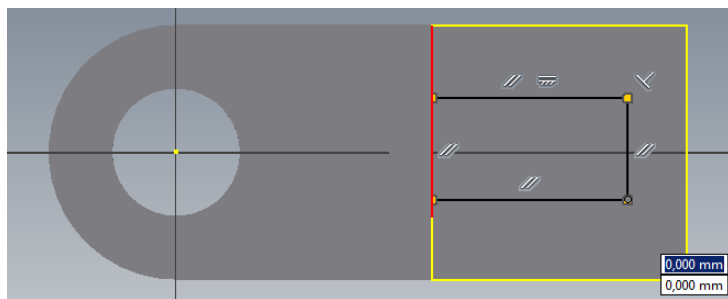
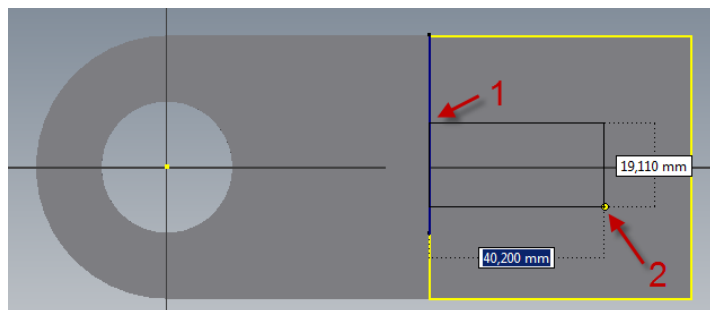
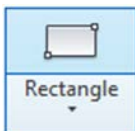
Se continuă modelarea solidului prin indicarea ca plan al schiței partea din dreapta a plăcii de bază.



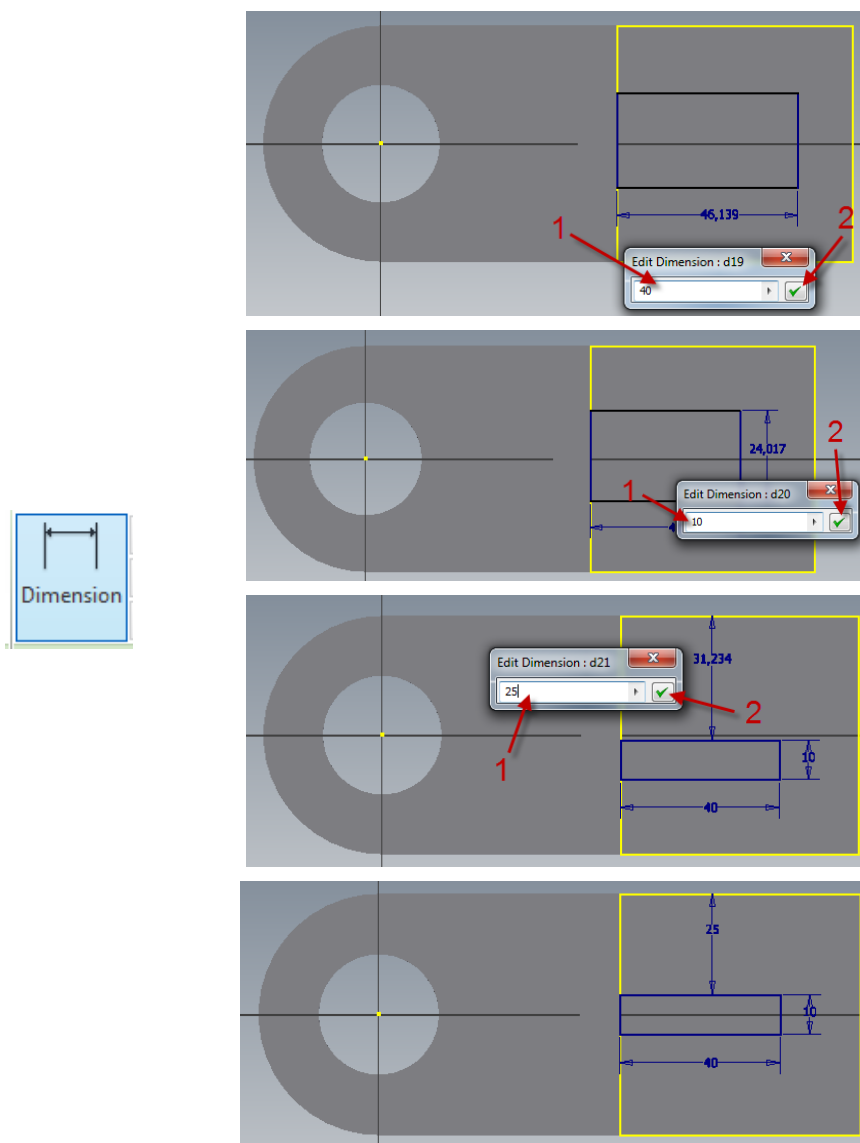
Cu ajutorul comenzii *Project Geometry* se activează, pe planul de lucru, conturul dreptunghiular din dreapta al plăcii de bază.



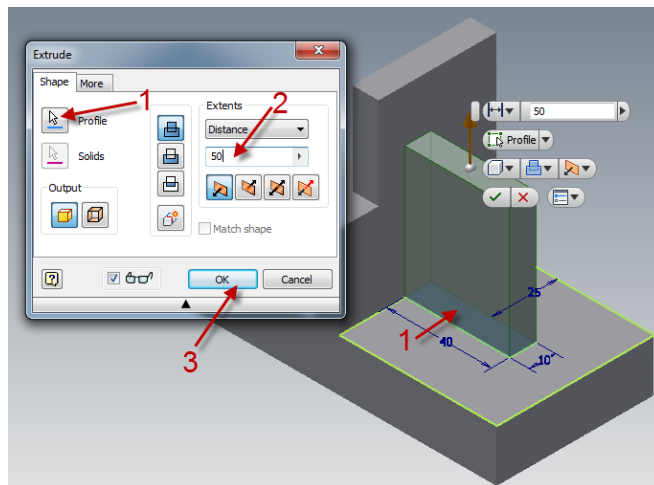
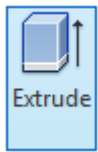
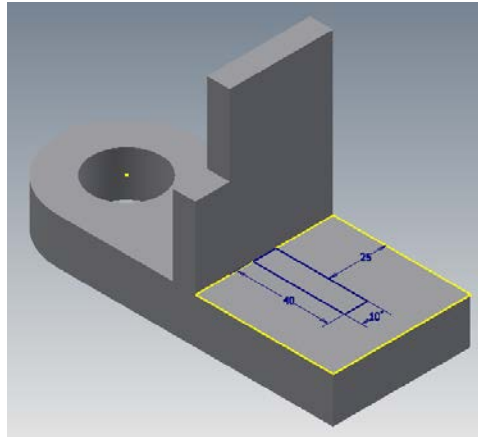
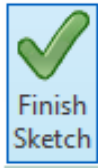
Se trasează un contur dreptunghiular, cu ajutorul comenzii *Rectangle*, prin indicarea a două colțuri diagonale opuse din care unul trebuie să fie situat pe linia din stânga a schiței.



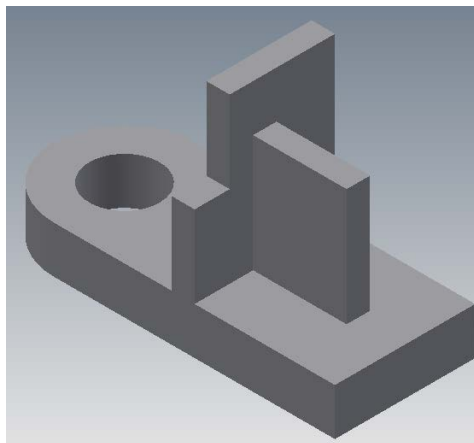
Se dimensionează și se centrează schița cu ajutorul comenzii *Dimension*, după indicațiile din figurile următoare.



După finalizarea schiței prin comanda *Finish Sketch* se va extruda regiunea dreptunghiulară cu respectarea indicațiilor din figură.

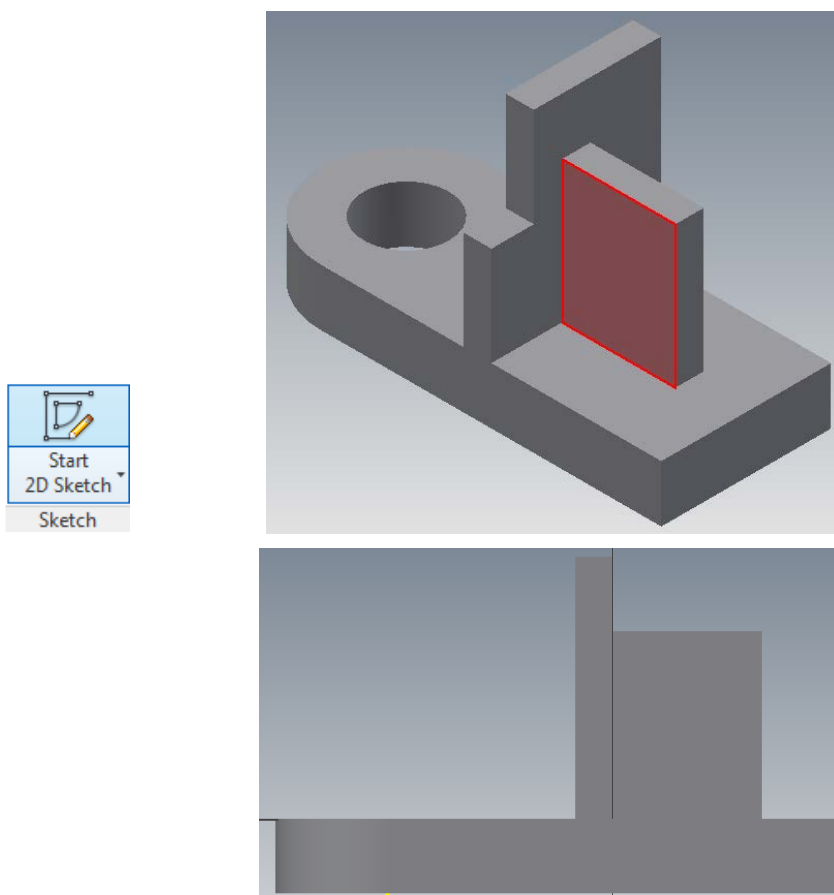


După această operație modelul va arăta ca în figura următoare.

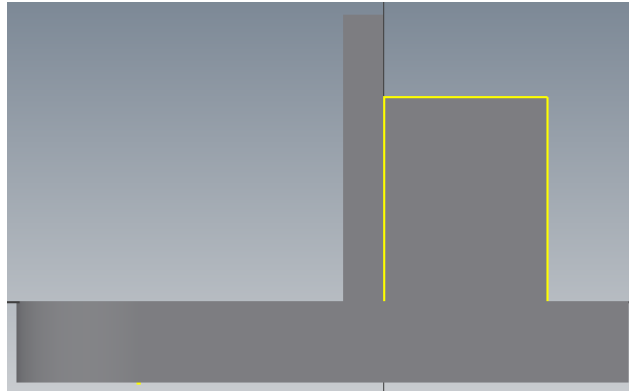
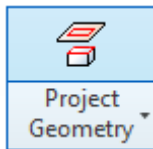


3.1.8 Realizarea decupării din nervură

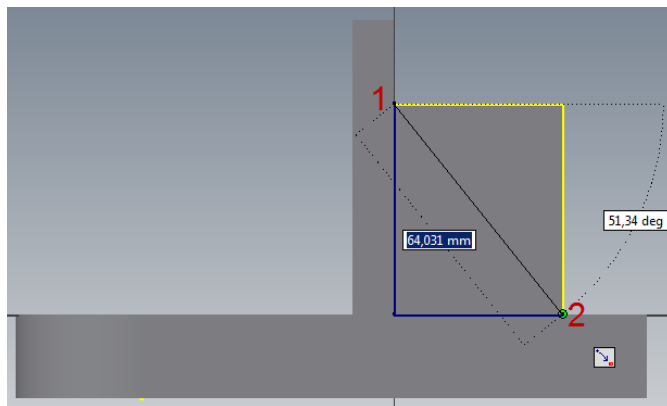
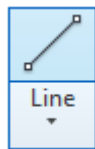
Pentru continuarea modelării ca plan al schiței se va considera o față a nervurii modelate anterior prin activarea comenzii *Start 2D Sketch*.



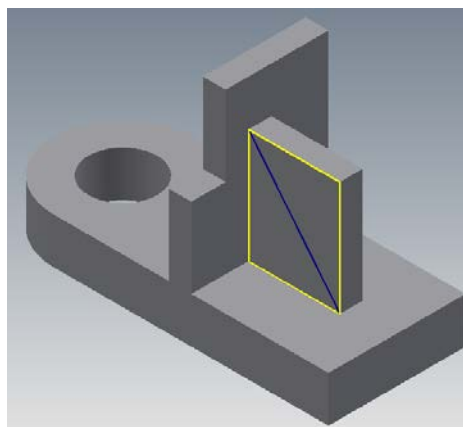
Pentru evidențierea conturului nervurii în planul de lucru se activează comanda *Project Geometry* și se indică fața nervurii pe care se va construi schița.



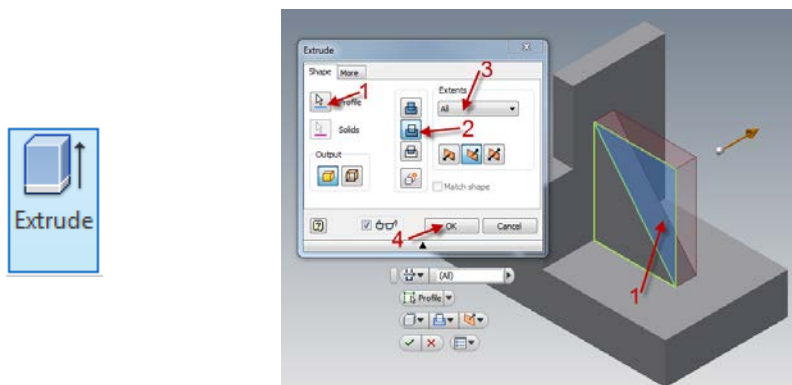
Cu ajutorul comenzii line se trasează o linie ce unește colțurile nervurii.



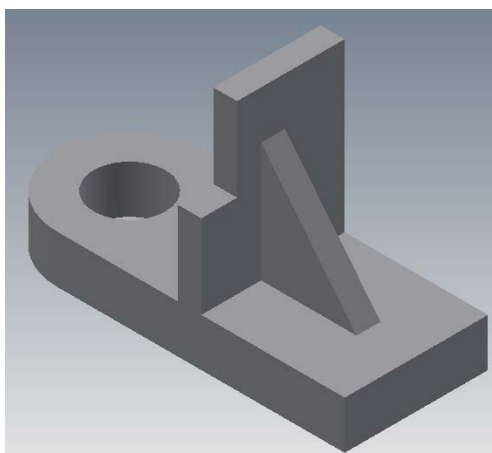
Se finalizează schița prin apăsarea butonului *Finish Sketch*.



Pentru finalizarea modelului 3D se decupează partea de sus a nervurii prin operația de extrudare.



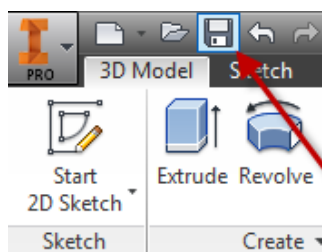
În final modelul 3D va arăta ca în figura următoare.



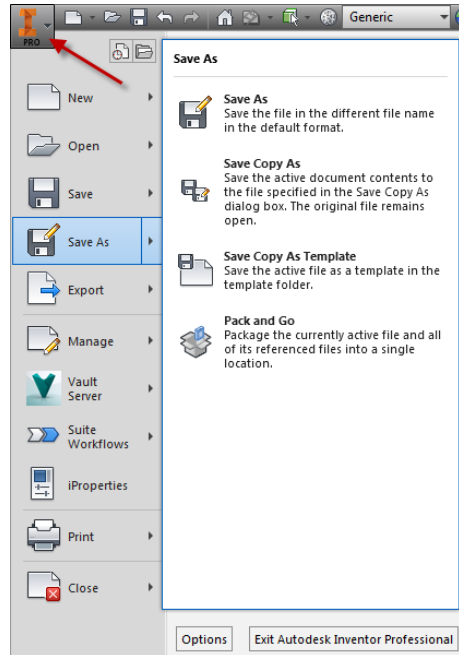
3.1.9 Salvarea modelului

Salvarea modelului se poate face:

- direct din bara de instrumente

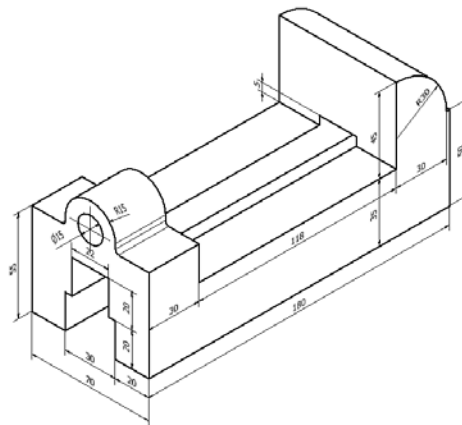
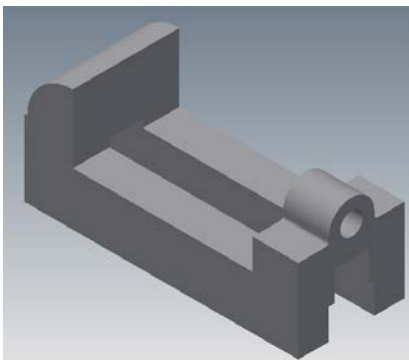
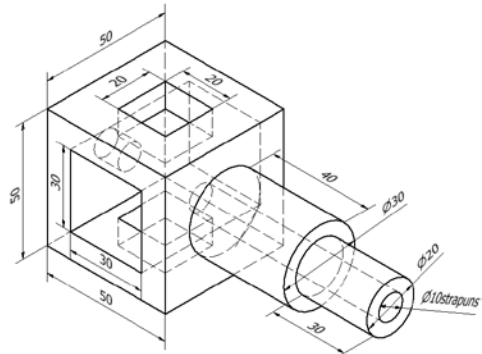
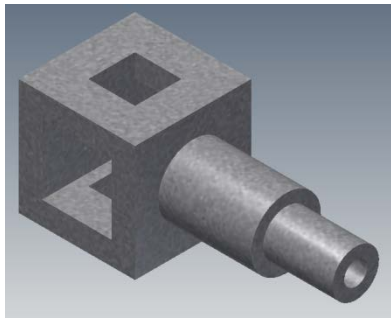
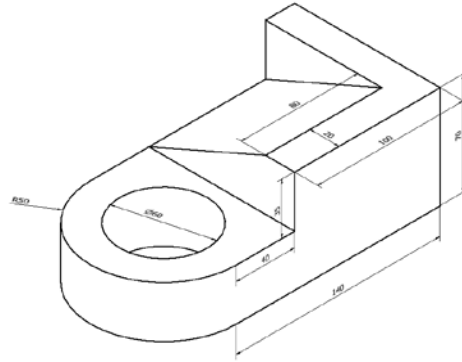
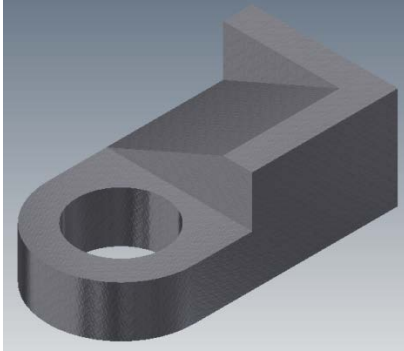


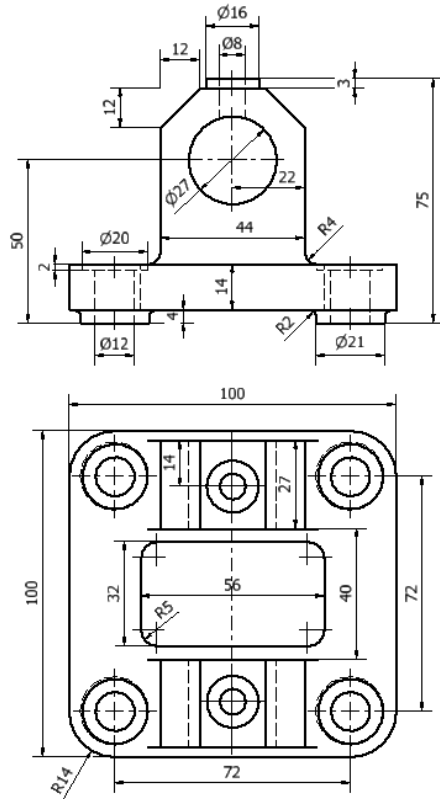
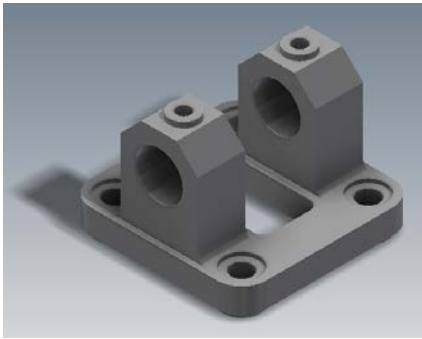
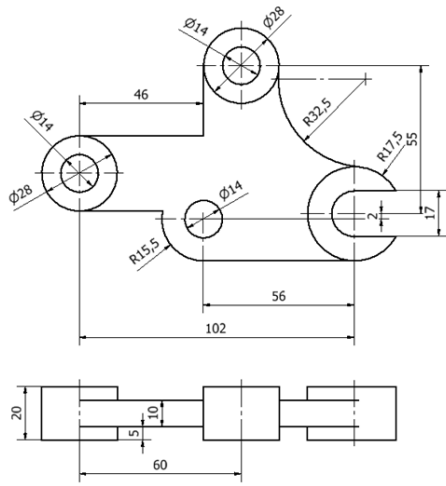
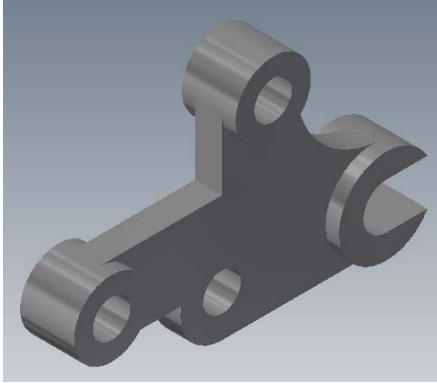
- din meniul de aplicații din colțul din stânga sus al ferestrei principale

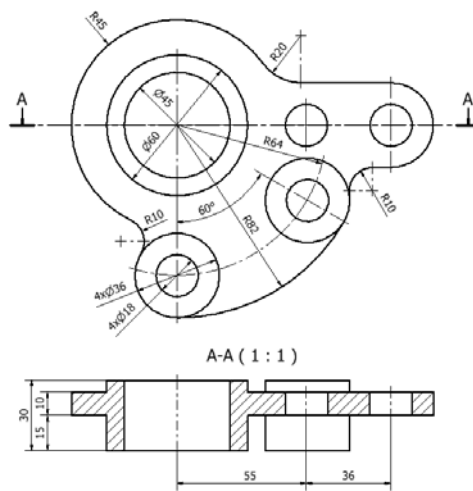
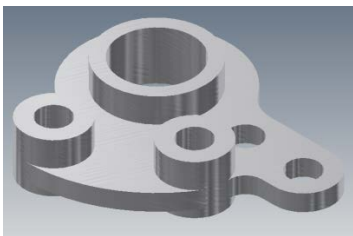
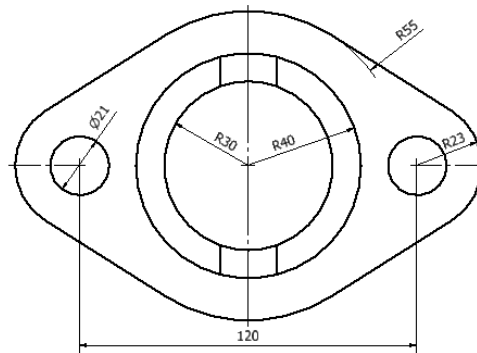
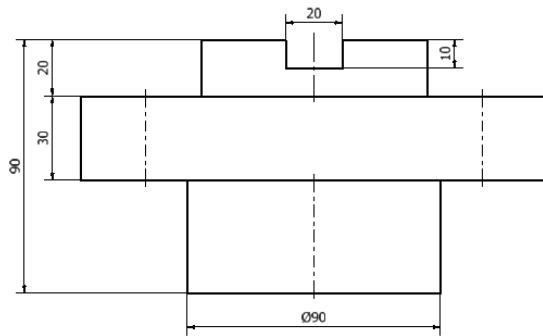
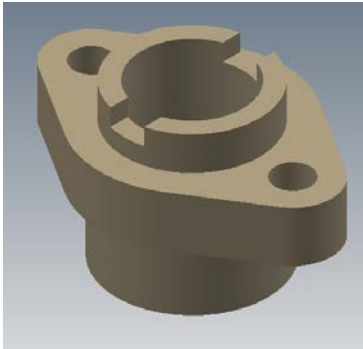


