

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh vstřikovací formy pro kryt mobilního telefonu

Autor: **Josef HRŮZA**

Vedoucí práce: **Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojn
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef HRŮZA**
Osobní číslo: **S15B0205P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Design průmyslové techniky**
Název tématu: **Návrh vstřikovací formy pro kryt mobilního telefonu**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracování rešerše na téma vstřikovací formy. Návrh vstřikovací formy pro kryt mobilního telefonu. Vypracování analýzy plnění, predikce vad, atd. Výkresová dokumentace: výkres sestavení, seznam položek a výrobní výkres.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše na zadané téma
2. Návrh a analýza vstřikovací formy
3. Vypracování 3D modelu vstřikovací formy
4. Zhodnocení návrhu a výkresová dokumentace

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

BEAUMONT, J. P. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding.* Cincinnati: Hanser, 2007

ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů.* Praha: BEN - technická literatura, 2009

KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním.* Praha: SNTL, 1986

KOLOUCH, J. *Strojní součásti z plastů.* Praha: SNTL, 1981

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Eva Kubec Krónerová, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Vaclava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Evě Kubec Krónerové, Ph.D. za vedení, odborné konzultace a podporu při zpracování bakalářské práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hrůza	Jméno Josef		
STUDIJNÍ OBOR	B 2341 „Design průmyslové techniky“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kubec Krónerová, Ph.D.	Jméno Eva		
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh vstřikovací formy pro kryt mobilního telefonu			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	45	TEXTOVÁ ČÁST	30	GRAFICKÁ ČÁST	15
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje návrh vstřikovací formy na výrobu krytu mobilního telefonu. Byla provedena simulace vstřikování v programu Autodesk Simulation Moldflow adviser 2015 a 3D návrh formy v programu Autodesk Inventor Professional. Z tohoto návrh byla zpracována výkresová dokumentace.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>vstřikování, vstřikovací forma, návrh formy, CAD, počítačová simulace, analýza, model, vtok</p>

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Hrůza	Name Josef	
FIELD OF STUDY	B 2341 “ Design of Manufacturing Machines“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kubic Krónerová, Ph.D.	Name Eva	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of injection mold for mobile phone case		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	45	TEXT PART	30	GRAPHICAL PART	15
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The Bachelory thesis contains the proposal of injection mold for the production of mobile phone case. Injection molding simulation was performed in the Autodesk Simulation Moldflow adviser 2015 and suggest 3D injection mold in the Autodesk Inventor Professional. Technical drawings were created from this design.
KEY WORDS	injection, incetion mold, mold design, CAD, computer symulatin, analysis, model, intake

Obsah

1	Úvod	2
2	Zadání	2
3	Vstřikování plastů	4
3.1	Průběh vstřikování	4
3.2	Vstřikovací stroje – lisy	5
3.3	Vstřikovací forma	6
3.3.1	Vtoková soustava	7
3.3.2	Vyhazovací systém	10
3.3.3	Temperační systém	10
4	Specifikace výrobku	11
5	Simulace vstřikování	11
5.1	Analýza plnění	13
5.1.1	Předpověď kvality – Quality prediction	14
5.1.2	Spolehlivost výplně – Confidence of fill	14
5.1.3	Čas plnění – Fill time	15
5.1.4	Vstřikovací tlak – Injection pressure	16
5.1.5	Vzduchové kapsy – Air traps	17
5.1.6	Studené spoje – Weld lines	18
5.2	Zhodnocení analýz	19
6	Konstrukční návrh vstřikovací formy	20
6.1	Sestava desek formy	20
6.2	Dělicí rovina	20
6.3	Pevná část formy	21
6.3.1	Tvárnice	22
6.3.2	Vtoková soustava	22
6.4	Pohyblivá část formy	23
6.4.1	Tvárník	24
6.4.2	Vyhazovací systém	24
6.5	Temperační systém	26
7	Závěr	27

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout vstřikovací formu se studenou vtokovou soustavou, na výrobu plastového krytu mobilního telefonu. Celá práce se skládá ze čtyř hlavních částí. V první části je zpracována rešerše technologie vstřikování plastů, po ní následuje část věnující se analýze plnění součásti, další je praktický 3D návrh vstřikovací formy a výkresová dokumentace.

2 Zadání

Vypracování rešerše na téma vstřikovací formy. Návrh vstřikovací formy pro kryt mobilního telefonu. Vypracování analýzy plnění, predikce vad, atd. Výkresová dokumentace: výkres sestavení, seznam položek a výrobní výkres.

Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Název	Jednotka
t	Čas	s
t	Teplota	°C
m	Hmotnost	g
l	Délka	mm
P	Tlak	MPa
ρ	Hustota	kg/m ³
Q _p	Plastifikační kapacita	kg/h
v	Objemová vstřikovací rychlost	cm ³ /s

3 Vstřikování plastů

Vstřikování je jednou z hlavních metod pro zpracování plastů. Vstřikování umožňuje ekonomicky výhodně produkovat kvalitní a dostatečně přesné výrobky (výstřiky) ze široké škály plastů. Lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů. Vstřikují se i některé reaktoplasty a kaučuky.

Vstřikováním do forem se vyrábějí z roztaveného materiálu jednoduché i velmi složité výrobky ve vícedílných formách. Vstřikování je vhodné pro velkosériovou a hromadnou výrobu.

Přednosti vstřikování plastů do forem:

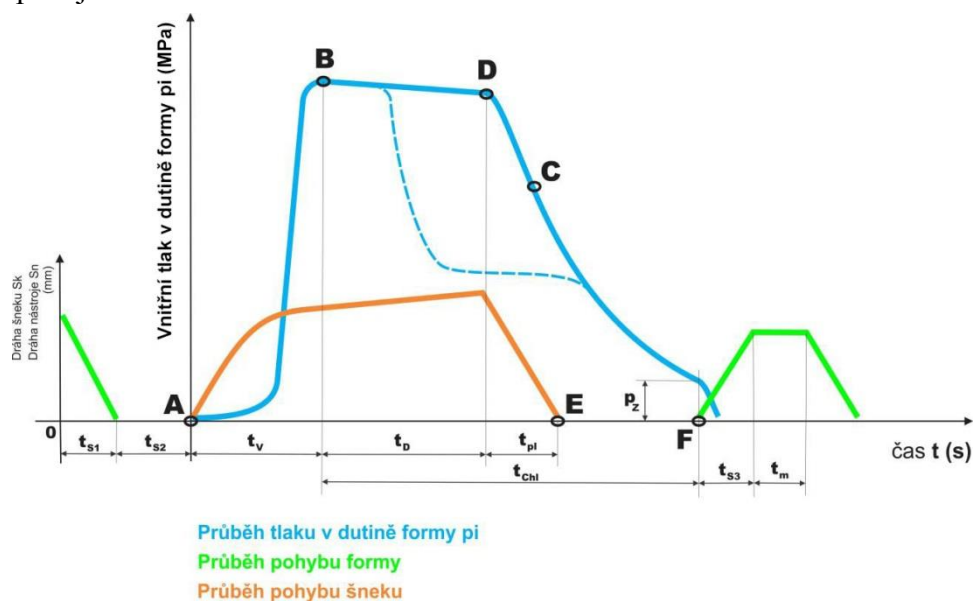
- hotový výrobek je vyroben ze základní suroviny jednou výrobní operací
- krátký čas cyklu
- výstřiky nepotřebují žádné nebo jen nepatrné úpravy
- proces je plně automatický a má velkou opakovanou přesnost

Nevýhody vstřikování:

- vysoké investiční náklady
- dlouhá doba výroby formy
- neúměrná velikost zařízení v porovnání s velikostí výrobku

3.1 Průběh vstřikování

Plast v podobě granulí je z násypky odebírán pracovní částí vstřikovacího stroje (šnekem, pístem), která hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a tepla plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována vysokou rychlostí do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze pro snížení smrštění a rozměrových změn. Tavenina je postupně ochlazována temperačním systémem, dokud neztuhne do podoby finálního výrobku. Potom se forma otevře, výrobek je vyhozen a celý cyklus se opakuje.



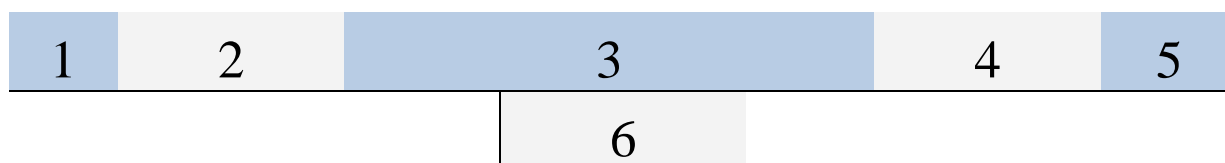
Obr. 1 Průběh vnitřního tlaku během vstřikování [1]

Průběh:

- A – začátek vstřikování
- B – konec plnění formy
- C – začátek dotlaku
- D – konec dotlaku
- E – konec chlazení

Popis časů:

- | | |
|---|----------------------------------|
| t_{s1} – uzavření formy | t_{pl} – doba plastikace |
| t_{s2} – přisunutí vstřikovací jednotky | t_d – doba dotlaku |
| t_{s3} – otevření formy | t_{ch} – celková doba chlazení |
| t_{v1} – plnění formy | t_m – prodleva |
| t_{v2} – stlačování taveniny | |



Obr. 2 Časový graf vstřikovacího cyklu

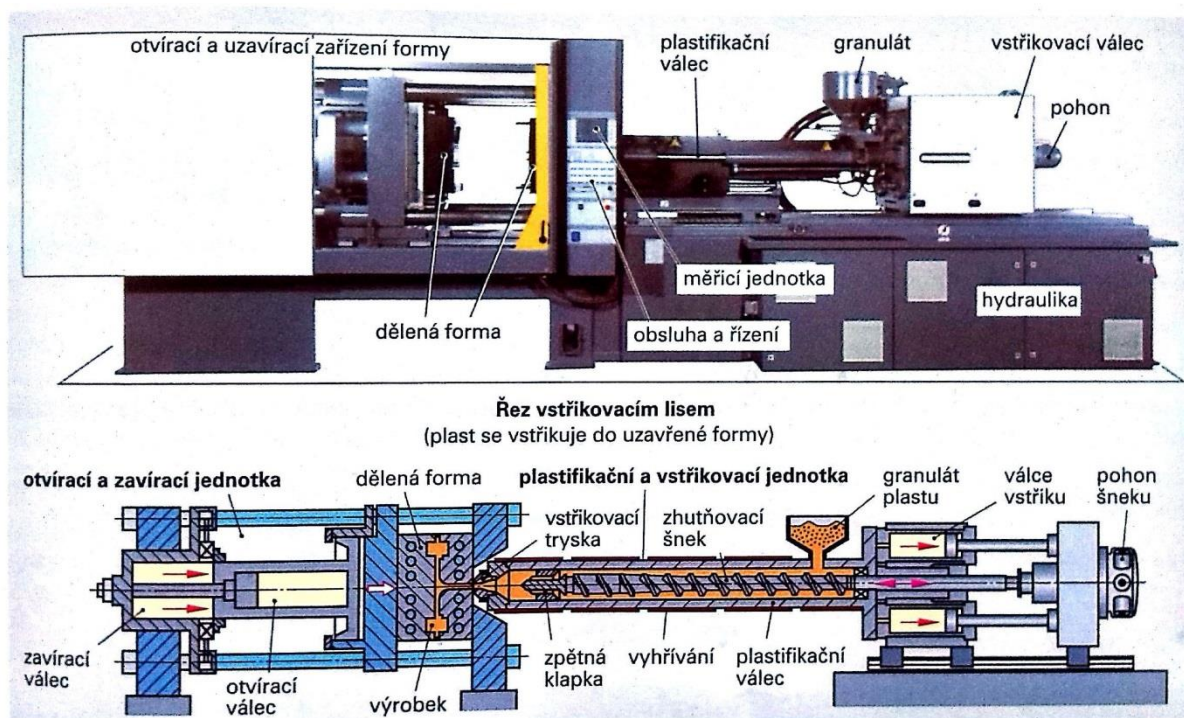
1. vstřikování, 2. Dotlačování, 3. Chladnutí, 4. Otevření formy a vyhození výrobku, 5. Uzavření formy a dosednutí vstřikovací jednotky, 6. Plastikace nové dávky

3.2 Vstřikovací stroje – lisy

Vstřikovací lis se skládá ze dvou částí ležících na společném podstavci. A to z vstřikovací jednotky a z uzavírací jednotky.

Vstřikovací jednotka obsahuje plastifikační válec s vytlačovacím šnekem, násypku, topení, tavicí komory a trysky. Dochází v ní k přeměně granulátu plastu v taveninu a následnému vstříknutí taveniny do formy.

Zavírací jednotka slouží k zavírání a otevírání formy a zajišťuje, že při vstříknutí taveniny tlakem nedojde k otevření formy. Skládá se z těchto hlavních částí: opěrné desky, pohyblivé upínací desky, upínací desky s otvorem pro trysku, vodící sloupy, uzavíracího a přidržovacího mechanismu.



Obr. 3 Vstřikovací lis [2]

Základním parametrem vstřikovacího stroje je *maximální vstřikovací objem výstřiku* (cm^3). Obdobným parametrem je *vstřikovací kapacita stroje* [g]. Dalšími parametry jsou: *plastifikační kapacita* [kg/h], *vstřikovací tlak* [Mpa], *uzavírací a přidržovací síla*, a *plocha upínacích desek*.

3.3 Vstřikovací forma

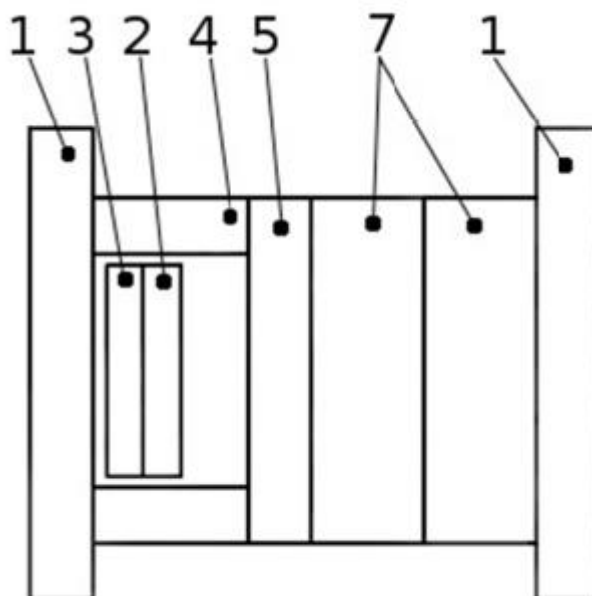
Vstřikovací forma je významnou součástí vstřikovacího stroje. Její funkcí je dát tavenině výsledný tvar výstřiku a ochladit ji do tuhého stavu. Formy musí odolávat vysokým tlakům, musí produkovat výstřiky o přesných rozměrech, musí umožnit snadné vyjmutí výstřiků a musí pracovat automaticky.

