



**Střední odborná škola
a Střední odborné učiliště Hořovice**
Palackého náměstí 100, 268 01 Hořovice,
IČO: 47558504
<https://soshorovice.cz/>



Využití 3D tiskáren ve strojírenském oboru vzdělávání

V rámci projektu EDUgrant byly pro naši školu pořízeny 3D tiskárny PRUSA, které nám umožní teoreticky a prakticky seznamovat studenty strojírenských a IT oborů s technologií 3D tisku.

Ve výukovém plánu oboru 23-41-M/01 Strojírenství byly zařazeny základy 3D tisku pro strojaře ve 3. ročníku v rámci předmětu konstruování na PC (KPC), v němž se studenti učí vývojovou a konstrukční činnost pro vytváření dílů, sestav a výkresů ve 3D CAD software SolidWorks. Pro účel 3D tisku je obohacen program výuky vytvářením virtuálního 3D modelu objektu v CADu, převodem na nativní formát souboru (STL) pro vytvoření geometrie povrchu objektu pro tisk. Dále pak se studenti seznamují s vytvářením G-kódů pro vlastní 3D tisk (slicing – printing) a tisknou jednoduché díly.

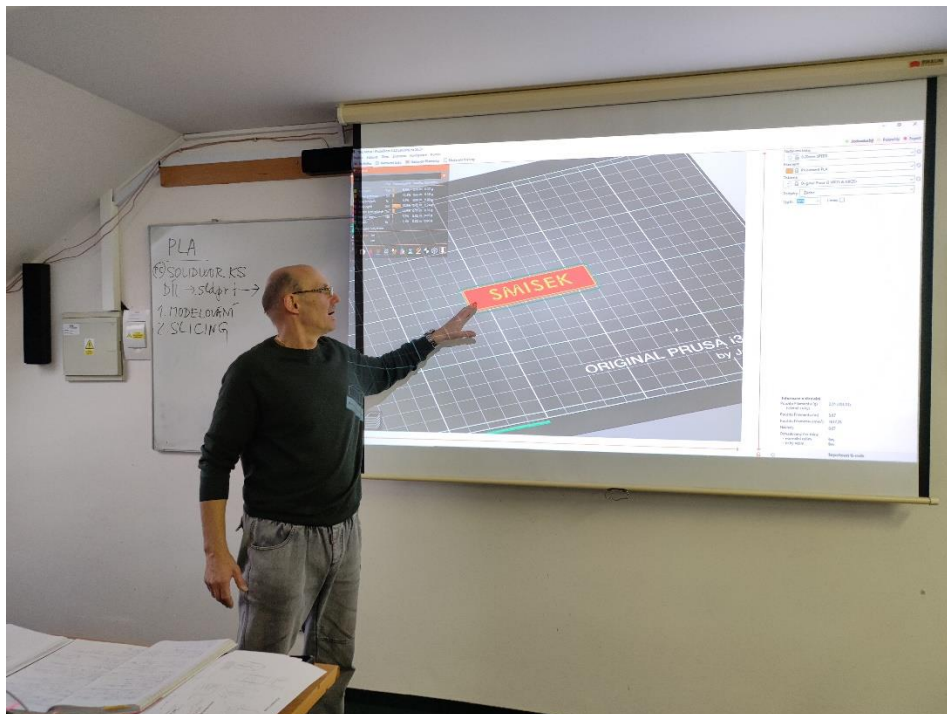
Ve 4. ročníku mají studenti nově zařazený 3D tisk v rámci předmětu modelování na PC (MODP) a budou pokračovat v prohlubování znalostí. Budou navrhovat a tisknout jednoduché a složitější strojírenské výrobky. Máme navržené propojení modelování a 3D tisku s předmětem programování CNC strojů (PCS). V rámci tohoto propojení předmětů studenti již v současné době mají projekt frézované a vrtané desky, kterou programují standardně v ISO-kódu a v CNC řídicím systému Heidenhain. Každý student má své individuální rozměrové zadání. Tuto desku studenti modelují v SolidWorksu a učí se také základy CAD-CAM. V systému SolidCAM připravují tuto desku k obrábění na obráběcím centru v učilišti naší školy. Nově nyní je propojený tento projekt desky i pro 3D tisk. Z virtuálních modelů vytvoří STL soubory a G-kódy a tisknou modely desek na 3D tiskárnách. Každá deska je navíc pro 3D tisk opatřena jménem studenta na čelní straně desky, resp. každá deska pro 3D tisk má další tvarovou plochu ve formě zapuštěného písma jména studenta. Tato činnost proběhla v rámci vzorové výuky modelování a 3D tisku v rámci projektu.

V obsahu maturitní práce, závěrečného studentského projektu praktické maturitní zkoušky na naší škole pak budou studenti – maturanti připravovat a tisknout nově vybrané díly ze svého projektu a předkládat při obhajobě své práce maturitní komisi.

Kromě výše uvedených uplatnění 3D tiskáren a technologie na naší škole se předpokládá využití 3D tiskáren pro další uplatnění.

