



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# DESIGN PLNĚ ELEKTRICKÉHO VSTŘIKOVACÍHO LISU S UZAVÍRACÍ SILOU DO 100 TUN

DESIGN OF FULLY ELECTRIC INJECTION MOLDING MACHINE WITH A CLAMPING FORCE OF 100 TONS

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eliška Otevřelová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David John

BRNO 2020

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování  
Studentka: **Bc. Eliška Otevřelová**  
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství  
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství  
Vedoucí práce: **Ing. David John**  
Akademický rok: 2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Design plně elektrického vstřikovacího lisu s uzavírací silou do 100 tun**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Současný design strojů je dán postupným technologickým a konstrukčním vývojem. Jejich tvarování je odvozené od předchozích generací hydraulických lisů. Vzhled a skladba krytů je často podřízena ceně a technologii výroby. Tento stav otevírá nové možnosti pro návrh moderního a specifického designu. Zejména odstranění hydraulického čerpadla a olejové nádrže otevírá nové možnosti pro změnu celkového tvaru a konceptu stroje.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

### **Cíle diplomové práce:**

Hlavním cílem práce je návrh koncepčního designu vstřikovacího lisu s elektrickým pohonem a uzavírací silou do 100 t. Stroj je určen pro sériovou výrobu.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analýza současného stavu a identifikace silných a slabých stránek,
- návrh tvaru, skladby, barevnosti a materiálů s ohledem na technologii výroby,
- návrh a ověření ergonomie obsluhy stroje s ohledem na možnost připojení periferií,
- návrh ovládacího panelu s konceptem grafického rozhraní,
- prokázání funkčnosti a realizovatelnosti návrhu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukoncení/>

### **Seznam doporučené literatury:**

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

JOHNSON, Michael. Problem solved: how to recognize the nineteen recurring problems faced in design, branding and communication and how to solve them. 2nd ed. New York: Phaidon, 2012. ISBN 9780714864730.

LIDWELL, William a Gerry MANACSA. Deconstructing Product Design. Massachusetts: Rockport Publishers, 2008. ISBN 1592537391.

MORRIS, Richard. The fundamentals of product design. Lausanne: AVA, c2009. ISBN 9782940373178.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2004. ISBN 0-465-05135-9.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

THOMPSON, Rob a Young Yun KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

THOMPSON, Rob. Prototyping and low-volume production. New York: Thames & Hudson, 2011. ISBN 0500289182.

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

## ABSTRAKT

Práce se zabývá designem vstřikovacího lisu. V návrhu je řešen stroj s plně elektrickým pohonem a uzavírací silou nepřesahující 100 tun. Práce sestává i z analýzy produktů na současném trhu. Za hlavní cíl práce je kladeno vyřešení nedostatků zjištěných během rešerše s ohledem na estetické a technické požadavky.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Vstřikovací lis, vstřikování plastů, plasty, koncept, průmyslový design

## ABSTRACT

This thesis deals with designing an injection molding machine. The design concept is focused on a fully electric-powered machine with a clamping force up to 100 tons. The work analyzes the current market and products. The main goal of the thesis is to solve aesthetic and technical deficiencies that were found during research.

## KEYWORDS

Injection molding machine, injection molding, plastics, concept, industrial design



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OTEVŘELOVÁ, Eliška. *Design plně elektrického vstřikovacího lisu s uzavírací silou do 100 tun*. Brno, 2020, 94 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce Ing. David John.



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji především Ing. Davidu Johnovi, pod jehož vedením tato práce vznikala, za inspirativní podněty, věcné rady a ochotný přístup. Také bych chtěla poděkovat rodině a nejbližším za veškerou podporu.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Ing. Davida Johna. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora





# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Historický vývoj	14
2.2	Designérská analýza	15
2.2.1	ENGEL, e-motion 50	15
2.2.2	NEGRI BOSSI, EOS s 70P	16
2.2.3	Sumitomo DEMAG, IntElect 100–110	17
2.2.4	ZHAFIR Plastic Machinery, VE600 II	18
2.2.5	ARBURG, Allrounder 1120 H	19
2.2.6	Zhodnocení	20
2.3	Technická analýza	22
2.3.1	Kategorizace vstřikovacích lisů	22
2.3.2	Části vstřikovacího lisu	25
2.3.3	Vstřikovací cyklus	31
2.3.4	Periferie	33
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>36</b>
3.1	Analýza problému	36
3.2	Zhodnocení řešerše	36
3.2.1	Silné stránky stávajících produktů	38
3.3	Cíle práce	38
3.4	Cílová skupina	39
3.5	Základní parametry	39
3.6	Potenciální trh a cenová hladina	39
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>40</b>
4.1	Varianta I	40
4.2	Varianta II	42
4.3	Varianta III	44
<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>46</b>
5.1	Kompozice	47

5.2	Detaily	49
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>51</b>
6.1	Rozměrové řešení a hlavní části stroje	51
6.2	Vnější opláštění	53
6.3	Přístup k vnitřním komponentám	54
6.4	Uspořádání vnitřních částí	55
6.4.1	Pohonné jednotky	55
6.4.2	Vstřikovací jednotka	56
6.4.3	Uzavírací jednotka	57
6.5	Připojení periferií	58
6.6	Použité materiály	59
6.7	Technologie výroby	61
6.8	Ergonomické řešení	61
6.8.1	Operační prostor a přístup ke stroji	63
6.8.2	Řídicí systém	65
6.9	Bezpečnost a hygiena	69
6.10	Udržitelnost	69
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>70</b>
7.1	Barevné řešení	70
7.2	Grafické řešení	73
7.2.1	Logotyp	73
7.2.2	Ovládací panel	74
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>77</b>
8.1	Psychologická funkce	77
8.2	Sociální funkce	77
8.3	Ekonomická funkce	78
8.4	Marketingová analýza	78
8.4.1	Cílová skupina	79
8.4.2	Cenová hladina	79
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>80</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>81</b>

<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>84</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>85</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>88</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>89</b>
<b>15</b>	<b>ZMENŠENÉ POSTERY</b>	<b>90</b>
<b>16</b>	<b>FOTOGRAFIE MODELU</b>	<b>94</b>

# 1 ÚVOD

Vstřikování patří v dnešní době k nejrozšířenější technologii zpracování plastů. Při procesu dochází k zahřátí surového materiálu a následnému vzniku taveniny. Ta je posléze vstřikována do uzavřené formy. Vstřikování plastů umožňuje produkci širokého spektra výrobků různých velikostí, materiálů a tvarové složitosti.[1][10]

Dnes jsou vstřikovací lisы využívány především k výrobě dílů pro automobilový a elektrotechnický průmysl. V hojné míře se také setkáváme s využitím v potravinářském průmyslu či v rámci medicínských aplikací. Poptávka po vstřikování stále roste, jedná se o zásadní technologii, u níž se nepředpokládá její zánik či nahrazení jinými výrobními postupy.

Počátky zpracování plastů sahají do 19. století, kdy se v roce 1870 ve Spojených státech amerických objevuje první stroj principiálně připomínající dnešní vstřikovací stroje. [1] Současní výrobci vstřikovacích lisů jsou hojně zastoupeni v Evropě, avšak v posledních letech je zaznamenán rapidní nárůst podílu asijských firem.

Tato diplomová práce se zabývá koncepčním návrhem vstřikovacího lisu s plně elektrickým pohonem a uzavírací silou 100 tun. Součástí práce je rešerše konkurenčních strojů na dnešním trhu. Teoretickou část doplňuje technická analýza, která mapuje funkci stroje a jeho vnitřní komponenty. Cílem práce je navrhnout vizuálně působivý koncept vstřikovacího lisu, jež řeší problémy a reaguje na podněty vyplývající z rešerše.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Historický vývoj

První vstřikovací stroj, připomínající principy dnešních vstřikovacích lisů, vznikl ve Spojených státech amerických v roce 1870 zásluhou bratrů Johna Wesleyho a Isaiaha Hyattových. Vznik a rozvoj technologie vstřikování plastů byl do značné míry spojen s objevením prvního termoplastu – celuloidu. [1]

V tehdejší Československu počátky vstřikování sahají do začátku 20. století, kdy v letech 1919–1920 přichází Jaroslav Vltavský s prvním hydraulickým vulkanizačním lisem. Lis byl vyroben pro firmu Baťa. Po roce 1945 se zpracování plastů rozšiřuje a vznikají firmy jako TOS Rakovník, Plastimat v Jablonci nad Nisou či Lisovny nových hmot ve Vrbně pod Pradědem. [1]



obr. 2-1 Pístový hydraulický lis CSB 70.14 na termoplasty, TOS Rakovník, 1949 [1]

V roce 1945 vniká také rakouská firma ENGEL, která dodnes zaujímá podstatné místo na trhu. Významným milníkem je rok 1961, kdy německý ARBURG přichází se vstřikovacím lisem, který disponuje možností výměny formy. Ve stejném roce japonská firma Nissei Plastic Industrials pracuje na vývoji šnekového mechanismu, jenž je využíván i v dnešních vstřikovacích lisech. V následujících letech dochází k vývoji kontrolního centra a ovládacího panelu. Vývoj vede především firma ARBURG, v roce 1975 je uveden první vstřikovací lis s kontrolním systémem. Českoslovenští výrobci v tomto ohledu ztrácejí, což je i jedním z hlavních důvodů pozdějšího zániku daných společností. [1][2][3][4]

## 2.2 Designérská analýza

V oblasti průmyslového zpracování plastů dnes figuruje množství výrobců nabízejících široké spektrum vstřikovacích lisů. Ty se mezi sebou liší především použitím rozdílných pohonů a taktéž uzavírací silou. Ta má z hlediska designérské analýzy hlavní vliv na velikost stroje.

Mezi nejvýznamnější výrobce vstřikovacích lisů lze zařadit rakouskou firmu ENGEL, německé společnosti ARBURG a Wittmann Battenfeld nebo NETSTAL se sídlem ve Švýcarsku. Důležitou roli hrají i asijsí výrobci – Nissei, HAITIAN, Sumitomo DEMAG či ZHAFIR. Ze zástupců severoamerického trhu lze zmínit kanadskou firmu HUSKY.

Na následujících stranách jsou popsáni vybraní zástupci, kteří spadají do kategorie vstřikovacích lisů s elektrickým pohonem a uzavírací silou do 100 tun nebo je jejich řešení z hlediska designu nadstandartní.

### 2.2.1 ENGEL, e-motion 50

Vstřikovací lis e-motion 50 je příkladem plně elektrického vstřikovacího lisu se zcela zakrytovanou vstřikovací jednotkou. U celkového tvarování je viditelná snaha se vymezit klasickému řešení. Namísto běžného pouze ryze funkčního krytování, které vychází z kvádrů, využívá ENGEL dynamičtější tvarový jazyk. V čelním pohledu je strnulost stroje narušena šikmými liniemi v kombinaci se zaoblenými v šedě zbarvené části dveří. V bočním pohledu je pak viditelné vypouklé krytování. Ve spodní části je nosný rám odsazen směrem ke středu stroje a umožňuje tak obsluhu volný pohyb kolem stroje.



obr. 2-2 ENGEL e-motion 50 [5]

Firma ENGEL využívá na rozdíl od většiny dalších výrobců signifikantní zelenou barvu, díky níž je celá produktová řada nezaměnitelná s konkurenčními vstřikovacemi lisami. Výrazný odstín zelené doplňují odstíny šedé, a to především ve střední části, zvýrazňují tak hlavní centrum celého vstřikovacího lisu. Spodní základový rám je černý. Vstřikovací a uzavírací jednotka jsou zakrytovány posuvnými dveřmi s výplní z čírého plexiskla.

V prostoru mezi dveřmi se nachází ovládací panel. Jeho horní hrana je přibližně ve výšce 165 cm, panel je částečně výklopný. Tvoří ho z větší části dotyková obrazovka, avšak ovládání základních úkonů stroje zůstává zachováno v podobě tlačítek či otočných přepínačů. Infografika a další grafické prvky jsou řešeny decentně, logo a označení stroje se nacházejí v horní části uzavírací jednotky.

### 2.2.2 NEGRI BOSSI, EOS s 70P

Model EOS s 70P italské společnosti NEGRI BOSSI spadá do kategorie hydraulických vstřikovacích lisů [7]. Vnější kryt není nijak výrazněji členěn, jedná se o jednotlivé segmenty ve tvaru obdélníku. Vstřikovací jednotka je zakryta částečně. Ve všech částech krytu se nachází přes šedé plexisklo průhled na vnitřní komponenty. Průhled na straně uzavírací jednotky je zkosený se zaobleními v rozích. Výrazné odlehčení je viditelné pod uzavírací jednotkou, základový rám vstřikovacího lisu se nachází z větší části pouze pod vstřikovací jednotkou. Jednotlivé segmenty spolu korespondují, použité šikminy a zaoblení na sebe uceleně navazují.



obr. 2-3 Negri Bossi, EOS sP [7]

Obrazovka ovládacího panelu je zarovnána s horní hranou průhledu na vstřikovací jednotku. Ovládací panel je téměř plně dotykový, otočný do stran. Z manuálních ovladačů zůstalo zachováno pouze nouzové červené tlačítko.



Logo výrobce je umístěno na posuvných dveřích, označení stroje pak na krytu pod průhledem na vstříkovací jednotku. Barevnost je volena decentní, hlavní části krytování jsou bílé, základový rám i skla jsou šedá. Jediným výraznějším barevným akcentem je červená linka a stejně zbarvené nouzové tlačítko.

### 2.2.3 Sumitomo DEMAG, IntElect 100–110



obr. 2-4 Sumitomo DEMAG, IntElect 100-110 [9]

Firma Sumitomo DEMAG vznikla na počátku 21. století sloučením společností Sumitomo Heavy Industries z Japonska a německé firmy DEMAG [19]. Elektrický vstříkovací lis IntElect 100–110 tvarováním respektuje předchozí produktové řady dříve samostatné firmy DEMAG. Zakrytované tělo stroje je striktně kvádrovitě, z praktického hlediska jsou hrany na okrajích krytování zkoseny. Při bočním pohledu tak můžeme pozorovat průřez ve tvaru nepravidelného osmiúhelníku. Posuvné dveře jsou řešeny nenápadně, barevně i tvarově korespondují s tvaroslovím zbytku stroje. Rozměrově velkorysé okno s čirou výplní stroj odlehčuje. Šikmá spodní hrana okna však nenavazuje na celkovou geometrii stroje. Vstříkovací jednotka je pevně zakrytována.

Ovládací panel využívá obrazovku, avšak větší část panelu zabírají tlačítka a přepínače. Panel je upevněn ke hraně uzavírací jednotky, pro snazší ovládání umožňuje natáčení do stran.

Jako hlavní barva je volena modrá, zachovává tak odkaz ke starším produktům firmy DEMAG (obr. 2-5). Ty disponovaly taktéž odstínem modré, avšak o několik stupňů světlejším. Další drobné komponenty a spodní část jsou v odstínech tmavě šedé. Logo společnosti i s označením typu vstříkovacího lisu leží v levém horním rohu uzavírací jednotky.



obr. 2-5 DEMAG, Extra 100-310 EcQ<sup>8</sup>, starší model vstřikovacího lisu

## 2.2.4 ZHAFIR Plastic Machinery, VE600 II



obr. 2-6 ZHAFIR, Venus II [8]

Vstřikovací lis Venus II od firmy ZHAFIR zastupuje čínské výrobce, sídlo firmy je však situováno v Německu. Co do počtu prodaných strojů se řadí mezi nejvýznamnější na dnešním trhu, avšak současným vzhledem za svými konkurenty zaostává. Tvarování se podřizuje funkci a bezpečnosti. Je založeno na ryze pravoúhlých elementech. V čelním pohledu je vidět několik segmentů pracujících se zkosením. Z celkového pohledu pak hmota stroje není vyvážená. Nejpodstatnější část stroje, a to místo, kde se nachází forma krytá posuvnými dveřmi, hmotově zaniká na úkor okolních částí. Taktéž průhled dovnitř stroje nevyužívá plně prostorového potenciálu, velikostně patří k menším. Tvar okna nekoresponduje s dalšími částmi krytu. Vstřikovací jednotka je chráněna pevným krytem bez posuvných dveří či průhledu.

Rozměry ovládacího panelu jsou ve srovnání s velikostí celého stroje nadstandartní, horní třetina je vyhrazena pro obrazovku, další úkony jsou vykonávány pomocí množství tlačítek v části pod obrazovkou.

Barevně je celý stroj řešen dvěma hlavními odstíny. Převažuje bílá, kromě části uzavírací a vstřikovací jednotky je hojně využita i ve spodní části. Bílá tak opticky zvětšuje hmotu základového rámu. Grafické prvky označující typ stroje nacházíme na uzavírací i vstřikovací jednotce, logo společnosti je umístěno v levém horním rohu uzavírací jednotky.

### 2.2.5 ARBURG, Allrounder 1120 H

V roce 2017 na veletrhu Fakuma v německém Friedrichshafenu uvedla firma ARBURG nový hybridní vstřikovací lis Allrounder 1120 H. Krok kupředu nejen z hlediska technologických inovací, ale také designu byl oceněn v rámci iF Award 2018, kde stroj získal cenu v kategoriích Product a Office & Industry. Ve stejném roce se firmě dostalo i dalšího ocenění, a to Red Dot Award za řídicí panel GESTICA, který je součástí vstřikovacího lisu. [5][20]

Allrounder na první pohled zaujme vnějším krytováním. Kryt je řešen tak, aby byl celý objem stroje vizuálně odlehčen. Dva hlavní tyrkysové kryty obepínají vnitřní světle šedou část vstřikovacího lisu. Hrana, která vzniká průsečíkem ploch, ubíhá středem po celé délce stroje. Krystalický design využívající hran a lomu světla je podpořen použitím tyrkysové barvy o rozdílné světlosti v rozích stroje. Toto členění tak narušuje jinak celistvou plochu a opticky ji rozděluje na menší segmenty. Obdobný princip je využit i u menšího krytování vstřikovací jednotky. Centrální část je doplněna o posuvné dveře z šedého plexiskla.



obr. 2-7 ARBURG, Allrounder 1120 H [6]

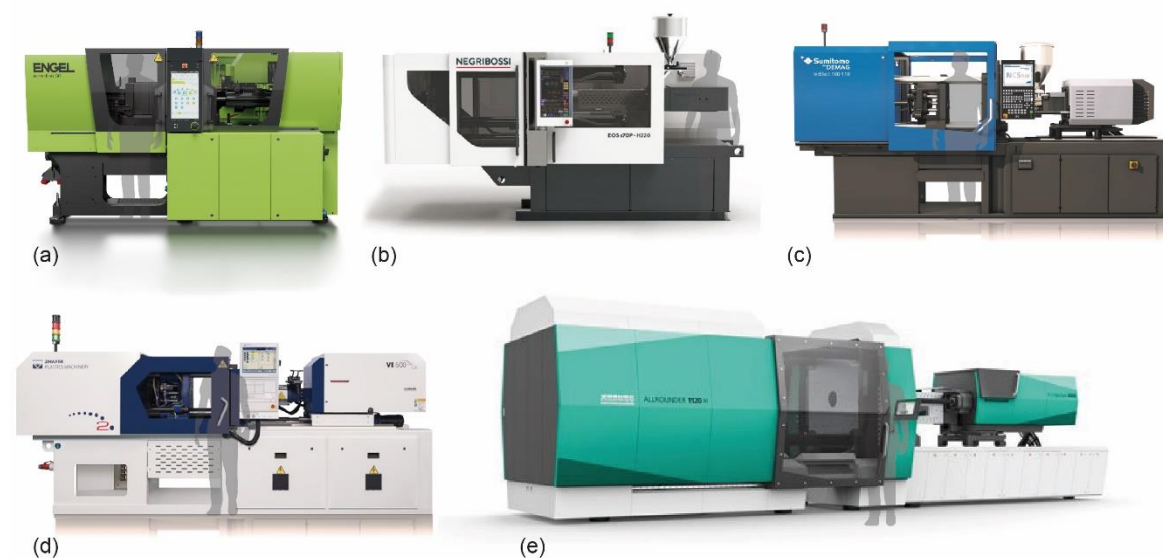
Na straně od dveří se nachází ve srovnání s konkurenty velikostně menší panel s řídicím systémem GESTICA. Nejdůležitějším prvkem je dotyková obrazovka uprostřed, na pravé straně a v dolní části jsou zachována tlačítka, obrazovku je možné natáčet do stran.

U celkové barevnosti stroje se ustupuje od použití dosavadní zažité kombinace žluté a tyrkysové. Od odstínu žluté ARBURG upouští úplně, namísto toho je využito tyrkysové ve více světlostech. Základní barevnost doplňuje několik odstínů šedé. Logo s označením stroje se nachází ve středu krytu uzavírací jednotky.

## 2.2.6 Zhodnocení

### Tvarování

Tvarování dnešních strojů lze rozdělit do dvou kategorií. Část výrobců zachovává stále pouze funkční krytování. Tvarování se striktně podřizuje funkci a sestává pouze z jednoduchých geometrických elementů, hojně využívá pravých úhlů a zkosení hran. Toto řešení ve většině případů postrádá signifikantní prvky, které by daného výrobce odlišily od konkurence. Zatímco u druhé skupiny výrobců, do níž můžeme zařadit ENGEL, ARBURG a Negri Bossi, lze pozorovat progresivnější řešení. Jednotlivé stroje produktové řady spolu vždy korespondují, výrobce lze snadno charakterizovat používanými tvarovými rysy a barevnými kombinacemi.



**obr. 2-8** (a) ENGEL – e-motion 50, (b) Negri Bossi – EOS s 70P, (c) Sumitomo DEMAG – IntElect 100-110, (d) ZHAFIR – VE600 II, (e) ARBURG – Allrounder 1120 H, [5][6][7][8][9]

## Ergonomie

Ovládací panel umisťují výše uvedení výrobci shodně vpravo od posuvných dveří. Velikost panelu i možnosti polohovatelnosti se liší. Ve srovnání se staršími modely lze konstatovat, že dochází k postupné redukci sítě tlačítek a manuálních ovladačů, ty jsou nahrazovány dotykovou obrazovkou. Poměr velikosti dotykové obrazovky k zachovanému množství manuálních ovladačů se různí. Největší část ovládacího panelu obrazovka tvoří u výrobců ENGEL a ARBURG. Naopak ovladače u vstřikovacích lisů ZHAFIR a Sumitomo DEMAG zabírají cca 2/3 celkové plochy panelu. Otevírání dveří probíhá u všech uvedených výrobců manuálně, a to pomocí rukojeti umístěné shodně v pravé dolní polovině dveří. Podstavná část základového rámu má ve všech případech menší rozměry než šířka a hloubka uzavírací a vstřikovací jednotky. Díky tomu je zajištěn bezproblémový pohyb obsluhy kolem stroje.

**tab. 2-1** Srovnání základních charakteristik vstřikovacích lisů zahrnutých v designérské analýze [6][7][8][9][30]

Výrobce, model	Druh pohonu	Rozměry [mm]	Velikost uzavírací síly [t]	Krytování vstřikovací jednotky	Uzavírací jednotka
ENGEL, e-motion 50	Elektrický	(3757 × 1780 × 1333)	50	Posuvné dveře	Bezsloupková, kloubová
Negri Bossi, EOS s 70P	Hydraulický	(3565 × 1725 × 1500)	70	Posuvné dveře	S vodicími sloupky, dvoudesková
Sumitomo DEMAG, IntElect 100-110	Elektrický	(4171 × 1953 × 1324)	100–110	Pevné	S vodicími sloupky, kloubová
ZHAFIR, VE600 II	Elektrický	(3738 × 1521 × 1222)	60	Pevné	S vodicími sloupky, kloubová
ARBURG, Allrounder 1120 H	Hybridní	-	730	Pevné	S vodicími sloupky, kloubová

## 2.3 Technická analýza

Vstřikování je nejrozšířenější technologií pro tváření plastických hmot. Umožňuje rychlou a vysoce přesnou výrobu plastových dílů. Dochází při ní k plnění kovové formy roztaveným plastickým materiálem, dávka taveniny je do formy vstřikovávána vysokou rychlostí. Tento proces je v krátkém sledu opakován, proto hovoříme o procesu cyklickém. [12][14]

### 2.3.1 Kategorizace vstřikovacích lisů

Vstřikovací lisy je možné rozdělit podle několika hledisek. Jedním z podstatných dělení je dle druhu pohonu stroje a dále pak dle vzájemného uspořádání vstřikovací a uzavírací jednotky.

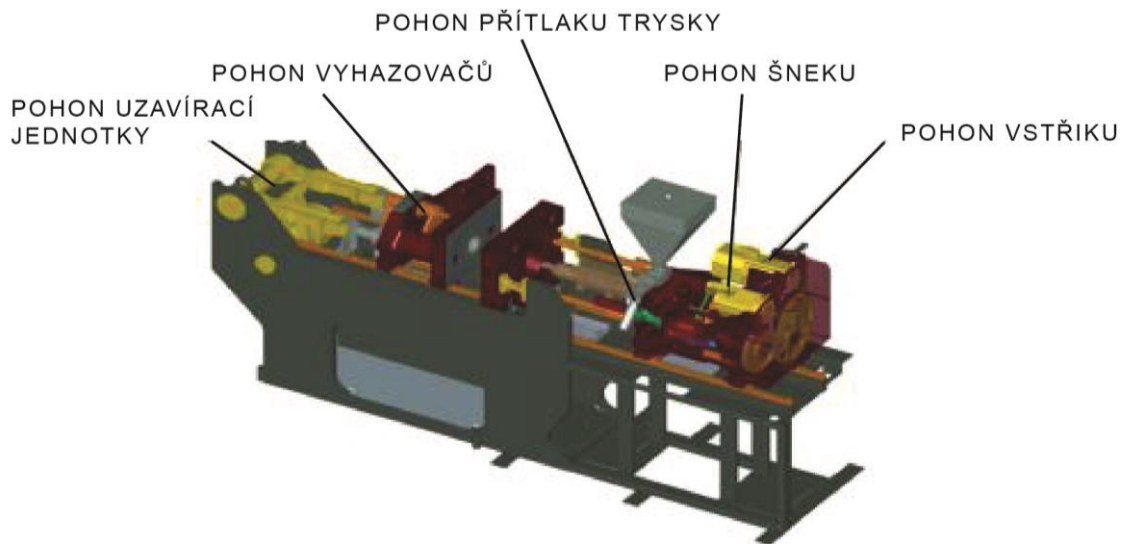
Dle pohonu

#### **Hydraulický vstřikovací lis**

Vstřikovací lisy s hydraulickým pohonem mají v plastikářském průmyslu většinové zastoupení. Hlavním článkem stroje je hydraulické čerpadlo a přenosovým médiem výkonu hydraulický olej. Na čerpadlo se dále váží dílčí hydraulické okruhy, které zajišťují v postupném sledu jednotlivé fáze vstřikování. Mezi hlavní nevýhody původních hydraulických pohonů patří nízká energetická účinnost (50–60 %). Hydraulické čerpadlo bylo v provozu během celého cyklu, a to bez ohledu na skutečnou energetickou spotřebu. Ta přitom není konstantní a během cyklu značně kolísá. Dnes jsou hydraulické vstřikovací lisy vyvíjeny takovým směrem, aby byl výše zmíněný hlavní nedostatek postupně odstraněn. [10][11][22]

#### **Elektrický vstřikovací lis**

Začátek používání elektrických vstřikovacích lisů se datuje k roku 1983, kdy společnost Nissei Plastic Industrial vyvinula první stroj na vstřikování plastů poháněný servomotorem [21]. K pohybu všech částí slouží samostatné servomotory, pro každý pohyb je nutné použití samostatného pohonu. První servomotor využívá uzavírací jednotka – pro otevírání a zavírání formy. Další servomotor je používán při plastikaci pro rotační pohyb šneku, třetí pak pro zajištění přímočarého pohybu šneku při vstřiku či dekompresi. Servomotor je využíván také k zajištění přítlaku trysky. Poslední pak slouží k pohybu vyhazovačů. [10][11]



obr. 2-9 Schéma pohonných jednotek [22], upraveno

Ve srovnání s ostatními typy jsou nevýhodou elektrického vstřikovacího lisu vyšší pořizovací náklady. Konkurovat však může posléze díky podstatné úspoře elektrické energie během výrobního procesu, a to až o 25 % ve srovnání se stroji s hydraulickým pohonem. [10]

Mezi další výhody lze zařadit [10]:

- kratší dobu výrobního cyklu,
- přesnější polohovatelnost a koordinaci pohybů v lineárním směru,
- vzájemnou nezávislost jednotlivých pohonů – snížení času chodu naprázdno,
- vyšší účinnost pohonů – jsou v chodu pouze při provádění daného úkonu,
- snížení hluku,
- nižší emise tepla do okolí,
- eliminace rizika ekologického znečištění únikem hydraulického oleje.