Rozdělení vstřikovacích forem:

- podle násobnosti
 - jednonásobné
 - vícenásobné
- podle způsobu zaformování a konstrukčního řešení
 - dvoudeskové
 - třídeskové
 - etážové
 - čelist'ové
 - vytáčecí
- podle konstrukce vstřikovacího stroje
 - vstřik kolmo na dělicí rovinu (do osy)
 - vstřik do dělicí roviny (do spáry)

Části vstříkovací formy:

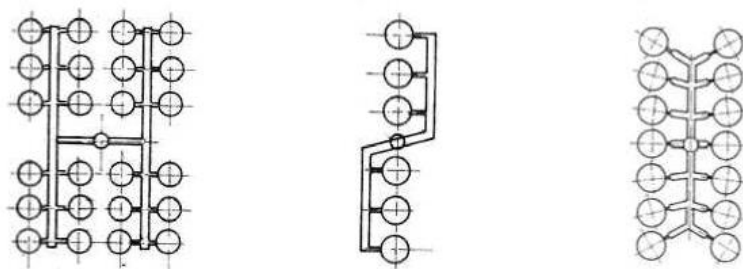
1. upínací a vodící elementy
2. kotevní desky
3. vyhazovací systém
4. rozpěrky
5. opěrné desky
6. vodící části
7. funkční části formy
 - tvárník a tvárnice
 - jádra
 - kolíky
 - součásti pro formování závitů
8. vtokový systém
9. chladičí (temperační) systém



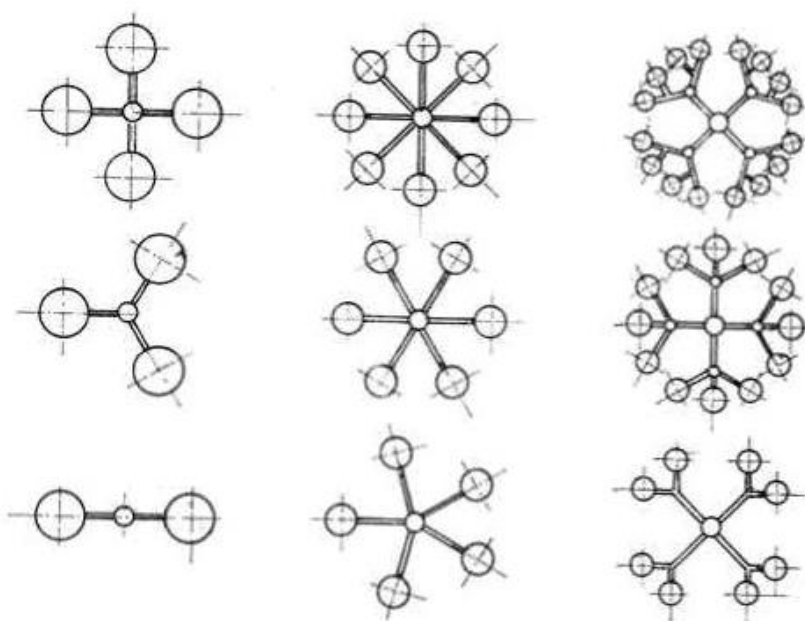
Obr. 4 Popis vstříkovací formy

3.3.1 Vtoková soustava

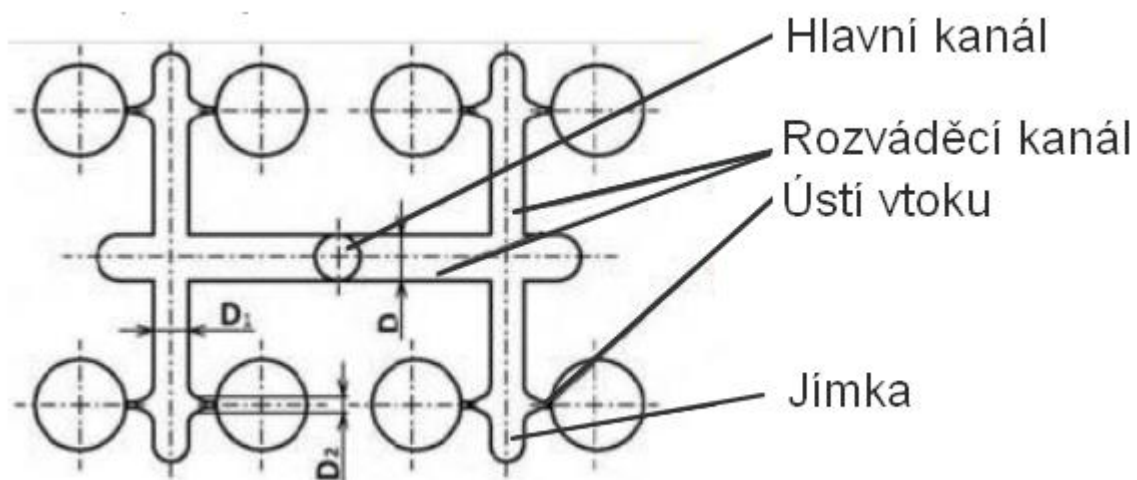
Kvalitu výstřiku nejvíce ovlivňuje vtoková soustava, která musí zajišťovat správné naplnění dutiny formy, snadné odtržení nebo oddělení od výstřiku. Vtok má být zásadně řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát, co nejrychleji a pokud možno všude ve stejném čase. U vícenásobných vstříkovacích forem je nejdůležitějším požadavkem, aby všechny tvarové dutiny byly plněny současně a při stejných technologických podmínkách. Tvarové dutiny je možné umístit buď v řadě, nebo do hvězdy. Kdy z hlediska plnění dutin je lepší uspořádání do hvězdy, protože k zaplnění dochází ve stejném čase a při stejném tlaku a není tak třeba provádět korekce ústí vtoku.



Obr. 5 Uspořádání dutin do řady [4]



Obr. 6 Uspořádání dutin do hvězdy [4]



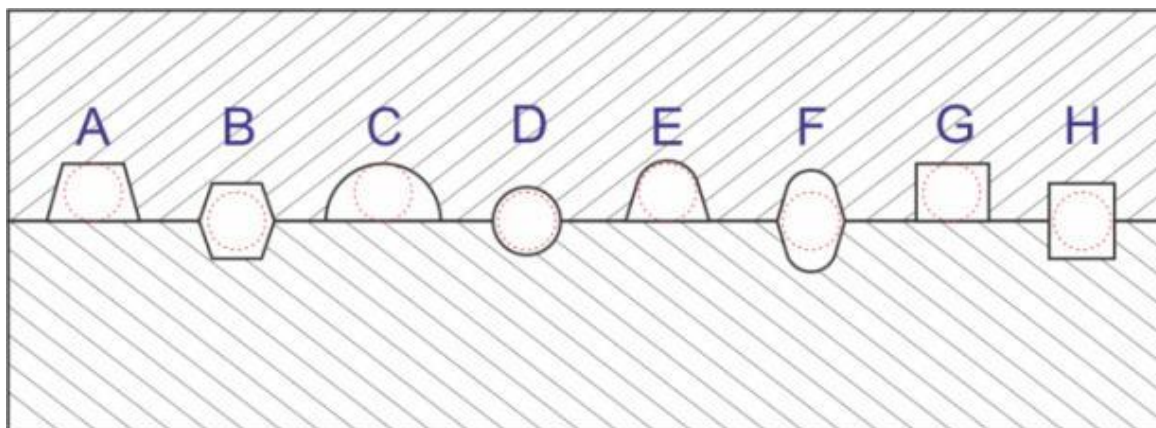
Obr. 7 Schéma vtokové soustavy [4]

Hlavní vtokový kanál:

Je kolmý na zbytek vtokové soustavy a přímo navazuje na trysku vstřikovací jednotky. U jednonásobné formy přivádí roztavený polymer do ústí vtoku. U vícenásobné formy na něj navazuje rozváděcí kanál. Mívá kuželovitý tvar.

Rozváděcí kanál

Přivádí taveninu od hlavního vtokového kanálu k jednotlivým vtokovým ústím. Správně navrhnutý vtokový kanál zaručuje bezztrátové přivedení taveniny do dutiny formy. Součástí rozváděcího kanálu je tzv. jímka, která brání postupu chladnější části taveniny dále do rozváděcího kanálu. Nejčastěji se používají kruhové nebo lichoběžníkové průřezy.



Obr. 8 Průřezy rozváděcích kanálů [6]

Vtokové ústí

Zúžený spoj, který zajišťuje vtečení taveniny do dutiny formy. Zúžení se používá za účelem zvýšení teploty taveniny před vstupem do dutiny a pro snadnější odtrhnutí výstříku od zbytku vtokové soustavy. Obvykle se umísťuje na nejtlustší stěnu výrobku do středu tvarové dutiny. Neumísťuje se do pohledové části. Existuje několik tvarů vtokového ústí, které se volí podle tvaru dutiny tak, aby bylo zajištěno její rovnoměrné naplnění.

Tvary vtokového ústí:

- kuželový
- bodový
- kotoučový
- deštníkový
- štěrbinový
- mečový
- kruhový
- tunelový
- boční
- vícenásobný

3.3.2 Vyhazovací systém

Slouží k vyhození výstřiku a vtokové soustavy, které při ochlazování ulpívají na tvarových součástech formy. K tomu se používají vyhazovače, které mohou být:

- mechanické
- hydraulické
- pneumatické

Nejčastěji se používají mechanické vyhazovače, mezi které patří vyhazování pomocí kolíků, stíracích desek nebo stíracích kroužků. Z nich nejpoužívanější je vyhazování pomocí kolíků, které je zároveň nejjednodušší a nejlevnější. Nevýhodou je, že zanechává ve výstřiku stopy po vyhození. U tenkostěnných výrobků se používají stírací desky, stírací kroužky nebo trubkové vyhazovače, s nimiž nehrozí prolomení stěny výstřiku. Pro vyhazování hlubokých výstřiků se používá stlačený vzduch. V některých případech je potřeba volit speciální uspořádání formy jako je například čelist'ová forma.

3.3.3 Temperační systém

Slouží k ochlazování (temperování) forem. Teplota formy a způsob temperace má výrazný vliv na průběh vstřikování. Cílem je dosáhnout co nejkratších vstřikovacích cyklů při zachování požadované kvality výrobků za pomoci správně navrhnutého chlazení formy. Je vhodnější používat větší množství temperačních kanálů s menším průřezem než menší množství kanálů s větším průřezem.

Části temperačního systému:

- temperační a řídicí jednotka
- temperační kanály
- spojovací prvky
- temperační medium

Temperování se běžně provádí vodou, která protéká kanály umístěnými v deskách formy. Voda dokáže formu temperovat až do 90 °C. Při temperování na vyšší teploty se používají oleje. Kanály by měly být umístěny tak, aby docházelo k rovnoměrnému ochlazování celé dutiny formy.

4 Specifikace výrobku

Forma bude navržena pro kryt mobilního telefonu, sloužící k ochraně před poškrábáním samotného telefonu. Konkrétně se jedná o kryt pro Apple Iphone 5/ 5s viz obr. 9. Model má rozměry: š.: 61 mm, d.:126 mm, tl.: 9mm a jeho hmotnost je 10 g. Bude vyroben z materiálu Iupilon H-3000 - PC – Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation.



Obr. 9 Kryt mobilního telefonu Iphone 5/ 5s [7]

5 Simulace vstřikování

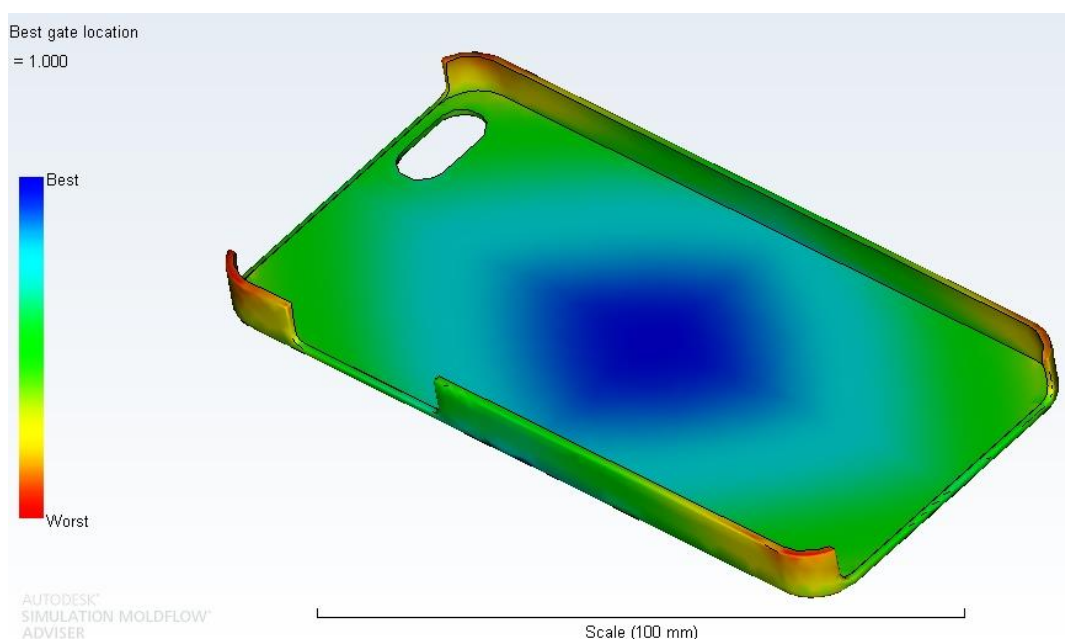
Simulace průběhu vstřikování součásti byla provedena v programu Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2015. Tento program posloužil k porovnání variant umístění vtoku a k analýze plnění součásti. Porovnávalo bylo několik poloh vtoku a z nich byla vybrána jedna varianta. Model součásti byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2014, poté byl importován do programu Simulation Moldflow Adviser 2015.

Nejprve byla provedena analýza umístění vtoku. Před touto operací musel být vybrán materiál a nastaveny procesní podmínky vstřikování. Materiál byl zvolen Iupilon H-3000 - PC – Mitsubishi. Teplota formy byla nastavena na 100 °C, teplota taveniny na 300 °C a maximální vstřikovací tlak stroje na 180 MPa. Tyto hodnoty jsou převzaty od výrobce materiálu.

Fyzikální vlastnosti	Hodnota	Jednotka	Norma
Hustota	1200	kg/m ³	ISO 1183
Nasákavost	0,24	%	ISO 62
Smrštění formy	0,6	%	ISO 294-4, 2577
Mechanické vlastnosti			
Napětí na mezi kluzu	62	MPa	ISO 527-1/-2
Modul pružnosti v tahu	2400	MPa	ISO 527-1/-2
Charpy - vrubová houževnatost při 23 °C	9	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Tepelné vlastnosti			
Koeficient délkové roztažnosti	66	10 ⁻⁶ /K	ISO 11359-1/-2
Tvarová stálost za tepla A	123	°C	ISO 75-1/-2 (1,8 MPa)
Tvarová stálost za tepla B	136	°C	ISO 75-1/-2 (0,45 MPa)

Tabulka 1 Iupilon H-3000 - PC – Mitsubishi [8]

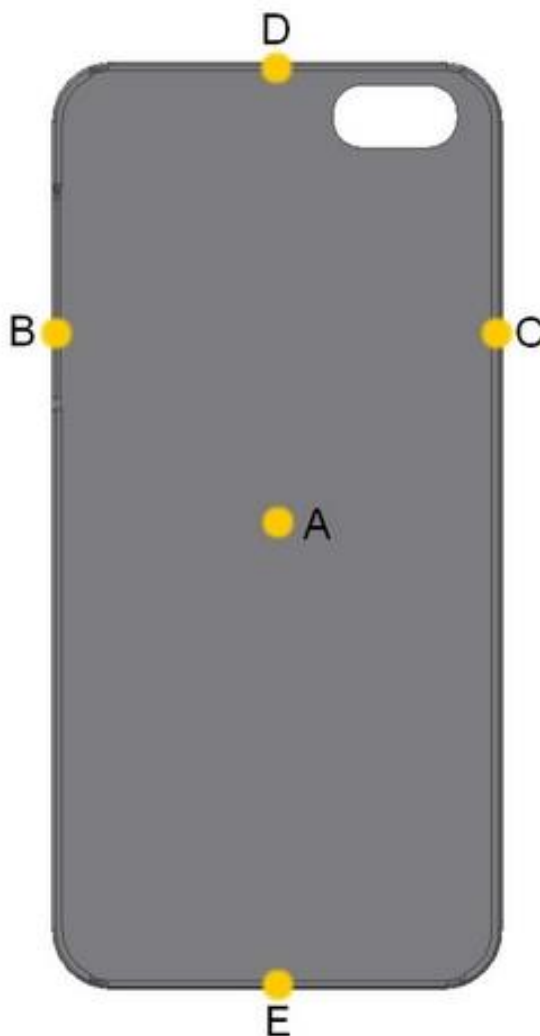
Potom proběhla samotná analýza. Na obr. 10 je znázorněno nejvhodnější místo barevně dle stupnice od červené po modrou. Program vyhodnotil jako nejlepší polohu vtoku ve středu vnitřní plochy součásti. Umístění vtoku do tohoto místa by však způsobilo nevzhlednou plochu po odformování. Dokonce by při oddělování vtoku od výrobku mohl být poškozen i samotný výrobek. Proto byla tato varianta zamítnuta.



