

Název projektu	Rozvoj technického vzdělávání v Jihočeském kraji
Číslo projektu	CZ.1.07/1.1.00/44.0007
Partner projektu	Střední škola, České Velenice, Revoluční 220

PŘÍRUČKA PROGRAMOVÁNÍ

3D tisk

Zpracoval: Mgr. Tomáš Blaták



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

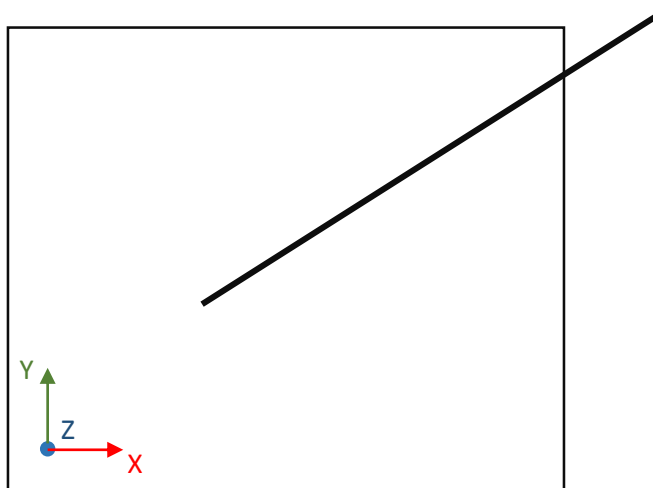
Obsah

1. Úvod do 3D grafiky	4
1.1 Zobrazování objektů.....	6
1.2 Cvičení na představivost	7
2. Jak vytvořit 3D model.....	14
2.1 Programování OpenScad.....	14
2.1.1 OpenScad základní příkazy.....	15
2.1.2 Vytvoření základního modelu	19
2.1.3 Otevření souboru v OpenScad	20
2.1.3 Umístění objektu v souřadnicovém systému x,y,z	21
2.1.4 Změna barvy objektu.....	22
2.1.5 Základní tělesa (krychle, koule, válec, mnohostěn)	24
2.1.6 Komentář.....	28
2.1.7 Hodnoty a datové typy	29
2.1.8 Podmíněné funkce vektorů	32
2.1.10 Transformace	40
2.1.11 CSG Modelování	48
2.2 Modelování v TinkerCAD.....	50
2.2.1 Základní funkce TinkerCad	50
2.2.2 Modelování v TinkerCAD – kopírování a vkládání.....	57
2.2.3 Modelování v TinkerCAD – kolíček.....	60
2.3 Získání již vytvořeného objektu.....	65
3 Nastavení 3D objektu pro tiskárnu Slic3r.....	66
3.1 Jak získat Slic3r	66
3.2 Instalace	66
3.3 Kalibrace.....	67
3.4 Průvodce nastavení.....	68
3.5 První vrstva.....	77
3.6 Práce s modely	81
4. 3D tisk.....	84
4.1 Historie 3D tisku	84
4.2 Druhy tiskáren	88
4.3 Projekt Rep-rap	91
4.4 Program G3D Maker.....	94
4.5 Nastavení tiskárny	100

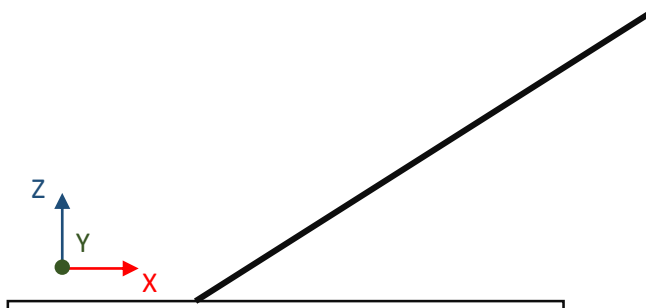
4.6 Popis tiskárny 3D Faktories	104
4.7 Tiskové materiály	107
4.8 Údržba tiskárny	110
5. Modelové úlohy	112
5.1 Knoflík.....	112
5.2 Prsten	114
5.3 Nápis.....	118
Literatura.....	123
Obrázky	123

1. Úvod do 3D grafiky

Předmět (objekt), který budeme chtít později vytisknout, bude nutné nejprve zpracovat v počítači. Pracovat budeme v 3D grafice. Na úvod uveďme praktický příklad přidání třetího rozměru do klasického výkresu. Mějme například úsečku šikmo nasazenou na podložku.



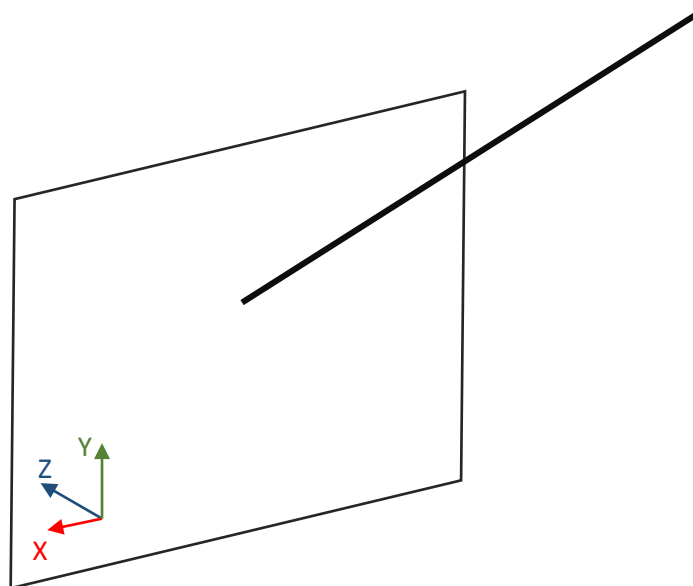
obr. 1 půdorys



obr. 2 nárys

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

To, že se jedná o prostorový objekt (odmyslíme-li si souřadný kříž) je patrné teprve ze třetího obrázku, kde jsou přímka s podložkou zobrazeny prostorově v tzv. izometrickém pohledu.



obr. 3

Pracujeme s kartézským pravotočivým souřadným systémem s osami X , Y a Z . Při pohledu shora (ten se používá ve 2D) směřuje osa Z kolmo vzhůru z plochy výkresu.

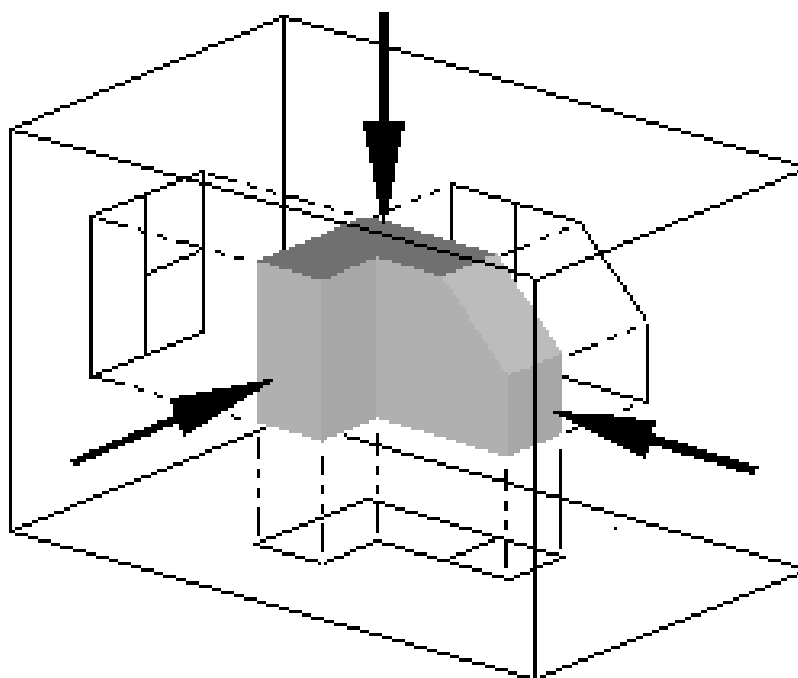
Základní geometrické útvary v prostoru:

- Body - označují se velkými písmeny latinské abecedy: A, B .
- Přímky - označují se malými písmeny latinské abecedy: a, b .
- Roviny - označují malými písmeny řecké abecedy: α, β, γ .

1.1 Zobrazování objektů

Pravouhlé promítání je rovnoběžné promítání, jehož směr svírá s průmětnou pravý úhel 90° (je kolmé). Obrazy získané pravouhlým promítáním jsou rovinné. V praxi se užívá promítání na několik navzájem kolmých průmětů (obvykle na tři) popř. je možné použít i další pomocné průmětny.

Objekt se může zobrazit až v šesti hlavních směrech uvedených v pořadí priority. Za hlavní pohled tzv. „pohled zepředu“ zvolíme takový obraz, který obsahuje o daném objektu nejvíce informací. Pravouhlé promítání můžeme rozdělit podle mezinárodních norem ISO na metody, které se liší umístěním objektu vůči pozorovateli. Soustavu rovin rozdělíme na 4 kvadranty. V každém kvadrantu můžeme promítat na šest rovin.



obr. 4



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

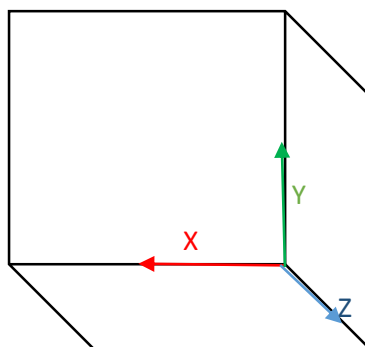


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

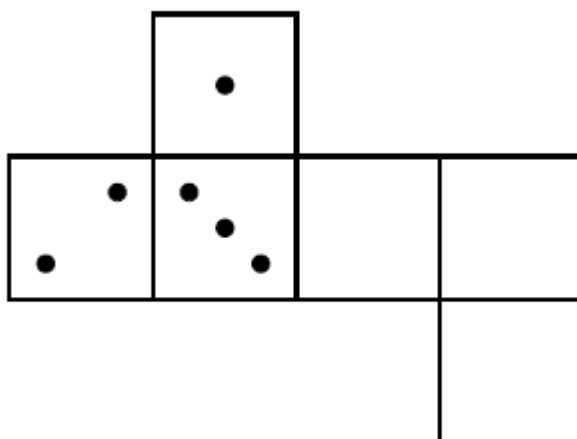
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 5

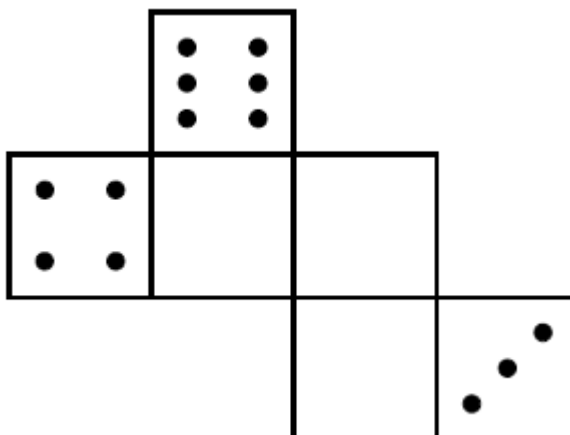
1.2 Cvičení na představivost

1) Doplňte tečky na volná pole hrací kostky tak, aby jejich součet na protilehlých stěnách byl vždy sedm.



Obr. 6

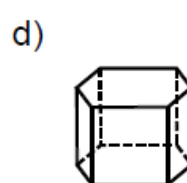
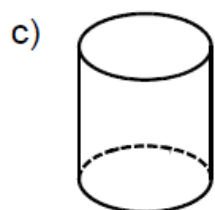
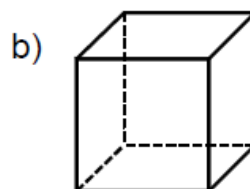
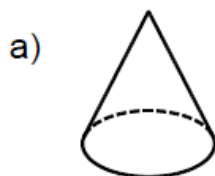
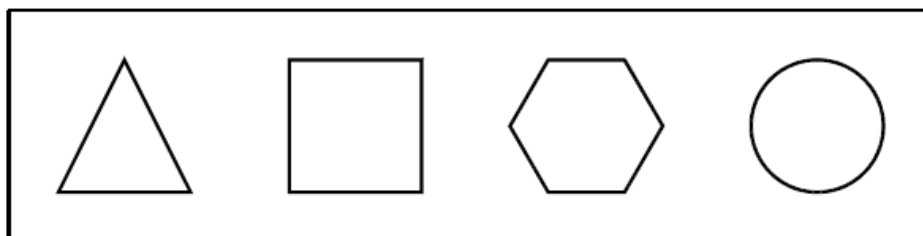
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 7

2) Nakreslete co nejvíce sítí krychle.

3) Ke každému znázorněnému tělesu přiřaďte všechny otvory, kterými lze dané těleso „těsně bez mezer protáhnout“ na druhou stranu. (V určitém okamžiku těleso funguje jako zátka.)

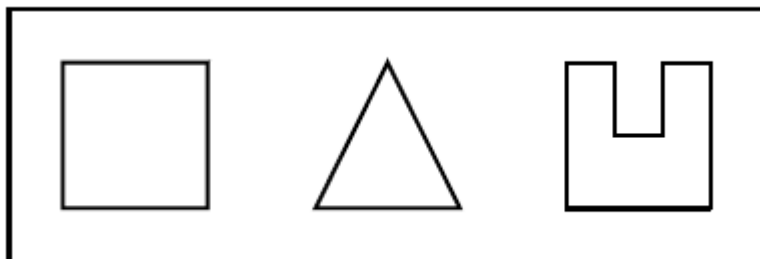


obr. 8

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

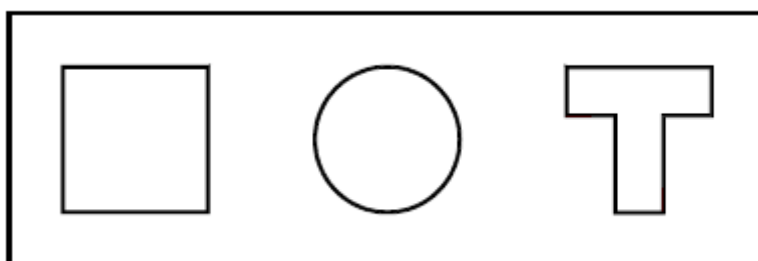
4) Zobrazte ve volném rovnoběžném promítání těleso, které lze „těsně bez mezer postupně protáhnout“ všemi třemi vyznačenými otvory.

a)



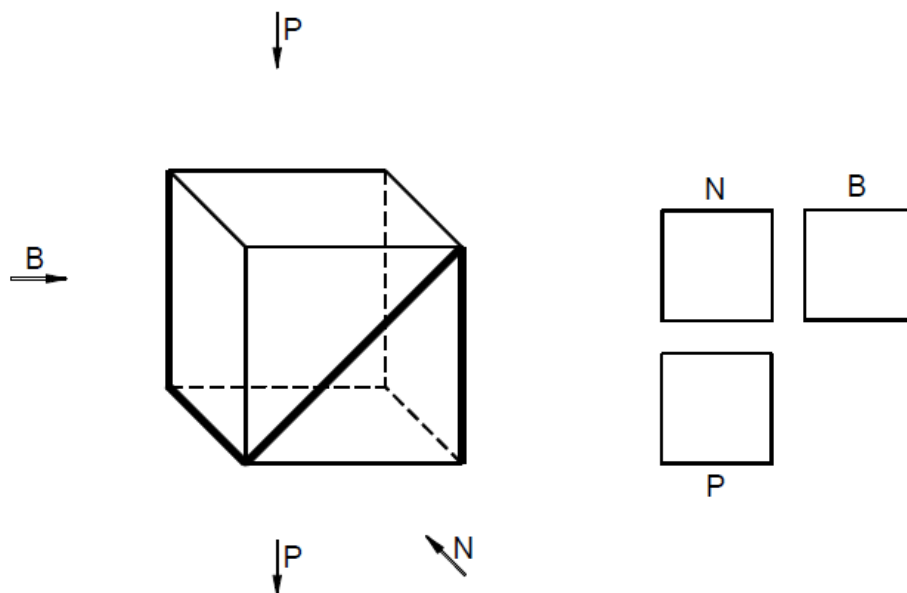
obr. 9

b)



obr. 10

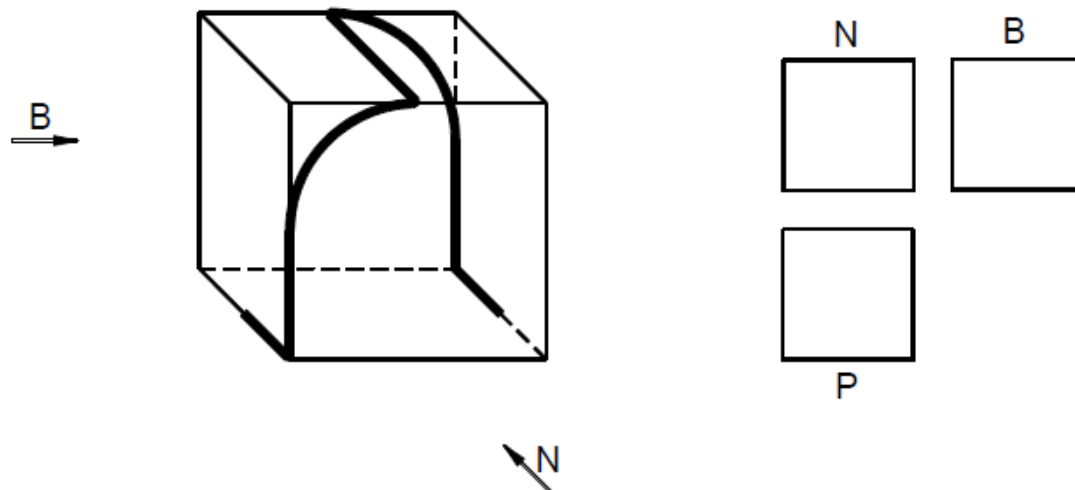
5) Do připravených rámečků doplňte nárys N, půdorys P a bokorys B drátu znázorněného v hranách krychle.



Obr. 11

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

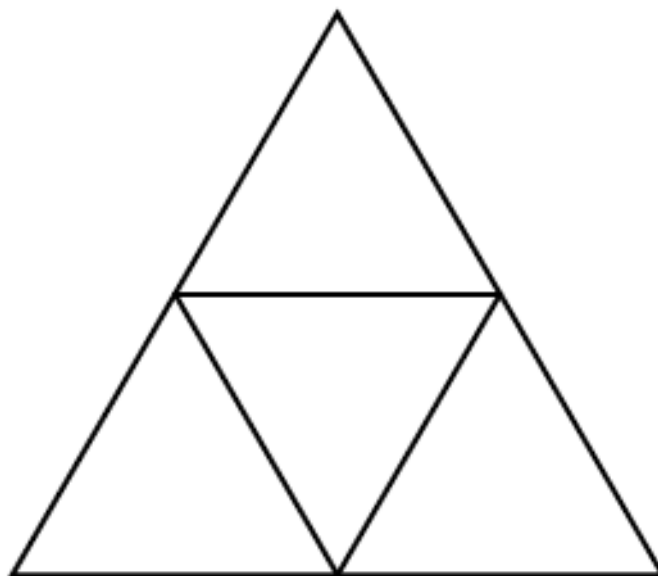
b)



obr. 12

5) Vyroberte si z papíru modely různých „Platónových těles“

a) čtyřstěn



obr. 13



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



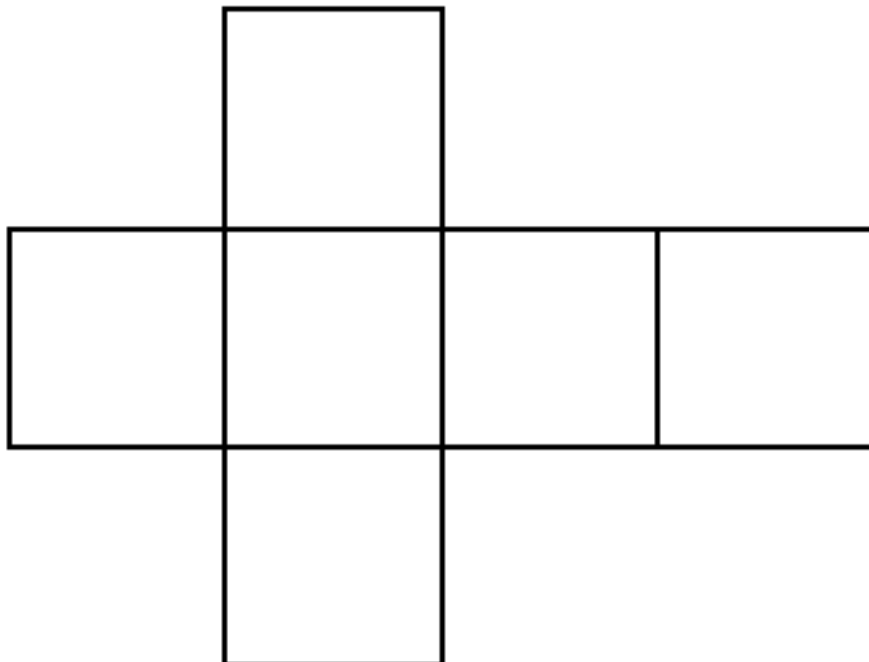
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

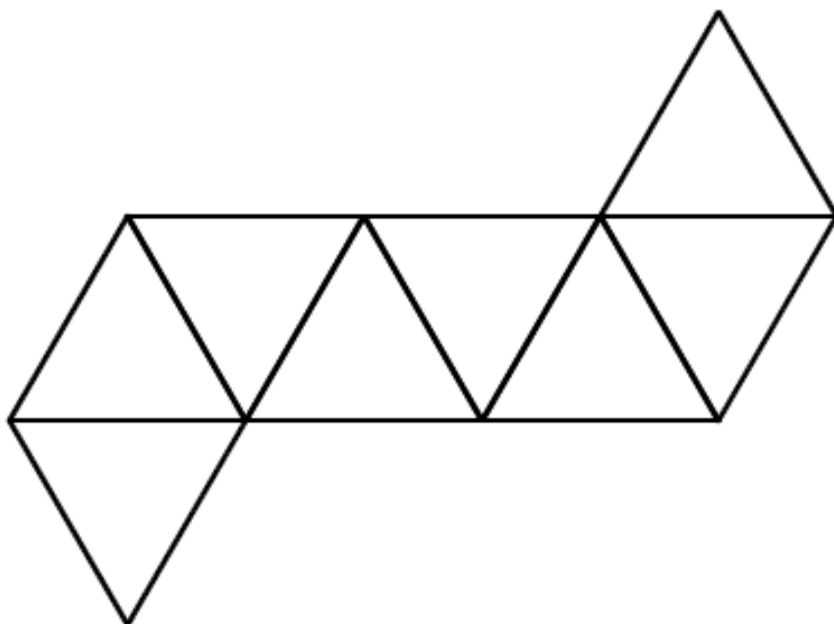
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) krychle



obr 14

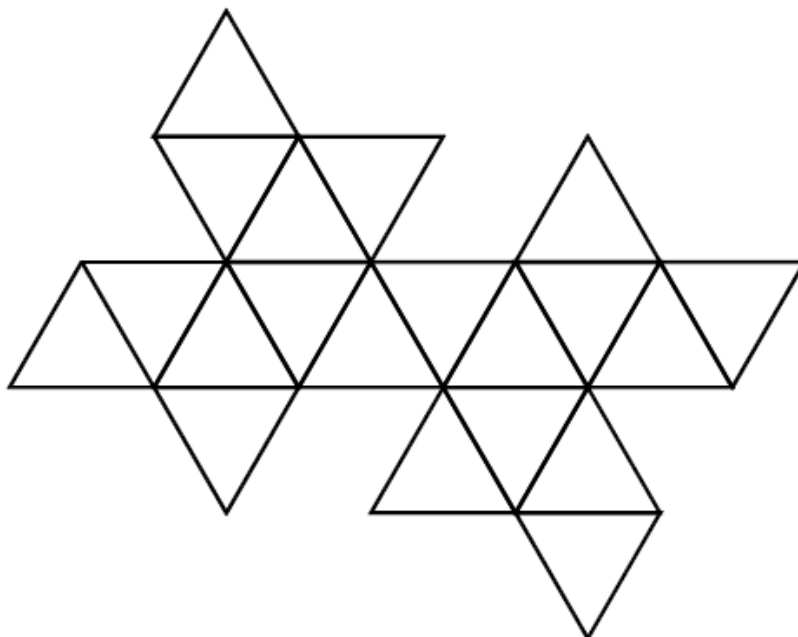
c) osmistěn



obr. 15

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

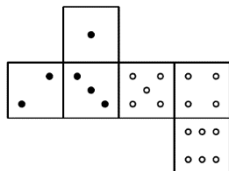
d) dvanáctistěn



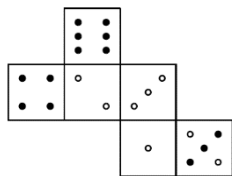
obr. 16

Řešení úloh

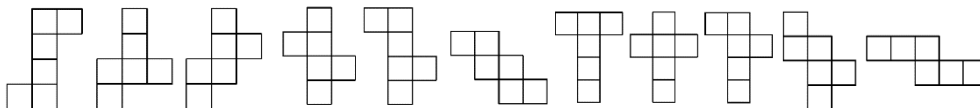
úloha 1a



úloha 1b



úloha 2



úloha 3 a1, a4, b2, c2, c4, d3

úloha 4a

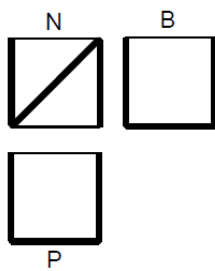


úloha 4b

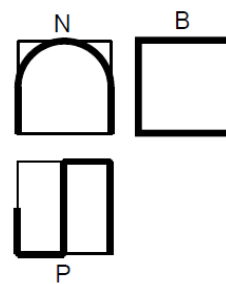


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

úloha 5a



úloha 5b





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Jak vytvořit 3D model

2.1 Programování OpenScad

Jedním z možných nástrojů pro přípravu 3D objektů, které budeme chtít vytisknout na 3D tiskárně je OpenScad. Jde o software pro vytváření pevných 3D CAD (Computer aided design) modelů. Je to svobodný software a je k dispozici pro Linux / UNIX, Windows a Mac OS X. Na rozdíl od většiny svobodného software pro tvorbu 3D modelů (např. Blender) se nesoustředí pouze na umělecké aspekty 3D modelování, ale místo toho na CAD aspekty.

OpenSCAD není interaktivní modelovací nástroj. Místo toho je to něco jako 3D-kompilátor, který čte script ze souboru, kde je objekt popsán a vykresluje z něj 3D model. To nám dává plnou kontrolu nad procesem modelování a umožňuje snadno měnit každý krok v procesu modelování nebo se vzory, které jsou definovány pomocí konfigurovatelných parametrů.

OpenSCAD poskytuje dvě hlavní techniky modelování: Za prvé, že je konstruktivní prostorová geometrie (CSG) a druhým jsou 2D obrysy.

Licence softwaru OpenScad je v tzv. režimu Free Software¹, který je šířen pod licencí General Public Licence verze 2².

¹ Free Software (svobodný software), je software, ke kterému je k dispozici také zdrojový kód, spolu s právem tento software používat, modifikovat a distribuovat. Vzhledem k rozsahu práv zaručených svobodnou licencí není nabytí svobodné licence podmíněno poskytnutím finančního nebo jiného plnění držiteli autorských práv. Často autor k svobodnému softwaru nabízí další navazující placené zboží (např. originální instalační média a balení) a služby (např. technickou podporu); u svobodného softwaru využívanému k vysoce komerčním účelům je zakoupení těchto placených produktů obvyklé.

² General Public Licence (GNU) projekt využívá software, který mohou uživatelé volně kopírovat, upravovat a distribuovat. Je volný v tom smyslu, že uživatel může měnit program k jeho individuálním potřebám. Způsob, jak programátoři získávají svobodný software, záleží na tom, z jakého zdroje jej vezmou. Software může být programátorům poskytován od přátel přes internet, nebo jej může zakoupit firma, kde programátor pracuje.

2.1.1 OpenScad základní příkazy

Základní syntaxe jazyka

```
var = value;

module name(...) { ... }

name();function name(...) = ...

name();

include <...scad>

use <...scad>
```

2D objekty

```
circle(radius | d=diameter) - kruh (poloměr | průměr)

square(size,center) - čtverec (velikost, střed)

square([width,height],center) - obdélník ([šířka, výška], střed)

polygon([points]) - n-úhelník (body)

polygon([points],[paths])
```

3D objekty

```
sphere(radius | d=diameter) - koule (poloměr | průměr)

cube(size) - kostka (velikost)

cube([width,depth,height]) - kostka ([šířka, hloubka, výška])

cylinder(h,r|d,center) - válec (výška, průměr, střed)

cylinder(h,r1|d1,r2|d2,center) - komolý kužel

polyhedron(points, triangles, convexity) -mnohostěn
```

Transformace

`translate([x,y,z])` - posune prvky podél zadaného vektoru

`rotate([x,y,z])` - otáčí prvky po souřadném systému nebo osách

`scale([x,y,z])` - změní „měřítko“ pro jednotlivé rozměry

`resize([x,y,z],auto)` - změní rozměry

`mirror([x,y,z])` - prvek se zrcadlí v rovině s počátkem

`multmatrix(m)` - vynásobí parametry všech prvků transf. maticí 4x4

`color("colorname")` - zobrazí prvek pomocí zadaného modelu RGB

`color([r, g, b, a])`

`hull()` - zobrazí konvexní obraz jednotlivých uzlů

`minkowski()` - zobrazí Minkowského součet jednotlivých uzlů

Logické operace

`union()`

`difference()`

`intersection()`

Modifikační znaky

* disable

! show only

highlight

% transparent



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Matematické operace

abs

sign

sin

cos

tan

acos

asin

atan

atan2

floor

round

ceil

ln

len

log

pow

sqrt

exp

rands

min

max



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Funkce

lookup

str

search

version

version_num

norm

cross

parent_module(idx)

Ostatní

echo(...)

for (i = [start:end]) { ... }

for (i = [start:step:end]) { ... }

for (i = [..., ..., ...]) { ... }

intersection_for(i = [start:end]) { ... }

intersection_for(i = [start:step:end]) { ... }

intersection_for(i = [..., ..., ...]) { ... }

if (...) { ... }

assign (...) { ... }

import("...stl")

linear_extrude(height, center, convexity, twist, slices)

rotate_extrude(convexity)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

```
surface(file = "...dat",center,convexity)
```

```
projection(cut)
```

```
render(convexity)
```

```
children([idx])
```

Speciální proměnné

\$fa minimální úhel

\$fs minimální velikost

\$fn počet fragmentů

\$t krok animace

2.1.2 Vytvoření základního modelu

V našem prvním modelu se pokusíme vytvořit jednoduchý kvádr o rozměrech 2 x 3 x 4. V editoru OpenScad zadejte do příkazového řádku následující příkaz.

```
cube ( [ 2 , 3 , 4 ] )
```

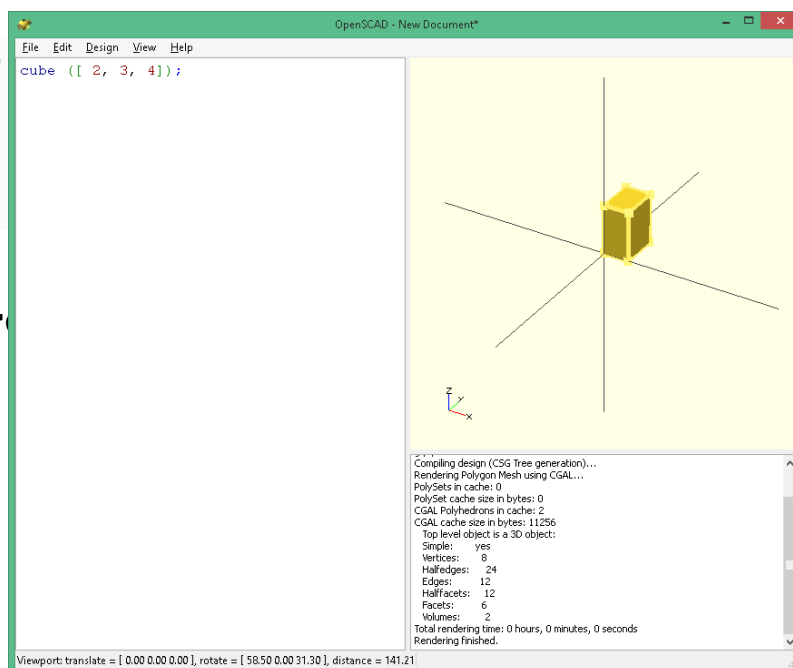
Zadáme příkaz a

stiskneme klávesu F3

kdy dojde ke

kompilaci a

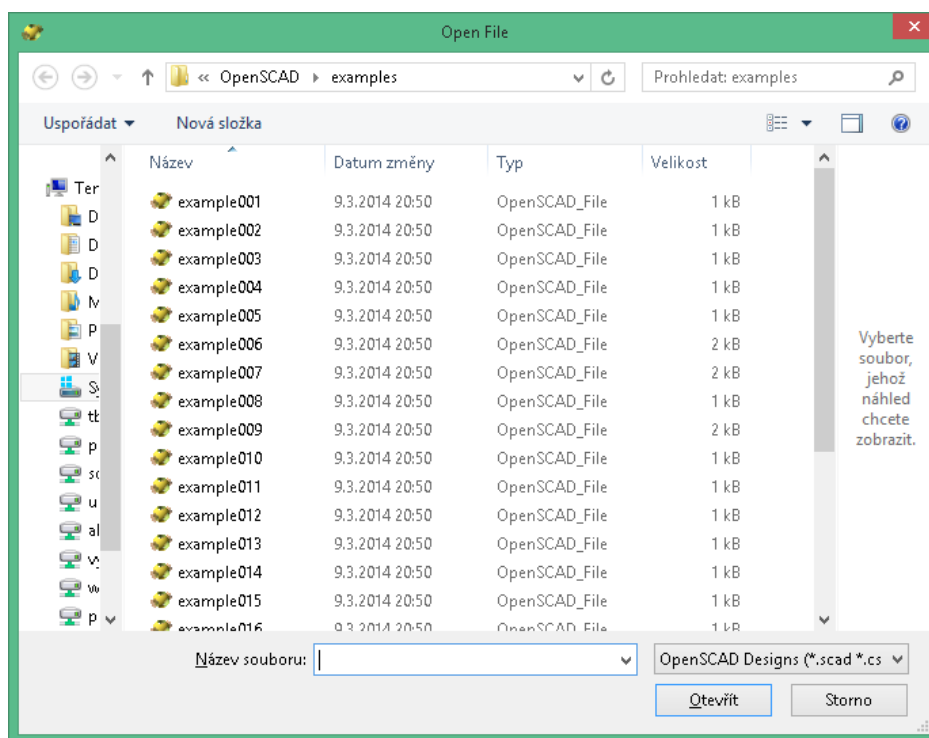
rendrování objektu.



obr. 17

2.1.3 Otevření souboru v OpenScad

Součástí instalace softwaru je i 24 hotových příkladů, které můžeme využít při studiu programování. Příklady otevřeme ze složky `../OpenScad/Examples/`. Vybereme příslušnou ukázkou a potvrdíme tlačítkem Otevřít.



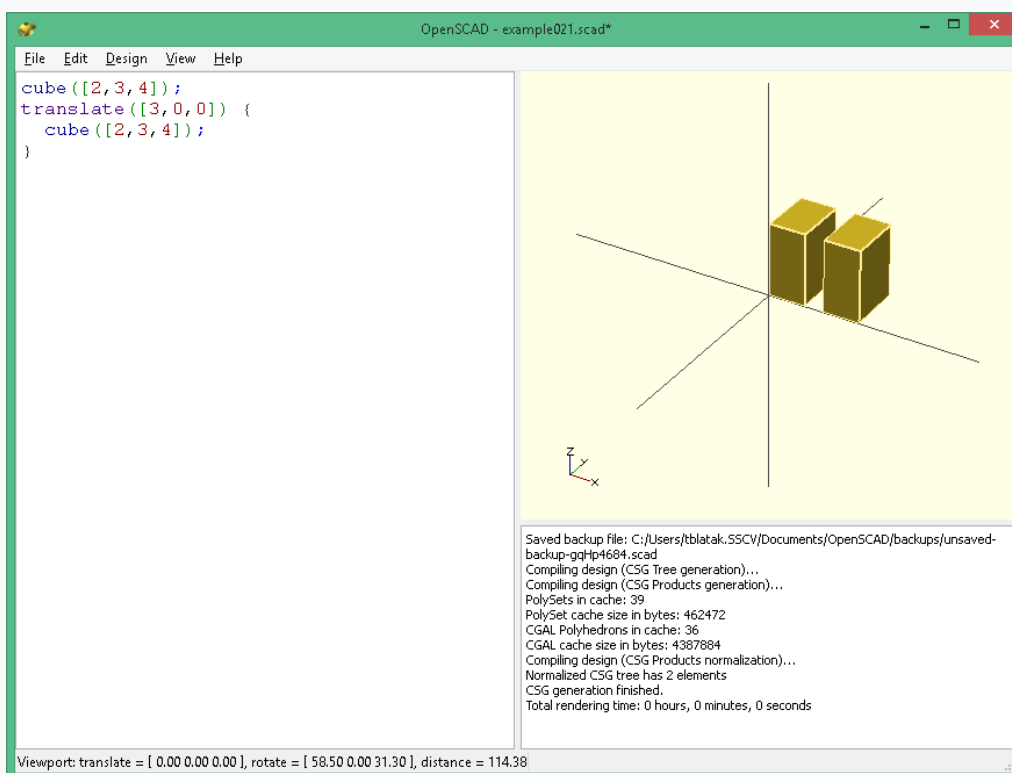
obr. 18

Pokud máme vlastní příklad (zdrojový kód) s příponou `.scad`, nebo `.cs` můžeme postupovat podobně. Pouze zvolíme správnou cestu k požadovanému souboru.

