

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Roboty a manipulátory



## Návrh výrobní linky

Sklízecí a balící linka na salát

semestrální práce

Autor práce: Bc. Josef Kořínek

1.ročník

IŘT v APK

©2022 ČZU v Praze

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Výchozí poloha .....	1
3. Stanovení úkolů .....	2
4. Návrh linky.....	5
4.1. Robotické rameno .....	5
4.2. Hlavice .....	6
4.3. Snímač .....	7
4.4. Dopravníky.....	7
4.5. Řídící systém .....	8
5. Závěr .....	9
6. Zdroje.....	10

## Seznam obrázků

Obr. 1 Uspořádání výrobní haly.....	1
Obr. 2 Hlavní rozměry jednotky [mm].....	2
Obr. 3 Příklad balení Foto:[5] .....	2
Obr. 4 Teoretický poloměr dosahu ramena [cm] .....	3
Obr. 5 Pohled na linku z boku [cm] .....	3
Obr. 6 Grafické řešení poloměru ramena.....	4
Obr. 7 KR 20 R1810 HO Zdroj:[8].....	5
Obr. 8 Pracovní prostor KR 20 R1810 HO [mm] HO Zdroj:[8] .....	5
Obr. 9 Speciální vidlice a model salátu.....	6
Obr. 10 Upevňovací příruba Zdroj:[8] .....	6
Obr. 11 Princip závory Zdroj:[9] .....	7
Obr. 12 Laserový senzor SA1E-L Zdroj:[9] .....	7
Obr. 13 Pásové dopravníky firmy VERVA–Tech s.r.o. Zdroj:[10].....	7
Obr. 14 Válečkový dopravníky od firmy VERVA–Tech s.r.o. Zdroj:[11] .....	8
Obr. 15 KUKA KR C4 se zapojeným tabletem Zdroj:[13] .....	8

## 1. Úvod

Automatizace v agro-potravinářství je v plném proudu. Poptávka po potravinách stále roste a tím i poptávka po automatizaci celého procesu. Automatizace má v zemědělství krom úspory času i další výhody jako je zdravotní nezávadnost a spolehlivost. [1]

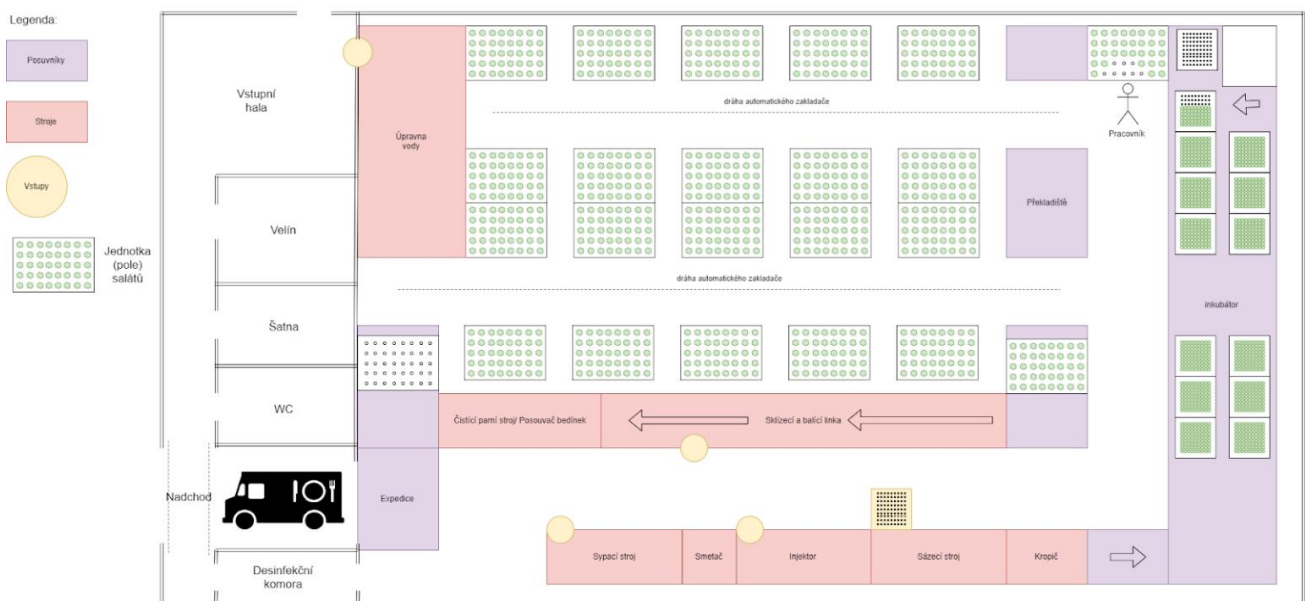
Hydroponické vertikální farmy jsou klíčovým dílem řešením problémů zemědělství. Díky nim se nám může podařit snížit ekologickou zátěž spojenou s cestou a zároveň dopřát urbanizované společnosti čerstvé a zdravé potraviny. V současnosti má hydroponie i svá proti: hlavně velkou spotřebu energie, na druhou stranu spotřeba vody je u tohoto typu farem minimální a využití místa maximální. [2]