Obr. 10 Výsledek analýzy vhodného umístění vtoku

5.1 Analýza plnění

Následovala analýza čtyř dalších umístění vtoků umístěných po obvodu výrobku, viz obr. 11. Umístění vtoků navržené programem bylo použito pro srovnání jako referenční. Porovnávanými parametry byly: předpověď kvality, spolehlivost výplně, čas plnění, vstřikovací tlak a výskyt vzduchových kapes a studených spojů.



Obr. 11 Varianty umístění vtoků

5.1.1 Předpověď kvality – Quality prediction

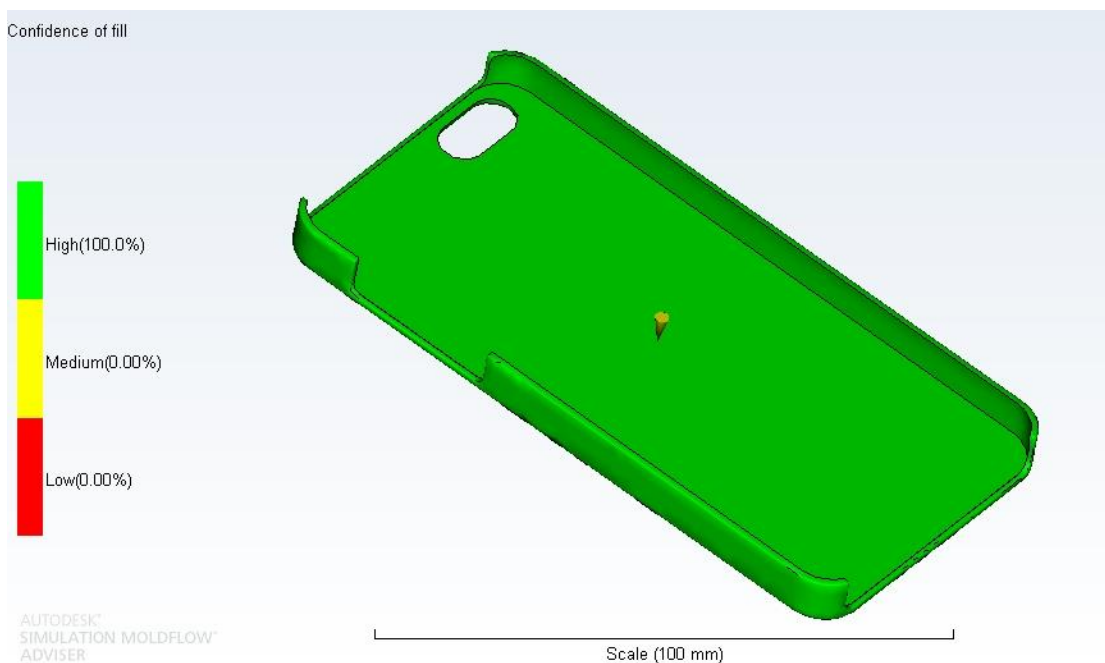
Dle této analýzy je předpokládaná kvalita vstříku hodnocena u všech variant jako stoprocentní, viz obr. 12.



Obr. 12 Výsledek analýzy předpovědi kvality - Quality prediction

5.1.2 Spolehlivost výplně – Confidence of fill

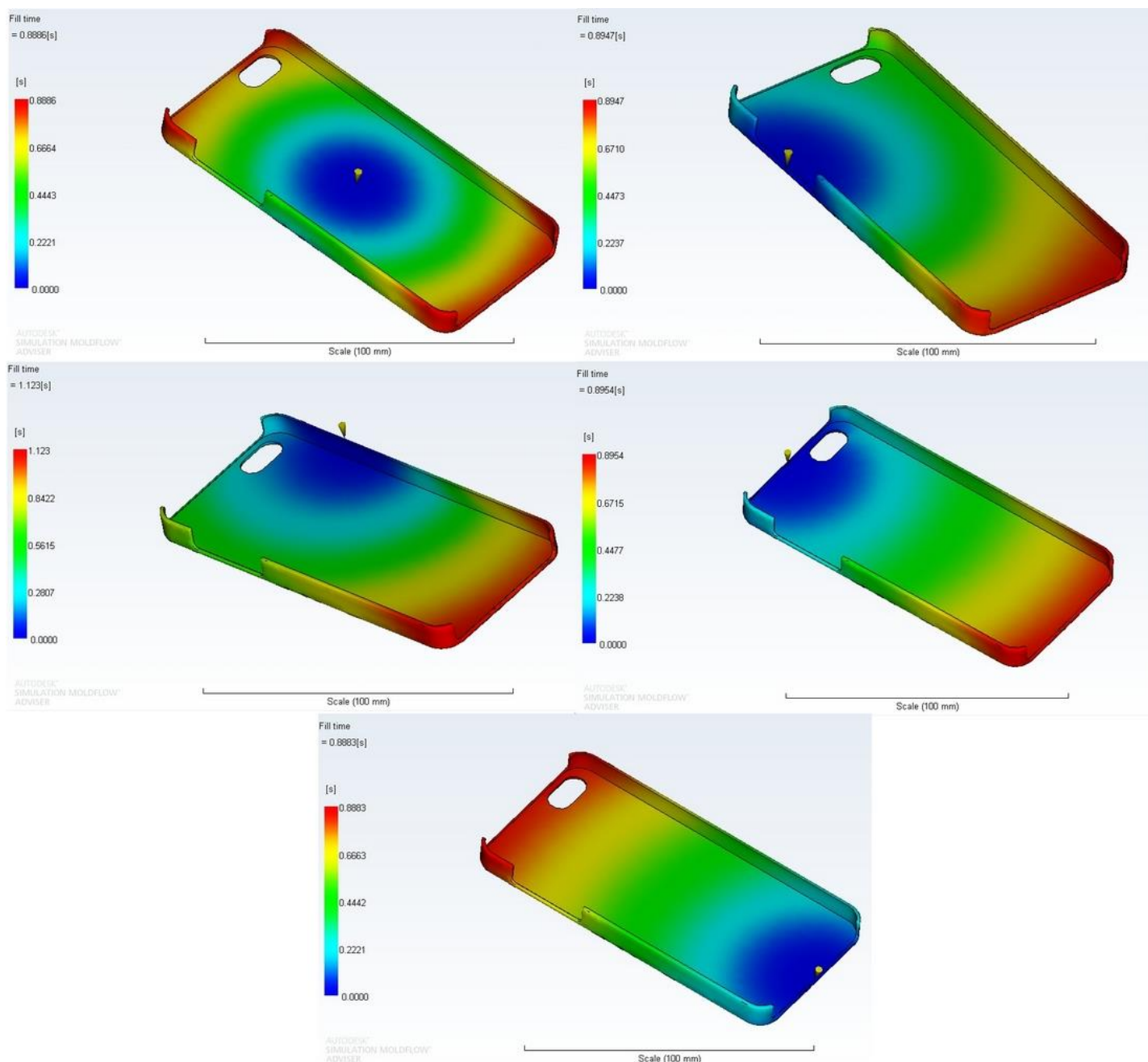
Analýza spolehlivosti výplně dutiny je pro všechny varianty umístění stejná a je ohodnocena na 100 %.



Obr. 13 Výsledek analýzy spolehlivosti výplně - Confidence of fill

5.1.3 Čas plnění – Fill time

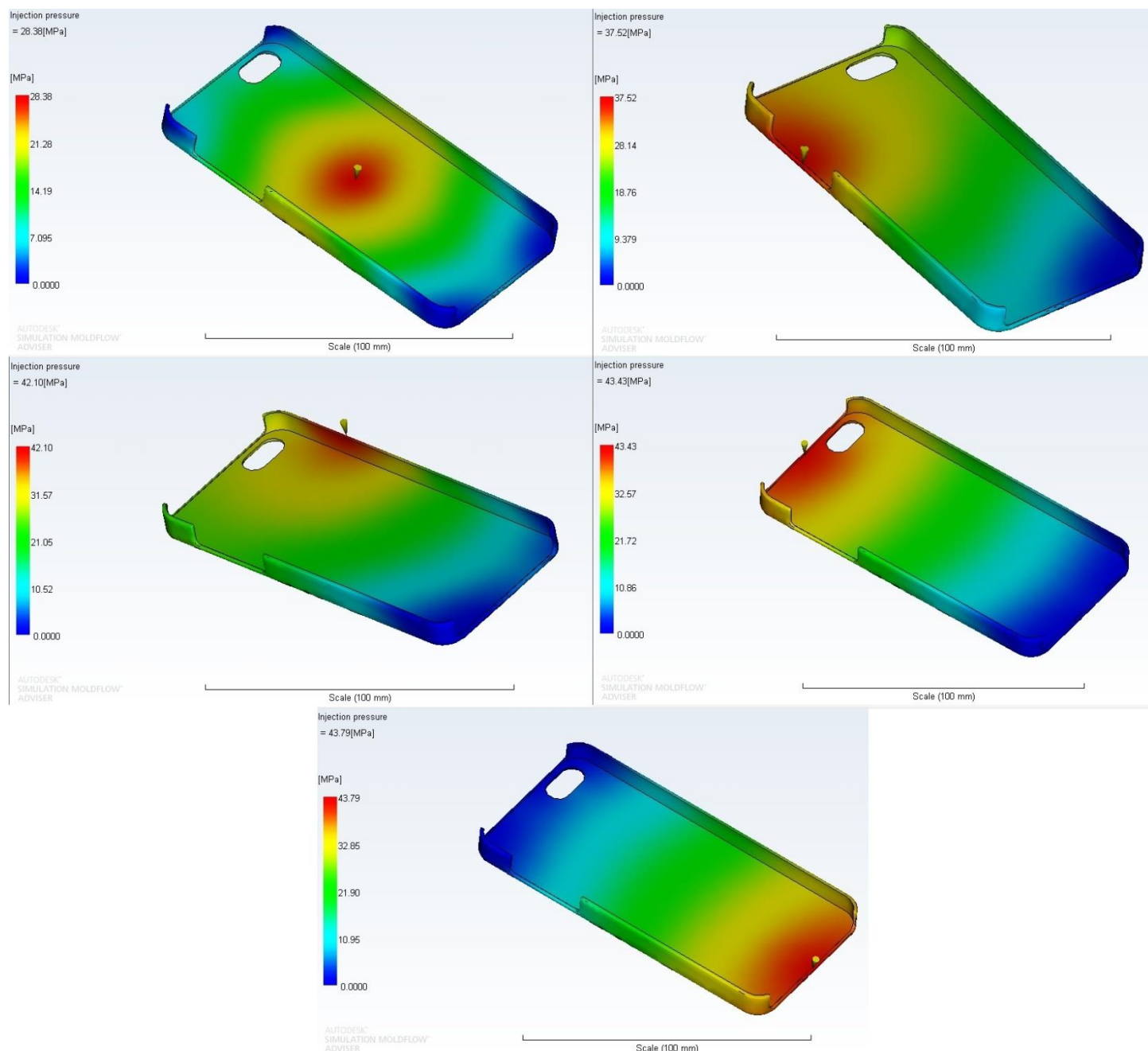
Předpokládaný naplnění dutiny je u variant A, B, D, E téměř stejný. Pohybuje se v hodnotách od 0,8594 s do 0,8947s. Liší se pouze varianta C, kde trvá naplnění 1,123 s. Je to způsobeno tím, že vtok C je umístěn v jiné rovině, než ostatní vtoky. Materiál musí nejprve vyplnit boční stěnu výrobku a až potom vyplní vodorovnou plochu. U zbylých vtoků je tomu přesně naopak. Časový průběh je na obrázcích znázorněn barevně od modré po červenou.



Obr. 14 Porovnání analýz času plnění – Fill time

5.1.4 Vstřikovací tlak – Injection pressure

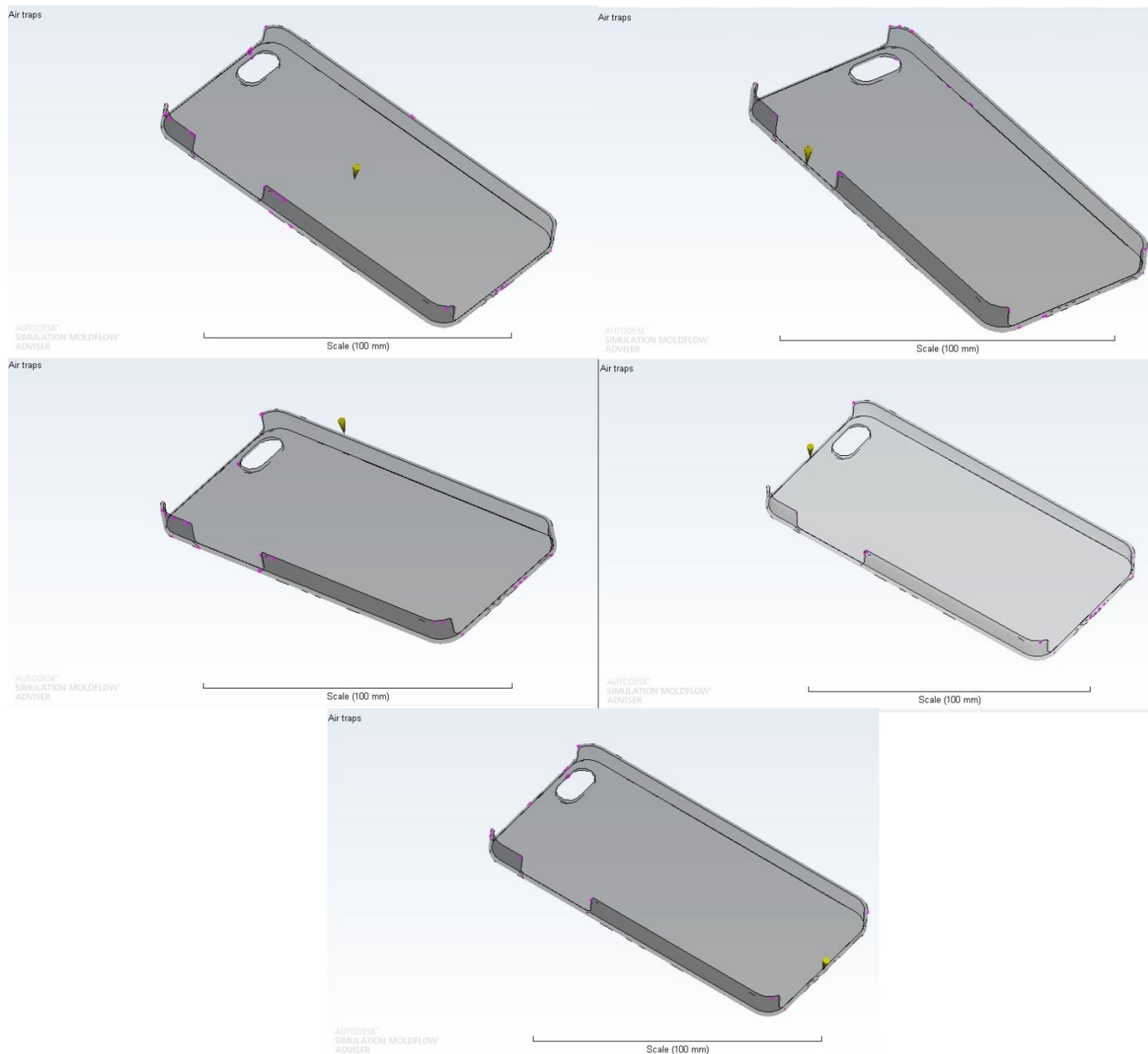
Tato analýza znázorňuje průběh a velikost vstřikovacího tlaku. Nejnižší vstřikovací tlak byl u varianty A 28,38 MPa, a nejvyšší u varianty E 43,79 MPa. Průběh je znázorněn na obrázcích barevně od červené po modrou.