- opravy vadných drobných náhradních dílů 3D tiskem (opravovaný díl se namodeluje nebo naskenuje, upraví a vytiskne na 3D tiskárně)
- výroba názorných pomůcek do výuky na 3D tiskárně mezioborově
- pro informatiku – práce s grafickými programy, základy programování a také práce s 3D skenerem a 3D tiskárnou

Pro představu, jak jsme se zhostili na naší škole se zavedením 3D tisku do výuky předkládáme několik příkladů ve formě obrázků a odkazů na videa. Seznámení studentů 3. ročníku s úpravou 3D modelu pro tisk



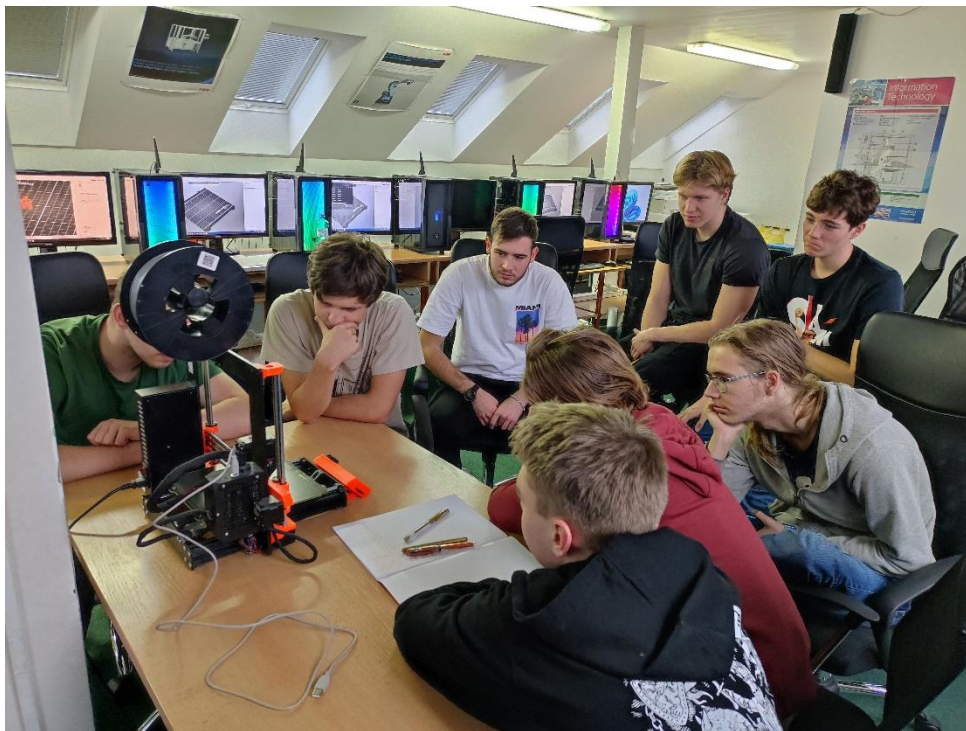
Obr. 1

Seznámení studentů 3. ročníku s tiskem na 3D tiskárně



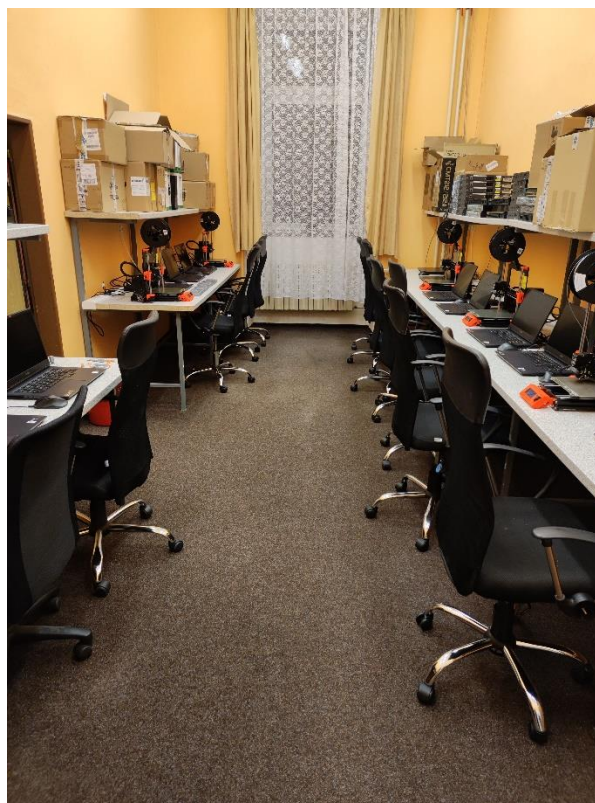
Obr. 2

Seznámení studentů 4. ročníku s 3D tiskem



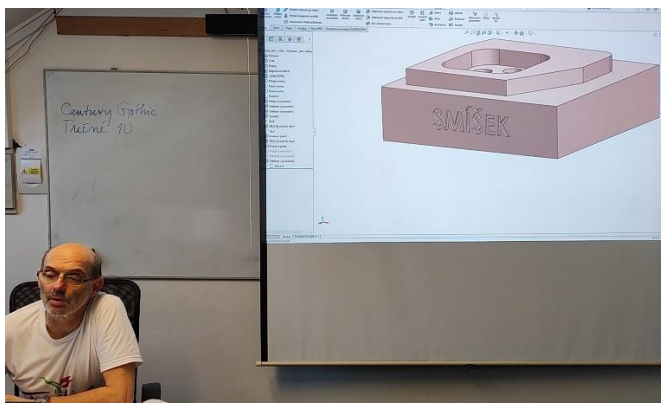
Obr. 3

Učebna pro 3D tisk

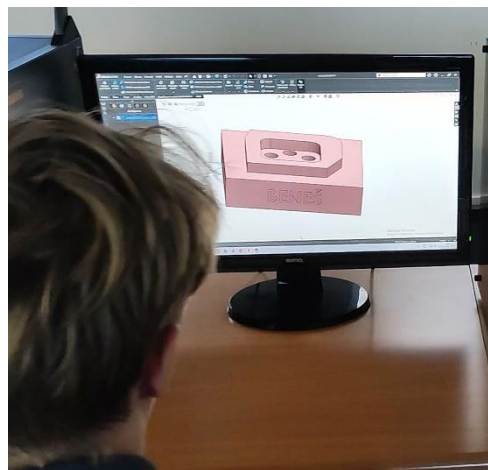


Obr. 4

Projekt Deska – modelování + vytváření písma

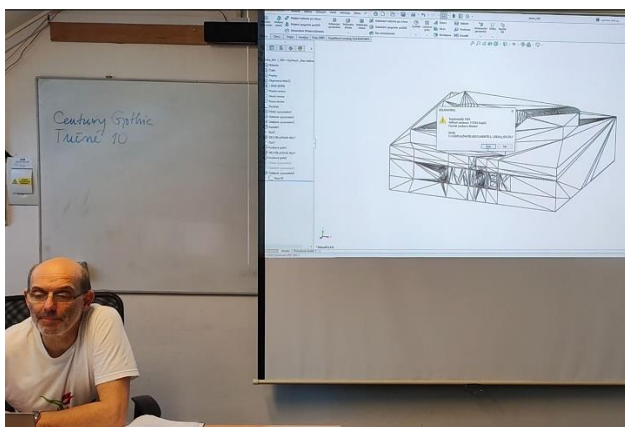


Obr. 5

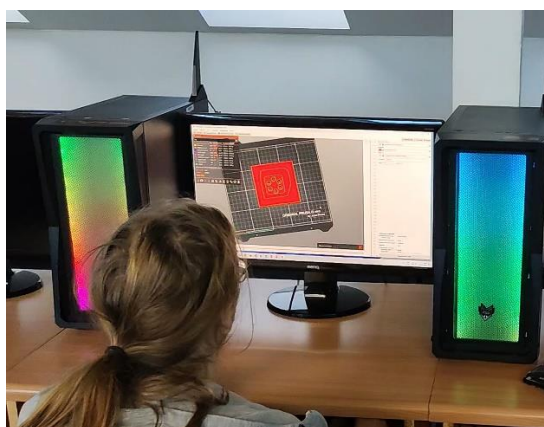


Obr. 6

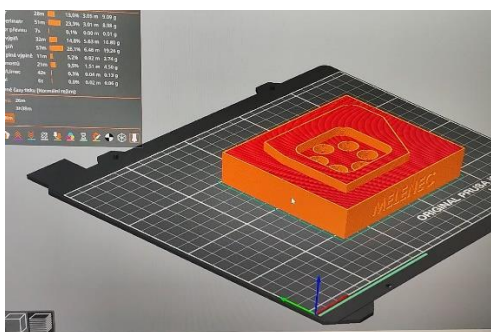
Vytváření STL, slicing, ...



