



Diplomová práce

Inovace zařízení na extrakt bílkovin

Studijní program:

N0788A270004 Inovační a průmyslové inženýrství

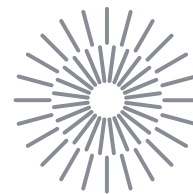
Autor práce:

Bc. Patrik Hrzán

Vedoucí práce:

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.
Katedra částí a mechanismů strojů

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Inovace zařízení na extrakt bílkovin

<i>Jméno a příjmení:</i>	Bc. Patrik Hrzán
<i>Osobní číslo:</i>	S22000262
<i>Studijní program:</i>	N0788A270004 Inovační a průmyslové inženýrství
<i>Zadávací katedra:</i>	Katedra částí a mechanismů strojů
<i>Akademický rok:</i>	2023/2024

Zásady pro vypracování:

Inovujte zařízení pro získávání bílkovinných produktů z výlisků olejnatých semen. Zařízení musí zpracovat 100 kg/h materiálu. Doba setrvání v extraktoru má být 30-40 min.

1. Představení úkolu (cíl, seznámení se strojem a extrakčním dějem).
2. Provedení rešerše současného stavu (typy zařízení výhody, nevýhody).
3. Navrhněte min. tři koncepty nových řešení pomocí metod inovačního inženýrství.
4. Vyberte koncept podle zvolených objektivních kritérií.
5. Vypracujte 3D model vybrané varianty a výkres sestavy.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická

Jazyk práce:

čeština

Seznam odborné literatury:

[1] Mašín, I.; Petrů, M.; Novák, O.: Metody inovačního inženýrství na mikro-úrovni. Technická univerzita v Liberci, 2015, ISBN 978-80-7494-187-0

[2] Mašín, I.; Ševčík, L.: Metody inovačního inženýrství. Liberec: Institut technologií a managementu, 2006, ISBN 80-903533-0-4

[3] Pešík, L.: Části strojů. 1. díl. Liberec: TUL, 2010, ISBN 978-80-7372-573-0

[4] Pešík, L.: Části strojů. 2. díl. Liberec: TUL, 2010, ISBN 978-80-7372-574-7

[5] POKORNÝ, Jan a DUBSKÁ, Ludmila. *Technologie tuků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.

[6] Internetové podklady firem vyrábějící protiproudé extraktory (WWW stránky).

Vedoucí práce:

prof. Ing. Ladislav Ševčík, CSc.

Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání práce:

14. listopadu 2023

Předpokládaný termín odevzdání: 15. května 2025

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Petr Lepšík, Ph.D.
garant studijního programu

V Liberci dne 14. listopadu 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Inovace zařízení pro extrakci bílkovin

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a vytvoření koncepce řešení extraktoru pro získávání bílkovin z vylisků olejnatých semen. K vytvoření koncepčního řešení bylo využito metod funkčně objektové analýzy pro definování nedostatků, které byly následně řešeny pomocí fyzikálních a technických rozporů a dále také funkčního vyhledávání pomocí nástroje Production inspiration. Těmito metodami byly vytvořeny koncepty ze kterých byl následně vybrán jeden pomocí vícekriteriální analýzy AHP. Výstupem je vytvoření 3D modelu extraktoru a následné výkresové dokumentace umožňující výrobu prototypového zařízení dle požadavků zadavatelské firmy.

Klíčová slova

extrakce bílkovin, extraktor, inovace, olejnatá semena, TRIZ

Innovation of protein extraction equipment

Abstract

This thesis deals with the design and development of a solution concept for an extractor for extracting protein from oilseed pomace. To develop the conceptual design, functional object analysis methods were used to define the gaps, which were then addressed using physical and engineering contradictions, as well as functional search using the Production inspiration tool. These methods were used to generate concepts from which one was subsequently selected using multi-criteria AHP analysis. The output is the creation of a 3D model of the extractor and subsequent drawings enabling the production of a prototype device according to the requirements of the client company.

Keywords

protein extraction, extractor, innovation, oilseeds, TRIZ

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce prof. Ing. Ladislavu Ševčíkovi , CSc. Za odborné vedení, trpělivost, cenné rady a pomoc v průběhu práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině zejména rodičům, kteří mi po celou dobu mého studia poskytovali neocenitelnou emocionální a finanční podporu.

Obsah

1	Úvod	11
2	Cíle práce	12
3	Extrakce.....	13
3.1	Extrakce pevná látka – kapalina.....	13
3.2	Extrakce oleje z olejnatých semen	14
4	Typy zařízení	15
4.1	Karuselový extraktor	15
4.2	Lineární stěnový extraktor	17
4.3	Obdélníkový smyčkový extraktor	21
4.4	Extraktor s děrovaným pásem	23
4.5	Závěr.....	25
5	Analýza tržních trendů.....	25
6	Patentový průzkum	27
6.1	Patent US3860395A	27
6.2	Patent US5705133A	28
6.3	Patent US9776113B2	29
7	Funkčně-objektová analýza	31
7.1	Provedení FOA.....	31
7.2	Závěr FOA.....	33
8	Definování technických rozporů	34
8.1	Provedení technického rozporu	34
8.2	Závěr technických rozporů.....	35
9	Definování fyzikálních rozporů	36
9.1	Provedení fyzikálního rozporu	37
9.2	Závěr fyzikálního rozporu	37
10	Nástroj ProductionInspiration	38

10.1	Použití databáze ProductionInspiration.....	38
10.2	Závěr.....	39
11	Generování konceptů	40
11.1	Koncept 1	40
11.2	Koncept 2	41
11.3	Koncept 3	42
12	Výběr konceptů metodou AHP	43
12.1	Metoda AHP	43
12.2	Provedení AHP	43
	12.2.1 Kritéria a jejich hodnocení	43
12.3	Závěr AHP	45
13	Konstrukční návrh	46
13.1	Velikost rotoru	46
13.2	Doba setrvání.....	47
13.3	3D Model konceptu	48
13.4	Materiály volené pro konstrukci	48
13.5	Shrnutí návrhu	49
14	Závěr.....	50
	Použitá literatura	52
	Seznam příloh.....	56

Seznam zkratek

Značka	Název	Popis
3D	3 Dimensional	Trojrozměrný
AHP	Analytic Hierarchy Proces	Analytický hierarchický proces
cm	Centimetr	Jednotka délky
DIN	Deutsches Institut für Normung	Německý institut pro normy a standardizace
FOA	Functional Object Analysis	Funkčně-objektová analýza
hod	Hodina	Jednotka času
k	Počet komor	ks
kg	Kilogram	Jednotka hmotnosti
k_{proc}	Počet komor v extrakčním procesu	ks
m	Metr	Jednotka délky
m^2	Metr čtverečný	Jednotka plochy
m^3	Metr krychlový	Jednotka objemu
min	Minuta	Jednotka času
m_{min}	Minimální hmotnost	kg
m_{vyp}	Vypočtená hmotnost	kg
n	Počet otáček	hod ⁻¹
S_{cel}	Celková plocha rotoru	m^2
S_k	Plocha komory	m^2
t_{cyklu}	Celkový čas cyklu	min
TRIZ	Těorie řešení izobretateľskich zadač	Tvorba a řešení inovačních zadání
$t_{setrvání}$	Čas setrvání v extrakčním procesu	min
$V_{kom.min}$	Vypočtený objem komory	m^3
$V_{kom.vyp}$	Vypočtený objem komory	m^3
ρ	Hustota	$\frac{kg}{m^3}$

1 Úvod

Moderní doba je charakterizována stále větším důrazem na efektivní zpracování surovin a výrobu kvalitních produktů s minimálním odpadem. Jedním z klíčových aspektů tohoto procesu je získávání bílkovinných produktů z výlisků olejnatých semen, které jsou důležitým zdrojem živin pro potravinářský průmysl. V rámci této diplomové práce bude pozornost zaměřena na inovaci zařízení pro extrakci bílkovin z těchto surovin, s cílem dosáhnout vyšší efektivity a optimalizace procesu.

Úsilí bude směřováno k návrhu konceptu zařízení, které umožní zpracování 100 kg/h materiálu a zároveň zajistí správnou dobu setrvání v extraktoru v rozmezí 30-40 minut. Pro dosažení tohoto cíle budou využívány metody inovačního inženýrství, které umožní vyvinout a vyhodnotit různé koncepty zařízení a vybrat ten nejvhodnější.

Nejprve bude provedena důkladná rešerše současného stavu technologií pro získávání bílkovin z olejnatých semen, se zaměřením na existující typy zařízení, jejich výhody a nevýhody. Následně budou navrženy a vyhodnoceny minimálně tři nové koncepty zařízení, které budou schopny splnit požadavky stanovené v zadání. Po výběru nejlepšího konceptu bude provedena konstrukce včetně 3D modelu vybraného konceptu a výkresu sestavy, který poslouží jako podklad pro další implementaci do průmyslového prostředí.

Cílem této práce je tedy přinést inovativní řešení konstrukce extraktoru pro získávání bílkovinných produktů z olejnatých semen, které bude efektivní, ekonomicky výhodné a odpovídající požadavkům moderního potravinářského průmyslu.

2 Cíle práce

Cíle této práce jsou:

Seznámení s extrakčním dějem – Obecně popsat extrakci. Popsat extrakční děj pevná látka – kapalina, následně vysvětlit extrakci z olejnatých semen.

Provedení rešerše protiproudých extraktorů – Prozkoumat dostupnou literaturu, včetně patentové a nepatentové, týkající se protiproudých extraktorů. Na základě analýzy výhod a nevýhod jednotlivých konstrukcí vybrat nejvhodnější variantu.

Definovat problému současného řešení – Identifikovat a popsat problémy a nedostatky stávajících řešení v oblasti protiproudých extraktorů.

Zpracování tří konceptů pomocí metod inovačního inženýrství – Pomocí metod inovačního inženýrství zpracovat a vytvořit tři koncepty, které povedou ke zlepšení stávajícího řešení.

Výběr nejlepšího konceptu - Pomocí vícekritériální analýzy, s ohledem na zvolená kritéria, vybrat jeden ze tří navržených konceptů.

Návrh zařízení - Navrhnout zařízení tak, aby odpovídalo procesním parametrům, kde extraktor musí zpracovat 100 kg materiálu za hodinu a doba setrvání musí být 30 až 40 minut. Vytvořit 3D model a vypracovat výkres sestavy navrženého konceptu.

3 Extrakce

Extrakce je proces selektivního odstranění zájmové sloučeniny ze směsi pomocí rozpouštědla [1, 2]. Sloučenina musí být rozpustnější v rozpouštědle než ve směsi a rozpouštědlo a směs musí být nemísitelná (nesmí se sama v sobě rozpouštět) [1]. Extrakce se běžně používá v organické chemii k izolaci cílové sloučeniny a k usnadnění izolace rozpuštěné látky z reakčního rozpouštědla, které se obtížně odstraňuje odpařováním, například z rozpouštědla s vysokým bodem varu. Obecně existují tři typy extrakcí: extrakce pevná látka-kapalina, extrakce kapalina-kapalina a acidobazická extrakce [2]. Extrakce přírodních produktů ze surovin je běžnou aplikací extrakce. Extrakce rozpouštědlem je nejpoužívanější metodou a extrakce probíhá v několika fázích, včetně pronikání rozpouštědla do pevné matrice, rozpouštění rozpuštěné látky v rozpouštědle, difúze rozpuštěné látky z pevné matrice a shromažďování extrahovaných rozpuštěných látek. Účinnost extrakce mohou ovlivnit vlastnosti extrakčního rozpouštědla, velikost částic surovin, poměr rozpouštědla k pevné látce, teplota extrakce a doba trvání extrakce [3].

3.1 Extrakce pevná látka – kapalina

Extrakce pevná látka - kapalina je proces separace rozpustné sloučeniny z pevné matrice pomocí rozpouštědla. Proces zahrnuje kombinaci pevné látky s rozpouštědlem, v němž je analyt rozpustný, a mícháním se analyt rozdělí do kapalné fáze, která může být následně oddělena od pevné látky filtrací. Extrakce pevná látka-kapalina je podobná extrakci kapalina-kapalina s tím rozdílem, že rozpuštěná látka je rozptýlena v pevné matrici, nikoli v nosné kapalině. Pevná fáze obsahující rozpuštěnou látku je rozptýlena v rozpouštědle a smíchána. Rozpuštěná látka se extrahuje z pevné fáze do rozpouštědla a pevná fáze se poté odstraní filtrací [4]. Tato extrakce se běžně používá při extrakci přírodních produktů ze surovin [5].

3.2 Extrakce oleje z olejnatých semen

Extrakce rozpouštědlem je velmi účinnou metodou získávání oleje, zejména u materiálů s nízkým obsahem oleje. Plným lisováním lze snížit obsah oleje na minimálně 3-5 %. To je v pořádku u olejnatých semen obsahujících velké množství oleje, ale u olejnatých semen s nízkým obsahem oleje (např. u sóji s 18 %) zůstává při snížení obsahu oleje z 18 % na 3-5 % v lisovaném koláči přiměřené množství dostupného oleje (přibližně 16-27 % celkového obsahu oleje). Z tohoto důvodu se u olejnatých semen s nízkým obsahem oleje dává přednost extrakci rozpouštědlem, pokud je kapacita dostatečně vysoká, aby ospravedlnila náklady na zařízení na extrakci rozpouštědlem. Rozpouštědlové extraktory pracují při nižší teplotě než plné lisy, takže olej může být kvalitnější, pokud jsou některé složky citlivé na teplo. Rozpouštědla však extrahují některé složky, které nejsou pravými oleji (triglyceridy), a proto je nutné je odstranit některými následnými postupy. Spotřebitelé se také zdráhají konzumovat potraviny, které přišly do styku s chemickými rozpouštědly.

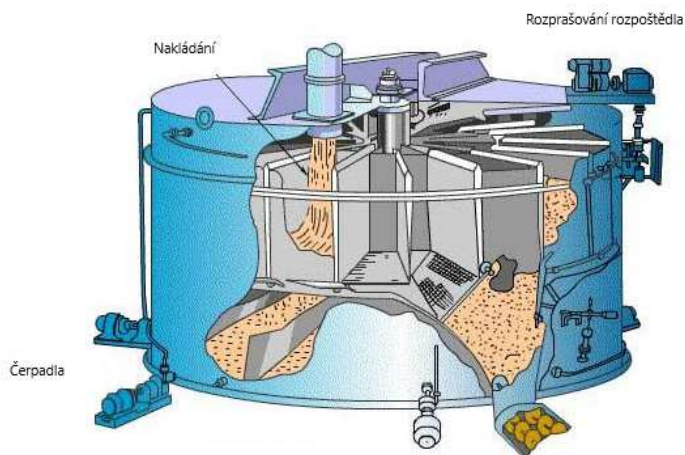
Perkolační extraktory fungují na stejném principu jako kávové perkolátory. Zahřáté rozpouštědlo prochází připraveným olejnatým semenem a rozpouští olej. Na rozdíl od perkolátoru kávy se však olejnatá semena extrahují několikrát, přičemž rozpouštědlo je přesměrováno přes olejnatá semena protiproudým proudem. Čerstvé rozpouštědlo prochází olejnatým semenem poté, co bylo vystaveno několikanásobnému průchodu rozpouštědla. Čerstvé olejnaté semeno je naopak ihned po vstupu do extraktoru promyto rozpouštědlem, které nyní obsahuje přiměřené množství oleje, těsně předtím, než směs rozpouštědla a oleje (miscela) opustí extraktor. Aby se zajistilo, že miscela obsahuje minimum pevných částic, většina perkolačních extraktorů směřuje konečnou miscelu ještě jednou přes lože pevných částic (poté, co se pevné částice usadí do pevnějšího lože), aby se lože pevných částic použilo jako filtr k odstranění co největšího množství pevných částic.

Extrahovaná pevná látka zůstává po posledním promytí čerstvým horkým rozpouštědlem v extrakční nádobě, aby se rozpouštědlo co nejvíce uvolnilo, než se hotová extrahovaná pevná látka (výlisky) z extrakční nádoby odstraní. Výlisky pak přecházejí do desolventizační nádoby. Miscela pokračuje do odparky a následně do striperu, kde se z oleje odstraní všechny stopy rozpouštědla. [6]

4 Typy zařízení

4.1 Karuselový extraktor

Karuselový perkolační extraktor olejnatých semen je typ extraktoru používaný při extrakce oleje. Funguje jako protiproudý perkolační extraktor se vzduchotěsným pláštěm a pomalu rotujícím karuselem. [7] Karuselový perkolační extraktor olejin je válcové zařízení skládající se z jednoho nebo dvou pater s vnitřním rotorem. Rotor se skládá z řady segmentových buněk, které jsou průběžně zatěžovány extrahovaným materiálem. Materiál ve formě granulí je dodáván z expandéru do zásobníku extraktoru pomocí šnekového dopravníku. Buňky se pohybují po nerezových šterbinových dnech, v nichž se mezery mezi tyčemi směrem dolů zvětšují. Koncentrovaná miscela z extraktoru se přivádí do nádrže miscely, odkud se čerpá do destilačních komor k odstranění rozpouštědla a další kondenzaci v kondenzátorech. Pohon extraktoru se skládá z motoru s nastavitelnými otáčkami, šnekové převodovky a řetězu kolem rotoru extraktoru. Rychlost otáčení extraktoru se reguluje v závislosti na množství dodávaného materiálu [8].



Obrázek 1 Karuselový extraktor [9]

Výhody a nevýhody karuselového extraktoru

Výhody:

- Extraktor umožňuje vysoké zpracovatelské kapacity, takže je vhodný pro rozsáhlé operace extrakce oleje [10].
- Nízká spotřeba rozpouštědel a náklady: Vyžaduje relativně nízké množství rozpouštědla, což vede k úspoře nákladů na extrakční proces [10].