2.1.3 Umístění objektu v souřadnicovém systému x,y,z

Již jsme se naučili, jak vytvořit jednoduchý kvádr. Naším dalším úkolem bude umístění dalšího kváдру, který bude posunutý na souřadnici x o tři body:

```
cube([2,3,4]);
translate([3,0,0]) {
    cube([2,3,4]);
}
```



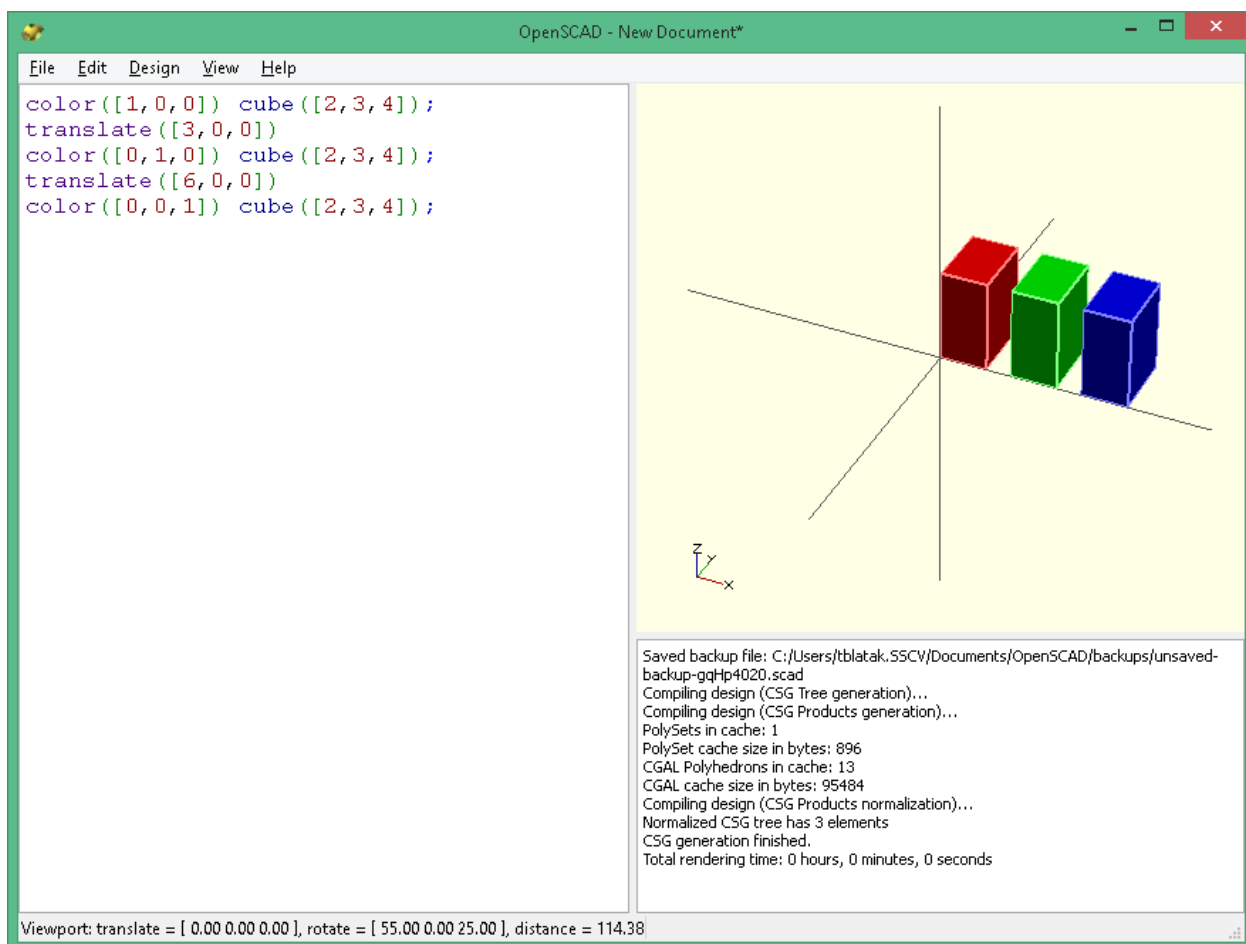
obr. 19

Jak je vidět na obrázku 19, vzniknou dva stejné kvádry, z nichž jeden je posunutý po ose x. Všimněme si, že za transformací se neuvádí žádný středník. Je-li středník vynechán, pak účinek příkazu se vztahuje na následující objekt. Když by středník vynechán nebyl, pak účinek transformace polohy skončí a další kvádr bude vykreslen na původním místě (bude tedy přerývat původní kvádr.)

2.1.4 Změna barvy objektu

Barvy objektů můžeme měnit změnou parametrů RGB (red, green blue) ve funkci `color`. Jednotlivé hodnoty RGB jsou v rozmezí 0-255. Použité hodnoty jsou v rozmezí 0.0 - 1.0.

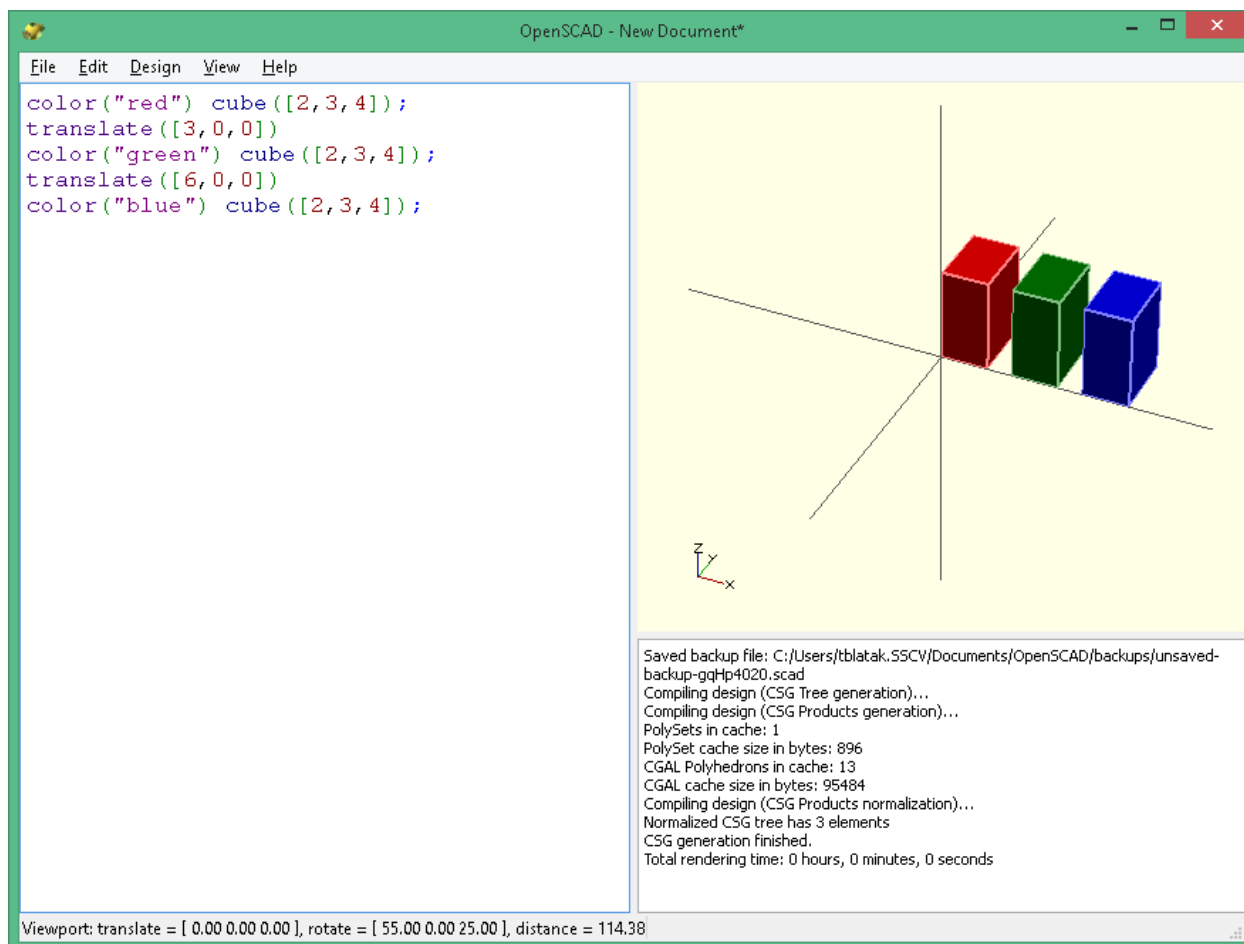
```
color([1,0,0]) cube([2,3,4]);
translate([3,0,0])
color([0,1,0]) cube([2,3,4]);
translate([6,0,0])
color([0,0,1]) cube([2,3,4]);
```



obr. 20

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Barvy se také mohou zadávat pomoc anglických názvů, jako na obrázku číslo 21.



obr. 21

V současné verzi (2014.3) software nepodporuje barvy v režimu rendrování (F6), pouze v režimu náhledu (F5).

```
translate([6,0,0])
{
    color([0,0,1]) // zde není středník
    cube([2,3,4]); // ten je až na konci příkazu
}
```

2.1.5 Základní tělesa (krychle, koule, válec, mnohostěn)

KRYCHLE

cube - příkaz vytvoří krychli v počátku souřadného systému

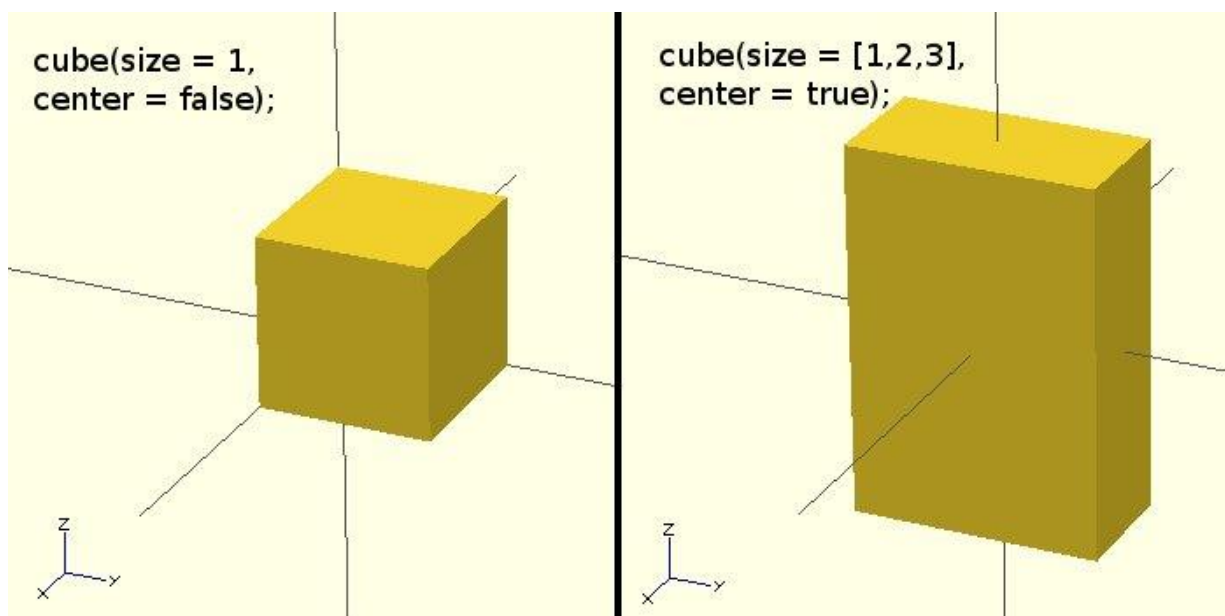
parametry

size - tři hodnotové pole, pokud je uvedeno jedno číslo, vytvoří se kostka o straně dané délky

center - boolean, určuje umístění objektu, pokud je to pravda, objekt je umístěn na souřadnice (0,0,0). V opačném případě je objekt umístěn v rohu kladného kvadrantu. Výchozí poloha je false (nepravda)

```
cube(size = 1, center = false);
```

```
cube(size = [1,2,3], center = true);
```



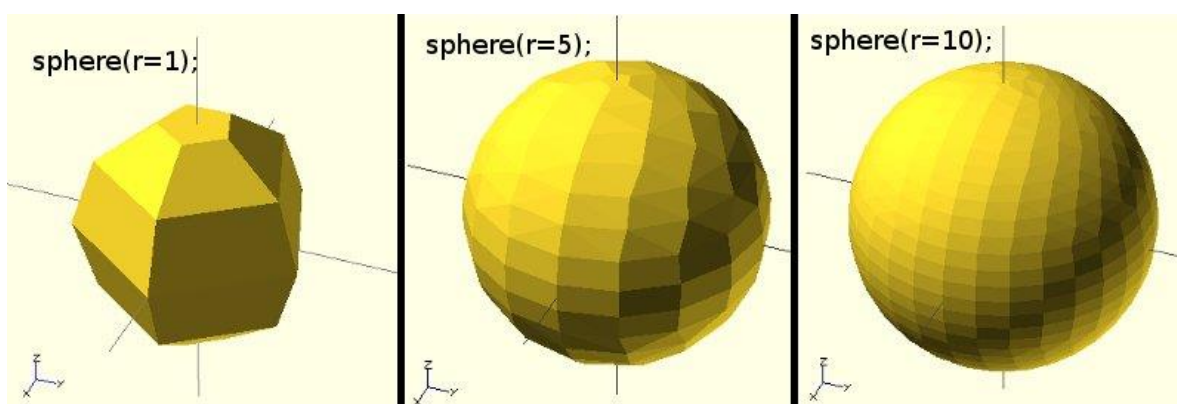
obr. 22

KOULE

sphere - vytvoří kouli v počátku souřadného systému, název argumentu je nepovinný

r - poloměr koule, rozlišení koule bude v závislosti na velikosti proměnných $\$fa$ $\$fs$ a $\$n$ (jde o počet částí, které jsou použity k vytvoření oblouku)³

d - průměr koule



obr. 23

příklad vytvoření koule s vysokým rozlišením:

```
sphere(2, $fn=100);
```

³ $\$fa$ je minimální úhel pro fragment. I obrovský kruh nemůže mít více fragmentů než 360 děleno tímto číslem. Výchozí hodnota je 12 (tj. 30 fragmentů pro úplný kruh). Minimální povolená hodnota je 0,01. Jakýkoli pokus nastavit nižší hodnotu způsobí chybu.

$\$fs$ je minimální velikost fragmentu. Vzhledem k této proměnné mají velmi malé kruhy menší počet fragmentů, než ty zadané pomocí $\$fa$. Výchozí hodnota je 2. Minimální povolená hodnota je 0,01. Jakýkoli pokus nastavit nižší hodnotu způsobí chybu.

$\$fn$ je obvykle 0. Pokud má tato proměnná hodnotu větší než nula, další dvě proměnné jsou ignorovány a kruh je vykreslen pomocí tohoto počtu fragmentů. Výchozí hodnota je 0.

VÁLEC

cylinder - Vytvoří válec nebo kužel v počátku souřadného systému. Může být určen jediný poloměr r , nebo poloměry spodní a vrchní podstavy $r1$ a $r2$.

parametry:

h - výška válce, výchozí hodnota 1

r - poloměr horní a dolní podstavy válce, výchozí hodnota 1

$r1$ - poloměr spodní podstavy válce, výchozí hodnota 1

$r2$ - poloměr vrchní podstavy válce, výchozí hodnota 2

d - průměr horní a dolní podstavy válce, výchozí hodnota 1

$d1$ - průměr spodní podstavy válce, výchozí hodnota 1

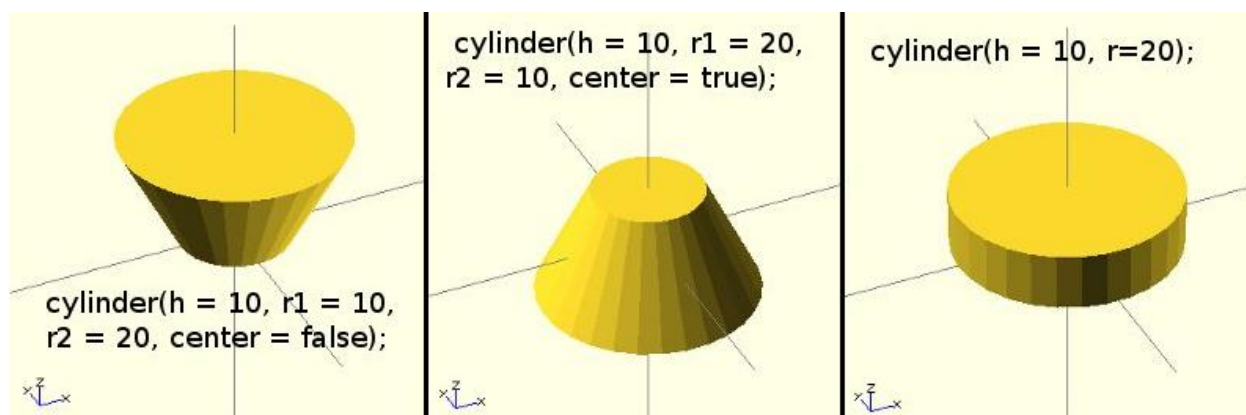
$d2$ - průměr vrchní podstavy válce, výchozí hodnota 2

$center$ - logická hodnota, jako výchozí je nastavena false, jde o výšku kužele kolem originálu

$\$fa$ - úhel ve stupních

$\$fs$ - úhel v mm

$\$fn$ - rozlišení



obr. 24



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

MNOHOSTĚN

polyhedron - vytvoří mnohostěn v daném místě o zadaném vzhladu; parametry se vztahují k povrchu mnohostěnu

parametry:

points - vektory bodů, nebo vrcholů

triangles - vektor trojice bodu

face - vektor bodu n-tic s $n \geq 3$. Každé číslo je 0-indexované číslo bodu z bodu vektoru. Při odkazování na více než 3 body v jedné n-tici, musí být všechny body ve stejné rovině.

convexity - parametr určuje maximální počet čelních stran (zadní strana). Tento parametr je potřeba pouze pro správné zobrazení objektu v režimu náhledu OpenCSG a nemá žádný vliv na vykreslování mnohostěnu

syntaxe:

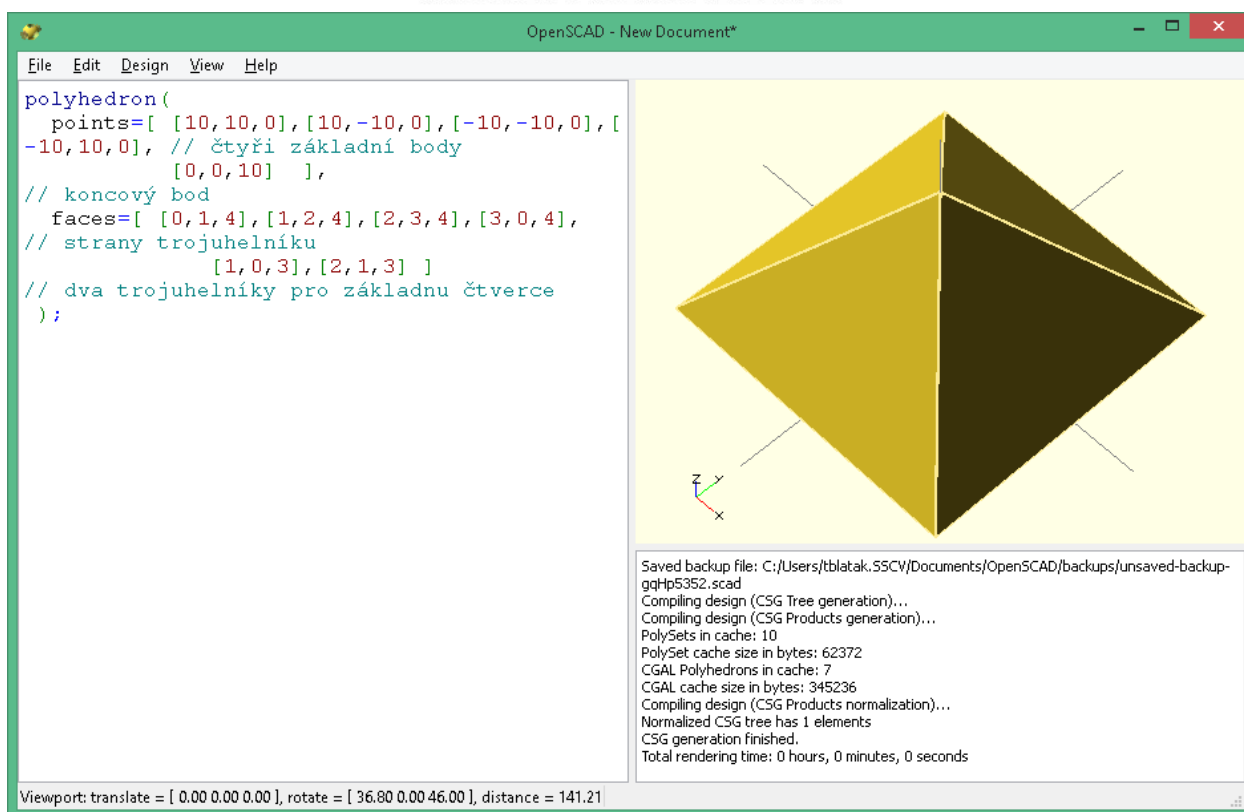
```
polyhedron(points = [ [x, y, z], ... ], faces = [ [p1, p2, p3..], ... ], convexity = N);
```

příklad čtvercové pyramidy:

```
polyhedron(
  points=[ [10,10,0],[10,-10,0],[-10,-10,0],[-10,10,0],
           [0,0,10] ],
  faces=[ [0,1,4],[1,2,4],[2,3,4],[3,0,4],
           [1,0,3],[2,1,3] ]
);
```

Při pohledu na objekt musejí být body ve směru hodinových ručiček. Ukázka na obrázku číslo 25.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 25

2.1.6 Komentář

OpenSCAD používá programovací jazyk pro vytváření modelů, které jsou pak vymodelovány na obrazovce. Komentáře jsou způsob, jak zaznamenat poznámky v kódu (buď pro sebe, nebo pro budoucí programátory), jak kód funguje, nebo co dělá. Poznámky se nevyhodnocují kompilátorem. K popisu by neměl být využíván zdrojový kód.

```

// Toto je komentář

myvar = 10 , // zbytek řádku je komentář

/*
   Víceřádkový komentáře
   může zahrnovat více řádků.
*/
    
```



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.1.7 Hodnoty a datové typy

Hodnotou se v OpenScad rozumí buď číslo (např. 12), logická hodnota (true-false), řetězec (např. ABABAC), vektor ([1,2,3]), nebo nedefinovaný parametr (undef). Hodnoty mohou být uloženy v proměnných, jako parametry funkcí či jako vrácené výsledky funkcemi. OpenScad je dynamický jazyk s pevnou sadou datových typů.

Čísla

Čísla jsou nejvýznamnějším typem hodnot v OpenSCAD, a jsou psány v desítkové soustavě používané i v jiných jazycích. Například, 12, -42, 0.5, 2.99792458e +8. (OpenSCAD nepodporuje osmičkové nebo šestnáctkové číselné soustavy.)

Jednou z definovaných konstant je: PI

Největší vyjádřitelné číslo je o 1e308. Je-li číselný výsledek příliš velký, pak může být výsledkem nekonečno (vytiskne se inf. ECHO).

Nejmenší vyjádřitelné číslo je o -1e308. Je-li číselný výsledek příliš malý, pak může být výsledkem nekonečno (vytiskne se inf. ECHO).

Je-li výsledek příliš blízký nule, vytiskne se 0.

Logické (boolean) hodnoty

Booleovské hodnoty jsou pravdivostní hodnoty. Existují dvě logické hodnoty, pojmenované 'true' a 'false'. Booleovská hodnota je předána např. jako "center" argumentu 'cube' a 'cylinder', jako argument 'if', a jako argumenty logických operátorů '!' (Ne), '&&' (a), a '||' (nebo).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Řetězce (string)

řetězec je posloupnost jednoho a více znaků. Hodnoty řetězců se používají k určení názvu souborů, pro zobrazení textů apod. Řetězcový literál je zapsán jako posloupnost znaků v uvozovkách.

Příklady řetězců:

`\ "→"`

`\ \ → \`

`\ T → tab`

`\ N → nový řádek`

`\ R → návrat`

Ukázka:

```
echo("Vítejte v mém programu \tbudeme \"se\" zabývat  
programováním.\Hodně úspěchů se OpenScad. \nNa \\vaše\\  
zdraví.");
```

Výstup

ECHO:

```
"Vítejte v mém programu \tbudeme \"se\" zabývat programováním.  
Hodně úspěchů se OpenScad. \nNa \\vaše\\ zdraví."
```

Proměnné

Proměnné v OpenScad jsou definovány vlastním názvem a jemu přiřazeným výrazem (hodnotou).

příklad:

```
mojepromenna = 5 + 4;
```



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

nedefinovaná proměnná

má speciální nedefinovaný paramert undef, můžeme ji testovat například v podmíněném výrazu

příklad:

```
echo ( "proměnná je" , ) ; // výstup "Proměnná je undef"  
, pokud ( == undef ) {  
    echo ( "proměnná je nedefinovaná" ) ;  
}
```

Hodnoty proměnných jsou nastavovány až v době kompilace, ne v době běhu programu. Vzhledem k tomu, že OpenScad vypočítává proměnné v době kompilace, ne spuštění programu, bude její hodnota platit všude, kde ji bude třeba využít. Z toho vyplývá, že proměnnou nelze přiřadit například uvnitř bloku „if“.

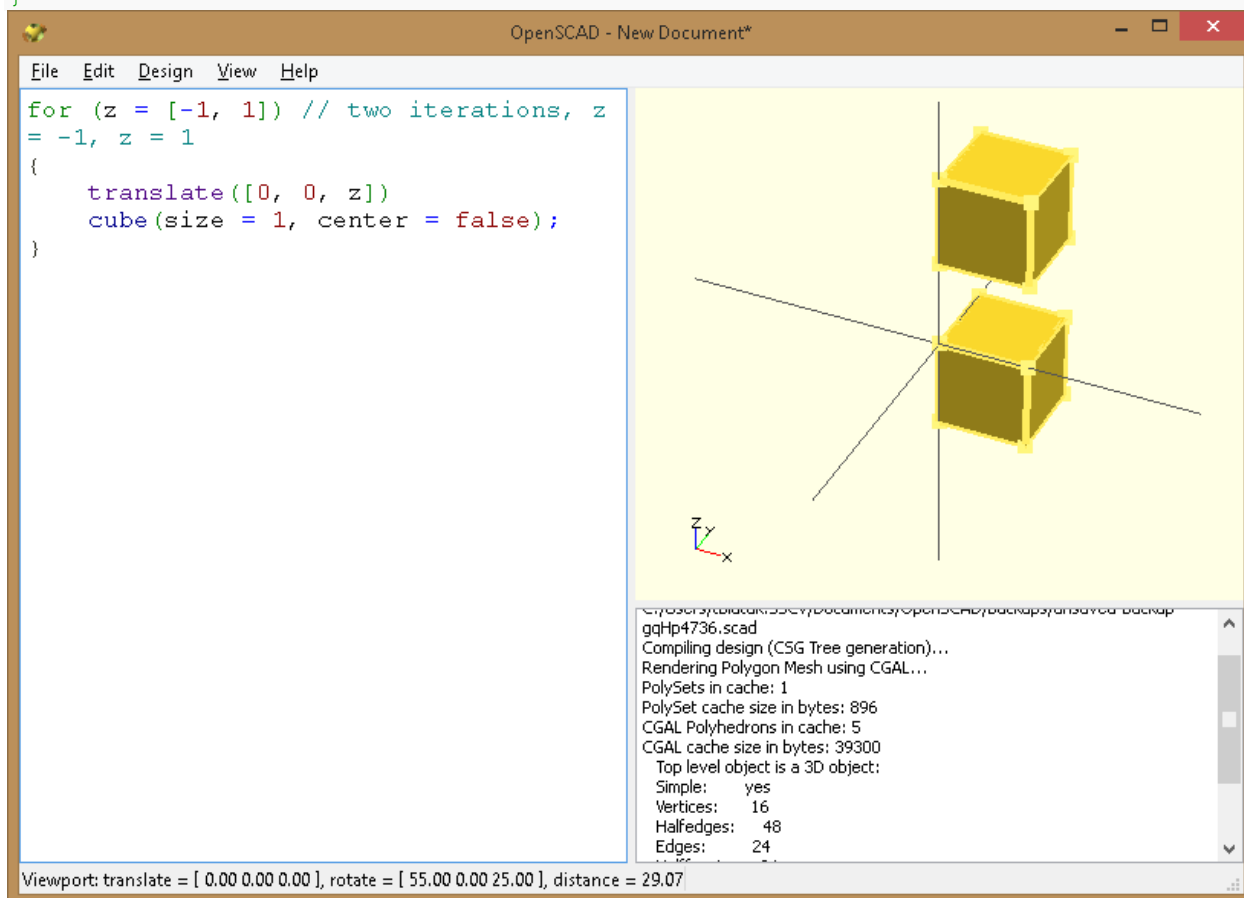
příklad:

```
a=0;  
  
if (a==0)  
{  
    a=1; // <- tento řádek vygeneruje error.  
}
```

2.1.8 Podmíněné funkce vektorů

Cyklus **for**

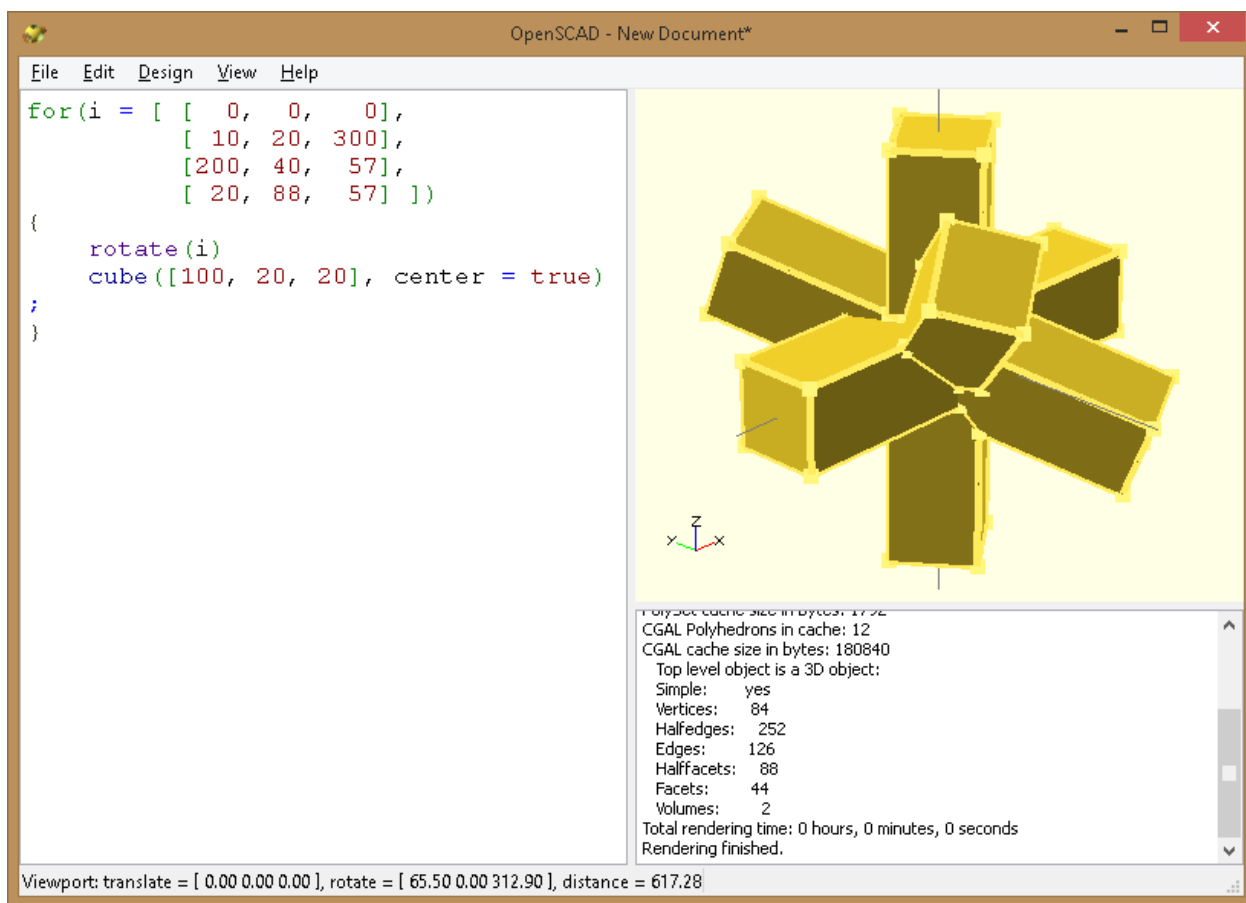
```
for (z = [-1, 1]) // two iterations, z = -1, z = 1
{
    translate([0, 0, z])
    cube(size = 1, center = false);
}
```



obr. 26

Dalším příkladem může být interace (průchod cyklem) přes rotaci vektoru obr. 27.

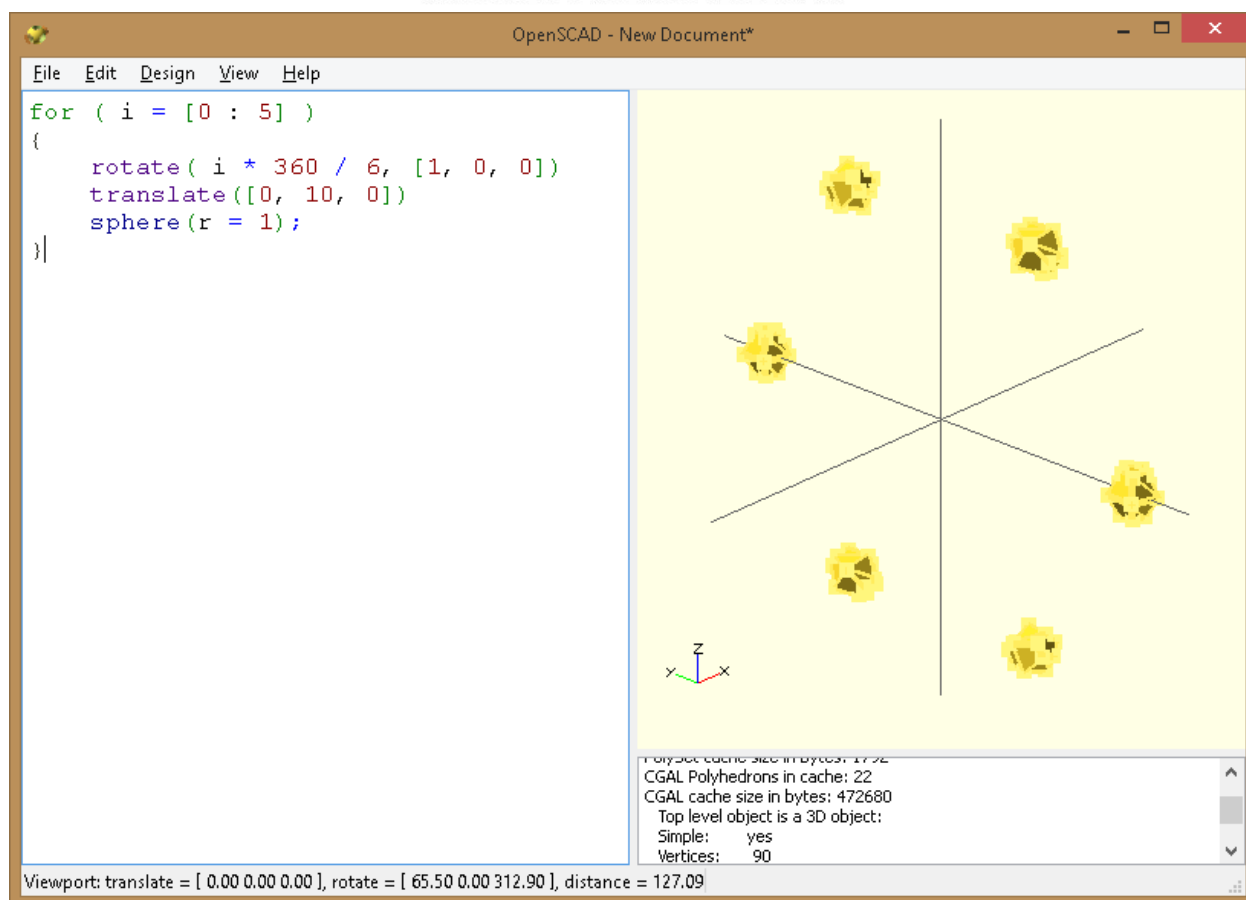
```
for(i = [ [ 0, 0, 0],
         [ 10, 20, 300],
         [200, 40, 57],
         [ 20, 88, 57] ])
{
    rotate(i)
    cube([100, 20, 20], center = true);}
```

obr. 27

Iterace v daném rozsahu je dalším příkladem na obrázku č. 28.

```
for ( i = [0 : 5] )
{
  rotate( i * 360 / 6, [1, 0, 0])
  translate([0, 10, 0])
  sphere(r = 1);
}
```



obr. 28

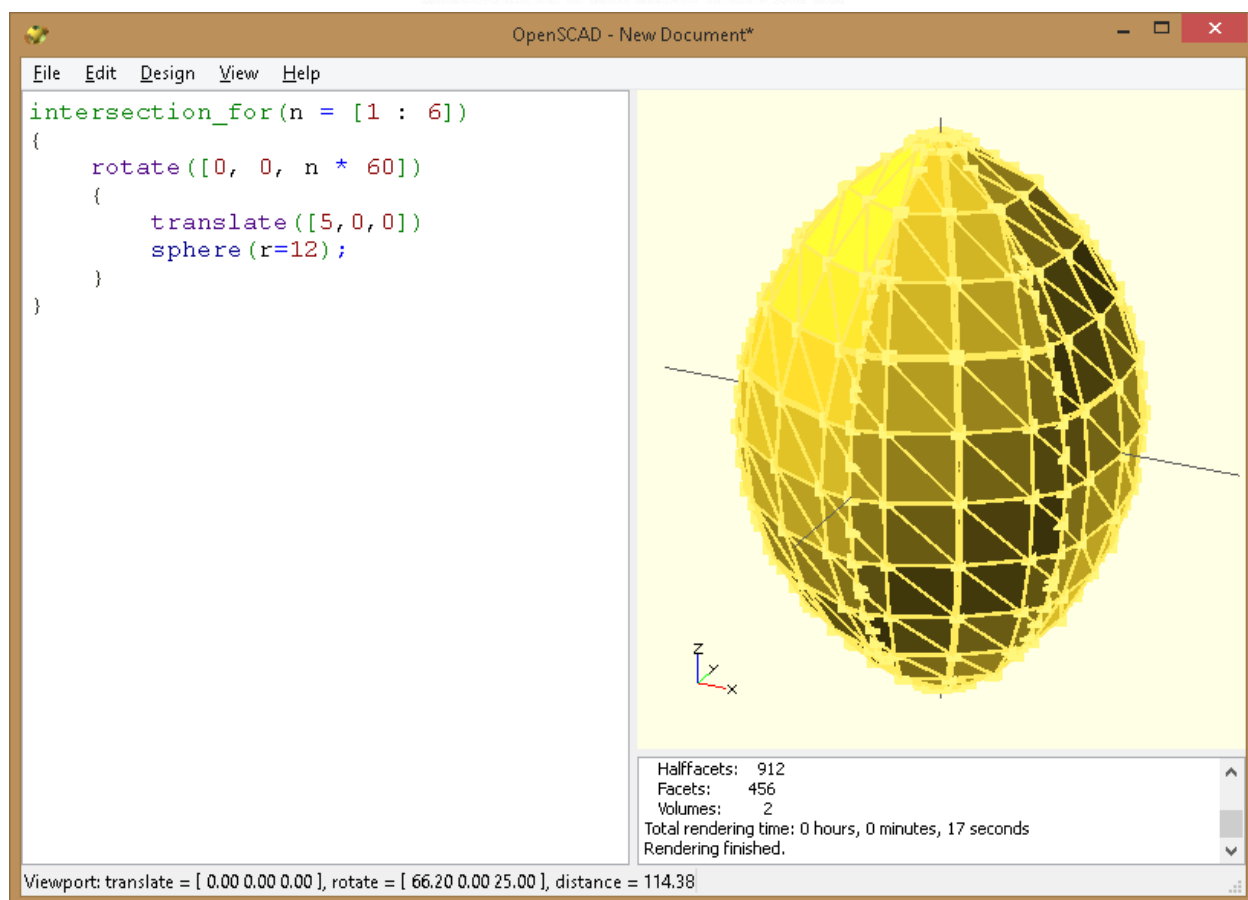
Intersekcce v cyklu for

```
intersection_for()
```

první příklad na obrázku č. 29 ukazuje využití smyčky v daném rozmezí:

```
intersection_for(n = [1 : 6])
{
  rotate([0, 0, n * 60])
  {
    translate([5, 0, 0])
    sphere(r=12);
  }
}
```