Obr. 7

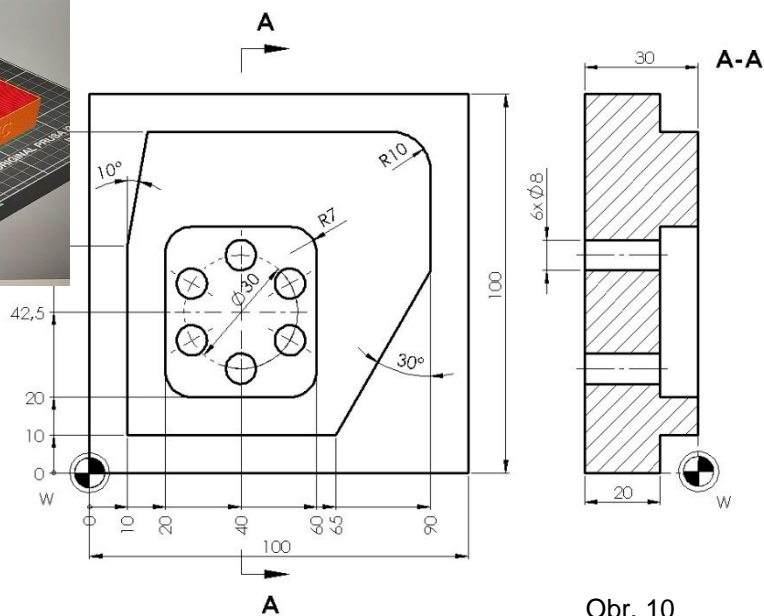


Obr. 8



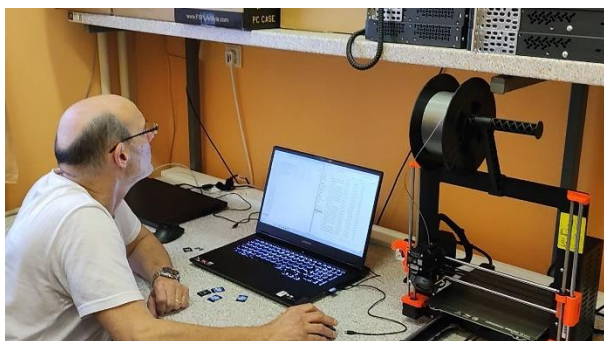
Obr. 9

Zadání pro modelování a programování

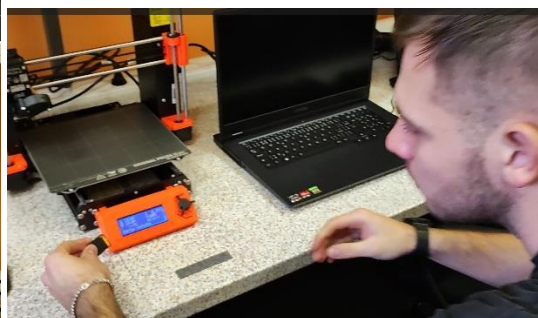


Obr. 10

Načtení G-kódu, printing,



Obr. 11



Obr. 12



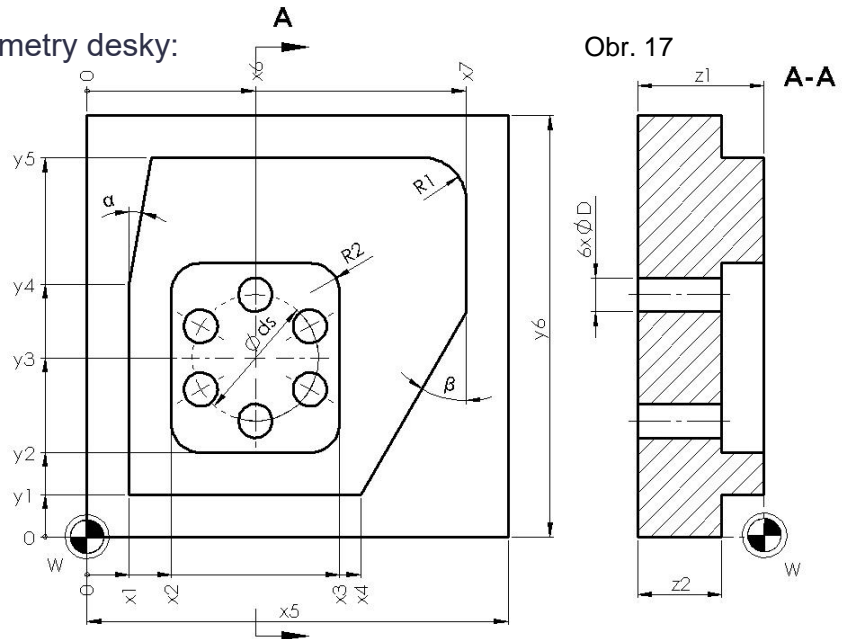
Obr. 13



Obr. 14

Zadávací individuální parametry desky:
 polotovaru (Obr. 15)

hotová deska (Obr. 16)



Zadání geometrických a technologických parametrů pro NC program

| | ABRAHÁM Lukáš | BENĚŠ Josef | HORÁK Lukáš | KADAŇKA Petr | KUBICEK Jindřich | MELENEC Matěj | MINAŘIK Albert | ŠTAJER Ondřej | PECH Jiří |
|-------|---------------|-------------|-------------|--------------|------------------|---------------|----------------|---------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| x1 | 13 | 15 | 16 | 17 | 9 | 15 | 11 | 12 | 6 |
| x2 | 23 | 25 | 26 | 27 | 19 | 25 | 21 | 22 | 20 |
| x3 | 64 | 67 | 69 | 71 | 64 | 71 | 68 | 70 | 69 |
| x4 | 68 | 71 | 73 | 75 | 68 | 75 | 72 | 74 | 73 |
| x5 | 95 | 97 | 103 | 105 | 104 | 115 | 120 | 114 | 117 |
| x6 | 43,5 | 46 | 47,5 | 49 | 41,5 | 48 | 44,5 | 46 | 44,5 |
| x7 | 80 | 82 | 88 | 90 | 89 | 100 | 105 | 99 | 102 |
| y1 | 13 | 15 | 16 | 17 | 9 | 15 | 11 | 12 | 6 |
| y2 | 23 | 25 | 26 | 27 | 19 | 25 | 21 | 22 | 20 |
| y3 | 43,5 | 46 | 47,5 | 49 | 41,5 | 48 | 44,5 | 46 | 44,5 |
| y4 | 62 | 65 | 67 | 69 | 62 | 69 | 66 | 68 | 67 |
| y5 | 78 | 82 | 85 | 88 | 82 | 90 | 88 | 94 | 91 |