- Krátká doba setrvání: Rychlé dosažení rovnováhy vede ke krátkým dobám zdržení, což přispívá k účinné extrakci oleje [10].
- Protiproudé zpracování: Perkolační proces v extraktoru umožňuje částečně protiproudé zpracování, které může zvýšit účinnost extrakce [7].

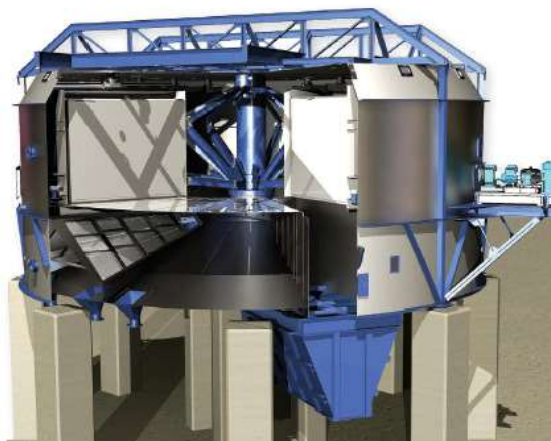
Nevýhody:

- Vysoké počáteční náklady: Extraktor může vyžadovat vysoké počáteční investiční náklady, což může být důvodem pro podniky, které chtějí tuto technologii zavést [10].

Tyto výhody a nevýhody by měly být pečlivě zváženy při zvažování použití kolotočového perkolačního extraktoru olejnatých semen v procesech extrakce oleje. Tento typ extraktoru se vyrábí v několika provedeních. Zde jsou vybrány nejznámější typy.

Reflex®

Rotační extraktor Reflex® je typ rotačního extraktoru používaný při zpracování olejnatých semen. Má horizontální kruhovou extrakční komoru rozdělenou na části jako rozkrojený koláč [11]. Extraktor má pevnou drážkovanou podlahu a kuželový převodový pohon. Má čtyři protiproudé extrakční stupně a kapacitu 9000 tun sójových bobů denně [12]. Extrahovaný materiál se otáčí kolem komory a rozpouštědlo se na něj rozstříkuje z horní části komory. Rozpouštědlo prochází materiálem a vymývá olej ze semen [11]. Extraktor Reflex® je navržen tak, aby byl energeticky účinný, a v současné době je v provozu v Argentině [13]. Známým výrobcem tohoto extraktoru je firma Desmet.



Obrázek 2 Reflex® [14]

Rotocel

Extraktor Rotocel je typ rozpouštědlového extraktoru, který se používá k extrakci oleje z předlisovaných olejových koláčů [15]. Jedná se o kontinuální extraktor oleje kombinovaného typu, který kombinuje postřik a namáčení s dobrým vyluhovacím účinkem, menším množstvím zbytkového oleje a vysoce kvalitním směsným olejem [16]. V extraktoru jsou vločkováná semena uložena v buňkách, které se otáčejí ve vodorovné rovině kolem svislé osy. Má několik protiproudých extrakčních stupňů a je vhodný pro malé a střední závody na extrakci oleje [17].

Klíčové vlastnosti extraktoru:

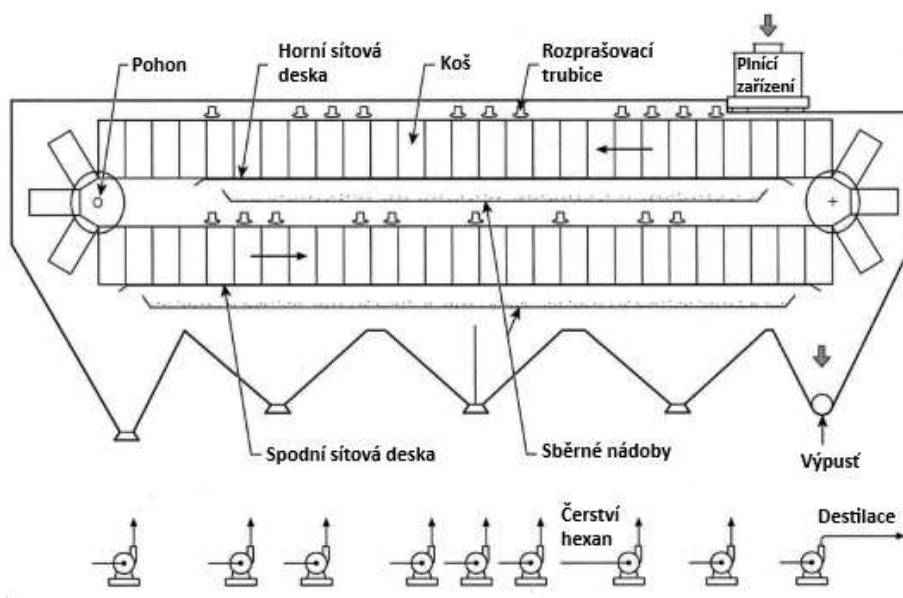
- Jednoduchá konstrukce, snadná obsluha a údržba [16]
- Stacionární mřížka z nerezové oceli s přídatnou horizontální mřížkou, která zabraňuje zpětnému toku husté miscely do buněk s materiálem [16]
- Pokročilá konstrukce cirkulace miscely, která umožňuje snížit množství čerstvého rozpouštědla a snížit množství zbytkového oleje v pokrmech a zvýšit výtěžnost oleje [16]
- Vhodné pro širokou škálu olejnatých semen a předlisovaných olejových koláčů, jako jsou arašídové, řepkové semeno, bavlněné semeno, slunečnicové semeno, sezam, kukuřičné klíčky, kaméliové semeno, lněné semeno, ricinové semeno, sójové boby, rýžové otruby, světlicové semeno, koláč z palmových plodů, koláč z palmových jader, kopra, hroznové semeno, semeno pupalky atd. [16]

Naproti tomu extraktor Reflex® je rotační extraktor s pevnou drážkovanou podlahou a kuželovým převodem. Má horizontální kruhovou extrakční komoru rozdělenou na sekce a je určen k vysoce účinnému odsávání oleje [18]. Stručně řečeno, extraktor Rotocel je známý svou jednoduchou konstrukcí a vhodností pro malé a střední zařízení na extrakci oleje, zatímco extraktor Reflex® je určen pro vysoce účinnou extrakci oleje s větší kapacitou zpracování.

4.2 Lineární stěnový extraktor

Lineární stěnové extraktory jsou typem extraktoru pevná látka-kapalina, který se používá při zpracování olejnatých semen k extrakci rostlinných olejů. Tyto extraktory využívají paralelní vertikální stěny k dopravě vrstvy předlisovaného koláče v lineární dráze přes pevnou podlahu síta [11]. Princip lineárního stěnového extraktoru spočívá v

perkolačním procesu, kdy rozpouštědlo prochází porézním ložem materiálu a odstraňuje požadované složky, v tomto případě olej z olejnatých semen [19]. Perkolační proces zajišťuje dobrý kontakt mezi rozpouštědlem a olejnatým semenem, což vede k účinné extrakci [20]. Tento typ extraktoru je známý svou účinnou extrakcí, rychlou perkolací a schopností pracovat s širokou škálou materiálů a podmínek [11].

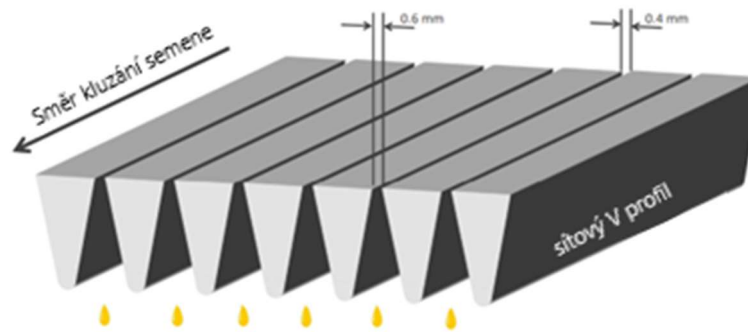


Obrázek 3 Lineární stěnový extraktor [11]

Klíčové vlastnosti:

- Paralelní svislé stěny: Konstrukce lineárních stěnových extraktorů využívá paralelní vertikální stěny k dopravě vrstvy předtiskové moučky v lineární dráze přes pevnou podlahu síta [11]. Tato vlastnost zajišťuje dobrý kontakt mezi rozpouštědlem a olejnatým semenem, což vede k účinné extrakci.
- Pevná síťová podlaha: Extraktor je vybaven pevnou síťovou podlahou (Obrázek 4), která slouží jako podpěra pro předlisovaný koláč a umožňuje průchod rozpouštědla póry materiálu [11]. Síťová podlaha je nezbytnou součástí lineárního stěnového extraktoru, protože usnadňuje proces průsaku, k tomu jsou použity V-profilů po kterých se materiál posouvá.
- Porézní lože: Porézní lože z materiálu, obvykle složeného z olejnatých semen, je navrženo tak, aby umožnilo průchod rozpouštědla a extrakci požadovaných složek, jako je olej [19]. Velikost a rozložení pórů hrají v procesu extrakce zásadní roli, protože ovlivňují rychlost průsaku a účinnost odstraňování oleje.

- Průchod rozpouštědla: Rozpouštědlo prochází porézním ložem a proces extrakce je usnadněn průnikem rozpouštědla materiálem [19]. Konstrukce extraktoru zajišťuje, že rozpouštědlo účinně proniká do materiálu, což vede k účinné extrakci oleje.



Obrázek 4 Sítová podloha [21]

Výhody a nevýhody lineárního stěnového extraktoru

Výhody:

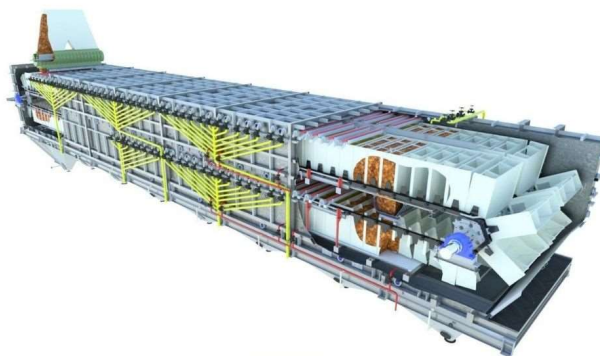
- Efektivní extrakce: Extraktor zajišťuje dobrý kontakt mezi rozpouštědlem a olejnatým semenem, což vede k účinné extrakci [11].
- Rychlá perkolace: Umožňuje rychlou perkolaci, která je nezbytná pro zpracování olejnatých semen ve velkém měřítku [11].
- Všestrannost: Extraktor může pracovat se širokou škálou materiálů a podmínek, takže je vhodný pro různé aplikace zpracování olejnatých semen [11].

Nevýhody:

- Separace pevných látek a miscely: Oddělení pevné látky a miscely (směs oleje a rozpouštědla) může být obtížné, což představuje výzvu pro proces extrakce [11].
- Údržba: Extraktor může vyžadovat dodatečnou údržbu kvůli procesu perkolace a nutnosti zajistit nepřetržitý dobrý kontakt mezi rozpouštědlem a olejnatým semenem [19].

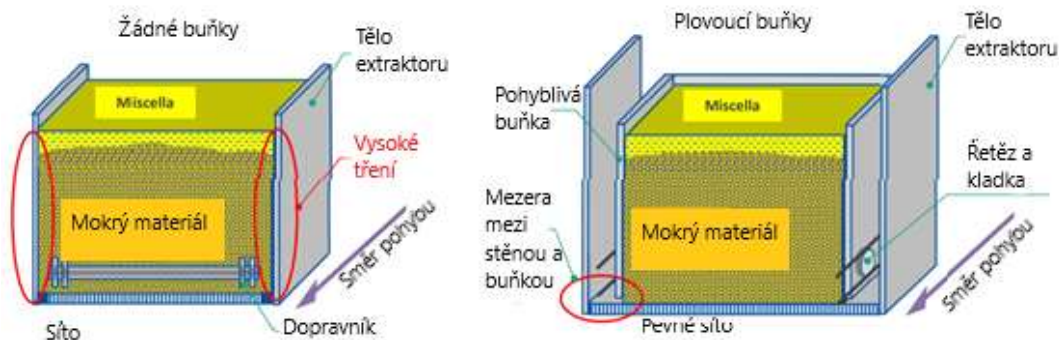
Lze shrnout, že lineární stěnový extraktor nabízí účinnou extrakci, rychlou perkolaci a všestrannost, ale může představovat problém při separaci pevných látek a misek a vyžaduje další údržbu.

Jednou z verzí tohoto extraktoru je extraktor od firmy JJ-Lurgi. Společnost JJ-Lurgi představila dvoucestný extraktor s posuvnou buňkou (SC), který představuje významnou inovaci v oblasti technologie extrakce olejnatých semen. Tento extraktor je první svého druhu dostupný na světě a je navržen tak, aby byl schopen zpracovávat více druhů semen, což mu umožňuje zpracovávat různá semena, jako je sója, řepka, palmová jádra a slunečnicová semena [21]. Dvoucestný extraktor s posuvnou komorou je součástí největšího zařízení společnosti JJ-Lurgi na drcení olejnatých semen a extrakci rozpouštědlem, které bylo úspěšně uvedeno do provozu pro společnost Sinograin Oils & Fats Industrial Dongguan Co. Ltd [21]. Tato inovativní technologie je schopna dosáhnout kapacity vyšší než 5000 tun za den, maximalizuje extrakci oleje a poskytuje lepší energetickou účinnost [21]. Je navržena tak, aby splňovala rostoucí poptávku a potřeby trhu v oblasti technologie extrakce a rafinace olejnatých semen, a představuje významný pokrok v tomto odvětví.



Obrázek 5 Dvoucestný extraktor [21]

V souhrnu lze říci, že dvoucestný extraktor s posuvnými buňkami JJ-Lurgi vyniká schopností extrakce více semen, vysokou kapacitou, maximalizací extrakce oleje, zvýšenou energetickou účinností a využitím technologie mírného vakua. Tyto vlastnosti z něj činí vysoce inovativní a efektivní řešení pro extrakci a zpracování olejnatých semen. Zásadním rozdílem mezi extraktorem firmy JJ-Lurgi a lineárním stěnovým extraktorem je v konstrukci jejich loží viz. Obrázek 6.



Obrázek 6 Rozdíly mezi buňkami [21]

4.3 Obdélníkový smyčkový extraktor

Obdélníkový smyčkový extraktor je typ rozpouštědlového extrakčního zařízení používaného v průmyslu zpracování olejnatých semen k extrakci oleje ze semen. Jedná se o protahování olejnatých semen komorou ve tvaru uzavřené smyčky [11]. Nejběžnějším dnes dodávaným vytahovačem s obdélníkovou smyčkou je vytahovač Crown Type III, vyvinutý společností Crown Iron Works v Minneapolis, USA [13]. Obdélníkový smyčkový extraktor se v průmyslu zpracování jedlého oleje hojně používá již více než 70 let [22]. Je známý svou účinností a efektivitou při extrakci oleje z různých druhů olejnatých semen, jako je sója, řepka, slunečnice a další [23].



Obrázek 7 Obdélníkový smyčkový extraktor [24]

Výhody a nevýhody obdélníkového smyčkového extraktoru

Výhody:

- Efektivita: Obdélníkový extraktor je známý svou účinností při extrakci oleje z různých olejnatých semen, jako je sója, řepka a slunečnice [23].

- Účinnost: Je účinný při extrakci oleje z olejnatých semen, což přispívá k vysokým výtěžkům extrakce a nízkému obsahu zbytkového oleje po extrakci [22].
- Široké použití: Tato metoda extrakce se v průmyslu zpracování jedlého oleje široce používá již více než 70 let, což svědčí o její spolehlivosti a použitelnosti [18].

Nevýhody

- Obtíže při oddělování pevných látek a miscelly: Hlavní nevýhodou konstrukce extraktoru s obdélníkovou smyčkou je, že separace pevné látky a miscelly (směs oleje a rozpouštědla) může být obtížná. Je to proto, že materiál je nasáván uzavřenou komorou ve tvaru prstence a pouzdro se kolem sebe spirálovitě uzavírá [13].
- Omezená použitelnost: Obdélníkový smyčkový extraktor nemusí být vhodný pro všechny typy olejnin a použití. Nemusí být například ideální pro extrakci speciálních a vysoce hodnotných olejů nebo získávání oleje z vyběleného jílu, protože tyto procesy vyžadují specifické vybavení a podmínky [18].
- Potenciální problémy s prachem: Jemně mletá semena, která mohou způsobovat prášení, mohou vést k neúčinnosti procesu extrakce [18].

Navzdory těmto nevýhodám je obdélníkový smyčkový extraktor stále široce používán v průmyslu zpracování jedlého oleje díky své účinnosti a efektivitě při extrakci oleje z různých druhů olejnatých semen [22].

Klíčové součásti obdélníkového smyčkového extraktoru:

- Komora: Extraktor se skládá z komory ve tvaru uzavřené smyčky, kterou je olejnaté semeno protahováno za účelem extrakce [11].
- Řetězový pás: Materiál je protahován uzavřenou kruhovou komorou pomocí řetězového pásu o efektivní délce 16-22 metrů a rychlosti linky 6-15 metrů za hodinu [24].
- Extrakce ponořením: Extraktor je určen pro imerzní extrakci, kdy je materiál ponořen do rozpouštědla a prochází sekcemi souběžné a protiproudé extrakce [24].
- Motor a převodovka: Jediný třífázový elektromotor zajišťuje výkon potřebný k otáčení extraktoru, obvykle prostřednictvím velkého převodového ústrojí [24].

- Efektivita a kapacita: Konstrukce extraktoru s kontinuální smyčkou je známá svou účinností a je vhodná pro velkoobjemové extrakce s kapacitou až 4 000 tun za den [24].