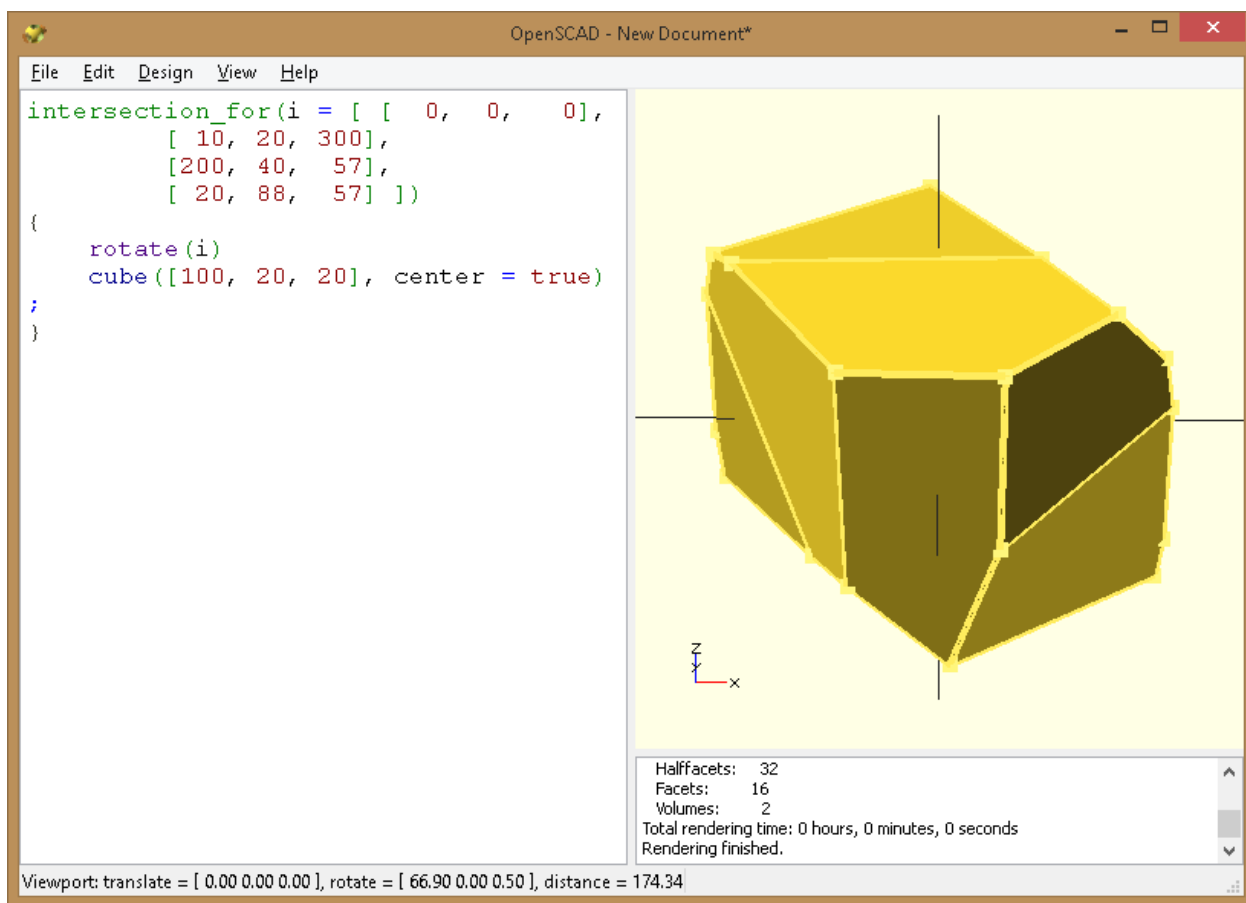
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 29

Na obrázku č. 30 je zobrazena rotace vektoru uvnitř cyklu `intersection_for`:

```
intersection_for(i = [ [ 0, 0, 0],
                      [ 10, 20, 300],
                      [200, 40, 57],
                      [ 20, 88, 57] ])
{
  rotate(i)
  cube([100, 20, 20], center = true);
}
```



obr. 30

Příkaz If

Na začátku připomeneme na rozdíl mezi zápisem '=' a '=='.

if (a=b) dělejněco(); // špatně, jedná se o znak přiřazení =

if (a==b) dělejněco(); // správně, operátor porovnání ==

```

if (x > y)
{
  cube(size = 1, center = false);
} else {
  cube(size = 2, center = true);
}

```

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

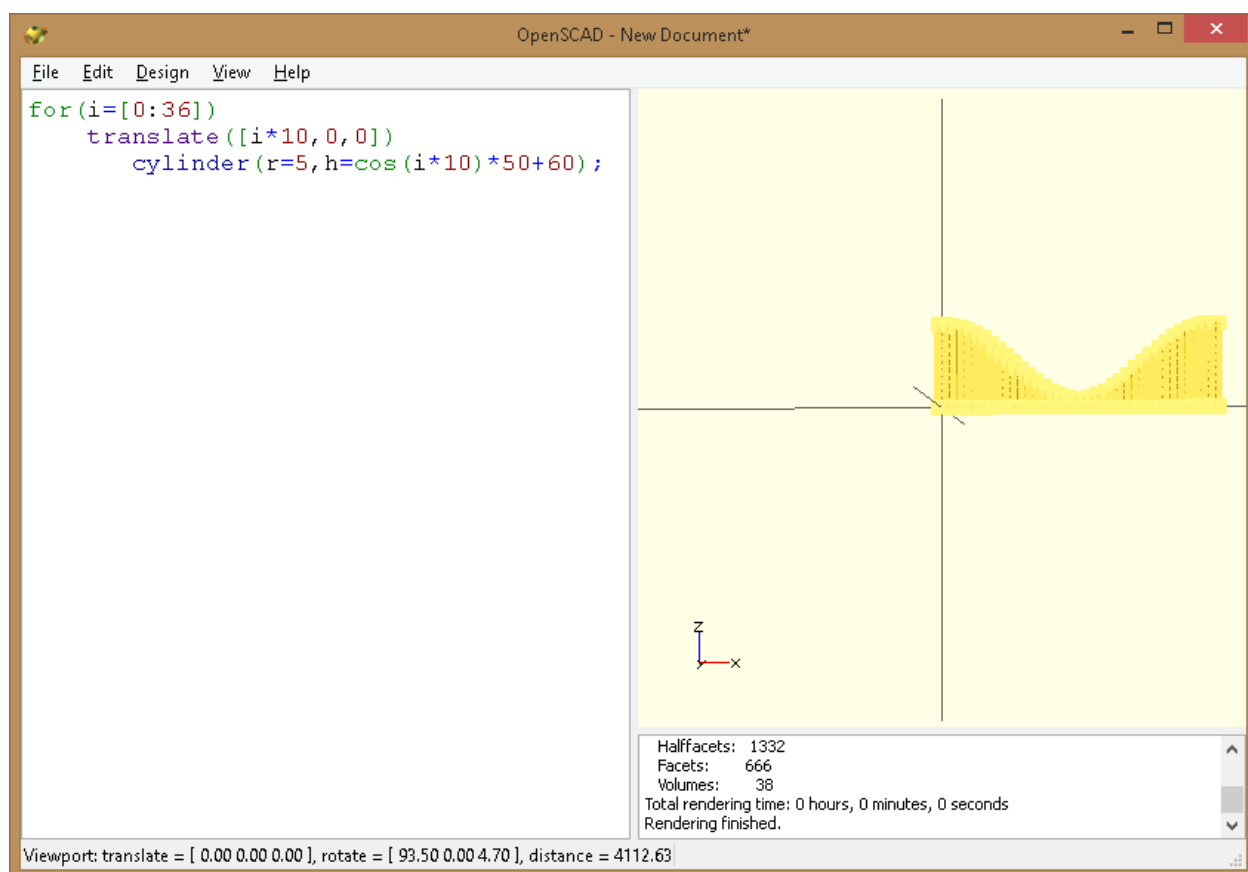
2.1.9 Trigonometrické funkce

cosinus

pracuje v desítkové soustavě, úhel počítá ve stupních

příklad na obrázku č. 31

```
for(i=[0:36])
  translate([i*10,0,0])
  cylinder(r=5,h=cos(i*10)*50+60);
```



obr. 31

sinus

pracuje v desítkové soustavě, úhel počítá ve stupních

příklad na obrázku č. 32



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



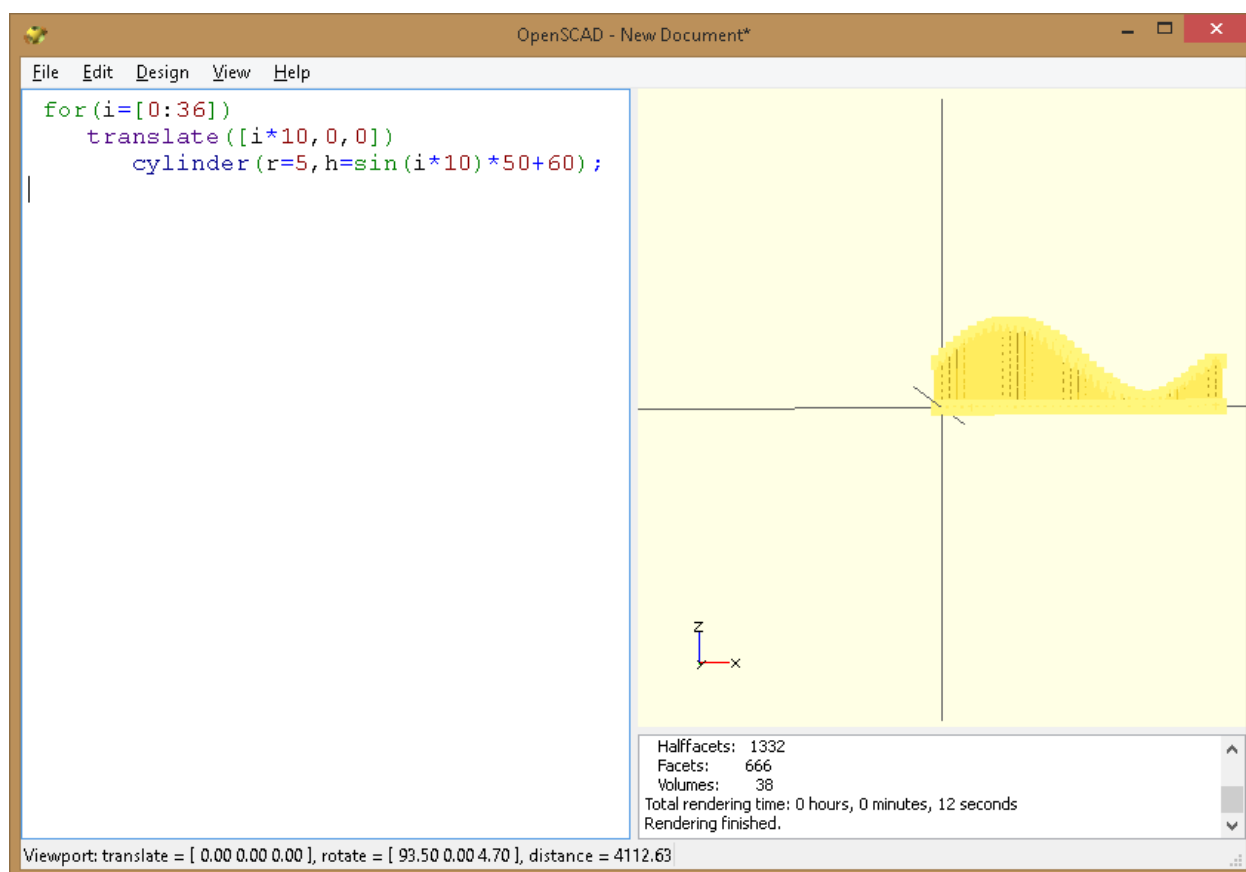
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

```
for (i = [0:5]) {  
  echo(360*i/6, sin(360*i/6)*80, cos(360*i/6)*80);  
  translate([sin(360*i/6)*80, cos(360*i/6)*80, 0 ])  
  cylinder(h = 200, r=10);  
}
```

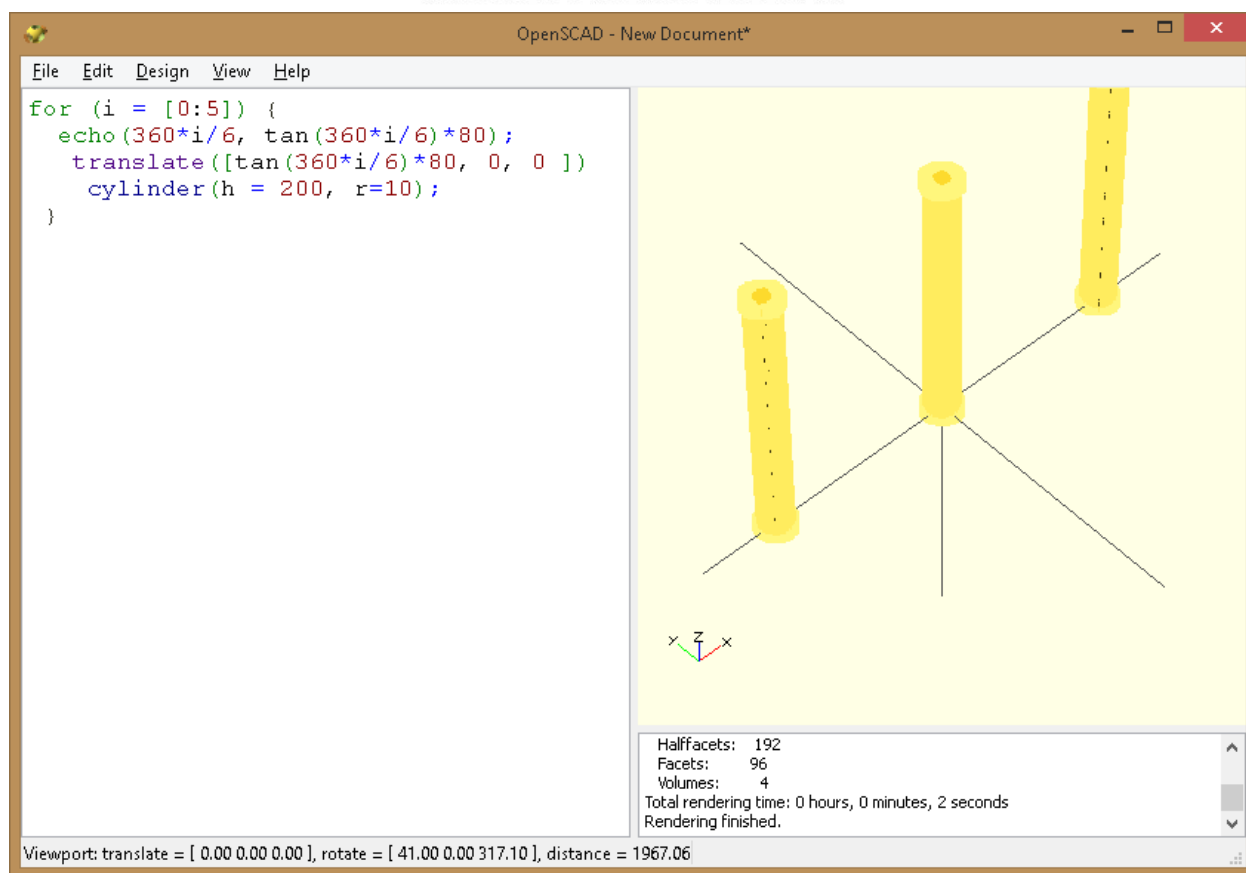


obr. 32

tangens

pracuje v desítkové soustavě, úhel počítá ve stupních
příklad využití funkce obrázku č. 33

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 33

```
for (i = [0:5]) {
  echo(360*i/6, tan(360*i/6)*80);
  translate([tan(360*i/6)*80, 0, 0])
  cylinder(h = 200, r=10);
}
```

Inverzní goniometrické funkce:

acos - arkuskosinus

asin - arkussinus

atan - arkustangens

atan2 - arkustangens dvou argumentů

2.1.10 Transformace

scale

zápis transformace:

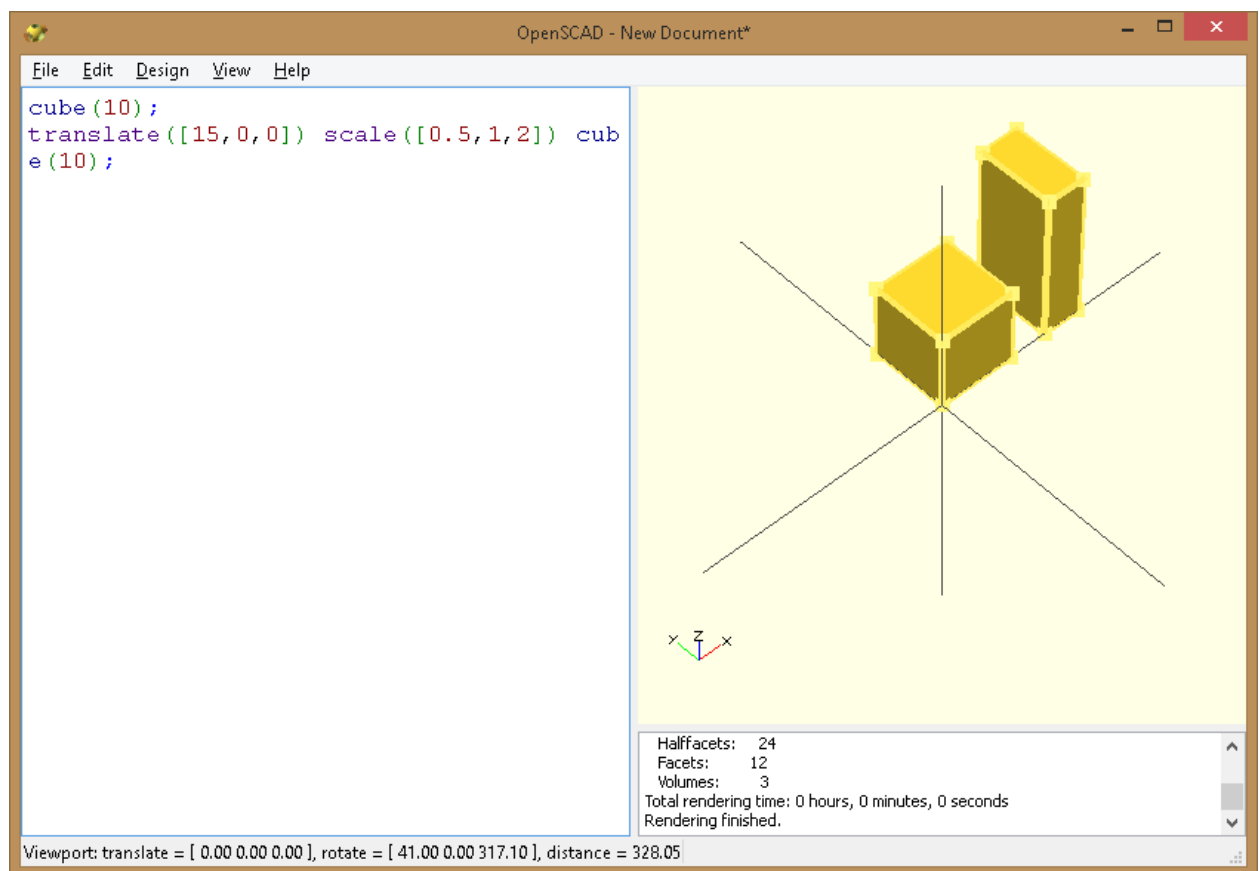
```
scale(v = [x, y, z]) { ... }
```

změní „měřítko“ pro jednotlivé rozměry

příklad na obrázku č. 34.:

```
cube(10);
```

```
translate([15,0,0]) scale([0.5,1,2]) cube(10);
```



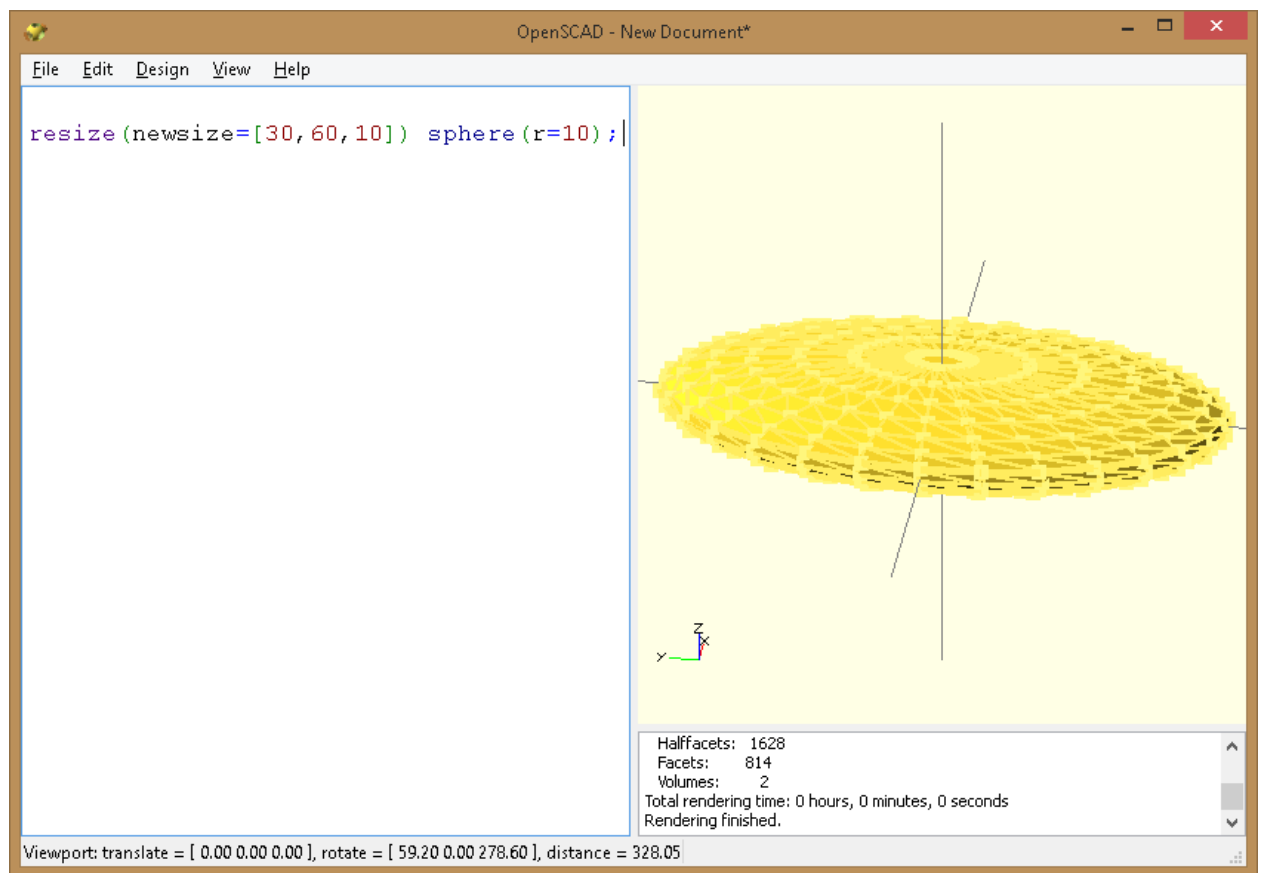
obr. 34

resize

změní rozměry objektu, jak ukazuje obrázek č. 35

// změní rozměry koule v jednotlivých osách x,y,z

```
resize(newsize=[30,60,10]) sphere(r=10);
```



obr. 35

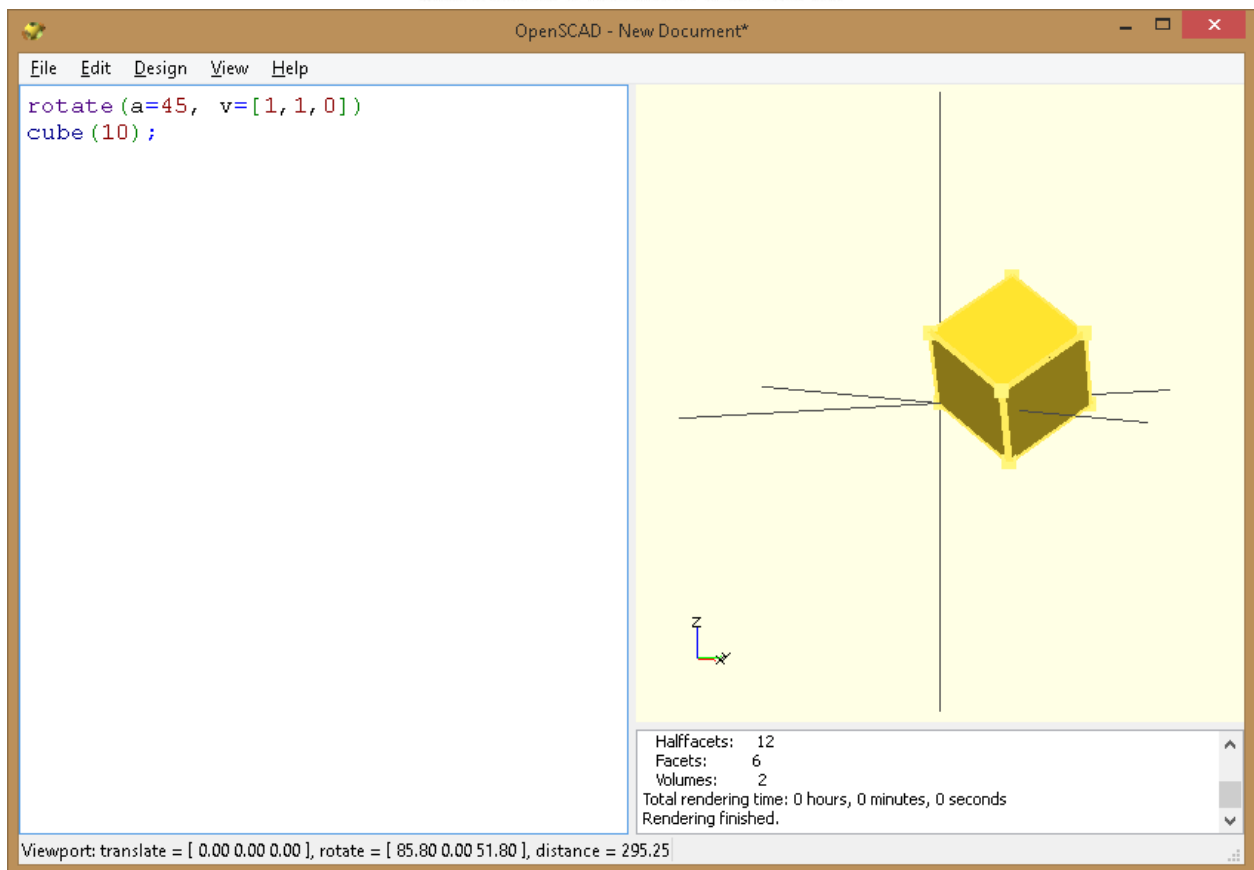
rotate

otáčí prvky po souřadném systému nebo osách (obr. 36)

syntaxe zápisu:

```
rotate(a = deg, v = [x, y, z]) { ... }
```

příklad zápisu parametrů: rotate(a=[0,180,0]) { ... }



obr. 36

Translate

posune prvky podél zadaného vektoru

syntaxe zápisu: `translate(v = [x, y, z]) { ... }`

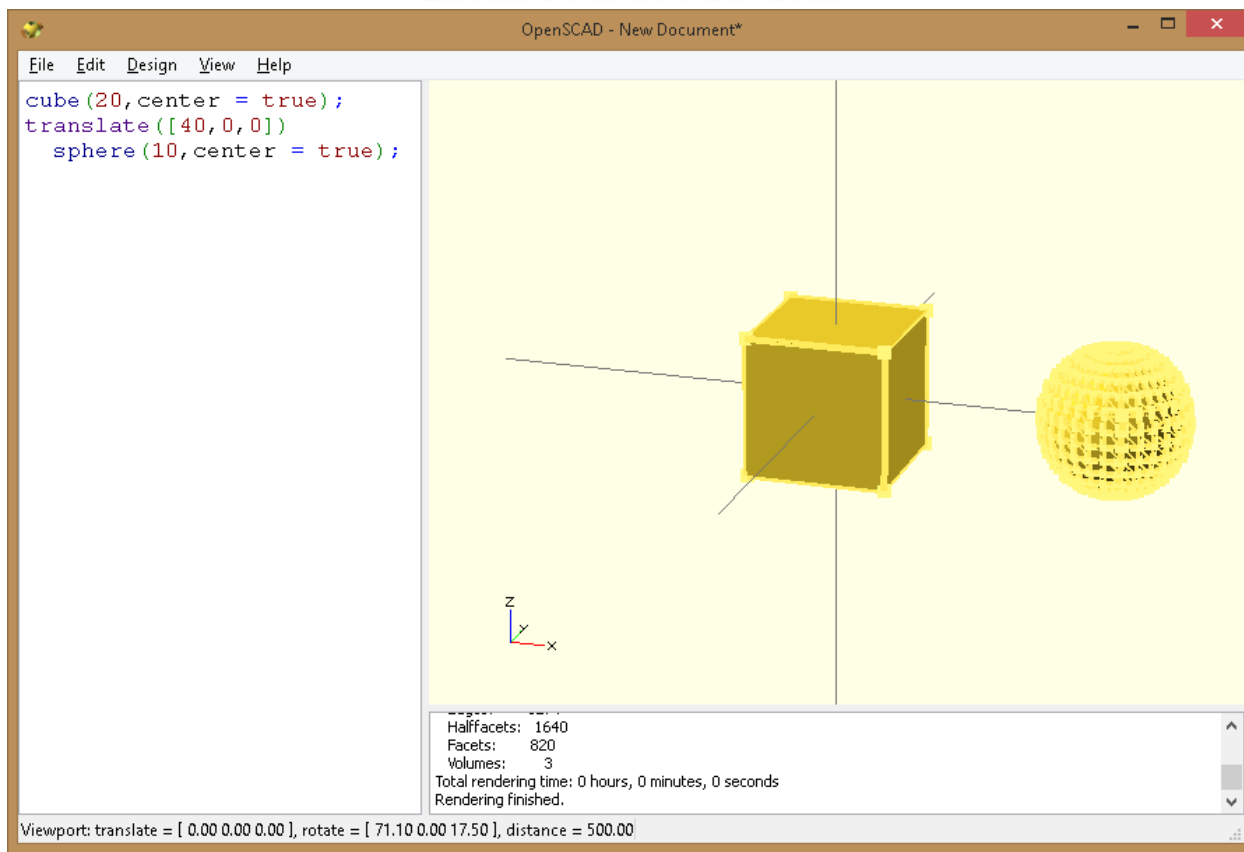
Příklad (obr. 37) ukazuje vytvoření krychle, umístěné do středu souřadného systému dále posunutí (transformace) v ose X a vykreslení koule.

```
cube(2,center = true);
```

```
translate([5,0,0])
```

```
  sphere(1,center = true);
```

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

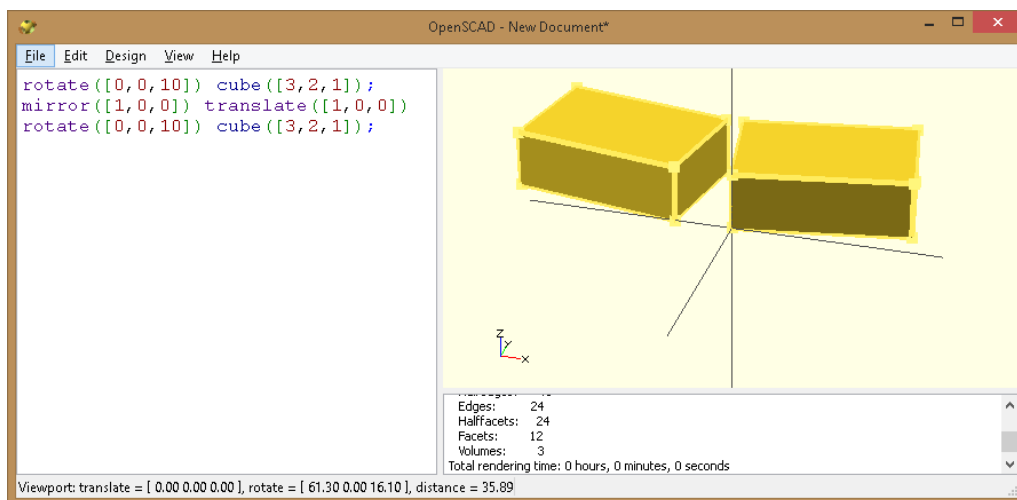


obr. 37

mirror

prvek se zrcadlí v zadané rovině (obr. 38)

syntaxe zápisu: `mirror([x, y, z]) { ... }`



obr. 38

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Speciální transformace objektů

- zobrazí Minkowského součet jednotlivých uzlů

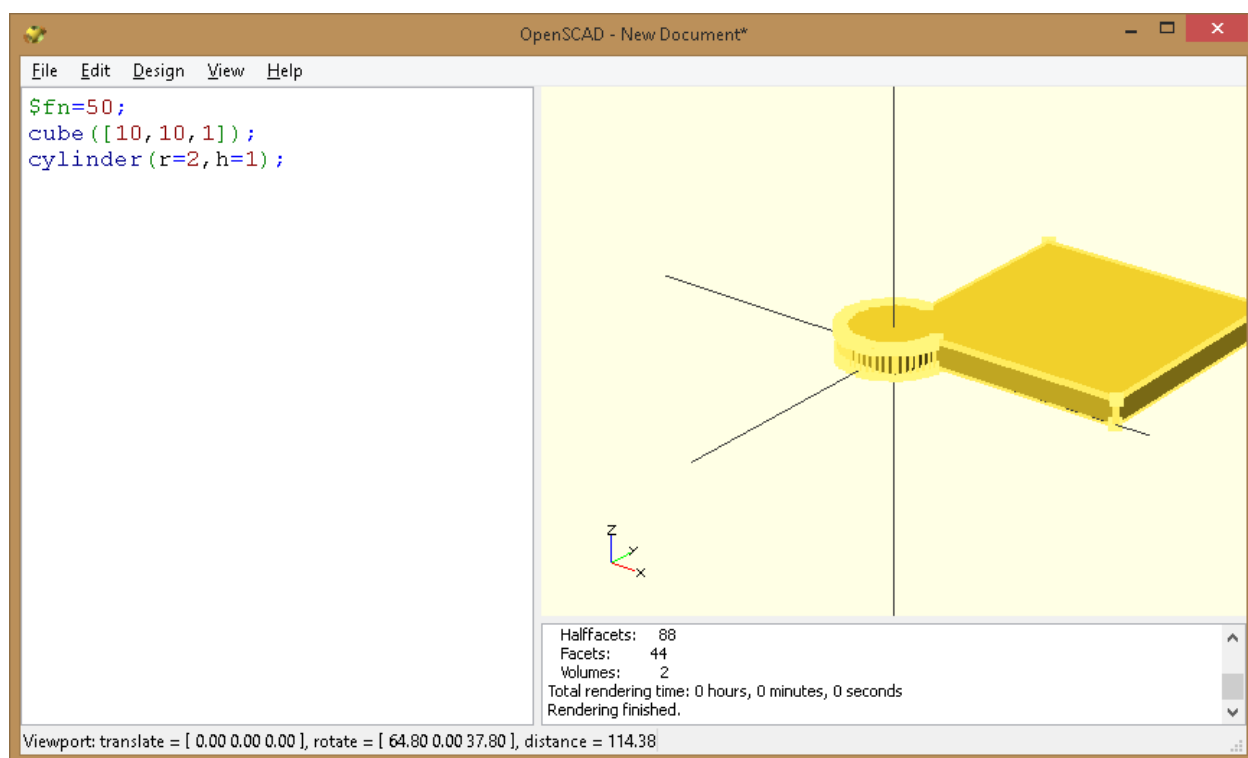
V našem příkladu mějme čtvercový box, u kterého bychom chtěli vytvořit zaoblené rohy.

