



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN OBĚHOVÉHO ČERPADLA

DESIGN OF CIRCULATOR PUMP

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tereza Březnová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Richard Sovják

BRNO 2020



## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav konstruování
Studentka:	<b>Tereza Březnová</b>
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	<b>Ing. Richard Sovják</b>
Akademický rok:	2019/20

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

### Design oběhového čerpadla

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oběhová čerpadla jsou nedílnou součástí teplovodních topných systémů rodinných domů, bytových domů a průmyslových aplikací. Tato zařízení zajišťují cirkulaci topného média topných okruhů, popřípadě distribuci v jeho dílčích částech. Základními parametry oběhových čerpadel je jeho průtok, regulace, světlost připojení, připojovací rozteč, dopravní výška a druh připojení (šroubení, příruba). Vhodným přístupem k tvarovému řešení bude docíleno ergonomických požadavků, ale i estetického zhodnocení daného výrobku.

Typ práce: vývojová – designéřská

#### Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je navrhnout oběhové čerpadlo s napájením 230 V a s možností připojení pomocí šroubení DN 32 a přírubou DN 40. Stavební délka bude 180 mm (šroubení) a 250 mm (příruba). Průtok do 25 m<sup>3</sup>/h s dopravní výškou do 12 m. Návrh bude obsahovat ovládací a komunikační rozhraní. Vyráběno bude sériově.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analýza současné produkce z hlediska ergonomie, tvarového řešení, konstrukce a použitých technologií,
- návrh funkčního designu oběhového čerpadla,
- návrh bude zahrnovat připojení oběhového čerpadla jak šroubením i přírubou,
- předmětem návrhu bude tepelně izolační kryt, regulace,
- popis estetických, ergonomických a konstrukčních parametrů navrženého designu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster. Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků). Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:  
<http://ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske–studium–ukonceni/>

#### **Seznam doporučené literatury:**

MateriO' | the material library your projects deserve [online]. 2019. Paris: materiO' [cit. 2019-08-08].  
Dostupné z: <https://materio.com/>

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architektky a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

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

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

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

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

TICHÁ, Jana a Jan KAPLICKÝ. Future systems. Vyd. 1. Praha: Zlatý řez, 2002. ISBN 80-901562-6-6.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem oběhového čerpadla. Cílem práce je navrhnout oběhové čerpadlo, které bude řešit stávající problémy oběhových čerpadel, jež vplynuly z rešerše. Za využití nového, inovativního designu vzniklo finální řešení, které se vypořádalo zejména s ergonomickými a jinými funkčními požadavky. Vznikl tak nový návrh oběhového čerpadla se systémem, který by v budoucnu mohl být běžně využíván za účelem většího pohodlí uživatele.

## KLÍČOVÁ SLOVA

oběhové čerpadlo, otopná soustava, mokroběžné čerpadlo, cirkulace, voda

## ABSTRACT

The Bachelor's thesis deals with the design of a circulator pump. The aim of this thesis is to design a circulator pump to solve existing circulator pump problems that have emerged from the research. Using a new, innovative design, a final solution was created to deal with ergonomic and other functional requirements. This created a new circulator pump design with a system that could be commonly used in the user's favour in the future.

## KEYWORDS

circulator pump, heating system, wet running pump, circulation, water



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BŘEZNOVÁ, Tereza. Design oběhového čerpadla [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-25], 64 s. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125162>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Richard Sovják.





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce Ing. Richardu Sovjákovi za trpělivost, podnětné rady a spolupráci při zpracovávání bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Evě Fridrichové PhD za cenné rady při zpracovávání textové části. V neposlední řadě patří poděkování mé rodině a blízkým za podporu a pevné nervy.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně, pod odborným vedením Ing. Richarda Sovjáka. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpala, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>15</b>
2.1	Designérská analýza	15
2.1.1	Grundfos Magna 1	15
2.1.2	Grundfos Alpha2 L	16
2.1.3	Grundfos Alpha1 L	17
2.1.4	Salmson Priux Home	18
2.1.5	Wilo Yonos Maxo	19
2.1.6	Wilo Star-Z NOVA T	20
2.2	Technická analýza	21
2.2.1	Funkce čerpadel	21
2.2.2	Dělení oběhových čerpadel	22
2.2.3	Požadavky na oběhové čerpadlo	24
2.2.4	Části oběhového čerpadla	25
2.2.5	Ovládání a displej	26
2.2.6	Regulace čerpadel	27
2.2.7	Výrobní materiály	28
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>29</b>
3.1	Analýza problému	29
3.1.1	Tvarové řešení	29
3.1.2	Displej	29
3.1.3	Ovládání	29
3.2	Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše	30
3.3	Cíle práce	30
3.4	Cílová skupina	30
3.5	Základní parametry a legislativní omezení	31
3.6	Použité výrobní technologie, možný trh a cena	31
<b>4</b>	<b>VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>32</b>
4.1	Varianta I	33
4.2	Varianta II	34
4.3	Varianta III	35
		11

<b>5</b>	<b>TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>36</b>
5.1	Tělo čerpadla	36
5.2	Tvar displejové části	36
5.3	Ovladače a tlačítka	36
5.4	Displej	38
5.5	Otáčení displeje	38
5.6	Konektor	39
5.7	Tepelně-izolační kryt	40
5.8	Verze s přírubou	41
<b>6</b>	<b>KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>42</b>
6.1	Popis	42
6.2	Rozměrové řešení	42
6.3	Vnitřní mechanismy a komponenty	44
6.4	Materiálové řešení a technologie	44
6.5	Ergonomie	45
6.5.1	Otáčení displeje	45
6.5.2	Konektor	46
6.5.3	Tlačítka	47
6.5.4	Instalace	47
6.5.5	Bezpečnost a hygiena	48
<b>7</b>	<b>BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>49</b>
7.1	Vlastní barevné řešení	49
7.2	Barevné řešení pro konkrétní výrobce	49
7.3	Grafické řešení displeje	52
7.4	Logotyp	53
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>54</b>
8.1	Psychologická funkce	54
8.2	Ekonomická funkce	54
8.3	Sociální funkce	54

<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>55</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN</b>	<b>58</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>59</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>61</b>
<b>14</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>62</b>

# 1 ÚVOD

Téma oběhových čerpadel není mezi lidmi, kteří nepůsobí v oboru vytápění nebo jiném oboru jemu podobném, příliš známé. Přitom je takřka každý člověk jeho uživatelem, protože je nedílnou součástí otopných systémů většiny bytových a rodinných domů.

Oběhová čerpadla slouží k cirkulaci média rozvádějícího teplo.

Jedná se o napevno umístěné zařízení a k manipulaci s ním dochází velmi zřídka. Je tedy důležité převážně to, aby splňovalo všechny funkční požadavky a vydrželo dlouhodobé statické zatížení a kontakt s vysokoteplotním médiem.

Oběhová čerpadla se dělí na suchoběžná a mokroběžná. Tato práce se zabývá návrhem mokroběžného čerpadla, která v současnosti patří mezi nejvyužívanější typ oběhových čerpadel.

Mezi nejpřednější výrobce oběhových čerpadel patří dánská firma Grundfos, která nabízí moderně designované výrobky vybavenými nejnovějšími technologiemi, jako např. propojení s mobilní aplikací nebo automatickému přizpůsobení se daným podmínkám.

Dalším světoznámým výrobcem je německá firma Wilo.

V této bakalářské práci bude řešen návrh oběhového čerpadla, které bude splňovat dané parametry a požadavky vyplývající z analýzy současného trhu. Protože se jedná o zařízení, které je důležité zejména svojí funkcí, bude řešen design zejména části s displejem a ovládacím panelem – samotné tělo čerpadla musí zůstat zachováno kvůli funkci.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Designérská analýza

#### 2.1.1 Grundfos Magna 1

Firma Grundfos se od svých konkurentů odlišuje ojedinělým moderním designem.

Design čerpadla Magna 1 (Obr. 2-1) elegantně spojuje funkční a vizuální stránku produktu. Vedle zachování kruhového tvaru podporující funkční část čerpadla je využita tvarová odlišnost v prostoru displeje, na kterém je umístěno logo.

Digitální displej kruhovitěho tvaru s osmi osvětlenými indikátory pro snadné nastavení čerpadla dodává celkovému vzhledu moderní a jednoduchý design.

Kombinace červené a černé barvy je takřka nesmrtelná a stále moderní, navíc čerpadlu dodávají jakýsi tvrdší ráz.

Čerpadlo umožňuje řízení jak na konstantní, tak na kolísavý tlak, a je určeno k cirkulaci kapalin v otopných soustavách s proměnným průtokem. Disponuje nízkou spotřebou elektrické energie a nízkou hlučností. [1]



Obr. 2-1 Oběhové čerpadlo Grundfos Magna 1 [1]



## 2.1.2 Grundfos Alpha2 L

Stejně jako u většiny typů čerpadel dánské firmy Grundfos, i u této řady je využito moderního designu, který tuto firmu výrazně odlišuje od ostatních (Obr. 2-2).

Při zachování kruhového průřezu, který následuje funkci čerpadla, je tento produkt svým charakteristickým způsobem odlišný od jiných produktů. Napojení armatur na tělo čerpadla je uloženo v pouzdře, které tak činí design čistším a jednodušším. Použitá textura navíc podtrhuje dojem, že se jedná o ryze technický produkt, který nebude užíván v obytných prostorách domácností. Nevýhodou tohoto krytu však může být těžší přístup k tělu čerpadla při jeho možné poruše.

Na displej není využito příliš velké plochy, přesto jsou zde přehledně situovány všechny symboly a informace potřebné pro uživatele. V jeho horní části je umístěno logo firmy.

Stejně jako u většiny čerpadel této firmy je využito vhodné kombinace barev – červené s černou.

Čerpadlo je vybaveno funkcí AUTOadapt, která zajišťuje autonomní práci čerpadla, kdy na základě provozních podmínek automaticky přizpůsobuje svůj výkon. [2]



**Obr. 2-2** Oběhové čerpadlo Grundfos Alpha2 L [2]

### 2.1.3 Grundfos Alpha1 L

Čerpadlo nahrazující předchozí typ stejné generace Alpha2 L. Tato inovace s sebou přináší vylepšení po technické a funkční stránce, a kromě toho i nový, razantně odlišný design (Obr. 2-3).

U novějšího typu generace Alpha bylo využito ostřejšího tvarování. Namísto kruhového průřezu zde byla využita čtvercová plocha. Ta se stává zajímavější díky vykrojeným rohům a čerpadlo tak získává dynamičtější ráz.