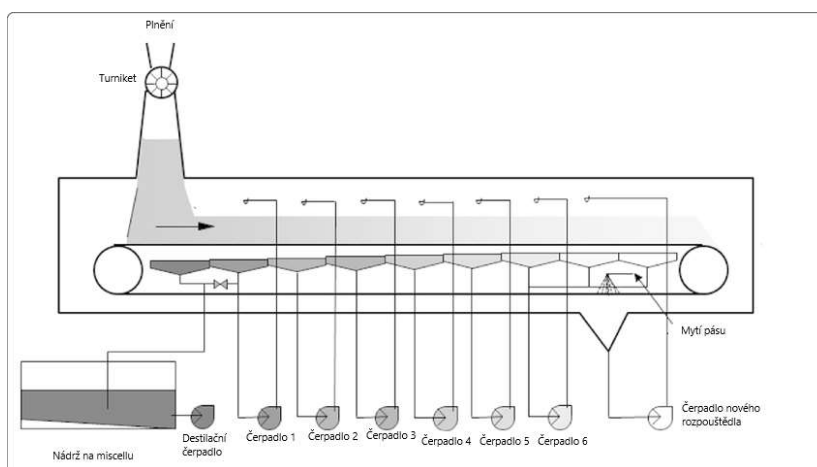
Tyto součásti společně přispívají k účinné extrakci oleje z různých olejnatých semen [13].

V souhrnu lze říct že obdélníkový smyčkový extraktor je typ rozpouštědlového extrakčního zařízení používaného v průmyslu zpracování olejnatých semen k extrakci oleje ze semen. Extraktor se skládá z komory ve tvaru uzavřené smyčky, kterou jsou olejnatá semena protahována za účelem extrakce. Konstrukce extraktoru s kontinuální smyčkou je známá svou účinností a je vhodná pro velkoobjemové extrakce.

4.4 Extraktor s děrovaným pásem

Extraktor s děrovaným pásem je typ extraktoru používaný v průmyslu zpracování olejnatých semen k extrakci oleje z olejnatých semen. Tyto extraktory jsou navrženy tak, aby zajišťovaly účinnou a kontinuální extrakci oleje z olejnatých semen, která je nezbytná pro získání vysoce kvalitních olejů a uspokojení rostoucí poptávky po jedlých olejích na celém světě [23].

Extraktor s děrovaným pásem se skládá z krytu ve tvaru dutého rovnoběžníku se zásobníky pro přívod olejnatých semen a odvod moučky. Uvnitř skříně je na hnacím a napínacím systému zavěšen perforovaný kovový pás ve formě dopravního pásu. Pod pracovní (horní) částí pásu jsou umístěny sběrače mísy a nad pásem jsou instalovány postřikovače, které jsou propojeny příslušnými potrubími [25].



Obrázek 8 Schéma extraktoru s děrovaným pásem [26]

Nejběžnějším dnes dodávaným extraktorem s děrovaným pásem je odsavač LMTM, vyvinutý společností Desmet Ballestra Group. Tento extraktor je extraktor s posuvným lůžkem, který protlačuje olejninu skrz perforace v pásu [13]. Extraktory s perforovaným pásem se používají v různých aplikacích zpracování olejnatých semen, včetně extrakce palmového, sójového, řepkového, slunečnicového, palmojadrového a arašídového oleje. Pozornost se přesunula od jednotlivých kroků zpracování k celému procesu výroby rostlinných olejů s důrazem na zavádění inovativních technologií ke zlepšení kvality a efektivity výroby [23].

Výhody a nevýhody extraktoru s děrovaným pásem

Výhody:

- Vysoká výtěžnost oleje: Děrovaný pásový extraktor umožňuje vysoký stupeň kontaktu olejnatých semen s rozpouštědlem, což vede k vyššímu výtěžku oleje [11].
- Snížené nároky na rozpouštědla: Použití extraktoru s děrovaným pásem snižuje množství rozpouštědla potřebného k extrakci, což může vést k úspoře nákladů a snížení dopadu na životní prostředí [11].
- Snadná obsluha a údržba: Děrované pásové extraktory se snadno obsluhují a udržují, což z nich činí oblíbenou volbu pro zpracování olejnatých semen [11].

Nevýhody:

- Obtíže při separaci pevné látky a miscelly (směs oleje a rozpouštědla): Jednou z hlavních nevýhod extraktorů s děrovaným pásem je obtížná separace pevné látky a miscelly, což může vést k neefektivitě extrakčního procesu [12].
- Nižší účinnost extrakce oleje: Extraktory s děrovaným pásem mohou mít nižší účinnost extrakce oleje ve srovnání s jinými typy extraktorů, jako jsou například ponorné extraktory [12].
- Obtíže při rozbíjení emulze: Při extrakci se mohou tvořit emulze a jejich rozbití za účelem oddělení olejové a vodní fáze může být náročné [12].
- Hořlavost: Děrované pásové odsávače mohou představovat riziko hořlavosti a je třeba přijmout přísná opatření, aby se předešlo nehodám [25].

Je třeba poznamenat, že tyto nevýhody se mohou lišit v závislosti na konkrétní konstrukci a použití extraktoru s děrovaným pásem.

Klíčové součásti extraktoru s děrovaným pásem

- Pouzdro: Extraktor se skládá z pouzdra ve tvaru dutého rovnoběžníku se zásobníky pro přívod olejnatých semen a odvod šrotů [25].
- Perforovaný kovový pás: Uvnitř skříně je na hnacím a napínacím systému zavěšen perforovaný kovový pás v podobě dopravního pásu [25].
- Sběrače a postřikovače miscelly: Sběrače miscelly jsou umístěny pod pracovní (horní) částí pásu a postřikovače jsou instalovány nad pásem a jsou propojeny přes příslušné potrubí a cirkulaci [25].
- Mechanismus extrakce: Děrovaný pás přenáší olejnaté semeno a umožňuje rozpouštědlo extrahovat olej z olejnatého semene při jeho pohybu extraktorem [25].
- Odvodňovací a separační systém: Extrahovaný olej a moučka se shromažďují a oddělují, přičemž olej se vypouští do sběrné nádoby [25].
- Čerpadlo a potrubí: Konstrukce zahrnuje čerpadlo a potrubí pro smáčení olejnatých semen a pro cirkulaci rozpouštědla [25].

Tyto komponenty jsou nezbytné pro efektivní provoz extraktoru s děrovaným pásem v průmyslu zpracování olejnin.

4.5 Závěr

S ohledem na podobnost výrobků, které vyrábí firma Farnet a.s., znalostí nabytých z rešerše typů konstrukcí extraktorů a jejich výhod a nevýhod, bylo konstatováno že předmětem inovace bude typ karuselového extraktoru. Tento extraktor bude inovován a optimalizován pro potřeby firmy.

5 Analýza tržních trendů

Analýzou tržních trendů se mohou podniky přizpůsobovat a měnit, udržovat si náskok v oboru a dosahovat neustálého růstu [27]. V kontextu inovačního inženýrství umožňuje analýza trendů organizacím přizpůsobit se měnícímu se prostředí, využít příležitostí a zmírnit rizika, a tím zlepšit strategické rozhodování a celkovou efektivitu organizace [28]. Analýza trendů navíc může pomoci při identifikaci vzestupných, sestupných a stagnujících trendů, což poskytuje cenné poznatky pro inovace a vývoj produktů [29].

Směr inovací v konstrukci extraktorů bílkovin a olejnatých semen se zaměřuje na několik klíčových oblastí, jak dokládá nedávný výzkum a vývoj v průmyslu:

- 1. Snaha o získání kvalitních bílkovin:** Zpracování olejnatých semen se stále více zaměřuje na získávání vysoce kvalitních bílkovin z olejnatých plodin, protože poptávka po rostlinných bílkovinách stále roste. Historicky největší podíl bílkovinných vedlejších produktů ze zpracování olejnatých semen připadá na odvětví krmiv pro zvířata. Někteří odborníci z tohoto odvětví předpokládají, že sektor potravin pro lidi bude v budoucnu požadovat více bílkovinných produktů, jako je texturovaný sójový protein, aby uspokojil rostoucí poptávku po alternativních zdrojích bílkovin [30].
- 2. Udržitelná a souběžná extrakce:** Udržitelná a souběžná extrakce v kontextu zpracování olejnatých semen znamená použití metod, které jsou udržitelné z hlediska životního prostředí a zároveň umožňují extrakci více cenných složek, jako je olej a bílkoviny, současně. Cílem tohoto přístupu je minimalizovat odpad a spotřebu energie a zároveň maximalizovat využití surovin [31]. Tyto metody se zaměřují na snížení dopadu extrakčního procesu na životní prostředí a zároveň na účinné získání více cenných složek ze suroviny. Používání ekologických extrakčních technologií a inovativních postupů, jako je enzymatická extrakce a použití ekologických rozpouštědel, odráží závazek průmyslu k udržitelným a souběžným extrakčním postupům [13].
- 3. Inovativní techniky získávání bílkovin:** Kombinace inovativních technik se ukázala jako účinnější při obnově a funkční modifikaci proteinů z olejnatých semen (OMP) [32]. Tyto inovativní techniky zahrnují použití jednobodové enzymatické extrakce, zelených rozpouštědel a membránových separačních procesů pro současnou extrakci a modifikaci proteinů šrotu z olejnatých semen, což vede ke zlepšení kvality proteinů a snížení nebezpečí pro životní prostředí [31].
- 4. Integrace špičkových technologií:** V tomto odvětví dochází k integraci moderních technologií s cílem zlepšit účinnost a kvalitu procesů extrakce olejnatých semen. Například se klade důraz na účinnou přípravu olejnatých semen, včetně oslabení nebo rozbití stěn buněk obsahujících olej, aby se zvýšila extrakce oleje .

6 Patentový průzkum

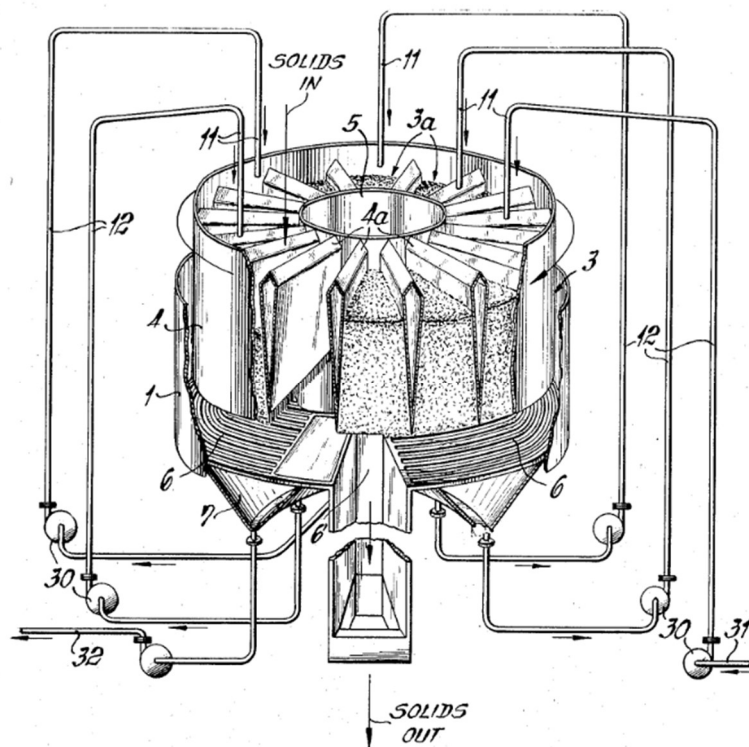
V rámci tvorby diplomové práce byla provedena patentová rešerše, karuselového typu extraktoru. Rešerše měla rozšířit znalosti o stavu techniky, zlepšit pochopení trhu a směr rozvoje.

6.1 Patent US3860395A

Tento patent je zařazen do třídy B01D11/0238 (Pohyblivé lože z pevného materiálu na pevných nebo rotujících rovných plochách, např. na stolech kombinovaných s rotujícími prvky nebo na rotujících rovných plochách).

Tento patent se obecně týká extraktoru, konkrétně extraktoru typu, v němž je hvězdicovitý rotor otočný v pouzdře, jehož spodní stěna je opatřena otvorem, přičemž rotor vymezuje mezi svými radiálně se rozšiřujícími stěnami příslušné buňky nebo extrakční komory, které se postupně pohybují do a z registru s otvorem ve spodní stěně pouzdra.

Během téměř 360° otáček, které materiál s rotorem v komoře vykoná, je do komory na jednom nebo několika místech shora přiváděno rozpouštědlo. Rozpouštědlo prochází materiálem v komoře, uvolňuje z něj rozpustné látky a poté stéká přes spodní stěnu ve tvaru síta pod rotorem do sběrné komory, odkud je odstraněno. Je obvyklé, že rozpouštědlo s částí rozpuštěné látky prochází opakovaně dalšími komorami nebo stejnou komorou, takže se stále více obohacuje o extrahované látky. Tento typ extraktoru se například používá při extrakci různých semen obsahujících olej a je také znám jako karuselový extraktor. Jeden typ předcházejícího extraktoru tohoto charakteru používá kruhovou kolejnici, která obklopuje pouzdro a je pevně namontována na nosném prvku extraktoru. Rotor nese množství válečků namontovaných na radiálně směřovaných hřídelích, které se vzájemně dotýkají a jsou uloženy v odvalovacím vztahu na prstencové kolejnici. U tohoto typu konstrukce jsou drážky válečků umístěny uvnitř skříně, která je samozřejmě vždy naplněna parami rozpouštědel, jež mají tendenci napadat mazivo potřebné pro drážky. V důsledku toho dochází často k tomu, že mazivo je z čepů válečků odstraněno a čepy následně zamrznou. K této nevýhodě se přidává další, že pevný materiál, který má být extrahován, někdy vypadne z rotoru na kolejnici a zanechá se na povrch, po kterém se musí pohybovat válečky; to samozřejmě vede k nesprávné funkci extraktoru. [33]



Obrázek 9 Schéma patentu US3860395A [33]

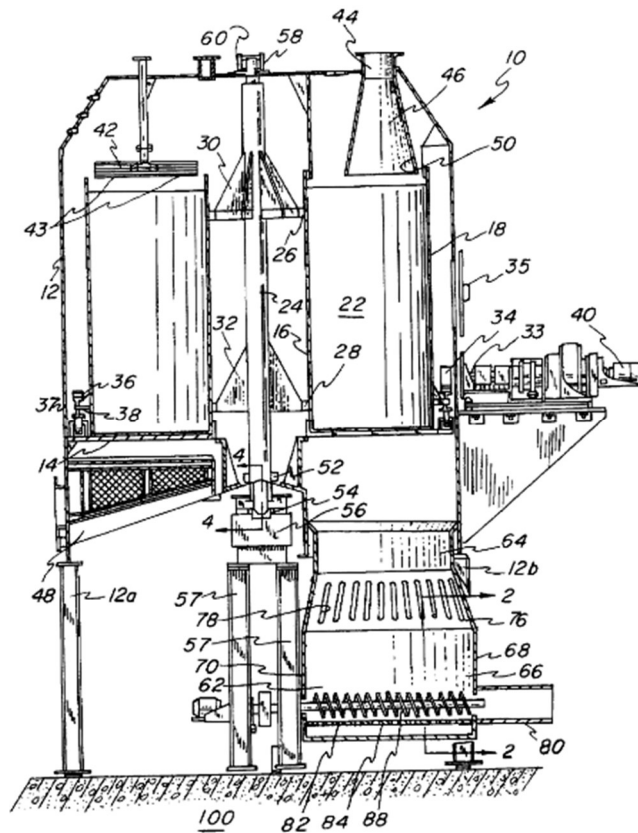
6.2 Patent US5705133A

Třída tohoto patentu je B01D12/00 (Vytěšňování kapaliny, např. z mokrých pevných látek nebo z disperzí kapalin nebo z pevných látek v kapalinách, pomocí jiné kapaliny). Tento patent zapadá i do třídy B01D11/0238 (Pohyblivé lože z pevného materiálu na pevných nebo rotujících rovných plochách, např. na stolech kombinovaných s rotujícími prvky nebo na rotujících rovných plochách)

V tomto vynálezu je k dispozici rotační košový extraktor, který zahrnuje otočný vytahovací koš s pouzdrům obsahujícím nakládací část, vytahovací část, odvodňovací část a vykládací část. Síto je umístěno pod krytem. Rotor je umístěn v krytu a je otočný kolem středové osy, přičemž obsahuje hřídel a množství košů vystupujících radiálně ven z hřídele pro příjem vstupního materiálu. Pod alespoň jedním z více košů je umístěno síto. V nakládací části je umístěn vstupní otvor pro vstup vstupního materiálu do alespoň jednoho z více košů. Extraktor také obsahuje vstupní otvor umístěný ve vykládací části, přičemž vstupní materiál opouští skříň výstupním otvorem. Množina košů se otáčí mezi vstupem a výstupem krmiva. Pod sítem je umístěn alespoň jeden žlab pro sběr miscelly z krmného materiálu. Nad koši v odsávací části je umístěn alespoň jeden postřikovač, který je operativně spojen s jedním z žlabů. Sací zařízení je součástí ex-

traktoru, přičemž alespoň část sacího zařízení je umístěna v odvodňovací části a pod sítí, a nasává výpary skrz vstupní materiál obsažený v alespoň jednom z více košů.