Na obrázku č. 39 je čtverec a válec.

```
$fn=50;
```

```
cube ([10,10,1]);
```

```
cylinder (r=2,h=1);
```



obr. 39

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pomocí Minkowského transformace zkusíme sloučit oba objekty, jak ukazuje příklad na obrázku č. 40.

```
$fn=50;

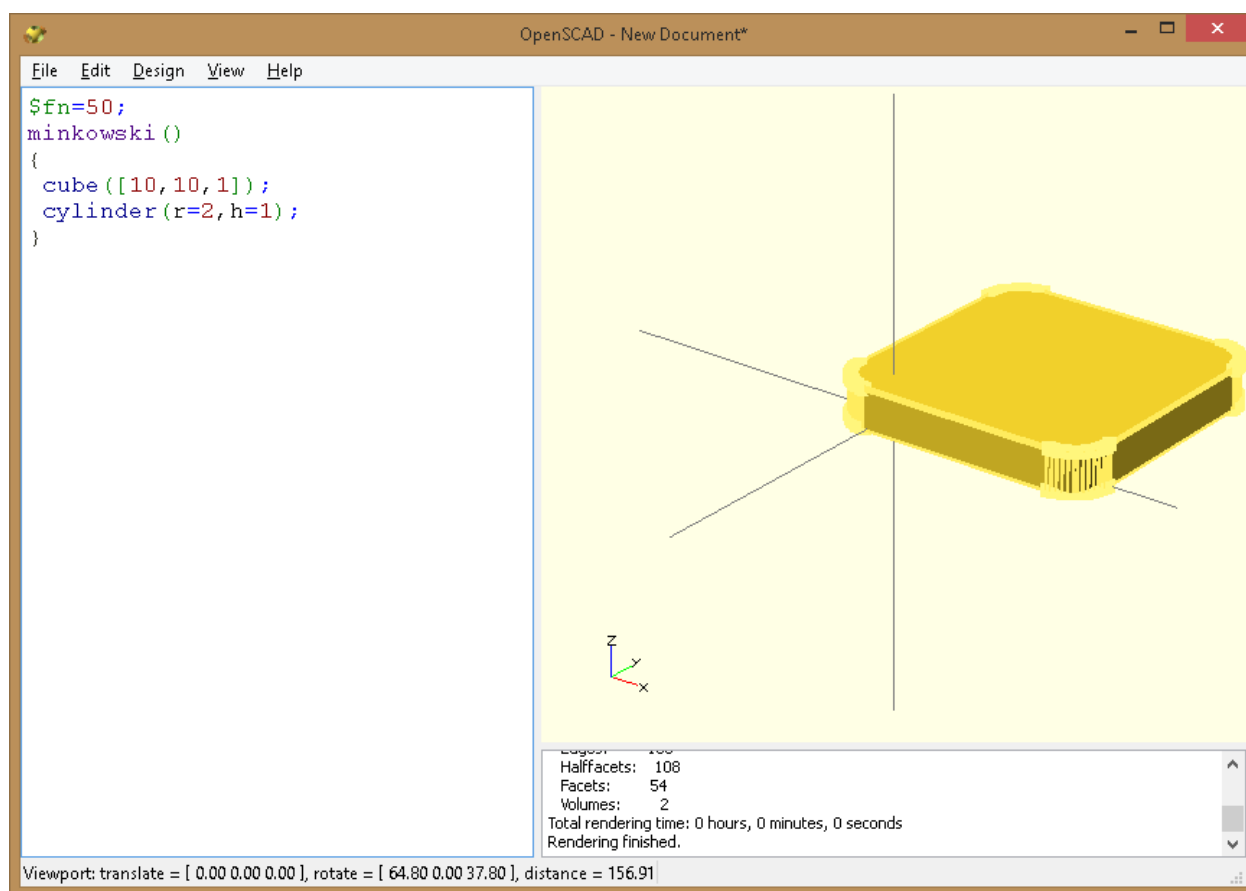
minkowski ()

{

  cube ([10,10,1]);

  cylinder (r=2,h=1);

}
```



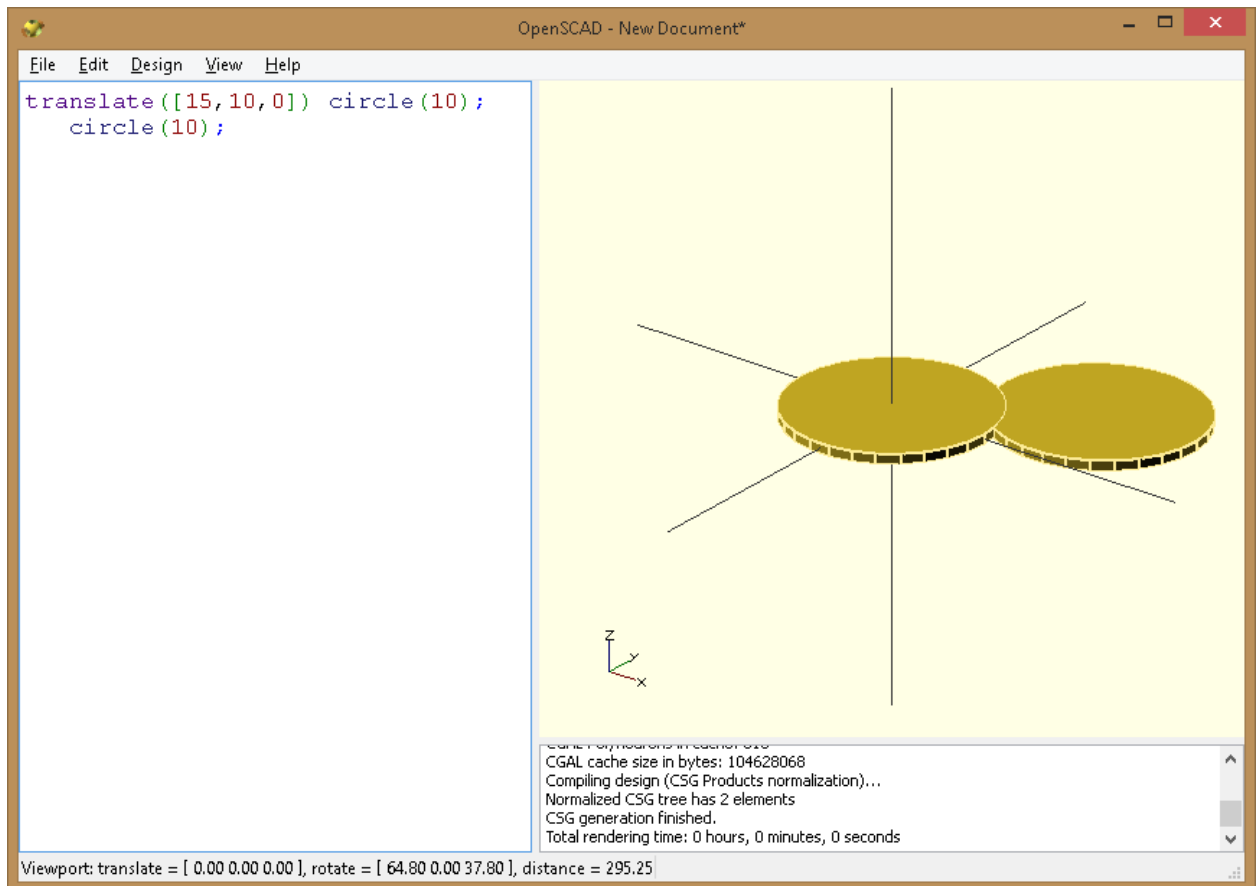
obr. 40

hull

- zobrazí konvexní obraz jednotlivých uzlů

Na příkladu mějme dvě kola (obr. 41), které budeme chtít sloučit v ovál.

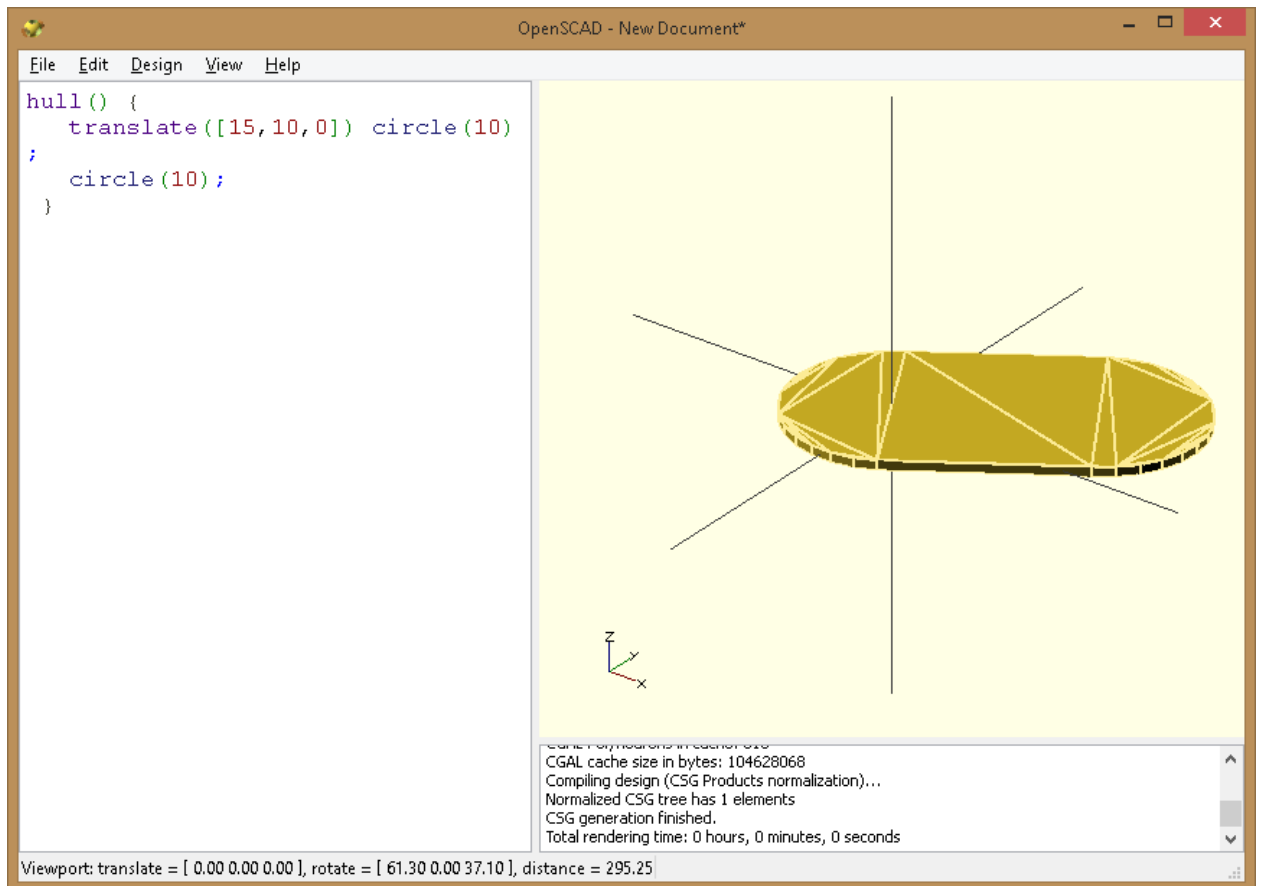
```
translate([15,10,0]) circle(10);  
  
circle(10);
```



obr. 41

Nyní využijeme hullovu transformaci ke spojení obou objektů, jak ukazuje obrázek č. 42.

```
hull() {
    translate([15,10,0]) circle(10);
    circle(10);
}
```



obr. 42

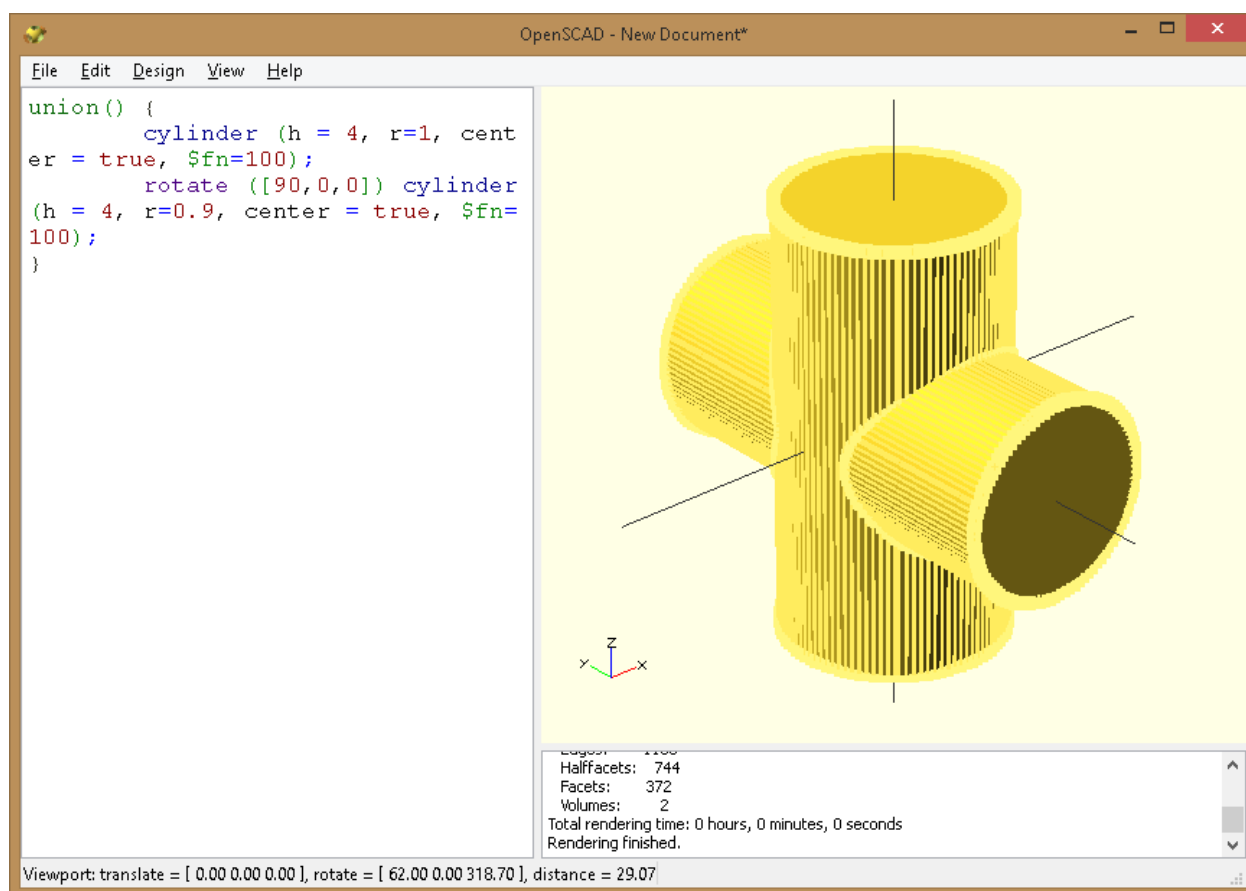
2.1.11 CSG Modelování

union

- vytvoří spojení všech svých podřizovaných uzlů, jedná se tedy o součet všech protnutých uzlů

```
union() {
    cylinder (h = 4, r=1, center = true, $fn=100);
    rotate ([90,0,0]) cylinder (h = 4, r=0.9, center = true,
    $fn=100);
}
```

obrázek č. 43 ukazuje průnik dvou vzájemně kolmých válců



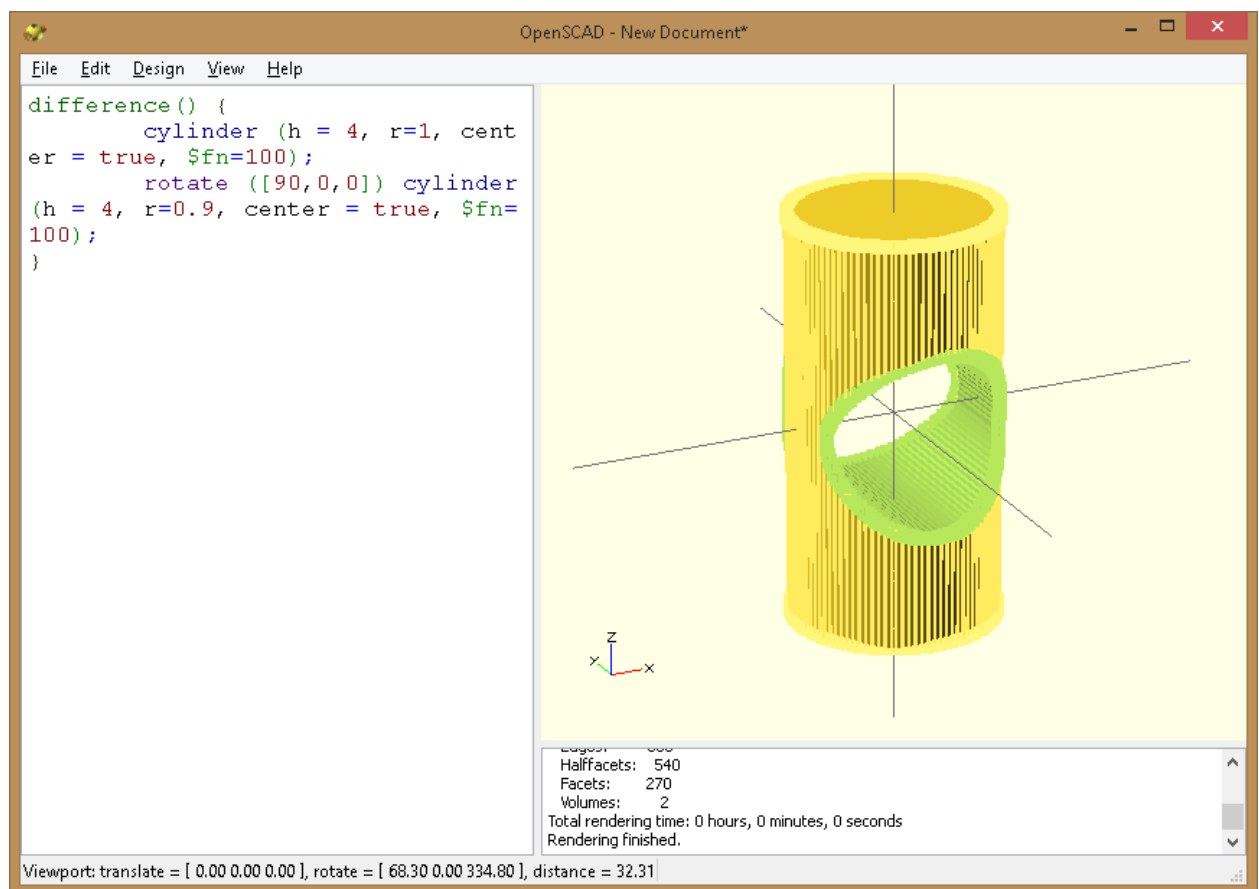
obr. 43

difference

Odečte podřizené uzly od výchozího objektu

```
difference() {
    cylinder (h = 4, r=1, center = true, $fn=100);
    rotate ([90,0,0]) cylinder (h = 4, r=0.9, center = true,
    $fn=100);
}
```

obrázek č. 44 ukazuje odečtení dvou vzájemně kolmých válců

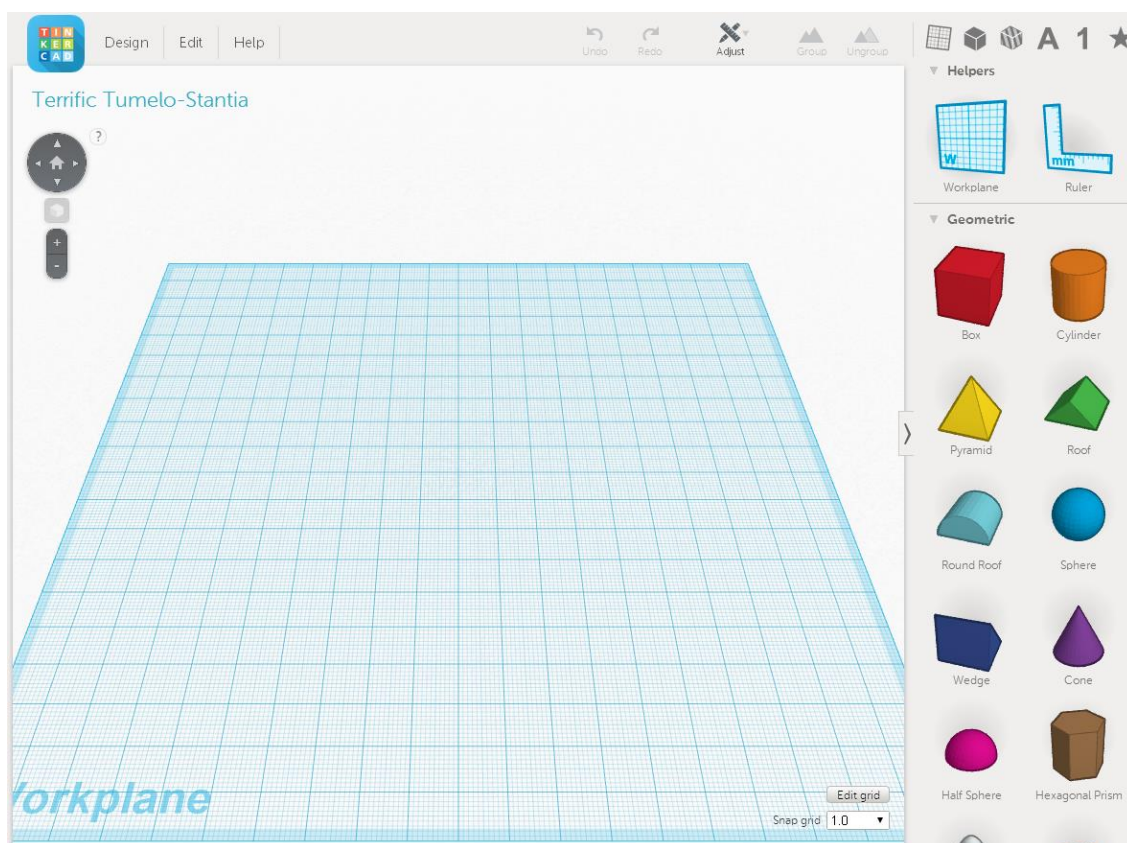


obr. 44

2.2 Modelování v TinkerCAD

Tinkercad je snadno použitelný nástroj k vytváření digitálních modelů v prostředí webového prohlížeče. Modely jsou pak připraveny k 3D tisku. Tinkercad využívá grafického rozhraní WebGL, jakožto nový 3D Web Standard. Podporují ho prohlížeče Google Chrome 10 a novější a Mozilla Firefox 4 nebo novější. Mezi operační systémy, které podporují práci v Tinkercad jsou Microsoft Windows Vista nebo novější, Apple OS X 10.6 nebo novější a Google Chrome OS.

2.2.1 Základní funkce TinkerCad



obr. 44



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



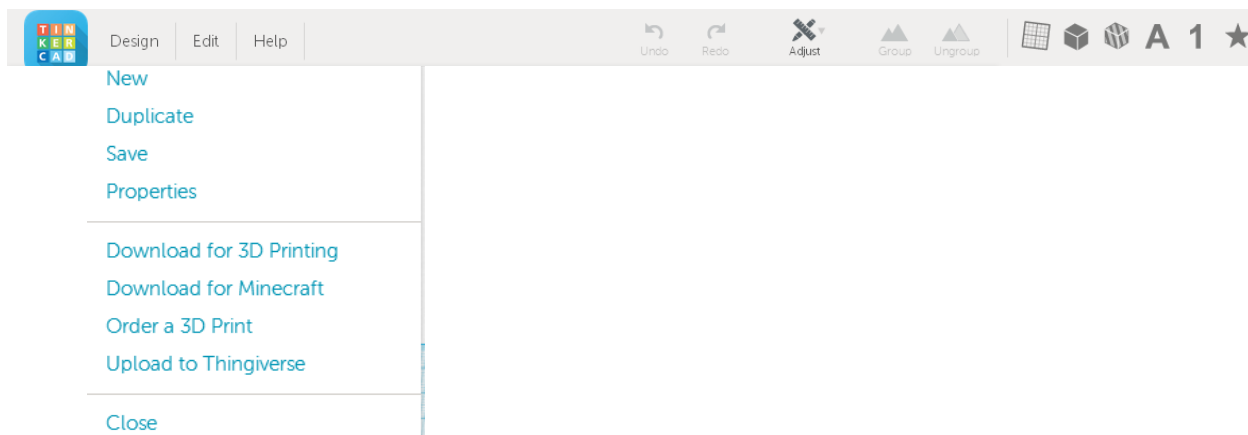
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

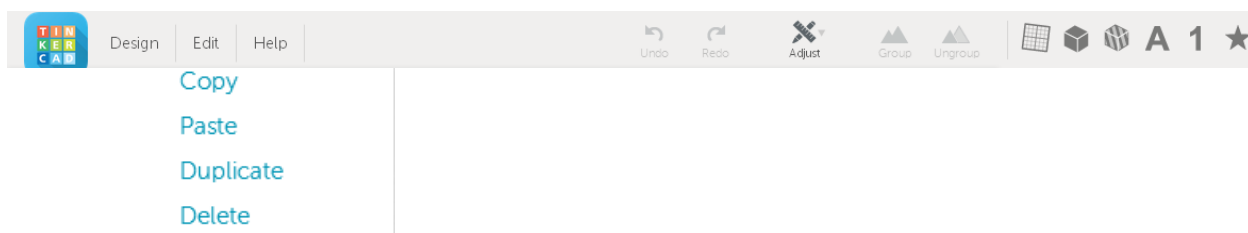
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Na obrázku č.44 můžeme vidět základní programovací prostředí Tinkercad. Uprostřed je plocha, na které vytváříme vlastní 3D model. Lišta v horní části umožňuje základní editační funkce.



obr. 45

Záložka Design (obr. 45) umožňuje vytvořit nový soubor (New), vytvořit kopii současného stavu (Duplicate), uložit stávající soubor (Save) a upravit vlastnosti souboru (Properties). Dále je možné uložit soubor v různých formátech vhodných pro 3D tisk, či další zpracování (Download for 3D printing do formátů .stl, .obj, .x3d, .vrmf, .svg).



obr. 46

Záložka Edit (obr. 46) dává možnosti ke kopírování (Copy), vkládání (Paste), klonování (Duplicate) a mazání (Delete) objektů, se kterými na pracovní ploše pracujeme.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Záložka Help umožní nahlédnout do připravených tutoriálů a výukových nástrojů, které připravili vývojáři Thinkercad i samotní jeho uživatelé.

Další funkce horní lišty jsou:

Undo - vrátí stav o jednu naposledy provedenou akci zpět

Redo - je-li to možné, posune stav o jednu naposledy provedenou akci vpřed

Adjust- umožní zarovnat (Align) či zrcadlit (Mirror) objekty vůči sobě

Group - vytvoří skupinu z označených objektů, podzáložkou je také funkce Inspector, která umí objektu přiřadit požadovanou barvu, či průhlednost

Ungroup - zruší skupinu označených objektů

V pravé části se nachází oblast, která nabízí předpřipravené tvary, které jsou tažením (drag-and-drop) možné přesunout na pracovní plochu.

a) geometrické tvary obr. 47, u jednotlivých tvarů lze měnit jejich rozměry, barvu a polohu ve třech osách.

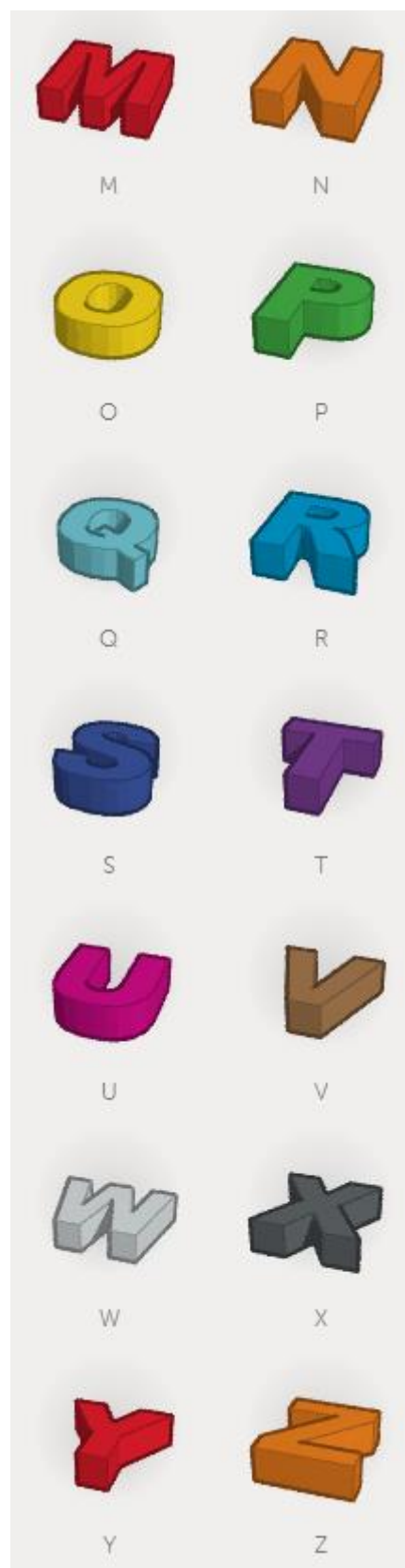
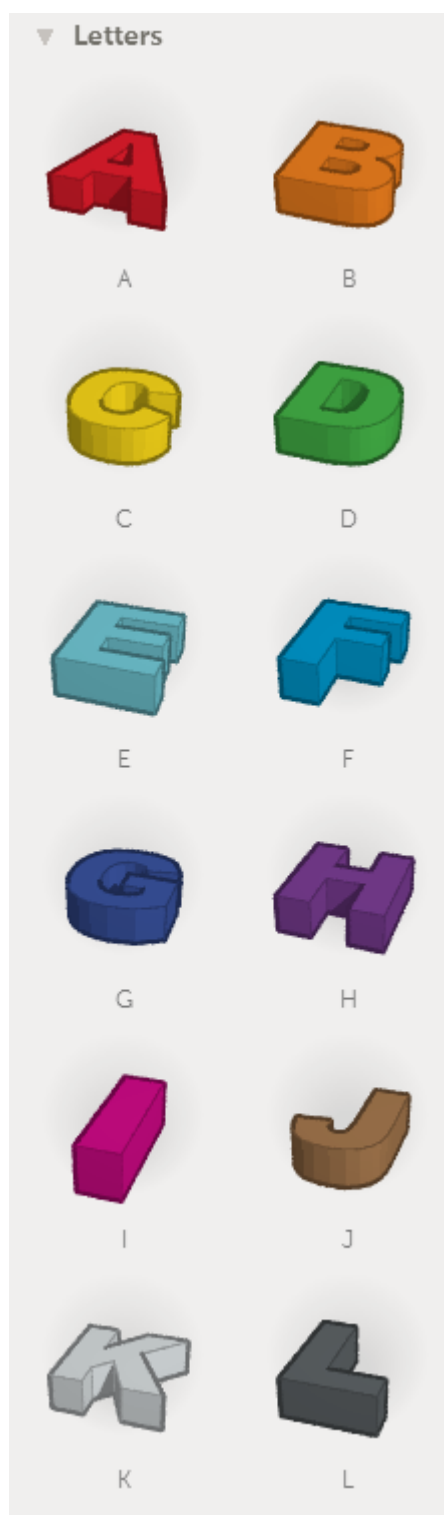
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 47

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) písmena obrázek č. 48



obr. 48



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



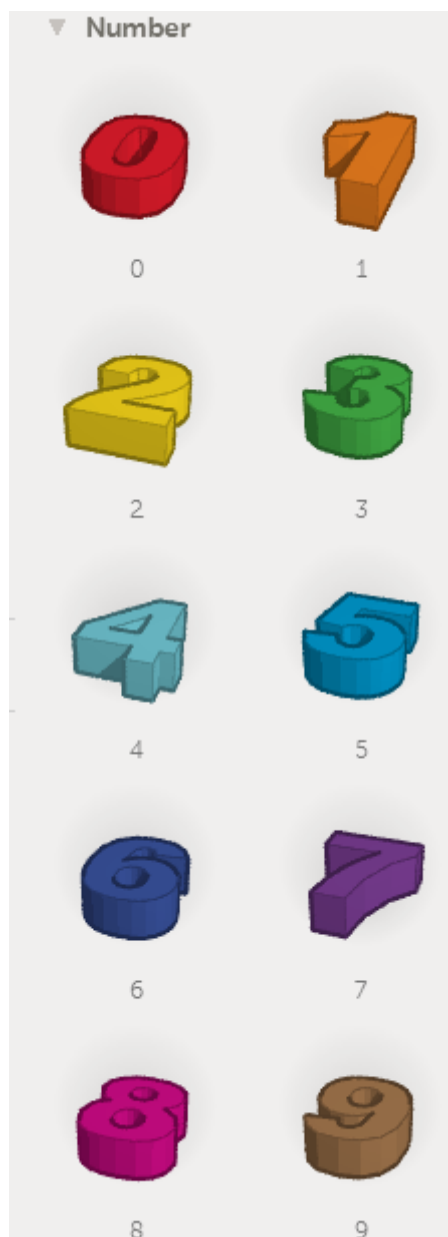
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

c) čísla obrázků č. 49



obr. 49



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

d) symboly obrázek č. 50



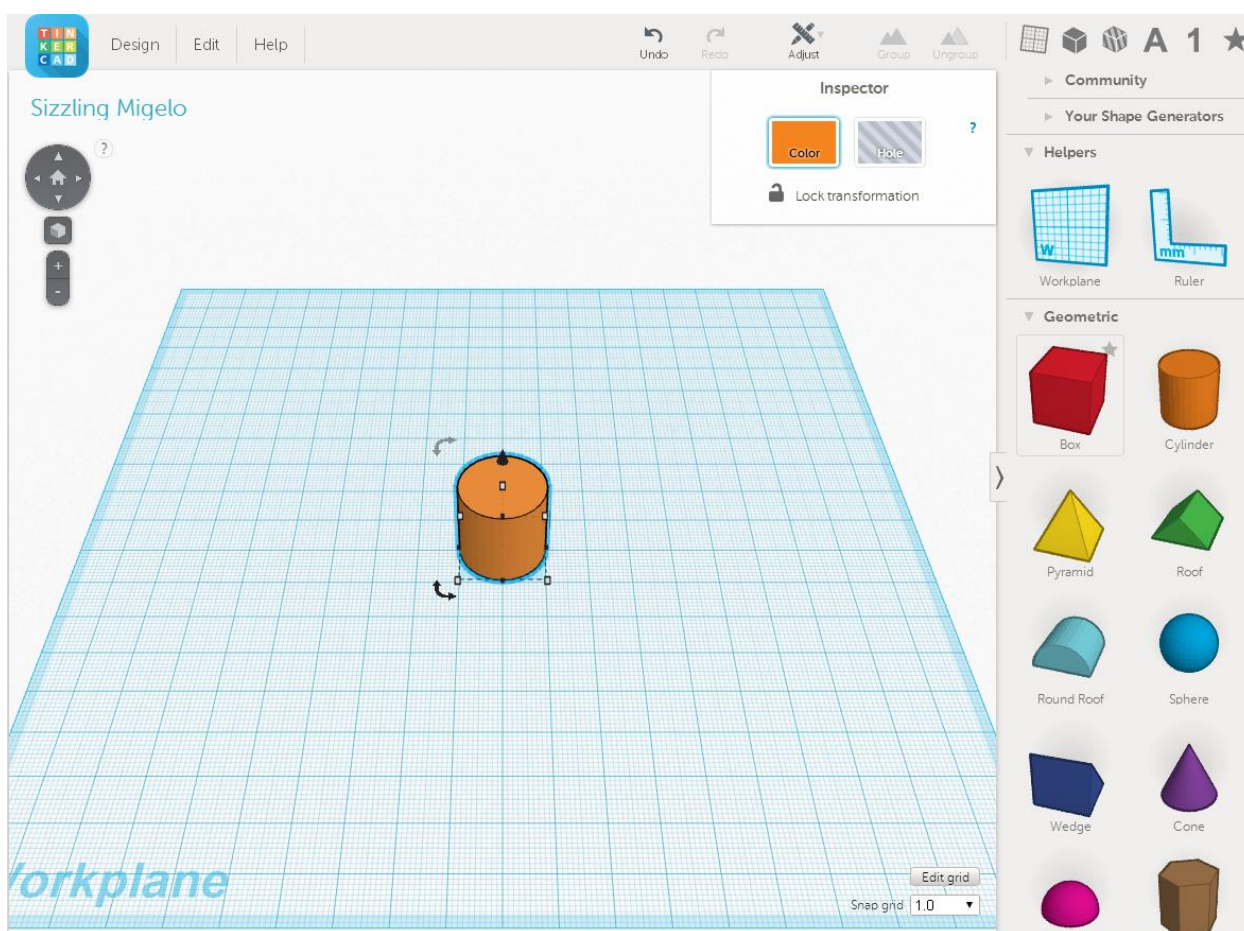
obr. 50

Z výše uvedených objektů je možné pomocí jejich skládání, prolínání a odečítání složit téměř libovolný třírozměrný objekt.

2.2.2 Modelování v TinkerCAD – kopírování a vkládání

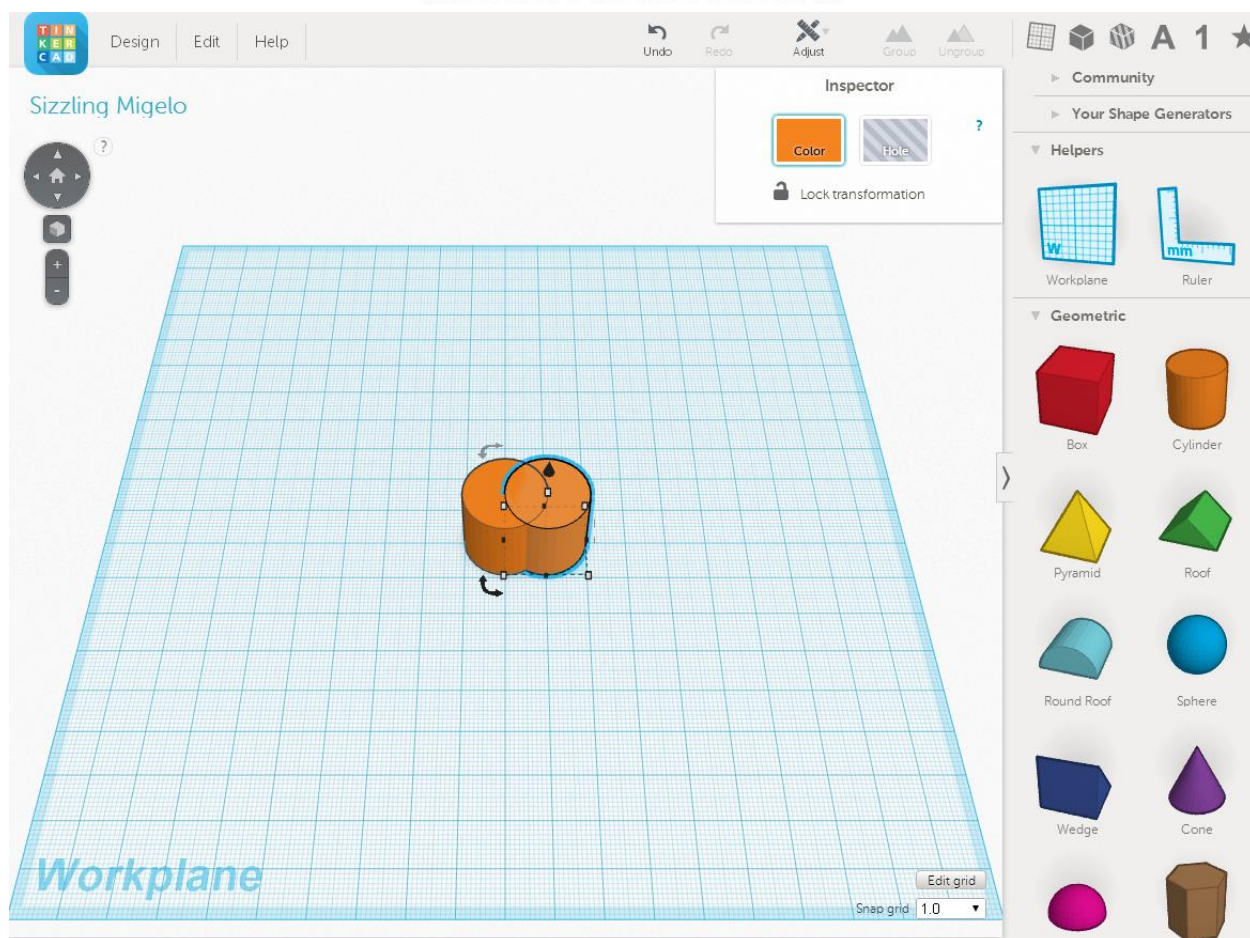
V následujícím příkladu si za pomoci kopírování ukážeme vytvoření třech válců různých rozměrů.