Dalšími nevýhodami jsou [10]:

- vyšší náklady při údržbě stroje,
- užší škála plně elektrických strojů na trhu,
- omezení ve velikosti uzavírací síly.

### Hybridní vstřikovací lis

Hybridní vstřikovací lis v sobě spojuje výhody dvou výše uvedených strojů. Hydraulické a elektrické pohony lze mezi sebou kombinovat dle konkrétních parametrů pro dosažení požadovaných vlastností stroje. Např. konfigurace s hydraulickým pohonem pro uzavírací jednotku a elektrického pohonu pro vstřikovací jednotku je vhodná pro stroje s vysokou uzavírací silou. Elektrické pohony u vstřikovací jednotky pak zajišťují vyšší přesnost než případné použití hydraulického pohonu. [10][22]

Dle vzájemné polohy vstřikovací a uzavírací jednotky

### **Horizontální uspořádání**

Nejpoužívanějším typem vstřikovacích lisů jsou stroje s horizontálním uspořádáním jednotek – vstřikovací a uzavírací jednotka se nachází v horizontální ose vstřikovacího lisu. V tomto případě je ve stroji upnuta forma s vertikální dělicí rovinou. Horizontálně uspořádané stroje jsou náročnější na prostor, jejich výhodou je naopak snadná automatizace. U tohoto uspořádání lze také využít gravitačního působení, hotové výlisky po otevření formy mohou být díky vyhazovačům shromažďovány v prostoru rámu pod uzavírací jednotkou. [22]

### **Vertikální uspořádání**

V případě vertikálního uspořádání je vstřikovací jednotka s násypkou umístěna nad uzavírací jednotkou. Horní deska se pohybuje ve vertikálním směru. Pohyb dolní desky je zajištěn dvěma způsoby – lineárním pohybem posuvného stolu, druhým způsobem je pak rotační pohyb stolu. [22] Vstřikovací lisy s vertikálním uspořádáním se využívají např. v případech, kdy je nutné zastříknutí výrobků či polotovarů nejen z plastů jiným materiálem – při výrobě tzv. zálisků [23].

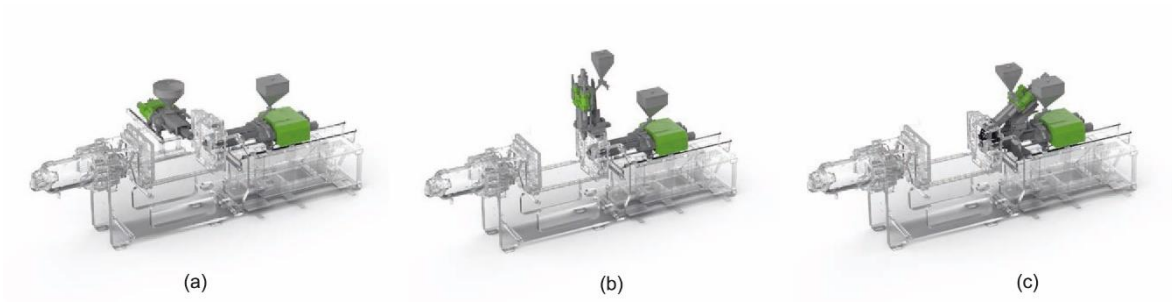


obr. 2-10 WITTMANN BATTENFELD VPower R, 120–160 t [18]

### **Vícekomponentní vstřikování**

Specifickým případem je vícekomponentní vstřikování užívané např. při vstřikování materiálů rozdílných barev. V tomto případě je součástí stroje více vstřikovacích jednotek. Dle jejich vzájemné polohy se uspořádání dělí do tří skupin, viz obr. 2-11. V poloze „L“ jsou vstřikovací jednotky umístěné horizontálně a svírají mezi sebou úhel 90°. V poloze „V“ je svíraný úhel také 90°, avšak jedna vstřikovací jednotka je umístěna horizontálně a druhá kolmo vertikálně. Třetím případem je poloha „W“, druhá vstřikovací jednotka je umístěna pod určitým úhlem nad horizontální jednotkou. [14][29]

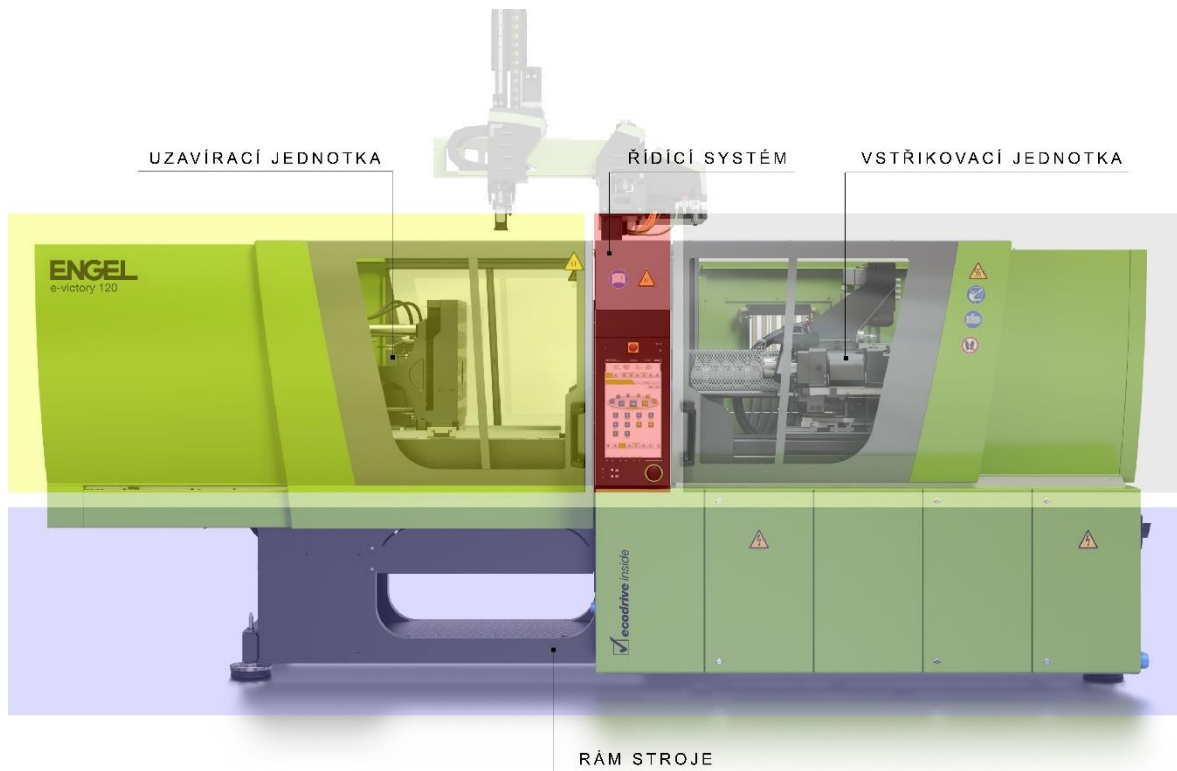




**obr. 2-11** Uspořádání vstřikovacích jednotek při dvoukomponentním vstřikování, (a) poloha „L“, (b) poloha „V“, (c) poloha „W“ [29]

### 2.3.2 Části vstřikovacího lisu

Základními částmi vstřikovacího lisu je vstřikovací a uzavírací jednotka, mezi nimi se nachází ovládací panel s řídicím systémem. Jednotlivé části jsou pak zasazeny v rámu stroje. Samostatný vstřikovací lis lze rozšířit připojením periferií, viz kap. 2.3.4.



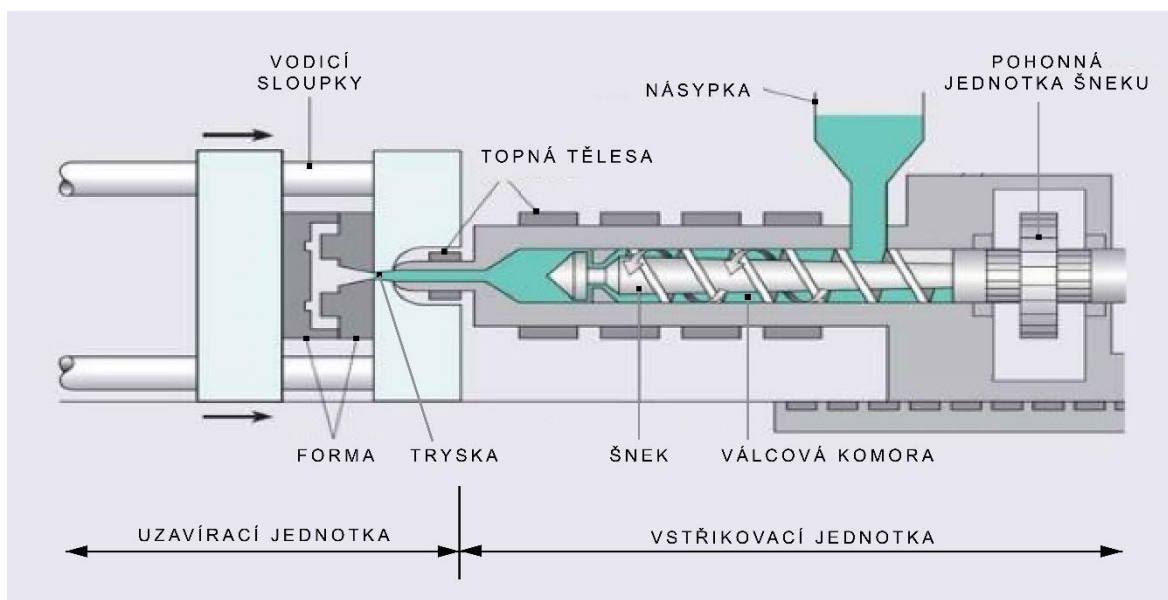
**obr. 2-12** Hlavní části vstřikovacího lisu, znázorněno na stroji ENGEL, e-victory 120 [24], upraveno

## Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka, označovaná také jak plastikační jednotka, je tvořena dvěma hlavními částmi – hnacím agregátem a elektricky vyhřívanou válcovou komorou. Uvnitř komory se nachází šnek. Jeho pohon je v případě elektrického vstřikovacího lisu zajišťován dvěma servomotory – pro lineární a rotační pohyb. Šnek zajišťuje správnou plastikaci granulátu, včetně tepelné stálosti. Šroubovitá geometrie šneku je koncipována tak, aby stlačení materiálu rostlo směrem jeho uzávěru. Konec uzávěru šneku se zužuje do špičky a jeho tvarování umožňuje proniknutí taveniny do prostoru před šnek. Při vstřiku je tento prostor koncem šneku utěsněn, aby nedošlo ke smísení taveniny ve šneku a tuhnutí již vstříknutého materiálu. Posledním článkem komory před vstupem do formy je tryska. [10][11][13]



obr. 2-13 Příklady šneků [15], upraveno



obr. 2-14 Schéma základních částí vstřikovací a uzavírací jednotky [16], upraveno

## Uzavírací jednotka

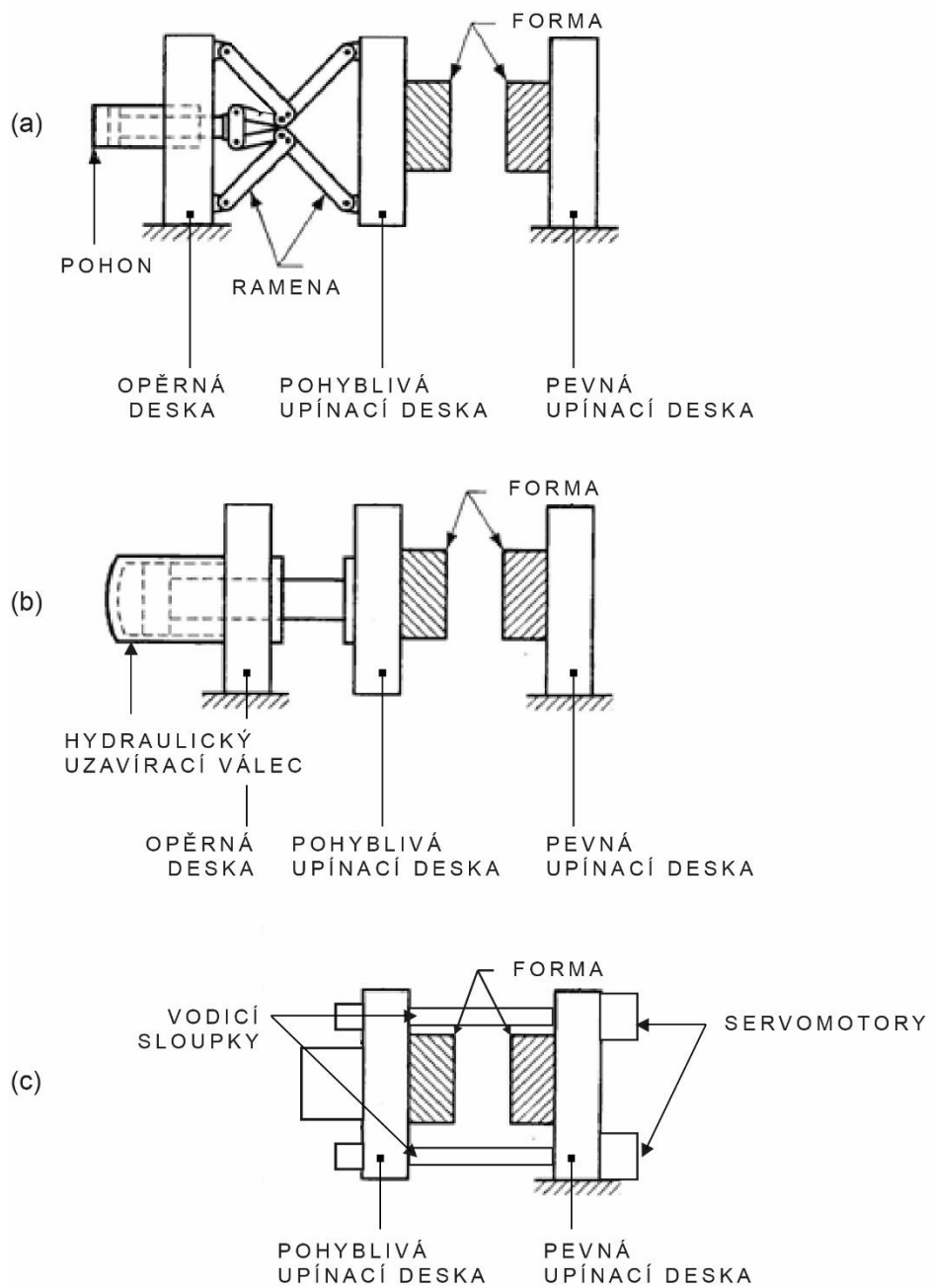
Základními částmi uzavírací jednotky jsou tři desky – pevná upínací, pohyblivá upínací a opěrná. Pevná upínací deska je spojena s rámem, mezi ní a pohyblivou upínací deskou je umístěna vyměnitelná forma (viz schéma obr. 2-17). Opěrná deska na opačném konci uzavírací jednotky slouží jako opěrný bod pro mechanismus zajišťující pohyby upínací desky. Pohyby zahrnují otevírání a zavírání formy a jsou vedeny ve směru horizontální osy stroje. Podmínkou pro přesné vedení formy a dokonalou vzájemnou polohu upínacích desek jsou vodicí sloupky. [10][11][13] Výrobce ENGEL používá patentovanou bezsloupkovou technologii pro uzavírací jednotku, forma je vedena v rámu ve tvaru „c“ [28].



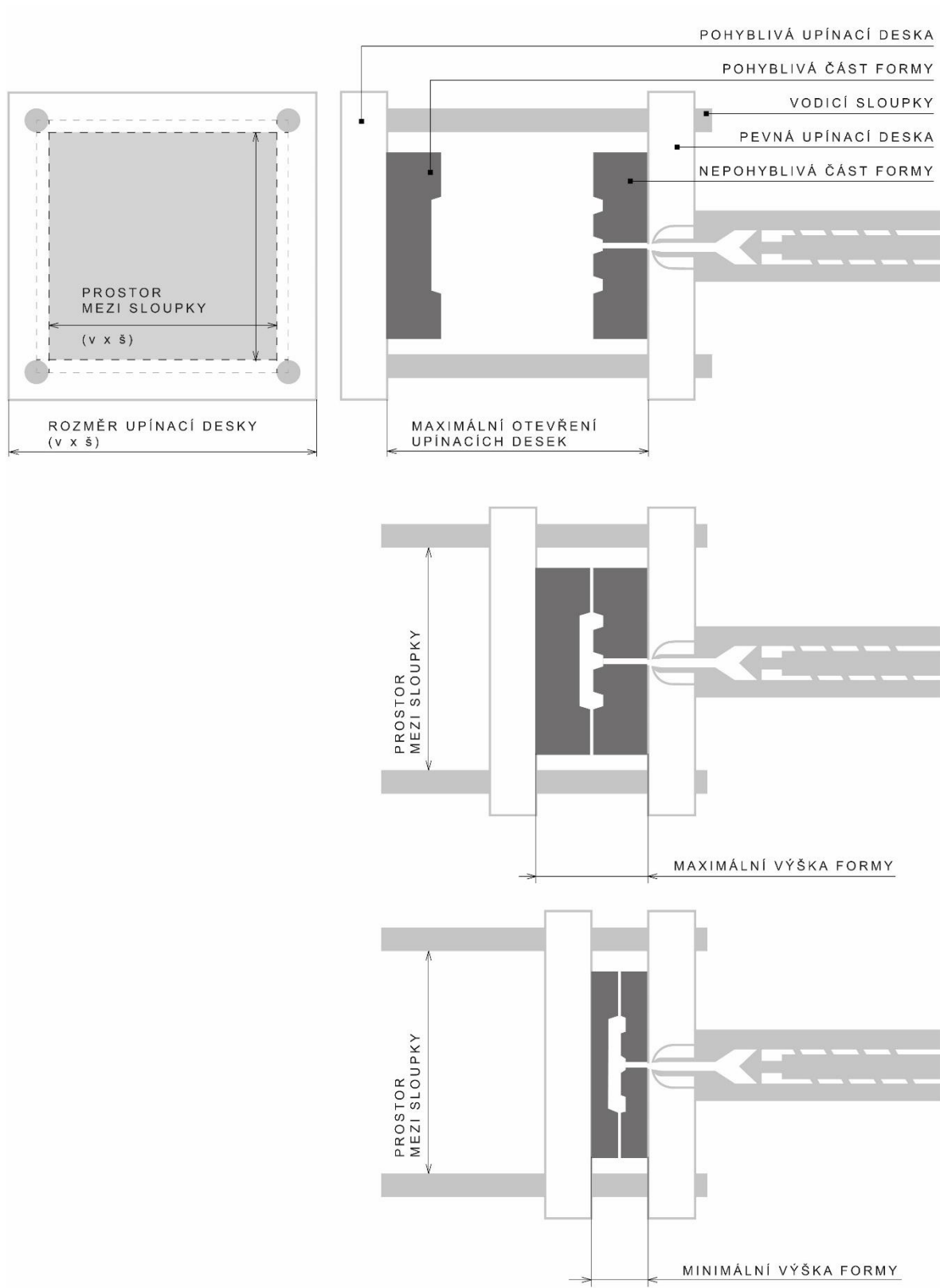
**obr. 2-15** Jednotisková forma upnutá na upínací desce, řešení (a) bez vodicích sloupků, (b) s vodicími sloupky

Uzavírací jednotka může být kloubová, tento mechanismus lze pohánět elektricky či hydraulicky. Druhým způsobem je plně hydraulické uzavírání s využitím hydraulického uzavíracího válce. [10]

Kromě třidedkové uzavírací jednotky lze pro konstrukci vstřikovacého lisu použít dvoudeskovou uzavírací jednotku. Pohonné jednotky pro uzavírání formy jsou umístěny za pevnou upínací deskou, a proto odpadá nutnost užití třetí, opěrné desky, viz obr. 2-16. [27]



**obr. 2-16** Schéma uzavírací jednotky, (a) třídesková s kloubovým mechanismem, (b) třídesková s hydraulickým válcem, (c) dvoudesková [26], upraveno



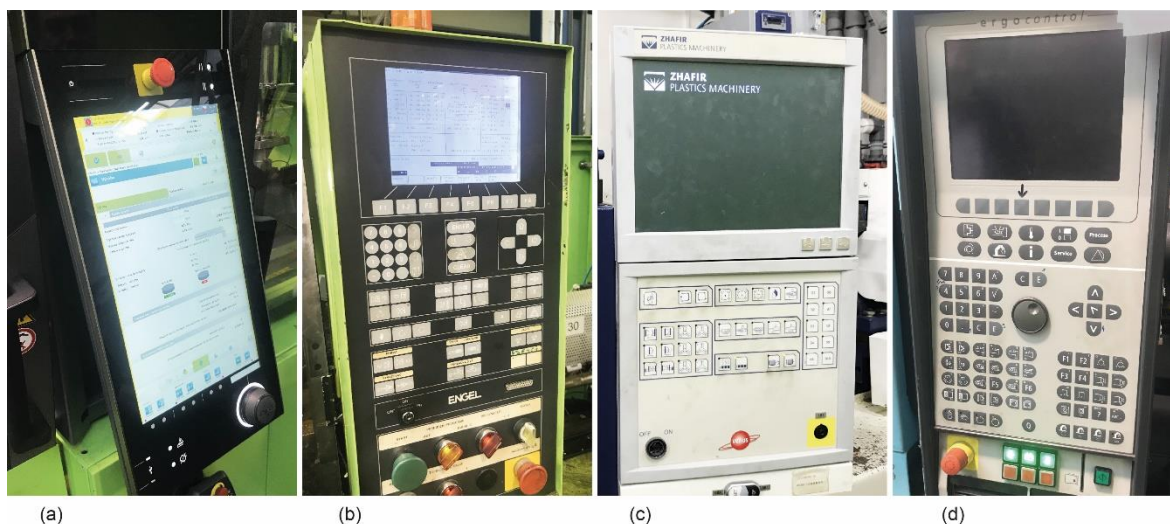
obr. 2-17 Rozměrové parametry uzavírací jednotky [10][11][13]

## Forma

Pro každý výlisek je nutné vytvoření unikátní formy. Ta může obsahovat jednu nebo i více tvarových dutin. V případě jedné dutiny jde o jednotiskovou formu, při každém cyklu tak vzniká právě jeden díl. Výsledkem víceotiskových forem je pak několik hotových dílů najednou. Víceotiskových forem se využívá u tvarově shodných dílů ke znásobení produkce nebo u tvarově podobných výlisků – např. symetrických, kdy vznikne pravá a levá verze současně. Násobnost formy je vhodná pro menší výrobky, hlavní výhodou je časová a ekonomická úspora. [10][11][13]

## Ovládací panel s řídicím systémem

Prostřednictvím panelu s řídicím systémem je možné monitorovat a ovládat celý proces vstřikování. Jednou z dalších funkcí panelu je počáteční programování či následná optimalizace procesů. V systému taktéž dochází k zaznamenávání a vyhodnocování dat ovlivňující kvalitu konečného výrobku. [10][11][13]



**obr. 2-18** Příklady ovládacích panelů: (a) ENGEL victory, (b) ENGEL starší řada victory, (c) ZHAFIR Venus, (d) Demag Extra 100-310 EcQ8

Samotný ovládací panel pak sestává ze sítě tlačítek a ovladačů, již standardně bývá doplněn o dotykovou obrazovku. U starších modelů se lze setkat pouze s manuálními ovladači. Panely mohou být pevnou součástí rámu bez jakékoliv možnosti polohovatelnosti, část řešení umožňuje natáčení do stran. V menší míře je nabízena možnost vertikálního náklonu.

## Rám stroje

Rám stroje slouží jako nosná konstrukce pro vstřikovací a uzavírací jednotku a ovládací panel. Součástí rámu stroje je elektrická výzbroj, v případě hydraulických vstřikovacích lisů také nádrž s hydraulickým olejem a pohonný systém. Část rámu pod uzavírací jednotkou je upravena tak, aby mohl být prostor využit pro sběr hotových výlisků či oddělených vtokových soustav. [10][11][13]

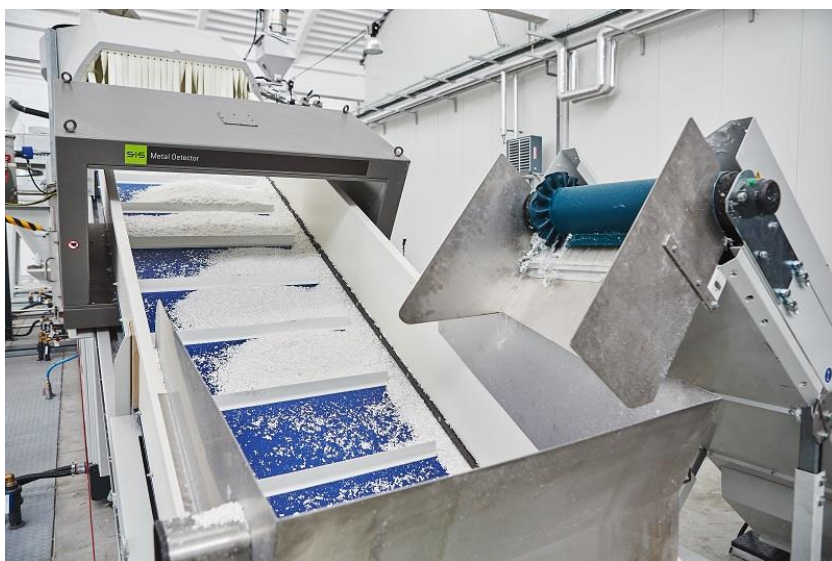
### 2.3.3 Vstřikovací cyklus

#### Plastifikace

Do stroje je násypkou vsypán surový materiál – granulát. Ten se v plastikační jednotce mění v homogenní taveninu. Teploty se pohybují v hrubém rozmezí (150–450) °C, přesné hodnoty se odvíjí od teploty tání daného zpracovávaného plastu. K tání plastu dochází v komoře vstřikovací jednotky. Uvnitř ní se nachází šnek a elektricky vyhřívaný válec. Granulát je posouván směrem k pístu uzavírací jednotky rotačním pohybem šneku, rychlostí cca 0,1 m/s. Souběžně během přemísťování granulátu dochází postupně k jeho tavení, až vznikne homogenní tavenina požadovaných vlastností, která je připravena ke vstříknutí do formy. [11][14]

Současně s rotačním pohybem koná šnek posuvný pohyb směrem od uzavírací jednotky. V komoře před šnekem tak vzniká prostor, ve kterém se hromadí tavenina. Rotačním pohybem a dalším přísunem taveniny v ní roste tlak. Tímto se předchází případné nežádoucí nehomogenitě taveniny, která má za následek zhoršené mechanické vlastnosti či vizuální kvalitu povrchu. [10][11][13]

V momentě ukončení plastikace je tlak v tavenině snížen krátkým rychlým pohybem šneku směrem zpět, tento moment je nazýván pojmem dekomprese. Uvolněním tlaku v tavenině se zabraňuje vytékání skrz trysku stroje. [10][11][13]



obr. 2-19 Regranulace plastů ve firmě Fatra [17]

#### Uzavření formy

Před zahájením plnicí fáze je vyžadováno dokonalé uzavření formy. V opačném případě by během vstřiku mohlo dojít k zatečení taveniny mimo požadovaný prostor a tím ke vzniku tzv. přetoků. [10][11][13]

## Plnicí fáze – vstřík taveniny

Během vstříkování je rozhodující vlastností stroje jeho uzavírací síla. Jde o sílu, která je potřebná k udržení formy v zavřeném stavu. Proti ní působí tlak vstříkované taveniny. Velikost potřebné uzavírací síly roste úměrně s velikostí plochy vstříkovaného dílu. [10][11][13]

Po uzavření formy koná šnek krátký rychlý posuvný pohyb směrem k uzavírací jednotce. Dochází ke vstříknutí taveniny nahromaděné před šnekem přes trysku do dutiny ve formě. Při vstříkovací fázi tavenina postupně prochází vtokovými kanály až do samotné dutiny formy, kterou postupně rovnoměrně zaplňuje. Během tohoto procesu šnek nekoná rotační pohyb, slouží pouze jako píst ke vstříknutí taveniny. [10][11][13]

Rychlost vstříkování musí být regulována s ohledem na tvar konečného výrobku a je nutné brát v potaz postupné chladnutí a tuhnutí taveniny. Vstříknutí taveniny do formy trvá v rozmezí řádů desetin sekund až sekund. [10][11][13]

## Dotlaková fáze

Po naplnění dutiny ve formě končí vstříkovací fáze a vystříknutý díl postupně chladne. Při chladnutí taveniny dochází ke smrštění velikosti výrobku. Podstatou dotlakové fáze je další přísun taveniny. Zamezuje se tím tak negativním kvalitativním změnám, jako jsou deformace, propady či zmenšení celkových rozměrů. [10][11][13]

## Chlazení

Po ukončení vstříkovací fáze začíná tavenina samovolně chladnout. Forma zůstává uzavřená až do doby, kdy je hotový vystříknutý díl možné odebrat bez nežádoucí deformace. Během fáze chlazení dochází ve vstříkovací jednotce k přípravě taveniny pro další cyklus. [10][11][13]

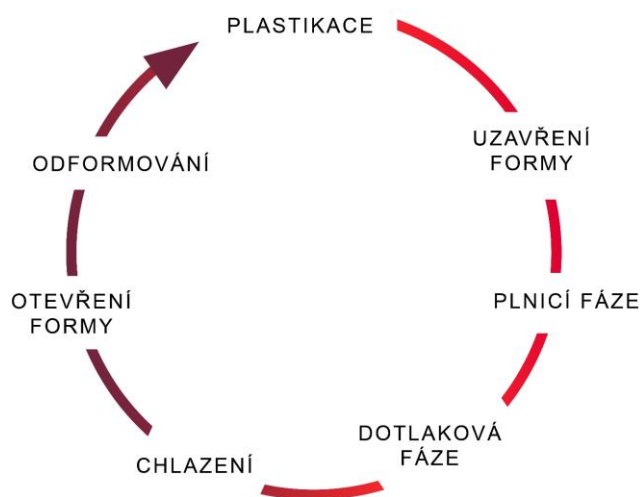
## Otevření formy

Při otevírání formy dochází k uvolnění uzavírací síly, dvě části formy se od sebe vzdálí natolik, aby bylo možné odebrat hotový výlisek. Odejmutí může být provedeno ramenem manipulátoru či samovolně opustí dutinu formy a spadne do připraveného sběrného boxu. Od odebírání výlisků pracovníky se z důvodů bezpečnosti upouští. Jedním z důležitých aspektů při otevírání formy je, aby hotový díl zůstal v požadované polovině formy, ve většině případů se jedná o pohyblivou polovinu. [10][11][13]



## Odformování

Při tvarové komplexnosti vstřikovaného dílu je nutné, aby se případná použitá boční tvarová jádra odsunula a umožnila jeho vyjmutí. K odformování dochází již během otevírání formy. Zmíněná poloha dílu po otevření formy je důležitá právě kvůli odformování a následného bezproblémového odejmutí. Ve zvolené části formy je zabudován vyhazovací systém, který slouží k uvolnění a snadnému odejmutí vylisku. [10][11][13]



obr. 2-20 Schéma vstřikovacího cyklu

### 2.3.4 Periferie

K samotnému vstřikovacímu lisu je možné připojit i několik sekundárních zařízení. Tato přídatná zařízení urychlují a zpřesňují výrobu či zjednodušují manipulaci. Celý proces je pak z větší části automatizován a ubývá tak potřeby lidské pracovní síly.