Displeje v tomto případě není využito, nachází se zde pouze pět symbolů a pět barevných kontrolek. Těchto kontrol a jejich kombinací je využito i při některém z chybových hlášení. Horní a spodní část displeje je využita pro logo a nápis informující o typu čerpadla. V pravé části se nachází QR kódy pro snadnější a rychlejší vyhledání návodu.

Barevnost čerpadla byla zachována, červená však byla zredukována do pouhého pruhu na přední části, který má čistě dekorativní funkci.

Čerpadlo Alpha1 L je vhodné jako náhrada starých, poškozených čerpadel díky nenáročné instalaci. [3]



Obr. 2-3 Oběhové čerpadlo Grundfos Alpha1 L [3]

## 2.1.4 Salmson Priux Home

Francouzská firma Salmson, která se věnuje kromě výroby čerpadel také automobilnímu a leteckému průmyslu, přišla s modelem čerpadla Priux Home (Obr. 2-4).

Tvarově je řešeno kombinací kruhového průřezu a plochou obdélníkového tvaru ve vrchní části, na kterém je umístěno logo.

Je zde využito digitálního LED displeje, který zobrazuje okamžitou spotřebu, v kombinaci s regulátorem otáček, který se obsluhuje manuálně. Displej však může působit nepřehledně a zmatečně kvůli velkému množství symbolů na malém prostoru.

Vzhled oběhového čerpadla řady Priux Home působí na první pohled retro dojmem díky kombinaci červené a smetanově bílé barvy. Celkový design příliš neodpovídá technické funkci čerpadla.

Čerpadlo se hodí na různá průmyslová zařízení, klasické otopné soustavy nebo plynové kotle. [4]



**Obr. 2-4** Oběhové čerpadlo Salmson Priux Home [4]

## 2.1.5 Wilo Yonos Maxo

Čerpadla od německé značky Wilo se od ostatních čerpadel odlišují zejména svým tvarem.

Pro umístění displeje a ovládacího panelu je využito obdélníkové plochy s ostrými hranami, na kterou navazuje klasický kruhový průřez čerpadla (Obr. 2-5).

Na displej je využita pouze část volného prostoru, zbytek je tvořen čistou plochou s logem. Čerpadlo disponuje poruchovou kontrolkou a displej umožňuje zobrazování dopravní výšky a chybových hlášení.

Zvolenými barvami jsou bílá, modrozelená a černá. Tato kombinace působí na pohled klidně a moderně.

Na čerpadle Yonos je využito kombinace manuálního a automatického ovládání. Mezi manuální funkce patří nastavování provozního režimu, výkonu čerpadla a otáček (je umožněno nastavení třech stupňů otáček). Automatickými funkcemi je potom přizpůsobování výkonu v závislosti na provozním režimu nebo funkce odblokování. [5]



Obr. 2-5 Oběhové čerpadlo Wilo Yonos Maxo [5]

## 2.1.6 Wilo Star-Z NOVA T

Náhradou staršího modelu Wilo Star 15 je nový model Wilo Star-Z NOVA T (Obr. 2-6).

I u tohoto čerpadla firma Wilo zachovala hranatý tvar, tentokrát je využito čtvercové plochy. Větší část kruhové části je uschována v krytu, na kterém je připevněn displej.

LC displej zajišťuje rychlé a přehledné podávání informací. Pod samotným displejem se nachází otočné kolečko pro nastavování některých funkcí čerpadla, vedle kolečka je umístěno logo firmy.

Je zvolena černá barva, která jeho vzhled dělá jednoduchým a je vhodná do prostředí, do kterého je čerpadlo určeno. S černou barvou kontrastuje zelenomodré otočné tlačítko.

Čerpadlo je stejně jako jiná novější čerpadla vybaveno síťovým kabelem, který zajišťuje snadné připojení k otopné soustavě bez použití nářadí. Disponuje extrémně nízkým příkonem, díky kterému dokáže čerpadlo uspořit až 80 % elektrické energie. [6]

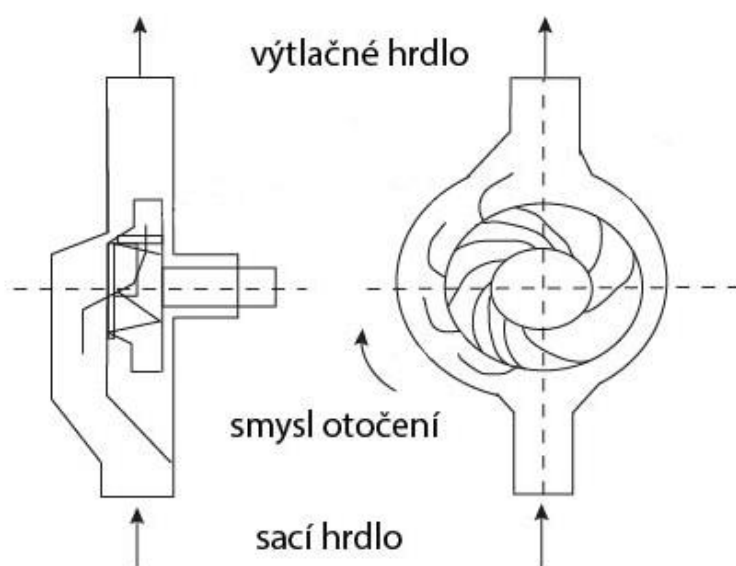


**Obr. 2-6** Oběhové čerpadlo Wilo Star-Z NOVA T [6]

## 2.2 Technická analýza

### 2.2.1 Funkce čerpadel

Oběhová čerpadla jsou využívána k vytápění interiérů nebo k cirkulaci teplé vody. Jejich funkcí je doprava látky nesoucí teplo od jeho zdroje až po otopná tělesa. Elektrická energie, která je do čerpadla přiváděna, je přeměňována na energii kinetickou, jež způsobí roztočení lopatek vyvolávajících odstředivou sílu v čerpadle, a tím vytlačují vodu do potrubí (Obr. 2-7).



Obr. 2-7 Schéma oběhového čerpadla [7]

Při návrhu čerpadla je nutné znát tzv. charakteristiku čerpadla. Ta je udána závislostí dopravní výšky (dopravního tlaku) v m (kPa) na průtoku v  $l \cdot s^{-1}$  nebo  $m^3 \cdot hod^{-1}$ .

Charakteristiku sítě udává tlaková ztráta sítě a objemový průtok a lze ji vyjádřit funkcí

$$\Delta p = C \cdot V^n,$$

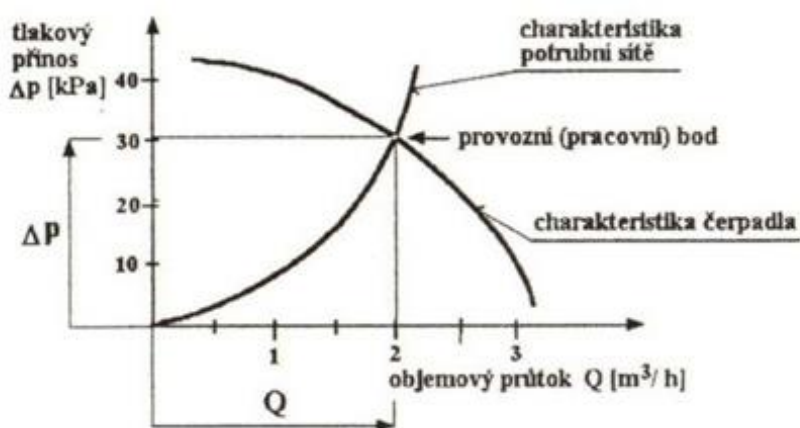
kde	$\Delta p$	tlaková ztráta sítě
	C	konstanta charakteristiky sítě (měrný hydraulický odpor)
	V	objemový průtok
	n	exponent v rozmezí 1,8 až 2,0

Pro výpočty v praxi je potrubní charakteristika definována parabolou vycházející z počátku, kde  $n = 2$ . [12]

Stejně jako charakteristiku sítě i charakteristiku čerpadla lze vyjádřit křivkou. Protnutím těchto křivek vzniká tzv. pracovní (provozní) bod čerpadla.

Pracovní bod čerpadla (Obr. 2-8) vyjadřuje:

- objemový průtok
- tlakový přínos = tlaková ztráta
- u soustav s konstantním průtokem je provozní bod na stejném místě [7]



Obr. 2-8 Graf charakteristiky potrubní sítě a charakteristiky čerpadla [8]

## 2.2.2 Dělení oběhových čerpadel

Oběhová čerpadla dělíme na:

- mokroběžná
- suchoběžná

V této bakalářské práci bude řešen design mokroběžného oběhového čerpadla, proto je zde uveden zejména podrobný popis tohoto typu čerpadel.

Mokroběžná čerpadla

Mokroběžná čerpadla (Obr. 2-9) jsou v současné době nejpoužívanějšími čerpadly, a to i přes jejich nízkou účinnost. Je tomu tak hlavně proto, že velcí a spolehliví výrobci nenabízí jiné alternativy.

Nejčastěji jsou využívána mokroběžná čerpadla s asynchronním motorem v in-line provedení. In-line provedení má sací i výtlačné hrdlo pootočeno o 180 °, tedy ve stejném směru, v jakém jsou montována do potrubí.

Princip mokroběžných čerpadel spočívá v ponoření rotoru elektromotoru do dopravované vody. Rotor je od statoru oddělen dělicí trubkou. U tohoto typu čerpadel není zapotřebí chlazení motoru ventilátorem, jelikož je zajištěno samotnou proudící vodou. Absence ventilátoru navíc snižuje hlučnost čerpadla.

Mazání ložisek je zajištěno vodou.

Kromě toho je jejich konstrukce oproti suchoběžným čerpadlům podstatně snazší.

Mokroběžná čerpadla dále dělíme na čerpadla se stupňovitou regulací otáček a na čerpadla s plynulou elektronickou regulací. Rozdíl mezi těmito typy čerpadel spočívá v mechanickém a elektronickém nastavování požadovaných otáček.

Čerpadla se stupňovitou regulací otáček jsou vyráběna ve více typech, podle tohoto typu má pak uživatel možnost nastavení dvou až čtyř poloh otáček. Tyto stupně nastavení ovlivňují výkon a příkon čerpadla ve wattech.

Z důvodu potřeby mechanického nastavování je tento typ čerpadel vhodný převážně do soustav, ve kterých je čerpané množství konstantní nebo pouze slabě kolísá.

Požadavky na vytápění se mění s ohledem na část dne a roku a jsou proměnlivé v závislosti na venkovní teplotě, přijatém teplu z oslunění a spotřebičů aj.