V dohledné budoucnosti je také automatizace zemědělského průmyslu pomocí umělé inteligence (AI), IoT a expertního systému. Její výhodou jsou: minimální lidský úsudek, minimální chyby a minimální zásahy. K tomu je potřeba implementovat roboty a autonomní systémy, které jsou klíčovými aspekty automatizace.[3]

## 2. Výchozí poloha

Firma Infiniti Food je imaginární firmou. Navrhovaný projekt je vymyšlený koncept krytého pěstování hlávkového salátu. Tento koncept počítá většinovou automatizaci celého procesu. Vertikální hydroponická farma by se měla nacházet poblíž velkého města, ideálně v podzemí samotného centra, tak aby bylo využito plného potenciálu farmy.

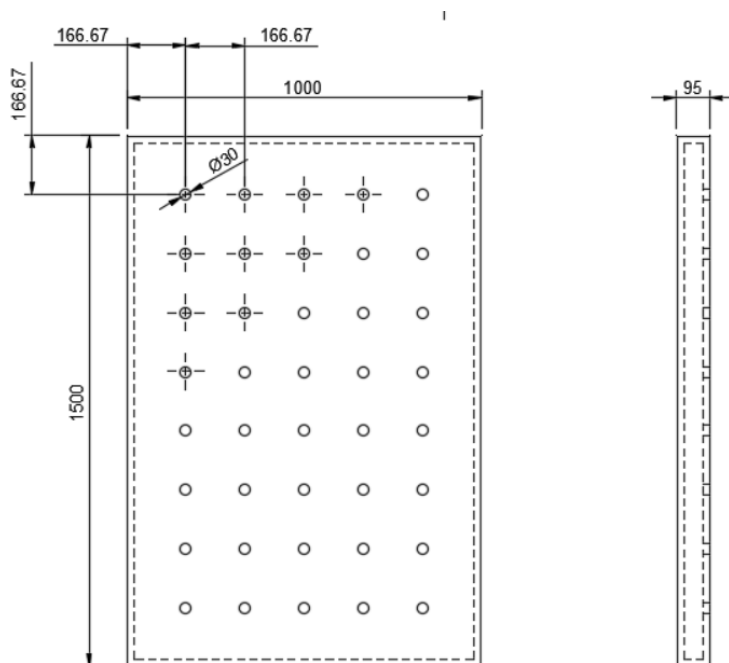
Automatická produkce salátu začíná automatickou linkou na sazenice, sazenice jsou zaměstnancem přeskládány do jednotek, které jsou automatickým zakladačem umístěny do vertikální pěstírny. Po dozrání jsou dopravníkem přesunuty ke sklízecí a balící lince viz Obr. 1.



Obr. 1 Uspořádání výrobní haly

### 3. Stanovení úkolů

Ke sklizení a balení bude použit univerzální robot. Ten bude sundávat saláty z jednotek. Navrhované jednotky mají 100 cm na šířku a 150 cm na délku viz Obr. 2.



Obr. 2 Hlavní rozměry jednotky [mm]

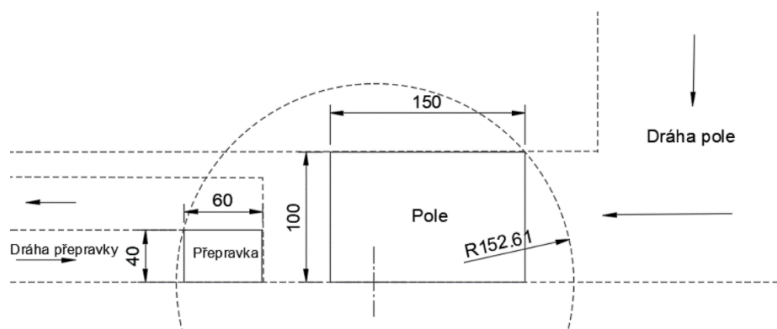
Saláty budou následně baleny do speciálních plastových balení, pro názornost je balení vidět na Obr. 3. Balení má průměr 17 cm a výšku 17,5 cm. Balení budou připravena v přepravkách a robot salát přesune na předem určené místo v přepravce. Saláty bude přesouvat po jednom. V průměru jedna hlávka salátu váží 800 g [4] Průměr kvůli bezpečnosti vynásobíme pětkrát a tím dostaneme požadovanou nosnost 4 kg.