#### Dopravníky materiálu

Granulát lze doplňovat do násypky ručně. Avšak dnes se z tohoto způsobu upouští a dopravníky granulátu jsou již standardní součástí výrobního procesu. Využívány jsou především z důvodu nutnosti udržovat kontinuální chod stroje. Dopravníky mohou být rozděleny do dvou hlavních kategorií lišících se technologií použitou k dopravě materiálu, a to na mechanické a pneumatické. [10][11][13]



**obr. 2-21** Násypka s dopravníkem granulátu připojená k plastikační jednotce

### Sušičky granulátu

Zpracovávaný surový materiál, granulát, by neměl obsahovat žádnou vlhkost. Případná přítomnost molekul vody se negativně projevuje na kvalitě konečného výrobku. Z tohoto důvodu je nutné granulát přímo před použitím dostatečně vysušit. V případě menšího počtu vstřikovacích lisů je možné sušárnu zabudovat přímo do násypky. Tato nádoba má pak objem násobně větší než klasická násypka. Do její spodní části je přiváděn ohřátý suchý vzduch, který proudí směrem vzhůru a odvádí vlhkost z granulátu. Při větším počtu vstřikovacích lisů se využívá centrální sušárny, která není přímo součástí daného stroje. Je rozměrnější a schopná pojmout větší objem materiálu. Bývá umístěna samostatně a se všemi vstřikovacími lisami je propojena komplexní sítí pro dopravu materiálu. [10][11][13]

### Směšovací zařízení

Při potřebě dodání aditiv do základních materiálů se používají směšovací zařízení. Ta jsou umístěna jako nadstavba nad násypkou. Směšovací zařízení se skládají z více částí, v první z nich je odměřeno množství aditiv, ve druhé probíhá jejich smísení se základním materiálem. [10][11][13]

## Manipulátory a roboty

Pro zefektivnění a zrychlení výrobního procesu jsou již standardně vstřikovací lisy rozšiřovány o manipulátory. Po otevření formy rameno manipulátoru odebírá hotový výlisek a umísťuje jej na dané místo mimo prostor vstřikovacího lisu. Manipulátory se dělí dle směru najíždění do prostoru formy na vertikální a horizontální. Mohou být pevně spojeny se strojem nebo samostatně stojící na vlastní konstrukci vedle vstřikovacího lisu. [11] Víceosé roboty jsou pak schopny provádět další opracování výlisku, kontrolu či následnou montáž. [25]



obr. 2-22 Rameno manipulátoru

Mezi další periferní zařízení lze zařadit: [10][11][13]

- temperační systémy – sloužící ke chlazení a regulaci teploty formy,
- centrální systém pro výměnu forem,
- montážní pracoviště – s obsluhou provádějící další montáž výlisku či jeho balení,
- skenery a zařízení na vyhodnocování kvality výlisků.

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

K hlubšímu pochopení problematiky přispěly velkou měrou konzultace se zástupci výrobců vstřikovacích lisů v rámci Mezinárodního strojírenského veletrhu 2019 v Brně, stejně tak jako přímá návštěva provozu firmy, která se zabývá vstřikováním plastů.

### 3.1 Analýza problému

Řešení vstřikovacích lisů se při komplexním srovnání konkurence příliš nemění. Tento stav je dán především neměnným technologickým postupem výroby. Jednotlivé stroje se od sebe liší úpravami především vnějšího opláštění či použitou barevností.

Mezi jednotlivými výrobci a jejich přístupem k designu však lze spatřovat podstatné rozdíly. I přesto, že se na trhu nachází produkty oceněné v rámci designérských soutěží, se stále naskytá potenciál k odlišnému přístupu a řešení.

Z hlediska budoucího směřování se bude vývoj a výroba vstřikovacích lisů v nejbližších letech zabývat především následujícími otázkami [34]:

- automatizace výrobního procesu – využití 6osých robotů pro zlepšení plynulosti a rychlosti procesu,
- informační propojenost řídicího systému s celou firemní sítí – cíl komplexně monitorovat, vyhodnocovat a optimalizovat výrobní proces,
- využití většího procentuálního podílu zpracovávaného recyklátu na úkor čistého materiálu,
- přechod na vstřikování z jiných výrobních technologií, jedná se především o tvarově složité díly s požadavkem na nižší hmotnost.

### 3.2 Zhodnocení řešerše

Stroje se dle pohonu dělí do **tří hlavních kategorií** – hydraulické (poháněné hydromotory), elektrické (poháněné servomotory) a hybridní (využívající kombinaci dvou výše uvedených pohonů). [11]

Jednou z hlavních výhod elektrických vstřikovacích lisů se jeví **možnost úspory prostoru** z důvodu absence nádrží s hydraulickými oleji. Tento potenciál výrobci dostatečně nevyužívají. Příklad se spíše k variantě využití stejného vnějšího opláštění jak u hydraulických, tak u elektrických vstřikovacích lisů. Rozdíl ve vzhledu a tvarování daných produktových řad, lišících se pohonem, je pak nepatrný či spíše žádný. Například výrobce ENGEL disponuje řadou *victory* s hydraulickým či hybridním pohonem. Tu doplňuje řada *e-motion* využívající elektrický pohon, tvarově se však nijak od řady *victory* neliší. K významné minimalizaci celkových rozměrů stroje je možné přispět také použitím dvoudeskové uzavírací jednotky.

Z pohledu **interakce pracovníků** se vstřikovacími lisami lze obsluhu rozdělit do tří kategorií. Nejpočetnější skupinu tvoří *operátoři*. Až na výjimky je nutná jejich téměř nepřetržitá přítomnost. Tato skupina provádí výstupní kontrolu kvality vstřikovaných dílů, tyto výlisky odeberá a následně je balí. Do druhé skupiny se zařazují seřizovači a pracovníci údržby. Na rozdíl od dělníků mají přístup k celému stroji včetně jeho vnitřních částí. V jejich kompetenci je seřizování a korekce problémů vzniklých během chodu vstřikovacího lisu. Poslední část tvoří technologové, kteří se zabývají implementací a nastavením nových výrobních procesů. Lze konstatovat, že každá z uvedených skupin provádí odlišnou činnost a se strojem je v kontaktu po různě dlouhý časový úsek. Dalším neopomenutelným faktem je i lišící se vzdělání napříč skupinami. Tyto faktory je nutné zohlednit především v konceptu ovládacího panelu.

Z rešerše dále vyplývá trend postupné **automatizace výrobního procesu**. Standardem je použití např. dopravníků materiálu či manipulátorů a dopravních pásů. Tento postup je možné dále rozvíjet použitím technologie, která by umožnila automatické skenování hotových dílů, popřípadě i jejich balení. Tímto se otevírá možnost úplné automatizace výroby bez potřeby nepřetržité přítomnosti lidského faktoru, což by z hlediska efektivity produkce přispělo ke snížení zmetkovitosti a eliminaci chyb způsobených únavou, sníženou koncentrací či zhoršeným zrakem obsluhy.

Podstatné rozdíly je možné pozorovat v přístupech k řešení **ovládacích panelů**. Postupně se upouští od panelů s manuálními tlačítky a přepínači, ty jsou nahrazovány kombinací dotykových obrazovek a tlačítek či pouze plně dotykovými panely. Dotykové obrazovky nabízí z hlediska ovládání větší variabilitu operací, avšak nevýhodu můžeme vidět ve zhoršené viditelnosti a odrazech světla při náklonu a otáčení obrazovky. Za nedostatek lze považovat již zmíněnou možnost polohovatelnosti panelu s obrazovkou. V mnohých případech je umístěn pevně. Většinovým případem je možnost natáčení pouze do stran, u úzké skupiny pak vertikální náklon, nikdy však kombinace obojího.

### 3.2.1 Silné stránky stávajících produktů

I přes jistou uniformitu, která je dána technologií vstřikování a neměnným logickým uspořádáním jednotlivých funkčních částí, se na trhu vyskytují z hlediska tvarového jazyka nadstandardně řešené stroje.

Stroje jsou díky kvalitnímu zpracování konstrukce a vnějšího opláštění za použití odolných materiálů schopny odolávat několikaletému nepřetržitému provozu. Celková životnost se pak odvíjí od servisu a údržby jednotlivých částí stroje.

Další silnou stránkou je ergonomické zpracování. Pohyb kolem stroje je bezproblémový. Krytování vstřikovací i uzavírací jednotky a posuvné dveře chrání formu zajišťují bezpečnost pracovníků a zamezují nechtěnému přístupu ke vnitřním mechanismům stroje. Modernizace softwarového řešení řídicího centra pozitivně ovlivňuje vzhled a uspořádání ovládacího panelu.

## 3.3 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je zpracovat koncept vstřikovacího lisu s plně elektrickým pohonem. Velikost stroje bude omezena zvolenou velikostí uzavírací síly 100 tun. Navrhovaný stroj bude spadat do kategorie vstřikovacích lisů s uspořádáním uzavírací a vstřikovací jednotky v horizontálním směru. U vstřikovací jednotky bude použit šnekový mechanismus.

Mezi další cíle, které vyplynuly z rešerše, lze zařadit využití dvoudeskové uzavírací jednotky. Jejím použitím je možné docílit významné redukce délky stroje. Dále pak cíl redukovat hmotu podstavného rámu či jinak využít prostor vzniklý absencí nádrže s hydraulickými oleji.

Druhá skupina cílů se týká tvarového hlediska, a to konkrétně:

- použití tvaru reflektujícího proces vstřikování,
- tvarové propojení hlavních částí stroje s podstavou,
- horní krytování s ohledem na nutnost zachování čistoty vstřikovaných dílů,
- plně krytovaná vstřikovací jednotka,
- vyřešení ergonomie obsluhy – zajištění bezpečnosti a bezproblémového pohybu kolem stroje,
- polohovatelný ovládací panel, vhodně kombinující dotykovou obrazovku a manuální ovladače,
- grafické zpracování ovládacího panelu,
- návrh tvaru, skladby a barevnosti stroje s ohledem na technologii výroby tak, aby se konečný koncept vstřikovacího lisu odlišil od strojů na dnešním trhu.

### 3.4 Cílová skupina

Potenciálními odběrateli navrhovaného stroje jsou firmy působící především ve sféře automobilového a elektrotechnického průmyslu, kde se vstřikovací lisy využívají k výrobě plastových dílů různých tvarových složitostí s nárokem na vysokou rozměrovou přesnost. Do cílové skupiny spadají i firmy z medicínského, obalového či potravinářského průmyslu.

### 3.5 Základní parametry

Za základní určující parametr lze u vstřikovacích lisů označit uzavírací sílu, v tomto případě se jedná o uzavírací sílu velikosti 100 t. Velikost uzavírací síly ovlivňuje z hlediska designu především délku stroje. Návrh počítá s předpokládanou délkou stroje do 4000 mm.

### 3.6 Potenciální trh a cenová hladina

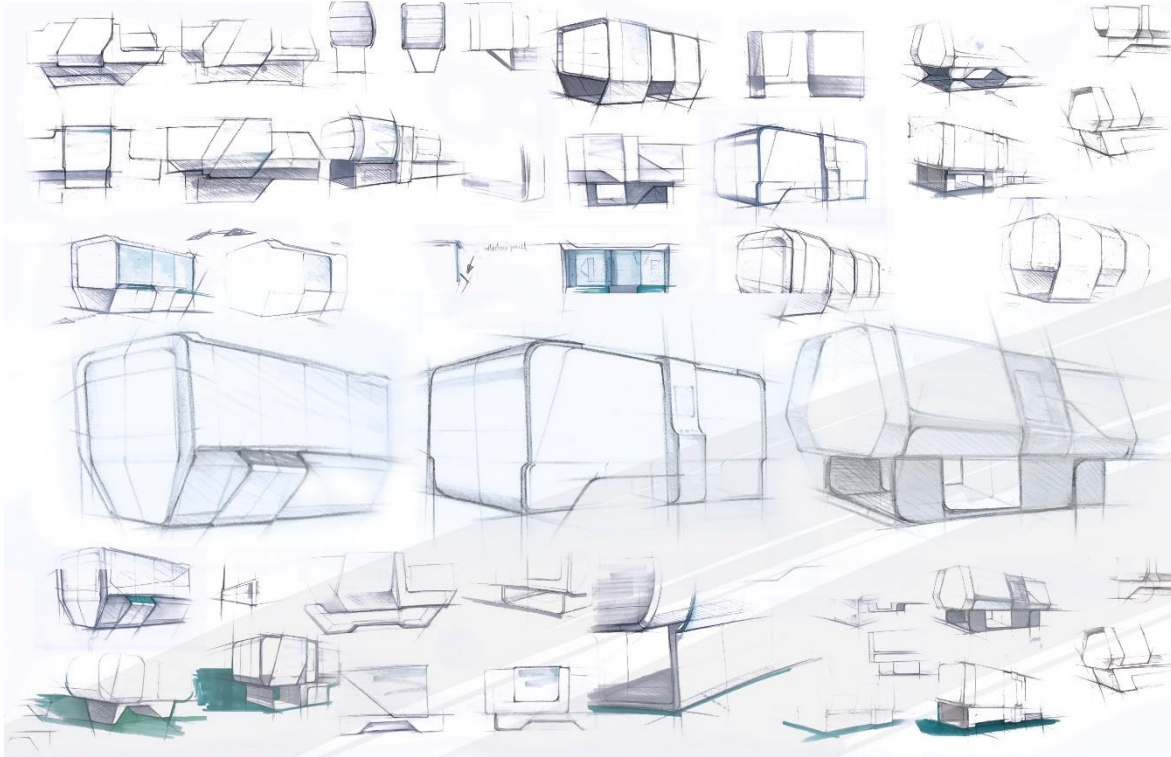
Klíčovými oblastmi trhu je stále rostoucí automobilový průmysl, avšak významnou roli bude sehrávat i obalový průmysl – dopravní balení, oblast logistiky, skládací boxy a bedny. Sférou s konstantní poptávkou je oblast medicínských aplikací. [34]

Za hlavní příležitosti dalšího nárůstu produkce vstřikovacích lisů lze označit asijský trh – Čína, Indie či Malajsie a dále například jihoamerickou Brazílii. Poptávka po produktech vyrobených vstřikováním v těchto státech rapidně narůstá. [34]

Lze předpokládat konečnou cenu cca 2 000 000 Kč a sériovou výrobu v řádu desítek kusů ročně. Pro příklad, firma ENGEL v roce 2016 v rámci celosvětové distribuce prodala okolo 4100 vstřikovacích lisů napříč všemi kategoriemi a velikostmi. [34]

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Tato kapitola představuje tři odlišné směry návrhu vstřikovacího lisu. Všechny varianty řeší vstřikovací lis s horizontálním uspořádáním jednotek a uzavírací silou 100 tun. Zahrnují plně krytovanou vstřikovací jednotku a dále počítají s řešením současného nedostatečného krytování přístroje shora.



obr. 4-1 Koncepční skici

### 4.1 Varianta I

První variantní studie reaguje na stávající stav tvarování strojů. U nynějších produktů je vždy viditelné **oddělení podstavného rámu od zbývajících částí stroje**. Tato řešení mají za následek necelistvost stroje a tvarové odcizení zmíněných částí.

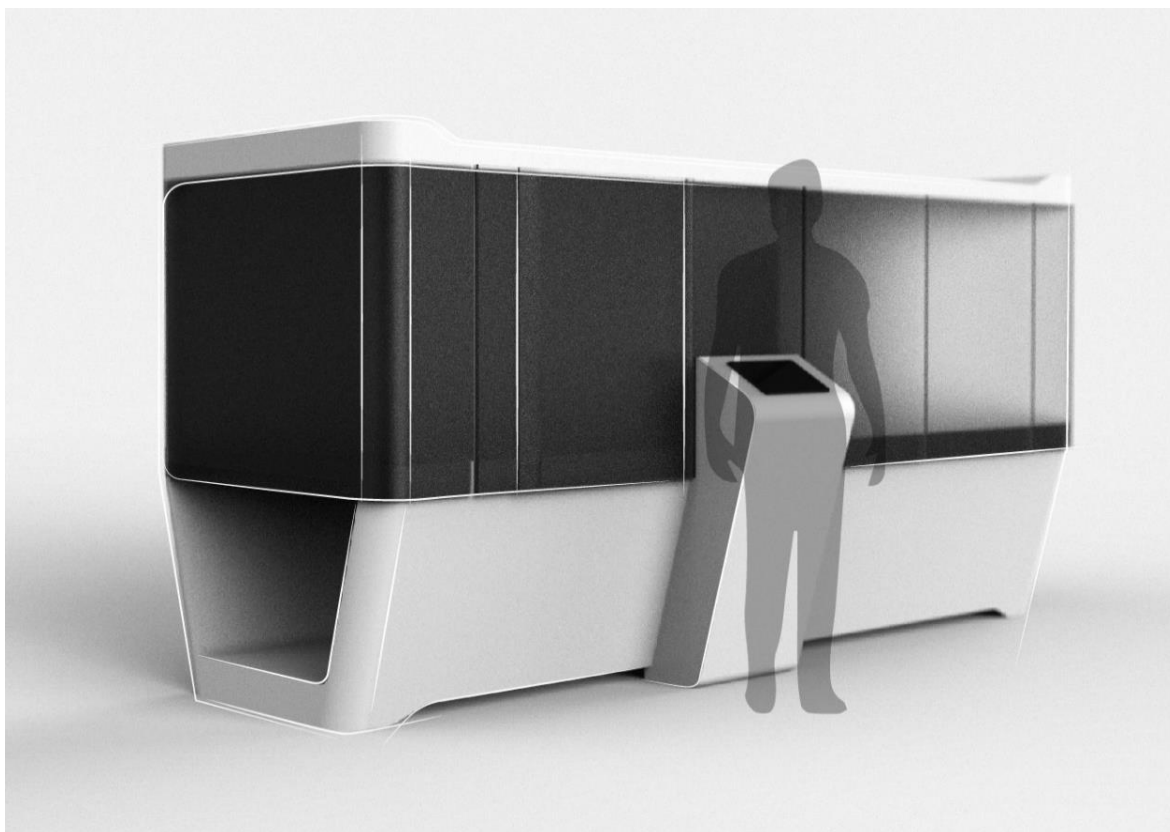
Cílem varianty I bylo tomuto negativu předejít. Krytování je navrženo tak, aby obepínalo vstřikovací a uzavírací jednotku a posléze zároveň plynule přecházelo do podstavy stroje. Z bočního pohledu je viditelné písmeno C.

Ovládací panel je umístěn na šikmé ploše mezi uzavírací a vstřikovací jednotkou. Nakloněná plocha respektuje ergonomické požadavky, kromě ovládacího panelu umožňuje umístění manuálních přepínačů a tlačítek.

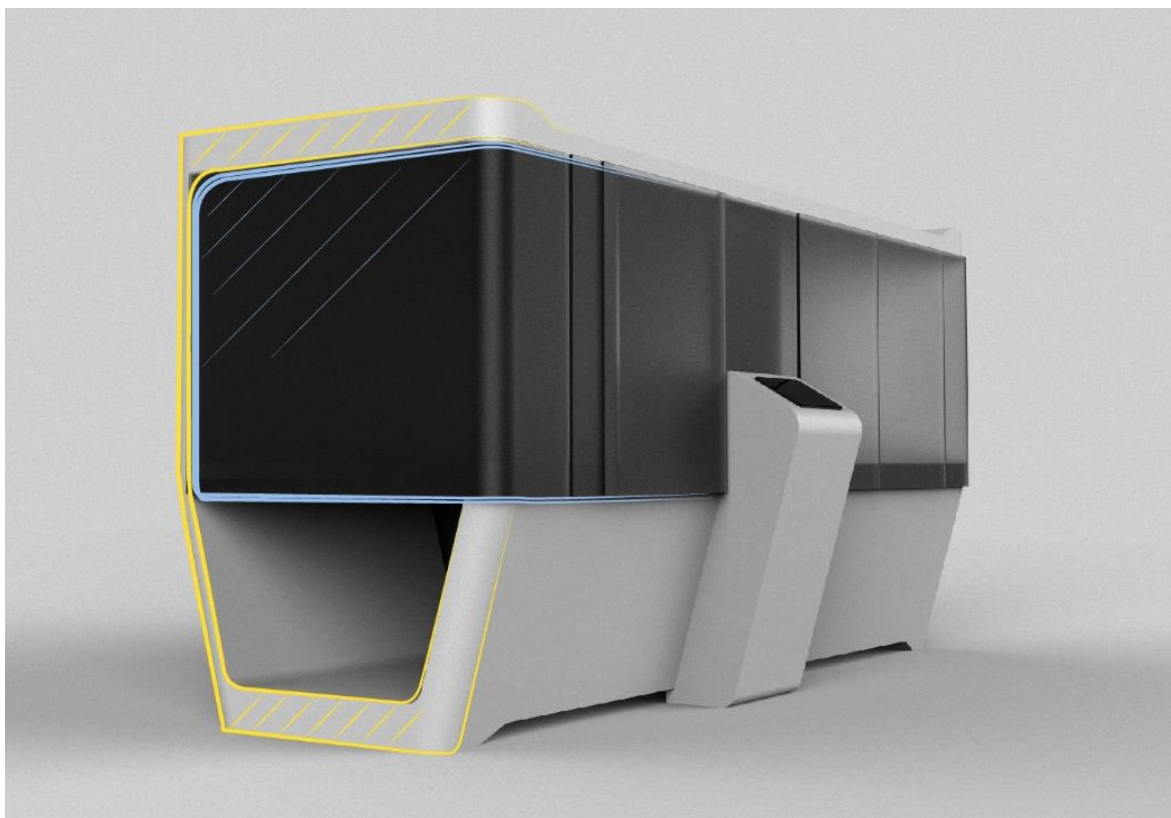


Díky přesunutí ovládacího panelu z vertikální plochy mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou bylo umožněno, aby podstatnou část čelní plochy zaujmul prosklení. Jeho hlavní funkcí je bezproblémová kontrola výrobního procesu. Přístup k oběma jednotkám je zajištěn celkem třemi posuvnými dveřmi.