Možnost uzavírání a škrcení termostatických ventilů (armatur), kterými jsou otopná tělesa opatřena, umožňují různý průtok. Potřeba nižšího výkonu má za následek vzestup diferenčního tlaku. V důsledku tohoto nárůstu se pak čerpadlo stává hlučnějším.



Obr. 2-9 Mokroběžné oběhové čerpadlo Wilo Stratos Pico [9]



U čerpadel s plynulou elektronickou regulací je přizpůsobení výkonu čerpadla zajištěno integrovaným systémem řízení. Jestliže se armatury uzavřou, tzn. že potřeba tepla klesá, dojde k automatickému přizpůsobení otáček. Tento druh čerpadel navíc může obsahovat i teplotní snímač vody, který na základě teploty vody dokážou přepínat mezi normálním a nočním redukováním režimem.

Využívají se v takových soustavách, kde průtok kolísá.

Díky tomuto typu čerpadel dochází k úsporám elektrické energie. Další výhodou je malá hlučnost při jejich provozu. [10]

### 2.2.3 Požadavky na oběhové čerpadlo

Mezi základní požadavky zákazníků na oběhová čerpadla patří spolehlivost a životnost, nízká hlučnost, vysoká účinnost a nízká spotřeba elektrické energie. [11]

Poslední zmiňované se v poslední době stává stále více populárním, neboť oběhová čerpadla otopných soustav spotřebují v Evropě až 4 % vyrobeného proudu. Jedno a dvou generační domy, ve kterých jsou instalována čerpadla s výkonem menším než 150 W, spotřebují jednu polovinu zmiňovaného množství. [12]

Z tohoto důvodu byla Evropským parlamentem a Radou Evropské unie v roce 2005 schválena směrnice EuP 2009/125/ES (z anglického originálu Energy using Products). V platnost vstoupila v roce 2009. Je známá také pod názvem Směrnice o ecodesignu, jelikož stanovuje požadavky na tzv. ecodesign energetických spotřebičů. Díky této směrnici by výrobci měli zlepšit energetickou účinnost jimi vyrobených produktů a snížit jejich dopad na životní prostředí.

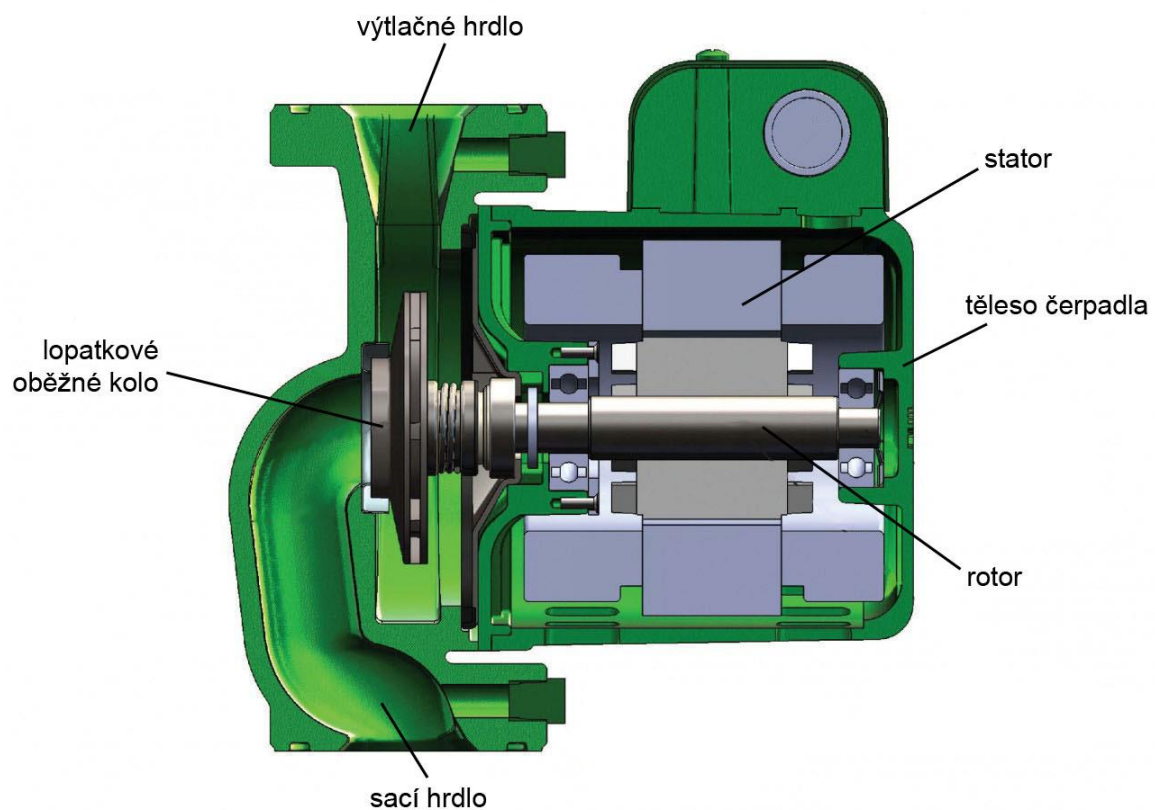
Vztahuje se na veškeré průmyslové výrobky, televize, počítače, kotle, čerpadla aj., kterých se v rámci Evropské unie prodá více jak 200 000 kusů za údobí jeden rok. [13]

Tyto produkty jsou dle své energetické náročnosti rozděleny do energetických tříd označených písmeny A až G, přičemž A jsou výrobky s nízkou spotřebou energie, G potom ty s vysokou spotřebou energie. [14]

## 2.2.4 Části oběhového čerpadla

Oběhové čerpadlo je tvořeno částmi (Obr. 2-10):

- těleso čerpadla – těleso čerpadla je opatřeno sacím a výtlačným hrdlem, které slouží k připojení čerpadla k rozvodu, vedle této funkce také slouží k usměrnění proudící vody
- lopatkové oběžné kolo s hřídelí – oběžné kolo je spojeno s hřídelí a roztáčí jej elektromotor, jeho funkcí je udělování kinetické energie čerpané vodě
- elektromotor – úlohou elektromotoru je pohánění hřídele lopatkového kola
- ovladač – slouží k ovládání otáček
- kryt – svorkovnice přívodního kabelu, svorkovnice od připojení termostatu, regulační elektronika a pojistka [15]



Obr. 2-10 Schéma oběhového čerpadla (upraveno) [15]

## 2.2.5 Ovládání a displej

Ovládání oběhových čerpadel bývá řešeno třemi způsoby. U starších a klasičtějších typů se setkáváme s pouhým otočným ovladačem (Obr. 2-11), nové typy nabízejí možnost ovládání díky dotykovým tlačítkům či kombinaci zmiňovaných. Výhodou dotykových tlačítek je menší prostorová náročnost a modernější design.

Dotykových tlačítek bývá využito v kombinaci s digitálními LCD (Obr. 2-12) zobrazujícími potřebné informace, např. stupně otáček.

Počet tlačítek závisí na vybavení čerpadla, tedy funkcích, které čerpadlo nabízí. Některá čerpadla zobrazují pouze stupně otáček a dopravní výšku, jiná disponují různými kontrolkami a piktogramy symbolizujícími ovládání nadstavbových funkcí čerpadel.

Od tvarování a designu displeje se potom odvíjí velká část celkového designu čerpadla.



Obr. 2-11 Digitální displej s otočným tlačítkem čerpadla Wilo Yonos Maxo [2]



Obr. 2-12 Dotykový displej čerpadla Grundfos Alpha2 [16]

## 2.2.6 Regulace čerpadel

Za účelem úspory elektrické energie bývají do moderních oběhových čerpadel instalovány regulátory umožňující řadu způsobů šetření energie jako:

- regulace změnou otáček (mechanicky ovladačem, elektronickou regulací)
- regulace škrcením nebo obtokem
- regulace na konstantní nebo variabilní dopravní tlak
- regulace podle teploty

### Regulace změnou otáček

Nejběžnější regulací je regulace prostou změnou otáček, dále jsou pak na trhu k dostání čerpadla s elektronickou regulací otáček. Výhodou tohoto typu regulace je splnění požadované hodnoty dopravního tlaku a průtoku při dané změně výkonu.

### Regulace škrcením nebo obtokem

Při regulaci škrcením je čerpadlo nuceno pracovat s vyšším dopravním tlakem a tento přebytečný tlak se následně spotřebovává na regulačních armaturách.

V případě regulace obtokem je instalováno další potrubí vedoucí paralelně s čerpadlem. Dopravované médium se rozdělí na část protékající tímto obtokem a na část pokračující do otopné soustavy.

### Regulace na konstantní nebo variabilní dopravní tlak

Tento způsob regulace bývá instalován zejména kvůli vysoké hlučnosti způsobené zvýšením dopravního tlaku uzavřením radiátorových ventilů. Jedná se o regulaci tlakové difference  $\Delta p$  buď pomocí konstantního tlaku ( $\Delta p - c$ ), kdy  $c$  – konstantní nebo pomocí variabilního tlaku ( $\Delta p - v$ ) kdy  $v$  – variabilní.

### Regulace podle teploty

Regulace vyjádřená jako ( $\Delta p - T$ ) se využívá zejména u kondenzační techniky. Dochází při ní k řízení tlakové diferenciace v závislosti na teplotě. [12]

Firma Grundfos v nedávné době přišla se systémem AUTOadapt, který umožňuje autonomní řízení čerpadla podle potřeby příslušné otopné soustavy. Jedná se o zatím nejmodernější systém řízení čerpadel. [17]

## 2.2.7 Výrobní materiály

V následující tabulce jsou uvedeny materiály použité na výrobu jednotlivých typů čerpadel značek Wilo a Grundfos. Tyto materiály patří mezi nejpoužívanější i u jiných výrobců.