[34]



Obrázek 10 Schéma patentu US5705133A [34]

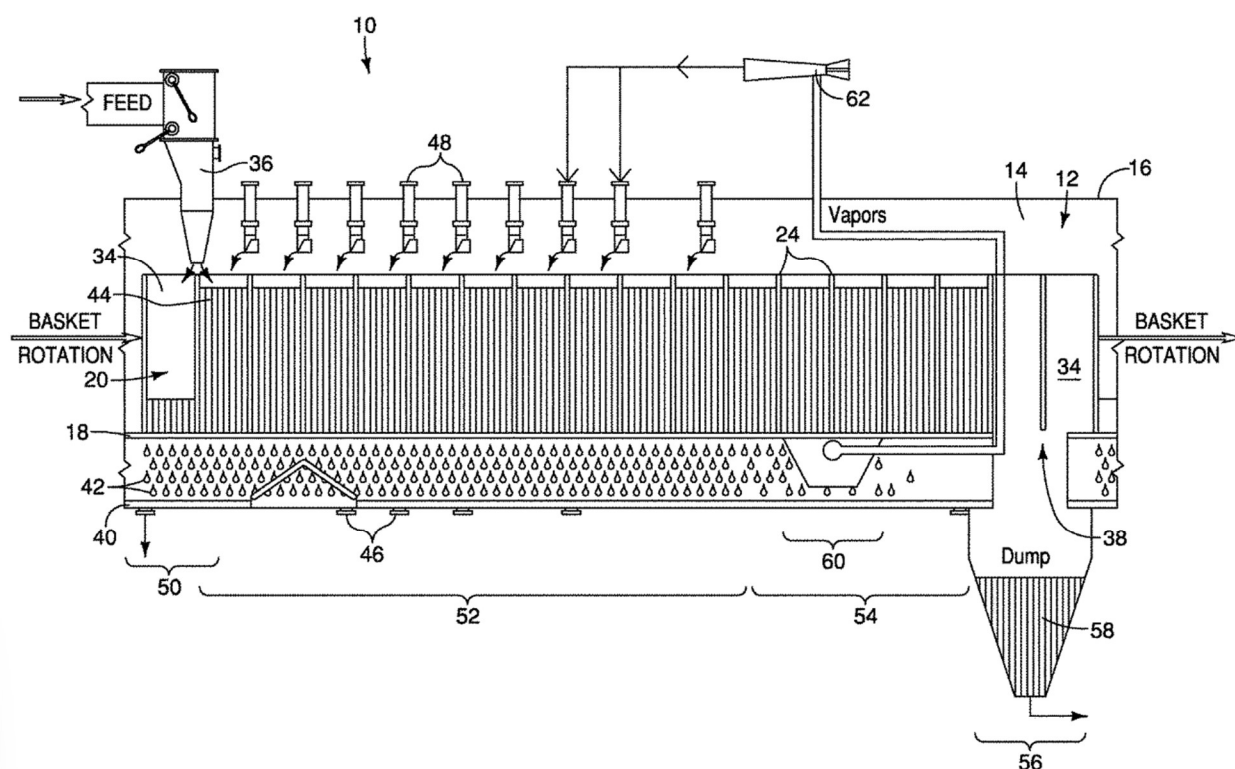
6.3 Patent US9776113B2

Tento patent spadá do tří tříd B01D33/067 (Konstrukce filtračních bubnů, např. upevnění nebo těsnění), B01D11/0226 (Pohyblivé lože pevného materiálu s obecným směrem pohybu pevných látek rovnoběžným s osou otáčení dopravníku, např. šnekový dopravník), B01D11/02 (Extrakce pevných látek rozpouštědlem).

Patent US9776113B2 popisuje nový způsob extrakce oleje z olejnatých surovin s využitím extraktoru s otočným košem. Tato konstrukce zvyšuje účinnost díky kontinuálnímu zpracování materiálu v uzavřené smyčce. Extraktor se skládá z centrální hřídele vybavené rotujícím rotorem. V rotoru je umístěno několik košů, které se radiálně rozšiřují směrem ven. Při otáčení motoru tyto koše převážejí olejnatý materiál mezi určeným vstupem a výstupem. Rotor je umístěn v krytu strategicky nad sítí. Olej extrahovaný z materiálu, označovaný jako miscella, odtéká přes síto a hromadí se ve žlabu

umístěném níže. Tato miscella je pak protiproudě rozstříkována zpět na vstupní surovinu v koších. Tím se dosáhne účinnějšího procesu extrakce. Kromě toho hraje klíčovou roli odsávací zařízení, které stahuje páru dolů mezerami mezi částicemi v loži vstupní suroviny. Tato činnost významně zkracuje dobu odtoku potřebnou k průchodu miscelly materiálem, což v konečném důsledku urychluje proces extrakce oleje. [35]

Tento patent v podstatě nabízí nový přístup k extrakci oleje díky začlenění systému kontinuálně se pohybujícího koše. Tato konstrukce umožňuje efektivní zpracování díky důsledné přepravě olejnatého materiálu uzavřenou smyčkou pro optimální získávání oleje.



Obrázek 11 Schéma patentu US9776113B2 [35]

7 Funkčně-objektová analýza

Teorie metody funkční analýzy v TRIZ je založena na konceptu identifikace a analýzy funkcí v rámci systému s cílem zlepšit procesy řešení problémů. TRIZ, využívá různé nástroje a metody ke zlepšení inovací a řešení problémů. Metoda diagramu funkcí se konkrétně zaměřuje na mapování funkcí systému a jejich vzájemných vztahů s cílem identifikovat oblasti pro zlepšení a inovace [36].

TRIZ zdůrazňuje důležitost pochopení funkcí systému, a to jak žádoucích, tak nežádoucích, aby se odhalily rozpory, které brání optimálnímu výkonu. Vytvořením diagramů funkcí mohou odborníci z praxe vizualizovat vztahy mezi různými funkcemi, součástmi a procesy v systému. Tato metoda pomáhá identifikovat neefektivitu, nadbytečnost nebo rozpory, které lze vyřešit pomocí invenčních řešení [37].

Funkční diagramy v TRIZ pomáhají při rozkladu složitých systémů na zvládnutelné součásti, což umožňuje systematickou analýzu toho, jak se funkce vzájemně ovlivňují a jak se ovlivňují. Tento přístup umožňuje řešitelům problémů identifikovat příležitosti pro vylepšení nebo odstranění funkcí, aby se překonaly rozpory a zlepšila celková výkonnost systému [37]. Souhrnně lze říci, že metoda diagramu funkcí v TRIZ slouží jako mocný nástroj pro systematickou analýzu funkcí v systému, identifikaci rozporů a vedení inovačních procesů řešení problémů k dosažení optimálních výsledků.

7.1 Provedení FOA

V první fázi byla sestavena tabulka komponent (Tabulka 1) extraktoru odpovídající úrovni hierarchie. Následně byly přidány komponenty nadsystému, které mají vliv na systém.

Tabulka 1 Tabulka komponent

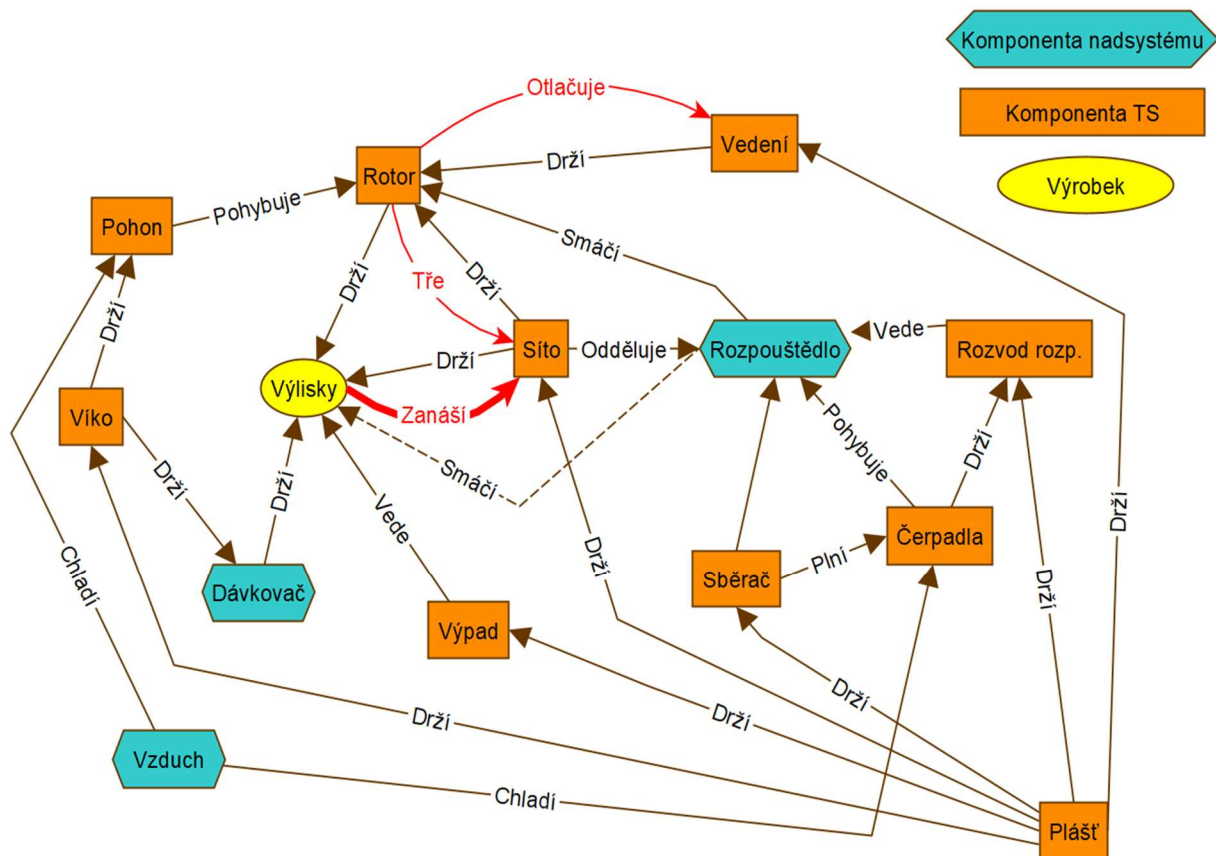
Komponenta TS	Komponenta nadsystému
Plášť	Rozpouštědlo
Víko	Výlisky
Rotor	Dávkovač
Pohon	
Síto	
Rozvod rozpouštědla	
Čerpadla	
Výpad	
Sběrač	
Vedení	

Ve druhé fázi byla sestavena matice interakcí (Tabulka 2), která identifikuje interakci mezi jednotlivými komponenty. Zda je mezi komponentami působení je v políčku matice napsáno „+“, v opačném případě je v políčku matice zapsáno „-“.

Tabulka 2 Matice interakcí

Komponenty	Plášť	Víko	Rotor	Pohon	Síto	Rozvod rozpouštědla	Čerpadla	Výpad	Sběrač	Rozpouštědlo	Výlisky	Dávkovač	Vedení	Vzduch
Plášť	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-
Víko	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Rotor	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-
Pohon	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Síto	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Rozvod rozpouštědla	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Čerpadla	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+
Výpad	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Sběrač	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
Rozpouštědlo	-	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
Výlisky	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-
Dávkovač	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Vedení	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vzduch	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Ve třetí fázi byl sestaven funkční model. Zde byli zaneseny vazby mezi jednotlivými komponenty i s jejich funkcemi. Výrobek, prvky systému a nad systémem jsou označeny dle legendy (Obrázek 12)



Obrázek 12 Funkční model

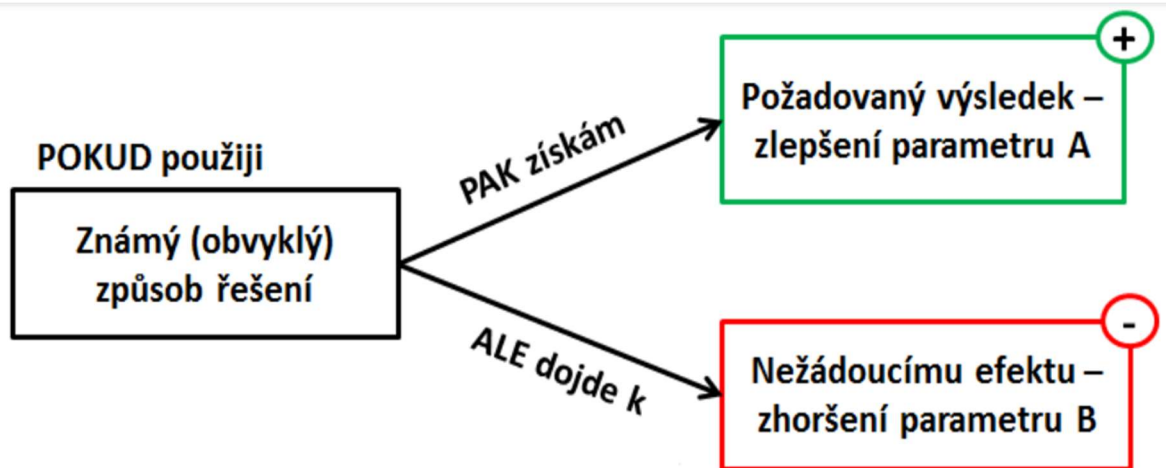
7.2 Závěr FOA

Z funkčně objektové analýzy lze pozorovat negativní funkci kdy výlisky zanáší síto. Tato funkce následně způsobuje že síto může být v dalších cyklech kompletně ucpáno a rozpouštědlo by nebylo řádně odvedeno z lože rotoru. Dále si lze všimnout jedné nedostatečně plněné funkce, kde rozpouštědlo smáčí výlisky. Tento problém je obecně u karuselových extraktorů, které mají z pravidla hluboké lože tudíž smáčení materiálu je komplikovanější. S těmito poznatky lze konstatovat že musí být eliminována negativní funkce „výlisky zanáší síto“. Následně bude zařízení optimalizováno tak aby nedostatečně plněná funkce byla plněna dostatečně.

8 Definování technických rozporů

Technické rozpory se týkají konfliktů mezi různými aspekty nebo parametry technického systému, kdy zlepšení jedné vlastnosti vede ke zhoršení jiné. Tyto rozpory vznikají při snaze zlepšit určitou vlastnost systému, výrobku nebo procesu, což neúmyslně způsobí negativní dopad na jiný aspekt. Například snaha o zvýšení rychlosti výrobku může vést ke snížení spolehlivosti. Řešení technických rozporů je při inovacích a řešení problémů zásadní pro efektivní optimalizaci systémů, aniž by byly ohroženy jiné základní vlastnosti [38].

Metoda TRIZ pomáhá identifikovat technické rozpory tím, že poskytuje systematický přístup k tvůrčímu řešení problémů. TRIZ nabízí nástroje, jako je 40 vynálezec-
kých principů, matice spojující tyto principy a 39 technických parametrů. Analýzou patentů a vědeckých publikací pomáhá TRIZ rozpoznat technické rozpory v systému. Tyto rozpory vznikají, když protichůdné požadavky, jako jsou náklady, kvalita, výkon a spolehlivost, brání inovacím. TRIZ pomáhá přesně určit hlavní příčinu těchto rozporů a najít příslušné principy, které je účinně odstraní nebo vyřeší [39].

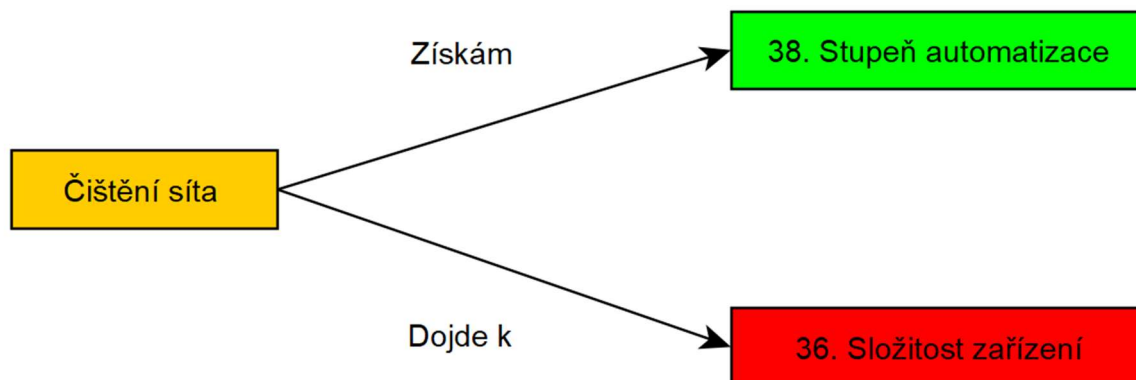


Obrázek 13 Model technického rozporu [40]

8.1 Provedení technického rozporu

V tomto technickém rozporu je analyzována problematika zaneseného síta extraktoru. Z funkčně objektové analýzy vyplývá, že zanesené síto má negativní dopad na efektivitu extrakčního procesu.

Jako známý způsob řešení spočívá v čištění síta v průběhu extrakčního cyklu. Čištění síta by vedlo ke zvýšení 38. parametru, kterým je stupeň automatizace procesu. Automatizované čištění síta by eliminovalo potřebu manuálního zásahu a zefektivnilo by tak celý proces. Na druhou stranu je nutné zvážit i nevýhody čištění síta v průběhu extrakčního cyklu. Hlavním negativem je nárůst 36. parametru, kterým je složitost zařízení.



Obrázek 14 Model technického rozporu extraktoru

Tento technický rozpor vede na invenční principy:

- 15. Princip dynamičnosti
- 24. Princip prostředníka
- 10. Princip předběžného působení

8.2 Závěr technických rozporů

Z invenčních principů vzhledem k danému technickému systému se nejlépe jeví invenční princip 24. princip prostředníka, jenž doporučuje zavést objekt zprostředkující působení. Z těchto poznatků se nabízí implementovat element jenž bude působit na síto. Při řešení technických rozporů již vznikali nápady pro konceptuální fázi.