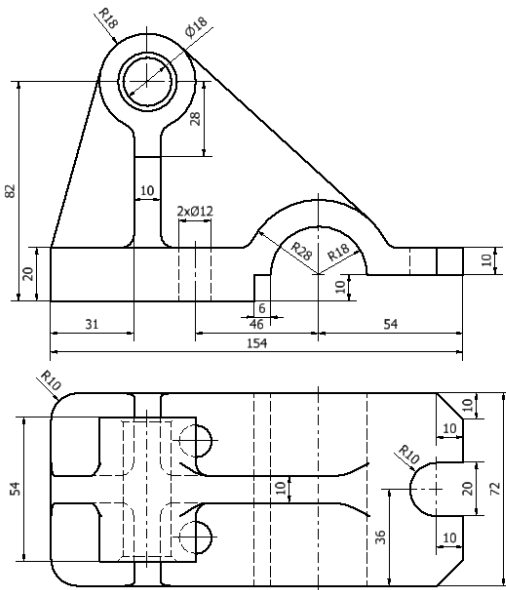
- utilizând combinația de taste *Ctrl-S*

3.1.10 Lucrări propuse realizate prin operația *Extrude*

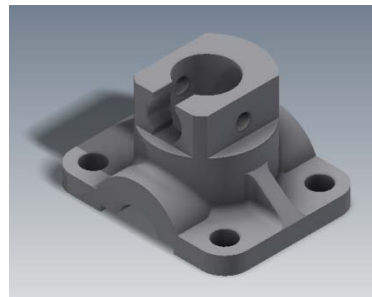
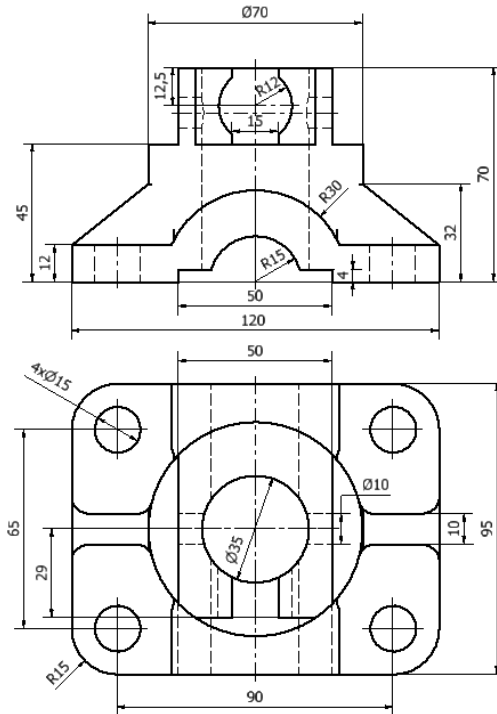
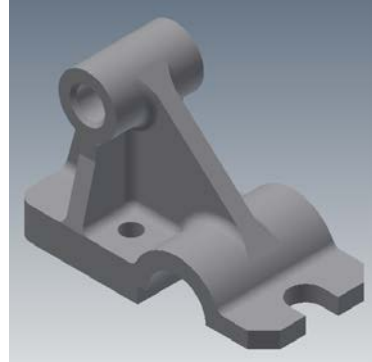


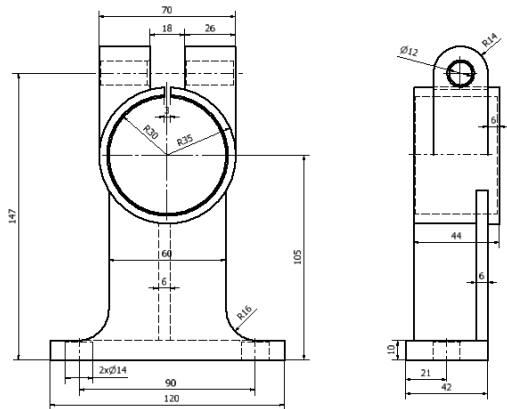
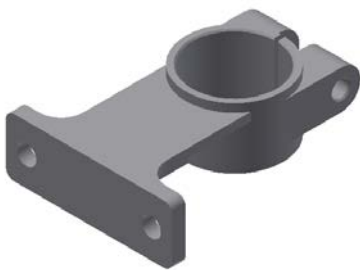
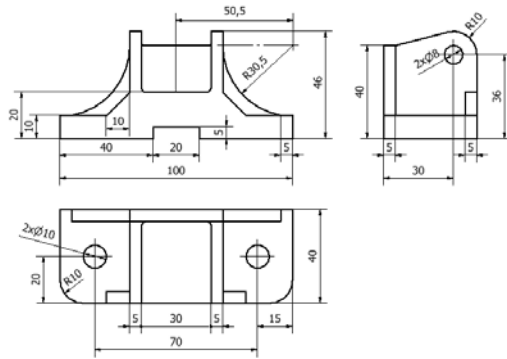
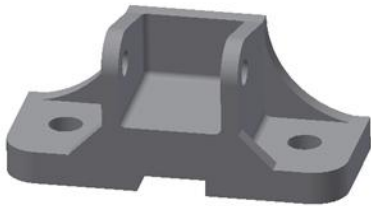
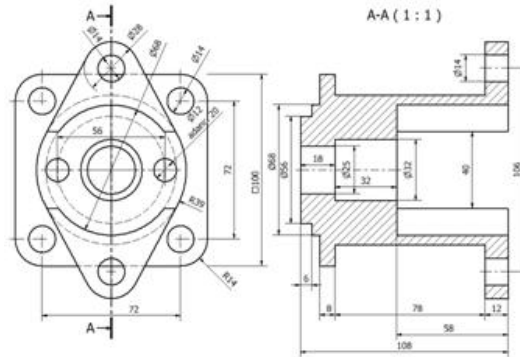
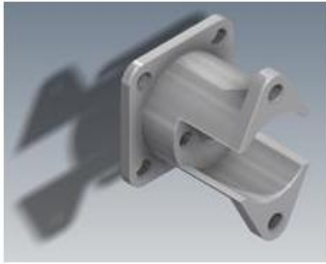






Racordari necotate R5
 Testituri necotate 2x45°



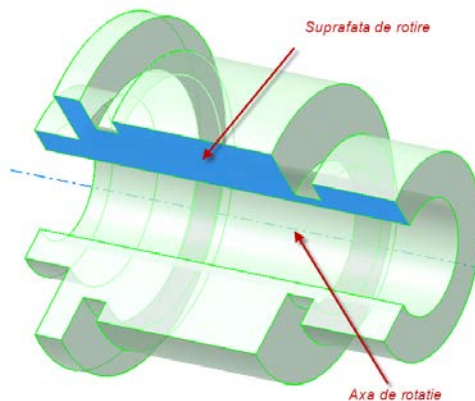


3.2 Realizarea unor modele solide simple prin operația *Revolve*

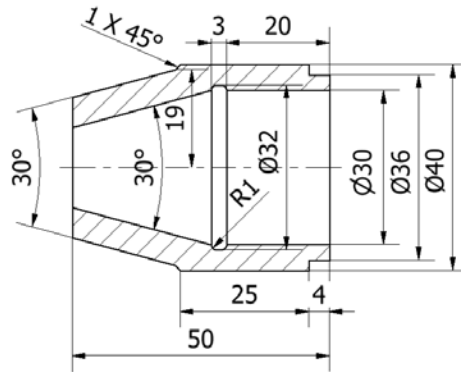
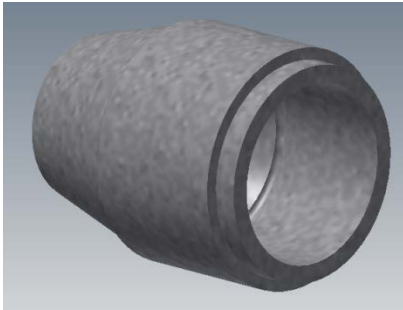
În modelarea parametrică, este important să se identifice și să determine caracteristicile părților componente care alcătuiesc modelul. Modelarea parametrică permite realizarea unor proiecte complexe utilizând elemente mici și simple din punct de vedere al construcției.

Această abordare simplifică procesul de modelare și permite proiectantului să se concentreze pe caracteristicile de design. Simetria este o caracteristică importantă, care este adesea remarcată la modele sau în desenele de execuție. În *Autodesk Inventor* simetria modelelor complexe poate fi ușor realizată prin utilizarea instrumentelor oferite de soft.

Tehnica de modelare a solidelor prin extrudarea unei schițe bidimensionale de-a lungul unei linii drepte pentru a forma modele 3D, așa cum este ilustrat în capitolul anterior, este o modalitate eficientă în realizarea modelelor solide. Pentru proiectele care implică forme cilindrice, forme care sunt simetrice în jurul unei axe de rotație, se utilizează operația *Revolve*, care rotește o regiune definită de un contur plan închis în jurul unei axe obținându-se în acest fel modelul solid. Unghiul de rotație poate fi cuprins între 0° și 360° .



Exemplu de model solid obținut prin rotirea unui contur plan închis în jurul unei axe de rotație.



Pentru realizarea modelului se va deschide un nou fișier și se vor alege unitățile de măsură, urmând secvența utilizată pentru modelul anterior, adică:

New → *Metric* → *Standard mm.(ipt)* → *Create*

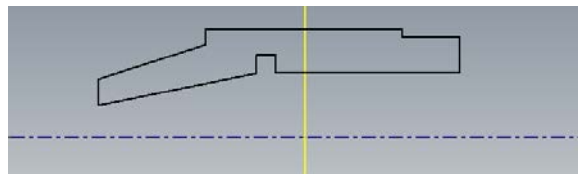
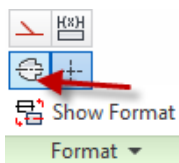
Se activează iconul *Start 2D Sketch* cu click stânga pe butonul mouse-ului și se alege ca plan de lucru, planul XY.

După selectarea planului de lucru se începe procesul de modelare urmând aceleași etape ca și la modelul anterior, adică:

1. Realizarea schiței după datele de proiectare;
2. Aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței;
3. Transformarea schiței 2D în model 3D cu ajutorul comenzilor specifice modelării solide.

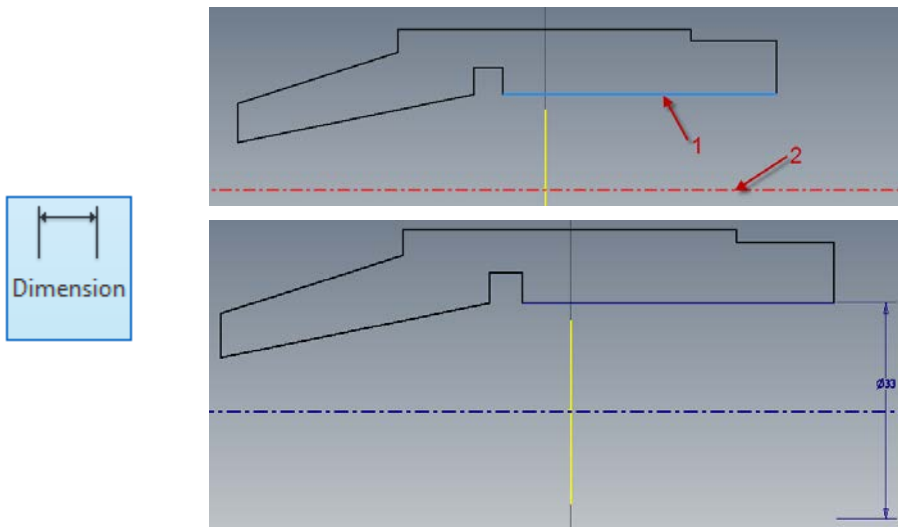
3.2.1 Realizarea schiței

Cu ajutorul comenzii *Line* se trasează conturul ce urmează a fi rotit și axa de simetrie. Înainte de trasarea axei se va activa butonul *Centerline*.

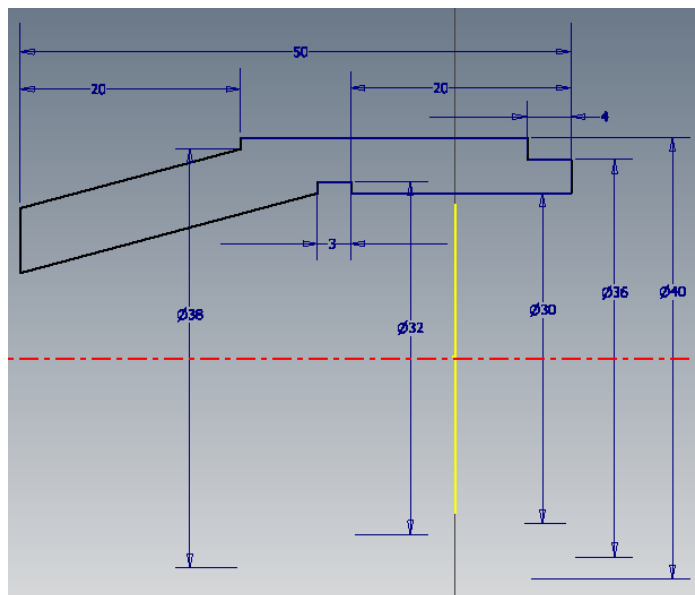


Se trece la cea de-a doua etapă în care se face constrângerea dimensională a schiței. Pentru aceasta se activează comanda *Dimension* și se va ține cont că pentru indicarea

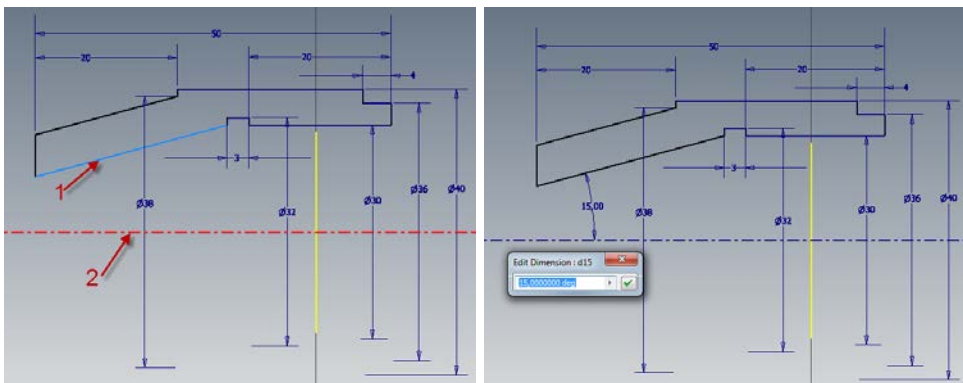
diametrelor nu se va face dimensionarea dintre două puncte ci se vor selecta succesiv linia schiței și axa de simetrie.



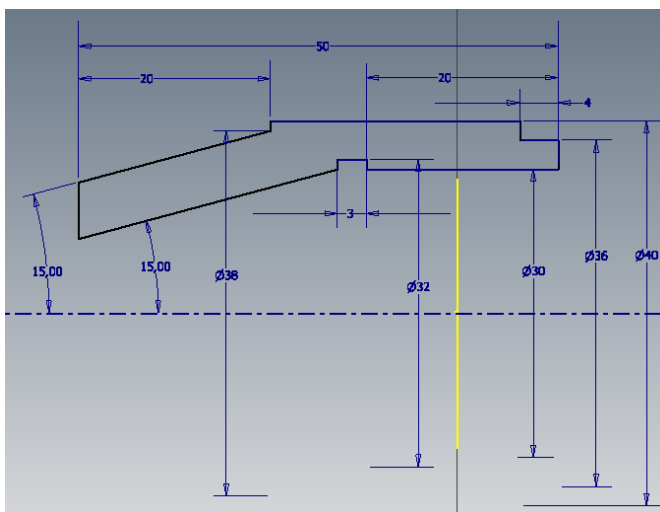
Se procedează asemănător pentru celelalte diametre, după care se trece la dimensionarea lungimii tronsoanelor.



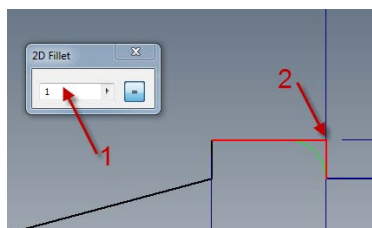
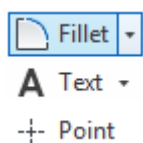
Pentru realizarea unor constrângeri unghiulare se procedează asemănător, se selectează pe rând liniile dar de această dată se va indica unghiul dintre ele.



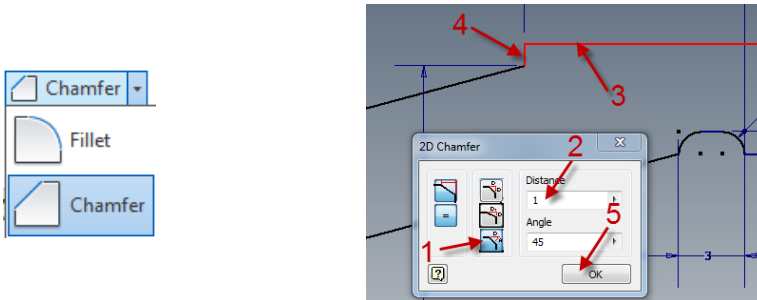
În final schița va arăta astfel:



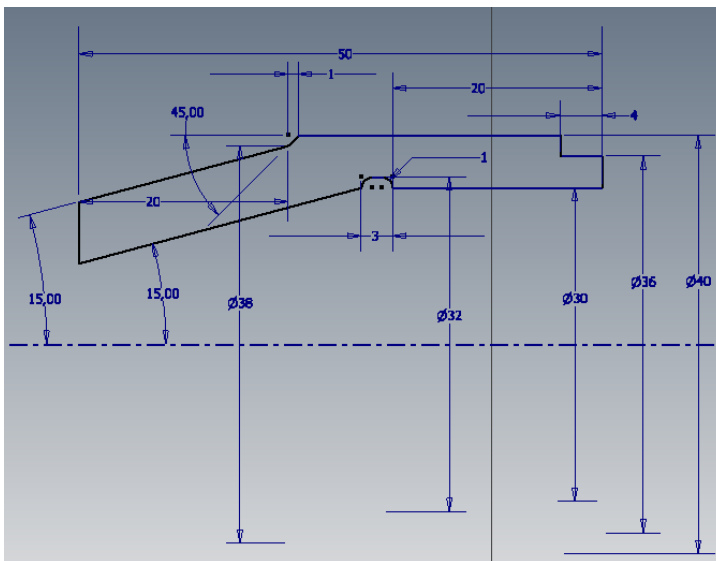
Pentru realizarea racordărilor se va lansa comanda *Fillet*, după care la apariția casetei de dialog se indică valoarea razei de racordare și se selectează pe rând liniile între care se realizează racordarea sau se indică punctul de intersecție a celor două linii și acestea se selectează automat.



Pentru realizarea teșiturilor se procedează astfel: se lansează comanda *Chamfer* după care se indică tipul datelor de intrare, (aici se va specifica distanța pe care se face teșitura și unghiul), apoi se selectează muchiile teșurii.

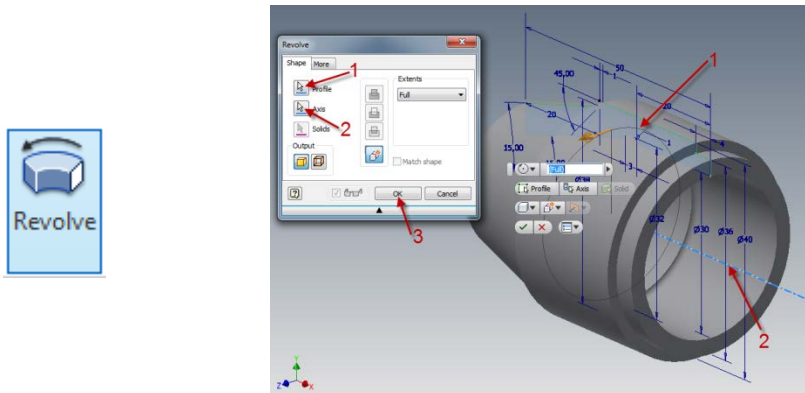


În final schița va arăta astfel:



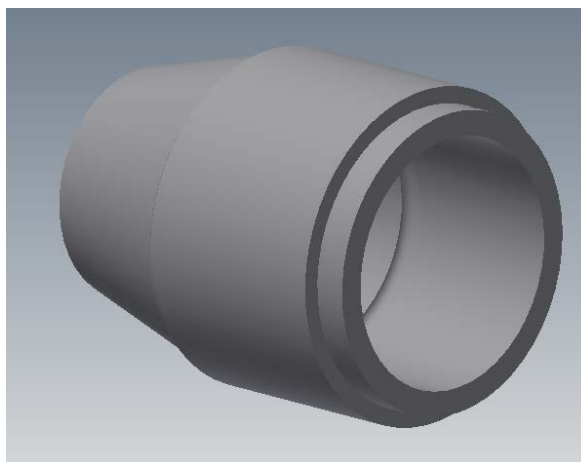
3.2.2 Realizarea modelului 3D

După indicarea finalizării schiței, prin apăsarea butonului *Finish Sketch*, se lansează comanda *Revolve*.



Se observă faptul că rotirea conturului în jurul axei se realizează automat, acest lucru este posibil din cauza existenței unui singur profil și a unei singure axe de simetrie, în situația în care există mai multe contururi trebuie să se indice pe rând acesta și axa în jurul căreia se face rotirea.

Modelul solid rezultat în urma operației *Revolve*.

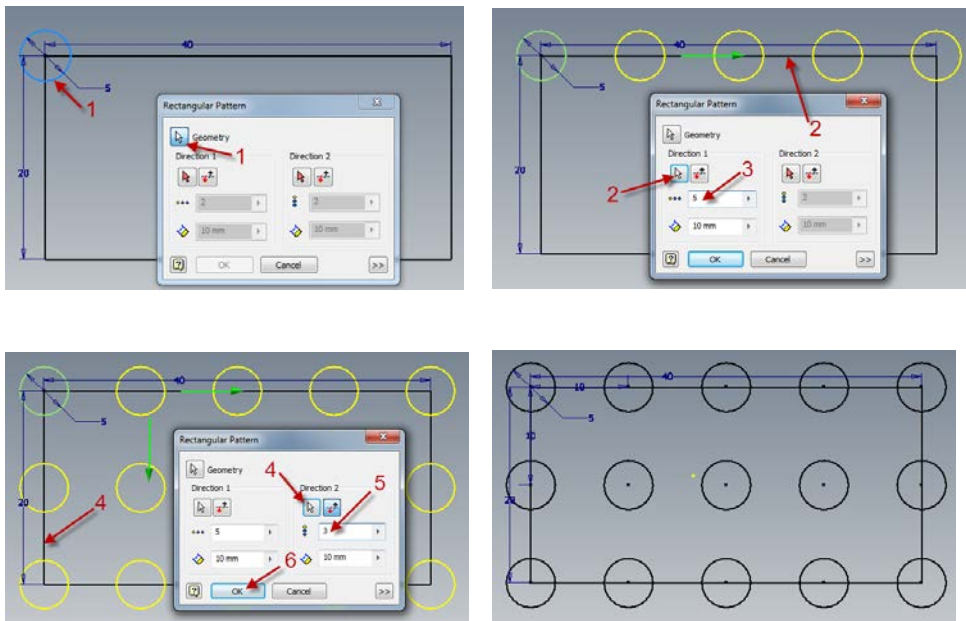


3.3 Multiplicarea obiectelor

Pentru realizarea mai rapidă a schiței cât și a modelelor 3D se pot utiliza comenzi pentru multiplicarea entităților. Pe lângă comenzile uzuale pentru multiplicare, *Copy* (Copiere) și *Mirror* (Copiere în oglindă), în *Autodesk Inventor* se mai folosesc *Rectangular* (realizarea unei matrice pătratică) și *Circular* (matrice circulară).

3.3.1 Comanda *Rectangular*

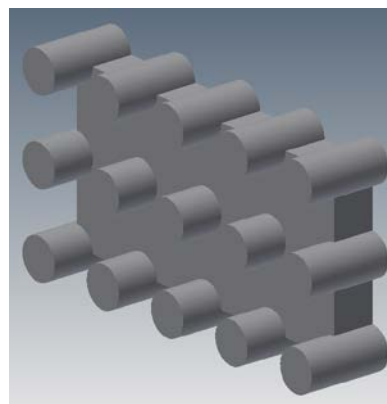
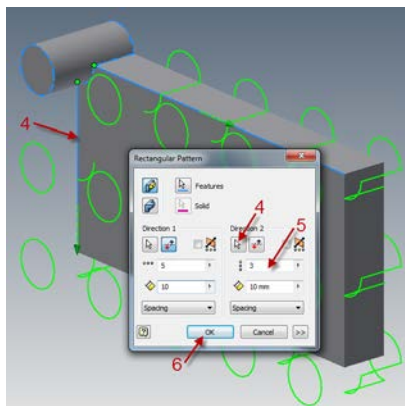
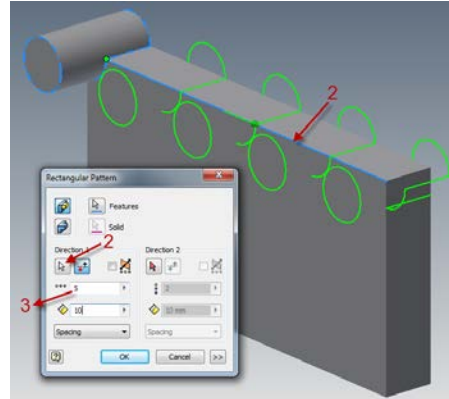
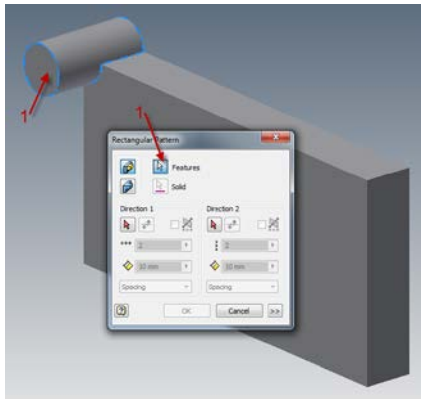
Multiplică una sau mai multe entități, după una sau două direcții, putându-se specifica numărul de linii, coloane și distanța dintre acestea. Multiplicarea entităților se poate realiza atât în planul schiței cât și în modul de lucru 3D.