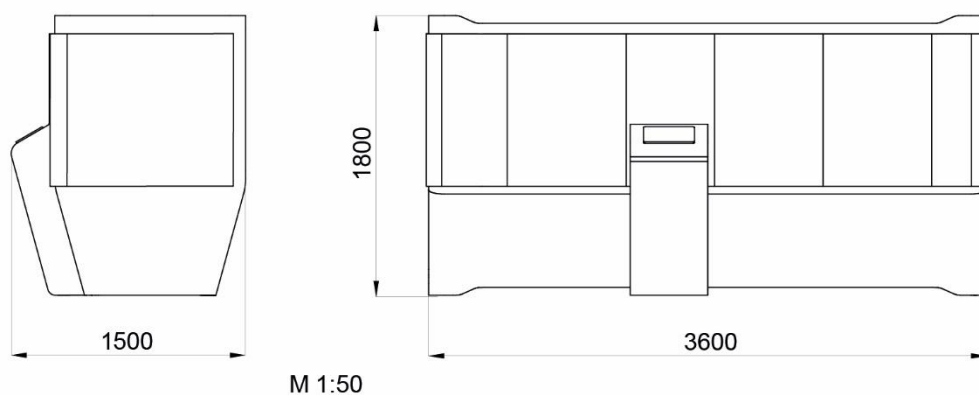
Návrh bere v potaz připojení dopravního pásu, a to rovnoběžně se strojem, kdy je část dopravníku vsunuta přímo pod uzavírací jednotku. Zkosení ve spodní části umožňuje volný pohyb kolem stroje. Celková délka stroje počítá s použitím dvoudeskové uzavírací jednotky. Další rozměry jsou voleny s ohledem na velikost upínacích desek (600 × 600) mm.



obr. 4-2 Varianta I



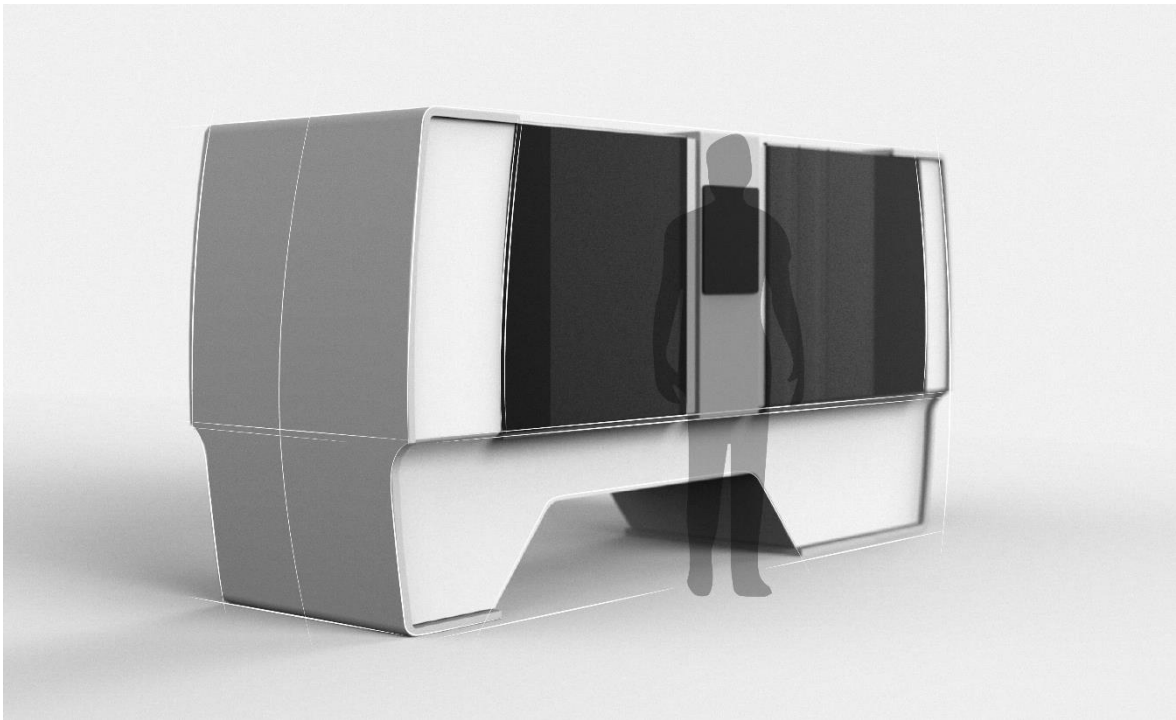
obr. 4-3 Varianta I – tvarování



obr. 4-4 Varianta I – rozměrové řešení

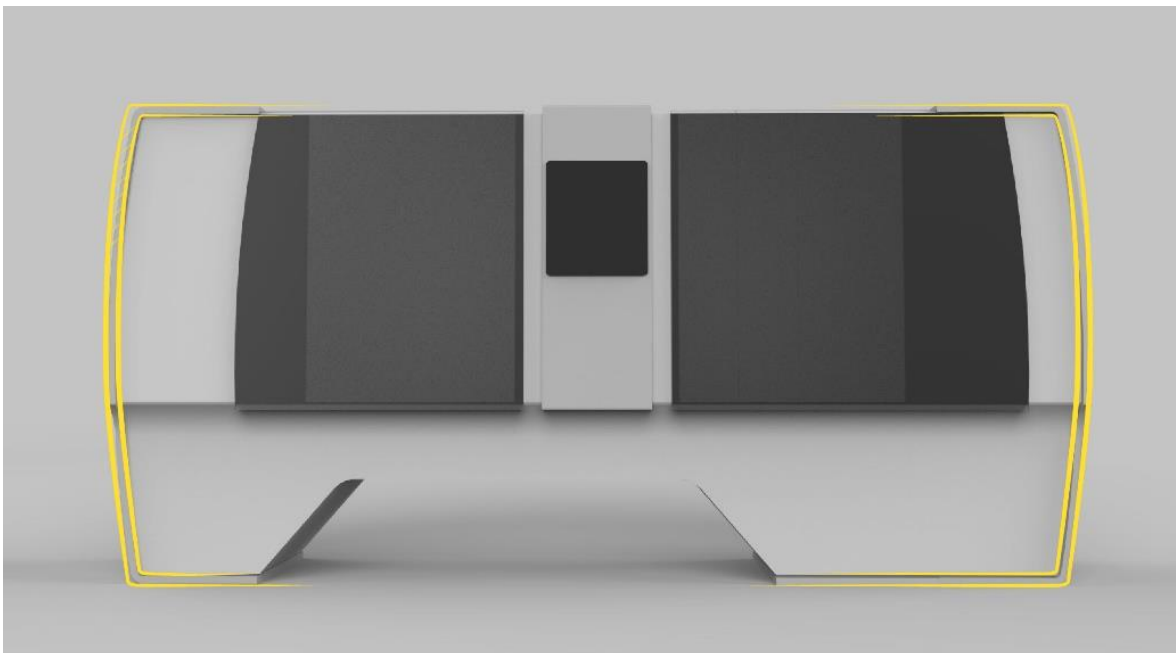
## 4.2 Varianta II

Celkový tvar varianty II vychází z hmoty kvádrů s výraznými zaobleními v rozích. V čelním pohledu je viditelné upnutí stroje ve dvou hlavních krytech. Zvolené krytování poukazuje na **proces odehrávající se uvnitř stroje**, a to konkrétně na dvě poloviny formy svírající mezi sebou výlisek – výsledný produkt vstřikování.



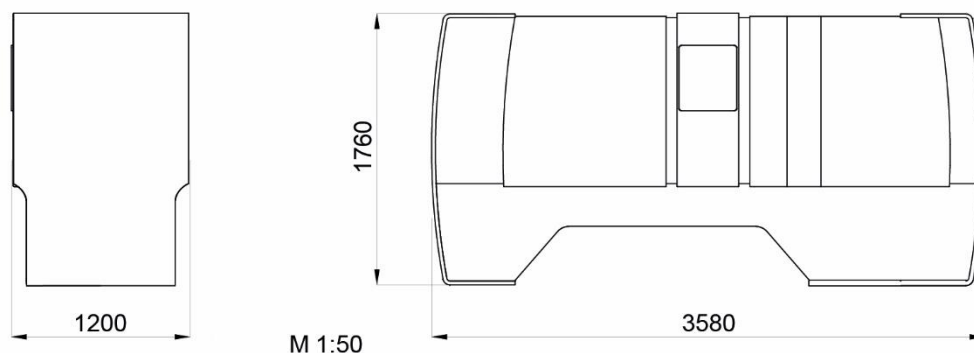
obr. 4-5 Varianta II

Ovládací panel se nachází mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou. Na svislé ploše je umístěn dotykový display. Odsazení v dolní části zajišťuje bezproblémový pohyb obsluhy kolem stroje. Zvoleným tvarováním bylo taktéž dosaženo eliminace odcizení podstavy od stroje samotného. Odebráním hmoty pod uzavírací jednotkou vznikl prostor pro umístění sběrné nádoby pro hotové výlisky. Pro přístup k oběma jednotkám slouží posuvné dveře.



obr. 4-6 Varianta II – tvarování

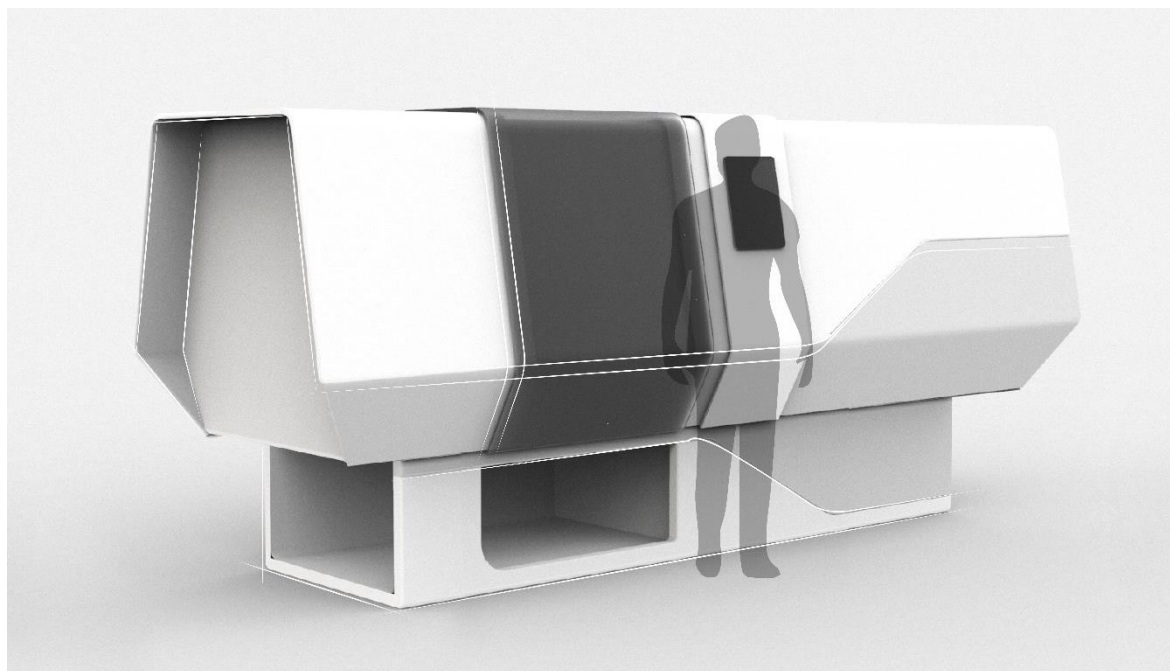
Celkové rozměry (3580 × 1760 × 1200) mm jsou voleny, stejně jako u předchozí varianty, s ohledem na použití dvoudeskové uzavírací jednotky a upínacích desek o rozměrech (600 × 600) mm.



obr. 4-7 Varianta II – rozměrové řešení

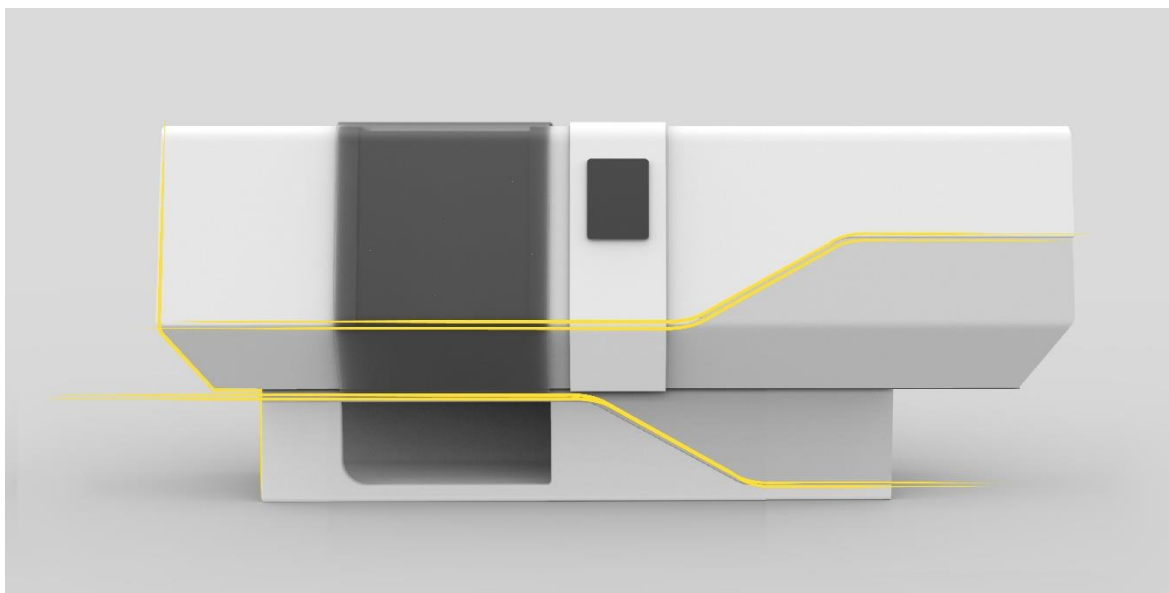
### 4.3 Varianta III

Cílem varianty III bylo po tvarové stránce zahrnutí a vyjádření **dynamiky a rychlosti procesu vstřikování**. Tělo stroje má v průřezu tvar nepravidelného šestiúhelníku, na něj navazuje čtyřúhelníková podstava. V čelním pohledu je pak krytování rozčleněno dvěma křivkami ubíhajícími po celé délce stroje.

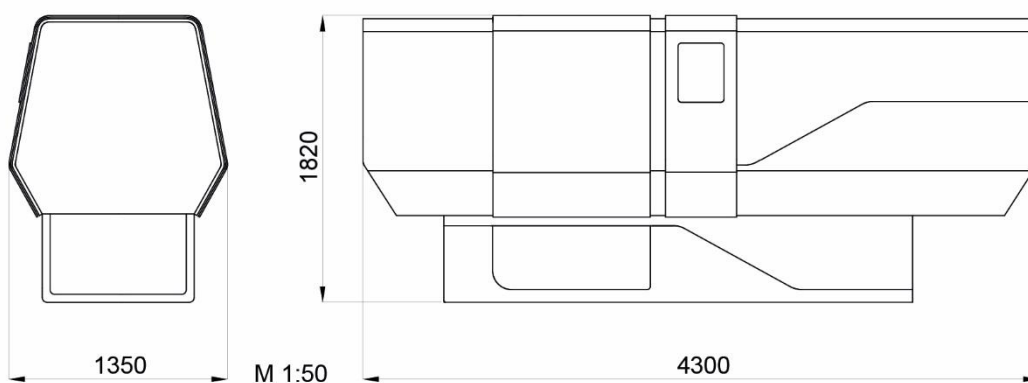


obr. 4-8 Varianta III

Ovládací panel je umístěn mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou, lze jej doplnit o ovladače a tlačítka. Dostatečně velký prostor okolo dotykové obrazovky umožňuje její natočení či vertikální posun. Uzavírací jednotka je kryta posuvnými dveřmi. Prostor pod uzavírací jednotkou je vyhrazen pro umístění sběrných beden na výlisky. Plně elektrický pohon stroje taktéž umožňuje redukci hmoty pod vstřikovací jednotkou.



obr. 4-9 Varianta III – tvarování



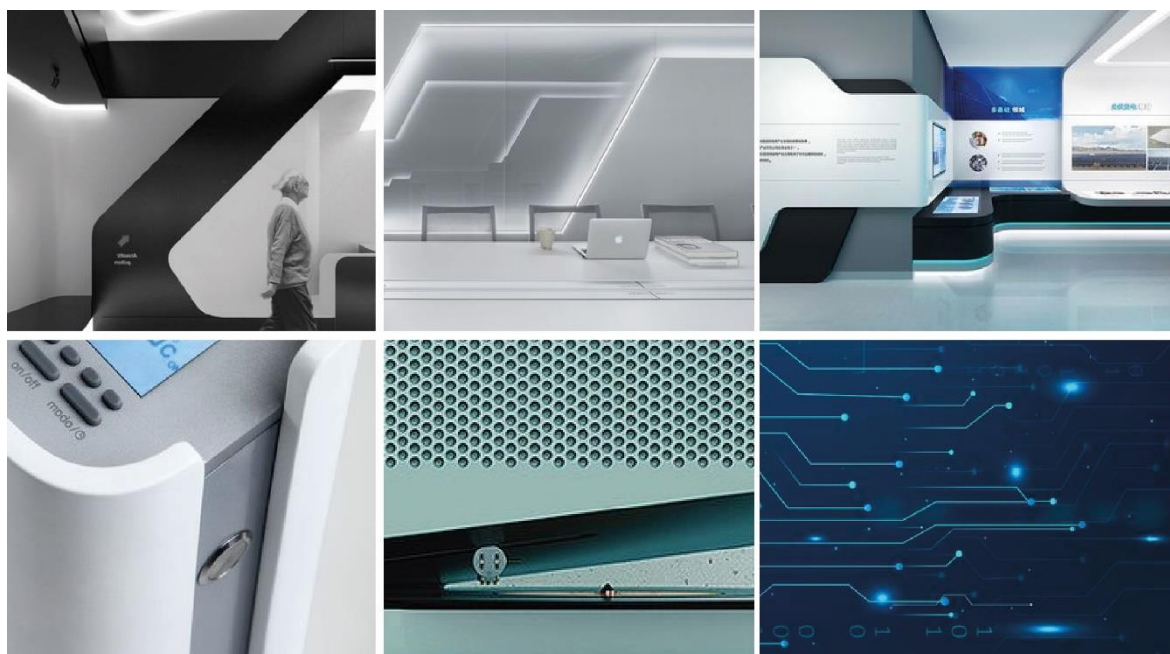
obr. 4-10 Varianta III – rozměrové řešení

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Základem pro finální tvarové řešení je variantní studie III. Zvolena byla na základě porovnání silných a slabých stránek všech tří variant, viz tab. 5-1. Ve spodní části stroje je pak viditelná souvislost s variantou II.

tab. 5-1 Srovnání variantních návrhů

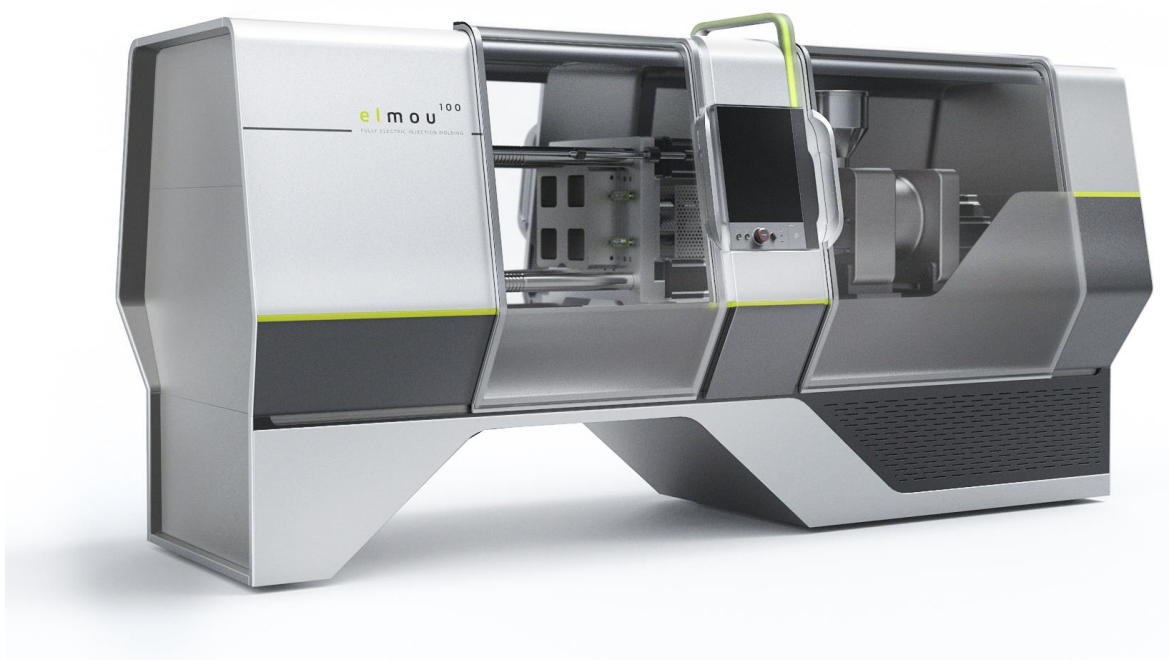
Varianta	Silné stránky	Slabé stránky
Varianta I	<p>Plnohodnotný průhled na vnitřní komponenty</p> <p>Umístění ovládacího panelu</p>	<p>Konvenční tvarové řešení</p> <p>Robustní celek</p> <p>Komplikovanější připojení periferií</p>
Varianta II	<p>Propojení podstavy se zbytkem stroje</p> <p>Prostor pro odebrání výlisků</p> <p>Odlehčené tvarování</p>	<p>Tvar postrádající dynamiku</p> <p>Neindustriální tvarování</p>
Varianta III	<p>Tvar reflektující proces vstřikování</p> <p>Přístup k vnitřním částem</p> <p>Potenciál pro připojení periferií</p>	<p>Nedostatečné propojení jednotlivých částí stroje</p> <p>Tvarové odcizení podstavy</p>



obr. 5-1 Inspirační koláž k finální variantě

## 5.1 Kompozice

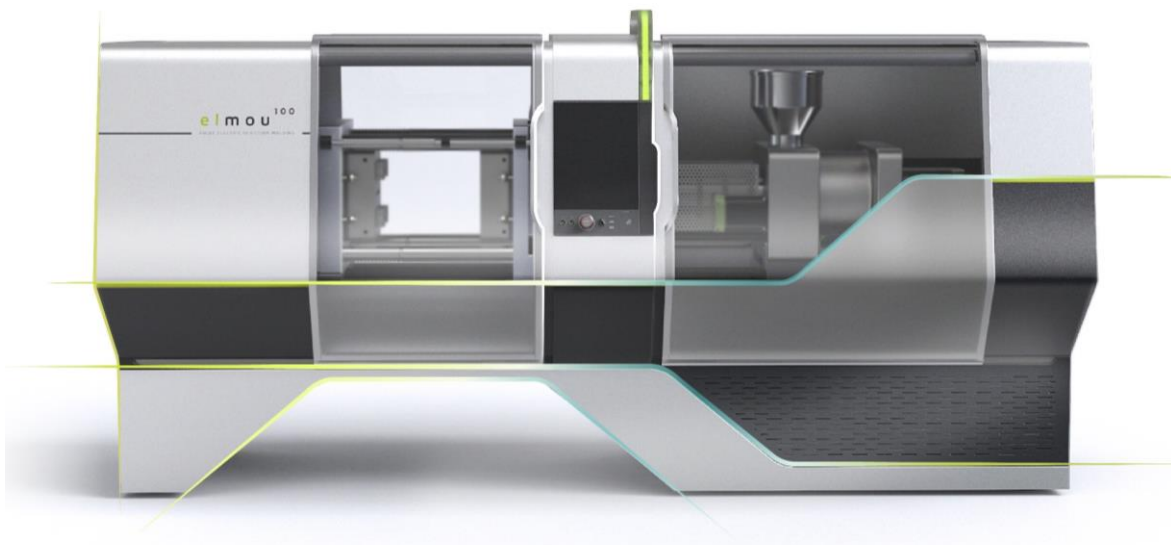
Krytování hlavních částí stroje využívá tvaru nepravidelného šestiúhelníku, viditelného především v bočním pohledu. Směrem vzhůru i dolů se hmota stroje zužuje. Zúžení napomáhá opticky eliminovat celkový objem. Krytování horní části pak plynule přechází v podstavu o čtyřúhelníkovém průřezu. Díky vzájemnému navázání krytů se podařilo eliminovat tvarové odcizení podstavy od ostatní části. Výrazná zaoblení v rozích jednotlivé části propojily a vtiskly stroji celistvý výraz. Přesahy krytů po stranách vstřikovacího lisu mají za cíl stroj vizuálně odlehčit a zároveň zdůraznit primární funkci opláštění – ochranné obálky vnitřních komponent.



obr. 5-2 Celkový pohled

Dominantním prvkem je materiálové členění krytů v čelním pohledu, viz obr. 5-3. Křivka rozdělující opláštění ubíhá po celé šíři stroje. Zrcadlově je zopakována i na krytu podstavy, kde určuje tvar odvětrávací mřížky. Křivky svým tvarováním a umístěním poukazují na proces vstřikování. Sbíhají se směrem k uzavírací jednotce dle toku taveniny. Odráží tak děj odehrávající se uvnitř přístroje a zobrazují jej na vnějším krytování.

Klíčová křivka se objevuje dále na podstavě části stoje pod uzavírací jednotkou, kde definuje prostor pro umístění sběrných nádob pro hotové výlisky či připojení dopravníku. Toto značné a dynamické odlehčení hmoty bylo umožněno díky použití plně elektrického pohonu. Tímto odpadla nutnost přítomnosti nádrže s hydraulickým olejem v podstavě.



**obr. 5-3** Tvarová kompozice

Vertikálně je stroj rozčleněn posuvnými dveřmi a dominantním středovým pásem, na kterém se soustřeďují veškeré ovládací prvky stroje. Číré plexisklo ve spojení se subtilními rámy působí odlehčeně, nezastírá vnitřní komponenty, zachovává výrobní proces viditelný. V dolní části je plexisklo zmatněno dle tvaru ubíhající křivky.



**obr. 5-4** Detail posuvných dveří



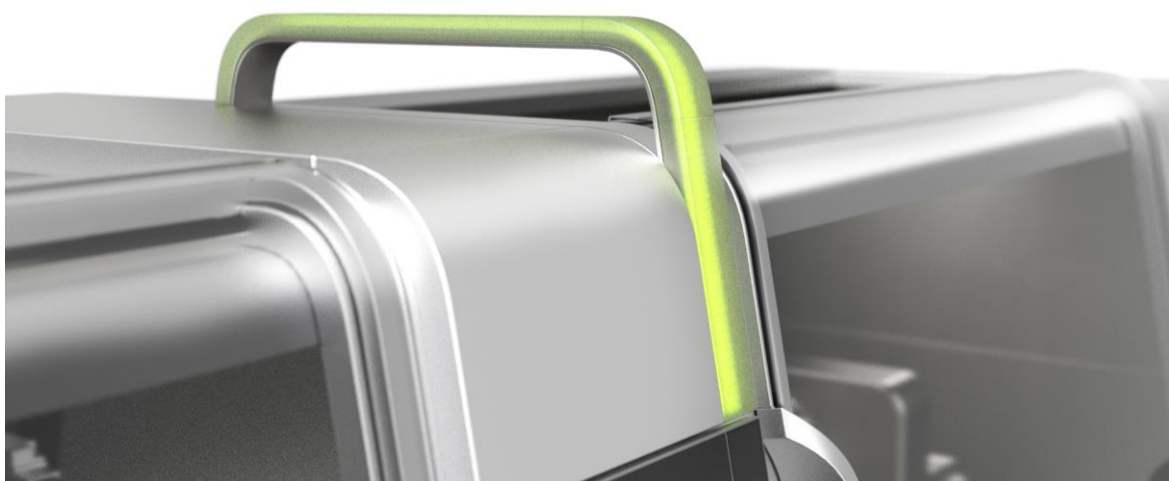
## 5.2 Detaily

Segmenty ústřední křivky jsou viditelné i na zvoleném tvaru madel posuvných dveří a úchopu ovládacího panelu. Madla pro otevírání dveří se dále napojují na dveřní rámy. Jejich vyklenutí v oblasti ovládacího panelu přitahuje pozornost k centru stroje. Oblé vybrání v dolní části madla slouží k navedení uživatele a snazšímu úchopu.



obr. 5-5 Centrální část vstřikovacího lisu

Ovládací panel je rozčleněn na dotykovou obrazovku, část s manuálními ovladači a svislý pás určený pro manipulaci s panelem. Na tento pás navazuje směrem vzhůru světelná signalizace výrobního procesu. Světlo vybíhá nad úroveň krytování, z bočního pohledu kopíruje tvarový výraz celého stroje.



obr. 5-6 Světelná signalizace



**obr. 5-7** Odvětrávací mřížka

Dalším styčným prvkem jsou zaoblení opakující se na detailech. Oblé tvary lze pozorovat u zakončení lineárních posuvů dveří. Viditelné je také v zadní části stroje jako úchytka dvířek k elektrické výzbroji. Výrazným elementem navazujícím na použité kompoziční prvky je perforace krytu pod vstříkovací jednotkou, která slouží k odvětrávání.



**obr. 5-8** Zadní strana stroje

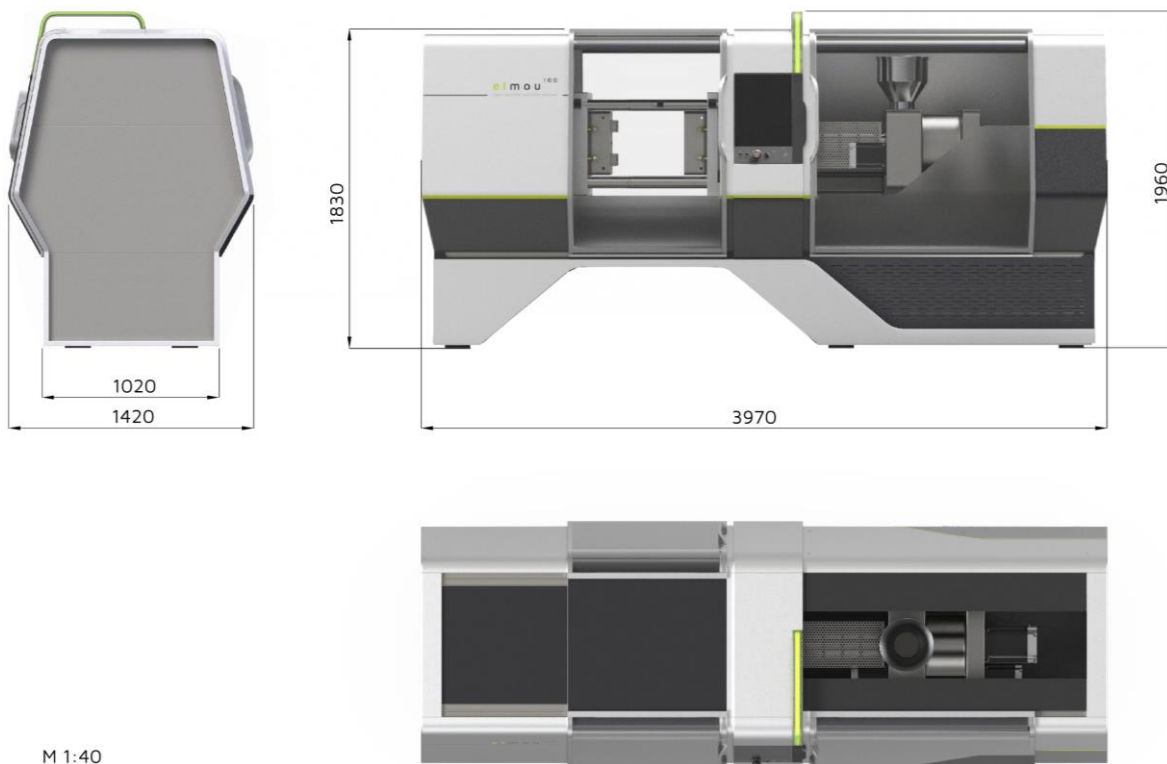
## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

### 6.1 Rozměrové řešení a hlavní části stroje

Celková délka stroje je 3970 mm, výška pak 1830 mm. Je-li započtena i světelná signalizace, dosahuje celkově 1960 mm. V nejširším místě vstřikovací lis měří 1420 mm, tento bod se nachází ve výšce 870 mm. Směrem vzhůru i dolů se tělo zužuje, šířka podstavky je pak 1020 mm. Veškeré rozměry vychází z vnitřního uspořádání jednotlivých součástí a uzavírací síly 100 tun.