Tab. 2-1 Použité materiály na vybrané typy čerpadel firmy Wilo [83]

	těleso čerpadla	oběžné kolo	hřídel	ložiska
Varios PICO	šedá litina EN-GJL-200	plast	korozivzdorná ocel	karbon, impregnovaný kov
Yonos MAXO	šedá litina EN-GJL-200	plast	korozivzdorná ocel	karbon, impregnovaný kov
Stratos	šedá litina s kataforickým povlakem	plast	korozivzdorná ocel	karbon, impregnovaný kov
Star-RS	šedá litina	plast	korozivzdorná ocel	karbon, impregnovaný kov
Top-S	šedá litina	plast	korozivzdorná ocel	karbon, impregnovaný kov
Star-Z NOVA	mosaz	plast	keramika	karbon, syntetická impregnovaná pryskyřice
Stratos PICO-Z	korozivzdorná ocel	plast	korozivzdorná ocel	karbon, syntetická impregnovaná pryskyřice
Stratos-Z	červená mosaz	plast	korozivzdorná ocel	karbon, syntetická impregnovaná pryskyřice
Star-Z	bronz, korozivzdorná ocel	plast	keramika	karbon, syntetická impregnovaná pryskyřice

Tab. 2-2 Použité materiály na vybrané typy čerpadel firmy Grundfos [19] [20] [21] [22]

	těleso čerpadla	oběžné kolo	hřídel	ložiska
Magna1	litina, korozivzdorná ocel	PES	keramika, korozivzdorná ocel	korozivzdorná ocel
Magna3	litina, korozivzdorná ocel	PES	keramika, korozivzdorná ocel	korozivzdorná ocel
Alpha1	litina, korozivzdorná ocel	kompozit PP nebo PES	keramika	keramika
Alpha2	litina, korozivzdorná ocel	kompozit PP nebo PES	keramika	keramika

## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Dnes běžně vyráběná oběhová čerpadla se potýkají s několika základními problémy. Jedná se o tvarovou neoriginalitu nebo naopak přílišné přetvarování, nečitelnost displeje nebo nepřehledné ovládání.

#### 3.1.1 Tvarové řešení

Protože se oběhová čerpadla řadí mezi takové průmyslové výrobky, se kterými se manipuluje pouze při instalaci nebo reinstalaci, není ergonomické hledisko při návrhu tohoto výrobku příliš podstatné. Oběhové čerpadlo je téměř ryze technická záležitost, jejíž tvar následuje hlavně jeho funkci, proto nelze provádět větší tvarové úpravy samotného tělesa čerpadla.

#### 3.1.2 Displej

Hlavním problémem designu oběhového čerpadla je displej, resp. displejová část. Většina výrobců disponuje na trhu takovými čerpadly, která lze instalovat jak ve vodorovné, tak ve svislé poloze. Problém ale nastává v takové chvíli, kdy je čerpadlo instalováno vodorovně, protože primární poloha všech výrobců je ta svislá. V takovém případě tedy dochází k nepřirozenému otáčení hlavou uživatele, pokud si chce např. přečíst uvedené údaje.

#### 3.1.3 Ovládání

Jak již bylo uvedeno v technické analýze, ovládání bývá řešeno buď otočným ovladačem, dotykovými tlačítky, nebo kombinací těchto dvou způsobů.

Při používání otočného ovladače může dojít k nesprávnému vymezení požadované polohy přetočením nebo nedotočením ovladače do příslušné pozice.

Dotyková tlačítka mohou být nepřesná, pokud jich je na menším prostoru příliš mnoho, navíc může docházet ke špatnému kontaktu, tzn. že při dotyku uživatele tlačítko nereaguje. Tento problém však může nastat u veškerých zařízení, kde je využito dotykové plochy, proto je v současné době technicky dobře řešen a dochází k němu jen zřídka. V designérské oblasti navíc dotyková tlačítka působí modernějším a čistším dojmem.

## 3.2 Analýza, interpretace a zhodnocení poznatků z rešerše

Z technické a designérské analýzy vyplývají určité nedostatky v řešení stávajících čerpadel. Hlavním takovým nedostatkem je nečitelnost displeje. Z tohoto důvodu by bylo vhodné na čerpadle využít otočného displeje, resp. části s displejem, kdy si uživatel bude moci otočit displejem o libovolný úhel. Některá stávající čerpadla sice umožňují toto otočení displeje, avšak jedná se o zbytečně komplikovaný proces, kdy uživatel musí odšroubovat celý kryt čerpadla a možnost otočení je pouze v 90° intervalech.

Dalším častým problémem u těchto výrobků bývá nepřehlednost displeje nebo nejasnost uvedených symbolů, z čehož potom plyne ztížené ovládání pro technické méně zdatné uživatele.

Často se také setkáváme se vzhledem, který příliš nezapadá do daného prostředí, je zvolena nevhodná barevnost nebo tvarování.

## 3.3 Cíle práce

Na základě analýzy problémů byly stanoveny hlavní cíle práce:

- větší pohodlí při práci s čerpadlem
- čitelnost displeje
- pohodlí při instalaci a ovládání čerpadla
- přehlednost uváděných údajů a symbolů
- jasná a zřetelná obsluha čerpadla.

## 3.4 Cílová skupina

S instalací oběhových čerpadel se setkáváme v takových domácnostech, které využívají teplovodních topných systémů, jichž je oběhové čerpadlo nedílnou součástí, tedy rodinné a bytové domy. Dále se s čerpadly setkáváme i v průmyslových aplikacích.

Cílovou skupinu tedy tvoří:

- obyvatelé těchto domů a bytů
- zaměstnanci a obyvatelé průmyslových staveb.

### 3.5 Základní parametry a legislativní omezení

Základní parametry jsou udány zadáním bakalářské práce. Navržené oběhové čerpadlo bude napájeno 230 V, připojení bude řešeno jak přírubou, kdy DN 40, tak šroubením, kdy DN 32. Stavební délka čerpadla bude 250 mm pro přírubu a 180 mm pro šroubení. Dopravní výška bude do 12 m a průtok do 25 m<sup>3</sup>/h.

Výroba čerpadla je omezena směrnicí EuP 2009/125/ES, která vstoupila v platnost v roce 2009. Více viz kapitola 2.2.3 Požadavky na oběhové čerpadlo.

### 3.6 Použité výrobní technologie, možný trh a cena

Na výrobu těl oběhových čerpadel bývá využíváno technologie odlévání. Tato technologie umožňuje zhotovit výrobky poměrně složitých tvarů, kterých bychom např. pomocí obrábění nebo svařování nebyli schopni dosáhnout.

Výroba plastového krytu probíhá pomocí technologie vstřikování plastů.

Na trhu tento výrobek nabývá uplatnění u instalatérských firem či u osobního výběru laického uživatele.

Cena čerpadel s podobnou výbavou, rozměry a jinými parametry jako navrhované čerpadlo se pohybuje v rozmezí 2 500 Kč až 10 000 Kč. Pro konkrétní navrhované čerpadlo je cena odhadována asi na 5 000 Kč. Tato cena se odvíjí od nabízených funkcí, použitých technologií (LCD) a ceně výroby.



## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Vybrané varianty se zabývají převážně tvarovým řešením přední části. Část čerpadla se sacím a výtlačným hrdlem by se neměla příliš odlišovat od tvarování, které je použito u jiných čerpadel, a to kvůli funkčnosti. U této části lze pracovat pouze s detaily, které navrhované čerpadlo budou odlišovat od již existujících.

Při navrhování bylo zohledňováno uspořádání displeje a části pro ovladače a některé grafické prvky, jako např. logo. Dále byla brána v potaz ergonomie ovládání a také celkové tvarové zaujetí.

## 4.1 Varianta I

Varianta I (Obr. 4-1) využívá ploch kruhovitého tvaru v různých velikostech a umístění jejich středů v odlišných bodech. Kombinací rozpůlených dvou kruhů různých průměrů a odlišného umístění středů vzniká plocha pro umístění displeje a části sloužící k úschově potřebné elektroniky. Toto tvarování podporuje funkci čerpadla, tedy cirkulaci otopného média.

Displej je řešen odsazením od menšího z kruhů, přičemž je zachován společný střed.

Pro umístění ovladačů potom může být využito volné plochy vzniklé na větším z kruhů nebo mohou být umístěna přímo v ploše displeje.

Vzniklá odsazení mohou sloužit k usnadnění otáčení displeje, když si o ně člověk zapře prsty, kterými displejem, resp. celou částí, na které je displej umístěn, otáčí. Hrany tohoto odsazení jsou výrazně zaobleny pro ergonomicky pohodlný úchop při otáčení displeje, plocha se pak svažuje směrem dozadu.



Obr. 4-1 Perspektivní a čelní pohled varianty I

## 4.2 Varianta II

Druhá varianta (Obr. 4-2) se výrazně odlišuje tvarovým řešením displeje. Polovina čelní části nenasazuje na funkční část čerpadla, jedná se o obdélník, jehož jedna strana je využita pro umístění ovladačů, tlačítek a grafiky, druhá část potom plynule přechází v kruhový tvar, který navazuje na funkční část čerpadla.

Tvar a umístění displeje byly ponechány stejné jako u varianty I z důvodu nejlepší čitelnosti a celkovému vyznění.

Část ve tvaru obdélníka je mírně zahnutá směrem k hrdlům čerpadla. Toto zahnutí slouží jako ergonomický prvek, kdy si uživatel při dotyku tlačítek palcem opře zbývající prsty z druhé strany displeje. Kromě toho slouží k lepšímu uchycení při požadování změny polohy displeje. Stejně jako u předchozí varianty jsou hrany řešeny poměrně výrazným zaoblením, které dělá úchop pohodlnějším.



Obr. 4-2 Perspektivní a čelní pohled varianty II

### 4.3 Varianta III

Varianta III (Obr. 4-3) svým tvarem působí dynamičtěji než u prvních dvou variant. Je tomu tak díky ploše ve tvaru lichoběžníku, která svým tvarem a umístěním podporuje funkci cirkulace vody. Tato část může sloužit buď k umístění ovladačů, grafických prvků nebo může sloužit k úchopu pro otočení displeje.

V tomto případě je displej řešen kruhovým tvarem, stejně jako u varianty I a II. Následuje tak funkční část čerpadla, tedy jeho samotné tělo. Displej je řešen odsazením od kruhové plochy, na které je umístěn.

Z hlediska ergonomie může zvolený vystupující prvek sloužit k „zaháknutí“ dlaně pro otočení displeje směrem doleva, naopak pro otočení doprava si uživatel může dlaň opřít o svažující se část jedné ze stran lichoběžníkové plochy.



Obr. 4-3 Perspektivní a čelní pohled varianty III

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Pro konečný návrh oběhového čerpadla byla vybrána varianta I.

### 5.1 Tělo čerpadla

Samotnému tělu čerpadla charakteristickému sacím a výtlačným hrdlem je ponecháno již zažité tvarování. Je tomu tak z hlediska nejlepší funkčnosti a vzhledu, který uživateli při prvním pohledu napoví, o jaký produkt se jedná. Na kruhový průřez navazuje čtvercová plocha s identickou délkou strany, jako je průměr kruhu. Čtverec má zaoblené rohy pro změkčení vzhledu a většímu bezpečí při manipulaci, dále je plocha doplněna drážkami, které jsou zde spíše jako estetický detail než kvůli funkci.