În planul schiței multiplicarea, după lansarea comenzii *Rectangular*, se realizează astfel:

- 1. se selectează entitatea ce urmează a fi multiplicată;
- 2. se face click pe săgeata de la *Direction 1* și se selectează o linie ce indică prima direcție de multiplicare;
- 3. se indică numărul de entități (numărul de coloane) și distanța dintre ele;
- 4. se face click pe săgeata de la *Direction 2* și se selectează linia ce indică a doua direcție de multiplicare;

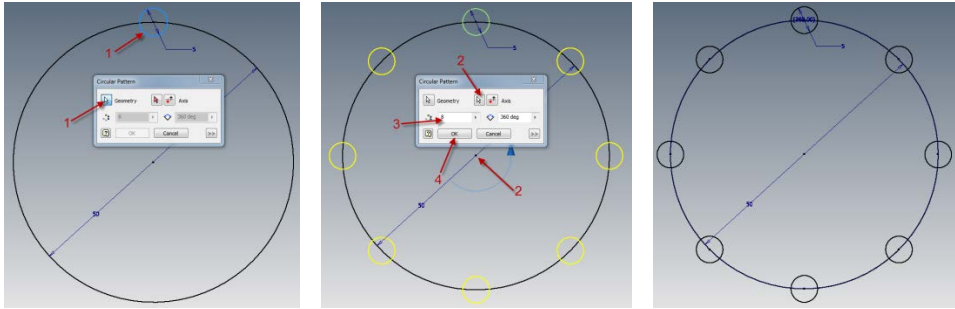
- 5. se indică numărul de entități (numărul de linii) și distanța dintre ele;
- 6. se finalizează comanda.



Exemplu de multiplicare rectangulară a unor entități în spațiul de lucru 3D.

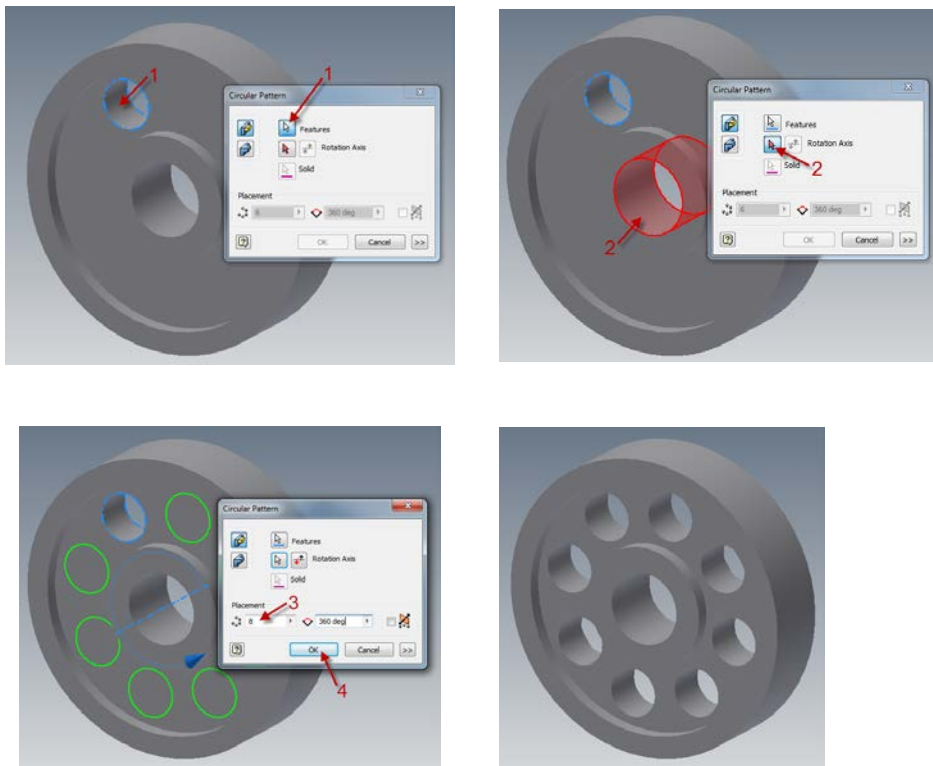
3.3.2 Comanda *Circular*

Comanda *Circular* creează copii multiple ale unui obiect, într-o rețea de dispunere polară.



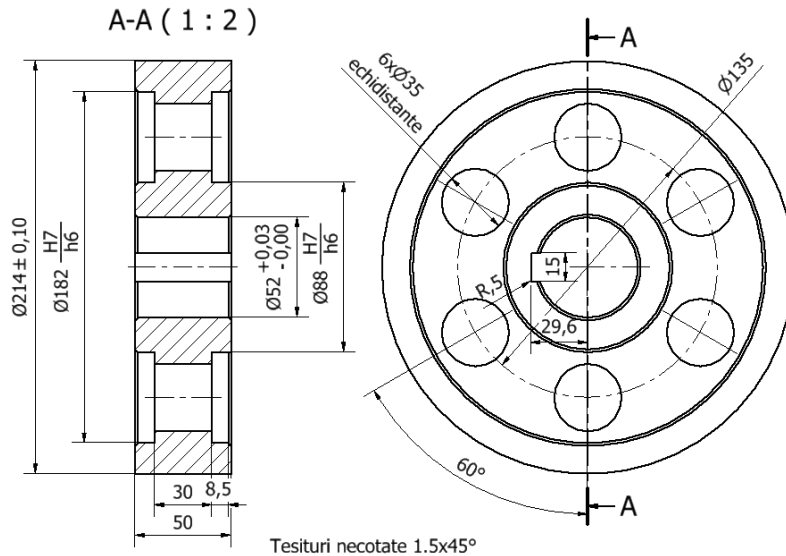
În cazul multiplicării circulare în planul schiței, după lansarea comenzii *Circular*, se procedează astfel:

- 1. se selectează entitatea ce urmează a fi multiplicată;
- 2. se indică centrul de rotație;
- 3. se indică numărul de entități și unghiul pe care sunt dispuse acestea, care poate fi cuprins între 0-360°.



Utilizarea comenzii *Circular* în spațiul de lucru 3D.

3.3.3 Exemplu de utilizare a instrumentelor de multiplicare



Realizarea modelului începe prin deschiderea unui nou fișier și selectarea unui *Template*, urmând secvența:

New → *Metric* → *Standard mm.(ipt)* → *Create*;

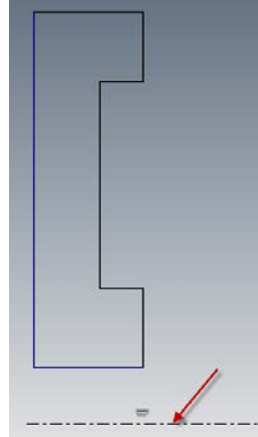
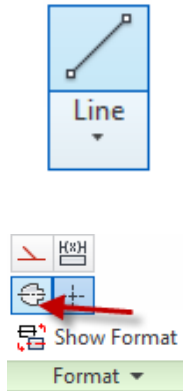
Se alege, după activarea iconului *Start 2D Sketch*, planul XY ca plan de lucru;

Modelarea se realizează prin parcurgerea succesivă a etapelor:

3. Realizarea schiței după datele de proiectare;
4. Aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței;
5. Transformarea schiței 2D în model 3D în ajutorul comenzilor specifice modelării solide.

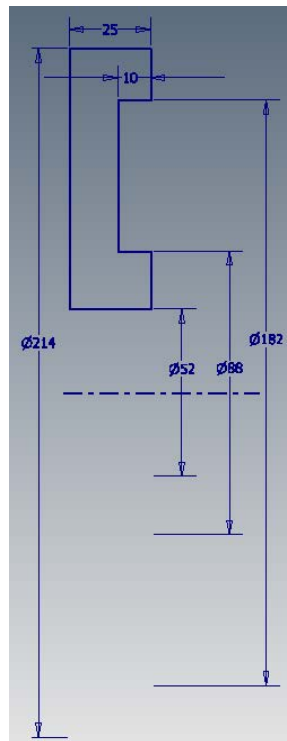
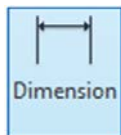
Etapele I. Realizarea schiței

Cu ajutorul comenzii *Line* se trasează conturul ce urmează a fi rotit și axa de simetrie. Înainte de trasarea axei se va activa butonul *Centerline*.



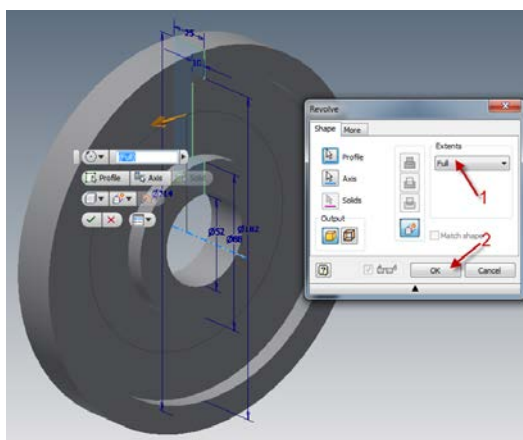
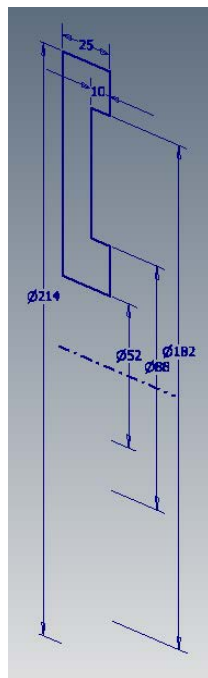
Etapa II. Aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței

Cu ajutorul comenzii *Dimension* se impun schiței constrângerile dimensionale și geometrice conform figurii (pentru diametre se selectează pe rând linia și axa).

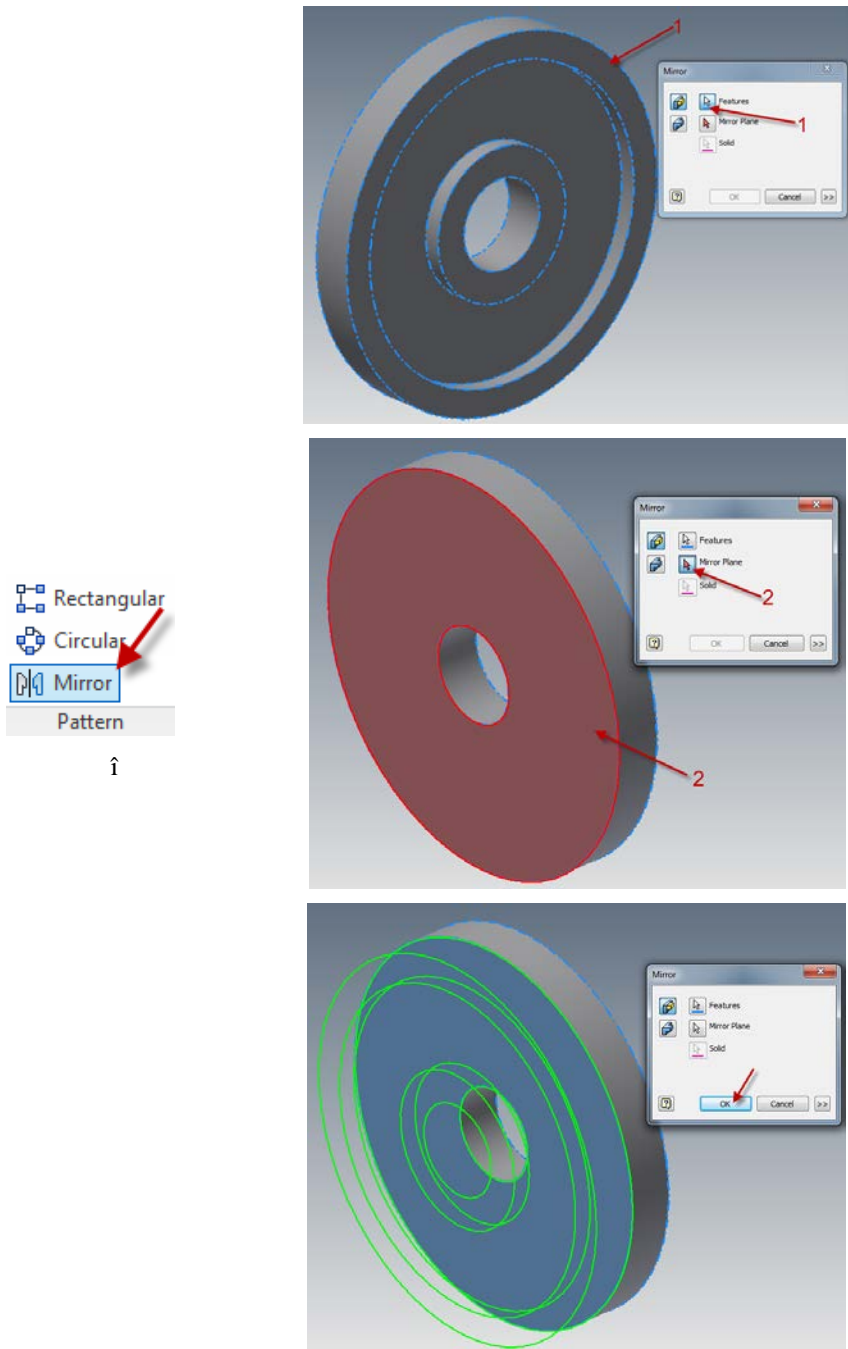


Etapa III. Trecerea de la 2D la 3D

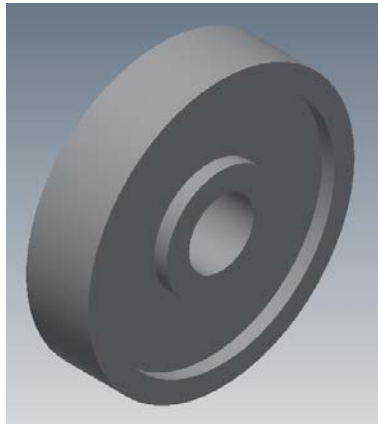
După finalizarea schiței, prin apăsarea butonului *Finish Sketch*, se transformă aceasta în model 3D cu ajutorul comenzii *Revolve*. Se va indica profilul realizat anterior și axa, rotirea realizându-se cu 360°.



Deoarece a fost realizat doar jumătate din model, se va utiliza comanda *Mirror* pentru copierea în oglindă a acestei părți.



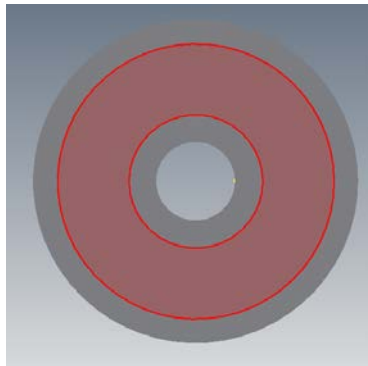
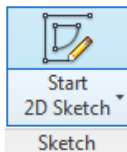
Modelul după executarea comenzii Mirror va arăta ca în figura următoare:

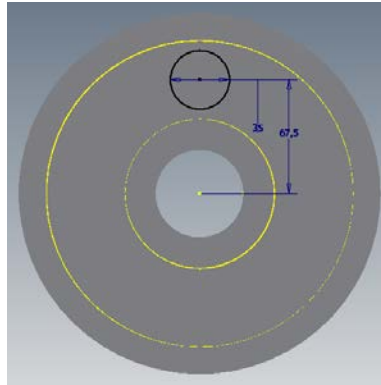
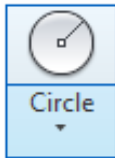


Realizarea găurilor cu diametrul de 35mm

Etapa I și II. Realizarea schiței și aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale schiței

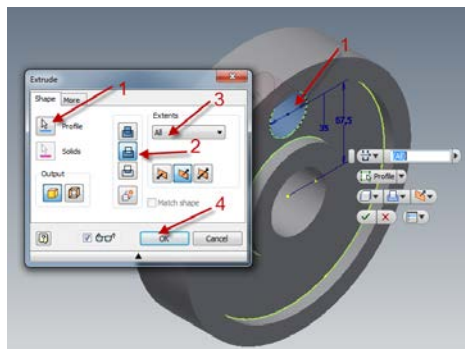
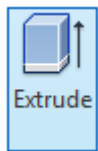
Se indică ca plan al schiței fața interioară a roții, după care se realizează un cerc de $\phi 35$ la distanța de 67.5mm pe direcție verticală.



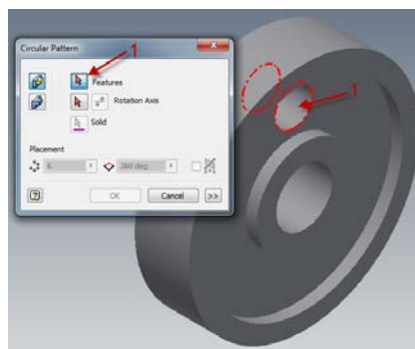
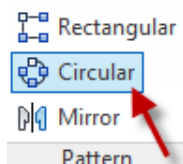


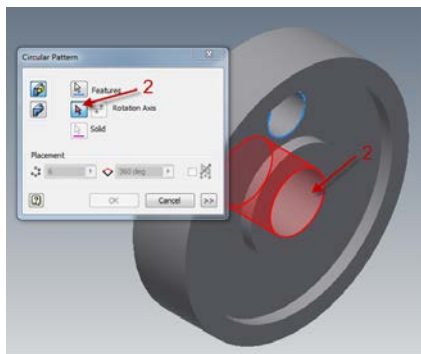
Etapa III. Trecerea de la 2D la 3D

Găurile se vor realiza cu ajutorul operației de extrudare. Se lansează comanda *Extrude*, se selectează ca profil cercul, și se indică faptul că extrudarea se face cu tăiere pe toată lungimea.

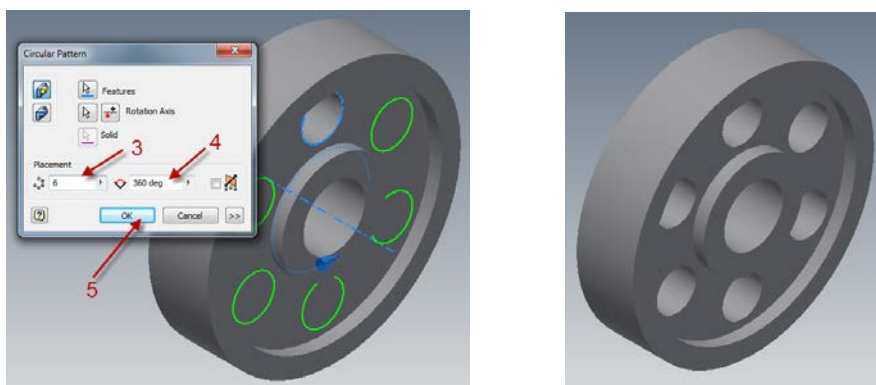


Pentru multiplicarea găurilor se lansează comanda *Circular* și se selectează ca entitate de multiplicat, gaura realizată anterior iar ca axă de rotație suprafața circulară interioară a roții (*se poate selecta orice suprafață circulară a roții*).



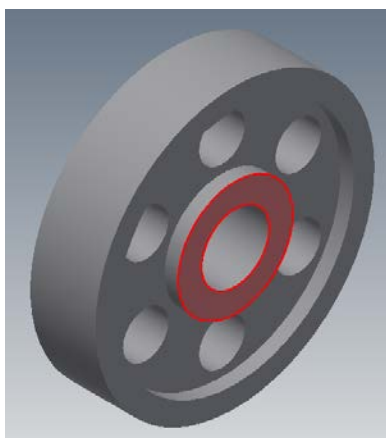
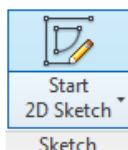


După selectarea entității de multiplicat și a axei de rotație se activează celelalte opțiuni referitoare la numărul entităților și unghiul de rotație.

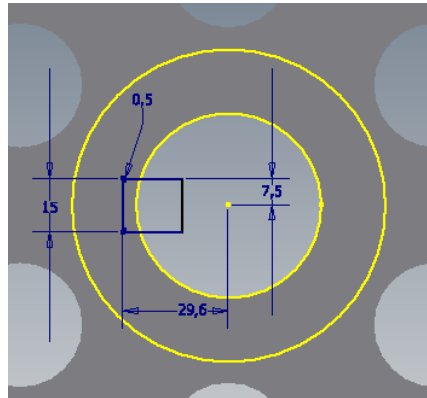
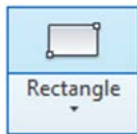


Realizarea canalului de pană

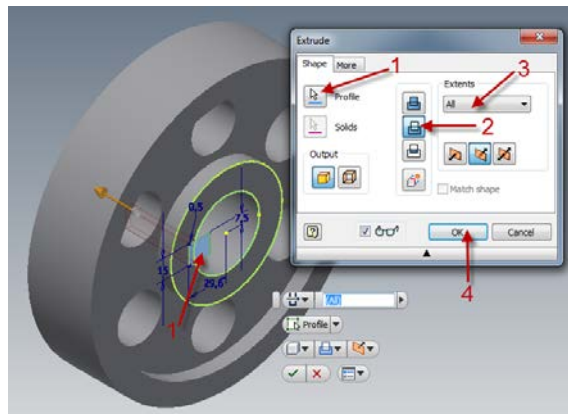
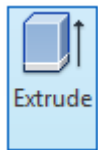
După activarea comenzii *Start 2D Sketch* se alege ca plan al schiței fața laterală a roții, conform figurii.



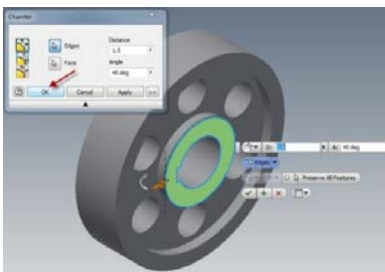
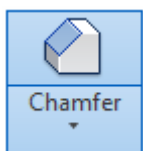
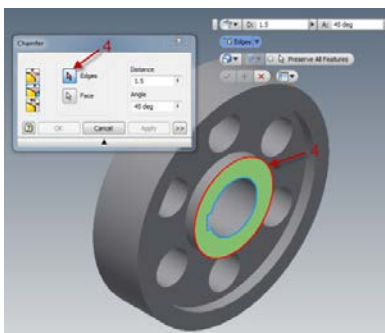
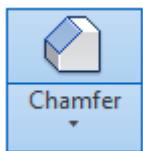
Pentru realizarea schiței se va trasa un dreptunghi constrâns dimensional ca în figură.



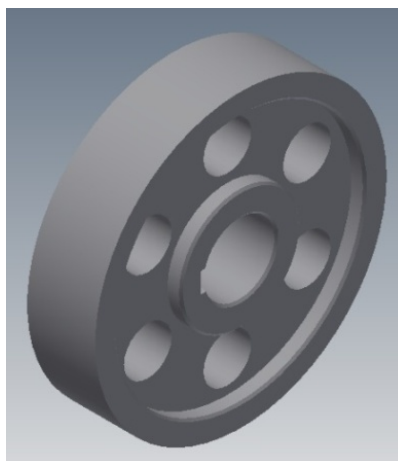
După finalizarea schiței se va extruda cu tăiere dreptunghiul desenat anterior.



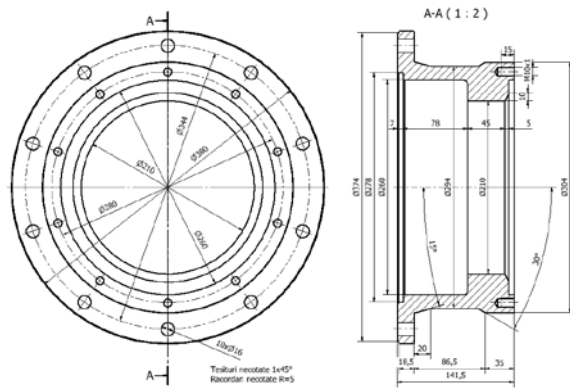
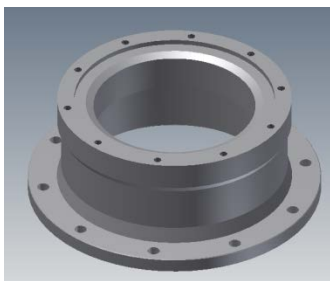
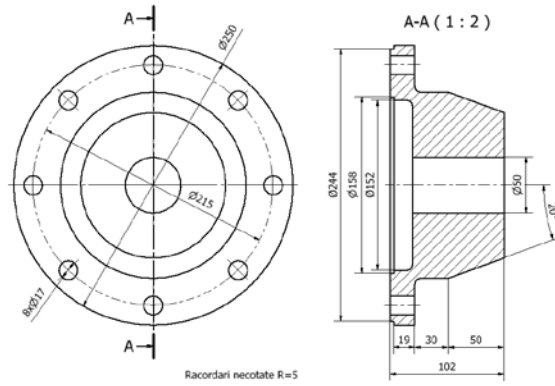
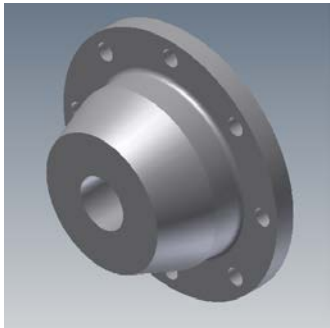
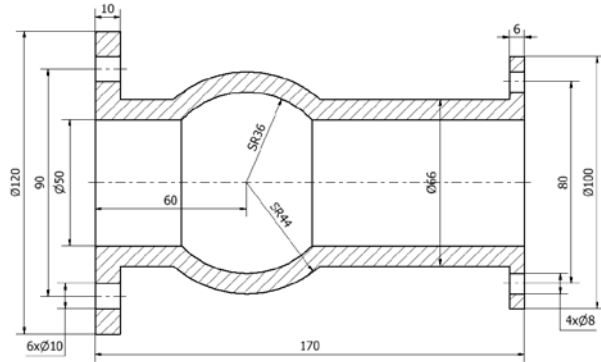
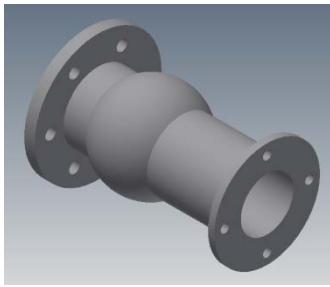
Pentru finalizarea modelului se vor teși muchiile conform indicațiilor din figurile următoare.