Díky zvolené variantě s použitím dvoudeskové uzavírací jednotky dochází ke zkrácení celkové délky stroje. Délka současných třídeskových vstřikovacích lisů s uzavírací silou 100 t vždy překračuje 4000 mm, zpravidla se pohybuje kolem 4500 mm.

Uzavírací a vstřikovací jednotka jsou uspořádány horizontálně. Obě jednotky jsou plně krytované. Za předpokládanou hmotnost lze označit rozmezí 4000–4500 kg. Všechny další podstatné parametry určující velikost a konstrukci stroje jsou uvedeny v tabulce tab. 6-1.



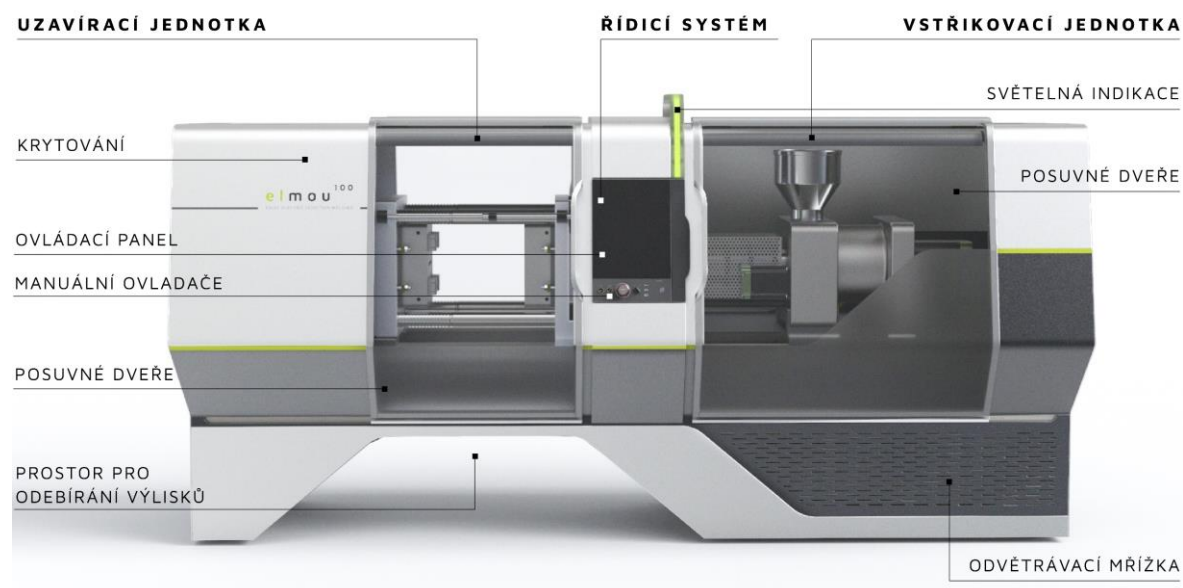
M 1:40

obr. 6-1 Základní rozměry

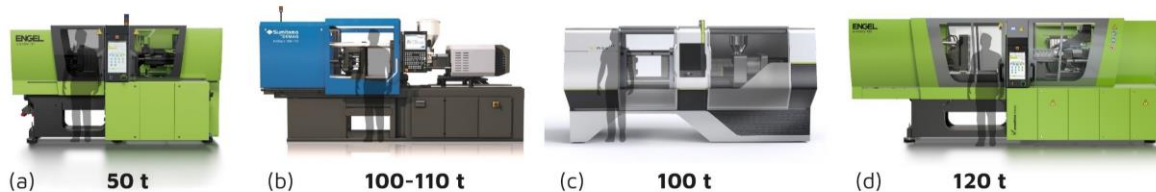
tab. 6-1 Určující parametry

Parametr	Specifikace
Pohon	Plně elektrický
Uzavírací síla	100 t
Uspořádání jednotek	Horizontální
Uzavírací jednotka	Dvoudesková
Vstříkovací jednotka	Plně krytovaná, se šnekovým mechanismem
Velikost upínacích desek	(600 × 600) mm
Připojení	Zdroj elektrické energie, vody a vzduchu

Stroj se skládá ze dvou z hlediska funkce nejdůležitějších částí – vstříkovací a uzavírací jednotky. Mezi nimi se nachází řídicí systém s ovládacím panelem. Tyto jednotky jsou pevně zasazeny v rámu stroje a krytovány.



obr. 6-2 Základní části stroje

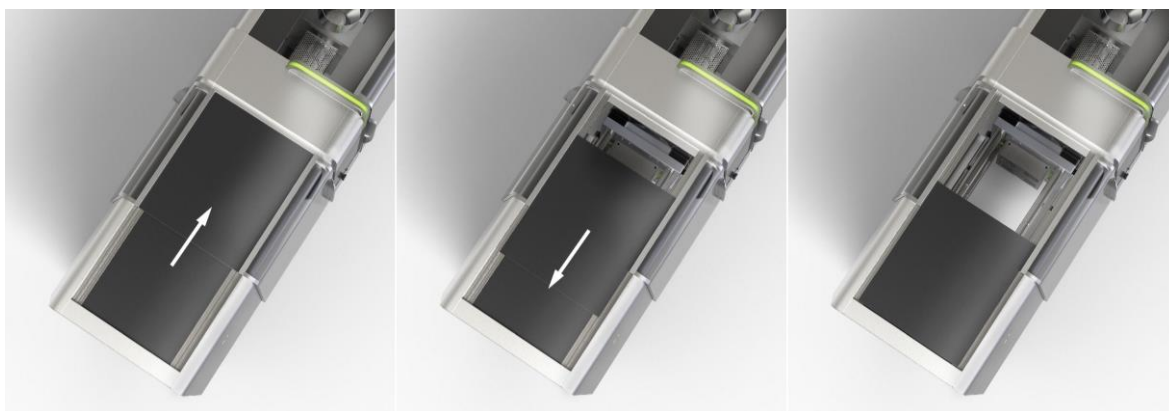


obr. 6-3 Velikostní srovnání návrhu (c) s ENGEL, e-motion 50 (a), Sumitomo DEMAG IntElect 100–110 (b) a ENGEL, e-victory 120 (d) [5][9][24]

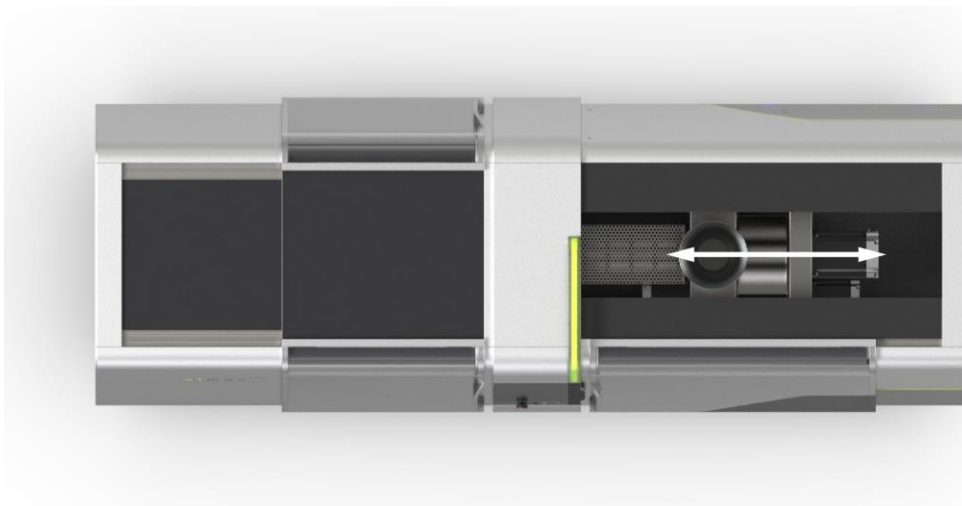
## 6.2 Vnější opláštění

Vstřikovací lis je kompletně krytován. Toto řešení přispívá k minimalizaci vniknutí jakýchkoli nečistot a tím znehodnocení produkovaných výlisků. Reaguje tak na zvyšující se nároky ohledně čistoty provozu, např. při vstřikování dílů z transparentních materiálů. Taktéž je celokrytování vhodnější pro zajištění maximální bezpečnosti obsluhy.

Kryt nad uzavírací jednotkou sestává ze dvou částí – pevné a posuvné. Při výměně formy či v případě požadavku připojení manipulátoru na horní část rámu stroje lze díky posuvnému krytu prostor uzavírací jednotky zpřístupnit shora. V opačném případě je kryt uzavřen z důvodů popsaných výše.



obr. 6-4 Posuvný kryt nad uzavírací jednotkou



obr. 6-5 Krytování nad vstřikovací jednotkou

Jediné místo, které je opláštěno jen částečně, se nachází nad vstřikovací jednotkou. Z důvodu prostoru pro pohyb vstřikovací jednotky a připojených periferií k násypce bylo nutné tento pás zachovat bez krytu, viz obr. 6-5.

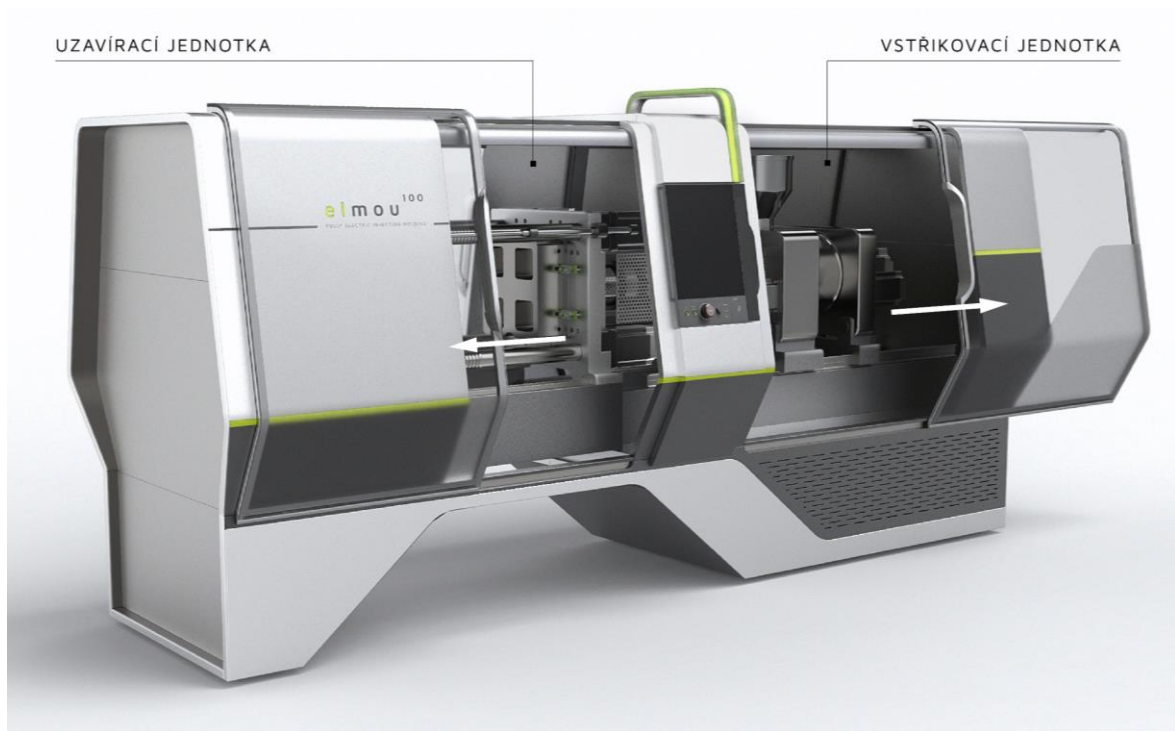
Prostor v rámu stroje pod uzavírací jednotkou umožňuje sběr hotových výlisků do sběrných nádob nebo připojení dopravníku. V části rámu pod vstřikovací jednotkou je umístěna veškerá elektrická výzbroj. Dostatečnou cirkulaci vzduchu zajišťuje perforovaný kryt.

### 6.3 Přístup k vnitřním komponentám

Pro přístup k vnitřním částem stroje slouží troje posuvné dveře. U uzavírací jednotky jsou použity posuvné dveře v přední i zadní části stroje. Tento fakt je dán nutností zachovat přístup z obou stran pro proces výměny a upevnění formy. Šířka dveří je v obou případech 920 mm.

Přístup ke vstřikovací jednotce je zajištěn posuvnými dveřmi o šířce 1300 mm. Zvolená šířka umožňuje bezproblémový přístup pro servisní práce na vstřikovací jednotce. Posuv dveří je prováděn směrem od středu stroje ve směru osy x, při maximálním otevření vzniká prostor o šířce 1150 mm.

Výplň dveří je po stranách vyztužena rámem. Horní a dolní okraj je upnut v U-profilech a dále zasazen v lineárním kolejnicovém vedení.



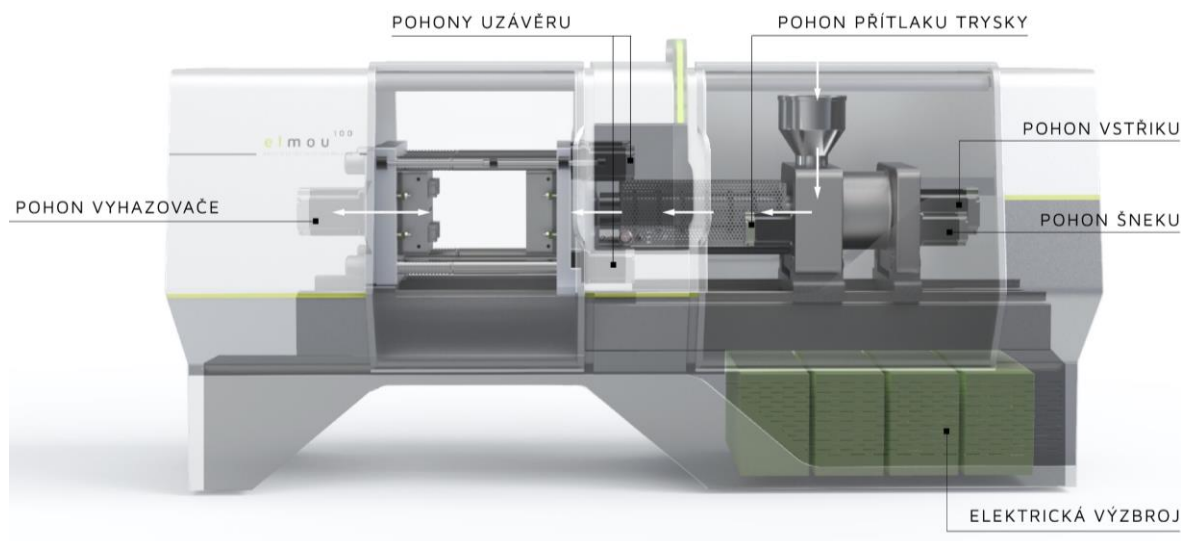
obr. 6-6 Posuvné dveře

## 6.4 Uspořádání vnitřních částí

Uspořádání vnitřních částí respektuje používané řešení u dnešních strojů. Vstřikovací jednotka je umístěna horizontálně napravo od uzavírací jednotky. Hlavním důvodem upřednostnění horizontálního uspořádání jednotek před vertikální variantou je jeho širší spektrum využití, včetně rozsáhlé škály dostupných periférií k připojení.

### 6.4.1 Pohonné jednotky

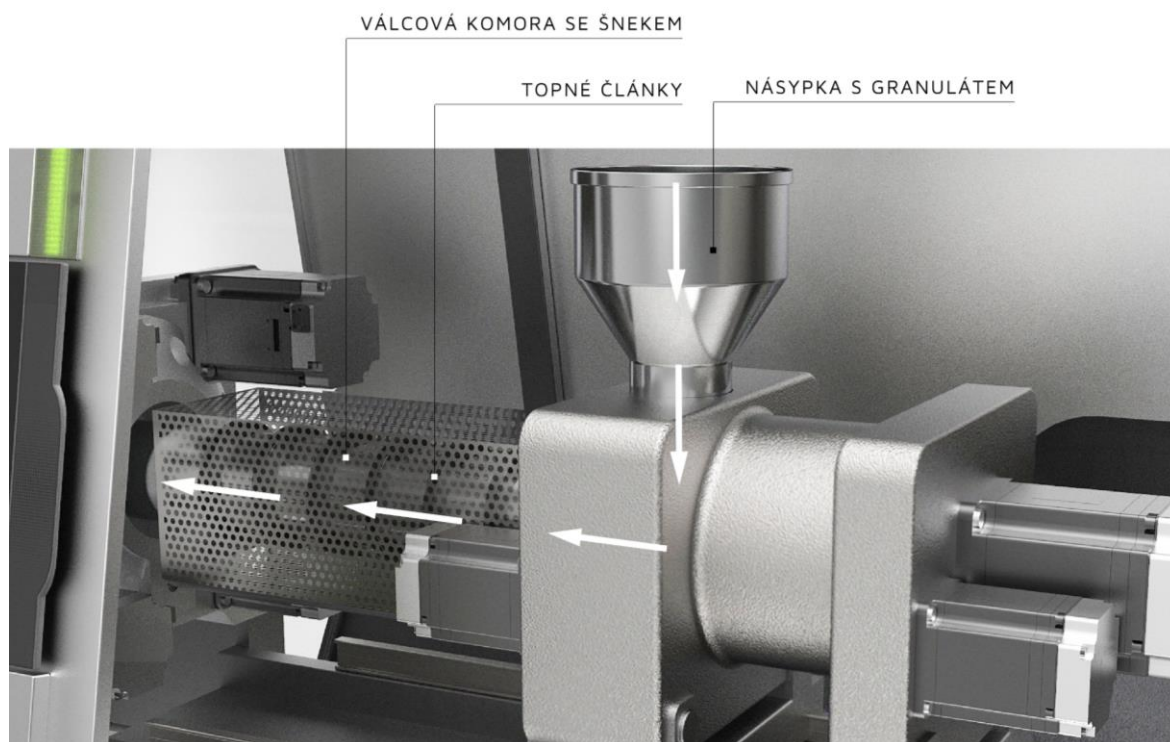
Veškerý chod stroje je prováděn za použití servomotorů. Pro rotační pohyb šneku při plastikační fázi slouží pohon šneku, pro lineární pohyb šneku při fázi vstřikování pak pohon vstřiku. Pohon přítlaku trysky zajišťuje správnou polohu trysky a zamezení úniku taveniny mimo vstřikovací a uzavírací jednotku. Pohony uzávěru jsou umístěny na pevné upínací desce mezi jednotkami, regulují pohyb pohyblivé upínací desky a uzavření formy. Posledním pohonem je pohon vyhazovače, který je nezbytný pro vyjmutí vylisku z formy. [10][11][13] Elektrická výzbroj se nachází v prostoru pod vstřikovací jednotkou.



obr. 6-7 Schéma pohonných jednotek

## 6.4.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka zajišťuje tavení materiálu a jeho následný vstřik do uzavírací jednotky. Do násypky je přiveden granulát, ten postupuje do vyhřívané válcové komory. Vyhřívání je zajištěno topnými články rozmístěnými po obvodu celé délky komory. Uvnitř komory se nachází šnek. Během plastikační fáze koná šnek rotační pohyb, granulát se v komoře mění v homogenní taveninu. Po ukončení plastikační fáze vykoná šnek rychlý lineární pohyb směrem k uzavírací jednotce, tavenina je tak vstříknuta do formy. [10][11][13]



obr. 6-8 Schéma komponent vstřikovací jednotky



### 6.4.3 Uzavírací jednotka

Hlavními částmi uzavírací jednotky jsou dvě upínací desky propojené vodicími sloupky. Upínací deska blíže vstřikovací jednotce je pevně upnuta k rámu stroje, doléhá na ni tryska vstřikovací jednotky. Pohyblivá upínací deska se pak během výrobního procesu pohybuje po vodicích sloupcích pro uzavření a otevření formy. Desky jsou uzpůsobeny pro upnutí formy. Desky o rozměrech (600 × 600) mm umožňují upnutí forem o rozměrech cca (300 × 300) mm. [10][11][13]

Použitá dvoudesková uzavírací jednotka nabízí oproti třídeskové jednotce úsporu prostoru z důvodu absence třetí, opěrné, desky. Na rozdíl od třídeskové jednotky pohony uzávěru nejsou umístěny za opěrnou deskou, ale za pevnou upínací deskou na straně ke vstřikovací jednotce, viz kap. 2.3.2. [10][11][13]

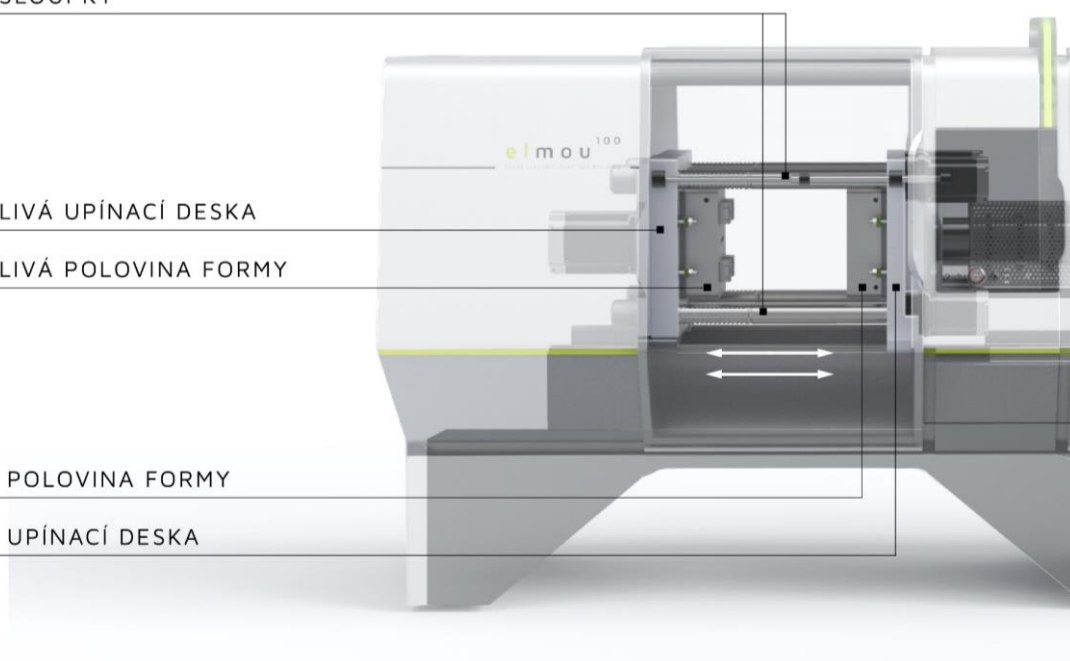
VODICÍ SLOUPKY

POHYBLIVÁ UPÍNACÍ DESKA

POHYBLIVÁ POLOVINA FORMY

PEVNÁ POLOVINA FORMY

PEVNÁ UPÍNACÍ DESKA



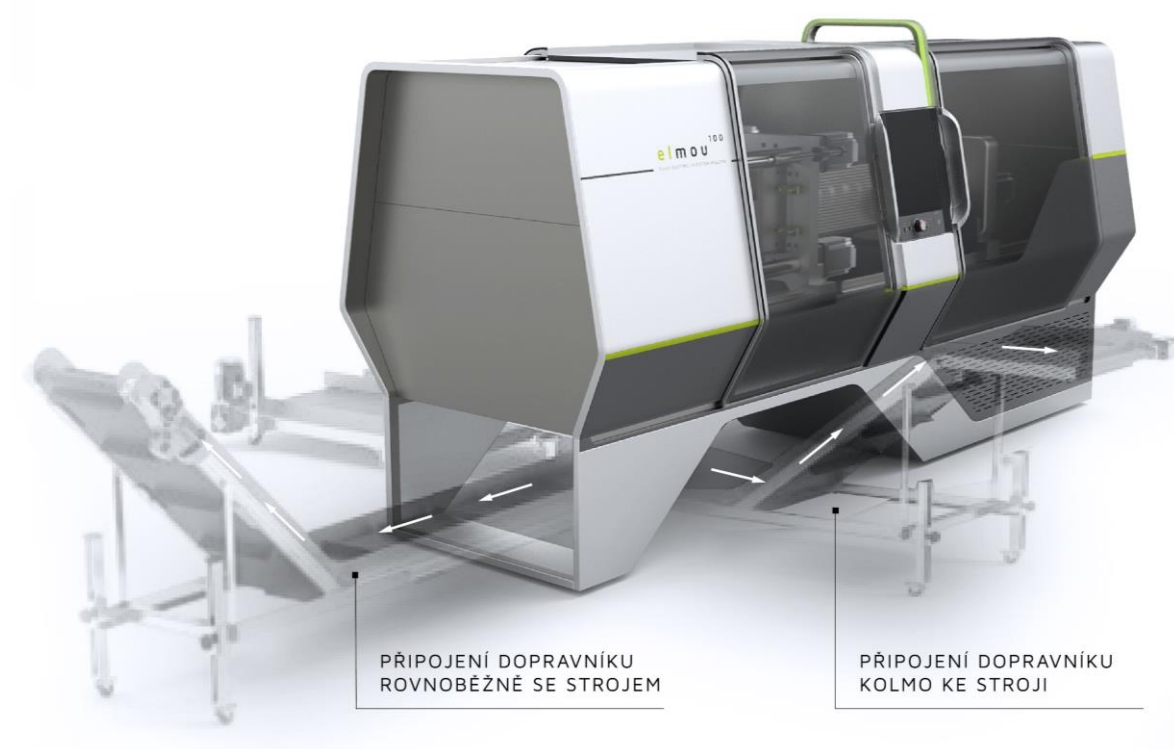
obr. 6-9 Schéma komponent uzavírací jednotky

## 6.5 Připojení periférií

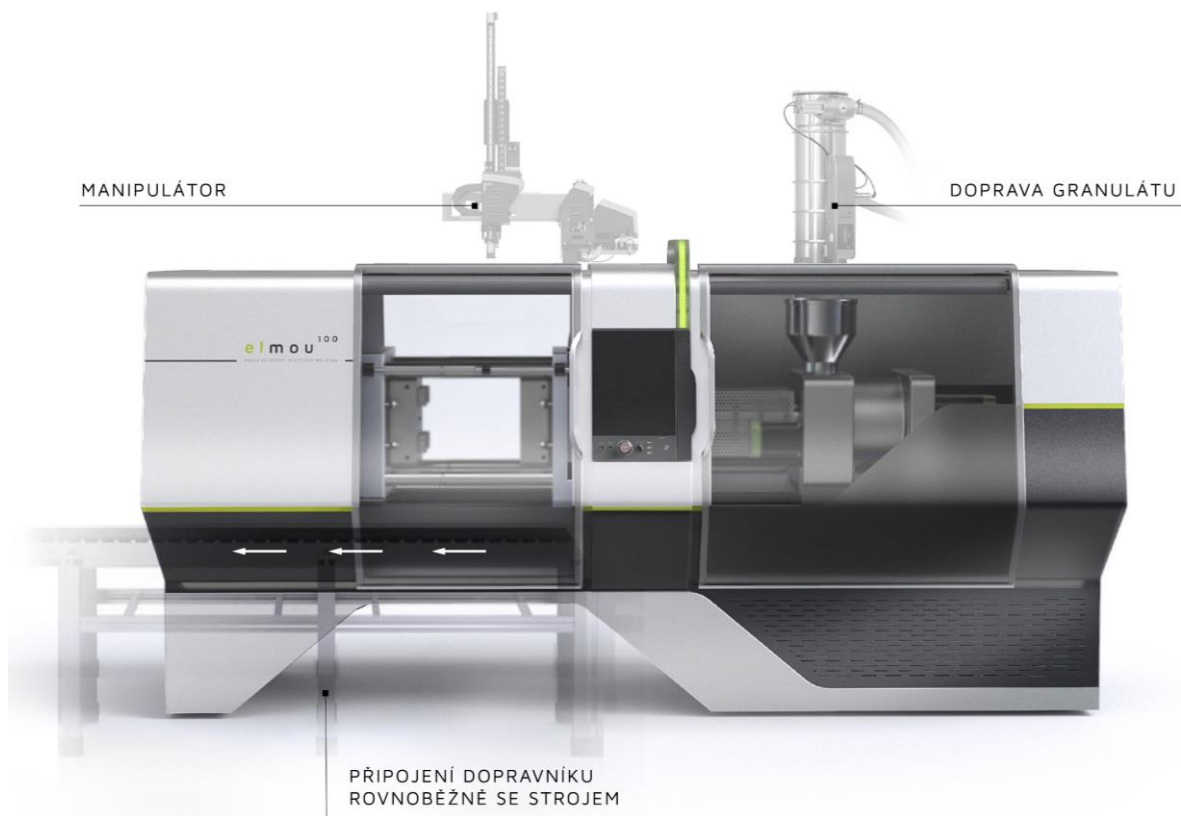
Při návrhu vstřikovacího lisu byl brán v potaz směr postupné až úplné automatizace výrobního procesu. Za zcela nezbytné lze označit zajištění možnosti pro připojení dopravníku hotových výlisků. Koncept počítá s možností připojení kolmo ke stroji, kdy je dopravník umístěn do volného prostoru pod uzavírací jednotku. Další možností je připojení rovnoběžně se strojem, pro tuto variantu je umožněno odejmutí dvou krytů v podstavné části stroje, viz obr. 6-10.