1. Otevřeme nový prázdný projekt (Create new design)
2. V pravé části obrazovky na liště nástrojů vybereme válec (Cylinder) a tažením ho přemístíme na střed pracovní plochy. Válec má výšku i průměr 20 mm.



obr. 51

3. V dalším kroku vytvoříme kopii válce. Válec označíme v horní liště vybereme tlačítko Edit a volbu Copy (nebo Ctrl+C), následně se objekt zkopíruje do schránky. Pak vybereme přes tlačítko Edit vybereme volbu Paste (nebo Ctrl+V) obr. 52.



obr. 52

4. Nový válec tažením přisadíme z pravé strany k původnímu válci tak, aby okraj válce protínal střed válce druhého viz. obr. 52.

5. Změníme barvu nového válce na modrou. Označíme válec a v horním menu vybereme barvu (Color) obr. 53.

6. Modrému válci nyní změním jeho velikost. Z původních 20 mm výšky vytvoříme 10 mm. Uchopíme válec za střed horní podstavy (bílý čtvereček) a táhneme myši směrem dolů. Na číselníku vpravo vidíme změnu velikosti. obr. 54



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

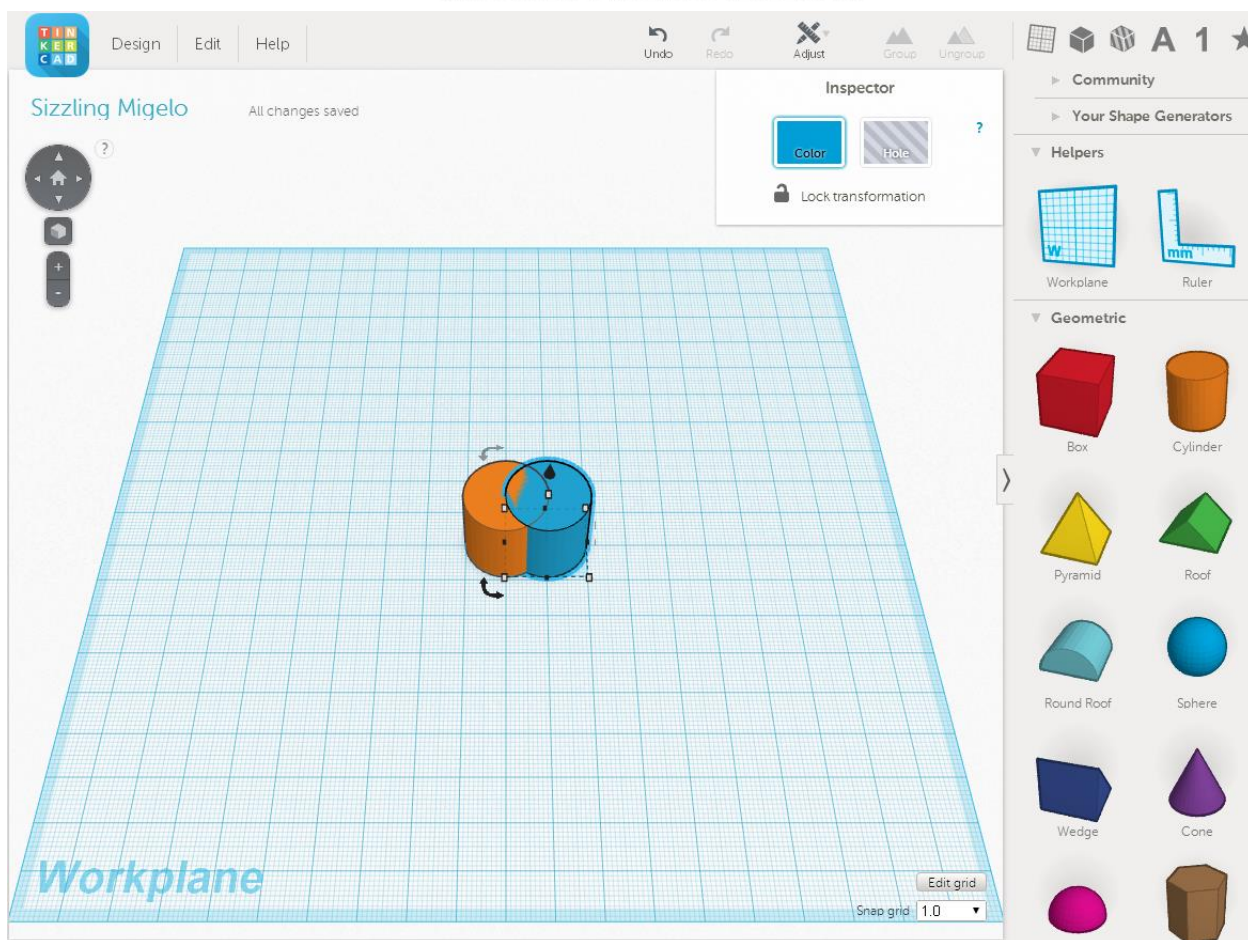


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

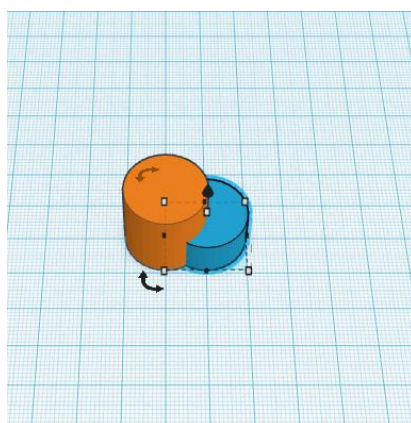


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



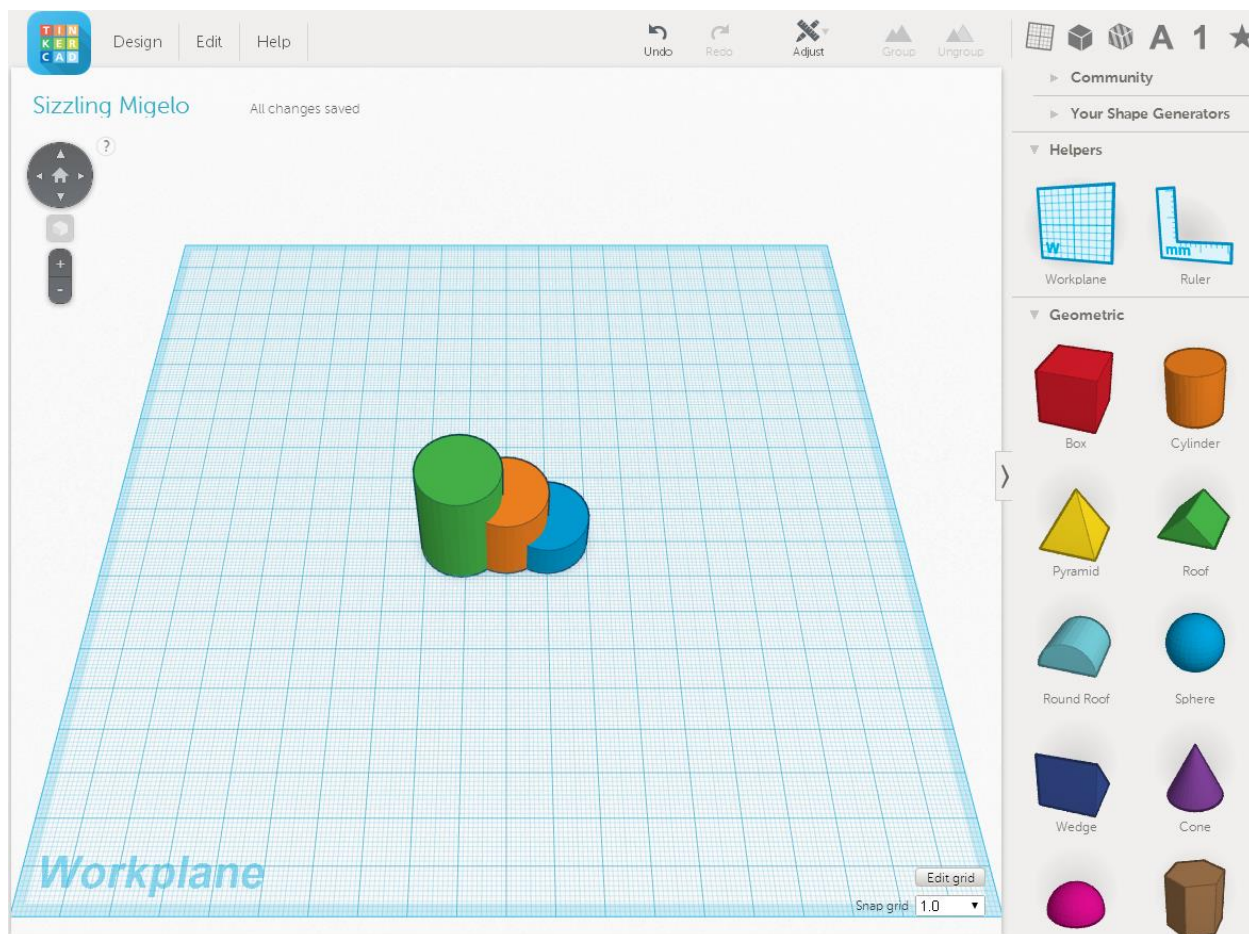
obr. 53



obr. 54

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

7. Nyní stejným postupem vytvoříme třetí válec, který bude mít výšku 30 mm, barvu zelenou a pozici z levé strany původního válce viz obr. 55.



obr. 55

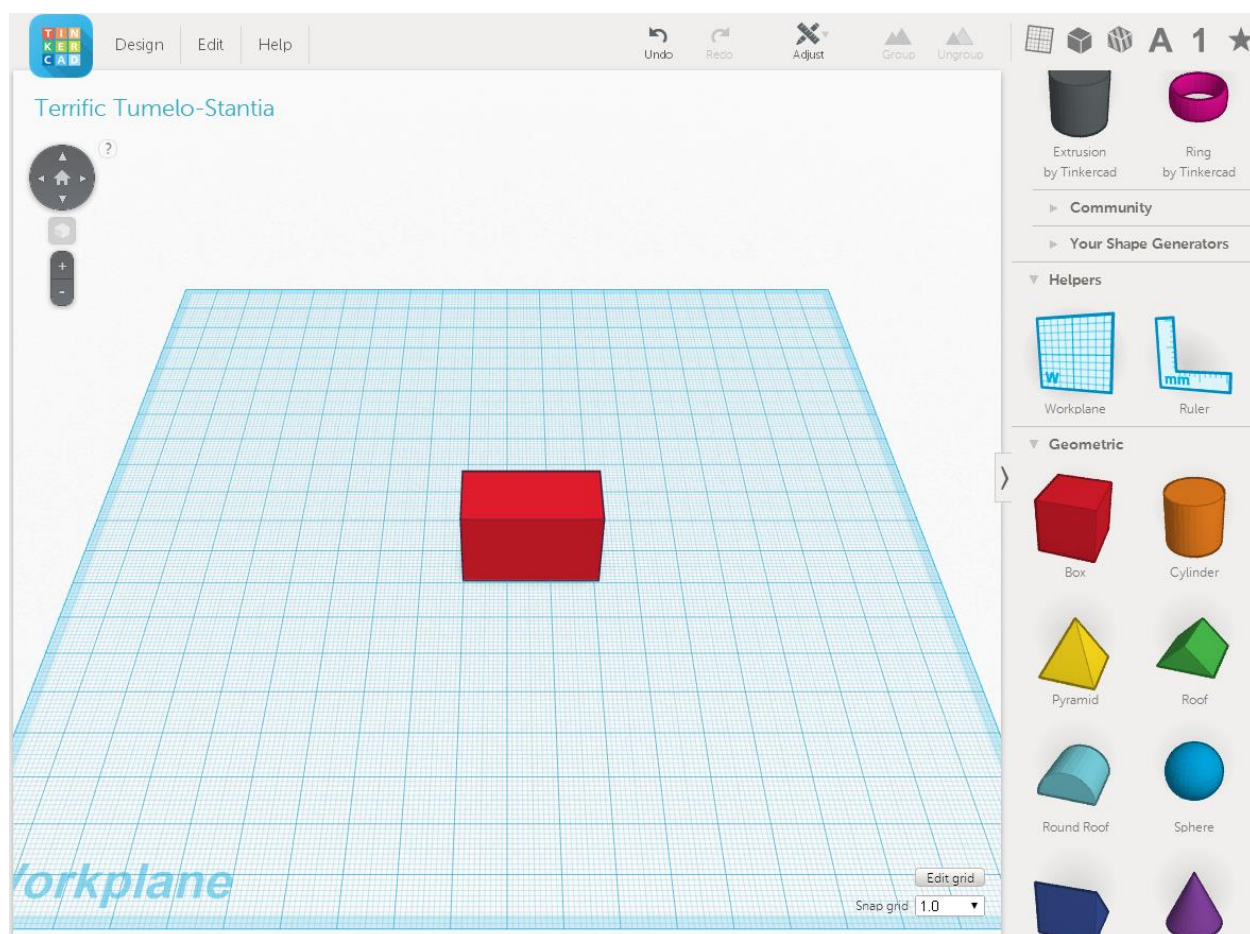
8. Projekt uložíme na požadované místo. Záložka Design a vybereme položku Save. Nebo rovnou stáhneme soubor k tisku na 3D tiskárně. Záložka Design a položka Download for 3D printig.

2.2.3 Modelování v TinkercAD – kolíček

V této kapitole se seznámíme se základními pravidly 3D modelování. Základní nástroje a možnosti modelování si vyzkoušíme na cvičném příkladu. Vytvoříme model kolíčku, kterým bude možno uzavírat otevřené obaly (např. sáček s kořením).

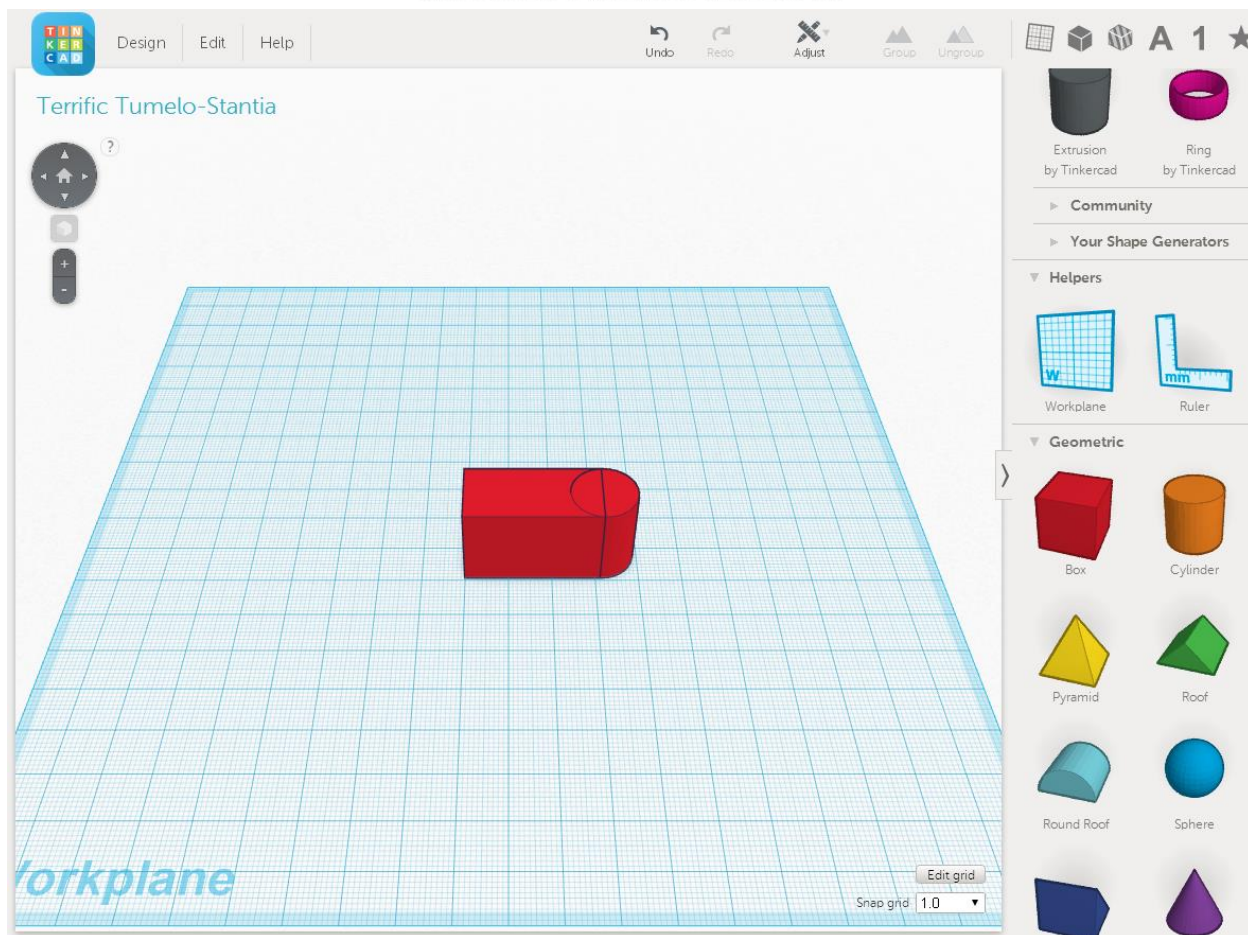
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Otevřeme nový prázdný projekt (Create new design)
2. V pravé části vybereme předpřipravený tvar krychle (Box) a tažením jej přemístíme na pracovní plochu.
3. Tažením za jeden z jeho rohů (malý bílý čtvereček) vytvoříme obdélník o rozměrech délka 30 mm, šířka 15 mm a výška 20 mm. Barva červená. Obr. 56.



obr. 56

4. Vybereme nástroj válec (Cylinder) a přemístíme ho na pracovní plochu. Umístění volíme tak, aby se svým středem dotýkal boční hrany válce viz. obr. 57. Rozměry válce volíme průměr 15 mm a výška 20 mm, barva červená.



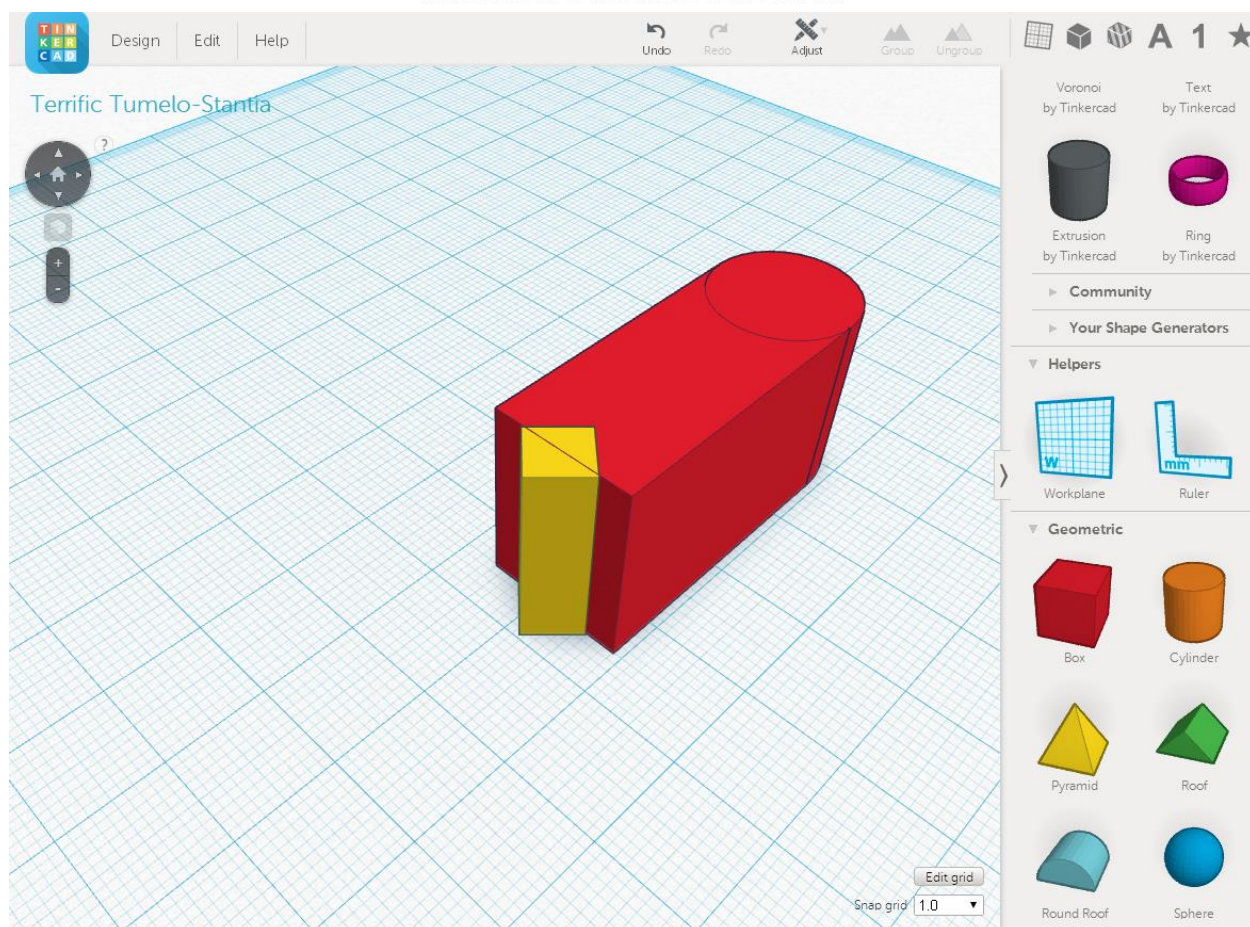
obr. 57

5. Oba objekty sloučíme v jeden. Vytvoříme skupinu. Označíme oba objekty myší se současným stiskem levého tlačítka Shift na klávesnice. V horní liště vybereme položku Group.

6. Vybereme objekt krychle a umístíme ho na pracovní plochu. Parametry nastavíme takto: 7 x 7 mm, výška 20 mm, otečení o 45° podél svislé osy, barva žlutá.

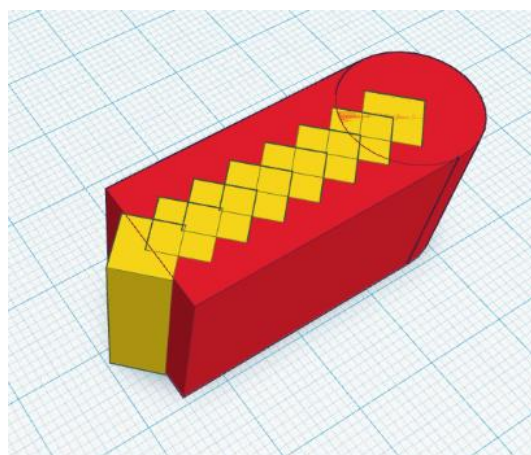
7. Objekt žlutého kvádrů přesuneme do červeného objektu na jeho levý okraj, tak aby se hrany dotýkali. Objekty vůči sobě zarovnáme na vodorovný střed. Viz obrázek č. 58.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 58

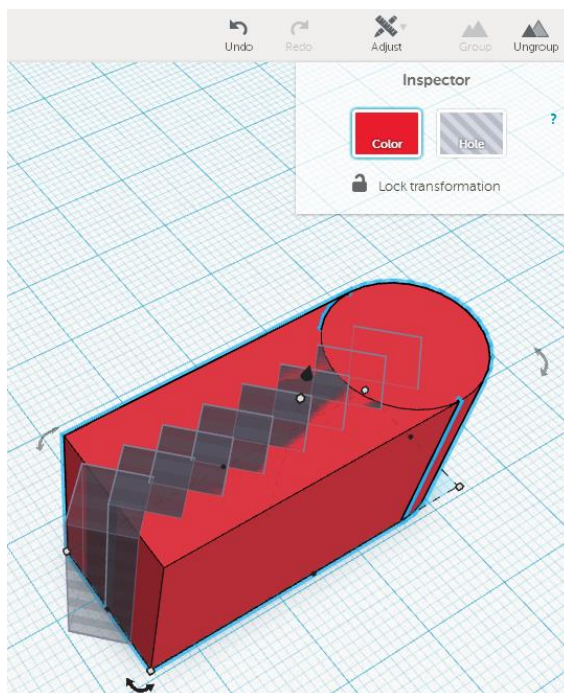
8. Nyní vytvoříme 7 kopií (Ctrl + C, Ctrl + V) objektu žlutého kvádru a seřadíme je jedné do roviny viz obr. 59



obr. 59

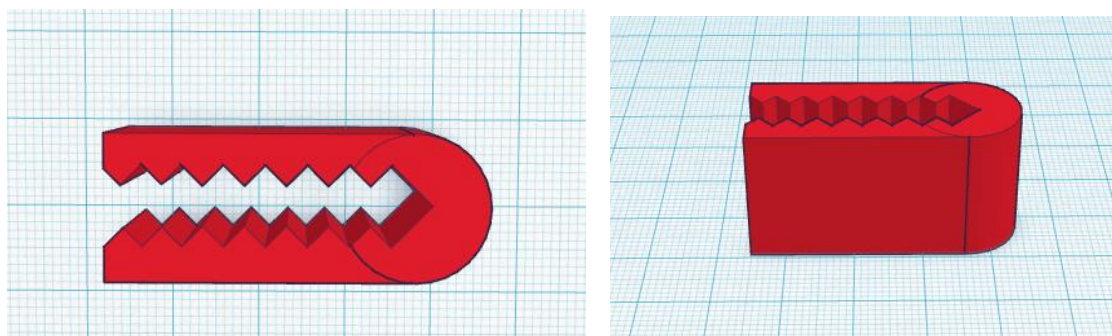
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

9. Osmi vybraným žlutým kvádrům přiřadíme vlastnost průhlednosti. Horní lišta, nabídky Inspector, volba Hole. Obr. 60.



obr. 60

10. Nyní označíme všechny objekty na ploše současně (např. přetažením všech objektů myší) a vytvoříme skupinu (Group). Dojde ke sloučení všech objektů a zároveň k odečtení o průhledných objektů. Výsledek vidíme na obr. 61.



obr. 61



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2.3 Získání již vytvořeného objektu

Další možností jak získat objekt určený k tisku na 3D tiskárně je stažení již hotového projektu ze serverů k tomu určených. My se seznámíme se serverem www.thingiverse.com.

Jde o server umožňující vytváření a sdílení 3D objektů. Všechny vystavené modely jsou vytvořeny v otevřené platformě a podléhají licenci Creative Commons⁴.

Na tomto místě tedy můžeme vytvářet, sdílet či stahovat jednotlivé projekty. Ty jsou rozděleny do kategorií:

- 3D printing
- Art
- Fashion
- Gadgets
- Hobby
- Household
- Learning
- Models
- Tools
- Toys & Games

⁴ Licence Creative Commons jsou soubor veřejných licencí, které přinášejí nové možnosti v oblasti publikování autorských děl: posilují pozici autora při rozhodování, za jakých podmínek bude dílo veřejně zpřístupněno. Licence Creative Commons fungují na jednoduchém principu: autor jejich prostřednictvím nabízí neurčitěmu počtu potenciálních uživatelů licenční smlouvu, na základě které jim poskytuje některá svá práva k dílu a jiná si vyhrazuje. Creative Commons nejsou popřením klasického pojetí autorského práva, jsou jeho nadstavbou a jako takové vycházejí z občanského zákoníku (§ 2358 – 2389 Zákona č. 89/2012 Sb., občanský zákoník).

Obliba licencí Creative Commons vychází především z jejich mezinárodní srozumitelnosti, která se nyní ještě zvyšuje s příchodem nové verze 4.0. Licenční podmínky, neboli práva a povinnosti uživatele k dílu, jsou graficky vyjádřeny pomocí jednoduchých piktogramů.

V roce 2014 bylo na serveru přístupno přes stotisíc modelů. Ty jsou přístupné po registraci a získání přístupového hesla a jména v sekce SignIn.

3 Nastavení 3D objektu pro tiskárnu

Slic3r

Slic3r je nástroj, který nám převede 3D model do jazyka 3D tiskárny. V jednoduchosti se dá říci, že náš model rozdělí do vodorovných vrstev a vygeneruje dráhy a jejich a jejich výplň. Vypočítá množství materiálu, který má být použit při tisky (vytlačen).

Projekt Slic3r byl zahájen v roce 2011 a postupoval od nuly: kód a algoritmy nejsou založeny na žádném jiném předchozím softwaru. Čitelnost a udržitelnost kódu patří mezi cíle návrhu.

Slic3r je dodáván s nejdůležitějšími hostitel softwarových balíčků: Pronteface, Repetier-Host, ReplicatorG a byl podpořen / financován téměř všemi hlavními 3D společnostmi na světě.

3.1 Jak získat Slic3r

Binární balíčky jsou k dispozici pro Windows, Mac OS X a Linux. Uživatelé systému Windows a Linux si mohou vybrat mezi 32 a 64 bitové verze, aby odpovídaly jejich systémovým požadavkům.

Zdrojový kód je k dispozici přes GitHub:

<https://github.com/alexrj/Slic3r> . Pro více informací o budově ze zdroje viz § níže.

3.2 Instalace

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Windows

Rozbalte stažený zip soubor do složky podle vašeho výběru, neobsahuje žádný instalační skript. Výsledná složka obsahuje dva spustitelné soubory:

- slic3r.exe - spustí verzi GUI.
- slic3r-Console.exe - lze použít z příkazové řádky.

Zip soubor poté můžete smazat

Mac OS X

Poklepejte na stažený dmg soubor instance. Měla by se otevřít spolu s ikonou programu Slic3r. Přejděte do adresáře aplikace a přetáhněte do něj ikonu Slic3r. Soubor DMG můžete poté smazat.

Linux

Rozbalte archiv do složky podle vašeho výběru. Buď:

Začněte přímo spuštěním Slic3r spustitelný soubor, který se nachází v adresáři bin nebo nainstalujte Slic3r ve složce bin.

3.3 Kalibrace

Dříve, než se pokusíte prvně tisknout, je důležité, aby byla tiskárna správně kalibrována. Přeskočení tohoto kroku povede zcela jistě k neúspěšnému tisku, a proto je důležité, aby jste se ujistili, že zařízení je správně nastaveno.

Hlavní body, které by jsme měli před tiskem zkontrolovat:

- Rám je stabilní a správně zarovnan.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Pásy jsou napnuté.
- Tiková plocha je ve vodorovné rovině k dráze extrudéru.
- Vlákno se volně odvíjí z cívky
- Krokové motory jsou nastaveny na správnou úroveň.

Nastavení firmware jsou správné, včetně: rychlosti pohybu osy a zrychlení; regulace teploty; dorazy; motorové směry.

Extruder je kalibrován ve firmwaru se správnými kroky na mm vlákna.

Bod týkající se extruderu kroku je velmi důležitý. Slic3r očekává, že stroj bude přesně produkovat určité množství vlákna. Příliš mnoho vlákna bude mít za následek nerovnosti a jiné nedokonalosti v tisku. Příliš málo bude mít za následek špatnou přilnavost a mezery mezi vrstvy.

3.4 Průvodce nastavení

Slic3r má dvě základní funkce: Průvodce konfigurací a základní režim.

Na obr. 62 je průvodce konfigurací.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

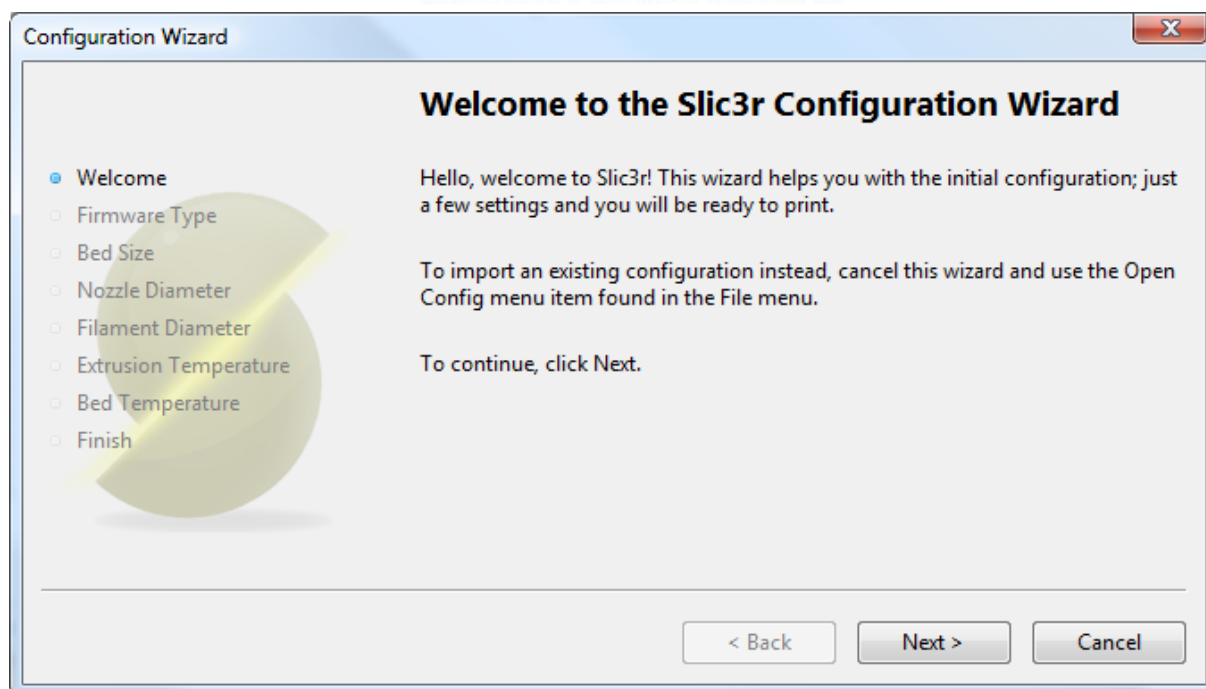


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



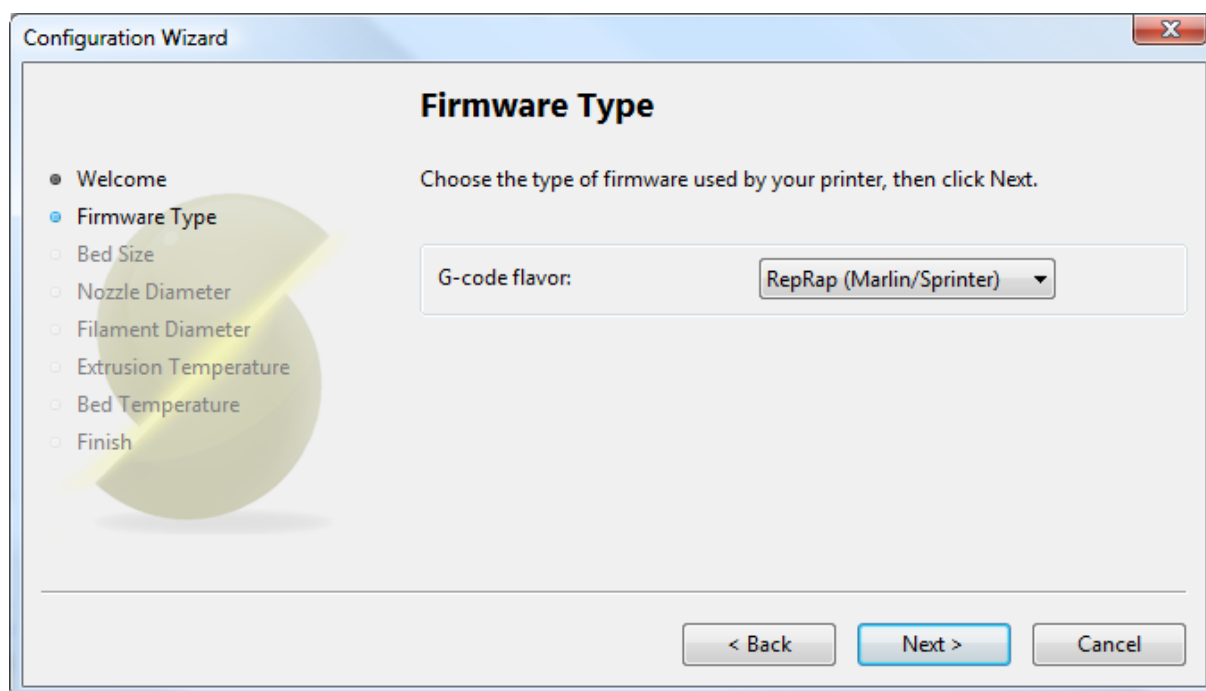
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obr. 62

Gcode který vytváří Slic3r je šitý na míru konkrétnímu firmwaru tiskárny. V prvním kroku, budete požádání o firmware, který tiskárna používá, viz obr. 63. To by mělo být uvedeno v konfiguraci tiskárny. Pokud si nejste jisti, kontaktujte dodavatele.



obr. 63

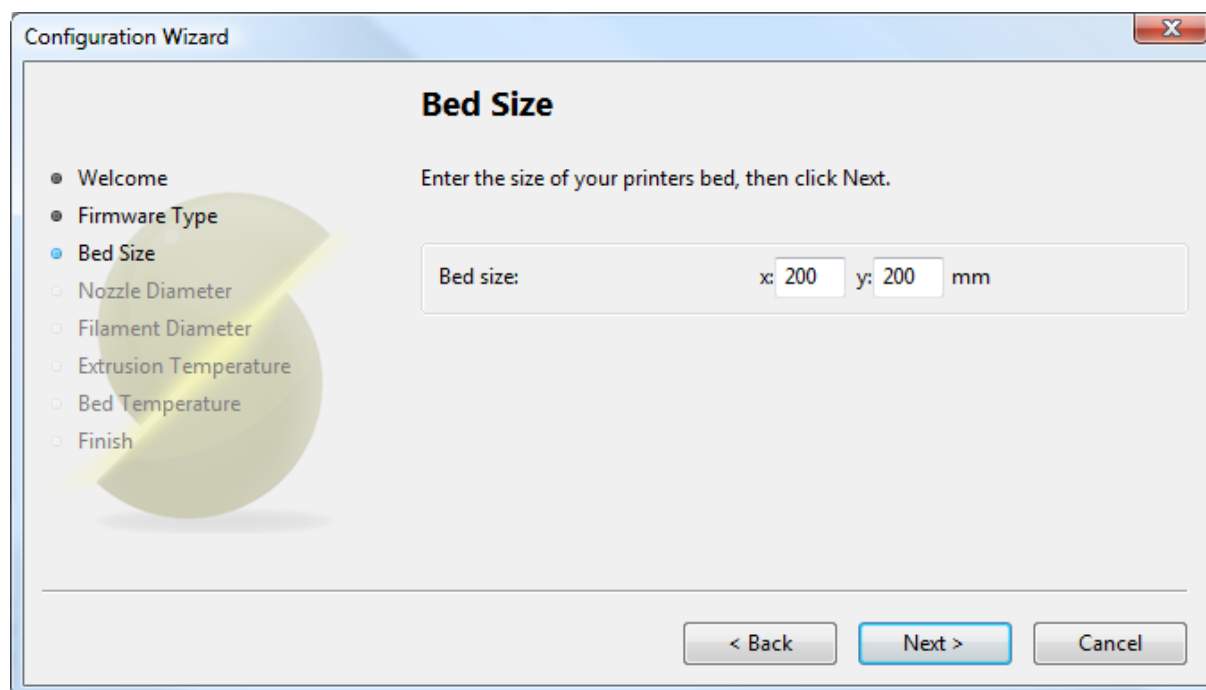
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Velikost tiskové plochy

Toto nastavení definuje maximální vzdálenost extruderu, který se může pohybovat podél osy X a Y. Pokud rozměry nejsou snadno napsány na tiskárně, můžeme je jednoduše změřit.