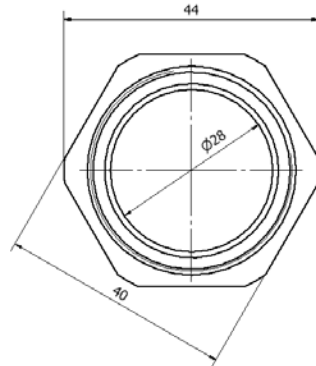
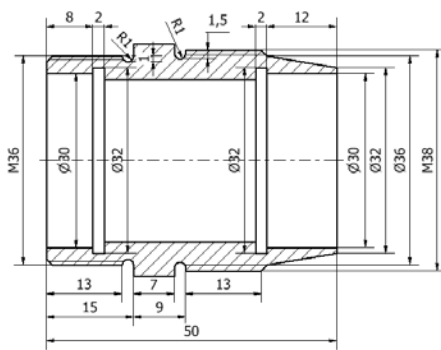
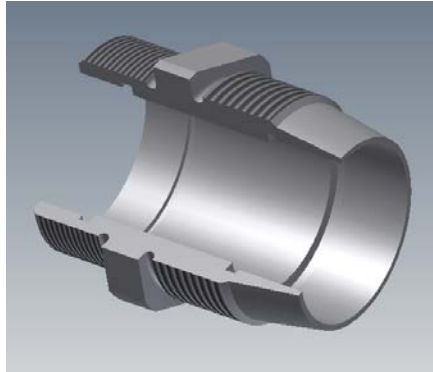


Modelul final

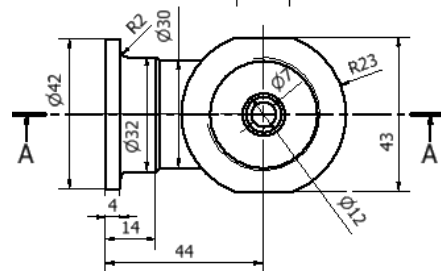
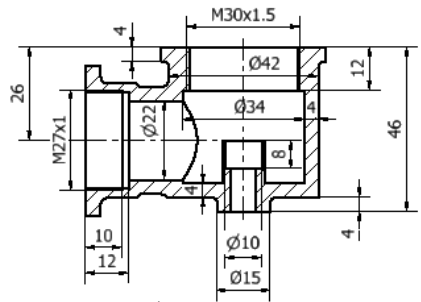


3.3.4 Lucrări propuse realizate cu ajutorul comenzii *Revolve*





A-A (1 : 1)

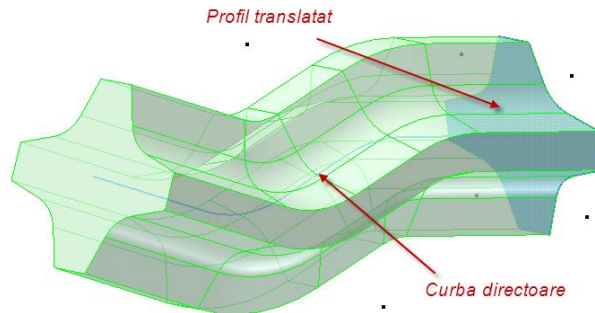


4 UTILIZAREA UNOR COMENZI COMPLEXE

Autodesk Inventorul oferă posibilitatea realizării unor modele complexe cu ajutorul unor comenzi specifice, astfel se pot obține forme de o complexitate ridicată prin operațiile *Sweep* și *Loft*.

Obținerea modelelor solide:

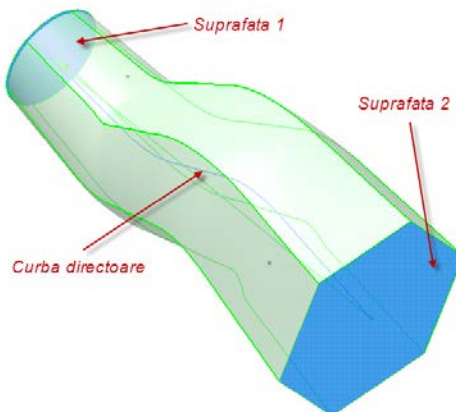
- prin translatarea unui profil de-a lungul unei curbe directoare (comanda *Sweep*)



Se obțin modele complexe, prin deplasarea unui contur de-a lungul unei curbe directoare, complexitatea lor se referă atât la complexitatea geometrică cât și la modelul matematic folosit pentru generarea lor.

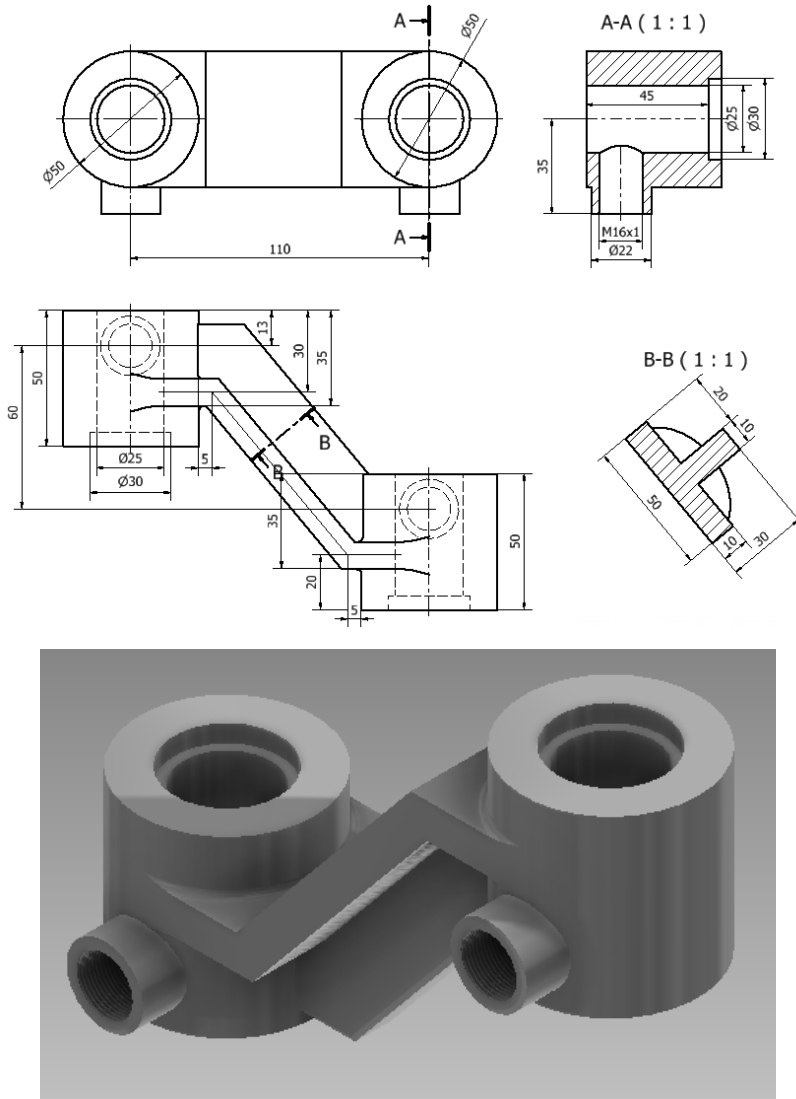
Traectoria de generare a modelului este o curbă spațială oarecare.

- prin unirea a două suprafețe de-a lungul unei curbe directoare (comanda *Loft*)



Se obțin cele mai complexe modele, atât din punct de vedere a geometriei cât și a modelului matematic folosit, prin unirea a două suprafețe de-a lungul unei curbe directoare.

4.1 Model realizat cu comanda *Sweep*



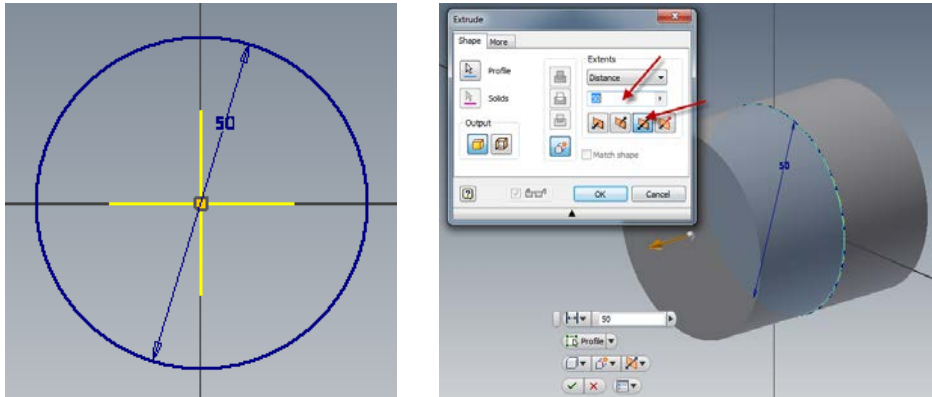
Pentru realizarea modelului se va deschide un nou fișier și se vor alege unitățile de măsură, urmând secvența:

New → *Metric* → *Standard mm.(ipt)* → *Create*

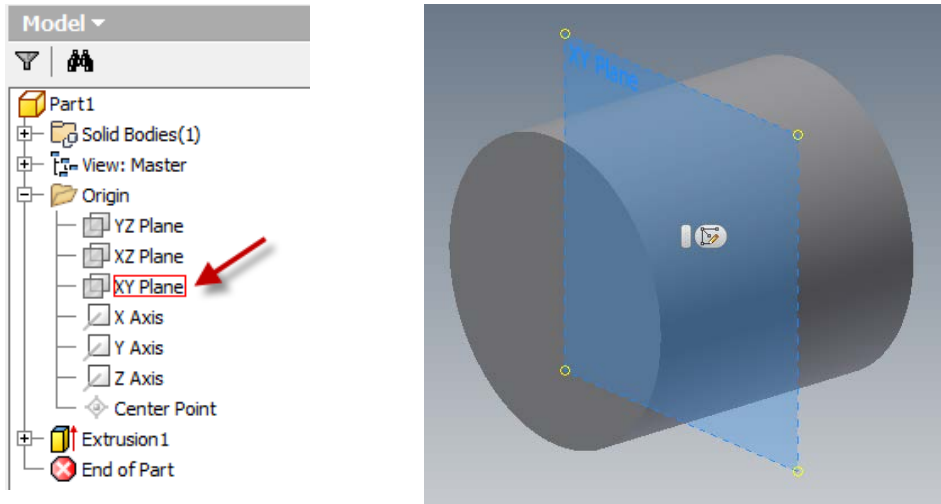
Se activează iconul *Start 2D Sketch* cu click stânga pe butonul mouse-ului și se alege ca plan de lucru, planul XY.

După selectarea planului de lucru se începe procesul de modelare urmând cele trei etape: realizarea schiței; aplicarea constrângerilor geometrice și dimensionale; transformarea schiței 2D în model 3D cu ajutorul comenzilor specifice modelării solide.

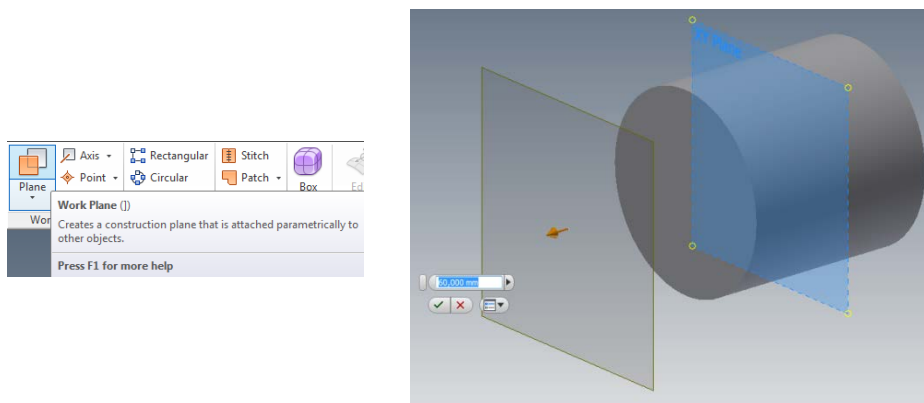
Se va realiza un cerc cu diametrul de 50mm, după care acesta se va extruda cu 50 mm de-o parte și de alta a planului de simetrie.



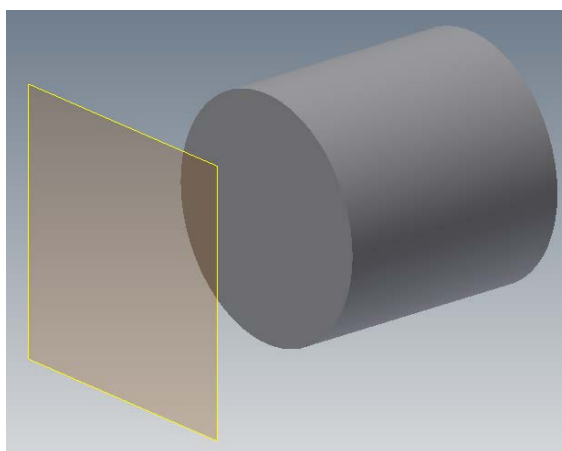
După realizarea cilindrului din *Browser* se selectează planul XY și prin tragere se va defini un plan de lucru situat la distanța de 60mm față de planul de referință XY.



Pentru aceasta se activează comanda *Work plane*, apoi se trage de planul creat, indicându-se în caseta de dialog distanța dintre cele două plane.

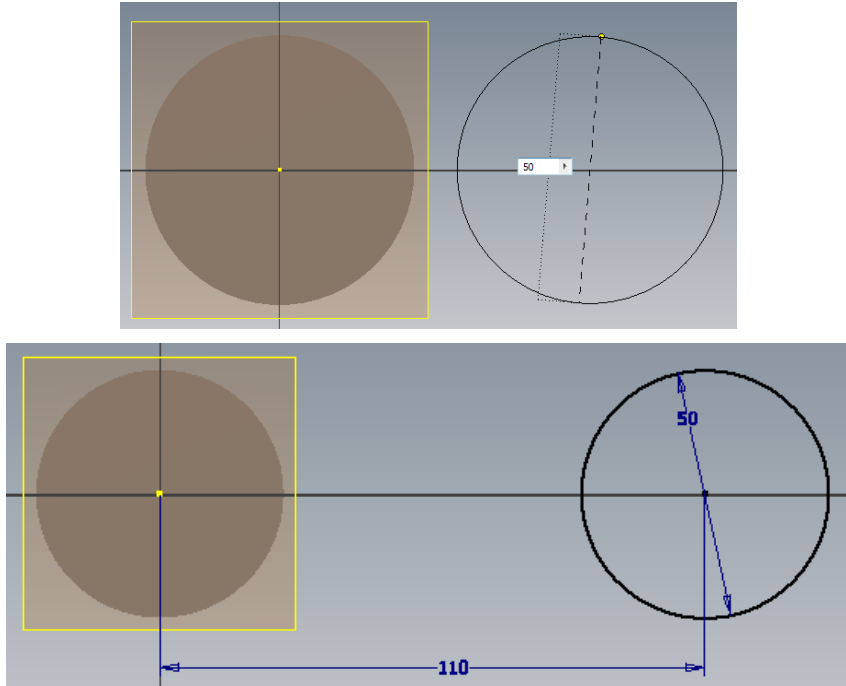


Rezultatul este prezentat în figura de mai jos.

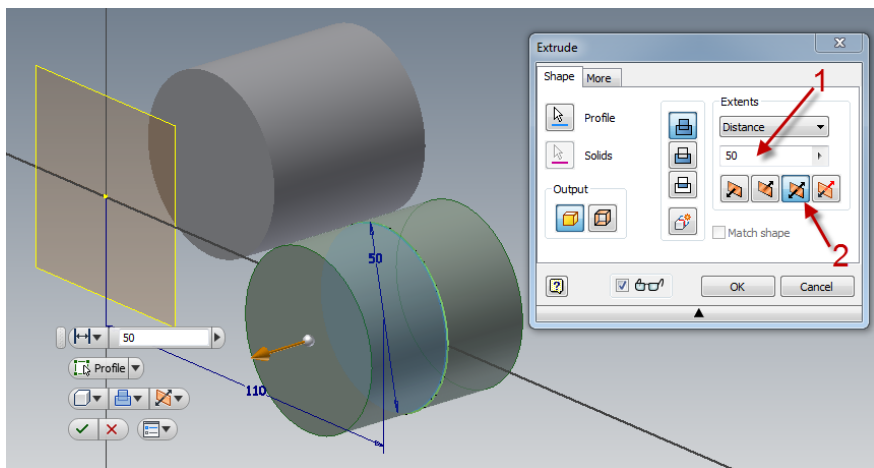


Se definește planul realizat ca plan al schiței prin activarea comenzii *Start 2D Sketch*. Pentru ca planul să poată să fie selectat trebuie să se deplaseze cursorul pe unul din colțurile planului.

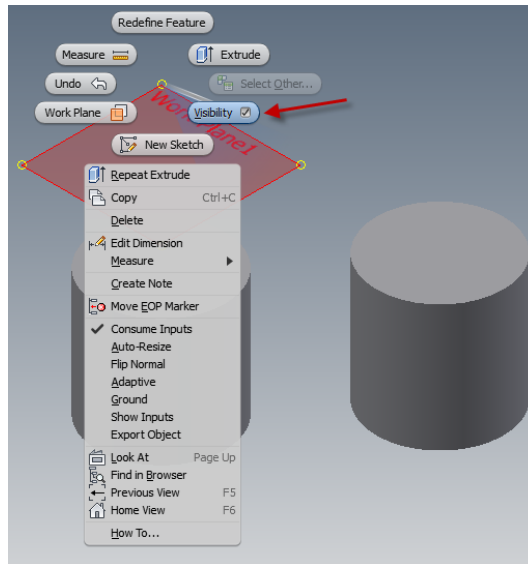
Se construiește un cerc cu diametrul de 50mm, care are centrul pe aceeași direcție cu centrul primului cilindru, distanța dintre centre fiind de 110mm.



Se activează comanda *Finish Sketch* și se realizează cel de-al doilea cilindru, prin extrudare cu 50mm, planul de lucru fiind tot plan de simetrie.



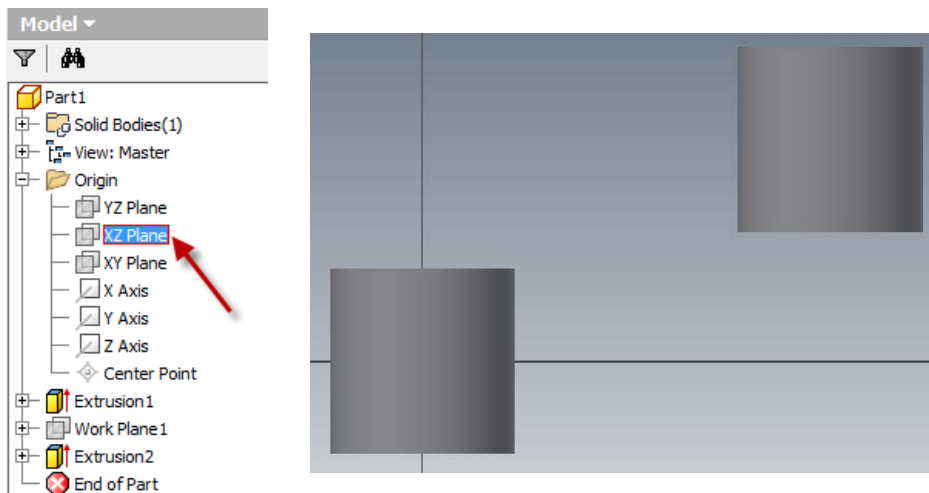
Pentru dezactivarea planului creat anterior se selectează acesta (click stânga pe unul din colțuri) și se face click dreapta pe butonul mouse-ului apoi se debifează opțiunea *Visibility*.



Pentru unirea celor doi cilindri cu un profil care este în secțiune transversală sub formă de „T” se folosește comanda *Sweep*, care translatează profilul „T” de-a lungul unei curbe directoare.

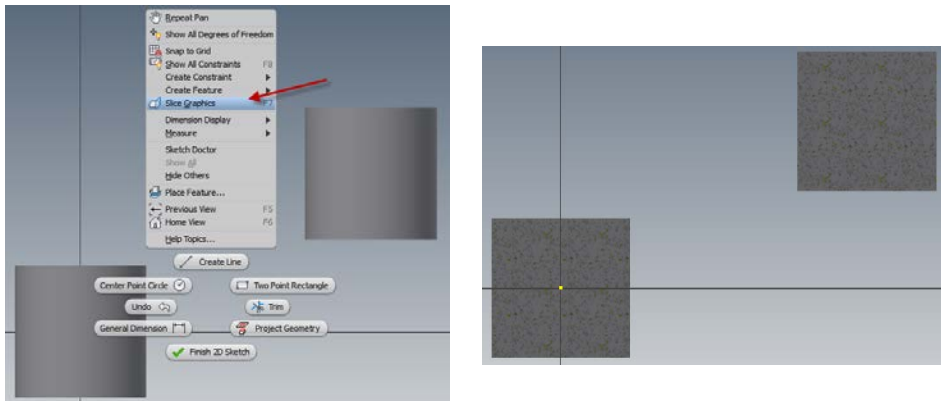
Pentru aceasta se va trasa pe un plan de lucru curba după care se va face translatarea și pe un alt plan profilul „T”.

Pentru realizarea curbei directoare se activează planul XZ din *Browser* și se indică acesta ca plan de lucru prin click pe butonul *Start 2D Sketch*.

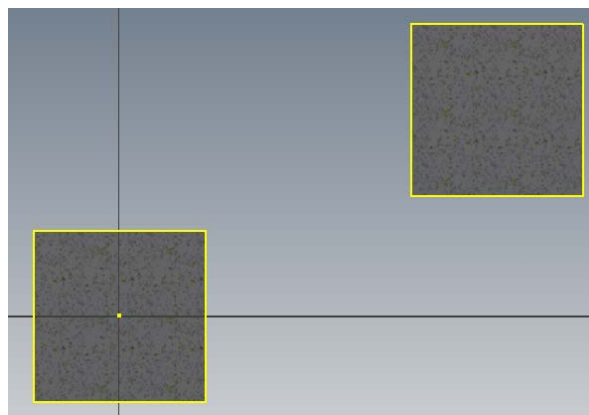


Ca efect va fi existența unui plan de lucru ce trece prin axele de simetrie ale celor doi cilindri.

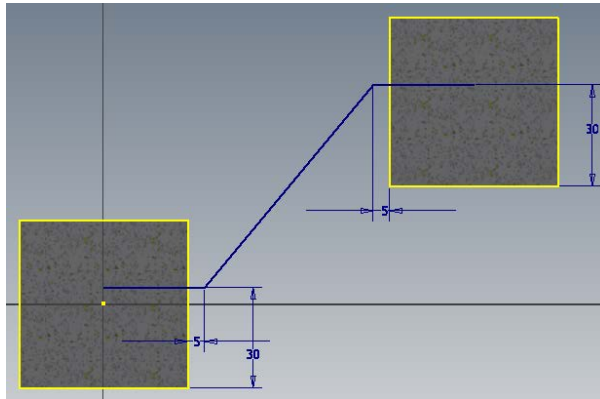
Pentru ușurința lucrului pe acest plan, se îndepărtează virtual partea din față a celor două modele. Se face click dreapta pe butonul mouse-ului și se activează opțiunea *Slice Graphics*. Efectul va consta în dispariția părții din față a celor doi cilindri până la terminarea schiței.



Pentru ca cele două contururi ale cilindrilor să fie vizibile în planul de lucru se activează comanda *Project Geometry* și se selectează cei doi cilindri.



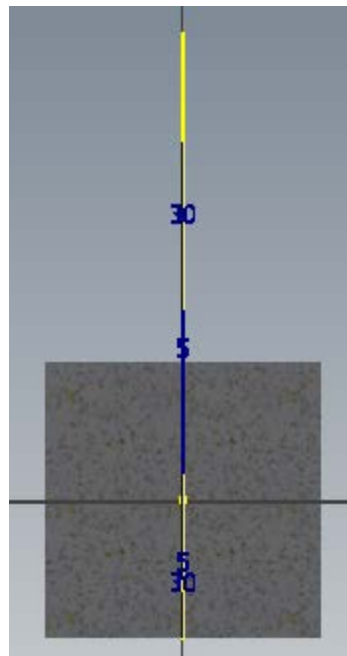
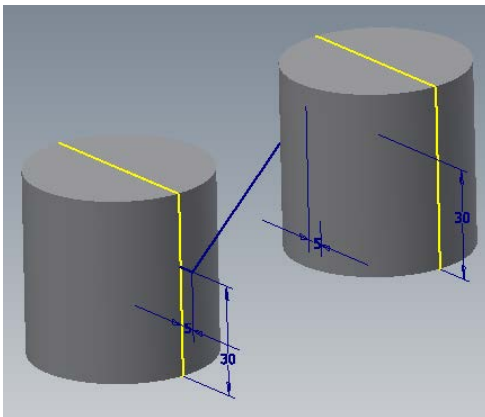
Cu ajutorul comenzii *Line* se va trasa curba directoare conform indicațiilor din figură.