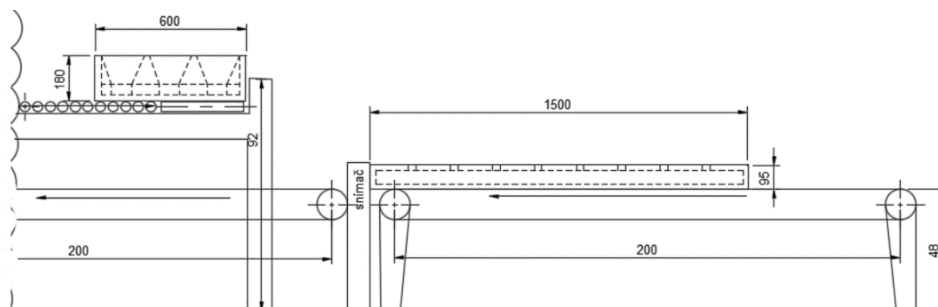
Obr. 3 Příklad balení Foto:[5]

Normované velikosti přepravek jsou 40 x 30 a 60 x 40 cm [6]. V našem případě využijeme přepravky větší. Přepravka bude mít 220 mm na výšku. Do přepravek budou vloženy speciálně navrhnuté vložky, které jsou potřebné kvůli atypickému tvaru boxů.

Na Obr. 4 je znázorněna balící linka z vrchu. Pole se bude pohybovat po dopravníku zprava do leva. Po vyložení pokračuje dále vlevo k parnímu čističi. Přepravka se bude pohybovat zleva doprava a po naplnění zpět doleva. Dráhy dopravníků se v pohledu zhora překrývají, aby byl ušetřen prostor v hale. Jak lze vidět na Obr. 5 dráha pole je níže než dráha přepravky, a dráhy si tak nekříží cestu. Na Obr. 4 je znázorněn poloměr potřebný k obsluze.



Obr. 4 Teoretický poloměr dosahu ramena [cm]



Obr. 5 Pohled na linku z boku [cm]

Z Obr. 4 vyplývá, že pokud by se jednalo o robotické rameno zavěšené ze stropu, pracovní dosah ramena 1,6m by byl dostačující. V tom případě však zavěšení ze stropu bylo konstrukčně náročné až nemožné.

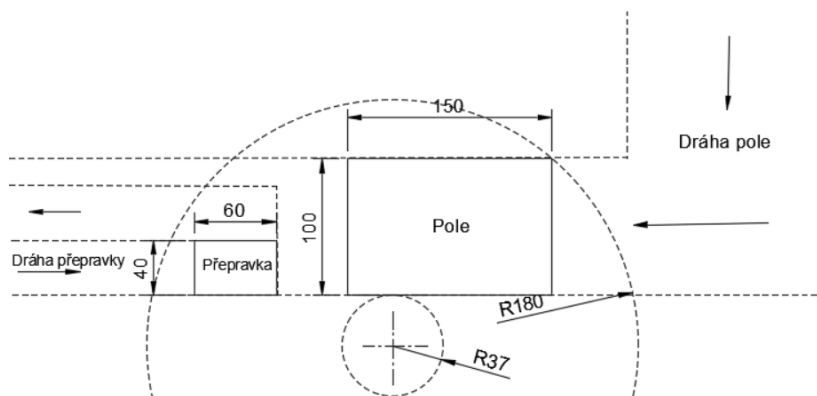
Z teoretického poloměru vypočítáme poloměr prostoru, který potřebuje rameno podle vzorce:

$$R_{min} = (0,11 - 0,24) \times R_{teorMax} = 0,24 \times 153 = 36,72 \approx 37$$

K teoretickému poloměru přičteme vypočítaný poloměr minimální:

$$R_{max} = R_{teorMax} + R_{min} = 153 + 37 = 190 \text{ cm}$$

Početní řešení se rozchází s grafickým viz Obr. 6 po zakreslení minimálního poloměru bude dostačující poloměr 180 cm. Grafické řešení považuji za přesnější, jelikož více demonstruje reálnou situaci.