Obr. 15 Porovnání analýz průběhu vstřikovacího tlaku - Injection pressure

5.1.5 Vzduchové kapsy – Air traps

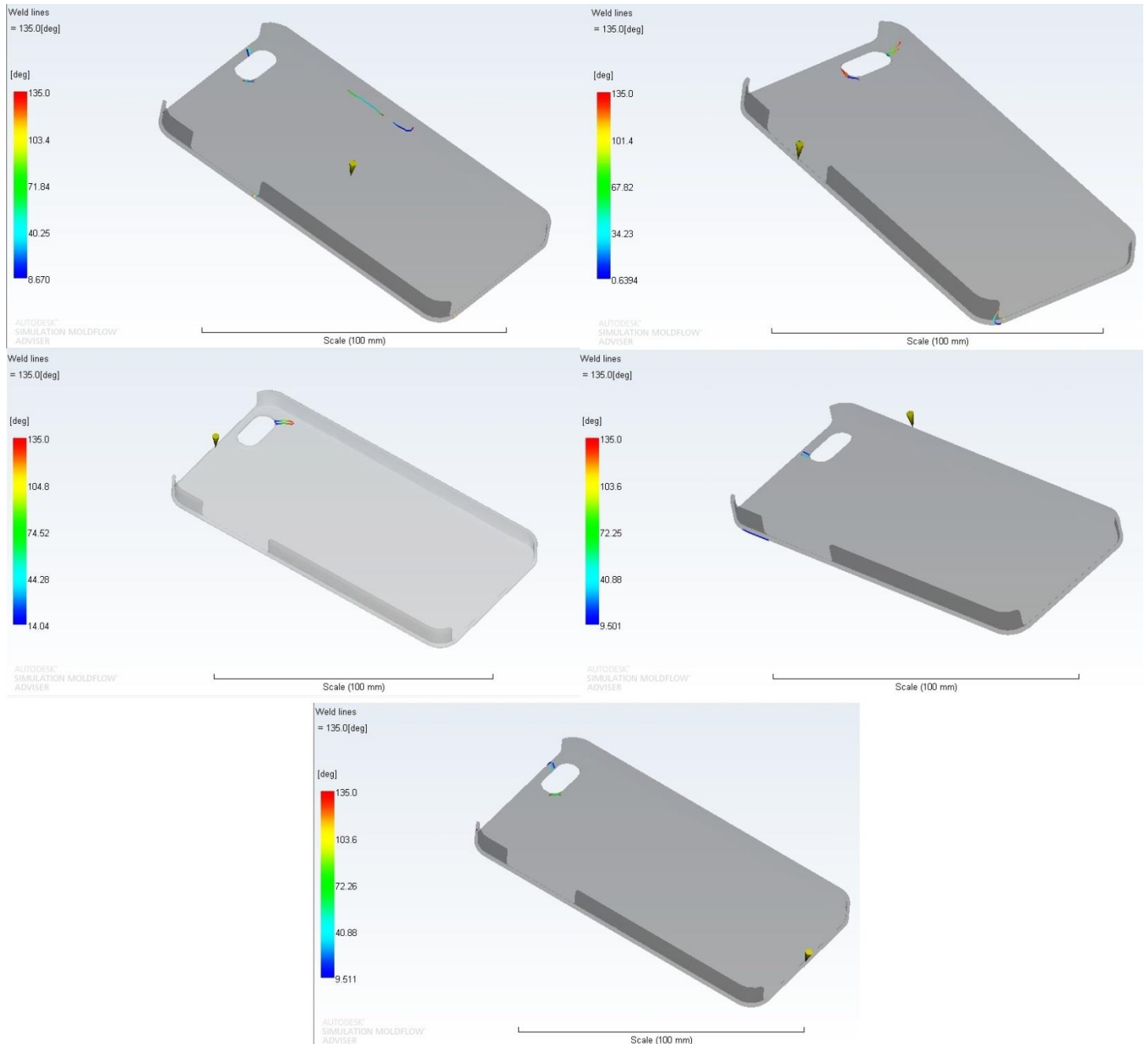
Tato analýza zobrazuje výskyt vzduchových kapes ve výstřiku. Jsou znázorněny fialovou barvou. Z obrázků je patrné, že se vzduchové kapsy vyskytují ve všech variantách po obvodu výstřiku a v oblasti kolem otvoru pro fotoaparát.



Obr. 16 Porovnání analýz výskytu vzduchových kapes - Air traps

5.1.6 Studené spoje – Weld lines

Studené spoje ve výstřiku způsobují pevnostní zeslabení a vzhledové vady. Z analýzy vyplývá, že u všech variant umístění vtoku vznikají studené spoje v okolí otvoru pro fotoaparát. U varianty A navíc i v boční hraně.



Obr. 17 Porovnání analýz výskytu studených spojů – Weld lines

5.2 Zhodnocení analýz

Analýza provedená programem Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2015 vyhodnotila nejvhodnější místo pro umístění vtoku. Po zamítnutí tohoto návrhu byly provedeny simulace vstřikování v dalších čtyřech potenciálních místech vtoku. Ukázaly, že předpokládaná kvalita výstřiku i spolehlivost výplně jsou u všech variant stoprocentní, čas výstřiku se pohybuje okolo jedné vteřiny a vstřikovací tlak okolo 40 MPa. Vzduchové kapsy a studené spoje se vyskytují na stejných místech. Nejsou však v takovém množství, aby zásadně ovlivnili kvalitu výrobku. Z předchozích informací tedy vyplývá, že výsledky jsou si velmi podobné. Po uvážení dalších vlivů jako je výhodné rozmístění ve formě, násobnost formy nebo vzhledové vlastnosti výrobku, bylo zvoleno umístění vtoku na spodní hraně krytu (varianta E).

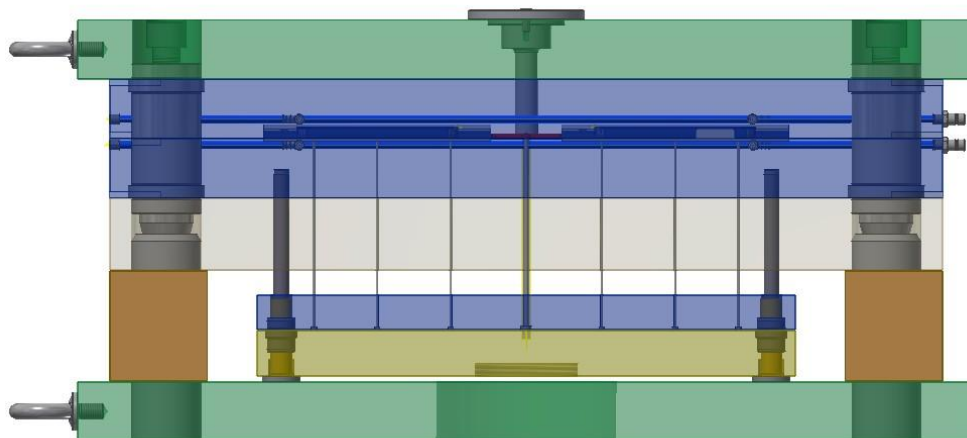
Varianta	Fill time[s]	Confidence of fill[%]	Quality prediction [%]	Injection pressure [MPa]	Air traps[-]	Weld lines[-]
A	0,8886	100	100	28,38	-	-
B	1,123	100	100	42	-	-
C	0,8883	100	100	43,79	-	-
D	0,8947	100	100	37,52	-	-
E	0,8594	100	100	43,43	-	-

Tabulka 2 Porovnání analýz jednotlivých variant umístění vtoku

6 Konstrukční návrh vstříkovací formy

6.1 Sestava desek formy

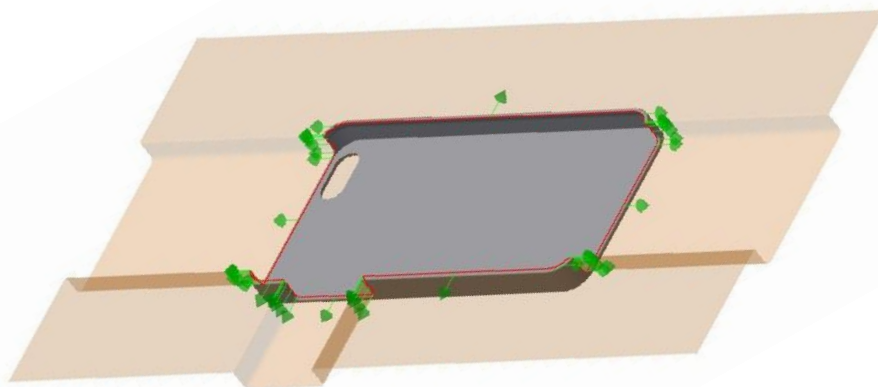
Základem navrhované konstrukce je stavebnicový systém forem dodávaný firmou Meusburger. Jedná se o řadu F, tato forma se skládá z několika desek, které jsou dle potřeby dále obrobena. Například pro vytvoření temperační soustavy nebo dutiny pro vstříkování. Další části formy jako je vyhazovací paket, vedení, vtokový kužel a další, jsou z důvodu výhodné kompatibility také od firmy Meusburger. Rozměry upínacích desek jsou 696 x 646 mm. Rozměr ostatních desek je 646 x 646 mm.



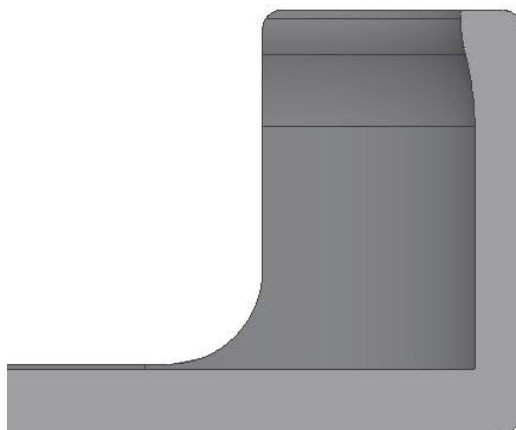
Obr. 18 Sestava vstříkovací formy

6.2 Dělicí rovina

Dělicí rovina rozděluje formu na pevnou a pohyblivou část. Volba dělicí roviny a směru otevírání formy je jedním z prvních kroků při návrhu vstříkovací formy. Její tvar a složitost má vliv na uspořádání kavit ve formě. Po dokončení procesu vstříkování musí zůstat výrobek na pohyblivé straně formy, aby mohl být odformován. Nesmí vzniknout tzv. podkos, tedy takový sklon stěny dutiny formy, který by nedovolil vyhození výstříku. V tomto případě však na vnitřní boční stěně výrobku vzniká mírný podkos. Navrhovaný kryt je ale z pružného materiálu, sklon stěny je mírný a má plynulý náběh, že nebrání vyhození výrobku (obr. 20).