### 5.2 Tvar displejové části

Mezi hlavní důvody tohoto výběru patří tvarování, které svým kruhovým vzhledem podporuje funkci čerpadla, tedy cirkulaci teplotnosného média. Navíc navazuje na funkční tvarování. Vnější půlkruhová plocha dodává vzhledu na dynamice a činí jej tak designérsky zajímavějším. Kromě toho se tak vytváří plocha vhodná pro umístění ovladačů nebo loga firmy.

V prostoru vytvořeném za touto odsazenou plochou se nachází místo pro elektroniku důležitou pro chod čerpadla.

### 5.3 Ovladače a tlačítka

Během vytváření finálního produktu byly navrženy tři varianty pro umístění a tvar tlačítek (Obr. 5-1).

V prvním případě je využito třech identických tlačítek umístěných na ploše displeje. Mají tvar úzkého obdélníku se zaoblenými rohy. První z tlačítek slouží k nastavení potřebných otáček, druhé potom pro zapnutí funkce automatického nastavení otáček, posledním tlačítkem si uživatel může nastavit volbu proporcionálního nebo konstantního tlaku. Tlačítka jsou umístěna v řadě za sebou a svým vodorovným postavením narušují celkové tvarování čerpadla, které je převážně kruhového a celkově výrazně zaobleného tvaru.

Na druhém návrhu jsou umístěna pouze dvě tlačítka, rozdíl v ovládání oproti předchozímu případu nastává v tom, že automatické nastavení otáček bude voleno stejným tlačítkem jako samotné otáčky.

Tlačítka mají tvar elipsy volně přecházející v linii kopírující tvar displeje a jsou si navzájem symetrická. Všechny rohy jsou mírně zaobleny, takže tlačítka působí méně agresivně.

Třetí varianta se od prvních dvou odlišuje v umístění tlačítek, pro které bylo využito plochy vzniklé odsazením dvou kružnic.

Tlačítka jsou tři a jejich funkce je stejná jako u prvního návrhu. Mají tvar elipsy a jsou umístěny vodorovně pod sebou, čímž jemně narušují centrální směřování celkového tvaru. Poslední tlačítko je umístěno v dostatečné výšce, aby nedocházelo k jeho nechtěnému stisknutí při otáčení displejem.

Ze všech tří návrhů byl nakonec zvolena první návrh.

Druhá možnost byla vyloučena kvůli přílišné velikosti tlačítek, u třetí alternativy docházelo k „odstrčení“ tlačítek od displeje, přičemž by docházelo ke zbytečné nepřehlednosti v postupu stisknutí tlačítka a objevení se příslušného symbolu na displeji.



Obr. 5-1 Navrhované pozice tlačítek vybrané varianty I

## 5.4 Displej

Displej je řešen jako menší odsazená plocha od základní kruhové plochy. Oproti jiným variantám více experimentujícím s jeho tvarováním se jedná o čistou nerušenou plochu, která dodává celkovému designu ucelený vzhled. Kromě toho je takto vzniklá plocha největší možná, což je pozitivní pro přehlednost informací, které bude displej zobrazovat.

Na následujícím obrázku jsou zobrazeny všechny tři navrhované možnosti, první z nich je finální.



Obr. 5-2 Navrhované tvary displejů vybrané varianty I

## 5.5 Otáčení displeje

Otáčení displeje je umožněno díky mechanismu nacházejícímu se mezi statickou a rotační částí. Na statické části se nachází drážka se třemi různě velkými dírami rozmístěnými po obvodu. Pohyblivá část je vybavena třemi velikostně odpovídajícími aretačními prvky, které po správném nastavení přesně zapadají do děr na protějším kusu (Obr. 5-3). Díky zarážce lze s přední částí čerpadla libovolně pohybovat a díky rozdílným velikostem děr nedojde k uvolnění až do otočení o 360°. Vůle těchto dílů je dostatečně malá natolik, aby nedošlo k samovolnému otáčení displeje.



Obr. 5-3 Díry na aretační prvky na nepohyblivém a aretační prvky na pohyblivém dílu

## 5.6 Konektor

U novějších typů čerpadel se setkáváme s jednoduchým způsobem připojení a odpojení elektrického kabelu. Toto připojení je umožněno díky konektoru, který bývá dodáván spolu s konkrétním čerpadlem.

Navržený konektor je vybavený pojistkami, které zajistí bezpečné napojení. K aktivaci těchto pojistek dochází po stisknutí dvou větších plošek, které jsou se zmiňovanými pojistkami propojeny, a po jejich následovném uvolnění pojistky zapadnou do drážek v protikusu konektoru, který je součástí čerpadla (Obr. 5-4).

Kromě toho se na konektoru nachází těsnění, které zabraňuje možnému úniku vody z čerpadla.



Obr. 5-4 Konektor



## 5.7 Tepelně-izolační kryt

Součástí zadání práce bylo navrhnout tepelně-izolační kryt (Obr. 5-5). Ten má za úkol zabránit ztrátám způsobeným únikem tepla při provozu čerpadla.

Tepelně-izolační kryt se liší pro jednotlivá čerpadla, musí totiž přesně kopírovat tvar těla čerpadla, aby ztráty byly co nejmenší.

Kryty na současném trhu nejsou tvarově příliš zajímavé a na první pohled se téměř neliší.

Navrhovaný tepelně-izolační kryt má čtvercový tvar, který se po malém odsazení v přední části mírně svažuje a přechází do kruhového tvaru, takže přesně přimyká k tělu čerpadla. Zmiňované svažování navíc umožňuje pohodlnou manipulaci s displejem při jeho otáčení i pokud je na čerpadle kryt zrovna nasazený (Obr. 5-6 vpravo).



Obr. 5-5 Tepelně-izolační kryt čerpadla



Obr. 5-6 Tepelně-izolační kryt čerpadla nasazený na čerpadle

## 5.8 Verze s přírubou

V rámci bakalářské práce byla vytvořena i verze s připojením pomocí příruby (Obr. 5-7, 5-8). Tento typ čerpadel bývá instalován do větších budov, protože disponuje větším výkonem.

Celkové rozměry této verze jsou větší než u verze se šroubením, veškeré náležitosti jsou však čerpadlu ponechány.



Obr. 5-7 Přírubová verze čerpadla



Obr. 5-8 Přírubová verze čerpadla s tepelně-izolačním krytem

# 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

## 6.1 Popis

Mokroběžná oběhová čerpadla jsou k dostání ve dvou variantách připojení, a to pomocí příruby a pomocí šroubení. První zmiňované nabývá větších rozměrů, tudíž má větší výkon a hodí se do větších budov.

Výroba čerpadel probíhá nejčastěji pomocí odlévání, tělo bývá nejčastěji z šedé litiny, ale může být použita např. i mosaz.

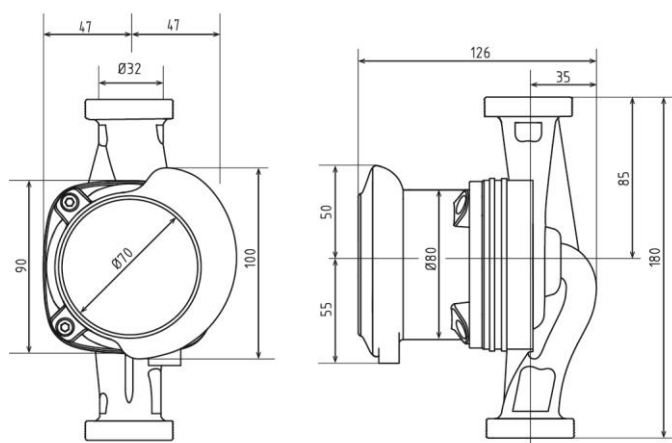
Navrhované čerpadlo je složeno z několika částí, které se spojují buď šrouby nebo pomocí aretačních prvků náležících jednomu kusu, které přesně zapadají do drážek na protějším kusu. Více o tomto složení viz kapitola 6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty.

## 6.2 Rozměrové řešení

Základní rozměrové řešení vychází ze zadání práce, kdy pro šroubení je uvedeno 180 mm a pro přírubu 250 mm.

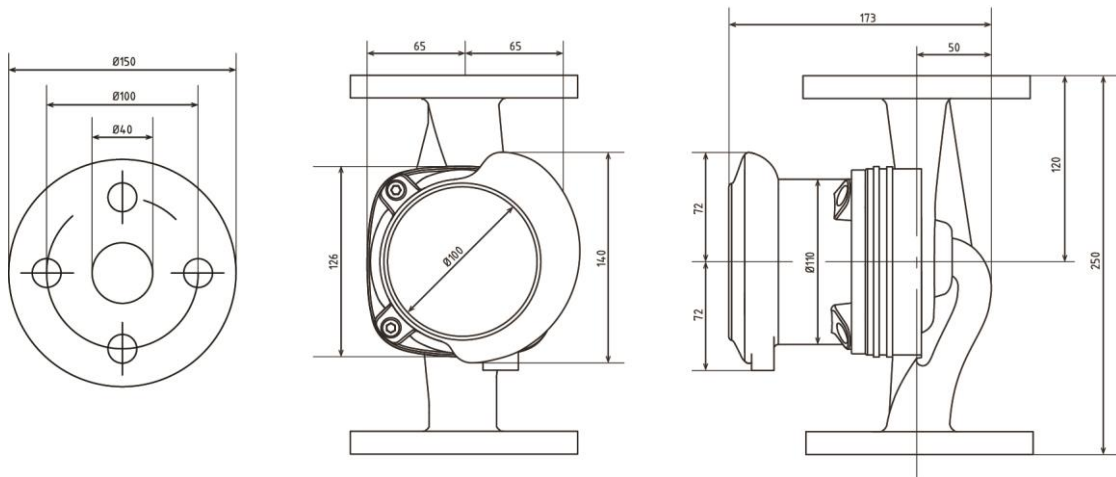
Další rozměry vyplývají až ze samotného procesu navrhování a modelování a jsou uvedeny na následujícím obrázku (Obr. 6-1, 6-2).