Obr. 6 Grafické řešení poloměru ramena

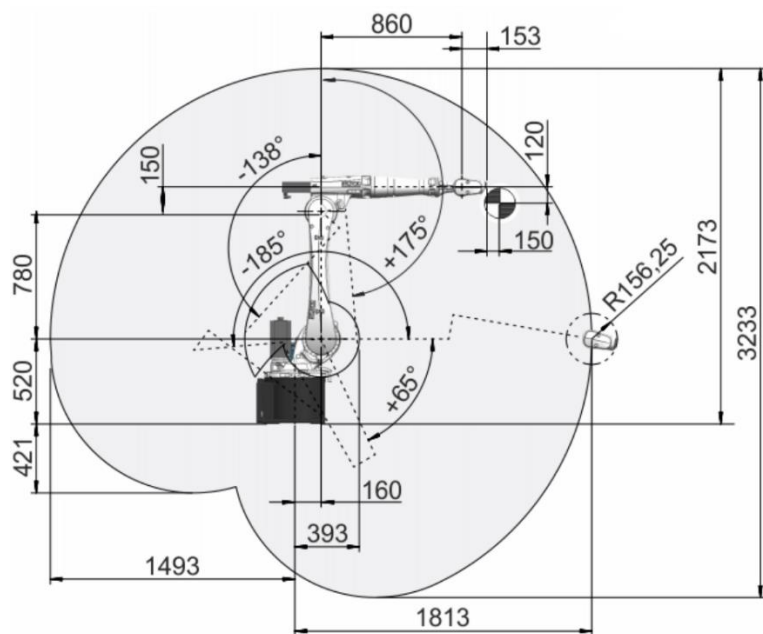
## 4. Návrh linky

### 4.1. Robotické rameno

Po robotickém ramenu požadujeme tedy dosah 1,8m, užitečné zatížení minimálně 4 kg a hygienickou nezávadnost. Všechny naše požadované parametry splňuje KR CYBERTECH ve verzi HO. Model KR 20 R1810 HO s dosahem 1,81 m a nosností 20 kg je ideálním řešením stanoveného úkolu. Hygienickou nezávadnost zajišťuje použití hygienické oleje.[7]



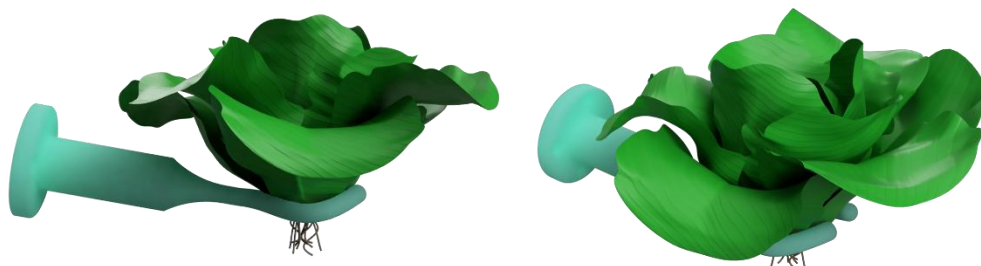
Obr. 7 KR 20 R1810 HO Zdroj:[8]



Obr. 8 Pracovní prostor KR 20 R1810 HO [mm] HO Zdroj:[8]

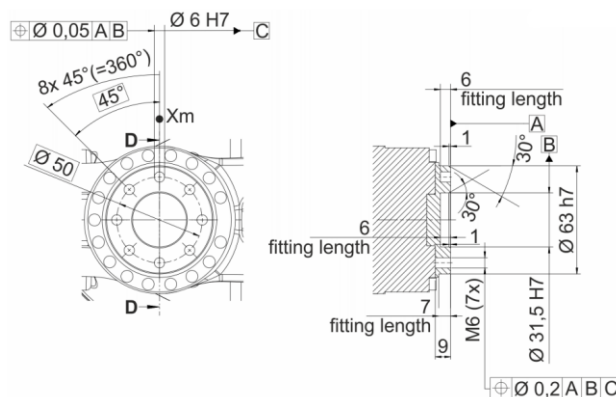
#### 4.2. Hlavice

Po hlavici je požadováno, aby přenesla salát z bodu do bodu. Hlavice bude využívat specifického tvaru salátu. Speciálně tvarovaná vidlice bude podebírat salát ze spodu. Speciální tvar (Obr. 9) zajistí, že se salát nijak nepřevrátí. Nevýhodou tohoto pasivního řešení by mohla být rychlost přesunu salátů, ale jelikož je rychlost produkce salátů omezená povahou salátu není rychlost přesunu klíčovým faktorem.