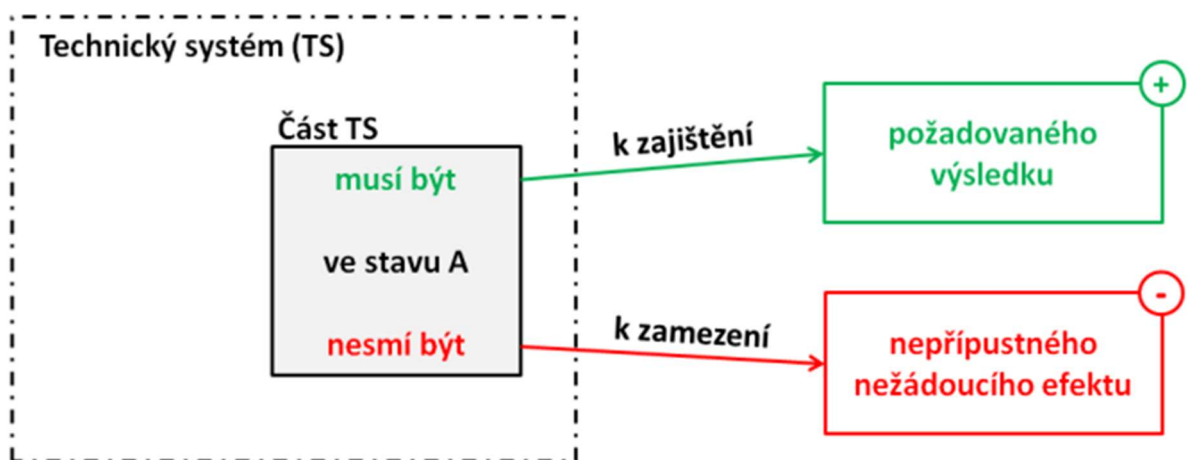
9 Definování fyzikálních rozporů

Fyzikální rozpor je model problému, kdy pro jeden prvek systému existují dva vzájemně si odporující požadavky. Zahrnuje protichůdné potřeby nebo vlastnosti, které nelze splnit současně. Proces překonání fyzikálního rozporu obvykle zahrnuje rozdělení problému na dvě samostatné části nebo strany a splnění jednoho protichůdného požadavku v jedné části a splnění druhého v druhé části. Toto rozdělení může být založeno na parametrech, jako je čas, prostor nebo jiné relevantní faktory. Pokud není řešení rozporu prostřednictvím oddělení proveditelné, může být nutné provést zásadní změny systému, aby se rozpor zcela odstranil. Fyzikální rozpory jsou ústředním bodem metodiky TRIZ, která poskytuje systematické přístupy k inovativnímu řešení problémů tím, že řeší takovéto protichůdné požadavky [41].

Metoda TRIZ nabízí sadu principů separace, které slouží k překonávání fyzikálních rozporů. Tyto principy rozdělují protichůdné požadavky do různých kategorií, čímž usnadňují jejich řešení [39, 41–43].

Základní principy separace zahrnují:

- Separovat v prostoru: změna vlastností objektu v závislosti na jeho umístění (např. ostří lopaty pro kopání vs. tupá zadní strana pro oporu) [43]
- Separovat v čase: střídání funkcí v čase (např. auto, které slouží jako osobní doprava během dne a jako taxi v noci) [43]
- Separovat v částech a celku: změna vlastností subsystémů v rámci celého systému (např. lehké a pevné komponenty v konstrukci letadla) [43]

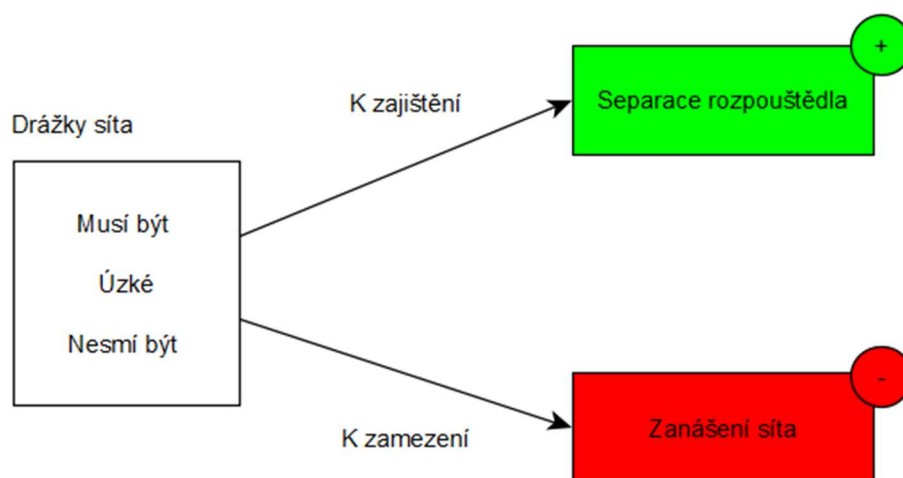


Obrázek 15 Model fyzikálního rozporu [40]

9.1 Provedení fyzikálního rozporu

V námi definovaném fyzikálním rozporu se zabýváme sítím to bylo zvoleno opět na základě funkční analýzy jako část technického systému. Zde je to tedy nastaveno tak že síť musí mít úzké drážky aby byla zajištěna separace rozpouštědla od smáčených výlisků, na druhou stranu také způsobuje to že je síť zanášena a tomuto je potřeba zamezit.

Zde je tedy objekt po kterém chceme aby v jeden čas byl široký a úzký.



Obrázek 16 Model fyzikálního rozporu pro síť

Při separačním principu v prostoru se jako první nabízí invenční princip segmentace. Tento princip stanoví rozdělení objektu na části s možnou segmentací. Uplatnění tohoto principu bude spočívat k získání prostředků pro transformaci systému, oddělení částí.

9.2 Závěr fyzikálního rozporu

Segmentační princip byl vybrán jako klíčový prostředek k transformaci systému a oddělení jeho částí. Tento princip bude využíván k zajištění efektivní separace rozpouštědla od smáčených výlisků na síti, čímž se potenciálně sníží riziko jeho zanesení. Zavedení segmentačního principu do technického systému je považováno za důležitý krok směrem k optimalizaci procesu a zajištění jeho správného fungování.

10 Nástroj ProductionInspiration

AULIVE je online platformou, která poskytuje inspiraci pro jednotlivce a společnosti zaměřené na inovace. Nabízí řadu nástrojů pro podporu kreativity, včetně nástroje ProductionInspiration, který obsahuje více než 4 000 technologií klasifikovaných tak, aby uživatelé mohli zkoumat nové výrobní metody [44].

ProductionInspiration je navržena tak, aby pomáhala uživatelům hledat nové způsoby výroby produktů a procesů tím, že poskytuje rozsáhlou sbírku technologií, které jsou uspořádány uživatelsky přívětivým způsobem. Tento nástroj je součástí poslání společnosti AULIVE inspirovat k inovacím a kreativitě tím, že nabízí širokou škálu zdrojů pro lidi, kteří se zajímají o inovace [44].

Celkově je AULIVE cenným zdrojem informací pro jednotlivce i společnosti, které hledají inspiraci a nástroje pro zvýšení své kreativity a inovačního potenciálu. Zaměření platformy na inovace a kreativitu se odráží v široké škále nástrojů a zdrojů, včetně nástroje ProductionInspiration, který uživatelům poskytuje jedinečný způsob zkoumání nových výrobních metod a technologií.

10.1 Použití databáze ProductionInspiration

Při vyhledávání v této databázi je zadávána obecná funkce kterou chceme provést a stav ve kterém chceme pracovat viz obr. Pro řešení problému z funkční analýzy byla definována funkce čistit pevnou látku, pevnou látku zde představuje zanášené síto.



Obrázek 17 Databáze ProductionInspiration [46]

Pro tuto funkci bylo nalezeno několik principů jako ultrasonická oscilace, akustické vibrace, absorpce, tepelná destrukce, kavitace, desorpce a další. Pro případ čištění síta je nejlepším řešením nabízené databází je mechanická akce s použitím kartáčů.



Mechanické působení / kartáče

Obrázek 18 Výsledek databáze ProductionInspiration [46]

10.2 Závěr

Nástroj ProductionInspiration, dostupný na online platformě AULIVE, představuje cenný zdroj pro podporu inovace a kreativity v oblasti výrobních procesů. Platforma nabízí rozsáhlou databázi technologií a principů, které jsou uspořádány uživatelsky přívětivým způsobem a usnadňují tak hledání inovativních řešení. Výše uvedený příklad s problematikou zanášení sít demonstuje funkčnost nástroje a jeho potenciál pro nalezení efektivních řešení v praxi. Databáze ProductionInspiration tak může sloužit jako inspirace a pomůcka pro výzkumné pracovníky, inženýry a inovátory v různých průmyslových odvětvích. Je důležité poznamenat, že nástroj ProductionInspiration slouží jako inspirace a pomůcka pro nalezení inovativních řešení. Konečné rozhodnutí o výběru technologie a implementaci řešení spočívá vždy na uživateli a vyžaduje důkladnou analýzu a zvážení všech relevantních faktorů.

11 Generování konceptů

11.1 Koncept 1

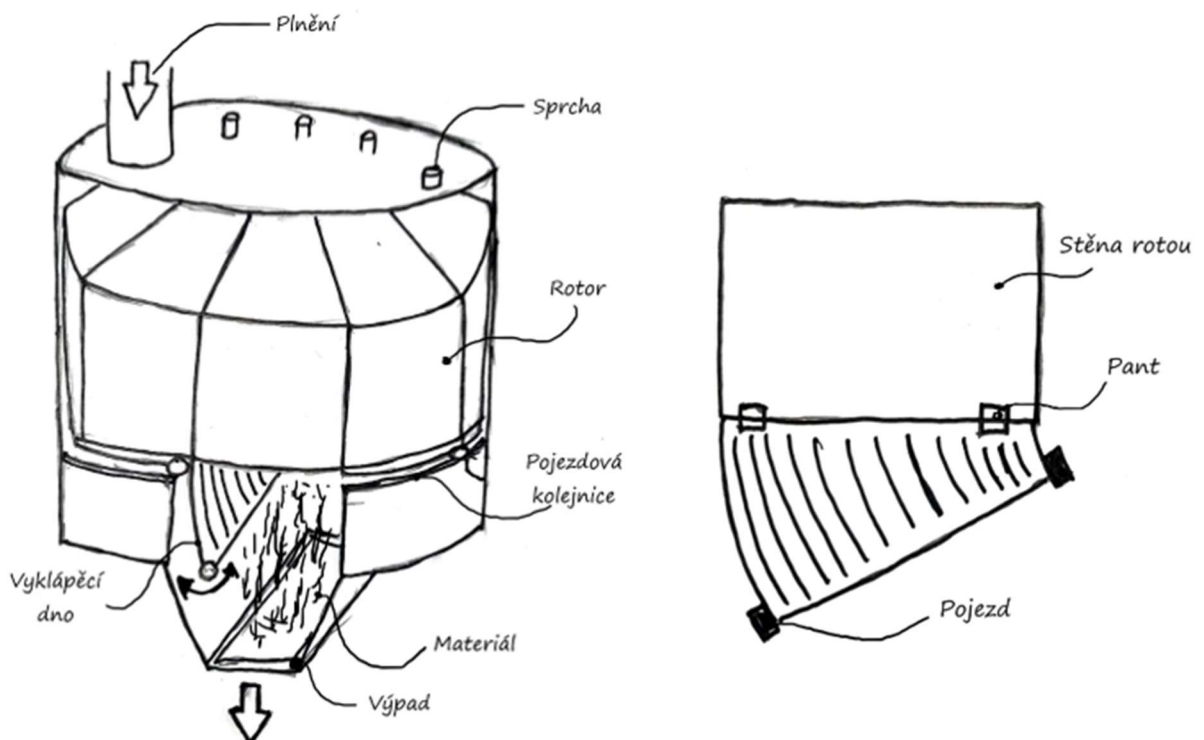
První koncept vychází z funkčně objektové analýzy, která se zaměřuje na eliminaci negativních funkcí, konkrétně těch, které působí na síto. V tomto konceptu je negativní funkce eliminována nahrazením síta dnem rotoru.

Dno rotoru je tvořeno dílčími síty, jež vzniknou rozdělením původního síta podle invenčních principů segmentace a dynamizace. Dno je spojeno s původním rotorem, čímž se zamezí vzniku tření mezi rotorem a sítím.

Dno rotoru dále obsahuje drážky, které zajišťují oddělení rozpouštědla od výlisků. Negativní funkce je eliminována i díky tomu, že spojení dna a rotoru není pevné.

Dno je k rovné stěně rotoru připojeno panty. Toto řešení umožňuje, aby se v poslední fázi extrakčního cyklu, kdy výlisky vypadávají z extraktoru, dno uvolnilo do svislé polohy a narazilo na doraz. Náraz způsobí oklepání síta, čímž se zabrání jeho zanášení v dalším cyklu.

Dalším prvkem konceptu je vodící kolejnice, která zajišťuje, že dno je přitlačeno k rotoru ve správné fázi extrakčního cyklu.



Obrázek 19 Koncept 1

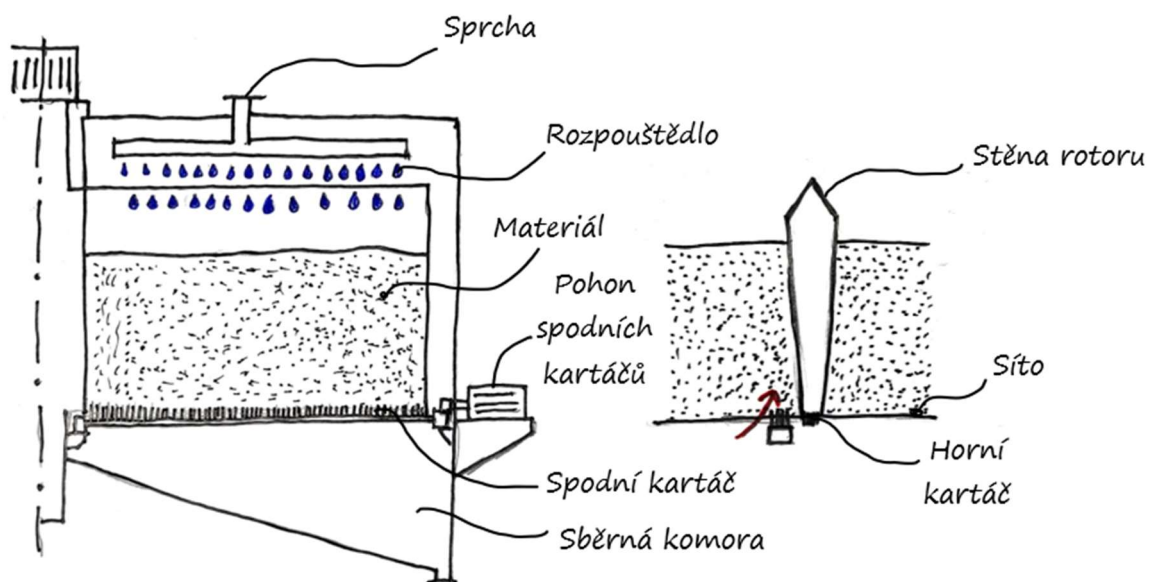
11.2 Koncept 2

V rámci druhého konceptu byla věnována značná pozornost odstranění usazených výlisků ze síta. Za tímto účelem došlo k implementaci soustavy kartáčů, která se ukázala jako efektivní nástroj pro dosažení požadovaného cíle. Díky tomuto inovativnímu přístupu došlo k eliminaci negativní funkce, jež byla dříve identifikována v rámci funkčně objektové analýzy.

Koncept v sobě integroval zohlednění technického rozporu, čímž reflektoval komplexní povahu dané problematiky. Řešení vycházelo z invenčního principu 24, známého též jako princip prostředníka. V tomto specifickém případě byl prostředníkem definován kartáč, respektive soustava kartáčů.

Implementace soustavy kartáčů proběhla v dutých stěnách rotoru. Kartáče byly k rotoru pevně připevněny z obou stran síta, a to jak z horní, tak i ze spodní.

Úkolem kartáčů umístěných na spodní straně síta těsně před stěnu rotoru bylo nadzvednout výlisky vtlačené do síta. Následně kartáč umístěný do stěny rotoru dočišťoval síto po prvním kartáči, který odstranil největší množství nečistot. Kartáče na spodní straně síta mají vlastní pohon, který je zajištěn korunovým kolem a pastorkem.



Obrázek 20 Koncept 2

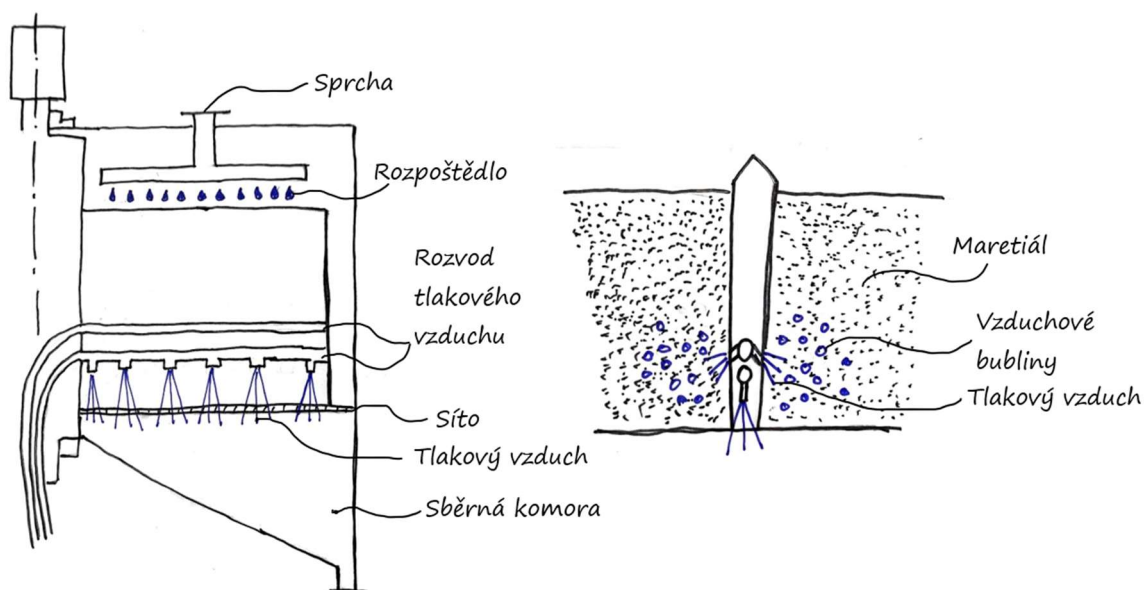
11.3 Koncept 3

V rámci třetího konceptu byla věnována značná pozornost problematice odstranění nečistot ze síta. K dosažení tohoto cíle byl v daném konceptu implementován prvek nadsystému, jež představuje vzduch. Lze tedy konstatovat, že v tomto případě došlo k využití principu prostředníka, a to konkrétně komponenty stlačeného vzduchu.