Ujistěte se, že měříte od levého dolního rohu, kde je vytlačovací tryska umístěna. Vezměte v úvahu, že X složka pohybu bude vždy záviset na daném typu tiskárny.

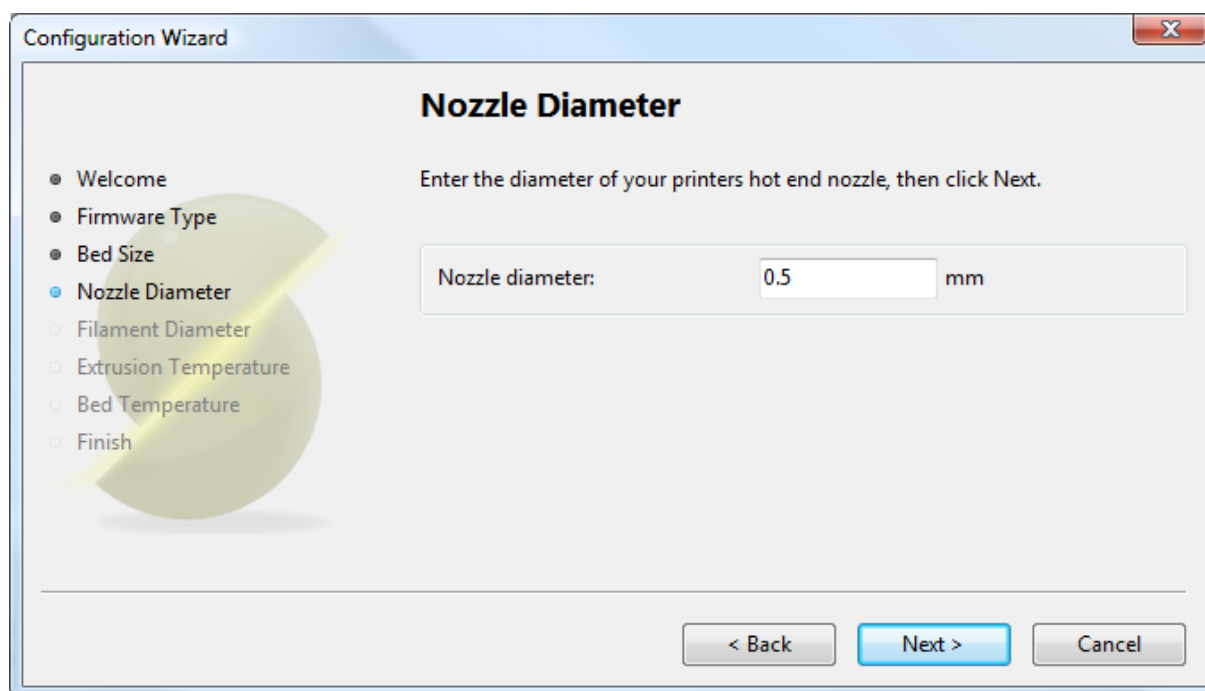
Také nezapomeňte zkontrolovat všechny nastavení firmwaru pro koncové polohy, které mohou omezit X / Y pohyb.



obr. 64

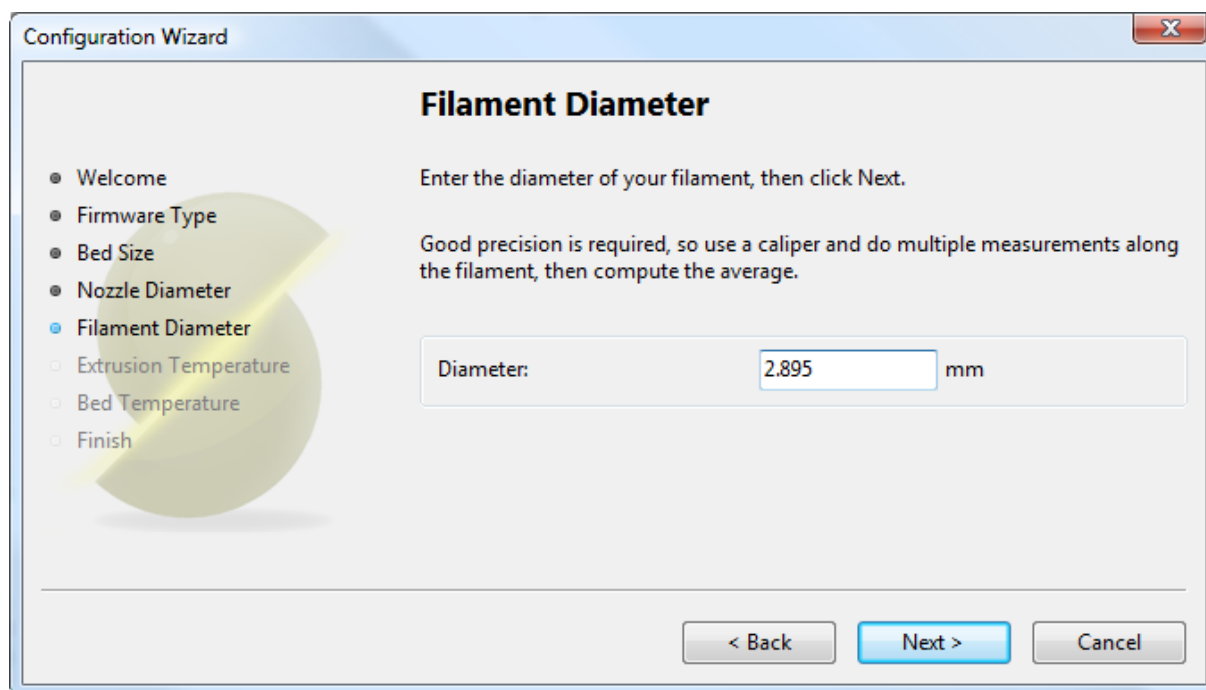
Průměr trysky

Dalším parametrem, který se zadává (viz obr. 65) je průměr horké koncové trysky je obvykle zřetelně umístěn na konci trysky, nebo v související dokumentaci. Běžné hodnoty jsou 0,5 mm a 0,35 mm. Pokud nemáme průměr trysky k dispozici, musíme ji přesně změřit.



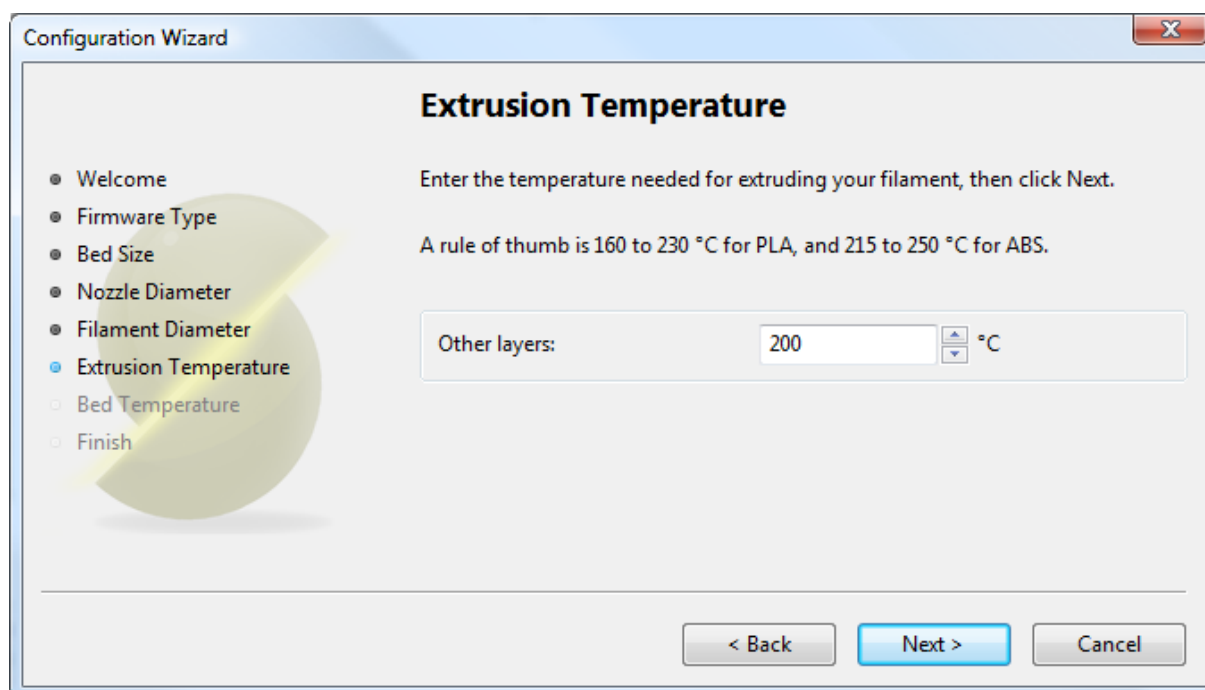
obr. 65

Průměr vlákna je požadován v následujícím kroku (Viz obr. 66). Aby mohl Slic3r vyrábět produkovat přesné modely, musí vědět, co nejpřesněji, kolik materiálu se protlačí extrudérem. Proto je velmi důležité, zadat přesný průměr plastového vlákna. Základní průměry jsou 3 mm nebo 1,75 mm. Ale jsou to pouze všeobecné pokyny. Průměr se může lišit i mezi výrobci, a dokonce i mezi jednotlivými šaržemi jednoho výrobce. Proto se doporučuje, aby se průměr vlákna měřil na každé cívce a to na různých místech. Například měření 2,89, 2,88, 2,90 a 2,91 se získá průměr 2,895, a ten by měl být použit pro zadání ve Slic3r.



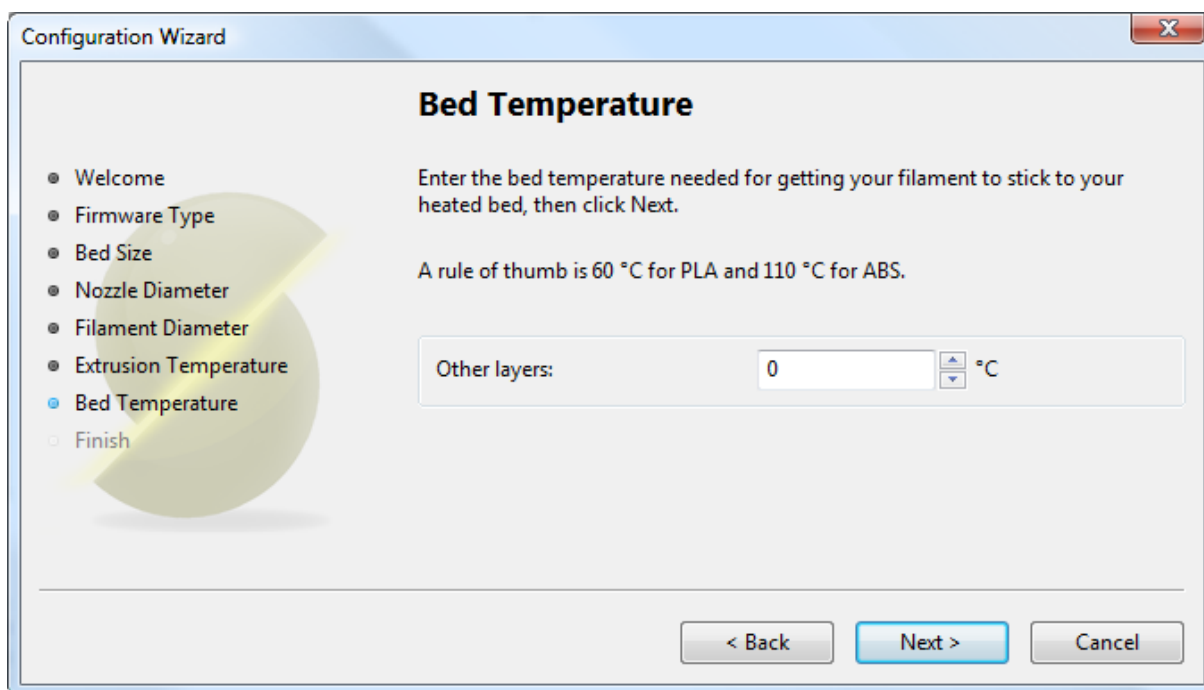
obr. 66

Teplota extrudéru (obr. 67). Teplota extruze bude záviset na materiálu. Dodavatel by měl poskytnout pokyny ohledně toho, které teploty jsou vhodné. Velmi obecné pravidlo je, že CHKO leží mezi 160 ° C a 230 ° C, a ABS leží mezi 215 ° C a 250 ° C. Ostatní materiály bude mít jiný rozsah. Je to další parametr, který budete muset doladit, než začnete tisknout. Teplota může být různá i mezi různými barvami ze stejného materiálu. Dalším faktorem, který může mít vliv na zvolenou teplotu je, jak rychle je vlákno vytlačováno. Obecně platí, že rychlejší vytlačování je při vyšších teplotách.



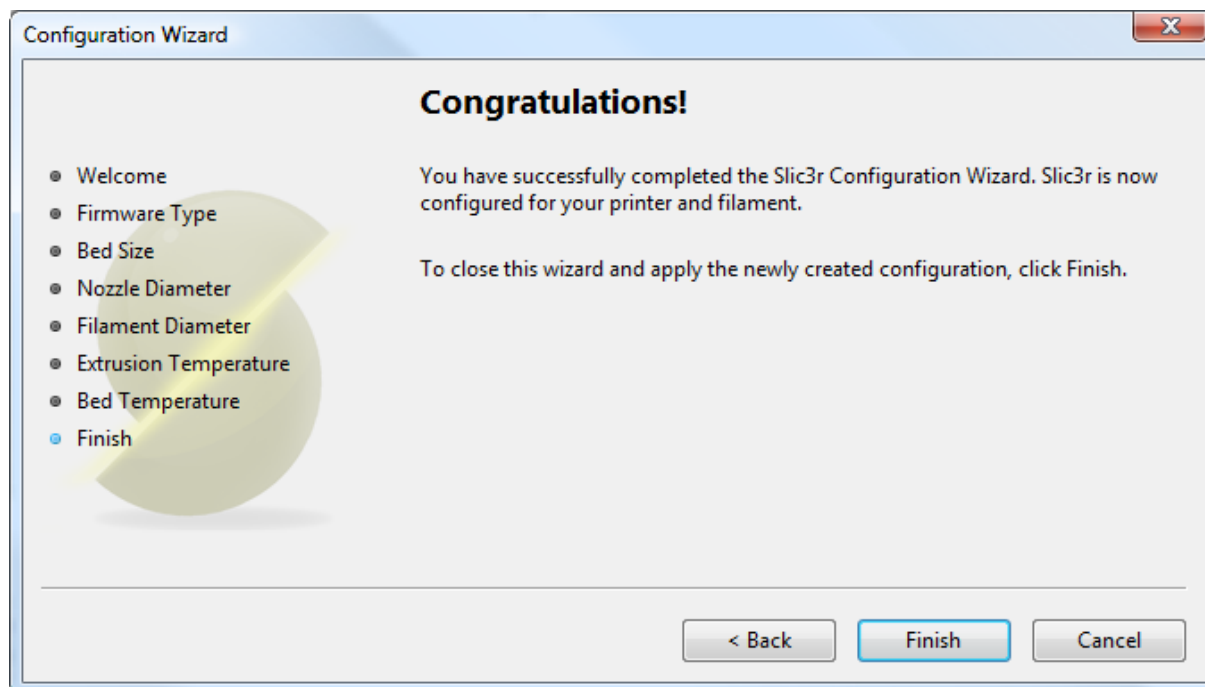
obr. 67

Posledním parametrem, který je třeba nastavit je teplota tiskové plochy (obr. 68) v případě, že tiskárna umožňuje přehřívat tiskovou plochu). Stejně jako v případě teploty extrudéru, bude hodnota záviset na použitém materiálu. Bývá obvyklé, že PLA vyžaduje 60 ° C a ABS vyžaduje 110 ° C.



obr. 68

V této fázi je počáteční nastavení kompletní (obr. 69)



obr. 69

3.5 První vrstva

Než se pustíme do výroby první kopie, je dobré zdůrazni význam první vytištěné vrstvy. Pokud není první vrstva správně nastavena, může dojít k selhání tisku celého objektu.

Úroveň tiskové plochy.

Nastavení výšky tiskové plochy je velmi důležité. Je-li špatně nastavena vzdálenost mezi tryskou a podložkou, může to mít za následek, že materiál není nanesen v dostatečné vrstvě na tiskovou plochu (protože tryska je příliš blízko a dochází spíše ke škrábání plochy než k tisku), nebo je tryska nad plochou příliš vysoko a nedojde ke spojení materiálu.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

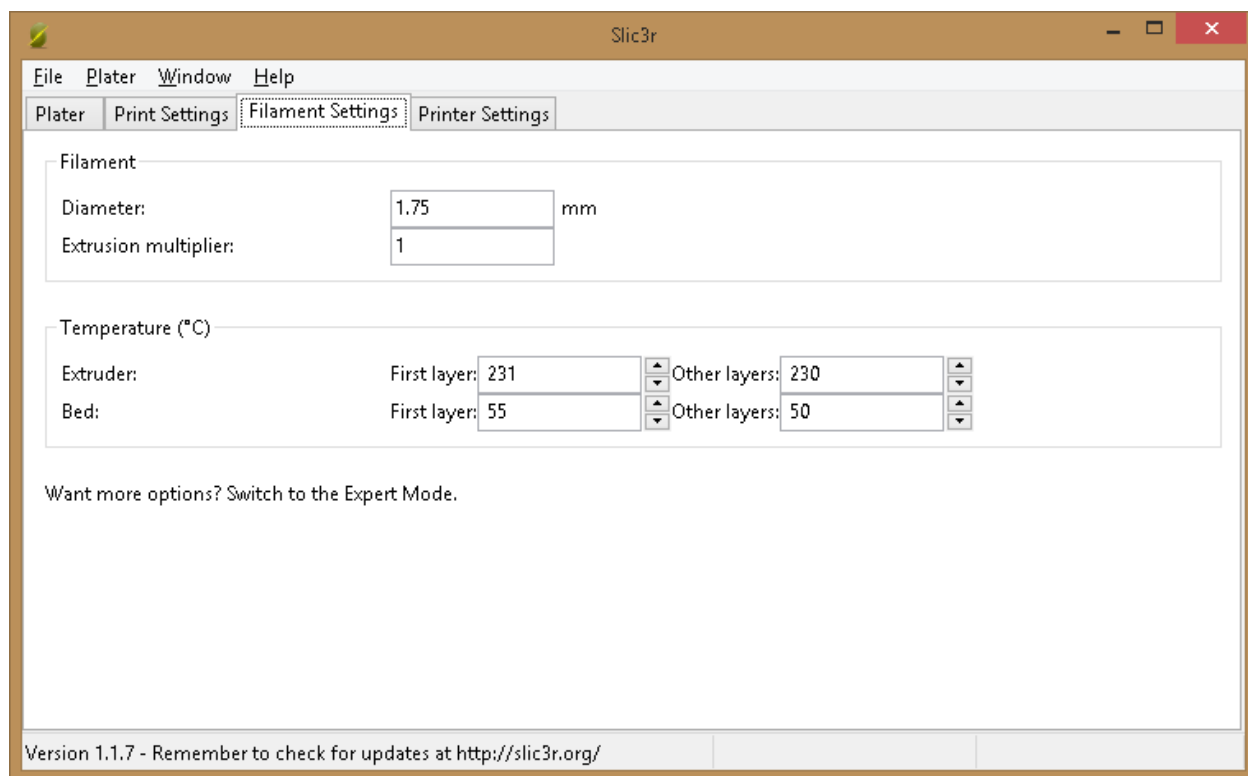


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vyšší teplota.

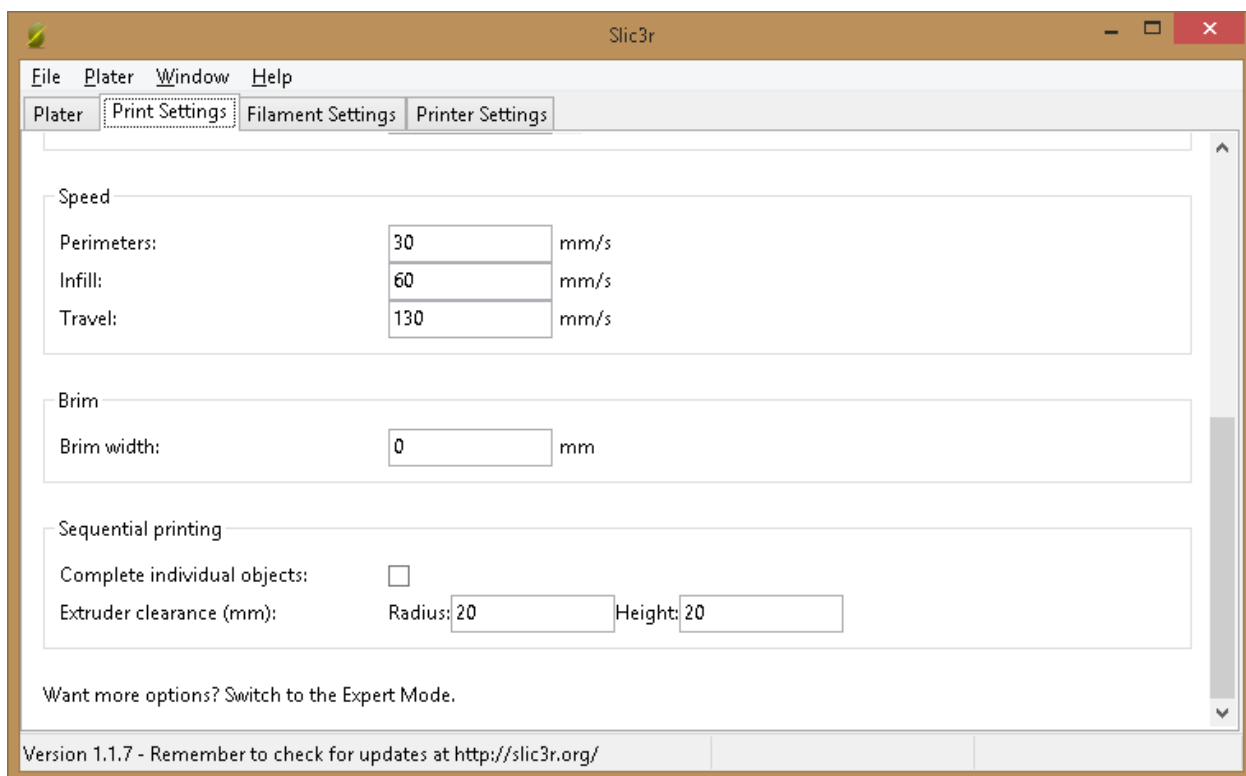
Extrudér i podložka mohou být pro první vrstvu nastaveny na vyšší teploty, aby materiál lépe přilnul k podložce obr. č.70.



obr. 70

Nižší rychlosti.

Zpomalení extruderu pro první vrstvu redukuje síly působící na roztavený materiál. Doporučuje se, 30% nebo 50% z normální rychlosti obr. 71.



obr. 71

Správná kalibrace vytlačované vrstvy

Je-li na počátku materiálu příliš mnoho, nedojde k přilnutí první vrstvy k podložce. Příliš málo materiálu může mít zase za následek, že se první vrstva uvolní při tisku dalších vrstev.

Výška první vrstvy.

Doporučuje se zvýšit výšku první vrstvy tak, aby odpovídala průměru trysky, například první vrstvu výšky 0,35 mm a 0,35 mm je i průměr



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

trysky (extrudéru). Poznámka: Výška první vrstvy je takto nastavena automaticky v základním režimu programu Slic3r.

Tlustší šířka vytlačování.

Lepší přilnavost k podložce, dosáhneme také nastavením větší šířky vtlačované první vrstvy. Doporučuje se nastavit hodnotu šířky na 200% s tím, že hodnota se vypočte z výšky vrstvy, a proto by měla být hodnota nastavena pouze v případě, že výška vrstvy je nejvyšší možná. Například, v případě, že výška vrstvy je 0,1 mm, a šířka vytlačování nastavena na 200%, pak skutečná extrudovaná šířka bude pouze 0,2 mm, jenž je menší, než průměr trysky. To by způsobilo špatné proudění a vést k selhání tisku. Nastavení první výšky vrstvy až 0,35 mm a první vytlačovaná šířka na 200% by mělo zajistit šířku vtlačované vrstvy 0,65 mm.

Materiál lože.

Pro materiál tiskové plochy lze zvolit spoustu variant.

PLA je materiál, který můžeme tisknout na různé materiály. Dobře nám bude fungovat na materiálech, jako jsou PET⁵ nebo Kapton⁶.

⁵ Vyrábí se z ethylenglykolu (ethan-1,2-diolu) (esterifikací) s kyselinou tereftalovou nebo transesterifikací dimethyltereftalátu ($C_6H_4(CO_2CH_3)_2$). Při tomto postupu dimethyltereftalát reaguje s nadbytkem ethylenglykolu v tavenině při teplotě 150 – 200 °C za bazické katalýzy. Methanol (CH_3OH) je odstraňován destilací, což posunuje reakční rovnováhu požadovaným směrem. Nakonec je nadbytek ethylenglykolu odstraněn vakuovou destilací za vyšší teploty. Druhý transesterifikační krok probíhá za teploty 270 – 280 °C, s opětovným odstraňováním ethylenglykolu.

⁶ Kaptonová páska se vyznačuje jedinečnými fyzikálními, mechanickými a elektrickými vlastnostmi, které ji předurčují pro nasazení v nejrůznějších průmyslových oborech. Polyimidy - tedy i Kapton - jsou vysoce chemicky odolné proti rozpouštědlům, olejům, kyselinám a dalším chemikáliím. Kapton je také vysoce odolný před ultrafialovým zářením a zářením alfa, beta a gamma. Kaptonová páska je vysoce stabilní při nízkých i vysokých teplotách - dlouhodobě vydrží 180 °C, krátkodobě až 260 °C. Je proto více než vhodná k ochraně kontaktů elektronických desek během pájení na vlně a dalších vysokoteplotních aplikací v elektronice. Nejčastější nasazení v elektronice - ochranné pásy při pájení desek plošných spojů, tlakové spínače, senzory, izolační podložky, fixace motorových vinutí a vinutí magnetů, výroba kondenzátorů, flexibilní plošné spoje, ochrana optických kabelů, mikrofony a reproduktory. Kaptonová páska používá i v dalších odvětvích jako je automobilový průmysl, chemický průmysl, medicína, komunikace, vojenská technika, lodní technika, hornictví, práškové lakovny

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ABS plast je daleko náchylnější na podkladový materiál. Vyzkoušenou metodou je potřít tiskovou plochu rozpuštěným ABS plastem v acetonu.

Nechladit

Je doporučeno, aby při tisku prvních několika vrstev nedocházelo k umělému ochlazování (ventilátorem) tiskového místa. Pro tyto účely je dobré využít funkci vypnutého ventilátoru.

3.6 Práce s modely

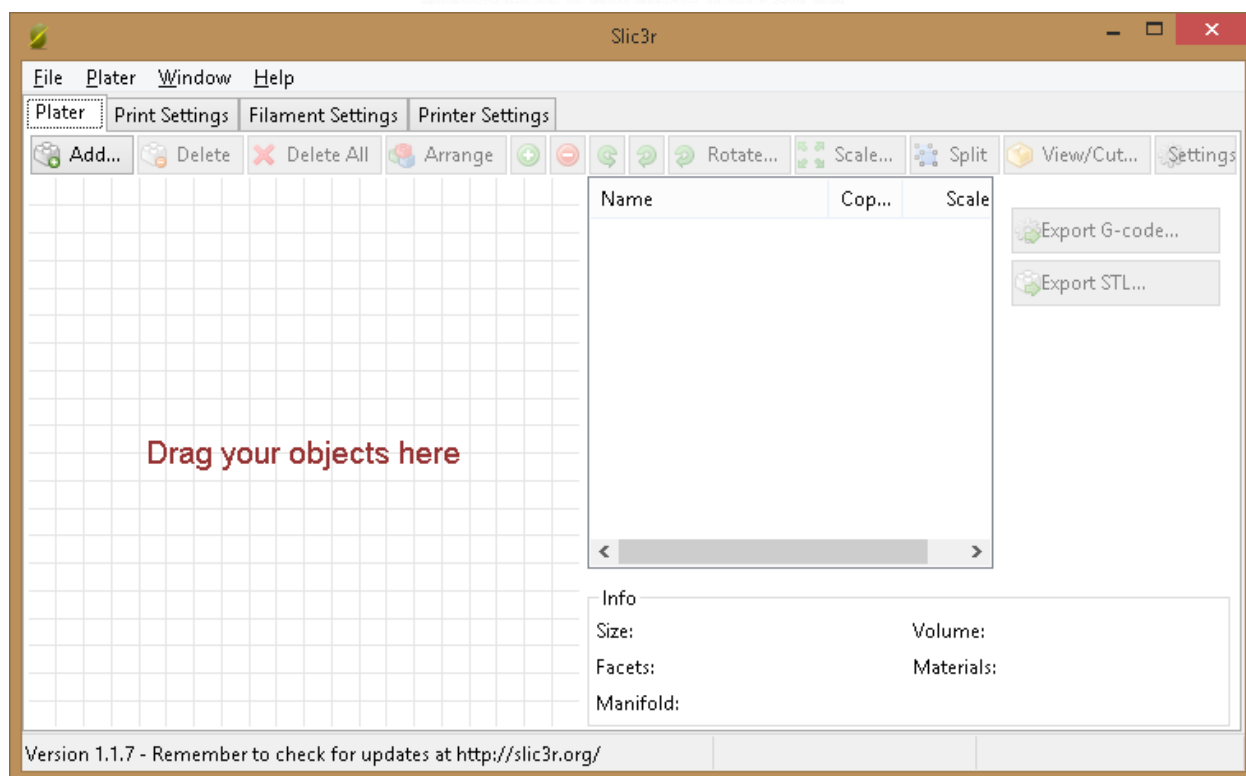
STL (stereolitografie) soubory mohou pocházet z mnoha různých zdrojů a jsou jakými dnešním standardem ve 3D tisku. V souborech jsou jednoduše popsány geometrie povrchu jednotlivých objektů.

WaveFront OBJ jsou soubory otevřeného formátu, původně využívané v animačních technologiích. Jde o formát podobný STL.

Additive Manufacturing File Format (AMF), byl vyvinut jako reakce na omezené možnosti formátu STL. Kromě popisu technologie lze také popisovat barvy, materiály a složitější atributy jako jsou různé pořadí objektů apod.

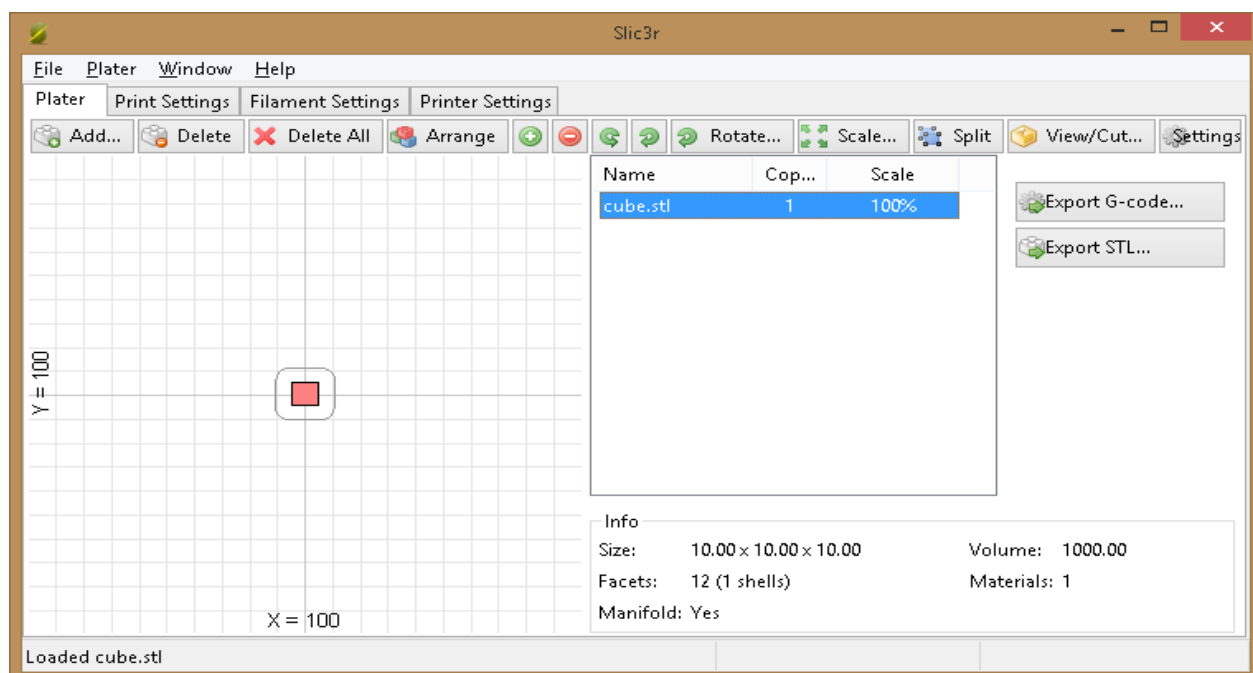
Program Slic3r má zabudovaný nástroj, zvaný Plater, který umožňuje načtení jednoho nebo více modelů. Ty mohou být před tiskem uspořádány, ještě před tím, než dojde k rozdělení do jednotlivých vrstev obr. 72.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 72

Jakmile získáme model k tisku (viz. kapitola 2.3) přetáhneme jej do okna Plater (nebo použijeme tlačítko Add pod File) a objekt nahrajeme do Slic3r obr. 73.





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V pravém okně vidíme seznam načtených souborů. Tlačítka nad ním umožňují další editace:

+/- nastaví, kolik kopií má být vytištěno

Rotate - otočí vybraný model kolem osy Z a to buď v krocích po 45° ve směru hodinových ručiček, nebo obráceně.

Scale - Zvýšení nebo snížení velikosti tištěného modelu

Split - rozdělí model na více částí (pokud se z nich skládá) a pak můžeme nastavovat každou část individuálně

Add - otevře dialogové okno pro přidání souboru

Delete/ Delete All - odstraní jeden vybraný nebo všechny soubory

Arrange - optimální rozložení model

Exporte G-kod - spustí rozvrstvení modelu a generování G-kódu

Export STL - uloží aktuální sadu modelů jako jeden STL soubor

4. 3D tisk

4.1 Historie 3D tisku

Pojem 3D tisk je velmi často připodobňován k 3. průmyslové revoluci. Považuje se za jeden největších posunů v technologiích od začátku vzniku internetu. Podívejme se na to, jak začal tento mimořádný fenomén vznikat.

S nástupem prvních počítačů asi před třiceti lety se začalo experimentovat s vývojem strojů, které by dokázaly sestrojít model objektu z různých materiálů, pokud možno bez fyzického přičinění člověka. Nejznámějšími byli „tiskové plotry“. Ty ovšem namísto pera kreslicího obraz na klasický papír, měli připevněn nůž na vyřezávání plátů z lepenky. Samotné vrstvy se dále skládali na sebe a následně vznikl trojrozměrný objekt. Tyto makety sloužili například při analýze terénu v topografických studiích.

Průkopníkem 3D technologií byl **Charles Hull**, pozdější zakladatel 3D Systems, který stojí za vznikem dnešního trojrozměrného tisku. V roce 1984 objevil vlastnosti fotopolymerů využívaných v inkoustech klasických tiskáren. Při pokusech přišel na to, že po vystavení UV (ultra violet) záření tekutý polymer ztuhne a vytvoří se tím tenká vrstva dosti pevné hmoty. Tuto technologii si nechal v roce 1986 patentovat a nazval ji „Stereolitografie“. Ve spolupráci s 3D Systems vytvořili funkční prototyp první skutečné 3D tiskárny nazvané SLA-1 (StereoLitographic apparatus number 1). Nepřesnost a nedokonalost použitých materiálů způsobovali při vývoji spoustu chyb a zdaleka se nevyrovnaly kvalitě současného 3D tisku. I přes spoustu nedostatků dokázal tento stroj během jedné noci vytvořit velmi kvalitní objekty.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ve světě designu a konstrukce se stala technologie 3D tisku rázem obrovským hitem a poptávka po takových strojích rostla.