| y6 | 94 | 98 | 101 | 104 | 98 | 106 | 104 | 110 | 107 |
| z1 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 28 | 27 | 32 | 28 |
| z2 | 26 | 24 | 27 | 27 | 27 | 22 | 23 | 28 | 22 |
| alpha | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 13 | 7 | 8 | 6 |
| beta | 29 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 34 | 32 |
| R1 | 7 | 12 | 10 | 15 | 8 | 10 | 7 | 10 | 9 |
| R2 | 9 | 7,5 | 8 | 6 | 10 | 8 | 7 | 10 | 6 |
| ØD | 7,5 | 10 | 8 | 10 | 10 | 12 | 8 | 10 | 8 |
| Øds | 32,5 | 31 | 34 | 33 | 34 | 33 | 38 | 37 | 40 |
| ØD1 | 63 | 80 | 100 | 63 | 63 | 80 | 100 | 80 | 63 |
| Z1 | 6 | 8 | 12 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 6 |
| sZ1 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,1 | 0,05 | 0,05 |
| v1 | 200 | 200 | 160 | 180 | 170 | 180 | 160 | 160 | 210 |
| ØD2 | 14 | 12 | 12 | 8 | 16 | 12 | 12 | 16 | 8 |
| Z2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| sZ2 | 0,064 | 0,062 | 0,062 | 0,058 | 0,066 | 0,062 | 0,078 | 0,058 | 0,05 |
| v2 | 150 | 130 | 180 | 150 | 140 | 145 | 130 | 100 | 135 |
| ØD3 | 5 | 8 | 6 | 7 | 8 | 8 | 6 | 8 | 6 |
| s ot3 | 0,012 | 0,012 | 0,017 | 0,012 | 0,012 | 0,016 | 0,018 | 0,017 | 0,012 |
| v3 | 80 | 75 | 65 | 100 | 65 | 70 | 120 | 100 | 80 |
| ØD4 | 7,5 | 10 | 8 | 10 | 10 | 12 | 8 | 10 | 8 |
| s ot4 | 0,11 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,16 | 0,10 | 0,11 | 0,09 |
| v4 | 80 | 90 | 85 | 100 | 80 | 120 | 100 | 90 | 95 |