Stlačený vzduch umožňuje efektivní čištění síta s využitím soustavy trysek. Dalším aspektem, který byl v rámci daného konceptu vylepšen, je vnášení vzduchu mezi výlisky. Toto inovativní řešení vede ke zvýšení rychlosti průtoku roztoku a extrakčního děje, čímž se celkově zefektivňuje proces extrakce.

Implementace třetího konceptu přinesla řadu významných benefitů. Mezi nejdůležitější patří:

- Efektivní odstranění nečistot ze síta: Díky použití stlačeného vzduchu a soustavy trysek dochází k důkladnému vyčištění síta, čímž se zlepšuje celková účinnost extrakce.
- Zvýšení rychlosti průtoku roztoku: Vnášení vzduchu mezi výlisky vede k akceleraci průtoku roztoku, čímž se zkracuje doba extrakce a zvyšuje se produktivita.
- Zvýšení účinnosti extrakčního děje: Kombinace výše uvedených benefitů vede k celkovému zefektivnění extrakčního děje, čímž se dosahuje optimálního využití dostupných zdrojů.
- Třetí koncept tak představuje inovativní a efektivní řešení problematiky čištění síta a zefektivnění extrakčního procesu.



Obrázek 21 Koncept 3

12 Výběr konceptů metodou AHP

12.1 Metoda AHP

Analytický hierarchický proces (AHP) je metodika rozhodování, která poskytuje strukturovaný a systematický přístup ke komplexnímu rozhodování zahrnující více kritérií a alternativ. AHP se široce používá v různých oblastech, jako je podnikání, inženýrství, zdravotnictví a environmentální management, k určování priorit a výběru nejlepší alternativy ze souboru možností.[45]

Jádrem AHP je koncept rozdělení rozhodovacího problému do hierarchické struktury, která se skládá z cíle, kritérií a alternativ. Rozložením problému na tyto prvky pomáhá AHP rozhodovatelům analyzovat a vyhodnocovat relativní důležitost kritérií a činit informovaná rozhodnutí na základě kvalitativních i kvantitativních faktorů.[47]

Jedním z klíčových rysů AHP je jeho schopnost zpracovávat subjektivní úsudky prostřednictvím párových porovnání. Osoby s rozhodovací pravomocí porovnávají kritéria a alternativy v párech a získávají číselné hodnoty, které představují jejich relativní důležitost. Tato porovnání se pak používají k výpočtu váženého skóre a určení celkových priorit kritérií a alternativ.[48]

Lze tvrdit, že analytický hierarchický proces (AHP) nabízí robustní rámec pro rozhodování, který kombinuje kvalitativní i kvantitativní aspekty, což z něj činí cenný nástroj pro řešení složitých rozhodnutí strukturovaným a logickým způsobem.

12.2 Provedení AHP

12.2.1 Kritéria a jejich hodnocení

Pro hodnocení kritérií a jednotlivých konceptů byla zvolena škála hodnot (Tabulka 3):

Tabulka 3 Tabulka kritérií

Hodnota	Význam hodnot
1	Kritéria jsou stejně významné
3	Kritérium je mírně důležitější
5	Kritérium je o dost významnější
7	Kritérium je výrazně důležitější
9	Kritérium je totálně významnější

Pro hodnocení těchto tří konceptů bylo zvoleno několik kritérií:

- Efektivita čištění – Jak účinně koncepty čistí síta.
- Spotřeba energie – Jaká je spotřeba energie pro provoz zařízení.
- Jednoduchost konstrukce – Jak složitý je každý koncept z hlediska inženýrského návrhu a výroby
- Náročnost na údržbu – Jak jednoduché je koncept udržovat.
- Produktivita – Potenciál každého konceptu zvýšit produktivitu extrakčního procesu.
- Životnost - Jak dlouho lze očekávat, že každý koncept bude fungovat bez potřeby významných úprav

Tyto kritéria byly porovnány v kritériální matici (Tabulka 4).

Tabulka 4 Kritériální matice

Kritérium	Efektivita čištění	Spotřeba energie	Jednoduchost	Údržba	Produktivita	Životnost
Efektivita čištění	1	5,00	5,00	3,00	3,00	1,00
Spotřeba energie	0,20	1	3,00	0,20	0,33	0,20
Jednoduchost	0,20	0,33	1	0,33	0,20	0,14
Údržba	0,33	5,00	3,00	1	5,00	1,00
Produktivita	0,33	3,00	5,00	0,20	1	0,20
Životnost	1,00	5,00	7,00	1,00	5,00	1

Z kritériální matice byl vypočten kritériální vektor který ukazuje váhy jednotlivých kritérií (Tabulka 5).

Tabulka 5 Kritériální vektor

Kritérium	CV
Efektivita čištění	0,301
Spotřeba energie	0,059
Jednoduchost	0,039
Údržba	0,216
Produktivita	0,105
Životnost	0,280

Z kritériálního vektoru a z matice kritérií lze pozorovat že kritérium „Efektivita čištění“ má nejvyšší váhu. Což vzhledem k řešenému problému je správné. Dále jako další přichází na řadu párové porovnání jednotlivých konceptů mezi sebou na základě daného kritéria (viz. Příloha 2).

Tabulka 6 Výsledky konceptů pro porovnání

	Efektivita čištění	Spotřeba energie	Jednoduchost	Údržba	Produktivita	Životnost
1	0,623	0,649	0,295	0,697	0,120	0,633
2	0,239	0,295	0,649	0,232	0,134	0,106
3	0,138	0,057	0,057	0,072	0,746	0,260

V tabulce (Tabulka 6) můžeme vidět jednotlivé výsledky konceptů napříč jednotlivými kritérii. Následně z této tabulky a kritériálního vektoru, maticovým násobením dostaneme výsledné pořadí konceptů a s tím i vítězný koncept (Tabulka 7).

Tabulka 7 Výsledné hodnocení

Koncept	Skóre
1	0,577
2	0,209
3	0,214
Kontrola	1,000

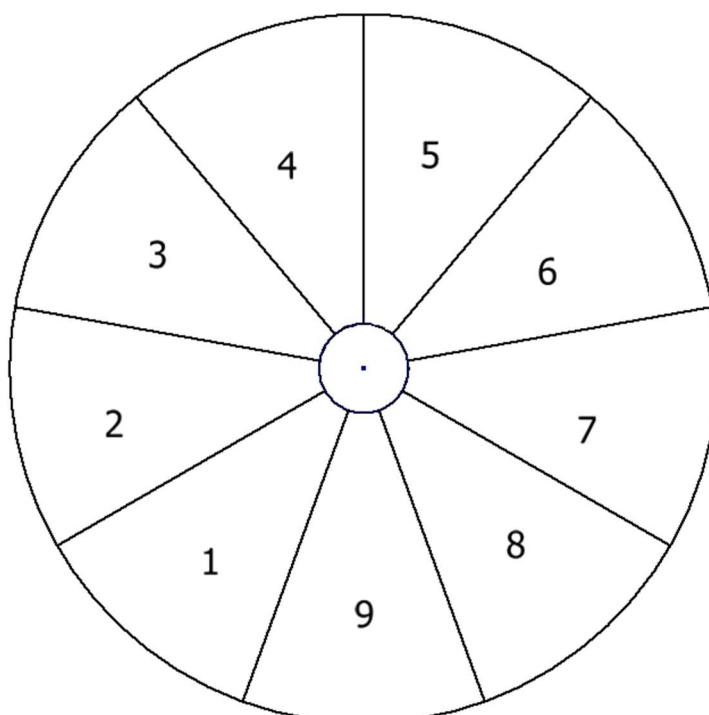
12.3 Závěr AHP

V této kapitole byla provedena AHP analýza za účelem výběru nejvhodnějšího konceptu. Kritérii výběru byly efektivita čištění, spotřeba energie, jednoduchost konstrukce, náročnost na údržbu, produktivita a životnost. Následně bylo provedeno párové porovnání konceptů s použitím Saatyho stupnice. Na základě výsledků párového porovnání byl koncept číslo 1 vyhodnocen jako nejvhodnější s celkovým skóre 0,577.

13 Konstrukční návrh

13.1 Velikost rotoru

Experimentálně bylo zjištěno že materiál musí být smáčen šestkrát pro optimální koncentraci. Pro konstrukční návrh je zvolen počet komor $k = 9$, je to z toho důvodu že v komoře jedna probíhá plnění (Obrázek 22), v předposlední osmé komoře probíhá okap materiálu aby přebytečné rozpouštědlo bylo odvedeno zpět do systému. Následně v komoře devět proběhne vysypání materiálu do dopravníku a poputuje k dalšímu zpracování.



Obrázek 22 Komory rotoru

Extraktor má mít výkon 100 kg/h. V tomto případě má zařízení zvolený počet otáček $n = 1$ ot/hod. Z toho je vypočteno kolik kilo materiálu musí být v jedné komoře (Rovnice 1).

Rovnice 1 – Minimální hmotnost materiálu v jedné komoře

$$m_{min} = \frac{100 \text{ kg}}{9} = 11,1 \text{ kg} \quad (1)$$

Další experimentálně zjištěná hodnota je hustota materiálu $\rho = 268 \text{ kg/m}^3$. V tomto případě se jede o sójový texturát, jedná se o částice o velikostech 1 – 3 cm. Z těchto hodnot lze spočítat minimální objem komory (Rovnice 2).

Rovnice 2 – Minimální objem komory

$$V_{kom.min} = \frac{1}{\rho} \times m = \frac{1}{268} \times 11,1 = 0,04 \text{ m}^3 \quad (2)$$

Následně je vypočtena velikost rotoru jako při zvolených průměrech. Vnější průměr $D_1 = 1,3 \text{ m}$ a vnitřní průměr $D_2 = 0,1 \text{ m}$.

Jako první vypočteme celkovou plochu rotoru (Rovnice 3).

Rovnice 3 – Celková plocha rotoru

$$S_{cel} = \frac{1}{4} \pi (D_1^2 - D_2^2) = \frac{1}{4} \pi (1,3 - 0,1) = 1,32 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Další je vypočtena plocha jedné komory (Rovnice 4).

Rovnice 4 – Plocha jedné komory

$$S_k = \frac{S_{cel}}{k} = \frac{1,32}{9} = 0,15 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Další volená hodnota je výška rotoru $v = 0,6 \text{ m}$. Tato hodnota je volena pro výpočet objemu jedné rotorové komory (Rovnice 5).

Rovnice 5 – Vypočtený objem jedné komory

$$V_{kom.vyp} = S_k \times v = 0,15 \times 0,6 = 0,09 \text{ m}^3 \quad (5)$$

Následně zjistíme kolik kilogramů materiálu je schopna pojmout jedna komora (Rovnice 6).

Rovnice 6 – Vypočtená hmotnost materiálu v komoře

$$m_{vyp} = V_{kom.vyp} \times \rho = 0,09 \times 268 = 23,57 \text{ kg} \quad (6)$$

Lze pozorovat že zvolené hodnoty pro velikost rotoru jsou správné, protože vypočtený objem komory jen větší než minimální objem komory ($V_{kom.vyp.} > V_{kom.min}$). To samé platí i u hmotností materiálu v komoře. Hodnoty byly voleny i s ohledem na setrvávající rozpouštědlo v komoře.

13.2 Doba setrvání

Další podmínka která je ověřena je doba setrvání materiálu v extrakčním procesu, to je doba po kterou je materiál skrácen rozpouštědlem. Zadaná doba setrvání v procesu je $t_{setrvání} = 30\text{-}40 \text{ minut}$.

Při daném počtu komor se šest komor nachází v extrakční proces. Celý cyklus trvá při daných otáčkách $t_{\text{cyklu}} = 60$ minut. Počet komor v extrakčním procesu je označen jako k_{pro} (Rovnice 7).

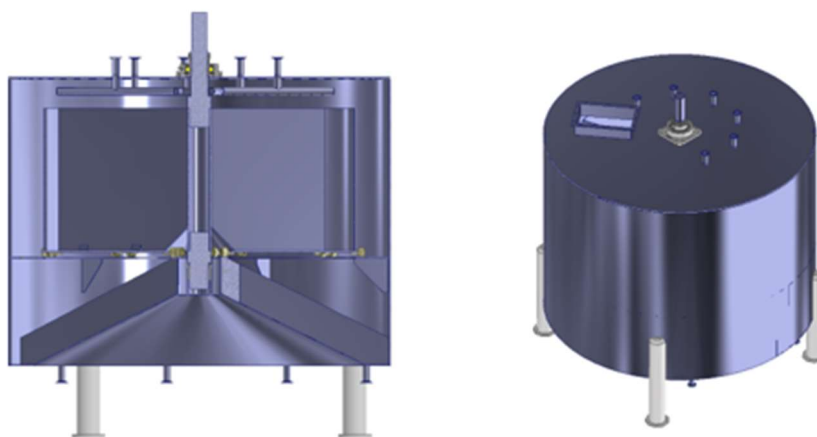
Rovnice 7 – Ověření doby setrvání

$$t_{\text{setrvání}} = \frac{t_{\text{cyklu}}}{k} \times k_{\text{proc}} = \frac{60}{9} \times 6 = 40 \text{ min} \quad (7)$$

Dle výpočtu lze konstatovat že zvolený počet komor a zvolené otáčky vyhovují procesním podmínkám dle zadání.

13.3 3D Model konceptu

Pro modelování konceptu extraktoru byl zvolen software Inventor od firmy Autodesk a to hlavně z důvodu že tento software je používán firmou pro kterou je koncept navrhován. To by mělo zjednodušit následnou implementaci, přenos dat a následné práce na konceptu. Samotné dimenzování, simulování procesu, pevností simulace a následné konstrukční práce budou provedeny v rámci firmy.



Obrázek 23 3D model extraktoru

13.4 Materiály volené pro konstrukci

Materiály, plechy, trubky, fitinky a další části musí být v normě DIN 11850. Norma DIN 11850 specifikuje technické požadavky na nerezové trubky a příslušenství pro potravinářský a chemický průmysl, zejména pro potravinářské procesy a hygienu. Stanovuje rozměry, toleranční hodnoty, materiály a povrchovou úpravu trubek a příslušenství. Je to důležitý standard pro zajištění bezpečnosti a kvality ve výrobních procesech, kde je nutná vysoká hygienická úroveň.

13.5 Shrnutí návrhu

Koncept extraktoru byl vytvořen s ohledem na hygienické normy a použití materiálů pro potravinářský provoz. Otáčky extraktoru jsou stanoveny na 1 otáčku za hodinu, přičemž rotor obsahuje devět komor, kterými je materiál transportován. Zařízení je vybaveno šesti sprchami pro rozvod skrápění materiálu rozpouštědlem. Počet smáčení materiálu byl zjištěn experimentálně. Následně rozpouštědlo protéká materiálem a vstupuje do sběrných komor. Odtud je dále čerpáno zpět do zařízení podle pravidel protiproudé extrakce. Rotor extraktoru je navržen tak, aby bylo možné v jedné komoře pojmout minimálně 11,1 kg texturované sóji, čímž je zajištěn celkový výkon zařízení, které má zpracovat 100 kg materiálu za hodinu. Vysypání materiálu z extraktoru je zajišťováno pomocí výklopných sít, které jsou spojeny s rotorem pomocí pantů. V poslední fázi procesu je síto vyklopeno a materiál je volně vypuštěn z extraktoru do dopravníku nebo jiného zařízení podle požadavků na aplikaci. Všechny parametry jsou shrnuty v tabulce (Tabulka 8)

Tabulka 8 Parametry zařízení

Parametr	Hodnota
Materiál extraktoru	Odpovídá normě DIN 11850
Extrahovaný materiál	Texturovaná sója $\rho = 268 \text{ kg/m}^3$
Otáčky rotoru	1 ot/hod.
Počet komor rotoru	9
Minimální objem jedné komory	11,1 kg
Počet sprch	6
Doba setrvání v extrakčním procesu	40 minut
Celková doba setrvání v extraktoru	60 minut
Výkon extraktoru	100 kg/hod
Rozměry (délka x šířka x výška)	1,746 x 1,606 x 1,78 m

14 Závěr

V této diplomové práci jsme se zaměřili na inovaci zařízení pro extrakci bílkovin z výlisků olejnatých semen s cílem zvýšit efektivitu a optimalizovat celý proces. Na základě důkladné rešerše současného stavu technologií a existujících typů zařízení byly identifikovány jejich výhody a nevýhody. Následně tyto poznatky byly zpracovány pomocí funkční analýzy, která odhalila škodlivé funkce v technickém systému. Dále byly definovány technické a fyzikální rozpory, jenž nabízí řešení problémů pomocí invenčních principů. Jako další bylo využito nástroje Production Inspiration, který nabízí rozsáhlou sbírku technologií pro inspiraci. Na základě poznatků z těchto metod byly vytvořeny tři koncepty.

Hlavním cílem bylo navrhnout zařízení schopné zpracovat 100 kg materiálu za hodinu s dobou setrvání v extraktoru 30-40 minut. K dosažení tohoto cíle byly využity metody, které zahrnovaly návrh, vyhodnocení a výběr nejlepšího konceptu prostřednictvím vícekritériální analýzy.