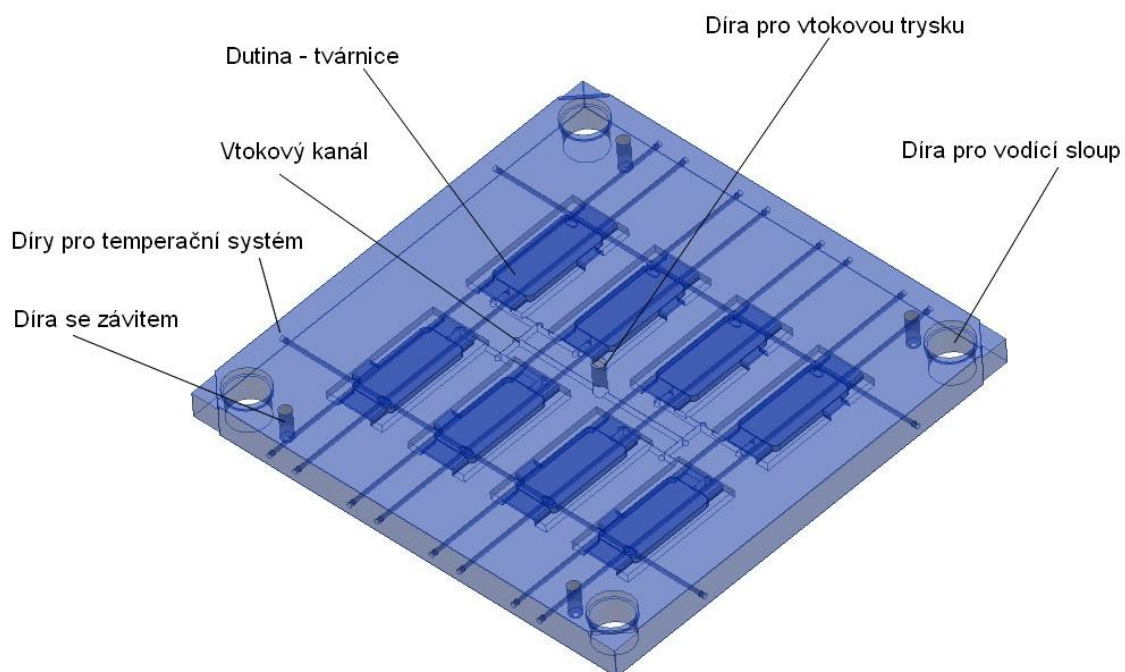
Obr. 19 Dělicí rovina výrobku



Obr. 20 Podkos na vnitřní stěně výrobku

6.3 Pevná část formy

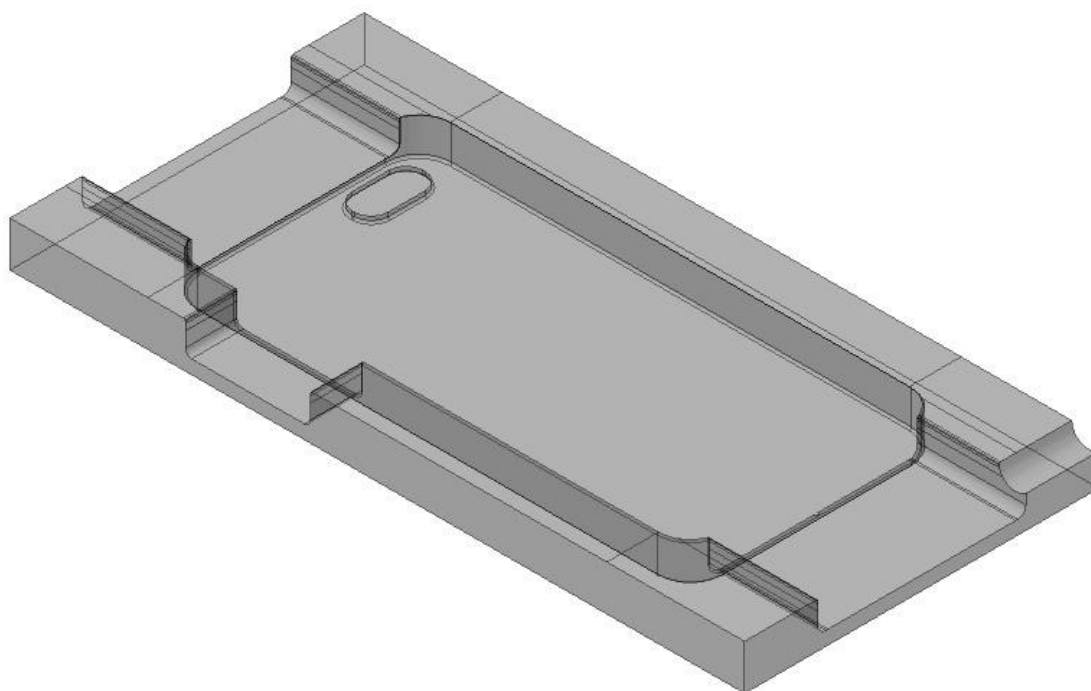
Hlavní částí je pevná deska. Ta má rozměr 646 x 646 x 46 mm. Je to deska dodaná firmou Meusburger ve které jsou díry pro vodící sloupy a díry se závity pro přišroubování k upínací desce. Dále jsou námi do ní vyfrézovány dutiny v podobě tvárnice a vtokové kanály. Dále jsou vyvrtány otvory pro temperační systém a díra pro vtokovou trysku.



Obr. 21 Pevná deska

6.3.1 Tvárnice

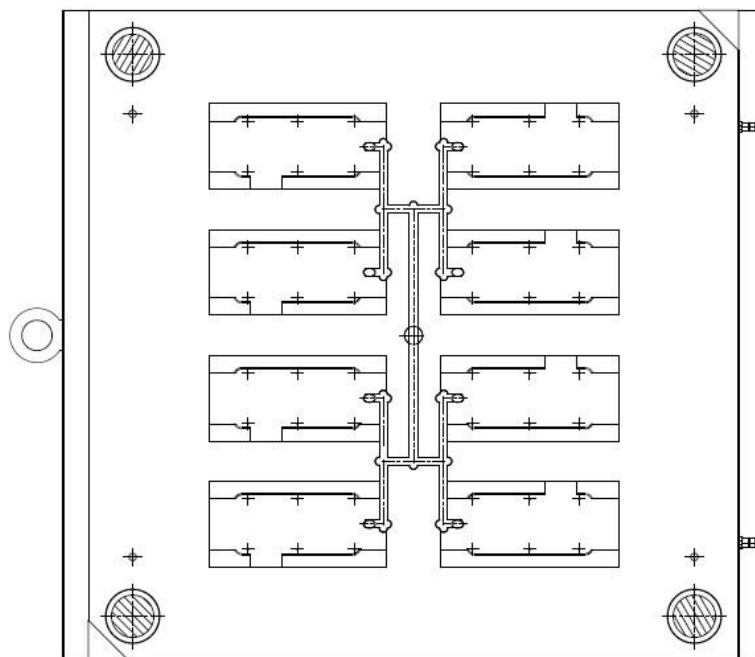
Tvárnice je dutina, která utváří vnější tvar výrobku. Je vyfrézována do pevné desky. Společně s tvárníkem tvoří prostor, která má o 2,3% větší objem, než samotný výrobek. Je to z důvodu smrštění, které nastává po ochlazení výrobku.



Obr. 22 Tvárnice

6.3.2 Vtoková soustava

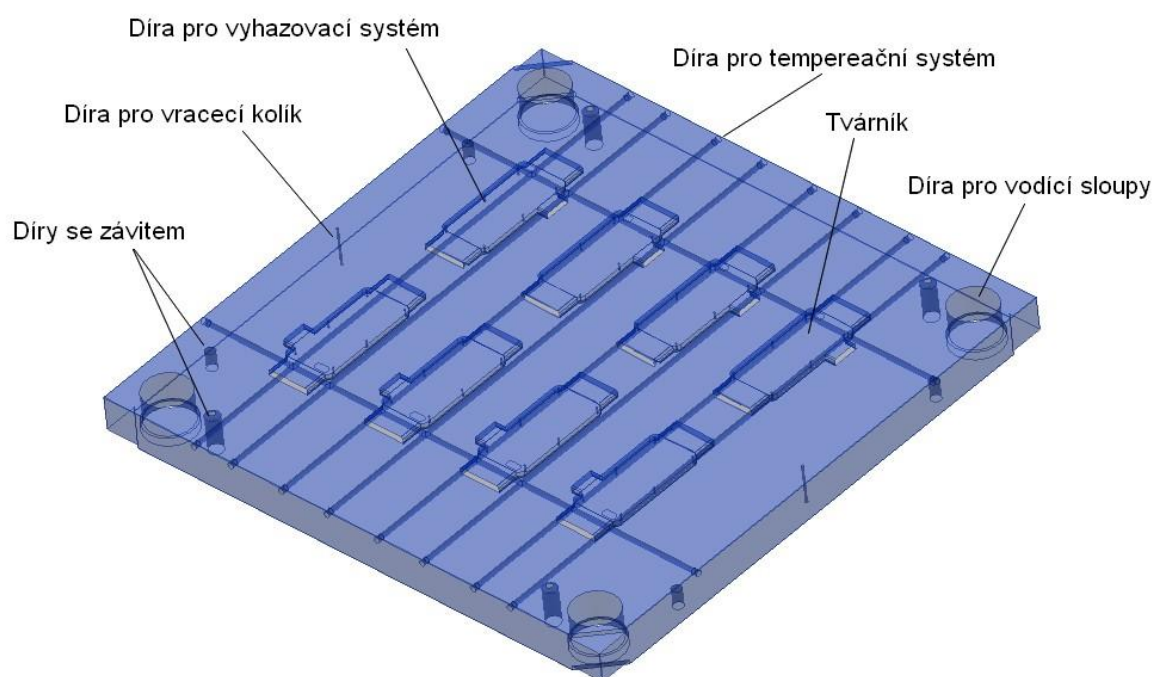
Vtoková soustava se skládá z vtokové trysky, ve které je vtokový kužel a na ni navazují rozváděcí kanály s půlkruhovým průřezem. Jejich rozměry jsou navrženy s ohledem na to, aby nebyla prodlužována doba vstřikování (kanál s velkým průřezem), ani aby nenarůstal vstřikovací tlak (kanál s příliš malým průřezem). Vtoková soustava je zakončena podmořským vtokem s plochým dnem.



Obr. 23 Vtoková soustava

6.4 Pohyblivá část formy

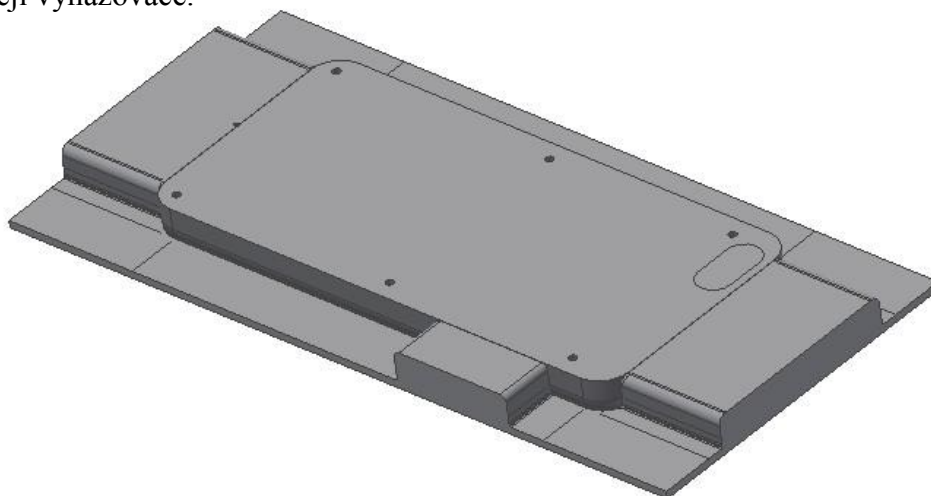
Pohyblivá deska má rozměr 646 x 646 x 46 mm. Je to nakupovaný díl, ve kterém jsou díry pro vodící sloupce a díry se závity pro přišroubování k mezilehlé desce. Dále je deska obrobena, aby na ní mohl vzniknout tvárník. Do desky jsou dále vyvrtány díry pro temperační systém, díry pro vyhazovací soustavu a díry pro vraccí kolíky.



Obr. 24 Pohyblivá deska

6.4.1 Tvárník

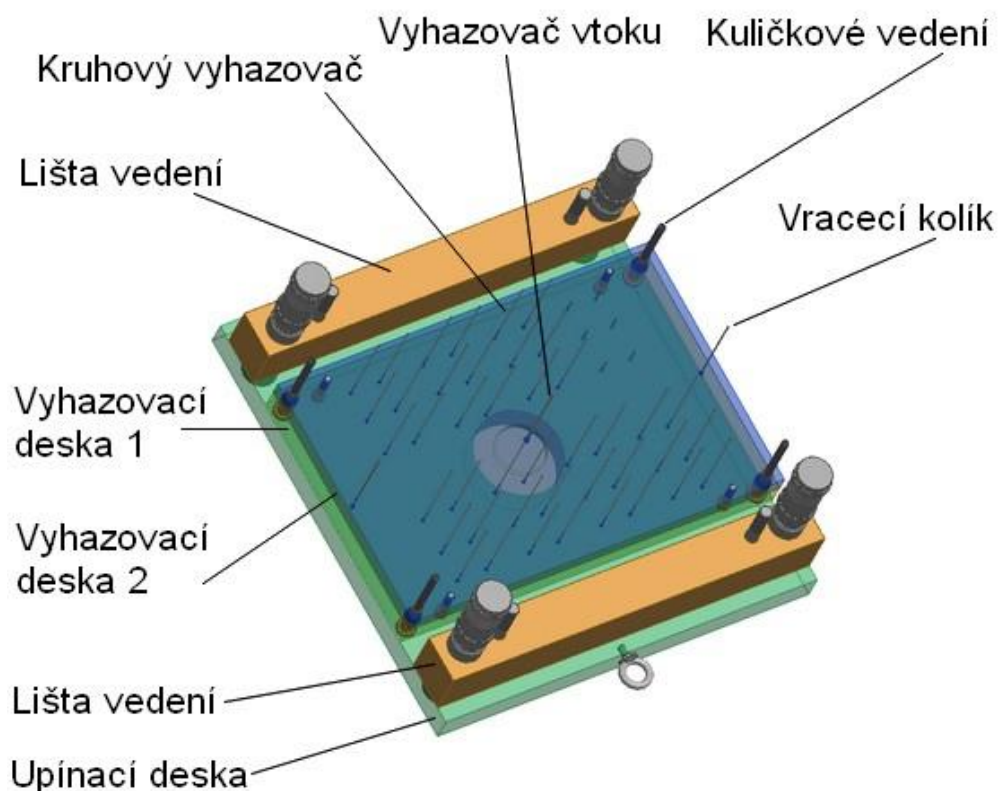
Tvárník je součástí pohyblivé desky a utváří vnitřní tvar výrobku. V tomto případě skrz něj procházejí vyhazovače.



Obr. 25 Tvárník

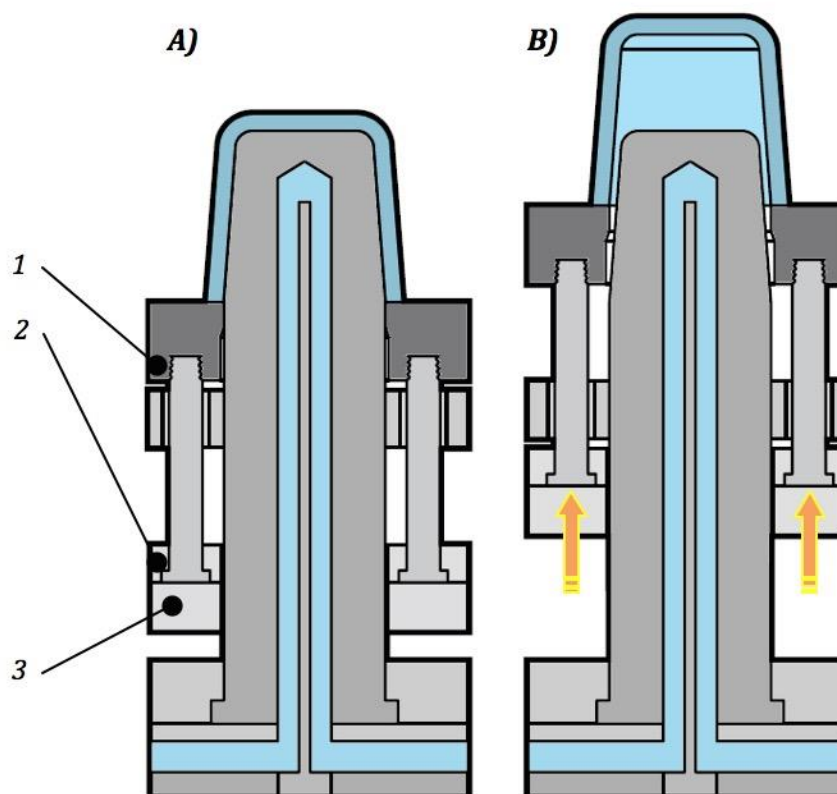
6.4.2 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém slouží k odformování výrobku. Je umístěn na pohyblivé části formy a skládá se z vodících lišt, mezi kterými je umístěn vyhazovací paket. Ten tvoří dvě vyhazovací desky, kuličkové vedení, vyhazovače a vraccí kolíky. Je zde použito 48 kruhových vyhazovačů, pro každý výrobek 6 kusů. Dále jsou použity 3 kruhové vyhazovače pro odformování vtokové soustavy a 2 vraccí kolíky, které slouží jako pojistka a zajišťují, že při zavření formy, budou vyhazovače v zadní pozici.



Obr. 26 Vyhazovací systém

Pro toto řešení se také nabízela možnost vyhazování pomocí stírací desky, viz obr. 27. Jedná se o způsob, kdy výrobek není odformován vyhazovači, které působí na malou část plochy, ale je vyhozen deskou, která pokrývá celou plochu výrobku. Díky tomu nevznikají ve výstřiku žádné stopy po vyhazovačích. Z důvodu vyšší technické i finanční náročnosti, byl však zvolen jednodušší způsob odformování pomocí vyhazovačů.