M 1:4



Obr. 6-1 Rozměrové řešení čerpadla se šroubením

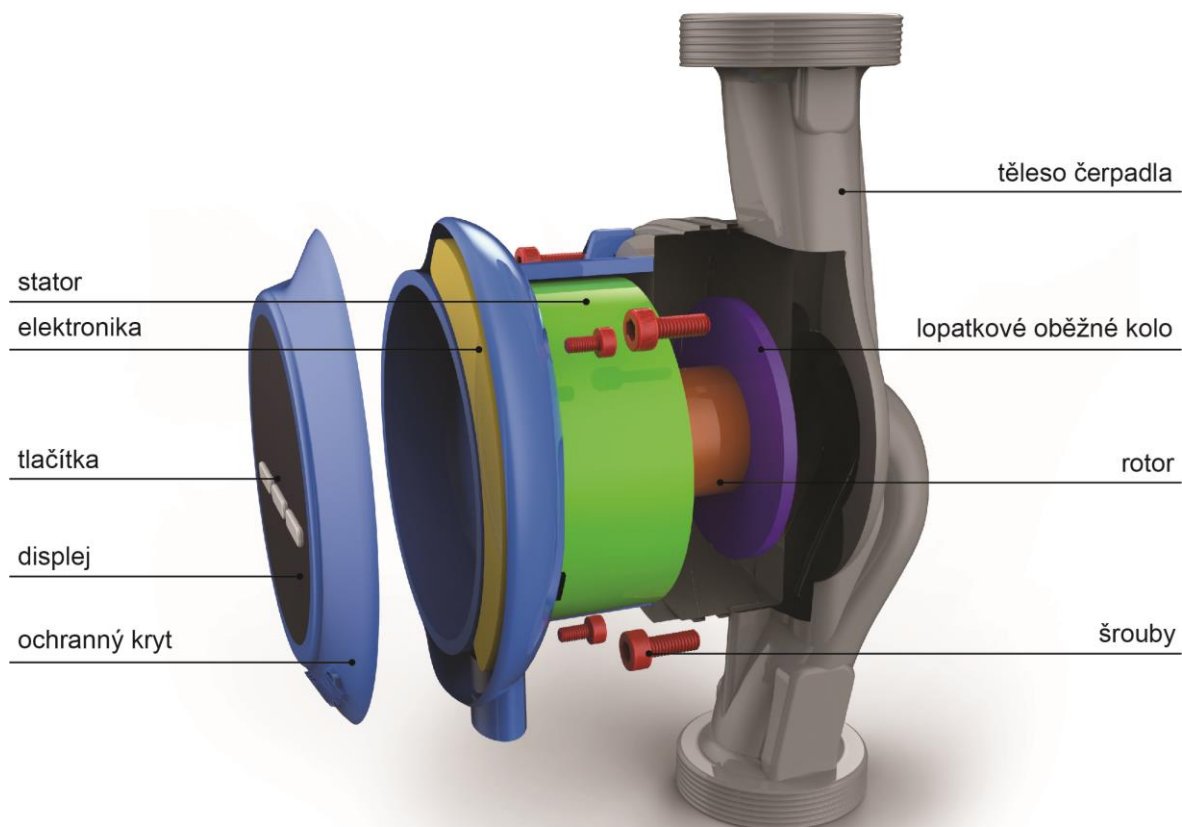
M 1:5



Obr. 6-2 Rozměrové řešení čerpadla s přírubou

## 6.3 Vnitřní mechanismy a komponenty

Komponenty nacházející se uvnitř oběhového čerpadla zajišťující jeho chod jsou zobrazeny na následujícím schématu.



Obr. 6-3 Vnitřní uspořádání komponent

## 6.4 Materiálové řešení a technologie

Zvolené materiály jsou inspirovány nejvíce používanými materiály pro výrobu stávajících oběhových čerpadel.

Pro těleso čerpadla byla po vzoru současných čerpadel zvolena šedá litina EN-GJL – 200. Jedná se o pevný a odolný materiál, který dobře snáší statické zatížení, kterému je čerpadlo vystavováno.

Oběžné kolo, stejně jako u již stávajících výrobků, bude vyráběno z plastu. Bude zvolen PES (polyétersulfon), který se vyznačuje vysokou mechanickou pevností a tuhostí. Tento materiál je dobře zpracovatelný a při styku s vysokými teplotami jej lze obohatit o skelná vlákna. [17]

Vhodným materiálem pro hřídel je korozivzdorná ocel. Při permanentním styku s vodou se spolu s keramikou jedná o dva nejvhodnější materiály.

Další nezbytnou součástí pro správných chod čerpadla jsou ložiska. Pro ta byla zvolena takéž korozivzdorná ocel.

## 6.5 Ergonomie

Z hlediska ergonomie byly na navrhovaném oběhovém čerpadle řešeny vybrané situace, které jsou následně rozvedeny v jednotlivých podkapitolách.

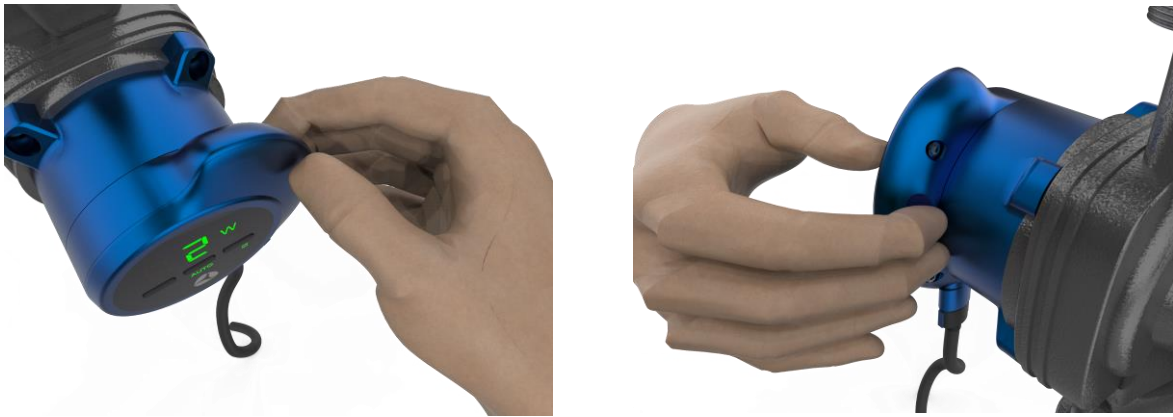
### 6.5.1 Otáčení displeje

Z ergonomického hlediska byl řešen hlavně úchop displejové části při jejím otáčení.

Pravá strana displejové části, která je určena k úchopu kvůli následnému otočení, je řešena příjemným zaobleným tvarem, který se s postupem dozadu mírně svažuje. Uživatel se tak neseťká s nepříjemným tlakem do ruky od ostrých hran.



Obr.6-4 Ergonomie otáčení displeje



Obr. 6-5 Ergonomie otáčení displeje

### 6.5.2 Konektor

Konektor popisovaný v kapitole 5.6 Konektor je z ergonomického hlediska navržený k úchopu dvěma prsty a následnému zasunutí do protikusu připevněnému na čerpadle. Plošky určené ke zmáčknutí, díky kterému dochází k odjištění pojistek, jsou pogumované, takže se uživatel nesetkává s problémem kluzu. Hrany těchto plošek jsou zaoblené, takže nedochází k nepříjemnému tlaku do bříšek prstů.



Obr. 6-6 Stisknutí a zasunutí konektoru

### 6.5.3 Tlačítka

Tlačítka jsou stejně jako předchozí zmiňovaná část čerpadla pogumovaná kvůli zabránění sklouznutí.

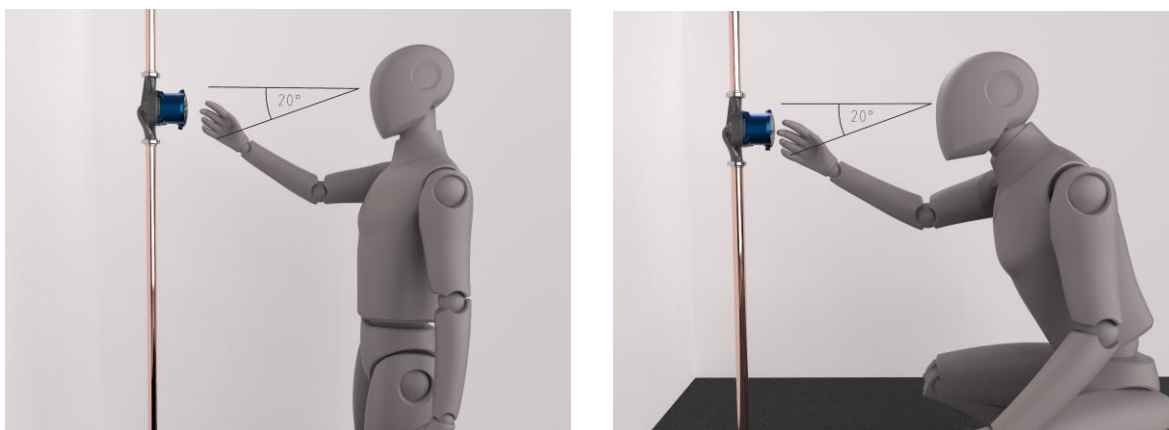


Obr. 6-7 Ergonomie mačkání tlačítek

### 6.5.4 Instalace

Výška instalace oběhových čerpadel bývá individuální, záleží na daném rozvodu.

Při pohledu na samotné čerpadlo je úhel potřebný k přečtení všech informací asi  $20^\circ$ , přičemž maximální zorný úhel ve svislém směru při pohledu dolů bývá udáván  $50^\circ$ , při pohledu nahoru o něco méně kvůli očním víčkům.



Obr. 6-8 Zorné pole uživatele při pohledu na nainstalované čerpadlo



### 6.5.5 Bezpečnost a hygiena

Při běžném provozu uživatel přichází do styku s oběhovým čerpadlem velmi zřídka, a to pouze při instalaci nebo u případných oprav, proto je tento produkt z hlediska bezpečnosti téměř nezávadný. Osoba vykonávající instalaci musí být opatrná při jejím provádění spíše v oblasti celé otopné soustavy, tzn. nesmí zapomenout uzavřít přívod vody atp., samotné čerpadlo by nemělo být ničím nebezpečné.

Z hlediska hygieny je čerpadlo snadno udržovatelné, většina hran je zaoblených, proto je lze snadno otřít, tato činnost však není nezbytně nutná vzhledem k minimálnímu kontaktu s výrobkem.

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

### 7.1 Vlastní barevné řešení

Při výběru barev pro vlastní barevné řešení bylo bráno v potaz hlavně prostředí, ve kterém bude daný výrobek užíván. Jedná se totiž o prostory, ve kterých se setkáváme s určitým znečištěním (např. kotelny). Z tohoto důvodu byla pro samotné tělo čerpadla zvolena černá barva, která je stále moderní barvou hodící se snad ke všem výrobkům a do všech prostředí. V kombinaci s černou barvou byla užita tmavě modrá, která výrobek dělá zajímavějším, než kdyby byl celý černý, zároveň ale nenarušuje záměrné užití neutrálních barev.