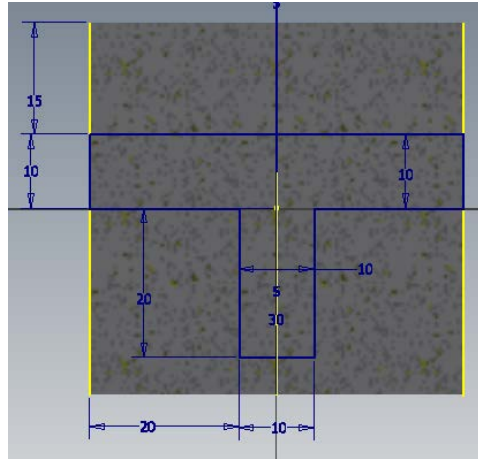
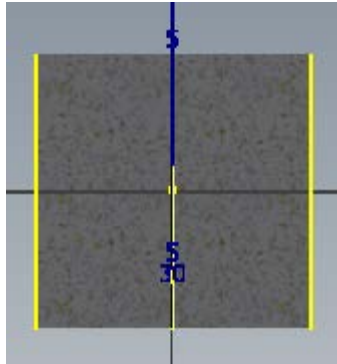
Se indică finalizarea schiței prin apăsarea butonului *Finish Sketch*, rezultatul fiind cel din figura următoare.

Următoarea etapă va fi realizarea profilului „T”. Se activează planul YZ din Browser și se va stabili ca plan de lucru, prin activarea comenzii *Start 2D Sketch*.

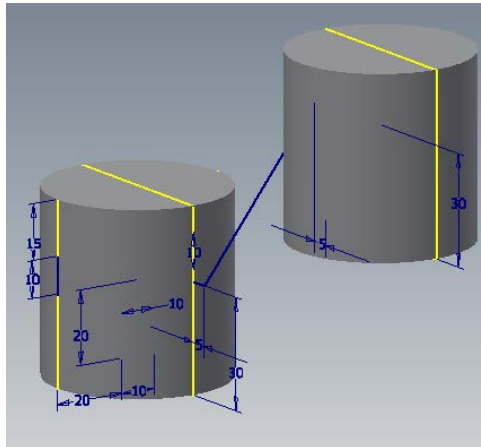
Se îndepărtează virtual partea din față a modelului, se face click dreapta pe butonul mouse-ului și se activează opțiunea *Slice Graphics*.



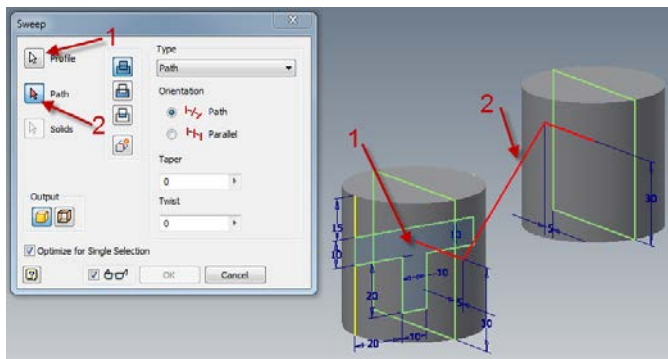
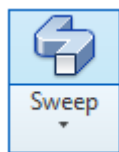
Se activează comanda *Project Geometry* și se selectează generatoarele cilindrului, după care se realizează profilul „T” ca în figură.



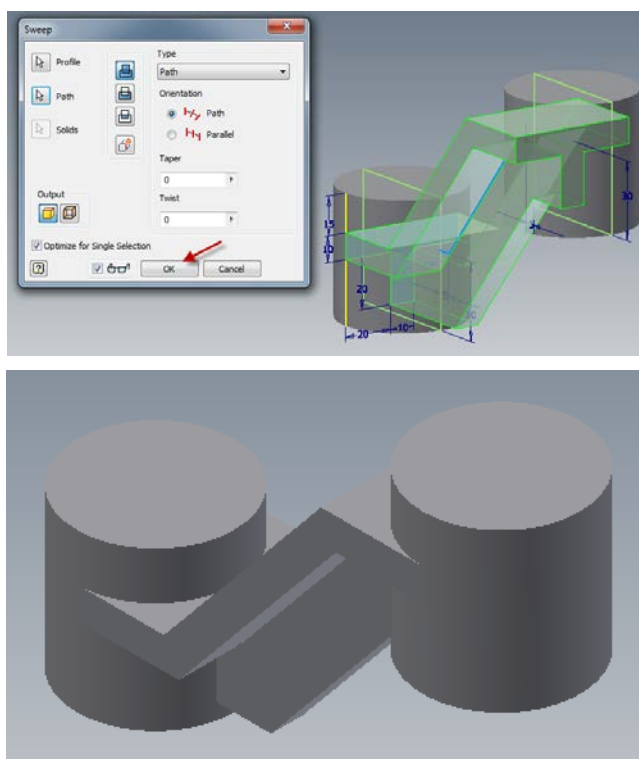
Se indică finalizarea schiței prin apăsarea butonului *Finish Sketch*.



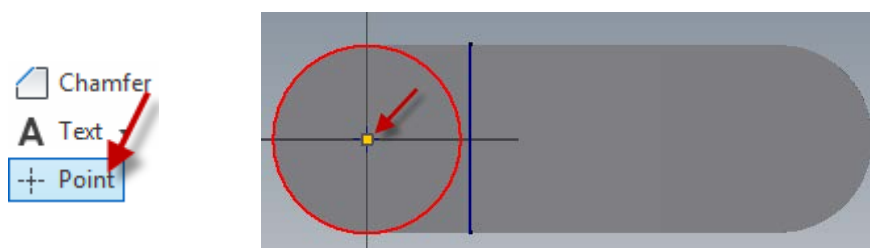
Se lansează comanda *Sweep* și se indică calea și profilul care urmează a fi translatat.



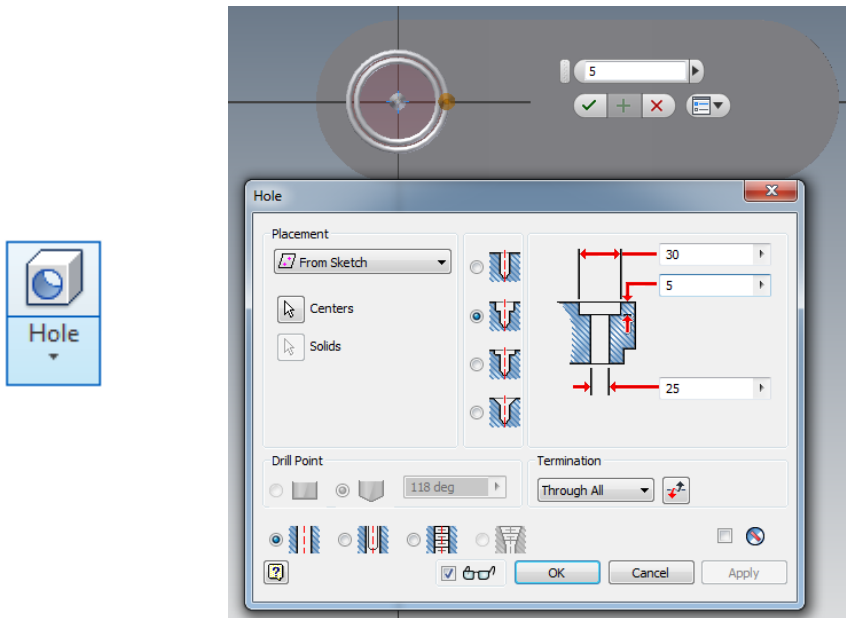
După indicarea celor două elemente se finalizează comanda, rezultatul fiind construirea profilului „T” între cei doi cilindri.



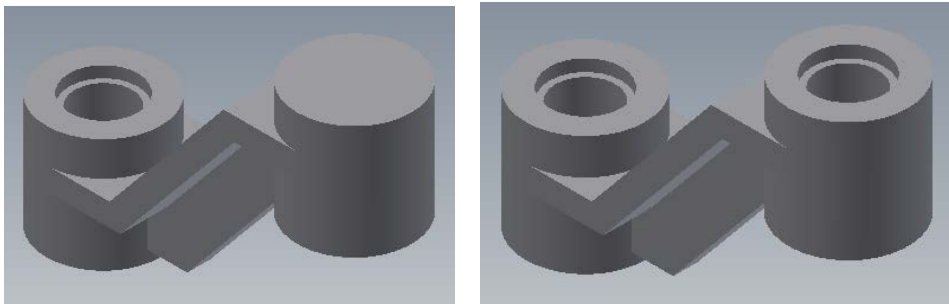
Pentru realizarea găurilor din cei doi cilindri se indică ca plan al schiței suprafața superioară a cilindrului din stânga și se construiește un punct, comanda Point, în centrul cercului.



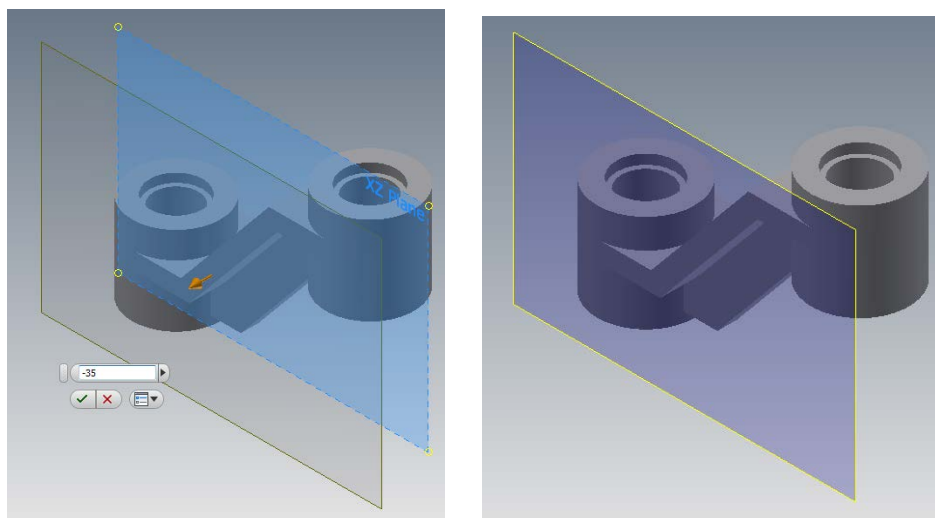
Se activează comanda *Hole*, după indicarea finalizării schiței (*Finish Sketch*) și se realizează o gaură în primul cilindru conform indicațiilor din figura următoare.



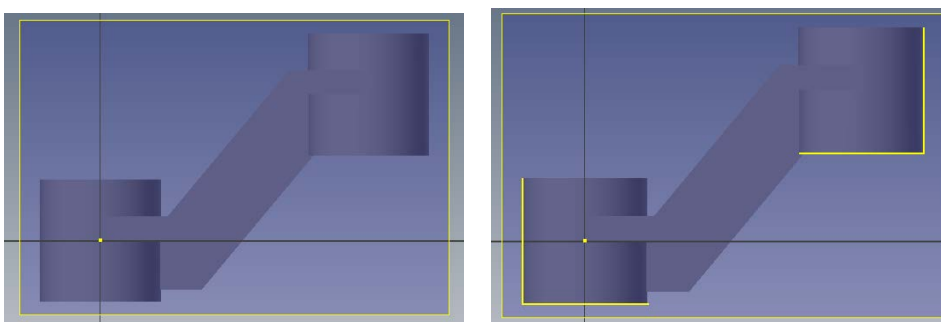
Rezultatul va fi cel din figură, realizând analog și gaura în cel de-al doilea cilindru.



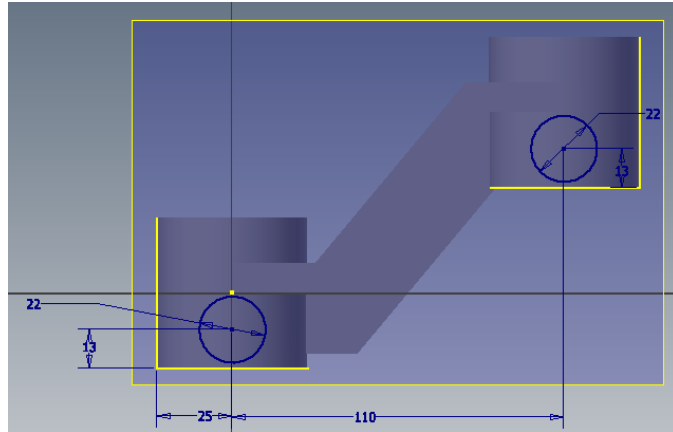
După realizarea celor două găuri din *Browser* se selectează planul XZ și prin tragere se definește un plan de lucru situat la distanța de -35mm față de planul de referință XZ.



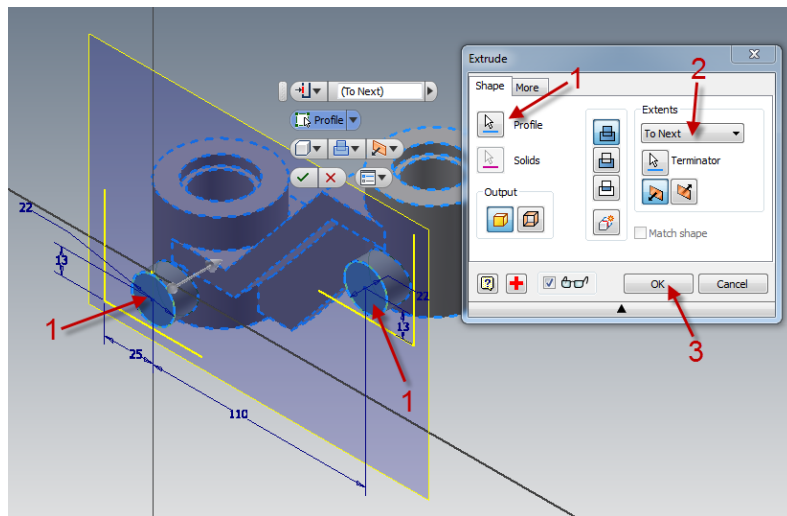
Se definește planul realizat ca plan al schiței prin activarea comenzii *Start 2D Sketch*, selectarea planului realizându-se prin indicarea unui colț al acestuia, după care cu ajutorul comenzii *Project Geometry* se activează pe planul schiței generatoarele și bazele cilindrilor.



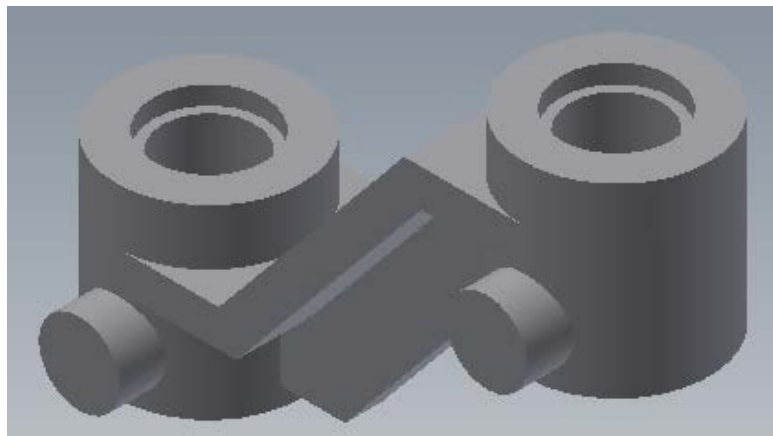
Se construiesc două cercuri cu diametrul de 22mm, fiind constrânse dimensional ca în figură.



Se activează comanda *Extrude*, după indicarea finalizării schiței (*Finish Sketch*) și se extrudează cele două profiluri până la intersecția cu cei doi cilindri.

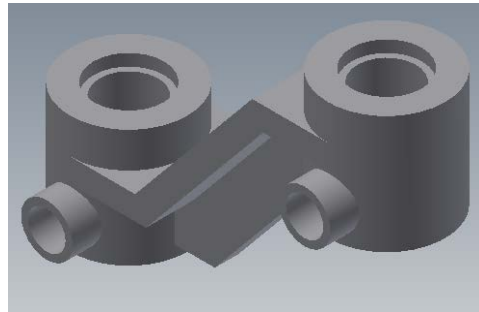
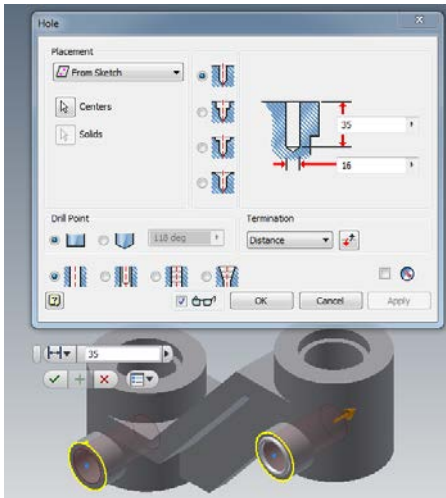


După finalizarea extrudării modelul va arăta astfel.

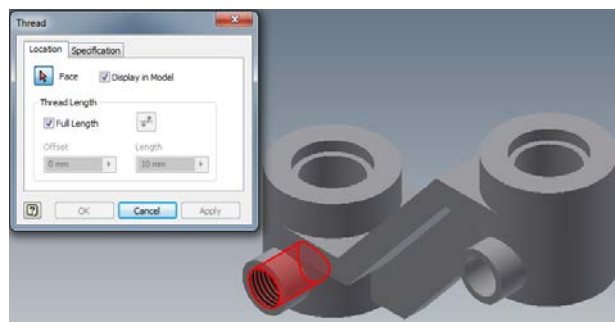


Se realizează două găuri în cei doi cilindri modelați anterior indicându-se ca plan al schiței suprafața superioară a cilindrului din stânga, apoi cu Project Geometry se face vizibil conturul celui de-al doilea cilindru.

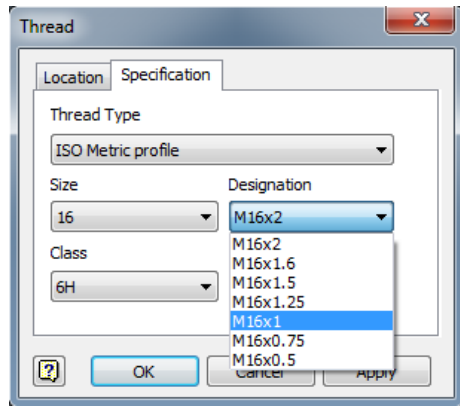
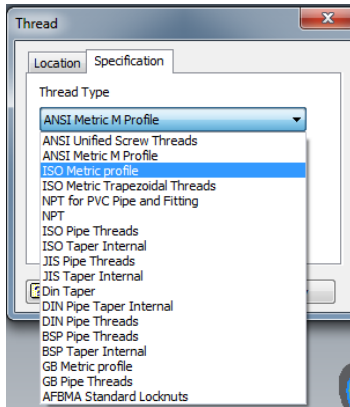
Se activează comanda Hole și se indică centrele celor două cercuri ca centre ale unor găuri cu diametrul de 16mm și adâncime de 35mm.



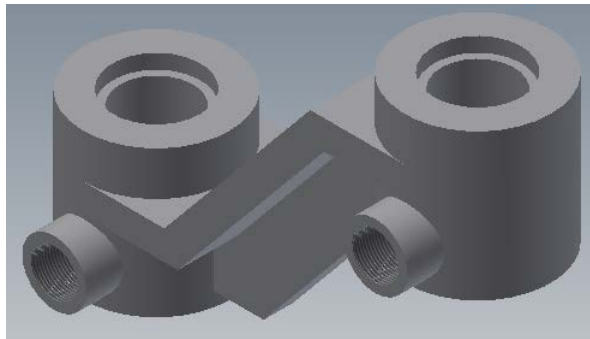
Pentru reprezentarea filetelor se activează comanda *Thread*, alegându-se ca suprafață de generare, fața interioară a găurii create anterior, cu specificațiile din figurile următoare. Filetul se va executa pe toată lungimea (butonul *Full Length* activ).



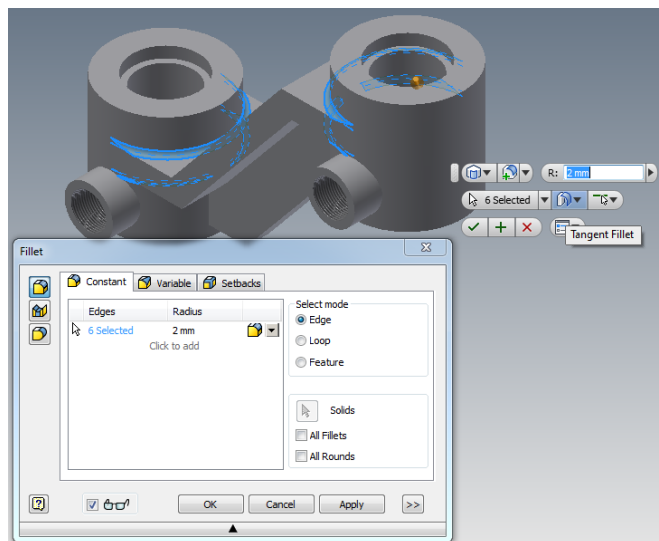
Se va alege filet metric, M16x1, clasa de precizie 6H, conform standardului ISO.



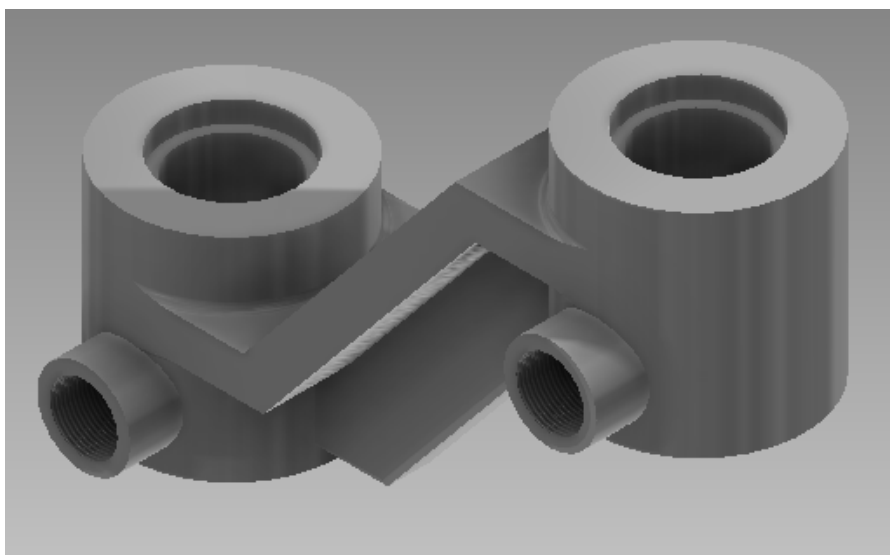
Se procedează în același mod pentru cea de-a doua gaură filetată.