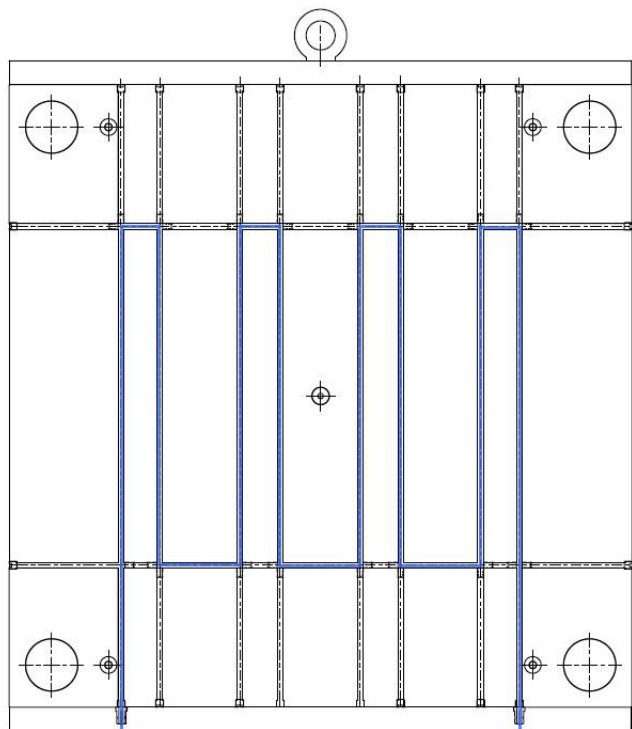


Obr. 27 Vyhazování pomocí stírací desky [1]

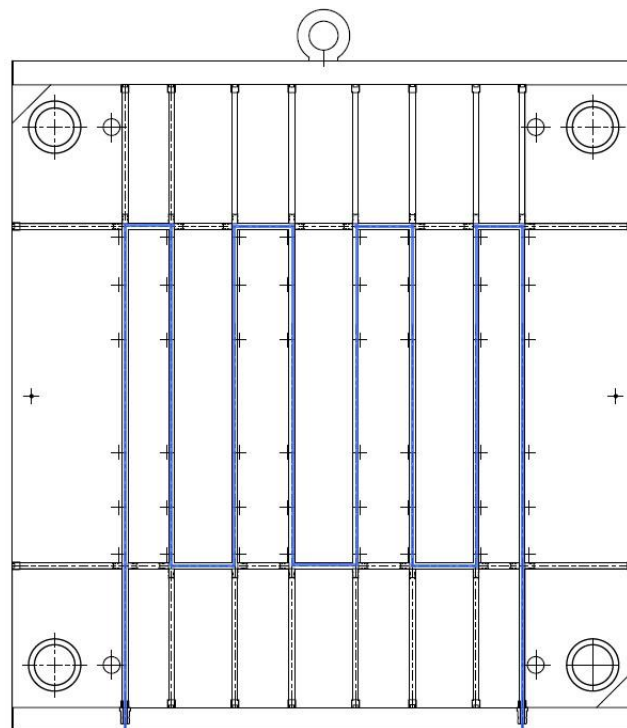
1 – stírací deska, 2 – přídržovací stírací desky, 3 – hlavní vyhazovací deska, A – vyhazovací systém v zadní pozici, B – vyhazovací systém v pohybu do přední pozice

6.5 Temperační systém

Temperační (chladicí) systém tvoří dva okruhy navrtné do pevné a pohyblivé desky. Průměr chladicích kanálů je 6 mm. Do vnitřku těchto kanálů jsou vloženy válcové záslepky, které usměrňují proud chladicí kapaliny do požadované trajektorie. Součástí temperačního systému jsou i přípojky pro přívod chladicí kapaliny.



Obr. 28 Grafické znázornění temperačních kanálů v pevné desce



Obr. 29 Grafické znázornění temperačních kanálů v pohyblivé desce

7 Závěr

Zadáním bakalářské práce bylo zpracování rešerše zaměřené na vstřikování plastů, vstřikovací stroje a formy.

Další část byla věnována analýze vhodného umístění vtoku. Navrhnuté místo však nevyhovovalo požadavkům pro tuto práci. Proto následovala simulace průběhu plnění pro další čtyři varianty vtoku. Z nich byla vybrána jedna varianta umístění. Tato varianta byla použita pro návrh vstřikovací formy.

Při samotném návrhu formy byly jako základ použity desky ze stavebnicového systému společnosti Meusburger. Ty byly dále upraveny dle potřeb této práce. Další součásti formy použité při návrhu jsou z důvodu kompatibility také od této firmy.

Simulace plnění byly provedeny v programu Autodesk Simulation Moldflow Adviser 2015. Návrh formy a výkresy byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor Professional 2016.

Poslední částí práce jsou výkresy. Na výkresech sestavy jsou řezy provedeny tak, aby zobrazovaly co nejvíce součástí.

8 Použitá literatura a zdroje

- [1] **Ing. Jiří Bobek, Ph.D.** www.publi.cz. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. [Online] [Citace: 5. 11 2015.] <https://publi.cz/books/194/03.html>. ISBN 978-80-88058-65-6.
- [2] **Dillinger, Josef.** *Moderní strojírenství pro školu i praxi*. Praha : EUROPA - SOBOTÁLES cz., 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
- [3] **SOVA, Miloš a KREBS, Josef .** *Termoplasty v praxi: praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. Praha : Verlag Dashöfer, 2001.
- [4] **DLUHOŠ, Bc. JAN.** Diplomová práce: Technologie výroby plastového tělesa. Brno : VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2013.
- [5] **Ing. Jiří Bobek, Ph.D.** www.publi.cz. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů*. [Online] [Citace: 5. 11 2015.] <https://publi.cz/books/194/03.html>.
- [6] www.14220.cz. *Tváření plastů a výroba forem II*. [Online] [Citace: 5. 11 2015.] <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-ii/>.
- [7] www.aliexpress.com. *Aliexpress*. [Online] [Citace: 3. 5 2015.] <http://g02.a.alicdn.com/kf/HTB1O.bDIpXXXXXvXpXXq6xXFXXu/Black-Fashion-Rubberized-Plastic-Hard-Case-For-apple-iphone-5-5s-Back-Cover-Skin-Protective-Phone.jpg>.
- [8] www.materialdatacenter.com. *materialdatacenter*. [Online] [Citace: 4. 5 2016.] <http://www.materialdatacenter.com/ms/en/tradenames/Iupilon/Mitsubishi+Engineering-Plastics+Corporation/Iupilon+H-3000/81156aa1/1604>.
- [9] **Jiří Štěpek, Jiří Zelinger, Antonín Kuta.** *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989.
- [10] www.ksp.tul.cz. *Technologie zpracování plastů*. [Online] Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní. [Citace: 5. 11 2015.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm.

Seznam obrázků

Obr. 1 Průběh vnitřního tlaku během vstřikování [1]	4
Obr. 2 Časový graf vstřikovacího cyklu.....	5
Obr. 3 Vstřikovací lis [2].....	6
Obr. 4 Popis vstřikovací formy	7
Obr. 5 Uspořádání dutin do řady [4]	8
Obr. 6 Uspořádání dutin do hvězdy [4].....	8
Obr. 7 Schéma vtokové soustavy [4]	8
Obr. 8 Průřezy rozváděcích kanálů [6].....	9
Obr. 9 Kryt mobilního telefonu Iphone 5/ 5s [7]	11
Obr. 10 Výsledek analýzy vhodného umístění vtoku	12
Obr. 11 Varianty umístění vtoku.....	13
Obr. 12 Výsledek analýzy předpovědi kvality - Quality prediction	14
Obr. 13 Výsledek analýzy spolehlivosti výplně - Confidence of fill	14
Obr. 14 Porovnání analýz času plnění – Fill time	15
Obr. 15 Porovnání analýz průběhu vstřikovacího tlaku - Injection pressure	16
Obr. 16 Porovnání analýz výskytu vzduchových kapes - Air traps	17
Obr. 17 Porovnání analýz výskytu studených spojů – Weld lines	18
Obr. 18 Sestava vstřikovací formy.....	20
Obr. 19 Dělicí rovina výrobku	20
Obr. 20 Podkos na vnitřní stěně výrobku.....	21
Obr. 21 Pevná deska.....	21
Obr. 22 Tvárnice	22
Obr. 23 Vtoková soustava	23
Obr. 24 Pohyblivá deska	23
Obr. 25 Tvárník	24
Obr. 26 Vyhazovací systém	24
Obr. 27 Vyhazování pomocí stírací desky [1].....	25
Obr. 28 Grafické znázornění temperačních kanálů v pevné desce	26
Obr. 29 Grafické znázornění temperačních kanálů v pohyblivé desce	26

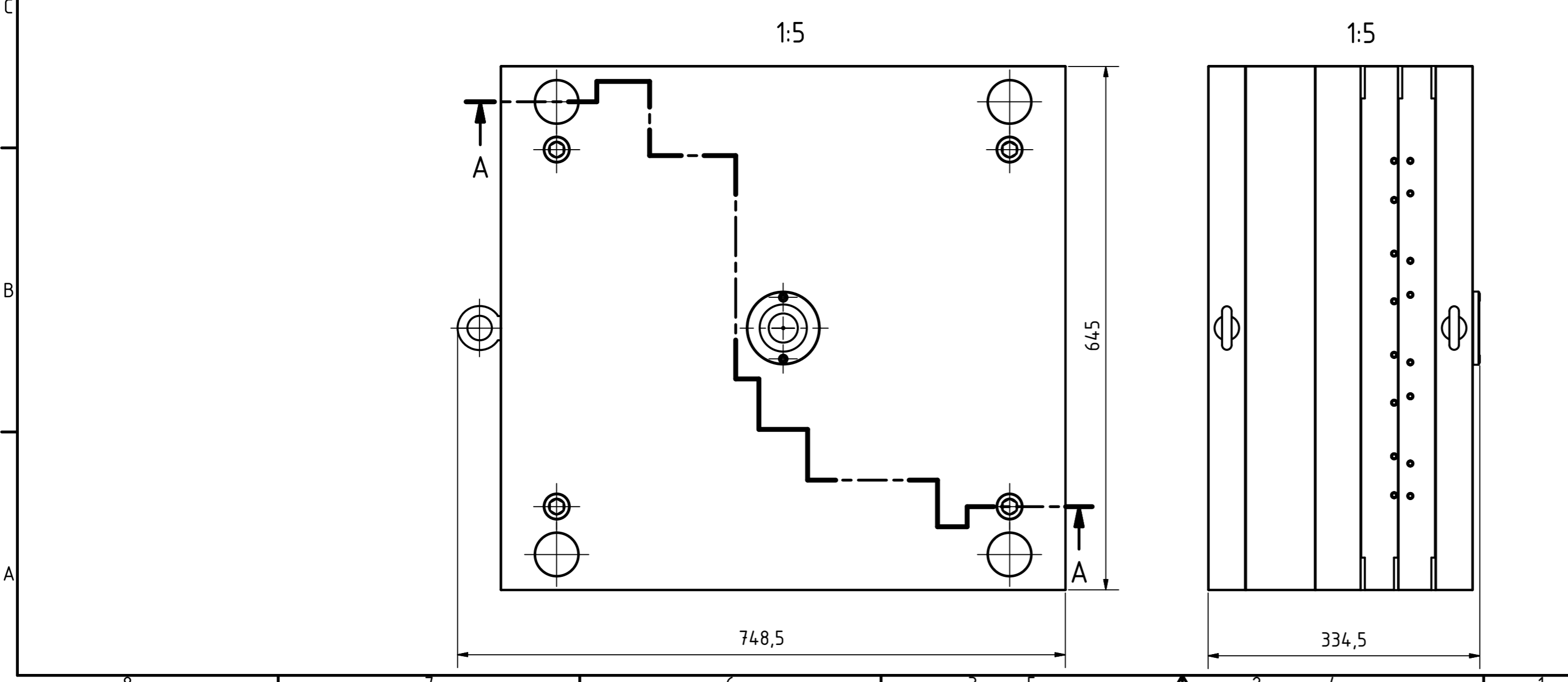
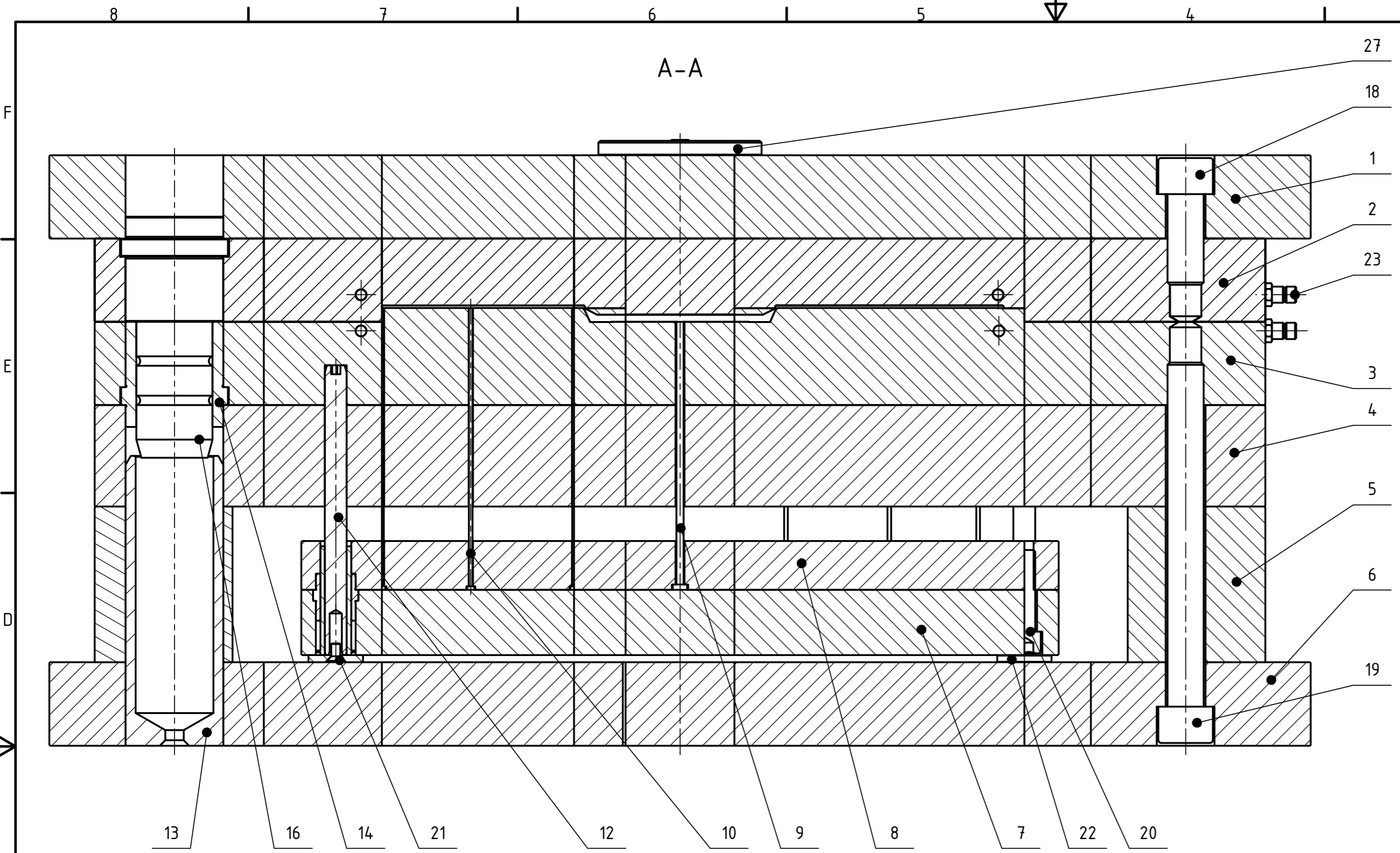
Seznam tabulek