Obr. 7-1 Perspektivní a čelní pohled vlastního barevného řešení

### 7.2 Barevné řešení pro konkrétní výrobce

Mezi přední výrobce oběhových čerpadel na současném trhu patří jednoznačně firmy Grundfos a Wilo, dalším poměrně dobře známým výrobcem je tuzemská firma Sigma. Následující barevné varianty sledují stávající barevné kombinace těchto výrobců se záměrem vytvoření nové řady tvořené navrhovaným výrobkem.

Jednotlivé varianty byly navrženy v barvách charakteristických pro daného výrobce a bylo použito jeho stávajícího logotypu.

## GRUNDFOS



Obr. 7-2 Grundfos

WILO



Obr. 7-3 Wilo

SIGMA



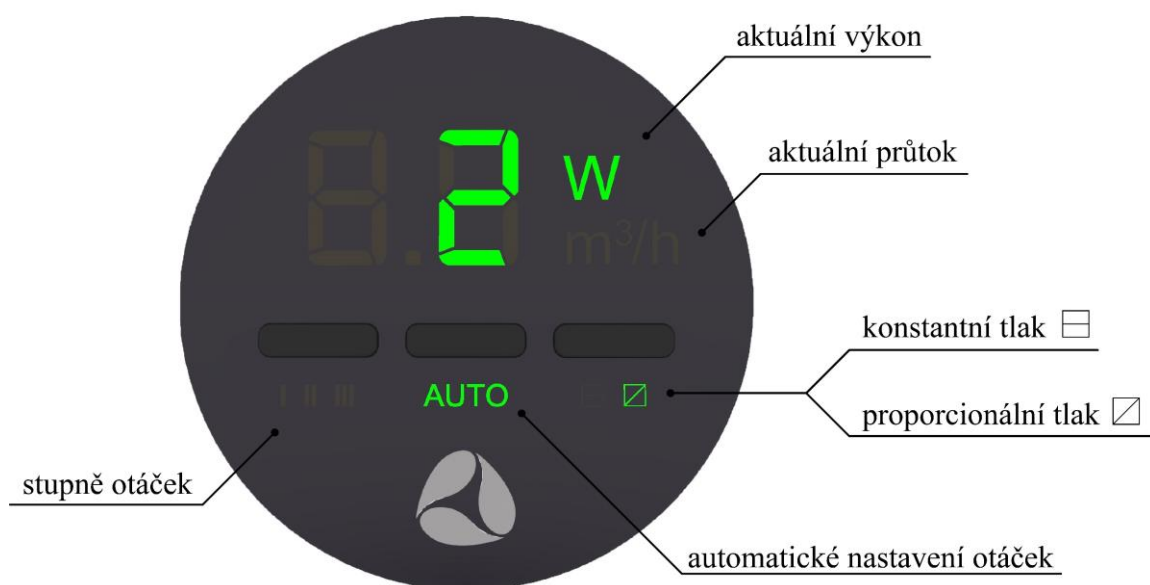
Obr. 7-4 Sigma

## 7.3 Grafické řešení displeje

Při řešení zobrazovaných údajů na displeji byla snaha o co největší redukci, aby nedocházelo k přílišnému zahlcení informacemi.

Při běžném provozu čerpadlo zobrazuje aktuální výkon čerpadla ve wattech a průtok v m<sup>3</sup>/h. Tyto údaje mezi sebou po určitém časovém intervalu přeblikávají. Jedná se o vizuálně největší zobrazovanou informaci na displeji. Nastavení požadovaných otáček je znázorněno rozsvícením příslušné ikonky z ikonek I, II, III nebo nápis AUTO značící automatické přizpůsobení otáček. Posledním údajem zobrazovaným na displeji je volba mezi proporcionálním a konstantním tlakem, které jsou znázorněny piktogramy – vodorovná linka pro konstantní tlak, linka pod úhlem 45 ° pro proporcionální tlak.

Pro zvýraznění potřebných údajů je využito zeleného světla. Reflexní zelená barva je dobře viditelná i na větší vzdálenosti a nepůsobí tak výstražným a agresivním dojmem jako např. červená nebo oranžová.



**Obr. 7-5** Vysvětlivky jednotlivých symbolů zobrazovaných na displeji

## 7.4 Logotyp

Výrobek nese název Watump. Jedná se o složení dvou anglických slov, která charakterizují tento výrobek, a to *water* (voda) a *pump* (čerpadlo).

Logo je tvořeno třemi kapkami znázorňujícími vodu, které jsou stylizované do tvaru trojúhelníku. Tvar trojúhelníku byl zvolen kvůli podobnosti s grafickou značkou oběhového čerpadla používané při značení obvodů otopných soustav (Obr. 7-6).



Obr. 7-6 Grafická značka pro oběhové čerpadlo



Obr. 7-7 Světlá a tmavá varianta logotypu



Obr. 7-8 Použití logotypu na čerpadle

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

Použité tvarování má za následek změkčení vzhledu jinak poměrně rázně vypadajícího výrobku. Toto měkké tvarování může uživateli zpříjemnit pocit jednak z ryze technického zařízení, tak také z prostředí, ve kterém se výrobku užívá.

Co do barevnosti jsou voleny spíše tmavší barvy, které odpovídají danému prostředí, nevytváří však nijak agresivní kombinaci.

### 8.2 Ekonomická funkce

Ceny stávajících výrobků se pohybují zhruba od 2 500 Kč až do 25 000 Kč. Tato cena záleží hlavně na daném výkonu čerpadla a na nadstavbových funkcích, kterými je čerpadlo vybaveno. Některá čerpadla se mohou pohybovat i ve vyšších cenových relacích, jedná se však o nadprůměrně výkonná čerpadla využívaná ve velkých budovách a stavbách.

Navržené čerpadlo se svojí výkonností i výbavou zařazuje do střední cenové relace, jeho cena by se mohla pohybovat zhruba kolem 5 000 Kč, což je cena přijatelná pro většinu domácností, ve kterých by toto čerpadlo bylo nejspíše využíváno.

### 8.3 Sociální funkce

Téma oběhových čerpadel není příliš známé a jedná se o málo viditelný výrobek. Navzdory tomu je velice nepostradatelnou součástí obydlí, proto by si tyto výrobky zasloužily větší pozornost. Toho lze dosáhnout příjemným designem, který uživatele zaujme a bude se o daný produkt více zajímat.

Navržené čerpadlo nabízí spíše základní funkce za dodržení moderního designu, což může být příhodné i pro technicky méně zdatné uživatele.

## 9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout oběhové čerpadlo s napájením 230 V a s možností připojení pomocí šroubení a přírubou.

Na základě rešerše bylo zjištěno, že na současném trhu se setkáváme s ne příliš designérsky zajímavými typy čerpadel a že v dnešní době sice čerpadla disponují nespočtým množstvím nadstavbových funkcí, ale stále mají určité nedostatky spojené s ergonomií a celkovým pohodlím při obsluze čerpadla.

V rámci bakalářské práce bylo navrženo oběhové čerpadlo netypického a moderního designu, jehož instalace a obsluha se stává jednodušším díky možnosti otáčení displeje o libovolný úhel. Dále byl brán zřetel na čitelnost a srozumitelnost údajů uváděných na displeji, aby bylo čerpadlo vhodné i pro technicky méně zdatné uživatele.

Bylo využito pouze základních funkcí, které celkovou obsluhu čerpadla činí snazší, avšak na trhu se dnes setkáváme s mnoha novými funkcemi čerpadel, jako např. propojení skrze chytrý telefon, čehož by se při návrhu čerpadla dalo také využít, nicméně by v této souvislosti vyvstaly další, komplexnější problémy, které by mohly být řešeny v následném podrobnějším rozpracování této bakalářské práce.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *GRUNDFOS MAGNA1* [online]. Brno: PUMPA [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.pumpa.cz/cz/grundfos-magna1-prirubove-energeticky-uspornе-cerpadlo?gclid=CjwKCAiAj-\\_xBRBjEiwAmRbqYhTHKR9QXAnV-bXq78PaEdz\\_Q\\_0VeYGskXzJFI20s3p1fxlZdjSw3RoC\\_KwQAvD\\_BwE#code\\_ZB00002338](https://www.pumpa.cz/cz/grundfos-magna1-prirubove-energeticky-uspornе-cerpadlo?gclid=CjwKCAiAj-_xBRBjEiwAmRbqYhTHKR9QXAnV-bXq78PaEdz_Q_0VeYGskXzJFI20s3p1fxlZdjSw3RoC_KwQAvD_BwE#code_ZB00002338)
2. JULÁKOVÁ, Eva. Rovnice, jednotky a veličiny – jak s nimi? *Chemické Listy* 99 (2005) 250–257.
3. *GRUNDFOS ALPHA1 L energeticky úsporná oběhová čerpadla* [online]. Brno: PUMPA [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.pumpa.cz/cz/grundfos-alpha1-l-energeticky-usporna-obehova-cerpadla?gclid=CjwKCAiAvonyBRB7EiwAadauqedvO3DPiz\\_o-a1ZjSA-pE48o5G9l-W5Np2rWug--LwfuEFGNWpm4xoCr0YQAvD\\_BwE](https://www.pumpa.cz/cz/grundfos-alpha1-l-energeticky-usporna-obehova-cerpadla?gclid=CjwKCAiAvonyBRB7EiwAadauqedvO3DPiz_o-a1ZjSA-pE48o5G9l-W5Np2rWug--LwfuEFGNWpm4xoCr0YQAvD_BwE)
4. *Kotlové čerpadlo Salmson PRIUX HOME 15/6-130* [online]. Jinočany: BOLA [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.bola.cz/kotlove-cerpadlo-salmson-priux-home-15-6-130>
5. *WILO YONOS MAXO mokroběžná čerpadla* [online]. Brno: PUMPA [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.pumpa.cz/cz/wilo-yonos-maxo-mokrobezna-cerpadla?gclid=Cj0KCQiAm4TyBRDgARIsAOU75sq430ObBBcjuxI5XrLysJ\\_\\_zY84SnLgvMinJgn\\_qVzfc8tGSGZoskkaAhxmEALw\\_wcB](https://www.pumpa.cz/cz/wilo-yonos-maxo-mokrobezna-cerpadla?gclid=Cj0KCQiAm4TyBRDgARIsAOU75sq430ObBBcjuxI5XrLysJ__zY84SnLgvMinJgn_qVzfc8tGSGZoskkaAhxmEALw_wcB)
6. *Wilo Star-Z Nova T* [online]. Praha: Aquafam [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: [https://www.cerpadlabezstarosti.cz/obehova-cerpadla/1107-wilo-star-z-nova-t-4222650?gclid=CjwKCAiA1rPyBRAREiwA1UIy8HKkAu4j-OPHSIMeuVwGwxLRRTYNnTbzZTh6nfO6OBpk7rbYesoazhoCp20QAvD\\_BwE](https://www.cerpadlabezstarosti.cz/obehova-cerpadla/1107-wilo-star-z-nova-t-4222650?gclid=CjwKCAiA1rPyBRAREiwA1UIy8HKkAu4j-OPHSIMeuVwGwxLRRTYNnTbzZTh6nfO6OBpk7rbYesoazhoCp20QAvD_BwE)
7. *Učební text pro obor instalatér: Vytápění* [online]. Brno: Střední škola polytechnická, 2016 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/02.html>
8. *Oběhová čerpadla v otopných soustavách* [online]. Olomouc: ELUC, 2014 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2059>
9. *WILO STRATOS PICO mokroběžná čerpadla* [online]. Brno: PUMPA [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/wilo-stratos-pico-mokrobezna-cerpadla>
10. POČINKOVÁ, Marcela a Lea TREUOVÁ. *Vytápění*. 4. aktualiz. vyd. Brno: ERA, 2008. ISBN 978-80-7366-116-8
11. *Čerpadla oběhová* [online]. Brno: PUMPA [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.pumpa.cz/cz/cerpadla-obehova>