Poznámka:
 minutový posuv v ose Z (přisuv) při frézování vybraní je čtvrtinový vůči posuvu v rovině XY
 (přítí pro cyklus L903)

Obr. 18

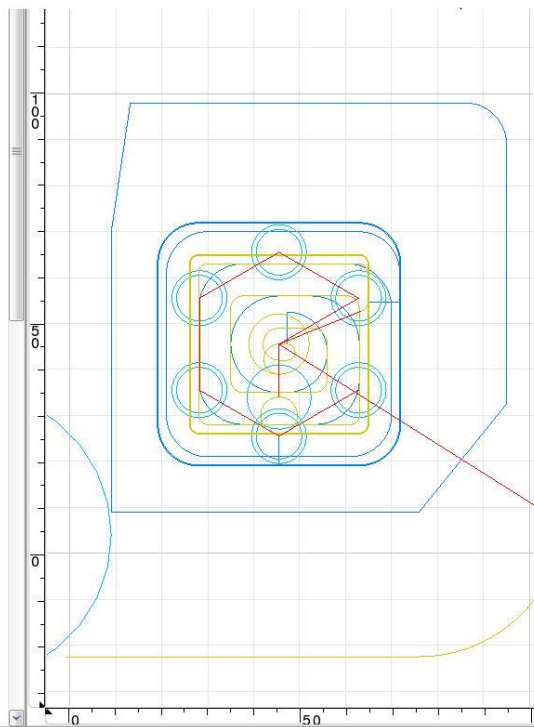
ISO-kód

| | | | | | |
|-----|-----------------------------------|-----------|----------|-----------|---------|
| N6 | G54 | G17 | | | |
| N7 | G0 | X-50,000 | Y-50,000 | Z+150,000 | M0 |
| N8 | (FREZOVANI VNEJSI KONTURY) | | | | |
| N9 | D1 | F480 | S1010 | T1 | |
| N10 | G0 | X-33,500 | Y-33,500 | | |
| N11 | G0 | Z+2,000 | M3 | | |
| N12 | G0 | Z-5,000 | M8 | | |
| N13 | G41 | G1 | X+10,000 | Y+10,000 | |
| N14 | Y+60,000 | | | | |
| N15 | G91 | X+5,290 | Y+30,000 | | |
| N16 | G90 | X+80,000 | | | |
| N17 | G2 | X+90,000 | Y+80,000 | R10,000 | |
| N18 | G1 | G91 | Y-36,699 | | |
| N19 | X-25,000 | Y-43,301 | | | |
| N20 | G90 | X+10,000 | Y+10,000 | | |
| N21 | X-2,000 | | | | |
| N22 | G40 | G0 | X-33,500 | Y-33,500 | |
| N23 | G0 | Z-10,000 | | | |
| N24 | G41 | G1 | X+10,000 | Y+10,000 | |
| N25 | Y+60,000 | | | | |
| N26 | G91 | X+5,290 | Y+30,000 | | |
| N27 | G90 | X+80,000 | | | |
| N28 | G2 | X+90,000 | Y+80,000 | I-10,000 | J+0,000 |
| N29 | G1 | G91 | Y-36,699 | | |
| N30 | G90 | X+65,000 | Y+10,000 | | |
| N31 | X+10,000 | | | | |
| N32 | X-2,000 | | | | |
| N33 | G40 | G0 | X-33,500 | Y-33,500 | Z+2,000 |
| N34 | G0 | X-50,000 | Y-50,000 | Z+150,000 | M0 |
| N35 | (FREZOVANI KAPSY) | | | | |
| N36 | D2 | S3979 | T2 | | |
| N37 | G0 | X+40,000 | Y+42,500 | Z+2,000 | M3 |
| N38 | R01=2,5 | R02=1 | R03=-10 | R06=03 | R12=40 |
| | R15=796 | R16=199 | R22=40 | R23=42,5 | R24=7 |
| | Z+2,000 | M5 | M9 | | |
| N39 | G0 | X-50,000 | Y-50,000 | Z+150,000 | M0 |
| N40 | (NAVRTANI OTVORU) | | | | |
| N41 | D3 | F42 | S4244 | T3 | |
| N42 | G0 | X+40,000 | Y+42,500 | Z+2,000 | M3 |
| N43 | G0 | Z-8,000 | | | M8 |
| N44 | G0 | Z-8,000 | | | |
| N45 | G10 | B+15,000 | C+30,000 | | |
| N46 | G1 | Z-20,000 | | | |
| N47 | Z-8,000 | | | | |
| N48 | G10 | C+90,000 | | | |
| N49 | G1 | Z-20,000 | | | |
| N50 | Z-8,000 | | | | |
| N51 | G10 | C+150,000 | | | |
| N52 | G1 | Z-20,000 | | | |
| N53 | Z-8,000 | | | | |
| N54 | G10 | C+210,000 | | | |