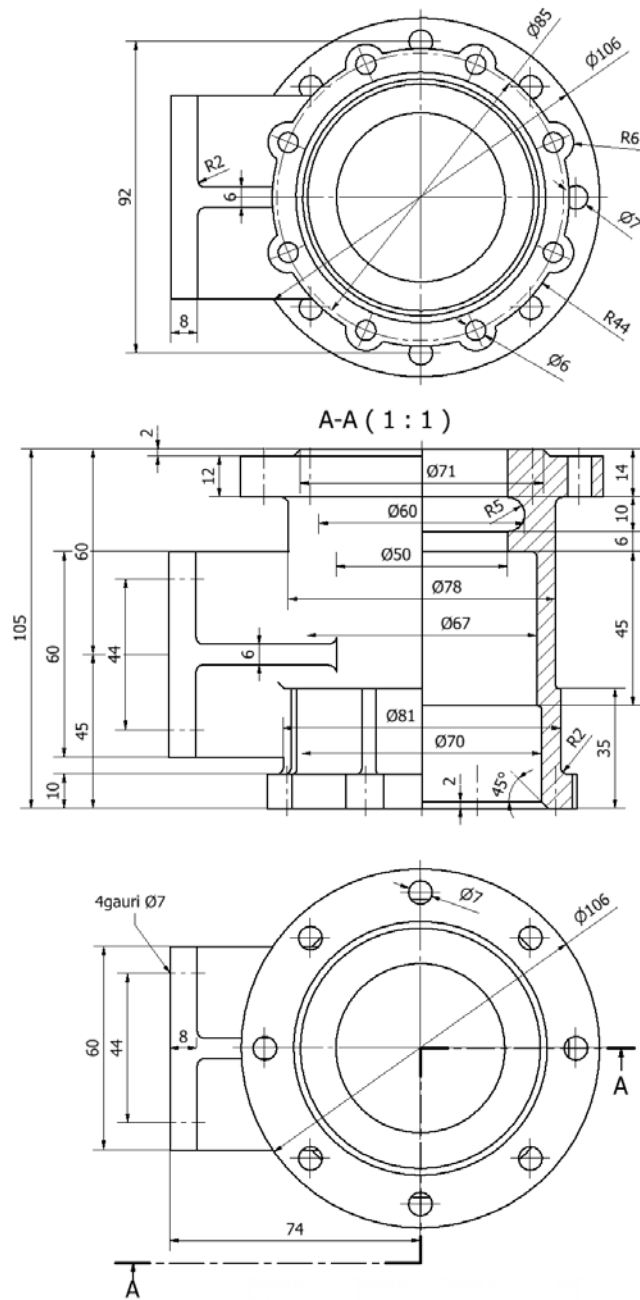


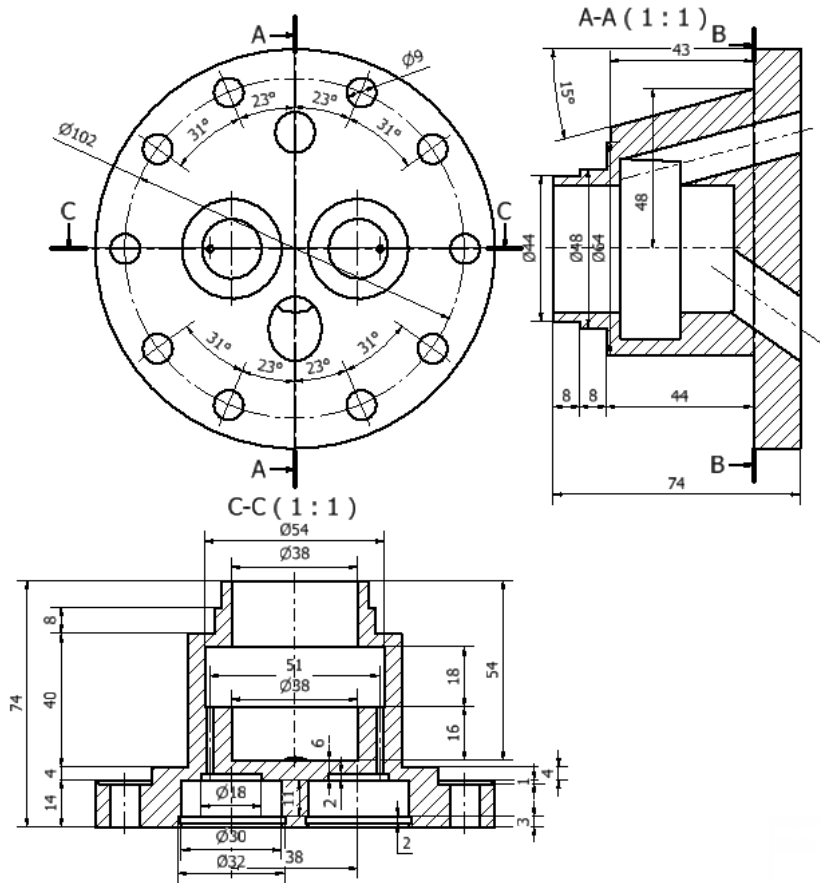
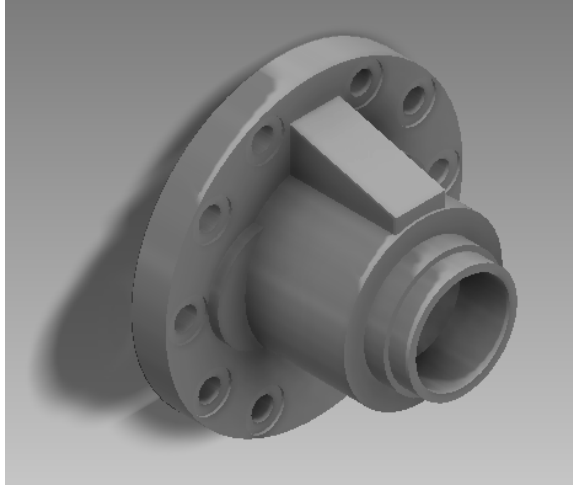
În finalul modelării se vor racorda muchiiile cu raza de 2mm, folosind comanda *Fillet*.

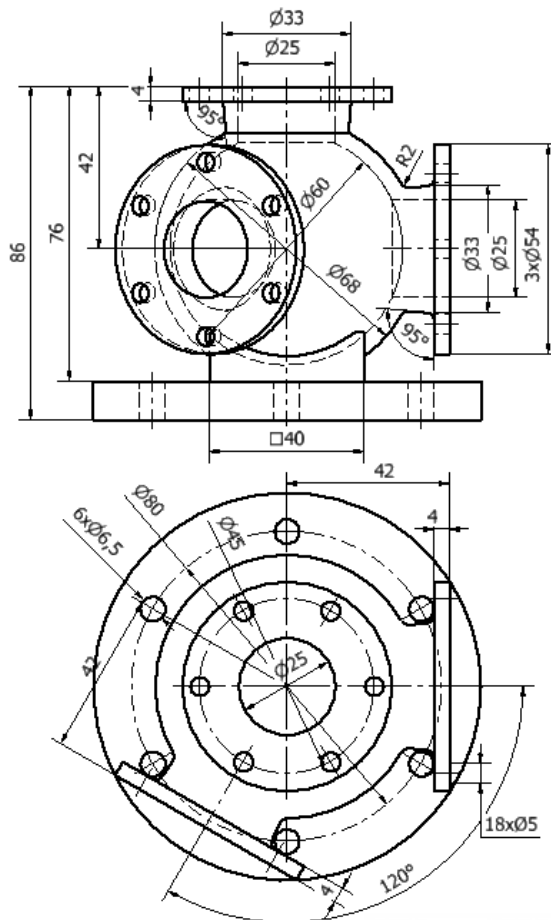
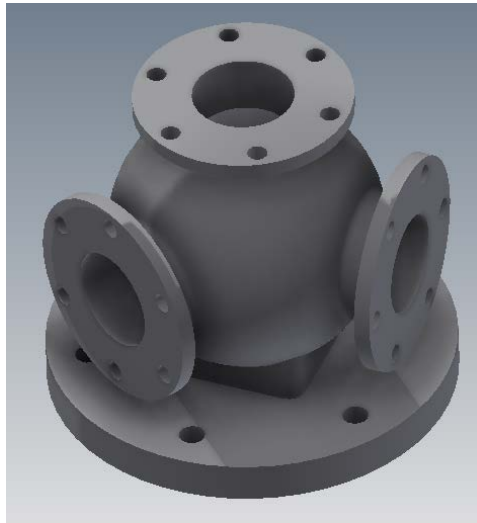


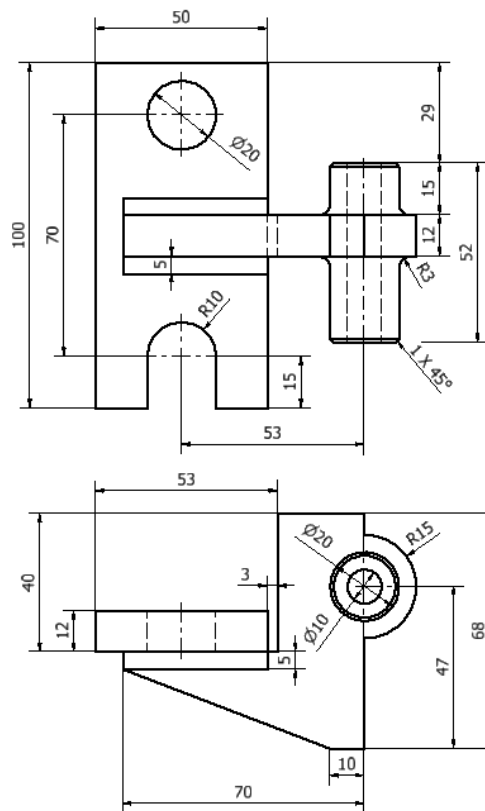
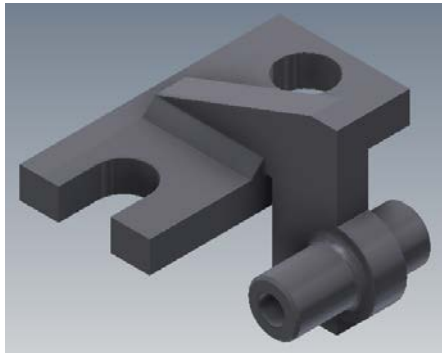
Modelul 3D final va arăta astfel:

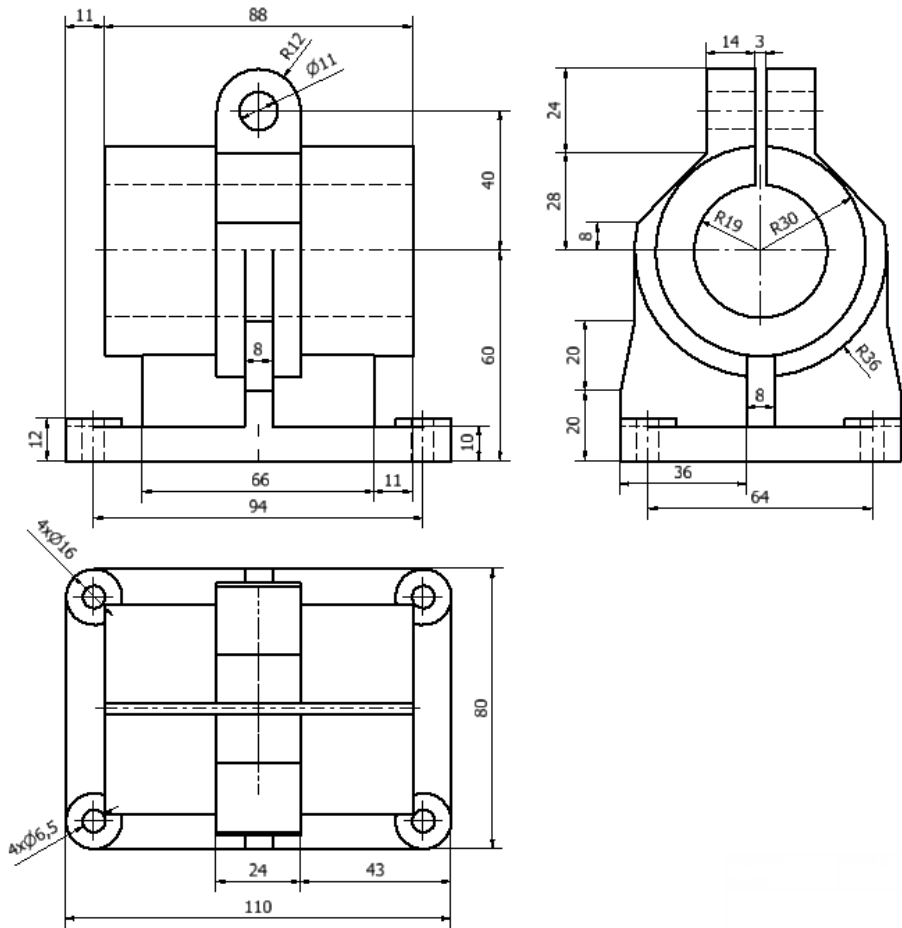
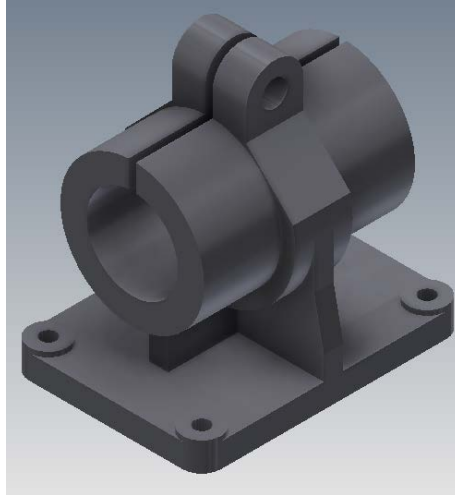


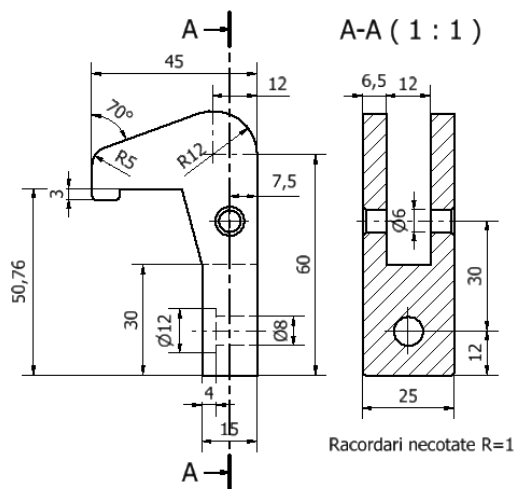
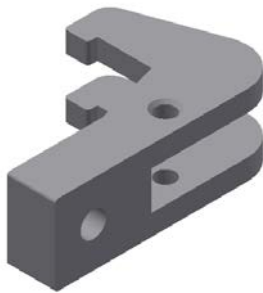
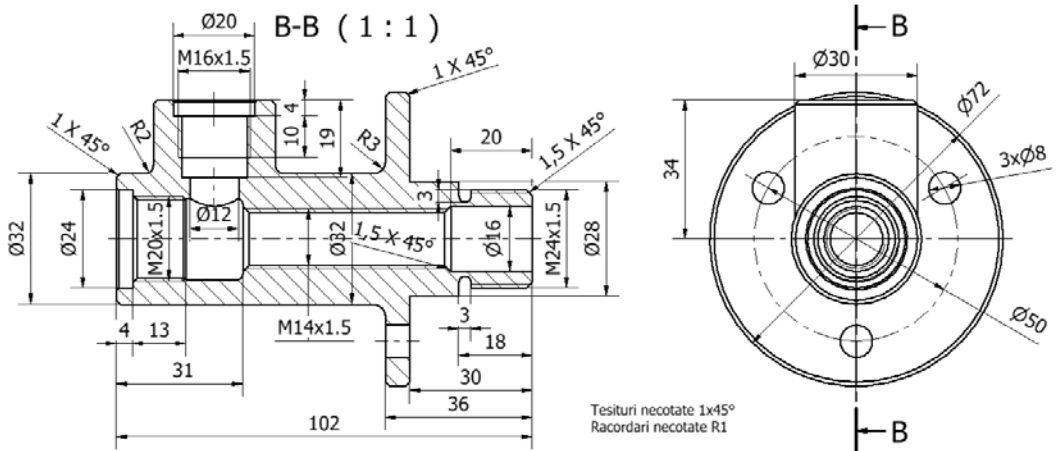
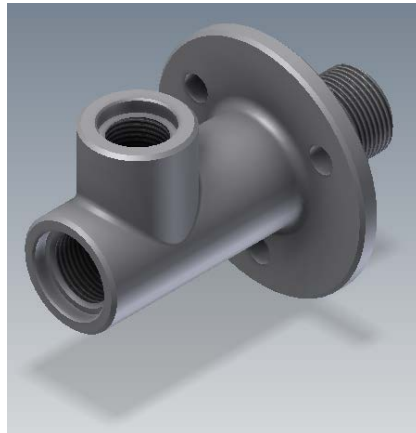


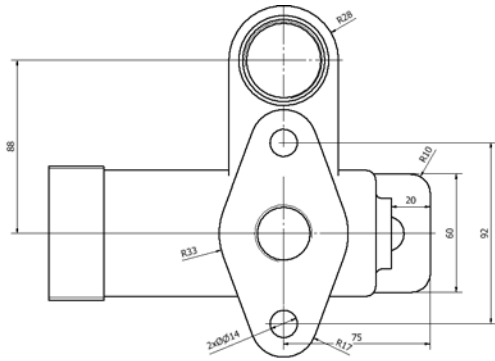
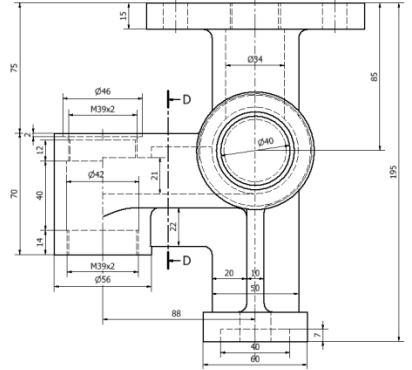
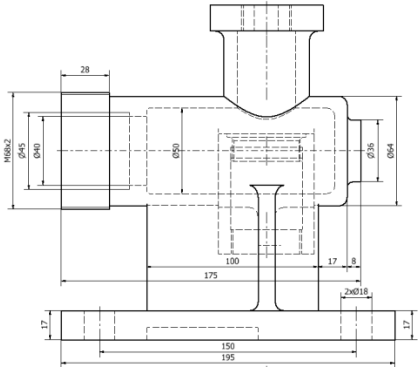
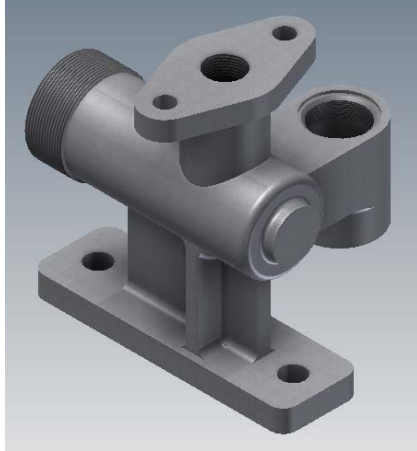




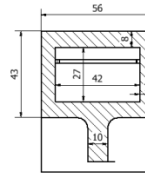




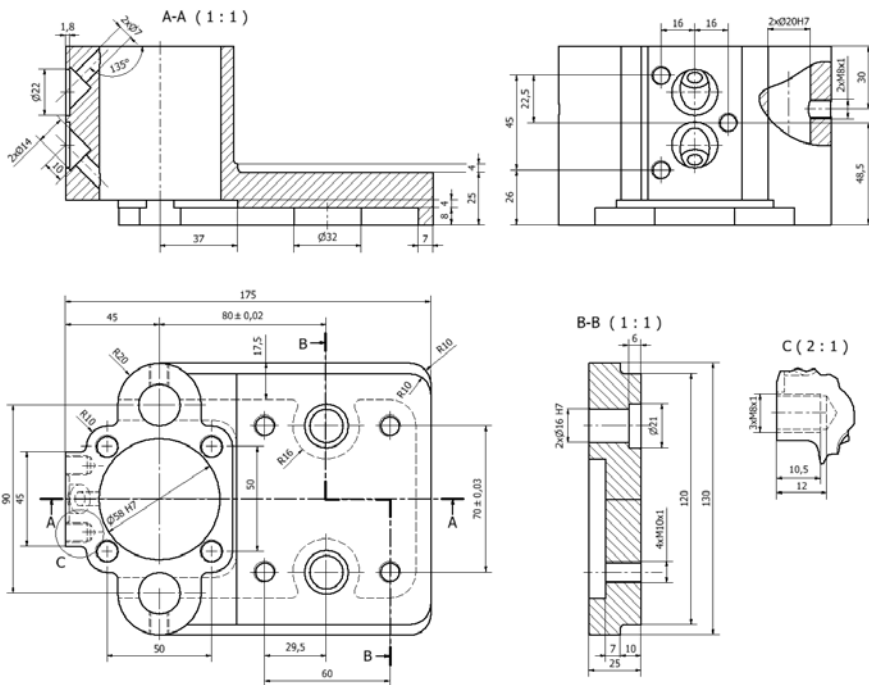
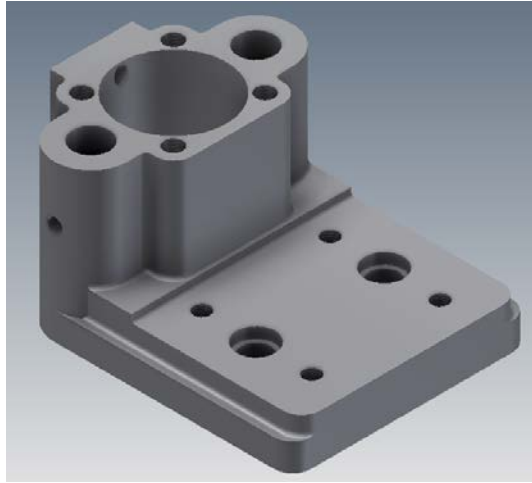




D-D (1:1)



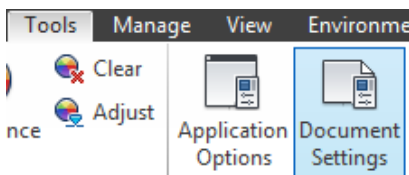
Racordari necotate R5



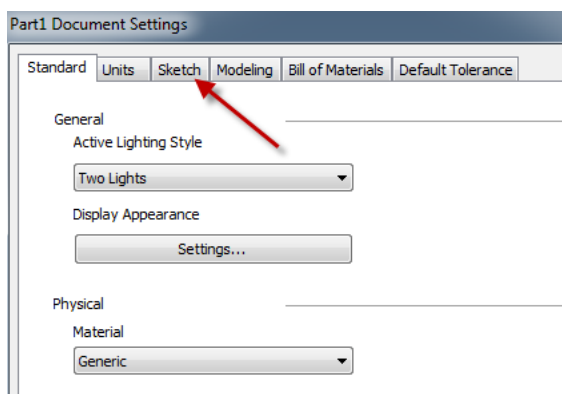
5 CONFIGURĂRI DE BAZĂ

5.1 Configurarea intervalelor grid –ului

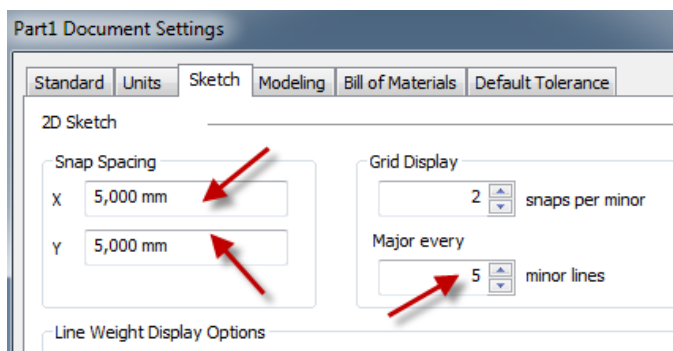
1. Se selectează [Tools]→[Document Settings]



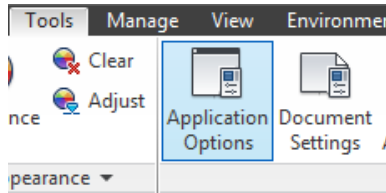
2. Se deschide o casetă de dialog și se activează *Sketch* conform figurii



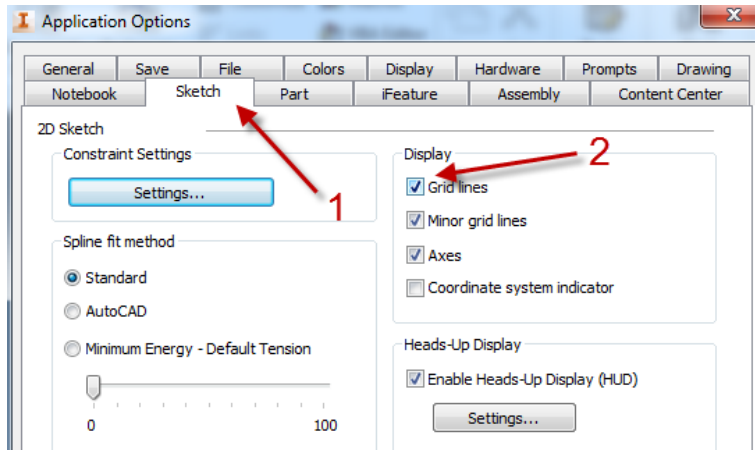
3. În [Document Settings] →[Tools] se modifică intervalul dintre liniile grilei, atât pe direcția axei X cât și pe direcția axei Y, aici 5 mm.



4. Se selectează [Tools]→[Application Options]



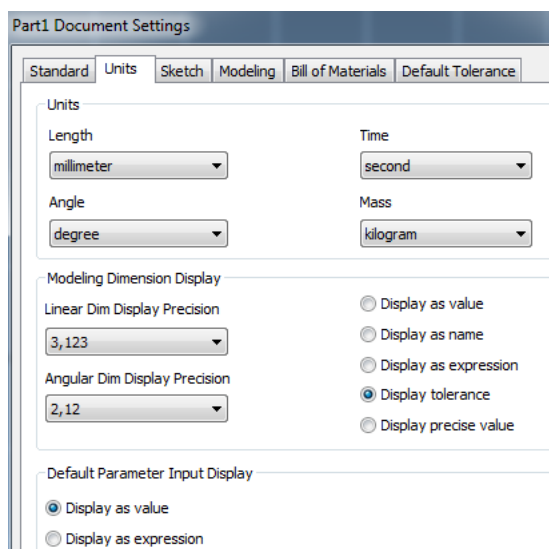
5. În *Application Options* se activează *Sketch* și se bifează *Grid lines*.