Tabulka 1 Iupilon H-3000 - PC – Mitsubishi [8]	12
Tabulka 2 Porovnání analýz jednotlivých variant umístění vtoku	19

Seznam příloh

Výkres sestavy vstřikovací formy

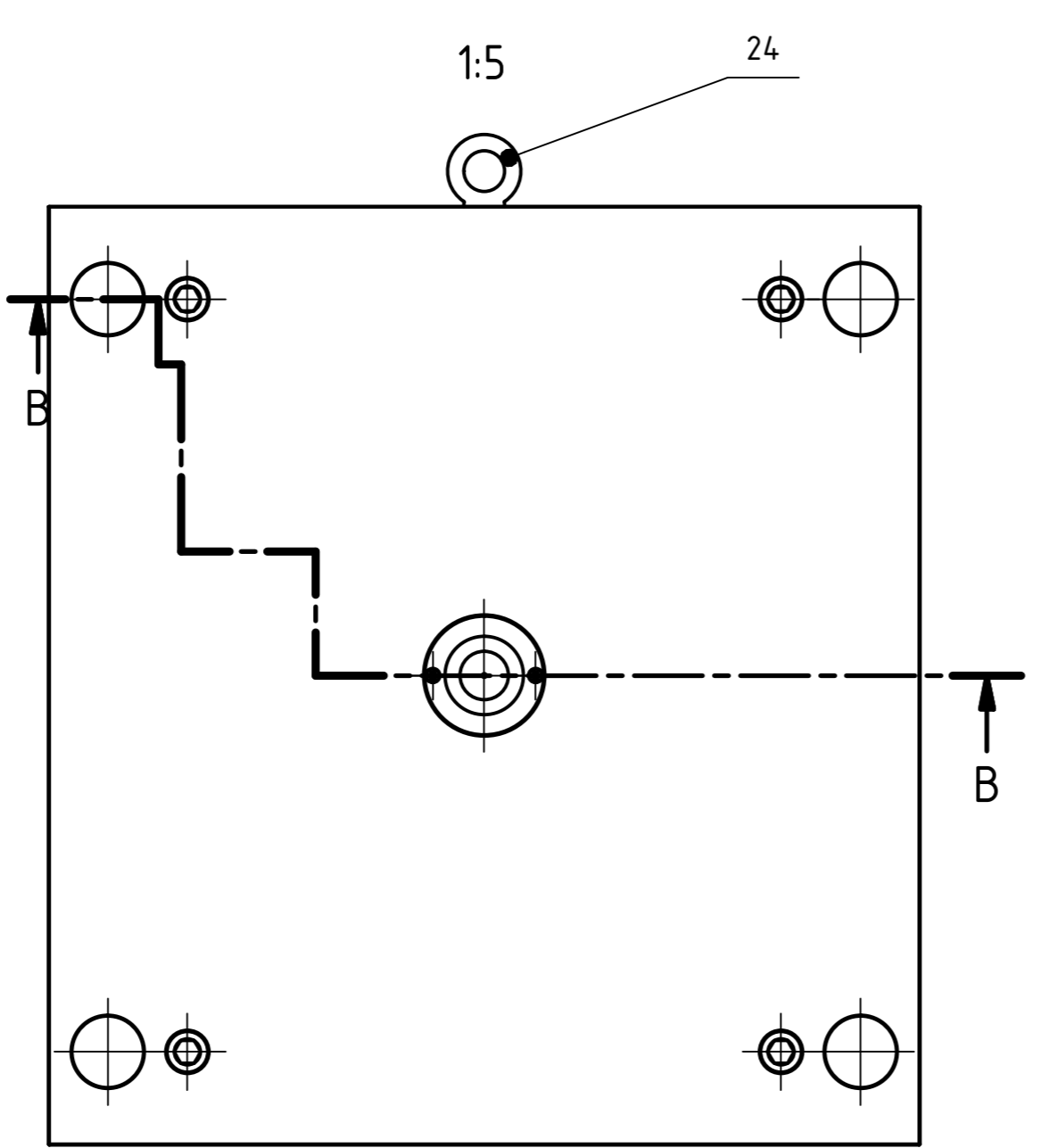
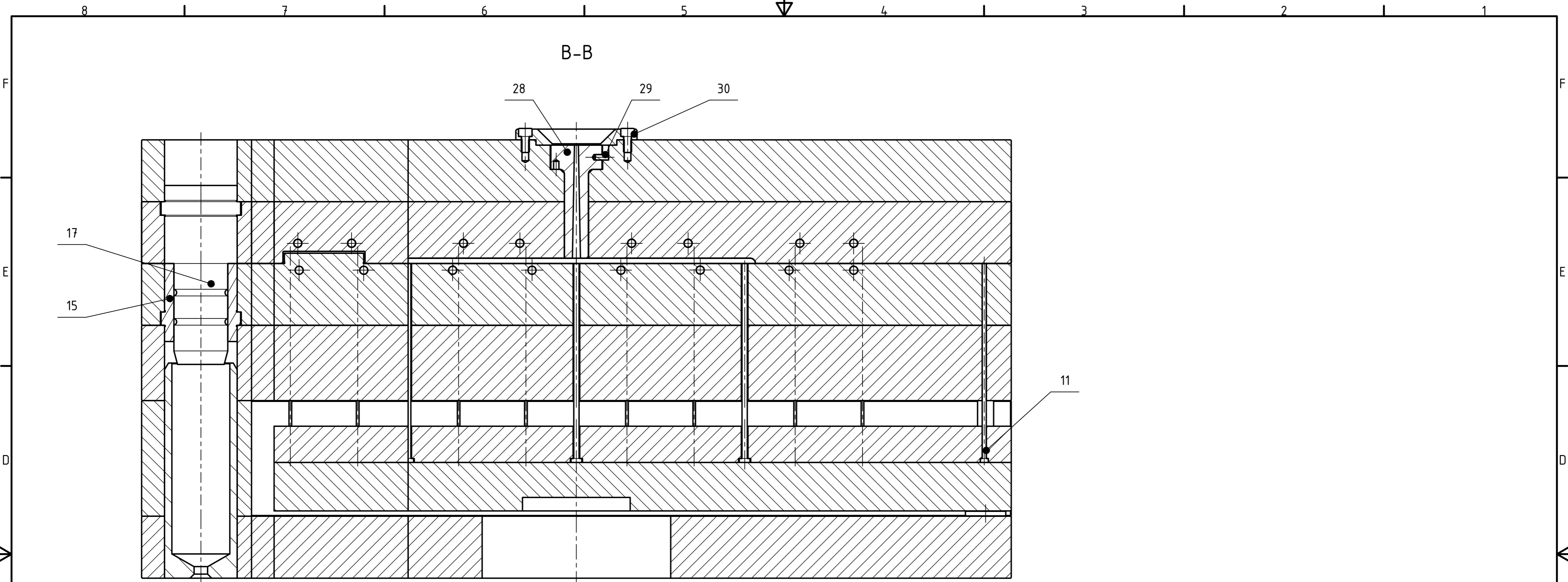
Výkres pohyblivé desk



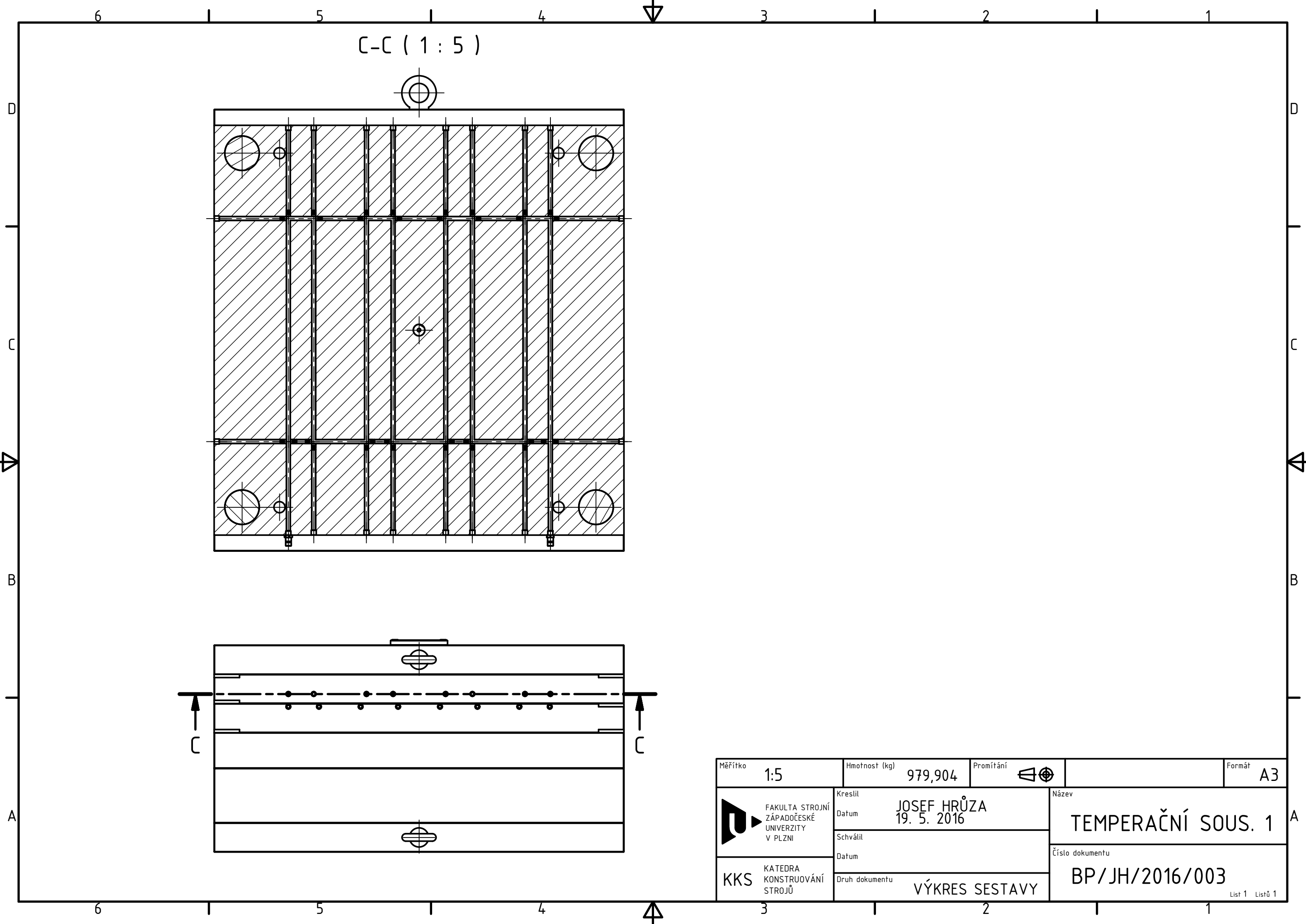
30	ŠROUB M6x12	ISO 4762 M6x12			2
29	KOLÍK 8X10	ISO 2338 8x10			1
28	E 1600- 18x76_3	MEUSBURGER			1
27	E 1362_90_60x12	MEUSBURGER			1
26	E 2080_8-8	MEUSBURGER			36
25	E 2079_6	MEUSBURGER			64
24	E 1270_12	MEUSBURGER			2
23	E 2000_9-8	MEUSBURGER			4
22	E 1500_30	MEUSBURGER			1
21	E 1220_5X10	MEUSBURGER			4
20	E 1200_12X45	MEUSBURGER			4
19	E 1200_20X190	MEUSBURGER			4
18	E 1200_20X50	MEUSBURGER			4
17	E 1000_40-46_75	MEUSBURGER			1
16	E 1000_42-46_75	MEUSBURGER			3
15	E 1100_40-46	MEUSBURGER			1
14	E 1100_42-46	MEUSBURGER			3
13	E 1160_54X60	MEUSBURGER			4
12	E 1330_12x160_80	MEUSBURGER			4
11	E 1710_4x160	MEUSBURGER			2
10	E 1710_2x160	MEUSBURGER			48
9	E 1710_4x160	MEUSBURGER			3

8	VYHAZOVAČÍ DESKA 2	BP/JH/2016/009	ČSN 19 083	56,847 kg	1
7	VYHAZOVAČÍ DESKA 1	BP/JH/2016/008	ČSN 19 083	75,665 kg	1
6	UPÍNAČÍ DESKA 2	BP/JH/2016/007	ČSN 19 083	152,63 kg	1
5	VYMEZOVAČÍ LIŠTA	BP/JH/2016/006	ČSN 19 083	29,536 kg	2
4	PODLOŽNÁ DESKA	BP/JH/2016/005	ČSN 19 083	178,425 kg	1
3	POHYBLIVÁ DESKA	BP/JH/2016/004	ČSN 19 083	149,971 kg	1
2	PEVNÁ DESKA	BP/JH/2016/003	ČSN 19 083	134,911 kg	1
1	UPÍNAČÍ DESKA 1	BP/JH/2016/002	ČSN 19 083	157,875 kg	1
POZICE	POPIS	ČÍSLOU SOUČÁSTI	MATERIÁL	HMOTNOST	KS