Od vynálezu stereolitografie Charlesem Hullem v roce 1984 uplynulo třicet let. Roky modifikace technologie inkoustového tisku proměnily tisk inkoustem na tisk materiály. Za ten čas prošel 3D tisk intenzivním vývojem a našel své uplatnění v širokém spektru průmyslových odvětví.

Různorodost požadavků, které každý druh průmyslu kladl, podnítily vývoj nových technologických postupů při 3D tisku a tím i hlavních milníků ovlivňujících jeho historický vývoj.

1984

Charles Hull zkoumá fotopolymery inkoustových tiskáren, objevuje jejich specifické fyzikální vlastnosti zajišťující tuhnutí materiálu při působení UV záření a vyvíjí technologii pro tisk fyzických 3D objektů z digitálních dat.

1986

Charles Hull získává patent a pojmenovává svou technologii Stereolitografie. Zakládá společnost 3D Systems a vyvíjí první skutečnou 3D tiskárnu SLA 1 (Stereolithographic apparatus #1).

1988

3D Systems přinášejí veřejnosti první verzi 3D tiskárny s názvem SLA 250. Dále jsou představeny technologie podobné stereolitografii, Fused Deposition Modeling (FDM) od Scotta Crumpa, zakladatele společnosti Stratasys a Selective Laser

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Sintering (SLS) - spiekanie práškového materiálu pomocí laserového paprsku do přesného 3D objektu.

1992

Použití 3D tisku při výrobě a testování prototypů součástek v automobilovém a leteckém průmyslu.

1999

Vytvoření části orgánu potažené pacientovými vlastními buňkami způsobuje převrat v medicínském průmyslu a otevírá nové možnosti při transplantaci orgánů.

2002

Vytištění první miniaturní funkční ledviny, která byla úspěšně použita při transplantaci pro nemocné zvíře.

2005

Začátek revoluce 3D tisku. Dr. Adrian Bowyer na Univerzitě v Bath zakládá RepRap, open - source iniciativu vyrobit 3D tiskárnu, která by dokázala replikovat většinu svých součástek, a tím by umožnila snížit náklady na výrobu a zvýšit dostupnost i pro domácí uživatele.

2008

Vychází první verze z projektu RepRap, samoreplikační tiskárna Darwin, schopná vytisknout většinu vlastních komponent. Lidé už

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

vlastníci tento přístroj tak mohli vytisknout tiskárnu i pro své známé.

2008

3D tisk proniká do protetiky. „Vytištění“ komplexní protézy nohy skládající se z několika částí, která nepotřebuje následnou montáž.

Objet geometrie Ltd. představuje svůj revoluční Connex500™ rapid prototyping systém – první systém umožňující výrobu 3D dílů pomocí různých druhů materiálů současně.

2009

Pomocí 3D biotiskárny se společnosti Organovo daří vytisknout organické cévy použitelné při transplantaci pro lidského pacienta.

MakerBot, OpenSource společnost, začíná vyrábět DIY balíky, ze kterých si domácí uživatelé mohou sami poskládat 3D tiskárnu za dostupnou cenu .

2010

Společnost Stratasys spouští novou službu RedEye on Demand sloužící na tisk nadrozměrných 3D objektů.

Stratasys prezentuje první prototyp automobilu – Urbee v životní velikosti, jehož celá karoserie a všechny externí komponenty jsou vytištěny pomocí služby RedEye on Demand.

2011



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vědci na Cornell University oznamují začátek vývoje 3D tiskárny na výrobu jídla.

Shapeways ve spolupráci s Continuum Fashion prezentují první vytištěné bikini.

Univerzita Brunel ve spolupráci s Univerzitou Exeter vyrábějí první 3D tiskárnu na čokoládu.

Inženýři z Univerzity v Southamptonu sestrojili pomocí 3D tisku první bezpilotní letadlo. Výroba trvá 7 dní a díky této technologii tisku je možné snížit běžné náklady na výrobu tohoto typu letadla.

Společnost i.materialise nabízí jako první 3D tisk ze 14 karátového zlata a stříbra. Šperkařskému průmyslu tak otevírá bránu levnějšího a přesnějšího vývoje a výroby klenotů.

Vídeňská Technická Univerzita prezentuje nejmenší 3D tiskárnu. Váží 1,5 kg a její cena se pohybuje kolem 1200 EUR.

2012

Lékaři v Nizozemsku si od společnosti LayerWise nechávají vytvořit novou spodní čelist pro 83 letou pacientku, kterou jí následně úspěšně implantují.

4.2 Druhy tiskáren

a) SLS - Selective Laser Sintering je aditivní výrobní technika, která používá laser jako zdroj energie pro spékání práškového materiálu (obvykle kov), jehož cílem je laserem automaticky spojit materiál dohromady a vytvořit solidní strukturu. Je to podobné jako přímé spékání DML, ale liší se v technickými detaily. Selektivní laserová tání (SLM) používá srovnatelné koncept, ale v



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SLM materiál je zcela roztavená spíše než slinuté, [1], který umožňuje rozdílné vlastnosti (krystalová struktura, pórovitost. SLS (stejně jako ostatní zmíněné techniky AM) je relativně nová technologie, která se převážně používá pro rychlé prototypování a pro výrobu malých objemů z dílů.

b) SLA - stereolitografie, nejstarší technologie používaná od roku 1986, vytvrzování tekutého kompozitu laserovým paprskem, univerzální technologie - 3D Systems, USA. Je to metoda vytváření objektů pomocí postupného vytvrzování polymerů pomocí působení záření různých vlnových délek, nejčastěji UV záření. Zaměřením záření na konkrétní místo pak vzniká vrstva částečně vytvrzeného polymeru. Na ni se nanáší další vrstvy. Předmět je tedy vytvářen z vrstev.

Přesnost výsledného modelu je závislá na (seřazeno dle významnosti):

hustotě polymeru

šířce paprsku

délce a intenzitě ozařování

Jedná se o jednu z nejpřesnějších metod 3D tisku: teoretická přesnost odpovídá velikosti molekuly polymeru. Proto se této metody využívá i při výrobě integrovaných obvodů. Nebo jako nástroj pro výrobu prototypu před sériovou výrobou, proto je stereolitografie zařazována mezi metody pro rapid prototyping. Lze využít i pro výrobu formy pro lití či vstřikování.

c) ZCORP - v tenké vrstvě nanosený prášek je spojován pojivem, které je vytlačováno z tiskových hlav (obdoba inkjetové tiskárny), je možné vyrobit i barevný 3D model, povrch není



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

hladký, model je křehký a vyžaduje další povrchovou úpravu, oblast využití: hmotové modely bez požadavku na kvalitu povrchu a míru detailu, jediná technologie na výrobu barevných modelů - Zcorporation, USA.

d) LOM - Laminated object manufacturing - je rapid prototyping systém vyvinutý firmou Helisys Inc. Každá vrstva je vyříznuta z plastu a plošně přilepena k vrstvě předchozí, tloušťka vrstvy 0,165 mm, nejlevnější stavební materiál, model je po dokončení umístěn v kvádru materiálu o maximálních rozměrech 3D modelu (X x Y x Z), velké množství stavebního materiálu nevyužito (odpad), podpurný materiál se odstraňuje mechanicky, nejkvalitnější povrch vodorovných ploch, oblast použití: hmotové modely, nevhodné pro velmi subtilní konstrukce, velmi kvalitní povrch a přesnost - Solido, Izrael,

e) FDM - Fused Deposition Modeling, nanášení roztaveného materiálu v tenké vrstvě, dva stavební materiály - modelovací a podpurný, tloušťka vrstvy 0,25 mm, minimální odpad, hrubá struktura modelu - velká tloušťka vrstvy, nerovný povrch vodorovné vrstvy, podpurný materiál se odstraňuje manuálně event. vodou, oblast využití: pevné, tvarově stálé mechanické modely bez požadavku na kvalitu povrchu, nevhodné pro subtilní konstrukce - Dimension, USA, www.dimensionprinting.com

FDM COLOR - nově i v barvě na zařízení HP Designjet 3D Color Printer

f) POLYJET MATRIX - tiskovými hlavami vytlačovaný fotopolymer je vytvrzován pomocí UV lampy, dva stavební materiály - modelovací a podpurný, velmi kvalitní povrch modelů, tloušťka vrstvy 0,016



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

mm, podpurný materiál se odstraňuje tlakovou vodou, omezená životnost stavebního materiálu cca 1 rok, několik typů stavebního materiálu, oblast využití: neomezeno, vhodné na modely s vysokou mírou detailu - Objet, Izrael, www.2objet.com

g) MULTI JET MODELING - termoplastický materiál - vosk - je vytlačován tiskovými hlavami, dva stavební materiály - modelovací a podpurný - s různou teplotou tání, podpory se odstraní nahřátím modelu - 3D systems, USA, www.3dsystems.com

h) THERMOPLASTIC INKJET WITH MILLING - kombinace vytlačování termoplastického materiálu - vosku - s horizontálním frézováním, velmi přesná metoda stavby modelu vhodná pro odlévání metodou ztraceného modelu - Solidscape, USA, www.solid-scape.com

g) DIGITAL LIGHT PROJECTION - nejnovější technologie založená na nasvícení fotopolymeru UV projekcí modelového řezu, univerzální technologie, bezodpadová technologie, omezená životnost materiálu - EnvisionTEC, Německo.

4.3 Projekt Rep-rap

RepRap je první projekt Open Source 3D tiskárny. Začal přibližně před 6 lety na University of Bath doktorem Adrianem Bowyerem. Nyní na projektu pracují stovky vývojářů a desítky tisíc uživatelů.

RepRap je mezinárodní komunitní projekt 3D tiskárny vyvíjené na principu otevřeného hardware. RepRap je složený převážně z mnoha plastových dílů, které je možné vytisknout na jiném RepRapu. Samotný název RepRap je zkratkou replicating rapid prototyper, což znamená že je schopný sebereplikace a rychlého prototypování. Veškerá dokumentace potřebná pro sestavení hardware a provoz vlastního RepRapu, včetně firmware a řídicího software, je



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

uvolněna pod licencí GNU General Public License pod kterou je vydávána také řada svobodného softwaru. Díky celkové otevřenosti a cenové dostupnosti se RepRap stal velmi oblíbeným projektem celosvětové DIY/Maker komunity.

Typy tiskáren

Darwin

Prvním částečně sebereplikujícím RepRapem byl model RepRap 1.0 "Darwin", představený v roce 2007 a pojmenovaný po biologovi a zakladateli evoluční teorie Charlesovi Darwinovi. Tento název plně vystihuje myšlenku zakladatele projektu RepRap Adriana Bowyera o aplikaci evoluční teorie při vývoji RepRapu. V současnosti se RepRap Darwin již dále nevyvíjí a je označen jako zastaralý. Navazující modely RepRapu jsou pojmenovány po dalších známých biologích zastávajících Darwinovu evoluční teorii - Mendel, Huxley a Wallace.

Mendel

Druhým modelem RepRapu je Mendel, který se stal velmi populárním a existuje v mnoha modifikacích, které nesou jméno Mendel v části svého názvu. Původní Mendel je proto označován také jako Original Mendel.

Prusa Mendel

Prusa Mendel vychází z modelu Original Mendel. Díky jednoduššímu stavebnímu postupu jde v současné době o nejrozšířenější modifikaci RepRapu mezi staviteli. Jedná se o RepRap plné velikosti, který se snaží využívat levných a běžně dostupných materiálů. V současnosti je k dispozici třetí iterace Prusa Mendel.

RepRapPro Tricolour

RepRapPro Tricolour je varianta modelu Original Mendel umožňující tisk objektů složených z více materiálů nebo barev.

Huxley

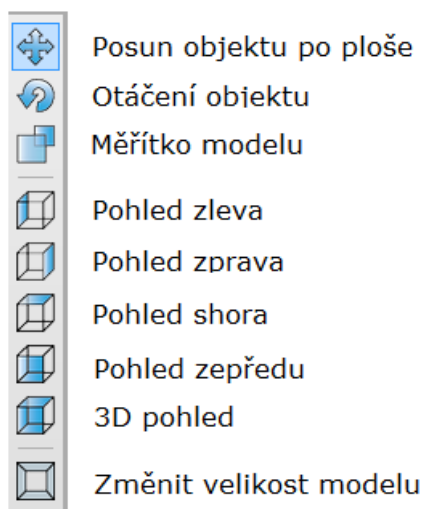
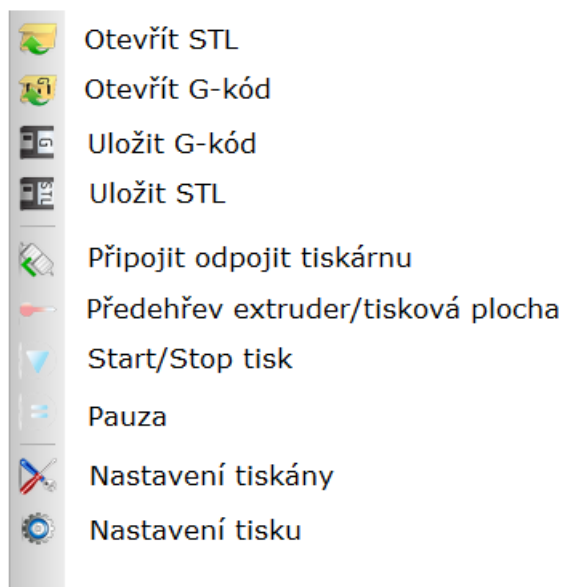
Original Huxley je RepRap verze 3 a jedná se o zmenšenou a zjednodušenou variantu Mendel. Huxley je složený z méně součástek než Mendel a jeho hlavní výhodou je lepší přenositelnost. Cílem vývojářů je vyvíjet Original Huxley současně s plnohodnotným modelem Original Mendel.

RepRapPro Huxley

RepRapPro Huxley je varianta modelu Original Huxley vyvíjená společností RepRap Professional Ltd., která byla založena Adrianem Bowyerem. Je to v současnosti druhý nejčastěji stavěný model RepRapu hned po Prusa Mendel.

4.4 Program G3D Maker

Základní ikony programu



Nastavení výchozích hodnot pro tiskárnu 3D Faktories, pro trysky o průměru 0,2/0,3/0,5 v programu **G3D maker**:

Zpětný tah	
Rychlost (mm/s)	120
Délka (mm)	2,5



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zdvih Z	0,4
Extra délka po restartu	0
Min. posuv po zatažení (mm)	2

Tiskové nastavení

Plné vrstvy	5
Úhel výplně	45
Tvar výplně	Plástve/přímky
Tvar plné výplně	obvodové přímky
Náhodný bod začátku	ano

Obvodová vrstva

Obvody	1
Odsazení od objektu	6
Obvodové stopy (počet)	1
Okraj (mm)	6

Editor materiálu

Materiál	PLA	ABS
Multiplier	1,0	1,0
První vrstva podložky	45	85
Průměr	1,75	7,75
Podložka	45	80
První vrstva tavení	200	245
Teplota tavení	185	235

Chlazení

Zapnout chlazení	Ano
------------------	-----



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vždy zapnuto chlazení	NE
Min. otáčky ventilátoru	40
Max. otáčky ventilátoru %	100
Bridge fan speed %	100
Zapnout vent. pokud je vrstva menší (s)	15
Zpomalit pokud je doba vrstvy kratší (s)	11
Min. tisková rychlost (mm/s)	10
Vypnout ventilátor pro každou N vrstvu	3

Rychlost tisku

Obvod (mm/s nebo %)	40
Malé obvody (mm/s nebo %)	30
Výplň (mm/s)	50
Pevná výplň (mm/s nebo%)	50
Vrchní pevná výplň (mm/s nebo%)	45
Podpory (mm/s)	50
Venkovní obvodová rychlost (mm/s nebo %)	35
Posuv (mm/s)	180
Rychlost první vrstvy (mm/s nebo %)	60 %

Extruze

Šířka extruze (mm)	0,5	0,3	0,19
Šířka první vrstvy (mm)	0,5	0,3	0,19
Výška vrstev (mm)	0,5	0,3	0,19
Šířka výplně vytlačení (mm)	0,5	0,3	0,19
Šířka vytlačení podpůrného materiálu	0,5	0,3	0,19
Přejezd mezi díly	1	1	1
Pro trysku	0,5	0,3	0,2

Tvorba podpor



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vynechá úhel nad (°)	45
Rozteč podpěr (mm)	3-5
Úhel podpěr (°)	0

Pokud chceme dosáhnout vyšší kvality u malých modelů (do 50 mm²), je třeba upřesnit nastavení takto:

Zpětný tah pro (lepší kvalita)	
Rychlost (mm/s)	120
Délka (mm)	1,5
Zdvih Z	0,2
Extra délka po restartu	0
Min. posuv po zatažení (mm)	2
Rychlost tisku	
Obvod (mm/s nebo %)	35
Malé obvody (mm/s nebo %)	20
Výplň (mm/s)	35
Pevná výplň (mm/s nebo%)	30
Vrchní pevná výplň (mm/s nebo%)	30
Podpory (mm/s)	50
Venkovní obvodová rychlost (mm/s nebo %)	70
Posuv (mm/s)	180
Rychlost první vrstvy (mm/s nebo %)	70 %

Další nastavení	
Výška vrstvy	0,125/0,08
Výplň	5-100%
Počet obvodů	1
Obvodová vrstva	Ano (2 obvody)
Chlazení	Jen u PLA



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tvar výplně	Obvodové přímky
-------------	-----------------

Pokud chceme dosáhnout vyšší kvality **středních modelů** (do 120 mm²), je třeba upřesnit nastavení takto:

Zpětný tah pro (lepší kvalita)	
Rychlost (mm/s)	130
Délka (mm)	2
Zdvih Z	0,3
Extra délka po restartu	0
Min. posuv po zatažení (mm)	2
Rychlost tisku	
Obvod (mm/s nebo %)	45
Malé obvody (mm/s nebo %)	25
Výplň (mm/s)	40
Pevná výplň (mm/s nebo%)	40
Vrchní pevná výplň (mm/s nebo%)	35
Podpory (mm/s)	60
Venkovní obvodová rychlost (mm/s nebo %)	70
Posuv (mm/s)	180
Rychlost první vrstvy (mm/s nebo %)	70 %

Další nastavení	
Výška vrstvy	0,25/0,0,125
Výplň	10-100%
Počet obvodů	1-3
Obvodová vrstva	Ano (1 obvod)
Chlazení	Jen u PLA
Tvar výplně	Obvodové přímky/včelí plást



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Pokud chceme dosáhnout vyšší kvality **větších jednoduchých modelů** (nad 120 mm²), je třeba upřesnit nastavení takto:

Zpětný tah pro (lepší kvalita)	
Rychlost (mm/s)	150
Délka (mm)	2,5
Zdvih Z	0,4
Extra délka po restartu	0
Min. posuv po zatažení (mm)	2
Rychlost tisku	
Obvod (mm/s nebo %)	50-70
Malé obvody (mm/s nebo %)	25
Výplň (mm/s)	60
Pevná výplň (mm/s nebo%)	50
Vrchní pevná výplň (mm/s nebo%)	40
Podpory (mm/s)	80
Venkovní obvodová rychlost (mm/s nebo %)	70
Posuv (mm/s)	180
Rychlost první vrstvy (mm/s nebo %)	50 %

Další nastavení	
Výška vrstvy	0,25/0,0,125
Výplň	10-100%
Počet obvodů	1-5
Obvodová vrstva	Ano (1 obvod)
Chlazení	Jen u PLA
Tvar výplně	Obvodové přímky/včelí plást

Pokud chceme dosáhnout vyšší kvality **velkých detailních modelů** (do 120 mm²), je třeba upřesnit nastavení takto:

Zpětný tah pro (lepší kvalita)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Rychlost (mm/s)	130
Délka (mm)	2
Zdvih Z	0,3
Extra délka po restartu	0
Min. posuv po zatažení (mm)	2
Rychlost tisku	
Obvod (mm/s nebo %)	40
Malé obvody (mm/s nebo %)	25
Výplň (mm/s)	45
Pevná výplň (mm/s nebo%)	40
Vrchní pevná výplň (mm/s nebo%)	35
Podpory (mm/s)	70
Venkovní obvodová rychlost (mm/s nebo %)	70
Posuv (mm/s)	180
Rychlost první vrstvy (mm/s nebo %)	50 %

Další nastavení	
Výška vrstvy	0,25/0,0,125
Výplň	10-100%
Počet obvodů	1-4
Obvodová vrstva	Ano (1 obvod)
Chlazení	Jen u PLA
Tvar výplně	Obvodové přímky/včelí plást

4.5 Nastavení tiskárny

Než začneme tisknout, je zapotřebí provést kontrolu několika věcí:

- zkontrolujeme, zda je tisková plocha čistá
- odstraníme všechny zbytky materiálu a nečistot

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- zkontrolujeme, zda je tisková plocha správně osazená a připevněná (mezi trysku a tiskovou plochu by se měl vejít list papíru)
- zkontrolujeme, zda je čistá tryska
- zkontrolujeme, zda je materiál správně zavedený v extruderu a cívka s materiálem není blokována

Kalibrace tiskové plochy:

- v programu G3D Maker se připojme k tiskárně
- na panelu nástrojů stiskneme tlačítko Výchozí Z (obr. 74)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



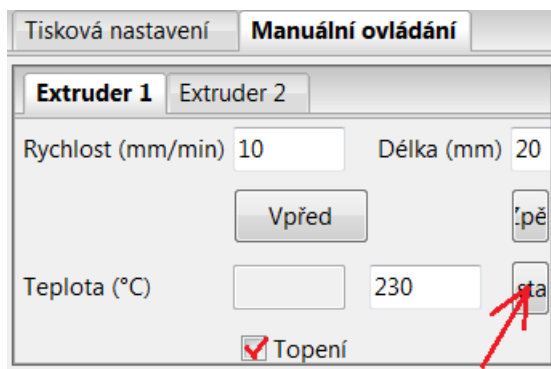
obr. 74

- na plochu vložíme běžný kancelářský papír a pomocí spodních imbusových šroubů nastavíme výšku stolu tak, aby byl papír přitlačován tryskou k ploše mírným tlakem; opakujeme nad všemi šrouby

Zavedení struny:

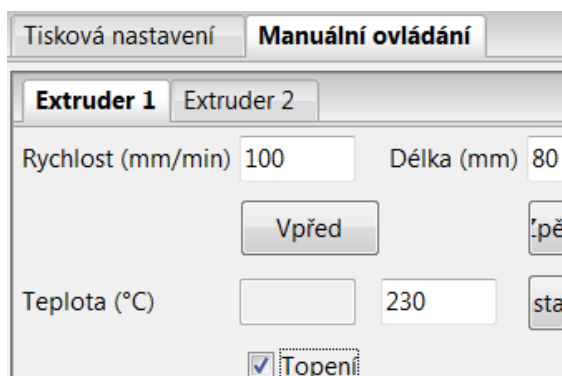
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- strunu zavedeme do bílé trubičky
- nastavíme teplotu extruderu a zkontrolujeme zapnutí Topení (vyhřívání) obr. 75



obr. 75

- rychlost extruze nastavíme na 100 a délku např. 80, obr. 76



obr. 76

- po dosažení požadované teploty zavedeme strunu do extruderu a stiskneme tlačítko Vpřed. Kontrolujeme, zda je struna správně vedena mezi hnacím a přítlačným kolečkem
- kontrolujeme, zda materiál vytéká z trysky

Použití lepidla:

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Aby tisk probíhal správně, je třeba udržet tisknutý objekt ve stále poloze na tiskové ploše. K tomu poslouží speciální lepidlo (či směs acetonu, bílé lepící pasty a rozpuštěného ABS plastu).

Lepidlo nanášíme do míst, kde se bude později tisknout.

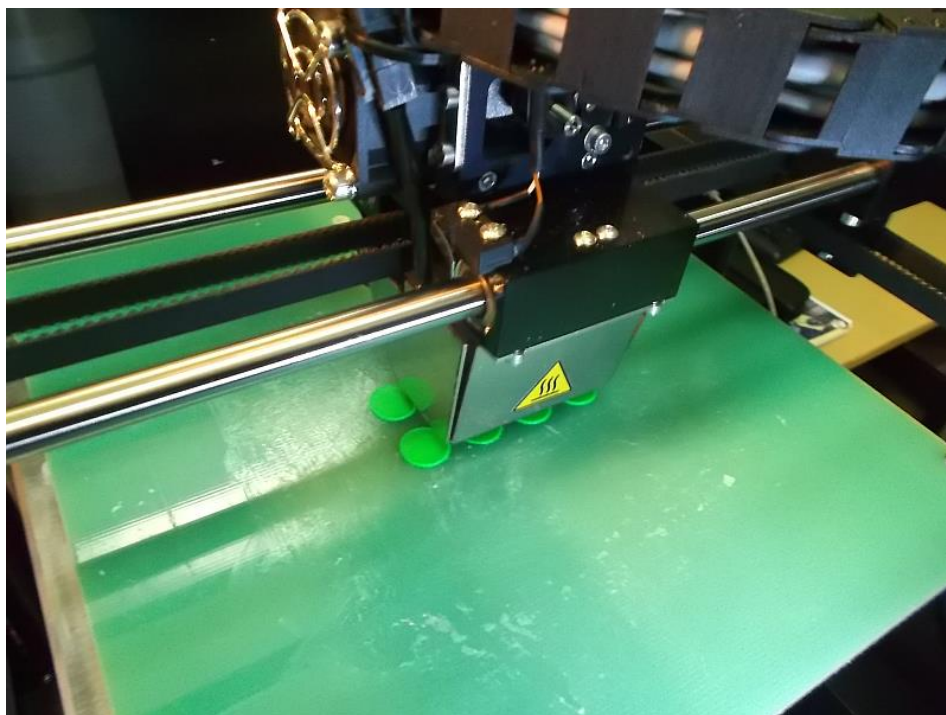
Staré, či příliš vysoké vrstvy lepidla odstraňujeme škrabkou či acetonem.

Po dokončení tisku objekt sundáme například špachtlí.

4.6 Popis tiskárny 3D Faktories

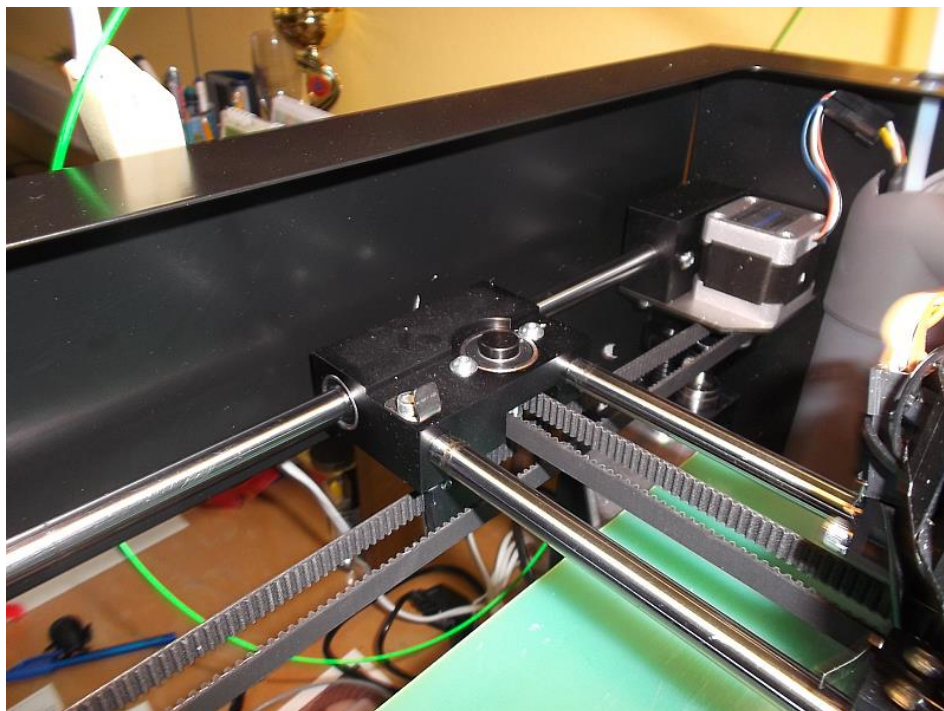
Na obrázcích (obr. 77 až 83) vidíme v detailech jednotlivé části tiskárny:

obr. 77

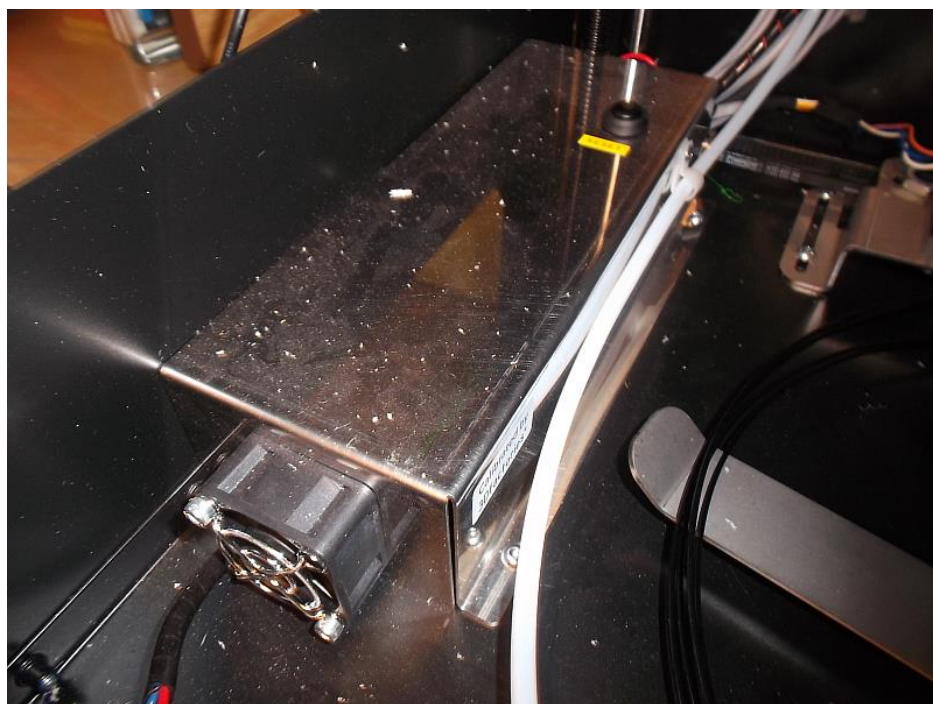


obr. 78, tisková plocha a tisková hlava na vodících tyčích

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 79, v pozadí krokový motor, vodící tyče a řemeny



obr. 80, řídicí jednotka



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

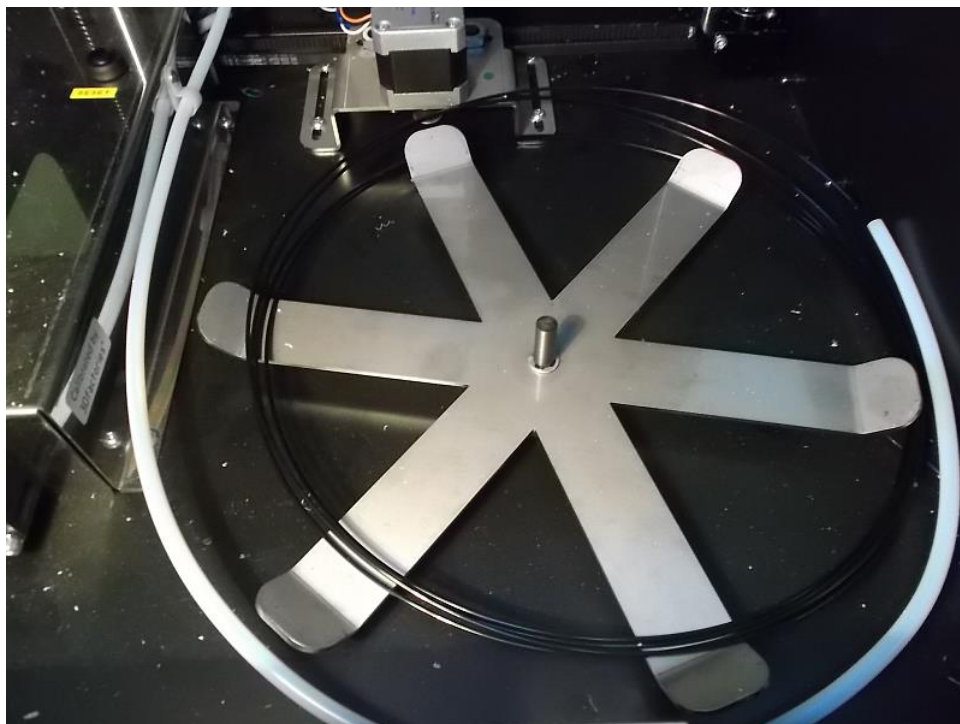


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

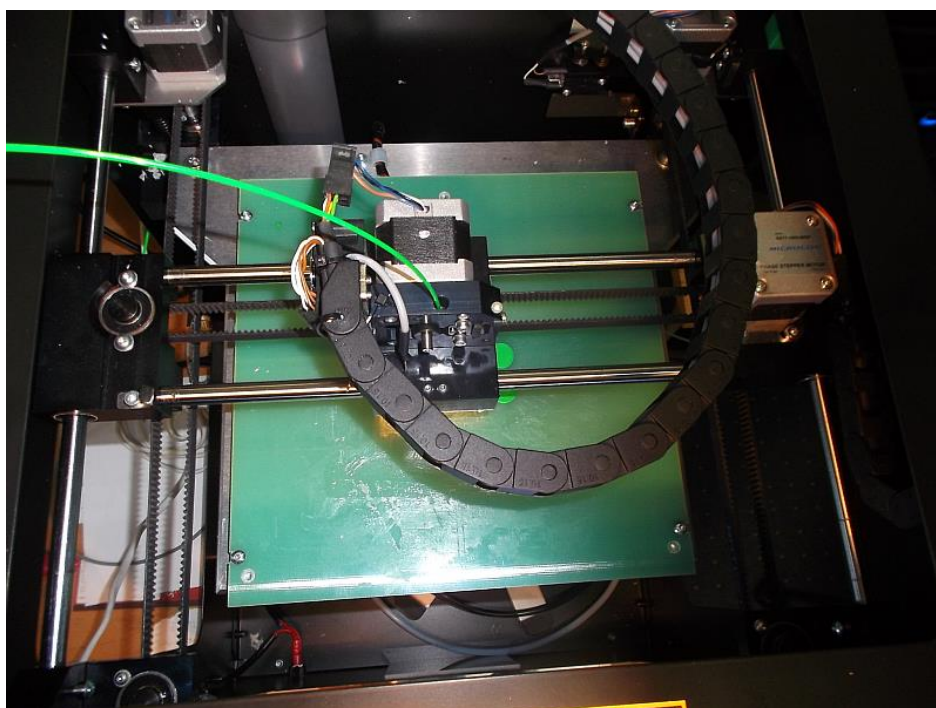


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

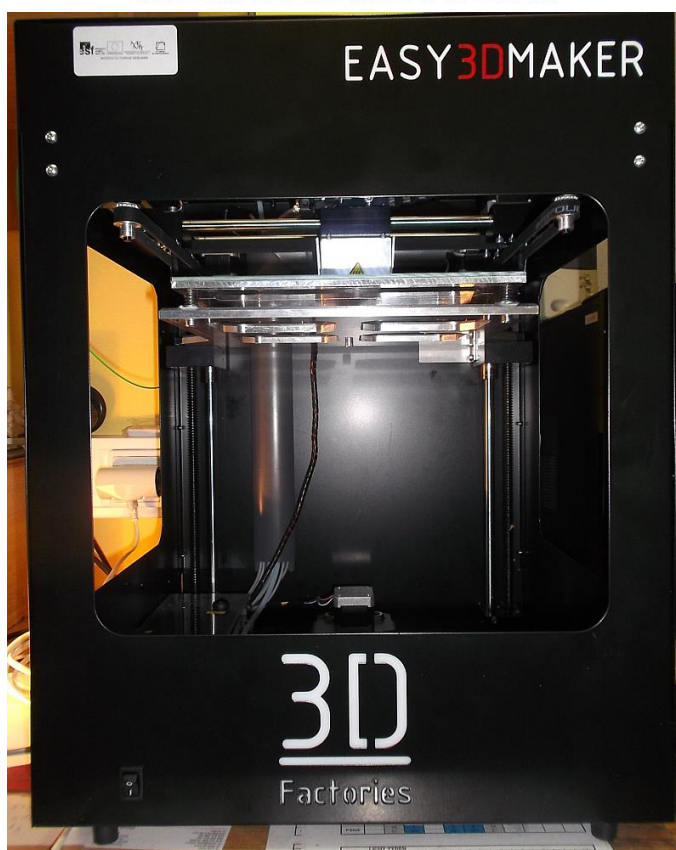
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 81, držák odvíjení struny



obr. 82, tiskárna pohled shora



obr. 83, tiskárna pohled přední

4.7 Tiskové materiály

ABS Plast (Akrylonitrilbutadienstyren)

ABS je amorfní termoplastický kopolymer a je to nejpoužívanější materiál v 3D tisku. Výhodami materiálu je především zdravotní nezávadnost, odolnost vůči vysokým i nízkým teplotám a mechanickému poškození. Neupravený ABS má bílou až krémovou barvu a může se obarvit různými barvivy a pigmenty. Nevýhodou je, že při ochlazování může dojít k narušení povrchu. Pro své vlastnosti je nejvíce využívaným technickým plastem pro výrobu široké škály produktů od domácích potřeb, hraček či hudebních nástrojů až po díly v automobilovém průmyslu.

PLA plast (Polylactic acid- kyselina polyléčná)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

PLA se od klasických plastů odlišuje tím, že je vyroben z obnovitelných zdrojů. Hlavní surovinou pro jeho výrobu je rostlinná biomasa (kukuřičný škrob) a přírodní látky jako např. celulóza. Je zdravotně nezávadný a je možné ho ekologicky likvidovat, bez zátěže životního prostředí. Při tom si zachovává pružnost, tvrdost a odolnost jako jiné plasty. Je považován za univerzální materiál pro 3D tisk: při zahřátí roztaje, při ochlazení ztuhne. Je vhodný pro tisk modelů se složitým povrchem. Nevýhodou je, že v hodně vlhkém prostředí materiál pohlcuje vlhkost, což se projevuje jako bublinky na povrchu předmětu. Proto je náchylnější na parametry při skladování. Samotný průběh tisku bývá trochu nepříjemný - typický zápach. PLA je rozpustný v hydrocidu sodném.

WPC (Wood Plastic Copolymer - dřevo-plastický kompozitní materiál)

WPC materiál je složený z dřevité moučky a polymeru. Výrobky z něj mají vzhled dřeva a přitom nemá jeho nevýhodné vlastnosti jako plesnivění, změna barvy nebo možné poškození vnějšími vlivy. V závislosti na teplotě, při které tisknete, může mít materiál různé odstíny hnědé. Při teplotě kolem 180°C bude světlejší, při teplotě 240°C bude tmavě hnědý.