6. Rezultatul va fi afișarea unei rețele cu distanța dintre linii de 5mm.

5.2 Configurarea unităților de măsură

1. Se selectează [Tools]→[Document Settings]
2. Se deschide o casetă de dialog și se activează *Units* conform figurii

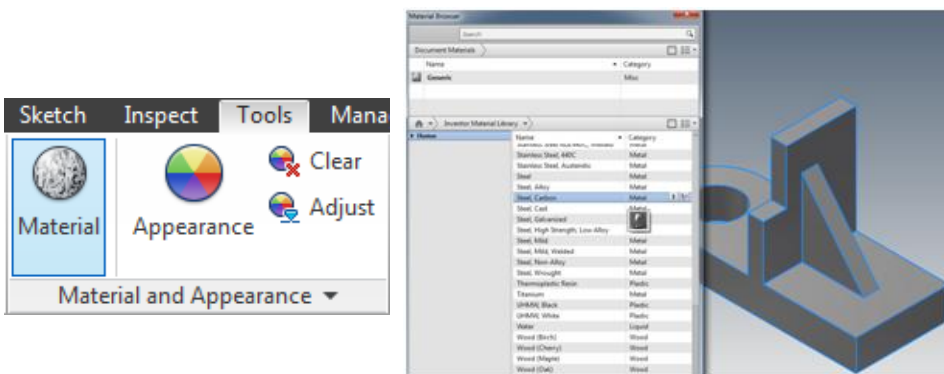


3. Se modifică în funcție de cerințe atât unitățile de măsură cât și precizia de măsurare.

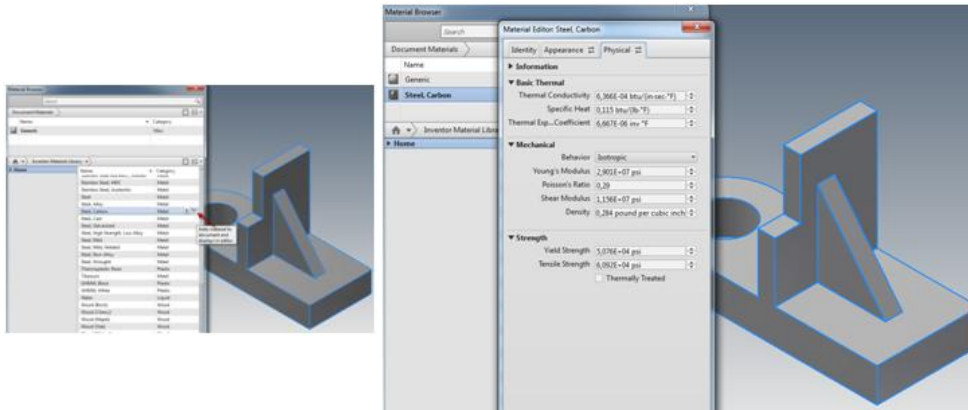
5.3 Vizualizarea și editarea proprietăților materialului

Biblioteca programului *Autodesk Inventor* oferă o gamă variată de materiale care pot fi alocate unui model. Proprietățile materialelor, mecanice și fizice: densitate, modulul lui Young, coeficientul lui Poisson, limita de curgere, rezistența la rupere la tracțiune, conductivitatea termică, dilatația termică și căldura specifică, existente în bibliotecă, pot fi editate și totodată pot fi definite și alte materiale cu proprietăți impuse de utilizator.

Pentru alocarea unui material din bibliotecă din bara de unelte se selectează *Tools*→*Material* și se selectează din lista de materiale disponibile în librăria programului *Steel, Cast*



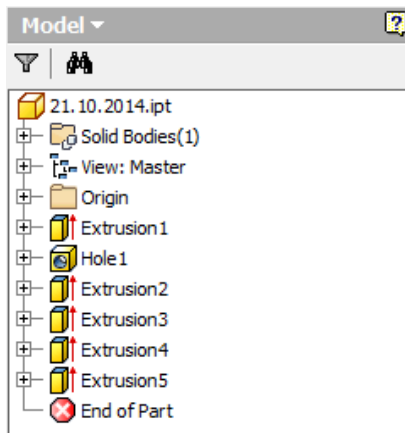
Se face click pe *Adds Material to document and displays in editor*, iar pentru a vizualiza și modifica informațiile despre material din fereastra *Material Editor* se alege *Physical*.



Se pot schimba proprietățile materialului, aici pentru oțelul S355JR conform EN 10025: 2004

6 MODIFICAREA SCHIȚEI ȘI A MODELULUI

În *Autodesk Inventor*, toate etapele de proiectare se regăsesc în *Browser* în ordinea realizării, modelul având o structură arborescentă. Fiecare nouă modelare este creată pe baza unor relații definite anterior, de aceea este bine ca la început să se stabilească etapele de construcție a modelului.



Comparativ cu alte softuri de modelare 3D, *Autodesk Inventor* oferă posibilitatea modificării unor caracteristici de execuție, atât a schiței cât și a modelului chiar și după finalizarea acestuia.

Modelarea parametrică este un proces cumulativ, de aceea de fiecare dată când este adăugat un nou element, caracteristicile acestuia sunt adăugate în *Browser*.

Browser-ul este localizat în partea stângă a ferestrei grafice și este activ atât în cazul realizării unui model 3D cât și atunci când se realizează un ansamblu sau un desen. Fereastra *Browser*-ului oferă o structură vizuală a caracteristicilor, constrângerilor și atributelor utilizate pentru a crea o parte, un ansamblu, sau un desen.

Baza de date include, de asemenea, parametrii caracteristici care au fost utilizați pentru a defini modelul, aceste informații sunt păstrate, iar modificările se fac pe baza acelorași informații de intrare. Modificările pot fi făcute pentru orice operație care a fost efectuată pentru a crea modelul 3D.

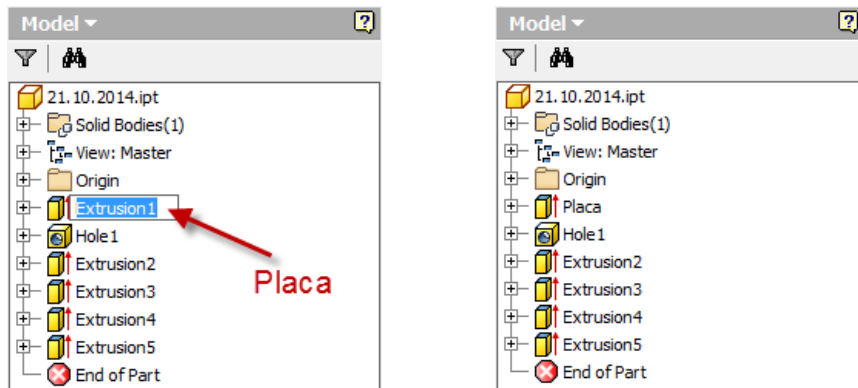
Primul element afișat în *Browser* este numele modelului, implicit *Part*, care este, de asemenea, numele fișierului. *Browser*-ul poate fi folosit pentru a modifica piese și ansambluri, prin mutarea, ștergerea, redenumirea unor elemente din cadrul ierarhiei.

Orice modificări făcute în *Browser* afectează în mod direct o parte sau ansamblul și rezultatele modificărilor sunt afișate pe ecran instantaneu. *Browser*-ul indică în același timp orice probleme și conflicte care apar în timpul procedurii de modificare și actualizare a informațiilor.

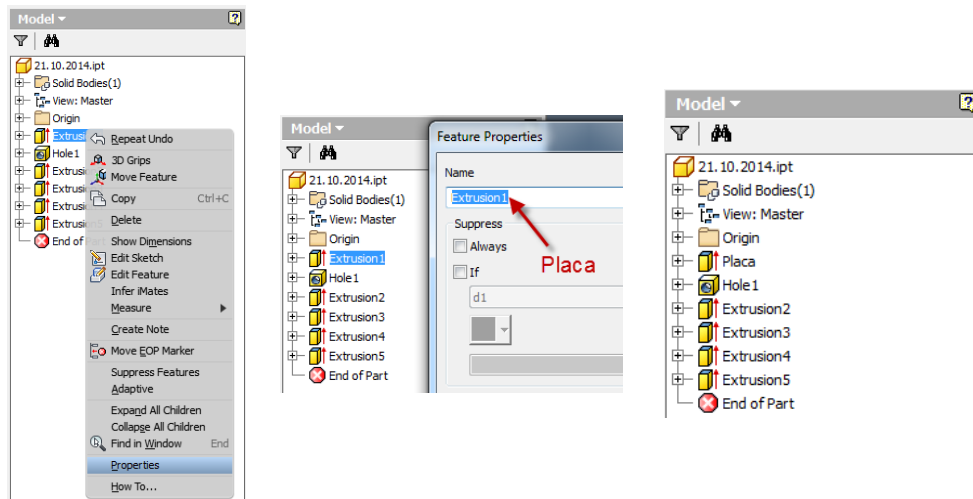
Redenumirea unor elemente din cadrul ierarhiei este necesară, pentru identificarea mai ușoară a acestora, atunci când modelul 3D este complex și s-a realizat printr-un număr mare de operații.

Acest lucru se poate realiza prin două metode:

1. Făcând click stânga de două ori pe numele operației respective;



2. Click dreapta → *Properties*

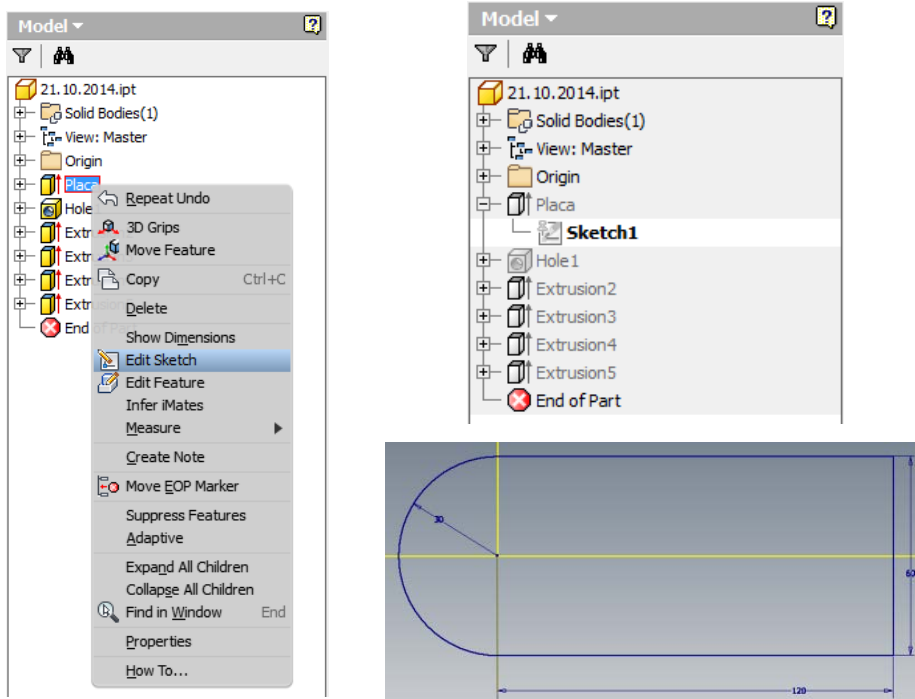


După cum se preciza unul dintre principalele avantaje ale modelării parametrice este ușurința de a efectua modificări parțiale, în orice moment, în procesul de proiectare.

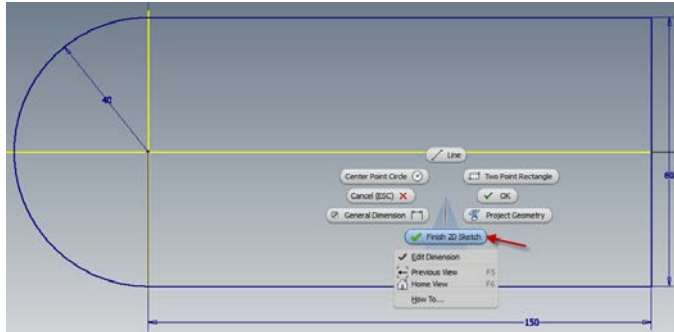
Aceste modificări se pot face pentru orice operație care a fost efectuată pentru realizarea modelului.

De exemplu, în exemplul anterior se poate modifica atât lungimea și lățimea plăcii cât și grosimea acesteia.

1. Pentru modificarea dimensiunilor schiței plăcii în *Browser* se face click dreapta pe elementul *Placa* și se activează comanda *Edit Sketch*.

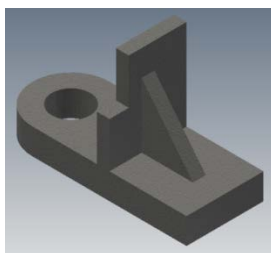
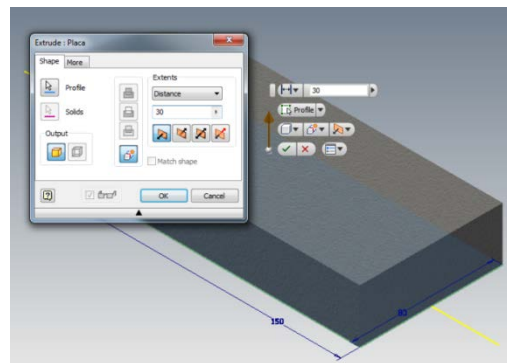
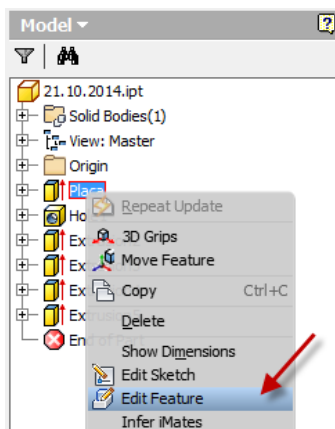


Se observă că se activează automat schița pe care s-a realizat conturul 2D pentru placă, celelalte elemente fiind inactive și pe schița creată anterior se pot modifica dimensiunile. După modificarea dimensiunilor (aici în loc de 120-150, 60-80 și raza 30-40), click dreapta și se indică finalizarea schiței.

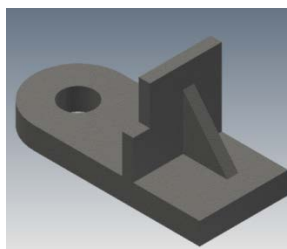


Automat modelul final 3D se va modifica, făcându-se și modificările relaționale între bază și celelalte elemente realizate în legătură cu acestea.

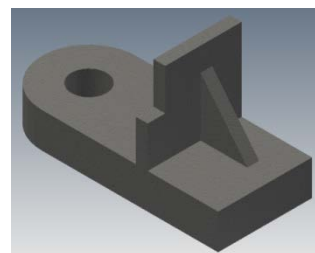
Pentru modificarea grosimii plăcii în *Browser* se face click dreapta pe elementul *Placa* și se activează comanda *Edit Feature*. Automat se deschide fereastra pentru operația de extrudare unde se poate modifica grosimea plăcii, aici în loc de 20mm s-a făcut grosimea de 30mm. După finalizarea comenzii placa își va schimba grosimea automat.



inițial

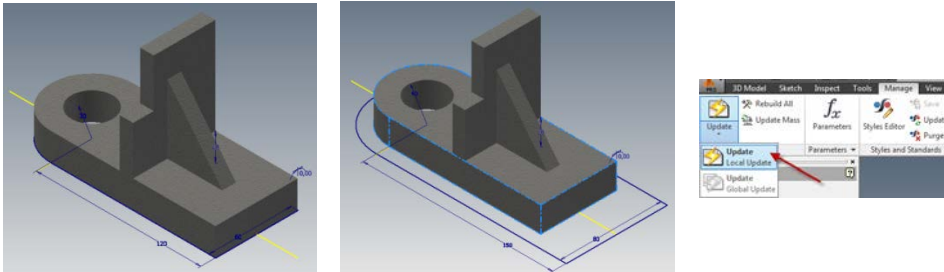


după modificarea schiței



după modificarea grosimii

2. O altă metodă pentru modificarea dimensiunilor schiței este aceea prin care în *Browser* se face click dreapta pe elementul *Placa* și se activează comanda *Show Dimensions*.

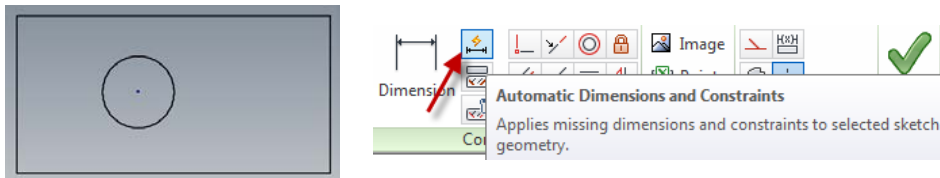


Pe modelul 3D sunt vizibile dimensiunile schiței care pot fi modificate. Se vor face aceleași modificări ca și în exemplul anterior, însă de această dată modificările modelului nu se mai fac automat, trebuind să se activeze comanda *Update* din meniul *Manage*.

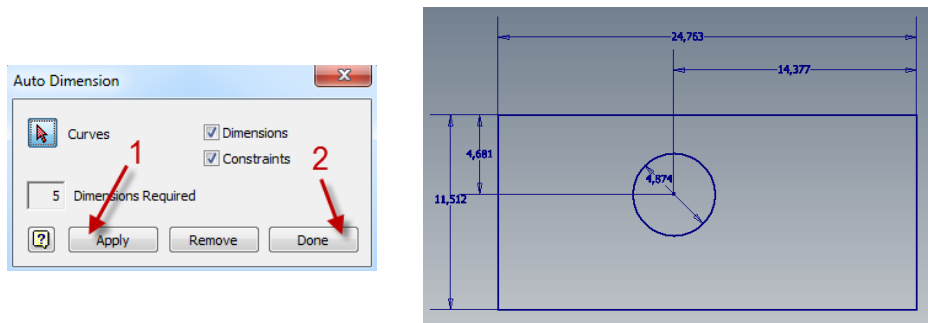
7 RELAȚII PARAMETRICE

În modelarea parametrică, dimensiunile sunt parametri de proiectare care sunt utilizați pentru a controla dimensiunile și caracteristicile geometrice. Dimensiunile nu sunt doar valori, ele pot fi de asemenea folosite ca variabile de control ale unui model. Acest concept este ilustrat prin următorul exemplu.

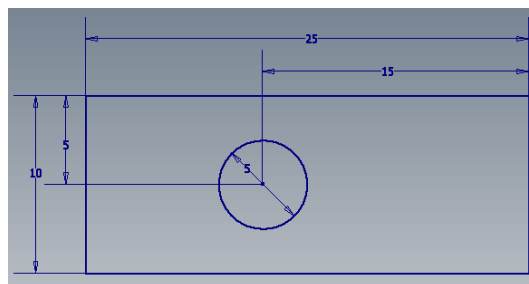
Se construiește pe planul XY, arbitrar, un dreptunghi și un cerc în interiorul acestuia.



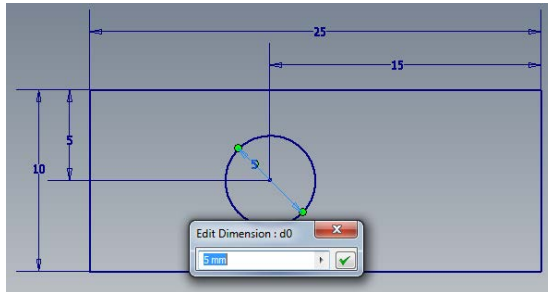
Se vizualizează dimensiunile celor două elemente prin activarea constrângerii *Automatic Dimensions and Constraints*.



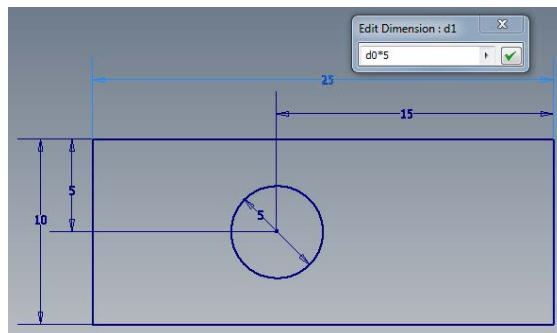
Efectul va fi apariția tuturor dimensiunilor schiței, care se vor modifica conform desenului (pentru a se realiza o relație cât mai ușoară între dimensiuni acestea au fost alese multiplu de 5).



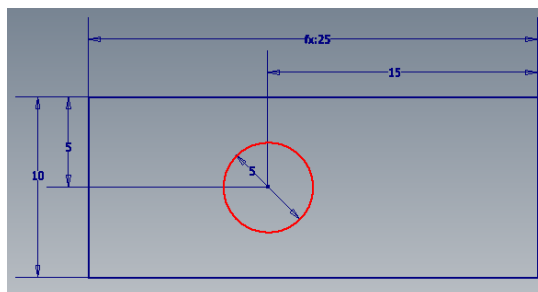
De fiecare dată când se adăugă o dimensiune unui model, această valoare este stabilită ca un parametru al modelului, de aceea se pot folosi parametrii inițiali în ecuații pentru a stabili valorile altor parametri.



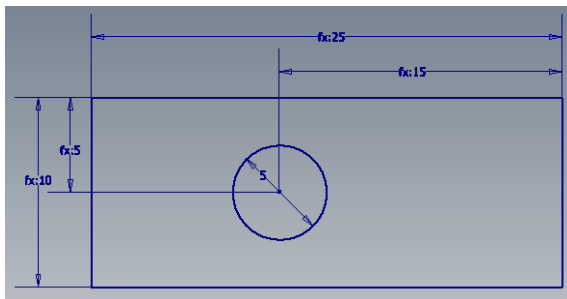
În exemplul dat se observă că la editarea diametrului cercului, această dimensiune este variabila $d0$ și vom edita celelalte dimensiuni în funcție de aceasta.



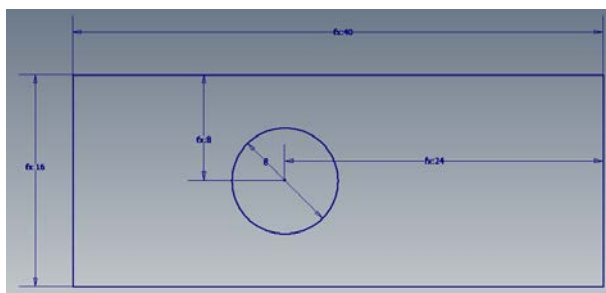
La editarea lungimii plăcii în loc de valoarea 25 mm, se scrie $d0*5$. Se observă că în locul valorii 25, va fi afișată o funcție.



La fel se procedează și cu celelalte dimensiuni: $d2$ va fi $d0*2$, $d3$ va fi $d0*3$ și $d4$ va fi $d0$.



Prin modificarea variabilei d0 se vor modifica automat și celelalte dimensiuni în funcție de relațiile scrise anterior, în exemplu s-a modificat diametrul cercului de la 5mm la 8. Rezultatul este prezentat în figura următoare.



7.1 Vizualizarea parametrilor și a relațiilor dintre aceștia

În bara de instrumente se selectează *Manage* și *fx Parameters*.

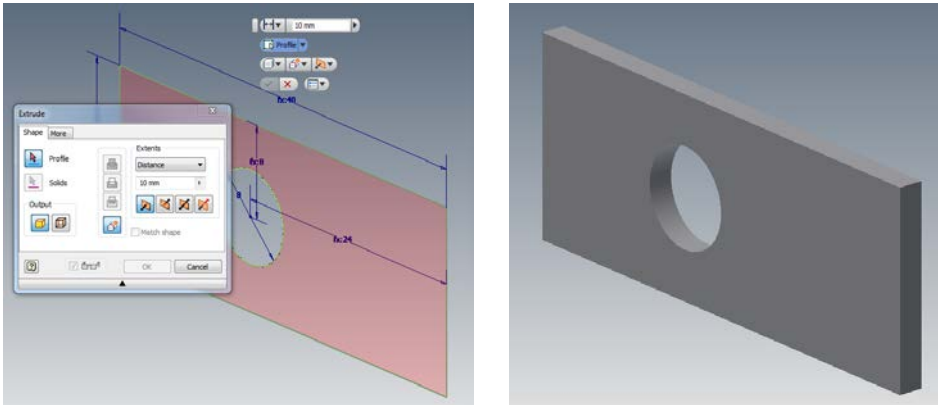
Parameter Name	Unit/Typ	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Key	Comment
Model Parameters							
d0	mm	8 mm	8,000000	●	8,000000	<input type="checkbox"/>	
d1	mm	d0 * 5 ul	40,000000	●	40,000000	<input type="checkbox"/>	
d2	mm	d0 * 2 ul	16,000000	●	16,000000	<input type="checkbox"/>	
d3	mm	d0 * 3 ul	24,000000	●	24,000000	<input type="checkbox"/>	
d4	mm	d0	8,000000	●	8,000000	<input type="checkbox"/>	
User Parameters							
		$E = mc^2$				<input type="checkbox"/>	$E = mc^2$

The interface also shows the 'fx Parameters' toolbar with buttons for 'Inspect', 'Tools', 'Manage', 'Parameters', 'Styles Editor', and 'Styles and Stan'. Below the table, there are buttons for 'Add Numeric', 'Update', 'Purge Unused', 'Link', 'Immediate Update', 'Reset Tolerance', and 'Done'.

Comanda *fx Parameters* poate fi utilizată pentru a afișa toate dimensiunile folosite în definirea modelului. Se pot impune, de asemenea, parametri suplimentari ce vor fi variabile de proiectare, care sunt numiți parametri ai utilizatorului. Modificări ale

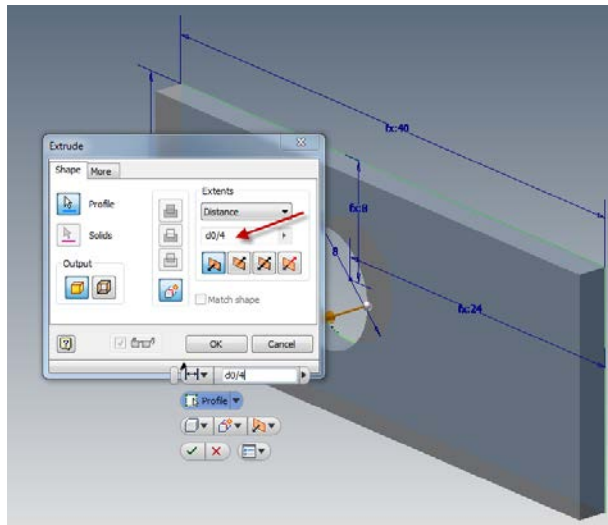
parametrilor și a relațiilor dintre aceștia se pot face și în această fereastră, actualizarea informațiilor făcându-se în timp real.

Transformarea schiței în model se face prin extrudarea profilului astfel obținut, cu 2mm.