Výsledkem této práce je inovativní koncept extraktoru, který splňuje stanovené požadavky a zohledňuje hygienické normy potravinářského průmyslu. Rotor extraktoru obsahuje devět komor, které zajišťují transport materiálu, a zařízení je vybaveno šesti sprchami pro rozvod skrápění materiálu rozpouštědlem. Experimentálně bylo zjištěno optimální množství smáčení materiálu, což přispívá k efektivitě celého procesu. Konstrukce rotoru a jeho kapacita zajišťují, že extraktor dosahuje požadovaného výkonu 100 kg/h.

Přestože dosažené výsledky představují krok vpřed, je důležité zmínit několik omezení této práce. Návrh byl realizován na základě teoretických a experimentálních údajů, a proto by mělo být zařízení dále testováno v reálných podmínkách průmyslového provozu. Dalším omezením je možné variabilní složení výlisků olejnatých semen, které by mohlo ovlivnit efektivitu extrakce.

Pro budoucí výzkum se nabízí několik směrů. Za prvé, testování navrženého konceptu v různých provozních podmínkách a s různými typy surovin by mohlo přinést cenné poznatky pro další optimalizaci. Za druhé, další výzkum by mohl být zaměřen na automatizaci procesu a integraci pokročilých kontrolních systémů pro ještě vyšší efektivitu a kvalitu extrakce.

Závěrem lze konstatovat, že tato práce přinesla inovativní řešení pro konstrukci extraktoru bílkovinných produktů z olejnatých semen, které je efektivní, ekonomicky výhodné a odpovídající požadavkům moderního potravinářského průmyslu. Výsledky této studie mohou sloužit jako základ pro další výzkum a implementaci v průmyslovém prostředí, čímž přispějí k lepšímu využití surovin a snížení odpadu.

Použitá literatura

- [1] *Extraction and Washing* [online]. [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://dept.harpercollege.edu/chemistry/chm/100/dgodambe/thedisk/labtech/sepfun.htm>
- [2] *Extraction: Liquid-Liquid and Acid-Base Extraction - Concept | Lab: Chemistry | JoVE* [online]. [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://www.jove.com/science-education/11198/extraction-liquid-liquid-and-acid-base-extraction-concept>
- [3] ZHANG, Qing-Wen, Li-Gen LIN a Wen-Cai YE. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine* [online]. 2018, **13**(1), 20. ISSN 1749-8546. Dostupné z: doi:10.1186/s13020-018-0177-x
- [4] *Solid-Liquid Extraction: Principle, Procedure, Applications | Organic Chemistry | JoVE* [online]. [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://www.jove.com/v/5538/solid-liquid-extraction-principle-procedure-applications>
- [5] NAVIGLIO, Daniele, Pierpaolo SCARANO, Martina CIARAVOLO a Monica GALLO. Rapid Solid-Liquid Dynamic Extraction (RSLDE): A Powerful and Greener Alternative to the Latest Solid-Liquid Extraction Techniques. *Foods* [online]. 2019, **8**(7), 245. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods8070245
- [6] RIZVI, Syed. *Separation, Extraction and Concentration Processes in the Food, Beverage and Nutraceutical Industries*. 2010.
- [7] KASSING, M., U. JENELTEN, J. SCHENK a J. STRUBE. A New Approach for Process Development of Plant-Based Extraction Processes. *Chemical Engineering & Technology* [online]. 2010, **33**(3), 377–387. ISSN 1521-4125. Dostupné z: doi:10.1002/ceat.200900480
- [8] Equipment for extraction of vegetable oil, buy extraction lines for production of sunflower oil in Ukraine, price of vegetable oil extraction lines. *TAH* [online]. [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://tan.com.ua/en/equipment/extractors/>
- [9] WOERFEL, John B. Chapter 6 - Extraction. In: David R. ERICKSON, ed. *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* [online]. B.m.: AOCS Press, 1995, s. 65–92. ISBN 978-0-935315-63-9. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-935315-63-9.50010-3
- [10] THOMAS GAMSE. 02 Script Extraction [online]. nedatováno [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: https://www.academia.edu/19640550/02_Script_Extraction
- [11] *Extractor - an overview | ScienceDirect Topics* [online]. [vid. 2023-12-04]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/extractor>
- [12] DUNFORD, Nurhan. Oil and Oilseed Processing II. nedatováno.
- [13] CRAVOTTO, Christian, Ombéline CLAUX, Mickaël BARTIER, Anne-Sylvie FABIANO-TIXIER a Silvia TABASSO. Leading Edge Technologies and Perspectives in Industrial Oilseed Extraction. *Molecules* [online]. 2023, **28**(16), 5973. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules28165973

- [14] UTILISATEUR, Super. Reflex. *Desmet Ballestra* [online]. [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <http://www.desmet.com/oils-fats/extraction/solvent-extraction/reflex>
- [15] LTD, DOING Holdings-Henan Glory Oils & Fats Engineering Co. Rotocel extractor machine. *vegetable oil extraction machine* [online]. [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: http://www.doingoilmachine.com/PRODUCTS/Oil_Extraction_Process/rotocel_extractor_machine_530.html
- [16] MACHINES, Oil Expeller. Edible Oil Extractor Manufacturer, Rotocel Extractor for Sale. *Oil Expeller. Edible Oil Production Line* [online]. 21. leden 2018 [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://oil-expeller.net/oil-solvent-extraction-equipment/edible-oil-extractor.html>
- [17] Chapter 2 - Oil Extraction | PDF | Extrusion | Cottonseed Oil. *Scribd* [online]. [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/44645024/Chapter-2-Oil-Extraction>
- [18] *Oil and Oilseed Processing II - Oklahoma State University* [online]. 7. leden 2016 [vid. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/oil-and-oilseed-processing-ii.html>
- [19] SPANINKS, J. A. M. *Design procedures for solid-liquid extractors and the effect of hydrodynamic instabilities on extractor performance*. Wageningen: PUDOC, 1979. Agricultural research reports, 885. ISBN 978-90-220-0693-1.
- [20] BOCKISCH, Michael, ed. Chapter 5 - The Extraction of Vegetable Oils. In: Michael BOCKISCH, ed. *Fats and Oils Handbook* [online]. B.m.: AOCS Press, 1998 [vid. 2023-12-05], s. 345–445. ISBN 978-0-9818936-0-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-9818936-0-0.50010-X
- [21] ASIA, Industrial Automation. JJ-Lurgi Debuts Its Twin-Track Sliding Cell Extractor In Its Largest Extraction Plant Project. *IAA - Industrial Automation* [online]. 2. září 2020 [vid. 2023-12-05]. Dostupné z: <https://www.iaasiaonline.com/jj-lurgi-debuts-its-twin-track-sliding-cell-extractor-in-its-largest-extraction-plant-project-2/>
- [22] *Solvent Extraction Machinery for Vegetable Oil Production* [online]. [vid. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://www.bestoilpressmachines.com/quick-links/oil-solvent-extraction-machinery-manufacturer.html>
- [23] *Industrial Oilseed Extraction* [online]. [vid. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/48281>
- [24] *Loop Solvent Extractor Explained - saVRee* [online]. [vid. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://savree.com/en/encyclopedia/loop-solvent-extractor>
- [25] ДЕРЕВЕНКО, В. В., Е. Н. КОНСТАНТИНОВ а К. Н. ЦЕБРЕНКО. Oil extractor belt extractor [online]. RU30748U1. 10. červenec 2003. [vid. 2023-12-29]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/RU30748U1/en>
- [26] Fig. 2 Scheme of continuous belt extractor (Desmet Ballestra, Zaventem,... *ResearchGate* [online]. [vid. 2023-12-30]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Scheme-of-continuous-belt-extractor-Desmet-Ballestra-Zaventem-Belgium_fig2_304070586
- [27] YOUTH JUSTICE, Employment. *Trend analysis for business improvement* [online]. 8. prosinec 2022 [vid. 2024-01-30]. Dostupné

- z: <https://www.business.qld.gov.au/running-business/growing-business/trend-analysis>
- [28] ALAM, Moinul. What is Trend Analysis? Definition, Steps, Examples, Benefits and Best Practices. *IdeaScale* [online]. 30. listopad 2023 [vid. 2024-01-30]. Dostupné z: <https://ideascale.com/blog/what-is-trend-analysis/>
- [29] *All About Trend Analysis: Types, Benefits, and Examples* [online]. [vid. 2024-01-30]. Dostupné z: <https://coresignal.com/blog/trend-analysis/>
- [30] MACK, Kayla. 4 Oilseed Processing Trends to Watch in 2024. *Anderson International Corp* [online]. 27. prosinec 2023 [vid. 2024-01-30]. Dostupné z: <https://www.andersonintl.com/4-oilseed-processing-trends-to-watch-in-2024/>
- [31] LOLLI, Veronica, Pio VISCUSI, Francesca BONZANINI, Alessandro CONTE, Andrea FUSO, Susanna LAROCCA, Giulia LENI a Augusta CALIGIANI. Oil and protein extraction from fruit seed and kernel by-products using a one pot enzymatic-assisted mild extraction. *Food Chemistry: X* [online]. 2023, **19**, 100819. ISSN 2590-1575. Dostupné z: doi:10.1016/j.fochx.2023.100819
- [32] HADIDI, Milad, Chen TAN, Elham ASSADPOUR a Seid Mahdi JAFARI. Oilseed meal proteins: From novel extraction methods to nanocarriers of bioactive compounds. *Food Chemistry* [online]. 2024, **438**, 137971. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2023.137971
- [33] KEHSE, Wolfgang a Klaus WEBER. Rotary extractor [online]. US3860395A. 14. leden 1975. [vid. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US3860395A/en?q=5.1Patent+US3860395A>
- [34] KEMPER, Timothy G., Allan L. MONROE, Tony L. RITTER, Kenneth R. FRODGE a Brian L. PATTON. Stationary screen extractor [online]. US5705133A. 6. leden 1998. [vid. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US5705133A/en?q=US5705133A>
- [35] KEMPER, Timothy G., Marc KELLENS a Anibal DEMARCO. Rotatable basket extractor [online]. US9776113B2. 3. říjen 2017. [vid. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US9776113B2/en?q=US+9776113>
- [36] ROVIDA, Edoardo, Marco BERTONI a Marina CARULLI. About the Use of TRIZ for Product-Service Development. *DS 58-1: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design*. 2009, **1**.
- [37] LIVOTOV, Pavel a Vladimir PETROV. *TRIZ Innovation Technology. Product Development and Inventive Problem Solving. Handbook*. 2023.
- [38] TAN, Runhua. Contradiction-oriented problem solving for innovations: five opportunities for China's companies. *Journal of Innovation and Entrepreneurship* [online]. 2015, **4**(1), 3. ISSN 2192-5372. Dostupné z: doi:10.1186/s13731-015-0017-5
- [39] KO, Yao-Tsung, Ming-Shih CHEN, Chih-Chieh YANG a Meng-Cong ZHENG. Modelling a contradiction-oriented design approach for innovative product design. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* [online]. 2015, **229**, 199–211. Dostupné z: doi:10.1177/0954405414564810

- [40] LEPŠÍK, Petr. Nástroje systematické kreativity ke zvyšování efektivity strojů a zařízení [online]. 2017 [vid. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/160088>
- [41] PIERRO, Fabio. 1.9 Physical Contradiction Examples. *EngineeTRIZ* [online]. 23. říjen 2021 [vid. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.engineetritz.com/post/1-9-physical-contradiction-examples>
- [42] *Inventive Principles Illustrated, Part 5 - Interviews with Corporate Innovation Leaders* [online]. [vid. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.ideaconnection.com/interviews/00358-Inventive-Principles-Illustrated-Part-5.html>
- [43] *TRIZ Separation Principles* [online]. [vid. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.quality-assurance-solutions.com/TRIZ-Separation-Principles.html>
- [44] *AULIVE: Přehled | LinkedIn* [online]. [vid. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/company/aulive/>
- [45] SAATY, Thomas L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research* [online]. 1990, **48**(1), Decision making by the analytic hierarchy process: Theory and applications, 9–26. ISSN 0377-2217. Dostupné z: doi:10.1016/0377-2217(90)90057-I
- [46] *Find new production ways - ProductionInspiration* [online]. [vid. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://www.productioninspiration.com/>
- [47] TAHERDOOST, Hamed. Decision Making Using the Analytic Hierarchy Process (AHP); A Step by Step Approach. *International Journal of Economics and Management System* [online]. 2017 [vid. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://hal.science/hal-02557320>
- [48] SCHMIDT, Katharina, Ines AUMANN, Ines HOLLANDER, Kathrin DAMM a J.-Matthias Graf VON DER SCHULENBURG. Applying the Analytic Hierarchy Process in healthcare research: A systematic literature review and evaluation of reporting. *BMC Medical Informatics and Decision Making* [online]. 2015, **15**(1), 112. ISSN 1472-6947. Dostupné z: doi:10.1186/s12911-015-0234-7

Seznam obrázků

Obrázek 1 Karuselový extraktor [9]	15
Obrázek 2 Reflex® [14].....	16
Obrázek 3 Lineární stěnový extraktor [11].....	18
Obrázek 4 Síťová podlaha [21]	19
Obrázek 5 Dvoucestný extraktor [21].....	20
Obrázek 6 Rozdíly mezi buňkami [21].....	21
Obrázek 7 Obdélníkový smyčkový extraktor [24]	21
Obrázek 8 Schéma extraktoru s děrovaným pásem [26]	23
Obrázek 9 Schéma patentu US3860395A [33].....	28
Obrázek 10 Schéma patentu US5705133A [34].....	29
Obrázek 11 Schéma patentu US9776113B2 [35].....	30
Obrázek 12 Funkční model.....	33
Obrázek 13 Model technického rozporu [40]	34
Obrázek 14 Model technického rozporu extraktoru	35
Obrázek 15 Model fyzikálního rozporu [40]	36
Obrázek 16 Model fyzikálního rozporu pro síto.....	37
Obrázek 17 Databáze ProductionInspiration [46]	38
Obrázek 18 Výsledek databáze ProductionInspiration [46]	39
Obrázek 19 Koncept 1	40
Obrázek 20 Koncept 2	41
Obrázek 21 Koncept 3	42
Obrázek 22 Komory rotoru.....	46
Obrázek 23 3D model extraktoru.....	48

Seznam tabulek

Tabulka 1 Tabulka komponent	31
Tabulka 2 Matice interakcí	32
Tabulka 3 Tabulka kritérií	43
Tabulka 4 Kriteriaální matice	44
Tabulka 5 Kriteriaální vektor	44
Tabulka 6 Výsledky konceptů pro porovnání.....	45
Tabulka 7 Výsledné hodnocení.....	45
Tabulka 8 Parametry zařízení	49

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulka normalizace kritérií a párové porovnání

Příloha 2 – Normalizace párového porovnání

Příloha 3 – Výkres sestavy

Příloha 1 - Tabulka normalizace kritérií a párové porovnání

Kritérium	Efektivita čištění	Spotřeba energie	Jednoduchost	Údržba	Produktivita	Životnost
Efektivita čištění	32,61%	25,86%	20,83%	52,33%	20,64%	28,23%
Spotřeba energie	6,52%	5,17%	12,50%	3,49%	2,29%	5,65%
Jednoduchost	6,52%	1,72%	4,17%	5,81%	1,38%	4,03%
Údržba	10,87%	25,86%	12,50%	17,44%	34,40%	28,23%
Produktivita	10,87%	15,52%	20,83%	3,49%	6,88%	5,65%
Životnost	32,61%	25,86%	29,17%	17,44%	34,40%	28,23%

Efektivita čištění	1	2	3	Průměr
1	1	5	3	3
2	0,2	1	3	1,4
3	0,333333333	0,333333333	1	0,555555556
	1,533333333	6,333333333	7	

Spotřeba energie	1	2	3	Průměr
1	1	3	9	4,33
2	0,33	1	7	2,77
3	0,11	0,14	1	0,42
	1,44	4,14	17	

Produktivita	1	2	3	Průměr
1	1	1	0,14	0,72
2	1	1	0,2	0,73
3	7	5	1	4,33
	9	7	1,34	

Jednoduchost	1	2	3	Průměr
1	1	0,33	7	2,77
2	3	1	9	4,33
3	0,14	0,11	1	0,42
	4,14	1,44	17	

Údržba	1	2	3	Průměr
1	1	5	7	4,33
2	0,2	1	5	2,07
3	0,142857143	0,2	1	0,45
	1,342857143	6,2	13	

Životnost	1	2	3	Průměr
1	1	5	3	3
2	0,2	1	0,33	0,51
3	0,33	3	1	1,44
	1,53	9	4,33	

Příloha 2 - Normalizace párového porovnání

Efektivita čištění	1	2	3	Průměr
1	0,652	0,789	0,429	0,623
2	0,130	0,158	0,429	0,239
3	0,217	0,053	0,143	0,138

Spotřeba energie	1	2	3	Průměr
1	0,692	0,724	0,529	0,649
2	0,231	0,241	0,412	0,295
3	0,077	0,034	0,059	0,057