Deska v systému Heidenhain programování

```

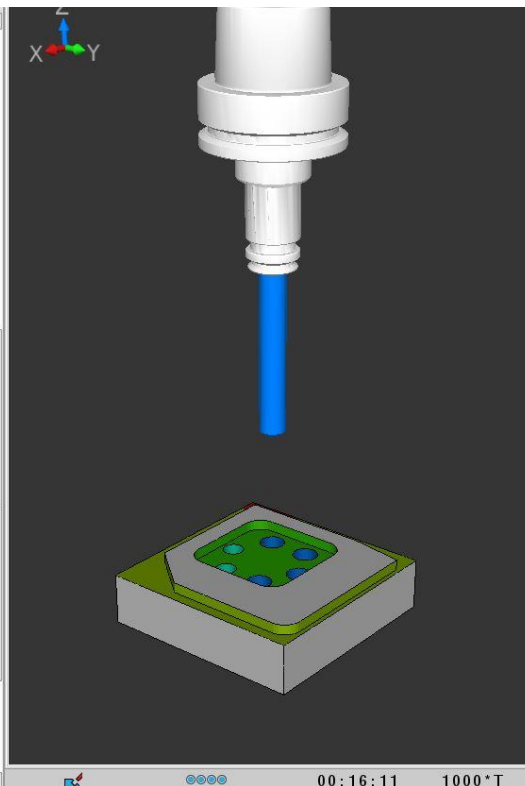
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0
3 TOOL CALL 52 Z S732.618 F468.876
4 L Z+100 R0 FMAX M0
5 L X-31.5 Y-31.5 R0 FMAX M3
6 L Z+2 R0 FMAX
7 APPR LT X+9 Y+9 Z-5 LENS RL
8 L Y+70
9 L IX+4.155 Y+98
10 L X+95
11 RND R9
12 L IY-65.537
13 L X+76 Y+9
14 L X+9
15 DEP LT LEN10
16 L Z+100 R0 FMAX M5
17 TOOL CALL 7 Z S3296.781 F843.976
18 L Z+100 R0 FMAX M0
19 L X+45.5 Y+45.5 R0 FMAX M3
20 CYCL DEF 251 PRAVUOUHLA KAPSA
    Q215=+0 ;ZPUSOB OBRABENI
    Q218=+53 ;1. DELKA STRANY
    Q219=+53 ;2. DELKA STRANY
    Q220=+9 ;RADIUS V ROHU
    Q368=+0.2 ;PRIDAVEK PRO STRANU
    Q224=+0 ;UHEL NATOCENI
    Q367=+0 ;POLOHA KAPSY
    Q207=+843.976 ;FREZOVACI POSUV
    Q351=-1 ;ZPUSOB FREZOVANI
    Q201=-5 ;HLOUBKA
    Q202=+2.5 ;HLOUBKA PRISUVU
    Q369=+0 ;PRIDAVEK PRO DNO
    
```