Obr. 9 Speciální vidlice a model salátu

Vidlice z nerezové oceli bude potažena vrstvou polymeru, který zvýší adhezi salátu na vidlici. Zároveň zlepší viditelnost pro případné zaměstnance firmy, tak aby se předcházelo případným úrazům. Vidlice bude připevněna čtyřmi šrouby na upevňovací přírubě. Její rozměry jsou vidět na Obr. 10.



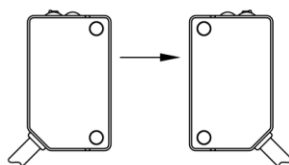
Obr. 10 Upevňovací příruba Zdroj:[8]



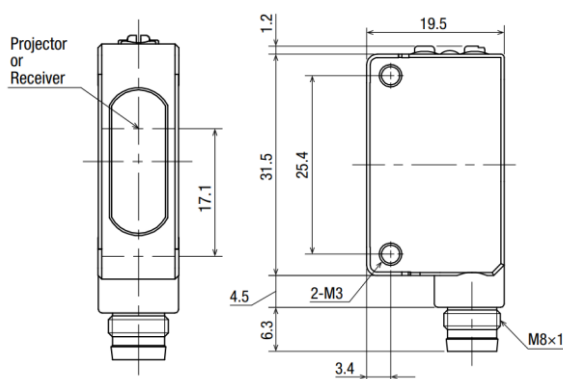
### 4.3. Snímač

Pole na pásovém dopravníku může nepředvídatelnými vnějšími vlivy změnit polohu na pásu, příkladem může být výpadek proudu. Proto je potřeba dopravník osadit snímačem. Na Obr. 5 lze vidět umístění snímače, snímač je umístěn na speciálním stojanu. Snímač zaznamená, když pole dosáhne požadovaného místa a řídicí jednotka zastaví dopravník.

Klíčovým faktorem je rychlá odezva. Konstrukčně není problém mít druhý stojan naproti snímači, a proto můžeme použít takzvanou optickou závoru její princip je vyobrazen na Obr. 11. Konkrétně bude použita SA1E-L od firmy IDEC, její rozměry jsou vidět na Obr. 12.



Obr. 11 Princip závoře Zdroj:[9]



Obr. 12 Laserový senzor SA1E-L Zdroj:[9]

### 4.4. Dopravníky

Řešená část automatické linky bude obsahovat dva typy dopravníků. Pásový pro přesný přesun polí na pěstování a válečkový pro přesun bedýnek.

Vodorovný nerezový pásový dopravník NVM s hladkým potravinářským polyuretanovým dopravním pásem od firmy VERVA–Tech s.r.o. s rozměry vyplývajícími z návrhu je vhodným pásovým dopravníkem. Firma má zkušenosti s obdobnými zakázkami např. Obr. 13. Požadovaná šířka dopravníku je 1m a délka 2m.



Obr. 13 Pásový dopravník firmy VERVA–Tech s.r.o. Zdroj:[10]

Firma VERVA–Tech s.r.o. má zkušenosti i se zakázkovou výrobou hnaných válečkových dopravníků. Na Obr. 14 je jedna z realizací firmy, které slouží jako ukázka toho, co je firma schopna vyrobit. V požadavcích na válečkový dopravník je třeba zmínit, že trasa válečkového dopravníku plyne nad dopravníkem pásovým. A také je požadována možnost nezávislého ovládání některých segmentů.



Obr. 14 Válečkový dopravník od firmy VERVA–Tech s.r.o. Zdroj:[11]

#### 4.5. Řídicí systém

K řízení řešené části linky bude použit řídicí systém KUKA KR C4. Tento řídicí systém dokáže spolehlivě ovládat jak samotné robotické rameno, tak i ostatní části linky. Řídicí systém bude bez problému komunikovat s centrálním řídicím počítačem. Centrální počítač bude umístěn ve velínu a automaticky řídit celý proces od objednání salátu až po doručení na adresu. KR C4 bude možno ovládat i pomocí tabletu obojí je vidět na Obr. 15. [12]



Obr. 15 KUKA KR C4 se zapojeným tabletem Zdroj:[13]

## 5. Závěr

Jednoduchá řešení jsou mnohdy těmi nejlepšími. Robotická ramena jsou toho příkladem. V řešení jsem využil všestrannosti robotického ramena a nemusel jsem vyvíjet složitou úchopnou hlavici. Dále jsem taktéž využitím dopravníkových pásů anuloval potřebu zarážek. Přesné umístění salátového pole je potřebné právě kvůli robotickému ramenu, které místo složitého snímání kamerami provádí stejný slet instrukcí.