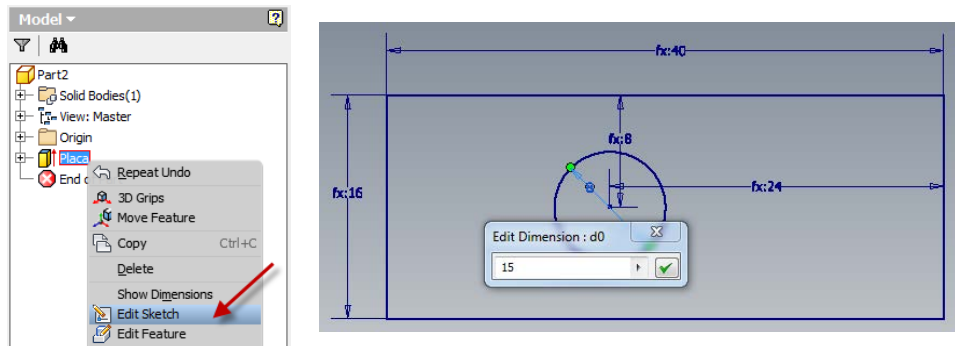
Rezultatul va fi modelarea unei plăci cu o gaură cu diametrul de 8mm și grosimea de 2mm.

Același rezultat se obține dacă în locul distanței de extrudare de 2mm, se scrie tot o relație funcție de d0.



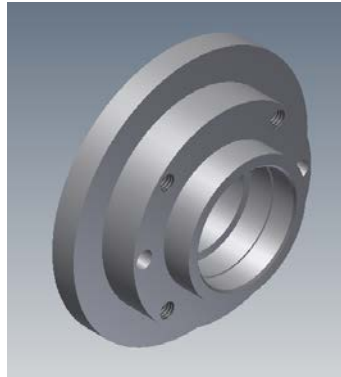
Se poate modifica modelul 3D prin schimbarea unei singure valori, cea a lui d0, acest lucru realizându-se prin una din variantele prezentate mai sus.

De exemplu se va modifica valoarea lui d0 făcând click dreapta în *Browser* pe *Placa* și se editează schița. Se modifică d0 de la 8mm la 15mm.

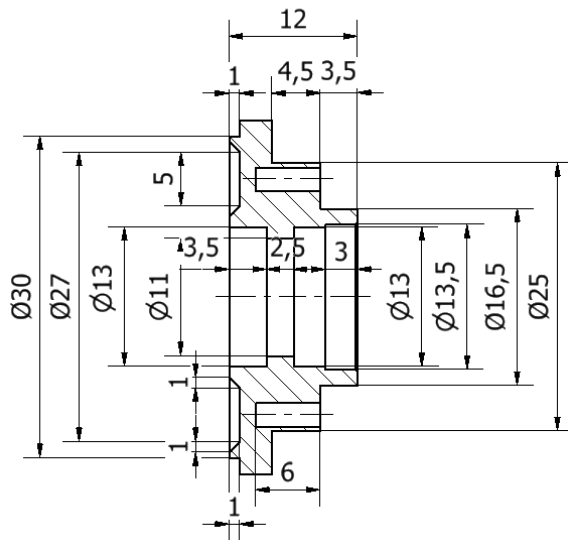
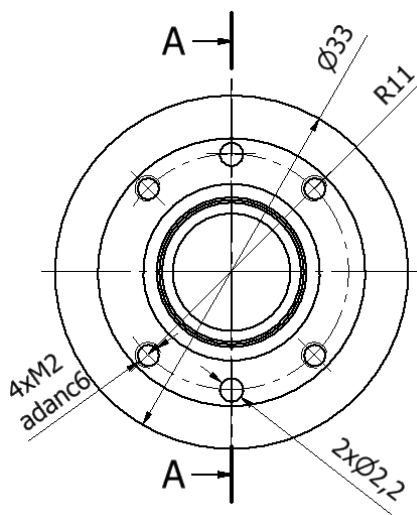


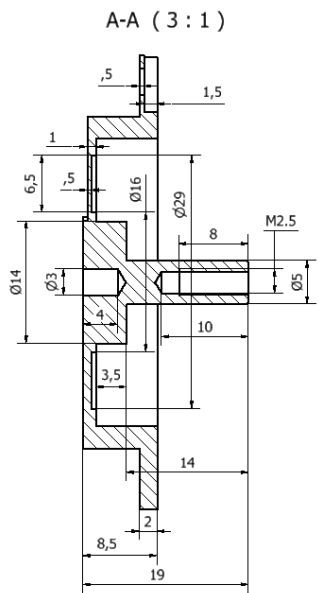
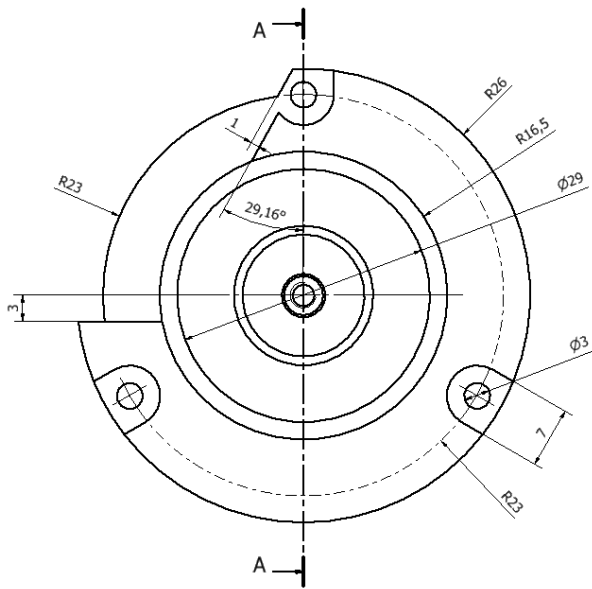
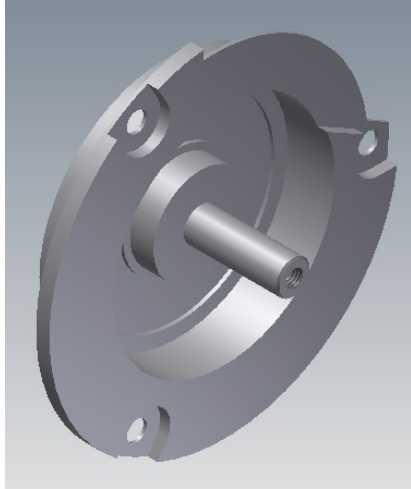
La finalizarea schiței prin click dreapta și indicând *Finish Sketch* se face automat o actualizarea a întregului model 3D, datorită relațiilor existente între dimensiuni.

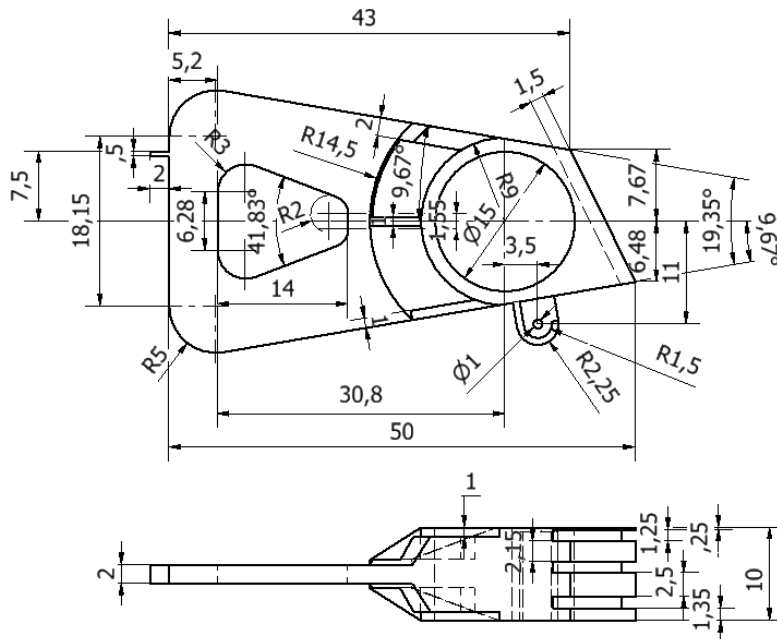
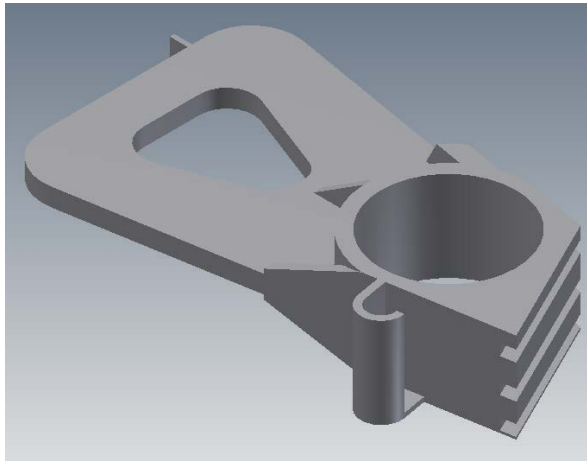
7.2 Lucrări de final

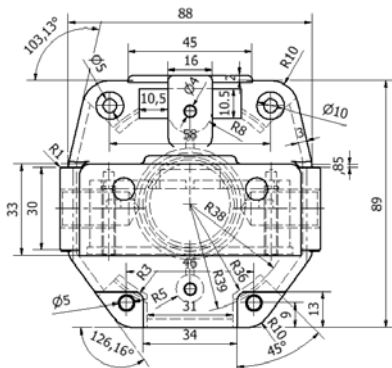
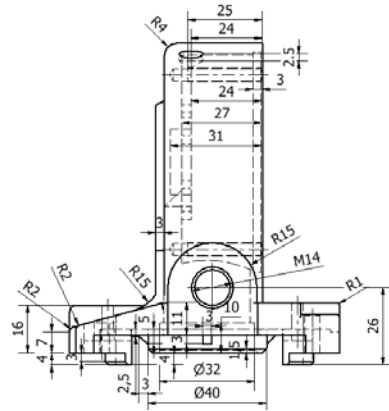
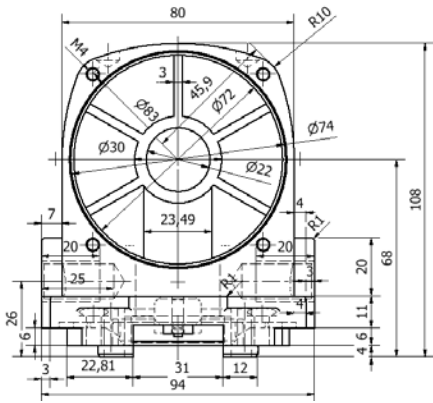
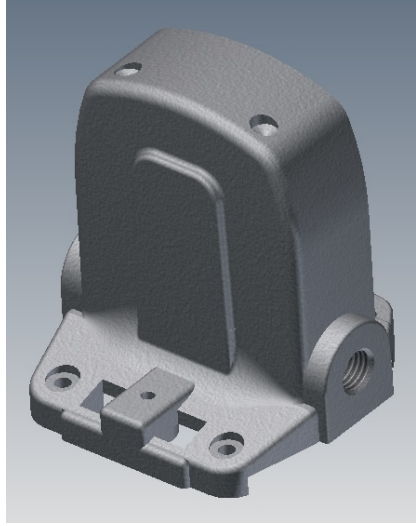
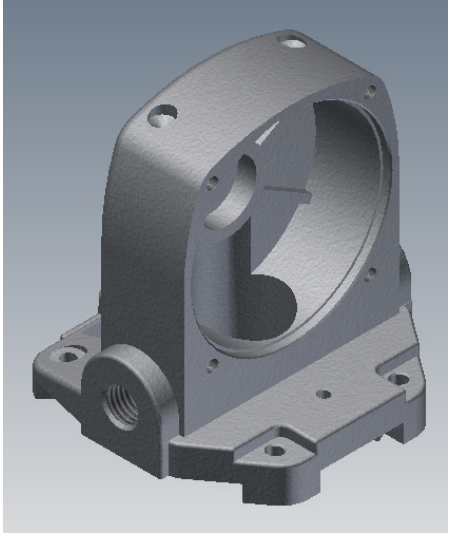


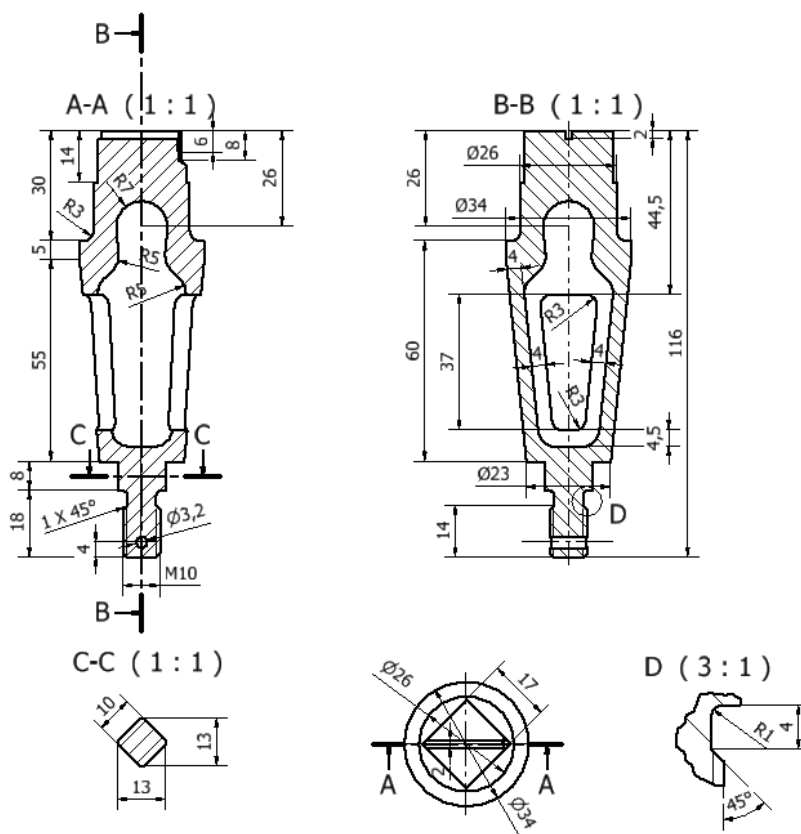
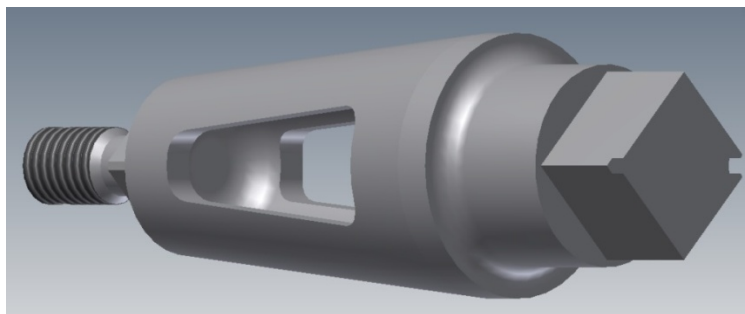
A-A (2 : 1)

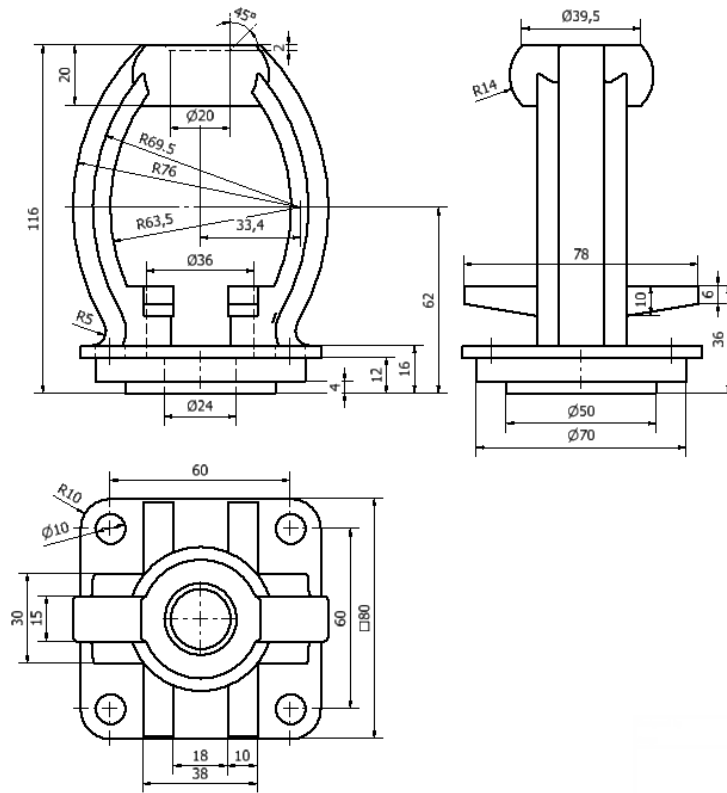
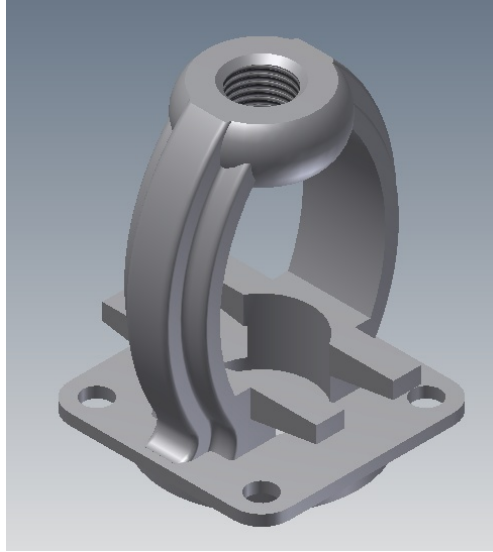


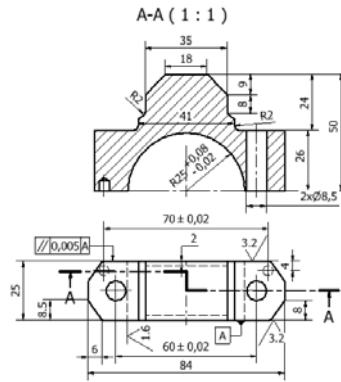
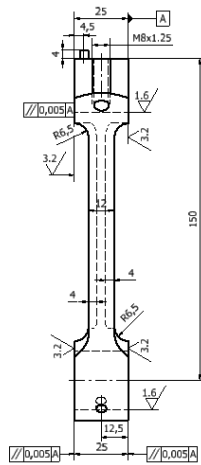
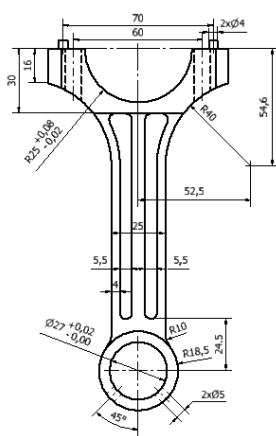
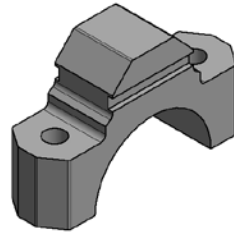
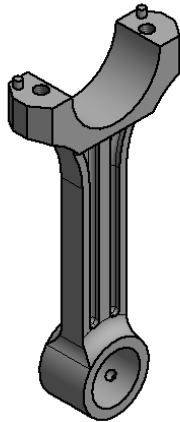


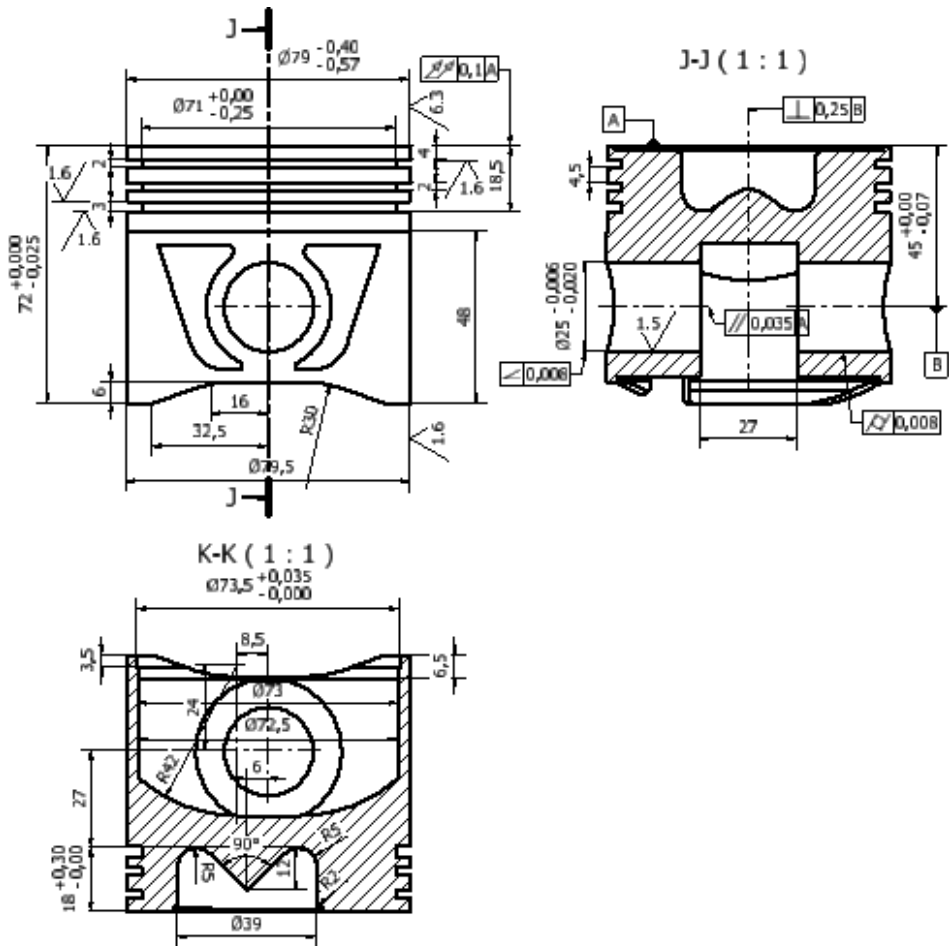
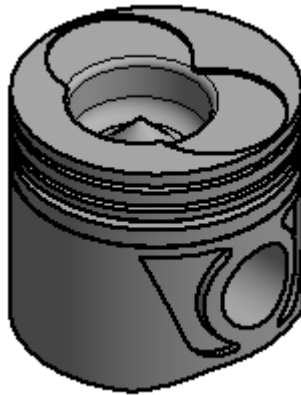


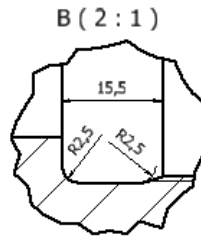
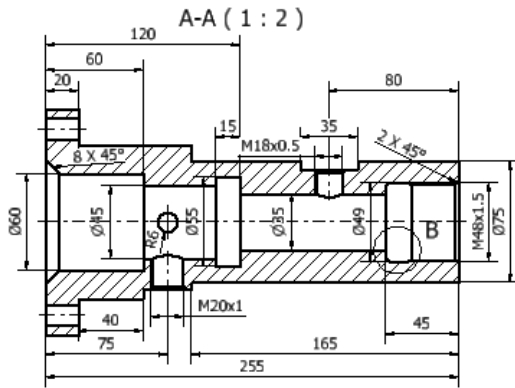
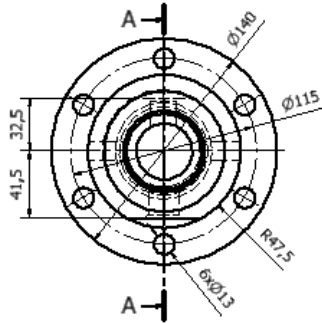
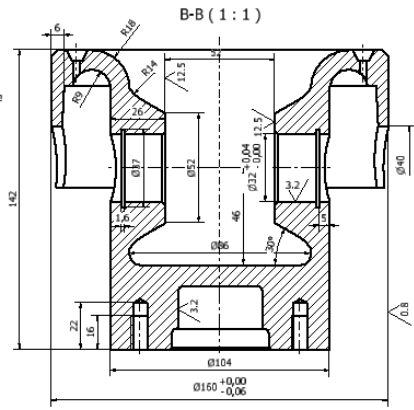
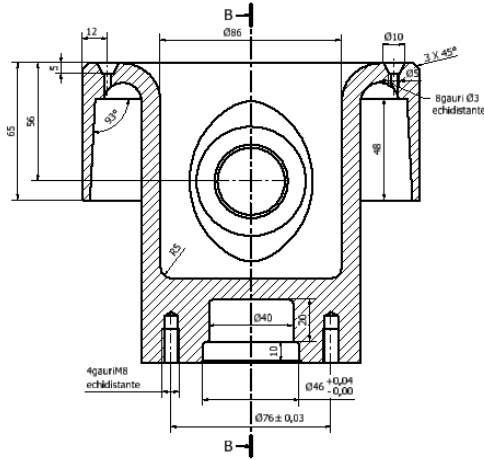
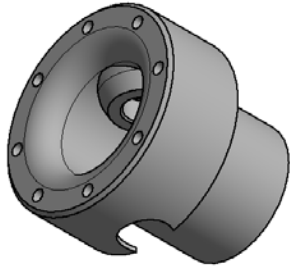












Bibliografie

1. Narayan, K. Lalit, (2008), *Computer Aided Design and Manufacturing*. New Delhi: Prentice Hall of India. p.3. ISBN 812033342X;
2. Matthews, Clifford, (2005), *Aeronautical engineer's data book* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. p. 229. ISBN 978-0-7506-5125-7;
3. Hosking, Dian Marie; Anderson, Neil, (1992), *Organizational change and innovation*, Taylor & Francis, p. 240, ISBN 978-0-415-06314-2;
4. Raphael, B. and I.F.C. Smith, 2003, *Fundamentals of Computer- Aided Engineering*, London: John Wiley, 309 pp;
5. Daintith, John (2004). *A dictionary of computing* (5 ed.). Oxford University Press. p. 102. ISBN 978-0-19-860877-6;

*** <http://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore#?sort=score>