U dílů náchylných na poškození se k vyjmutí z formy využívají manipulátory či roboty (obr. 6-11). Ty výlisek po otevření formy přesunou z prostoru uzavírací jednotky na dopravník umístěný vedle vstřikovacího lisu. Dopravník lze v tomto případě ke stroji orientovat kolmo i rovnoběžně dle prostorových možností dané výrobní haly. Při znázorněném připojení manipulátoru je horní posuvný kryt otevřen. Obr. 6-11 dále zobrazuje možnost napojení na systém kontinuální dopravy granulátu.

V situaci, kdy se jedná o rozměrově menší díly, u kterých nehrozí znehodnocení, lze výlisky shromažďovat do sběrné nádoby umístěné pod uzavírací jednotkou. Hotové výlisky po pohybu vyhazovače padají do připravené nádoby.



obr. 6-10 Připojení dopravníků



obr. 6-11 Připojení manipulátoru a nasávače granulátu

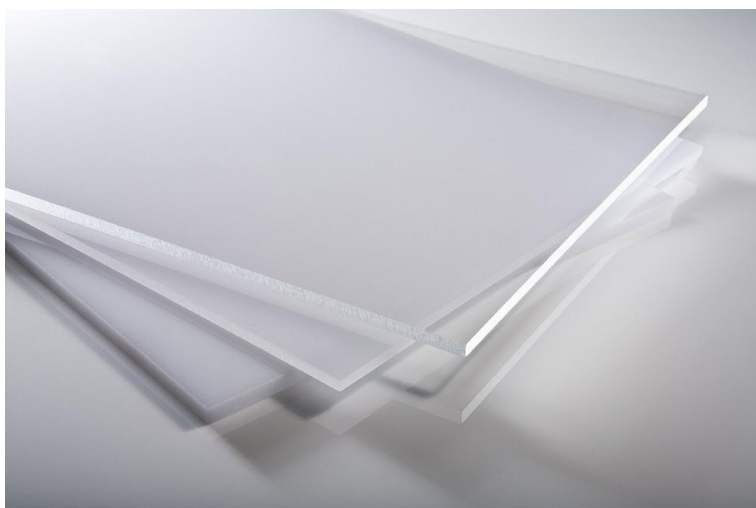
## 6.6 Použité materiály

Hlavním materiálem celého stroje je plech z oceli S235JR. Tento materiál bývá standardně využíván pro krytování průmyslových strojů. Pro krytování vstřikovacího lisu není nutné použití izolačních materiálů či materiálů se speciálními vlastnostmi. Konstrukce nosného rámu v podstavné části je z šedé litiny. Materiálem madel dveří je z důvodu požadavku nižší hmotnosti hliníková slitina. Daný materiál je dále použit pro obdélníkové a U-profily, které tvoří dvevní rámy.



**obr. 6-12** Ocelový plech [31]

Pro výplň posuvných dveří bylo zvoleno plexisklo – PLEXIGLAS RESIST. Vyznačuje extrémní pevností a vysokou transparentností zajišťující bezproblémovou kontrolu nad výrobním procesem. Dále je libovolně formovatelné. Je 11× odolnější vůči nárazu než sklo. Pro aplikaci na posuvných dveřích je vhodné i z důvodu nízké hmotnosti. [33]



**obr. 6-13** Plexisklo čiré PLEXIGLAS® [32]

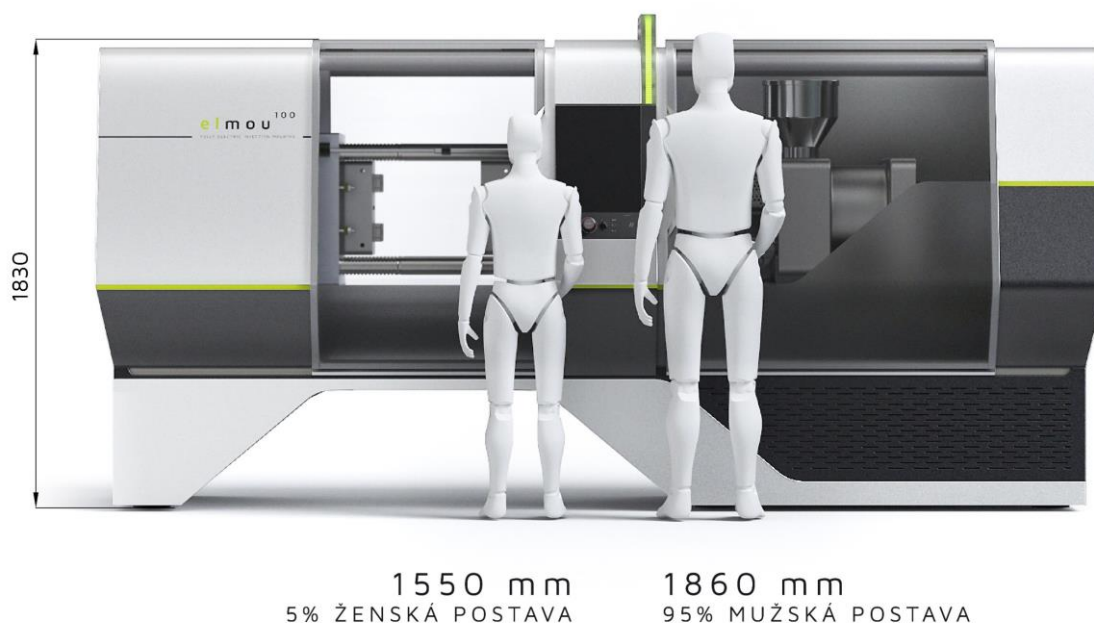
Součástí ovládacího panelu je dotyková obrazovka s antireflexní úpravou, která řeší problém s odrazy stropního osvětlení a zajišťuje tak vyšší čitelnost obrazovky. Dalšími použitým materiálem pro ovládací prvky a dílčí části ovládacího panelu je ABS a pryž.

## 6.7 Technologie výroby

Výroba jednotlivých segmentů se odvíjí od použitých materiálů a využívá běžně dostupné technologie. Tabule ocelového plechu jsou tvarovány ohýbáním, složitější tvary řezány vodním paprskem či laserem. V případě komplexnějších tvarů se jedná především o bočnice stroje a krytování podstavy, včetně odvětrávací mřížky. Kryty jsou posléze práškově lakovány na požadovaný odstín. Konstrukce podstavy je odlita. Pro dosažení požadovaného tvaru výplně dveří je plexisklo řezáno laserem a ohýbáno. Částečné pískování má za následek neprůhledný matný efekt ve spodní části dveří. Drobné plastové části jsou zpracovány vstřikováním.

## 6.8 Ergonomické řešení

Stěžejními ergonomickými vstupy pro návrh byly brány výškové parametry lidské postavy, a to konkrétně 5% ženská postava s výškou 1550 mm a 95% mužská postava, která odpovídá výšce 1860 mm. Cílová skupina uživatelů je, co se fyzických parametrů týče, značně nesourodá. Použití mezních hodnot zajišťuje, aby rozložení ovládacích a manipulačních prvků bylo svým umístěním přijatelné pro co nejširší spektrum uživatelů. [35]

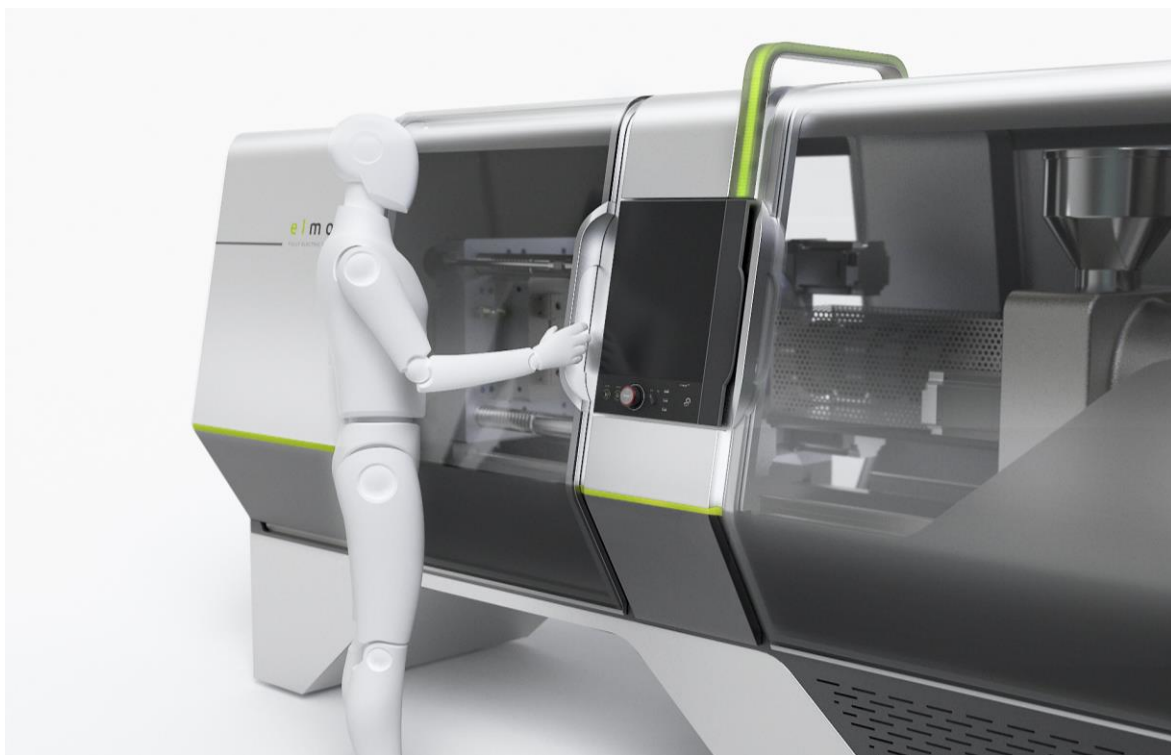


obr. 6-14 Znárodnění velikosti stroje ve vztahu s lidskou postavou



**obr. 6-15** Detail madla dveří

Madlo posuvných dveří se nachází ve výškovém rozmezí 1080–1600 mm. Konce plynule navazují na dveřní rám. Zvolený tvar madla bez ostrých hran a výběžků minimalizuje nechtěné zachycení se o madlo, např. částí oděvu. Účelem elipsovitého vybrání v dolní části madla je snazší úchop pro jednodušší otevření či uzavření dveří.



**obr. 6-16** Otevírání dveří uzavírací jednotky

## 6.8.1 Operační prostor a přístup ke stroji

Pro snadný přístup ke stroji je šířka podstavy menší než šířka stroje samotného. Zatímco rozměr stroje v nejširším místě činí 1420 mm, v případě podstavy se jedná o 1020 mm. Obsluha tak může přistoupit do značné blízkosti ke stroji bez rizika kontaktu chodidel s podstavou.



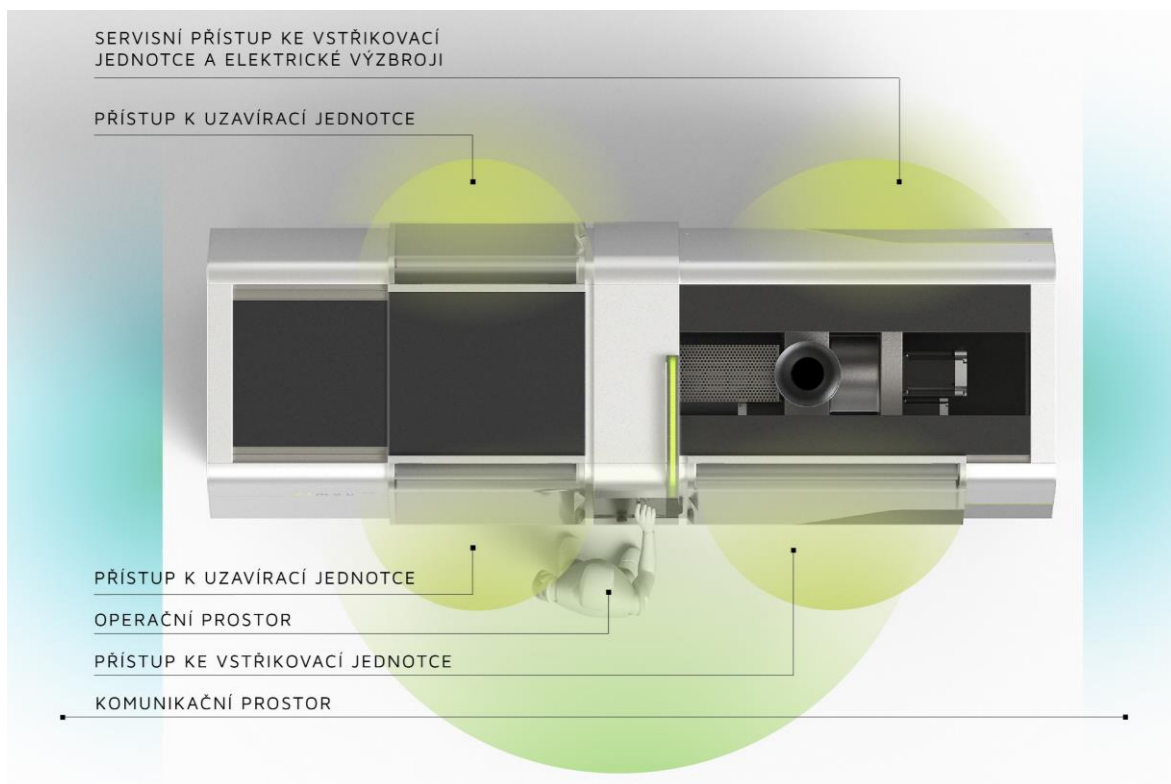
obr. 6-17 Prostor ve spodní části stroje

Schéma na obr. 6-18 zobrazuje přístupové zóny ke stroji. Zeleně znázorněný operační prostor se nachází před vstřikovacím lisem v oblasti ovládacího panelu a dveří uzavírací jednotky. Ve daném prostoru se obsluha pohybuje nejčastěji.

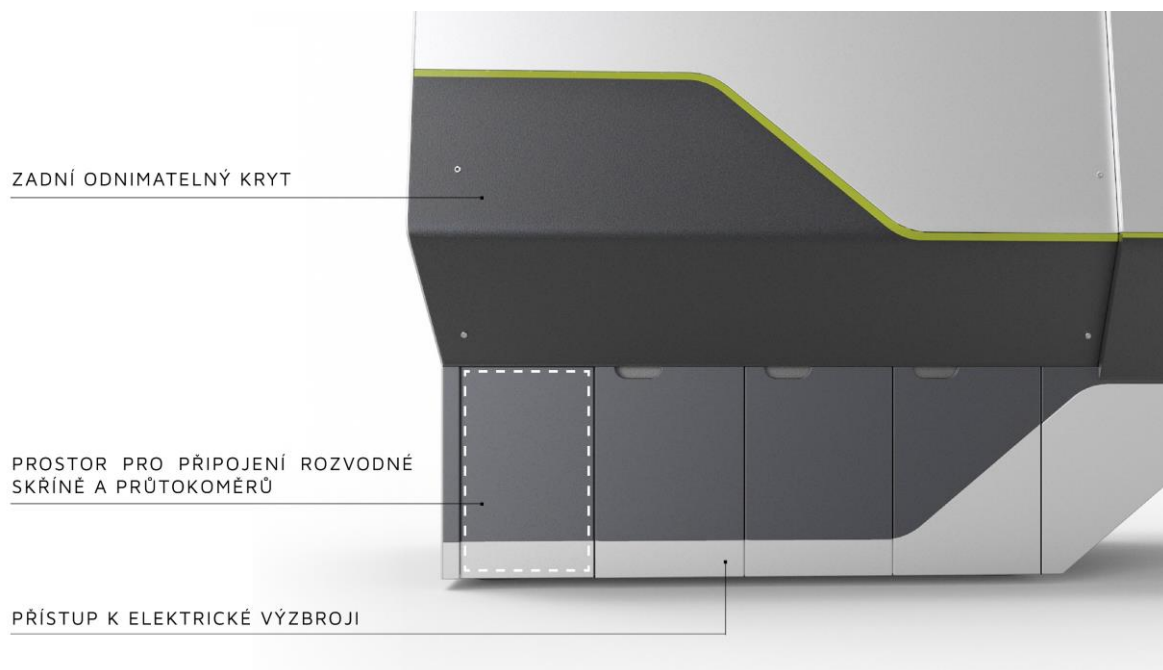
K běžným servisním pracím, které se týkají vstřikovací jednotky, slouží posuvné dveře v přední části. Při větších opravách a v dalších nezbytných případech, kde přístup přes posuvné dveře nedostačuje, je možné zpřístupnit vstřikovací jednotku i ze zadní části. K tomuto účelu slouží zadní odnímatelný kryt. Je tak umožněn plnohodnotný přístup k veškerým komponentám.

Ve spodní části se nachází také trojice dvířek pro přístup k elektrické výzbroji. Dvířka jsou doplněna o prostor k připojení rozvodné skříně a průtokoměrů.

Dveře uzavírací jednotky umístěné na obou stranách stroje zajišťují kompletní přístup k upínacím deskám a formě. Modrá barva na schématu zobrazuje komunikační prostor po stranách stroje v případě, kdy jsou vstřikovací lisy ve výrobní hale uspořádány paralelně za sebou.

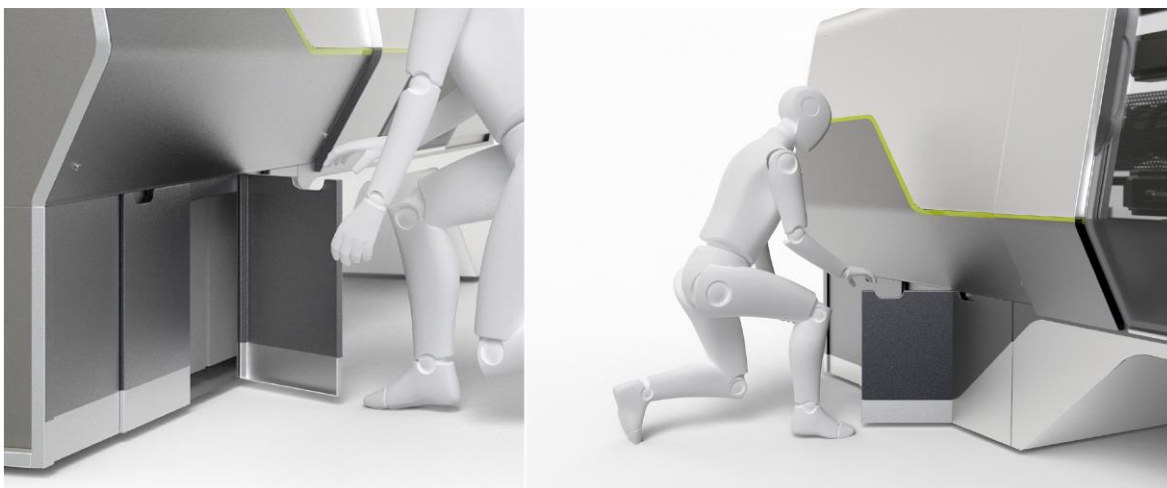


obr. 6-18 Přístupové body



obr. 6-19 Přístupové body zadní části stroje





obr. 6-20 Přístup k elektrické výzbroji

## 6.8.2 Řídicí systém

Řídicí systém s ovládacím panelem je umístěn mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou. Ovládací panel je součástí pásu o šířce 400 mm, který obepíná celý stroj. Prostor ovládacího panelu se skládá z dotykové obrazovky doplněné o manuální ovladače.

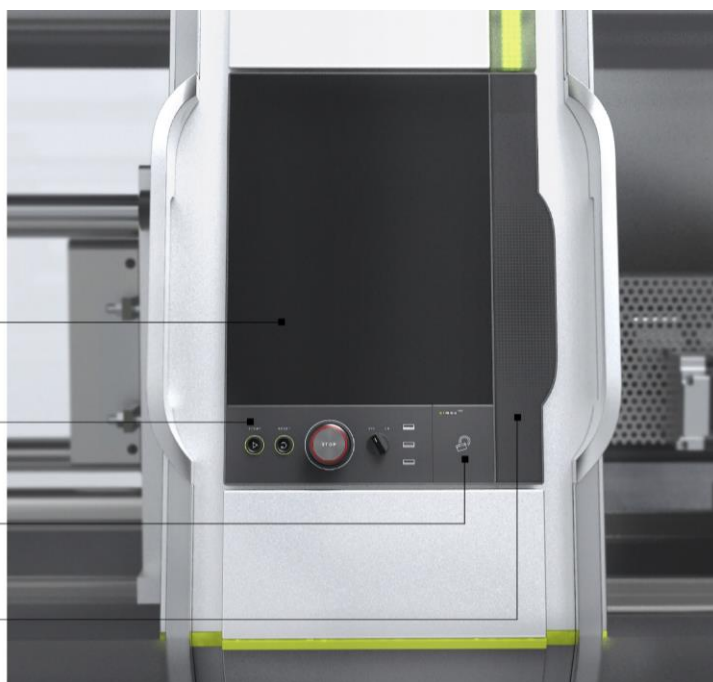
Výhodou dotykové obrazovky je značná redukce manuálních tlačítek a přepínačů, vhodné grafické zpracování uživatelského rozhraní pak může do značné míry zjednodušit orientaci mezi jednotlivými funkcemi a zobrazovanými informacemi. Celkové rozměry dotykové obrazovky jsou (330 × 420) mm. Pro minimalizaci nežádoucích odrazů stropního osvětlení byla zvolena obrazovka s antireflexní úpravou.

DOTYKOVÁ OBRAZOVKA

MANUÁLNÍ OVLADAČE

ČTEČKA  
PŘÍSTUPOVÉHO KLÍČE

ÚCHOP PRO MANUPULACI  
S PANELEM



obr. 6-21 Členění ovládacího panelu

I přes použití dotykové obrazovky zůstala část manuálních ovladačů zachována. Důvodem je možnost rychlé reakce v případě krizových situací. Jedná se o stiskací tlačítka *Stop*, *Start*, *Reset* a otočný přepínač *On/Off*.

Napravo od manuálních ovladačů se dále nachází tři USB vstupy a čtečka přístupového klíče. Použití přístupového klíče umožňuje omezení dostupnosti jednotlivých funkcí pro rozdílné kategorie obsluhy (operátoři, pracovníci údržby, technologové).

Pro úchop a polohování panelu slouží pás o šířce 60 mm, který se nachází v pravé části panelu. Pro navedení uživatele je úchopový pruh ve střední části rozšířen. Tvarem tak koresponduje s madly po stranách panelu. Plocha je pogumována a doplněna o vystupující geometrickou strukturu.

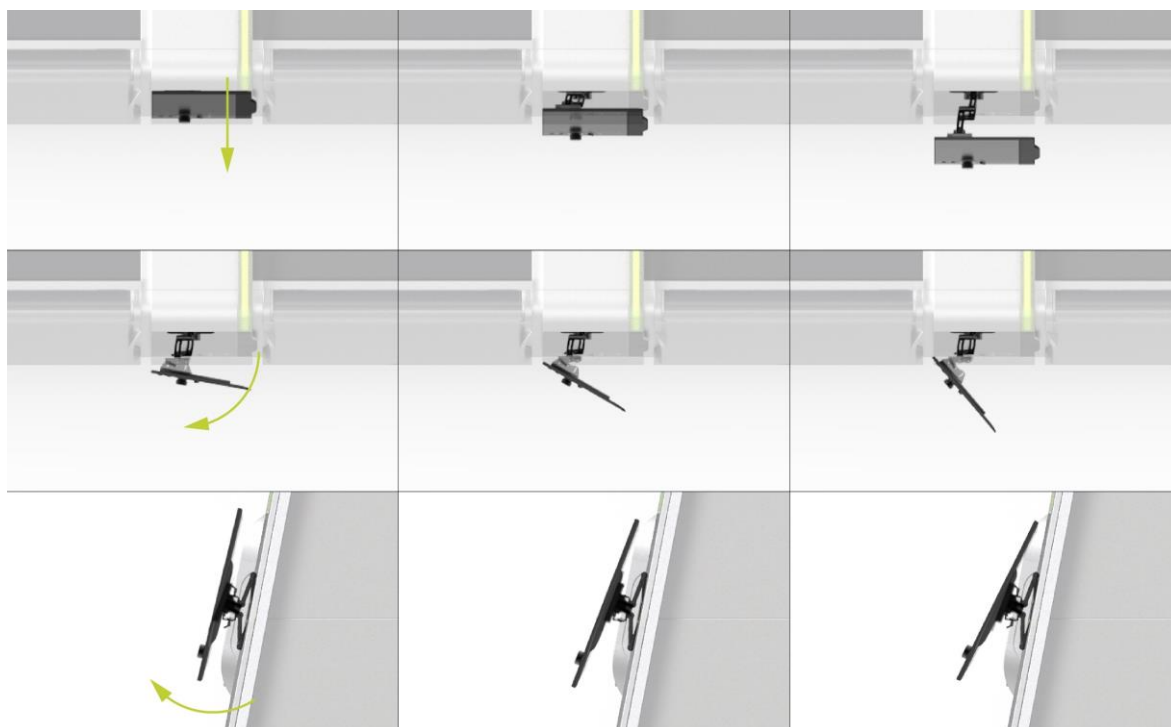


**obr. 6-22** Část panelu s manuálními ovladači

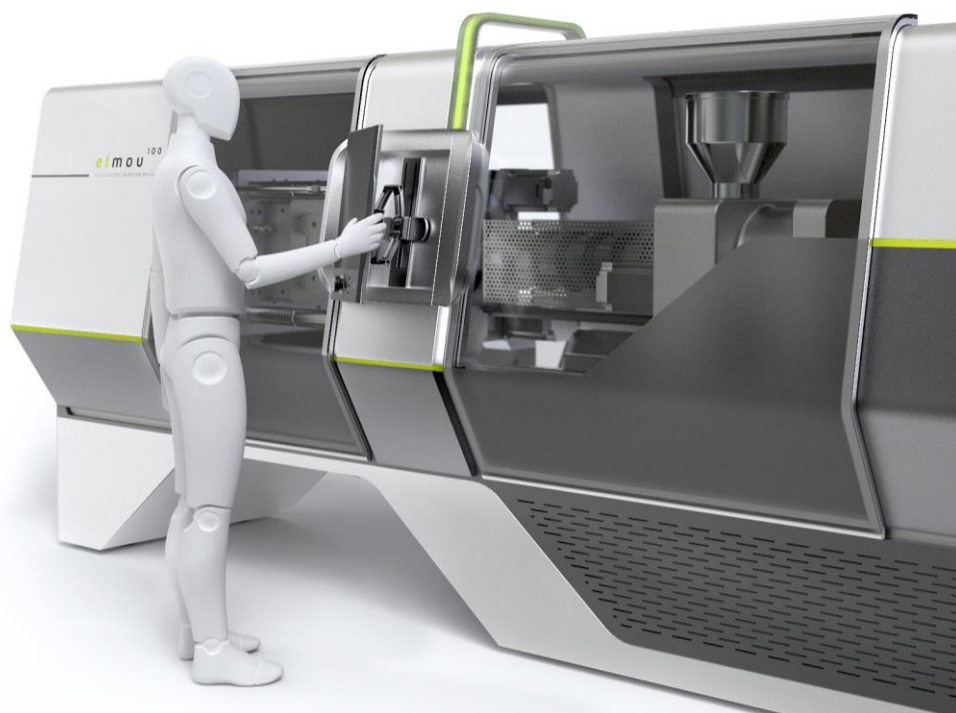
Ovládací panel v základní poloze využívá přirozeného sklonu krytu. Jeho horní hrana se nachází ve výšce 1600 mm. Panel lze vertikálně posouvat v rozsahu  $\pm 100$  mm. Použitím mechanismu obdobného jako u stavitelných držáků monitorů a obrazovek je dále zajištěna možnost náklonu a natočení panelu. Polohovatelnost ve zmíněných směrech umožňuje komfortní ovládání stroje široké škále uživatelů.



obr. 6-23 Osa pohledu a zorný úhel



obr. 6-24 Znázornění vysunutí, rotace a náklonu ovládacího panelu



obr. 6-25 Manipulace s ovládacím panelem



obr. 6-26 Úchop při natočení panelu

## 6.9 Bezpečnost a hygiena

Ve středu stroje je umístěna světelná signalizace. V nejvyšším místě se nachází 130 mm nad úrovní stroje, díky čemuž je viditelná ze všech stran. Odlišná barva znázorňuje jednotlivé režimy stroje, které při výrobním procesu mohou nastat. Zelená zobrazuje stroj v provozu, oranžová pohotovostní režim, červená pak poruchu či zastavení stroje.



obr. 6-27 Jednotlivá stádia světelné signalizace

Pro zachování maximální bezpečnosti jsou všechny vnitřní komponenty krytované. Je tak zamezeno nechtěnému přístupu a kontaktu nepovolných osob se strojem. Pro okamžité zastavení stroje nezbytných případech slouží nouzové tlačítko *Stop*.