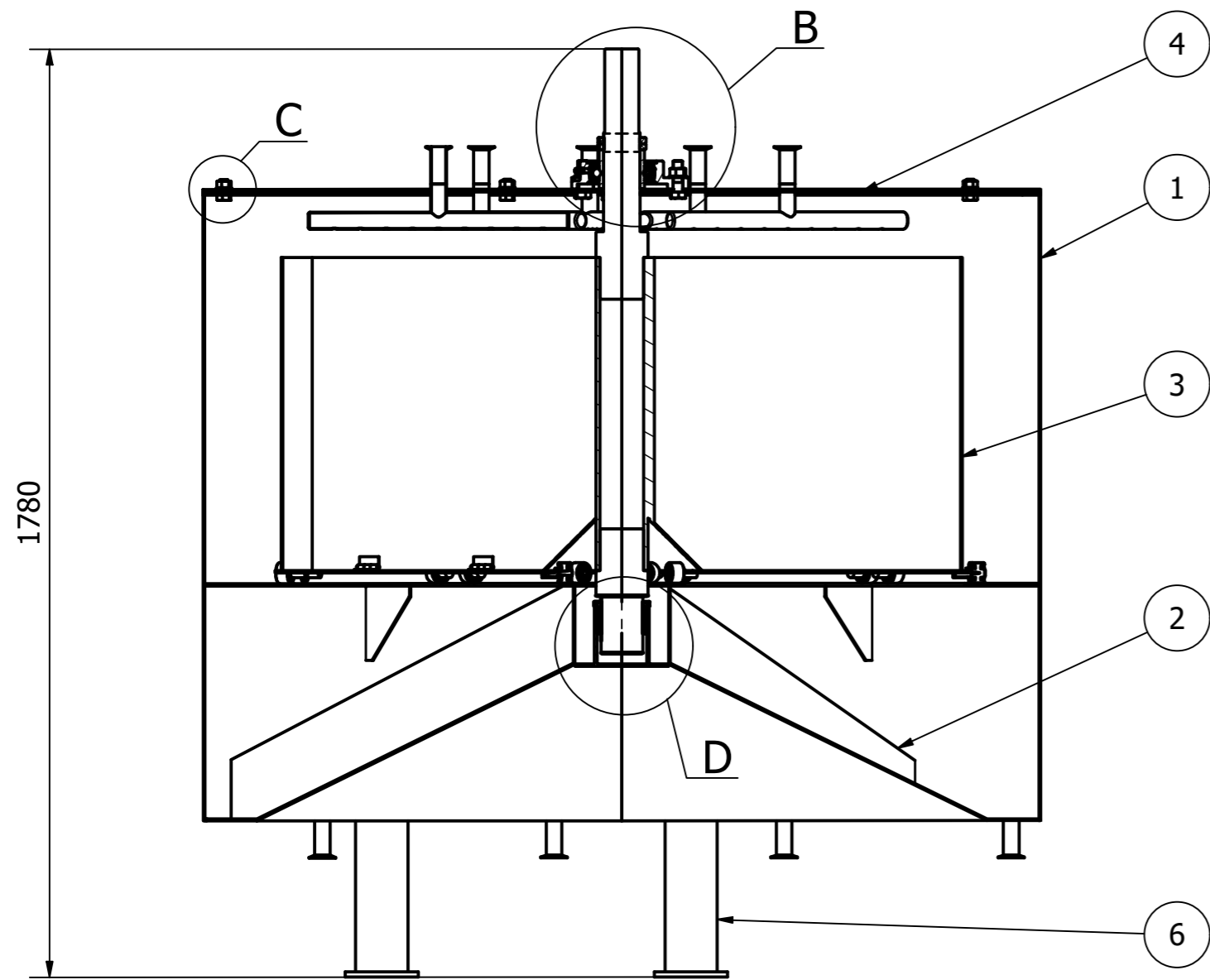
Produktivita	1	2	3	Průměr
1	0,111	0,143	0,106	0,120
2	0,111	0,143	0,149	0,134
3	0,778	0,714	0,745	0,746

Jednoduchost	1	2	3	Průměr
1	0,241	0,231	0,412	0,295
2	0,724	0,692	0,529	0,649
3	0,034	0,077	0,059	0,057

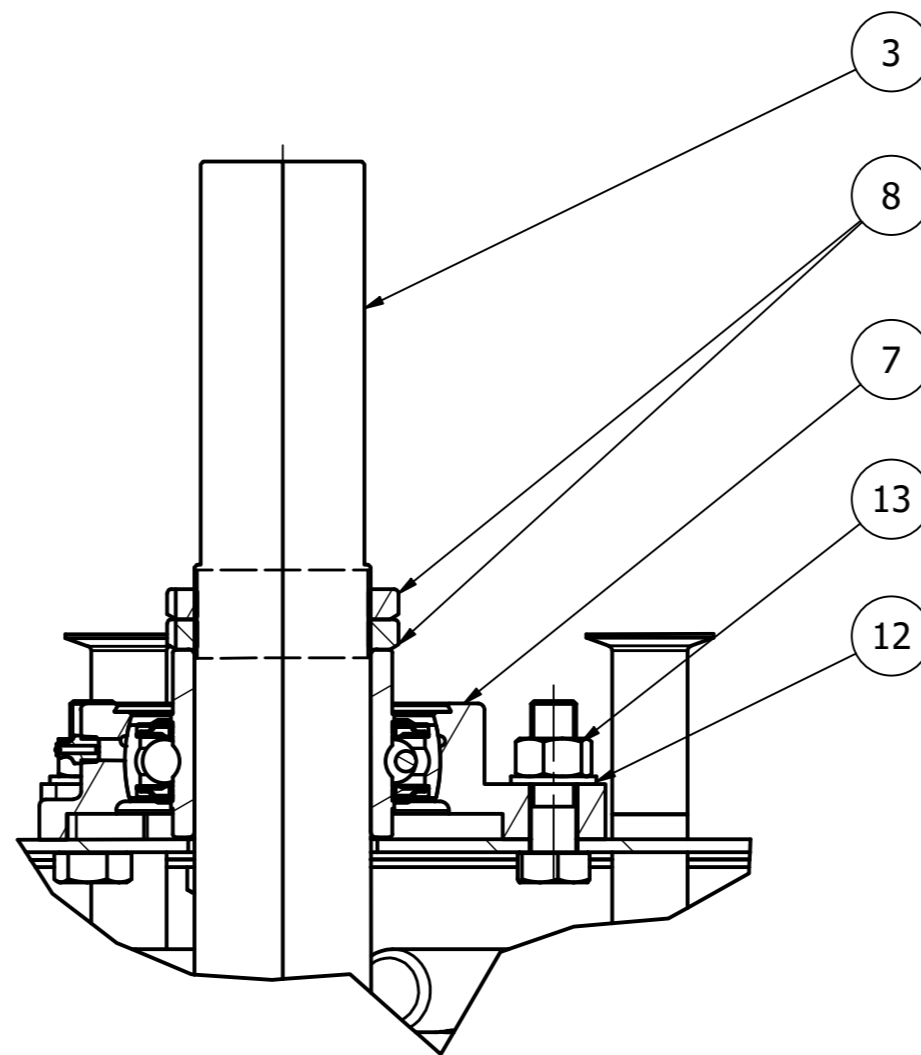
Údržba	1	2	3	Průměr
1	0,745	0,806	0,538	0,697
2	0,149	0,161	0,385	0,232
3	0,106	0,032	0,077	0,072

Životnost	1	2	3	Průměr
1	0,652	0,556	0,692	0,633
2	0,130	0,111	0,077	0,106
3	0,217	0,333	0,231	0,260

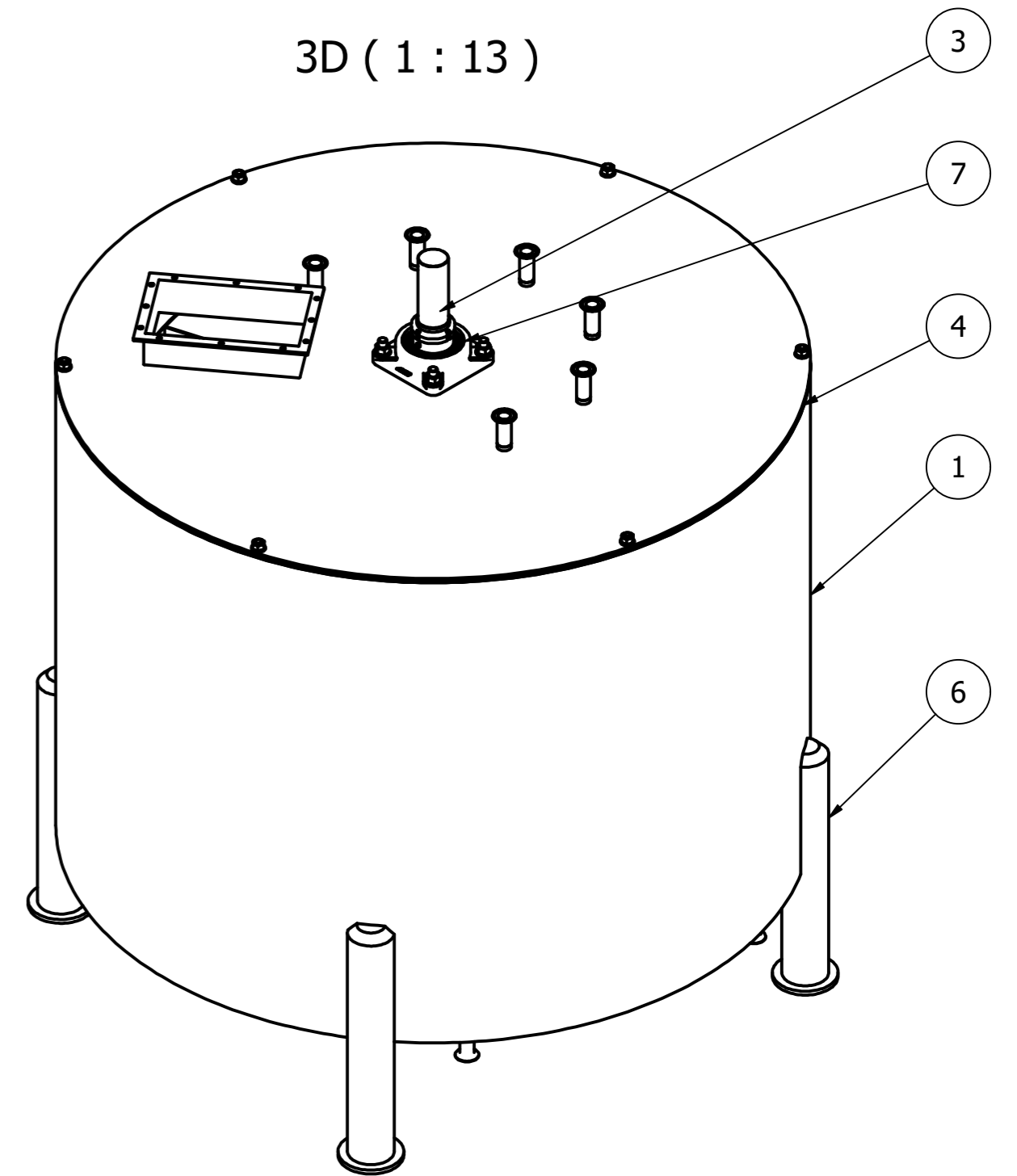
A-A (1 : 12)



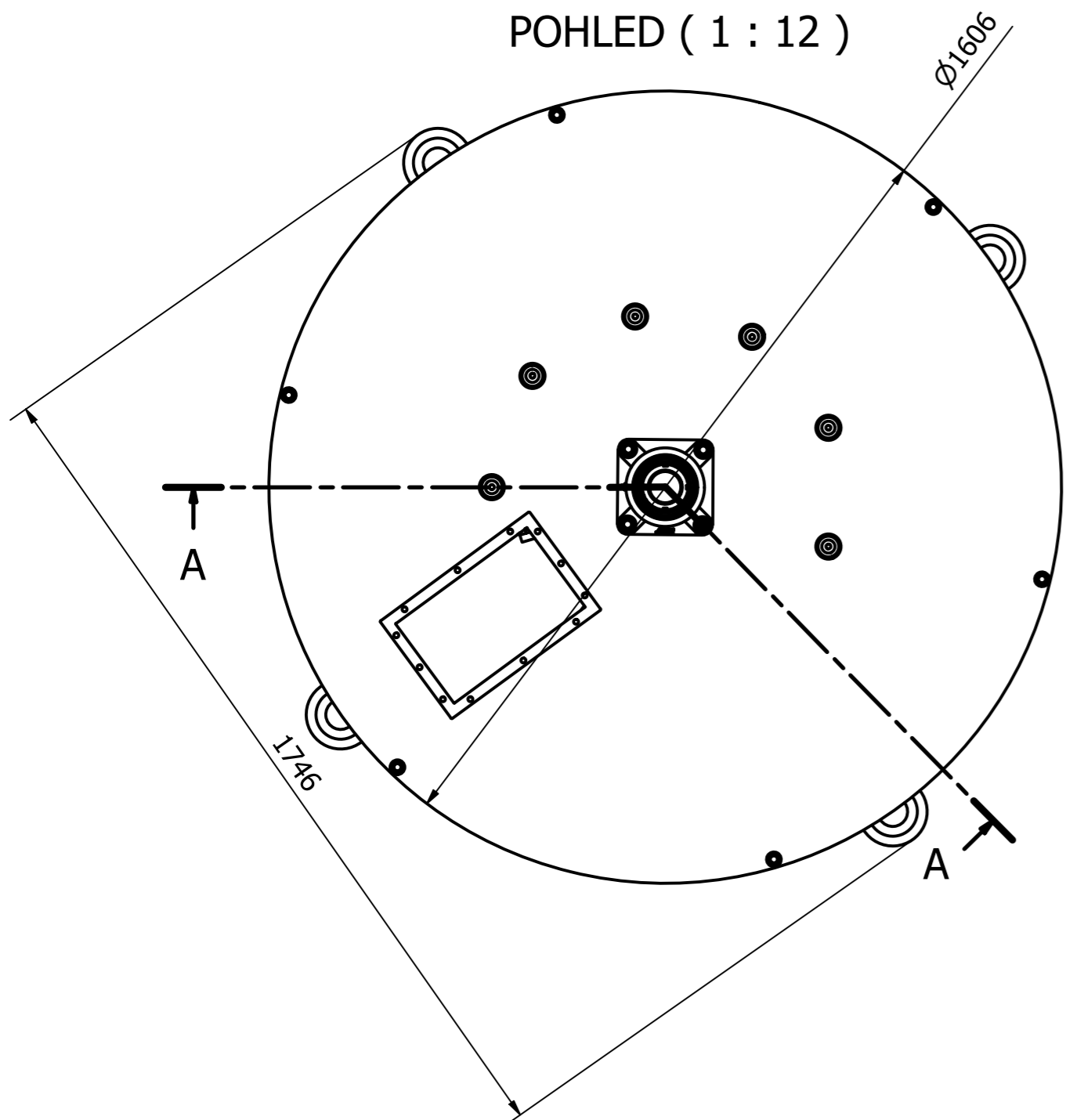
B (1 : 3)



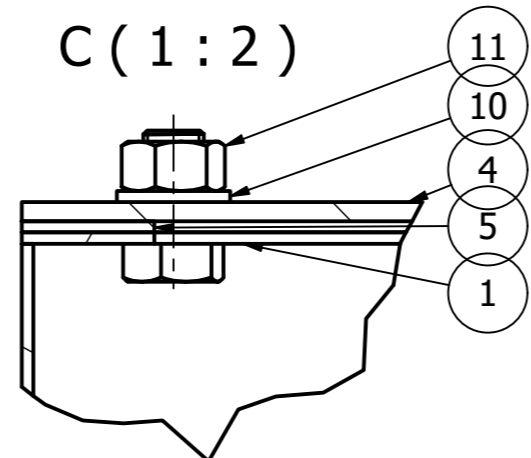
3D (1 : 13)



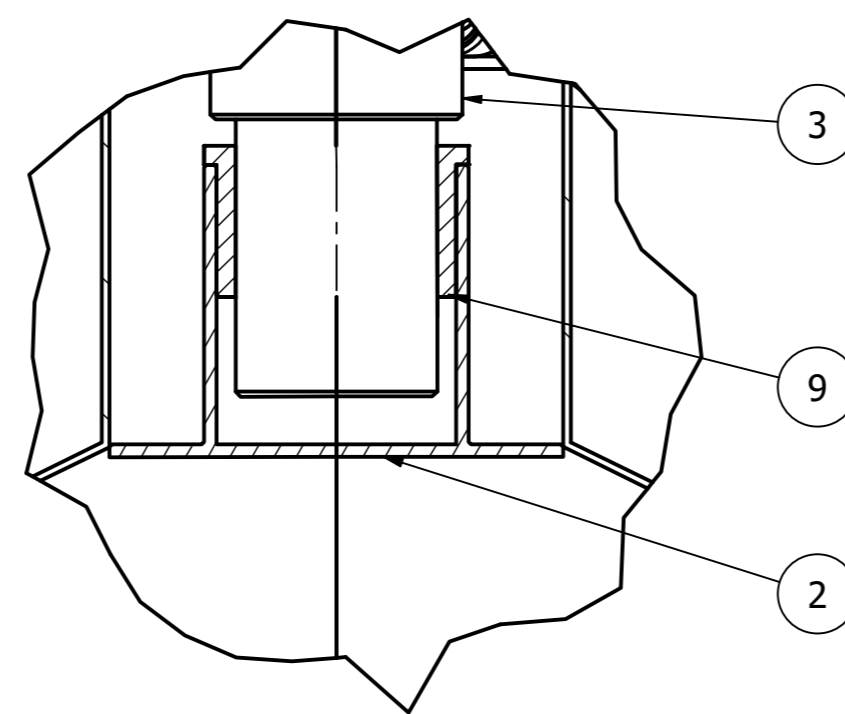
POHLED (1 : 12)



C (1 : 2)



D (1 : 3)



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	PLÁŠŤ SVAŘENEC	
2	1	DNO SVAŘENEC	
3	1	ROTOROVÁ SESTAVA	
4	1	VÍKO SVAŘENEC	
5	1	TĚSNĚNÍ	
6	4	NOHA	
7	1	SKF_UCF 214	Ložisková jednotka
8	2	SKF_MATICE_km_14	KM 14
9	1	DIN 1850 - R - 80 x 60	Pouzdro
10	6	CNS 150 - A - 17	Podložka
11	6	CNS 3130 - M 16	Šestihranná matice
12	4	CNS 153 - 20	Podložka
13	4	CNS 3128 - M 18 x 2	Šestihranná matice

Kreslil P.Hrzán	Kontroloval	Schvállil - dne	Datum	Datum 15.05.2024
TUL		EXTRAKTOR SESTAVA		
		Extraktor	Vydání	List 1 / 1