Jedině praxe by ukázala, zda je navrhované řešení schopno obstát a zda nebude potřeba některé části přidat. Nicméně navrhované řešení je připraveno tak aby případné změny byly realizovatelné jednoduše.

## 6. Zdroje

- [1] EDAN, Yael, Shufeng HAN and Naoshi KONDO. Automation in Agriculture. In: *Springer Handbook of Automation* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, p. 1095–1128. Available at: doi:10.1007/978-3-540-78831-7\_63
- [2] BEACHAM, Andrew M., Laura H. VICKERS and James M. MONAGHAN. Vertical farming: a summary of approaches to growing skywards. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* [online]. 2019, **94**(3), 277–283. ISSN 1462-0316. Available at: doi:10.1080/14620316.2019.1574214
- [3] KRISHNAN, Akshay, Shashank SWARNA and Balasubramanya H. S. Robotics, IoT, and AI in the Automation of Agricultural Industry: A Review. In: *2020 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)* [online]. B.m.: IEEE, 2020, p. 1–6. ISBN 978-1-7281-8794-5. Available at: doi:10.1109/B-HTC50970.2020.9297856
- [4] *How Much Does a Head of Lettuce Weigh?* [online]. [accessed. 2022-06-22]. Available at: <https://www.reference.com/world-view/much-head-lettuce-weigh-67535fc926275a9b>
- [5] *A' Design Award and Competition - Images of Eco Lettuce Package by Ning Sun, Xu Sun, Binjian Liu and Ying Jiang* [online]. [accessed. 2022-06-13]. Available at: <https://competition.adesignaward.com/design-image.php?y=2019&design=87303>
- [6] *Přpravky na ovoce a zeleninu / TBA Plast s.r.o.* [online]. [accessed. 2022-06-16]. Available at: <https://www.tbaplast.cz/prepravky-na-ovoce-a-zeleninu>
- [7] *KR CYBERTECH / KUKA AG* [online]. [accessed. 2022-06-23]. Available at: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-cybertech>
- [8] *KUKA KR 20 R1810 HO* [online]. [accessed. 2022-06-23]. Available at: [https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/6b77eecacfe542d3b736af377562ecaa/0000283884\\_en.pdf?rev=b15fb52b9cf1452ba428fce007ebc8fc&hash=20719666A83FFAFB70ECD2FA46D67130](https://www.kuka.com/-/media/kuka-downloads/imported/6b77eecacfe542d3b736af377562ecaa/0000283884_en.pdf?rev=b15fb52b9cf1452ba428fce007ebc8fc&hash=20719666A83FFAFB70ECD2FA46D67130)
- [9] *Miniaturní fotoelektrické laserové senzory SA1E-L - REM-Technik - Průmyslová a domovní automatizace* [online]. [accessed. 2022-06-27]. Available at: <https://www.rem-technik.cz/senzorika/opticke-senzory/miniurni-fotoelektricke-laserove-senzory-sa1e-l-551.html>
- [10] *Nerezový potravinářský pásový dopravník NVM-HL-050/065-KTX-FG | verva-tech.cz* [online]. [accessed. 2022-06-27]. Available at: <https://www.verva-tech.cz/p-nerezovy-potravinarsky-pasovy-dopravnik-nvm-hl-050-065-ktx-fg>
- [11] *Hnaný válečkový dopravník VD-FMR-050-CTA-PM | verva-tech.cz* [online]. [accessed. 2022-06-27]. Available at: <https://www.verva-tech.cz/p-hnany-valeckovy-dopravnik-vm-fmr-050-cta-pm>
- [12] *KUKA KR C4 / KUKA AG* [online]. [accessed. 2022-06-27]. Available at: <https://www.kuka.com/en-us/products/robotics-systems/robot-controllers/kr-c4>
- [13] *RobotWorx - The New KUKA KR C4 Robot Controller* [online]. [accessed. 2022-06-27]. Available at: <https://www.robots.com/blogs/the-new-kuka-kr-c4-robot-controller>