## 6.10 Udržitelnost

Vstřikovací lis je konstruován s požadavkem na životní cyklus v řádu let až desítek let. I díky poměrně vysoké pořizovací ceně a sofistikované technologii nedochází k výměně a likvidaci stroje v kratších časových intervalech.

Hlavní materiály použité v návrhu, ocel a plexisklo (PMMA), jsou plně recyklovatelné. Mohou tak být vráceny do materiálového oběhu jako surový materiál ke znovupoužití.

Z hlediska ekologie je plně elektrický vstřikovací lis přívětivější volbou. Spotřeba energie je ve srovnání s dalšími druhy vstřikovacích lisů nižší. Odpadá také nutnost použití hydraulických olejů a s tím i jejich údržba, výměna, speciální požadavky na převoz a ekologická likvidace.

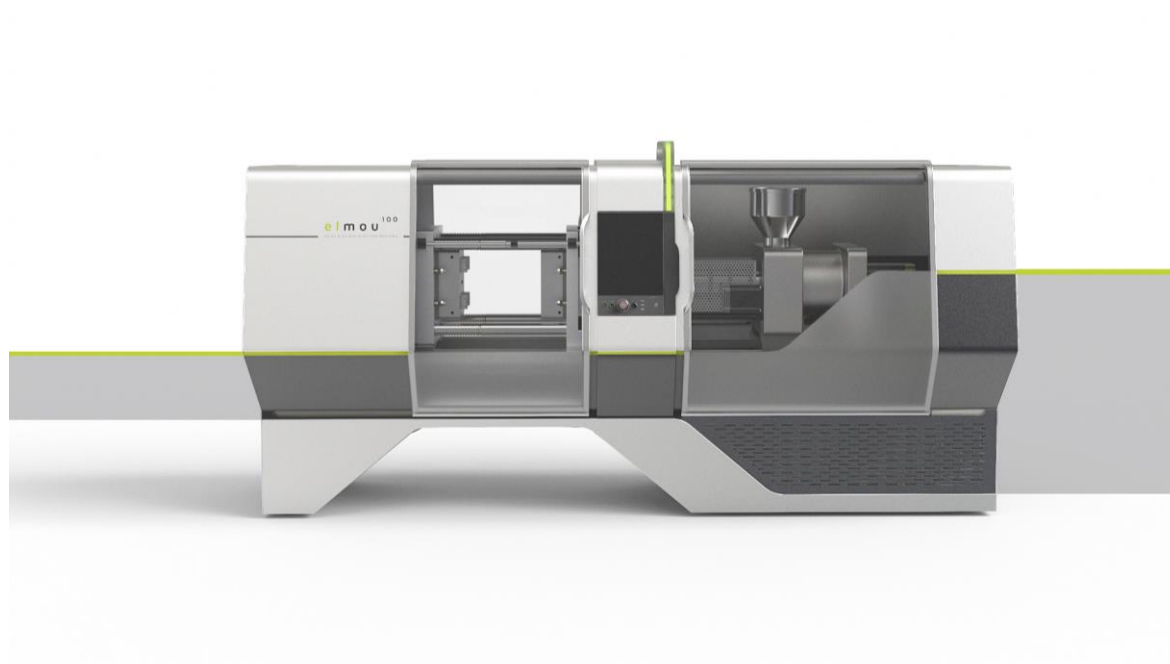
## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

### 7.1 Barevné řešení

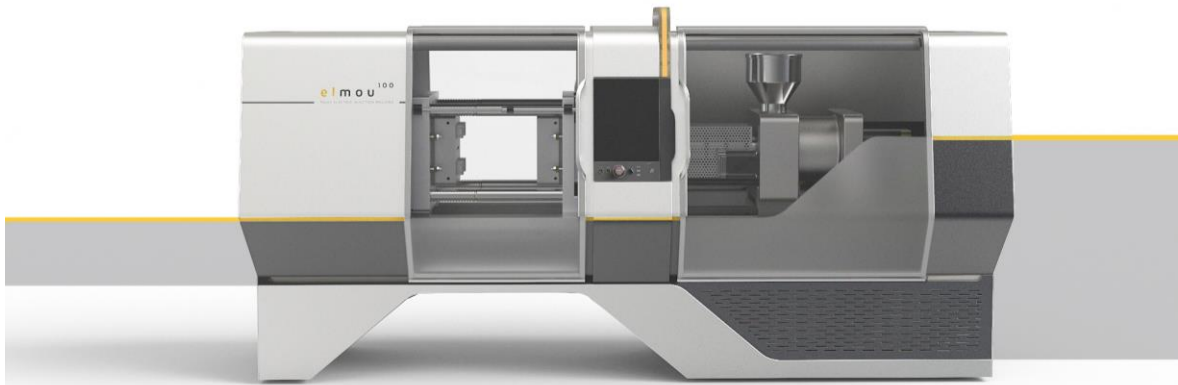
Krytování stroje je řešeno v decentních odstínech šedé. Převažuje šedá RAL 9006. Ke zvýraznění sbíhajícího se pruhu byl zvolen kontrastní antracitový odstín RAL 810-M. Trojici hlavních barev doplňuje šedá RAL 9007 aplikovaná na bočnicích stroje. Ve všech třech případech se jedná o metalické odstíny v matném provedení. Celkovou barevnost pak dotváří barevný akcent jasně zelené (RAL 110 80 70).



obr. 7-1 Použité odstíny

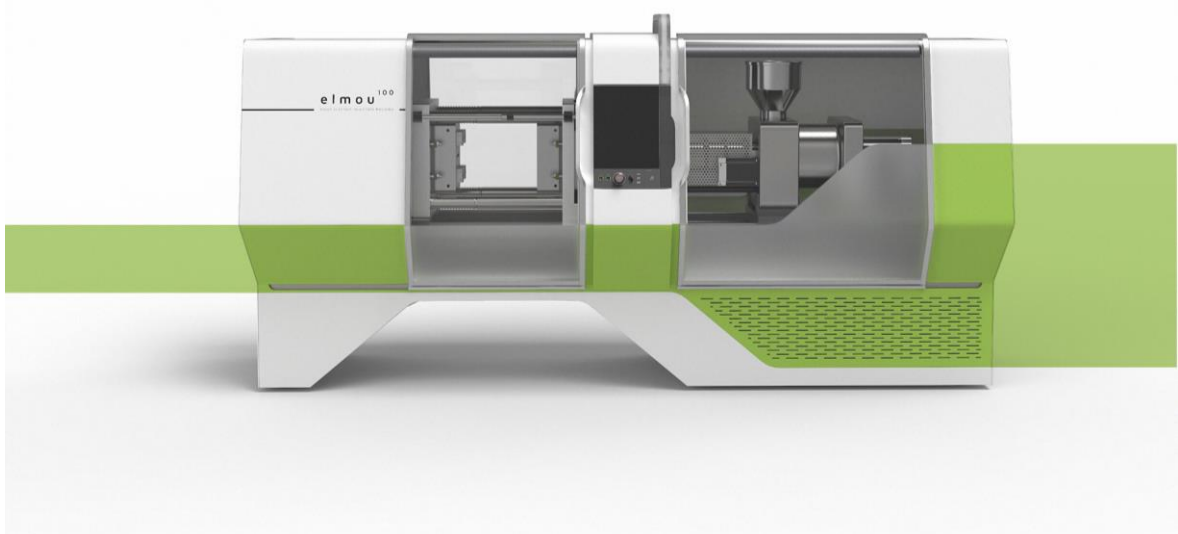


obr. 7-2 Hlavní barevná varianta

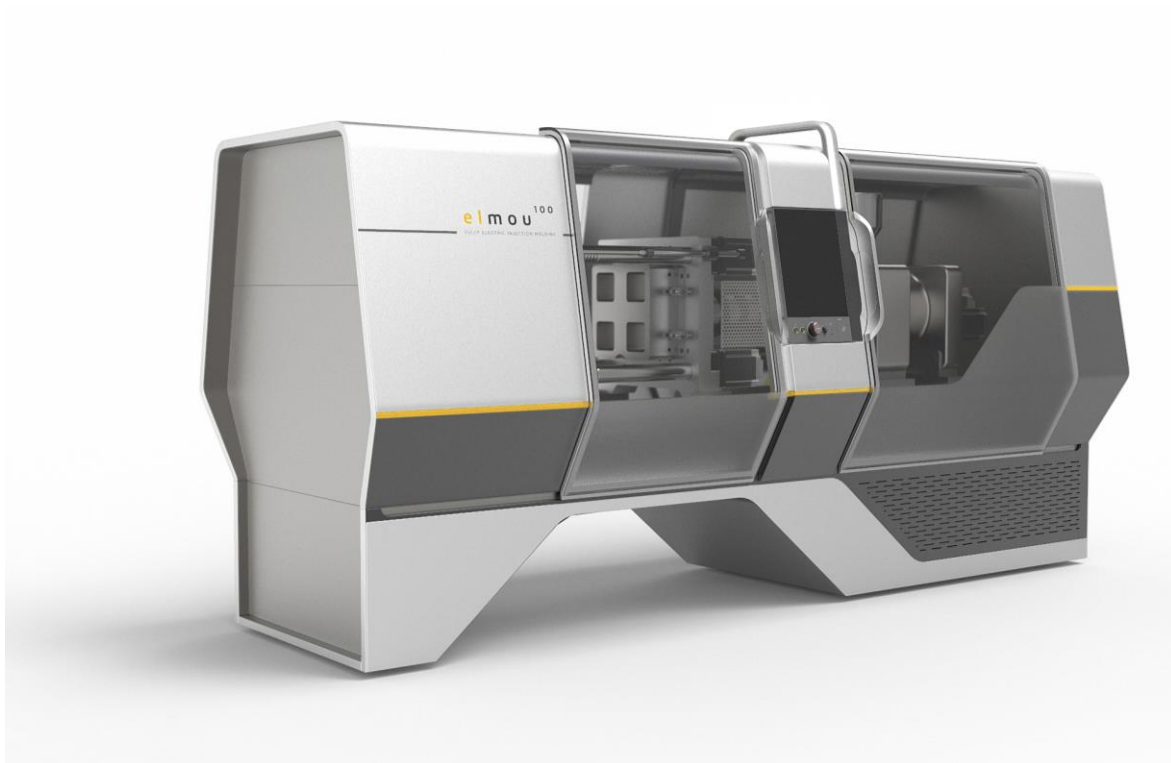


**obr. 7-3** Barevná varianta II

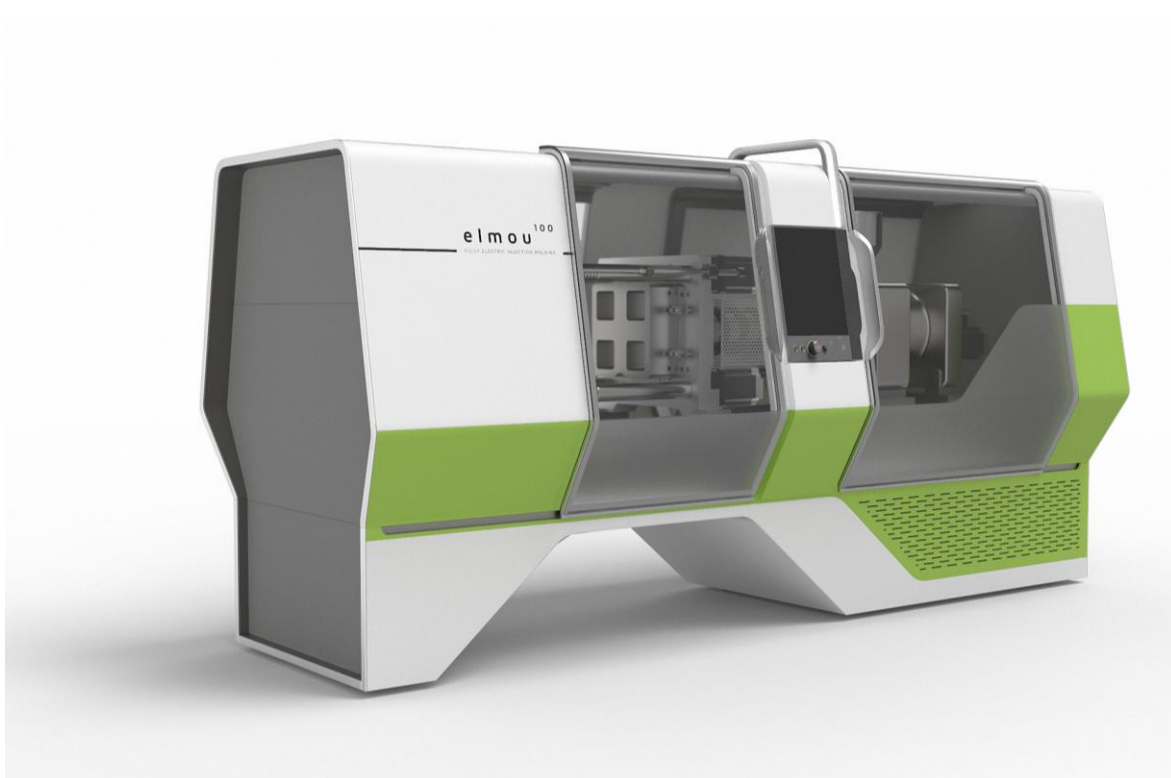
Pro druhou barevnou variantu byla zvolena shodná barevnost krytování jako u hlavní varianty. Namísto zelené byla doplněna o odstín oranžové RAL 270-2. Třetí verze využívá pro rozložení barev odlišný přístup, bílá RAL 9016 tvoří hlavní barvu krytování. Středový pás je zvýrazněn odstínem zelené (RAL 120 70 60), pro bočnice pak byla použita šedá RAL 9023. Logo je řešeno monochromaticky.



**obr. 7-4** Barevná varianta III



obr. 7-5 Barevná varianta II – perspektivní pohled



obr. 7-6 Barevná varianta III – perspektivní pohled



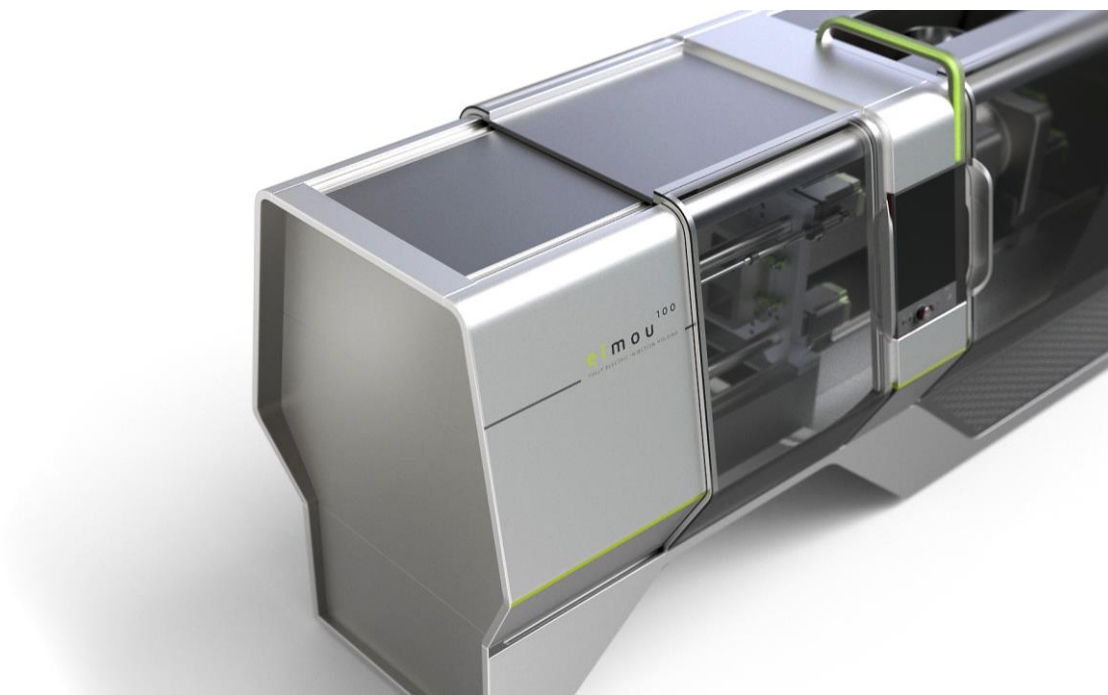
## 7.2 Grafické řešení

### 7.2.1 Logotyp

Název *elmou* vychází ze spojení dvou anglických slov – *electric* (elektrický) a *mould* (forma). Velikost uzavírací síly je znázorněna jako horní index za jménem stroje. Logotyp využívá rodinu písem Maven Pro, stejný font je použit i pro grafické rozhraní dotykové obrazovky. Logo se nachází v horní části krytu uzavírací jednotky a je zasazeno mezi pruhy ubíhající po celé délce daného krytu.

**elmou<sup>100</sup>**  
FULLY ELECTRIC INJECTION MOLDING

obr. 7-7 Logo



obr. 7-8 Umístění loga na krytu uzavírací jednotky

## 7.2.2 Ovládací panel

K zajištění většiny funkcí stroje slouží dotyková obrazovka, pro niž bylo navrženo grafické řešení uživatelského rozhraní. Barevnost navazuje na odstíny krytování stroje. Lepší názornost zajišťuje použití sady piktogramů, které znázorňují základní funkce či informace.

Piktogramy se objevují i na manuálních ovladačích umístěných pod dotykovou obrazovkou. Jedná se o symboly *Start* a *Reset*. Všechna tlačítka a přepínače jsou doplněna textovým popisem. V pravé části pásu ovladačů se nachází prostor pro přiložení přístupového klíče označený příslušným piktogramem.



obr. 7-9 Manuální ovladače



obr. 7-10 Navržené piktogramy pro ovládací panel



obr. 7-11 Úvodní strana dotykové obrazovky



obr. 7-12 Grafické rozhraní dotykové obrazovky



obr. 7-13 Dotyková obrazovka

## 8 DISKUZE

Navržený koncept se odlišuje progresivním tvarováním a nekonvenční vizuální stránkou, vychází z reálného uspořádání komponent. Dále respektuje nezbytné ergonomické parametry a reaguje na nedostatky zjištěné v analytické části práce.

### 8.1 Psychologická funkce

Zvolené tvarování, decentní barevnost a navázání krytů horní části stroje na podstavu omezilo zbytečné tvarové elementy a podpořilo výsledný stabilní dojem. Plné krytování podporuje vyšší bezpečnost obsluhy a jednodušší údržbu.

Pro znázornění rychlé, dynamické a vysoce přesné technologie vstřikování bylo použito barevné odlišení krytů a odlehčení v části podstavy. Velkorysá šíře dveří přibližuje obsluhu v maximální možné míře proces odehrávající se uvnitř stroje. Uživatel tak získává jasnou představu o fungování vstřikování, aniž by byla narušena jeho bezpečnost.

### 8.2 Sociální funkce

Se vstřikovacím lisem interagují uživatelé, které lze rozdělit do několika skupin. Jejich úkony a čas strávený u stroje se značně liší, stejně tak jako vzdělání či sociální pozadí. Koncept počítá se zpřístupněním ovládacích funkcí jen do nezbytné míry pro danou skupinu a tím zamezuje nechtěné manipulaci. Je tak zohledněna vždy potřeba dané skupiny. Zvolená kombinace ovládacích prvků a dotykové obrazovky je dostatečně intuitivní. Bezproblémovému ovládnutí napomáhá libovolně stavitelný ovládací panel. Svou polohovatelností ve všech směrech se odlišuje od konkurenčních strojů.

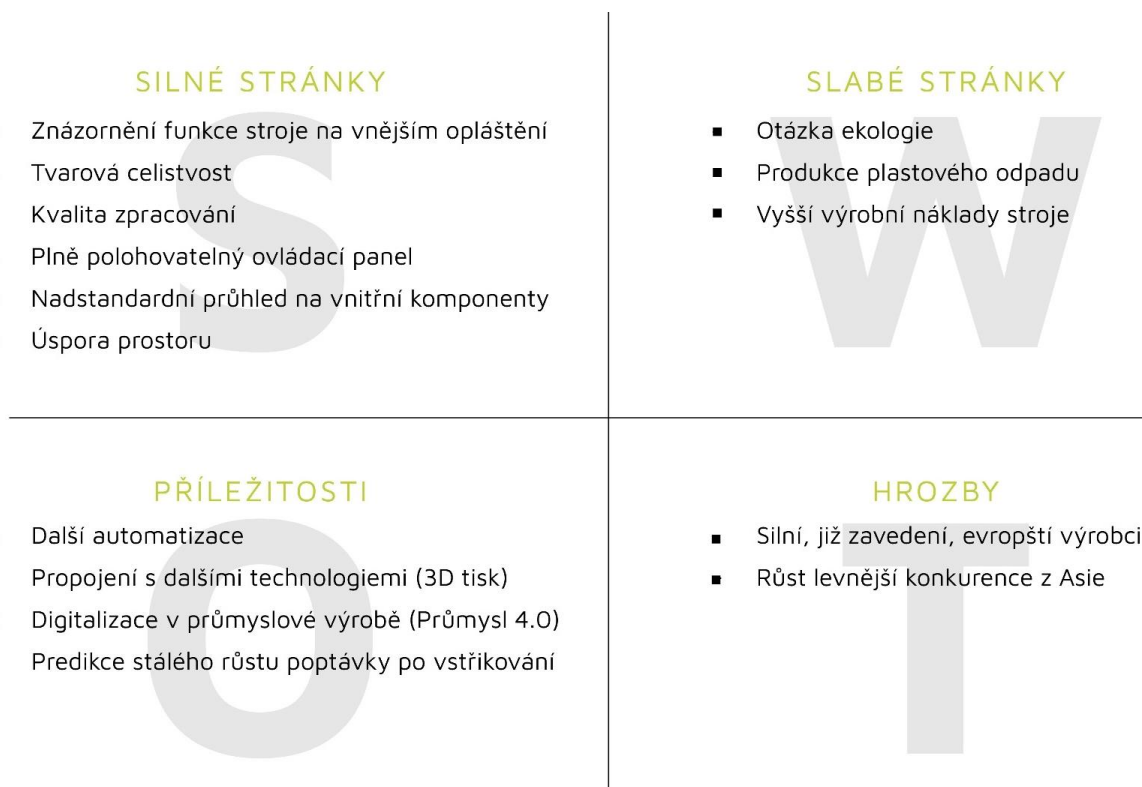
Z hlediska ekologie lze na předkládaný koncept nahlížet jako na přívětivější variantu ve srovnání s hydraulickými vstřikovacími lisami. Z globálního hlediska je pozitivní postupná snaha využití většího procenta recyklátu na úkor původního materiálu. Otázka produkce velkého objemu plastového odpadu však do značné míry stále zůstává otevřená.

## 8.3 Ekonomická funkce

Vstřikování plastů lze označit za klíčovou technologii, u níž se z hlediska budoucího vývoje nepředpokládá nahrazení jinými výrobními postupy. Naopak prognózy hovoří o stálém růstu. Vzhledem k rozšíření dané technologie se vstřikovací lisy řadí mezi sériově vyráběné stroje. Poměrně vysoká počáteční investice se společně díky dlouhé životnosti vstřikovacího lisu postupně navrácí zpět.

## 8.4 Marketingová analýza

Ze zpracované SWOT analýzy, viz obr. 8-1, vyplývají hlavní přednosti, které vedou k odlišení předkládaného návrhu od současných strojů. Za zmínku stojí i široký potenciál dalšího rozvoje vstřikování. Jako největší hrozba se jeví stále sílící konkurence cenově dostupnějších strojů asijské produkce.



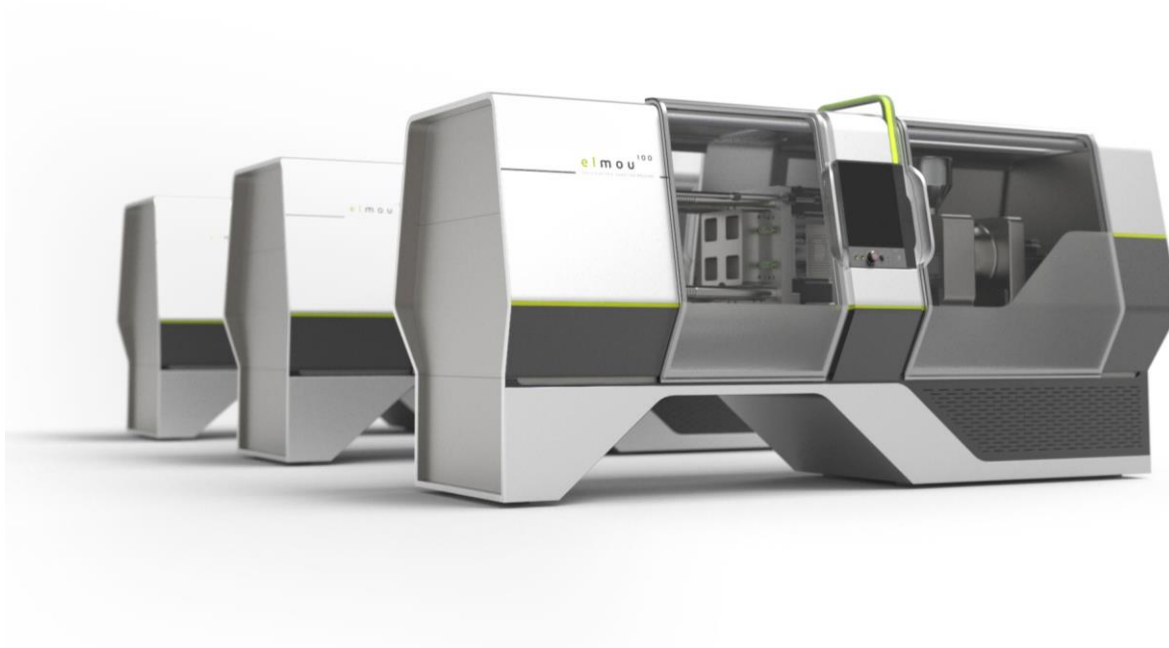
obr. 8-1 SWOT analýza

### 8.4.1 Cílová skupina

Za klíčové odběratele lze označit firmy ze sféry automobilového a elektrotechnického průmyslu. Další skupinu pak tvoří společnosti zabývající se produkcí pro oblast obalového či potravinářského průmyslu a zdravotnictví.