simulace

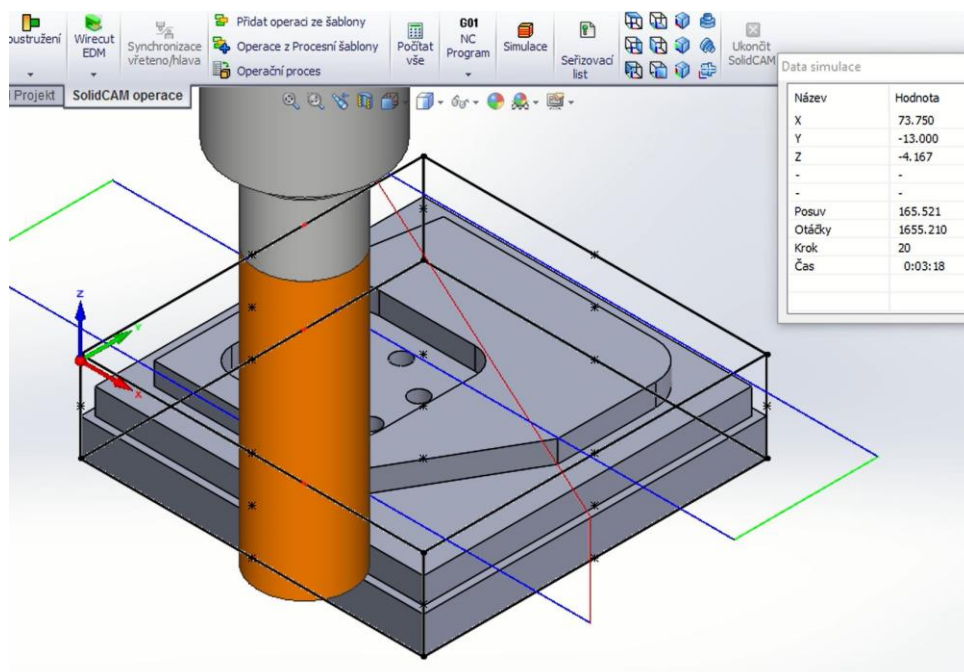
```

29 L Z+100 R0 FMAX M5
30 TOOL CALL 233 Z S265.258 F31.831
31 L Z+100 R0 FMAX M0
32 L X+45.5 Y+45.5 R0 FMAX M3
33 CYCL DEF 200 VRTANI
    Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
    Q201=-35 ;HLOUBKA
    Q206=+31.831 ;POSUV NA HLOUBKU
    Q202=+5 ;HLOUBKA PRISUVU
    Q210=+0 ;CAS. PRODLEVA NAHORE
    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
    Q204=+50 ;2. BEZPEC. VZDALENOST
    Q211=+0 ;CAS. PRODLEVA DOLE
    Q395=+0 ;REFERENCNI HLOUBKA
34 CYCL DEF 220 RASTR NA KRUHU
    Q216=+45.5 ;STRED 1. OSY
    Q217=+45.5 ;STRED 2. OSY
    Q244=+40 ;PRUMER ROZTEC. KRUHU
    Q245=+30 ;STARTOVNI UHEL
    Q246=+330 ;KONC. UHEL
    Q247=+60 ;UHLOVA ROZTEC
    Q241=+6 ;POCET OBRABENI
    Q200=+2 ;BEZPECNOSTNI VZDAL.
    Q203=+0 ;SOURADNICE POVRCHU
    Q204=+50 ;2. BEZPEC. VZDALENOST
    Q301=+1 ;NAJET BEZPEC. VYSKU
    Q365=+0 ;ZPUSOB POHYBU
35 CYCL CALL
36 L Z+100 R0 FMAX M5
37 M30
38 END PGM SMISEK-DESKA-IS03 MM
    
```