BendLay

Materiál se vyrábí z modifikovaného butadiénu. Je bezbarvý a jeho předností je vyšší ohebnost oproti jiným materiálům používaným v 3D tisku. • Polyamid (nylon) Nylonu chybí životnost ABS a schopnost rychlého ochlazení bez změny tvaru jako u PLA. Je to materiál pružný a lehký. Je to skvělý materiál pro tisk součástí přístrojů, protože je flexibilní, tlumí nárazy a umožňuje



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

připájení k jiným částem. Jeho nevýhodou je, že při rychlém ochlazení se může poškodit.

PC (polykarbonát)

Polykarbonát patří mezi termoplastické plasty. Má dobrou tepelnou odolnost a odolnost proti nárazům. Překvapivě si ohebnost zachovává i v chladu. Je využíván hlavně pro tisk transparentních prototypů. Je to nejtvrďší materiál, který se v současnosti používá v 3D tiskárnách. Nevýhodou je vysoký bod topení oproti ABS a PLA, což prodlužuje dobu zpracování.

PET-G (polyetylén tereftalát -glykol)

PETG je na rozdíl od jiných materiálů víc odolný vůči kyselinám a rozpouštědlům, vysokým i nízkým teplotám.

PVA (polyvinyl alkohol)

PVA je ve vodě rozpustný syntetický polymer. Používá se pro tisk na dvouhlavých 3D tiskárnách. Jedna hlava vytiskne podpurné konstrukce z PVA a druhá samotný model z ABS či PLA. Po ukončení tisku se podpurné konstrukce rozpustí ve vodě.

HIPS (houževnatý polystyrén)

HIPS je termoplast, polystyrén s přísadkou kaučuku. Používá se pro tisk na dvouhlavých 3D tiskárnách. Jedna hlava vytiskne podpurné konstrukce z ABS nebo HIPS a druhá samotný model z ABS nebo HIPS. Podpurné konstrukce z ABS je možné rozpustit acetonem a konstrukce z HIPS limonenem.

XT

XT je amorfní kopolymer vyrobený z biologicky odbouratelných materiálů. Je transparentní, elastický a jemný na dotek.

Lay-brick

Je to nový typ vlákna vyrobený ze směsi křídly a minerálních příměsí s polymerem. Vytisknuté modely mají kamenný vzhled.

TPE (termoplastický elastomer)

TPE je materiál, který vznikl kombinací polymerů s termoplastickými a gumovými vlastnostmi. Typický TPE je měkký a pružný. V 3D tisku má využití v případě, že výsledný produkt musí být pevný a pružný zároveň.

4.8 Údržba tiskárny

Tiskárna by měla být postavena na rovném a suchém místě.

Vnější plášť tiskárny otíráme suchou utěrkou.

Řemeny je třeba udržovat správně napnuté (jsou-li řemeny povoleno, může docházet k tvarovým nepřesnostem).

Hřídele:

je třeba pravidelně čistit a mazat. Mazat je možné silikonovým olejem, nebo olejem obsahujícím teflon.

Tryska :

Trysku lze očistit opatrně nožem, nebo ocelovým kartáčem. Před každým očištěním je třeba se ujistit, že tryska není znečištěná zbytky materiálu.

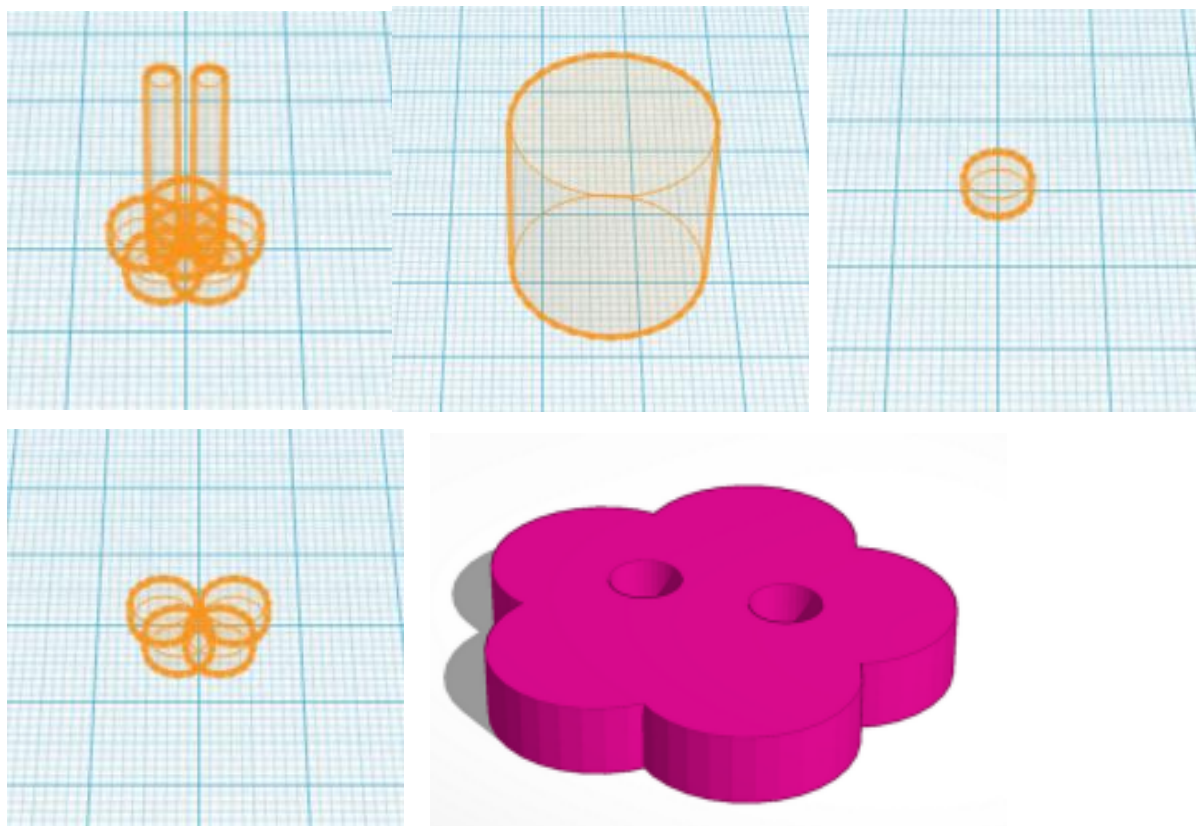
Pozor: teplota trysky při tisku dosahuje i 270 °C. Trysky je možno se dotýkat až po vychladnutí a při vypnuté tiskárně.

5. Modelové úlohy

5.1 Knoflík

V následujícím příkladu si krok za krokem ukážeme postup od vytvoření až po vytištění 3D objektu.

1. Vytvoříme objekt, který chceme vytisknout. Například v online editoru Tinkercad.com. obr.84





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



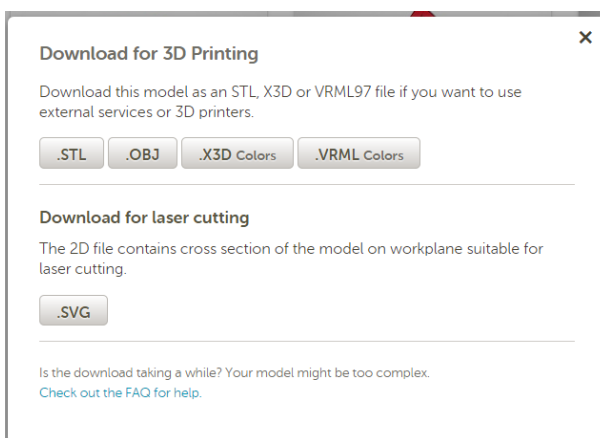
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Soubor uložíme ve .STL (například knoflik.stl) obr. 85



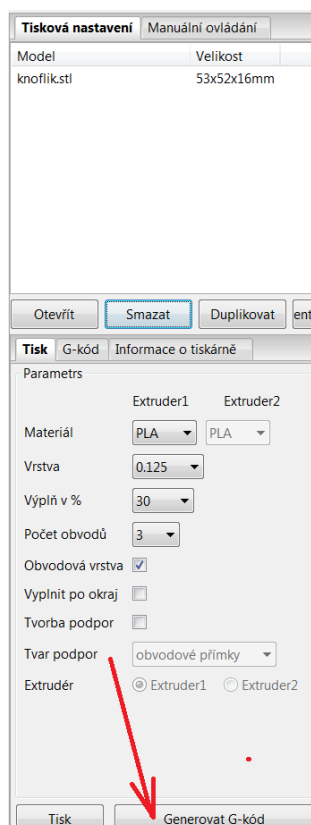
3. Provedeme nastavení tiskárny 3D Faktories viz. kapitola 4.5.

4. Spustíme program G3D Maker.

5. Připojíme se k tiskárně  a zapneme vyhřívání .

6. Otevřeme  soubor knoflik.stl.

7. Vygenerujeme G-kod. obr. 86





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



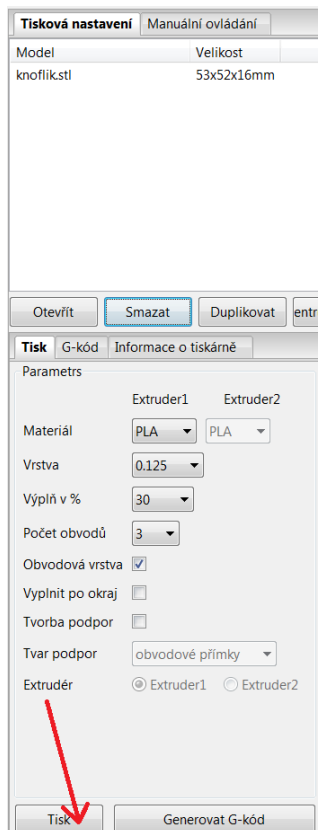
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8. Spustíme tisk. obr. 87



9. Ukončíme program G3D Maker.

10. Vypneme tiskárnu.

11. Sejmeme model z tiskové plochy.

12. Vyčistíme tiskovou plochu.

5.2 Prsten

V následujícím příkladu si krok za krokem ukážeme postup od vytvoření až po vytištění 3D objektu.

1. Vytvoříme objekt, který chceme vytisknout. Například v online editoru Tinkercad.com.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

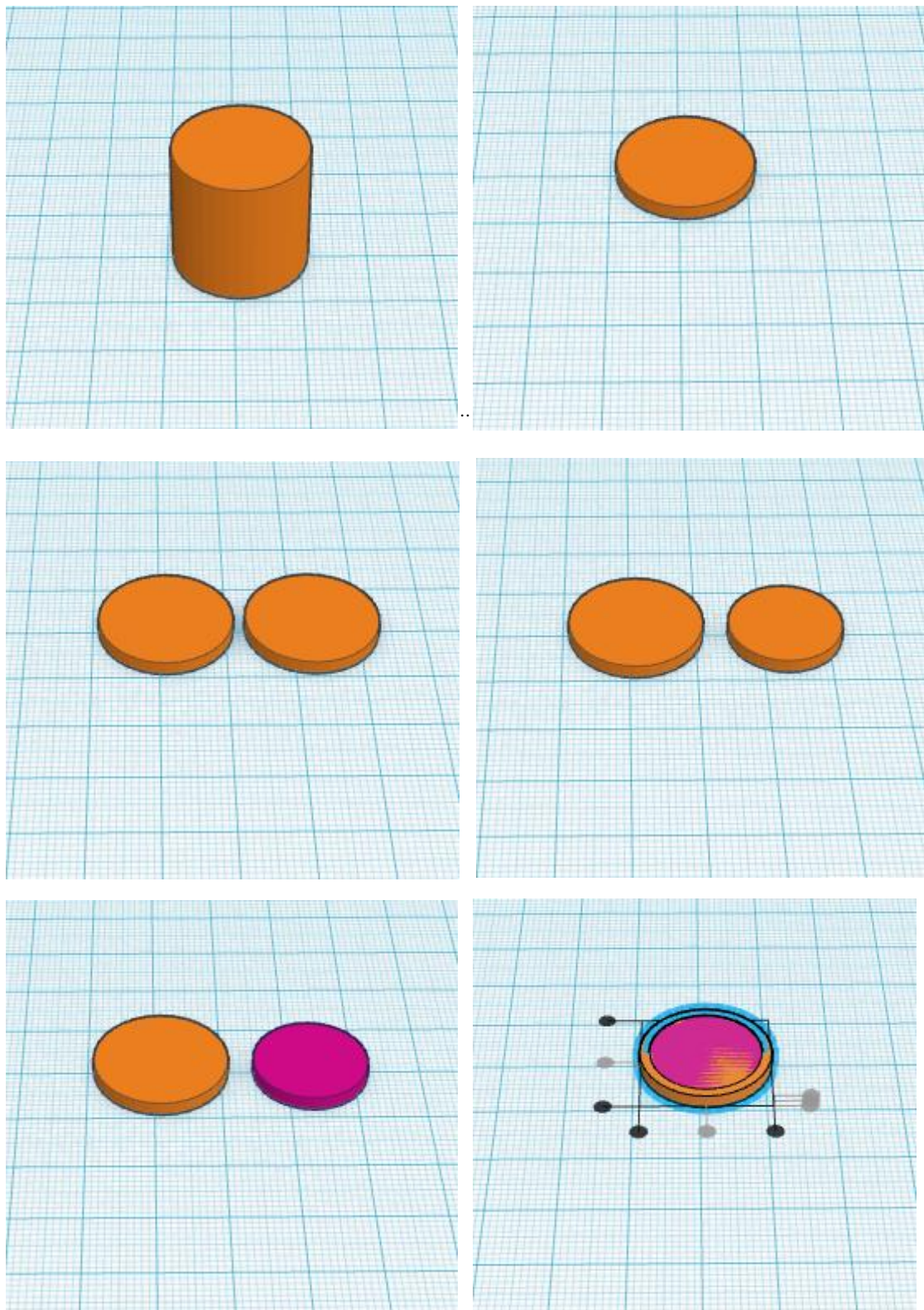


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 88



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

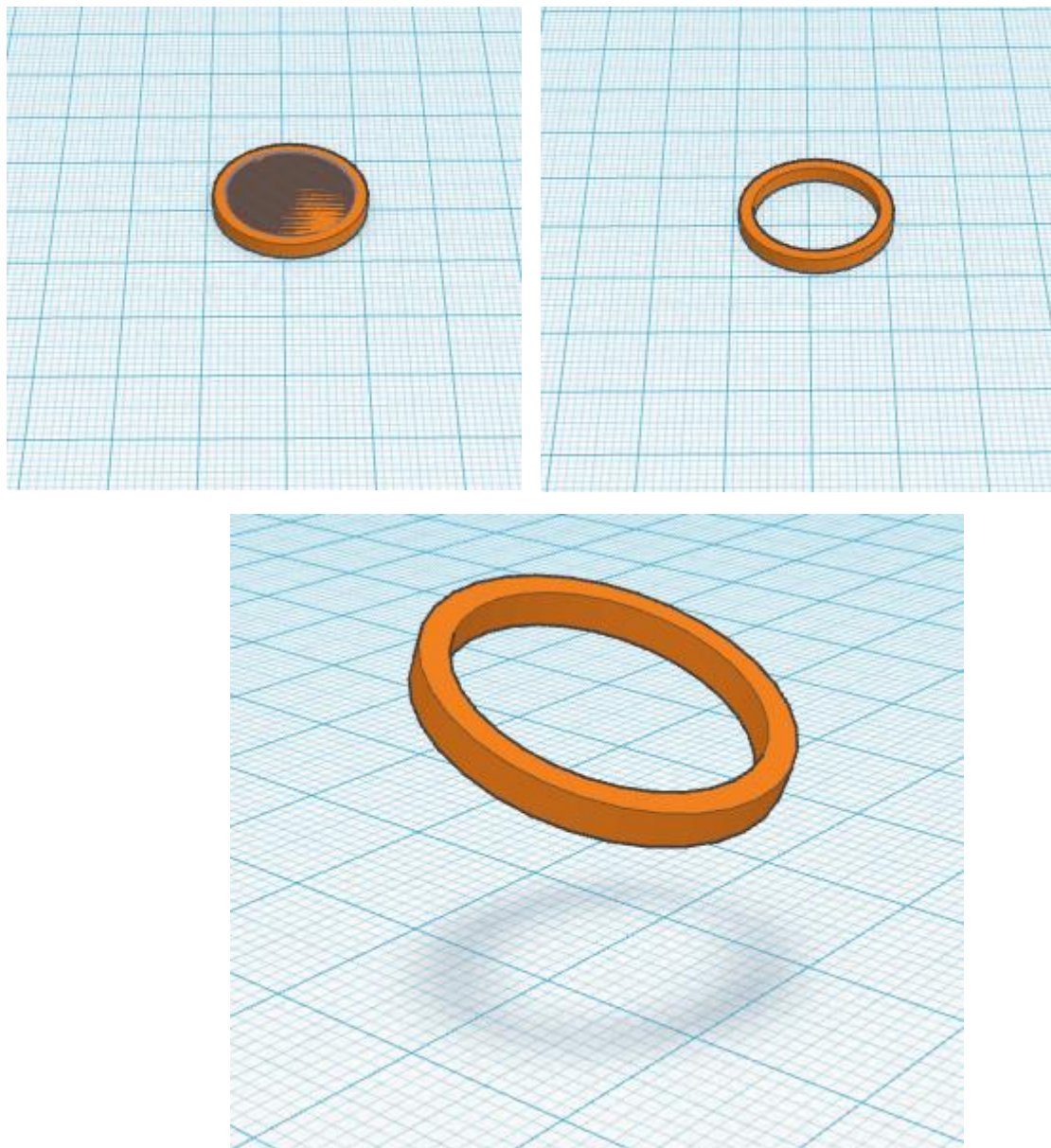


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 89



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



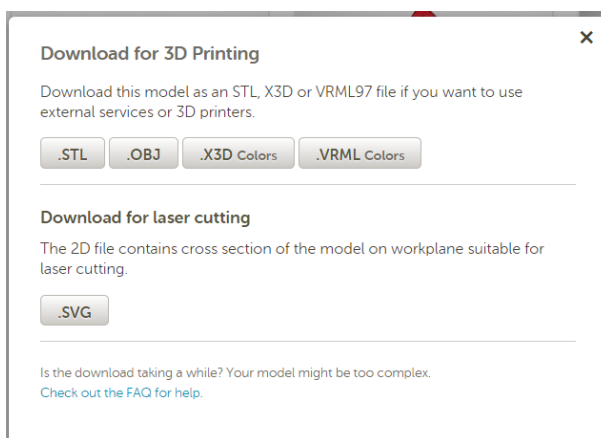
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Soubor uložíme ve .STL (například prsten.stl) obr.90



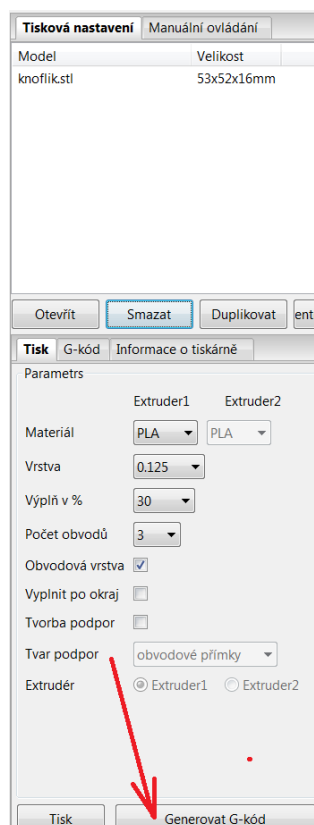
3. Provedeme nastavení tiskárny 3D Faktories viz. kapitola 4.5.

4. Spustíme program G3D Maker.

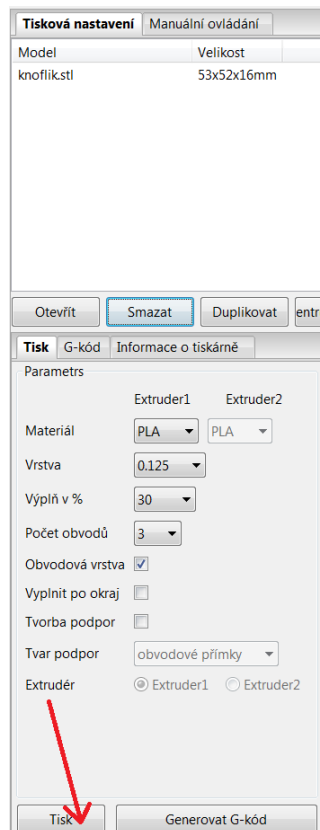
5. Připojíme se k tiskárně  a zapneme vyhřívání .

6. Otevřeme  soubor prsten.stl.

7. Vygenerujeme G-kod. obr. 91



8. Spustíme tisk. obr. 92



9. Ukončíme program G3D Maker.

10. Vypneme tiskárnu.

11. Sejmeme model z tiskové plochy.

12. Vyčistíme tiskovou plochu.

5.3 Nápis

V následujícím příkladu si krok za krokem ukážeme postup od vytvoření až po vytištění 3D objektu.

1. Vytvoříme objekt, který chceme vytisknout. Například v online editoru Tinkercad.com.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

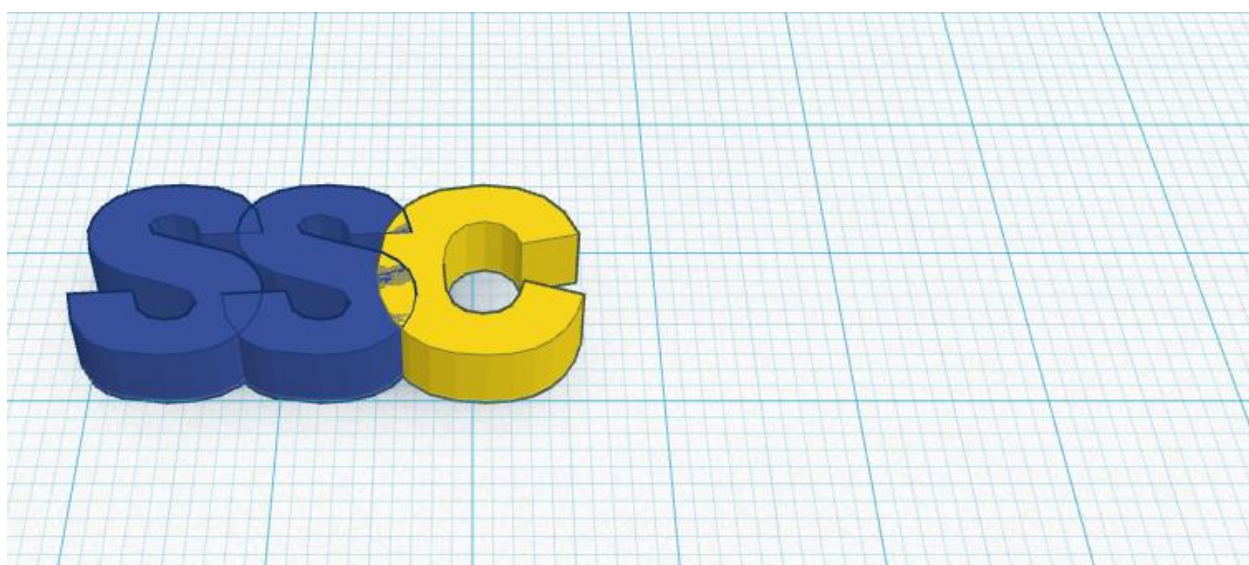
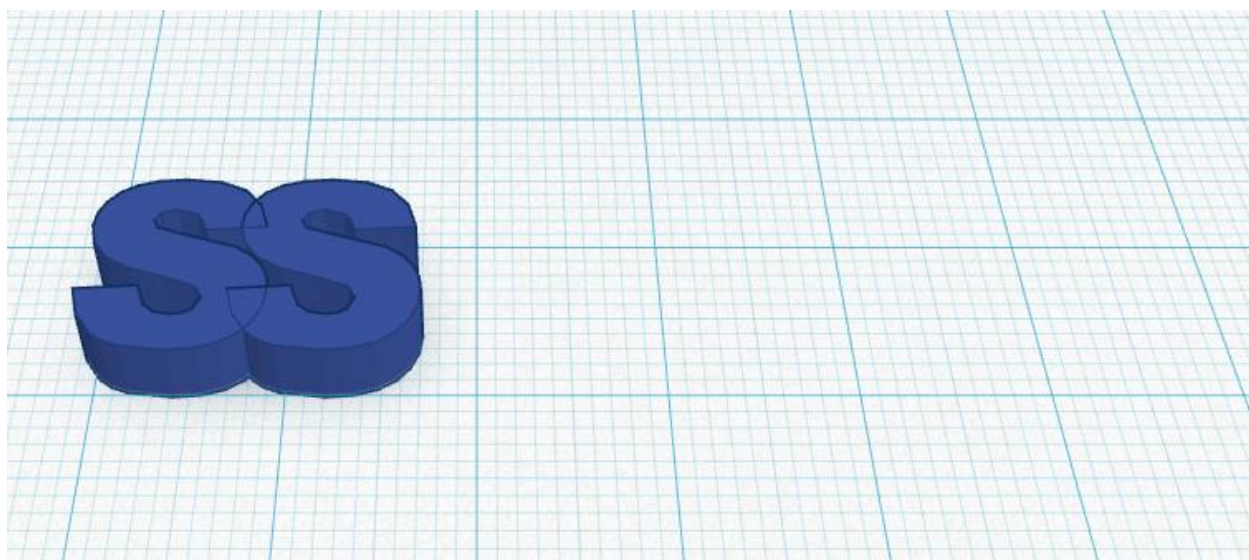
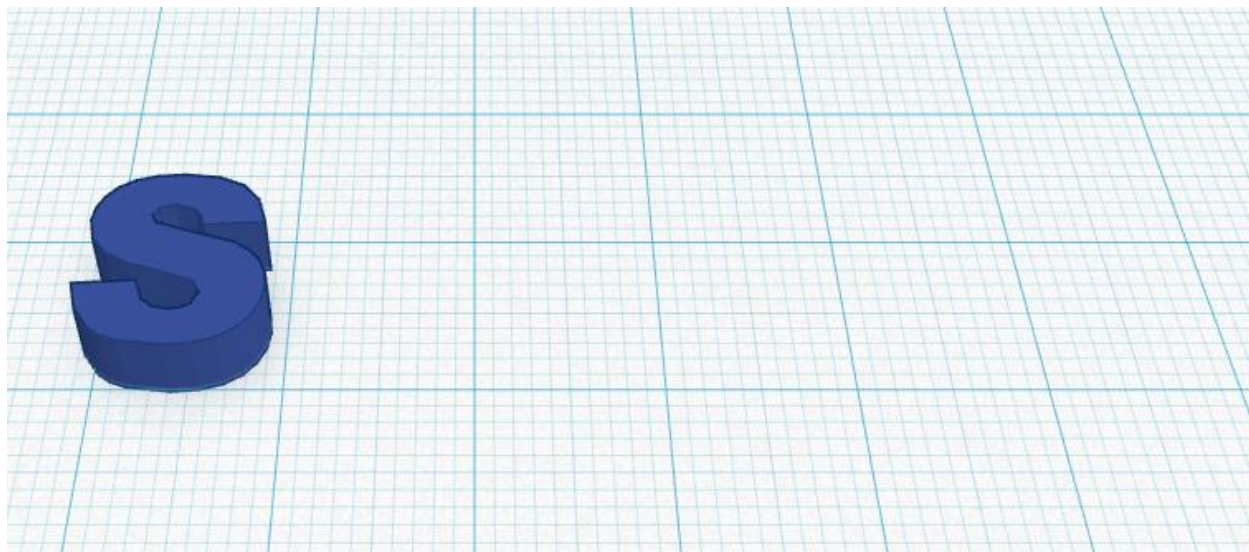


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 93



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

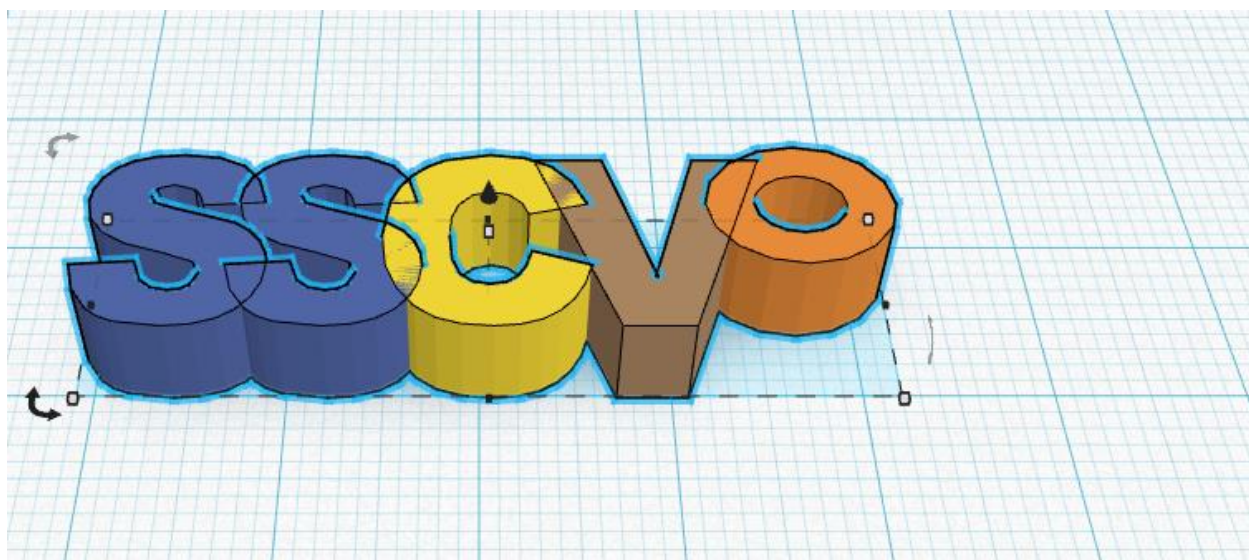
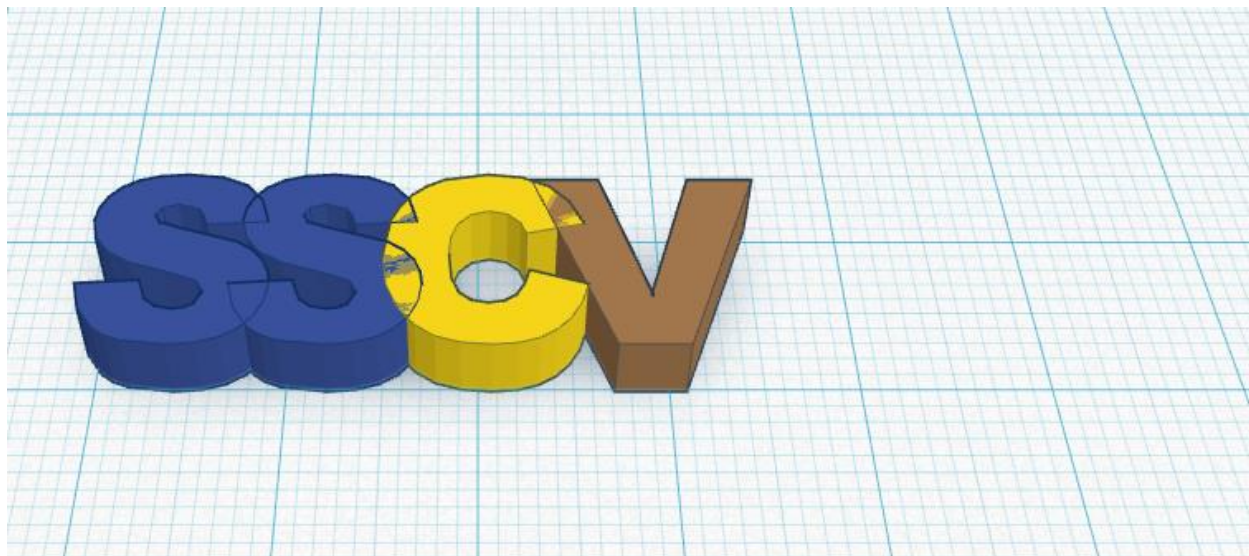


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



obr. 94



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



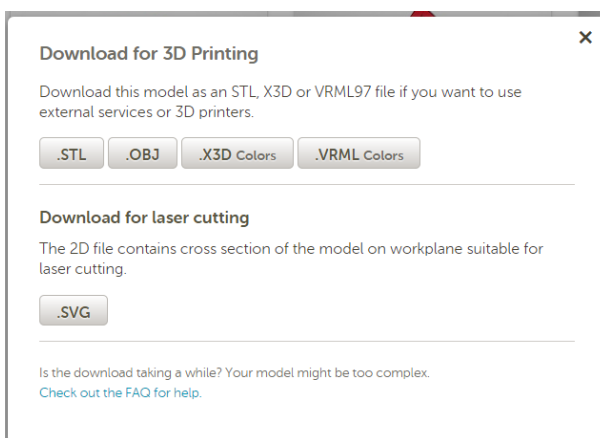
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. Soubor uložíme ve .STL (například napis.stl) obr. 95



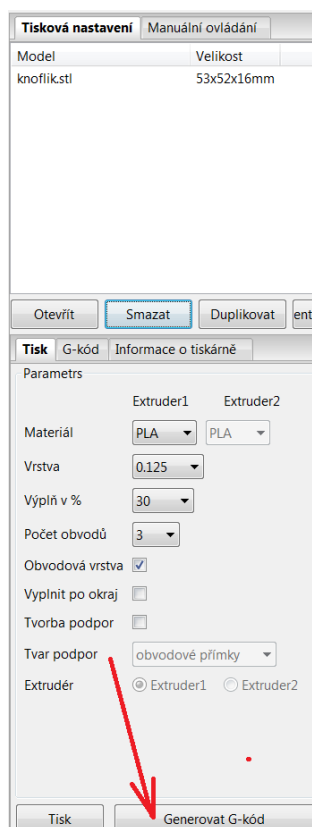
3. Provedeme nastavení tiskárny 3D Faktories viz. kapitola 4.5.

4. Spustíme program G3D Maker.

5. Připojíme se k tiskárně  a zapneme vyhřívání .

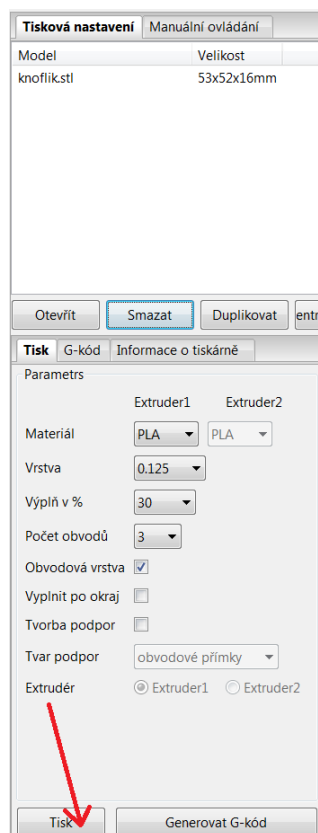
6. Otevřeme  soubor napis.stl.

7. Vygenerujeme G-kód. obr. 96



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

8. Spustíme tisk. obr. 97



9. Ukončíme program G3D Maker.

10. Vypneme tiskárnu.

11. Sejmeme model z tiskové plochy.

12. Vyčistíme tiskovou plochu.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Literatura

- [1] JONAK, Jan. *Pravoúhlé promítání* [online]. [cit. 11.4.2014]. Dostupný na WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pravo%C3%BAhl%C3%A9_prom%C3%ADt%C3%A1n%C3%AD
- [2] RODGERS. *Mental rotation* [online]. [cit. 18.4.2014]. Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Mental_rotation
- [3] NOLLAND. *OpenSCAD* [online]. [cit. 2.5.2014]. Dostupný na WWW: <http://www.openscad.org/>
- [4] BACKMAN, MONONEN. *Thinkercad* [online]. 1.9.2014 dostupný na WWW: <https://tinkercad.com>
- [5] MORLEY. *Selective Laser Sintrování* [online]. [cit. 7.11.2014]. Dostupný na WWW: http://en.wikipedia.org/wiki/Selective_laser_sintering
- [6] SMOLNY, J.. *RepRap* [online]. [cit. 7.11.2014]. Dostupný na WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RepRap>
- [7] ADRIANBOWYER. *Mendel* [online]. [cit. 7.11.2014]. Dostupný na WWW: <http://reprap.org/mediawiki/images/1/1f/Mendel.jpg>
- [8] PRUSAJR. *File:Assembled-prusa-mendel.jpg* [online]. [cit. 7.11.2014]. Dostupný na WWW: <http://reprap.org/mediawiki/images/4/4a/Assembled-prusa-mendel.jpg>
- [9] ADRIANBOWYER. *File:Huxley.jpg* [online]. [cit. 7.11.2014]. Dostupný na WWW: <http://reprap.org/mediawiki/images/6/60/Huxley.jpg>
- [10] ADRIANBOWYER. *File:All 3 axes fdmd sml.jpg* [online]. [cit. 29.12.2014]. Dostupný na WWW: http://reprap.org/mediawiki/images/d/d8/All_3_axes_fdmd_sml.jpg
- [11] KOMAS, N.. *Materiály pro 3D tisk* [online]. [cit. 14.15.2015]. Dostupný na WWW: <http://www.futur3d.net/materialy-pro-3d-tisk>
- [12] Blaťák, T. *Vlastní obrázky a fotografie*, 2014

Obrázky

- [1-3] vlastní tvorba obrázků v programu MS Malování
- [4] MAXIM. *First angle projecting* [online]. [cit. 9.4.2014]. Dostupný na WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Technick%C3%BD_v%C3%BDkres#/media/File:First_angle_projec
- [5-16] vlastní tvorba obrázků v programu MS Malování
- [17-44] vlastní obrázky, otisky obrazovek z free softwaru OpenScad. KINTEL, Marius. *OpenScad* [online]. [cit. 9.4.2014]. Dostupný na WWW: <http://www.openscad.org/>
- [44-61] vlastní obrázky, otisky obrazovek free softwaru TinkerCad. BACKMAN, Kai. *TinkerCad* [online]. [cit. 17.4.2015]. Dostupný na WWW: <https://www.tinkercad.com>
- [62-73] vlastní obrázky, otisky obrazovek free softwaru Slic3r. PUBLIC. *Slic3r* [online]. [cit. 17.4.2014]. Dostupný na WWW: <http://slic3r.org/>
- [74-76] vlastní obrázky, části otisků obrazovek programu G3Maker



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

[77-83] vlastní fotografie tiskárny

[84-97] vlastní obrázky, otisky obrazovek free softwaru TinkerCad. BACKMAN, Kai. *TinkerCad* [online]. [cit. 17.8.2014]. Dostupný na WWW: <https://www.tinkercad.com>