### 8.4.2 Cenová hladina

Oproti stávajícím produktům lze očekávat mírný nárůst výsledné ceny. Hlavním důvodem je důraz na kvalitu zpracování, odolnost stroje a také tvarová složitost některých částí krytů. Navýšení ceny se však nepředpokládá natolik markantní, aby ohrozilo konkurenceschopnost předkládaného návrhu. Ve srovnání s konkurencí lze vstříkovací lis zařadit do cenové hladiny lídrů současného trhu, mezi něž se patří ENGEL či ARBURG.



obr. 8-2 Výsledný koncept vstříkovacího lisu

## 9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem vstřikovacího lisu s uzavírací silou do 100 tun. Nejdříve byla provedena rešerše výrobců a jejich produktů na současném trhu. Jednotlivé stroje byly popsány z vizuálního hlediska. Následovala technická analýza, jímž cílem bylo porozumět procesu vstřikování a jeho jednotlivým fázím, stanovit technická omezení a parametry mající vliv na návrh stroje. Současně proběhlo několik rešerší v terénu pro důkladnější pochopení dané problematiky. Ze získaných informací byly vydedukovány dílčí cíle práce, zahrnující nedostatky současných strojů i potenciál vývoje.

V další části práce byly stanoveny tři směry návrhu, z nichž každý nesl odlišnou myšlenku. Volba následného směru proběhla na základě srovnání silných a slabých stránek jednotlivých konceptů. Finální varianta vznikla postupným vývojem a implementováním stanovených cílů, při zachování nutných technických a ergonomických parametrů.

Diplomová práce předkládá design vstřikovacího lisu, jehož nosnou myšlenkou je zobrazení procesu vstřikování na vnějším opláštění. Díky propojení hlavních částí stroje s podstavou a plynulé návaznosti jednotlivých krytů vznikl ucelený tvar. Základní hmota stroje byla doplněna o detaily a funkční prvky respektující svým tvarem celkovou koncepci. Z ergonomického hlediska lze vyzdvihnout plně polohovatelný ovládací panel, jehož použití je ve srovnání se současnými stroji unikátní. Zvolená dvoudesková uzavírací jednotka má za následek úsporu prostoru. Plně elektrický pohon napomáhá přesnější výrobě, z hlediska ekologie se dá mluvit o přívětivější variantě. Za krok před konkurencí je možné považovat také celokrytování s horním posuvným krytem, vizuální odlehčení podstavy a subtilní řešení dveří. Výsledkem je návrh, který v sobě kombinuje rysy odolnosti a serióznosti stroje s jasnou představou o rychlosti a dynamice vstřikování.

Závěrem lze konstatovat, že zadání i stanovené dílčí cíle byly splněny. Zajímavé se jeví dále rozvíjet myšlenku úplné automatizace a komplexně řešit uspořádání vstřikovacích lisů ve výrobní hale, včetně logistické sítě a dalších přídatných periférií.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] NEUHÄUSL, Emil. Historie a rozvoj vstřikování plastů v ČR. *MM Spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 2010, **2010**(1), 17. ISSN 1212-2572.
- [2] Historie společnosti ENGEL a příběh o úspěchu. *Stroje na vstřikování plastů ENGEL* [online]. Schwertberg: ENGEL, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/cs/cz/spolecnost/historie-spolecnosti.html>
- [3] Historie. *ARBURG* [online]. Lossburg: ARBURG, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spolecnost/historie/>
- [4] History. *NISSEI PLASTIC INDUSTRIAL* [online]. Sakaki: NISSEI PLASTIC INDUSTRIAL, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.nisseiplastic.com/en/corporate/enkaku.php>
- [5] New column-free Engel e-motion 50TL. In: *HA Factory* [online]. Milano: Tecniche Nuove Spa, c2019 [cit. 2019-10-12]. Dostupné z: <https://www.hafactory.it/2014/10/24/new-column-free-engel-e-motion-50tl/>
- [6] New machine design. In: *ARBURG* [online]. Lossburg: ARBURG, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/news/news/2017/fakuma-2017/new-machine-design/>
- [7] EOS sP (70-160 tonnes). In: *Negri Bossi* [online]. Cologno Monzese: Negri Bossi, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.negribossi.com/products/eos-sp-injection-moulding-machines/>
- [8] ZHAFIR Venus II Series. In: *ZHAFIR Plastics Machinery* [online]. Ebermannsdorf: ZHAFIR Plastics Machinery, c2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://zhafir.com/en/overview-zfpm/zhafir-venus-series-ve/>
- [9] Sumitomo Demag Presents New All-Electric IntElect. In: *Packaging Europe* [online]. Norwich: Packaging Europe, c2019, 11. 5. 2017 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://packagingeurope.com/sumitomo-demag-presents-new-all-electric-intelect/>
- [10] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
- [11] ČERNOCH, Karel. *Plastikářská výroba ve Zlín Precision s.r.o.: učebnice pro žáky zpracovatelského oboru SPŠ polytechnické – COP Zlín*. Zlín: Střední průmyslová škola polytechnická - COP Zlín, 2011. ISBN 978-80-905002-4-2.
- [12] STANĚK, Michal. *Modelování procesu tváření polymerů, včetně technologického řešení nástrojů*. Brno: VUT FSI, 2005, 114 s. Disertace. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.

- [13] ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN – technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [14] Oddělení tváření kovů a plastů – Skripta: Vstřikování plastů. *Katedra strojírenské technologie* [online]. Liberec: Katedra strojírenské technologie, c2018 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)
- [15] Screw and barrel for injection moulding machine. In: *DIYTrade - China Product Directory, B2B Trading Platform* [online]. Shenzhen: DIYTrade.com, c2019 [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: [https://www.diytrade.com/china/pd/9027909/screw\\_and\\_barrel\\_for\\_injection\\_moulding\\_machine](https://www.diytrade.com/china/pd/9027909/screw_and_barrel_for_injection_moulding_machine).
- [16] Injection moulding machine. In: *ResearchGate* [online]. Berlin: ResearchGate, c2019 [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/figure/Injection-moulding-machine-Marino-2005\\_fig5\\_302577356](https://www.researchgate.net/figure/Injection-moulding-machine-Marino-2005_fig5_302577356)
- [17] Regranulace plastů. In: *Fatra* [online]. Napajedla: Fatra, c2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.fatra-regranulace.cz/produkty/regranulace-plastu/>
- [18] VPower R 120 – 160 - Servo-hydraulic - Injection Molding. In: *WITTMANN BATTENFELD* [online]. Wien: WITTMANN BATTENFELD, c2019 [cit. 2019-10-01]. Dostupné z: <https://www.wittmann-group.com/injection-molding/servo-hydraulic/vpower-r-120-160.html>
- [19] Brand and tradition. *Sumitomo (SHI) Demag | Plastics Injection Moulding Machines* [online]. Tokyo: Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery, c2018 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://www.sumitomo-shi-demag.eu/company/brand-and-tradition.html>
- [20] Ocenění. In: *ARBURG* [online]. Lossburg: ARBURG, c2019 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spolecnost/vyznamenani/oceneni-arburg/>
- [21] History | Corporate Information. *NISSEI PLASTIC INDUSTRIAL CO., LTD* [online]. Nagano: NISSEI PLASTIC INDUSTRIAL, c2019 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://www.nisseiplastic.com/en/corporate/enkaku.php>
- [22] Konstruční provedení vstřikovacích lisů. *MM Spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 2009, **2009**(1), 30. ISSN 1212-2572.
- [23] Vertikální stroje. In: *ARBURG* [online]. Lossburg: ARBURG, c2019 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/vertikalni-stroje/>

- [24] ENGEL at PLAST EURASIA 2014. In: *ENGEL* [online]. Schwertberg: ENGEL, c2019, 19. 11. 2014 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.engelglobal.com/pt/br/noticias-e-imprensa/noticias-e-comunicados-a-imprensa/detalhes/news/detail/News/engel-at-plast-eurasia-2014.html>
- [25] MAREK, Pavel. Periferie a automatizace pro vstřikovací lisy. *MM Spektrum*. 2014, **2014**(3), 107. ISSN 1212-2572
- [26] Tutorial: Injection molded parts. In: *Offshore Production of Quality Motors & Mechanical Parts - Sinotech* [online]. Portland: Sinotech, c2019 [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <https://sinotech.com/resources/tutorials/injection-molded-parts/>
- [27] Series PX | Injection molding machines | KraussMaffei division. In: *KUBOUŠEK Technologies and Instruments* [online]. České Budějovice: KUBOUŠEK, c2019 [cit. 2019-10-14]. Dostupné z: <http://www.kubousek.cz/cz/divize-kraussmaffei/vstrikovaci-stroje/rada-gx/uzaviraci-jednotka.html>
- [28] *Vstřikovací stroj*. CZ 196795 A3.
- [29] *Victory: připravený ke startu s vyšší flexibilitou a efektivitou*. Schwertberg: ENGEL, 2018.
- [30] *E-motion TL: All-electric, tie-bar-less*. Schwertberg: ENGEL, 2018.
- [31] Plechy (tabule, svitky) | Plech tabule pozink 0,55 mm 1x2m. In: *Klempířský e-shop* [online]. Praha: Klempířský e-shop, c2019 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <http://www.klempirsky-eshop.cz/Plech-tabule-pozink-0-55-mm-1x2m-d8.htm?tab=description>
- [32] Plexisklo čiré 5 mm PLEXIGLAS® extrudované. In: *Multiplast* [online]. Smržovka: TITAN – MULTIPLAST, c2019 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.multiplast.cz/eshop/transparentni-plexisklo-58/plexisklo-cire-5-mm-plexiglas-xt-264>
- [33] Nerozbitné plexisklo PLEXIGLAS RESIST. *Plexisklo PLEXIGLAS®* [online]. Praha: Zenit, c2012 [cit. 2019-12-18]. Dostupné z: <https://www.plexisklo.eu/nerozbitne-plexisklo-plexiglas-resist>
- [34] Injection Molding in North America: MARKET REPORT. In: *Plastics News* [online]. Detroit: Plastics News Research, c2020, 2018 [cit. 2020-01-20]. Dostupné z: <https://www.plasticsnews.com/assets/PDF/PN116362717.PDF>
- [35] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02301-X.

# 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

<i>ABS</i>	Akrylonitrilbutadienstyren
<i>PMMA</i>	Polymethylmethakrylát

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>obr. 2-1</b>	Pístový hydraulický lis CSB 70.14 na termoplasty, TOS Rakovník, 1949 [1]	14
<b>obr. 2-2</b>	ENGEL e-motion 50 [5].....	15
<b>obr. 2-3</b>	Negri Bossi, EOS sP [7] .....	16
<b>obr. 2-4</b>	Sumitomo DEMAG, IntElect 100-110 [9] .....	17
<b>obr. 2-5</b>	DEMAG, Extra 100-310 EcQ <sup>8</sup> , starší model vstříkovacího lisu.....	18
<b>obr. 2-6</b>	ZHAFIR, Venus II [8].....	18
<b>obr. 2-7</b>	ARBURG, Allrounder 1120 H [6] .....	19
<b>obr. 2-8</b>	(a) ENGEL – e-motion 50, (b) Negri Bossi – EOS s 70P, (c) Sumitomo DEMAG – IntElect 100-110, (d) ZHAFIR – VE600 II, (e) ARBURG – Allrounder 1120 H, [5][6][7][8][9] .....	20
<b>obr. 2-9</b>	Schéma pohonných jednotek [22], upraveno .....	23
<b>obr. 2-10</b>	WITTMANN BATTENFELD VPower R, 120–160 t [18].....	24
<b>obr. 2-11</b>	Uspořádání vstříkovacích jednotek při dvoukomponentním vstříkování, (a) poloha „L“, (b) poloha „V“, (c) poloha „W“ [29] .....	25
<b>obr. 2-12</b>	Hlavní části vstříkovacího lisu, znázorněno na stroji ENGEL, e-victory 120 [24], upraveno .....	25
<b>obr. 2-13</b>	Příklady šneků [15], upraveno .....	26
<b>obr. 2-14</b>	Schéma základních částí vstříkovací a uzavírací jednotky [16], upraveno ..	26
<b>obr. 2-15</b>	Jednotisková forma upnutá na upínací desce, řešení (a) bez vodicích sloupků, (b) s vodicími sloupky .....	27
<b>obr. 2-16</b>	Schéma uzavírací jednotky, (a) třídesková s kloubovým mechanismem, (b) třídesková s hydraulickým válcem, (c) dvoudesková [26], upraveno.....	28
<b>obr. 2-17</b>	Rozměrové parametry uzavírací jednotky [10][11][13].....	29
<b>obr. 2-18</b>	Příklady ovládacích panelů: (a) ENGEL victory, (b) ENGEL starší řada victory, (c) ZHAFIR Venus, (d) Demag Extra 100-310 EcQ8 .....	30
<b>obr. 2-19</b>	Regranulace plastů ve firmě Fatra [17] .....	31
<b>obr. 2-20</b>	Schéma vstříkovacího cyklu .....	33
<b>obr. 2-21</b>	Násypka s dopravníkem granulátu připojená k plastikační jednotce .....	34
<b>obr. 2-22</b>	Rameno manipulátoru.....	35
<b>obr. 4-1</b>	Koncepční skici.....	40

<b>obr. 4-2</b>	Varianta I.....	41
<b>obr. 4-3</b>	Varianta I – tvarování.....	42
<b>obr. 4-4</b>	Varianta I – rozměrové řešení .....	42
<b>obr. 4-5</b>	Varianta II.....	43
<b>obr. 4-6</b>	Varianta II – tvarování .....	43
<b>obr. 4-7</b>	Varianta II – rozměrové řešení .....	44
<b>obr. 4-8</b>	Varianta III .....	44
<b>obr. 4-9</b>	Varianta III – tvarování .....	45
<b>obr. 4-10</b>	Varianta III – rozměrové řešení.....	45
<b>obr. 5-1</b>	Inspirační koláž k finální variantě.....	46
<b>obr. 5-2</b>	Celkový pohled .....	47
<b>obr. 5-3</b>	Tvarová kompozice.....	48
<b>obr. 5-4</b>	Detail posuvných dveří.....	48
<b>obr. 5-5</b>	Centrální část vstřikovacího lisu .....	49
<b>obr. 5-6</b>	Světelná signalizace .....	49
<b>obr. 5-7</b>	Odvětrávací mřížka.....	50
<b>obr. 5-8</b>	Zadní strana stroje.....	50
<b>obr. 6-1</b>	Základní rozměry.....	51
<b>obr. 6-2</b>	Základní části stroje .....	52
<b>obr. 6-3</b>	Velikostní srovnání návrhu (c) s ENGEL, e-motion 50 (a), Sumitomo DEMAG IntElect 100–110 (b) a ENGEL, e-victory 120 (d) [5][9][24].....	53
<b>obr. 6-4</b>	Posuvný kryt nad uzavírací jednotkou.....	53
<b>obr. 6-5</b>	Krytování nad vstřikovací jednotkou.....	54
<b>obr. 6-6</b>	Posuvné dveře .....	55
<b>obr. 6-7</b>	Schéma pohonných jednotek.....	56
<b>obr. 6-8</b>	Schéma komponent vstřikovací jednotky.....	56
<b>obr. 6-9</b>	Schéma komponent uzavírací jednotky .....	57
<b>obr. 6-10</b>	Připojení dopravníků.....	58
<b>obr. 6-11</b>	Připojení manipulátoru a nasávače granulátu .....	59
<b>obr. 6-12</b>	Ocelový plech [31] .....	60

<b>obr. 6-13</b>	Plexisklo čiré PLEXIGLAS® [32] .....	60
<b>obr. 6-14</b>	Znázornění velikosti stroje ve vztahu s lidskou postavou .....	61
<b>obr. 6-15</b>	Detail madla dveří .....	62
<b>obr. 6-16</b>	Otevírání dveří uzavírací jednotky.....	62
<b>obr. 6-17</b>	Prostor ve spodní části stroje .....	63
<b>obr. 6-18</b>	Přístupové body .....	64
<b>obr. 6-19</b>	Přístupové body zadní části stroje .....	64
<b>obr. 6-20</b>	Přístup k elektrické výzbroji .....	65
<b>obr. 6-21</b>	Členění ovládacího panelu.....	65
<b>obr. 6-22</b>	Část panelu s manuálními ovladači.....	66
<b>obr. 6-23</b>	Osa pohledu a zorný úhel .....	67
<b>obr. 6-24</b>	Znázornění vysunutí, rotace a náklonu ovládacího panelu .....	67
<b>obr. 6-25</b>	Manipulace s ovládacím panelem.....	68
<b>obr. 6-26</b>	Úchop při natočení panelu.....	68
<b>obr. 6-27</b>	Jednotlivá stádia světelné signalizace .....	69
<b>obr. 7-1</b>	Použité odstíny.....	70
<b>obr. 7-2</b>	Hlavní barevná varianta.....	70
<b>obr. 7-3</b>	Barevná varianta II .....	71
<b>obr. 7-4</b>	Barevná varianta III .....	71
<b>obr. 7-5</b>	Barevná varianta II – perspektivní pohled .....	72
<b>obr. 7-6</b>	Barevná varianta III – perspektivní pohled .....	72
<b>obr. 7-7</b>	Logo .....	73
<b>obr. 7-8</b>	Umístění loga na krytu uzavírací jednotky.....	73
<b>obr. 7-9</b>	Manuální ovladače.....	74
<b>obr. 7-10</b>	Navržené piktogramy pro ovládací panel .....	74
<b>obr. 7-11</b>	Úvodní strana dotykové obrazovky .....	75
<b>obr. 7-12</b>	Grafické rozhraní dotykové obrazovky .....	75
<b>obr. 7-13</b>	Dotyková obrazovka.....	76
<b>obr. 8-1</b>	SWOT analýza.....	78
<b>obr. 8-2</b>	Výsledný koncept vstřikovacího lisu.....	79

## 13 SEZNAM TABULEK

<b>tab. 2-1</b>	Srovnání základních charakteristik vstřikovacích lisů zahrnutých v designérské analýze [6][7][8][9][30].....	21
<b>tab. 5-1</b>	Srovnání variantních návrhů .....	46
<b>tab. 6-1</b>	Určující parametry .....	52



## 14 SEZNAM PŘÍLOH

### Zmenšené postery

- Sumarizační poster (A4)
- Designérský poster (A4)
- Ergonomický poster (A4)
- Technický poster (A4)

### Fotografie modelu (A4)

### Samostatné přílohy

- Sumarizační poster (A1)
- Designérský poster (A1)
- Ergonomický poster (A1)
- Technický poster (A1)
- Model (M 1:7)

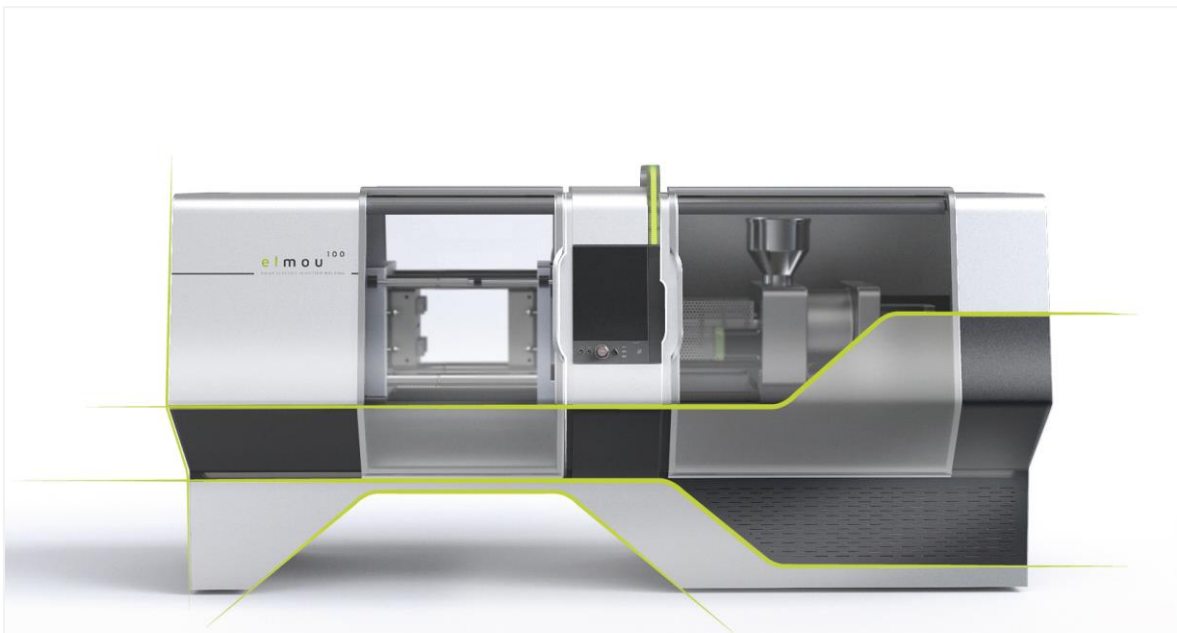
# 15 ZMENŠENÉ POSTERY



## klíčové prvky návrhu

Design vstřikovacího lisu, jehož hlavní myšlenkou je zobrazení procesu vstřikování na vnějším opláštění. Díky propojení hlavních částí stroje s podstavou a plynulé návaznosti jednotlivých krytů vzniká ucelený tvar. Z ergonomického hlediska lze vyzdvihnout plně pohotovostní ovládací panel, jehož použití je ve srovnání se současnými stroji unikátní. Za krok před konkurencí je možné považovat také celokrytování s horním posuvným krytem, vizuální oděření podstavky a subtilní řešení dveří. Výsledkem je návrh, který v sobě kombinuje tytéž odlišnosti a serióznost stroje s jasnou představou o rychlosti a dynamice vstřikování.





DESIGNÉRSKÝ POSTER

### kompozice

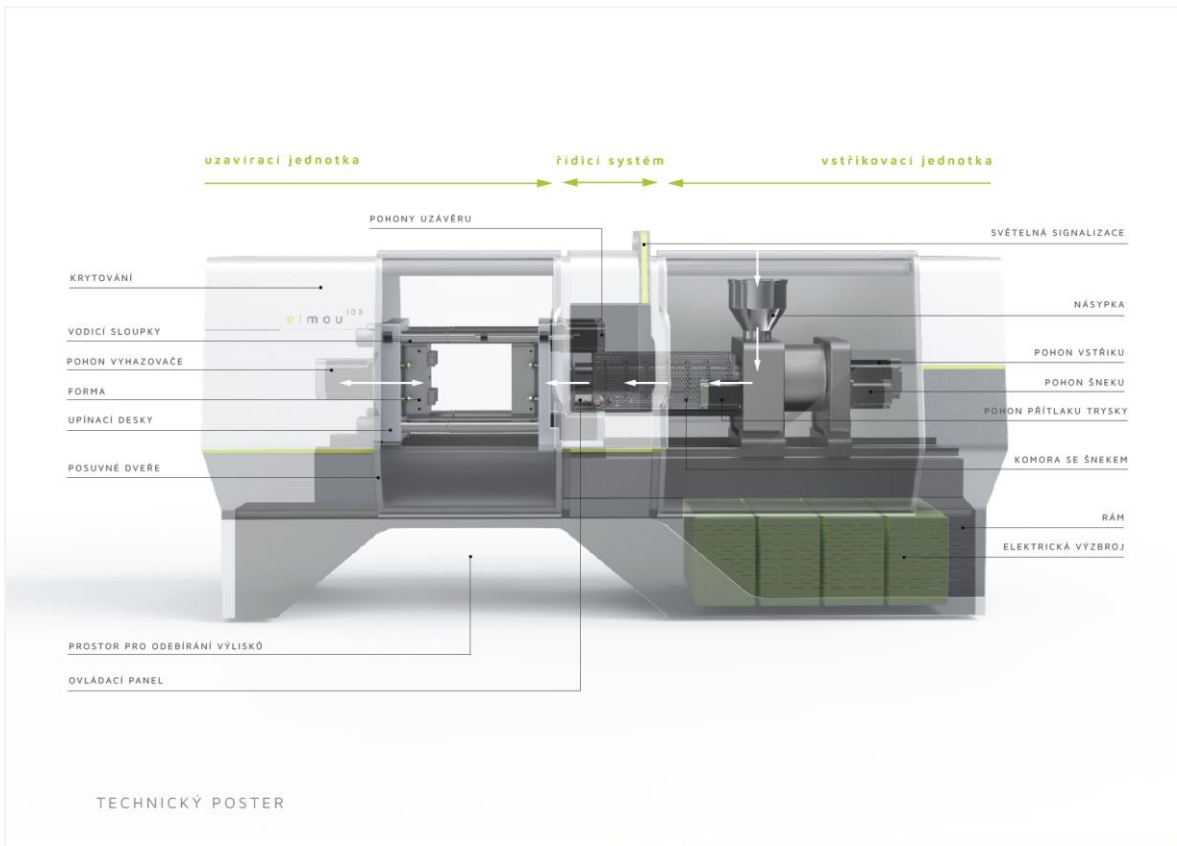
Dominantním prvkem návrhu je materiálové členění krytů v čelním pohledu. Křivka rozdělující opláštění ubíhá po celé šířce stroje. Zrcadlově je zopakována i na krytu podstavce, kde určuje tvar odvětrávací mřížky. Křivky svým tvarováním a umístěním poukazují na proces vstřikování. Sbíhají se směrem k uzavírací jednotce dle toku taveniny. Odrážejí tak děj odehrávající se uvnitř přístroje a zobrazují jej na vnějším krytování.



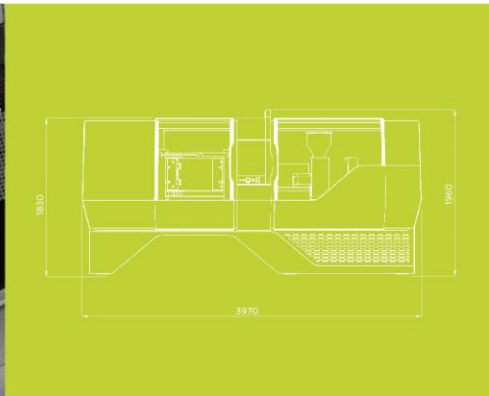
DESIGN PLNÉ ELEKTRICKÉHO VSTŘIKOVACÍHO LISU S UZAVÍRACÍ SILOU DO 100 TUN / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eliška Ořevřelová / Vedoucí práce: Ing. David Joneš / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2019/20

**T** VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ  
FAKULTA STROJNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV  
KONSTRUOVÁNÍ  
Katedra  
Strojářského  
Inženýrství



TECHNICKÝ POSTER



### komplexní výrobní proces

Při návrhu vstřikovacího lisu byl brán v potaz směr postupně až úplně automatizace výrobního procesu. Připojení periferií urychluje a zpřesňuje výrobu či zjednodušuje manipulaci. Celý proces je pak z větší části automatizován a ubývá tak potřeby neustálé přítomnosti lidského faktoru.



DESIGN PLNĚ ELEKTRICKÉHO VSTŘIKOVACÍHO LISU S UZAVÍRACÍ SILOU DO 100 TUN / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eliška Otevřelová / Vedoucí práce: Ing. David John / VUT v Brně / FSI / UK / OPD / 2016/20



FAKULTA STROJNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ



odbor  
průmyslového  
designu



ERGONOMICKÝ POSTER



**ovládací prvky**

Rídící systém s ovládacím panelem je umístěn mezi ventilátory a uzavírací jednotkou. Ovládací panel je tvořen dotykovou obrazovkou kterou je možné pohybovat dle potřeby obsluhy. Display doplňuje série manuálních ovladačů sloužící k zajištění základních funkcí stroje.



DESIGN PLNĚ ELEKTRICKÉHO VSTRIKOVACÍHO LISU S UZAVÍRACÍ SILOU DO 100 TUN / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Eliška Červíková / Vedoucí práce: Ing. David Štěr / VUT v Brně / FSI / FUK / OPD / 2019/20

VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ  
V BRNĚ

ÚSTAV  
KONSTRUKČNÍ

labor  
průmyslového  
designu

## 16 FOTOGRAFIE MODELU