12. BAŠTA, Jiří. *Hydraulika a řízení otopných soustav*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02808-9
13. *Jste připraveni na EuP?* [online]. Olomouc: Grundfos Sales Czechia and Slovakia [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: [https://cz.grundfos.com/jste-pripraveni-na-eup.html#co\\_to\\_je\\_eup?](https://cz.grundfos.com/jste-pripraveni-na-eup.html#co_to_je_eup?)
14. *Evropská směrnice EuP* [online]. Havells, Sylvania, 2009 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: [http://elron.cz/userfiles/File/evopska\\_smernice.pdf](http://elron.cz/userfiles/File/evopska_smernice.pdf)
15. *Taco Series 2400 Circulator Pumps* [online]. Minneapolis: State Supply, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.statesupply.com/taco/pump/series-2400#information>
16. *Grundfos ALPHA2 25-60 180mm AUTOADAPT 99411175* [online]. Olomouc: Pan Fitinka, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://eshop.panfitinka.cz/p/grundfos-alpha2-25-60-180-mm-97993201>
17. *Jak funguje technologie AUTOADAPT* [online]. Olomouoc: Grundfos Sales Czechia and Slovakia [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://cz.grundfos.com/training-events/ecademy/all-topics/grundfos-autoadapt0/how-autoadapt-works.html>
18. *Circulator Pumps* [online]. Manukau: Wilo New Zealand [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo315516/3966350/wilo315516.pdf>
19. *MAGNA1 circulator pump - heating, cooling, hot water* [online]. Bjerringbro: GRUNDFOS [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/products/find-product/magna1.html#brochures>
20. *MAGNA3 circulator pump - heating, cooling, hot water* [online]. Bjerringbro: GRUNDFOS [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/products/find-product/magna3.html>
21. *ALPHA1 circulator pump - heating, cooling, hot water* [online]. Bjerringbro: GRUNDFOS [cit. 2020-06-24].
22. *TECHNICKÝ KATALOG GRUNDFOS GRUNDFOS ALPHA2. Oběhová čerpadla 50 Hz* [online]. Olomouc: GRUNDFOS [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://adoc.tips/technicky-katalog-grundfos-grundfos-alpha2-obhova-erpadla-50.html>
23. *Polyétersulfon (PES)* [online]. Vink - Plasty [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <http://www.vink.cz/polyetersulfon>

## 11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

$m$	metr
$kPa$	kilopascal
$l \cdot s^{-1}$	sekunda na minus první
$m^3 \cdot hod^{-1}$	metry krychlové za hodinu
$\Delta p$	tlaková ztráta sítě, tlaková diference
$C$	konstanta charakteristiky sítě (měrný hydraulický odpor)
$V$	objemový průtok
$n$	exponent v rozmezí 1,8 až 2,0
$Q$	objemový průtok
$EuP$	Energy using Products
$LCD$	Liquid Crystal Display
$c$	konstantní (tlak)
$v$	variabilní (tlak)
$T$	teplota
$PES$	polyethersulfon
$PP$	polypropylen
$DN$	jmenovitá světlost

## 12 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

<b>Obr. 2-1</b> Oběhové čerpadlo Grundfos [1] .....	15
<b>Obr. 2-2</b> Oběhové čerpadlo Grundfos Alpha2 L [2] .....	16
<b>Obr. 2-3</b> Oběhové čerpadlo Grundfos Alpha1 L [3] .....	17
<b>Obr. 2-4</b> Oběhové čerpadlo Salmson Priux Home [4] .....	18
<b>Obr. 2-5</b> Oběhové čerpadlo Wilo Yonos Maxo [5] .....	19
<b>Obr. 2-6</b> Oběhové čerpadlo Wilo Star-Z NOVA T [6] .....	20
<b>Obr. 2-7</b> Schéma oběhového čerpadla [7] .....	21
<b>Obr. 2-8</b> Graf charakteristiky potrubní sítě a charakteristiky čerpadla [8] .....	22
<b>Obr. 2-9</b> Mokroběžné oběhové čerpadlo Wilo Stratos Pico [9] .....	23
<b>Obr. 2-10</b> Schéma oběhového čerpadla (upraveno) [15] .....	25
<b>Obr. 2-11</b> Digitální displej s otočným tlačítkem čerpadla Wilo Yonos Maxo [2] .....	26
<b>Obr. 2-12</b> Dotykový displej čerpadla Grundfos Alpha2 [16] .....	26
<b>Obr. 4-1</b> Perspektivní a čelní pohled varianty I .....	33
<b>Obr. 4-2</b> Perspektivní a čelní pohled varianty II .....	34
<b>Obr. 4-3</b> Perspektivní a čelní pohled varianty III .....	35
<b>Obr. 5-1</b> Navrhované pozice tlačítek vybrané varianty I .....	37
<b>Obr. 5-2</b> Navrhované tvary displejů vybrané varianty I .....	38
<b>Obr. 5-3</b> Díry na zobáčky na nepohyblivém a zobáčky na pohyblivém dílu .....	39
<b>Obr. 5-4</b> Konektor .....	39
<b>Obr. 5-5</b> Tepelně-izolační kryt čerpadla .....	40
<b>Obr. 5-6</b> Tepelně-izolační kryt čerpadla nasazený na čerpadle .....	40
<b>Obr. 5-7</b> Přírubová verze čerpadla .....	41
<b>Obr. 5-8</b> Přírubová verze čerpadla s tepelně-izolačním krytem .....	41
<b>Obr. 6-1</b> Rozměrové řešení čerpadla se šroubením .....	42
<b>Obr. 6-2</b> Rozměrové řešení čerpadla s přírubou .....	43
<b>Obr. 6-3</b> Vnitřní uspořádání komponent .....	44
<b>Obr. 6-4</b> Ergonomie otáčení displeje .....	45

<b>Obr. 6-5</b> Ergonomie otáčení displeje.....	46
<b>Obr. 6-6</b> Stisknutí a zasunutí konektoru .....	46
<b>Obr. 6-7</b> Ergonomie mačkání tlačítek .....	47
<b>Obr. 6-8</b> Zorné pole uživatele při pohledu na nainstalované čerpadlo .....	47
<b>Obr. 7-1</b> Perspektivní a čelní pohled vlastního barevného řešení.....	49
<b>Obr. 7-2</b> Grundfos .....	50
<b>Obr. 7-3</b> Wilo.....	51
<b>Obr. 7-4</b> Sigma.....	51
<b>Obr. 7-5</b> Vysvětlivky jednotlivých symbolů zobrazovaných na displeji .....	52
<b>Obr. 7-6</b> Grafická značka pro oběhové čerpadlo.....	53
<b>Obr. 7-7</b> Světlá a tmavá varianta logotypu.....	53
<b>Obr. 7-8</b> Použití logotypu na čerpadle.....	53

## 13 SEZNAM TABULEK

**Tab. 2-1** Použité materiály na vybrané typy čerpadel firmy Wilo [83] ..... 28

**Tab. 2-2** Použité materiály na vybrané typy čerpadel firmy Grundfos [19] [20] [21] [22] 28

## 14 SEZNAM PŘÍLOH

Sumarizační poster (A1)

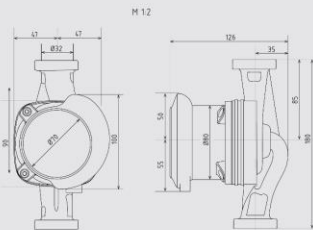
# NÁHLED PLAKÁTU



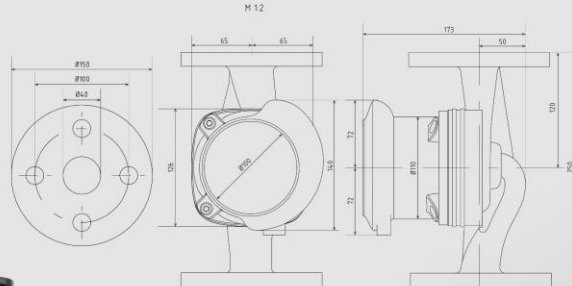
Cílem práce bylo navrhnout oběhové čerpadlo splňující dané technické parametry v provedení se šroubením a přírubou. Součástí práce bylo navrhnout tepelně-izolační kryt bránící tepelným ztrátám. Watump je oběhové čerpadlo umožňující otočení displeje o libovolný stupeň, díky čemuž je jeho obsluha snazší a pohodlnější.



ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ PŘÍPOJENÍ ŠROUBENÍM



ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ PŘÍPOJENÍ PŘÍRUBOU



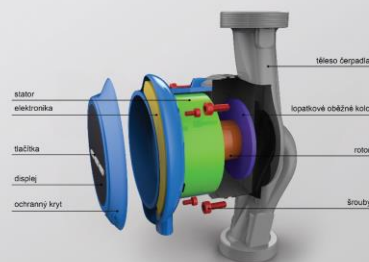
ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ



BAREVNÉ VARIANTY



VNITŘNÍ USPOŘADÁNÍ



DESIGN OBĚHOVÉHO ČERPADLA / BAKALÁŘSKÁ PRÁCE / Autor: Tereza Březnová / Vedoucí práce: Ing. Richard Sovják / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2019/20