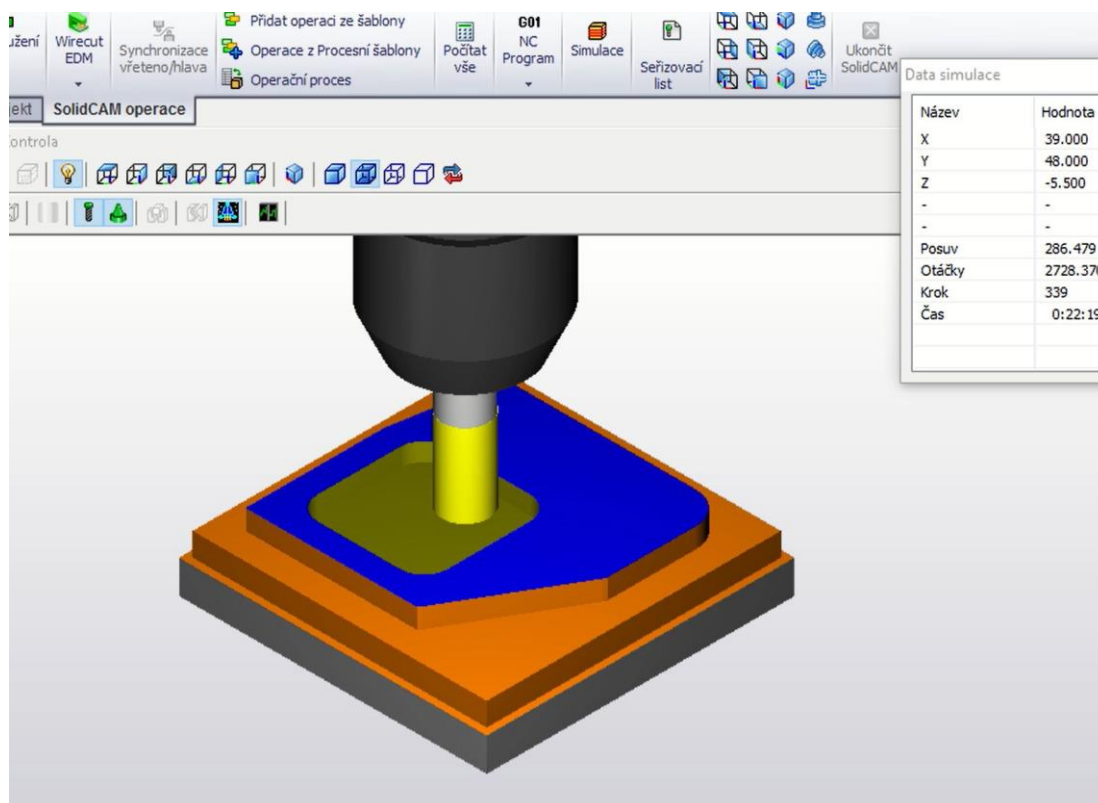


Obr. 19, 20

Simulace SolidCAM

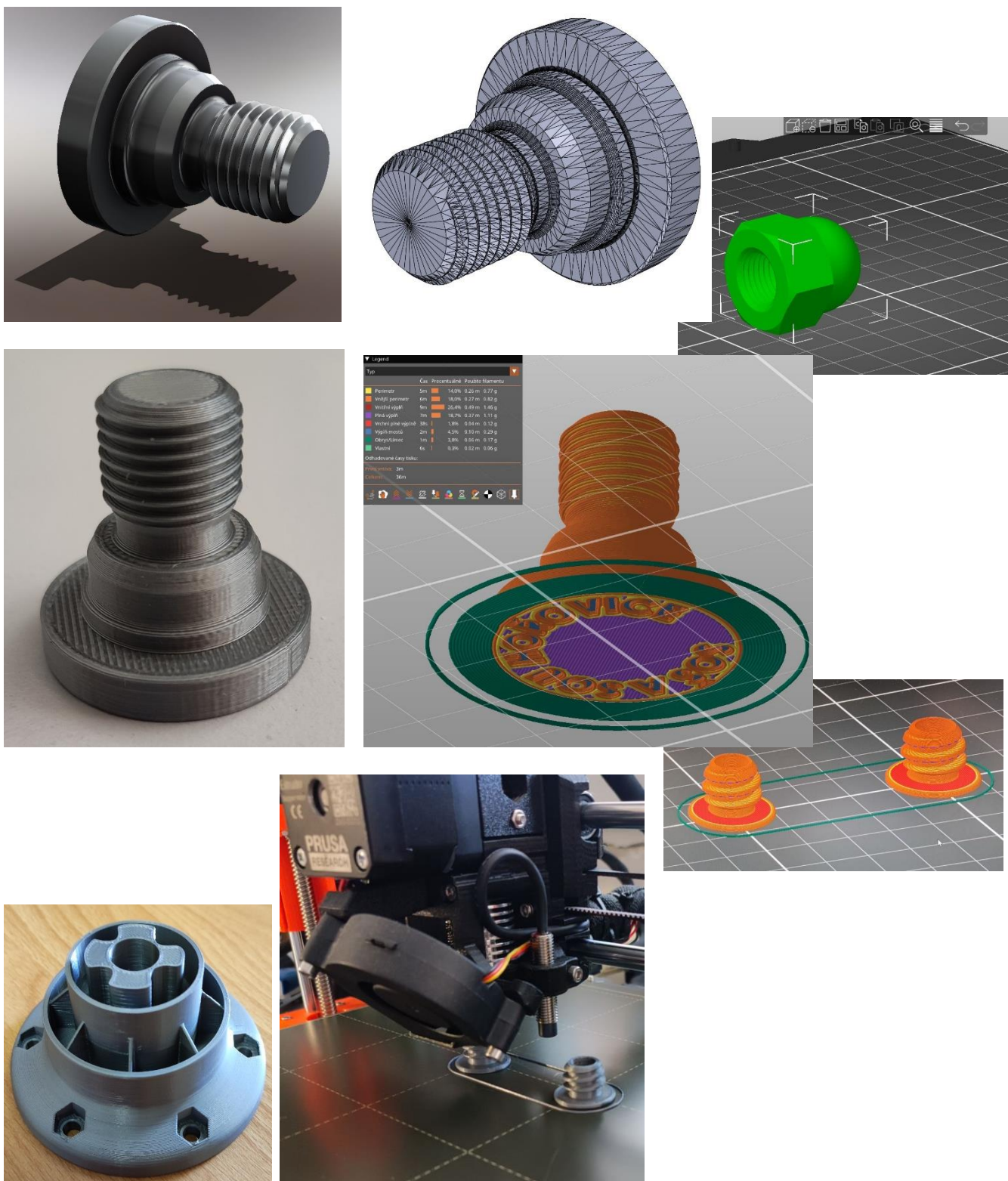


Obr. 21



Obr. 22

Jiné objekty – 3D tisk



Obr. 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 a 30

Výsledek tisku desek studentů a učitele



Odkazy na videa:

<https://youtu.be/iXJwZWD0Atg><https://youtu.be/s4a2ICKUn9w>https://youtu.be/-YAyFKF_KdQ<https://youtu.be/tEq-sctaB0Y><https://youtu.be/4woBmNmDCGo><https://youtu.be/1QGQeNg1tGY><https://youtu.be/a-ZtbKgglAI><https://youtu.be/JT0bFqSNhqA><https://youtu.be/QQXdraAV1do>