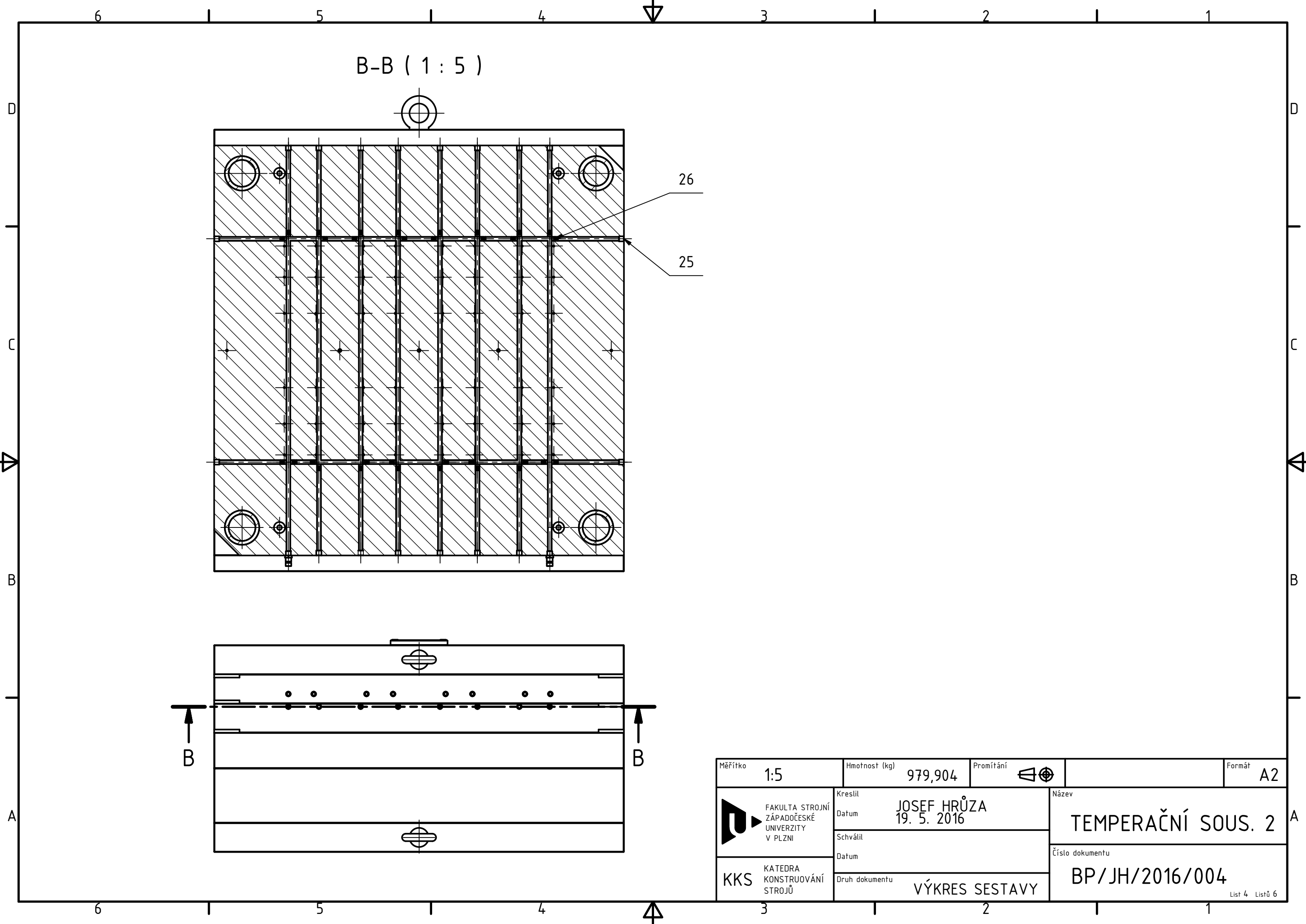
SEZNAM POLOŽEK					
Měřítko	1:2	Hmotnost (kg)	979,904	Promítání	Formát A2
Kreslil	JOSEF HRŮZA	Název	BP-JH-2016-001		
Datum	16. 5. 2015	Schválil			
Datum		Číslo dokumentu			
KKS	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		



Měřítko	1:2	Hmotnost (kg)	979,904	Promítání		Formát	A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JOSEF HRŮZA		Název		BP-JH-2016-002	
	Datum	16. 5. 2015		Schválil		Číslo dokumentu	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum			Druh dokumentu		VÝKRES SESTAVY	



Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	979,904	Promítání		Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JOSEF HRŮZA		Název			
	Datum	19. 5. 2016		TEMPERAČNÍ SOUS. 1			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			BP/JH/2016/003			
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		List 1 Listů 1			



B-B (1 : 5)

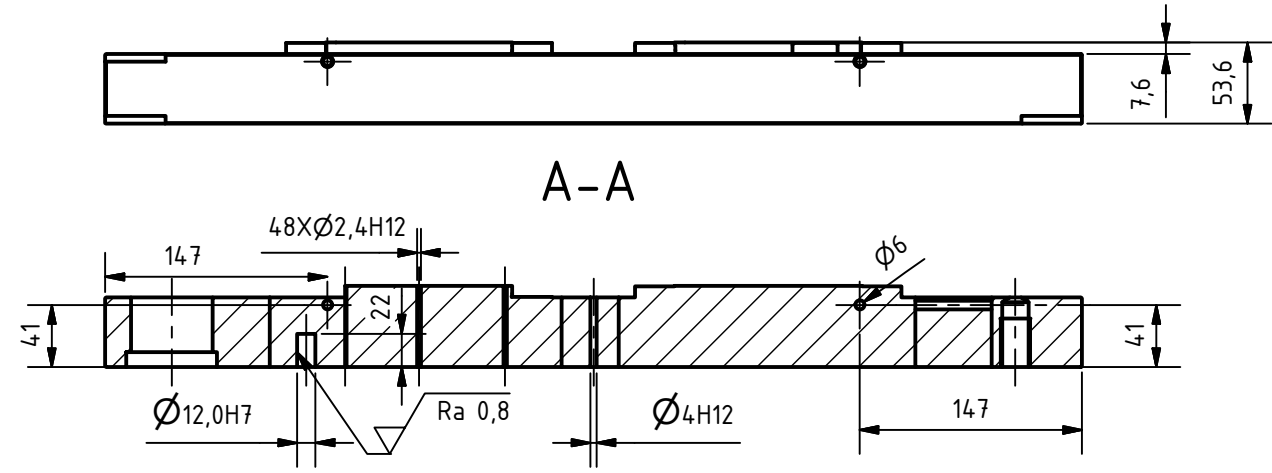
26

25

B

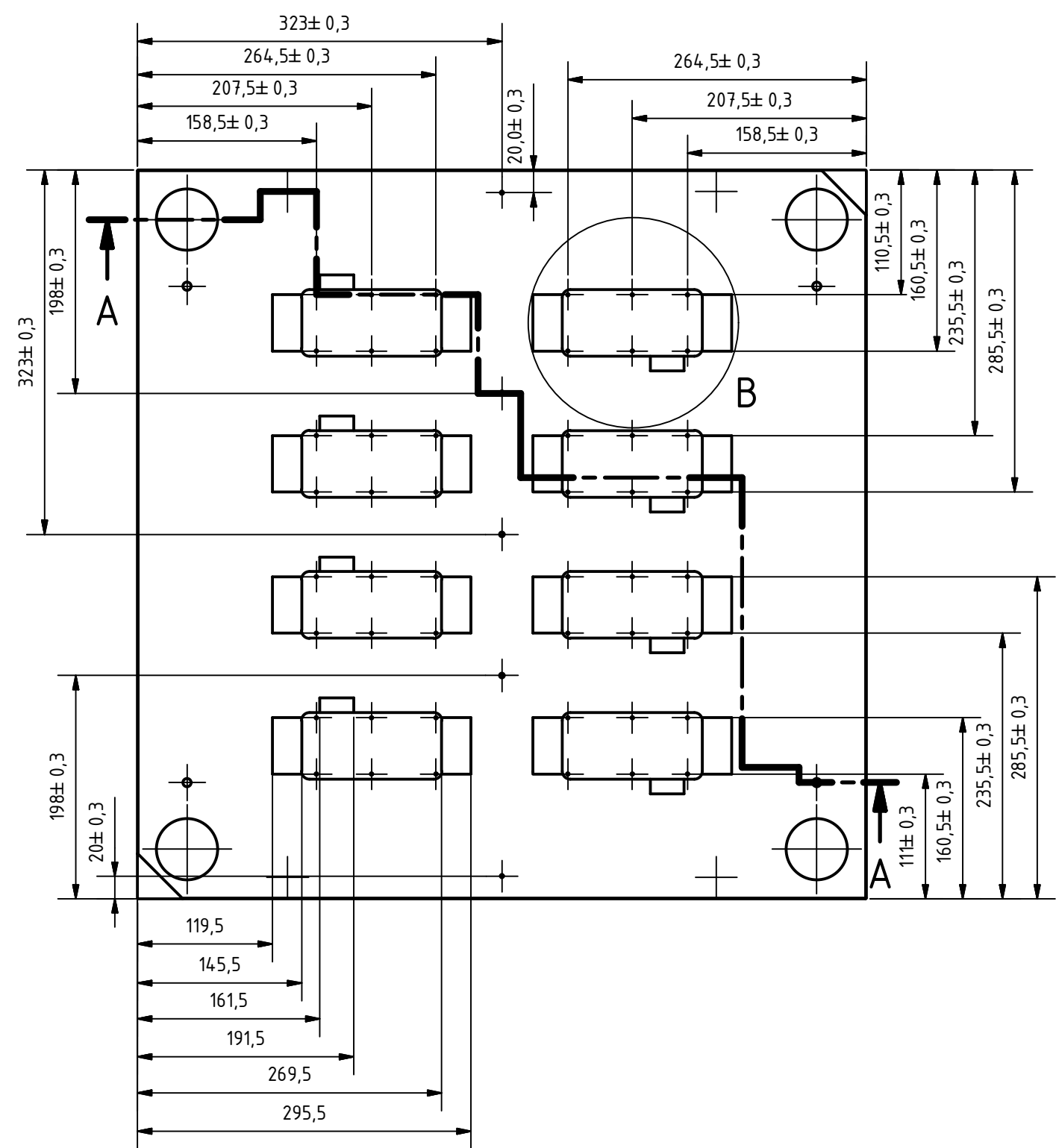
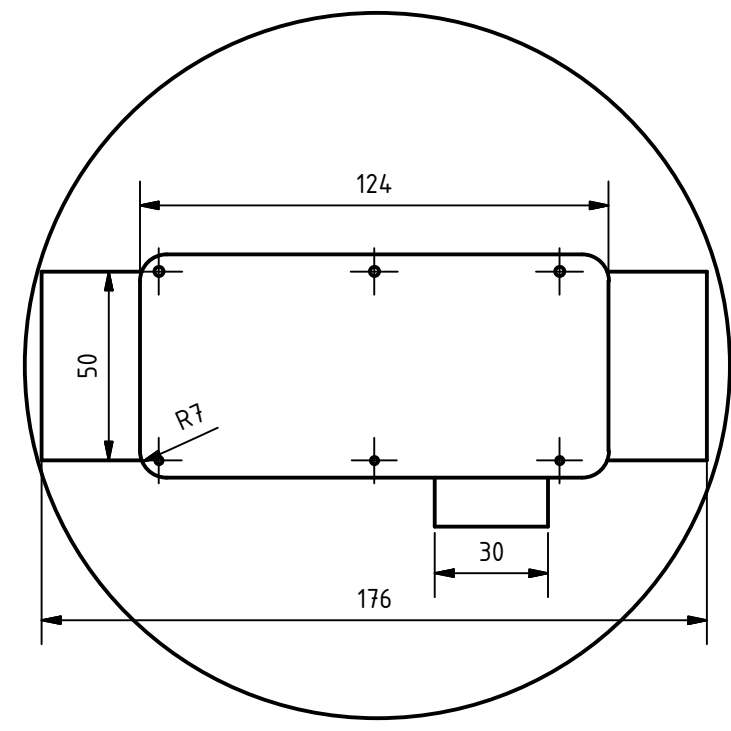
B


Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	979,904	Promítání		Formát	A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JOSEF HRŮZA		Název			
	Datum	19. 5. 2016		TEMPERAČNÍ SOUS. 2			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			BP/JH/2016/004			
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		List 4 Listů 6			

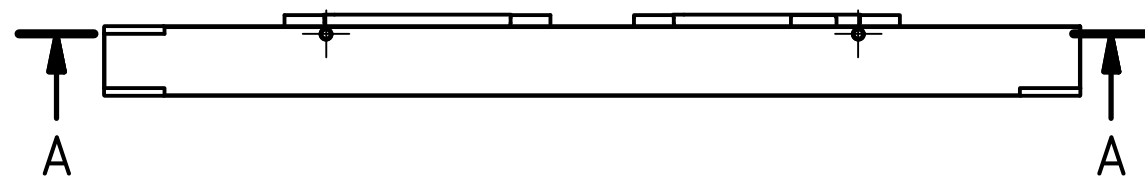
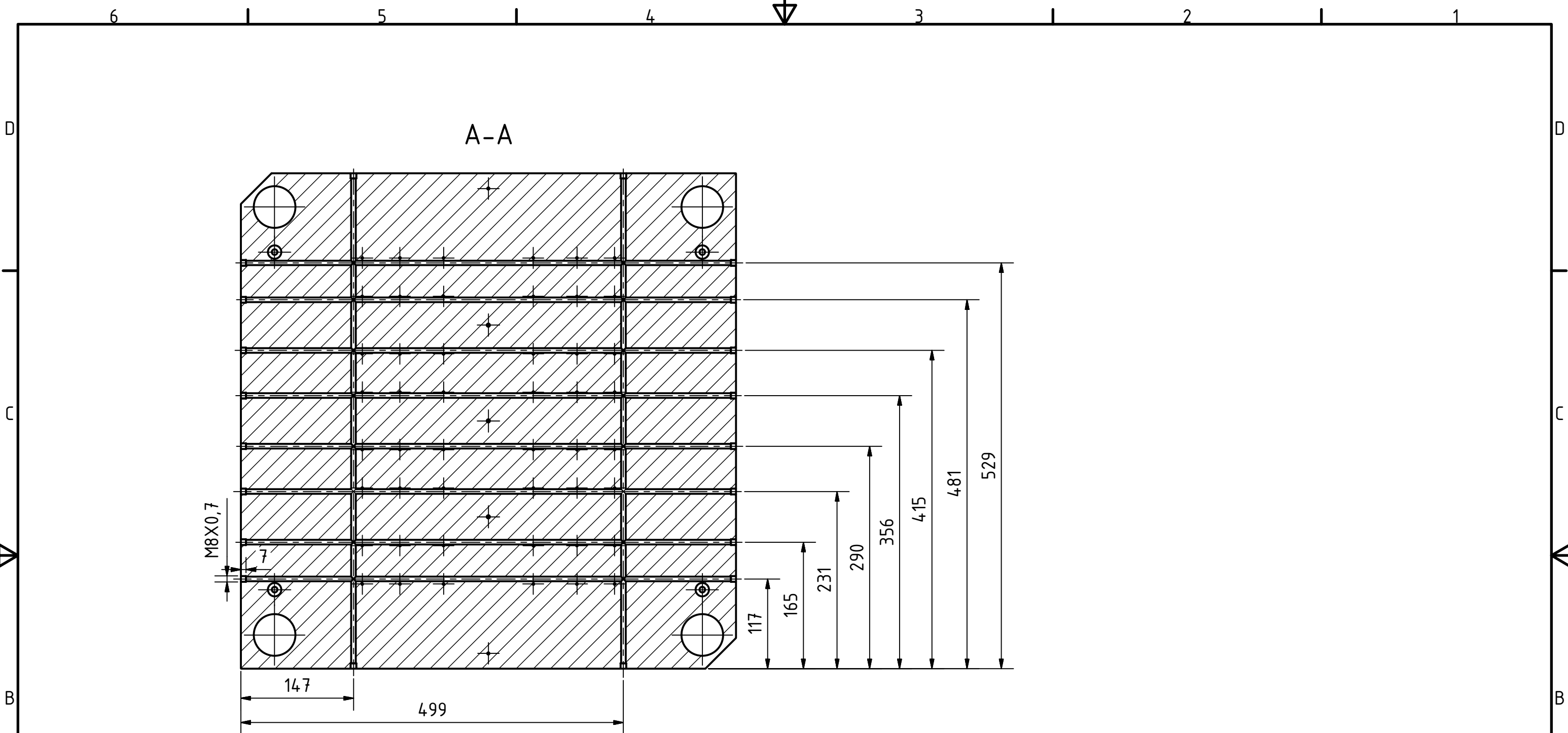


A-A

B (1:2)



Textura povrchu Ra 3,2 (✓)	Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár F50_646 646_55		Hmotnost (kg) 149,971	Tolerování ISO 8015
			Promitání
			Formát A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil JOSEF HRŮZA	Název POHYBLIVÁ DESKA	
	Datum 18. 5. 2016	Číslo dokumentu BP/JH/2016/005	
	Schválil		
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) XXXX	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár F50_646_646_55		Promítání 	
Kreslil JOSEF HRŮZA Datum 19. 5. 2016		Formát A3	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Schválil Datum		
	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		Název POHYBLIVÁ DESKA
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		Číslo dokumentu BP/JH/2016/006	